

목

차

1. 설계기준
2. 단면가정
3. 바닥판 설계
 - 3.1 좌측바닥판 설계
 - 3.2 우측바닥판 설계
 - 3.3 중앙부(거더부)
 - 3.4 중앙부(가로보)
 - 3.5 내부지점부 주장을검토
4. 주형설계
 - 4.1 유효폭 계산
 - 4.2 단면가정
 - 4.3 작용하중의 산정
 - 4.4 주형의 단면력 해석
 - 가. MODELING
 - 나. 단면제정수
 - 다. 하중재하
 - 라. 부재력 집계
 - 마. 피로하중 집계
 - 바. 적용 부재력 요약
 - 사. 반력 집계
 - 4.5 뒀비틀림(WARPING TORSION)에 대한 검토
 - 4.6 2차 부정정력에 대한 영향 검토
 - 4.7 단면검토
 - 4.8 단면요약도
5. 이음부의 설계
 - 5.1 현장이음의 설계
 - 5.2 용접부의 검토
6. 보강재 설계
 - 6.1 FLANGE 보강재
 - 6.2 WEB 보강재
 - 6.3 지점부 보강재
 - 6.4 책업 보강재
7. 가로보 설계
 - 7.1 가로보의 설계
 - 7.2 가로보의 연결
8. 다이아프램 검토
 - 8.1 일반부
 - 8.2 지점부
 - 8.3 지점부 다이아프램의 응력 검토
9. 전단연결재
10. 사용성 검토
 - 10.1 피로 검토
 - 10.2 처짐 검토
11. 솟음(CAMBER)
12. 신축이음의 설계

1. 설 계 조 건

1) 교 량 제 원

- (1) 교 량 명 : 오창JCT RAMP-D(HD박스)
- (2) 교 량 등 급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
- (3) 교 량 형 식 : HD박스 거더교
- (4) 교 량 연 장 : $40.200 + 40.000 + 60.000 + 40.100 = 180.300 \text{ m}$
- (5) 교 량 폭 원 : $B = 9.170 \text{ m}$
- (6) Girder 제 원 : $B = 2.400 \text{ m}$ $H = 1.800 \sim 2.500 \text{ m}$
- (7) 사 각(Skew) : 90.600°
- (8) 곡률반경(R) : 좌측 = 160.000 m 중앙 = 160.000 m 우측 = 160.000 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(지점부의 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,	판두께(mm)							
축방향 인장응력 및 휨 인장응력	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)								
a 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, π형 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	$130 - 2.21(\frac{l}{b} - 4.9) :$ $4.9 < \frac{l}{b} \leq 30$	$175 - 3.48(\frac{l}{b} - 4.1) :$ $4.1 < \frac{l}{b} \leq 30$	$195 : \frac{l}{b} \leq 3.9$ $195 - 4.07(\frac{l}{b} - 3.9) :$ $3.9 < \frac{l}{b} \leq 27$	$250 : \frac{l}{b} \leq 3.5$ $250 - 5.94(\frac{l}{b} - 3.5) :$ $3.5 < \frac{l}{b} \leq 25$
$\frac{A_w}{A_c} > 2$	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	$130 : \frac{l}{b} \leq \frac{9.7}{K}$	$175 : \frac{l}{b} \leq \frac{8.3}{K}$	$200 : \frac{l}{b} \leq \frac{7.8}{K}$ $200 - 2.12(K\frac{l}{b} - 7.8) :$ $\frac{7.8}{K} < \frac{l}{b} \leq 27$	$260 : \frac{l}{b} \leq \frac{6.9}{K}$ $260 - 3.12(K\frac{l}{b} - 6.9) :$ $\frac{6.9}{K} < \frac{l}{b} \leq 25$
	75 초과 100 이하	$130 - 1.10(K\frac{l}{b} - 9.7) :$ $\frac{9.7}{K} < \frac{l}{b} \leq 30$	$175 - 1.74(K\frac{l}{b} - 8.3) :$ $\frac{8.3}{K} < \frac{l}{b} \leq 30$	$195 : \frac{l}{b} \leq \frac{7.9}{K}$ $195 - 2.04(K\frac{l}{b} - 7.9) :$ $\frac{7.9}{K} < \frac{l}{b} \leq 27$	$250 : \frac{l}{b} \leq \frac{6.9}{K}$ $250 - 2.97(K\frac{l}{b} - 6.9) :$ $\frac{6.9}{K} < \frac{l}{b} \leq 25$
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)	27,804.0 MPa
전단 탄성계수 (G_c)	11,916.0 MPa
탄성계수비 (n)	7.0
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 및 Half-Deck 철근

철근 설계 항복강도 (f_{y})	400.0 MPa
철근 탄성계수 (E_s)	200,000.0 MPa

④ Half-Deck 콘크리트

콘크리트 설계 기준강도 (f_{ckh})	50.0 MPa
콘크리트 탄성계수 (E_h)	32,902.0 MPa
전단 탄성계수 (G_h)	14,101.0 MPa
탄성계수비 (n_h)	6.2
초기 건조수축 계수 (ϵ_{s0})	0.000045
최종 건조수축 계수 (ϵ_{s1})	0.000225
콘크리트의 초기크리프 (ϕ_0)	0.5
콘크리트의 초기크리프 (ϕ_1)	1.5

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

$W_c = 8.100$ m , $N = 2$ 차로

$W = 3.000$ m

∴ 설계 차로폭 3.000m마다 2차로 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

$$i = 15 / (40 + L) = 0.189 < 0.300 \therefore i = 0.189$$

▪ 2 지간

$$i = 15 / (40 + L) = 0.188 < 0.300 \therefore i = 0.188$$

▪ 3 지간

$$i = 15 / (40 + L) = 0.150 < 0.300 \therefore i = 0.150$$

▪ 4 지간

$$i = 15 / (40 + L) = 0.189 < 0.300 \therefore i = 0.189$$

(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) 충 돌 하 중

(도.설.해 2.4.3.3, 도.설.해 2.4.3.6)

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

수 평 력 (kN/m)		작용 높이	수 직 력 (kN/m)
도심 도로상	일반 도로상		
3.750	2.500	난간 상단부	1.000

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

① 수평 충돌력 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 않은 활하중의 백분률
 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.

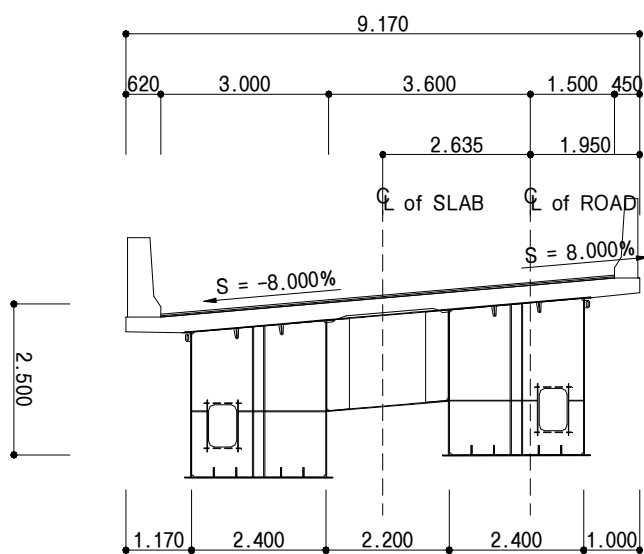
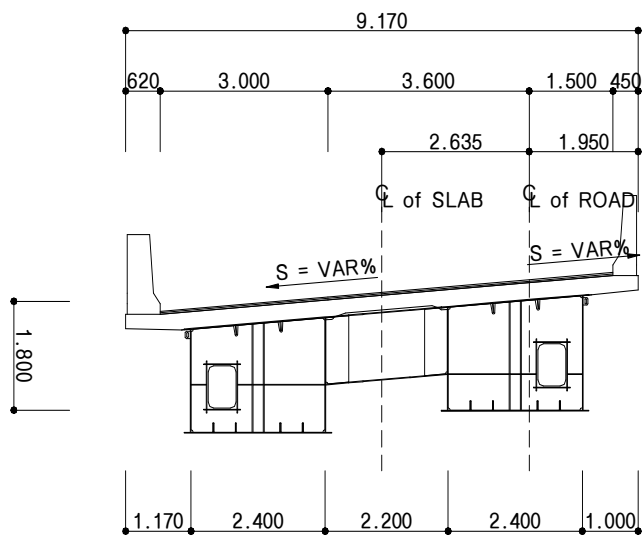
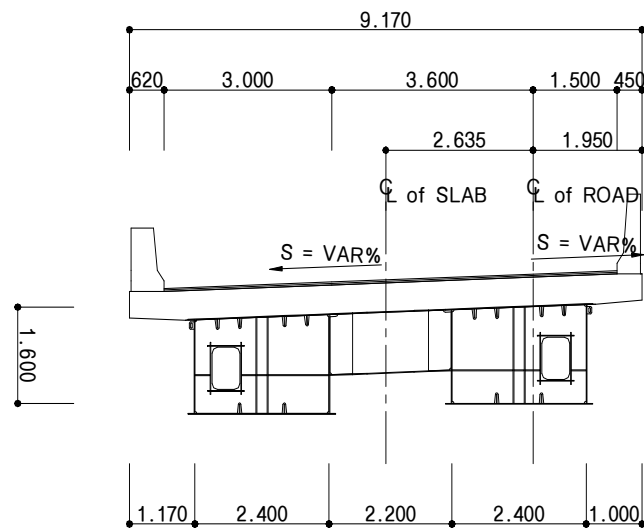
3) 설 계 방 법

- (1) 바 닥 판 : 강도 설계법
(2) Steel Box Girder : 허용응력 설계법

4) 참 고 문 헌

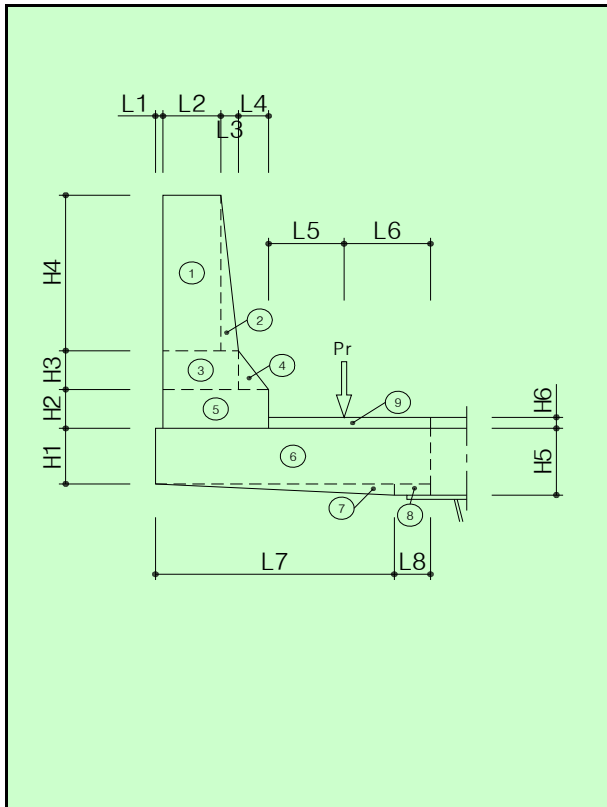
- (1) 도로교 설계기준 (2010)
(2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
(3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
(4) 도로설계 편람 (2008)
(5) 도로설계 요령 (2001)
(6) 강구조 편람 (1995)
(7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

2. 단면가정



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	0.290 m	L5	0.300 m
H6	0.050 m	L6	0.190 m
H7	0.000 m	L7	0.830 m
R	160.000 m	L8	0.110 m
V	60.000 km/h	L9	0.000 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

N0.	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	$\frac{1}{2} \times 0.830 \times 0.050 \times 25.000$	0.519	0.387	0.201
8	$0.110 \times 0.050 \times 25.000$	0.138	0.055	0.008
9	$0.490 \times 0.050 \times 23.500$	0.576	0.245	0.141
TOTAL		16.711		10.425

(2) 활 하 중 (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, $X = 0.190 \text{ m}$
- 총 격 계 수
 $i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.190) = 0.373 > 0.300 \quad i = 0.300$
- 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.

$$H = (60.000 / 60)^2 \times 7.5 + 2.5 = 10.000 \text{ kN/m} \quad \text{작용높이 } h = 1.195 \text{ m}$$

$$M_{co} = 10.000 \times 1.195 = 11.950 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

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

$$H = 10.000 = 10.000 \text{ kN/m} \quad \text{작용높이 } h = 1.465 \text{ m}$$

$$M_{co} = 10.000 \times 1.465 = 14.650 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

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

$$M_{co} = 14.650 \times 2 = 29.300 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

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

$$P_w = 3.000 \times 1.270 = 3.810 \text{ kN/m}$$

$$M_w = 3.810 \times (1.270 / 2 + 0.05 + 0.29 / 2) = 3.162 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

(5) 원 심 하 중 (도.설.해 2.1.17)

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

여기서,
CF : 원심하중으로서 충격력을 포함하지 않은 활하중의 백분율
V : 설계속도 (km/h)
R : 곡선반경 (m)

- 일반 차량하중 작용시
 $CF = 0.79 \times 60.000^2 / 160.000 = 17.775 (\%)$
 $P_{cf} = 96.000 / 1.292 \times 17.775 / 100 = 13.207 \text{ kN/m} \quad \text{작용높이 } h = 1.995 \text{ m}$
 $M_{cf} = 13.207 \times 1.995 = 26.349 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$

(6) 작용 모멘트

구 분	고정하중(M _D)	활하중(M _{L+i})	균중하중(M _{L+j})	충돌하중(M _{CO})	난간충돌하중(M _{CO})	풍하중(M _W)	원심하중(M _{CF})
모 멘 트	10.425	18.353	0.000	29.300	0.000	3.162	26.349

(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	13.552	39.459			34.253	87.265
CASE 2	"	13.552	23.859	38.090		34.253	109.755
CASE 3	"	13.552	23.859		2.055	34.253	73.720
CASE 4	"	12.510		35.160	3.795		51.465
CASE 5	"	13.552			4.111		17.663
최대 계수 모멘트							109.755
CASE 6	"	10.425	18.353		0.949	0.000	29.726
CASE 7	"	10.425	18.353	0.000		0.000	28.778
최대 사용 모멘트							29.726

(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 적용하 캔틸레버판의 고정하중에 대한 지간을 배치 범위로 적용한다.

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

(도.설.해 3.6.1.5)

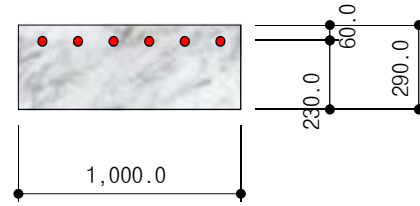
$$h_{min} = (280 \cdot L + 180) = (280 \times 0.190 + 180) = 233.2 \text{ mm} > 220.0 \text{ mm} \quad \therefore h_{req} = 233.2 \text{ mm}$$

$$h_{use} = 290.0 \text{ mm} > h_{req} = 233.2 \text{ mm} \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

(11) 단 면 검 토

① 캔틸레버부

f_{ck}	=	27.0	MPa	f_y	=	400.0	MPa
M_u	=	109.8	kN·m	M	=	29.7	kN·m
b	=	1,000.0	mm	h	=	290.0	mm
β	=	0.85		d'	=	60.0	mm
ϕ_f	=	0.85		d	=	230.0	mm



■ 강도 감소계수 (ϕ_f) 산정

(콘.설.해 6.2.2)

$$T = A_s \times f_y = 1,617.0 \times 400.0$$

$$= 646,800.0$$

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

$$= 22,950.0 a$$

$$T = C \text{ 이므로, } a = 28.183 \text{ mm}$$

$$c = 28.183 / \beta = 28.183 / 0.85$$

$$= 33.156 \text{ mm}$$

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

$$= 0.0020$$

$$\epsilon_t = 0.003 \times (d - c) / c = 0.003 \times (230.0 - 33.156) / 33.156$$

$$= 0.0178$$

$$\epsilon_t = 0.0178 \geq 0.0050 \text{ 이므로 인장지배 단면이며, } \phi_f = 0.85 \text{를 적용한다.}$$

■ 필요 철근량 산정

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

$$M_u = \phi_f \times A_s \times f_y \times (d - a/2) = 78,200.0 A_s - 170.0 A_s \cdot a \text{ ----- ②}$$

식①을 식②에 대입하여 이차방정식으로 A_s 를 구한다.

$$109,754,583.4 = -2.962963 A_s^2 + 78,200.0 A_s$$

$$\therefore A_{s \text{ req}} = 1,487.329 \text{ mm}^2$$

■ 사용 철근량 산정

$$\therefore A_{s \text{ use}} = \text{H } 16 @ 300.0 = 662.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{H } 19 @ 300.0 = 955.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 1,617.0 \text{ mm}^2 \quad [\text{사용률} = 1.087] \quad \dots\dots 0.K !!$$

■ 철근량 검토

$$A_{s \text{ min}} = 1.4 / f_y \times b \times d = 805.0 \text{ mm}^2 \quad (\text{ 콘.설.해 6.3.2})$$

$$= 0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y \times b \times d = 746.9 \text{ mm}^2 \quad (\text{ 콘.설.해 6.3.2})$$

$$= \text{수축 온도 철근량} = 580.0 \text{ mm}^2 \quad (\text{ 콘.설.해 5.7.2})$$

$$\therefore A_{s \text{ min}} = 805.0 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ max}} = 0.714 \times \rho_b \times b \times d = 4,805.3 \text{ mm}^2 \quad (\text{ 콘.설.해 6.2.2})$$

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

■ 휨에 대한 검토

$$a = A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b) = 28.183 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = 0.85 \times 1,617.0 \times 400.0 \times (230.0 - a/2) = 118.702 \text{ kN·m}$$

$$\therefore \phi M_n \geq Mu \quad [\text{사용률} = 1.082] \quad \dots\dots 0.K !!$$

▪ 배력 철근량 산정 (콘.설.해 3.6.1.4)

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

$$A_s = 1,487.329 \times 67.000 \% = 996.510 \text{ mm}^2$$

$$\text{수축} \cdot \text{온도철근량} = 0.002 \cdot b \cdot h = 580.000 \text{ mm}^2$$

$$\therefore A_{s \text{ req}} = 996.510 \text{ mm}^2$$

▪ 배력철근 사용 철근량 산정

$$\begin{aligned} \therefore A_{s \text{ use}} &= \text{H } 19 @ 200.0 &= 1,432.5 \text{ mm}^2 \\ \Sigma &= 1,432.5 \text{ mm}^2 &[\text{사용률} = 1.438] \quad \dots\dots 0.K !! \end{aligned}$$

② 캔틸레버부 단부 설계 (콘.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

$$\therefore A_{s \text{ req}} = 2,974.657 \text{ mm}^2$$

$$\therefore A_{s \text{ use}} = \text{H } 19 @ 150.0 = 1,910.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{H } 19 @ 150.0 = 1,910.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 3,820.0 \text{ mm}^2 \quad [\text{사용률} = 1.284] \quad \dots\dots 0.K !!$$

▪ 배 력 철 근

$$\therefore A_{s \text{ req}} = 1,993.020 \text{ mm}^2$$

$$\therefore A_{s \text{ use}} = \text{H } 19 @ 100.0 = 2,865.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 2,865.0 \text{ mm}^2 \quad [\text{사용률} = 1.438] \quad \dots\dots 0.K !!$$

③ 사용성 검토

탄성계수비 n	$= E_s / E_c$	$= 7.0$	
$A_{s \text{ use}}$	$= \text{H } 16 @ 300.0$	$= 662.0 \text{ mm}^2$	(개수 = 6.7 ea)
	$\text{H } 19 @ 300.0$	$= 955.0 \text{ mm}^2$	
		$\Sigma = 1,617.0 \text{ mm}^2$	
철근비 ρ	$= A_s / bd$		
	$= 1,617.0 / (1,000.0 \times 230.0)$	$= 0.00703$	
중립축 k	$= -np + \sqrt{(2np) + (np)^2}$		
	$= -0.0492 + \sqrt{(2 \times 0.0492) + 0.0492^2}$	$= 0.26835$	
중립축 거리 x	$= k \times d = 0.26835 \times 230.0$	$= 61.721$	
	$j = 1 - k / 3 = 1 - 0.268 / 3$	$= 0.911$	
철근 응력 f_s	$= M / (A_s \times j \times d)$		
	$= 29.73 / (1,617.0 \times 0.911 \times 230.0)$	$= 87.781 \text{ MPa}$	

▪ 균 열 검 토 (콘.설.해 4.2)

$$\text{최소 두께 } c_c = 60.0 - 19.1 / 2 = 50.450 \text{ mm}$$

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

$$= 375 \times (210 / 87.781) - 2.5 \times 50.450 = 770.991 \text{ mm}$$

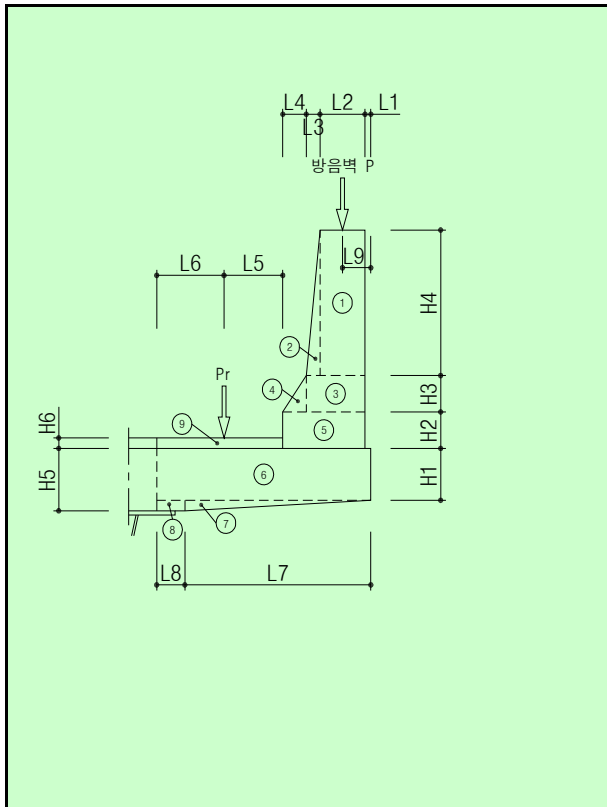
$$\text{인장연단 폭 } s_2 = 300 \times (210 / f_s)$$

$$= 300 \times (210 / 87.781) = 717.693 \text{ mm}$$

$$\text{Min} = 717.693 \text{ mm}$$

$$\therefore s = 1,000.0 / 6.7\text{ea} = 150.0 \text{ mm} \leq s_a = 717.7 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

3.2 우측 캔틸레버부



H1	0.240 m	L1	0.030 m
H2	0.175 m	L2	0.400 m
H3	0.175 m	L3	0.070 m
H4	0.970 m	L4	0.120 m
H5	0.290 m	L5	0.300 m
H6	0.050 m	L6	0.190 m
H7	1.000 m	L7	1.000 m
R	160.000 m	L8	0.110 m
V	60.000 km/h	L9	0.230 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

N0.	산 식	작용하중(kN)	작용거리(m)	모멘트(kN·m)
1	$0.400 \times 0.970 \times 25.000$	9.700	0.880	8.536
2	$\frac{1}{2} \times 0.070 \times 0.970 \times 25.000$	0.849	0.657	0.557
3	$0.470 \times 0.175 \times 25.000$	2.056	0.845	1.738
4	$\frac{1}{2} \times 0.120 \times 0.175 \times 25.000$	0.263	0.570	0.150
5	$0.590 \times 0.175 \times 25.000$	2.581	0.785	2.026
6	$1.110 \times 0.240 \times 25.000$	6.660	0.555	3.696
7	$\frac{1}{2} \times 1.000 \times 0.050 \times 25.000$	0.625	0.443	0.277
8	$0.110 \times 0.050 \times 25.000$	0.138	0.055	0.008
9	$0.490 \times 0.050 \times 23.500$	0.576	0.245	0.141
10	방음벽 하중 or 난간하중	1.000	0.880	0.880
TOTAL		24.447		18.009

(2) 활 하 중 (DB-24 : Pr = 96 kN)

- 유효중 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 계 수
 $i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.190) = 0.373 > 0.300 \quad i = 0.300$
- 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.

$$H = (60.000 / 60)^2 \times 7.5 + 2.5 = 10.000 \text{ kN/m} \quad \text{작용높이 } h = 1.195 \text{ m}$$

$$M_{co} = 10.000 \times 1.195 = 11.950 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

② 방호벽 상단에 횡방향으로 $H = 10.000 \text{ kN/m}$ 의 수평하중 재하시

$$H = 10.000 = 10.000 \text{ kN/m} \quad \text{작용높이 } h = 1.465 \text{ m}$$

$$M_{co} = 10.000 \times 1.465 = 14.650 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

③ 곡선반경 $R \leq 200\text{m}$ 이므로 ①과 ②에 의해 계산된 값중에서 큰 값의 2배를 적용

$$M_{co} = 14.650 \times 2 = 29.300 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

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

$$P_w = 3.000 \times 2.270 = 6.810 \text{ kN/m}$$

$$M_w = 6.810 \times (2.270 / 2 + 0.05 + 0.29 / 2) = 9.057 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

(5) 원 심 하 중 (도.설.해 2.1.17)

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

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

- 일반 차량하중 작용시
 $CF = 0.79 \times 60.000^2 / 160.000 = 17.775 (\%)$
 $P_{cf} = 96.000 / 1.292 \times 17.775 / 100 = 13.207 \text{ kN/m} \quad \text{작용높이 } h = 1.995 \text{ m}$
 $M_{cf} = 13.207 \times 1.995 = 26.349 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$

(6) 작용 모멘트

구 분	고정하중(M_D)	활하중(M_{L+i})	균중하중(M_{L+j})	충돌하중(M_{co})	난간충돌하중(M_{co})	풍하중(M_w)	원심하중(M_{cf})
모 멘 트	18.009	18.353	0.000	29.300	0.000	9.057	26.349

(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	23.411	39.459			34.253	97.124
CASE 2	"	23.411	23.859	38.090		34.253	119.614
CASE 3	"	23.411	23.859		5.887	34.253	87.411
CASE 4	"	21.611		35.160	10.869		67.639
CASE 5	"	23.411			11.774		35.186
최대 계수 모멘트							119.614
CASE 6	"	18.009	18.353		2.717	0.000	39.079
CASE 7	"	18.009	18.353	0.000		0.000	36.362
최대 사용 모멘트							39.079

(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 적용하 캔틸레버판의 고정하중에 대한 지간을 배치 범위로 적용한다.

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

(도.설.해 3.6.1.5)

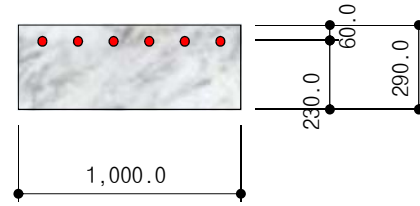
$$h_{min} = (280 \cdot L + 180) = (280 \times 0.190 + 180) = 233.2 \text{ mm} > 220.0 \text{ mm} \quad \therefore h_{req} = 233.2 \text{ mm}$$

$$h_{use} = 290.0 \text{ mm} > h_{req} = 233.2 \text{ mm} \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

(11) 단 면 검 토

① 캔틸레버부

f_{ck}	=	27.0	MPa	f_y	=	400.0	MPa
M_u	=	119.6	kN·m	M	=	39.1	kN·m
b	=	1,000.0	mm	h	=	290.0	mm
β	=	0.85		d'	=	60.0	mm
ϕ_f	=	0.85		d	=	230.0	mm



■ 강도 감소계수 (ϕ_f) 산정

(콘.설.해 6.2.2)

$$T = A_s \times f_y = 1,910.0 \times 400.0$$

$$= 764,000.0$$

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

$$= 22,950.0 a$$

$$T = C \text{ 이므로, } a = 33.290 \text{ mm}$$

$$c = 33.290 / \beta = 33.290 / 0.85$$

$$= 39.164 \text{ mm}$$

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

$$= 0.0020$$

$$\epsilon_t = 0.003 \times (d - c) / c = 0.003 \times (230.0 - 39.164) / 39.164$$

$$= 0.0146$$

$$\epsilon_t = 0.0146 \geq 0.0050 \text{ 이므로 인장지배 단면이며, } \phi_f = 0.85 \text{를 적용한다.}$$

■ 필요 철근량 산정

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

$$M_u = \phi_f \times A_s \times f_y \times (d - a/2) = 78,200.0 A_s - 170.0 A_s \cdot a \text{ ----- ②}$$

식①을 식②에 대입하여 이차방정식으로 A_s 를 구한다.

$$119,613,718.4 = -2.962963 A_s^2 + 78,200.0 A_s$$

$$\therefore A_{s \text{ req}} = 1,630.292 \text{ mm}^2$$

■ 사용 철근량 산정

$$\therefore A_{s \text{ use}} = \text{H } 19 @ 300.0 = 955.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{H } 19 @ 300.0 = 955.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 1,910.0 \text{ mm}^2 \quad [\text{사용률} = 1.172] \quad \dots\dots 0.K !!$$

■ 철근량 검토

$$A_{s \text{ min}} = 1.4 / f_y \times b \times d = 805.0 \text{ mm}^2 \quad (\text{ 콘.설.해 6.3.2})$$

$$= 0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y \times b \times d = 746.9 \text{ mm}^2 \quad (\text{ 콘.설.해 6.3.2})$$

$$= \text{수축 온도 철근량} = 580.0 \text{ mm}^2 \quad (\text{ 콘.설.해 5.7.2})$$

$$\therefore A_{s \text{ min}} = 805.0 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ max}} = 0.714 \times \rho_b \times b \times d = 4,805.3 \text{ mm}^2 \quad (\text{ 콘.설.해 6.2.2})$$

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

■ 휨에 대한 검토

$$a = A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b) = 33.290 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = 0.85 \times 1,910.0 \times 400.0 \times (230.0 - a/2) = 138.553 \text{ kN·m}$$

$$\therefore \phi M_n \geq Mu \quad [\text{사용률} = 1.158] \quad \dots\dots 0.K !!$$

▪ 배력 철근량 산정 (도.설.해 3.6.1.4)

$$\text{백분율} = 120 / \sqrt{L} = 120 / \sqrt{1.110} = 113.899 \% \geq 67.0 \%$$

$$A_s = 1,630.292 \times 67.000 \% = 1,092.296 \text{ mm}^2$$

$$\text{수축} \cdot \text{온도철근량} = 0.002 \cdot b \cdot h = 580.000 \text{ mm}^2$$

$$\therefore A_{s \text{ req}} = 1,092.296 \text{ mm}^2$$

▪ 배력철근 사용 철근량 산정

$$\begin{aligned} \therefore A_{s \text{ use}} &= \text{H } 19 @ 200.0 &= 1,432.5 \text{ mm}^2 \\ \Sigma &= 1,432.5 \text{ mm}^2 &[\text{사용률} = 1.311] \quad \dots\dots 0.K !! \end{aligned}$$

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 1.110m 이상 배치 한다.

▪ 주 철 근

$$\therefore A_{s \text{ req}} = 3,260.584 \text{ mm}^2$$

$$\therefore A_{s \text{ use}} = \text{H } 19 @ 150.0 = 1,910.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{H } 19 @ 150.0 = 1,910.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 3,820.0 \text{ mm}^2 \quad [\text{사용률} = 1.172] \quad \dots\dots 0.K !!$$

▪ 배 력 철 근

$$\therefore A_{s \text{ req}} = 2,184.591 \text{ mm}^2$$

$$\therefore A_{s \text{ use}} = \text{H } 19 @ 100.0 = 2,865.0 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 2,865.0 \text{ mm}^2 \quad [\text{사용률} = 1.311] \quad \dots\dots 0.K !!$$

③ 사용성 검토

탄성계수비 n	$= E_s / E_c$	$= 7.0$	
$A_{s \text{ use}}$	$= \text{H } 19 @ 300.0$	$= 955.0 \text{ mm}^2$	(개수 = 6.7 ea)
	$\text{H } 19 @ 300.0$	$= 955.0 \text{ mm}^2$	
		$\Sigma = 1,910.0 \text{ mm}^2$	
철근비 ρ	$= A_s / b d$		
	$= 1,910.0 / (1,000.0 \times 230.0)$	$= 0.00830$	
중립축 k	$= -n\rho + \sqrt{(2n\rho + (n\rho)^2)}$		
	$= -0.0581 + \sqrt{(2 \times 0.0581 + 0.0581^2)}$	$= 0.28776$	
중립축 거리 x	$= k \times d = 0.28776 \times 230.0$	$= 66.185$	
	$j = 1 - k / 3 = 1 - 0.288 / 3$	$= 0.904$	
철근 응력 f_s	$= M / (A_s \times j \times d)$		
	$= 39.08 / (1,910.0 \times 0.904 \times 230.0)$	$= 98.395 \text{ MPa}$	

▪ 균 열 검 토 (콘.설.해 4.2)

$$\text{최소 두께 } c_c = 60.0 - 19.1 / 2 = 50.450 \text{ mm}$$

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

$$= 375 \times (210 / 98.395) - 2.5 \times 50.450 = 674.218 \text{ mm}$$

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

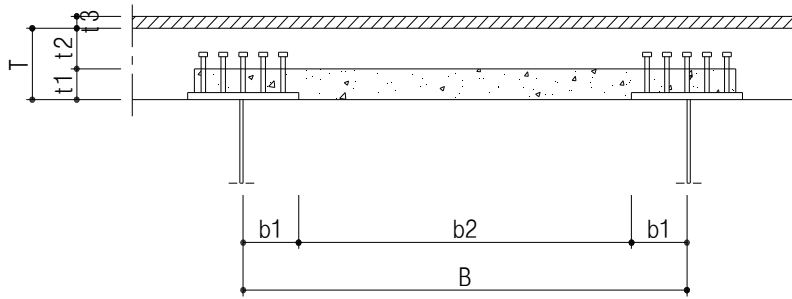
$$= 300 \times (210 / 98.395) = 640.274 \text{ mm}$$

$$\text{Min} = 640.274 \text{ mm}$$

$$\therefore s = 1,000.0 / 6.7\text{ea} = 150.0 \text{ mm} \leq s_\alpha = 640.3 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

3.3 중 앙 부 (거더부)

1) 합 성 전



T	=	290.0	mm
t_1	=	140.0	mm
t_2	=	150.0	mm
t_3	=	50.0	mm
B	=	2,400.0	mm
b_1	=	280.0	mm
b_2	=	1,840.0	mm

(1) Half-Deck 두께의 검토

- 최소두께

- ① 인장연단에서 주철근 중심까지의 거리 (d') = 50.0 mm
- ② 사용 철근의 직경 : 주철근 = H16 , 배력철근 = H16
- ③ 최소두께 : $h_{min} = 50.0 + 20.0 + 8.0 + 16.0 = 94.0$ mm

- 두께검토

$$T_{deck} = 140.0 \text{ mm} > h_{req} = 94.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 피복두께검토

- ① 철근의 최소 피복두께 : 30.0 mm
- ② 인장철근 피복두께 : $50.0 - 8.0 = 42.0 \text{ mm} > 30.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \text{O.K !!}$

(2) 설계하중에 의한 단면력

▪ 고 정 하 중

Half-Deck	:	0.140 m	×	25.000 kN/m ³	=	3.500 kN/m ³
바닥판	:	0.150 m	×	25.000 kN/m ³	=	3.750 kN/m ³
Σ					=	7.250 kN/m ³

계산지간 L : 2.400 m 바닥판 지점의 수 n : 2

$$M_d = (1/8) \cdot Wd \cdot L^2 = (1/8) \times 7.250 \times 2.400^2 = 5.220 \text{ kN/m}^3 \quad (\text{도.설 4.7.5.4})$$

▪ 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	5.220						

▪ 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				1.30	
CASE 2	"	1.00	1.00		0.30	1.00	사용모멘트

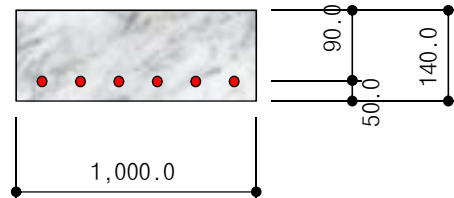
▪ 계산 적용 모멘트 산정

CASE	단위	M_D	M_{L+i}	M_{CO}	M_W	M_{CF}	소 계
CASE 1	kN·m	6.786					6.786
최대 계수 모멘트							6.786
CASE 2	"	5.220					5.220
최대 사용 모멘트							5.220

(3) 단 면 검 토

① 철근량 산정

$f_{ck} = 27.0$ MPa	$f_y = 400.0$ MPa
$M_u = 6.8$ kN·m	$M = 5.2$ kN·m
$b = 1,000.0$ mm	$h = 140.0$ mm
$\beta = 0.85$	$d' = 50.0$ mm
$\phi_f = 0.85$	$d = 90.0$ mm



▪ 강도 감소계수 (ϕ_f) 산정

(콘.설.해 6.2.2)

$$\begin{aligned}
 T &= A_s \times f_y = 1,324.0 \times 400.0 = 529,600.0 \\
 C &= 0.85 \times f_{ck} \times a \times b = 0.85 \times 27.0 \times a \times 1,000.0 = 22,950.0 a \\
 T &= C \text{ 이므로, } a = 23.076 \text{ mm} \\
 c &= 23.076 / \beta = 23.076 / 0.85 = 27.149 \text{ mm} \\
 \epsilon_y &= f_y / E_s = 400.0 / 200,000.0 = 0.0020 \\
 \epsilon_t &= 0.003 \times (d_t - c) / c = 0.003 \times (90.0 - 27.149) / 27.149 = 0.0069 \\
 \epsilon_t &= 0.0069 \geq 0.0050 \text{ 이므로 인장지배 단면이며, } \phi_f = 0.85 \text{ 를 적용한다.}
 \end{aligned}$$

▪ 필요 철근량 산정

$$\begin{aligned}
 a &= A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b) = 0.017429 A_s \quad \text{----- ①} \\
 M_u &= \phi_f \times A_s \times f_y \times (d - a/2) = 30,600.0 A_s - 170.0 A_s \cdot a \quad \text{----- ②} \\
 \text{식①을 식②에 대입하여 이차방정식으로 } A_s \text{를 구한다.} \\
 6,786,000.0 &= -2.962963 A_s^2 + 30,600.0 A_s \\
 \therefore A_{s \text{ req}} &= 226.743 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

▪ 사용 철근량 산정

$$\begin{aligned}
 \therefore A_{s \text{ use}} &= \text{H } 16 @ 300.0 = 662.0 \text{ mm}^2 \quad (1\text{Cycle}) \\
 &\quad \text{H } 16 @ 300.0 = 662.0 \text{ mm}^2 \quad (2\text{Cycle}) \\
 \Sigma &= 1,324.0 \text{ mm}^2 \quad [\text{사용률} = 5.839] \quad \dots\dots \text{O.K !!}
 \end{aligned}$$

▪ 철근량 검토

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ min}} &= 1.4 / f_y \times b \times d = 315.0 \text{ mm}^2 \quad (\text{콘.설.해 6.3.2}) \\
 &= 0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y \times b \times d = 292.3 \text{ mm}^2 \quad (\text{콘.설.해 6.3.2}) \\
 &= \text{수축 온도 철근량} = 280.0 \text{ mm}^2 \quad (\text{콘.설.해 5.7.2}) \\
 \therefore A_{s \text{ min}} &= 315.0 \text{ mm}^2 \\
 A_{s \text{ max}} &= 0.714 \times \rho_b \times b \times d = 1,880.3 \text{ mm}^2 \quad (\text{콘.설.해 6.2.2})
 \end{aligned}$$

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

▪ 힘에 대한 검토

$$\begin{aligned} a &= A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b) = 23.076 \text{ mm} \\ \Phi M_n &= 0.85 \times 1,324.0 \times 400.0 \times (90.0 - a/2) = 35.320 \text{ kN}\cdot\text{m} \\ \therefore \Phi M_n &\geq Mu \quad [\text{사용률} = 5.205] \quad \dots\dots \text{O.K !!} \end{aligned}$$

▪ 배력 철근량 산정

(도.설.해 3.6.1.4)

$$\begin{aligned} \text{백분율} &= 120 / \sqrt{L} = 120 / \sqrt{2.400} = 77.460 \% \geq 67.0 \% \\ A_s &= 226.743 \times 67.000 \% = 151.918 \text{ mm}^2 \\ \text{수축}\cdot\text{온도철근량} &= 0.002 \cdot b \cdot h = 280.000 \text{ mm}^2 \\ \therefore A_{s \text{ req}} &= 280.000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

▪ 배력철근 사용 철근량 산정

$$\begin{aligned} \therefore A_{s \text{ use}} &= \text{H } 16 @ 200.0 = 993.0 \text{ mm}^2 \\ \Sigma &= 993.0 \text{ mm}^2 \quad [\text{사용률} = 3.546] \quad \dots\dots \text{O.K !!} \end{aligned}$$

③ 사용성 검토

탄성계수비 n	$= E_s / E_d$	$= 6.4$	
$A_{s \text{ use}}$	$= \text{H } 16 @ 300.0$	$= 662.0 \text{ mm}^2$	(개수 = 6.7 ea)
	$\text{H } 16 @ 300.0$	$= 662.0 \text{ mm}^2$	
		$\Sigma = 1,324.0 \text{ mm}^2$	
철근비 ρ	$= A_s / bd$		
	$= 1,324.0 / (1,000.0 \times 90.0)$	$= 0.01471$	
중립축 k	$= -n\rho + \sqrt{(2n\rho + (n\rho)^2)}$		
	$= -0.0942 + \sqrt{(2 \times 0.0942 + 0.0942^2)}$	$= 0.34988$	
중립축 거리 x	$= k \times d = 0.34988 \times 90.0$	$= 31.490$	
j	$= 1 - k / 3 = 1 - 0.350 / 3$	$= 0.883$	
철근 응력 f_s	$= M / (A_s \times j \times d)$		
	$= 5.22 / (1,324.0 \times 0.883 \times 90.0)$	$= 49.590 \text{ MPa}$	

▪ 균 열 검 토

(콘.설.해 4.2)

$$\begin{aligned} \text{최소 두께 } c_c &= 50.0 - 15.9 / 2 = 42.050 \text{ mm} \\ \text{인장연단 폭 } s_1 &= 375 \times (210 / f_s) - 2.5 \cdot c_c \quad (\text{콘.설.해 6.3.3}) \\ &= 375 \times (210 / 49.590) - 2.5 \times 42.050 = 1,482.889 \text{ mm} \\ \text{인장연단 폭 } s_2 &= 300 \times (210 / f_s) \\ &= 300 \times (210 / 49.590) = 1,270.411 \text{ mm} \\ \therefore s &= 1,000.0 / 6.7\text{ea} = 150.0 \text{ mm} \leq s_a = 1,270.4 \text{ mm} \quad \dots\dots \text{O.K !!} \end{aligned}$$

(6) 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 강교판 바닥판에 배치 범위가 명시되지 않아 콘크리트판 4.7.5.7을 적용하여 캔틸레버판의 고정하중에 대한 지간을 배치 범위로 적용한다.

(7) 바닥판의 최소 두께 (연속판)

(도.설.해 3.6.1.5)

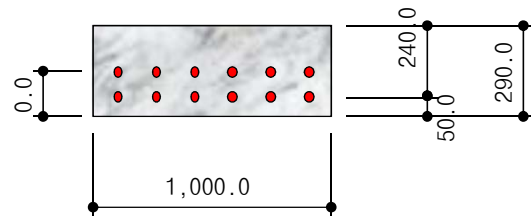
$$h_{min} = (30 \cdot L + 130) = (30 \times 2.400 + 130) = 202.0 \text{ mm} < 220.0 \text{ mm} \therefore h_{req} = 220.0 \text{ mm}$$

$$h_{use} = 290.0 \text{ mm} > h_{req} = 220.0 \text{ mm} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(8) 단 면 검 토

① 중앙부 (내측)

$f_{ck} = 27.0 \text{ MPa}$	$f_y = 400.0 \text{ MPa}$
$M_u = 73.4 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M = 36.1 \text{ kN}\cdot\text{m}$
$b = 1,000.0 \text{ mm}$	$h = 290.0 \text{ mm}$
$\beta = 0.85$	$d_1 = 50.0 \text{ mm}$
$\phi_f = 0.85$	$d_2 = 0.0 \text{ mm}$
$d = 240.0 \text{ mm}$	$d' = 50.0 \text{ mm}$



▪ 피복 산정

$$d' = \frac{1,324.0 \times 50.0 + 0.0 \times 0.0}{1,324.0 + 0.0} = 50.0 \text{ mm}$$

▪ 강도 감소계수 (ϕ_f) 산정

(콘.설.해 6.2.2)

$$T = A_s \times f_y = 1,324.0 \times 400.0 = 529,600.0$$

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

$$T = C \text{ 이므로, } a = 23.076 \text{ mm}$$

$$c = 23.076 / \beta = 23.076 / 0.85 = 27.149 \text{ mm}$$

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

$$\epsilon_t = 0.003 \times (d_t - c) / c = 0.003 \times (240.0 - 27.149) / 27.149 = 0.0235$$

$$\epsilon_t = 0.0235 \geq 0.0050 \text{ 이므로 인장지배 단면이며, } \phi_f = 0.85 \text{를 적용한다.}$$

▪ 필요 철근량 산정

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

$$M_u = \phi_f \times A_s \times f_y \times (d - a/2) = 81,600.0 A_s - 170.0 A_s \cdot a \quad \text{----- ②}$$

식①을 식②에 대입하여 이차방정식으로 A_s 를 구한다.

$$73,388,640.0 = -2.962963 A_s^2 + 81,600.0 A_s$$

$$\therefore A_{s \text{ req}} = 930.832 \text{ mm}^2$$

▪ 사용 철근량 산정

$$\begin{aligned} \therefore A_{s \text{ use}} &= \text{H } 16 @ 150.0 &= 1,324.0 \text{ mm}^2 & (\text{Half-Deck}) \\ &\text{H } 0 @ 0.0 &= 0.0 \text{ mm}^2 & (1\text{Cycle}) \\ &\text{H } 0 @ 0.0 &= 0.0 \text{ mm}^2 & (2\text{Cycle}) \\ \hline \Sigma &= 1,324.0 \text{ mm}^2 & [\text{사용률} = 1.422] & \dots\dots \text{O.K !!} \end{aligned}$$

▪ 철근량 검토

$$\begin{aligned}
 A_{s \min} &= 1.4 / f_y \times b \times d = 840.0 \text{ mm}^2 & (\text{콘.설.해 6.3.2}) \\
 &= 0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y \times b \times d = 779.4 \text{ mm}^2 & (\text{콘.설.해 6.3.2}) \\
 &= \text{수축 온도 철근량} = 580.0 \text{ mm}^2 & (\text{콘.설.해 5.7.2}) \\
 \therefore A_{s \min} &= 840.0 \text{ mm}^2 \\
 A_{s \max} &= 0.714 \times \rho_b \times b \times d = 5,014.2 \text{ mm}^2 & (\text{콘.설.해 6.2.2}) \\
 \therefore A_{s \max} &\geq A_{s \text{ use}} \geq A_{s \min} & \dots\dots \text{O.K !!}
 \end{aligned}$$

▪ 힘에 대한 검토

$$\begin{aligned}
 a &= A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b) = 23.076 \text{ mm} \\
 \Phi M_n &= 0.85 \times 1,324.0 \times 400.0 \times (240.0 - a/2) = 102.844 \text{ kN}\cdot\text{m} \\
 \therefore \Phi M_n &\geq Mu & [\text{사용률} = 1.401] \dots\dots \text{O.K !!}
 \end{aligned}$$

▪ 배력 철근량 산정

(콘.설.해 3.6.1.4)

$$\begin{aligned}
 \text{백분율} &= 120 / \sqrt{L} = 120 / \sqrt{2.400} = 77.460 \% \geq 67.0 \% \\
 A_s &= 930.832 \times 67.000 \% = 623.657 \text{ mm}^2 \\
 \text{수축}\cdot\text{온도철근량} &= 0.002 \cdot b \cdot h = 580.000 \text{ mm}^2 \\
 \therefore A_{s \text{ req}} &= 623.657 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

▪ 배력철근 사용 철근량 산정

$$\begin{aligned}
 \therefore A_{s \text{ use}} &= \text{H } 16 @ 200.0 = 993.0 \text{ mm}^2 \\
 \Sigma &= 993.0 \text{ mm}^2 & [\text{사용률} = 1.592] \dots\dots \text{O.K !!}
 \end{aligned}$$

② 사용성 검토

탄성계수비 n	=	E_s / E_c	=	7.0	
$A_{s \text{ use}}$	=	H 16 @ 150.0	=	1,324.0 mm ²	(개수 = 6.7 ea)
	=	H 16 @ 0.0	=	0.0 mm ²	
	=	H 0 @ 0.0	=	0.0 mm ²	
	Σ		=	1,324.0 mm ²	
철근비 ρ	=	A_s / bd			
	=	$1,324.0 / (1,000.0 \times 240.0)$	=	0.00552	
중립축 k	=	$-n\rho + \sqrt{(2n\rho + (n\rho)^2)}$			
	=	$-0.0386 + \sqrt{(2 \times 0.0386 + 0.0386^2)}$	=	0.24196	
중립축 거리 x	=	$k \times d = 0.24196 \times 240.0$	=	58.071	
j	=	$1 - k / 3 = 1 - 0.242 / 3$	=	0.919	
철근 응력 f_s	=	$M / (A_s \times j \times d) + \text{합성전 철근 응력}(f_s)$			
	=	$36.05 / (1,324.0 \times 0.919 \times 240.0) + 49.590$	=	123.413 MPa	

▪ 균열 검토

(콘.설.해 4.2)

$$\begin{aligned}
 \text{최소 두께 } c_c &= 50.0 - 15.9 / 2 = 42.050 \text{ mm} \\
 \text{인장연단 폭 } s_1 &= 375 \times (210 / f_s) - 2.5 \cdot c_c & (\text{콘.설.해 6.3.3}) \\
 &= 375 \times (210 / 123.413) - 2.5 \times 42.050 = 532.976 \text{ mm} \\
 \text{인장연단 폭 } s_2 &= 300 \times (210 / f_s) \\
 &= 300 \times (210 / 123.413) = 510.481 \text{ mm} \\
 \therefore s &= 1,000.0 / 6.7\text{ea} = 150.0 \text{ mm} \leq s_a = 510.5 \text{ mm} & \dots\dots \text{O.K !!}
 \end{aligned}$$

3.4 중 앙 부 (강도 설계법)

1) 가로보부

(1) 고정 하중

$$\begin{aligned} \text{철근콘크리트} &: 0.240 \text{ m} \times 25.000 \text{ kN/m}^3 = 6.000 \text{ kN/m}^3 \\ \text{포장콘크리트} &: 0.050 \text{ m} \times 23.500 \text{ kN/m}^3 = 1.175 \text{ kN/m}^3 \\ \hline \Sigma &= 7.175 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{계산지간 } L &: 2.080 \text{ m} \quad \text{바닥판 지점의 수 } n &: 4 \\ M_d &= (1/10) \cdot Wd \cdot L^2 = (1/10) \times 7.175 \times 2.080^2 = 3.104 \text{ kN/m}^3 \quad (\text{도.설 4.7.5.4}) \end{aligned}$$

(2) 활 하중 (DB-24 : Pr = 96 kN)

▪ 충격 계수 (도.설.해 2.1.4)

$$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 2.080) = 0.356 > 0.300 \quad i = 0.300$$

▪ 작용 모멘트

$$M_{l+i} = (2.08+0.6) \times 96.0 / 9.6 \times (1+0.300) = 34.840 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \quad (\text{도.설.해 3.6.1.4})$$

바닥판이 3개 이상의 지점인 경우 계산된 값에 0.8 배를 취한다. (도.설.해 3.6.1.4)

$$M_{l+i} = 34.840 \times 0.8 = 27.872 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

(3) 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	3.104	27.872					

(4) 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	활하중 재하시
CASE 3	"	1.30			1.30		
CASE 4	"	1.00	1.00		1.00	1.00	사용모멘트

(5) 계산 적용 모멘트 산정

CASE	단위	M_D	M_{L+i}	M_{CO}	M_W	M_{CF}	소 계
CASE 1	kN·m	4.035	59.925			0.000	63.960
CASE 2	"	4.035	36.234			0.000	40.269
CASE 3	"	4.035			0.000		4.035
최대 계수 모멘트							63.960
CASE 4	"	3.104	27.872		0.000	0.000	30.976
최대 사용 모멘트							30.976

(6) 캔틸레버판 단부 설계 (도.설.해 4.7.6.4)

- ① 배치범위 : 도로교설계기준 강교판 바닥판에 배치 범위가 명시되지 않아 콘크리트판 4.7.5.7을 적용하여 캔틸레버판의 고정하중에 대한 지간을 배치 범위로 적용한다.

(7) 바닥판의 최소 두께 (연속판)

(콘.설.해 3.6.1.5)

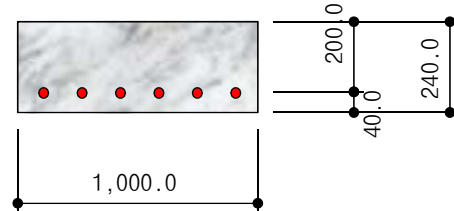
$$h_{min} = (30 \cdot L + 130) = (30 \times 2.080 + 130) = 192.4 \text{ mm} < 220.0 \text{ mm} \therefore h_{req} = 220.0 \text{ mm}$$

$$h_{use} = 240.0 \text{ mm} > h_{req} = 220.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

(8) 단 면 검 토

① 중앙부 (내측)

$f_{ck} = 27.0 \text{ MPa}$	$f_y = 400.0 \text{ MPa}$
$M_u = 64.0 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M = 31.0 \text{ kN}\cdot\text{m}$
$b = 1,000.0 \text{ mm}$	$h = 240.0 \text{ mm}$
$\beta = 0.85$	$d' = 40.0 \text{ mm}$
$\phi_f = 0.85$	$d = 200.0 \text{ mm}$



■ 강도 감소계수 (ϕ_f) 산정

(콘.설.해 6.2.2)

$$T = A_s \times f_y = 1,324.0 \times 400.0 = 529,600.0$$

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

$$T = C \text{ 이므로, } a = 23.076 \text{ mm}$$

$$c = 23.076 / \beta = 23.076 / 0.85 = 27.149 \text{ mm}$$

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

$$\epsilon_t = 0.003 \times (d - c) / c = 0.003 \times (200.0 - 27.149) / 27.149 = 0.0191$$

$$\epsilon_t = 0.0191 \geq 0.0050 \text{ 이므로 인장지배 단면이며, } \phi_f = 0.85 \text{를 적용한다.}$$

■ 필요 철근량 산정

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

$$M_u = \phi_f \times A_s \times f_y \times (d - a/2) = 68,000.0 A_s - 170.0 A_s \cdot a \quad \text{----- ②}$$

식①을 식②에 대입하여 이차방정식으로 A_s 를 구한다.

$$63,960,249.6 = -2.962963 A_s^2 + 68,000.0 A_s$$

$$\therefore A_{s \text{ req}} = 982.668 \text{ mm}^2$$

■ 사용 철근량 산정

$$\therefore A_{s \text{ use}} = \begin{array}{l} \text{H } 16 @ 300.0 \\ \text{H } 16 @ 300.0 \end{array} = \begin{array}{l} 662.0 \text{ mm}^2 \text{ (1Cycle)} \\ 662.0 \text{ mm}^2 \text{ (2Cycle)} \end{array}$$

$$\Sigma = 1,324.0 \text{ mm}^2 \quad [\text{사용률} = 1.347] \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

■ 철근량 검토

$$A_{s \text{ min}} = 1.4 / f_y \times b \times d = 700.0 \text{ mm}^2 \quad (\text{콘.설.해 6.3.2})$$

$$= 0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y \times b \times d = 649.5 \text{ mm}^2 \quad (\text{콘.설.해 6.3.2})$$

$$= \text{수축 온도 철근량} = 480.0 \text{ mm}^2 \quad (\text{콘.설.해 5.7.2})$$

$$\therefore A_{s \text{ min}} = 700.0 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ max}} = 0.714 \times \rho_b \times b \times d = 4,178.5 \text{ mm}^2 \quad (\text{콘.설.해 6.2.2})$$

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

▪ 휨에 대한 검토

$$\begin{aligned}
 a &= A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b) = 23.076 \text{ mm} \\
 \Phi M_n &= 0.85 \times 1,324.0 \times 400.0 \times (200.0 - a/2) = 84.838 \text{ kN}\cdot\text{m} \\
 \therefore \Phi M_n &\geq Mu \quad [\text{사용률} = 1.326] \quad \dots\dots 0.K !!
 \end{aligned}$$

▪ 배력 철근량 산정

(도.설.해 3.6.1.4)

$$\begin{aligned}
 \text{백분율} &= 120 / \sqrt{L} = 120 / \sqrt{2.080} = 83.205 \% \geq 67.0 \% \\
 A_s &= 982.668 \times 67.000 \% = 658.387 \text{ mm}^2 \\
 \text{수축}\cdot\text{온도철근량} &= 0.002 \cdot b \cdot h = 480.000 \text{ mm}^2 \\
 \therefore A_{s \text{ req}} &= 658.387 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

▪ 배력철근 사용 철근량 산정

$$\begin{aligned}
 \therefore A_{s \text{ use}} &= \text{H } 16 @ 200.0 = 993.0 \text{ mm}^2 \\
 \Sigma &= 993.0 \text{ mm}^2 \quad [\text{사용률} = 1.508] \quad \dots\dots 0.K !!
 \end{aligned}$$

② 사용성 검토

탄성계수비 n	$= E_s / E_c$	$= 7.0$	
$A_{s \text{ use}}$	$= \text{H } 16 @ 300.0$	$= 662.0 \text{ mm}^2$	(개수 = 6.7 ea)
	$\text{H } 16 @ 300.0$	$= 662.0 \text{ mm}^2$	
	Σ	$= 1,324.0 \text{ mm}^2$	
철근비 ρ	$= A_s / bd$		
	$= 1,324.0 / (1,000.0 \times 200.0)$	$= 0.00662$	
중립축 k	$= -n\rho + \sqrt{(2n\rho + (n\rho)^2)}$		
	$= -0.0463 + \sqrt{(2 \times 0.0463 + 0.0463^2)}$	$= 0.26160$	
중립축 거리 x	$= k \times d = 0.26160 \times 200.0$	$= 52.320$	
j	$= 1 - k / 3 = 1 - 0.262 / 3$	$= 0.913$	
철근 응력 f_s	$= M / (A_s \times j \times d)$		
	$= 30.98 / (1,324.0 \times 0.913 \times 200.0)$	$= 128.155 \text{ MPa}$	

▪ 균 열 검 토

(콘.설.해 4.2)

$$\begin{aligned}
 \text{최소 두께 } c_c &= 40.0 - 15.9 / 2 = 32.050 \text{ mm} \\
 \text{인장연단 폭 } s_1 &= 375 \times (210 / f_s) - 2.5 \cdot c_c \quad (\text{콘.설.해 6.3.3}) \\
 &= 375 \times (210 / 128.155) - 2.5 \times 32.050 = 534.367 \text{ mm} \\
 \text{인장연단 폭 } s_2 &= 300 \times (210 / f_s) \\
 &= 300 \times (210 / 128.155) = 491.593 \text{ mm} \\
 \text{Min} &= 491.593 \text{ mm} \\
 \therefore s &= 1,000.0 / 6.7\text{ea} = 150.0 \text{ mm} \leq s_a = 491.6 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!
 \end{aligned}$$

3.5 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/mm^2 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

$$A_c = 1,000.0 \times 240.0 = 240,000.0 \text{ mm}^2$$

$$\therefore A_{s \text{ req}} = 240,000.0 \times 1.5\% = 3,600.0 \text{ mm}^2$$

- 사용 철근량

$$\begin{array}{rclcl} \therefore A_{s \text{ use}} = & \text{H } 19 @ 100.0 & = & 2,865.0 & \text{mm}^2 \\ & \text{H } 19 @ 100.0 & = & 2,865.0 & \text{mm}^2 \\ \hline \Sigma & = & 5,730.0 & \text{mm}^2 & [\text{사용률} = 1.592] \quad \dots\dots \text{O.K.!!} \end{array}$$

- 주장을 검토

$$\text{사용철근 개수} : 10.000 + 10.000 = 20.00 \text{ EA/m}$$

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

여기서, D : 철근 직경

n : 철근 개수

1,000 : 단위 폭 (mm)

t_m : 중간 슬래브 두께 (mm)

$$\mu = \frac{\pi \times 19.10 \times 10.00 + \pi \times 19.10 \times 10.00}{1,000.00 \times 240.00} = 0.0050 \text{ mm/mm}^2$$

$$\mu = 0.0050 \text{ mm/mm}^2 > \mu_a = 0.0035 \text{ mm/mm}^2 \quad \text{O.K.}$$

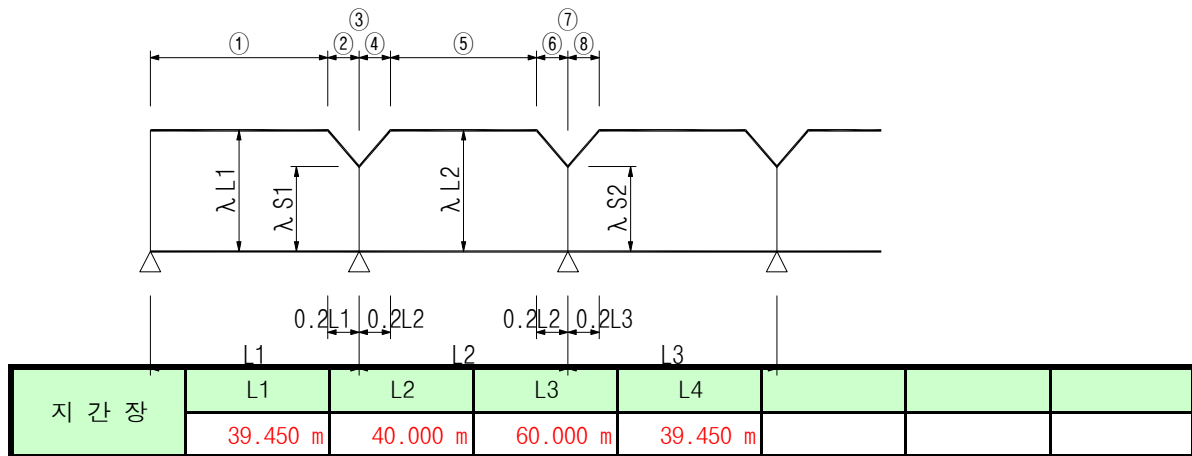
4. 주형의 설계

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)



▪ 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. 단, 상부플랜지 개구부의 경우 $b = (\text{상부플랜지 폭} - b_e)$ 를 적

- 플랜지 유효폭

$B = 2 \times ((\lambda L \text{ or } \lambda S) + b_e)$. 단, 상부플랜지 개구부의 경우 $B = (\lambda L \text{ or } \lambda S) + b_e$

[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(P6)	1	31.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.038	0.038	1.200	1.200	2.640	2.640
C2	2	31.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.038	0.038	1.200	1.200	2.640	2.640
C3	3	31.560	0.400	2.400	0.120	0.120	0.009	0.038	0.280	1.200	0.400	2.640
C4	3	31.560	0.400	2.400	0.120	0.120	0.009	0.038	0.280	1.200	0.400	2.640
C5	3	31.560	0.400	2.400	0.120	0.120	0.009	0.038	0.280	1.200	0.400	2.640
C6	2	31.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.038	0.038	1.200	1.200	2.640	2.640
C7	4	31.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.038	0.038	1.200	1.200	2.640	2.640
0.20L	4	31.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.038	0.038	1.200	1.200	2.640	2.640
C8	5	직선변화							1.131	1.131	2.503	2.503
C9(P7)	6	15.890	2.400	2.400	0.120	0.120	0.076	0.076	1.013	1.013	2.266	2.266
C10	6	직선변화							1.130	1.130	2.500	2.500
0.20L	6	24.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.050	0.050	1.200	1.200	2.640	2.640
C11	4	24.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.050	0.050	1.200	1.200	2.640	2.640
C12	4	24.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.050	0.050	1.200	1.200	2.640	2.640
C13	4	24.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.050	0.050	1.200	1.200	2.640	2.640
C14	4	24.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.050	0.050	1.200	1.200	2.640	2.640
C15	7	24.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.050	0.050	1.200	1.200	2.640	2.640
0.20L	7	24.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.050	0.050	1.200	1.200	2.640	2.640
C16	8	직선변화							1.148	1.148	2.536	2.536
C17(P8)	9	20.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.060	0.060	1.061	1.061	2.362	2.362
C18	8	직선변화							1.119	1.119	2.478	2.478
C19	10	직선변화							1.177	1.177	2.594	2.594
0.20L	10	36.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.033	0.033	1.200	1.200	2.640	2.640
C20	5	36.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.033	0.033	1.200	1.200	2.640	2.640
C21	11	36.000	0.400	2.400	0.120	0.120	0.008	0.033	0.280	1.200	0.400	2.640
C22	11	36.000	0.400	2.400	0.120	0.120	0.008	0.033	0.280	1.200	0.400	2.640
C23	11	36.000	0.400	2.400	0.120	0.120	0.008	0.033	0.280	1.200	0.400	2.640
C24	12	36.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.033	0.033	1.200	1.200	2.640	2.640
C25	11	36.000	0.400	2.400	0.120	0.120	0.008	0.033	0.280	1.200	0.400	2.640
C26	13	36.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.033	0.033	1.200	1.200	2.640	2.640
0.20L	13	36.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.033	0.033	1.200	1.200	2.640	2.640
C27	14	직선변화							1.177	1.177	2.593	2.593
C28	15	직선변화							1.118	1.118	2.477	2.477
C29(P9)	16	19.890	2.400	2.400	0.120	0.120	0.060	0.060	1.060	1.060	2.360	2.360
C30	15	직선변화							1.149	1.149	2.537	2.537
0.20L	15	31.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.038	0.038	1.200	1.200	2.640	2.640
C31	14	31.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.038	0.038	1.200	1.200	2.640	2.640
C32	13	31.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.038	0.038	1.200	1.200	2.640	2.640
C33	4	31.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.038	0.038	1.200	1.200	2.640	2.640
C34	3	31.560	0.400	2.400	0.120	0.120	0.009	0.038	0.280	1.200	0.400	2.640

[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
C35	3	31.560	0.400	2.400	0.120	0.120	0.009	0.038	0.280	1.200	0.400	2.640
C36	2	31.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.038	0.038	1.200	1.200	2.640	2.640
C37(A2)	1	31.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.038	0.038	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(P6)	1	31.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.038	0.038	1.200	1.200	2.640	2.640
C2	2	31.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.038	0.038	1.200	1.200	2.640	2.640
C3	3	31.560	0.400	2.400	0.120	0.120	0.009	0.038	0.280	1.200	0.400	2.640
C4	3	31.560	0.400	2.400	0.120	0.120	0.009	0.038	0.280	1.200	0.400	2.640
C5	3	31.560	0.400	2.400	0.120	0.120	0.009	0.038	0.280	1.200	0.400	2.640
C6	2	31.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.038	0.038	1.200	1.200	2.640	2.640
C7	4	31.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.038	0.038	1.200	1.200	2.640	2.640
0.20L	4	31.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.038	0.038	1.200	1.200	2.640	2.640
C8	5	직선변화							1.131	1.131	2.503	2.503
C9(P7)	6	15.890	2.400	2.400	0.120	0.120	0.076	0.076	1.013	1.013	2.266	2.266
C10	6	직선변화							1.130	1.130	2.500	2.500
0.20L	6	24.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.050	0.050	1.200	1.200	2.640	2.640
C11	4	24.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.050	0.050	1.200	1.200	2.640	2.640
C12	4	24.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.050	0.050	1.200	1.200	2.640	2.640
C13	4	24.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.050	0.050	1.200	1.200	2.640	2.640
C14	4	24.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.050	0.050	1.200	1.200	2.640	2.640
C15	7	24.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.050	0.050	1.200	1.200	2.640	2.640
0.20L	7	24.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.050	0.050	1.200	1.200	2.640	2.640
C16	8	직선변화							1.148	1.148	2.536	2.536
C17(P8)	9	20.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.060	0.060	1.061	1.061	2.362	2.362
C18	8	직선변화							1.119	1.119	2.478	2.478
C19	10	직선변화							1.177	1.177	2.594	2.594
0.20L	10	36.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.033	0.033	1.200	1.200	2.640	2.640
C20	5	36.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.033	0.033	1.200	1.200	2.640	2.640
C21	11	36.000	0.400	2.400	0.120	0.120	0.008	0.033	0.280	1.200	0.400	2.640
C22	11	36.000	0.400	2.400	0.120	0.120	0.008	0.033	0.280	1.200	0.400	2.640
C23	11	36.000	0.400	2.400	0.120	0.120	0.008	0.033	0.280	1.200	0.400	2.640
C24	12	36.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.033	0.033	1.200	1.200	2.640	2.640
C25	11	36.000	0.400	2.400	0.120	0.120	0.008	0.033	0.280	1.200	0.400	2.640
C26	13	36.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.033	0.033	1.200	1.200	2.640	2.640
0.20L	13	36.000	2.400	2.400	0.120	0.120	0.033	0.033	1.200	1.200	2.640	2.640
C27	14	직선변화							1.177	1.177	2.593	2.593
C28	15	직선변화							1.118	1.118	2.477	2.477
C29(P9)	16	19.890	2.400	2.400	0.120	0.120	0.060	0.060	1.060	1.060	2.360	2.360

[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
C30	15	직선변화							1.149	1.149	2.537	2.537
0.20L	15	31.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.038	0.038	1.200	1.200	2.640	2.640
C31	14	31.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.038	0.038	1.200	1.200	2.640	2.640
C32	13	31.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.038	0.038	1.200	1.200	2.640	2.640
C33	4	31.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.038	0.038	1.200	1.200	2.640	2.640
C34	3	31.560	0.400	2.400	0.120	0.120	0.009	0.038	0.280	1.200	0.400	2.640
C35	3	31.560	0.400	2.400	0.120	0.120	0.009	0.038	0.280	1.200	0.400	2.640
C36	2	31.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.038	0.038	1.200	1.200	2.640	2.640
C37(A2)	1	31.560	2.400	2.400	0.120	0.120	0.038	0.038	1.200	1.200	2.640	2.640

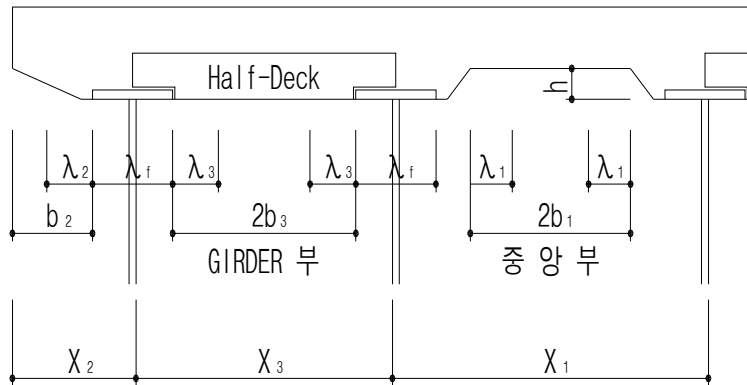
2) 바닥판 유효폭

(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
 X_3 : 거더 내측 거리
 h : 현치 높이
 b_e : 복부판내측에서 상부플랜지 끝단거리
 $2b_1 = X_1 - 2(b_e + h)$
 $b_2 = X_2 - b_e$
 $2b_3 = X_3 - 2b_e$

[G1]

(단위 : m)

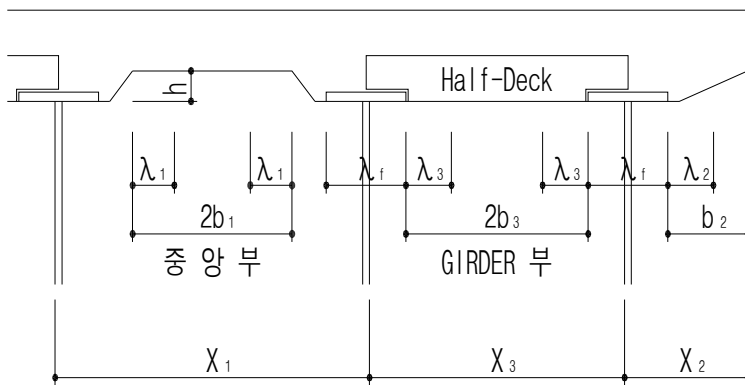
위치	단면 번호	등가 지간 장	플랜 지 유효	현치 높이 (h)	X_1	X_2	X_3	플랜 지 돌출	b_1 / l	b_2 / l	b_3 / l	λ_1	λ_2	λ_3	B
C1(P6)	1	31.560	2.640	0.050	2.200	1.000	0.000	0.120	0.029	0.028	0.000	0.930	0.880	0.000	4.500
C2	2	31.560	2.640	0.050	2.200	1.000	0.000	0.120	0.029	0.028	0.000	0.930	0.880	0.000	4.500
C3	3	31.560	0.400	0.050	2.200	1.000	2.400	0.120	0.029	0.028	0.029	0.930	0.880	0.920	4.500
C4	3	31.560	0.400	0.050	2.200	1.000	2.400	0.120	0.029	0.028	0.029	0.930	0.880	0.920	4.500
C5	3	31.560	0.400	0.050	2.200	1.000	2.400	0.120	0.029	0.028	0.029	0.930	0.880	0.920	4.500
C6	2	31.560	2.640	0.050	2.200	1.000	0.000	0.120	0.029	0.028	0.000	0.930	0.880	0.000	4.500
C7	4	31.560	2.640	0.050	2.200	1.000	0.000	0.120	0.029	0.028	0.000	0.930	0.880	0.000	4.500
0.20L	4	31.560	2.640	0.050	2.200	1.000	0.000	0.120	0.029	0.028	0.000	0.930	0.880	0.000	4.500
C8	5	직선변화										0.892	0.847	0.000	4.291
C9(P7)	6	15.890	2.266	0.050	2.200	1.000	0.000	0.120	0.059	0.055	0.000	0.826	0.789	0.000	3.931
C10	6	직선변화										0.891	0.846	0.000	4.286
0.20L	6	24.000	2.640	0.050	2.200	1.000	0.000	0.120	0.039	0.037	0.000	0.930	0.880	0.000	4.500
C11	4	24.000	2.640	0.050	2.200	1.000	0.000	0.120	0.039	0.037	0.000	0.930	0.880	0.000	4.500
C12	4	24.000	2.640	0.050	2.200	1.000	0.000	0.120	0.039	0.037	0.000	0.930	0.880	0.000	4.500
C13	4	24.000	2.640	0.050	2.200	1.000	0.000	0.120	0.039	0.037	0.000	0.930	0.880	0.000	4.500
C14	4	24.000	2.640	0.050	2.200	1.000	0.000	0.120	0.039	0.037	0.000	0.930	0.880	0.000	4.500
C15	7	24.000	2.640	0.050	2.200	1.000	0.000	0.120	0.039	0.037	0.000	0.930	0.880	0.000	4.500
0.20L	7	24.000	2.640	0.050	2.200	1.000	0.000	0.120	0.039	0.037	0.000	0.930	0.880	0.000	4.500
C16	8	직선변화										0.902	0.856	0.000	4.344
C17(P8)	9	20.000	2.362	0.050	2.200	1.000	0.000	0.120	0.047	0.044	0.000	0.856	0.817	0.000	4.085
C18	8	직선변화										0.887	0.843	0.000	4.258
C19	10	직선변화										0.918	0.869	0.000	4.431
0.20L	10	36.000	2.640	0.050	2.200	1.000	0.000	0.120	0.026	0.024	0.000	0.930	0.880	0.000	4.500
C20	5	36.000	2.640	0.050	2.200	1.000	0.000	0.120	0.026	0.024	0.000	0.930	0.880	0.000	4.500
C21	11	36.000	0.400	0.050	2.200	1.000	2.400	0.120	0.026	0.024	0.026	0.930	0.880	0.920	4.500

[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
C22	11	36.000	0.400	0.050	2.200	1.000	2.400	0.120	0.026	0.024	0.026	0.930	0.880	0.920	4.500
C23	11	36.000	0.400	0.050	2.200	1.000	2.400	0.120	0.026	0.024	0.026	0.930	0.880	0.920	4.500
C24	12	36.000	2.640	0.050	2.200	1.000	0.000	0.120	0.026	0.024	0.000	0.930	0.880	0.000	4.500
C25	11	36.000	0.400	0.050	2.200	1.000	2.400	0.120	0.026	0.024	0.026	0.930	0.880	0.920	4.500
C26	13	36.000	2.640	0.050	2.200	1.000	0.000	0.120	0.026	0.024	0.000	0.930	0.880	0.000	4.500
0.20L	13	36.000	2.640	0.050	2.200	1.000	0.000	0.120	0.026	0.024	0.000	0.930	0.880	0.000	4.500
C27	14	직선변화										0.918	0.869	0.000	4.430
C28	15	직선변화										0.887	0.843	0.000	4.256
C29(P9)	16	19.890	2.360	0.050	2.200	1.000	0.000	0.120	0.047	0.044	0.000	0.856	0.816	0.000	4.082
C30	15	직선변화										0.903	0.857	0.000	4.347
0.20L	15	31.560	2.640	0.050	2.200	1.000	0.000	0.120	0.029	0.028	0.000	0.930	0.880	0.000	4.500
C31	14	31.560	2.640	0.050	2.200	1.000	0.000	0.120	0.029	0.028	0.000	0.930	0.880	0.000	4.500
C32	13	31.560	2.640	0.050	2.200	1.000	0.000	0.120	0.029	0.028	0.000	0.930	0.880	0.000	4.500
C33	4	31.560	2.640	0.050	2.200	1.000	0.000	0.120	0.029	0.028	0.000	0.930	0.880	0.000	4.500
C34	3	31.560	0.400	0.050	2.200	1.000	2.400	0.120	0.029	0.028	0.029	0.930	0.880	0.920	4.500
C35	3	31.560	0.400	0.050	2.200	1.000	2.400	0.120	0.029	0.028	0.029	0.930	0.880	0.920	4.500
C36	2	31.560	2.640	0.050	2.200	1.000	0.000	0.120	0.029	0.028	0.000	0.930	0.880	0.000	4.500
C37(A2)	1	31.560	2.640	0.050	2.200	1.000	0.000	0.120	0.029	0.028	0.000	0.930	0.880	0.000	4.500

(2) 우측 캔틸레버부 (G2)



X1 : 인접 거더의 복부 사이의 간격

X2 : 외측거더복부에서 캔틸레버 끝단거리

X3 : 거더 내측 거리

h : 현치 높이

be : 복부판내측에서 상부플랜지 끝단거리

 $2b_1 = X_1 - 2(be + h)$ $b_2 = X_2 - be$ $2b_3 = X_3 - 2be$

[G2]

(단위 : m)

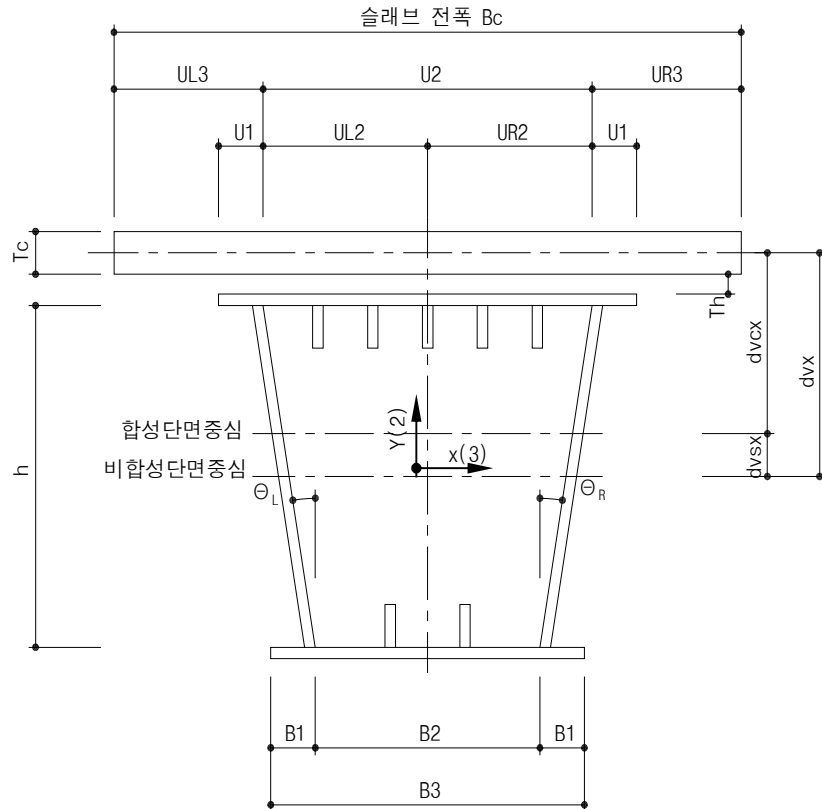
위치	단면 번호	등가 지간 장	플랜 지 유효	현치 높이 (h)	X_1	X_2	X_3	플랜 지 돌출	b_1 / l	b_2 / l	b_3 / l	λ_1	λ_2	λ_3	B
C1(P6)	1	31.560	2.640	0.050	2.200	1.170	0.000	0.120	0.029	0.033	0.000	0.930	1.050	0.000	4.670
C2	2	31.560	2.640	0.050	2.200	1.170	0.000	0.120	0.029	0.033	0.000	0.930	1.050	0.000	4.670
C3	3	31.560	0.400	0.050	2.200	1.170	2.400	0.120	0.029	0.033	0.029	0.930	1.050	0.920	4.670
C4	3	31.560	0.400	0.050	2.200	1.170	2.400	0.120	0.029	0.033	0.029	0.930	1.050	0.920	4.670
C5	3	31.560	0.400	0.050	2.200	1.170	2.400	0.120	0.029	0.033	0.029	0.930	1.050	0.920	4.670
C6	2	31.560	2.640	0.050	2.200	1.170	0.000	0.120	0.029	0.033	0.000	0.930	1.050	0.000	4.670
C7	4	31.560	2.640	0.050	2.200	1.170	0.000	0.120	0.029	0.033	0.000	0.930	1.050	0.000	4.670

[G2]

(단위 : m)

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
0.20L	4	31.560	2.640	0.050	2.200	1.170	0.000	0.120	0.029	0.033	0.000	0.930	1.050	0.000	4.670
C8	5	직선변화										0.892	0.999	0.000	4.444
C9(P7)	6	15.890	2.266	0.050	2.200	1.170	0.000	0.120	0.059	0.066	0.000	0.826	0.912	0.000	4.053
C10	6	직선변화										0.891	0.998	0.000	4.439
0.20L	6	24.000	2.640	0.050	2.200	1.170	0.000	0.120	0.039	0.044	0.000	0.930	1.050	0.000	4.670
C11	4	24.000	2.640	0.050	2.200	1.170	0.000	0.120	0.039	0.044	0.000	0.930	1.050	0.000	4.670
C12	4	24.000	2.640	0.050	2.200	1.170	0.000	0.120	0.039	0.044	0.000	0.930	1.050	0.000	4.670
C13	4	24.000	2.640	0.050	2.200	1.170	0.000	0.120	0.039	0.044	0.000	0.930	1.050	0.000	4.670
C14	4	24.000	2.640	0.050	2.200	1.170	0.000	0.120	0.039	0.044	0.000	0.930	1.050	0.000	4.670
C15	7	24.000	2.640	0.050	2.200	1.170	0.000	0.120	0.039	0.044	0.000	0.930	1.050	0.000	4.670
0.20L	7	24.000	2.640	0.050	2.200	1.170	0.000	0.120	0.039	0.044	0.000	0.930	1.050	0.000	4.670
C16	8	직선변화										0.902	1.012	0.000	4.501
C17(P8)	9	20.000	2.362	0.050	2.200	1.170	0.000	0.120	0.047	0.053	0.000	0.856	0.950	0.000	4.218
C18	8	직선변화										0.887	0.991	0.000	4.406
C19	10	직선변화										0.918	1.033	0.000	4.595
0.20L	10	36.000	2.640	0.050	2.200	1.170	0.000	0.120	0.026	0.029	0.000	0.930	1.050	0.000	4.670
C20	5	36.000	2.640	0.050	2.200	1.170	0.000	0.120	0.026	0.029	0.000	0.930	1.050	0.000	4.670
C21	11	36.000	0.400	0.050	2.200	1.170	2.400	0.120	0.026	0.029	0.026	0.930	1.050	0.920	4.670
C22	11	36.000	0.400	0.050	2.200	1.170	2.400	0.120	0.026	0.029	0.026	0.930	1.050	0.920	4.670
C23	11	36.000	0.400	0.050	2.200	1.170	2.400	0.120	0.026	0.029	0.026	0.930	1.050	0.920	4.670
C24	12	36.000	2.640	0.050	2.200	1.170	0.000	0.120	0.026	0.029	0.000	0.930	1.050	0.000	4.670
C25	11	36.000	0.400	0.050	2.200	1.170	2.400	0.120	0.026	0.029	0.026	0.930	1.050	0.920	4.670
C26	13	36.000	2.640	0.050	2.200	1.170	0.000	0.120	0.026	0.029	0.000	0.930	1.050	0.000	4.670
0.20L	13	36.000	2.640	0.050	2.200	1.170	0.000	0.120	0.026	0.029	0.000	0.930	1.050	0.000	4.670
C27	14	직선변화										0.918	1.033	0.000	4.594
C28	15	직선변화										0.887	0.991	0.000	4.404
C29(P9)	16	19.890	2.360	0.050	2.200	1.170	0.000	0.120	0.047	0.053	0.000	0.856	0.949	0.000	4.215
C30	15	직선변화										0.903	1.013	0.000	4.503
0.20L	15	31.560	2.640	0.050	2.200	1.170	0.000	0.120	0.029	0.033	0.000	0.930	1.050	0.000	4.670
C31	14	31.560	2.640	0.050	2.200	1.170	0.000	0.120	0.029	0.033	0.000	0.930	1.050	0.000	4.670
C32	13	31.560	2.640	0.050	2.200	1.170	0.000	0.120	0.029	0.033	0.000	0.930	1.050	0.000	4.670
C33	4	31.560	2.640	0.050	2.200	1.170	0.000	0.120	0.029	0.033	0.000	0.930	1.050	0.000	4.670
C34	3	31.560	0.400	0.050	2.200	1.170	2.400	0.120	0.029	0.033	0.029	0.930	1.050	0.920	4.670
C35	3	31.560	0.400	0.050	2.200	1.170	2.400	0.120	0.029	0.033	0.029	0.930	1.050	0.920	4.670
C36	2	31.560	2.640	0.050	2.200	1.170	0.000	0.120	0.029	0.033	0.000	0.930	1.050	0.000	4.670
C37(A2)	1	31.560	2.640	0.050	2.200	1.170	0.000	0.120	0.029	0.033	0.000	0.930	1.050	0.000	4.670

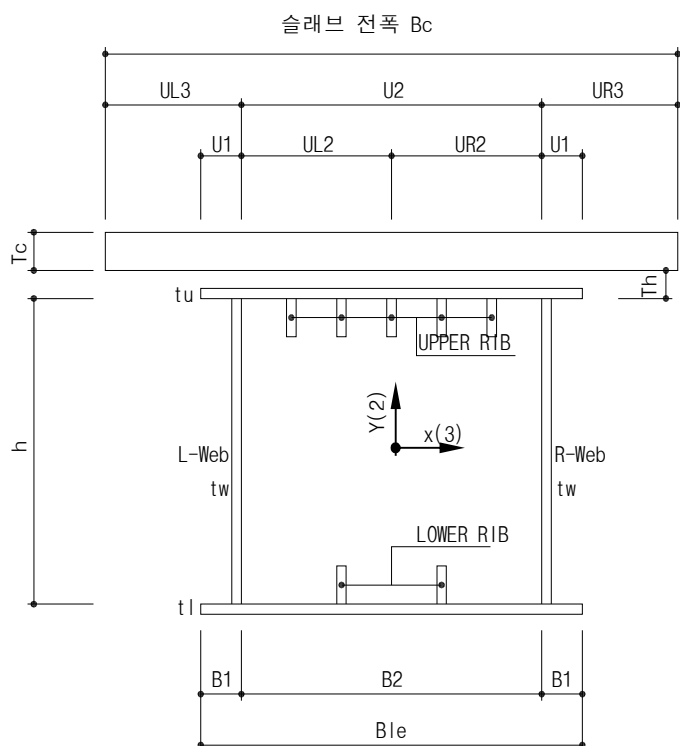
4.2 단 면 가 정(합성전)



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

B_c	: 바닥판 콘크리트의 폭
B_h	: Half-deck 콘크리트의 폭
T_c	: 바닥판 콘크리트의 두께
T_{c1}	: Half-deck 콘크리트의 두께
T_h	: 바닥판 콘크리트의 현치 높이
N	: 강재와 콘크리트의 탄성계수비 ($N = E_s / E_c$)
A_c	: 바닥판 콘크리트의 단면적
A_{ch}	: Half-deck 콘크리트의 단면적
A_v	: 합성후 (강재 + Half-Deck + 바닥판 콘크리트)의 환산 단면적
A_{vh}	: 합성전 (강재 + Half-deck 콘크리트)의 환산 단면적
$I_{cx}(y)$	: 2축(3축) 방향 바닥판 콘크리트의 단면 2차 모멘트
$I_{cxh}(yh)$	: 2축(3축) 방향 Half-deck 콘크리트의 단면 2차 모멘트
$d_{vx}(y)$	: 2축(3축) 방향 강재단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리
$d_{vxh}(yh)$	: 2축(3축) 방향 강재단면 도심에서 Half-deck 도심까지의 거리
$d_{vcx}(y)$	: 2축(3축) 방향 합성후 합성단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리
$d_{vcxh}(yh)$	: 2축(3축) 방향 합성전 합성단면 도심에서 Half-deck 도심까지의 거리
$d_{vsx}(y)$	: 2축(3축) 방향 합성단면 도심에서 강재단면 도심까지의 거리 (합성전 및 합성후 단면에서의 도심축 이동량)
$d_{vsxh}(yh)$	: 2축(3축) 방향 합성단면 도심에서 강재단면 도심까지의 거리 (합성전 및 2차 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_{v33h}	: 합성전 단면의 3축 방향(종방향) 단면2차 모멘트
I_{v22}	: 합성후 단면의 2축 방향(횡방향) 단면2차 모멘트
I_{v22h}	: 합성전 단면의 2축 방향(횡방향) 단면2차 모멘트
Θ_L	: 좌측 복부판과 연직선이 이루는 각도
Θ_R	: 우측 복부판과 연직선이 이루는 각도

© FRAME SECTION NAME 1 < G1 >



$$Bc = 4,500.0 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

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

$$UR3 = 1,100.0 \text{ mm}$$

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

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

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

$$Tc = 440.0 \text{ mm}$$

$$Th = 50.0 \text{ mm}$$

$$h = 1,600.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구분	규격	$As(\text{mm}^2)$	$\bar{Y}(\text{mm})$	$As \cdot \bar{Y}(\text{mm}^3)$	$As \cdot \bar{Y}^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	806.0	2.553E+07	2.058E+10	3.802E+05
UPPER RIB	5 - 150.0 × 12.0	9,000.0	725.0	6.525E+06	4.731E+09	1.688E+07
L - WEB	1 - 1,600.0 × 12.0	19,200.0	-	-	-	4.096E+09
R - WEB	1 - 1,600.0 × 12.0	19,200.0	-	-	-	4.096E+09
LOWER RIB	2 - 150.0 × 12.0	3,600.0	-725.0	-2.610E+06	1.892E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	-806.0	-2.553E+07	2.058E+10	3.802E+05
합계		114,360.0	-	3.915E+06	4.778E+10	8.216E+09

Y(2)축 방향

구분	규격	$As(\text{mm}^2)$	$\bar{X}(\text{mm})$	$As \cdot \bar{X}(\text{mm}^3)$	$As \cdot \bar{X}^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
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 - 150.0 × 12.0	9,000.0	0.0	0.000E+00	2.880E+09	1.080E+05
L - WEB	1 - 1,600.0 × 12.0	19,200.0	-1,206.0	-2.316E+07	2.793E+10	2.304E+05
R - WEB	1 - 1,600.0 × 12.0	19,200.0	1,206.0	2.316E+07	2.793E+10	2.304E+05
LOWER RIB	2 - 150.0 × 12.0	3,600.0	0.0	0.000E+00	5.760E+08	4.320E+04
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	1.840E+10
합계		114,360.0	-	0.000E+00	5.931E+10	3.680E+10

① 합성전 단면

$$I_{x'} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 47,783,811,960.0 + 8,216,385,320.0 = 5.600E+10 \text{ mm}^4$$

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = 3,915,000.0 / 114,360.0 = 34.2 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_{x'} - \sum A_s \times \delta_y^2 = 56,000,197,280.0 - 114,360.0 \times 34.2^2 = 5.587E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{y'} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 59,306,342,400.0 + 36,800,100,000.0 = 9.611E+10 \text{ mm}^4$$

$$\delta_x = \sum A_s X / \sum A_s = 0.0 / 114,360.0 = 0.0 \text{ mm}$$

$$I_{22} = I_{y'} - \sum A_s \times \delta_x^2 = 96,106,442,400.0 - 114,360.0 \times 0.0^2 = 9.611E+10 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

$$Bu = U2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm}$$

$$Bl = B2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm}$$

$$H = h + tu/2 + tl/2 = 1,600.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 1,612.0 \text{ mm}$$

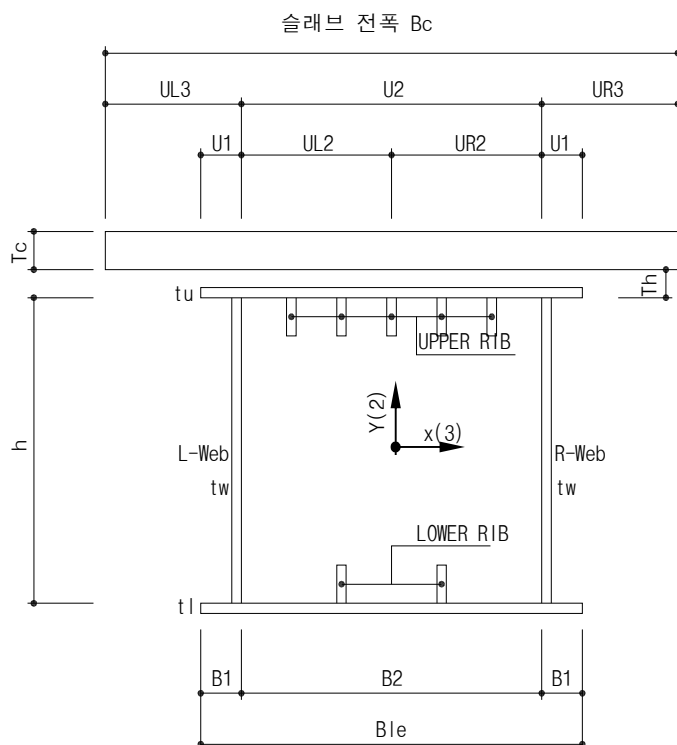
$$F = (Bu+Bl)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 1,612.0 = 3.888E+06 \text{ mm}^2$$

$$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t)$$

$$= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl \}$$

$$= 4 \times 3,888,144.0^2 / \{ (1,612.0 + 1,612.0) / 12.0 + 2,412.0 / 12.0 + 2,412.0 / 12.0 \} = 9.016E+10 \text{ mm}^4$$

◎ FRAME SECTION NAME 2 < G1 >



$$Bc = 4,500.0 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

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

$$UR3 = 1,100.0 \text{ mm}$$

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

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

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

$$Tc = 240.0 \text{ mm}$$

$$Th = 50.0 \text{ mm}$$

$$h = 1,800.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

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 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	906.0	2.870E+07	2.600E+10	3.802E+05
UPPER RIB	5 - 150.0 × 12.0	9,000.0	825.0	7.425E+06	6.126E+09	1.688E+07
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
LOWER RIB	2 - 150.0 × 12.0	3,600.0	-825.0	-2.970E+06	2.450E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	-906.0	-2.870E+07	2.600E+10	3.802E+05
합 계		119,160.0	-	4.455E+06	6.058E+10	1.169E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
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 - 150.0 × 12.0	9,000.0	0.0	0.000E+00	2.880E+09	1.080E+05
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-1,206.0	-2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	1,206.0	2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
LOWER RIB	2 - 150.0 × 12.0	3,600.0	0.0	0.000E+00	5.760E+08	4.320E+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		119,160.0	-	0.000E+00	6.629E+10	3.680E+10

① 합성전 단면

$$I_x' = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 60,584,043,960.0 + 11,688,385,320.0 = 7.227E+10 \text{ mm}^4$$

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = 4,455,000.0 / 119,160.0 = 37.4 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2 = 72,272,429,280.0 - 119,160.0 \times 37.4^2 = 7.211E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_y' = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 66,287,635,200.0 + 36,800,157,600.0 = 1.031E+11 \text{ mm}^4$$

$$\delta_x = \sum A_s X / \sum A_s = 0.0 / 119,160.0 = 0.0 \text{ mm}$$

$$I_{22} = I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2 = 103,087,792,800.0 - 119,160.0 \times 0.0^2 = 1.031E+11 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

$$Bu = U/2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm}$$

$$Bl = B/2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm}$$

$$H = h + tu/2 + tl/2 = 1,800.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 1,812.0 \text{ mm}$$

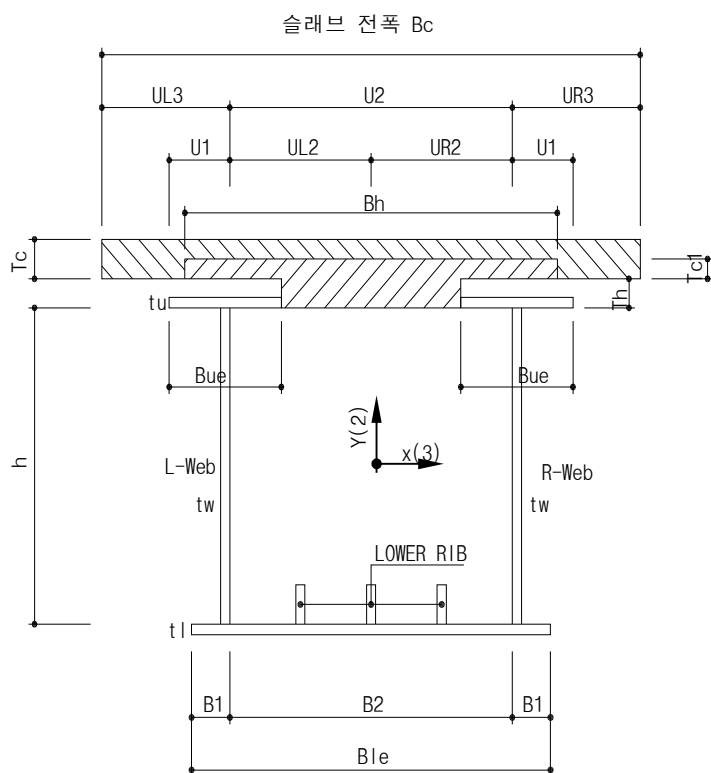
$$F = (Bu+Bl)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 1,812.0 = 4.371E+06 \text{ mm}^2$$

$$K = 4 \cdot F^2 / (f_{ds} / t)$$

$$= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl \}$$

$$= 4 \times 4,370,544.0^2 / \{ (1,812.0 + 1,812.0) / 12.0 + 2,412.0 / 12.0 + 2,412.0 / 12.0 \} = 1.085E+11 \text{ mm}^4$$

◎ FRAME SECTION NAME 3 < G1 >



Bc	=	4,500.0	mm
Bh	=	2,500.0	mm
U1	=	120.0	mm
U2	=	2,400.0	mm
UL2	=	1,200.0	mm
UR2	=	1,200.0	mm
U3	=	400.0	mm
UL3	=	1,000.0	mm
UR3	=	1,100.0	mm
B1	=	120.0	mm
B2	=	2,400.0	mm
B3	=	2,640.0	mm
Tc	=	240.0	mm
Tc1	=	90.0	mm
Th	=	50.0	mm
h	=	1,800.0	mm
n	=	7.0	
n_h	=	6.2	
Θ_L	=	0.000	°
Θ_R	=	0.000	°

X(3)축 방향

구분	규격	$A_s(\text{mm}^2)$	$\bar{Y}(\text{mm})$	$A_s \cdot \bar{Y}(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot \bar{Y}^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	2 - 400.0 × 12.0	9,600.0	906.0	8.698E+06	7.880E+09	1.152E+05
UPPER RIB	0 - 0.0 × 0.0	0.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
LOWER RIB	2 - 150.0 × 12.0	3,600.0	-825.0	-2.970E+06	2.450E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	-906.0	-2.870E+07	2.600E+10	3.802E+05
합계		88,080.0	-	-2.297E+07	3.633E+10	1.167E+10

Y(2)축 방향

구분	규격	$A_s(\text{mm}^2)$	$\bar{X}(\text{mm})$	$A_s \cdot \bar{X}(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot \bar{X}^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
L-UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-1,120.0	-5.376E+06	6.021E+09	6.400E+07
R-UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	1,120.0	5.376E+06	6.021E+09	6.400E+07
UPPER RIB	0 - 0.0 × 0.0	0.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-1,206.0	-2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	1,206.0	2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
LOWER RIB	2 - 150.0 × 12.0	3,600.0	0.0	0.000E+00	5.760E+08	4.320E+04
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	1.840E+10
합계		88,080.0	-	0.000E+00	7.545E+10	1.853E+10

① 합성전 단면 (Steel + Half-Deck)

$$\begin{aligned}
 Ach &= (Bh \times Tc1) + \{U2 - (U3-U1) \times 2\} \times Th \\
 &= (2,500.0 \times 90.0) + \{2,400.0 - (400.0-120.0) \times 2\} \times 50.0 = 3.170E+05 \text{ mm}^2 \\
 Avh &= \sum As + Ach / n_h = 88,080.0 + 317,000.0 / 6.2 = 1.392E+05 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- X(3)축 방향

$$\begin{aligned}
 I_x' &= \sum As Y^2 + \sum I_{xo} = 36,334,360,080.0 + 11,671,245,360.0 = 4.801E+10 \text{ mm}^4 \\
 \delta_y &= \sum As Y / \sum As = -22,974,480.0 / 88,080.0 = -260.8 \text{ mm} \\
 I_{33} &= I_x' - \sum As \times \delta_y^2 = 48,005,605,440.0 - 88,080.0 \times (-260.8)^2 = 4.201E+10 \text{ mm}^4 \\
 I_{cxh} &= (Bh \times Tc1^3 / 12) + \{U2 - (U3-U1) \times 2\} \times Th^3 / 12 \\
 &\quad + (Bh \times Tc1) \times (Th+Tc1/2)^2 + \{U2-(U3-U1) \times 2\} \times Th \times (Th/2)^2 \\
 &\quad - Ach \times (d_{vxh} - h/2 + \delta_y)^2 \\
 &= (2,500.0 \times 90.0^3 / 12) + \{2,400.0 - (400.0-120.0) \times 2\} \times 50.0^3 / 12 \\
 &\quad + (2,400.0 \times 90.0) \times (50.0+90.0/2)^2 + \{2,400.0 - (400.0-120.0) \times 2\} \times 50.0 \times (50.0/2)^2 \\
 &\quad - 317,000.0 \times (1,235.5 - 1,800.0/2 + -260.8)^2 = 4.910E+08 \text{ mm}^4 \\
 d_{vxh} &= h/2 - \delta_y + [(Bh \times Tc1) \times (Th+Tc1/2) + \{U2-(U3-U1) \times 2\} \times (Th^2/2)] / Ach \\
 &= 1,800.0/2 - (-260.8) + [(2,500.0 \times 90.0) \times (50.0 + 90.0/2) + \\
 &\quad \{2,400.0 - (400.0 - 120.0) \times 2\} \times (50.0^2 / 2)] / 317,000.0 = 1,235.5 \text{ mm} \\
 d_{vcxh} &= d_{vxh} \cdot \sum As / Avh = 1,235.5 \times 88,080.0 / 139,209.0 = 781.7 \text{ mm} \\
 d_{vsxh} &= d_{vxh} - d_{vcxh} = 1,235.5 - 781.7 = 453.8 \text{ mm} \\
 I_{v33h} &= I_{33} + I_{cxh} / n_h + \sum As \cdot d_{vsxh}^2 + Ach / n_h \cdot d_{vcxh}^2 \\
 &= 42,013,022,205.8 + 491,010,120.9 / 6.2 + 88,080.0 \times 453.8^2 \\
 &\quad + 317,000.0 / 6.2 \times 781.7^2 = 9.148E+10 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- Y(2)축 방향

$$\begin{aligned}
 I_y' &= \sum As X^2 + \sum I_{yo} = 75,449,875,200.0 + 18,528,305,600.0 = 9.398E+10 \text{ mm}^4 \\
 \delta_x &= \sum As X / \sum As = 0.0 / 88,080.0 = 0.0 \text{ mm} \\
 I_{22} &= I_y' - \sum As \times \delta_x^2 = 93,978,180,800.0 - 88,080.0 \times 0.0^2 = 9.398E+10 \text{ mm}^4 \\
 I_{cyh} &= (Tc1 \times Bh^3 / 12) + Th \times \{U2 - (U3-U1) \times 2\}^3 / 12 \\
 &= (90.0 \times 2,500.0^3 / 12) + 50.0 \times \{2,400.0 - (400.0-120.0) \times 2\}^3 / 12 = 1.431E+11 \text{ mm}^4 \\
 d_{vyh} &= UR2 + (Bh - UL2 - UR2) / 2 - \delta_x - Bh/2 \\
 &= 1,200.0 + 50.0 - 0.0 - 2,500.0 / 2 = 0.0 \text{ mm} \\
 d_{vcyh} &= d_{vyh} \cdot \sum As / Avh = 0.0 \times 88,080.0 / 139,209.0 = 0.0 \text{ mm} \\
 d_{vsyh} &= d_{vyh} - d_{vcyh} = 0.0 - 0.0 = 0.0 \text{ mm} \\
 I_{v22h} &= I_{22} + I_{cyh} / n_h + \sum As \cdot d_{vsyh}^2 + Ach / n_h \cdot d_{vcyh}^2 \\
 &= 93,978,180,800.0 + 143,143,766,666.7 / 6.2 + 88,080.0 \times 0.0^2 \\
 &\quad + 317,000.0 / 6.2 \times 0.0^2 = 1.171E+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

(도.설.해 3.8.2.3)

Half-Deck Con'c의 강도 = f_{ckh} = 50.0 MPa

Half-Deck의 전단 탄성계수 = $G_h = 3.290\text{E}+04 / (2 (1 + 0.167)) = 1.410\text{E}+04 \text{ MPa}$

$$Bu = U2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm}$$

$$H = h + t_{hu}/2 + tl/2 = 1,800.0 + 25.0 / 2 + 12.0 / 2 = 1,818.5 \text{ mm}$$

$$K = 4 \cdot F^2 / (\oint dS / t)$$

$$= 4 \times 4,386,208.6^2 / \{ (1,818.5 + 1,818.5) / 12.0 + 2,412.0 / 25.0$$

$$+ 2,412.0 / 12.0 \} = 1.281\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

Figure 1 illustrates the dimensions of the test specimen. The diagram shows a cross-section of a beam with various dimensions labeled. The total width is B_c . The top flange has a thickness T_c . The web has a thickness t_w . The bottom flange has a thickness t_l . The total height is h . The top flange is divided into segments U_1 , U_{L2} , U_{R2} , and U_{R3} . The bottom flange is divided into segments B_1 , B_2 , and B_3 . The web is labeled L-Web and R-Web. The upper and lower ribs are labeled UPPER RIB and LOWER RIB. A coordinate system $(x(3), y(2))$ is shown at the center of the web.

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

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 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	906.0	2.870E+07	2.600E+10	3.802E+05
UPPER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	825.0	8.663E+06	7.147E+09	1.969E+07
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-825.0	-8.663E+06	7.147E+09	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	-906.0	-2.870E+07	2.600E+10	3.802E+05
합 계		127,560.0	-	0.000E+00	6.630E+10	1.170E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
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 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-1,206.0	-2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	1,206.0	2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	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		127,560.0	-	0.000E+00	6.955E+10	3.680E+10

① 합성전 단면

$$I_x' = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 66,301,293,960.0 + 11,704,135,320.0 = 7.801E+10 \text{ mm}^4$$

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = 0.0 / 127,560.0 = 0.0 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2 = 78,005,429,280.0 - 127,560.0 \times 0.0^2 = 7.801E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_y' = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 69,551,635,200.0 + 36,800,349,400.0 = 1.064E+11 \text{ mm}^4$$

$$\delta_x = \sum A_s X / \sum A_s = 0.0 / 127,560.0 = 0.0 \text{ mm}$$

$$I_{22} = I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2 = 106,351,984,600.0 - 127,560.0 \times 0.0^2 = 1.064E+11 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

$$Bu = U/2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm}$$

$$Bl = B/2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm}$$

$$H = h + tu/2 + tl/2 = 1,800.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 1,812.0 \text{ mm}$$

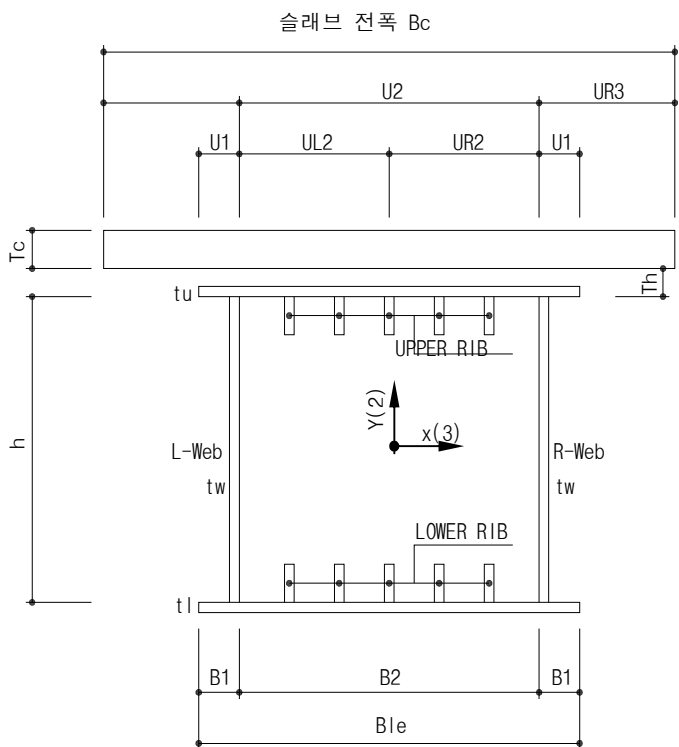
$$F = (Bu+Bl)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 1,812.0 = 4.371E+06 \text{ mm}^2$$

$$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t)$$

$$= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl \}$$

$$= 4 \times 4,370,544.0^2 / \{ (1,812.0 + 1,812.0) / 12.0 + 2,412.0 / 12.0 + 2,412.0 / 12.0 \} = 1.085E+11 \text{ mm}^4$$

© FRAME SECTION NAME 5 < G1 >



$B_c = 4,500.0 \text{ mm}$

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 = 1,100.0 mm

B1 = 120.0 mm

B2 = 2,400.0 mm

B3 = 2,640.0 mm

$$T_c = 240.0 \text{ mm}$$

Th = 50.0 mm

h = 1.800.0 mm

$n = 7.0$

$$\Theta_1 = 0.000^\circ$$
$$\Theta_D = 0.000^\circ$$

X(3) 축 방향

구 분	규 격	$AS(mm^2)$	$Y(mm)$	$AS \cdot Y(mm^3)$	$AS \cdot Y^2(mm^4)$	$I_{xo}(mm^4)$
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	906.0	2.870E+07	2.600E+10	3.802E+05
UPPER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	825.0	8.663E+06	7.147E+09	1.969E+07
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-825.0	-8.663E+06	7.147E+09	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 14.0	36,960.0	-907.0	-3.352E+07	3.041E+10	6.037E+05
합 계		132,840.0	-	-4.821E+06	7.070E+10	1.170E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	$As(mm^2)$	$X(mm)$	$As \cdot X(mm^3)$	$As \cdot X^2(mm^4)$	$I_{yo}(mm^4)$
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 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-1,206.0	-2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	1,206.0	2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 14.0	36,960.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	2.147E+10
합 계		132,840.0	-	0.000E+00	6.955E+10	3.987E+10

① 합성전 단면

$$I_{x'} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 70,702,316,520.0 + 11,704,358,840.0 = 8.241\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -4,820,640.0 / 132,840.0 = -36.3 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_{x'} - \sum A_s \times \delta_y^2 = 82,406,675,360.0 - 132,840.0 \times -36.3^2 = 8.223\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{y'} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 69,551,635,200.0 + 39,866,973,400.0 = 1.094\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

$$\delta_x = \sum A_s X / \sum A_s = 0.0 / 132,840.0 = 0.0 \text{ mm}$$

$$I_{22} = I_{y'} - \sum A_s \times \delta_x^2 = 109,418,608,600.0 - 132,840.0 \times 0.0^2 = 1.094\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

$$Bu = U2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm}$$

$$Bl = B2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm}$$

$$H = h + tu/2 + tl/2 = 1,800.0 + 12.0 / 2 + 14.0 / 2 = 1,813.0 \text{ mm}$$

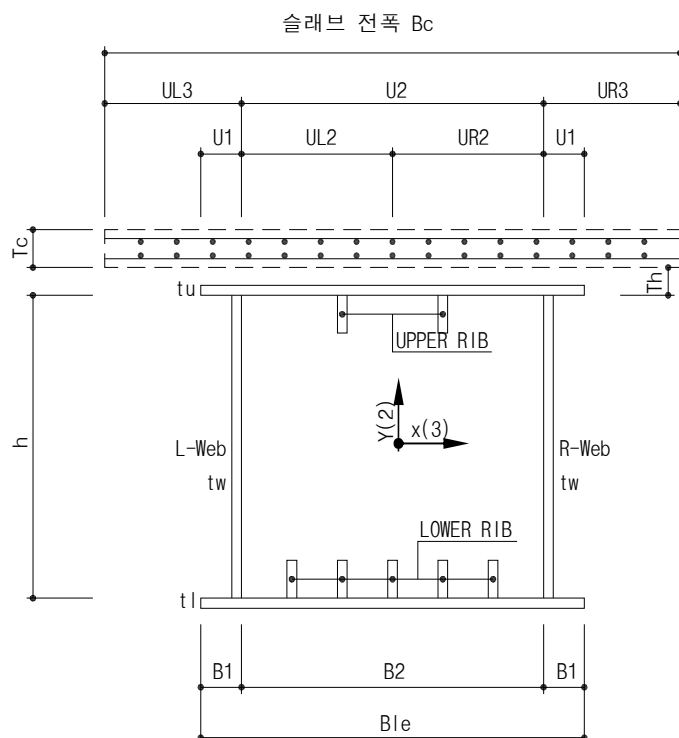
$$F = (Bu+Bl)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 1,813.0 = 4.373\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t)$$

$$= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl \}$$

$$= 4 \times 4,372,956.0^2 / \{ (1,813.0 + 1,813.0) / 12.0 + 2,412.0 / 12.0 + 2,412.0 / 14.0 \} = 1.132\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

◎ FRAME SECTION NAME 6 < G1 >



$$Bc = 4,500.0 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

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

$$UR3 = 1,100.0 \text{ mm}$$

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

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

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

$$Tc = 240.0 \text{ mm}$$

$$Th = 50.0 \text{ mm}$$

$$h = 1,800.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

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 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	906.0	2.870E+07	2.600E+10	3.802E+05
UPPER RIB	2 - 150.0 × 14.0	4,200.0	825.0	3.465E+06	2.859E+09	7.875E+06
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-825.0	-8.663E+06	7.147E+09	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 14.0	36,960.0	-907.0	-3.352E+07	3.041E+10	6.037E+05
합 계		126,540.0	-	-1.002E+07	6.641E+10	1.169E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
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 - 150.0 × 14.0	4,200.0	0.0	0.000E+00	6.720E+08	6.860E+04
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-1,206.0	-2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	1,206.0	2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 14.0	36,960.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	2.147E+10
합 계		126,540.0	-	0.000E+00	6.686E+10	3.987E+10

① 합성전 단면

$$I_x' = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 66,414,379,020.0 + 11,692,546,340.0 = 7.811E+10 \text{ mm}^4$$

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -10,018,140.0 / 126,540.0 = -79.2 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2 = 78,106,925,360.0 - 126,540.0 \times -79.2^2 = 7.731E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_y' = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 66,863,635,200.0 + 39,866,870,500.0 = 1.067E+11 \text{ mm}^4$$

$$\delta_x = \sum A_s X / \sum A_s = 0.0 / 126,540.0 = 0.0 \text{ mm}$$

$$I_{22} = I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2 = 106,730,505,700.0 - 126,540.0 \times 0.0^2 = 1.067E+11 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

$$Bu = U/2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm}$$

$$Bl = B/2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm}$$

$$H = h + tu/2 + tl/2 = 1,800.0 + 12.0 / 2 + 14.0 / 2 = 1,813.0 \text{ mm}$$

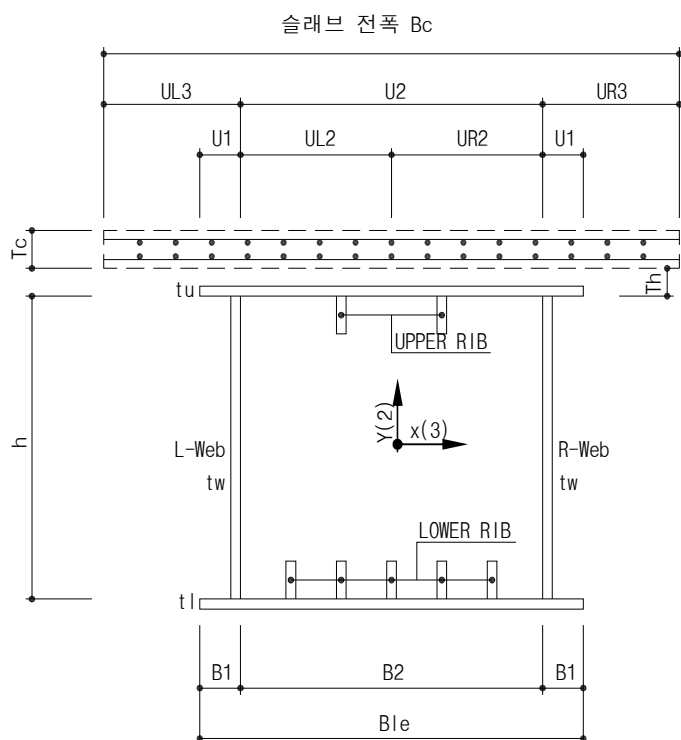
$$F = (Bu+Bl)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 1,813.0 = 4.373E+06 \text{ mm}^2$$

$$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t)$$

$$= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl \}$$

$$= 4 \times 4,372,956.0^2 / \{ (1,813.0 + 1,813.0) / 12.0 + 2,412.0 / 12.0 + 2,412.0 / 14.0 \} = 1.132E+11 \text{ mm}^4$$

© FRAME SECTION NAME 7 < G1 >



$$B_c = 4,500.0 \text{ mm}$$

$$U_1 = 120.0 \text{ mm}$$

$$U_2 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$UL_2 = 1,200.0 \text{ mm}$$

$$UR_2 = 1,200.0 \text{ mm}$$

$$U_3 = 0.0 \text{ mm}$$

$$UL_3 = 1,000.0 \text{ mm}$$

$$UR_3 = 1,100.0 \text{ mm}$$

$$B_1 = 120.0 \text{ mm}$$

$$B_2 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$B_3 = 2,640.0 \text{ mm}$$

$$T_c = 240.0 \text{ mm}$$

$$T_h = 50.0 \text{ mm}$$

$$h = 1,863.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구분	규격	$A_s(\text{mm}^2)$	$\bar{Y}(\text{mm})$	$A_s \cdot \bar{Y}(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot \bar{Y}^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	937.5	2.970E+07	2.784E+10	3.802E+05
UPPER RIB	2 - 150.0 × 14.0	4,200.0	856.5	3.597E+06	3.081E+09	7.875E+06
L - WEB	1 - 1,863.0 × 12.0	22,356.0	-	-	-	6.466E+09
R - WEB	1 - 1,863.0 × 12.0	22,356.0	-	-	-	6.466E+09
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-856.5	-8.993E+06	7.703E+09	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 14.0	36,960.0	-938.5	-3.469E+07	3.255E+10	6.037E+05
합계		128,052.0	-	-1.038E+07	7.118E+10	1.296E+10

Y(2)축 방향

구분	규격	$A_s(\text{mm}^2)$	$\bar{X}(\text{mm})$	$A_s \cdot \bar{X}(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot \bar{X}^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
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 - 150.0 × 14.0	4,200.0	0.0	0.000E+00	6.720E+08	6.860E+04
L - WEB	1 - 1,863.0 × 12.0	22,356.0	-1,206.0	-2.696E+07	3.252E+10	2.683E+05
R - WEB	1 - 1,863.0 × 12.0	22,356.0	1,206.0	2.696E+07	3.252E+10	2.683E+05
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 14.0	36,960.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	2.147E+10
합계		128,052.0	-	0.000E+00	6.906E+10	3.987E+10

① 합성전 단면

$$I_{x'} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 71,181,268,035.0 + 12,960,631,634.0 = 8.414E+10 \text{ mm}^4$$

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -10,382,910.0 / 128,052.0 = -81.1 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_{x'} - \sum A_s \times \delta_y^2 = 84,141,899,669.0 - 128,052.0 \times -81.1^2 = 8.330E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{y'} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 69,062,742,432.0 + 39,866,888,644.0 = 1.089E+11 \text{ mm}^4$$

$$\delta_x = \sum A_s X / \sum A_s = 0.0 / 128,052.0 = 0.0 \text{ mm}$$

$$I_{22} = I_{y'} - \sum A_s \times \delta_x^2 = 108,929,631,076.0 - 128,052.0 \times 0.0^2 = 1.089E+11 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

$$Bu = U2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm}$$

$$Bl = B2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm}$$

$$H = h + tu/2 + tl/2 = 1,863.0 + 12.0 / 2 + 14.0 / 2 = 1,876.0 \text{ mm}$$

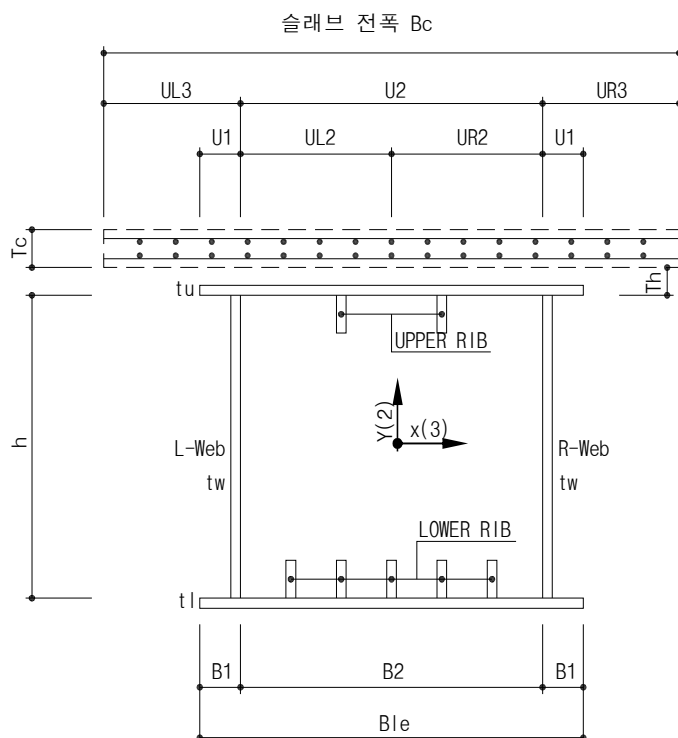
$$F = (Bu+Bl)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 1,876.0 = 4.525E+06 \text{ mm}^2$$

$$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t)$$

$$= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl \}$$

$$= 4 \times 4,524,912.0^2 / \{ (1,876.0 + 1,876.0) / 12.0 + 2,412.0 / 12.0 + 2,412.0 / 14.0 \} = 1.194E+11 \text{ mm}^4$$

◎ FRAME SECTION NAME 8 < G1 >



$$Bc = 4,500.0 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

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

$$UR3 = 1,100.0 \text{ mm}$$

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

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

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

$$Tc = 240.0 \text{ mm}$$

$$Th = 50.0 \text{ mm}$$

$$h = 2,142.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

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 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	1,077.0	3.412E+07	3.675E+10	3.802E+05
UPPER RIB	2 - 150.0 × 14.0	4,200.0	996.0	4.183E+06	4.166E+09	7.875E+06
L - WEB	1 - 2,142.0 × 12.0	25,704.0	-	-	-	9.828E+09
R - WEB	1 - 2,142.0 × 12.0	25,704.0	-	-	-	9.828E+09
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-996.0	-1.046E+07	1.042E+10	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 16.0	42,240.0	-1,079.0	-4.558E+07	4.918E+10	9.011E+05
합 계		140,028.0	-	-1.773E+07	1.005E+11	1.968E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
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 - 150.0 × 14.0	4,200.0	0.0	0.000E+00	6.720E+08	6.860E+04
L - WEB	1 - 2,142.0 × 12.0	25,704.0	-1,206.0	-3.100E+07	3.738E+10	3.084E+05
R - WEB	1 - 2,142.0 × 12.0	25,704.0	1,206.0	3.100E+07	3.738E+10	3.084E+05
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 16.0	42,240.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	2.453E+10
합 계		140,028.0	-	0.000E+00	7.880E+10	4.293E+10

① 합성전 단면

$$I_x' = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 100,506,725,760.0 + 19,684,538,356.0 = 1.202E+11 \text{ mm}^4$$

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -17,732,400.0 / 140,028.0 = -126.6 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2 = 120,191,264,116.0 - 140,028.0 \times (-126.6)^2 = 1.179E+11 \text{ mm}^4$$

$$I_y' = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 78,801,645,888.0 + 42,933,592,996.0 = 1.217E+11 \text{ mm}^4$$

$$\delta_x = \sum A_s X / \sum A_s = 0.0 / 140,028.0 = 0.0 \text{ mm}$$

$$I_{22} = I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2 = 121,735,238,884.0 - 140,028.0 \times 0.0^2 = 1.217E+11 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

$$Bu = U2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm}$$

$$Bl = B2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm}$$

$$H = h + tu/2 + tl/2 = 2,142.0 + 12.0 / 2 + 16.0 / 2 = 2,156.0 \text{ mm}$$

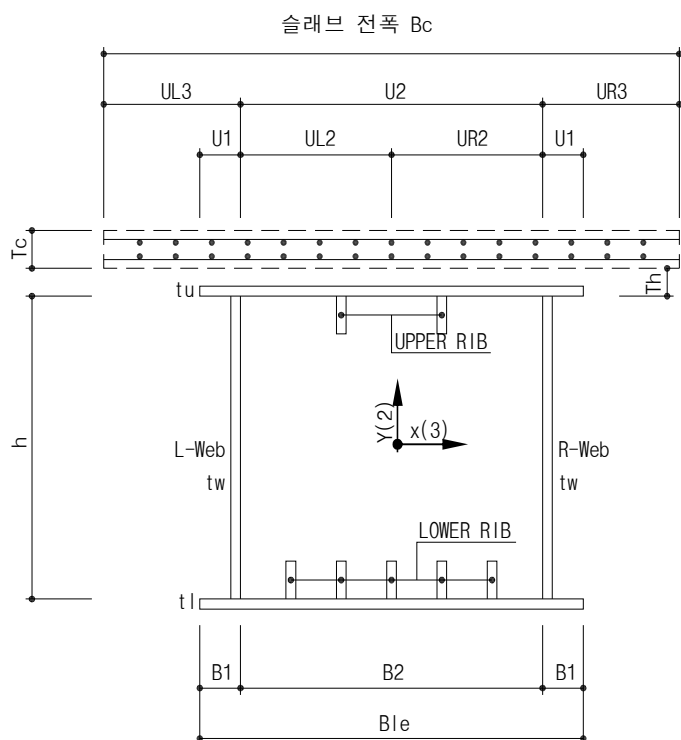
$$F = (Bu+Bl)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 2,156.0 = 5.200E+06 \text{ mm}^2$$

$$K = 4 \cdot F^2 / (f ds / t)$$

$$= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl \}$$

$$= 4 \times 5,200,272.0^2 / \{ (2,156.0 + 2,156.0) / 12.0 + 2,412.0 / 12.0 + 2,412.0 / 16.0 \} = 1.521E+11 \text{ mm}^4$$

© FRAME SECTION NAME 9 < G1 >



$$Bc = 4,500.0 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

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

$$UR3 = 1,100.0 \text{ mm}$$

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

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

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

$$Tc = 240.0 \text{ mm}$$

$$Th = 50.0 \text{ mm}$$

$$h = 2,500.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구분	규격	AS(mm ²)	Y'(mm)	AS·Y'(mm ³)	AS·Y' ² (mm ⁴)	I _{xo} (mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	1,256.0	3.979E+07	4.998E+10	3.802E+05
UPPER RIB	2 - 150.0 × 14.0	4,200.0	1,175.0	4.935E+06	5.799E+09	7.875E+06
L - WEB	1 - 2,500.0 × 14.0	35,000.0	-	-	-	1.823E+10
R - WEB	1 - 2,500.0 × 14.0	35,000.0	-	-	-	1.823E+10
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-1,175.0	-1.234E+07	1.450E+10	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 16.0	42,240.0	-1,258.0	-5.314E+07	6.685E+10	9.011E+05
합계		158,620.0	-	-2.075E+07	1.371E+11	3.649E+10

Y(2)축 방향

구분	규격	AS(mm ²)	X'(mm)	AS·X'(mm ³)	AS·X' ² (mm ⁴)	I _{yo} (mm ⁴)
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 - 150.0 × 14.0	4,200.0	0.0	0.000E+00	6.720E+08	6.860E+04
L - WEB	1 - 2,500.0 × 14.0	35,000.0	-1,207.0	-4.225E+07	5.099E+10	5.717E+05
R - WEB	1 - 2,500.0 × 14.0	35,000.0	1,207.0	4.225E+07	5.099E+10	5.717E+05
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 16.0	42,240.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	2.453E+10
합계		158,620.0	-	0.000E+00	1.060E+11	4.293E+10

① 합성전 단면

$$I_x' = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 137,119,031,340.0 + 36,487,177,113.3 = 1.736\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -20,750,340.0 / 158,620.0 = -130.8 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2 = 137,119,031,340.0 - 158,620.0 \times (-130.8)^2 = 1.709\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

$$I_y' = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 106,011,430,000.0 + 42,934,119,433.3 = 1.489\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

$$\delta_x = \sum A_s X / \sum A_s = 0.0 / 158,620.0 = 0.0 \text{ mm}$$

$$I_{22} = I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2 = 106,011,430,000.0 - 158,620.0 \times 0.0^2 = 1.489\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

$$Bu = U2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 14.0 / 2 + 14.0 / 2 = 2,414.0 \text{ mm}$$

$$Bl = B2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 14.0 / 2 + 14.0 / 2 = 2,414.0 \text{ mm}$$

$$H = h + tu/2 + tl/2 = 2,500.0 + 12.0 / 2 + 16.0 / 2 = 2,514.0 \text{ mm}$$

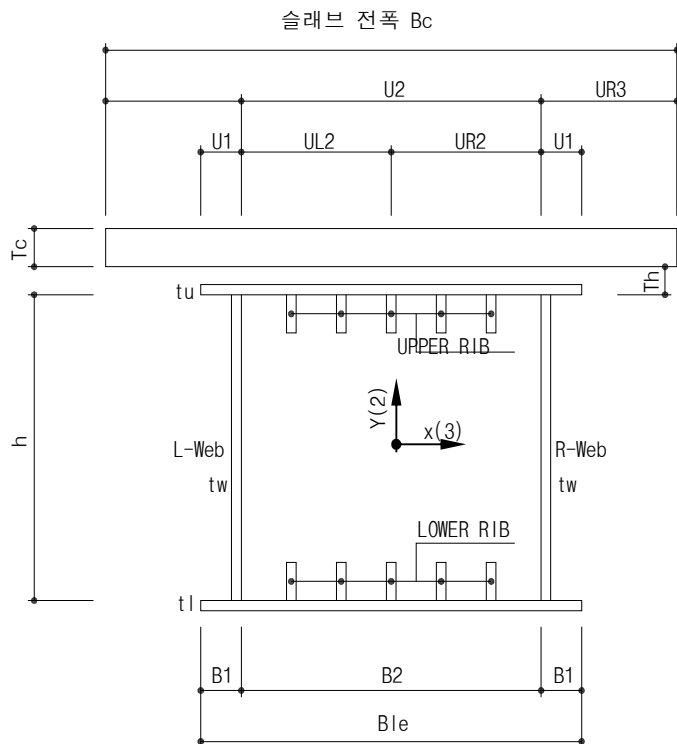
$$F = (Bu+Bl)/2 \times H = (2,414.0 + 2,414.0) / 2 \times 2,514.0 = 6.069\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t)$$

$$= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl \}$$

$$= 4 \times 6,068,796.0^2 / \{ (2,514.0 + 2,514.0) / 14.0 + 2,414.0 / 12.0 + 2,414.0 / 16.0 \} = 2.071\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

◎ FRAME SECTION NAME 10 < G1 >



$$Bc = 4,500.0 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

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

$$UR3 = 1,100.0 \text{ mm}$$

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

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

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

$$Tc = 240.0 \text{ mm}$$

$$Th = 50.0 \text{ mm}$$

$$h = 1,863.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

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 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	937.5	2.970E+07	2.784E+10	3.802E+05
UPPER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	856.5	8.993E+06	7.703E+09	1.969E+07
L - WEB	1 - 1,863.0 × 12.0	22,356.0	-	-	-	6.466E+09
R - WEB	1 - 1,863.0 × 12.0	22,356.0	-	-	-	6.466E+09
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-856.5	-8.993E+06	7.703E+09	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 14.0	36,960.0	-938.5	-3.469E+07	3.255E+10	6.037E+05
합 계		134,352.0	-	-4.987E+06	7.580E+10	1.297E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
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 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
L - WEB	1 - 1,863.0 × 12.0	22,356.0	-1,206.0	-2.696E+07	3.252E+10	2.683E+05
R - WEB	1 - 1,863.0 × 12.0	22,356.0	1,206.0	2.696E+07	3.252E+10	2.683E+05
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 14.0	36,960.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	2.147E+10
합 계		134,352.0	-	0.000E+00	7.175E+10	3.987E+10

① 합성전 단면

$$I_x' = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 75,802,899,210.0 + 12,972,444,134.0 = 8.878E+10 \text{ mm}^4$$

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -4,986,960.0 / 134,352.0 = -37.1 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2 = 88,775,343,344.0 - 134,352.0 \times (-37.1)^2 = 8.859E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_y' = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 71,750,742,432.0 + 39,866,991,544.0 = 1.116E+11 \text{ mm}^4$$

$$\delta_x = \sum A_s X / \sum A_s = 0.0 / 134,352.0 = 0.0 \text{ mm}$$

$$I_{22} = I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2 = 111,617,733,976.0 - 134,352.0 \times 0.0^2 = 1.116E+11 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

$$Bu = U/2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm}$$

$$Bl = B/2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm}$$

$$H = h + tu/2 + tl/2 = 1,863.0 + 12.0 / 2 + 14.0 / 2 = 1,876.0 \text{ mm}$$

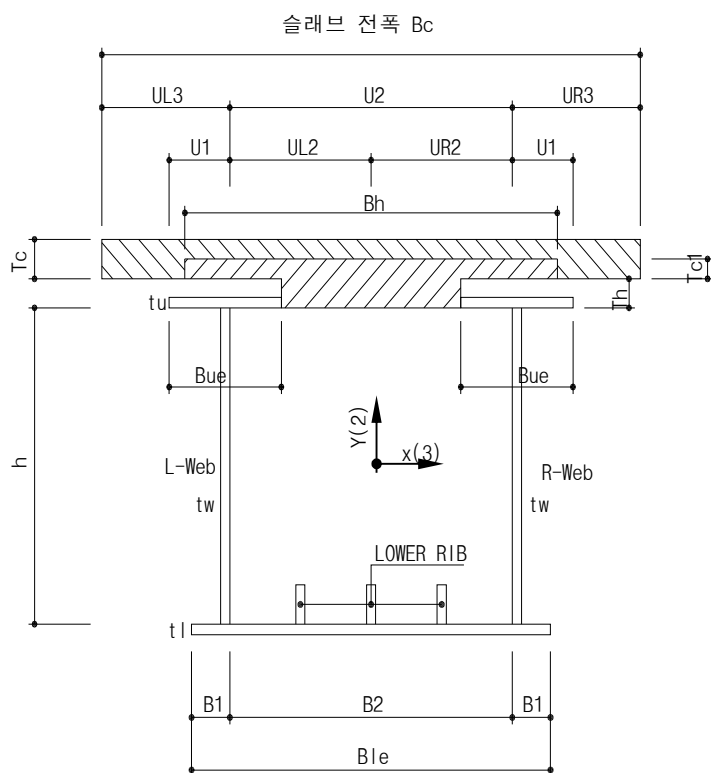
$$F = (Bu+Bl)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 1,876.0 = 4.525E+06 \text{ mm}^2$$

$$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t)$$

$$= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl \}$$

$$= 4 \times 4,524,912.0^2 / \{ (1,876.0 + 1,876.0) / 12.0 + 2,412.0 / 12.0 + 2,412.0 / 14.0 \} = 1.194E+11 \text{ mm}^4$$

◎ FRAME SECTION NAME 11 < G1 >



Bc =	4,500.0	mm
Bh =	2,500.0	mm
U1 =	120.0	mm
U2 =	2,400.0	mm
UL2 =	1,200.0	mm
UR2 =	1,200.0	mm
U3 =	400.0	mm
UL3 =	1,000.0	mm
UR3 =	1,100.0	mm
B1 =	120.0	mm
B2 =	2,400.0	mm
B3 =	2,640.0	mm
Tc =	240.0	mm
Tc1 =	90.0	mm
Th =	50.0	mm
h =	1,800.0	mm
n =	7.0	
n_h =	6.2	
Θ_L =	0.000	°
Θ_R =	0.000	°

X(3)축 방향

구분	규격	$A_s(\text{mm}^2)$	$\bar{Y}(\text{mm})$	$A_s \cdot \bar{Y}(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot \bar{Y}^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	2 - 400.0 × 12.0	9,600.0	906.0	8.698E+06	7.880E+09	1.152E+05
UPPER RIB	0 - 0.0 × 0.0	0.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
LOWER RIB	2 - 150.0 × 14.0	4,200.0	-825.0	-3.465E+06	2.859E+09	7.875E+06
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	-906.0	-2.870E+07	2.600E+10	3.802E+05
합계		88,680.0	-	-2.347E+07	3.674E+10	1.167E+10

Y(2)축 방향

구분	규격	$A_s(\text{mm}^2)$	$\bar{X}(\text{mm})$	$A_s \cdot \bar{X}(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot \bar{X}^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
L-UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-1,120.0	-5.376E+06	6.021E+09	6.400E+07
R-UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	1,120.0	5.376E+06	6.021E+09	6.400E+07
UPPER RIB	0 - 0.0 × 0.0	0.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-1,206.0	-2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	1,206.0	2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
LOWER RIB	2 - 150.0 × 14.0	4,200.0	0.0	0.000E+00	6.720E+08	6.860E+04
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	1.840E+10
합계		88,680.0	-	0.000E+00	7.555E+10	1.853E+10

① 합성전 단면 (Steel + Half-Deck)

$$\begin{aligned}
 Ach &= (Bh \times Tc1) + \{U2 - (U3-U1) \times 2\} \times Th \\
 &= (2,500.0 \times 90.0) + \{2,400.0 - (400.0-120.0) \times 2\} \times 50.0 = 3.170E+05 \text{ mm}^2 \\
 Avh &= \sum As + Ach / n_h = 88,680.0 + 317,000.0 / 6.2 = 1.398E+05 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- X(3)축 방향

$$\begin{aligned}
 I_x' &= \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 36,742,735,080.0 + 11,672,370,360.0 = 4.842E+10 \text{ mm}^4 \\
 \delta_y &= \sum A_s Y / \sum A_s = -23,469,480.0 / 88,680.0 = -264.7 \text{ mm} \\
 I_{33} &= I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2 = 48,415,105,440.0 - 88,680.0 \times (-264.7)^2 = 4.220E+10 \text{ mm}^4 \\
 I_{cxh} &= (Bh \times Tc1^3 / 12) + \{U2 - (U3-U1) \times 2\} \times Th^3 / 12 \\
 &\quad + (Bh \times Tc1) \times (Th+Tc1/2)^2 + \{U2-(U3-U1) \times 2\} \times Th \times (Th/2)^2 \\
 &\quad - Ach \times (d_{vxh} - h/2 + \delta_y)^2 \\
 &= (2,500.0 \times 90.0^3 / 12) + \{2,400.0 - (400.0-120.0) \times 2\} \times 50.0^3 / 12 \\
 &\quad + (2,400.0 \times 90.0) \times (50.0+90.0/2)^2 + \{2,400.0 - (400.0-120.0) \times 2\} \times 50.0 \times (50.0/2)^2 \\
 &\quad - 317,000.0 \times (1,239.3 - 1,800.0/2 + -264.7)^2 = 4.910E+08 \text{ mm}^4 \\
 d_{vxh} &= h/2 - \delta_y + [(Bh \times Tc1) \times (Th+Tc1/2) + \{U2-(U3-U1) \times 2\} \times (Th^2/2)] / Ach \\
 &= 1,800.0/2 - (-264.7) + [(2,500.0 \times 90.0) \times (50.0 + 90.0/2) + \\
 &\quad \{2,400.0 - (400.0 - 120.0) \times 2\} \times (50.0^2 / 2)] / 317,000.0 = 1,239.3 \text{ mm} \\
 d_{vcxh} &= d_{vxh} \cdot \sum As / Avh = 1,239.3 \times 88,680.0 / 139,809.0 = 786.1 \text{ mm} \\
 d_{vsxh} &= d_{vxh} - d_{vcxh} = 1,239.3 - 786.1 = 453.2 \text{ mm} \\
 I_{v33h} &= I_{33} + I_{cxh} / n_h + \sum As \cdot d_{vsxh}^2 + Ach / n_h \cdot d_{vcxh}^2 \\
 &= 42,203,823,398.2 + 491,010,120.9 / 6.2 + 88,680.0 \times 453.2^2 \\
 &\quad + 317,000.0 / 6.2 \times 786.1^2 = 9.210E+10 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- Y(2)축 방향

$$\begin{aligned}
 I_y' &= \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 75,545,875,200.0 + 18,528,331,000.0 = 9.407E+10 \text{ mm}^4 \\
 \delta_x &= \sum A_s X / \sum A_s = 0.0 / 88,680.0 = 0.0 \text{ mm} \\
 I_{22} &= I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2 = 94,074,206,200.0 - 88,680.0 \times 0.0^2 = 9.407E+10 \text{ mm}^4 \\
 I_{cyh} &= (Tc1 \times Bh^3 / 12) + Th \times \{U2 - (U3-U1) \times 2\}^3 / 12 \\
 &= (90.0 \times 2,500.0^3 / 12) + 50.0 \times \{2,400.0 - (400.0-120.0) \times 2\}^3 / 12 = 1.431E+11 \text{ mm}^4 \\
 d_{vyh} &= UR2 + (Bh - UL2 - UR2) / 2 - \delta_x - Bh/2 \\
 &= 1,200.0 + 50.0 - 0.0 - 2,500.0 / 2 = 0.0 \text{ mm} \\
 d_{vcyh} &= d_{vyh} \cdot \sum As / Avh = 0.0 \times 88,680.0 / 139,809.0 = 0.0 \text{ mm} \\
 d_{vsyh} &= d_{vyh} - d_{vcyh} = 0.0 - 0.0 = 0.0 \text{ mm} \\
 I_{v22h} &= I_{22} + I_{cyh} / n_h + \sum As \cdot d_{vsyh}^2 + Ach / n_h \cdot d_{vcyh}^2 \\
 &= 94,074,206,200.0 + 143,143,766,666.7 / 6.2 + 88,680.0 \times 0.0^2 \\
 &\quad + 317,000.0 / 6.2 \times 0.0^2 = 1.172E+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

※ 합성전 단면의 K값 산정시 Half-Deck Con'c의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\text{Half-Deck Con'c의 강도} = f_{ckh} = 50.0 \text{ MPa}$$

$$\text{강재의 전단 탄성계수} = G_h = 7.900\text{E}+04 \text{ MPa}$$

$$\text{Half-Deck의 전단 탄성계수} = G_h = 3.290\text{E}+04 / (2 (1 + 0.167)) = 1.410\text{E}+04 \text{ MPa}$$

$$\text{Half-Deck의 환산두께} = t_{hu} = 140.0 \times 1.410\text{E}+04 / 7.900\text{E}+04 = 25.0 \text{ mm}$$

$$Bu = U2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm}$$

$$Bl = B2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm}$$

$$H = h + t_{hu}/2 + tl/2 = 1,800.0 + 25.0 / 2 + 12.0 / 2 = 1,818.5 \text{ mm}$$

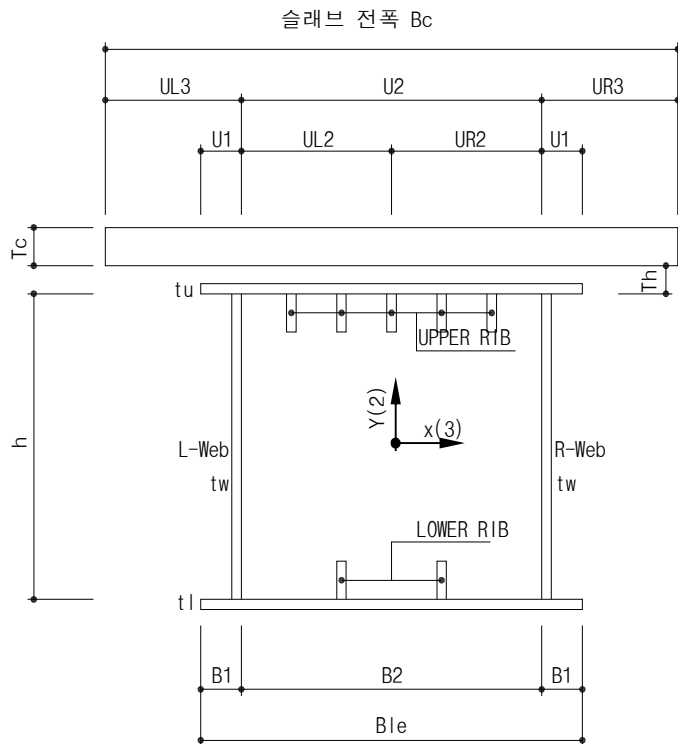
$$F = (Bu+Bl)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 1,818.5 = 4.386\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$K = 4 \cdot F^2 / (f_{ds} / t)$$

$$= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R)/tw + Bu/t_{hu} + Bl/tl \}$$

$$= 4 \times 4,386,208.6^2 / \{ (1,818.5 + 1,818.5) / 12.0 + 2,412.0 / 25.0 + 2,412.0 / 12.0 \} = 1.281\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

◎ FRAME SECTION NAME 12 < G1 >



$$Bc = 4,500.0 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

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

$$UR3 = 1,100.0 \text{ mm}$$

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

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

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

$$Tc = 240.0 \text{ mm}$$

$$Th = 50.0 \text{ mm}$$

$$h = 1,800.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

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 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	906.0	2.870E+07	2.600E+10	3.802E+05
UPPER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	825.0	8.663E+06	7.147E+09	1.969E+07
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
LOWER RIB	2 - 150.0 × 14.0	4,200.0	-825.0	-3.465E+06	2.859E+09	7.875E+06
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	-906.0	-2.870E+07	2.600E+10	3.802E+05
합 계		121,260.0	-	5.198E+06	6.201E+10	1.169E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
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 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-1,206.0	-2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	1,206.0	2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
LOWER RIB	2 - 150.0 × 14.0	4,200.0	0.0	0.000E+00	6.720E+08	6.860E+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		121,260.0	-	0.000E+00	6.686E+10	3.680E+10

① 합성전 단면

$$I_x' = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 62,013,356,460.0 + 11,692,322,820.0 = 7.371E+10 \text{ mm}^4$$

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = 5,197,500.0 / 121,260.0 = 42.9 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2 = 73,705,679,280.0 - 121,260.0 \times 42.9^2 = 7.348E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_y' = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 66,863,635,200.0 + 36,800,246,500.0 = 1.037E+11 \text{ mm}^4$$

$$\delta_x = \sum A_s X / \sum A_s = 0.0 / 121,260.0 = 0.0 \text{ mm}$$

$$I_{22} = I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2 = 103,663,881,700.0 - 121,260.0 \times 0.0^2 = 1.037E+11 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

$$Bu = U/2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm}$$

$$Bl = B/2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm}$$

$$H = h + tu/2 + tl/2 = 1,800.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 1,812.0 \text{ mm}$$

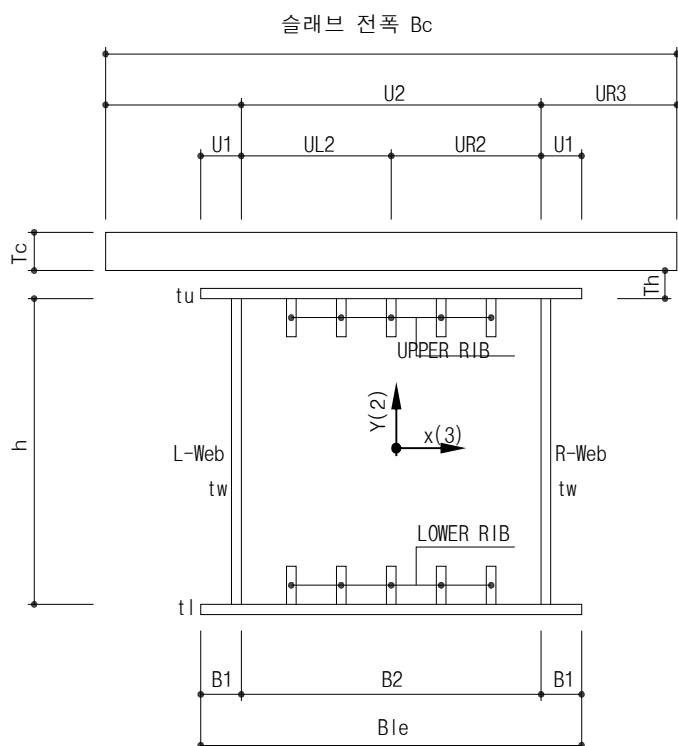
$$F = (Bu+Bl)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 1,812.0 = 4.371E+06 \text{ mm}^2$$

$$K = 4 \cdot F^2 / (f d_s / t)$$

$$= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl \}$$

$$= 4 \times 4,370,544.0^2 / \{ (1,812.0 + 1,812.0) / 12.0 + 2,412.0 / 12.0 + 2,412.0 / 12.0 \} = 1.085E+11 \text{ mm}^4$$

◎ FRAME SECTION NAME 13 < G1 >



$$Bc = 4,500.0 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

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

$$UR3 = 1,100.0 \text{ mm}$$

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

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

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

$$Tc = 240.0 \text{ mm}$$

$$Th = 50.0 \text{ mm}$$

$$h = 1,800.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구분	규격	AS(mm ²)	Y'(mm)	AS·Y'(mm ³)	AS·Y' ² (mm ⁴)	I _{xo} (mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	906.0	2.870E+07	2.600E+10	3.802E+05
UPPER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	825.0	8.663E+06	7.147E+09	1.969E+07
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-825.0	-8.663E+06	7.147E+09	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 16.0	42,240.0	-908.0	-3.835E+07	3.483E+10	9.011E+05
합계		138,120.0	-	-9.652E+06	7.512E+10	1.170E+10

Y(2)축 방향

구분	규격	AS(mm ²)	X'(mm)	AS·X'(mm ³)	AS·X' ² (mm ⁴)	I _{yo} (mm ⁴)
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 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-1,206.0	-2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	1,206.0	2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 16.0	42,240.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	2.453E+10
합계		138,120.0	-	0.000E+00	6.955E+10	4.293E+10

① 합성전 단면

$$I_{x'} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 75,122,568,840.0 + 11,704,656,280.0 = 8.683\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -9,651,840.0 / 138,120.0 = -69.9 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_{x'} - \sum A_s \times \delta_y^2 = 86,827,225,120.0 - 138,120.0 \times -69.9^2 = 8.615\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{y'} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 69,551,635,200.0 + 42,933,597,400.0 = 1.125\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

$$\delta_x = \sum A_s X / \sum A_s = 0.0 / 138,120.0 = 0.0 \text{ mm}$$

$$I_{22} = I_{y'} - \sum A_s \times \delta_x^2 = 112,485,232,600.0 - 138,120.0 \times 0.0^2 = 1.125\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

$$Bu = U2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm}$$

$$Bl = B2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm}$$

$$H = h + tu/2 + tl/2 = 1,800.0 + 12.0 / 2 + 16.0 / 2 = 1,814.0 \text{ mm}$$

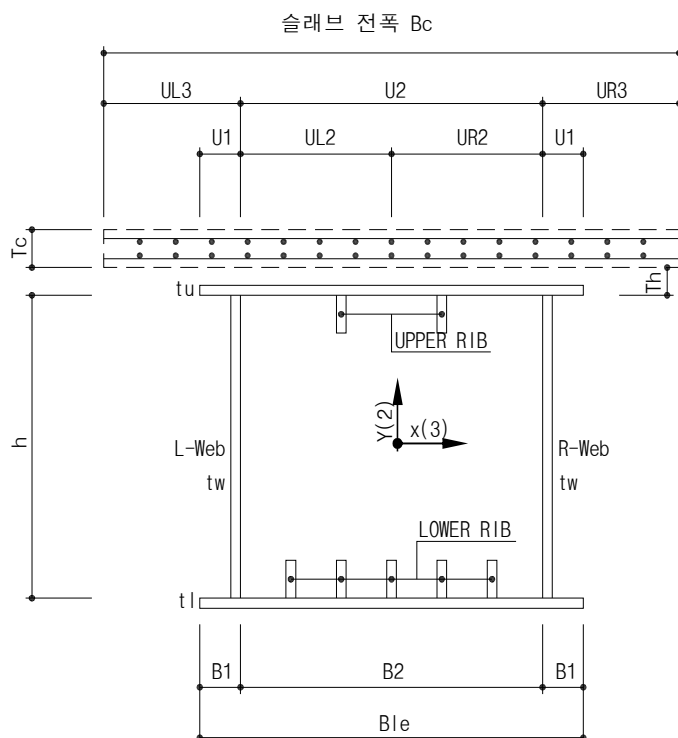
$$F = (Bu+Bl)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 1,814.0 = 4.375\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t)$$

$$= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl \}$$

$$= 4 \times 4,375,368.0^2 / \{ (1,814.0 + 1,814.0) / 12.0 + 2,412.0 / 12.0 + 2,412.0 / 16.0 \} = 1.171\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

◎ FRAME SECTION NAME 14 < G1 >



$$Bc = 4,500.0 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

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

$$UR3 = 1,100.0 \text{ mm}$$

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

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

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

$$Tc = 240.0 \text{ mm}$$

$$Th = 50.0 \text{ mm}$$

$$h = 1,863.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

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 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	937.5	2.970E+07	2.784E+10	3.802E+05
UPPER RIB	2 - 150.0 × 14.0	4,200.0	856.5	3.597E+06	3.081E+09	7.875E+06
L - WEB	1 - 1,863.0 × 12.0	22,356.0	-	-	-	6.466E+09
R - WEB	1 - 1,863.0 × 12.0	22,356.0	-	-	-	6.466E+09
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-856.5	-8.993E+06	7.703E+09	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 16.0	42,240.0	-939.5	-3.968E+07	3.728E+10	9.011E+05
합 계		133,332.0	-	-1.538E+07	7.591E+10	1.296E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
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 - 150.0 × 14.0	4,200.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	6.860E+04
L - WEB	1 - 1,863.0 × 12.0	22,356.0	-1,206.0	-2.696E+07	3.252E+10	2.683E+05
R - WEB	1 - 1,863.0 × 12.0	22,356.0	1,206.0	2.696E+07	3.252E+10	2.683E+05
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 16.0	42,240.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	2.453E+10
합 계		133,332.0	-	0.000E+00	7.175E+10	4.293E+10

① 합성전 단면

$$I_x' = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 75,911,125,035.0 + 12,960,929,074.0 = 8.887E+10 \text{ mm}^4$$

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -15,380,430.0 / 133,332.0 = -115.4 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2 = 88,872,054,109.0 - 133,332.0 \times (-115.4)^2 = 8.710E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_y' = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 71,750,742,432.0 + 42,933,512,644.0 = 1.147E+11 \text{ mm}^4$$

$$\delta_x = \sum A_s X / \sum A_s = 0.0 / 133,332.0 = 0.0 \text{ mm}$$

$$I_{22} = I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2 = 114,684,255,076.0 - 133,332.0 \times 0.0^2 = 1.147E+11 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

$$Bu = U2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm}$$

$$Bl = B2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm}$$

$$H = h + tu/2 + tl/2 = 1,863.0 + 12.0 / 2 + 16.0 / 2 = 1,877.0 \text{ mm}$$

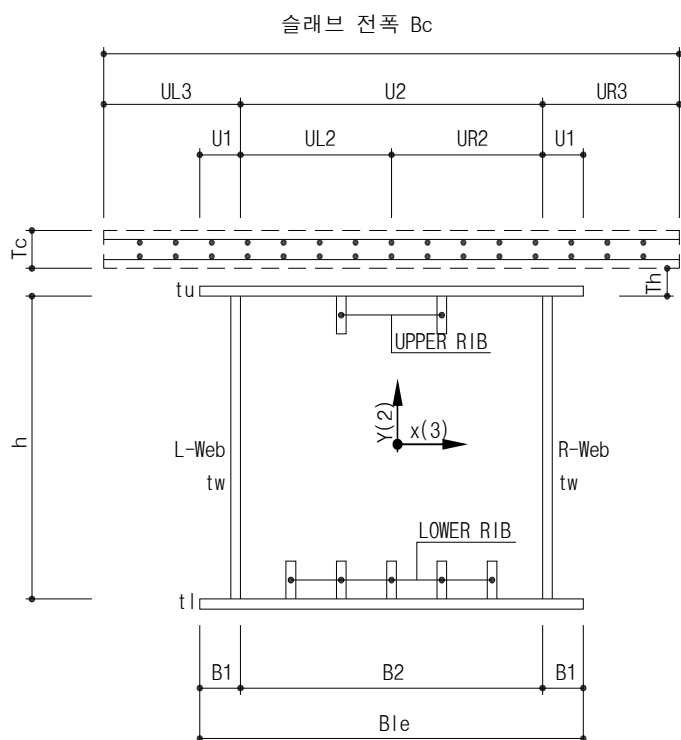
$$F = (Bu+Bl)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 1,877.0 = 4.527E+06 \text{ mm}^2$$

$$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t)$$

$$= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl \}$$

$$= 4 \times 4,527,324.0^2 / \{ (1,877.0 + 1,877.0) / 12.0 + 2,412.0 / 12.0 + 2,412.0 / 16.0 \} = 1.234E+11 \text{ mm}^4$$

© FRAME SECTION NAME 15 < G1 >



$$B_c = 4,500.0 \text{ mm}$$

$$U_1 = 120.0 \text{ mm}$$

$$U_2 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$U_{L2} = 1,200.0 \text{ mm}$$

$$U_{R2} = 1,200.0 \text{ mm}$$

$$U_3 = 0.0 \text{ mm}$$

$$U_{L3} = 1,000.0 \text{ mm}$$

$$U_{R3} = 1,100.0 \text{ mm}$$

$$B_1 = 120.0 \text{ mm}$$

$$B_2 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$B_3 = 2,640.0 \text{ mm}$$

$$T_c = 240.0 \text{ mm}$$

$$T_h = 50.0 \text{ mm}$$

$$h = 2,142.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구분	규격	$A_s(\text{mm}^2)$	$\bar{Y}(\text{mm})$	$A_s \cdot \bar{Y}(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot \bar{Y}^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 14.0	36,960.0	1,078.0	3.984E+07	4.295E+10	6.037E+05
UPPER RIB	2 - 150.0 × 14.0	4,200.0	996.0	4.183E+06	4.166E+09	7.875E+06
L - WEB	1 - 2,142.0 × 12.0	25,704.0	-	-	-	9.828E+09
R - WEB	1 - 2,142.0 × 12.0	25,704.0	-	-	-	9.828E+09
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-996.0	-1.046E+07	1.042E+10	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 18.0	47,520.0	-1,080.0	-5.132E+07	5.543E+10	1.283E+06
합계		150,588.0	-	-1.775E+07	1.130E+11	1.969E+10

Y(2)축 방향

구분	규격	$A_s(\text{mm}^2)$	$\bar{X}(\text{mm})$	$A_s \cdot \bar{X}(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot \bar{X}^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
L-UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 14.0	36,960.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	2.147E+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 - 150.0 × 14.0	4,200.0	0.0	0.000E+00	6.720E+08	6.860E+04
L - WEB	1 - 2,142.0 × 12.0	25,704.0	-1,206.0	-3.100E+07	3.738E+10	3.084E+05
R - WEB	1 - 2,142.0 × 12.0	25,704.0	1,206.0	3.100E+07	3.738E+10	3.084E+05
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 18.0	47,520.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	2.760E+10
합계		150,588.0	-	0.000E+00	7.880E+10	4.907E+10

① 합성전 단면

$$I_x' = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 112,960,587,840.0 + 19,685,143,796.0 = 1.326\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -17,753,520.0 / 150,588.0 = -117.9 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2 = 132,645,731,636.0 - 150,588.0 \times -117.9^2 = 1.306\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

$$I_y' = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 78,801,645,888.0 + 49,066,840,996.0 = 1.279\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

$$\delta_x = \sum A_s X / \sum A_s = 0.0 / 150,588.0 = 0.0 \text{ mm}$$

$$I_{22} = I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2 = 127,868,486,884.0 - 150,588.0 \times 0.0^2 = 1.279\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

$$Bu = U2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm}$$

$$Bl = B2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 \text{ mm}$$

$$H = h + tu/2 + tl/2 = 2,142.0 + 14.0 / 2 + 18.0 / 2 = 2,158.0 \text{ mm}$$

$$F = (Bu+Bl)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 2,158.0 = 5.205\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

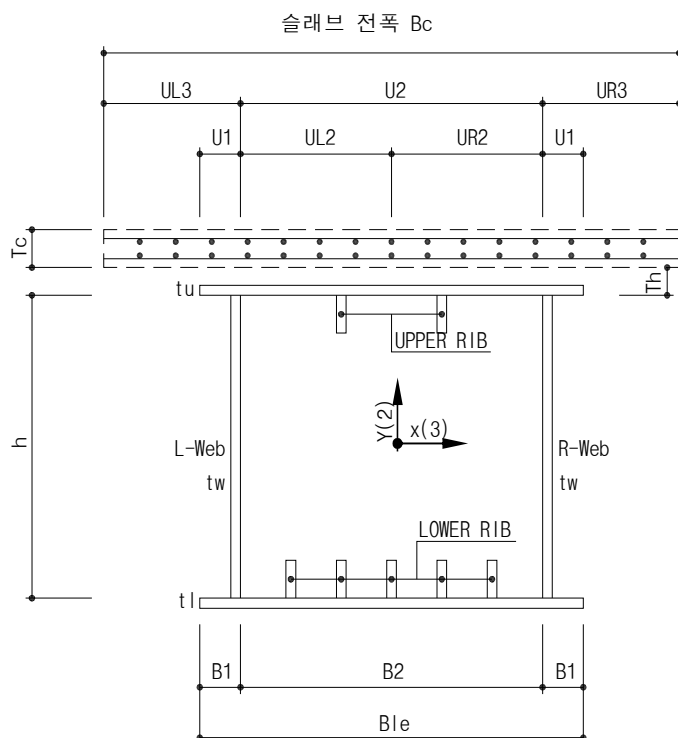
$$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t)$$

$$= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl \}$$

$$= 4 \times 5,205,096.0^2 / \{ (2,158.0 + 2,158.0) / 12.0 + 2,412.0 / 14.0 + 2,412.0 / 18.0 \}$$

$$= 1.627\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

◎ FRAME SECTION NAME 16 < G1 >



$$Bc = 4,500.0 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

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

$$UR3 = 1,100.0 \text{ mm}$$

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

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

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

$$Tc = 240.0 \text{ mm}$$

$$Th = 50.0 \text{ mm}$$

$$h = 2,500.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

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 - 2,640.0 × 14.0	36,960.0	1,257.0	4.646E+07	5.840E+10	6.037E+05
UPPER RIB	2 - 150.0 × 14.0	4,200.0	1,175.0	4.935E+06	5.799E+09	7.875E+06
L - WEB	1 - 2,500.0 × 14.0	35,000.0	-	-	-	1.823E+10
R - WEB	1 - 2,500.0 × 14.0	35,000.0	-	-	-	1.823E+10
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-1,175.0	-1.234E+07	1.450E+10	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 18.0	47,520.0	-1,259.0	-5.983E+07	7.532E+10	1.283E+06
합 계		169,180.0	-	-2.077E+07	1.540E+11	3.649E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
L-UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 14.0	36,960.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	2.147E+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 - 150.0 × 14.0	4,200.0	0.0	0.000E+00	6.720E+08	6.860E+04
L - WEB	1 - 2,500.0 × 14.0	35,000.0	-1,207.0	-4.225E+07	5.099E+10	5.717E+05
R - WEB	1 - 2,500.0 × 14.0	35,000.0	1,207.0	4.225E+07	5.099E+10	5.717E+05
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 18.0	47,520.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	2.760E+10
합 계		169,180.0	-	0.000E+00	1.060E+11	4.907E+10

① 합성전 단면

$$I_x' = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 154,016,847,660.0 + 36,487,782,553.3 = 1.905E+11 \text{ mm}^4$$

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -20,771,460.0 / 169,180.0 = -122.8 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2 = 190,504,630,213.3 - 169,180.0 \times (-122.8)^2 = 1.880E+11 \text{ mm}^4$$

$$I_y' = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 106,011,430,000.0 + 49,067,367,433.3 = 1.551E+11 \text{ mm}^4$$

$$\delta_x = \sum A_s X / \sum A_s = 0.0 / 169,180.0 = 0.0 \text{ mm}$$

$$I_{22} = I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2 = 155,078,797,433.3 - 169,180.0 \times 0.0^2 = 1.551E+11 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

$$Bu = U/2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 14.0 / 2 + 14.0 / 2 = 2,414.0 \text{ mm}$$

$$Bl = B/2 + tw/2 \times 2ea = 2,400.0 + 14.0 / 2 + 14.0 / 2 = 2,414.0 \text{ mm}$$

$$H = h + tu/2 + tl/2 = 2,500.0 + 14.0 / 2 + 18.0 / 2 = 2,516.0 \text{ mm}$$

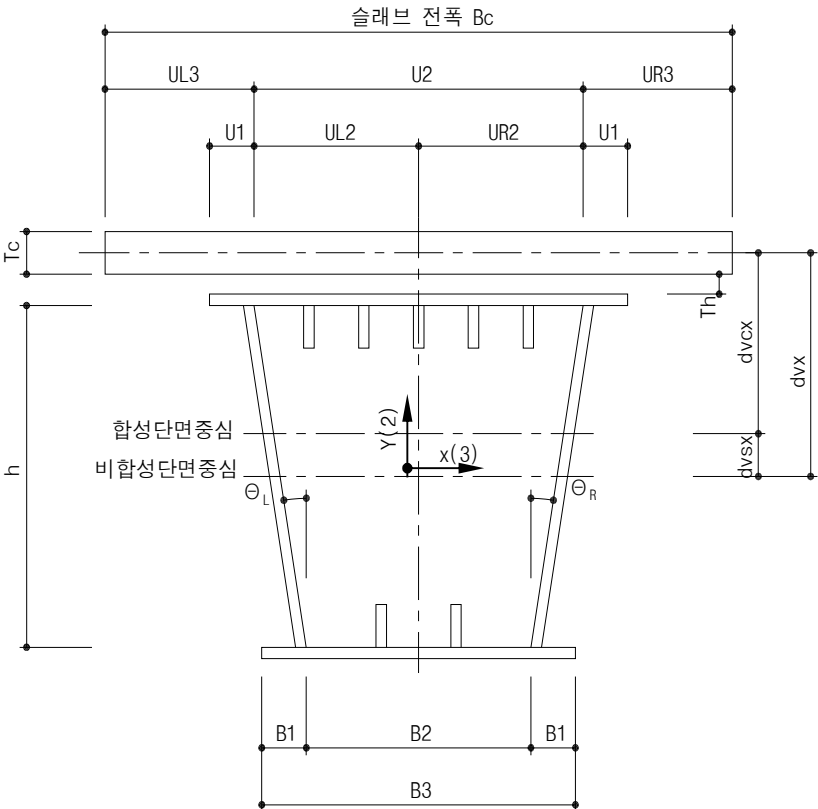
$$F = (Bu+Bl)/2 \times H = (2,414.0 + 2,414.0) / 2 \times 2,516.0 = 6.074E+06 \text{ mm}^2$$

$$K = 4 \cdot F^2 / (f_{ds} / t)$$

$$= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl \}$$

$$= 4 \times 6,073,624.0^2 / \{ (2,516.0 + 2,516.0) / 14.0 + 2,414.0 / 14.0 + 2,414.0 / 18.0 \} = 2.216E+11 \text{ mm}^4$$

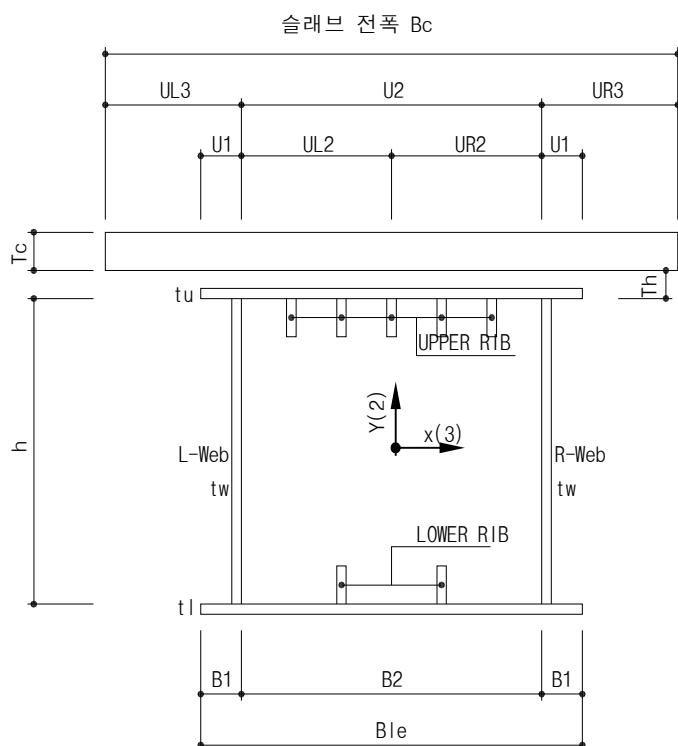
4.2 단 면 가 정(합성후)



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

B_c	: 바닥판 콘크리트의 폭
B_h	: Half-deck 콘크리트의 폭
T_c	: 바닥판 콘크리트의 두께
T_{c1}	: Half-deck 콘크리트의 두께
T_h	: 바닥판 콘크리트의 현치 높이
N	: 강재와 콘크리트의 탄성계수비 ($N = E_s / E_c$)
A_c	: 바닥판 콘크리트의 단면적
A_{ch}	: Half-deck 콘크리트의 단면적
A_v	: 합성후 (강재 + Half-Deck + 바닥판 콘크리트)의 환산 단면적
A_{vh}	: 합성전 (강재 + Half-deck 콘크리트)의 환산 단면적
$I_{cx}(y)$	: 2축(3축) 방향 바닥판 콘크리트의 단면 2차 모멘트
$I_{cxh}(yh)$	: 2축(3축) 방향 Half-deck 콘크리트의 단면 2차 모멘트
$d_{vx}(y)$	: 2축(3축) 방향 강재단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리
$d_{vxh}(yh)$	: 2축(3축) 방향 강재단면 도심에서 Half-deck 도심까지의 거리
$d_{vcx}(y)$	: 2축(3축) 방향 합성후 합성단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리
$d_{vcxh}(yh)$	: 2축(3축) 방향 합성전 합성단면 도심에서 Half-deck 도심까지의 거리
$d_{vsx}(y)$	: 2축(3축) 방향 합성단면 도심에서 강재단면 도심까지의 거리 (합성전 및 합성후 단면에서의 도심축 이동량)
$d_{vsxh}(yh)$	: 2축(3축) 방향 합성단면 도심에서 강재단면 도심까지의 거리 (합성전 및 2차 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_{v33h}	: 합성전 단면의 3축 방향(종방향) 단면2차 모멘트
I_{v22}	: 합성후 단면의 2축 방향(횡방향) 단면2차 모멘트
I_{v22h}	: 합성전 단면의 2축 방향(횡방향) 단면2차 모멘트
Θ_L	: 좌측 복부판과 연직선이 이루는 각도
Θ_R	: 우측 복부판과 연직선이 이루는 각도

© FRAME SECTION NAME 1 < G1 >



$$B_c = 4,500.0 \text{ mm}$$

$$U_1 = 120.0 \text{ mm}$$

$$U_2 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$UL_2 = 1,200.0 \text{ mm}$$

$$UR_2 = 1,200.0 \text{ mm}$$

$$U_3 = 0.0 \text{ mm}$$

$$UL_3 = 1,000.0 \text{ mm}$$

$$UR_3 = 1,100.0 \text{ mm}$$

$$B_1 = 120.0 \text{ mm}$$

$$B_2 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$B_3 = 2,640.0 \text{ mm}$$

$$T_c = 440.0 \text{ mm}$$

$$T_h = 50.0 \text{ mm}$$

$$h = 1,600.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구분	규격	$A_s(\text{mm}^2)$	$\bar{Y}(\text{mm})$	$A_s \cdot \bar{Y}(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot \bar{Y}^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	806.0	2.553E+07	2.058E+10	3.802E+05
UPPER RIB	5 - 150.0 × 12.0	9,000.0	725.0	6.525E+06	4.731E+09	1.688E+07
L - WEB	1 - 1,600.0 × 12.0	19,200.0	-	-	-	4.096E+09
R - WEB	1 - 1,600.0 × 12.0	19,200.0	-	-	-	4.096E+09
LOWER RIB	2 - 150.0 × 12.0	3,600.0	-725.0	-2.610E+06	1.892E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	-806.0	-2.553E+07	2.058E+10	3.802E+05
합계		114,360.0	-	3.915E+06	4.778E+10	8.216E+09

Y(2)축 방향

구분	규격	$A_s(\text{mm}^2)$	$\bar{X}(\text{mm})$	$A_s \cdot \bar{X}(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot \bar{X}^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
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 - 150.0 × 12.0	9,000.0	0.0	0.000E+00	2.880E+09	1.080E+05
L - WEB	1 - 1,600.0 × 12.0	19,200.0	-1,206.0	-2.316E+07	2.793E+10	2.304E+05
R - WEB	1 - 1,600.0 × 12.0	19,200.0	1,206.0	2.316E+07	2.793E+10	2.304E+05
LOWER RIB	2 - 150.0 × 12.0	3,600.0	0.0	0.000E+00	5.760E+08	4.320E+04
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	1.840E+10
합계		114,360.0	-	0.000E+00	5.931E+10	3.680E+10

① 합성후 단면

$$A_c = B_c \times T_c = 4,500.0 \times 440.0 = 1.980\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$A_v = \sum A_s + A_c / N = 114,360.0 + 1,980,000.0 / 7.0 = 3.972\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = B_c \times T_c^3 / 12 = 4,500.0 \times 440.0^3 / 12 = 3.194\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

$$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + T_c/2 = 1,600.0 / 2 - 34.2 + 50.0 + 440.0 / 2 = 1,035.8 \text{ mm}$$

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum A_s / A_v = 1,035.8 \times 114,360.0 / 397,217.1 = 298.2 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,035.8 - 298.2 = 737.6 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v33} &= I_{33} + I_{cx} / n + \sum A_s \cdot d_{vsx}^2 + A_c / n \cdot d_{vcx}^2 \\ &= 55,866,171,178.2 + 31,944,000,000.0 / 7.0 + 114,360.0 \times 737.6^2 \\ &\quad + 1,980,000.0 / 7.0 \times 298.2^2 = 1.478\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = T_c \times B_c^3 / 12 = 440.0 \times 4,500.0^3 / 12 = 3.341\text{E}+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-B_c/2 = 1,200.0 + 1,100.0 - 0.0 - 4,500.0 / 2 = 50.0 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum A_s / A_v = 50.0 \times 114,360.0 / 397,217.1 = 14.4 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 50.0 - 14.4 = 35.6 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v22} &= I_{22} + I_{cy} / n + \sum A_s \cdot d_{vsy}^2 + A_c / n \cdot d_{vcy}^2 \\ &= 96,106,442,400.0 + 3,341,250,000,000.0 / 7.0 + 114,360.0 \times 35.6^2 \\ &\quad + 1,980,000.0 / 7.0 \times 14.4^2 = 5.736\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

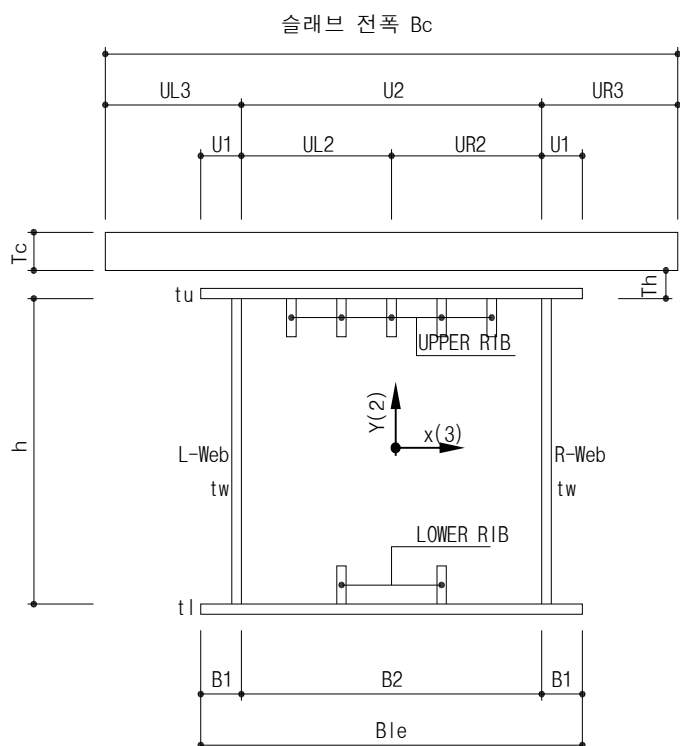
$$tcu = tu + T_c / n = 12.0 + 440.0 / 7.0 = 74.9 \text{ mm}$$

$$H = h + tcu/2 + tl/2 = 1,600.0 + 74.9 / 2 + 12.0 / 2 = 1,643.4 \text{ mm}$$

$$F = (Bu+Bl) / 2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 1,643.4 = 3.964\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} K &= 4 \cdot F^2 / (\int ds/t) \\ &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tcu + Bl / tl \} \\ &= 4 \times 3,963,949.7^2 / \{ (1,643.4 + 1,643.4) / 12.0 + 2,412.0 / 74.9 \\ &\quad + 2,412.0 / 12.0 \} = 1.239\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

© FRAME SECTION NAME 2 < G1 >



$$Bc = 4,500.0 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

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

$$UR3 = 1,100.0 \text{ mm}$$

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

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

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

$$Tc = 240.0 \text{ mm}$$

$$Th = 50.0 \text{ mm}$$

$$h = 1,800.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구분	규격	$As(\text{mm}^2)$	$\bar{Y}(\text{mm})$	$As \cdot \bar{Y}(\text{mm}^3)$	$As \cdot \bar{Y}^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	906.0	2.870E+07	2.600E+10	3.802E+05
UPPER RIB	5 - 150.0 × 12.0	9,000.0	825.0	7.425E+06	6.126E+09	1.688E+07
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
LOWER RIB	2 - 150.0 × 12.0	3,600.0	-825.0	-2.970E+06	2.450E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	-906.0	-2.870E+07	2.600E+10	3.802E+05
합계		119,160.0	-	4.455E+06	6.058E+10	1.169E+10

Y(2)축 방향

구분	규격	$As(\text{mm}^2)$	$\bar{X}(\text{mm})$	$As \cdot \bar{X}(\text{mm}^3)$	$As \cdot \bar{X}^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
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 - 150.0 × 12.0	9,000.0	0.0	0.000E+00	2.880E+09	1.080E+05
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-1,206.0	-2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	1,206.0	2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
LOWER RIB	2 - 150.0 × 12.0	3,600.0	0.0	0.000E+00	5.760E+08	4.320E+04
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	1.840E+10
합계		119,160.0	-	0.000E+00	6.629E+10	3.680E+10

① 합성후 단면

$$A_c = B_c \times T_c = 4,500.0 \times 240.0 = 1.080\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$A_v = \sum A_s + A_c / N = 119,160.0 + 1,080,000.0 / 7.0 = 2.734\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = B_c \times T_c^3 / 12 = 4,500.0 \times 240.0^3 / 12 = 5.184\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

$$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + T_c/2 = 1,800.0 / 2 - 37.4 + 50.0 + 240.0 / 2 = 1,032.6 \text{ mm}$$

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum A_s / A_v = 1,032.6 \times 119,160.0 / 273,445.7 = 450.0 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,032.6 - 450.0 = 582.6 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v33} &= I_{33} + I_{cx} / n + \sum A_s \cdot d_{vsx}^2 + A_c / n \cdot d_{vcx}^2 \\ &= 72,105,871,500.5 + 5,184,000,000.0 / 7.0 + 119,160.0 \times 582.6^2 \\ &\quad + 1,080,000.0 / 7.0 \times 450.0^2 = 1.445\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = T_c \times B_c^3 / 12 = 240.0 \times 4,500.0^3 / 12 = 1.823\text{E}+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-B_c/2 = 1,200.0 + 1,100.0 - 0.0 - 4,500.0 / 2 = 50.0 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum A_s / A_v = 50.0 \times 119,160.0 / 273,445.7 = 21.8 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 50.0 - 21.8 = 28.2 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v22} &= I_{22} + I_{cy} / n + \sum A_s \cdot d_{vsy}^2 + A_c / n \cdot d_{vcy}^2 \\ &= 103,087,792,800.0 + 1,822,500,000,000.0 / 7.0 + 119,160.0 \times 28.2^2 \\ &\quad + 1,080,000.0 / 7.0 \times 21.8^2 = 3.636\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

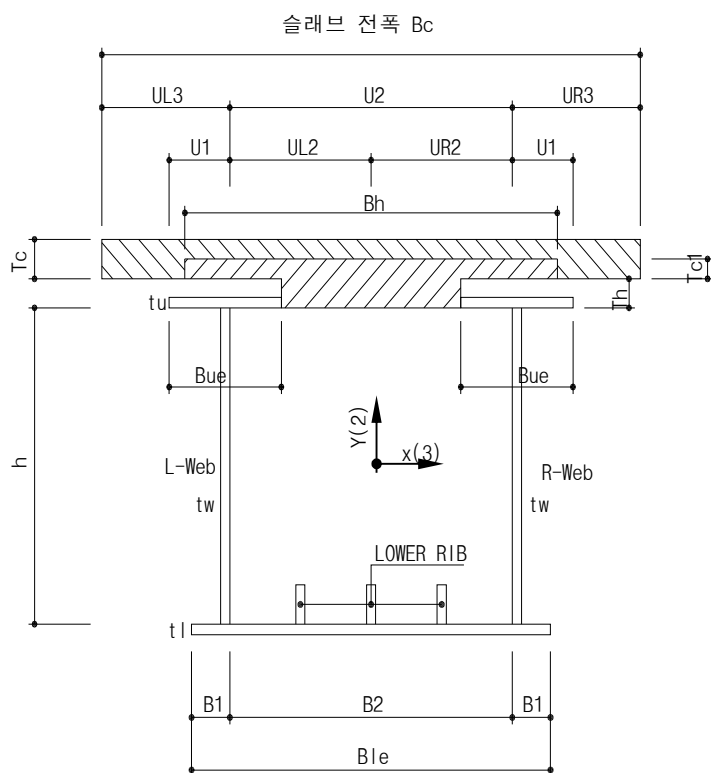
$$tcu = tu + T_c / n = 12.0 + 240.0 / 7.0 = 46.3 \text{ mm}$$

$$H = h + tcu/2 + tl/2 = 1,800.0 + 46.3 / 2 + 12.0 / 2 = 1,829.1 \text{ mm}$$

$$F = (Bu+Bl) / 2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 1,829.1 = 4.412\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t) \\ &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tcu + Bl / tl \} \\ &= 4 \times 4,411,892.6^2 / \{ (1,829.1 + 1,829.1) / 12.0 + 2,412.0 / 46.3 \\ &\quad + 2,412.0 / 12.0 \} = 1.395\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

◎ FRAME SECTION NAME 3 < G1 >



Bc =	4,500.0	mm
Bh =	2,500.0	mm
U1 =	120.0	mm
U2 =	2,400.0	mm
UL2 =	1,200.0	mm
UR2 =	1,200.0	mm
U3 =	400.0	mm
UL3 =	1,000.0	mm
UR3 =	1,100.0	mm
B1 =	120.0	mm
B2 =	2,400.0	mm
B3 =	2,640.0	mm
Tc =	240.0	mm
Tc1 =	90.0	mm
Th =	50.0	mm
h =	1,800.0	mm
n =	7.0	
n_h =	6.2	
Θ_L =	0.000	°
Θ_R =	0.000	°

X(3)축 방향

구분	규격	$A_s(\text{mm}^2)$	$\bar{Y}(\text{mm})$	$A_s \cdot \bar{Y}(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot \bar{Y}^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	2 - 400.0 × 12.0	9,600.0	906.0	8.698E+06	7.880E+09	1.152E+05
UPPER RIB	0 - 0.0 × 0.0	0.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
LOWER RIB	2 - 150.0 × 12.0	3,600.0	-825.0	-2.970E+06	2.450E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	-906.0	-2.870E+07	2.600E+10	3.802E+05
합계		88,080.0	-	-2.297E+07	3.633E+10	1.167E+10

Y(2)축 방향

구분	규격	$A_s(\text{mm}^2)$	$\bar{X}(\text{mm})$	$A_s \cdot \bar{X}(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot \bar{X}^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
L-UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-1,120.0	-5.376E+06	6.021E+09	6.400E+07
R-UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	1,120.0	5.376E+06	6.021E+09	6.400E+07
UPPER RIB	0 - 0.0 × 0.0	0.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-1,206.0	-2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	1,206.0	2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
LOWER RIB	2 - 150.0 × 12.0	3,600.0	0.0	0.000E+00	5.760E+08	4.320E+04
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	1.840E+10
합계		88,080.0	-	0.000E+00	7.545E+10	1.853E+10

① 합성후 단면 (Steel + Half-Deck + Slab)

$$\begin{aligned}
 Ach &= (Bh \times Tc1) + \{U2 - (U3-U1) \times 2\} \times Th &= & 3.170E+05 \text{ mm}^2 \\
 Ac &= Bc \times Tc - Bh \times Tc1 = 4,500.0 \times 240.0 - 2,500.0 \times 90.0 &= & 8.550E+05 \text{ mm}^2 \\
 Av &= \sum As + Ac / n + Ach / n_h &= & 2.614E+05 \text{ mm}^2 \\
 &= 88,080.0 + 855,000.0 / 7.0 + 317,000.0 / 6.2
 \end{aligned}$$

- X(3)축 방향

$$\begin{aligned}
 I_{cx} &= Bc \times Tc^3 / 12 - Bh \times Tc1^3 / 12 + Bc \times Tc \times (Tc/2)^2 \\
 &\quad - Bh \times Tc1 \times (Tc1/2)^2 - Ac \times (d_{vx}-h/2 + \delta_y - Th)^2 \\
 &= 4,500.0 \times 240.0^3 / 12 - 2,500.0 \times 90.0^3 / 12 + 4,500.0 \times 240.0 \\
 &\quad \times (240.0/2)^2 - 2,500.0 \times 90.0 \times (90.0/2)^2 - 855,000.0 \\
 &\quad \times (1,350.6 - 1,800.0/2 + -260.8 - 50.0)^2 &= & 3.433E+09 \text{ mm}^4 \\
 I_{cxh} &= (Bh \times Tc1^3 / 12) + \{U2 - (U3-U1) \times 2\} \times Th^3 / 12 \\
 &\quad + (Bh \times Tc1) \times (Th+Tc1/2)^2 + \{U2 - (U3-U1) \times 2\} \times (Th/2)^2 \\
 &\quad - Ach \times (d_{vxh} - h/2 + \delta_y)^2 &= & 4.910E+08 \text{ mm}^4 \\
 d_{vx} &= h/2 - \delta_y + [Bc \times Tc \times (Th+Tc/2) - Bh \times Tc1 \times (Th+Tc1/2)] / Ac \\
 &= 1,800.0/2 - (-260.8) + [4,500.0 \times 240.0 \times (50.0 + 240.0/2) \\
 &\quad - 2,500.0 \times 90.0 \times (50.0 + 90.0/2)] / 855,000.0 &= & 1,350.6 \text{ mm} \\
 d_{vcx} &= [d_{vx} \cdot \sum As + (d_{vx} - d_{vxh}) \times Ach / n_h] / Av \\
 &= [1,350.6 \times 88,080.0 + (1,350.6 - 1,235.5) \times 317,000.0 / 6.2] / 261,351.9 &= & 477.7 \text{ mm} \\
 d_{vsx} &= d_{vx} - d_{vcx} = 1,350.6 - 477.7 &= & 872.9 \text{ mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_{cx}/n + I_{cxh}/n_h + \sum As \cdot d_{vsx}^2 + Ac/n \cdot d_{vcx}^2 + A_{ch}/n_h \cdot (d_{vxh} - d_{vsx})^2 \\
 &= 42,013,022,205.8 + 3,433,440,789.5/7.0 + 491,010,120.9/6.2 + 88,080.0 \\
 &\quad \times 872.9^2 + 855,000.0/7.0 \times 477.7^2 + 317,000.0/6.2 \times (1,235.5 - 872.9)^2 &= & 1.443E+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- Y(2)축 방향

$$\begin{aligned}
 I_{cy} &= Tc \times Bc^3 / 12 - Tc1 \times Bh^3 / 12 + Tc \times Bc \times (UR2+UR3-Bc/2)^2 - Ac \times d_{vy}^2 \\
 &= 240.0 \times 4,500.0^3 / 12 - 90.0 \times 2,500.0^3 / 12 + 240.0 \times 4,500.0 \times (1,200.0 \\
 &\quad + 1,100.0 - 4,500.0/2)^2 - 855,000.0 \times 63.2^2 &= & 1.705E+12 \text{ mm}^4 \\
 I_{cyh} &= (Tc1 \times Bh^3 / 12) + (Th+tu) \times \{U2 - (U3-U1) \times 2\}^3 / 12 &= & 1.431E+11 \text{ mm}^4 \\
 d_{vy} &= Tc \times [(UR2 + UR3)^2 - (UL2 + UL3)^2] / 2 / Ac \\
 &= 240.0 \times [(1,200.0 + 1,100.0)^2 - (1,200.0 + 1,000.0)^2] / 2 / 855,000.0 &= & 63.2 \text{ mm} \\
 d_{vcy} &= d_{vy} \cdot \sum Avh / Av = 63.2 \times 139,209.0 / 261,351.9 &= & 33.6 \text{ mm} \\
 d_{vsy} &= d_{vy} - d_{vcy} = 63.2 - 33.6 &= & 29.5 \text{ mm} \\
 I_{v22} &= I_{22} + I_{cy}/n + I_{cyh}/n_h + \sum As \cdot d_{vsy}^2 + Ac/n \cdot d_{vcy}^2 + A_{ch}/n_h \cdot d_{vsy}^2 \\
 &= 93,978,180,800.0 + 1,704,601,973,684.2/7.0 + 143,143,766,666.7/6.2 + 88,080.0 \times 29.5^2 \\
 &\quad + 855,000.0 / 7.0 \times 33.6^2 + 317,000.0 / 6.2 \times 29.5^2 &= & 3.608E+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

※ 합성 단면의 K값 산정시 Half-Deck Con'c 와 SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\text{Slab Con'c의 강도} = f_{ck} = 27.0 \text{ MPa}$$

$$\text{Slab의 전단 탄성계수} = G_c = 2.780\text{E}+04 / (2 (1 + 0.167)) = 1.192\text{E}+04 \text{ MPa}$$

Half-Deck+Slab의 환산두께

$$t_{cu} = (140.0 \times 14,100.9 / 79,000.0) + \{ (240.0 - 90.0) \times (11,916.0 / 79,000.0) \} = 47.6 \text{ mm}$$

$$H = h + t_{cu} / 2 + tl / 2 = 1,800.0 + 47.6 / 2 + 12.0 / 2 = 1,829.8 \text{ mm}$$

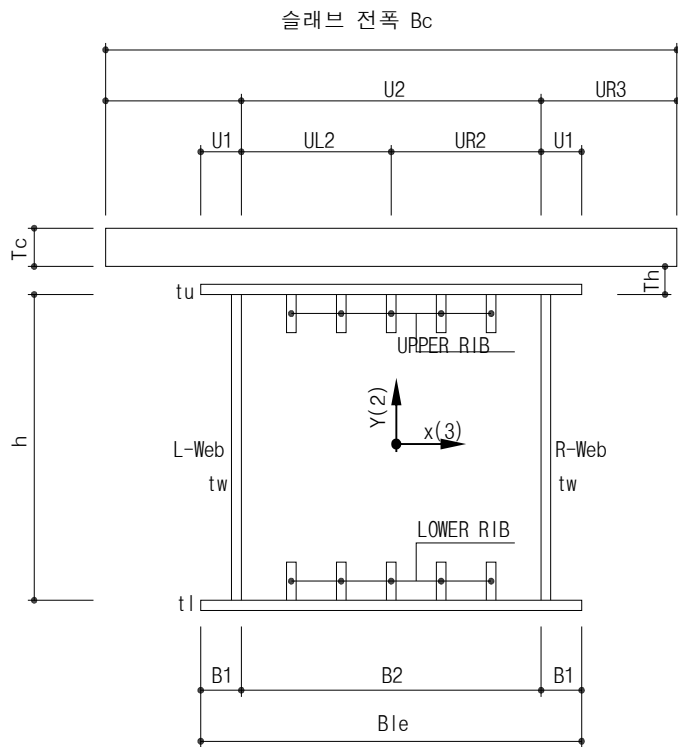
$$F = (Bu + Bl) / 2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 1,829.8 = 4.413\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t)$$

$$= 4F^2 / \{ (H / \cos \Theta_L + H / \cos \Theta_R) / tw + Bu / t_{cu} + Bl / tl \}$$

$$= 4 \times 4,413,494.7^2 / \{ (1,829.8 + 1,829.8) / 12.0 + 2,412.0 / 47.6 + 2,412.0 / 12.0 \} = 1.400\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

◎ FRAME SECTION NAME 4 < G1 >



$$Bc = 4,500.0 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

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

$$UR3 = 1,100.0 \text{ mm}$$

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

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

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

$$Tc = 240.0 \text{ mm}$$

$$Th = 50.0 \text{ mm}$$

$$h = 1,800.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구 분	규 격	$AS(mm^2)$	$Y(mm)$	$AS \cdot Y(mm^3)$	$AS \cdot Y^2(mm^4)$	$I_{xo}(mm^4)$
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	906.0	2.870E+07	2.600E+10	3.802E+05
UPPER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	825.0	8.663E+06	7.147E+09	1.969E+07
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-825.0	-8.663E+06	7.147E+09	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	-906.0	-2.870E+07	2.600E+10	3.802E+05
합 계		127,560.0	-	0.000E+00	6.630E+10	1.170E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	$AS(mm^2)$	$X(mm)$	$AS \cdot X(mm^3)$	$AS \cdot X^2(mm^4)$	$I_{yo}(mm^4)$
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 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-1,206.0	-2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	1,206.0	2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	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		127,560.0	-	0.000E+00	6.955E+10	3.680E+10

① 합성후 단면

$$Ac = Bc \times Tc = 4,500.0 \times 240.0 = 1.080E+06 \text{ mm}^2$$

$$Av = \sum AS + Ac / N = 127,560.0 + 1,080,000.0 / 7.0 = 2.818E+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = Bc \times Tc^3 / 12 = 4,500.0 \times 240.0^3 / 12 = 5.184E+09 \text{ mm}^4$$

$$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + Tc/2 = 1,800.0 / 2 - 0.0 + 50.0 + 240.0 / 2 = 1,070.0 \text{ mm}$$

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum AS / Av = 1,070.0 \times 127,560.0 / 281,845.7 = 484.3 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,070.0 - 484.3 = 585.7 \text{ mm}$$

$$I_{v33} = I_{33} + I_{cx} / n + \sum AS \cdot d_{vsx}^2 + Ac / n \cdot d_{vcx}^2$$

$$= 78,005,429,280.0 + 5,184,000,000.0 / 7.0 + 127,560.0 \times 585.7^2 + 1,080,000.0 / 7.0 \times 484.3^2 = 1.587E+11 \text{ mm}^4$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = Tc \times Bc^3 / 12 = 240.0 \times 4,500.0^3 / 12 = 1.823E+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-Bc/2 = 1,200.0 + 1,100.0 - 0.0 - 4,500.0 / 2 = 50.0 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum AS / Av = 50.0 \times 127,560.0 / 281,845.7 = 22.6 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 50.0 - 22.6 = 27.4 \text{ mm}$$

$$I_{v22} = I_{22} + I_{cy} / n + \sum AS \cdot d_{vsy}^2 + Ac / n \cdot d_{vcy}^2$$

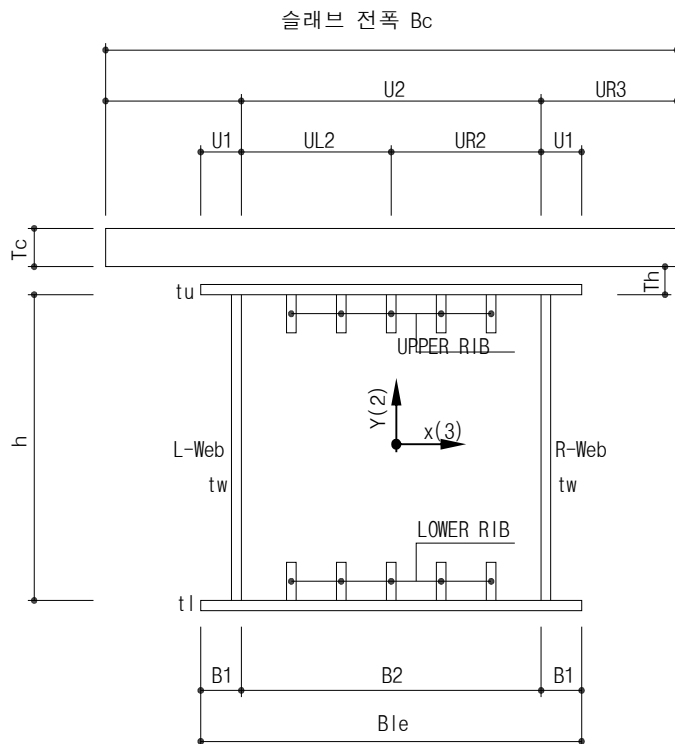
$$= 106,351,984,600.0 + 1,822,500,000,000.0 / 7.0 + 127,560.0 \times 27.4^2 + 1,080,000.0 / 7.0 \times 22.6^2 = 3.669E+11 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / n &= 12.0 + 240.0 / 7.0 &= 46.3 \text{ mm} \\
 H &= h + t_{cu}/2 + t_l/2 &= 1,800.0 + 46.3 / 2 + 12.0 / 2 &= 1,829.1 \text{ mm} \\
 F &= (B_u + B_l) / 2 \times H &= (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 1,829.1 &= 4.412 \times 10^6 \text{ mm}^2 \\
 K &= 4 \cdot F^2 / (f_{ds}/t) \\
 &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / t_w + B_u / t_{cu} + B_l / t_l \} \\
 &= 4 \times 4,411,892.6^2 / \{ (1,829.1 + 1,829.1) / 12.0 + 2,412.0 / 46.3 + 2,412.0 / 12.0 \} &= 1.395 \times 10^{11} \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

◎ FRAME SECTION NAME 5 < G1 >



$$B_c = 4,500.0 \text{ mm}$$

$$U_1 = 120.0 \text{ mm}$$

$$U_2 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$U_{L2} = 1,200.0 \text{ mm}$$

$$U_{R2} = 1,200.0 \text{ mm}$$

$$U_3 = 0.0 \text{ mm}$$

$$U_{L3} = 1,000.0 \text{ mm}$$

$$U_{R3} = 1,100.0 \text{ mm}$$

$$B_1 = 120.0 \text{ mm}$$

$$B_2 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$B_3 = 2,640.0 \text{ mm}$$

$$T_c = 240.0 \text{ mm}$$

$$T_h = 50.0 \text{ mm}$$

$$h = 1,800.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

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 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	906.0	2.870E+07	2.600E+10	3.802E+05
UPPER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	825.0	8.663E+06	7.147E+09	1.969E+07
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-825.0	-8.663E+06	7.147E+09	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 14.0	36,960.0	-907.0	-3.352E+07	3.041E+10	6.037E+05
합 계		132,840.0	-	-4.821E+06	7.070E+10	1.170E+10

Y(2)축 방향

구 분	구 격	$AS(mm^2)$	$X(mm)$	$AS \cdot X(mm^3)$	$AS \cdot X^2(mm^4)$	$I_{yo}(mm^4)$
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 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-1,206.0	-2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	1,206.0	2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 14.0	36,960.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	2.147E+10
합 계		132,840.0	-	0.000E+00	6.955E+10	3.987E+10

① 합성후 단면

$$Ac = Bc \times Tc = 4,500.0 \times 240.0 = 1.080E+06 \text{ mm}^2$$

$$Av = \sum AS + Ac / N = 132,840.0 + 1,080,000.0 / 7.0 = 2.871E+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = Bc \times Tc^3 / 12 = 4,500.0 \times 240.0^3 / 12 = 5.184E+09 \text{ mm}^4$$

$$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + Tc/2 = 1,800.0 / 2 - 36.3 + 50.0 + 240.0 / 2 = 1,106.3 \text{ mm}$$

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum AS / Av = 1,106.3 \times 132,840.0 / 287,125.7 = 511.8 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,106.3 - 511.8 = 594.5 \text{ mm}$$

$$I_{v33} = I_{33} + I_{cx} / n + \sum AS \cdot d_{vsx}^2 + Ac / n \cdot d_{vcx}^2$$

$$= 82,231,738,819.7 + 5,184,000,000.0 / 7.0 + 132,840.0 \times 594.5^2 + 1,080,000.0 / 7.0 \times 511.8^2 = 1.703E+11 \text{ mm}^4$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = Tc \times Bc^3 / 12 = 240.0 \times 4,500.0^3 / 12 = 1.823E+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-Bc/2 = 1,200.0 + 1,100.0 - 0.0 - 4,500.0 / 2 = 50.0 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum AS / Av = 50.0 \times 132,840.0 / 287,125.7 = 23.1 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 50.0 - 23.1 = 26.9 \text{ mm}$$

$$I_{v22} = I_{22} + I_{cy} / n + \sum AS \cdot d_{vsy}^2 + Ac / n \cdot d_{vcy}^2$$

$$= 109,418,608,600.0 + 1,822,500,000,000.0 / 7.0 + 132,840.0 \times 26.9^2 + 1,080,000.0 / 7.0 \times 23.1^2 = 3.700E+11 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

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

$$tcu = tu + Tc / n = 12.0 + 240.0 / 7.0 = 46.3 \text{ mm}$$

$$H = h + tcu/2 + tl/2 = 1,800.0 + 46.3 / 2 + 14.0 / 2 = 1,830.1 \text{ mm}$$

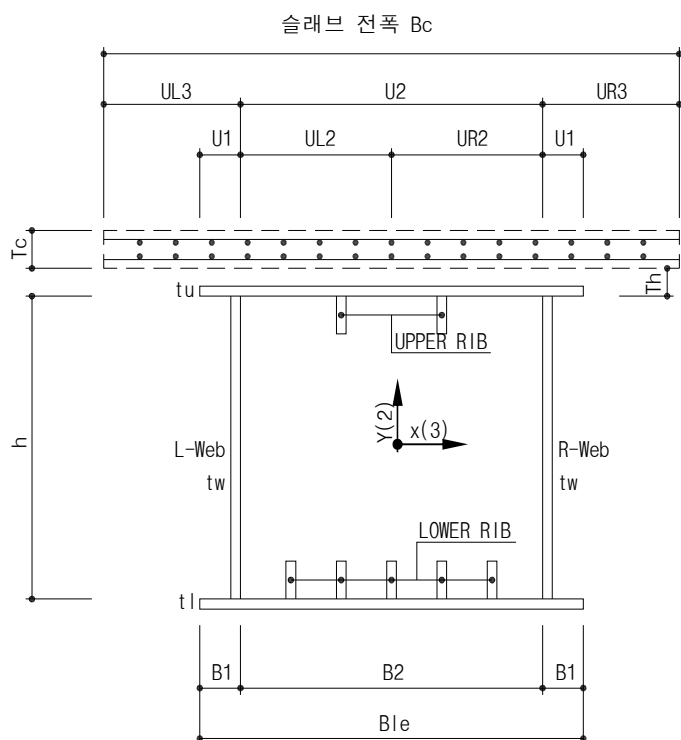
$$F = (Bu+Bl) / 2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 1,830.1 = 4.414E+06 \text{ mm}^2$$

$$K = 4 \cdot F^2 / (f_{ds}/t)$$

$$= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tcu + Bl / tl \}$$

$$= 4 \times 4,414,304.6^2 / \{ (1,830.1 + 1,830.1) / 12.0 + 2,412.0 / 46.3 + 2,412.0 / 14.0 \} = 1.472E+11 \text{ mm}^4$$

© FRAME SECTION NAME 6 < G1 >



$$Bc = 4,500.0 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

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

$$UR3 = 1,100.0 \text{ mm}$$

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

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

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

$$Tc = 240.0 \text{ mm}$$

$$Th = 50.0 \text{ mm}$$

$$h = 1,800.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구분	규격	AS(mm ²)	Y'(mm)	AS·Y'(mm ³)	AS·Y' ² (mm ⁴)	I _{xo} (mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	906.0	2.870E+07	2.600E+10	3.802E+05
UPPER RIB	2 - 150.0 × 14.0	4,200.0	825.0	3.465E+06	2.859E+09	7.875E+06
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-825.0	-8.663E+06	7.147E+09	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 14.0	36,960.0	-907.0	-3.352E+07	3.041E+10	6.037E+05
합계		126,540.0	-	-1.002E+07	6.641E+10	1.169E+10

Y(2)축 방향

구분	규격	AS(mm ²)	X'(mm)	AS·X'(mm ³)	AS·X' ² (mm ⁴)	I _{yo} (mm ⁴)
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 - 150.0 × 14.0	4,200.0	0.0	0.000E+00	6.720E+08	6.860E+04
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-1,206.0	-2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	1,206.0	2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 14.0	36,960.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	2.147E+10
합계		126,540.0	-	0.000E+00	6.686E+10	3.987E+10

① 합성후 단면

$$A_c = B_c \times T_c = 4,500.0 \times 240.0 = 1.080\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$A_v = \sum A_s + A_c / N = 126,540.0 + 1,080,000.0 / 7.0 = 2.808\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = B_c \times T_c^3 / 12 = 4,500.0 \times 240.0^3 / 12 = 5.184\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

$$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + T_c/2 = 1,800.0 / 2 - -79.2 + 50.0 + 240.0 / 2 = 1,149.2 \text{ mm}$$

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum A_s / A_v = 1,149.2 \times 126,540.0 / 280,825.7 = 517.8 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,149.2 - 517.8 = 631.4 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v33} &= I_{33} + I_{cx} / n + \sum A_s \cdot d_{vsx}^2 + A_c / n \cdot d_{vcx}^2 \\ &= 77,313,791,733.8 + 5,184,000,000.0 / 7.0 + 126,540.0 \times 631.4^2 \\ &\quad + 1,080,000.0 / 7.0 \times 517.8^2 = 1.699\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = T_c \times B_c^3 / 12 = 240.0 \times 4,500.0^3 / 12 = 1.823\text{E}+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-B_c/2 = 1,200.0 + 1,100.0 - 0.0 - 4,500.0 / 2 = 50.0 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum A_s / A_v = 50.0 \times 126,540.0 / 280,825.7 = 22.5 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 50.0 - 22.5 = 27.5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v22} &= I_{22} + I_{cy} / n + \sum A_s \cdot d_{vsy}^2 + A_c / n \cdot d_{vcy}^2 \\ &= 106,730,505,700.0 + 1,822,500,000,000.0 / 7.0 + 126,540.0 \times 27.5^2 \\ &\quad + 1,080,000.0 / 7.0 \times 22.5^2 = 3.673\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

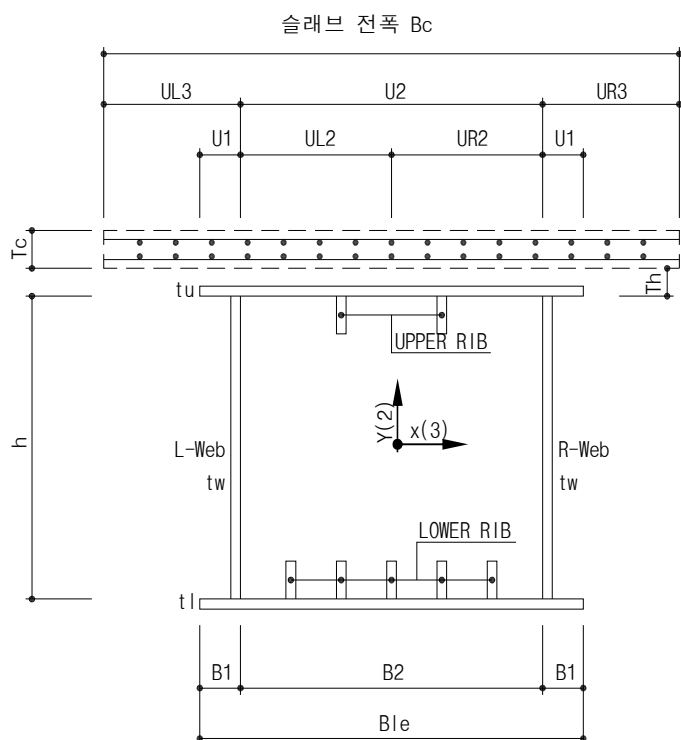
$$tcu = tu + T_c / n = 12.0 + 240.0 / 7.0 = 46.3 \text{ mm}$$

$$H = h + tcu/2 + tl/2 = 1,800.0 + 46.3 / 2 + 14.0 / 2 = 1,830.1 \text{ mm}$$

$$F = (Bu+Bl) / 2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 1,830.1 = 4.414\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t) \\ &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tcu + Bl / tl \} \\ &= 4 \times 4,414,304.6^2 / \{ (1,830.1 + 1,830.1) / 12.0 + 2,412.0 / 46.3 \\ &\quad + 2,412.0 / 14.0 \} = 1.472\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

© FRAME SECTION NAME 7 < G1 >



$$B_c = 4,500.0 \text{ mm}$$

$$U_1 = 120.0 \text{ mm}$$

$$U_2 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$UL_2 = 1,200.0 \text{ mm}$$

$$UR_2 = 1,200.0 \text{ mm}$$

$$U_3 = 0.0 \text{ mm}$$

$$UL_3 = 1,000.0 \text{ mm}$$

$$UR_3 = 1,100.0 \text{ mm}$$

$$B_1 = 120.0 \text{ mm}$$

$$B_2 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$B_3 = 2,640.0 \text{ mm}$$

$$T_c = 240.0 \text{ mm}$$

$$T_h = 50.0 \text{ mm}$$

$$h = 1,863.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구분	규격	$A_s(\text{mm}^2)$	$\bar{Y}(\text{mm})$	$A_s \cdot \bar{Y}(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot \bar{Y}^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	937.5	2.970E+07	2.784E+10	3.802E+05
UPPER RIB	2 - 150.0 × 14.0	4,200.0	856.5	3.597E+06	3.081E+09	7.875E+06
L - WEB	1 - 1,863.0 × 12.0	22,356.0	-	-	-	6.466E+09
R - WEB	1 - 1,863.0 × 12.0	22,356.0	-	-	-	6.466E+09
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-856.5	-8.993E+06	7.703E+09	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 14.0	36,960.0	-938.5	-3.469E+07	3.255E+10	6.037E+05
합계		128,052.0	-	-1.038E+07	7.118E+10	1.296E+10

Y(2)축 방향

구분	규격	$A_s(\text{mm}^2)$	$\bar{X}(\text{mm})$	$A_s \cdot \bar{X}(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot \bar{X}^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
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 - 150.0 × 14.0	4,200.0	0.0	0.000E+00	6.720E+08	6.860E+04
L - WEB	1 - 1,863.0 × 12.0	22,356.0	-1,206.0	-2.696E+07	3.252E+10	2.683E+05
R - WEB	1 - 1,863.0 × 12.0	22,356.0	1,206.0	2.696E+07	3.252E+10	2.683E+05
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 14.0	36,960.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	2.147E+10
합계		128,052.0	-	0.000E+00	6.906E+10	3.987E+10

① 합성후 단면

$$A_c = B_c \times T_c = 4,500.0 \times 240.0 = 1.080\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$A_v = \sum A_s + A_c / N = 128,052.0 + 1,080,000.0 / 7.0 = 2.823\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = B_c \times T_c^3 / 12 = 4,500.0 \times 240.0^3 / 12 = 5.184\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

$$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + T_c/2 = 1,863.0 / 2 - -81.1 + 50.0 + 240.0 / 2 = 1,182.6 \text{ mm}$$

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum A_s / A_v = 1,182.6 \times 128,052.0 / 282,337.7 = 536.4 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,182.6 - 536.4 = 646.2 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v33} &= I_{33} + I_{cx} / n + \sum A_s \cdot d_{vsx}^2 + A_c / n \cdot d_{vcx}^2 \\ &= 83,300,016,527.2 + 5,184,000,000.0 / 7.0 + 128,052.0 \times 646.2^2 \\ &\quad + 1,080,000.0 / 7.0 \times 536.4^2 = 1.819\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = T_c \times B_c^3 / 12 = 240.0 \times 4,500.0^3 / 12 = 1.823\text{E}+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-B_c/2 = 1,200.0 + 1,100.0 - 0.0 - 4,500.0 / 2 = 50.0 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum A_s / A_v = 50.0 \times 128,052.0 / 282,337.7 = 22.7 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 50.0 - 22.7 = 27.3 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v22} &= I_{22} + I_{cy} / n + \sum A_s \cdot d_{vsy}^2 + A_c / n \cdot d_{vcy}^2 \\ &= 108,929,631,076.0 + 1,822,500,000,000.0 / 7.0 + 128,052.0 \times 27.3^2 \\ &\quad + 1,080,000.0 / 7.0 \times 22.7^2 = 3.695\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

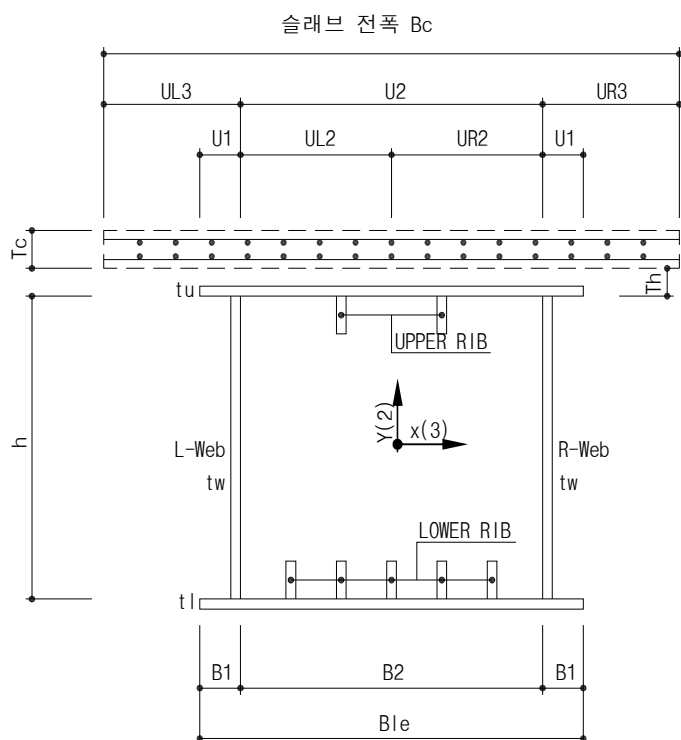
$$tcu = tu + T_c / n = 12.0 + 240.0 / 7.0 = 46.3 \text{ mm}$$

$$H = h + tcu/2 + tl/2 = 1,863.0 + 46.3 / 2 + 14.0 / 2 = 1,893.1 \text{ mm}$$

$$F = (Bu+Bl) / 2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 1,893.1 = 4.566\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} K &= 4 \cdot F^2 / (\int ds/t) \\ &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tcu + Bl / tl \} \\ &= 4 \times 4,566,260.6^2 / \{ (1,893.1 + 1,893.1) / 12.0 + 2,412.0 / 46.3 \\ &\quad + 2,412.0 / 14.0 \} = 1.545\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

© FRAME SECTION NAME 8 < G1 >



$$Bc = 4,500.0 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

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

$$UR3 = 1,100.0 \text{ mm}$$

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

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

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

$$Tc = 240.0 \text{ mm}$$

$$Th = 50.0 \text{ mm}$$

$$h = 2,142.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구분	규격	AS(mm ²)	Y'(mm)	AS·Y'(mm ³)	AS·Y' ² (mm ⁴)	I _{xo} (mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	1,077.0	3.412E+07	3.675E+10	3.802E+05
UPPER RIB	2 - 150.0 × 14.0	4,200.0	996.0	4.183E+06	4.166E+09	7.875E+06
L - WEB	1 - 2,142.0 × 12.0	25,704.0	-	-	-	9.828E+09
R - WEB	1 - 2,142.0 × 12.0	25,704.0	-	-	-	9.828E+09
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-996.0	-1.046E+07	1.042E+10	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 16.0	42,240.0	-1,079.0	-4.558E+07	4.918E+10	9.011E+05
합계		140,028.0	-	-1.773E+07	1.005E+11	1.968E+10

Y(2)축 방향

구분	규격	AS(mm ²)	X'(mm)	AS·X'(mm ³)	AS·X' ² (mm ⁴)	I _{yo} (mm ⁴)
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 - 150.0 × 14.0	4,200.0	0.0	0.000E+00	6.720E+08	6.860E+04
L - WEB	1 - 2,142.0 × 12.0	25,704.0	-1,206.0	-3.100E+07	3.738E+10	3.084E+05
R - WEB	1 - 2,142.0 × 12.0	25,704.0	1,206.0	3.100E+07	3.738E+10	3.084E+05
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 16.0	42,240.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	2.453E+10
합계		140,028.0	-	0.000E+00	7.880E+10	4.293E+10

① 합성후 단면

$$A_c = B_c \times T_c = 4,500.0 \times 240.0 = 1.080\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$A_v = \sum A_s + A_c / N = 140,028.0 + 1,080,000.0 / 7.0 = 2.943\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = B_c \times T_c^3 / 12 = 4,500.0 \times 240.0^3 / 12 = 5.184\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

$$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + T_c/2 = 2,142.0 / 2 - (-126.6 + 50.0 + 240.0 / 2) = 1,367.6 \text{ mm}$$

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum A_s / A_v = 1,367.6 \times 140,028.0 / 294,313.7 = 650.7 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,367.6 - 650.7 = 716.9 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v33} &= I_{33} + I_{cx} / n + \sum A_s \cdot d_{vsx}^2 + A_c / n \cdot d_{vcx}^2 \\ &= 117,945,727,439.3 + 5,184,000,000.0 / 7.0 + 140,028.0 \times 716.9^2 \\ &\quad + 1,080,000.0 / 7.0 \times 650.7^2 = 2.560\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = T_c \times B_c^3 / 12 = 240.0 \times 4,500.0^3 / 12 = 1.823\text{E}+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-B_c/2 = 1,200.0 + 1,100.0 - 0.0 - 4,500.0 / 2 = 50.0 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum A_s / A_v = 50.0 \times 140,028.0 / 294,313.7 = 23.8 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 50.0 - 23.8 = 26.2 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v22} &= I_{22} + I_{cy} / n + \sum A_s \cdot d_{vsy}^2 + A_c / n \cdot d_{vcy}^2 \\ &= 121,735,238,884.0 + 1,822,500,000,000.0 / 7.0 + 140,028.0 \times 26.2^2 \\ &\quad + 1,080,000.0 / 7.0 \times 23.8^2 = 3.823\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

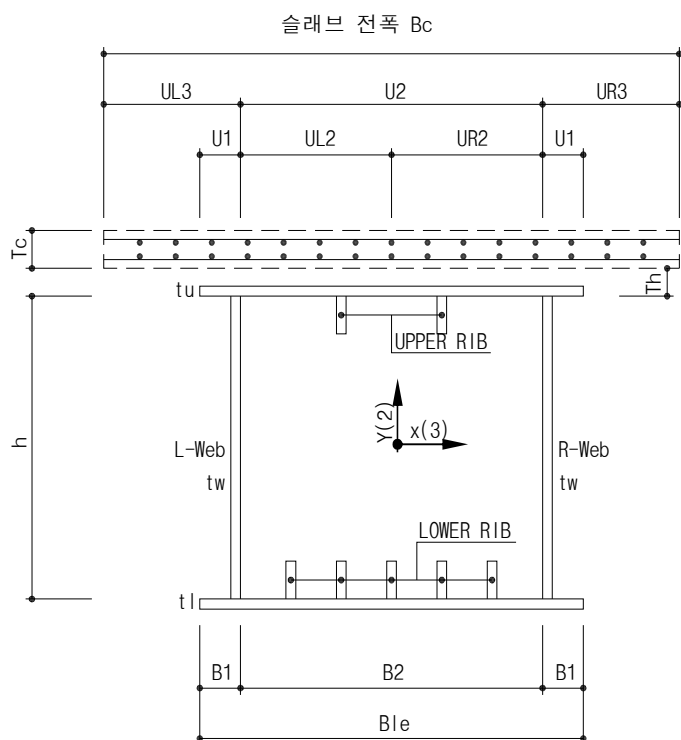
$$tcu = tu + T_c / n = 12.0 + 240.0 / 7.0 = 46.3 \text{ mm}$$

$$H = h + tcu/2 + tl/2 = 2,142.0 + 46.3 / 2 + 16.0 / 2 = 2,173.1 \text{ mm}$$

$$F = (Bu+Bl) / 2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 2,173.1 = 5.242\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t) \\ &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tcu + Bl / tl \} \\ &= 4 \times 5,241,620.6^2 / \{ (2,173.1 + 2,173.1) / 12.0 + 2,412.0 / 46.3 \\ &\quad + 2,412.0 / 16.0 \} = 1.945\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

© FRAME SECTION NAME 9 < G1 >



$$B_c = 4,500.0 \text{ mm}$$

$$U_1 = 120.0 \text{ mm}$$

$$U_2 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$UL_2 = 1,200.0 \text{ mm}$$

$$UR_2 = 1,200.0 \text{ mm}$$

$$U_3 = 0.0 \text{ mm}$$

$$UL_3 = 1,000.0 \text{ mm}$$

$$UR_3 = 1,100.0 \text{ mm}$$

$$B_1 = 120.0 \text{ mm}$$

$$B_2 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$B_3 = 2,640.0 \text{ mm}$$

$$T_c = 240.0 \text{ mm}$$

$$T_h = 50.0 \text{ mm}$$

$$h = 2,500.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구분	규격	$A_s(\text{mm}^2)$	$\bar{Y}(\text{mm})$	$A_s \cdot \bar{Y}(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot \bar{Y}^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	1,256.0	3.979E+07	4.998E+10	3.802E+05
UPPER RIB	2 - 150.0 × 14.0	4,200.0	1,175.0	4.935E+06	5.799E+09	7.875E+06
L - WEB	1 - 2,500.0 × 14.0	35,000.0	-	-	-	1.823E+10
R - WEB	1 - 2,500.0 × 14.0	35,000.0	-	-	-	1.823E+10
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-1,175.0	-1.234E+07	1.450E+10	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 16.0	42,240.0	-1,258.0	-5.314E+07	6.685E+10	9.011E+05
합계		158,620.0	-	-2.075E+07	1.371E+11	3.649E+10

Y(2)축 방향

구분	규격	$A_s(\text{mm}^2)$	$\bar{X}(\text{mm})$	$A_s \cdot \bar{X}(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot \bar{X}^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
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 - 150.0 × 14.0	4,200.0	0.0	0.000E+00	6.720E+08	6.860E+04
L - WEB	1 - 2,500.0 × 14.0	35,000.0	-1,207.0	-4.225E+07	5.099E+10	5.717E+05
R - WEB	1 - 2,500.0 × 14.0	35,000.0	1,207.0	4.225E+07	5.099E+10	5.717E+05
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 16.0	42,240.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	2.453E+10
합계		158,620.0	-	0.000E+00	1.060E+11	4.293E+10

① 합성후 단면

$$A_c = B_c \times T_c = 4,500.0 \times 240.0 = 1.080\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$A_v = \sum A_s + A_c / N = 158,620.0 + 1,080,000.0 / 7.0 = 3.129\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = B_c \times T_c^3 / 12 = 4,500.0 \times 240.0^3 / 12 = 5.184\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

$$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + T_c/2 = 2,500.0 / 2 - (-130.8 + 50.0 + 240.0 / 2) = 1,550.8 \text{ mm}$$

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum A_s / A_v = 1,550.8 \times 158,620.0 / 312,905.7 = 786.1 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,550.8 - 786.1 = 764.7 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v33} &= I_{33} + I_{cx} / n + \sum A_s \cdot d_{vsx}^2 + A_c / n \cdot d_{vcx}^2 \\ &= 170,891,691,935.1 + 5,184,000,000.0 / 7.0 + 158,620.0 \times 764.7^2 \\ &\quad + 1,080,000.0 / 7.0 \times 786.1^2 = 3.597\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = T_c \times B_c^3 / 12 = 240.0 \times 4,500.0^3 / 12 = 1.823\text{E}+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-B_c/2 = 1,200.0 + 1,100.0 - 0.0 - 4,500.0 / 2 = 50.0 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum A_s / A_v = 50.0 \times 158,620.0 / 312,905.7 = 25.3 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 50.0 - 25.3 = 24.7 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v22} &= I_{22} + I_{cy} / n + \sum A_s \cdot d_{vsy}^2 + A_c / n \cdot d_{vcy}^2 \\ &= 148,945,549,433.3 + 1,822,500,000,000.0 / 7.0 + 158,620.0 \times 24.7^2 \\ &\quad + 1,080,000.0 / 7.0 \times 25.3^2 = 4.095\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

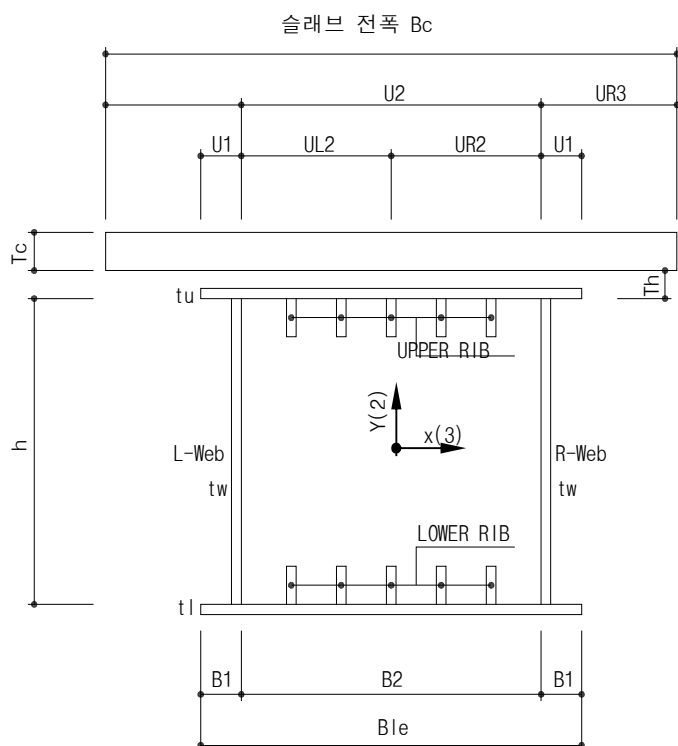
$$tcu = tu + T_c / n = 12.0 + 240.0 / 7.0 = 46.3 \text{ mm}$$

$$H = h + tcu/2 + tl/2 = 2,500.0 + 46.3 / 2 + 16.0 / 2 = 2,531.1 \text{ mm}$$

$$F = (Bu+Bl) / 2 \times H = (2,414.0 + 2,414.0) / 2 \times 2,531.1 = 6.110\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} K &= 4 \cdot F^2 / (\int ds/t) \\ &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tcu + Bl / tl \} \\ &= 4 \times 6,110,178.9^2 / \{ (2,531.1 + 2,531.1) / 14.0 + 2,414.0 / 46.3 \\ &\quad + 2,414.0 / 16.0 \} = 2.645\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

◎ FRAME SECTION NAME 10 < G1 >



$$Bc = 4,500.0 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

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

$$UR3 = 1,100.0 \text{ mm}$$

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

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

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

$$Tc = 240.0 \text{ mm}$$

$$Th = 50.0 \text{ mm}$$

$$h = 1,863.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구분	규격	AS(mm ²)	Y'(mm)	AS·Y'(mm ³)	AS·Y' ² (mm ⁴)	I _{xo} (mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	937.5	2.970E+07	2.784E+10	3.802E+05
UPPER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	856.5	8.993E+06	7.703E+09	1.969E+07
L - WEB	1 - 1,863.0 × 12.0	22,356.0	-	-	-	6.466E+09
R - WEB	1 - 1,863.0 × 12.0	22,356.0	-	-	-	6.466E+09
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-856.5	-8.993E+06	7.703E+09	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 14.0	36,960.0	-938.5	-3.469E+07	3.255E+10	6.037E+05
합계		134,352.0	-	-4.987E+06	7.580E+10	1.297E+10

Y(2)축 방향

구분	규격	AS(mm ²)	X'(mm)	AS·X'(mm ³)	AS·X' ² (mm ⁴)	I _{yo} (mm ⁴)
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 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
L - WEB	1 - 1,863.0 × 12.0	22,356.0	-1,206.0	-2.696E+07	3.252E+10	2.683E+05
R - WEB	1 - 1,863.0 × 12.0	22,356.0	1,206.0	2.696E+07	3.252E+10	2.683E+05
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 14.0	36,960.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	2.147E+10
합계		134,352.0	-	0.000E+00	7.175E+10	3.987E+10

① 합성후 단면

$$A_c = B_c \times T_c = 4,500.0 \times 240.0 = 1.080\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$A_v = \sum A_s + A_c / N = 134,352.0 + 1,080,000.0 / 7.0 = 2.886\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = B_c \times T_c^3 / 12 = 4,500.0 \times 240.0^3 / 12 = 5.184\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

$$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + T_c/2 = 1,863.0 / 2 - -37.1 + 50.0 + 240.0 / 2 = 1,138.6 \text{ mm}$$

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum A_s / A_v = 1,138.6 \times 134,352.0 / 288,637.7 = 530.0 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,138.6 - 530.0 = 608.6 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v33} &= I_{33} + I_{cx} / n + \sum A_s \cdot d_{vsx}^2 + A_c / n \cdot d_{vcx}^2 \\ &= 88,590,234,301.8 + 5,184,000,000.0 / 7.0 + 134,352.0 \times 608.6^2 \\ &\quad + 1,080,000.0 / 7.0 \times 530.0^2 = 1.824\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = T_c \times B_c^3 / 12 = 240.0 \times 4,500.0^3 / 12 = 1.823\text{E}+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-B_c/2 = 1,200.0 + 1,100.0 - 0.0 - 4,500.0 / 2 = 50.0 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum A_s / A_v = 50.0 \times 134,352.0 / 288,637.7 = 23.3 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 50.0 - 23.3 = 26.7 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v22} &= I_{22} + I_{cy} / n + \sum A_s \cdot d_{vsy}^2 + A_c / n \cdot d_{vcy}^2 \\ &= 111,617,733,976.0 + 1,822,500,000,000.0 / 7.0 + 134,352.0 \times 26.7^2 \\ &\quad + 1,080,000.0 / 7.0 \times 23.3^2 = 3.722\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

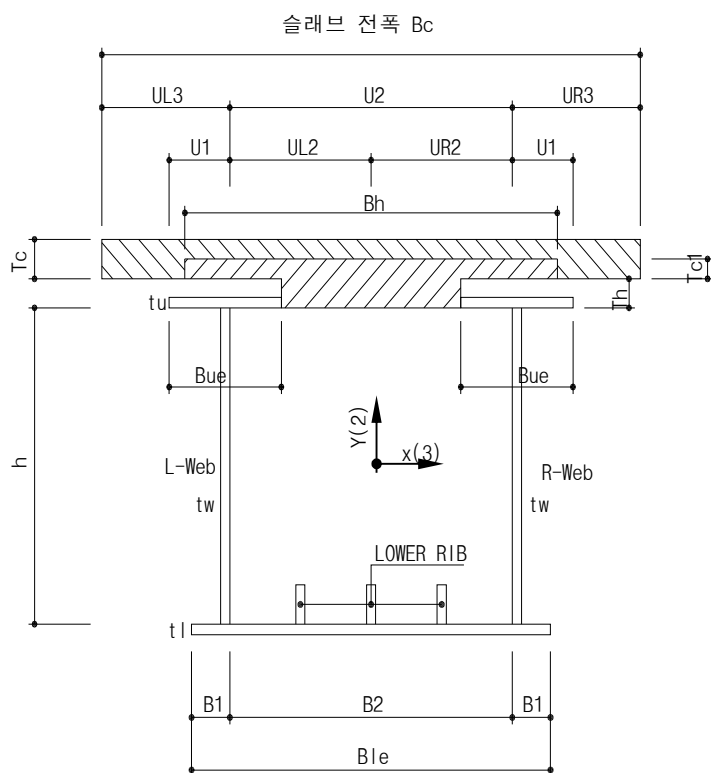
$$tcu = tu + T_c / n = 12.0 + 240.0 / 7.0 = 46.3 \text{ mm}$$

$$H = h + tcu/2 + tl/2 = 1,863.0 + 46.3 / 2 + 14.0 / 2 = 1,893.1 \text{ mm}$$

$$F = (Bu+Bl) / 2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 1,893.1 = 4.566\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t) \\ &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tcu + Bl / tl \} \\ &= 4 \times 4,566,260.6^2 / \{ (1,893.1 + 1,893.1) / 12.0 + 2,412.0 / 46.3 \\ &\quad + 2,412.0 / 14.0 \} = 1.545\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

◎ FRAME SECTION NAME 11 < G1 >



Bc =	4,500.0	mm
Bh =	2,500.0	mm
U1 =	120.0	mm
U2 =	2,400.0	mm
UL2 =	1,200.0	mm
UR2 =	1,200.0	mm
U3 =	400.0	mm
UL3 =	1,000.0	mm
UR3 =	1,100.0	mm
B1 =	120.0	mm
B2 =	2,400.0	mm
B3 =	2,640.0	mm
Tc =	240.0	mm
Tc1 =	90.0	mm
Th =	50.0	mm
h =	1,800.0	mm
n =	7.0	
n_h =	6.2	
Θ_L =	0.000	°
Θ_R =	0.000	°

X(3)축 방향

구분	규격	$A_s(\text{mm}^2)$	$\bar{Y}(\text{mm})$	$A_s \cdot \bar{Y}(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot \bar{Y}^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	2 - 400.0 × 12.0	9,600.0	906.0	8.698E+06	7.880E+09	1.152E+05
UPPER RIB	0 - 0.0 × 0.0	0.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
LOWER RIB	2 - 150.0 × 14.0	4,200.0	-825.0	-3.465E+06	2.859E+09	7.875E+06
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	-906.0	-2.870E+07	2.600E+10	3.802E+05
합계		88,680.0	-	-2.347E+07	3.674E+10	1.167E+10

Y(2)축 방향

구분	규격	$A_s(\text{mm}^2)$	$\bar{X}(\text{mm})$	$A_s \cdot \bar{X}(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot \bar{X}^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
L-UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-1,120.0	-5.376E+06	6.021E+09	6.400E+07
R-UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	1,120.0	5.376E+06	6.021E+09	6.400E+07
UPPER RIB	0 - 0.0 × 0.0	0.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-1,206.0	-2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	1,206.0	2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
LOWER RIB	2 - 150.0 × 14.0	4,200.0	0.0	0.000E+00	6.720E+08	6.860E+04
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	1.840E+10
합계		88,680.0	-	0.000E+00	7.555E+10	1.853E+10

① 합성후 단면 (Steel + Half-Deck + Slab)

$$Ach = (Bh \times Tc1) + \{U2 - (U3-U1) \times 2\} \times Th = 3.170E+05 \text{ mm}^2$$

$$Ac = Bc \times Tc - Bh \times Tc1 = 4,500.0 \times 240.0 - 2,500.0 \times 90.0 = 8.550E+05 \text{ mm}^2$$

$$Av = \sum As + Ac / n + Ach / n_h = 88,680.0 + 855,000.0 / 7.0 + 317,000.0 / 6.2 = 2.620E+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$\begin{aligned} I_{cx} &= Bc \times Tc^3 / 12 - Bh \times Tc1^3 / 12 + Bc \times Tc \times (Tc/2)^2 \\ &\quad - Bh \times Tc1 \times (Tc1/2)^2 - Ac \times (d_{vx}-h/2 + \delta_y - Th)^2 \\ &= 4,500.0 \times 240.0^3 / 12 - 2,500.0 \times 90.0^3 / 12 + 4,500.0 \times 240.0 \\ &\quad \times (240.0/2)^2 - 2,500.0 \times 90.0 \times (90.0/2)^2 - 855,000.0 \\ &\quad \times (1,354.4 - 1,800.0/2 + -264.7 - 50.0)^2 = 3.433E+09 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{cxh} &= (Bh \times Tc1^3 / 12) + \{U2 - (U3-U1) \times 2\} \times Th^3 / 12 \\ &\quad + (Bh \times Tc1) \times (Th+Tc1/2)^2 + \{U2 - (U3-U1) \times 2\} \times (Th/2)^2 \\ &\quad - Ach \times (d_{vxh} - h/2 + \delta_y)^2 = 4.910E+08 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_{vx} &= h/2 - \delta_y + [Bc \times Tc \times (Th+Tc/2) - Bh \times Tc1 \times (Th+Tc1/2)] / Ac \\ &= 1,800.0/2 - (-264.7) + [4,500.0 \times 240.0 \times (50.0 + 240.0/2) \\ &\quad - 2,500.0 \times 90.0 \times (50.0 + 90.0/2)] / 855,000.0 = 1,354.4 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_{vcx} &= [d_{vx} \cdot \sum As + (d_{vx} - d_{vxh}) \times Ach / n_h] / Av \\ &= [1,354.4 \times 88,680.0 + (1,354.4 - 1,239.3) \times 317,000.0 / 6.2] / 261,951.9 = 481.0 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,354.4 - 481.0 = 873.4 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v33} &= I_{33} + I_{cx}/n + I_{cxh}/n_h + \sum As \cdot d_{vsx}^2 + Ac/n \cdot d_{vcx}^2 + A_{ch}/n_h \cdot (d_{vxh} - d_{vsx})^2 \\ &= 42,203,823,398.2 + 3,433,440,789.5/7.0 + 491,010,120.9/6.2 + 88,680.0 \\ &\quad \times 873.4^2 + 855,000.0/7.0 \times 481.0^2 + 317,000.0/6.2 \times (1,239.3 - 873.4)^2 = 1.455E+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Y(2)축 방향

$$\begin{aligned} I_{cy} &= Tc \times Bc^3 / 12 - Tc1 \times Bh^3 / 12 + Tc \times Bc \times (UR2+UR3-Bc/2)^2 - Ac \times d_{vy}^2 \\ &= 240.0 \times 4,500.0^3 / 12 - 90.0 \times 2,500.0^3 / 12 + 240.0 \times 4,500.0 \times (1,200.0 \\ &\quad + 1,100.0 - 4,500.0/2)^2 - 855,000.0 \times 63.2^2 = 1.705E+12 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$I_{cyh} = (Tc1 \times Bh^3 / 12) + (Th+tu) \times \{U2 - (U3-U1) \times 2\}^3 / 12 = 1.431E+11 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned} d_{vy} &= Tc \times [(UR2 + UR3)^2 - (UL2 + UL3)^2] / 2 / Ac \\ &= 240.0 \times [(1,200.0 + 1,100.0)^2 - (1,200.0 + 1,000.0)^2] / 2 / 855,000.0 = 63.2 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum Avh / Av = 63.2 \times 139,809.0 / 261,951.9 = 33.7 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 63.2 - 33.7 = 29.4 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v22} &= I_{22} + I_{cy}/n + I_{cyh}/n_h + \sum As \cdot d_{vsy}^2 + Ac/n \cdot d_{vcy}^2 + A_{ch}/n_h \cdot d_{vsy}^2 \\ &= 94,074,206,200.0 + 1,704,601,973,684.2/7.0 + 143,143,766,666.7/6.2 + 88,680.0 \times 29.4^2 \\ &\quad + 855,000.0 / 7.0 \times 33.7^2 + 317,000.0 / 6.2 \times 29.4^2 = 3.609E+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

※ 합성 단면의 K값 산정시 Half-Deck Con'c 와 SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

Slab Con'c의 강도 = f_{ck} = 27.0 MPa

Slab의 전단 탄성계수 $= G_c = 2.780E+04 / (2 (1 + 0.167)) = 1.192E+04 \text{ MPa}$

Half-Deck+Slab의 환산두께

$$t_{cu} = (140.0 \times 14,100.9 / 79,000.0) + \{(240.0 - 90.0) \times (11,916.0 / 79,000.0)\} = 47.6 \text{ mm}$$

$$H = h + t_{cu}/2 + tl/2 = 1,800.0 + 47.6 / 2 + 12.0 / 2 = 1,829.8 \text{ mm}$$

$$F = (Bu + Bl) / 2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 1,829.8 = 4.413\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

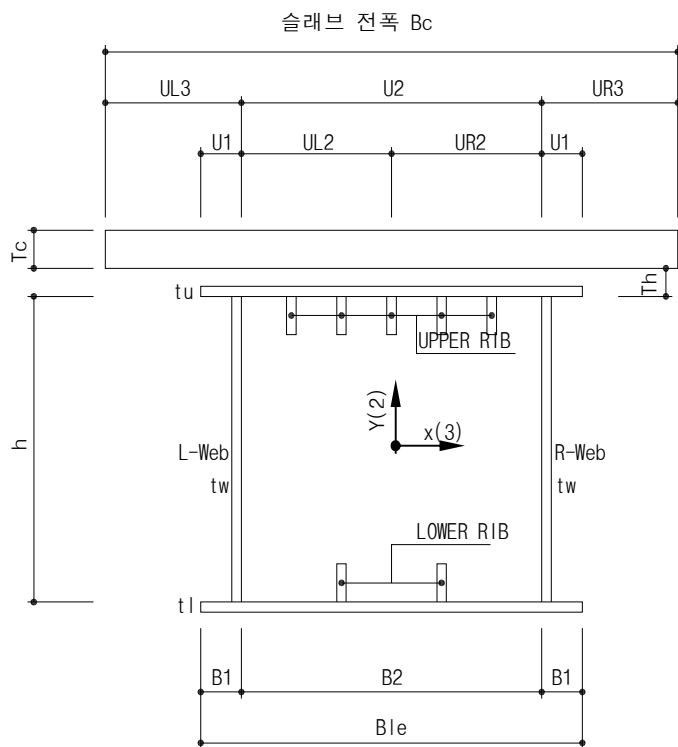
$$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$$

$$= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R)/tw + Bu/t_{cu} + Bl/tl \}$$

$$= 4 \times 4,413,494.7^2 / \{ (1,829.8 + 1,829.8) / 12.0 + 2,412.0 / 47.6$$

$$+ 2,412.0 / 12.0 \} = 1.400\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

© FRAME SECTION NAME 12 < G1 >


$$B_c = 4,500.0 \text{ mm}$$

U1 = 120.0 mm

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

UL2 = 1,200.0 mm

UR2 = 1,200.0 mm

U3 = 0.0 mm

UL3 = 1,000.0 mm

UR3 = 1,100.0 mm

B1 = 120.0 mm

B2 = 2,400.0 mm

B3 = 2.640.0 mm

$$T_c = 240.0 \text{ mm}$$

Th = 50.0 mm

$$h = 1,800.0 \text{ mm}$$

$n = 7.0$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구 분	규 격	$AS(mm^2)$	$Y(mm)$	$AS \cdot Y(mm^3)$	$AS \cdot Y^2(mm^4)$	$I_{xo}(mm^4)$
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	906.0	2.870E+07	2.600E+10	3.802E+05
UPPER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	825.0	8.663E+06	7.147E+09	1.969E+07
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
LOWER RIB	2 - 150.0 × 14.0	4,200.0	-825.0	-3.465E+06	2.859E+09	7.875E+06
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	-906.0	-2.870E+07	2.600E+10	3.802E+05
합 계		121,260.0	-	5.198E+06	6.201E+10	1.169E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	$AS(mm^2)$	$X(mm)$	$AS \cdot X(mm^3)$	$AS \cdot X^2(mm^4)$	$I_{yo}(mm^4)$
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 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-1,206.0	-2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	1,206.0	2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
LOWER RIB	2 - 150.0 × 14.0	4,200.0	0.0	0.000E+00	6.720E+08	6.860E+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		121,260.0	-	0.000E+00	6.686E+10	3.680E+10

① 합성후 단면

$$Ac = Bc \times Tc = 4,500.0 \times 240.0 = 1.080E+06 \text{ mm}^2$$

$$Av = \sum AS + Ac / N = 121,260.0 + 1,080,000.0 / 7.0 = 2.755E+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = Bc \times Tc^3 / 12 = 4,500.0 \times 240.0^3 / 12 = 5.184E+09 \text{ mm}^4$$

$$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + Tc/2 = 1,800.0 / 2 - 42.9 + 50.0 + 240.0 / 2 = 1,027.1 \text{ mm}$$

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum AS / Av = 1,027.1 \times 121,260.0 / 275,545.7 = 452.0 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,027.1 - 452.0 = 575.1 \text{ mm}$$

$$I_{v33} = I_{33} + I_{cx} / n + \sum AS \cdot d_{vsx}^2 + Ac / n \cdot d_{vcx}^2$$

$$= 73,482,901,725.6 + 5,184,000,000.0 / 7.0 + 121,260.0 \times 575.1^2 + 1,080,000.0 / 7.0 \times 452.0^2 = 1.459E+11 \text{ mm}^4$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = Tc \times Bc^3 / 12 = 240.0 \times 4,500.0^3 / 12 = 1.823E+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-Bc/2 = 1,200.0 + 1,100.0 - 0.0 - 4,500.0 / 2 = 50.0 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum AS / Av = 50.0 \times 121,260.0 / 275,545.7 = 22.0 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 50.0 - 22.0 = 28.0 \text{ mm}$$

$$I_{v22} = I_{22} + I_{cy} / n + \sum AS \cdot d_{vsy}^2 + Ac / n \cdot d_{vcy}^2$$

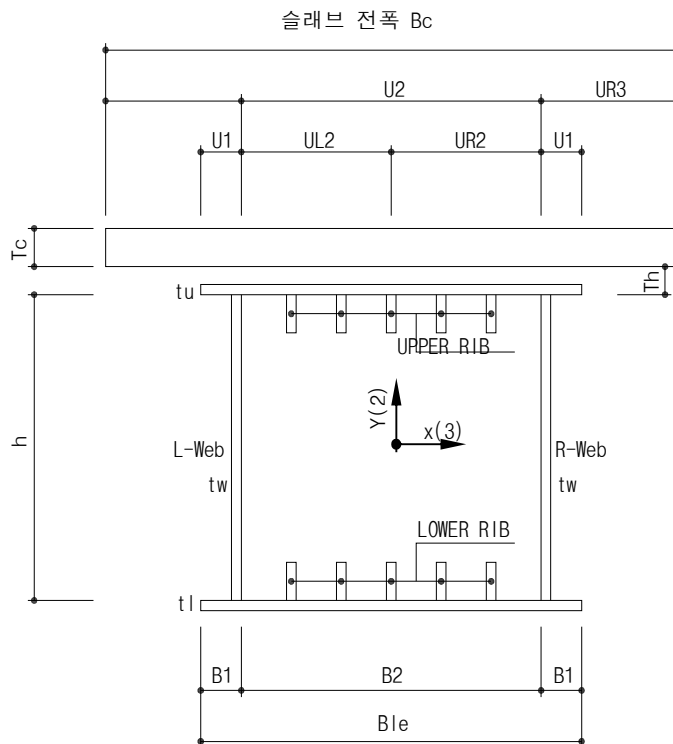
$$= 103,663,881,700.0 + 1,822,500,000,000.0 / 7.0 + 121,260.0 \times 28.0^2 + 1,080,000.0 / 7.0 \times 22.0^2 = 3.642E+11 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / n &= 12.0 + 240.0 / 7.0 &= 46.3 \text{ mm} \\
 H &= h + t_{cu}/2 + t_l/2 &= 1,800.0 + 46.3 / 2 + 12.0 / 2 &= 1,829.1 \text{ mm} \\
 F &= (B_u + B_l) / 2 \times H &= (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 1,829.1 &= 4.412 \times 10^6 \text{ mm}^2 \\
 K &= 4 \cdot F^2 / (f_d s / t) \\
 &= 4 F^2 / \{ (H / \cos \Theta_L + H / \cos \Theta_R) / t_w + B_u / t_{cu} + B_l / t_l \} \\
 &= 4 \times 4,411,892.6^2 / \{ (1,829.1 + 1,829.1) / 12.0 + 2,412.0 / 46.3 + 2,412.0 / 12.0 \} &= 1.395 \times 10^{11} \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

◎ FRAME SECTION NAME 13 < G1 >



$$B_c = 4,500.0 \text{ mm}$$

$$U_1 = 120.0 \text{ mm}$$

$$U_2 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$U_{L2} = 1,200.0 \text{ mm}$$

$$U_{R2} = 1,200.0 \text{ mm}$$

$$U_3 = 0.0 \text{ mm}$$

$$U_{L3} = 1,000.0 \text{ mm}$$

$$U_{R3} = 1,100.0 \text{ mm}$$

$$B_1 = 120.0 \text{ mm}$$

$$B_2 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$B_3 = 2,640.0 \text{ mm}$$

$$T_c = 240.0 \text{ mm}$$

$$T_h = 50.0 \text{ mm}$$

$$h = 1,800.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구분	규격	AS(mm ²)	Y(mm)	AS·Y(mm ³)	AS·Y ² (mm ⁴)	I _{xo} (mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	906.0	2.870E+07	2.600E+10	3.802E+05
UPPER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	825.0	8.663E+06	7.147E+09	1.969E+07
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-825.0	-8.663E+06	7.147E+09	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 16.0	42,240.0	-908.0	-3.835E+07	3.483E+10	9.011E+05
합계		138,120.0	-	-9.652E+06	7.512E+10	1.170E+10

Y(2)축 방향

구 분	구 격	$AS(mm^2)$	$X(mm)$	$AS \cdot X(mm^3)$	$AS \cdot X^2(mm^4)$	$I_{yo}(mm^4)$
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 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-1,206.0	-2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	1,206.0	2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 16.0	42,240.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	2.453E+10
합 계		138,120.0	-	0.000E+00	6.955E+10	4.293E+10

① 합성후 단면

$$Ac = Bc \times Tc = 4,500.0 \times 240.0 = 1.080E+06 \text{ mm}^2$$

$$Av = \sum AS + Ac / N = 138,120.0 + 1,080,000.0 / 7.0 = 2.924E+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = Bc \times Tc^3 / 12 = 4,500.0 \times 240.0^3 / 12 = 5.184E+09 \text{ mm}^4$$

$$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + Tc/2 = 1,800.0 / 2 - 69.9 + 50.0 + 240.0 / 2 = 1,139.9 \text{ mm}$$

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum AS / Av = 1,139.9 \times 138,120.0 / 292,405.7 = 538.4 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,139.9 - 538.4 = 601.4 \text{ mm}$$

$$I_{v33} = I_{33} + I_{cx} / n + \sum AS \cdot d_{vsx}^2 + Ac / n \cdot d_{vcx}^2$$

$$= 86,152,753,534.5 + 5,184,000,000.0 / 7.0 + 138,120.0 \times 601.4^2 + 1,080,000.0 / 7.0 \times 538.4^2 = 1.816E+11 \text{ mm}^4$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = Tc \times Bc^3 / 12 = 240.0 \times 4,500.0^3 / 12 = 1.823E+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-Bc/2 = 1,200.0 + 1,100.0 - 0.0 - 4,500.0 / 2 = 50.0 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum AS / Av = 50.0 \times 138,120.0 / 292,405.7 = 23.6 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 50.0 - 23.6 = 26.4 \text{ mm}$$

$$I_{v22} = I_{22} + I_{cy} / n + \sum AS \cdot d_{vsy}^2 + Ac / n \cdot d_{vcy}^2$$

$$= 112,485,232,600.0 + 1,822,500,000,000.0 / 7.0 + 138,120.0 \times 26.4^2 + 1,080,000.0 / 7.0 \times 23.6^2 = 3.730E+11 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

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

$$tcu = tu + Tc / n = 12.0 + 240.0 / 7.0 = 46.3 \text{ mm}$$

$$H = h + tcu/2 + tl/2 = 1,800.0 + 46.3 / 2 + 16.0 / 2 = 1,831.1 \text{ mm}$$

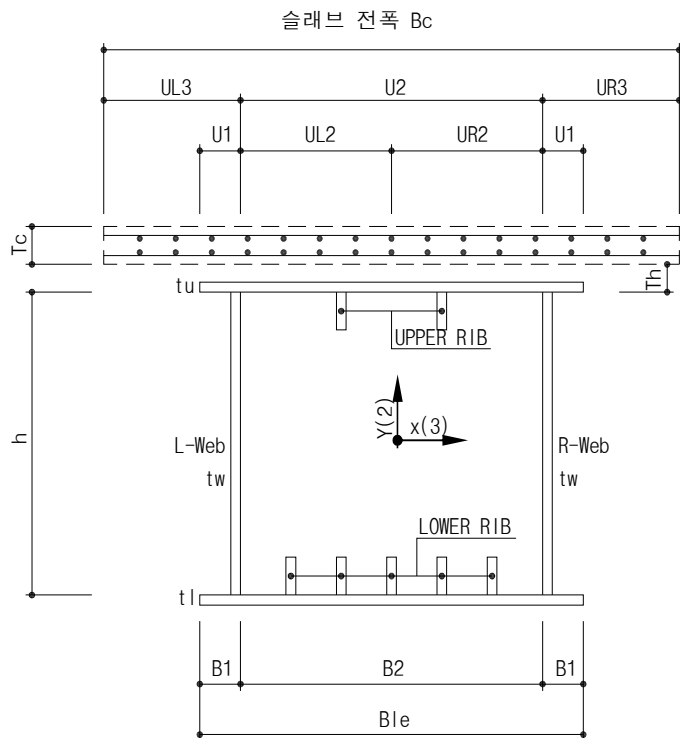
$$F = (Bu+Bl) / 2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 1,831.1 = 4.417E+06 \text{ mm}^2$$

$$K = 4 \cdot F^2 / (f ds / t)$$

$$= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tcu + Bl / tl \}$$

$$= 4 \times 4,416,716.6^2 / \{ (1,831.1 + 1,831.1) / 12.0 + 2,412.0 / 46.3 + 2,412.0 / 16.0 \} = 1.536E+11 \text{ mm}^4$$

© FRAME SECTION NAME 14 < G1 >



$$B_c = 4,500.0 \text{ mm}$$

$$U_1 = 120.0 \text{ mm}$$

$$U_2 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$UL_2 = 1,200.0 \text{ mm}$$

$$UR_2 = 1,200.0 \text{ mm}$$

$$U_3 = 0.0 \text{ mm}$$

$$UL_3 = 1,000.0 \text{ mm}$$

$$UR_3 = 1,100.0 \text{ mm}$$

$$B_1 = 120.0 \text{ mm}$$

$$B_2 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$B_3 = 2,640.0 \text{ mm}$$

$$T_c = 240.0 \text{ mm}$$

$$T_h = 50.0 \text{ mm}$$

$$h = 1,863.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구분	규격	$A_s(\text{mm}^2)$	$\bar{Y}(\text{mm})$	$A_s \cdot \bar{Y}(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot \bar{Y}^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	937.5	2.970E+07	2.784E+10	3.802E+05
UPPER RIB	2 - 150.0 × 14.0	4,200.0	856.5	3.597E+06	3.081E+09	7.875E+06
L - WEB	1 - 1,863.0 × 12.0	22,356.0	-	-	-	6.466E+09
R - WEB	1 - 1,863.0 × 12.0	22,356.0	-	-	-	6.466E+09
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-856.5	-8.993E+06	7.703E+09	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 16.0	42,240.0	-939.5	-3.968E+07	3.728E+10	9.011E+05
합계		133,332.0	-	-1.538E+07	7.591E+10	1.296E+10

Y(2)축 방향

구분	규격	$A_s(\text{mm}^2)$	$\bar{X}(\text{mm})$	$A_s \cdot \bar{X}(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot \bar{X}^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
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 - 150.0 × 14.0	4,200.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	6.860E+04
L - WEB	1 - 1,863.0 × 12.0	22,356.0	-1,206.0	-2.696E+07	3.252E+10	2.683E+05
R - WEB	1 - 1,863.0 × 12.0	22,356.0	1,206.0	2.696E+07	3.252E+10	2.683E+05
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 16.0	42,240.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	2.453E+10
합계		133,332.0	-	0.000E+00	7.175E+10	4.293E+10

① 합성후 단면

$$A_c = B_c \times T_c = 4,500.0 \times 240.0 = 1.080\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$A_v = \sum A_s + A_c / N = 133,332.0 + 1,080,000.0 / 7.0 = 2.876\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = B_c \times T_c^3 / 12 = 4,500.0 \times 240.0^3 / 12 = 5.184\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

$$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + T_c/2 = 1,863.0 / 2 - -115.4 + 50.0 + 240.0 / 2 = 1,216.9 \text{ mm}$$

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum A_s / A_v = 1,216.9 \times 133,332.0 / 287,617.7 = 564.1 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,216.9 - 564.1 = 652.8 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v33} &= I_{33} + I_{cx} / n + \sum A_s \cdot d_{vsx}^2 + A_c / n \cdot d_{vcx}^2 \\ &= 87,097,854,164.6 + 5,184,000,000.0 / 7.0 + 133,332.0 \times 652.8^2 \\ &\quad + 1,080,000.0 / 7.0 \times 564.1^2 = 1.937\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = T_c \times B_c^3 / 12 = 240.0 \times 4,500.0^3 / 12 = 1.823\text{E}+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-B_c/2 = 1,200.0 + 1,100.0 - 0.0 - 4,500.0 / 2 = 50.0 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum A_s / A_v = 50.0 \times 133,332.0 / 287,617.7 = 23.2 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 50.0 - 23.2 = 26.8 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v22} &= I_{22} + I_{cy} / n + \sum A_s \cdot d_{vsy}^2 + A_c / n \cdot d_{vcy}^2 \\ &= 114,684,255,076.0 + 1,822,500,000,000.0 / 7.0 + 133,332.0 \times 26.8^2 \\ &\quad + 1,080,000.0 / 7.0 \times 23.2^2 = 3.752\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

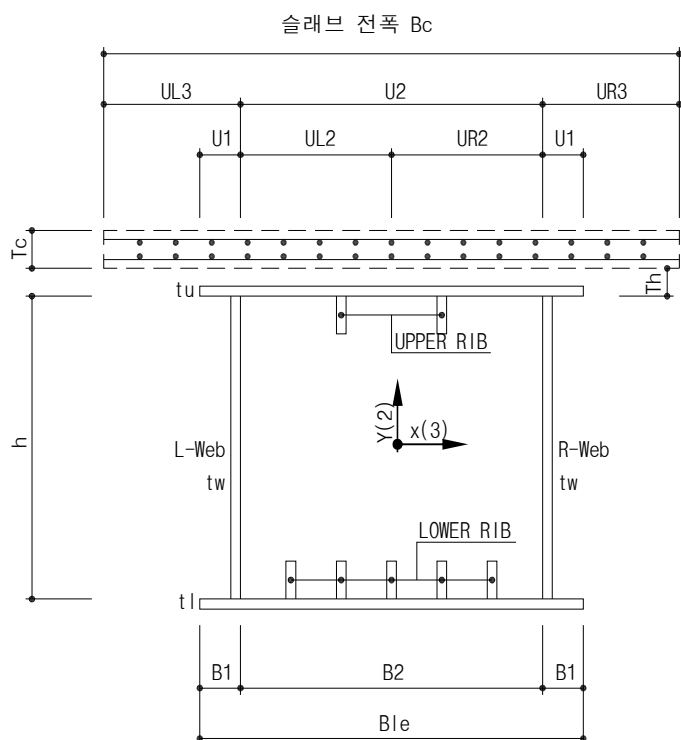
$$tcu = tu + T_c / n = 12.0 + 240.0 / 7.0 = 46.3 \text{ mm}$$

$$H = h + tcu/2 + tl/2 = 1,863.0 + 46.3 / 2 + 16.0 / 2 = 1,894.1 \text{ mm}$$

$$F = (Bu+Bl) / 2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 1,894.1 = 4.569\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t) \\ &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tcu + Bl / tl \} \\ &= 4 \times 4,568,672.6^2 / \{ (1,894.1 + 1,894.1) / 12.0 + 2,412.0 / 46.3 \\ &\quad + 2,412.0 / 16.0 \} = 1.610\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

© FRAME SECTION NAME 15 < G1 >



$$Bc = 4,500.0 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

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

$$UR3 = 1,100.0 \text{ mm}$$

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

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

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

$$Tc = 240.0 \text{ mm}$$

$$Th = 50.0 \text{ mm}$$

$$h = 2,142.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구분	규격	AS(mm ²)	Y'(mm)	AS·Y'(mm ³)	AS·Y' ² (mm ⁴)	I _{xo} (mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 14.0	36,960.0	1,078.0	3.984E+07	4.295E+10	6.037E+05
UPPER RIB	2 - 150.0 × 14.0	4,200.0	996.0	4.183E+06	4.166E+09	7.875E+06
L - WEB	1 - 2,142.0 × 12.0	25,704.0	-	-	-	9.828E+09
R - WEB	1 - 2,142.0 × 12.0	25,704.0	-	-	-	9.828E+09
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-996.0	-1.046E+07	1.042E+10	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 18.0	47,520.0	-1,080.0	-5.132E+07	5.543E+10	1.283E+06
합계		150,588.0	-	-1.775E+07	1.130E+11	1.969E+10

Y(2)축 방향

구분	규격	AS(mm ²)	X'(mm)	AS·X'(mm ³)	AS·X' ² (mm ⁴)	I _{yo} (mm ⁴)
L-UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 14.0	36,960.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	2.147E+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 - 150.0 × 14.0	4,200.0	0.0	0.000E+00	6.720E+08	6.860E+04
L - WEB	1 - 2,142.0 × 12.0	25,704.0	-1,206.0	-3.100E+07	3.738E+10	3.084E+05
R - WEB	1 - 2,142.0 × 12.0	25,704.0	1,206.0	3.100E+07	3.738E+10	3.084E+05
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 18.0	47,520.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	2.760E+10
합계		150,588.0	-	0.000E+00	7.880E+10	4.907E+10

① 합성후 단면

$$A_c = B_c \times T_c = 4,500.0 \times 240.0 = 1.080\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$A_v = \sum A_s + A_c / N = 150,588.0 + 1,080,000.0 / 7.0 = 3.049\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = B_c \times T_c^3 / 12 = 4,500.0 \times 240.0^3 / 12 = 5.184\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

$$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + T_c/2 = 2,142.0 / 2 - -117.9 + 50.0 + 240.0 / 2 = 1,358.9 \text{ mm}$$

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum A_s / A_v = 1,358.9 \times 150,588.0 / 304,873.7 = 671.2 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,358.9 - 671.2 = 687.7 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v33} &= I_{33} + I_{cx} / n + \sum A_s \cdot d_{vsx}^2 + A_c / n \cdot d_{vcx}^2 \\ &= 130,552,686,556.8 + 5,184,000,000.0 / 7.0 + 150,588.0 \times 687.7^2 \\ &\quad + 1,080,000.0 / 7.0 \times 671.2^2 = 2.720\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = T_c \times B_c^3 / 12 = 240.0 \times 4,500.0^3 / 12 = 1.823\text{E}+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-B_c/2 = 1,200.0 + 1,100.0 - 0.0 - 4,500.0 / 2 = 50.0 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum A_s / A_v = 50.0 \times 150,588.0 / 304,873.7 = 24.7 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 50.0 - 24.7 = 25.3 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v22} &= I_{22} + I_{cy} / n + \sum A_s \cdot d_{vsy}^2 + A_c / n \cdot d_{vcy}^2 \\ &= 127,868,486,884.0 + 1,822,500,000,000.0 / 7.0 + 150,588.0 \times 25.3^2 \\ &\quad + 1,080,000.0 / 7.0 \times 24.7^2 = 3.884\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

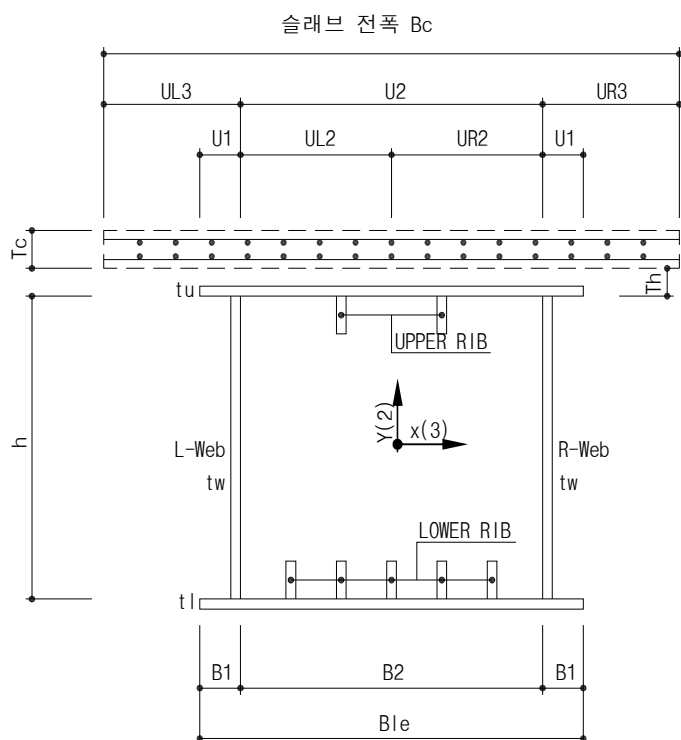
$$tcu = tu + T_c / n = 14.0 + 240.0 / 7.0 = 48.3 \text{ mm}$$

$$H = h + tcu/2 + tl/2 = 2,142.0 + 48.3 / 2 + 18.0 / 2 = 2,175.1 \text{ mm}$$

$$F = (Bu+Bl) / 2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 2,175.1 = 5.246\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} K &= 4 \cdot F^2 / (\int ds/t) \\ &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tcu + Bl / tl \} \\ &= 4 \times 5,246,444.6^2 / \{ (2,175.1 + 2,175.1) / 12.0 + 2,412.0 / 48.3 \\ &\quad + 2,412.0 / 18.0 \} = 2.015\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

◎ FRAME SECTION NAME 16 < G1 >



$$Bc = 4,500.0 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

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

$$UR3 = 1,100.0 \text{ mm}$$

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

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

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

$$Tc = 240.0 \text{ mm}$$

$$Th = 50.0 \text{ mm}$$

$$h = 2,500.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구분	규격	AS(mm ²)	Y'(mm)	AS·Y'(mm ³)	AS·Y' ² (mm ⁴)	I _{xo} (mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 14.0	36,960.0	1,257.0	4.646E+07	5.840E+10	6.037E+05
UPPER RIB	2 - 150.0 × 14.0	4,200.0	1,175.0	4.935E+06	5.799E+09	7.875E+06
L - WEB	1 - 2,500.0 × 14.0	35,000.0	-	-	-	1.823E+10
R - WEB	1 - 2,500.0 × 14.0	35,000.0	-	-	-	1.823E+10
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-1,175.0	-1.234E+07	1.450E+10	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 18.0	47,520.0	-1,259.0	-5.983E+07	7.532E+10	1.283E+06
합계		169,180.0	-	-2.077E+07	1.540E+11	3.649E+10

Y(2)축 방향

구분	규격	AS(mm ²)	X'(mm)	AS·X'(mm ³)	AS·X' ² (mm ⁴)	I _{yo} (mm ⁴)
L-UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 14.0	36,960.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	2.147E+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 - 150.0 × 14.0	4,200.0	0.0	0.000E+00	6.720E+08	6.860E+04
L - WEB	1 - 2,500.0 × 14.0	35,000.0	-1,207.0	-4.225E+07	5.099E+10	5.717E+05
R - WEB	1 - 2,500.0 × 14.0	35,000.0	1,207.0	4.225E+07	5.099E+10	5.717E+05
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 18.0	47,520.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	2.760E+10
합계		169,180.0	-	0.000E+00	1.060E+11	4.907E+10

① 합성후 단면

$$A_c = B_c \times T_c = 4,500.0 \times 240.0 = 1.080\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$A_v = \sum A_s + A_c / N = 169,180.0 + 1,080,000.0 / 7.0 = 3.235\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = B_c \times T_c^3 / 12 = 4,500.0 \times 240.0^3 / 12 = 5.184\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

$$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + T_c/2 = 2,500.0 / 2 - (-122.8 + 50.0 + 240.0 / 2) = 1,542.8 \text{ mm}$$

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum A_s / A_v = 1,542.8 \times 169,180.0 / 323,465.7 = 806.9 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,542.8 - 806.9 = 735.9 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v33} &= I_{33} + I_{cx} / n + \sum A_s \cdot d_{vsx}^2 + A_c / n \cdot d_{vcx}^2 \\ &= 187,954,366,881.2 + 5,184,000,000.0 / 7.0 + 169,180.0 \times 735.9^2 \\ &\quad + 1,080,000.0 / 7.0 \times 806.9^2 = 3.808\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = T_c \times B_c^3 / 12 = 240.0 \times 4,500.0^3 / 12 = 1.823\text{E}+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-B_c/2 = 1,200.0 + 1,100.0 - 0.0 - 4,500.0 / 2 = 50.0 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum A_s / A_v = 50.0 \times 169,180.0 / 323,465.7 = 26.2 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 50.0 - 26.2 = 23.8 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v22} &= I_{22} + I_{cy} / n + \sum A_s \cdot d_{vsy}^2 + A_c / n \cdot d_{vcy}^2 \\ &= 155,078,797,433.3 + 1,822,500,000,000.0 / 7.0 + 169,180.0 \times 23.8^2 \\ &\quad + 1,080,000.0 / 7.0 \times 26.2^2 = 4.156\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

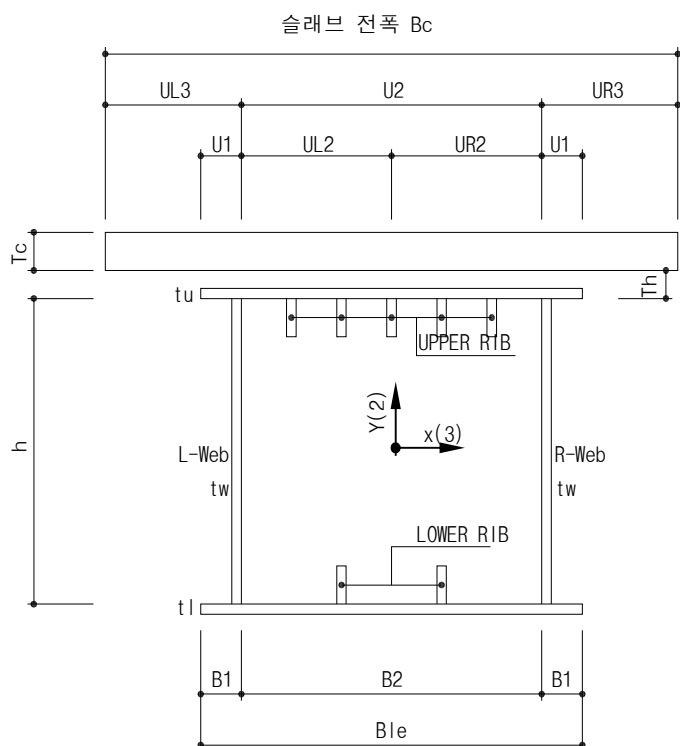
$$tcu = tu + T_c / n = 14.0 + 240.0 / 7.0 = 48.3 \text{ mm}$$

$$H = h + tcu/2 + tl/2 = 2,500.0 + 48.3 / 2 + 18.0 / 2 = 2,533.1 \text{ mm}$$

$$F = (Bu+Bl) / 2 \times H = (2,414.0 + 2,414.0) / 2 \times 2,533.1 = 6.115\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t) \\ &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tcu + Bl / tl \} \\ &= 4 \times 6,115,006.9^2 / \{ (2,533.1 + 2,533.1) / 14.0 + 2,414.0 / 48.3 \\ &\quad + 2,414.0 / 18.0 \} = 2.740\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

© FRAME SECTION NAME 17 < G2 >



$$B_c = 4,670.0 \text{ mm}$$

$$U_1 = 120.0 \text{ mm}$$

$$U_2 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$UL_2 = 1,200.0 \text{ mm}$$

$$UR_2 = 1,200.0 \text{ mm}$$

$$U_3 = 0.0 \text{ mm}$$

$$UL_3 = 1,100.0 \text{ mm}$$

$$UR_3 = 1,170.0 \text{ mm}$$

$$B_1 = 120.0 \text{ mm}$$

$$B_2 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$B_3 = 2,640.0 \text{ mm}$$

$$T_c = 440.0 \text{ mm}$$

$$T_h = 50.0 \text{ mm}$$

$$h = 1,600.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구분	규격	$A_s(\text{mm}^2)$	$\bar{Y}(\text{mm})$	$A_s \cdot \bar{Y}(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot \bar{Y}^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	806.0	2.553E+07	2.058E+10	3.802E+05
UPPER RIB	5 - 150.0 × 12.0	9,000.0	725.0	6.525E+06	4.731E+09	1.688E+07
L - WEB	1 - 1,600.0 × 12.0	19,200.0	-	-	-	4.096E+09
R - WEB	1 - 1,600.0 × 12.0	19,200.0	-	-	-	4.096E+09
LOWER RIB	2 - 150.0 × 12.0	3,600.0	-725.0	-2.610E+06	1.892E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	-806.0	-2.553E+07	2.058E+10	3.802E+05
합계		114,360.0	-	3.915E+06	4.778E+10	8.216E+09

Y(2)축 방향

구분	규격	$A_s(\text{mm}^2)$	$\bar{X}(\text{mm})$	$A_s \cdot \bar{X}(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot \bar{X}^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
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 - 150.0 × 12.0	9,000.0	0.0	0.000E+00	2.880E+09	1.080E+05
L - WEB	1 - 1,600.0 × 12.0	19,200.0	-1,206.0	-2.316E+07	2.793E+10	2.304E+05
R - WEB	1 - 1,600.0 × 12.0	19,200.0	1,206.0	2.316E+07	2.793E+10	2.304E+05
LOWER RIB	2 - 150.0 × 12.0	3,600.0	0.0	0.000E+00	5.760E+08	4.320E+04
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	1.840E+10
합계		114,360.0	-	0.000E+00	5.931E+10	3.680E+10

① 합성후 단면

$$A_c = B_c \times T_c = 4,670.0 \times 440.0 = 2.055\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$A_v = \sum A_s + A_c / N = 114,360.0 + 2,054,800.0 / 7.0 = 4.079\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = B_c \times T_c^3 / 12 = 4,670.0 \times 440.0^3 / 12 = 3.315\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

$$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + T_c/2 = 1,600.0 / 2 - 34.2 + 50.0 + 440.0 / 2 = 1,035.8 \text{ mm}$$

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum A_s / A_v = 1,035.8 \times 114,360.0 / 407,902.9 = 290.4 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,035.8 - 290.4 = 745.4 \text{ mm}$$

$$I_{v33} = I_{33} + I_{cx} / n + \sum A_s \cdot d_{vsx}^2 + A_c / n \cdot d_{vcx}^2$$

$$= 55,866,171,178.2 + 33,150,773,333.3 / 7.0 + 114,360.0 \times 745.4^2 + 2,054,800.0 / 7.0 \times 290.4^2 = 1.489\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = T_c \times B_c^3 / 12 = 440.0 \times 4,670.0^3 / 12 = 3.734\text{E}+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-B_c/2 = 1,200.0 + 1,170.0 - 0.0 - 4,670.0 / 2 = 35.0 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum A_s / A_v = 35.0 \times 114,360.0 / 407,902.9 = 9.8 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 35.0 - 9.8 = 25.2 \text{ mm}$$

$$I_{v22} = I_{22} + I_{cy} / n + \sum A_s \cdot d_{vsy}^2 + A_c / n \cdot d_{vcy}^2$$

$$= 96,106,442,400.0 + 3,734,410,643,333.3 / 7.0 + 114,360.0 \times 25.2^2 + 2,054,800.0 / 7.0 \times 9.8^2 = 6.297\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

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

$$tcu = tu + T_c / n = 12.0 + 440.0 / 7.0 = 74.9 \text{ mm}$$

$$H = h + tcu/2 + tl/2 = 1,600.0 + 74.9 / 2 + 12.0 / 2 = 1,643.4 \text{ mm}$$

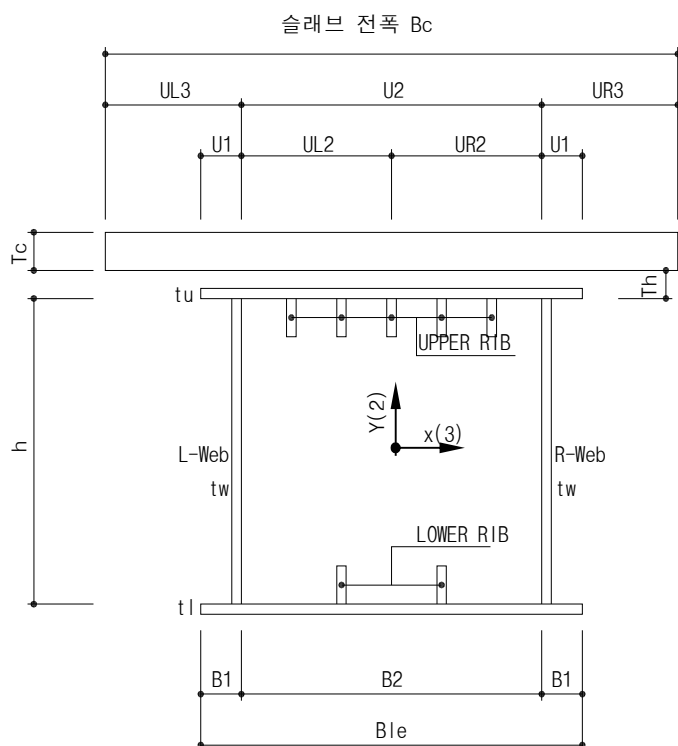
$$F = (Bu+Bl) / 2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 1,643.4 = 3.964\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$K = 4 \cdot F^2 / (\int ds/t)$$

$$= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tcu + Bl / tl \}$$

$$= 4 \times 3,963,949.7^2 / \{ (1,643.4 + 1,643.4) / 12.0 + 2,412.0 / 74.9 + 2,412.0 / 12.0 \} = 1.239\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

© FRAME SECTION NAME 18 < G2 >



$$Bc = 4,670.0 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

$$UL3 = 1,100.0 \text{ mm}$$

$$UR3 = 1,170.0 \text{ mm}$$

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

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

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

$$Tc = 240.0 \text{ mm}$$

$$Th = 50.0 \text{ mm}$$

$$h = 1,800.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구분	규격	$As(\text{mm}^2)$	$\bar{Y}(\text{mm})$	$As \cdot \bar{Y}(\text{mm}^3)$	$As \cdot \bar{Y}^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	906.0	2.870E+07	2.600E+10	3.802E+05
UPPER RIB	5 - 150.0 × 12.0	9,000.0	825.0	7.425E+06	6.126E+09	1.688E+07
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
LOWER RIB	2 - 150.0 × 12.0	3,600.0	-825.0	-2.970E+06	2.450E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	-906.0	-2.870E+07	2.600E+10	3.802E+05
합계		119,160.0	-	4.455E+06	6.058E+10	1.169E+10

Y(2)축 방향

구분	규격	$As(\text{mm}^2)$	$\bar{X}(\text{mm})$	$As \cdot \bar{X}(\text{mm}^3)$	$As \cdot \bar{X}^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
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 - 150.0 × 12.0	9,000.0	0.0	0.000E+00	2.880E+09	1.080E+05
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-1,206.0	-2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	1,206.0	2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
LOWER RIB	2 - 150.0 × 12.0	3,600.0	0.0	0.000E+00	5.760E+08	4.320E+04
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	1.840E+10
합계		119,160.0	-	0.000E+00	6.629E+10	3.680E+10

① 합성후 단면

$$A_c = B_c \times T_c = 4,670.0 \times 240.0 = 1.121\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$A_v = \sum A_s + A_c / N = 119,160.0 + 1,120,800.0 / 7.0 = 2.793\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = B_c \times T_c^3 / 12 = 4,670.0 \times 240.0^3 / 12 = 5.380\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

$$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + T_c/2 = 1,800.0 / 2 - 37.4 + 50.0 + 240.0 / 2 = 1,032.6 \text{ mm}$$

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum A_s / A_v = 1,032.6 \times 119,160.0 / 279,274.3 = 440.6 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,032.6 - 440.6 = 592.0 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v33} &= I_{33} + I_{cx} / n + \sum A_s \cdot d_{vsx}^2 + A_c / n \cdot d_{vcx}^2 \\ &= 72,105,871,500.5 + 5,379,840,000.0 / 7.0 + 119,160.0 \times 592.0^2 \\ &\quad + 1,120,800.0 / 7.0 \times 440.6^2 = 1.457\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = T_c \times B_c^3 / 12 = 240.0 \times 4,670.0^3 / 12 = 2.037\text{E}+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-B_c/2 = 1,200.0 + 1,170.0 - 0.0 - 4,670.0 / 2 = 35.0 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum A_s / A_v = 35.0 \times 119,160.0 / 279,274.3 = 14.9 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 35.0 - 14.9 = 20.1 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v22} &= I_{22} + I_{cy} / n + \sum A_s \cdot d_{vsy}^2 + A_c / n \cdot d_{vcy}^2 \\ &= 103,087,792,800.0 + 2,036,951,260,000.0 / 7.0 + 119,160.0 \times 20.1^2 \\ &\quad + 1,120,800.0 / 7.0 \times 14.9^2 = 3.942\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

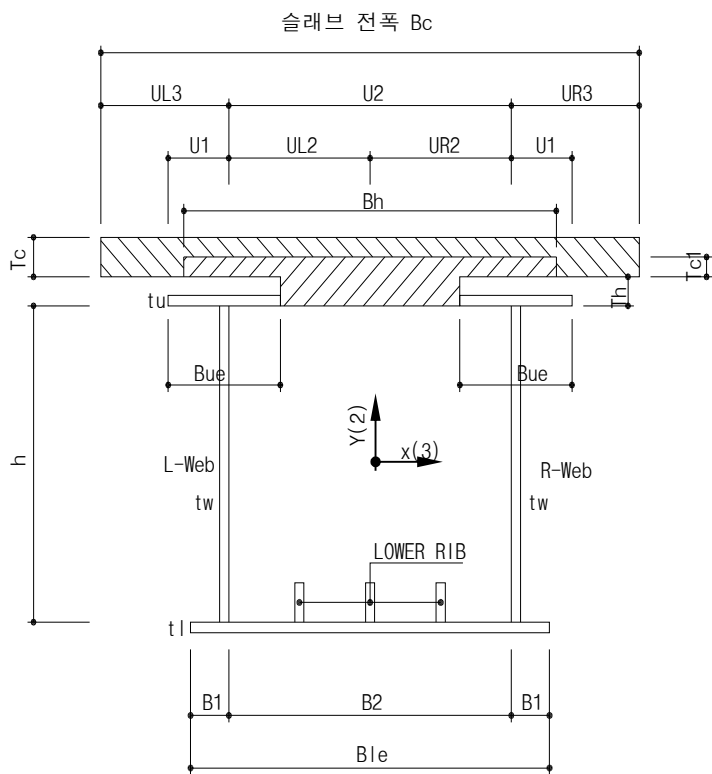
$$tcu = tu + T_c / n = 12.0 + 240.0 / 7.0 = 46.3 \text{ mm}$$

$$H = h + tcu/2 + tl/2 = 1,800.0 + 46.3 / 2 + 12.0 / 2 = 1,829.1 \text{ mm}$$

$$F = (Bu+Bl) / 2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 1,829.1 = 4.412\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t) \\ &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tcu + Bl / tl \} \\ &= 4 \times 4,411,892.6^2 / \{ (1,829.1 + 1,829.1) / 12.0 + 2,412.0 / 46.3 \\ &\quad + 2,412.0 / 12.0 \} = 1.395\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

© FRAME SECTION NAME 19 < G2 >



Bc =	4,670.0	mm
Bh =	2,500.0	mm
U1 =	120.0	mm
U2 =	2,400.0	mm
UL2 =	1,200.0	mm
UR2 =	1,200.0	mm
U3 =	400.0	mm
UL3 =	1,100.0	mm
UR3 =	1,170.0	mm
B1 =	120.0	mm
B2 =	2,400.0	mm
B3 =	2,640.0	mm
Tc =	240.0	mm
Tc1 =	90.0	mm
Th =	50.0	mm
h =	1,800.0	mm
n =	7.0	
n_h =	6.2	
Θ_L =	0.000	°
Θ_R =	0.000	°

X(3)축 방향

구 분	규 격	$AS(mm^2)$	$Y(mm)$	$AS \cdot Y(mm^3)$	$AS \cdot Y^2(mm^4)$	$I_{xo}(mm^4)$
UPPER FL.	2 - 400.0 × 12.0	9,600.0	906.0	8.698E+06	7.880E+09	1.152E+05
UPPER RIB	0 - 0.0 × 0.0	0.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
LOWER RIB	2 - 150.0 × 12.0	3,600.0	-825.0	-2.970E+06	2.450E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	-906.0	-2.870E+07	2.600E+10	3.802E+05
합 계		88,080.0	-	-2.297E+07	3.633E+10	1.167E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격			$As(mm^2)$	$X(mm)$	$As \cdot X(mm^3)$	$As \cdot X^2(mm^4)$	$I_{yo}(mm^4)$
L-UPPER FL.	1	-	400.0 × 12.0	4,800.0	-1,120.0	-5.376E+06	6.021E+09	6.400E+07
R-UPPER FL.	1	-	400.0 × 12.0	4,800.0	1,120.0	5.376E+06	6.021E+09	6.400E+07
UPPER RIB	0	-	0.0 × 0.0	0.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
L - WEB	1	-	1,800.0 × 12.0	21,600.0	-1,206.0	-2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
R - WEB	1	-	1,800.0 × 12.0	21,600.0	1,206.0	2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
LOWER RIB	2	-	150.0 × 12.0	3,600.0	0.0	0.000E+00	5.760E+08	4.320E+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				88,080.0	-	0.000E+00	7.545E+10	1.853E+10

① 합성후 단면 (Steel + Half-Deck + Slab)

$$Ach = (Bh \times Tc1) + \{U2 - (U3-U1) \times 2\} \times Th = 3.170E+05 \text{ mm}^2$$

$$Ac = Bc \times Tc - Bh \times Tc1 = 4,670.0 \times 240.0 - 2,500.0 \times 90.0 = 8.958E+05 \text{ mm}^2$$

$$Av = \sum As + Ac / n + Ach / n_h = 88,080.0 + 895,800.0 / 7.0 + 317,000.0 / 6.2 = 2.672E+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$\begin{aligned} I_{cx} &= Bc \times Tc^3 / 12 - Bh \times Tc1^3 / 12 + Bc \times Tc \times (Tc/2)^2 \\ &\quad - Bh \times Tc1 \times (Tc1/2)^2 - Ac \times (d_{vx}-h/2 + \delta_y - Th)^2 \\ &= 4,670.0 \times 240.0^3 / 12 - 2,500.0 \times 90.0^3 / 12 + 4,670.0 \times 240.0 \\ &\quad \times (240.0/2)^2 - 2,500.0 \times 90.0 \times (90.0/2)^2 - 895,800.0 \\ &\quad \times (1,349.7 - 1,800.0/2 + -260.8 - 50.0)^2 = 3.644E+09 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{cxh} &= (Bh \times Tc1^3 / 12) + \{U2 - (U3-U1) \times 2\} \times Th^3 / 12 \\ &\quad + (Bh \times Tc1) \times (Th+Tc1/2)^2 + \{U2 - (U3-U1) \times 2\} \times (Th/2)^2 \\ &\quad - Ach \times (d_{vxh} - h/2 + \delta_y)^2 = 4.910E+08 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_{vx} &= h/2 - \delta_y + [Bc \times Tc \times (Th+Tc/2) - Bh \times Tc1 \times (Th+Tc1/2)] / Ac \\ &= 1,800.0/2 - (-260.8) + [4,670.0 \times 240.0 \times (50.0 + 240.0/2) \\ &\quad - 2,500.0 \times 90.0 \times (50.0 + 90.0/2)] / 895,800.0 = 1,349.7 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_{vcx} &= [d_{vx} \cdot \sum As + (d_{vx} - d_{vxh}) \times Ach / n_h] / Av \\ &= [1,349.7 \times 88,080.0 + (1,349.7 - 1,235.5) \times 317,000.0 / 6.2] / 267,180.5 = 466.8 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,349.7 - 466.8 = 882.9 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v33} &= I_{33} + I_{cx}/n + I_{cxh}/n_h + \sum As \cdot d_{vsx}^2 + Ac/n \cdot d_{vcx}^2 + A_{ch}/n_h \cdot (d_{vxh} - d_{vsx})^2 \\ &= 42,013,022,205.8 + 3,644,450,264.6/7.0 + 491,010,120.9/6.2 + 88,080.0 \\ &\quad \times 882.9^2 + 895,800.0/7.0 \times 466.8^2 + 317,000.0/6.2 \times (1,235.5 - 882.9)^2 = 1.455E+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Y(2)축 방향

$$\begin{aligned} I_{cy} &= Tc \times Bc^3 / 12 - Tc1 \times Bh^3 / 12 + Tc \times Bc \times (UR2+UR3-Bc/2)^2 - Ac \times d_{vy}^2 \\ &= 240.0 \times 4,670.0^3 / 12 - 90.0 \times 2,500.0^3 / 12 + 240.0 \times 4,670.0 \times (1,200.0 \\ &\quad + 1,170.0 - 4,670.0/2)^2 - 895,800.0 \times 43.8^2 = 1.919E+12 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$I_{cyh} = (Tc1 \times Bh^3 / 12) + (Th+tu) \times \{U2 - (U3-U1) \times 2\}^3 / 12 = 1.431E+11 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned} d_{vy} &= Tc \times [(UR2 + UR3)^2 - (UL2 + UL3)^2] / 2 / Ac \\ &= 240.0 \times [(1,200.0 + 1,170.0)^2 - (1,200.0 + 1,100.0)^2] / 2 / 895,800.0 = 43.8 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum Avh / Av = 43.8 \times 139,209.0 / 267,180.5 = 22.8 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 43.8 - 22.8 = 21.0 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v22} &= I_{22} + I_{cy}/n + I_{cyh}/n_h + \sum As \cdot d_{vsy}^2 + Ac/n \cdot d_{vcy}^2 + A_{ch}/n_h \cdot d_{vsy}^2 \\ &= 93,978,180,800.0 + 1,919,418,905,679.8/7.0 + 143,143,766,666.7/6.2 + 88,080.0 \times 21.0^2 \\ &\quad + 895,800.0 / 7.0 \times 22.8^2 + 317,000.0 / 6.2 \times 21.0^2 = 3.914E+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

※ 합성 단면의 K값 산정시 Half-Deck Con'c 와 SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\text{Slab Con'c의 강도} = f_{ck} = 27.0 \text{ MPa}$$

$$\text{Slab의 전단 탄성계수} = G_c = 2.780\text{E}+04 / (2 (1 + 0.167)) = 1.192\text{E}+04 \text{ MPa}$$

Half-Deck+Slab의 환산두께

$$t_{cu} = (140.0 \times 14,100.9 / 79,000.0) + \{ (240.0 - 90.0) \times (11,916.0 / 79,000.0) \} = 47.6 \text{ mm}$$

$$H = h + t_{cu} / 2 + tl / 2 = 1,800.0 + 47.6 / 2 + 12.0 / 2 = 1,829.8 \text{ mm}$$

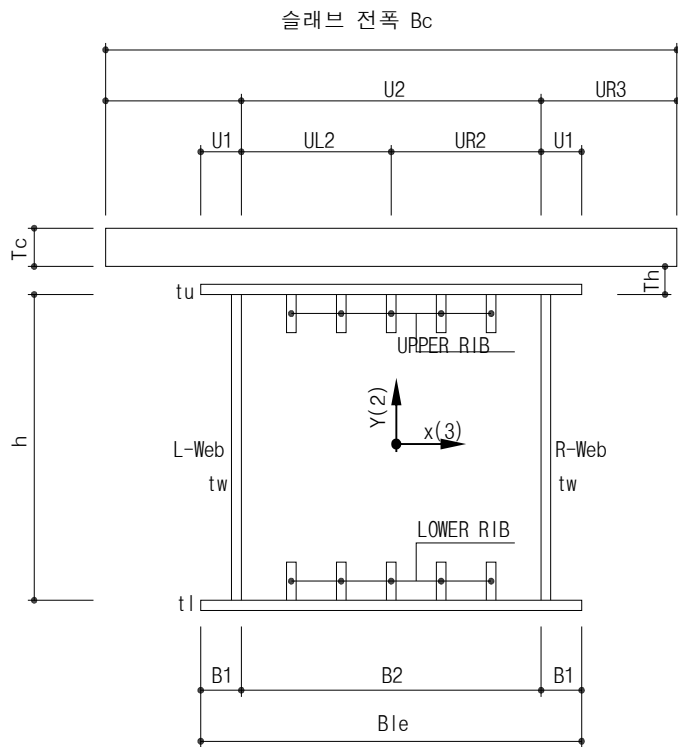
$$F = (Bu + Bl) / 2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 1,829.8 = 4.413\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t)$$

$$= 4F^2 / \{ (H / \cos \Theta_L + H / \cos \Theta_R) / tw + Bu / t_{cu} + Bl / tl \}$$

$$= 4 \times 4,413,494.7^2 / \{ (1,829.8 + 1,829.8) / 12.0 + 2,412.0 / 47.6 + 2,412.0 / 12.0 \} = 1.400\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

◎ FRAME SECTION NAME 20 < G2 >



$$Bc = 4,670.0 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

$$UL3 = 1,100.0 \text{ mm}$$

$$UR3 = 1,170.0 \text{ mm}$$

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

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

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

$$Tc = 240.0 \text{ mm}$$

$$Th = 50.0 \text{ mm}$$

$$h = 1,800.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구 분	규 격	$AS(mm^2)$	$Y(mm)$	$AS \cdot Y(mm^3)$	$AS \cdot Y^2(mm^4)$	$I_{xo}(mm^4)$
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	906.0	2.870E+07	2.600E+10	3.802E+05
UPPER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	825.0	8.663E+06	7.147E+09	1.969E+07
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-825.0	-8.663E+06	7.147E+09	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	-906.0	-2.870E+07	2.600E+10	3.802E+05
합 계		127,560.0	-	0.000E+00	6.630E+10	1.170E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	$AS(mm^2)$	$X(mm)$	$AS \cdot X(mm^3)$	$AS \cdot X^2(mm^4)$	$I_{yo}(mm^4)$
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 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-1,206.0	-2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	1,206.0	2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	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		127,560.0	-	0.000E+00	6.955E+10	3.680E+10

① 합성후 단면

$$Ac = Bc \times Tc = 4,670.0 \times 240.0 = 1.121E+06 \text{ mm}^2$$

$$Av = \sum AS + Ac / N = 127,560.0 + 1,120,800.0 / 7.0 = 2.877E+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = Bc \times Tc^3 / 12 = 4,670.0 \times 240.0^3 / 12 = 5.380E+09 \text{ mm}^4$$

$$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + Tc/2 = 1,800.0 / 2 - 0.0 + 50.0 + 240.0 / 2 = 1,070.0 \text{ mm}$$

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum AS / Av = 1,070.0 \times 127,560.0 / 287,674.3 = 474.5 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,070.0 - 474.5 = 595.5 \text{ mm}$$

$$I_{v33} = I_{33} + I_{cx} / n + \sum AS \cdot d_{vsx}^2 + Ac / n \cdot d_{vcx}^2$$

$$= 78,005,429,280.0 + 5,379,840,000.0 / 7.0 + 127,560.0 \times 595.5^2 + 1,120,800.0 / 7.0 \times 474.5^2 = 1.601E+11 \text{ mm}^4$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = Tc \times Bc^3 / 12 = 240.0 \times 4,670.0^3 / 12 = 2.037E+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-Bc/2 = 1,200.0 + 1,170.0 - 0.0 - 4,670.0 / 2 = 35.0 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum AS / Av = 35.0 \times 127,560.0 / 287,674.3 = 15.5 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 35.0 - 15.5 = 19.5 \text{ mm}$$

$$I_{v22} = I_{22} + I_{cy} / n + \sum AS \cdot d_{vsy}^2 + Ac / n \cdot d_{vcy}^2$$

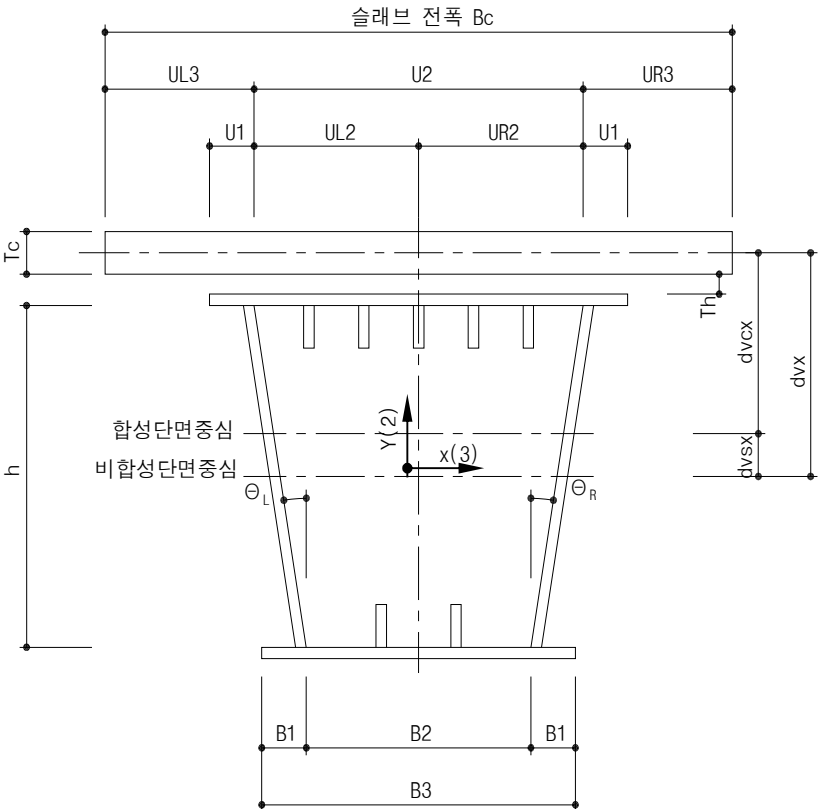
$$= 106,351,984,600.0 + 2,036,951,260,000.0 / 7.0 + 127,560.0 \times 19.5^2 + 1,120,800.0 / 7.0 \times 15.5^2 = 3.974E+11 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / n &= 12.0 + 240.0 / 7.0 &= 46.3 \text{ mm} \\
 H &= h + t_{cu}/2 + t_l/2 &= 1,800.0 + 46.3 / 2 + 12.0 / 2 &= 1,829.1 \text{ mm} \\
 F &= (B_u + B_l) / 2 \times H &= (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 1,829.1 &= 4.412 \times 10^6 \text{ mm}^2 \\
 K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t) \\
 &= 4F^2 / \{ (H / \cos \Theta_L + H / \cos \Theta_R) / t_w + B_u / t_{cu} + B_l / t_l \} \\
 &= 4 \times 4,411,892.6^2 / \{ (1,829.1 + 1,829.1) / 12.0 + 2,412.0 / 46.3 \\
 &\quad + 2,412.0 / 12.0 \} &= 1.395 \times 10^{11} \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

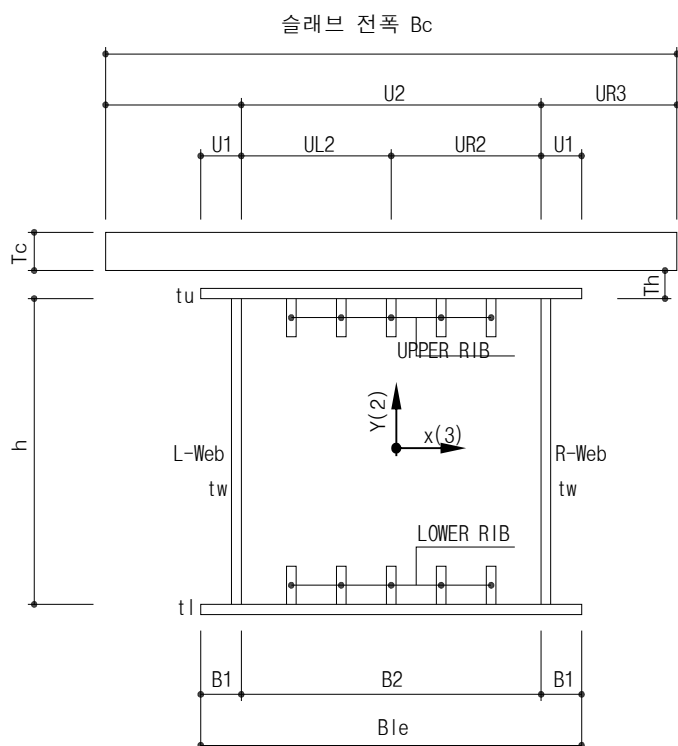
4.2 단 면 가 정(합성후)



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

B_c	: 바닥판 콘크리트의 폭
B_h	: Half-deck 콘크리트의 폭
T_c	: 바닥판 콘크리트의 두께
T_{c1}	: Half-deck 콘크리트의 두께
T_h	: 바닥판 콘크리트의 현치 높이
N	: 강재와 콘크리트의 탄성계수비 ($N = E_s / E_c$)
A_c	: 바닥판 콘크리트의 단면적
A_{ch}	: Half-deck 콘크리트의 단면적
A_v	: 합성후 (강재 + Half-Deck + 바닥판 콘크리트)의 환산 단면적
A_{vh}	: 합성전 (강재 + Half-deck 콘크리트)의 환산 단면적
$I_{cx}(y)$	: 2축(3축) 방향 바닥판 콘크리트의 단면 2차 모멘트
$I_{cxh}(yh)$	: 2축(3축) 방향 Half-deck 콘크리트의 단면 2차 모멘트
$d_{vx}(y)$	: 2축(3축) 방향 강재단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리
$d_{vxh}(yh)$	: 2축(3축) 방향 강재단면 도심에서 Half-deck 도심까지의 거리
$d_{vcx}(y)$	: 2축(3축) 방향 합성후 합성단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리
$d_{vcxh}(yh)$	: 2축(3축) 방향 합성전 합성단면 도심에서 Half-deck 도심까지의 거리
$d_{vsx}(y)$	: 2축(3축) 방향 합성단면 도심에서 강재단면 도심까지의 거리 (합성전 및 합성후 단면에서의 도심축 이동량)
$d_{vsxh}(yh)$	: 2축(3축) 방향 합성단면 도심에서 강재단면 도심까지의 거리 (합성전 및 2차 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_{v33h}	: 합성전 단면의 3축 방향(종방향) 단면2차 모멘트
I_{v22}	: 합성후 단면의 2축 방향(횡방향) 단면2차 모멘트
I_{v22h}	: 합성전 단면의 2축 방향(횡방향) 단면2차 모멘트
Θ_L	: 좌측 복부판과 연직선이 이루는 각도
Θ_R	: 우측 복부판과 연직선이 이루는 각도

◎ FRAME SECTION NAME 21 < G2 >



$$Bc = 4,670.0 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

$$UL3 = 1,100.0 \text{ mm}$$

$$UR3 = 1,170.0 \text{ mm}$$

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

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

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

$$Tc = 240.0 \text{ mm}$$

$$Th = 50.0 \text{ mm}$$

$$h = 1,800.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구분	규격	AS(mm ²)	Y'(mm)	AS·Y'(mm ³)	AS·Y' ² (mm ⁴)	I _{xo} (mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	906.0	2.870E+07	2.600E+10	3.802E+05
UPPER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	825.0	8.663E+06	7.147E+09	1.969E+07
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-825.0	-8.663E+06	7.147E+09	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 14.0	36,960.0	-907.0	-3.352E+07	3.041E+10	6.037E+05
합계		132,840.0	-	-4.821E+06	7.070E+10	1.170E+10

Y(2)축 방향

구분	규격	AS(mm ²)	X'(mm)	AS·X'(mm ³)	AS·X' ² (mm ⁴)	I _{yo} (mm ⁴)
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 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-1,206.0	-2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	1,206.0	2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 14.0	36,960.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	2.147E+10
합계		132,840.0	-	0.000E+00	6.955E+10	3.987E+10

① 합성후 단면

$$A_c = B_c \times T_c = 4,670.0 \times 240.0 = 1.121\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$A_v = \sum A_s + A_c / N = 132,840.0 + 1,120,800.0 / 7.0 = 2.930\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = B_c \times T_c^3 / 12 = 4,670.0 \times 240.0^3 / 12 = 5.380\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

$$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + T_c/2 = 1,800.0 / 2 - -36.3 + 50.0 + 240.0 / 2 = 1,106.3 \text{ mm}$$

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum A_s / A_v = 1,106.3 \times 132,840.0 / 292,954.3 = 501.6 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,106.3 - 501.6 = 604.6 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v33} &= I_{33} + I_{cx} / n + \sum A_s \cdot d_{vsx}^2 + A_c / n \cdot d_{vcx}^2 \\ &= 82,231,738,819.7 + 5,379,840,000.0 / 7.0 + 132,840.0 \times 604.6^2 \\ &\quad + 1,120,800.0 / 7.0 \times 501.6^2 = 1.719\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = T_c \times B_c^3 / 12 = 240.0 \times 4,670.0^3 / 12 = 2.037\text{E}+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-B_c/2 = 1,200.0 + 1,170.0 - 0.0 - 4,670.0 / 2 = 35.0 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum A_s / A_v = 35.0 \times 132,840.0 / 292,954.3 = 15.9 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 35.0 - 15.9 = 19.1 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v22} &= I_{22} + I_{cy} / n + \sum A_s \cdot d_{vsy}^2 + A_c / n \cdot d_{vcy}^2 \\ &= 109,418,608,600.0 + 2,036,951,260,000.0 / 7.0 + 132,840.0 \times 19.1^2 \\ &\quad + 1,120,800.0 / 7.0 \times 15.9^2 = 4.005\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

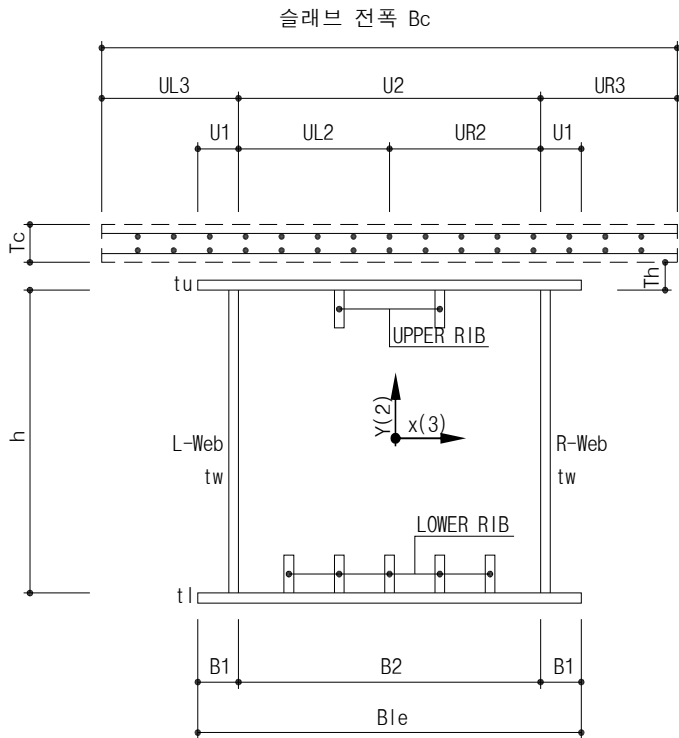
$$tcu = tu + T_c / n = 12.0 + 240.0 / 7.0 = 46.3 \text{ mm}$$

$$H = h + tcu/2 + tl/2 = 1,800.0 + 46.3 / 2 + 14.0 / 2 = 1,830.1 \text{ mm}$$

$$F = (Bu+Bl) / 2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 1,830.1 = 4.414\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t) \\ &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tcu + Bl / tl \} \\ &= 4 \times 4,414,304.6^2 / \{ (1,830.1 + 1,830.1) / 12.0 + 2,412.0 / 46.3 \\ &\quad + 2,412.0 / 14.0 \} = 1.472\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

© FRAME SECTION NAME 22 < G2 >



$$Bc = 4,670.0 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

$$UL3 = 1,100.0 \text{ mm}$$

$$UR3 = 1,170.0 \text{ mm}$$

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

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

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

$$Tc = 240.0 \text{ mm}$$

$$Th = 50.0 \text{ mm}$$

$$h = 1,800.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구분	규격	AS(mm ²)	Y'(mm)	AS·Y'(mm ³)	AS·Y' ² (mm ⁴)	I _{xo} (mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	906.0	2.870E+07	2.600E+10	3.802E+05
UPPER RIB	2 - 150.0 × 14.0	4,200.0	825.0	3.465E+06	2.859E+09	7.875E+06
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-825.0	-8.663E+06	7.147E+09	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 14.0	36,960.0	-907.0	-3.352E+07	3.041E+10	6.037E+05
합계		126,540.0	-	-1.002E+07	6.641E+10	1.169E+10

Y(2)축 방향

구분	규격	AS(mm ²)	X'(mm)	AS·X'(mm ³)	AS·X' ² (mm ⁴)	I _{yo} (mm ⁴)
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 - 150.0 × 14.0	4,200.0	0.0	0.000E+00	6.720E+08	6.860E+04
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-1,206.0	-2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	1,206.0	2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 14.0	36,960.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	2.147E+10
합계		126,540.0	-	0.000E+00	6.686E+10	3.987E+10

① 합성후 단면

$$A_c = B_c \times T_c = 4,670.0 \times 240.0 = 1.121\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$A_v = \sum A_s + A_c / N = 126,540.0 + 1,120,800.0 / 7.0 = 2.867\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = B_c \times T_c^3 / 12 = 4,670.0 \times 240.0^3 / 12 = 5.380\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

$$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + T_c/2 = 1,800.0 / 2 - -79.2 + 50.0 + 240.0 / 2 = 1,149.2 \text{ mm}$$

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum A_s / A_v = 1,149.2 \times 126,540.0 / 286,654.3 = 507.3 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,149.2 - 507.3 = 641.9 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v33} &= I_{33} + I_{cx} / n + \sum A_s \cdot d_{vsx}^2 + A_c / n \cdot d_{vcx}^2 \\ &= 77,313,791,733.8 + 5,379,840,000.0 / 7.0 + 126,540.0 \times 641.9^2 \\ &\quad + 1,120,800.0 / 7.0 \times 507.3^2 = 1.714\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = T_c \times B_c^3 / 12 = 240.0 \times 4,670.0^3 / 12 = 2.037\text{E}+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-B_c/2 = 1,200.0 + 1,170.0 - 0.0 - 4,670.0 / 2 = 35.0 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum A_s / A_v = 35.0 \times 126,540.0 / 286,654.3 = 15.5 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 35.0 - 15.5 = 19.5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v22} &= I_{22} + I_{cy} / n + \sum A_s \cdot d_{vsy}^2 + A_c / n \cdot d_{vcy}^2 \\ &= 106,730,505,700.0 + 2,036,951,260,000.0 / 7.0 + 126,540.0 \times 19.5^2 \\ &\quad + 1,120,800.0 / 7.0 \times 15.5^2 = 3.978\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

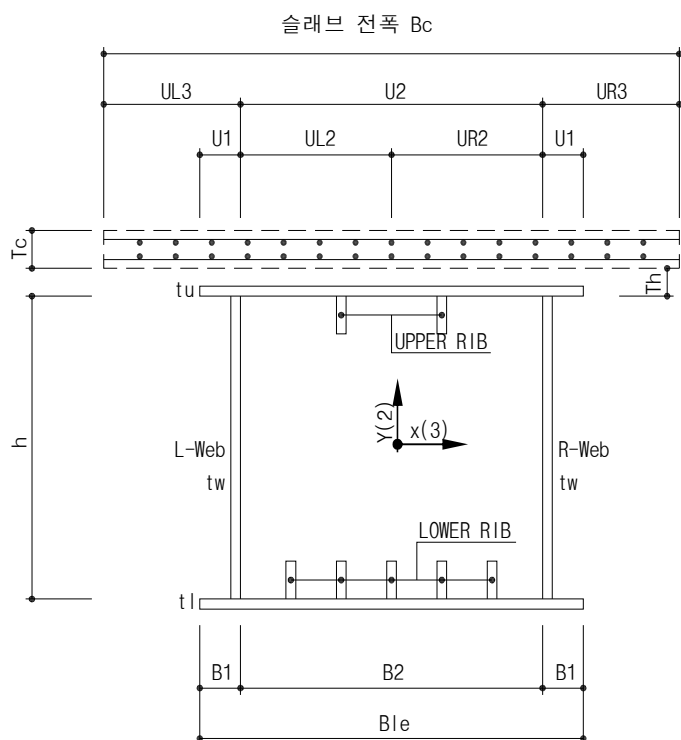
$$tcu = tu + T_c / n = 12.0 + 240.0 / 7.0 = 46.3 \text{ mm}$$

$$H = h + tcu/2 + tl/2 = 1,800.0 + 46.3 / 2 + 14.0 / 2 = 1,830.1 \text{ mm}$$

$$F = (Bu+Bl) / 2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 1,830.1 = 4.414\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} K &= 4 \cdot F^2 / (\int ds/t) \\ &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tcu + Bl / tl \} \\ &= 4 \times 4,414,304.6^2 / \{ (1,830.1 + 1,830.1) / 12.0 + 2,412.0 / 46.3 \\ &\quad + 2,412.0 / 14.0 \} = 1.472\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

© FRAME SECTION NAME 23 < G2 >



$$B_c = 4,670.0 \text{ mm}$$

$$U_1 = 120.0 \text{ mm}$$

$$U_2 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$UL_2 = 1,200.0 \text{ mm}$$

$$UR_2 = 1,200.0 \text{ mm}$$

$$U_3 = 0.0 \text{ mm}$$

$$UL_3 = 1,100.0 \text{ mm}$$

$$UR_3 = 1,170.0 \text{ mm}$$

$$B_1 = 120.0 \text{ mm}$$

$$B_2 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$B_3 = 2,640.0 \text{ mm}$$

$$T_c = 240.0 \text{ mm}$$

$$T_h = 50.0 \text{ mm}$$

$$h = 1,863.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구분	규격	$A_s(\text{mm}^2)$	$\bar{Y}(\text{mm})$	$A_s \cdot \bar{Y}(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot \bar{Y}^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	937.5	2.970E+07	2.784E+10	3.802E+05
UPPER RIB	2 - 150.0 × 14.0	4,200.0	856.5	3.597E+06	3.081E+09	7.875E+06
L - WEB	1 - 1,863.0 × 12.0	22,356.0	-	-	-	6.466E+09
R - WEB	1 - 1,863.0 × 12.0	22,356.0	-	-	-	6.466E+09
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-856.5	-8.993E+06	7.703E+09	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 14.0	36,960.0	-938.5	-3.469E+07	3.255E+10	6.037E+05
합계		128,052.0	-	-1.038E+07	7.118E+10	1.296E+10

Y(2)축 방향

구분	규격	$A_s(\text{mm}^2)$	$\bar{X}(\text{mm})$	$A_s \cdot \bar{X}(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot \bar{X}^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
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 - 150.0 × 14.0	4,200.0	0.0	0.000E+00	6.720E+08	6.860E+04
L - WEB	1 - 1,863.0 × 12.0	22,356.0	-1,206.0	-2.696E+07	3.252E+10	2.683E+05
R - WEB	1 - 1,863.0 × 12.0	22,356.0	1,206.0	2.696E+07	3.252E+10	2.683E+05
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 14.0	36,960.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	2.147E+10
합계		128,052.0	-	0.000E+00	6.906E+10	3.987E+10

① 합성후 단면

$$A_c = B_c \times T_c = 4,670.0 \times 240.0 = 1.121\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$A_v = \sum A_s + A_c / N = 128,052.0 + 1,120,800.0 / 7.0 = 2.882\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = B_c \times T_c^3 / 12 = 4,670.0 \times 240.0^3 / 12 = 5.380\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

$$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + T_c/2 = 1,863.0 / 2 - -81.1 + 50.0 + 240.0 / 2 = 1,182.6 \text{ mm}$$

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum A_s / A_v = 1,182.6 \times 128,052.0 / 288,166.3 = 525.5 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,182.6 - 525.5 = 657.1 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v33} &= I_{33} + I_{cx} / n + \sum A_s \cdot d_{vsx}^2 + A_c / n \cdot d_{vcx}^2 \\ &= 83,300,016,527.2 + 5,379,840,000.0 / 7.0 + 128,052.0 \times 657.1^2 \\ &\quad + 1,120,800.0 / 7.0 \times 525.5^2 = 1.836\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = T_c \times B_c^3 / 12 = 240.0 \times 4,670.0^3 / 12 = 2.037\text{E}+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-B_c/2 = 1,200.0 + 1,170.0 - 0.0 - 4,670.0 / 2 = 35.0 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum A_s / A_v = 35.0 \times 128,052.0 / 288,166.3 = 15.6 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 35.0 - 15.6 = 19.4 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v22} &= I_{22} + I_{cy} / n + \sum A_s \cdot d_{vsy}^2 + A_c / n \cdot d_{vcy}^2 \\ &= 108,929,631,076.0 + 2,036,951,260,000.0 / 7.0 + 128,052.0 \times 19.4^2 \\ &\quad + 1,120,800.0 / 7.0 \times 15.6^2 = 4.000\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

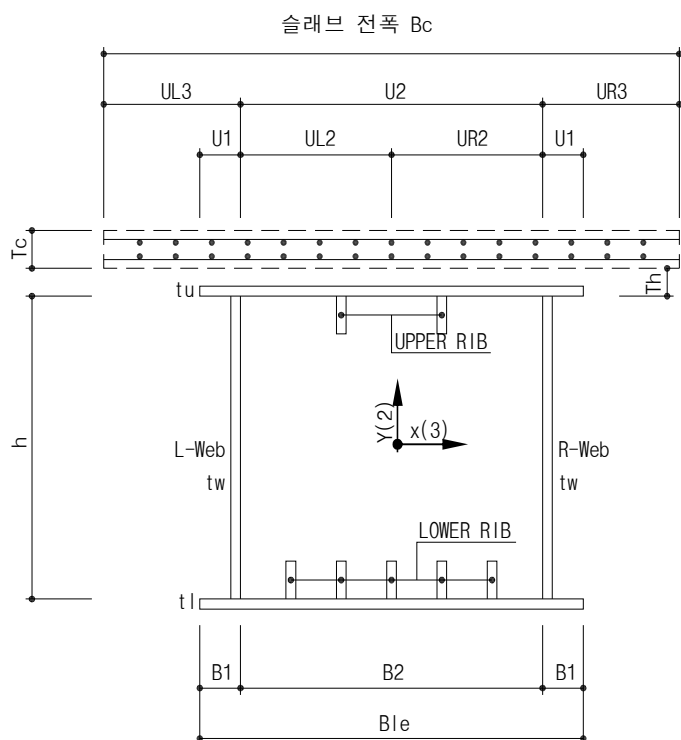
$$tcu = tu + T_c / n = 12.0 + 240.0 / 7.0 = 46.3 \text{ mm}$$

$$H = h + tcu/2 + tl/2 = 1,863.0 + 46.3 / 2 + 14.0 / 2 = 1,893.1 \text{ mm}$$

$$F = (Bu+Bl) / 2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 1,893.1 = 4.566\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t) \\ &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tcu + Bl / tl \} \\ &= 4 \times 4,566,260.6^2 / \{ (1,893.1 + 1,893.1) / 12.0 + 2,412.0 / 46.3 \\ &\quad + 2,412.0 / 14.0 \} = 1.545\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

© FRAME SECTION NAME 24 < G2 >



$$Bc = 4,670.0 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

$$UL3 = 1,100.0 \text{ mm}$$

$$UR3 = 1,170.0 \text{ mm}$$

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

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

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

$$Tc = 240.0 \text{ mm}$$

$$Th = 50.0 \text{ mm}$$

$$h = 2,142.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구분	규격	AS(mm ²)	Y'(mm)	AS·Y'(mm ³)	AS·Y' ² (mm ⁴)	I _{xo} (mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	1,077.0	3.412E+07	3.675E+10	3.802E+05
UPPER RIB	2 - 150.0 × 14.0	4,200.0	996.0	4.183E+06	4.166E+09	7.875E+06
L - WEB	1 - 2,142.0 × 12.0	25,704.0	-	-	-	9.828E+09
R - WEB	1 - 2,142.0 × 12.0	25,704.0	-	-	-	9.828E+09
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-996.0	-1.046E+07	1.042E+10	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 16.0	42,240.0	-1,079.0	-4.558E+07	4.918E+10	9.011E+05
합계		140,028.0	-	-1.773E+07	1.005E+11	1.968E+10

Y(2)축 방향

구분	규격	AS(mm ²)	X'(mm)	AS·X'(mm ³)	AS·X' ² (mm ⁴)	I _{yo} (mm ⁴)
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 - 150.0 × 14.0	4,200.0	0.0	0.000E+00	6.720E+08	6.860E+04
L - WEB	1 - 2,142.0 × 12.0	25,704.0	-1,206.0	-3.100E+07	3.738E+10	3.084E+05
R - WEB	1 - 2,142.0 × 12.0	25,704.0	1,206.0	3.100E+07	3.738E+10	3.084E+05
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 16.0	42,240.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	2.453E+10
합계		140,028.0	-	0.000E+00	7.880E+10	4.293E+10

① 합성후 단면

$$A_c = B_c \times T_c = 4,670.0 \times 240.0 = 1.121\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$A_v = \sum A_s + A_c / N = 140,028.0 + 1,120,800.0 / 7.0 = 3.001\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = B_c \times T_c^3 / 12 = 4,670.0 \times 240.0^3 / 12 = 5.380\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

$$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + T_c/2 = 2,142.0 / 2 - -126.6 + 50.0 + 240.0 / 2 = 1,367.6 \text{ mm}$$

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum A_s / A_v = 1,367.6 \times 140,028.0 / 300,142.3 = 638.1 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,367.6 - 638.1 = 729.6 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v33} &= I_{33} + I_{cx} / n + \sum A_s \cdot d_{vsx}^2 + A_c / n \cdot d_{vcx}^2 \\ &= 117,945,727,439.3 + 5,379,840,000.0 / 7.0 + 140,028.0 \times 729.6^2 \\ &\quad + 1,120,800.0 / 7.0 \times 638.1^2 = 2.584\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = T_c \times B_c^3 / 12 = 240.0 \times 4,670.0^3 / 12 = 2.037\text{E}+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-B_c/2 = 1,200.0 + 1,170.0 - 0.0 - 4,670.0 / 2 = 35.0 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum A_s / A_v = 35.0 \times 140,028.0 / 300,142.3 = 16.3 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 35.0 - 16.3 = 18.7 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v22} &= I_{22} + I_{cy} / n + \sum A_s \cdot d_{vsy}^2 + A_c / n \cdot d_{vcy}^2 \\ &= 121,735,238,884.0 + 2,036,951,260,000.0 / 7.0 + 140,028.0 \times 18.7^2 \\ &\quad + 1,120,800.0 / 7.0 \times 16.3^2 = 4.128\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

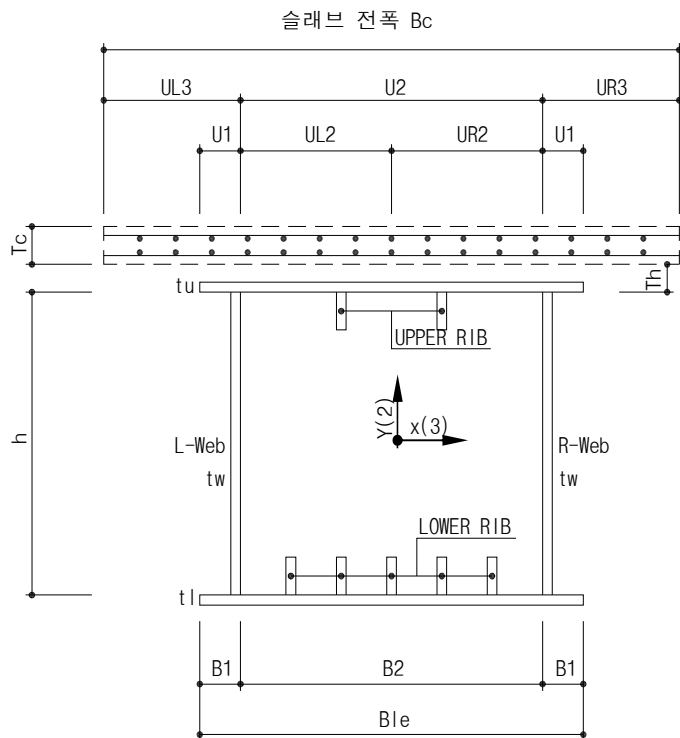
$$tcu = tu + T_c / n = 12.0 + 240.0 / 7.0 = 46.3 \text{ mm}$$

$$H = h + tcu/2 + tl/2 = 2,142.0 + 46.3 / 2 + 16.0 / 2 = 2,173.1 \text{ mm}$$

$$F = (Bu+Bl) / 2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 2,173.1 = 5.242\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t) \\ &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tcu + Bl / tl \} \\ &= 4 \times 5,241,620.6^2 / \{ (2,173.1 + 2,173.1) / 12.0 + 2,412.0 / 46.3 \\ &\quad + 2,412.0 / 16.0 \} = 1.945\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

© FRAME SECTION NAME 25 < G2 >



$$B_c = 4,670.0 \text{ mm}$$

$$U_1 = 120.0 \text{ mm}$$

$$U_2 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$UL_2 = 1,200.0 \text{ mm}$$

$$UR_2 = 1,200.0 \text{ mm}$$

$$U_3 = 0.0 \text{ mm}$$

$$UL_3 = 1,100.0 \text{ mm}$$

$$UR_3 = 1,170.0 \text{ mm}$$

$$B_1 = 120.0 \text{ mm}$$

$$B_2 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$B_3 = 2,640.0 \text{ mm}$$

$$T_c = 240.0 \text{ mm}$$

$$T_h = 50.0 \text{ mm}$$

$$h = 2,500.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구분	규격	$A_s(\text{mm}^2)$	$\bar{Y}(\text{mm})$	$A_s \cdot \bar{Y}(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot \bar{Y}^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	1,256.0	3.979E+07	4.998E+10	3.802E+05
UPPER RIB	2 - 150.0 × 14.0	4,200.0	1,175.0	4.935E+06	5.799E+09	7.875E+06
L - WEB	1 - 2,500.0 × 14.0	35,000.0	-	-	-	1.823E+10
R - WEB	1 - 2,500.0 × 14.0	35,000.0	-	-	-	1.823E+10
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-1,175.0	-1.234E+07	1.450E+10	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 16.0	42,240.0	-1,258.0	-5.314E+07	6.685E+10	9.011E+05
합계		158,620.0	-	-2.075E+07	1.371E+11	3.649E+10

Y(2)축 방향

구분	규격	$A_s(\text{mm}^2)$	$\bar{X}(\text{mm})$	$A_s \cdot \bar{X}(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot \bar{X}^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
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 - 150.0 × 14.0	4,200.0	0.0	0.000E+00	6.720E+08	6.860E+04
L - WEB	1 - 2,500.0 × 14.0	35,000.0	-1,207.0	-4.225E+07	5.099E+10	5.717E+05
R - WEB	1 - 2,500.0 × 14.0	35,000.0	1,207.0	4.225E+07	5.099E+10	5.717E+05
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 16.0	42,240.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	2.453E+10
합계		158,620.0	-	0.000E+00	1.060E+11	4.293E+10

① 합성후 단면

$$A_c = B_c \times T_c = 4,670.0 \times 240.0 = 1.121\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$A_v = \sum A_s + A_c / N = 158,620.0 + 1,120,800.0 / 7.0 = 3.187\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = B_c \times T_c^3 / 12 = 4,670.0 \times 240.0^3 / 12 = 5.380\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

$$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + T_c/2 = 2,500.0 / 2 - -130.8 + 50.0 + 240.0 / 2 = 1,550.8 \text{ mm}$$

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum A_s / A_v = 1,550.8 \times 158,620.0 / 318,734.3 = 771.8 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,550.8 - 771.8 = 779.0 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v33} &= I_{33} + I_{cx} / n + \sum A_s \cdot d_{vsx}^2 + A_c / n \cdot d_{vcx}^2 \\ &= 170,891,691,935.1 + 5,379,840,000.0 / 7.0 + 158,620.0 \times 779.0^2 \\ &\quad + 1,120,800.0 / 7.0 \times 771.8^2 = 3.633\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = T_c \times B_c^3 / 12 = 240.0 \times 4,670.0^3 / 12 = 2.037\text{E}+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-B_c/2 = 1,200.0 + 1,170.0 - 0.0 - 4,670.0 / 2 = 35.0 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum A_s / A_v = 35.0 \times 158,620.0 / 318,734.3 = 17.4 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 35.0 - 17.4 = 17.6 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v22} &= I_{22} + I_{cy} / n + \sum A_s \cdot d_{vsy}^2 + A_c / n \cdot d_{vcy}^2 \\ &= 148,945,549,433.3 + 2,036,951,260,000.0 / 7.0 + 158,620.0 \times 17.6^2 \\ &\quad + 1,120,800.0 / 7.0 \times 17.4^2 = 4.400\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

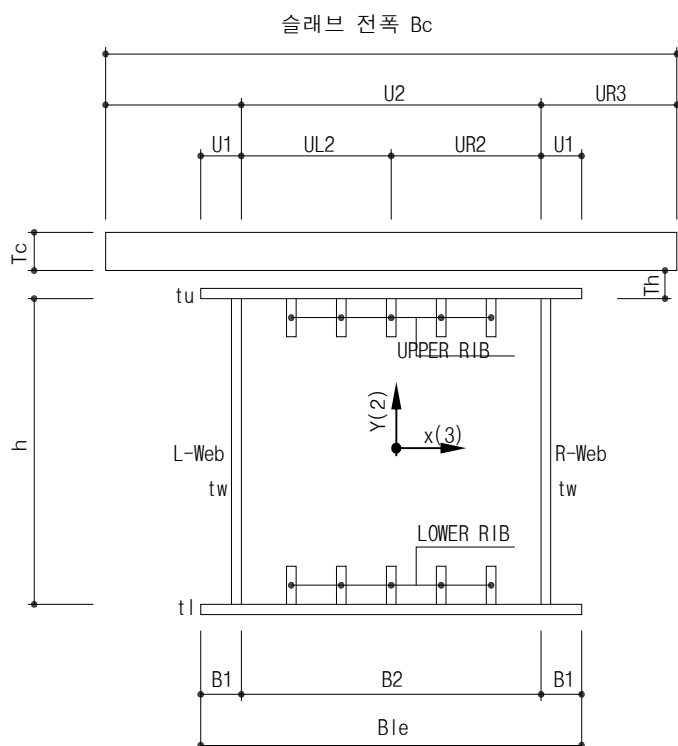
$$tcu = tu + T_c / n = 12.0 + 240.0 / 7.0 = 46.3 \text{ mm}$$

$$H = h + tcu/2 + tl/2 = 2,500.0 + 46.3 / 2 + 16.0 / 2 = 2,531.1 \text{ mm}$$

$$F = (Bu+Bl) / 2 \times H = (2,414.0 + 2,414.0) / 2 \times 2,531.1 = 6.110\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t) \\ &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tcu + Bl / tl \} \\ &= 4 \times 6,110,178.9^2 / \{ (2,531.1 + 2,531.1) / 14.0 + 2,414.0 / 46.3 \\ &\quad + 2,414.0 / 16.0 \} = 2.645\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

© FRAME SECTION NAME 26 < G2 >



$$Bc = 4,670.0 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

$$UL3 = 1,100.0 \text{ mm}$$

$$UR3 = 1,170.0 \text{ mm}$$

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

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

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

$$Tc = 240.0 \text{ mm}$$

$$Th = 50.0 \text{ mm}$$

$$h = 1,863.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구분	규격	$A_s(\text{mm}^2)$	$\bar{Y}(\text{mm})$	$A_s \cdot \bar{Y}(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot \bar{Y}^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	937.5	2.970E+07	2.784E+10	3.802E+05
UPPER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	856.5	8.993E+06	7.703E+09	1.969E+07
L - WEB	1 - 1,863.0 × 12.0	22,356.0	-	-	-	6.466E+09
R - WEB	1 - 1,863.0 × 12.0	22,356.0	-	-	-	6.466E+09
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-856.5	-8.993E+06	7.703E+09	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 14.0	36,960.0	-938.5	-3.469E+07	3.255E+10	6.037E+05
합계		134,352.0	-	-4.987E+06	7.580E+10	1.297E+10

Y(2)축 방향

구분	규격	$A_s(\text{mm}^2)$	$\bar{X}(\text{mm})$	$A_s \cdot \bar{X}(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot \bar{X}^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
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 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
L - WEB	1 - 1,863.0 × 12.0	22,356.0	-1,206.0	-2.696E+07	3.252E+10	2.683E+05
R - WEB	1 - 1,863.0 × 12.0	22,356.0	1,206.0	2.696E+07	3.252E+10	2.683E+05
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 14.0	36,960.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	2.147E+10
합계		134,352.0	-	0.000E+00	7.175E+10	3.987E+10

① 합성후 단면

$$A_c = B_c \times T_c = 4,670.0 \times 240.0 = 1.121\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$A_v = \sum A_s + A_c / N = 134,352.0 + 1,120,800.0 / 7.0 = 2.945\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = B_c \times T_c^3 / 12 = 4,670.0 \times 240.0^3 / 12 = 5.380\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

$$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + T_c/2 = 1,863.0 / 2 - -37.1 + 50.0 + 240.0 / 2 = 1,138.6 \text{ mm}$$

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum A_s / A_v = 1,138.6 \times 134,352.0 / 294,466.3 = 519.5 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,138.6 - 519.5 = 619.1 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v33} &= I_{33} + I_{cx} / n + \sum A_s \cdot d_{vsx}^2 + A_c / n \cdot d_{vcx}^2 \\ &= 88,590,234,301.8 + 5,379,840,000.0 / 7.0 + 134,352.0 \times 619.1^2 \\ &\quad + 1,120,800.0 / 7.0 \times 519.5^2 = 1.841\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = T_c \times B_c^3 / 12 = 240.0 \times 4,670.0^3 / 12 = 2.037\text{E}+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-B_c/2 = 1,200.0 + 1,170.0 - 0.0 - 4,670.0 / 2 = 35.0 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum A_s / A_v = 35.0 \times 134,352.0 / 294,466.3 = 16.0 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 35.0 - 16.0 = 19.0 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v22} &= I_{22} + I_{cy} / n + \sum A_s \cdot d_{vsy}^2 + A_c / n \cdot d_{vcy}^2 \\ &= 111,617,733,976.0 + 2,036,951,260,000.0 / 7.0 + 134,352.0 \times 19.0^2 \\ &\quad + 1,120,800.0 / 7.0 \times 16.0^2 = 4.027\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

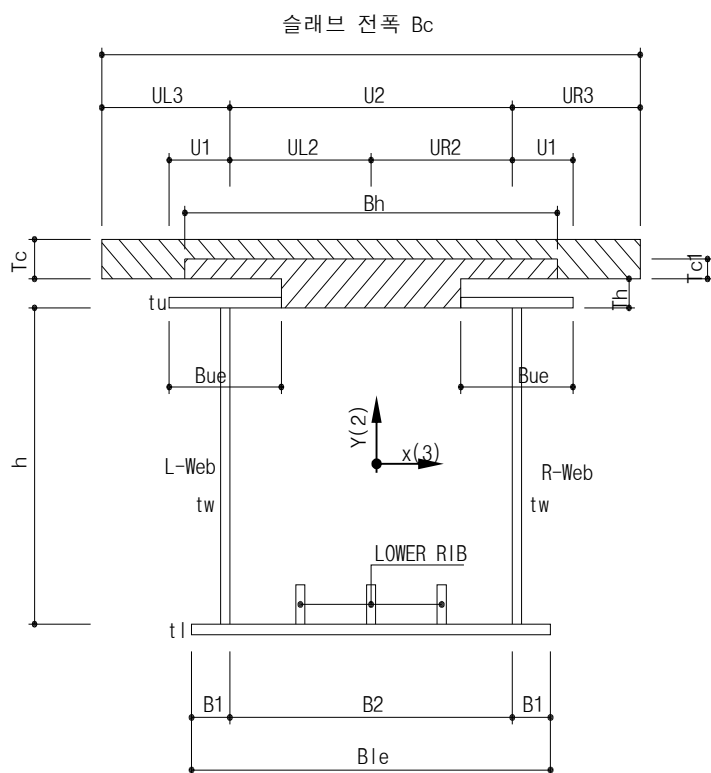
$$tcu = tu + T_c / n = 12.0 + 240.0 / 7.0 = 46.3 \text{ mm}$$

$$H = h + tcu/2 + tl/2 = 1,863.0 + 46.3 / 2 + 14.0 / 2 = 1,893.1 \text{ mm}$$

$$F = (Bu+Bl) / 2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 1,893.1 = 4.566\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t) \\ &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tcu + Bl / tl \} \\ &= 4 \times 4,566,260.6^2 / \{ (1,893.1 + 1,893.1) / 12.0 + 2,412.0 / 46.3 \\ &\quad + 2,412.0 / 14.0 \} = 1.545\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

© FRAME SECTION NAME 27 < G2 >



Bc =	4,670.0	mm
Bh =	2,500.0	mm
U1 =	120.0	mm
U2 =	2,400.0	mm
UL2 =	1,200.0	mm
UR2 =	1,200.0	mm
U3 =	400.0	mm
UL3 =	1,100.0	mm
UR3 =	1,170.0	mm
B1 =	120.0	mm
B2 =	2,400.0	mm
B3 =	2,640.0	mm
Tc =	240.0	mm
Tc1 =	90.0	mm
Th =	50.0	mm
h =	1,800.0	mm
n =	7.0	
n_h =	6.2	
Θ_L =	0.000	°
Θ_R =	0.000	°

X(3)축 방향

구분	규격	$A_s(\text{mm}^2)$	$\bar{Y}(\text{mm})$	$A_s \cdot \bar{Y}(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot \bar{Y}^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	2 - 400.0 × 12.0	9,600.0	906.0	8.698E+06	7.880E+09	1.152E+05
UPPER RIB	0 - 0.0 × 0.0	0.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
LOWER RIB	2 - 150.0 × 14.0	4,200.0	-825.0	-3.465E+06	2.859E+09	7.875E+06
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	-906.0	-2.870E+07	2.600E+10	3.802E+05
합계		88,680.0	-	-2.347E+07	3.674E+10	1.167E+10

Y(2)축 방향

구분	규격	$A_s(\text{mm}^2)$	$\bar{X}(\text{mm})$	$A_s \cdot \bar{X}(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot \bar{X}^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
L-UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-1,120.0	-5.376E+06	6.021E+09	6.400E+07
R-UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	1,120.0	5.376E+06	6.021E+09	6.400E+07
UPPER RIB	0 - 0.0 × 0.0	0.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-1,206.0	-2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	1,206.0	2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
LOWER RIB	2 - 150.0 × 14.0	4,200.0	0.0	0.000E+00	6.720E+08	6.860E+04
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	1.840E+10
합계		88,680.0	-	0.000E+00	7.555E+10	1.853E+10

① 합성후 단면 (Steel + Half-Deck + Slab)

$$Ach = (Bh \times Tc1) + \{U2 - (U3-U1) \times 2\} \times Th = 3.170E+05 \text{ mm}^2$$

$$Ac = Bc \times Tc - Bh \times Tc1 = 4,670.0 \times 240.0 - 2,500.0 \times 90.0 = 8.958E+05 \text{ mm}^2$$

$$Av = \sum As + Ac / n + Ach / n_h = 88,680.0 + 895,800.0 / 7.0 + 317,000.0 / 6.2 = 2.678E+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$\begin{aligned} I_{cx} &= Bc \times Tc^3 / 12 - Bh \times Tc1^3 / 12 + Bc \times Tc \times (Tc/2)^2 \\ &\quad - Bh \times Tc1 \times (Tc1/2)^2 - Ac \times (d_{vx}-h/2 + \delta_y - Th)^2 \\ &= 4,670.0 \times 240.0^3 / 12 - 2,500.0 \times 90.0^3 / 12 + 4,670.0 \times 240.0 \\ &\quad \times (240.0/2)^2 - 2,500.0 \times 90.0 \times (90.0/2)^2 - 895,800.0 \\ &\quad \times (1,353.5 - 1,800.0/2 + -264.7 - 50.0)^2 = 3.644E+09 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{cxh} &= (Bh \times Tc1^3 / 12) + \{U2 - (U3-U1) \times 2\} \times Th^3 / 12 \\ &\quad + (Bh \times Tc1) \times (Th+Tc1/2)^2 + \{U2 - (U3-U1) \times 2\} \times (Th/2)^2 \\ &\quad - Ach \times (d_{vxh} - h/2 + \delta_y)^2 = 4.910E+08 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_{vx} &= h/2 - \delta_y + [Bc \times Tc \times (Th+Tc/2) - Bh \times Tc1 \times (Th+Tc1/2)] / Ac \\ &= 1,800.0/2 - (-264.7) + [4,670.0 \times 240.0 \times (50.0 + 240.0/2) \\ &\quad - 2,500.0 \times 90.0 \times (50.0 + 90.0/2)] / 895,800.0 = 1,353.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_{vcx} &= [d_{vx} \cdot \sum As + (d_{vx} - d_{vxh}) \times Ach / n_h] / Av \\ &= [1,353.5 \times 88,680.0 + (1,353.5 - 1,239.3) \times 317,000.0 / 6.2] / 267,780.5 = 470.0 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,353.5 - 470.0 = 883.5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v33} &= I_{33} + I_{cx}/n + I_{cxh}/n_h + \sum As \cdot d_{vsx}^2 + Ac/n \cdot d_{vcx}^2 + A_{ch}/n_h \cdot (d_{vxh} - d_{vsx})^2 \\ &= 42,203,823,398.2 + 3,644,450,264.6/7.0 + 491,010,120.9/6.2 + 88,680.0 \\ &\quad \times 883.5^2 + 895,800.0/7.0 \times 470.0^2 + 317,000.0/6.2 \times (1,239.3 - 883.5)^2 = 1.468E+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Y(2)축 방향

$$\begin{aligned} I_{cy} &= Tc \times Bc^3 / 12 - Tc1 \times Bh^3 / 12 + Tc \times Bc \times (UR2+UR3-Bc/2)^2 - Ac \times d_{vy}^2 \\ &= 240.0 \times 4,670.0^3 / 12 - 90.0 \times 2,500.0^3 / 12 + 240.0 \times 4,670.0 \times (1,200.0 \\ &\quad + 1,170.0 - 4,670.0/2)^2 - 895,800.0 \times 43.8^2 = 1.919E+12 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$I_{cyh} = (Tc1 \times Bh^3 / 12) + (Th+tu) \times \{U2 - (U3-U1) \times 2\}^3 / 12 = 1.431E+11 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned} d_{vy} &= Tc \times [(UR2 + UR3)^2 - (UL2 + UL3)^2] / 2 / Ac \\ &= 240.0 \times [(1,200.0 + 1,170.0)^2 - (1,200.0 + 1,100.0)^2] / 2 / 895,800.0 = 43.8 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum Avh / Av = 43.8 \times 139,809.0 / 267,780.5 = 22.9 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 43.8 - 22.9 = 20.9 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v22} &= I_{22} + I_{cy}/n + I_{cyh}/n_h + \sum As \cdot d_{vsy}^2 + Ac/n \cdot d_{vcy}^2 + A_{ch}/n_h \cdot d_{vsy}^2 \\ &= 94,074,206,200.0 + 1,919,418,905,679.8/7.0 + 143,143,766,666.7/6.2 + 88,680.0 \times 20.9^2 \\ &\quad + 895,800.0 / 7.0 \times 22.9^2 + 317,000.0 / 6.2 \times 20.9^2 = 3.915E+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

※ 합성 단면의 K값 산정시 Half-Deck Con'c 와 SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\text{Slab Con'c의 강도} = f_{ck} = 27.0 \text{ MPa}$$

$$\text{Slab의 전단 탄성계수} = G_c = 2.780\text{E}+04 / (2 (1 + 0.167)) = 1.192\text{E}+04 \text{ MPa}$$

Half-Deck+Slab의 환산두께

$$t_{cu} = (140.0 \times 14,100.9 / 79,000.0) + \{ (240.0 - 90.0) \times (11,916.0 / 79,000.0) \} = 47.6 \text{ mm}$$

$$H = h + t_{cu} / 2 + tl / 2 = 1,800.0 + 47.6 / 2 + 12.0 / 2 = 1,829.8 \text{ mm}$$

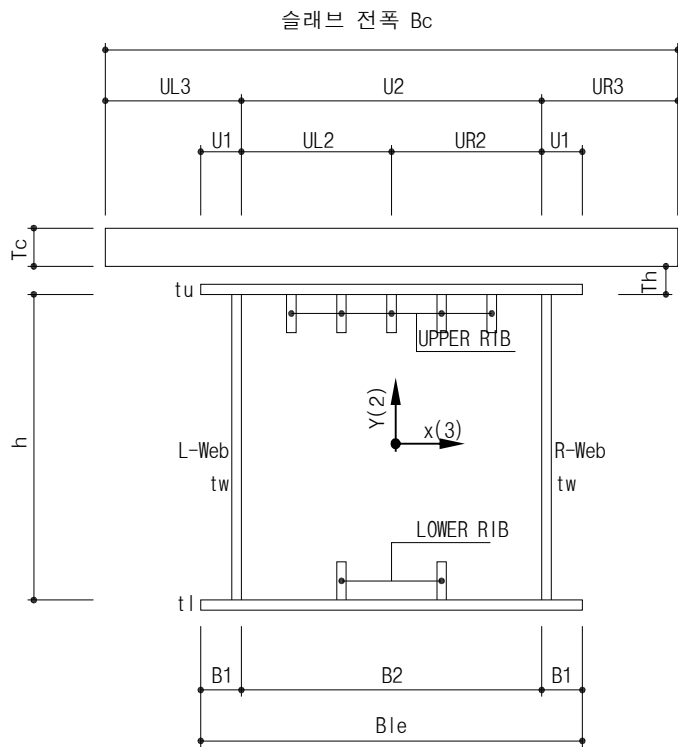
$$F = (Bu + Bl) / 2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 1,829.8 = 4.413\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t)$$

$$= 4F^2 / \{ (H / \cos \Theta_L + H / \cos \Theta_R) / tw + Bu / t_{cu} + Bl / tl \}$$

$$= 4 \times 4,413,494.7^2 / \{ (1,829.8 + 1,829.8) / 12.0 + 2,412.0 / 47.6 + 2,412.0 / 12.0 \} = 1.400\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

◎ FRAME SECTION NAME 28 < G2 >



$$Bc = 4,670.0 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

$$UL3 = 1,100.0 \text{ mm}$$

$$UR3 = 1,170.0 \text{ mm}$$

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

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

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

$$Tc = 240.0 \text{ mm}$$

$$Th = 50.0 \text{ mm}$$

$$h = 1,800.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구 분	규 격	$AS(mm^2)$	$Y(mm)$	$AS \cdot Y(mm^3)$	$AS \cdot Y^2(mm^4)$	$I_{xo}(mm^4)$
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	906.0	2.870E+07	2.600E+10	3.802E+05
UPPER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	825.0	8.663E+06	7.147E+09	1.969E+07
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
LOWER RIB	2 - 150.0 × 14.0	4,200.0	-825.0	-3.465E+06	2.859E+09	7.875E+06
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	-906.0	-2.870E+07	2.600E+10	3.802E+05
합 계		121,260.0	-	5.198E+06	6.201E+10	1.169E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	$AS(mm^2)$	$X(mm)$	$AS \cdot X(mm^3)$	$AS \cdot X^2(mm^4)$	$I_{yo}(mm^4)$
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 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-1,206.0	-2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	1,206.0	2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
LOWER RIB	2 - 150.0 × 14.0	4,200.0	0.0	0.000E+00	6.720E+08	6.860E+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		121,260.0	-	0.000E+00	6.686E+10	3.680E+10

① 합성후 단면

$$Ac = Bc \times Tc = 4,670.0 \times 240.0 = 1.121E+06 \text{ mm}^2$$

$$Av = \sum AS + Ac / N = 121,260.0 + 1,120,800.0 / 7.0 = 2.814E+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = Bc \times Tc^3 / 12 = 4,670.0 \times 240.0^3 / 12 = 5.380E+09 \text{ mm}^4$$

$$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + Tc/2 = 1,800.0 / 2 - 42.9 + 50.0 + 240.0 / 2 = 1,027.1 \text{ mm}$$

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum AS / Av = 1,027.1 \times 121,260.0 / 281,374.3 = 442.7 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,027.1 - 442.7 = 584.5 \text{ mm}$$

$$I_{v33} = I_{33} + I_{cx} / n + \sum AS \cdot d_{vsx}^2 + Ac / n \cdot d_{vcx}^2$$

$$= 73,482,901,725.6 + 5,379,840,000.0 / 7.0 + 121,260.0 \times 584.5^2 + 1,120,800.0 / 7.0 \times 442.7^2 = 1.470E+11 \text{ mm}^4$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = Tc \times Bc^3 / 12 = 240.0 \times 4,670.0^3 / 12 = 2.037E+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-Bc/2 = 1,200.0 + 1,170.0 - 0.0 - 4,670.0 / 2 = 35.0 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum AS / Av = 35.0 \times 121,260.0 / 281,374.3 = 15.1 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 35.0 - 15.1 = 19.9 \text{ mm}$$

$$I_{v22} = I_{22} + I_{cy} / n + \sum AS \cdot d_{vsy}^2 + Ac / n \cdot d_{vcy}^2$$

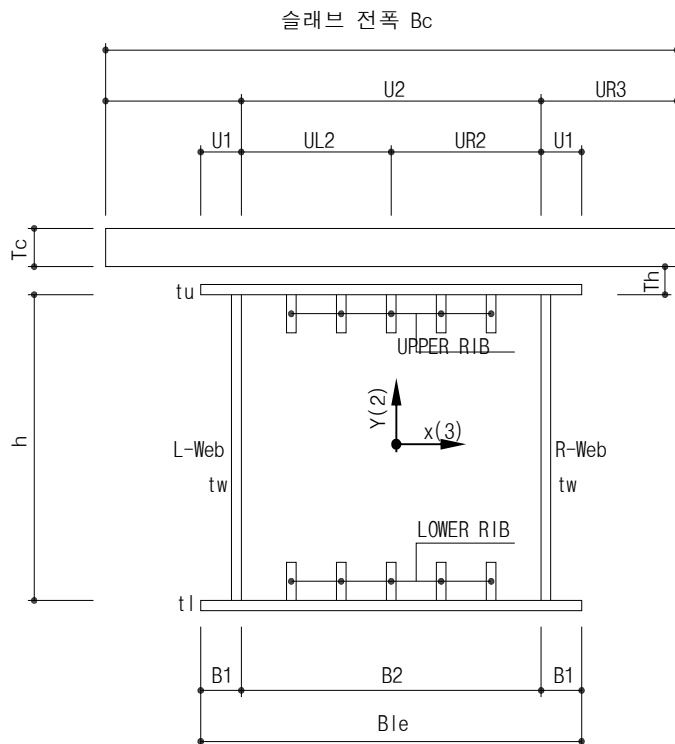
$$= 103,663,881,700.0 + 2,036,951,260,000.0 / 7.0 + 121,260.0 \times 19.9^2 + 1,120,800.0 / 7.0 \times 15.1^2 = 3.947E+11 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / n &= 12.0 + 240.0 / 7.0 &= 46.3 \text{ mm} \\
 H &= h + t_{cu}/2 + t_l/2 &= 1,800.0 + 46.3 / 2 + 12.0 / 2 &= 1,829.1 \text{ mm} \\
 F &= (B_u + B_l) / 2 \times H &= (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 1,829.1 &= 4.412\text{E}+06 \text{ mm}^2 \\
 K &= 4 \cdot F^2 / (f_d s / t) \\
 &= 4F^2 / \{ (H / \cos \Theta_L + H / \cos \Theta_R) / t_w + B_u / t_{cu} + B_l / t_l \} \\
 &= 4 \times 4,411,892.6^2 / \{ (1,829.1 + 1,829.1) / 12.0 + 2,412.0 / 46.3 + 2,412.0 / 12.0 \} &= 1.395\text{E}+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

◎ FRAME SECTION NAME 29 < G2 >



$$B_c = 4,670.0 \text{ mm}$$

$$U_1 = 120.0 \text{ mm}$$

$$U_2 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$U_{L2} = 1,200.0 \text{ mm}$$

$$U_{R2} = 1,200.0 \text{ mm}$$

$$U_3 = 0.0 \text{ mm}$$

$$U_{L3} = 1,100.0 \text{ mm}$$

$$U_{R3} = 1,170.0 \text{ mm}$$

$$B_1 = 120.0 \text{ mm}$$

$$B_2 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$B_3 = 2,640.0 \text{ mm}$$

$$T_c = 240.0 \text{ mm}$$

$$T_h = 50.0 \text{ mm}$$

$$h = 1,800.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구분	규격	AS(mm ²)	Y(mm)	AS·Y(mm ³)	AS·Y ² (mm ⁴)	I _{xo} (mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	906.0	2.870E+07	2.600E+10	3.802E+05
UPPER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	825.0	8.663E+06	7.147E+09	1.969E+07
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-825.0	-8.663E+06	7.147E+09	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 16.0	42,240.0	-908.0	-3.835E+07	3.483E+10	9.011E+05
합계		138,120.0	-	-9.652E+06	7.512E+10	1.170E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	$AS(mm^2)$	$X(mm)$	$AS \cdot X(mm^3)$	$AS \cdot X^2(mm^4)$	$I_{yo}(mm^4)$
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 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-1,206.0	-2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	1,206.0	2.605E+07	3.142E+10	2.592E+05
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 16.0	42,240.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	2.453E+10
합 계		138,120.0	-	0.000E+00	6.955E+10	4.293E+10

① 합성후 단면

$$Ac = Bc \times Tc = 4,670.0 \times 240.0 = 1.121E+06 \text{ mm}^2$$

$$Av = \sum AS + Ac / N = 138,120.0 + 1,120,800.0 / 7.0 = 2.982E+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = Bc \times Tc^3 / 12 = 4,670.0 \times 240.0^3 / 12 = 5.380E+09 \text{ mm}^4$$

$$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + Tc/2 = 1,800.0 / 2 - 69.9 + 50.0 + 240.0 / 2 = 1,139.9 \text{ mm}$$

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum AS / Av = 1,139.9 \times 138,120.0 / 298,234.3 = 527.9 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,139.9 - 527.9 = 612.0 \text{ mm}$$

$$I_{v33} = I_{33} + I_{cx} / n + \sum AS \cdot d_{vsx}^2 + Ac / n \cdot d_{vcx}^2$$

$$= 86,152,753,534.5 + 5,379,840,000.0 / 7.0 + 138,120.0 \times 612.0^2 + 1,120,800.0 / 7.0 \times 527.9^2 = 1.833E+11 \text{ mm}^4$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = Tc \times Bc^3 / 12 = 240.0 \times 4,670.0^3 / 12 = 2.037E+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-Bc/2 = 1,200.0 + 1,170.0 - 0.0 - 4,670.0 / 2 = 35.0 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum AS / Av = 35.0 \times 138,120.0 / 298,234.3 = 16.2 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 35.0 - 16.2 = 18.8 \text{ mm}$$

$$I_{v22} = I_{22} + I_{cy} / n + \sum AS \cdot d_{vsy}^2 + Ac / n \cdot d_{vcy}^2$$

$$= 112,485,232,600.0 + 2,036,951,260,000.0 / 7.0 + 138,120.0 \times 18.8^2 + 1,120,800.0 / 7.0 \times 16.2^2 = 4.036E+11 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

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

$$tcu = tu + Tc / n = 12.0 + 240.0 / 7.0 = 46.3 \text{ mm}$$

$$H = h + tcu/2 + tl/2 = 1,800.0 + 46.3 / 2 + 16.0 / 2 = 1,831.1 \text{ mm}$$

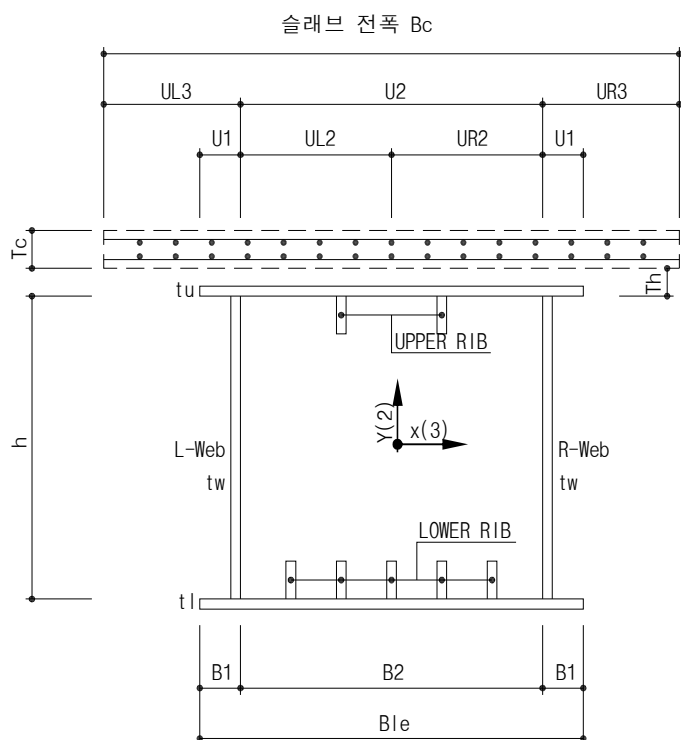
$$F = (Bu+Bl) / 2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 1,831.1 = 4.417E+06 \text{ mm}^2$$

$$K = 4 \cdot F^2 / (f ds / t)$$

$$= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tcu + Bl / tl \}$$

$$= 4 \times 4,416,716.6^2 / \{ (1,831.1 + 1,831.1) / 12.0 + 2,412.0 / 46.3 + 2,412.0 / 16.0 \} = 1.536E+11 \text{ mm}^4$$

© FRAME SECTION NAME 30 < G2 >



$$B_c = 4,670.0 \text{ mm}$$

$$U_1 = 120.0 \text{ mm}$$

$$U_2 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$UL_2 = 1,200.0 \text{ mm}$$

$$UR_2 = 1,200.0 \text{ mm}$$

$$U_3 = 0.0 \text{ mm}$$

$$UL_3 = 1,100.0 \text{ mm}$$

$$UR_3 = 1,170.0 \text{ mm}$$

$$B_1 = 120.0 \text{ mm}$$

$$B_2 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$B_3 = 2,640.0 \text{ mm}$$

$$T_c = 240.0 \text{ mm}$$

$$T_h = 50.0 \text{ mm}$$

$$h = 1,863.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구분	규격	$A_s(\text{mm}^2)$	$\bar{Y}(\text{mm})$	$A_s \cdot \bar{Y}(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot \bar{Y}^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	937.5	2.970E+07	2.784E+10	3.802E+05
UPPER RIB	2 - 150.0 × 14.0	4,200.0	856.5	3.597E+06	3.081E+09	7.875E+06
L - WEB	1 - 1,863.0 × 12.0	22,356.0	-	-	-	6.466E+09
R - WEB	1 - 1,863.0 × 12.0	22,356.0	-	-	-	6.466E+09
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-856.5	-8.993E+06	7.703E+09	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 16.0	42,240.0	-939.5	-3.968E+07	3.728E+10	9.011E+05
합계		133,332.0	-	-1.538E+07	7.591E+10	1.296E+10

Y(2)축 방향

구분	규격	$A_s(\text{mm}^2)$	$\bar{X}(\text{mm})$	$A_s \cdot \bar{X}(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot \bar{X}^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
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 - 150.0 × 14.0	4,200.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	6.860E+04
L - WEB	1 - 1,863.0 × 12.0	22,356.0	-1,206.0	-2.696E+07	3.252E+10	2.683E+05
R - WEB	1 - 1,863.0 × 12.0	22,356.0	1,206.0	2.696E+07	3.252E+10	2.683E+05
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 16.0	42,240.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	2.453E+10
합계		133,332.0	-	0.000E+00	7.175E+10	4.293E+10

① 합성후 단면

$$A_c = B_c \times T_c = 4,670.0 \times 240.0 = 1.121\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$A_v = \sum A_s + A_c / N = 133,332.0 + 1,120,800.0 / 7.0 = 2.934\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = B_c \times T_c^3 / 12 = 4,670.0 \times 240.0^3 / 12 = 5.380\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

$$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + T_c/2 = 1,863.0 / 2 - -115.4 + 50.0 + 240.0 / 2 = 1,216.9 \text{ mm}$$

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum A_s / A_v = 1,216.9 \times 133,332.0 / 293,446.3 = 552.9 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,216.9 - 552.9 = 664.0 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v33} &= I_{33} + I_{cx} / n + \sum A_s \cdot d_{vsx}^2 + A_c / n \cdot d_{vcx}^2 \\ &= 87,097,854,164.6 + 5,379,840,000.0 / 7.0 + 133,332.0 \times 664.0^2 \\ &\quad + 1,120,800.0 / 7.0 \times 552.9^2 = 1.956\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = T_c \times B_c^3 / 12 = 240.0 \times 4,670.0^3 / 12 = 2.037\text{E}+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-B_c/2 = 1,200.0 + 1,170.0 - 0.0 - 4,670.0 / 2 = 35.0 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum A_s / A_v = 35.0 \times 133,332.0 / 293,446.3 = 15.9 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 35.0 - 15.9 = 19.1 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v22} &= I_{22} + I_{cy} / n + \sum A_s \cdot d_{vsy}^2 + A_c / n \cdot d_{vcy}^2 \\ &= 114,684,255,076.0 + 2,036,951,260,000.0 / 7.0 + 133,332.0 \times 19.1^2 \\ &\quad + 1,120,800.0 / 7.0 \times 15.9^2 = 4.058\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

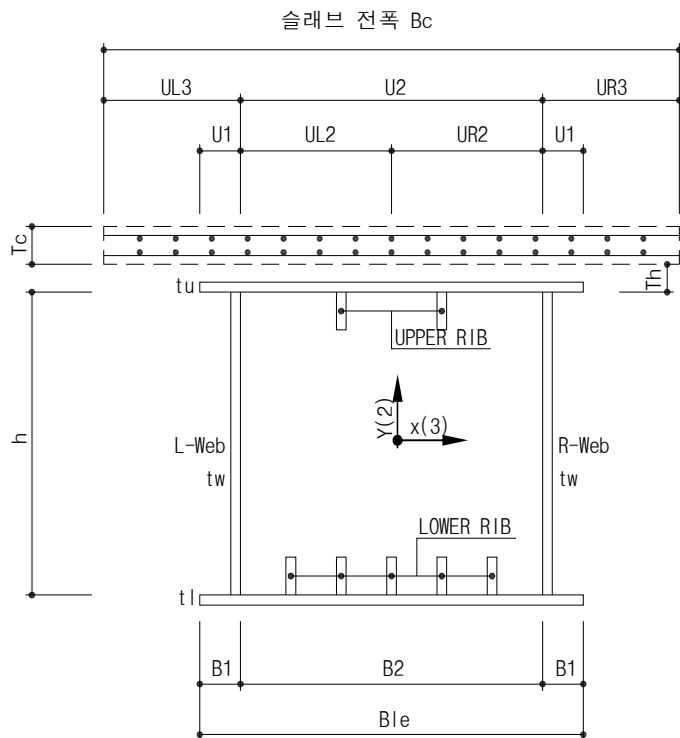
$$tcu = tu + T_c / n = 12.0 + 240.0 / 7.0 = 46.3 \text{ mm}$$

$$H = h + tcu/2 + tl/2 = 1,863.0 + 46.3 / 2 + 16.0 / 2 = 1,894.1 \text{ mm}$$

$$F = (Bu+Bl) / 2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 1,894.1 = 4.569\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} K &= 4 \cdot F^2 / (\int ds/t) \\ &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tcu + Bl / tl \} \\ &= 4 \times 4,568,672.6^2 / \{ (1,894.1 + 1,894.1) / 12.0 + 2,412.0 / 46.3 \\ &\quad + 2,412.0 / 16.0 \} = 1.610\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

© FRAME SECTION NAME 31 < G2 >



$$B_c = 4,670.0 \text{ mm}$$

$$U_1 = 120.0 \text{ mm}$$

$$U_2 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$U_{L2} = 1,200.0 \text{ mm}$$

$$U_{R2} = 1,200.0 \text{ mm}$$

$$U_3 = 0.0 \text{ mm}$$

$$U_{L3} = 1,100.0 \text{ mm}$$

$$U_{R3} = 1,170.0 \text{ mm}$$

$$B_1 = 120.0 \text{ mm}$$

$$B_2 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$B_3 = 2,640.0 \text{ mm}$$

$$T_c = 240.0 \text{ mm}$$

$$T_h = 50.0 \text{ mm}$$

$$h = 2,142.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구분	규격	$A_s(\text{mm}^2)$	$\bar{Y}(\text{mm})$	$A_s \cdot \bar{Y}(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot \bar{Y}^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 14.0	36,960.0	1,078.0	3.984E+07	4.295E+10	6.037E+05
UPPER RIB	2 - 150.0 × 14.0	4,200.0	996.0	4.183E+06	4.166E+09	7.875E+06
L - WEB	1 - 2,142.0 × 12.0	25,704.0	-	-	-	9.828E+09
R - WEB	1 - 2,142.0 × 12.0	25,704.0	-	-	-	9.828E+09
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-996.0	-1.046E+07	1.042E+10	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 18.0	47,520.0	-1,080.0	-5.132E+07	5.543E+10	1.283E+06
합계		150,588.0	-	-1.775E+07	1.130E+11	1.969E+10

Y(2)축 방향

구분	규격	$A_s(\text{mm}^2)$	$\bar{X}(\text{mm})$	$A_s \cdot \bar{X}(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot \bar{X}^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
L-UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 14.0	36,960.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	2.147E+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 - 150.0 × 14.0	4,200.0	0.0	0.000E+00	6.720E+08	6.860E+04
L - WEB	1 - 2,142.0 × 12.0	25,704.0	-1,206.0	-3.100E+07	3.738E+10	3.084E+05
R - WEB	1 - 2,142.0 × 12.0	25,704.0	1,206.0	3.100E+07	3.738E+10	3.084E+05
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 18.0	47,520.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	2.760E+10
합계		150,588.0	-	0.000E+00	7.880E+10	4.907E+10

① 합성후 단면

$$A_c = B_c \times T_c = 4,670.0 \times 240.0 = 1.121\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$A_v = \sum A_s + A_c / N = 150,588.0 + 1,120,800.0 / 7.0 = 3.107\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = B_c \times T_c^3 / 12 = 4,670.0 \times 240.0^3 / 12 = 5.380\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

$$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + T_c/2 = 2,142.0 / 2 - -117.9 + 50.0 + 240.0 / 2 = 1,358.9 \text{ mm}$$

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum A_s / A_v = 1,358.9 \times 150,588.0 / 310,702.3 = 658.6 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,358.9 - 658.6 = 700.3 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v33} &= I_{33} + I_{cx} / n + \sum A_s \cdot d_{vsx}^2 + A_c / n \cdot d_{vcx}^2 \\ &= 130,552,686,556.8 + 5,379,840,000.0 / 7.0 + 150,588.0 \times 700.3^2 \\ &\quad + 1,120,800.0 / 7.0 \times 658.6^2 = 2.746\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = T_c \times B_c^3 / 12 = 240.0 \times 4,670.0^3 / 12 = 2.037\text{E}+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-B_c/2 = 1,200.0 + 1,170.0 - 0.0 - 4,670.0 / 2 = 35.0 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum A_s / A_v = 35.0 \times 150,588.0 / 310,702.3 = 17.0 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 35.0 - 17.0 = 18.0 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v22} &= I_{22} + I_{cy} / n + \sum A_s \cdot d_{vsy}^2 + A_c / n \cdot d_{vcy}^2 \\ &= 127,868,486,884.0 + 2,036,951,260,000.0 / 7.0 + 150,588.0 \times 18.0^2 \\ &\quad + 1,120,800.0 / 7.0 \times 17.0^2 = 4.190\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

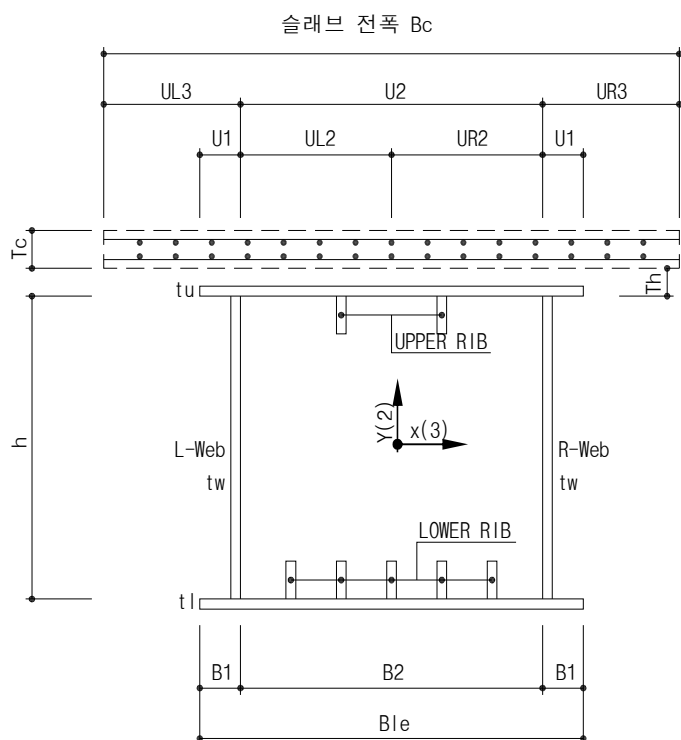
$$tcu = tu + T_c / n = 14.0 + 240.0 / 7.0 = 48.3 \text{ mm}$$

$$H = h + tcu/2 + tl/2 = 2,142.0 + 48.3 / 2 + 18.0 / 2 = 2,175.1 \text{ mm}$$

$$F = (Bu+Bl) / 2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 2,175.1 = 5.246\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} K &= 4 \cdot F^2 / (\int ds/t) \\ &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tcu + Bl / tl \} \\ &= 4 \times 5,246,444.6^2 / \{ (2,175.1 + 2,175.1) / 12.0 + 2,412.0 / 48.3 \\ &\quad + 2,412.0 / 18.0 \} = 2.015\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

© FRAME SECTION NAME 32 < G2 >



$$Bc = 4,670.0 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

$$UL3 = 1,100.0 \text{ mm}$$

$$UR3 = 1,170.0 \text{ mm}$$

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

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

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

$$Tc = 240.0 \text{ mm}$$

$$Th = 50.0 \text{ mm}$$

$$h = 2,500.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구분	규격	AS(mm ²)	Y'(mm)	AS·Y'(mm ³)	AS·Y' ² (mm ⁴)	I _{xo} (mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 14.0	36,960.0	1,257.0	4.646E+07	5.840E+10	6.037E+05
UPPER RIB	2 - 150.0 × 14.0	4,200.0	1,175.0	4.935E+06	5.799E+09	7.875E+06
L - WEB	1 - 2,500.0 × 14.0	35,000.0	-	-	-	1.823E+10
R - WEB	1 - 2,500.0 × 14.0	35,000.0	-	-	-	1.823E+10
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-1,175.0	-1.234E+07	1.450E+10	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 18.0	47,520.0	-1,259.0	-5.983E+07	7.532E+10	1.283E+06
합계		169,180.0	-	-2.077E+07	1.540E+11	3.649E+10

Y(2)축 방향

구분	규격	AS(mm ²)	X'(mm)	AS·X'(mm ³)	AS·X' ² (mm ⁴)	I _{yo} (mm ⁴)
L-UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 14.0	36,960.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	2.147E+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 - 150.0 × 14.0	4,200.0	0.0	0.000E+00	6.720E+08	6.860E+04
L - WEB	1 - 2,500.0 × 14.0	35,000.0	-1,207.0	-4.225E+07	5.099E+10	5.717E+05
R - WEB	1 - 2,500.0 × 14.0	35,000.0	1,207.0	4.225E+07	5.099E+10	5.717E+05
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	0.0	0.000E+00	3.360E+09	1.715E+05
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 18.0	47,520.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	2.760E+10
합계		169,180.0	-	0.000E+00	1.060E+11	4.907E+10

① 합성 후 단면

$$A_c = B_c \times T_c = 4,670.0 \times 240.0 = 1.121\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$A_v = \sum A_s + A_c / N = 169,180.0 + 1,120,800.0 / 7.0 = 3.293\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = B_c \times T_c^3 / 12 = 4,670.0 \times 240.0^3 / 12 = 5.380\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

$$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + T_c/2 = 2,500.0 / 2 - -122.8 + 50.0 + 240.0 / 2 = 1,542.8 \text{ mm}$$

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum A_s / A_v = 1,542.8 \times 169,180.0 / 329,294.3 = 792.6 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,542.8 - 792.6 = 750.2 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v33} &= I_{33} + I_{cx} / n + \sum A_s \cdot d_{vsx}^2 + A_c / n \cdot d_{vcx}^2 \\ &= 187,954,366,881.2 + 5,379,840,000.0 / 7.0 + 169,180.0 \times 750.2^2 \\ &\quad + 1,120,800.0 / 7.0 \times 792.6^2 = 3.845\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = T_c \times B_c^3 / 12 = 240.0 \times 4,670.0^3 / 12 = 2.037\text{E}+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-B_c/2 = 1,200.0 + 1,170.0 - 0.0 - 4,670.0 / 2 = 35.0 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum A_s / A_v = 35.0 \times 169,180.0 / 329,294.3 = 18.0 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 35.0 - 18.0 = 17.0 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v22} &= I_{22} + I_{cy} / n + \sum A_s \cdot d_{vsy}^2 + A_c / n \cdot d_{vcy}^2 \\ &= 155,078,797,433.3 + 2,036,951,260,000.0 / 7.0 + 169,180.0 \times 17.0^2 \\ &\quad + 1,120,800.0 / 7.0 \times 18.0^2 = 4.462\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

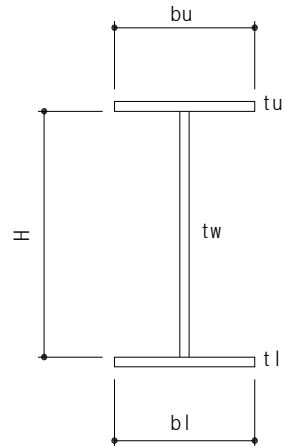
$$tcu = tu + T_c / n = 14.0 + 240.0 / 7.0 = 48.3 \text{ mm}$$

$$H = h + tcu/2 + tl/2 = 2,500.0 + 48.3 / 2 + 18.0 / 2 = 2,533.1 \text{ mm}$$

$$F = (Bu+Bl) / 2 \times H = (2,414.0 + 2,414.0) / 2 \times 2,533.1 = 6.115\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} K &= 4 \cdot F^2 / (\int ds/t) \\ &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tcu + Bl / tl \} \\ &= 4 \times 6,115,006.9^2 / \{ (2,533.1 + 2,533.1) / 14.0 + 2,414.0 / 48.3 \\ &\quad + 2,414.0 / 18.0 \} = 2.740\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

◎ 가로보 단면 < 1 >



bu	=	300.0	mm
bl	=	300.0	mm
H	=	1,000.0	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	506.0	1.822E+06	9.217E+08	4.320E+04
WEB	1 - 1,000.0 × 12.0	12,000.0	-	-	-	1.000E+09
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-506.0	-1.822E+06	9.217E+08	4.320E+04
합 계		19,200.0	-	0.000E+00	1.843E+09	1.000E+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 - 1,000.0 × 12.0	12,000.0	-	-	-	1.440E+05
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
합 계		19,200.0	-	-	-	5.414E+07

$$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 1,843,459,200.0 + 1,000,086,400.0 = 2.844\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 0.0 + 54,144,000.0 = 5.414\text{E}+07 \text{ mm}^4$$

※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

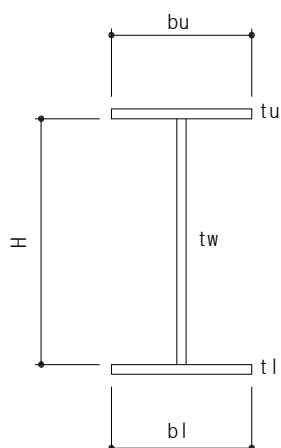
- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

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

$$= (300.0 \times 12.0^3 + 1,000.0 \times 12.0^3 + 300.0 \times 12.0^3) / 3 = 9.216\text{E}+05 \text{ mm}^4$$

◎ 가로보 단면 < 2 >



bu	=	300.0	mm
bl	=	300.0	mm
H	=	1,100.0	mm
tu	=	12.0	mm
tw	=	12.0	mm
tl	=	12.0	mm

X(3)축 방향

구 분	구 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	556.0	2.002E+06	1.113E+09	4.320E+04
WEB	1 - 1,100.0 × 12.0	13,200.0	-	-	-	1.331E+09
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-556.0	-2.002E+06	1.113E+09	4.320E+04
합 계		20,400.0	-	0.000E+00	2.226E+09	1.331E+09

Y(2)축 방향

구 분	구 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 - 1,100.0 × 12.0	13,200.0	-	-	-	1.584E+05
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
합 계		20,400.0	-	-	-	5.416E+07

$$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 2,225,779,200.0 + 1,331,086,400.0 = 3.557\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 0.0 + 54,158,400.0 = 5.416\text{E}+07 \text{ mm}^4$$

※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

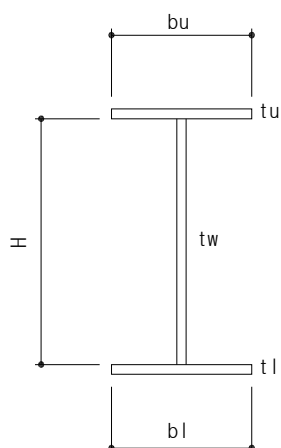
- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

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

$$= (300.0 \times 12.0^3 + 1,100.0 \times 12.0^3 + 300.0 \times 12.0^3) / 3 = 9.792\text{E}+05 \text{ mm}^4$$

◎ 가로보 단면 < 3 >



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	구 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	구 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

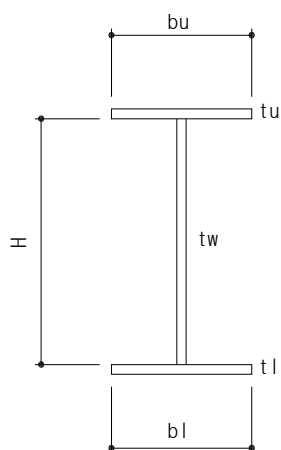
- 비틀림 강성

(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 < 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	구 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	구 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)

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

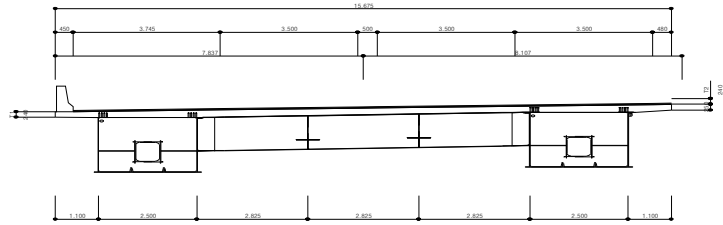
$$= (300.0 \times 12.0^3 + 1,500.0 \times 12.0^3 + 300.0 \times 12.0^3) / 3 = 1.210E+06 \text{ mm}^4$$

4.3 작용하중의 산정

가. 횡방향 하중분배

1) 합성전 고정하중(슬래브 자중)

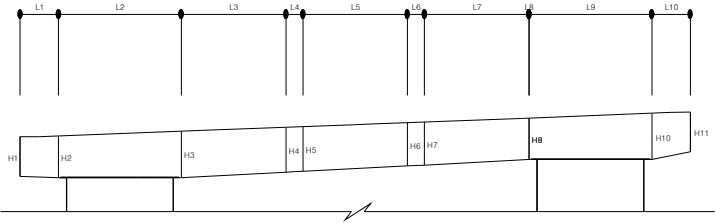
(1) 슬래브자중(STA. 0K+564.420)



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	-6.000	0.830	-7.250	분포하중
W2	1	0.830	-7.250	0.880	-7.250	분포하중
W3	1	0.880	-7.250	1.000	-7.250	분포하중
W4	2	0.000	-7.250	2.400	-7.250	분포하중
W5	3	0.000	-7.250	0.120	-7.250	분포하중
W6	3	0.120	-7.250	0.170	-7.250	분포하중
W7	3	0.170	-7.250	0.300	-6.000	분포하중
W8	3	0.300	-6.000	1.852	-6.000	분포하중
W9	3	1.852	-6.000	2.030	-7.250	분포하중
W10	3	2.030	-7.250	2.080	-7.250	분포하중
W11	3	2.080	-7.250	2.200	-7.250	분포하중
W12	4	0.000	-7.250	2.400	-7.250	분포하중
W13	5	0.000	-7.250	0.120	-7.250	분포하중
W14	5	0.120	-7.250	0.170	-7.250	분포하중
W15	5	0.170	-7.250	1.170	-6.000	분포하중

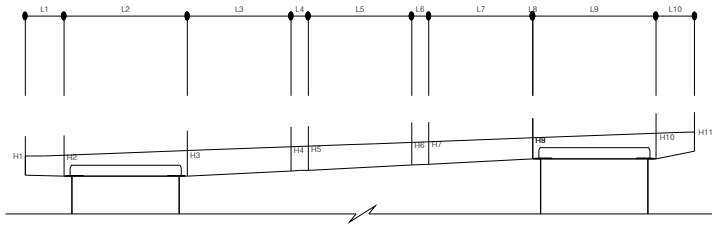
2) 합성후 고정하중

(1) 방호벽(STA. 0K+564.420)



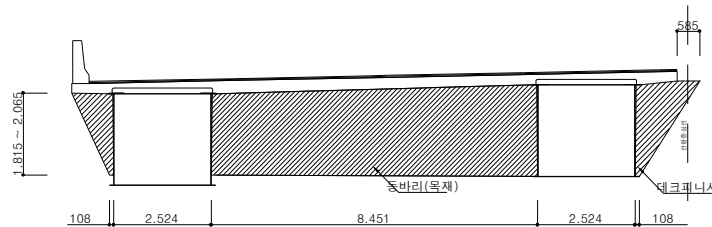
하중명	재 하부재	작용하중 좌측 제원		작용하중 우측 제원		하중종류
		위치 (m)	하중(kN/m ²)	위치 (m)	하중(kN/m ²)	
P1	1	0.185	-9.839	-	-	집중하중
P2	5	0.897	-12.513	-	-	집중하중

(2) 방음벽(우)(STA. 0K+564.420)



하중명	재하부재	작용하중 좌측 제원		작용하중 우측 제원		하중종류
		위치 (m)	하중 (kN/m ²)	위치 (m)	하중 (kN/m ²)	
P1	5	0.940	-1.000	-	-	집중하중

(3) 아스콘(STA. 0K+564.420)



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	2.200	-1.175	분포하중
W6	4	0.000	-1.175	2.400	-1.175	분포하중
W7	5	0.000	-1.175	0.550	-1.175	분포하중

3) 활하중

연석간의 교폭 $W_c = 8.100$ m (STA. 0K+564.420)

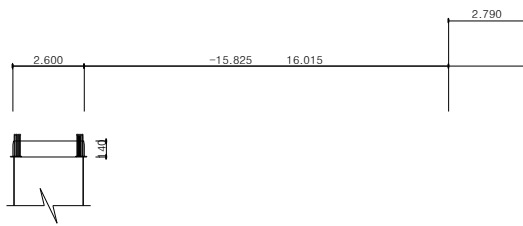
∴ 설계 차로수 $N = 2$ (도.설 2.1.3)

설계 차로폭 $W = W_c / N = 8.100 / 2 = 4.050 > 3.6$ m ⇒ $W = 3.600$ m

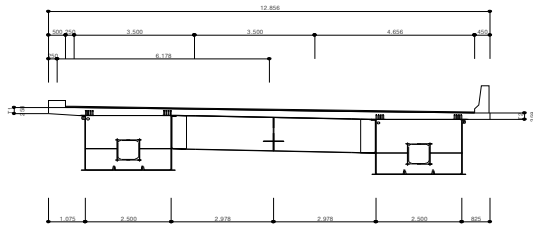
곡선교와 같이 차량의 편심재하에 대한 설계가 중요한 교량에서는 표준차로폭이나 설계차로폭에 관계없이 DB하중이나 DL하중을 표준점유폭인 3m마다 연속시켜서 설계차선수 이내로 최대의 편심효과가 일어날 수 있도록 재하한다.

설계차로폭 $W = 3.0$ m

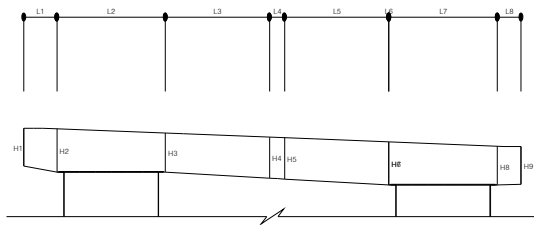
< G1 Max DB 1선 >



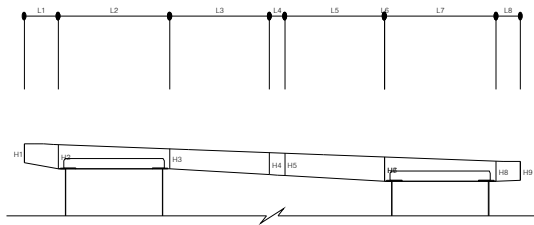
< G1 Max DB 2선 >



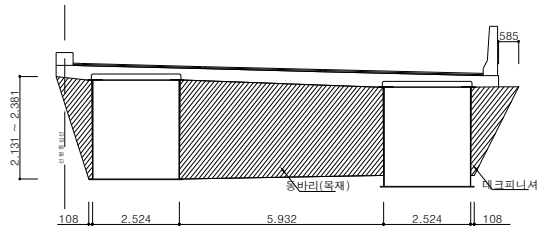
< G2 Max DB 1선 >



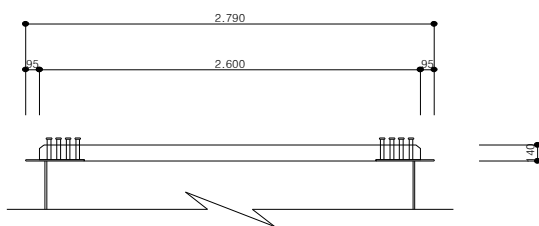
< G2 Max DB 2선 >



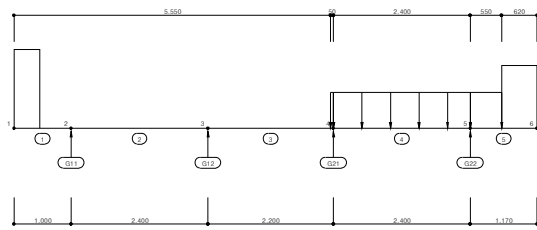
< G1 Max DL 1선 >



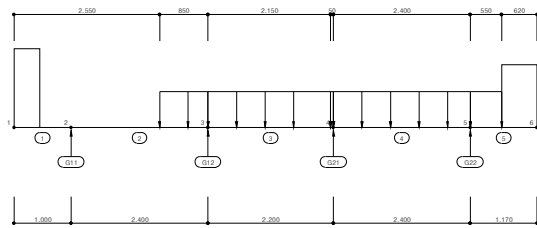
< G1 Max DL 2선 >



< G2 Max DL 1선 >



< G2 Max DL 2선 >



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)

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

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

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

5) 활하중 충격계수 (도.설 2.1.4)

지간장 (L) = 39.450 + 40.000 + 60.000 + 39.450 m

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

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

◁ 제1 지간

$$i = \frac{15}{40 + 39.45} = 0.189 < 0.3 \Rightarrow 0.189$$

◁ 제2 지간

$$i = \frac{15}{40 + 40} = 0.188 < 0.3 \Rightarrow 0.188$$

◁ 제3 지간

$$i = \frac{15}{40 + 60} = 0.150 < 0.3 \Rightarrow 0.150$$

◁ 제4 지간

$$i = \frac{15}{40 + 39.45} = 0.189 < 0.3 \Rightarrow 0.189$$

◁ 제1 내부지점

$$i = \frac{15}{40 + (39.450 + 40.000) / 2} = 0.188 < 0.3 \Rightarrow 0.188$$

◁ 제2 내부지점

$$i = \frac{15}{40 + (40.000 + 60.000) / 2} = 0.167 < 0.3 \Rightarrow 0.167$$

◁ 제3 내부지점

$$i = \frac{15}{40 + (60.000 + 39.450) / 2} = 0.167 < 0.3 \Rightarrow 0.167$$

∴ 계산된 충격계수 중 가장 큰 0.189 를 적용함.

6) 풍하중 (도.설 2.1.11)

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

< P6 - 위치 : Sta 0+549.97 >

- 좌측 캔틸레버부

교량 폭원 (B) = 9.170 m

교량 총높이 (D) = 거더높이 + SLAB두께 + 방음벽높이 =

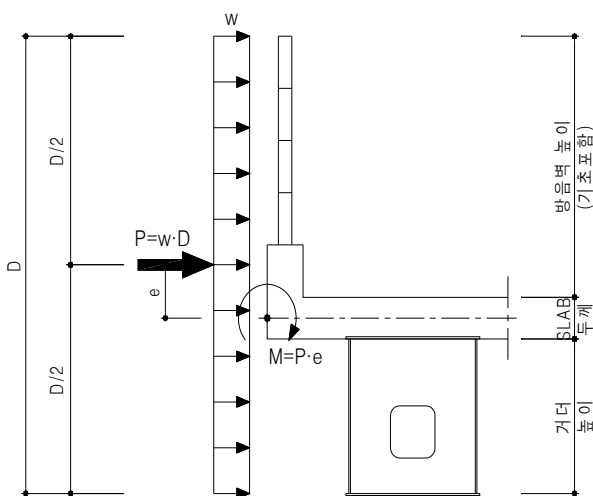
$$= 1.800 + 0.290 + 1.320 = 3.410 \text{ m}$$

$$B / D = 9.170 / 3.410 = 2.689$$

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

$$P = [4.0 - 0.2 (9.170 / 3.410)] \times 3.410 = 11.8 \text{ kN/m} \geq 6.0 \text{ kN/m}$$

(외측 ⇒ 내측 풍하중 재하시)



$$p = 11.806 \text{ kN/m}$$

$$w = 3462.2 \text{ N/m}^2$$

$$e = -0.240 \text{ m}$$

$$M = -2.833 \text{ N} \cdot \text{m/m}$$

- 우측 캔틸레버부

교량 폭원 (B) = 9.170 m

교량 총높이 (D) = 거더높이 + SLAB두께 + 방음벽높이 =

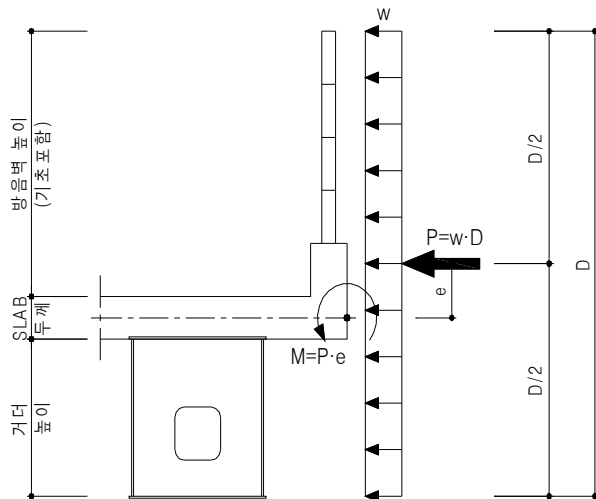
$$= 1.800 + 0.290 + 2.000 = 4.090 \text{ m}$$

$$B / D = 9.170 / 4.090 = 2.242$$

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

$$P = [4.0 - 0.2 (9.170 / 4.090)] \times 4.090 = 14.5 \text{ kN/m} \geq 6.0 \text{ kN/m}$$

(외측 ⇒ 내측 풍하중 재하시)



$$p = 14.526 \text{ kN/m}$$

$$w = 3551.6 \text{ N/m}^2$$

$$e = 0.100 \text{ m}$$

$$M = 1.453 \text{ N} \cdot \text{m/m}$$

< P7 - 위치 : Sta 0+589.42 >

- 좌측 캔틸레버부

교량 폭원 (B) = 9.170 m

교량 총높이 (D) = 거더높이 + SLAB두께 + 방음벽높이 =

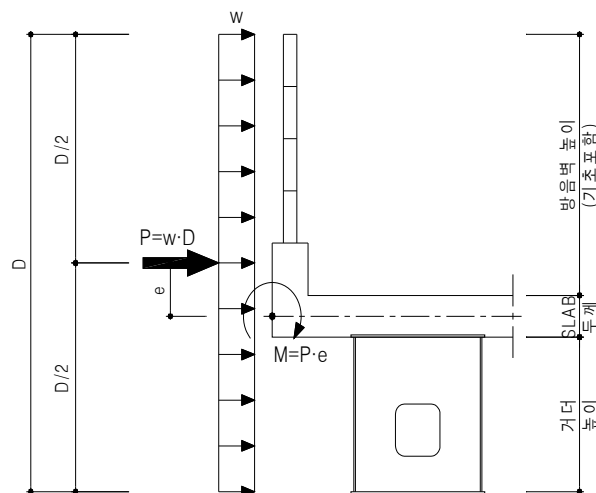
$$= 1.800 + 0.290 + 1.320 = 3.410 \text{ m}$$

$$B / D = 9.170 / 3.410 = 2.689$$

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

$$P = [4.0 - 0.2 (9.170 / 3.410)] \times 3.410 = 11.8 \text{ kN/m} \geq 6.0 \text{ kN/m}$$

(외측 ⇒ 내측 풍하중 재하시)



$$p = 11.806 \text{ kN/m}$$

$$w = 3462.2 \text{ N/m}^2$$

$$e = -0.240 \text{ m}$$

$$M = -2.833 \text{ N} \cdot \text{m/m}$$

- 우측 캔틸레버부

교량 폭원 (B) = 9.170 m

교량 총높이 (D) = 거더높이 + SLAB두께 + 방음벽높이 =

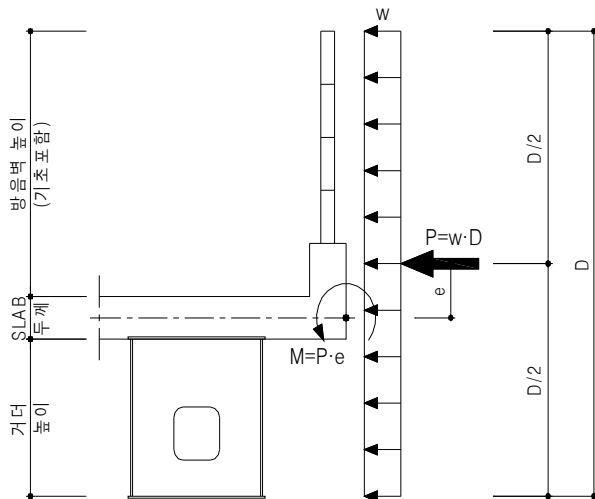
$$= 1.800 + 0.290 + 2.000 = 4.090 \text{ m}$$

$$B / D = 9.170 / 4.090 = 2.242$$

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

$$P = [4.0 - 0.2 (9.170 / 4.090)] \times 4.090 = 14.5 \text{ kN/m} \geq 6.0 \text{ kN/m}$$

(외측 ⇒ 내측 풍하중 재하시)



$$p = 14.526 \text{ kN/m}$$

$$w = 3551.6 \text{ N/m}^2$$

$$e = 0.100 \text{ m}$$

$$M = 1.453 \text{ N} \cdot \text{m/m}$$

< P8 - 위치 : Sta 0+629.42 >

- 좌측 캔틸레버부

교량 폭원 (B) = 9.170 m

교량 총높이 (D) = 거더높이 + SLAB두께 + 방음벽높이 =

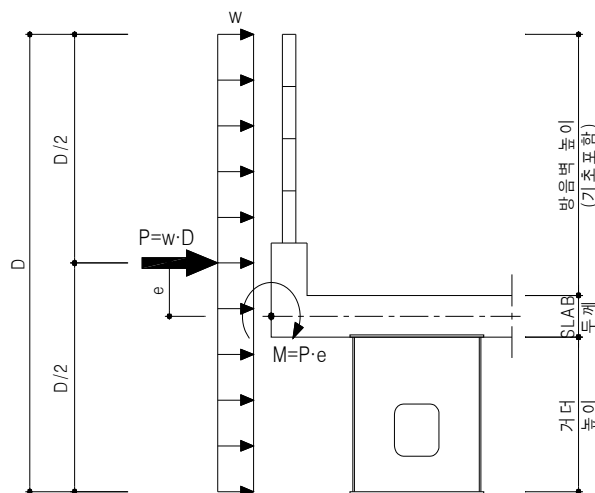
$$= 2.500 + 0.290 + 1.320 = 4.110 \text{ m}$$

$$B / D = 9.170 / 4.110 = 2.231$$

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

$$P = [4.0 - 0.2 (9.170 / 4.110)] \times 4.110 = 14.6 \text{ kN/m} \geq 6.0 \text{ kN/m}$$

(외측 ⇒ 내측 풍하중 재하시)



$$p = 14.606 \text{ kN/m}$$

$$w = 3553.8 \text{ N/m}^2$$

$$e = -0.590 \text{ m}$$

$$M = -8.618 \text{ N} \cdot \text{m/m}$$

- 우측 캔틸레버부

교량 폭원 (B) = 9.170 m

교량 총높이 (D) = 거더높이 + SLAB두께 + 방음벽높이 =

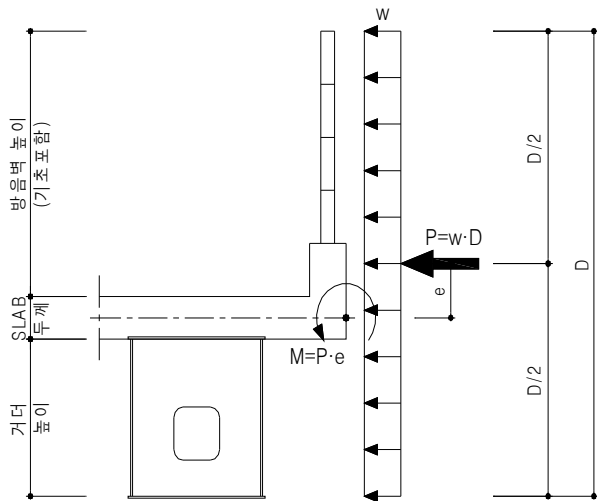
$$= 2.500 + 0.290 + 2.000 = 4.790 \text{ m}$$

$$B / D = 9.170 / 4.790 = 1.914$$

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

$$P = [4.0 - 0.2 (9.170 / 4.790)] \times 4.790 = 17.3 \text{ kN/m} \geq 6.0 \text{ kN/m}$$

(외측 ⇒ 내측 풍하중 재하시)



$$p = 17.326 \text{ kN/m}$$

$$w = 3617.1 \text{ N/m}^2$$

$$e = -0.250 \text{ m}$$

$$M = -4.332 \text{ N} \cdot \text{m/m}$$

< P9 - 위치 : Sta 0+689.42 >

- 좌측 캔틸레버부

교량 폭원 (B) = 9.170 m

교량 총높이 (D) = 거더높이 + SLAB두께 + 방음벽높이 =

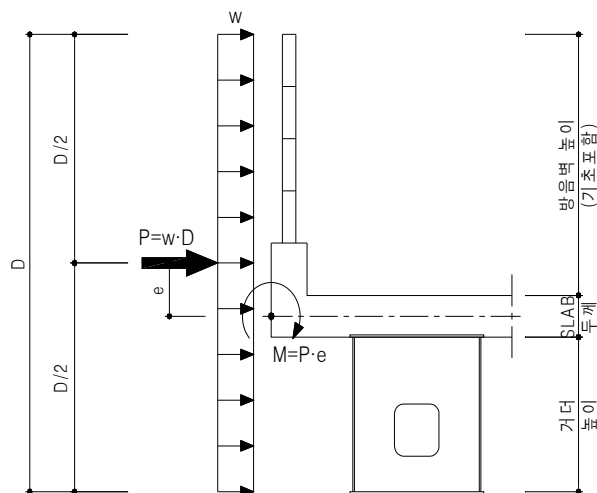
$$= 2.500 + 0.290 + 1.320 = 4.110 \text{ m}$$

$$B / D = 9.170 / 4.110 = 2.231$$

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

$$P = [4.0 - 0.2 (9.170 / 4.110)] \times 4.110 = 14.6 \text{ kN/m} \geq 6.0 \text{ kN/m}$$

(외측 ⇒ 내측 풍하중 재하시)



$$p = 14.606 \text{ kN/m}$$

$$w = 3553.8 \text{ N/m}^2$$

$$e = -0.590 \text{ m}$$

$$M = -8.618 \text{ N} \cdot \text{m/m}$$

- 우측 캔틸레버부

교량 폭원 (B) = 9.170 m

교량 총높이 (D) = 거더높이 + SLAB두께 + 방음벽높이 =

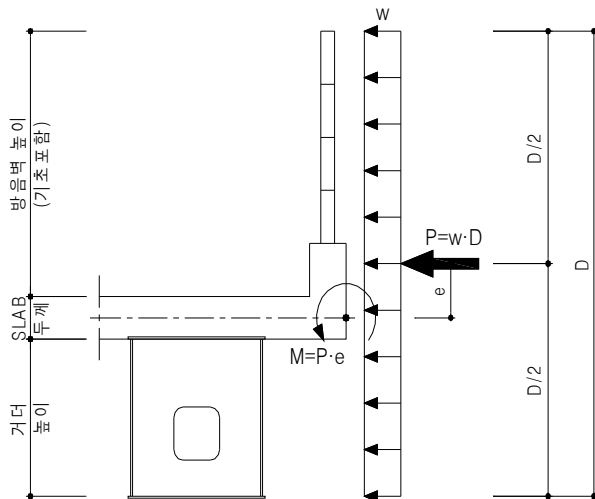
$$= 2.500 + 0.290 + 2.000 = 4.790 \text{ m}$$

$$B / D = 9.170 / 4.790 = 1.914$$

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

$$P = [4.0 - 0.2 (9.170 / 4.790)] \times 4.790 = 17.3 \text{ kN/m} \geq 6.0 \text{ kN/m}$$

(외측 ⇒ 내측 풍하중 재하시)



$$p = 17.326 \text{ kN/m}$$

$$w = 3617.1 \text{ N/m}^2$$

$$e = -0.250 \text{ m}$$

$$M = -4.332 \text{ N} \cdot \text{m/m}$$

< A2 - 위치 : Sta 0+728.87 >

- 좌측 캔틸레버부

교량 폭원 (B) = 9.170 m

교량 총높이 (D) = 거더높이 + SLAB두께 + 방음벽높이 =

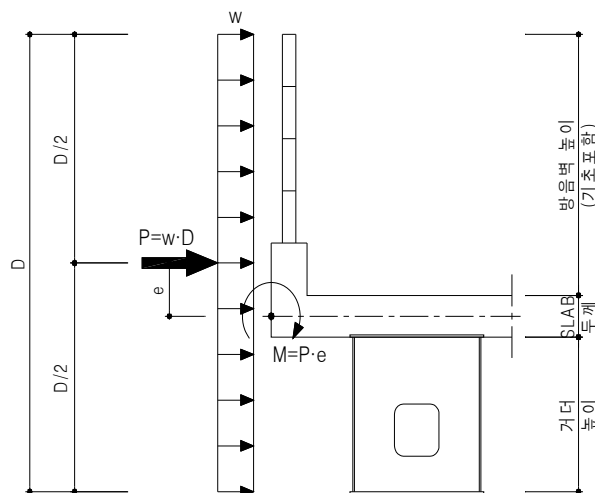
$$= 1.800 + 0.290 + 1.320 = 3.410 \text{ m}$$

$$B / D = 9.170 / 3.410 = 2.689$$

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

$$P = [4.0 - 0.2 (9.170 / 3.410)] \times 3.410 = 11.8 \text{ kN/m} \geq 6.0 \text{ kN/m}$$

(외측 ⇒ 내측 풍하중 재하시)



$$p = 11.806 \text{ kN/m}$$

$$w = 3462.2 \text{ N/m}^2$$

$$e = -0.240 \text{ m}$$

$$M = -2.833 \text{ N} \cdot \text{m/m}$$

- 우측 캔틸레버부

교량 폭원 (B) = 9.170 m

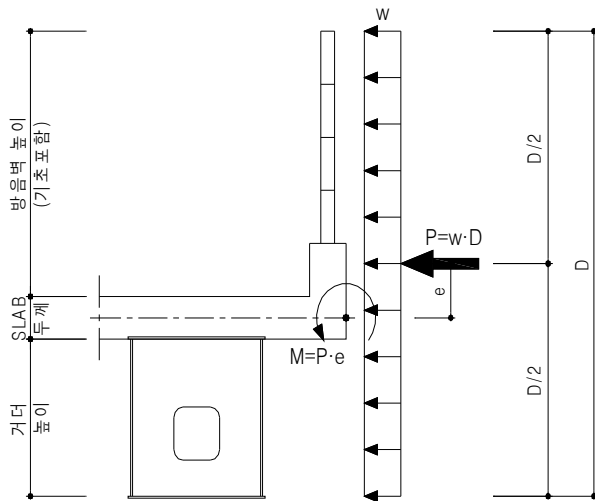
교량 총높이 (D) = 거더높이 + SLAB두께 + 방음벽높이 =
= 1.800 + 0.290 + 2.000 = 4.090 m

B / D = 9.170 / 4.090 = 2.242

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

$P = [4.0 - 0.2 (9.170 / 4.090)] \times 4.090 = 14.5 \text{ kN/m} \geq 6.0 \text{ kN/m}$

(외측 ⇒ 내측 풍하중 재하시)



$p = 14.526 \text{ kN/m}$
 $w = 3551.6 \text{ N/m}^2$
 $e = 0.100 \text{ m}$
 $M = 1.453 \text{ N} \cdot \text{m/m}$

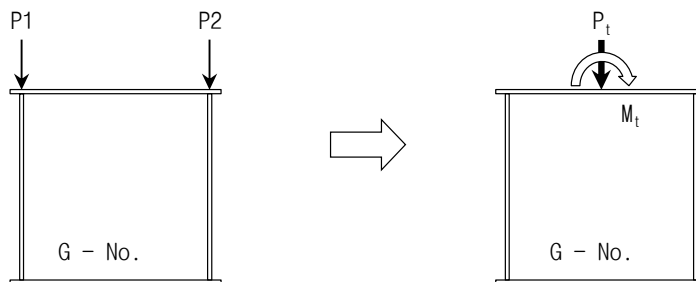
나. 주형별 작용 하중

1) 강재자중 - 각종 보강재 및 현장이음재 등의 부부재 하중으로 주부재자중 42.708 % 할증적용

$$\text{총강재중량} / \text{모델링 강재중량} = 5212.760 \text{ kN} / 3652.750 \text{ kN} = 1.42708$$

- 단 면 - 1 : 0.114 m² × 78.50 kN/m³ × 1.42708 = 12.811 kN/m
- 단 면 - 2 : 0.119 m² × 78.50 kN/m³ × 1.42708 = 13.349 kN/m
- 단 면 - 3 : 0.088 m² × 78.50 kN/m³ × 1.42708 = 9.867 kN/m
- 단 면 - 4 : 0.128 m² × 78.50 kN/m³ × 1.42708 = 14.290 kN/m
- 단 면 - 5 : 0.133 m² × 78.50 kN/m³ × 1.42708 = 14.882 kN/m
- 단 면 - 6 : 0.127 m² × 78.50 kN/m³ × 1.42708 = 14.176 kN/m
- 단 면 - 7 : 0.128 m² × 78.50 kN/m³ × 1.42708 = 14.345 kN/m
- 단 면 - 8 : 0.140 m² × 78.50 kN/m³ × 1.42708 = 15.687 kN/m
- 단 면 - 9 : 0.159 m² × 78.50 kN/m³ × 1.42708 = 17.770 kN/m
- 단 면 - 10 : 0.134 m² × 78.50 kN/m³ × 1.42708 = 15.051 kN/m
- 단 면 - 11 : 0.089 m² × 78.50 kN/m³ × 1.42708 = 9.934 kN/m
- 단 면 - 12 : 0.121 m² × 78.50 kN/m³ × 1.42708 = 13.584 kN/m
- 단 면 - 13 : 0.138 m² × 78.50 kN/m³ × 1.42708 = 15.473 kN/m
- 단 면 - 14 : 0.133 m² × 78.50 kN/m³ × 1.42708 = 14.937 kN/m
- 단 면 - 15 : 0.151 m² × 78.50 kN/m³ × 1.42708 = 16.870 kN/m
- 단 면 - 16 : 0.169 m² × 78.50 kN/m³ × 1.42708 = 18.953 kN/m
- 가로보 - 1 : 0.019 m² × 78.50 kN/m³ × 1.42708 = 2.151 kN/m
- 가로보 - 2 : 0.020 m² × 78.50 kN/m³ × 1.42708 = 2.285 kN/m
- 가로보 - 3 : 0.023 m² × 78.50 kN/m³ × 1.42708 = 2.554 kN/m
- 가로보 - 4 : 0.025 m² × 78.50 kN/m³ × 1.42708 = 2.823 kN/m

2) 합성전 고정하중(Half-deck)



< Sta 0+564.42 >

거더 No.	거더폭(m)	Half-deck 자중	비 고
		Pt(kN/m)	
G - 1	2.400	8.750	
G - 2	2.400	8.750	

< Sta 0+569.42 >

거더 No.	거더폭(m)	Half-deck 자중	비 고
		Pt(kN/m)	
G - 1	2.400	8.750	
G - 2	2.400	8.750	

< Sta 0+574.42 >

거더 No.	거더폭(m)	Half-deck 자중	비 고
		Pt(kN/m)	
G - 1	2.400	8.750	
G - 2	2.400	8.750	

< Sta 0+579.42 >

거더 No.	거더폭(m)	Half-deck 자중	비 고
		Pt(kN/m)	
G - 1	2.400	8.750	
G - 2	2.400	8.750	

< Sta 0+584.42 >

거더 No.	거더폭(m)	Half-deck 자중	비 고
		Pt(kN/m)	
G - 1	2.400	8.750	
G - 2	2.400	8.750	

< Sta 0+589.42 >

거더 No.	거더폭(m)	Half-deck 자중	비 고
		Pt(kN/m)	
G - 1	2.400	8.750	
G - 2	2.400	8.750	

< Sta 0+594.42 >

거더 No.	거더폭(m)	Half-deck 자중	비 고
		Pt(kN/m)	
G - 1	2.400	8.750	
G - 2	2.400	8.750	

< Sta 0+599.42 >

거더 No.	거더폭(m)	Half-deck 자중	비 고
		Pt(kN/m)	
G - 1	2.400	8.750	
G - 2	2.400	8.750	

< Sta 0+624.42 >

거더 No.	거더폭(m)	Half-deck 자중	비 고
		Pt(kN/m)	
G - 1	2.400	8.750	
G - 2	2.400	8.750	

< Sta 0+629.42 >

거더 No.	거더폭(m)	Half-deck 자중	비 고
		Pt(kN/m)	
G - 1	2.400	8.750	
G - 2	2.400	8.750	

< Sta 0+634.42 >

거더 No.	거더폭(m)	Half-deck 자중	비 고
		Pt(kN/m)	
G - 1	2.400	8.750	
G - 2	2.400	8.750	

< Sta 0+639.42 >

거더 No.	거더폭(m)	Half-deck 자중	비 고
		Pt(kN/m)	
G - 1	2.400	8.750	
G - 2	2.400	8.750	

< Sta 0+644.42 >

거더 No.	거더폭(m)	Half-deck 자중	비 고
		Pt(kN/m)	
G - 1	2.400	8.750	
G - 2	2.400	8.750	

< Sta 0+649.42 >

거더 No.	거더폭(m)	Half-deck 자중	비 고
		Pt(kN/m)	
G - 1	2.400	8.750	
G - 2	2.400	8.750	

< Sta 0+654.42 >

거더 No.	거더폭(m)	Half-deck 자중	비 고
		Pt(kN/m)	
G - 1	2.400	8.750	
G - 2	2.400	8.750	

< Sta 0+674.42 >

거더 No.	거더폭(m)	Half-deck 자중	비 고
		Pt(kN/m)	
G - 1	2.400	8.750	
G - 2	2.400	8.750	

< Sta 0+679.42 >

거더 No.	거더폭(m)	Half-deck 자중	비 고
		Pt(kN/m)	
G - 1	2.400	8.750	
G - 2	2.400	8.750	

< Sta 0+684.42 >

거더 No.	거더폭(m)	Half-deck 자중	비 고
		Pt(kN/m)	
G - 1	2.400	8.750	
G - 2	2.400	8.750	

< Sta 0+689.42 >

거더 No.	거더폭(m)	Half-deck 자중	비 고
		Pt(kN/m)	
G - 1	2.400	8.750	
G - 2	2.400	8.750	

< Sta 0+694.42 >

거더 No.	거더폭(m)	Half-deck 자중	비 고
		Pt(kN/m)	
G - 1	2.400	8.750	
G - 2	2.400	8.750	

< Sta 0+699.42 >

거더 No.	거더폭(m)	Half-deck 자중	비 고
		Pt(kN/m)	
G - 1	2.400	8.750	
G - 2	2.400	8.750	

< Sta 0+704.42 >

거더 No.	거더폭(m)	Half-deck 자중	비 고
		Pt(kN/m)	
G - 1	2.400	8.750	
G - 2	2.400	8.750	

< Sta 0+709.42 >

거더 No.	거더폭(m)	Half-deck 자중	비 고
		Pt(kN/m)	
G - 1	2.400	8.750	
G - 2	2.400	8.750	

< Sta 0+714.42 >

거더 No.	거더폭(m)	Half-deck 자중	비 고
		Pt(kN/m)	
G - 1	2.400	8.750	
G - 2	2.400	8.750	

< Sta 0+719.42 >

거더 No.	거더폭(m)	Half-deck 자중	비 고
		Pt(kN/m)	
G - 1	2.400	8.750	
G - 2	2.400	8.750	

< Sta 0+724.42 >

거더 No.	거더폭(m)	Half-deck 자중	비 고
		Pt(kN/m)	
G - 1	2.400	8.750	
G - 2	2.400	8.750	

< Sta 0+549.97 >

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	26.536	28.391	54.927	2.226	
G - 2	2.400	26.575	29.686	56.261	3.733	

< Sta 0+554.42 >

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	15.531	15.680	31.211	0.179	
G - 2	2.400	14.676	17.318	31.994	3.170	

< Sta 0+559.42 >

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	15.531	15.679	31.210	0.178	
G - 2	2.400	14.678	17.318	31.996	3.168	

< Sta 0+564.42 >

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	15.531	15.678	31.209	0.176	
G - 2	2.400	14.680	17.318	31.998	3.166	

< Sta 0+569.42 >

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	15.531	15.677	31.208	0.175	
G - 2	2.400	14.682	17.318	32.000	3.163	

< Sta 0+574.42 >

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	15.531	15.676	31.207	0.174	
G - 2	2.400	14.684	17.317	32.001	3.160	

< Sta 0+579.42 >

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	15.531	15.675	31.206	0.173	
G - 2	2.400	14.686	17.317	32.003	3.157	

< Sta 0+584.42 >

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	15.531	15.675	31.206	0.173	
G - 2	2.400	14.688	17.317	32.005	3.155	

< Sta 0+589.42 >

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	15.531	15.674	31.205	0.172	
G - 2	2.400	14.690	17.317	32.007	3.152	

< Sta 0+594.42 >

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	15.531	15.674	31.205	0.172	
G - 2	2.400	14.690	17.317	32.007	3.152	

< Sta 0+599.42 >

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	15.531	15.674	31.205	0.172	
G - 2	2.400	14.690	17.317	32.007	3.152	

< Sta 0+604.42 >

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	15.531	15.674	31.205	0.172	
G - 2	2.400	14.690	17.317	32.007	3.152	

< Sta 0+609.42 >

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	15.531	15.674	31.205	0.172	
G - 2	2.400	14.690	17.317	32.007	3.152	

< Sta 0+614.42 >

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	15.531	15.674	31.205	0.172	
G - 2	2.400	14.690	17.317	32.007	3.152	

< Sta 0+619.42 >

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	15.531	15.674	31.205	0.172	
G - 2	2.400	14.690	17.317	32.007	3.152	

< Sta 0+624.42 >

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	15.531	15.674	31.205	0.172	
G - 2	2.400	14.690	17.317	32.007	3.152	

< Sta 0+629.42 >

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	15.531	15.674	31.205	0.172	
G - 2	2.400	14.690	17.317	32.007	3.152	

< Sta 0+634.42 >

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	15.531	15.674	31.205	0.172	
G - 2	2.400	14.690	17.317	32.007	3.152	

< Sta 0+639.42 >

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	15.531	15.674	31.205	0.172	
G - 2	2.400	14.690	17.317	32.007	3.152	

< Sta 0+644.42 >

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	15.531	15.674	31.205	0.172	
G - 2	2.400	14.690	17.317	32.007	3.152	

< Sta 0+649.42 >

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	15.531	15.674	31.205	0.172	
G - 2	2.400	14.690	17.317	32.007	3.152	

< Sta 0+654.42 >

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	15.531	15.674	31.205	0.172	
G - 2	2.400	14.690	17.317	32.007	3.152	

< Sta 0+659.42 >

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	15.531	15.674	31.205	0.172	
G - 2	2.400	14.690	17.317	32.007	3.152	

< Sta 0+664.42 >

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	15.531	15.674	31.205	0.172	
G - 2	2.400	14.690	17.317	32.007	3.152	

< Sta 0+669.42 >

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	15.531	15.674	31.205	0.172	
G - 2	2.400	14.690	17.317	32.007	3.152	

< Sta 0+674.42 >

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	15.531	15.674	31.205	0.172	
G - 2	2.400	14.690	17.317	32.007	3.152	

< Sta 0+679.42 >

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	15.531	15.674	31.205	0.172	
G - 2	2.400	14.690	17.317	32.007	3.152	

< Sta 0+684.42 >

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	15.531	15.674	31.205	0.172	
G - 2	2.400	14.690	17.317	32.007	3.152	

< Sta 0+689.42 >

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	15.531	15.674	31.205	0.172	
G - 2	2.400	14.690	17.317	32.007	3.152	

< Sta 0+694.42 >

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	15.531	15.674	31.205	0.172	
G - 2	2.400	14.690	17.317	32.007	3.152	

< Sta 0+699.42 >

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	15.531	15.674	31.205	0.172	
G - 2	2.400	14.690	17.317	32.007	3.152	

< Sta 0+704.42 >

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	15.531	15.674	31.205	0.172	
G - 2	2.400	14.690	17.317	32.007	3.152	

< Sta 0+709.42 >

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	15.531	15.674	31.205	0.172	
G - 2	2.400	14.690	17.317	32.007	3.152	

< Sta 0+714.42 >

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	15.531	15.674	31.205	0.172	
G - 2	2.400	14.690	17.317	32.007	3.152	

< Sta 0+719.42 >

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	15.531	15.674	31.205	0.172	
G - 2	2.400	14.690	17.317	32.007	3.152	

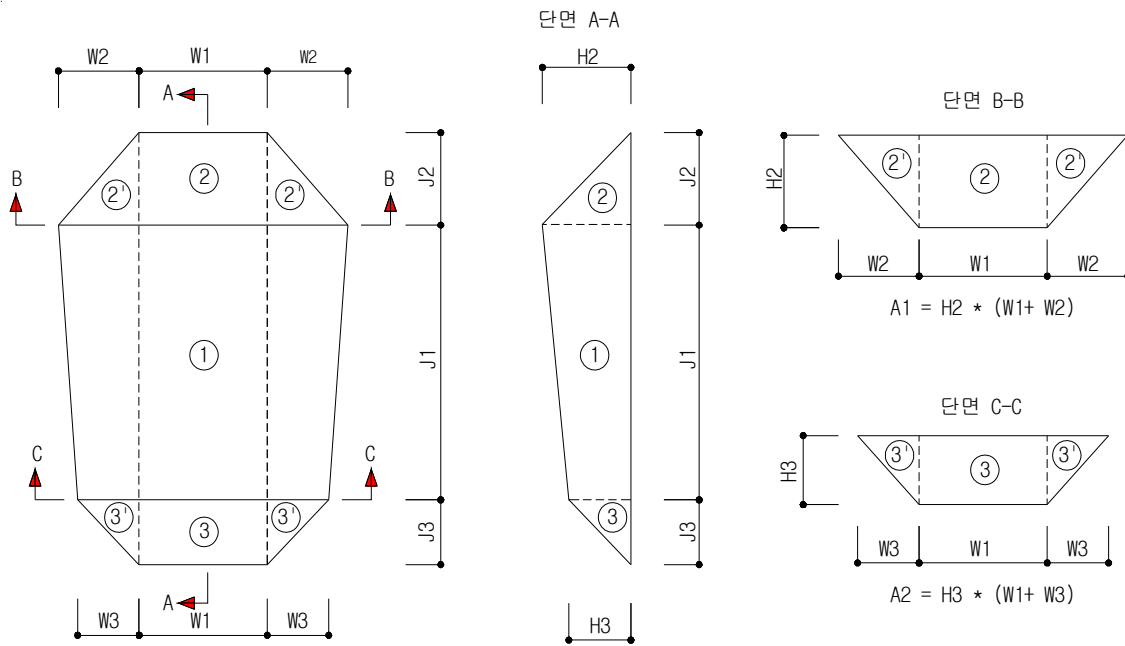
< Sta 0+724.42 >

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	15.531	15.674	31.205	0.172	
G - 2	2.400	14.690	17.317	32.007	3.152	

< Sta 0+728.87 >

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	26.536	28.391	54.927	2.226	
G - 2	2.400	26.575	29.686	56.261	3.733	

가로보 헌치 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-C2	0.400	0.150	0.150	1.555	0.134	0.170	0.038	0.038	1.712
G1-C3	0.400	0.150	0.150	1.554	0.133	0.173	0.038	0.038	1.712
G1-C4	0.400	0.150	0.150	1.552	0.131	0.177	0.038	0.038	1.712
G1-C5	0.400	0.150	0.150	1.551	0.129	0.180	0.038	0.038	1.713
G1-C6	0.400	0.150	0.150	1.549	0.128	0.183	0.038	0.038	1.714
G1-C7	0.400	0.150	0.150	1.547	0.126	0.187	0.038	0.038	1.714
G1-C8	0.400	0.150	0.150	1.544	0.125	0.191	0.038	0.038	1.715
G1-C9	0.400	0.150	0.150	1.542	0.123	0.195	0.038	0.038	1.715
G1-C10	0.400	0.150	0.150	1.542	0.123	0.195	0.038	0.038	1.716
G1-C11	0.400	0.150	0.150	1.542	0.123	0.195	0.038	0.038	1.716
G1-C12	0.400	0.150	0.150	1.542	0.123	0.195	0.038	0.038	1.716
G1-C13	0.400	0.150	0.150	1.542	0.123	0.195	0.038	0.038	1.716
G1-C14	0.400	0.150	0.150	1.542	0.123	0.195	0.038	0.038	1.716

★ 입력자료

위치	폭원(m)			길이(m)			높이(m)		가로보 길이
	W1	W2	W3	J1	J2	J3	H2	H3	
G1-C15	0.400	0.150	0.150	1.542	0.123	0.195	0.038	0.038	1.716
G1-C16	0.400	0.150	0.150	1.542	0.123	0.195	0.038	0.038	1.716
G1-C17	0.400	0.150	0.150	1.542	0.123	0.195	0.038	0.038	1.716
G1-C18	0.400	0.150	0.150	1.542	0.123	0.195	0.038	0.038	1.716
G1-C19	0.400	0.150	0.150	1.542	0.123	0.195	0.038	0.038	1.716
G1-C20	0.400	0.150	0.150	1.542	0.123	0.195	0.038	0.038	1.716
G1-C21	0.400	0.150	0.150	1.542	0.123	0.195	0.038	0.038	1.716
G1-C22	0.400	0.150	0.150	1.542	0.123	0.195	0.038	0.038	1.716
G1-C23	0.400	0.150	0.150	1.542	0.123	0.195	0.038	0.038	1.716
G1-C24	0.400	0.150	0.150	1.542	0.123	0.195	0.038	0.038	1.716
G1-C25	0.400	0.150	0.150	1.542	0.123	0.195	0.038	0.038	1.716
G1-C26	0.400	0.150	0.150	1.542	0.123	0.195	0.038	0.038	1.716
G1-C27	0.400	0.150	0.150	1.542	0.123	0.195	0.038	0.038	1.716
G1-C28	0.400	0.150	0.150	1.542	0.123	0.195	0.038	0.038	1.716
G1-C29	0.400	0.150	0.150	1.542	0.123	0.195	0.038	0.038	1.716
G1-C30	0.400	0.150	0.150	1.542	0.123	0.195	0.038	0.038	1.716
G1-C31	0.400	0.150	0.150	1.542	0.123	0.195	0.038	0.038	1.716
G1-C32	0.400	0.150	0.150	1.542	0.123	0.195	0.038	0.038	1.716
G1-C33	0.400	0.150	0.150	1.542	0.123	0.195	0.038	0.038	1.716
G1-C34	0.400	0.150	0.150	1.542	0.123	0.195	0.038	0.038	1.716
G1-C35	0.400	0.150	0.150	1.542	0.123	0.195	0.038	0.038	1.716
G1-C36	0.400	0.150	0.150	1.542	0.123	0.196	0.038	0.038	1.716
G1-C37	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

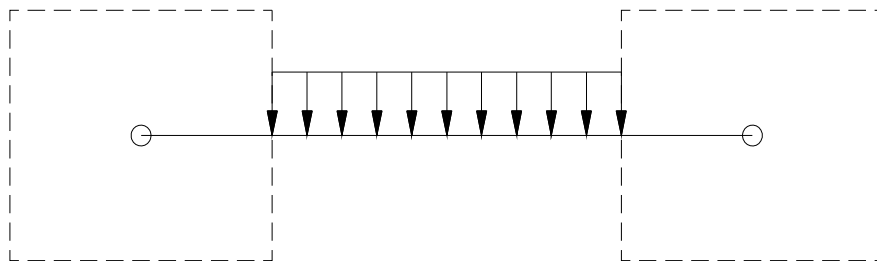
★ 계산자료

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-C2	0.033	0.001	0.002	0.035	25.000	0.517
G1-C3	0.032	0.001	0.002	0.035	25.000	0.517
G1-C4	0.032	0.001	0.002	0.035	25.000	0.516
G1-C5	0.032	0.001	0.002	0.035	25.000	0.516
G1-C6	0.032	0.001	0.002	0.035	25.000	0.515
G1-C7	0.032	0.001	0.002	0.035	25.000	0.515
G1-C8	0.032	0.001	0.002	0.035	25.000	0.514
G1-C9	0.032	0.001	0.002	0.035	25.000	0.514
G1-C10	0.032	0.001	0.002	0.035	25.000	0.514
G1-C11	0.032	0.001	0.002	0.035	25.000	0.514
G1-C12	0.032	0.001	0.002	0.035	25.000	0.514
G1-C13	0.032	0.001	0.002	0.035	25.000	0.514
G1-C14	0.032	0.001	0.002	0.035	25.000	0.514

* 계산자료

위치	체적 (m³)				단위중량 (kN/ m³)	길이당 중량 (kN/m)
	V(1)	V(2)+(2')	V(3)+(3')	Σ V		
G1-C15	0.032	0.001	0.002	0.035	25.000	0.514
G1-C16	0.032	0.001	0.002	0.035	25.000	0.514
G1-C17	0.032	0.001	0.002	0.035	25.000	0.514
G1-C18	0.032	0.001	0.002	0.035	25.000	0.514
G1-C19	0.032	0.001	0.002	0.035	25.000	0.514
G1-C20	0.032	0.001	0.002	0.035	25.000	0.514
G1-C21	0.032	0.001	0.002	0.035	25.000	0.514
G1-C22	0.032	0.001	0.002	0.035	25.000	0.514
G1-C23	0.032	0.001	0.002	0.035	25.000	0.514
G1-C24	0.032	0.001	0.002	0.035	25.000	0.514
G1-C25	0.032	0.001	0.002	0.035	25.000	0.514
G1-C26	0.032	0.001	0.002	0.035	25.000	0.514
G1-C27	0.032	0.001	0.002	0.035	25.000	0.514
G1-C28	0.032	0.001	0.002	0.035	25.000	0.514
G1-C29	0.032	0.001	0.002	0.035	25.000	0.514
G1-C30	0.032	0.001	0.002	0.035	25.000	0.514
G1-C31	0.032	0.001	0.002	0.035	25.000	0.514
G1-C32	0.032	0.001	0.002	0.035	25.000	0.514
G1-C33	0.032	0.001	0.002	0.035	25.000	0.514
G1-C34	0.032	0.001	0.002	0.035	25.000	0.514
G1-C35	0.032	0.001	0.002	0.035	25.000	0.514
G1-C36	0.032	0.001	0.002	0.035	25.000	0.514
G1-C37	0.000	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000

* 가로보 하중 작용위치



3) 합성후 고정하중

< Sta 0+549.97 >

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	15.647	-0.420	15.227	-19.280	
G - 2	2.400	-3.984	21.625	17.641	30.731	

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

거더당 작용하는 부속설비 하중 W(kN/m) = 0.5 kN/m² × 슬래브 평균폭(m) / 총거더수

$$W = 0.50 \times 9.170 / 2 = 2.293 \text{ kN/m}$$

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	1.117	1.006	2.123	-0.133	-0.062	
	G - 2	2.400	-0.145	0.021	-0.123	0.199	-1.617	
2 차선	G - 1	2.400	1.061	1.728	2.789	0.800	0.287	
	G - 2	2.400	1.177	0.034	1.211	-1.372	-1.132	

< 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	0.021	-0.145	-0.123	-0.199	1.617	
	G - 2	2.400	1.006	1.117	2.123	0.133	0.062	
2 차선	G - 1	2.400	0.034	1.177	1.211	1.372	1.132	
	G - 2	2.400	1.728	1.061	2.789	-0.800	-0.287	

< 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	1.665	1.533	3.198	-0.159	-0.050	
	G - 2	2.400	-0.233	0.034	-0.198	0.320	-1.617	
2 차선	G - 1	2.400	1.582	2.592	4.173	1.212	0.290	
	G - 2	2.400	1.795	0.032	1.827	-2.115	-1.158	

< 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	0.034	-0.233	-0.198	-0.320	1.617	
	G - 2	2.400	1.533	1.665	3.198	0.159	0.050	
2 차선	G - 1	2.400	0.032	1.795	1.827	2.115	1.158	
	G - 2	2.400	2.592	1.582	4.173	-1.212	-0.290	

- 풍하중

< P6 - 위치 : Sta. 0+549.97 >

- 방음벽풍하중 좌측(좌=>우)

LLWIND		G - 1	G - 2	단 위	
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m	
거더중심 ~ 교좌장치(P2)					
수 직 하 중	P1	-2.066	2.066	kN/m	
	P2				
	Pt	-2.066	2.066		
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m	
수 평 하 중	H	-11.806	0.000	kN/m	

- 방음벽풍하중 좌측(우=>좌)

LRWIND		G - 1	G - 2	단 위	
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m	
거더중심 ~ 교좌장치(P2)					
수 직 하 중	P1	2.348	-2.348	kN/m	
	P2				
	Pt	2.348	-2.348		
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m	
수 평 하 중	H	6.000	0.000	kN/m	

- 방음벽풍하중 우측(우=>좌)

RRWIND		G - 1	G - 2	단 위	
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m	
거더중심 ~ 교좌장치(P2)					
수 직 하 중	P1	3.616	-3.616	kN/m	
	P2				
	Pt	3.616	-3.616		
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m	
수 평 하 중	H	14.526	0.000	kN/m	

- 방음벽풍하중 우측(좌=>우)

RLWIND		G - 1	G - 2	단 위	
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m	
거더중심 ~ 교좌장치(P2)					
수 직 하 중	P1	-2.869	2.869	kN/m	
	P2				
	Pt	-2.869	2.869		
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m	
수 평 하 중	H	-6.166	0.000	kN/m	

< P7 - 위치 : Sta. 0+589.42 >

- 방음벽풍하중 좌측(좌=>우)

LLWIND		G - 1	G - 2	단 위	
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m	
거더중심 ~ 교좌장치(P2)					
수 직 하 중	P1	-2.066	2.066	kN/m	
	P2				
	Pt	-2.066	2.066		
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m	
수 평 하 중		H	-11.806	0.000	kN/m

- 방음벽풍하중 좌측(우=>좌)

LRWIND		G - 1	G - 2	단 위	
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m	
거더중심 ~ 교좌장치(P2)					
수 직 하 중	P1	2.348	-2.348	kN/m	
	P2				
	Pt	2.348	-2.348		
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m	
수 평 하 중	H	6.000	0.000	kN/m	

- 방음벽풍하중 우측(우=>좌)

RRWIND		G - 1	G - 2	단 위	
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m	
거더중심 ~ 교좌장치(P2)					
수 직 하 중	P1	3.616	-3.616	kN/m	
	P2				
	Pt	3.616	-3.616		
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m	
수 평 하 중	H	14.526	0.000	kN/m	

- 방음벽풍하중 우측(좌=>우)

RLWIND		G - 1	G - 2	단 위	
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m	
거더중심 ~ 교좌장치(P2)					
수 직 하 중	P1	-2.869	2.869	kN/m	
	P2				
	Pt	-2.869	2.869		
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m	
수 평 하 중	H	-6.166	0.000	kN/m	

< P8 - 위치 : Sta. 0+629.42 >

- 방음벽풍하중 좌측(좌=>우)

LLWIND		G - 1	G - 2	단 위	
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m	
거더중심 ~ 교좌장치(P2)					
수 직 하 중	P1	-2.556	2.556	kN/m	
	P2				
	Pt	-2.556	2.556		
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m	
수 평 하 중	H	-14.606	0.000	kN/m	

- 방음벽풍하중 좌측(우=>좌)

LRWIND		G - 1	G - 2	단 위	
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m	
거더중심 ~ 교좌장치(P2)					
수 직 하 중	P1	2.804	-2.804	kN/m	
	P2				
	Pt	2.804	-2.804		
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m	
수 평 하 중	H	6.000	0.000	kN/m	

- 방음벽풍하중 우측(우=>좌)

RRWIND		G - 1	G - 2	단 위	
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m	
거더중심 ~ 교좌장치(P2)					
수 직 하 중	P1	4.313	-4.313	kN/m	
	P2				
	Pt	4.313	-4.313		
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m	
수 평 하 중	H	17.326	0.000	kN/m	

- 방음벽풍하중 우측(좌=>우)

RLWIND		G - 1	G - 2	단 위	
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m	
거더중심 ~ 교좌장치(P2)					
수 직 하 중	P1	-3.338	3.338	kN/m	
	P2				
	Pt	-3.338	3.338		
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m	
수 평 하 중	H	-6.166	0.000	kN/m	

< P9 - 위치 : Sta. 0+689.42 >

- 방음벽풍하중 좌측(좌=>우)

LLWIND		G - 1	G - 2	단 위	
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m	
거더중심 ~ 교좌장치(P2)					
수 직 하 중	P1	-2.556	2.556	kN/m	
	P2				
	Pt	-2.556	2.556		
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m	
수 평 하 중	H	-14.606	0.000	kN/m	

- 방음벽풍하중 좌측(우=>좌)

LRWIND		G - 1	G - 2	단 위	
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m	
거더중심 ~ 교좌장치(P2)					
수 직 하 중	P1	2.804	-2.804	kN/m	
	P2				
	Pt	2.804	-2.804		
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m	
수 평 하 중	H	6.000	0.000	kN/m	

- 방음벽풍하중 우측(우=>좌)

RRWIND		G - 1	G - 2	단 위	
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m	
거더중심 ~ 교좌장치(P2)					
수 직 하 중	P1	4.313	-4.313	kN/m	
	P2				
	Pt	4.313	-4.313		
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m	
수 평 하 중	H	17.326	0.000	kN/m	

- 방음벽풍하중 우측(좌=>우)

RLWIND		G - 1	G - 2	단 위	
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m	
거더중심 ~ 교좌장치(P2)					
수 직 하 중	P1	-3.338	3.338	kN/m	
	P2				
	Pt	-3.338	3.338		
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m	
수 평 하 중	H	-6.166	0.000	kN/m	

< A2 - 위치 : Sta. 0+728.87 >

- 방음벽풍하중 좌측(좌=>우)

LLWIND		G - 1	G - 2	단 위	
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m	
거더중심 ~ 교좌장치(P2)					
수 직 하 중	P1	-2.066	2.066	kN/m	
	P2				
	Pt	-2.066	2.066		
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m	
수 평 하 중		H	-11.806	0.000	kN/m

- 방음벽풍하중 좌측(우=>좌)

LRWIND		G - 1	G - 2	단 위	
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m	
거더중심 ~ 교좌장치(P2)					
수 직 하 중	P1	2.348	-2.348	kN/m	
	P2				
	Pt	2.348	-2.348		
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m	
수 평 하 중	H	6.000	0.000	kN/m	

- 방음벽풍하중 우측(우=>좌)

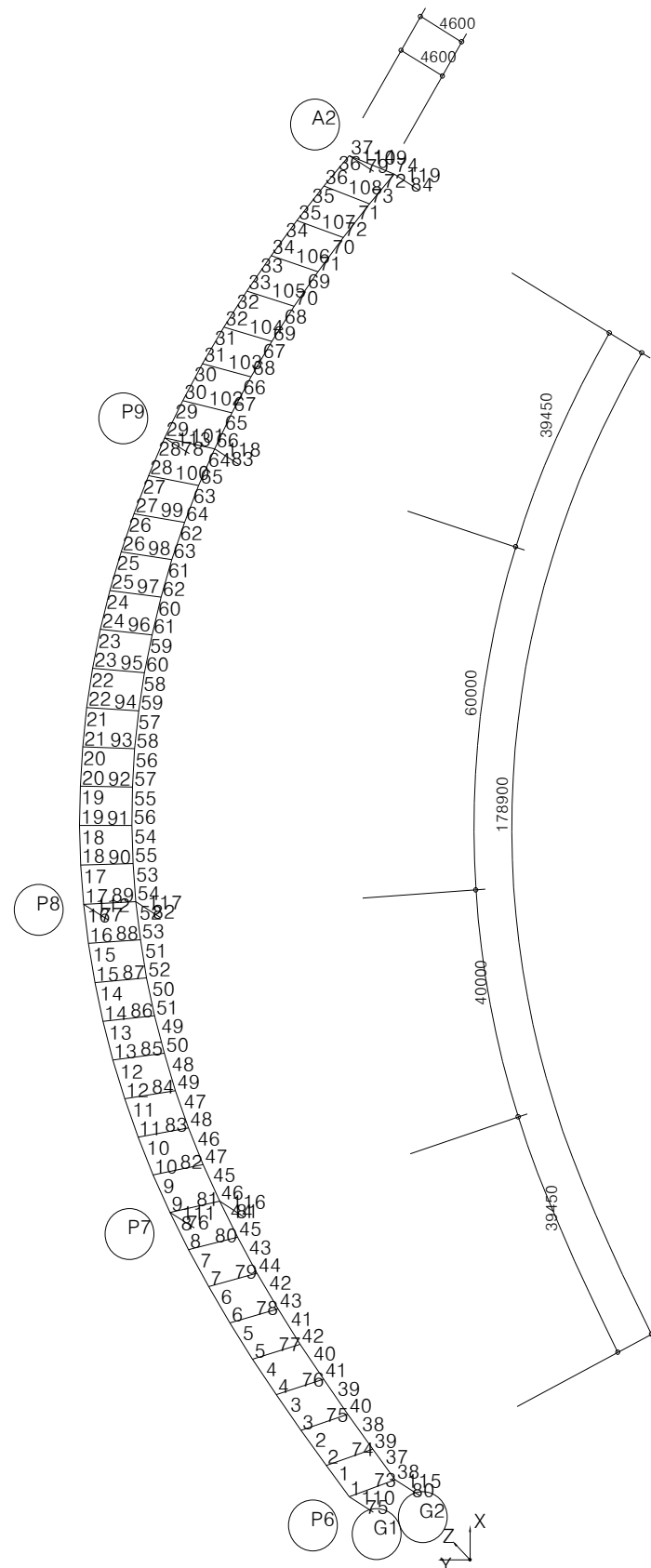
RRWIND		G - 1	G - 2	단 위	
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m	
거더중심 ~ 교좌장치(P2)					
수 직 하 중	P1	3.616	-3.616	kN/m	
	P2				
	Pt	3.616	-3.616		
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m	
수 평 하 중	H	14.526	0.000	kN/m	

- 방음벽풍하중 우측(좌=>우)

RLWIND		G - 1	G - 2	단 위	
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m	
거더중심 ~ 교좌장치(P2)					
수 직 하 중	P1	-2.869	2.869	kN/m	
	P2				
	Pt	-2.869	2.869		
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m	
수 평 하 중	H	-6.166	0.000	kN/m	

4.4 모델링 및 단면제원

1) 모델링



2) 단면 제정수

- 주형 (합성전)

구 분		A (mm ²)	I33 (mm ⁴)	I22 (mm ⁴)	K (mm ⁴)	비 고
FRM.SEC-1	합성전	1.144E+05	5.587E+10	9.611E+10	9.016E+10	
	절점번호	1, 37, 38, 74				
FRM.SEC-2	합성전	1.192E+05	7.211E+10	1.031E+11	1.085E+11	
	절점번호	2, 6, 36, 39, 43, 73				
FRM.SEC-3	합성전	1.392E+05	9.148E+10	1.171E+11	1.281E+11	
	절점번호	3, 4, 5, 34, 35, 40, 41, 42, 71, 72				
FRM.SEC-4	합성전	1.276E+05	7.801E+10	1.064E+11	1.085E+11	
	절점번호	7, 11, 12, 13, 14, 33, 44, 48, 49, 50, 51, 70				
FRM.SEC-5	합성전	1.328E+05	8.223E+10	1.094E+11	1.132E+11	
	절점번호	8, 20, 45, 57				
FRM.SEC-6	합성전	1.265E+05	7.731E+10	1.067E+11	1.132E+11	
	절점번호	9, 10, 46, 47				
FRM.SEC-7	합성전	1.281E+05	8.330E+10	1.089E+11	1.194E+11	
	절점번호	15, 52				
FRM.SEC-8	합성전	1.400E+05	1.179E+11	1.217E+11	1.521E+11	
	절점번호	16, 18, 53, 55				
FRM.SEC-9	합성전	1.586E+05	1.709E+11	1.489E+11	2.071E+11	
	절점번호	17, 54				
FRM.SEC-10	합성전	1.344E+05	8.859E+10	1.116E+11	1.194E+11	
	절점번호	19, 56				
FRM.SEC-11	합성전	1.398E+05	9.210E+10	1.172E+11	1.281E+11	
	절점번호	21, 22, 23, 25, 58, 59, 60, 62				
FRM.SEC-12	합성전	1.213E+05	7.348E+10	1.037E+11	1.085E+11	
	절점번호	24, 61				
FRM.SEC-13	합성전	1.381E+05	8.615E+10	1.125E+11	1.171E+11	
	절점번호	26, 32, 63, 69				
FRM.SEC-14	합성전	1.333E+05	8.710E+10	1.147E+11	1.234E+11	
	절점번호	27, 31, 64, 68				

- 주형 (합성전)

구 분		A (mm ²)	I33 (mm ⁴)	I22 (mm ⁴)	K (mm ⁴)	비 고
FRM.SEC-15	합성전	1.506E+05	1.306E+11	1.279E+11	1.627E+11	
	절점번호	28, 30, 65, 67				
FRM.SEC-16	합성전	1.692E+05	1.880E+11	1.551E+11	2.216E+11	
	절점번호	29, 66				

- 주형 (합성후)

구 분		A (mm ²)	I33 (mm ⁴)	I22 (mm ⁴)	K (mm ⁴)	비 고
FRM.SEC-1	합성후	3.972E+05	1.478E+11	5.736E+11	1.239E+11	
	절점번호	1, 37				
FRM.SEC-2	합성후	2.734E+05	1.445E+11	3.636E+11	1.395E+11	
	절점번호	2, 6, 36				
FRM.SEC-3	합성후	2.614E+05	1.443E+11	3.608E+11	1.400E+11	
	절점번호	3, 4, 5, 34, 35				
FRM.SEC-4	합성후	2.818E+05	1.587E+11	3.669E+11	1.395E+11	
	절점번호	7, 11, 12, 13, 14, 33				
FRM.SEC-5	합성후	2.871E+05	1.703E+11	3.700E+11	1.472E+11	
	절점번호	8, 20				
FRM.SEC-6	합성후	2.808E+05	1.699E+11	3.673E+11	1.472E+11	
	절점번호	9, 10				
FRM.SEC-7	합성후	2.823E+05	1.819E+11	3.695E+11	1.545E+11	
	절점번호	15				
FRM.SEC-8	합성후	2.943E+05	2.560E+11	3.823E+11	1.945E+11	
	절점번호	16, 18				
FRM.SEC-9	합성후	3.129E+05	3.597E+11	4.095E+11	2.645E+11	
	절점번호	17				
FRM.SEC-10	합성후	2.886E+05	1.824E+11	3.722E+11	1.545E+11	
	절점번호	19				
FRM.SEC-11	합성후	2.620E+05	1.455E+11	3.609E+11	1.400E+11	
	절점번호	21, 22, 23, 25				
FRM.SEC-12	합성후	2.755E+05	1.459E+11	3.642E+11	1.395E+11	
	절점번호	24				

- 주형 (합성후)

구 분		A (mm ²)	I33 (mm ⁴)	I22 (mm ⁴)	K (mm ⁴)	비 고
FRM.SEC-13	합성 후	2.924E+05	1.816E+11	3.730E+11	1.536E+11	
	절점번호	26, 32				
FRM.SEC-14	합성 후	2.876E+05	1.937E+11	3.752E+11	1.610E+11	
	절점번호	27, 31				
FRM.SEC-15	합성 후	3.049E+05	2.720E+11	3.884E+11	2.015E+11	
	절점번호	28, 30				
FRM.SEC-16	합성 후	3.235E+05	3.808E+11	4.156E+11	2.740E+11	
	절점번호	29				
FRM.SEC-17	합성 후	4.079E+05	1.489E+11	6.297E+11	1.239E+11	
	절점번호	38, 74				
FRM.SEC-18	합성 후	2.793E+05	1.457E+11	3.942E+11	1.395E+11	
	절점번호	39, 43, 73				
FRM.SEC-19	합성 후	2.672E+05	1.455E+11	3.914E+11	1.400E+11	
	절점번호	40, 41, 42, 71, 72				
FRM.SEC-20	합성 후	2.877E+05	1.601E+11	3.974E+11	1.395E+11	
	절점번호	44, 48, 49, 50, 51, 70				
FRM.SEC-21	합성 후	2.930E+05	1.719E+11	4.005E+11	1.472E+11	
	절점번호	45, 57				
FRM.SEC-22	합성 후	2.867E+05	1.714E+11	3.978E+11	1.472E+11	
	절점번호	46, 47				
FRM.SEC-23	합성 후	2.882E+05	1.836E+11	4.000E+11	1.545E+11	
	절점번호	52				
FRM.SEC-24	합성 후	3.001E+05	2.584E+11	4.128E+11	1.945E+11	
	절점번호	53, 55				
FRM.SEC-25	합성 후	3.187E+05	3.633E+11	4.400E+11	2.645E+11	
	절점번호	54				
FRM.SEC-26	합성 후	2.945E+05	1.841E+11	4.027E+11	1.545E+11	
	절점번호	56				
FRM.SEC-27	합성 후	2.678E+05	1.468E+11	3.915E+11	1.400E+11	
	절점번호	58, 59, 60, 62				

- 주형 (합성후)

구 분		A (mm ²)	I33 (mm ⁴)	I22 (mm ⁴)	K (mm ⁴)	비 고
FRM.SEC-28	합성후	2.814E+05	1.470E+11	3.947E+11	1.395E+11	
	절점번호	61				
FRM.SEC-29	합성후	2.982E+05	1.833E+11	4.036E+11	1.536E+11	
	절점번호	63, 69				
FRM.SEC-30	합성후	2.934E+05	1.956E+11	4.058E+11	1.610E+11	
	절점번호	64, 68				
FRM.SEC-31	합성후	3.107E+05	2.746E+11	4.190E+11	2.015E+11	
	절점번호	65, 67				
FRM.SEC-32	합성후	3.293E+05	3.845E+11	4.462E+11	2.740E+11	
	절점번호	66				

- 가로보 및 세로보

구 분		A (mm ²)	I33 (mm ⁴)	I22 (mm ⁴)	K (mm ⁴)	비 고
FRM.SEC-1	단면제원	1.920E+04	2.844E+09	5.414E+07	9.216E+05	
	부재번호	73, 109				
FRM.SEC-2	단면제원	2.040E+04	3.557E+09	5.416E+07	9.792E+05	
	부재번호	74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 103, 104, 105, 106, 107, 108				
FRM.SEC-3	단면제원	2.280E+04	5.296E+09	5.419E+07	1.094E+06	
	부재번호	88, 90, 100, 102				
FRM.SEC-4	단면제원	2.520E+04	7.490E+09	5.422E+07	1.210E+06	
	부재번호	89, 101				

3) 하 중 조 합

(1) CASE 1 : 합성전 고정하중 (단면 : Steel)

- ① STEEL 자중
- ② 콘크리트 자중
 - ⓐ 바닥판 자중
 - ⓑ 가로보현치 자중
- ③ Half-deck 자중

(2) CASE 2 : 합성후 고정하중 (단면 : Steel + Slab)

- ① 포장, 보도, 방음벽 및 방호책 등 합성후 고정하중
- ② 점검로 등의 부속설비 하중(500 N/m^2)

(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, P_s 및 P_m 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

4) 부재력 집계

[BENDING MOMENT]

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
		Steel+Half	SLAB		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
1	1	1.336	0.961	0.652	6.719	-6.375	30.823	-24.728	0.355	-0.346	P6
	2	1,246.050	1,558.780	1,107.380	2,060.130	-219.241	95.121	-63.625	89.095	-61.634	
2	2	1,247.030	1,559.530	1,107.600	2,062.870	-219.652	96.544	-64.533	88.979	-61.719	
	3	2,171.720	2,600.550	1,949.290	3,213.870	-446.479	73.223	-48.646	188.975	-126.496	
3	3	2,172.940	2,601.540	1,949.630	3,217.010	-446.958	74.595	-49.589	188.828	-126.609	
	4	2,636.520	3,051.370	2,339.630	3,724.210	-718.442	58.757	-39.668	289.271	-192.381	
4	4	2,637.510	3,052.200	2,340.070	3,726.180	-719.461	59.439	-40.134	289.051	-192.483	
	5	2,643.220	2,924.060	2,269.090	3,727.600	-965.375	52.402	-36.254	390.167	-259.243	
5	5	2,643.580	2,924.370	2,269.580	3,727.650	-966.408	52.079	-36.006	389.804	-259.293	
	6	2,158.810	2,226.810	1,735.200	3,329.270	-1,248.330	46.952	-33.836	491.537	-326.653	
6	6	2,158.270	2,226.430	1,735.730	3,325.950	-1,249.050	45.567	-32.778	490.956	-326.592	
	7	1,160.290	921.170	744.407	2,452.030	-1,543.460	31.085	-24.043	590.166	-392.720	
7	7	1,158.790	920.125	744.919	2,445.080	-1,543.320	29.112	-22.386	589.340	-392.527	
	8	-318.963	-1,041.930	-658.972	1,473.590	-2,309.880	30.152	-44.843	668.574	-447.522	
8	8	-321.101	-1,043.290	-658.912	1,469.370	-2,311.790	29.698	-44.957	667.843	-447.365	
	9	-2,167.610	-3,722.780	-2,339.680	1,187.500	-4,617.750	246.571	-366.678	673.901	-461.665	P7
9	9	-2,169.280	-3,723.550	-2,340.700	1,185.340	-4,621.450	220.368	-304.745	674.405	-462.228	P7
	10	-1,165.310	-1,480.090	-1,262.990	1,087.290	-2,545.550	20.519	-21.274	597.846	-343.437	
10	10	-1,166.380	-1,480.310	-1,265.490	1,093.050	-2,544.550	19.998	-21.581	598.818	-344.136	
	11	-522.110	44.748	-465.021	2,297.430	-2,056.190	26.773	-19.438	449.447	-239.849	
11	11	-522.706	44.809	-467.349	2,303.340	-2,059.290	28.085	-20.698	450.617	-240.022	
	12	-250.388	806.309	-78.006	3,037.450	-2,293.390	22.961	-20.490	281.430	-185.429	
12	12	-250.769	806.205	-79.545	3,040.640	-2,294.550	23.787	-21.181	282.456	-185.494	
	13	-352.270	795.149	-142.037	3,264.630	-2,685.130	10.001	-13.409	154.937	-193.287	
13	13	-352.490	794.665	-142.592	3,264.410	-2,685.590	9.826	-13.193	154.024	-193.333	
	14	-827.225	10.489	-661.379	3,018.610	-3,274.290	17.659	-16.286	323.668	-271.555	
14	14	-827.085	9.894	-660.953	3,013.940	-3,272.490	17.813	-16.976	322.615	-271.431	
	15	-1,672.730	-1,543.680	-1,622.240	2,278.200	-3,828.930	52.539	-67.153	485.182	-346.525	
15	15	-1,671.770	-1,543.660	-1,620.770	2,271.420	-3,823.910	51.913	-67.172	483.991	-346.235	
	16	-2,896.140	-3,855.370	-2,978.070	1,444.090	-4,936.910	142.348	-204.507	624.060	-410.958	
16	16	-2,893.550	-3,853.720	-2,975.590	1,441.700	-4,934.190	137.728	-199.607	623.087	-410.662	
	17	-4,527.450	-6,860.090	-4,561.890	1,248.710	-7,437.690	478.556	-700.556	683.287	-479.409	P8
17	17	-4,520.090	-6,852.010	-4,561.100	1,238.580	-7,437.020	410.831	-615.763	683.934	-482.174	P8
	18	-2,193.150	-3,415.260	-2,471.430	1,315.570	-4,297.450	108.289	-156.111	677.802	-481.473	
18	18	-2,186.880	-3,409.840	-2,468.720	1,318.310	-4,280.750	105.401	-153.428	679.017	-482.107	
	19	-205.590	-611.540	-567.617	1,783.110	-2,263.160	18.325	-27.123	595.875	-435.141	

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
		Steel+Half	SLAB		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
19	19	-199.152	-605.548	-564.930	1,788.640	-2,255.520	14.048	-21.060	597.220	-435.789	
	20	1,402.400	1,446.130	947.948	2,635.080	-1,317.980	22.409	-15.034	491.236	-375.040	
20	20	1,408.260	1,451.850	950.476	2,644.000	-1,315.460	27.949	-18.648	492.321	-375.469	
	21	2,514.340	2,822.920	2,015.500	3,525.930	-1,107.390	42.018	-28.563	378.744	-310.057	
21	21	2,518.760	2,827.350	2,017.480	3,536.540	-1,108.940	45.769	-31.000	379.519	-310.233	
	22	3,131.140	3,610.140	2,621.440	4,193.750	-1,099.410	51.209	-35.093	264.675	-244.091	
22	22	3,133.270	3,612.300	2,622.340	4,199.180	-1,100.530	52.646	-35.949	265.186	-244.041	
	23	3,298.710	3,806.930	2,765.070	4,398.920	-1,148.250	54.428	-37.552	150.222	-177.911	
23	23	3,298.210	3,806.400	2,764.680	4,398.670	-1,148.560	53.426	-36.726	150.560	-177.685	
	24	2,970.920	3,433.730	2,446.800	4,134.840	-1,208.080	52.722	-36.714	221.108	-163.533	
24	24	2,967.900	3,430.650	2,445.170	4,129.030	-1,207.950	49.446	-34.342	220.548	-163.517	
	25	2,149.550	2,459.380	1,663.770	3,480.900	-1,371.230	44.515	-31.525	324.616	-208.206	
25	25	2,144.400	2,454.200	1,661.300	3,473.700	-1,370.130	39.295	-27.886	323.827	-208.031	
	26	811.091	917.025	420.116	2,742.370	-1,616.980	28.160	-21.064	427.015	-252.262	
26	26	804.905	910.947	417.473	2,733.290	-1,619.270	21.770	-16.760	425.966	-251.920	
	27	-987.725	-1,356.520	-1,266.500	1,799.410	-2,571.890	16.775	-14.096	521.917	-304.936	
27	27	-993.945	-1,362.360	-1,268.870	1,792.830	-2,579.230	21.097	-20.246	520.666	-304.459	
	28	-3,169.310	-4,373.090	-3,331.410	865.587	-4,503.340	106.671	-132.198	593.224	-404.184	
28	28	-3,174.780	-4,377.840	-3,333.340	863.450	-4,519.990	109.185	-133.999	592.181	-403.758	
	29	-5,698.250	-7,998.290	-5,557.460	626.997	-7,685.290	395.050	-555.576	586.996	-463.456	P9
29	29	-5,702.570	-8,002.170	-5,559.840	628.413	-7,696.820	534.771	-776.195	586.501	-463.166	P9
	30	-3,568.000	-4,579.150	-3,586.960	1,122.480	-5,148.520	164.525	-235.287	601.307	-449.468	
30	30	-3,569.420	-4,579.990	-3,588.550	1,126.490	-5,151.270	168.071	-238.789	602.504	-449.920	
	31	-1,834.280	-1,808.970	-1,804.200	2,328.550	-4,001.160	68.178	-87.478	540.335	-397.601	
31	31	-1,833.980	-1,808.060	-1,804.800	2,336.160	-4,005.410	68.159	-86.529	541.728	-398.033	
	32	-491.092	211.296	-402.552	3,273.520	-3,310.670	33.026	-34.978	456.179	-333.961	
32	32	-490.119	212.716	-402.327	3,279.120	-3,311.460	32.495	-33.691	457.309	-334.177	
	33	459.820	1,462.440	561.421	3,761.160	-2,639.830	14.550	-9.180	364.375	-266.352	
33	33	460.698	1,463.440	562.090	3,763.810	-2,638.520	14.397	-8.729	365.219	-266.364	
	34	1,020.870	1,964.270	1,067.380	3,789.960	-1,918.240	14.298	-18.756	270.821	-197.999	
34	34	1,021.200	1,964.420	1,068.190	3,787.740	-1,915.630	13.878	-18.274	271.425	-197.859	
	35	1,108.290	1,881.760	1,111.100	3,258.660	-1,222.260	39.226	-33.814	176.638	-130.529	
35	35	1,107.970	1,881.070	1,111.870	3,252.560	-1,218.920	37.243	-32.386	177.098	-130.291	
	36	708.041	1,237.060	703.080	2,089.800	-582.195	73.312	-51.487	82.143	-64.101	
36	36	707.422	1,236.120	703.527	2,083.300	-579.368	71.045	-49.763	82.512	-63.872	
	37	-0.132	-0.505	-0.049	4.229	-4.860	33.640	-27.065	0.596	-0.608	A2

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
		Steel+Half	SLAB		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
37	38	1.406	0.946	-1.546	8.043	-5.279	2.969	-2.065	0.194	-0.119	P6
	39	1,181.420	1,515.520	1,173.840	1,982.790	-210.978	43.265	-57.420	87.622	-55.882	
38	39	1,182.350	1,516.190	1,173.320	1,981.760	-211.862	41.954	-55.193	87.497	-55.960	
	40	2,134.300	2,581.390	2,037.020	3,140.160	-460.868	28.649	-32.970	187.442	-123.604	
39	40	2,135.570	2,582.390	2,036.740	3,139.270	-461.930	27.421	-30.965	187.287	-123.722	
	41	2,611.980	3,041.500	2,427.470	3,651.140	-712.202	19.808	-19.952	286.431	-190.157	
40	41	2,612.950	3,042.280	2,427.440	3,650.940	-713.001	19.258	-19.074	286.204	-190.259	
	42	2,618.170	2,913.520	2,359.020	3,616.870	-1,006.720	19.806	-20.720	384.334	-255.496	
41	42	2,618.510	2,913.800	2,359.180	3,617.630	-1,007.350	20.176	-21.348	383.967	-255.547	
	43	2,135.410	2,219.520	1,838.340	3,213.170	-1,264.920	24.748	-28.979	481.168	-319.998	
42	43	2,134.820	2,219.090	1,838.580	3,214.840	-1,264.920	26.258	-31.446	480.583	-319.942	
	44	1,146.180	927.549	863.804	2,346.280	-1,521.350	26.836	-34.013	579.898	-385.372	
43	44	1,144.630	926.451	864.103	2,348.640	-1,519.850	29.410	-38.226	579.089	-385.193	
	45	-320.399	-1,029.050	-603.696	1,383.290	-2,131.980	12.891	-8.701	697.556	-461.277	
44	45	-322.629	-1,030.500	-603.883	1,383.850	-2,127.310	8.396	-6.013	696.851	-461.137	
	46	-2,176.710	-3,797.280	-2,692.340	1,129.010	-4,474.820	296.222	-202.665	886.068	-576.548	P7
45	46	-2,178.620	-3,798.230	-2,693.570	1,126.870	-4,475.340	295.891	-202.416	886.146	-576.800	P7
	47	-1,159.900	-1,463.640	-1,189.190	1,038.470	-2,327.270	7.817	-6.038	626.884	-359.129	
46	47	-1,161.030	-1,463.860	-1,191.330	1,037.470	-2,328.950	11.700	-8.796	627.833	-359.832	
	48	-521.342	56.147	-310.543	2,210.710	-2,004.990	39.810	-53.036	439.348	-233.846	
47	48	-521.996	56.218	-312.426	2,209.970	-2,009.680	37.602	-49.558	440.521	-234.002	
	49	-252.819	806.028	75.115	2,920.880	-2,245.530	47.908	-67.059	271.281	-178.954	
48	49	-253.230	805.952	74.285	2,920.390	-2,247.450	46.916	-65.712	272.317	-179.009	
	50	-353.676	794.318	8.110	3,139.280	-2,673.950	52.592	-77.194	151.202	-187.669	
49	50	-353.904	793.896	8.557	3,139.060	-2,674.340	53.058	-78.266	150.283	-187.725	
	51	-824.523	21.339	-506.989	2,912.800	-3,226.510	56.650	-85.468	318.561	-264.875	
50	51	-824.377	20.854	-504.905	2,913.360	-3,224.040	58.976	-88.684	317.510	-264.765	
	52	-1,668.020	-1,516.520	-1,483.400	2,210.470	-3,766.320	50.783	-74.386	492.703	-344.969	
51	52	-1,667.020	-1,516.310	-1,479.350	2,210.820	-3,759.910	54.141	-79.080	491.521	-344.695	
	53	-2,888.240	-3,828.930	-2,965.620	1,364.320	-4,620.690	16.626	-18.310	688.537	-434.956	
52	53	-2,885.550	-3,827.050	-2,960.490	1,364.120	-4,613.690	12.778	-16.215	687.590	-434.680	
	54	-4,520.550	-6,977.390	-5,117.280	1,249.320	-7,159.610	458.864	-305.267	962.228	-649.622	P8
53	54	-4,518.030	-6,977.650	-5,112.170	1,259.460	-7,160.850	484.764	-325.618	961.834	-646.851	P8
	55	-2,101.530	-3,319.320	-2,402.660	1,254.690	-3,914.050	60.798	-42.663	743.919	-518.834	
54	55	-2,094.870	-3,313.730	-2,402.280	1,253.240	-3,915.120	73.247	-49.041	745.119	-519.455	
	56	-159.526	-547.178	-402.243	1,722.890	-2,101.430	24.482	-31.440	602.010	-436.383	
55	56	-152.731	-541.030	-401.907	1,721.790	-2,094.960	18.201	-19.778	603.350	-437.022	
	57	1,378.920	1,439.090	1,082.810	2,590.150	-1,304.140	37.879	-48.309	482.406	-367.329	
56	57	1,385.020	1,444.930	1,083.920	2,589.700	-1,302.940	32.968	-39.483	483.494	-367.752	
	58	2,463.120	2,785.590	2,110.830	3,445.970	-1,143.680	35.241	-43.077	369.938	-302.598	

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
		Steel+Half	SLAB		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
57	58	2,467.730	2,790.140	2,112.000	3,446.270	-1,145.750	32.050	-37.552	370.727	-302.773	
	59	3,080.750	3,570.960	2,694.270	4,072.030	-1,077.980	31.335	-35.843	258.379	-238.318	
58	59	3,083.010	3,573.210	2,694.860	4,072.240	-1,079.350	29.959	-33.694	258.909	-238.266	
	60	3,249.300	3,769.180	2,832.440	4,263.380	-1,124.260	29.172	-30.972	146.685	-173.808	
59	60	3,248.810	3,768.660	2,832.060	4,263.200	-1,124.570	29.615	-32.140	147.038	-173.577	
	61	2,934.680	3,408.950	2,524.470	4,013.190	-1,235.910	29.151	-29.008	215.951	-159.507	
60	61	2,931.520	3,405.750	2,523.210	4,012.600	-1,235.510	31.354	-33.332	215.378	-159.500	
	62	2,121.840	2,446.450	1,772.960	3,399.950	-1,365.160	29.933	-27.455	317.684	-203.100	
61	62	2,116.550	2,441.200	1,771.350	3,399.780	-1,363.470	33.759	-34.638	316.898	-202.938	
	63	804.322	925.230	575.445	2,685.880	-1,601.400	29.844	-23.815	420.022	-246.966	
62	63	797.826	918.953	574.224	2,686.120	-1,602.160	35.129	-33.540	418.978	-246.642	
	64	-929.085	-1,280.430	-1,084.540	1,751.780	-2,427.960	14.245	-10.246	529.160	-304.389	
63	64	-935.686	-1,286.460	-1,084.560	1,751.660	-2,433.720	20.453	-15.760	527.930	-303.925	
	65	-3,073.980	-4,275.720	-3,268.140	812.691	-4,173.310	97.754	-69.707	660.827	-430.985	
64	65	-3,079.860	-4,280.710	-3,267.750	813.862	-4,172.270	86.748	-61.571	659.814	-430.576	
	66	-5,742.540	-8,188.880	-6,186.440	651.553	-7,488.620	496.215	-332.239	868.197	-596.493	P9
65	66	-5,746.460	-8,192.050	-6,188.400	652.729	-7,492.390	493.594	-330.332	868.282	-596.522	P9
	67	-3,542.340	-4,540.100	-3,557.440	1,079.470	-4,796.000	11.872	-16.130	670.317	-477.278	
66	67	-3,543.760	-4,541.070	-3,561.460	1,080.660	-4,802.420	14.557	-19.129	671.492	-477.715	
	68	-1,814.660	-1,767.710	-1,639.960	2,265.290	-3,941.190	70.518	-98.290	548.288	-395.983	
67	68	-1,814.320	-1,766.910	-1,642.910	2,265.360	-3,947.180	65.986	-92.036	549.657	-396.397	
	69	-487.326	224.785	-242.741	3,163.980	-3,258.290	74.589	-106.329	449.127	-326.062	
68	69	-486.299	226.188	-243.830	3,163.770	-3,260.180	71.482	-102.011	450.270	-326.273	
	70	447.601	1,454.160	690.247	3,628.210	-2,594.200	62.597	-89.892	356.796	-259.502	
69	70	448.510	1,455.160	690.391	3,627.500	-2,593.540	61.170	-87.960	357.653	-259.509	
	71	999.896	1,950.310	1,176.200	3,650.730	-1,919.750	49.095	-71.871	265.443	-193.152	
70	71	1,000.260	1,950.490	1,177.080	3,650.910	-1,917.390	49.251	-72.238	266.068	-193.006	
	72	1,084.520	1,863.030	1,216.230	3,112.780	-1,216.080	42.265	-63.269	174.102	-125.543	
71	72	1,084.230	1,862.400	1,217.660	3,113.670	-1,212.380	43.901	-65.626	174.579	-125.302	
	73	681.702	1,206.620	797.568	1,954.370	-549.743	45.464	-64.140	82.613	-56.607	
72	73	681.120	1,205.800	799.365	1,955.980	-546.029	47.655	-67.461	83.000	-56.379	
	74	0.154	-0.114	-1.597	5.529	-3.870	1.921	-1.314	0.346	-0.314	A2

[SHEAR FORCE]

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
		Steel+Half	SLAB		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
1	1	-308.839	-456.450	-287.866	52.633	-654.306	17.213	-22.748	13.860	-20.118	P6
	2	-250.475	-270.650	-210.003	155.183	-462.514	4.250	-6.177	13.860	-20.118	
2	2	-237.328	-264.408	-212.180	103.410	-516.272	4.561	-4.642	12.962	-20.009	
	3	-135.623	-152.199	-124.653	273.572	-337.291	13.974	-10.006	12.962	-20.009	
3	3	-132.711	-152.670	-121.803	153.603	-441.225	5.296	-6.135	13.161	-20.100	
	4	-50.201	-29.984	-34.283	330.533	-269.699	12.474	-9.267	13.161	-20.100	
4	4	-47.633	-30.435	-29.543	229.992	-374.163	6.499	-7.883	13.362	-20.239	
	5	45.347	81.730	57.958	402.545	-206.762	10.701	-8.052	13.362	-20.239	
5	5	48.970	82.252	63.229	305.307	-310.337	6.837	-8.258	13.484	-20.365	
	6	140.144	204.884	150.718	473.152	-149.442	10.311	-7.706	13.484	-20.365	
6	6	143.851	205.262	154.734	377.264	-255.050	5.516	-6.370	13.239	-19.863	
	7	256.540	317.387	242.211	538.455	-101.662	12.169	-9.014	13.239	-19.863	
7	7	259.562	315.258	237.420	450.292	-202.014	5.555	-4.119	11.013	-15.868	
	8	332.588	470.808	324.873	607.229	-71.454	24.066	-17.492	11.013	-15.868	
8	8	333.228	458.713	292.865	601.753	-119.135	55.190	-36.535	2.864	-2.922	
	9	405.752	614.480	380.319	760.939	-65.422	73.666	-50.702	2.864	-2.922	P7
9	9	-236.452	-527.195	-259.567	174.387	-756.491	47.320	-66.071	15.528	-23.792	P7
	10	-165.698	-371.447	-172.123	226.988	-594.569	32.683	-47.402	15.528	-23.792	
10	10	-164.507	-383.317	-204.041	182.715	-587.895	15.330	-19.185	29.916	-31.872	
	11	-93.470	-227.571	-116.598	288.627	-440.609	0.418	-0.277	29.916	-31.872	
11	11	-90.202	-230.389	-121.701	219.048	-497.811	7.528	-8.675	33.886	-34.063	
	12	-18.880	-74.644	-34.258	335.369	-343.441	10.802	-7.660	33.886	-34.063	
12	12	-15.326	-75.650	-31.199	260.559	-422.073	6.150	-6.768	34.488	-34.363	
	13	55.989	80.079	56.234	385.852	-268.777	13.105	-9.313	34.488	-34.363	
13	13	59.408	79.163	60.169	322.022	-345.680	5.238	-5.231	34.245	-33.974	
	14	130.737	234.923	147.620	455.055	-207.942	15.047	-10.504	34.245	-33.974	
14	14	133.683	233.320	148.832	399.902	-283.523	1.854	-1.307	33.373	-32.563	
	15	205.135	389.051	236.267	538.833	-162.732	20.421	-14.159	33.373	-32.563	
15	15	208.282	385.076	228.095	499.752	-225.416	17.010	-11.909	30.561	-28.051	
	16	283.234	540.835	315.546	646.211	-124.664	38.071	-26.456	30.561	-28.051	
16	16	286.353	524.234	273.977	651.631	-167.516	89.642	-61.926	20.550	-12.057	
	17	369.848	679.983	361.423	813.917	-101.986	111.089	-74.646	20.550	-12.057	P8
17	17	-508.690	-766.240	-462.276	95.265	-870.717	68.745	-102.873	8.174	-10.446	P8
	18	-425.203	-610.506	-374.839	138.195	-713.663	55.916	-81.262	8.174	-10.446	
18	18	-435.437	-638.324	-424.481	87.551	-722.345	25.776	-36.077	16.652	-17.970	
	19	-358.729	-482.577	-337.037	182.755	-579.015	9.849	-14.516	16.652	-17.970	
19	19	-358.165	-488.767	-346.709	112.687	-620.287	14.087	-19.460	21.225	-20.174	
	20	-283.244	-333.230	-259.261	229.557	-481.525	2.060	-2.568	21.225	-20.174	

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
		Steel+Half	SLAB		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
20	20	-276.405	-330.662	-257.045	137.486	-534.787	9.963	-13.545	22.750	-20.837	
	21	-170.816	-218.600	-169.612	268.726	-395.574	7.908	-6.670	22.750	-20.837	
21	21	-165.336	-216.736	-164.677	172.092	-482.066	8.854	-11.792	22.999	-20.922	
	22	-82.556	-94.168	-77.225	314.845	-326.347	9.613	-7.764	22.999	-20.922	
22	22	-79.760	-95.018	-72.305	216.213	-427.291	8.383	-11.031	23.028	-20.920	
	23	13.481	17.043	15.127	367.518	-270.228	10.318	-8.212	23.028	-20.920	
23	23	17.196	17.290	19.941	270.525	-372.182	8.037	-10.510	23.034	-20.901	
	24	109.079	139.848	107.386	422.503	-216.441	10.792	-8.544	23.034	-20.901	
24	24	111.176	138.461	112.752	335.162	-318.397	7.473	-9.641	23.053	-20.840	
	25	213.551	250.550	200.207	478.053	-167.320	11.616	-9.092	23.053	-20.840	
25	25	217.170	250.584	204.915	406.956	-270.151	6.609	-8.368	22.994	-20.670	
	26	313.529	373.337	292.344	542.551	-124.524	12.829	-9.933	22.994	-20.670	
26	26	320.849	376.239	293.533	491.780	-229.847	2.811	-3.394	22.329	-19.217	
	27	396.741	531.991	380.980	629.860	-96.035	17.760	-13.717	22.329	-19.217	
27	27	396.803	525.119	369.367	589.966	-182.244	11.868	-8.883	19.973	-14.532	
	28	476.179	680.866	456.810	732.737	-70.411	32.976	-25.394	19.973	-14.532	
28	28	461.616	647.302	401.769	724.137	-126.683	73.911	-49.011	11.957	-11.013	
	29	551.007	803.036	489.205	881.718	-82.556	94.972	-65.505	11.957	-11.013	P9
29	29	-473.083	-763.447	-438.856	59.529	-830.103	80.269	-118.773	4.175	-2.965	P9
	30	-383.686	-607.702	-351.413	113.620	-670.220	68.089	-97.968	4.175	-2.965	
30	30	-387.964	-632.789	-401.049	54.625	-665.001	28.039	-40.508	12.450	-10.477	
	31	-308.576	-477.018	-313.592	188.177	-520.802	14.101	-20.165	12.450	-10.477	
31	31	-306.701	-482.347	-324.590	100.040	-557.637	14.324	-20.300	17.136	-12.834	
	32	-230.818	-326.613	-237.153	246.156	-419.286	1.298	-1.389	17.136	-12.834	
32	32	-227.879	-328.166	-236.738	153.839	-472.798	10.387	-14.676	18.612	-13.583	
	33	-153.595	-172.400	-149.283	309.900	-337.083	4.787	-5.036	18.612	-13.583	
33	33	-149.742	-172.617	-144.922	213.165	-400.431	9.694	-13.671	18.905	-13.691	
	34	-67.389	-38.902	-57.464	376.524	-268.109	5.367	-5.435	18.905	-13.691	
34	34	-63.916	-39.506	-52.329	273.620	-340.305	10.559	-14.995	18.980	-13.482	
	35	29.035	72.607	35.144	442.484	-212.658	3.638	-4.285	18.980	-13.482	
35	35	32.016	71.584	38.114	339.333	-293.189	11.127	-16.372	19.013	-13.254	
	36	122.962	194.409	125.594	516.882	-170.155	2.505	-3.429	19.013	-13.254	
36	36	129.918	198.242	119.356	468.198	-227.475	1.074	-1.501	18.700	-14.376	
	37	188.048	384.259	197.218	658.346	-139.242	16.329	-14.217	18.700	-14.376	A2

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
		Steel+Half	SLAB		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
37	38	-299.030	-453.667	-313.098	46.909	-647.459	21.734	-16.588	12.794	-20.125	P6
	39	-241.763	-267.658	-226.228	150.773	-455.399	5.976	-4.085	12.794	-20.125	
38	39	-244.384	-273.000	-224.042	103.010	-520.768	4.433	-4.393	13.691	-20.228	
	40	-143.818	-158.175	-125.571	269.624	-343.540	9.779	-13.429	13.691	-20.228	
39	40	-136.207	-156.804	-128.412	150.714	-442.172	6.667	-5.518	13.489	-20.129	
	41	-54.700	-32.163	-30.250	326.429	-271.615	8.610	-11.139	13.489	-20.129	
40	41	-46.757	-30.833	-34.991	229.255	-371.517	9.210	-7.153	13.287	-19.986	
	42	44.631	83.287	62.861	400.991	-204.957	6.930	-8.540	13.287	-19.986	
41	42	51.518	83.646	57.588	305.059	-306.656	10.409	-7.956	13.164	-19.853	
	43	141.150	207.480	155.167	472.188	-146.410	6.088	-7.292	13.164	-19.853	
42	43	147.935	207.963	151.140	376.994	-252.322	9.347	-7.117	13.409	-20.353	
	44	258.043	321.400	248.391	537.663	-99.449	6.880	-8.294	13.409	-20.353	
43	44	265.506	324.379	253.167	452.697	-198.108	1.314	-1.710	15.636	-24.347	
	45	336.805	479.731	350.142	608.372	-68.231	14.811	-19.301	15.636	-24.347	
44	45	346.652	492.684	382.140	611.367	-114.768	33.577	-50.559	23.789	-39.003	
	46	417.124	647.928	478.828	767.663	-66.160	47.493	-68.098	23.789	-39.003	P7
45	46	-244.421	-558.975	-358.520	172.870	-758.996	68.236	-47.959	53.460	-44.884	P7
	47	-175.698	-403.805	-261.883	222.774	-598.026	50.495	-33.907	53.460	-44.884	
46	47	-166.372	-391.047	-229.957	177.470	-582.997	22.395	-16.604	38.872	-36.804	
	48	-97.386	-235.907	-133.339	283.674	-436.910	4.236	-3.137	38.872	-36.804	
47	48	-90.146	-232.210	-128.235	212.838	-492.837	12.864	-9.409	34.905	-34.616	
	49	-20.887	-77.078	-31.621	329.038	-337.405	5.206	-5.715	34.905	-34.616	
48	49	-13.931	-75.193	-34.679	254.198	-418.366	11.837	-8.599	34.305	-34.318	
	50	55.351	79.991	61.967	378.921	-263.408	6.307	-7.173	34.305	-34.318	
49	50	62.443	81.787	58.033	313.914	-344.318	11.164	-8.247	34.550	-34.709	
	51	131.697	236.908	154.640	445.890	-203.732	6.936	-8.263	34.550	-34.709	
50	51	139.261	239.391	153.429	392.826	-284.127	6.944	-5.391	35.424	-36.122	
	52	208.674	394.570	250.071	530.635	-159.503	10.082	-12.911	35.424	-36.122	
51	52	216.036	399.424	258.243	500.761	-224.942	6.492	-9.640	38.237	-40.635	
	53	288.810	554.549	354.853	645.973	-123.733	21.892	-29.910	38.237	-40.635	
52	53	297.436	572.030	396.421	678.681	-174.676	56.156	-81.671	48.250	-56.631	
	54	378.530	727.193	493.054	838.714	-113.365	68.399	-102.368	48.250	-56.631	P8
53	54	-539.694	-831.964	-607.044	110.216	-914.863	97.880	-65.351	44.936	-31.479	P8
	55	-458.603	-676.806	-510.414	150.143	-761.489	76.973	-52.961	44.936	-31.479	
54	55	-436.632	-648.119	-460.780	88.159	-721.940	32.042	-23.252	29.514	-23.957	
	56	-362.138	-492.975	-364.159	182.246	-580.016	11.137	-7.506	29.514	-23.957	
55	56	-352.195	-485.909	-354.487	111.336	-608.756	16.337	-12.148	24.941	-21.754	
	57	-279.266	-331.137	-257.860	231.351	-471.355	4.032	-4.570	24.941	-21.754	

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
		Steel+Half	SLAB		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
56	57	-275.599	-332.832	-260.079	134.996	-528.007	11.195	-8.559	23.417	-21.093	
	58	-173.039	-220.092	-163.451	269.120	-387.726	7.622	-9.712	23.417	-21.093	
57	58	-168.013	-221.082	-168.389	168.679	-476.671	10.100	-7.942	23.169	-21.009	
	59	-87.289	-98.508	-71.767	312.914	-321.900	8.237	-10.805	23.169	-21.009	
58	59	-79.577	-96.782	-76.687	212.625	-423.157	9.893	-7.928	23.141	-21.012	
	60	10.995	15.963	19.945	364.576	-267.291	8.253	-11.015	23.141	-21.012	
59	60	17.789	16.594	15.131	265.969	-369.229	9.806	-7.994	23.137	-21.033	
	61	107.352	139.159	111.746	418.314	-214.636	8.185	-11.098	23.137	-21.033	
60	61	115.766	141.428	106.381	327.884	-317.241	9.243	-7.798	23.120	-21.095	
	62	215.190	254.179	203.018	471.665	-166.518	8.384	-11.666	23.120	-21.095	
61	62	222.083	255.025	198.309	398.449	-269.566	8.221	-7.283	23.179	-21.266	
	63	315.852	377.983	294.934	532.710	-123.803	8.897	-12.685	23.179	-21.266	
62	63	319.044	375.965	293.746	482.257	-231.376	3.363	-3.784	23.846	-22.721	
	64	392.749	531.120	390.374	618.969	-94.623	12.397	-17.544	23.846	-22.721	
63	64	403.199	538.875	401.989	592.583	-181.424	7.947	-11.881	26.203	-27.406	
	65	480.286	694.025	498.614	733.945	-69.998	23.825	-32.787	26.203	-27.406	
64	65	506.596	728.470	553.655	778.589	-133.087	49.630	-73.998	34.219	-42.978	
	66	593.408	883.603	650.269	932.383	-91.874	63.719	-94.902	34.219	-42.978	P9
65	66	-498.770	-830.654	-590.851	52.660	-862.592	110.896	-74.965	40.823	-24.590	P9
	67	-411.945	-675.497	-494.222	106.848	-705.149	90.202	-62.725	40.823	-24.590	
66	67	-395.923	-649.535	-444.589	56.086	-666.683	32.907	-23.350	25.409	-16.856	
	68	-318.840	-494.395	-347.971	188.833	-523.693	12.645	-8.792	25.409	-16.856	
67	68	-310.208	-488.192	-336.976	100.002	-550.420	12.903	-9.959	20.724	-14.500	
	69	-236.480	-332.987	-240.317	247.401	-413.314	5.507	-6.939	20.724	-14.500	
68	69	-228.925	-330.574	-240.746	152.442	-466.861	7.258	-6.245	19.250	-13.751	
	70	-156.687	-175.201	-143.982	308.651	-329.969	8.949	-12.178	19.250	-13.751	
69	70	-150.037	-174.111	-148.349	211.066	-395.860	6.247	-5.767	18.959	-13.644	
	71	-69.654	-40.138	-51.426	374.089	-261.530	9.162	-12.791	18.959	-13.644	
70	71	-62.621	-38.655	-56.563	276.348	-335.824	7.510	-6.805	18.886	-13.854	
	72	28.015	74.575	40.485	444.206	-209.290	7.854	-11.122	18.886	-13.854	
71	72	35.547	76.481	37.517	346.890	-292.323	8.848	-7.541	18.854	-14.083	
	73	124.501	200.231	134.730	521.613	-171.611	6.853	-9.386	18.854	-14.083	
72	73	128.061	197.285	140.972	450.419	-214.705	5.488	-7.992	19.169	-12.962	
	74	184.901	383.702	227.597	643.911	-122.776	17.515	-23.877	19.169	-12.962	A2

[TORSION MOMENT]

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
		Steel+Half	SLAB		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
1	1	-121.037	-98.943	-72.404	449.242	-541.051	59.897	-54.165	11.225	-6.107	P6
	2	-121.037	-103.827	13.312	365.453	-581.214	59.897	-54.165	11.225	-6.107	
2	2	-125.900	-106.940	-79.746	429.905	-532.848	68.625	-80.273	12.549	-8.015	
	3	-125.900	-107.832	16.609	349.644	-597.186	68.625	-80.273	12.549	-8.015	
3	3	-90.778	-76.774	-77.821	362.776	-392.615	38.783	-46.776	10.296	-9.048	
	4	-90.778	-77.662	18.527	258.269	-455.362	38.783	-46.776	10.296	-9.048	
4	4	-40.465	-31.283	-70.465	331.304	-277.751	6.146	-8.556	6.563	-11.176	
	5	-40.465	-32.165	25.861	192.021	-358.623	6.146	-8.556	6.563	-11.176	
5	5	16.355	19.544	-59.546	364.743	-251.046	26.583	-24.569	14.318	-14.764	
	6	16.355	18.667	36.768	302.017	-387.254	26.583	-24.569	14.318	-14.764	
6	6	68.710	62.298	-53.016	467.202	-298.089	53.719	-50.371	24.501	-19.225	
	7	68.710	61.427	43.284	405.319	-411.356	53.719	-50.371	24.501	-19.225	
7	7	103.734	84.045	-47.054	577.387	-348.117	48.007	-55.714	31.036	-22.076	
	8	103.734	83.179	49.220	517.105	-442.034	48.007	-55.714	31.036	-22.076	
8	8	104.590	74.058	-18.281	575.395	-339.682	70.125	-67.802	17.447	-15.726	
	9	104.590	73.197	77.994	534.940	-441.789	70.125	-67.802	17.447	-15.726	P7
9	9	59.955	18.163	33.001	454.889	-460.753	74.145	-69.228	11.846	-19.530	P7
	10	59.955	17.304	129.266	373.709	-505.164	74.145	-69.228	11.846	-19.530	
10	10	33.020	-7.638	42.706	443.485	-459.805	41.101	-35.812	19.491	-33.828	
	11	33.020	-8.497	138.969	354.483	-524.338	41.101	-35.812	19.491	-33.828	
11	11	21.534	-6.641	18.123	375.078	-360.520	33.974	-39.060	18.730	-28.827	
	12	21.534	-7.500	114.386	275.896	-429.774	33.974	-39.060	18.730	-28.827	
12	12	17.771	13.936	-10.939	312.608	-242.637	9.030	-13.334	18.928	-21.423	
	13	17.771	13.077	85.314	196.696	-316.178	9.030	-13.334	18.928	-21.423	
13	13	11.093	34.432	-41.039	355.563	-213.017	15.936	-20.091	22.948	-17.438	
	14	11.093	33.573	55.234	285.518	-341.371	15.936	-20.091	22.948	-17.438	
14	14	-9.131	32.466	-76.468	464.980	-310.219	31.786	-40.683	29.938	-17.394	
	15	-9.131	31.607	19.786	397.654	-409.168	31.786	-40.683	29.938	-17.394	
15	15	-56.026	-11.546	-113.917	561.198	-419.380	26.390	-35.344	35.039	-18.168	
	16	-56.026	-12.405	-17.645	506.577	-512.877	26.390	-35.344	35.039	-18.168	
16	16	-137.759	-99.799	-154.855	588.609	-549.142	204.101	-232.081	18.732	-10.189	
	17	-137.759	-100.658	-58.589	562.779	-553.719	204.101	-232.081	18.732	-10.189	P8
17	17	-228.277	-195.197	-152.990	531.941	-807.103	115.894	-129.128	22.362	-33.019	P8
	18	-228.277	-196.055	-56.734	432.708	-833.017	115.894	-129.128	22.362	-33.019	
18	18	-257.914	-244.455	-159.834	531.821	-801.978	105.162	-94.189	28.111	-46.288	
	19	-257.914	-245.314	-63.570	439.300	-836.163	105.162	-94.189	28.111	-46.288	

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
		Steel+Half	SLAB		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
19	19	-254.060	-254.982	-161.279	460.494	-729.392	107.011	-119.656	20.747	-37.837	
	20	-254.060	-255.841	-65.009	373.311	-775.409	107.011	-119.656	20.747	-37.837	
20	20	-215.239	-222.822	-149.127	394.539	-606.528	84.387	-100.905	11.231	-25.910	
	21	-215.239	-223.680	-52.873	303.074	-657.790	84.387	-100.905	11.231	-25.910	
21	21	-139.098	-146.971	-114.111	348.580	-465.485	51.947	-64.265	8.927	-14.675	
	22	-139.098	-147.830	-17.837	243.944	-515.767	51.947	-64.265	8.927	-14.675	
22	22	-38.135	-41.165	-62.808	345.720	-348.300	16.898	-21.977	6.696	-6.558	
	23	-38.135	-42.023	33.444	249.311	-389.267	16.898	-21.977	6.696	-6.558	
23	23	66.033	68.319	-7.338	404.142	-236.073	21.637	-18.678	7.892	-10.871	
	24	66.033	67.460	88.928	360.461	-350.730	21.637	-18.678	7.892	-10.871	
24	24	163.674	169.951	37.680	532.459	-244.237	63.417	-53.378	14.609	-14.059	
	25	163.674	169.092	133.956	481.912	-349.337	63.417	-53.378	14.609	-14.059	
25	25	233.195	239.192	62.841	674.341	-307.147	99.994	-85.895	24.424	-15.352	
	26	233.195	238.333	159.089	623.140	-398.329	99.994	-85.895	24.424	-15.352	
26	26	252.528	254.093	61.115	787.873	-381.325	119.705	-108.711	34.502	-14.725	
	27	252.528	253.235	157.382	743.408	-467.699	119.705	-108.711	34.502	-14.725	
27	27	233.241	221.954	42.511	837.278	-450.287	96.635	-106.388	40.409	-17.603	
	28	233.241	221.095	138.775	805.381	-538.498	96.635	-106.388	40.409	-17.603	
28	28	182.726	155.423	20.804	827.074	-438.510	114.804	-100.595	24.260	-12.535	
	29	182.726	154.564	117.060	801.014	-533.216	114.804	-100.595	24.260	-12.535	P9
29	29	90.159	65.605	24.673	545.672	-611.945	240.813	-214.033	24.120	-28.985	P9
	30	90.159	64.746	120.936	541.267	-637.945	240.813	-214.033	24.120	-28.985	
30	30	4.034	-26.359	-16.787	510.391	-562.299	41.966	-29.533	33.188	-44.559	
	31	4.034	-27.218	79.492	422.347	-611.445	41.966	-29.533	33.188	-44.559	
31	31	-45.808	-76.303	-53.297	413.838	-455.923	50.896	-39.655	30.094	-37.910	
	32	-45.808	-77.161	42.958	320.090	-514.701	50.896	-39.655	30.094	-37.910	
32	32	-55.403	-72.549	-76.948	361.950	-346.474	31.343	-24.736	24.807	-27.400	
	33	-55.403	-73.407	19.321	236.791	-413.219	31.343	-24.736	24.807	-27.400	
33	33	-39.064	-36.007	-84.339	348.594	-221.744	5.280	-6.746	19.688	-17.366	
	34	-39.064	-36.866	11.932	228.390	-305.864	5.280	-6.746	19.688	-17.366	
34	34	-7.446	12.246	-81.928	434.229	-244.218	43.278	-31.459	16.293	-10.200	
	35	-7.446	11.387	14.355	366.930	-342.072	43.278	-31.459	16.293	-10.200	
35	35	26.494	57.240	-73.480	579.582	-349.337	80.016	-63.335	14.284	-14.119	
	36	26.494	56.381	22.806	512.912	-421.907	80.016	-63.335	14.284	-14.119	
36	36	39.181	71.485	-52.809	574.959	-368.016	66.535	-61.141	10.943	-13.083	
	37	39.181	66.619	32.890	535.111	-445.642	66.535	-61.141	10.943	-13.083	A2

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
		Steel+Half	SLAB		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
37	38	-120.595	-91.410	94.124	369.953	-620.782	103.322	-156.694	10.916	-6.827	P6
	39	-120.595	-106.314	-39.824	431.872	-533.828	103.322	-156.694	10.916	-6.827	
38	39	-126.723	-97.832	87.046	338.971	-634.789	93.103	-137.661	12.479	-8.586	
	40	-126.723	-113.489	-64.792	416.508	-542.705	93.103	-137.661	12.479	-8.586	
39	40	-90.589	-67.557	72.542	245.683	-521.929	49.382	-71.267	10.280	-9.592	
	41	-90.589	-83.153	-78.818	308.995	-392.373	49.382	-71.267	10.280	-9.592	
40	41	-40.152	-22.836	68.603	205.018	-409.770	5.242	-5.959	6.628	-11.657	
	42	-40.152	-38.370	-82.282	335.231	-273.167	5.242	-5.959	6.628	-11.657	
41	42	17.243	27.928	72.704	317.198	-305.536	57.201	-37.987	14.476	-15.164	
	43	17.243	12.449	-77.758	450.704	-245.210	57.201	-37.987	14.476	-15.164	
42	43	71.088	71.691	76.179	430.943	-332.221	118.109	-78.386	24.416	-19.523	
	44	71.088	56.277	-73.776	558.062	-272.281	118.109	-78.386	24.416	-19.523	
43	44	106.770	93.866	80.992	554.090	-403.027	159.862	-107.762	30.173	-22.028	
	45	106.770	78.507	-68.540	649.761	-336.981	159.862	-107.762	30.173	-22.028	
44	45	108.127	84.310	108.950	562.690	-406.934	118.119	-82.281	16.386	-15.585	
	46	108.127	69.012	-40.138	659.542	-340.151	118.119	-82.281	16.386	-15.585	P7
45	46	62.187	25.277	145.409	399.043	-581.738	70.410	-96.539	12.007	-18.816	P7
	47	62.187	9.991	-3.626	499.624	-486.174	70.410	-96.539	12.007	-18.816	
46	47	34.935	-0.573	152.742	338.097	-600.201	88.528	-129.210	19.618	-33.224	
	48	34.935	-15.857	3.732	411.730	-495.737	88.528	-129.210	19.618	-33.224	
47	48	22.795	0.231	124.024	255.325	-512.307	52.156	-78.317	19.133	-28.835	
	49	22.795	-15.052	-24.979	324.256	-385.489	52.156	-78.317	19.133	-28.835	
48	49	18.433	20.158	86.219	212.761	-385.845	8.669	-7.163	19.417	-21.786	
	50	18.433	4.870	-62.832	313.085	-256.045	8.669	-7.163	19.417	-21.786	
49	50	11.172	39.275	41.129	314.340	-261.091	67.830	-49.438	23.177	-17.786	
	51	11.172	23.994	-107.862	444.666	-186.657	67.830	-49.438	23.177	-17.786	
50	51	-9.725	35.274	-18.030	443.578	-336.502	140.684	-101.397	29.628	-17.428	
	52	-9.725	19.986	-167.077	572.684	-269.801	140.684	-101.397	29.628	-17.428	
51	52	-57.642	-12.227	-92.591	578.076	-445.833	192.464	-141.519	34.256	-17.885	
	53	-57.642	-27.509	-241.586	676.035	-384.673	192.464	-141.519	34.256	-17.885	
52	53	-143.486	-101.050	-98.397	621.529	-669.588	149.030	-118.738	17.881	-9.634	
	54	-143.486	-116.336	-247.429	719.247	-572.341	149.030	-118.738	17.881	-9.634	P8
53	54	-239.834	-194.057	25.655	426.283	-969.449	206.241	-282.088	22.007	-32.619	P8
	55	-239.834	-209.342	-123.372	506.008	-871.259	206.241	-282.088	22.007	-32.619	
54	55	-269.998	-241.303	55.726	412.774	-979.510	217.728	-308.952	27.556	-45.668	
	56	-269.998	-256.587	-93.287	469.121	-882.110	217.728	-308.952	27.556	-45.668	
55	56	-263.351	-252.313	19.003	340.213	-889.763	174.554	-252.942	20.384	-37.630	
	57	-263.351	-267.597	-130.020	400.752	-791.947	174.554	-252.942	20.384	-37.630	

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
		Steel+Half	SLAB		Max	Min	Max	Min	Max	Min	
56	57	-222.587	-220.277	7.606	274.471	-754.372	122.927	-180.621	11.099	-26.190	
	58	-222.587	-235.562	-141.418	333.213	-653.790	122.927	-180.621	11.099	-26.190	
57	58	-144.099	-143.419	26.089	233.460	-603.272	72.228	-106.664	9.216	-15.146	
	59	-144.099	-158.703	-122.927	287.504	-495.296	72.228	-106.664	9.216	-15.146	
58	59	-39.539	-34.935	65.253	254.433	-486.299	24.433	-35.540	6.945	-6.999	
	60	-39.539	-50.220	-83.779	370.461	-356.917	24.433	-35.540	6.945	-6.999	
59	60	67.962	77.051	109.407	374.529	-366.031	34.266	-23.465	8.303	-11.177	
	61	67.962	61.768	-39.598	490.403	-238.030	34.266	-23.465	8.303	-11.177	
60	61	169.869	182.109	142.570	512.130	-286.650	104.918	-69.664	15.006	-14.495	
	62	169.869	166.822	-6.468	614.510	-232.623	104.918	-69.664	15.006	-14.495	
61	62	241.272	251.855	150.343	671.392	-336.695	178.829	-120.246	24.459	-15.867	
	63	241.272	236.570	1.323	771.690	-278.514	178.829	-120.246	24.459	-15.867	
62	63	262.568	266.736	125.202	809.111	-409.337	251.731	-172.418	34.033	-15.346	
	64	262.568	251.451	-23.823	906.120	-350.501	251.731	-172.418	34.033	-15.346	
63	64	245.925	234.151	71.476	889.827	-478.738	308.104	-216.613	39.360	-16.507	
	65	245.925	218.867	-77.544	986.181	-423.385	308.104	-216.613	39.360	-16.507	
64	65	195.071	170.295	87.035	872.570	-544.951	287.248	-211.678	23.207	-13.344	
	66	195.071	155.012	-61.968	969.603	-448.653	287.248	-211.678	23.207	-13.344	P9
65	66	91.388	76.481	207.004	568.508	-773.708	107.804	-139.924	24.208	-28.211	P9
	67	91.388	61.196	57.977	664.359	-677.198	107.804	-139.924	24.208	-28.211	
66	67	1.847	-15.329	200.374	388.520	-734.769	144.472	-200.840	33.195	-43.686	
	68	1.847	-30.613	51.364	448.076	-638.609	144.472	-200.840	33.195	-43.686	
67	68	-47.180	-67.040	126.812	282.266	-633.743	113.347	-160.613	30.452	-37.724	
	69	-47.180	-82.330	-22.258	343.835	-505.755	113.347	-160.613	30.452	-37.724	
68	69	-56.711	-64.691	76.424	206.865	-510.445	67.510	-95.375	25.404	-27.636	
	70	-56.711	-79.996	-72.799	266.241	-379.019	67.510	-95.375	25.404	-27.636	
69	70	-40.247	-29.314	47.310	224.142	-364.029	21.000	-26.551	20.480	-17.932	
	71	-40.247	-44.644	-102.154	355.417	-240.048	21.000	-26.551	20.480	-17.932	
70	71	-8.266	18.566	29.666	372.383	-293.818	43.249	-34.048	17.139	-10.763	
	72	-8.266	3.217	-119.983	499.700	-226.796	43.249	-34.048	17.139	-10.763	
71	72	25.447	61.894	14.982	531.367	-415.633	110.767	-77.998	15.150	-14.278	
	73	25.447	46.519	-134.917	622.351	-335.764	110.767	-77.998	15.150	-14.278	
72	73	37.431	73.000	4.553	528.907	-433.993	133.201	-90.027	11.742	-13.016	
	74	37.431	58.166	-129.014	613.633	-365.532	133.201	-90.027	11.742	-13.016	A2

5) 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	6.719	-6.375	43.784	-654.306	13.094	698.090	P6
	2	2,060.127	-195.172	139.279	-462.514	2,255.299	601.793	
2	2	2,062.871	-195.678	83.661	-516.272	2,258.549	599.933	
	3	3,213.873	-394.348	273.572	-337.291	3,608.221	610.863	
3	3	3,217.013	-395.035	153.603	-441.225	3,612.048	594.828	
	4	3,724.206	-597.369	330.533	-269.699	4,321.575	600.232	
4	4	3,726.179	-598.118	229.992	-374.163	4,324.297	604.155	
	5	3,673.252	-802.877	402.545	-206.762	4,476.129	609.307	
5	5	3,672.430	-803.603	305.307	-310.337	4,476.033	615.644	
	6	3,147.944	-1,008.910	473.152	-149.442	4,156.854	622.594	
6	6	3,144.936	-1,009.405	377.264	-255.050	4,154.341	632.314	
	7	2,199.175	-1,222.233	538.455	-101.662	3,421.408	640.117	
7	7	2,193.765	-1,222.013	450.292	-202.014	3,415.778	652.306	
	8	995.430	-1,483.188	607.229	-57.930	2,478.618	665.159	
8	8	987.754	-1,480.764	549.990	-112.594	2,468.518	662.584	
	9	900.985	-2,426.269	707.357	-52.159	3,327.254	759.516	P7
9	9	899.425	-2,432.980	115.221	-696.172	3,332.405	811.393	P7
	10	1,087.294	-1,901.311	141.090	-529.174	2,988.605	670.264	
10	10	1,093.048	-1,904.412	114.566	-579.548	2,997.460	694.114	
	11	2,297.426	-1,514.229	243.260	-413.348	3,811.655	656.608	
11	11	2,303.344	-1,514.885	143.765	-497.811	3,818.229	641.576	
	12	3,037.450	-1,161.778	305.917	-330.471	4,199.228	636.388	
12	12	3,040.644	-1,161.190	192.701	-422.073	4,201.834	614.774	
	13	3,264.632	-1,394.747	359.563	-254.260	4,659.379	613.823	
13	13	3,264.412	-1,395.742	261.713	-345.680	4,660.154	607.393	
	14	3,018.612	-1,961.816	430.017	-181.867	4,980.428	611.884	
14	14	3,013.942	-1,961.463	341.745	-283.523	4,975.405	625.268	
	15	2,278.199	-2,528.614	507.369	-127.609	4,806.813	634.978	
15	15	2,271.423	-2,526.221	425.256	-217.605	4,797.644	642.861	
	16	1,087.907	-3,126.927	590.035	-73.033	4,214.834	663.068	
16	16	1,081.697	-3,121.036	525.225	-126.695	4,202.733	651.920	
	17	778.900	-3,872.629	695.447	-67.896	4,651.529	763.343	P8
17	17	773.770	-3,882.187	68.287	-719.185	4,655.957	787.472	P8
	18	731.674	-2,241.664	113.587	-567.764	2,973.338	681.351	
18	18	735.617	-2,228.519	56.299	-643.774	2,964.136	700.073	
	19	1,694.596	-1,284.615	182.755	-499.446	2,979.211	682.201	

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
19	19	1,701.292	-1,286.717	93.366	-588.505	2,988.009	681.871	
	20	2,635.077	-1,091.162	229.557	-441.683	3,726.239	671.240	
20	20	2,644.000	-1,092.018	123.010	-534.787	3,736.018	657.797	
	21	3,407.332	-901.933	268.726	-382.822	4,309.265	651.548	
21	21	3,414.364	-902.014	163.254	-482.066	4,316.378	645.320	
	22	3,914.608	-710.689	314.845	-326.347	4,625.297	641.192	
22	22	3,919.066	-710.174	211.792	-427.291	4,629.240	639.083	
	23	4,095.665	-623.371	367.518	-270.228	4,719.036	637.746	
23	23	4,096.704	-624.614	265.430	-372.182	4,721.318	637.612	
	24	3,953.789	-859.542	422.503	-216.441	4,813.331	638.944	
24	24	3,949.257	-860.215	322.470	-318.397	4,809.472	640.867	
	25	3,480.900	-1,093.681	478.053	-167.320	4,574.581	645.373	
25	25	3,473.702	-1,093.611	378.153	-270.151	4,567.313	648.304	
	26	2,742.372	-1,326.148	529.970	-124.524	4,068.520	654.494	
26	26	2,733.288	-1,325.111	436.890	-229.847	4,058.399	666.737	
	27	1,799.411	-1,563.675	584.004	-93.361	3,363.086	677.365	
27	27	1,792.827	-1,561.131	495.731	-182.244	3,353.958	677.975	
	28	735.267	-2,096.781	640.130	-55.137	2,832.048	695.267	
28	28	731.211	-2,110.195	563.732	-115.377	2,841.406	679.109	
	29	626.997	-3,708.134	716.768	-67.224	4,335.131	783.992	P9
29	29	628.413	-3,719.510	55.679	-706.815	4,347.923	762.494	P9
	30	1,032.126	-3,082.102	113.620	-545.450	4,114.228	659.070	
30	30	1,038.794	-3,088.644	52.858	-614.647	4,127.438	667.505	
	31	2,328.553	-2,611.593	188.177	-460.370	4,940.146	648.547	
31	31	2,336.161	-2,614.540	100.040	-542.954	4,950.701	642.994	
	32	3,273.518	-2,172.615	246.156	-384.863	5,446.133	631.019	
32	32	3,279.122	-2,173.339	153.839	-472.798	5,452.461	626.637	
	33	3,761.164	-1,732.443	309.900	-308.097	5,493.607	617.997	
33	33	3,763.809	-1,731.765	213.165	-400.431	5,495.574	613.596	
	34	3,789.958	-1,289.178	376.524	-230.734	5,079.136	607.258	
34	34	3,787.744	-1,287.600	273.620	-340.305	5,075.344	613.925	
	35	3,258.661	-851.888	442.484	-164.751	4,110.549	607.235	
35	35	3,252.564	-849.725	339.333	-286.515	4,102.289	625.848	
	36	2,089.805	-422.213	516.882	-97.375	2,512.018	614.257	
36	36	2,083.304	-420.236	468.198	-152.555	2,503.540	620.753	
	37	4.229	-4.860	658.346	-94.497	9.089	752.843	A2

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
37	38	8.043	-5.279	38.965	-647.459	13.322	686.424	P6
	39	1,982.795	-170.456	137.450	-455.399	2,153.251	592.849	
38	39	1,981.760	-170.914	82.151	-520.768	2,152.674	602.919	
	40	3,140.161	-383.140	269.624	-343.540	3,523.301	613.164	
39	40	3,139.271	-383.788	150.714	-442.172	3,523.059	592.886	
	41	3,651.137	-591.777	326.429	-271.615	4,242.914	598.044	
40	41	3,650.940	-592.386	229.255	-371.517	4,243.326	600.772	
	42	3,593.889	-797.330	400.991	-204.957	4,391.219	605.948	
41	42	3,594.834	-797.788	305.059	-306.656	4,392.622	611.715	
	43	3,069.040	-1,001.596	472.188	-146.410	4,070.636	618.598	
42	43	3,070.320	-1,001.589	376.994	-252.322	4,071.909	629.316	
	44	2,127.995	-1,197.373	537.663	-99.449	3,325.368	637.112	
43	44	2,129.946	-1,196.239	452.697	-198.108	3,326.185	650.805	
	45	960.343	-1,402.968	608.372	-55.645	2,363.311	664.017	
44	45	964.599	-1,402.419	559.878	-107.876	2,367.018	667.754	
	46	858.738	-2,450.515	712.199	-53.054	3,309.253	765.253	P7
45	46	857.109	-2,448.771	113.340	-690.803	3,305.880	804.143	P7
	47	1,038.470	-1,835.177	141.958	-522.587	2,873.647	664.545	
46	47	1,037.469	-1,835.970	113.995	-574.441	2,873.439	688.436	
	48	2,210.708	-1,474.172	242.972	-408.293	3,684.880	651.265	
47	48	2,209.967	-1,475.770	143.280	-492.837	3,685.737	636.117	
	49	2,920.880	-1,137.275	305.376	-325.839	4,058.155	631.215	
48	49	2,920.392	-1,137.257	191.916	-418.366	4,057.649	610.282	
	50	3,139.280	-1,360.420	358.319	-251.024	4,499.700	609.343	
49	50	3,139.058	-1,361.168	255.568	-344.318	4,500.226	599.886	
	51	2,912.797	-1,919.730	423.268	-180.559	4,832.527	603.827	
50	51	2,913.363	-1,918.973	332.951	-284.127	4,832.336	617.078	
	52	2,210.467	-2,476.584	498.656	-127.224	4,687.051	625.880	
51	52	2,210.818	-2,473.498	419.591	-217.095	4,684.316	636.686	
	53	1,047.787	-3,031.747	584.290	-72.306	4,079.534	656.596	
52	53	1,047.748	-3,029.102	529.738	-126.640	4,076.850	656.378	
	54	800.534	-3,872.912	696.329	-73.015	4,673.446	769.344	P8
53	54	802.962	-3,886.230	72.499	-729.708	4,689.192	802.207	P8
	55	713.210	-2,050.252	111.163	-587.084	2,763.462	698.247	
54	55	710.179	-2,051.158	55.995	-641.108	2,761.337	697.103	
	56	1,660.272	-1,258.192	182.246	-497.454	2,918.464	679.700	
55	56	1,659.931	-1,261.290	93.929	-579.710	2,921.221	673.639	
	57	2,590.147	-1,075.303	231.351	-432.542	3,665.450	663.893	

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
56	57	2,589.704	-1,076.777	123.300	-528.007	3,666.481	651.307	
	58	3,332.022	-885.590	269.120	-376.384	4,217.612	645.504	
57	58	3,332.113	-886.053	161.940	-476.671	4,218.166	638.611	
	59	3,816.309	-696.042	312.914	-321.900	4,512.351	634.814	
58	59	3,815.965	-695.750	209.947	-423.157	4,511.715	633.104	
	60	3,986.117	-609.975	364.576	-267.291	4,596.092	631.867	
59	60	3,985.520	-611.115	262.492	-369.229	4,596.635	631.721	
	61	3,849.423	-841.793	418.314	-214.636	4,691.216	632.950	
60	61	3,849.734	-842.263	316.938	-317.241	4,691.997	634.179	
	62	3,399.953	-1,074.395	471.665	-166.518	4,474.348	638.183	
61	62	3,399.783	-1,073.964	371.741	-269.566	4,473.747	641.307	
	63	2,685.884	-1,306.932	523.238	-123.803	3,992.816	647.041	
62	63	2,686.122	-1,305.295	428.342	-231.376	3,991.417	659.718	
	64	1,751.785	-1,532.474	575.622	-93.752	3,284.259	669.374	
63	64	1,751.659	-1,529.002	494.025	-181.424	3,280.661	675.449	
	65	706.096	-1,926.743	637.671	-54.570	2,632.839	692.241	
64	65	708.894	-1,926.096	583.837	-112.858	2,634.990	696.695	
	66	651.553	-3,731.727	727.710	-70.998	4,383.280	798.708	P9
65	66	652.729	-3,732.796	51.380	-710.013	4,385.525	761.393	P9
	67	999.915	-2,997.844	106.848	-553.013	3,997.759	659.861	
66	67	1,000.006	-3,001.132	52.796	-608.913	4,001.138	661.709	
	68	2,265.294	-2,556.336	188.833	-454.281	4,821.630	643.114	
67	68	2,265.357	-2,560.036	100.002	-534.442	4,825.393	634.444	
	69	3,163.985	-2,126.844	247.401	-376.080	5,290.829	623.481	
68	69	3,163.773	-2,128.055	152.442	-466.861	5,291.828	619.303	
	70	3,628.210	-1,693.351	308.651	-302.596	5,321.561	611.247	
69	70	3,627.498	-1,692.945	211.066	-395.860	5,320.443	606.926	
	71	3,650.726	-1,259.169	374.089	-226.808	4,909.895	600.897	
70	71	3,650.915	-1,257.706	276.348	-335.824	4,908.621	612.172	
	72	3,112.783	-816.599	444.206	-162.053	3,929.382	606.259	
71	72	3,113.665	-814.504	346.890	-281.640	3,928.169	628.530	
	73	1,954.366	-364.655	521.613	-96.644	2,319.021	618.257	
72	73	1,955.983	-362.713	450.419	-152.064	2,318.696	602.483	
	74	5.529	-3.870	643.911	-83.341	9.399	727.252	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	6.534	-5.758	52.633	-613.779	12.292	666.412	P6
	2	1,833.788	-219.241	155.183	-444.448	2,053.029	599.631	
2	2	1,837.297	-219.652	103.410	-460.567	2,056.949	563.977	
	3	3,002.490	-446.479	227.150	-312.128	3,448.969	539.278	
3	3	3,006.367	-446.958	147.257	-378.226	3,453.325	525.483	
	4	3,622.338	-718.442	274.168	-241.294	4,340.780	515.462	
4	4	3,624.907	-719.461	203.876	-311.887	4,344.368	515.763	
	5	3,727.604	-965.375	336.293	-183.131	4,692.979	519.424	
5	5	3,727.654	-966.408	271.891	-255.557	4,694.062	527.448	
	6	3,329.269	-1,248.331	408.992	-135.802	4,577.600	544.794	
6	6	3,325.954	-1,249.050	351.322	-210.455	4,575.004	561.777	
	7	2,452.033	-1,543.459	491.815	-100.212	3,995.492	592.027	
7	7	2,445.079	-1,543.324	450.057	-171.588	3,988.403	621.645	
	8	1,473.594	-2,309.877	595.996	-71.454	3,783.471	667.450	
8	8	1,469.368	-2,311.786	601.753	-119.135	3,781.154	720.888	
	9	1,187.498	-4,617.749	760.939	-65.422	5,805.247	826.361	P7
9	9	1,185.342	-4,621.449	174.387	-756.491	5,806.791	930.878	P7
	10	1,076.733	-2,545.546	226.988	-594.569	3,622.279	821.557	
10	10	1,078.058	-2,544.545	182.715	-587.895	3,622.603	770.610	
	11	1,884.483	-2,056.193	288.627	-440.609	3,940.676	729.236	
11	11	1,892.020	-2,059.294	219.048	-482.695	3,951.314	701.743	
	12	2,747.119	-2,293.393	335.369	-343.441	5,040.512	678.810	
12	12	2,750.992	-2,294.548	260.559	-401.090	5,045.540	661.649	
	13	3,093.600	-2,685.133	385.852	-268.777	5,778.733	654.629	
13	13	3,092.751	-2,685.593	322.022	-331.606	5,778.344	653.628	
	14	2,915.858	-3,274.294	455.055	-207.942	6,190.152	662.997	
14	14	2,910.530	-3,272.491	399.902	-275.536	6,183.021	675.438	
	15	2,215.506	-3,828.929	538.833	-162.732	6,044.435	701.565	
15	15	2,206.641	-3,823.909	499.752	-225.416	6,030.550	725.168	
	16	1,444.094	-4,936.906	646.211	-124.664	6,381.000	770.875	
16	16	1,441.705	-4,934.190	651.631	-167.516	6,375.895	819.147	
	17	1,248.714	-7,437.691	813.917	-101.986	8,686.405	915.903	P8
17	17	1,238.581	-7,437.021	95.265	-870.717	8,675.602	965.982	P8
	18	1,315.570	-4,297.455	138.195	-713.663	5,613.025	851.858	
18	18	1,318.310	-4,280.748	87.551	-722.345	5,599.058	809.896	
	19	1,783.109	-2,263.156	176.769	-579.015	4,046.265	755.784	
19	19	1,788.644	-2,255.519	112.687	-620.287	4,044.163	732.974	
	20	2,536.343	-1,317.980	211.225	-481.525	3,854.323	692.750	

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
20	20	2,546.177	-1,315.462	137.486	-531.902	3,861.639	669.388	
	21	3,525.934	-1,107.393	245.340	-395.574	4,633.327	640.914	
21	21	3,536.539	-1,108.945	172.092	-455.445	4,645.484	627.537	
	22	4,193.747	-1,099.406	287.607	-322.281	5,293.153	609.888	
22	22	4,199.183	-1,100.531	216.213	-386.329	5,299.714	602.542	
	23	4,398.922	-1,148.247	338.467	-257.791	5,547.169	596.258	
23	23	4,398.671	-1,148.557	270.525	-325.537	5,547.228	596.062	
	24	4,134.844	-1,208.080	398.597	-202.792	5,342.924	601.389	
24	24	4,129.034	-1,207.950	335.162	-273.329	5,336.984	608.491	
	25	3,402.700	-1,371.227	467.809	-157.634	4,773.927	625.443	
25	25	3,391.732	-1,370.133	406.956	-230.639	4,761.865	637.595	
	26	2,337.169	-1,616.977	542.551	-122.613	3,954.146	665.164	
26	26	2,326.717	-1,619.271	491.780	-194.737	3,945.988	686.517	
	27	1,465.804	-2,571.891	629.860	-96.035	4,037.695	725.895	
27	27	1,460.153	-2,579.230	589.966	-159.706	4,039.383	749.672	
	28	865.587	-4,503.342	732.737	-70.411	5,368.929	803.148	
28	28	863.450	-4,519.991	724.137	-126.683	5,383.441	850.820	
	29	625.423	-7,685.289	881.718	-82.556	8,310.712	964.274	P9
29	29	626.870	-7,696.817	59.529	-830.103	8,323.687	889.632	P9
	30	1,122.478	-5,148.516	105.221	-670.220	6,270.994	775.441	
30	30	1,126.488	-5,151.271	54.625	-665.001	6,277.759	719.626	
	31	2,198.376	-4,001.156	149.126	-520.802	6,199.532	669.928	
31	31	2,208.546	-4,005.407	87.232	-557.637	6,213.953	644.869	
	32	3,157.912	-3,310.671	192.913	-419.286	6,468.583	612.199	
32	32	3,164.306	-3,311.461	127.029	-471.745	6,475.767	598.774	
	33	3,604.641	-2,639.831	243.830	-337.083	6,244.472	580.913	
33	33	3,606.467	-2,638.520	176.609	-398.387	6,244.987	574.996	
	34	3,532.765	-1,918.238	303.585	-268.109	5,451.003	571.694	
34	34	3,529.864	-1,915.629	234.228	-338.514	5,445.493	572.742	
	35	2,949.767	-1,222.256	370.202	-212.658	4,172.023	582.860	
35	35	2,942.870	-1,218.918	304.605	-293.189	4,161.788	597.794	
	36	1,816.181	-582.195	452.489	-170.155	2,398.376	622.644	
36	36	1,808.591	-579.368	439.752	-227.475	2,387.959	667.227	
	37	3.948	-4.521	608.202	-139.242	8.469	747.444	A2

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
37	38	7.655	-4.827	46.909	-598.285	12.482	645.194	P6
	39	1,729.070	-210.978	150.773	-430.130	1,940.048	580.903	
38	39	1,728.115	-211.862	103.010	-466.703	1,939.977	569.713	
	40	2,910.115	-460.868	225.226	-318.834	3,370.983	544.060	
39	40	2,909.267	-461.930	145.124	-378.871	3,371.197	523.995	
	41	3,525.481	-712.202	271.017	-242.462	4,237.683	513.479	
40	41	3,525.386	-713.001	202.179	-308.537	4,238.387	510.716	
	42	3,616.873	-1,006.724	333.814	-180.445	4,623.597	514.259	
41	42	3,617.631	-1,007.345	270.053	-251.263	4,624.976	521.316	
	43	3,213.167	-1,264.921	406.377	-132.103	4,478.088	538.480	
42	43	3,214.839	-1,264.917	349.148	-206.418	4,479.756	555.566	
	44	2,346.285	-1,521.354	488.692	-96.565	3,867.639	585.257	
43	44	2,348.635	-1,519.847	449.886	-167.683	3,868.482	617.569	
	45	1,383.294	-2,131.976	594.546	-68.231	3,515.270	662.777	
44	45	1,383.852	-2,127.306	611.367	-114.768	3,511.158	726.135	
	46	1,129.011	-4,474.822	767.663	-66.160	5,603.833	833.823	P7
45	46	1,126.869	-4,475.343	172.870	-758.996	5,602.212	931.866	P7
	47	1,011.552	-2,327.271	222.774	-598.026	3,338.823	820.800	
46	47	1,008.867	-2,328.945	177.470	-582.997	3,337.812	760.467	
	48	1,810.142	-2,004.994	283.674	-436.910	3,815.136	720.584	
47	48	1,809.036	-2,009.677	212.838	-475.566	3,818.713	688.404	
	49	2,622.932	-2,245.527	329.038	-337.405	4,868.459	666.443	
48	49	2,622.557	-2,247.445	254.198	-394.914	4,870.002	649.112	
	50	2,949.826	-2,673.954	378.921	-263.408	5,623.780	642.329	
49	50	2,950.095	-2,674.341	313.914	-327.125	5,624.436	641.039	
	51	2,789.954	-3,226.511	445.890	-203.732	6,016.465	649.622	
50	51	2,790.592	-3,224.040	392.826	-272.847	6,014.632	665.673	
	52	2,143.482	-3,766.319	530.635	-159.503	5,909.801	690.138	
51	52	2,144.323	-3,759.907	500.761	-224.942	5,904.230	725.703	
	53	1,364.321	-4,620.694	645.973	-123.733	5,985.015	769.706	
52	53	1,364.121	-4,613.693	678.681	-174.676	5,977.814	853.357	
	54	1,249.317	-7,159.612	838.714	-113.365	8,408.929	952.079	P8
53	54	1,259.461	-7,160.853	110.216	-914.863	8,420.314	1,025.079	P8
	55	1,254.693	-3,914.046	150.143	-761.489	5,168.739	911.632	
54	55	1,253.244	-3,915.116	88.159	-721.940	5,168.360	810.099	
	56	1,722.891	-2,101.429	177.618	-580.016	3,824.320	757.634	
55	56	1,721.788	-2,094.960	111.336	-608.756	3,816.748	720.092	
	57	2,487.110	-1,304.141	210.798	-471.355	3,791.251	682.153	

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
56	57	2,485.666	-1,302.942	134.996	-522.697	3,788.608	657.693	
	58	3,445.974	-1,143.675	243.037	-387.726	4,589.649	630.763	
57	58	3,446.273	-1,145.753	168.679	-448.494	4,592.026	617.173	
	59	4,072.034	-1,077.981	283.788	-316.697	5,150.015	600.485	
58	59	4,072.236	-1,079.351	212.625	-381.226	5,151.587	593.851	
	60	4,263.377	-1,124.262	334.040	-253.868	5,387.639	587.908	
59	60	4,263.196	-1,124.574	265.969	-321.624	5,387.770	587.593	
	61	4,013.188	-1,235.913	392.856	-199.776	5,249.101	592.632	
60	61	4,012.597	-1,235.511	327.884	-270.479	5,248.108	598.363	
	62	3,328.965	-1,365.164	459.176	-155.038	4,694.129	614.214	
61	62	3,328.380	-1,363.471	398.449	-228.125	4,691.851	626.574	
	63	2,296.510	-1,601.398	532.710	-119.950	3,897.908	652.660	
62	63	2,297.900	-1,602.163	482.257	-194.126	3,900.063	676.383	
	64	1,417.910	-2,427.956	618.969	-94.623	3,845.866	713.592	
63	64	1,419.182	-2,433.716	592.583	-159.469	3,852.898	752.052	
	65	812.691	-4,173.309	733.945	-69.998	4,986.000	803.943	
64	65	813.862	-4,172.272	778.589	-133.087	4,986.134	911.676	
	66	648.940	-7,488.623	932.383	-91.874	8,137.563	1,024.257	P9
65	66	650.120	-7,492.386	52.660	-862.592	8,142.506	915.252	P9
	67	1,079.471	-4,795.997	104.926	-705.149	5,875.468	810.075	
66	67	1,080.656	-4,802.415	56.086	-666.683	5,883.071	722.769	
	68	2,139.396	-3,941.193	151.403	-523.693	6,080.589	675.096	
67	68	2,139.025	-3,947.177	87.209	-550.420	6,086.202	637.629	
	69	3,030.085	-3,258.291	193.708	-413.314	6,288.376	607.022	
68	69	3,029.573	-3,260.184	125.414	-463.498	6,289.757	588.912	
	70	3,447.303	-2,594.196	242.211	-329.969	6,041.499	572.180	
69	70	3,447.027	-2,593.536	174.057	-390.888	6,040.563	564.945	
	71	3,375.633	-1,919.746	300.572	-261.530	5,295.379	562.102	
70	71	3,375.882	-1,917.394	236.041	-333.628	5,293.276	569.669	
	72	2,792.692	-1,216.075	371.397	-209.290	4,008.767	580.687	
71	72	2,793.631	-1,212.382	312.205	-292.323	4,006.013	604.528	
	73	1,661.587	-549.743	458.701	-171.611	2,211.330	630.312	
72	73	1,662.947	-546.029	415.796	-214.705	2,208.976	630.501	
	74	4.996	-3.600	584.555	-122.776	8.596	707.331	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	30.823	-24.728	17.213	-22.748	55.551	39.961	P6
	2	95.121	-63.625	4.250	-6.177	158.746	10.427	
2	2	96.543	-64.533	4.561	-4.642	161.076	9.203	
	3	73.223	-48.646	13.974	-10.006	121.869	23.980	

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
3	3	74.595	-49.589	5.296	-6.135	124.184	11.431	
	4	58.756	-39.667	12.474	-9.267	98.423	21.741	
4	4	59.439	-40.134	6.499	-7.883	99.573	14.382	
	5	52.402	-36.254	10.701	-8.052	88.656	18.753	
5	5	52.079	-36.006	6.837	-8.258	88.085	15.095	
	6	46.952	-33.836	10.310	-7.706	80.788	18.016	
6	6	45.567	-32.778	5.516	-6.370	78.345	11.886	
	7	31.085	-24.043	12.169	-9.014	55.128	21.183	
7	7	29.112	-22.386	5.555	-4.119	51.498	9.674	
	8	30.151	-44.843	24.066	-17.492	74.994	41.558	
8	8	29.698	-44.957	55.190	-36.535	74.655	91.725	
	9	246.571	-366.678	73.666	-50.702	613.249	124.368	P7
9	9	220.368	-304.745	47.319	-66.071	525.113	113.390	P7
	10	20.519	-21.274	32.683	-47.402	41.793	80.085	
10	10	19.998	-21.581	15.330	-19.185	41.579	34.515	
	11	26.773	-19.438	0.418	-0.277	46.211	0.695	
11	11	28.085	-20.698	7.528	-8.675	48.783	16.203	
	12	22.961	-20.490	10.802	-7.660	43.451	18.462	
12	12	23.787	-21.181	6.150	-6.768	44.968	12.918	
	13	10.001	-13.409	13.105	-9.313	23.410	22.418	
13	13	9.826	-13.193	5.238	-5.231	23.019	10.469	
	14	17.659	-16.286	15.047	-10.504	33.945	25.551	
14	14	17.813	-16.975	1.854	-1.307	34.788	3.161	
	15	52.539	-67.153	20.421	-14.159	119.692	34.580	
15	15	51.913	-67.171	17.010	-11.909	119.084	28.919	
	16	142.348	-204.507	38.071	-26.456	346.855	64.527	
16	16	137.728	-199.607	89.642	-61.926	337.335	151.568	
	17	478.556	-700.556	111.089	-74.646	1,179.112	185.735	P8

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
17	17	410.831	-615.763	68.745	-102.873	1,026.594	171.618	P8
	18	108.289	-156.111	55.916	-81.262	264.400	137.178	
18	18	105.401	-153.428	25.776	-36.077	258.829	61.853	
	19	18.325	-27.123	9.849	-14.516	45.448	24.365	
19	19	14.048	-21.060	14.087	-19.460	35.108	33.547	
	20	22.409	-15.034	2.060	-2.568	37.443	4.628	
20	20	27.949	-18.648	9.963	-13.545	46.597	23.508	
	21	42.018	-28.563	7.908	-6.670	70.581	14.578	
21	21	45.769	-31.000	8.854	-11.792	76.769	20.646	
	22	51.209	-35.093	9.613	-7.764	86.302	17.377	
22	22	52.646	-35.949	8.383	-11.031	88.595	19.414	
	23	54.428	-37.552	10.318	-8.212	91.980	18.530	
23	23	53.426	-36.726	8.037	-10.509	90.152	18.546	
	24	52.722	-36.714	10.792	-8.544	89.436	19.336	
24	24	49.446	-34.342	7.473	-9.641	83.788	17.114	
	25	44.515	-31.525	11.616	-9.092	76.040	20.708	
25	25	39.295	-27.886	6.609	-8.368	67.181	14.977	
	26	28.160	-21.064	12.829	-9.933	49.224	22.762	
26	26	21.770	-16.759	2.811	-3.394	38.529	6.205	
	27	16.775	-14.096	17.760	-13.717	30.871	31.477	
27	27	21.097	-20.246	11.868	-8.883	41.343	20.751	
	28	106.671	-132.198	32.976	-25.394	238.869	58.370	
28	28	109.185	-133.999	73.910	-49.011	243.184	122.921	
	29	395.050	-555.576	94.972	-65.505	950.626	160.477	P9
29	29	534.771	-776.195	80.269	-118.773	1,310.966	199.042	P9
	30	164.525	-235.287	68.089	-97.968	399.812	166.057	
30	30	168.071	-238.789	28.039	-40.508	406.860	68.547	
	31	68.178	-87.478	14.101	-20.165	155.656	34.266	
31	31	68.159	-86.529	14.324	-20.300	154.688	34.624	
	32	33.025	-34.977	1.298	-1.389	68.002	2.687	
32	32	32.495	-33.691	10.387	-14.676	66.186	25.063	
	33	14.550	-9.180	4.787	-5.036	23.730	9.823	
33	33	14.397	-8.729	9.694	-13.671	23.126	23.365	
	34	14.298	-18.756	5.367	-5.435	33.054	10.802	
34	34	13.878	-18.274	10.558	-14.995	32.152	25.553	
	35	39.226	-33.814	3.638	-4.285	73.040	7.923	
35	35	37.243	-32.386	11.127	-16.372	69.629	27.499	
	36	73.312	-51.487	2.505	-3.429	124.799	5.934	
36	36	71.045	-49.763	1.074	-1.501	120.808	2.575	
	37	33.640	-27.065	16.329	-14.217	60.705	30.546	A2

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
37	38	2.969	-2.065	21.734	-16.588	5.034	38.322	P6
	39	43.265	-57.420	5.976	-4.085	100.685	10.061	
38	39	41.954	-55.193	4.433	-4.393	97.147	8.826	
	40	28.649	-32.970	9.779	-13.429	61.619	23.208	
39	40	27.421	-30.965	6.667	-5.518	58.386	12.185	
	41	19.808	-19.952	8.610	-11.139	39.760	19.749	
40	41	19.258	-19.074	9.210	-7.153	38.332	16.363	
	42	19.806	-20.720	6.930	-8.540	40.526	15.470	
41	42	20.176	-21.348	10.409	-7.956	41.524	18.365	
	43	24.748	-28.979	6.088	-7.292	53.727	13.380	
42	43	26.258	-31.446	9.347	-7.117	57.704	16.464	
	44	26.836	-34.013	6.880	-8.294	60.849	15.174	
43	44	29.410	-38.226	1.314	-1.710	67.636	3.024	
	45	12.891	-8.701	14.811	-19.301	21.592	34.112	
44	45	8.396	-6.013	33.577	-50.559	14.409	84.136	
	46	296.222	-202.665	47.493	-68.098	498.887	115.591	P7
45	46	295.891	-202.416	68.236	-47.958	498.307	116.194	P7
	47	7.817	-6.038	50.495	-33.907	13.855	84.402	
46	47	11.700	-8.796	22.395	-16.604	20.496	38.999	
	48	39.810	-53.036	4.236	-3.137	92.846	7.373	
47	48	37.602	-49.558	12.864	-9.409	87.160	22.273	
	49	47.908	-67.059	5.206	-5.715	114.967	10.921	
48	49	46.916	-65.712	11.837	-8.599	112.628	20.436	
	50	52.592	-77.194	6.307	-7.173	129.786	13.480	
49	50	53.058	-78.266	11.164	-8.247	131.324	19.411	
	51	56.650	-85.468	6.936	-8.263	142.118	15.199	
50	51	58.976	-88.684	6.944	-5.391	147.660	12.335	
	52	50.783	-74.386	10.082	-12.911	125.169	22.993	
51	52	54.141	-79.080	6.492	-9.640	133.221	16.132	
	53	16.626	-18.310	21.892	-29.910	34.936	51.802	
52	53	12.778	-16.215	56.156	-81.671	28.993	137.827	
	54	458.864	-305.267	68.399	-102.368	764.131	170.767	P8
53	54	484.765	-325.618	97.880	-65.351	810.383	163.231	P8
	55	60.798	-42.663	76.973	-52.961	103.461	129.934	
54	55	73.247	-49.041	32.042	-23.252	122.288	55.294	
	56	24.482	-31.440	11.137	-7.506	55.922	18.643	
55	56	18.201	-19.778	16.337	-12.148	37.979	28.485	
	57	37.879	-48.309	4.032	-4.570	86.188	8.602	

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
56	57	32.968	-39.483	11.195	-8.559	72.451	19.754	
	58	35.241	-43.077	7.622	-9.712	78.318	17.334	
57	58	32.050	-37.552	10.100	-7.942	69.602	18.042	
	59	31.335	-35.842	8.237	-10.805	67.177	19.042	
58	59	29.959	-33.694	9.893	-7.928	63.653	17.821	
	60	29.171	-30.972	8.253	-11.015	60.143	19.268	
59	60	29.615	-32.140	9.806	-7.994	61.755	17.800	
	61	29.151	-29.008	8.185	-11.098	58.159	19.283	
60	61	31.354	-33.332	9.243	-7.798	64.686	17.041	
	62	29.933	-27.455	8.384	-11.666	57.388	20.050	
61	62	33.759	-34.638	8.221	-7.283	68.397	15.504	
	63	29.844	-23.815	8.897	-12.685	53.659	21.582	
62	63	35.129	-33.540	3.363	-3.784	68.669	7.147	
	64	14.244	-10.246	12.397	-17.544	24.490	29.941	
63	64	20.453	-15.759	7.947	-11.881	36.212	19.828	
	65	97.754	-69.707	23.825	-32.787	167.461	56.612	
64	65	86.748	-61.571	49.629	-73.998	148.319	123.627	
	66	496.215	-332.239	63.719	-94.902	828.454	158.621	P9
65	66	493.594	-330.332	110.896	-74.965	823.926	185.861	P9
	67	11.872	-16.130	90.202	-62.725	28.002	152.927	
66	67	14.557	-19.129	32.907	-23.349	33.686	56.256	
	68	70.518	-98.290	12.645	-8.792	168.808	21.437	
67	68	65.986	-92.036	12.903	-9.959	158.022	22.862	
	69	74.589	-106.329	5.507	-6.939	180.918	12.446	
68	69	71.482	-102.011	7.258	-6.245	173.493	13.503	
	70	62.597	-89.892	8.949	-12.178	152.489	21.127	
69	70	61.170	-87.960	6.247	-5.767	149.130	12.014	
	71	49.095	-71.871	9.162	-12.791	120.966	21.953	
70	71	49.251	-72.238	7.510	-6.805	121.489	14.315	
	72	42.265	-63.269	7.854	-11.122	105.534	18.976	
71	72	43.901	-65.626	8.848	-7.541	109.527	16.389	
	73	45.464	-64.140	6.853	-9.386	109.604	16.239	
72	73	47.655	-67.461	5.488	-7.992	115.116	13.480	
	74	1.921	-1.314	17.515	-23.877	3.235	41.392	A2

6) 부재력 요약

[단면 - 1]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	730.630	968.782	662.729	1,332.890	75.571	49.879	절점 1 에서 2.50 M
G2	687.632	935.814	697.435	1,278.550	29.717	48.736	절점 38 에서 2.43 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-276.477	-331.236	-244.143	-536.636	-13.443	-20.118	절점 1 에서 2.50 M
G2	-267.575	-329.199	-264.738	-530.976	-9.628	-20.125	절점 38 에서 2.43 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-121.037	-103.478	-24.272	-554.166	-54.165	-6.107	절점 1 에서 2.50 M
G2	-120.595	-100.189	19.555	-564.642	-156.694	-6.827	절점 38 에서 2.43 M

[단면 - 2]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	2,476.340	2,926.150	2,217.720	3,614.060	76.792	244.565	절점 3 에서 2.77 M
G2	2,444.970	2,912.170	2,310.720	3,537.510	31.415	242.316	절점 40 에서 2.73 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-91.594	-79.920	-73.237	-338.939	-2.919	-20.100	절점 3 에서 2.77 M
G2	-95.492	-83.100	-73.929	-340.577	-3.216	-20.129	절점 40 에서 2.73 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-90.778	-77.267	-24.356	-398.459	-46.776	-9.048	절점 3 에서 2.77 M
G2	-90.589	-76.215	-11.468	-441.331	-71.267	-9.592	절점 40 에서 2.73 M

[단면 - 3]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	2,698.430	3,058.180	2,359.230	3,804.050	67.527	339.609	절점 4 에서 2.50 M
G2	2,671.640	3,047.940	2,453.280	3,724.590	28.175	335.269	절점 41 에서 2.45 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-1.143	25.648	14.208	309.929	1.409	13.362	절점 4 에서 2.50 M
G2	-1.063	26.226	13.935	308.922	0.335	13.287	절점 41 에서 2.45 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-40.465	-31.725	-22.302	-277.751	-8.556	-11.176	절점 4 에서 2.50 M
G2	-40.152	-30.604	-6.839	-332.612	-5.959	-11.657	절점 41 에서 2.45 M

[단면 - 4]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	921.957	1,898.220	981.995	3,869.820	17.780	294.421	절점 33 에서 3.74 M
G2	901.173	1,884.320	1,098.940	3,729.140	57.149	288.495	절점 70 에서 3.65 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-91.312	-66.925	-79.328	-297.244	-1.680	-13.691	절점 33 에서 3.74 M
G2	-92.956	-68.409	-75.657	-290.621	-8.072	-13.644	절점 70 에서 3.65 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-39.064	-36.651	-12.136	-260.555	-6.746	-17.366	절점 33 에서 3.74 M
G2	-40.247	-40.811	-64.788	-261.968	-26.551	-17.932	절점 70 에서 3.65 M

[단면 - 5]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	1,881.080	2,027.070	1,397.510	2,993.280	44.937	449.739	절점 20 에서 1.87 M
G2	-1,206.930	-2,319.750	-1,589.480	-3,120.490	-95.900	-518.842	절점 45 에서 2.43 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-234.117	-288.647	-224.265	-478.364	-5.502	-20.837	절점 20 에서 1.87 M
G2	382.316	570.304	430.484	687.276	40.535	23.789	절점 45 에서 2.43 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-215.239	-223.144	-113.040	-617.570	-100.905	-25.910	절점 20 에서 1.87 M
G2	108.127	76.659	34.406	607.094	118.119	16.386	절점 45 에서 2.43 M

[단면 - 6]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-2,167.610	-3,722.780	-2,339.680	-4,617.750	-366.678	-461.665	절점 9 에서 0.00 M
G2	-2,178.620	-3,798.230	-2,693.570	-4,475.340	-202.416	-576.800	절점 46 에서 0.00 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	405.752	614.480	380.319	760.939	73.666	2.864	절점 9 에서 0.00 M
G2	417.124	647.928	478.828	767.663	47.493	23.789	절점 46 에서 0.00 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	104.590	73.197	77.994	534.940	70.125	17.447	절점 9 에서 0.00 M
G2	108.127	69.012	-40.138	659.542	118.119	16.386	절점 46 에서 0.00 M

[단면 - 7]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-1,672.730	-1,543.680	-1,622.240	-3,828.930	-67.153	-346.525	절점 15 에서 0.00 M
G2	-1,668.020	-1,516.520	-1,483.400	-3,766.320	-74.386	-344.969	절점 52 에서 0.00 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	205.135	389.051	236.267	538.833	20.421	33.373	절점 15 에서 0.00 M
G2	208.674	394.570	250.071	530.635	10.082	35.424	절점 52 에서 0.00 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-56.026	-11.546	-113.917	-419.380	-35.344	-18.168	절점 15 에서 0.00 M
G2	-57.642	-12.227	-92.591	-445.833	-141.519	-17.885	절점 52 에서 0.00 M

[단면 - 8]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-2,896.140	-3,855.370	-2,978.070	-4,936.910	-204.507	-410.958	절점 16 에서 0.00 M
G2	-2,888.240	-3,828.930	-2,965.620	-4,620.690	-18.310	-434.956	절점 53 에서 0.00 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	283.234	540.835	315.546	646.211	38.071	30.561	절점 16 에서 0.00 M
G2	297.436	572.030	396.421	678.681	56.156	48.250	절점 53 에서 0.00 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-137.759	-99.799	-154.855	-549.142	-232.081	-10.189	절점 16 에서 0.00 M
G2	-143.486	-101.050	-98.397	-669.588	-118.738	-9.634	절점 53 에서 0.00 M

[단면 - 9]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-4,527.450	-6,860.090	-4,561.890	-7,437.690	-700.556	-479.409	절점 17 에서 0.00 M
G2	-4,518.030	-6,977.650	-5,112.170	-7,160.850	-325.618	-646.851	절점 54 에서 0.00 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-508.690	-766.240	-462.276	-870.717	-102.873	-10.446	절점 17 에서 0.00 M
G2	-539.694	-831.964	-607.044	-914.863	-65.351	-31.479	절점 54 에서 0.00 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-228.277	-195.197	-152.990	-807.103	-129.128	-33.019	절점 17 에서 0.00 M
G2	-239.834	-194.057	25.655	-969.449	-282.088	-32.619	절점 54 에서 0.00 M

[단면 - 10]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-205.590	-611.540	-567.617	-2,263.160	-27.123	-435.141	절점 19 에서 0.00 M
G2	-159.526	-547.178	-402.243	-2,101.430	-31.440	-436.383	절점 56 에서 0.00 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-358.165	-488.767	-346.709	-620.287	-19.460	-20.174	절점 19 에서 0.00 M
G2	-352.195	-485.909	-354.487	-608.756	-12.148	-21.754	절점 56 에서 0.00 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-254.060	-254.982	-161.279	-729.392	-119.656	-37.837	절점 19 에서 0.00 M
G2	-269.998	-256.587	-93.287	-882.110	-308.952	-45.668	절점 56 에서 0.00 M

[단면 - 11]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	3,300.990	3,810.720	2,770.310	4,414.240	63.975	178.963	절점 22 에서 3.74 M
G2	3,248.910	3,771.450	2,841.980	4,279.800	36.725	174.741	절점 59 에서 3.64 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-9.829	-10.972	-6.731	-303.833	-4.064	-20.920	절점 22 에서 3.74 M
G2	-11.648	-12.223	-4.213	-300.969	-5.788	-21.012	절점 59 에서 3.64 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-38.135	-41.809	9.381	-355.060	-21.977	-6.558	절점 22 에서 3.74 M
G2	-39.539	-46.399	-46.521	-379.721	-35.540	-6.999	절점 59 에서 3.64 M

[단면 - 12]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	3,118.210	3,608.290	2,587.720	4,284.020	63.640	189.269	절점 23 에서 3.47 M
G2	3,075.350	3,577.790	2,665.410	4,157.470	37.186	184.851	절점 60 에서 3.37 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	86.498	95.174	80.708	369.485	4.307	23.034	절점 23 에서 3.47 M
G2	85.097	94.943	82.282	365.642	3.366	23.137	절점 60 에서 3.37 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	66.033	67.722	59.559	362.182	21.637	7.892	절점 23 에서 3.47 M
G2	67.962	66.429	5.843	443.606	34.266	8.303	절점 60 에서 3.37 M

[단면 - 13]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	1,267.940	1,446.830	842.700	3,024.690	42.207	395.534	절점 25 에서 3.47 M
G2	1,251.880	1,446.700	987.299	2,963.210	38.933	388.573	절점 62 에서 3.37 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	288.784	328.454	265.671	499.257	6.362	22.994	절점 25 에서 3.47 M
G2	291.659	333.381	265.467	489.864	4.287	23.179	절점 62 에서 3.37 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	233.195	238.595	129.726	632.188	99.994	24.424	절점 25 에서 3.47 M
G2	241.272	241.231	46.769	739.085	178.829	24.459	절점 62 에서 3.37 M

[단면 - 14]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-1,833.980	-1,808.060	-1,804.800	-4,005.410	-86.529	-398.033	절점 31 에서 0.00 M
G2	-1,814.320	-1,766.910	-1,642.910	-3,947.180	-92.036	-396.397	절점 68 에서 0.00 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-306.701	-482.347	-324.590	-557.637	-20.300	-12.834	절점 31 에서 0.00 M
G2	-318.840	-494.395	-347.971	-523.693	-8.792	-16.856	절점 68 에서 0.00 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-45.808	-76.303	-53.297	-455.923	-39.655	-37.910	절점 31 에서 0.00 M
G2	1.847	-30.613	51.364	-638.609	-200.840	-43.686	절점 68 에서 0.00 M

[단면 - 15]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-3,569.420	-4,579.990	-3,588.550	-5,151.270	-238.789	-449.920	절점 30 에서 0.00 M
G2	-3,543.760	-4,541.070	-3,561.460	-4,802.420	-19.129	-477.715	절점 67 에서 0.00 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-387.964	-632.789	-401.049	-665.001	-40.508	-10.477	절점 30 에서 0.00 M
G2	-411.945	-675.497	-494.222	-705.149	-62.725	-24.590	절점 67 에서 0.00 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	90.159	64.746	120.936	541.267	240.813	24.120	절점 30 에서 0.00 M
G2	91.388	61.196	57.977	664.359	107.804	24.208	절점 67 에서 0.00 M

[단면 - 16]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-5,702.570	-8,002.170	-5,559.840	-7,696.820	-776.195	-463.166	절점 29 에서 0.00 M
G2	-5,746.460	-8,192.050	-6,188.400	-7,492.390	-330.332	-596.522	절점 66 에서 0.00 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	551.007	803.036	489.205	881.718	94.972	11.957	절점 29 에서 0.00 M
G2	593.408	883.603	650.269	932.383	63.719	34.219	절점 66 에서 0.00 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	182.726	154.564	117.060	801.014	114.804	24.260	절점 29 에서 0.00 M
G2	195.071	155.012	-61.968	969.603	287.248	23.207	절점 66 에서 0.00 M

[단면 - 21]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-1,105.130	-487.544	-973.621	-3,482.520	-24.512	-299.585	절점 14 에서 1.87 M
G2	-1,103.960	-473.395	-820.610	-3,427.420	-93.847	-294.844	절점 51 에서 1.82 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	160.442	291.707	181.613	448.887	7.454	33.373	절점 14 에서 1.87 M
G2	165.264	297.589	189.673	441.572	2.165	35.424	절점 51 에서 1.82 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-9.131	32.144	-40.380	412.811	31.786	29.938	절점 14 에서 1.87 M
G2	-9.725	29.540	-73.928	485.551	140.684	29.628	절점 51 에서 1.82 M

[단면 - 22]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-1,427.870	-1,082.400	-1,341.000	-3,693.020	-44.918	-327.751	절점 14 에서 3.74 M
G2	-1,425.540	-1,061.620	-1,194.840	-3,630.760	-87.004	-324.918	절점 51 에서 3.64 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	187.246	350.118	214.408	502.469	15.213	33.373	절점 14 에서 3.74 M
G2	191.296	355.775	225.911	494.577	6.187	35.424	절점 51 에서 3.64 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-9.131	31.822	-4.277	397.654	31.786	29.938	절점 14 에서 3.74 M
G2	-9.725	23.808	-129.815	533.760	140.684	29.628	절점 51 에서 3.64 M

[단면 - 23]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-2,395.840	-2,903.220	-2,421.210	-4,392.900	-141.483	-386.681	절점 15 에서 3.12 M
G2	-2,391.620	-2,879.530	-2,357.100	-4,202.980	-30.017	-401.111	절점 52 에서 3.03 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	254.388	482.413	282.745	589.501	30.123	30.561	절점 15 에서 3.12 M
G2	260.811	496.383	318.628	589.895	15.955	38.237	절점 52 에서 3.03 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-56.026	-12.083	-53.755	-470.402	-35.344	-18.168	절점 15 에서 3.12 M
G2	-57.642	-21.779	-185.718	-392.297	-141.519	-17.885	절점 52 에서 3.03 M

[단면 - 24]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-665.131	-1,238.210	-1,001.960	-2,629.540	-48.607	-446.882	절점 18 에서 3.74 M
G2	-609.615	-1,168.290	-858.330	-2,408.740	-14.771	-457.151	절점 55 에서 3.64 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-377.609	-521.514	-358.898	-612.576	-19.907	-17.970	절점 18 에서 3.74 M
G2	-380.472	-531.761	-388.314	-613.479	-11.118	-23.957	절점 55 에서 3.64 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-257.914	-245.099	-87.636	-824.769	-94.189	-46.288	절점 18 에서 3.74 M
G2	-269.998	-252.766	-56.034	-904.343	-308.952	-45.668	절점 55 에서 3.64 M

[단면 - 31]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-2,875.340	-3,456.010	-2,871.800	-4,598.180	-170.941	-430.305	절점 30 에서 1.87 M
G2	-2,854.230	-3,418.680	-2,789.590	-4,379.130	-40.134	-447.062	절점 67 에서 1.82 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-357.145	-574.387	-368.260	-609.257	-32.834	-10.477	절점 30 에서 1.87 M
G2	-365.989	-591.352	-408.354	-611.510	-17.412	-16.856	절점 67 에서 1.82 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	4.034	-26.681	19.310	-573.639	-29.533	-44.559	절점 30 에서 1.87 M
G2	1.847	-21.061	144.490	-697.252	-200.840	-43.686	절점 67 에서 1.82 M

[단면 - 32]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-3,333.910	-4,197.400	-3,345.190	-4,953.820	-215.120	-443.385	절점 30 에서 0.62 M
G2	-3,309.860	-4,159.030	-3,299.240	-4,650.640	-21.975	-467.495	절점 67 에서 0.61 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-377.595	-613.330	-390.124	-646.447	-37.947	-10.477	절점 30 에서 0.62 M
G2	-385.845	-630.137	-432.508	-648.301	-21.367	-16.856	절점 67 에서 0.61 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	4.034	-26.466	-4.759	-566.067	-29.533	-44.559	절점 30 에서 0.62 M
G2	1.847	-17.240	181.742	-722.278	-200.840	-43.686	절점 67 에서 0.61 M

[단면 - 33]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-1,462.840	-1,230.330	-1,413.310	-3,835.730	-64.321	-382.015	절점 31 에서 1.25 M
G2	-1,449.140	-1,198.400	-1,248.910	-3,780.930	-104.649	-378.813	절점 68 에서 1.21 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-287.981	-443.413	-302.731	-521.533	-15.291	-12.834	절점 31 에서 1.25 M
G2	-292.020	-449.391	-312.811	-514.632	-6.065	-14.500	절점 68 에서 1.21 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-45.808	-76.517	-29.233	-455.923	-39.655	-37.910	절점 31 에서 1.25 M
G2	-47.180	-70.863	89.544	-595.320	-160.613	-37.724	절점 68 에서 1.21 M

[현장이음 - 1]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	1,084.700	1,378.870	970.005	1,845.240	89.964	76.518	절점 1 에서 3.82 M
G2	1,027.090	1,339.180	1,027.050	1,775.940	39.768	75.162	절점 38 에서 3.74 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-258.906	-290.024	-220.952	-484.901	-8.507	-20.118	절점 1 에서 3.82 M
G2	-250.136	-287.311	-238.568	-478.283	-5.861	-20.125	절점 38 에서 3.74 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-121.037	-103.715	1.258	-568.870	-54.165	-6.107	절점 1 에서 3.82 M
G2	-120.595	-104.351	-20.798	-542.145	-156.694	-6.827	절점 38 에서 3.74 M

[현장이음 - 2]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	2,388.560	2,840.520	2,143.680	3,514.280	78.827	226.486	절점 3 에서 1.87 M
G2	2,355.020	2,824.850	2,236.160	3,436.530	32.177	224.470	절점 40 에서 1.85 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-103.085	-105.363	-88.990	-370.614	-1.819	-20.100	절점 3 에서 1.87 M
G2	-106.911	-108.788	-91.598	-371.957	-2.111	-20.129	절점 40 에서 1.85 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-90.778	-77.108	-41.698	-392.615	-46.776	-9.048	절점 3 에서 1.87 M
G2	-90.589	-73.407	15.777	-464.980	-71.267	-9.592	절점 40 에서 1.85 M

[현장이음 - 3]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	2,241.140	2,342.800	1,822.540	3,412.590	51.944	478.812	절점 5 에서 4.37 M
G2	2,216.670	2,334.690	1,925.810	3,297.070	27.399	469.022	절점 42 에서 4.28 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	131.860	185.610	139.775	450.057	7.988	13.484	절점 5 에서 4.37 M
G2	132.908	188.247	142.974	449.149	4.333	13.164	절점 42 에서 4.28 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	16.355	18.777	24.721	302.017	26.583	14.318	절점 5 에서 4.37 M
G2	17.243	14.383	-58.956	430.228	57.201	14.476	절점 42 에서 4.28 M

[현장이음 - 4]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	991.162	711.462	590.002	2,308.950	24.204	599.238	절점 7 에서 0.62 M
G2	977.580	717.460	702.699	2,212.170	27.829	593.902	절점 44 에서 0.61 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	268.628	334.608	248.344	467.552	7.867	11.013	절점 7 에서 0.62 M
G2	274.414	343.675	265.293	470.031	2.829	15.636	절점 44 에서 0.61 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	103.734	83.937	-35.028	558.584	48.007	31.036	절점 7 에서 0.62 M
G2	106.770	91.945	62.295	564.417	159.862	30.173	절점 44 에서 0.61 M

[현장이음 - 5]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-973.721	-1,962.820	-1,241.310	-2,999.210	-155.487	-452.726	절점 8 에서 1.87 M
G2	-980.516	-1,985.770	-1,335.820	-2,854.220	-72.381	-504.420	절점 45 에서 1.82 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	360.804	517.114	325.653	658.514	62.117	2.864	절점 8 에서 1.87 M
G2	373.456	550.904	418.402	667.685	38.796	23.789	절점 45 에서 1.82 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	104.590	73.735	17.814	549.620	70.125	17.447	절점 8 에서 1.87 M
G2	108.127	78.571	53.037	595.213	118.119	16.386	절점 45 에서 1.82 M

[현장이음 - 6]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-1,503.240	-2,236.510	-1,619.460	-3,196.610	-117.393	-387.993	절점 9 에서 3.12 M
G2	-1,505.430	-2,256.720	-1,702.020	-2,963.060	-71.041	-440.748	절점 46 에서 3.03 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-192.237	-429.865	-204.921	-652.242	-54.453	-23.792	절점 9 에서 3.12 M
G2	-201.467	-461.988	-298.118	-655.920	-39.207	-44.884	절점 46 에서 3.03 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	59.955	17.626	93.159	383.494	74.145	11.846	절점 9 에서 3.12 M
G2	62.187	15.723	52.257	459.490	70.410	12.007	절점 46 에서 3.03 M

[현장이음 - 7]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-586.048	-109.532	-544.664	-2,034.440	-18.004	-245.529	절점 10 에서 4.37 M
G2	-585.594	-98.546	-398.655	-1,969.480	-49.080	-241.840	절점 47 에서 4.24 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-102.382	-247.052	-127.536	-457.362	-2.600	-31.872	절점 10 에서 4.37 M
G2	-106.033	-255.294	-145.412	-453.628	-4.509	-36.804	절점 47 에서 4.24 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	33.020	-8.390	126.929	357.932	41.101	19.491	절점 10 에서 4.37 M
G2	34.935	-13.947	22.353	-505.858	-129.210	-33.224	절점 47 에서 4.24 M

[현장이음 - 8]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-491.525	585.723	-289.338	-2,910.050	-16.900	-222.660	절점 13 에서 1.87 M
G2	-493.678	586.419	-133.561	3,143.600	62.340	213.393	절점 50 에서 1.82 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	86.151	137.560	92.956	368.240	3.090	34.245	절점 13 에서 1.87 M
G2	88.416	139.963	94.264	359.924	3.924	34.550	절점 50 에서 1.82 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	11.093	34.110	-4.944	302.916	15.936	22.948	절점 13 에서 1.87 M
G2	11.172	33.544	-14.748	356.088	67.830	23.177	절점 50 에서 1.82 M

[현장이음 - 9]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-1,550.220	-1,312.890	-1,481.530	-3,760.930	-56.028	-337.132	절점 14 에서 4.37 M
G2	-1,546.810	-1,289.130	-1,339.160	-3,698.560	-80.693	-334.947	절점 51 에서 4.24 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	196.185	369.572	225.330	520.639	17.815	33.373	절점 14 에서 4.37 M
G2	199.987	375.178	237.994	512.611	8.135	35.424	절점 51 에서 4.24 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-9.131	31.715	7.747	397.654	31.786	29.938	절점 14 에서 4.37 M
G2	-9.725	21.897	-148.452	553.228	140.684	29.628	절점 51 에서 4.24 M

[현장이음 - 10]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-3,078.330	-4,192.850	-3,153.300	-5,191.310	-257.178	-414.203	절점 16 에서 0.62 M
G2	-3,071.740	-4,185.670	-3,208.190	-4,837.180	-47.906	-454.410	절점 53 에서 0.61 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	296.296	543.690	284.901	670.614	92.301	20.550	절점 16 에서 0.62 M
G2	307.102	591.431	408.504	697.664	57.673	48.250	절점 53 에서 0.61 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-137.759	-99.907	-142.829	-549.142	-232.081	-10.189	절점 16 에서 0.62 M
G2	-143.486	-102.962	-117.031	-655.683	-118.738	-9.634	절점 53 에서 0.61 M

[현장이음 - 11]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-2,464.860	-3,808.660	-2,712.330	-4,641.730	-208.543	-481.561	절점 17 에서 4.37 M
G2	-2,385.260	-3,741.220	-2,719.290	-4,279.140	-73.738	-534.831	절점 54 에서 4.24 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-435.158	-629.985	-385.776	-732.128	-83.965	-10.446	절점 17 에서 4.37 M
G2	-468.264	-696.195	-522.490	-779.759	-54.509	-31.479	절점 54 에서 4.24 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-228.277	-195.948	-68.774	-829.214	-129.128	-33.019	절점 17 에서 4.37 M
G2	-239.834	-207.432	-104.749	-882.572	-282.088	-32.619	절점 54 에서 4.24 M

[현장이음 - 12]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	1,219.550	1,225.980	779.199	2,535.050	22.009	504.493	절점 19 에서 4.37 M
G2	1,203.990	1,226.900	919.236	2,493.730	39.097	497.520	절점 56 에서 4.24 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-292.657	-352.603	-270.199	-497.482	-2.948	-20.174	절점 19 에서 4.37 M
G2	-288.484	-350.335	-269.935	-487.216	-2.629	-21.754	절점 56 에서 4.24 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-254.060	-255.733	-77.050	-763.796	-119.656	-37.837	절점 19 에서 4.37 M
G2	-263.351	-265.687	-111.398	-802.623	-252.942	-37.630	절점 56 에서 4.24 M

[현장이음 - 13]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	2,943.390	3,386.750	2,442.680	4,021.860	60.860	307.750	절점 21 에서 3.12 M
G2	2,890.720	3,346.170	2,527.180	3,911.030	40.184	300.506	절점 58 에서 3.03 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-112.292	-141.454	-110.026	-378.882	-2.348	-20.922	절점 21 에서 3.12 M
G2	-116.328	-145.697	-107.996	-374.340	-2.967	-21.009	절점 58 에서 3.03 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-139.098	-147.508	-53.947	-480.983	-64.265	-14.675	절점 21 에서 3.12 M
G2	-144.099	-152.972	-67.052	-529.993	-106.664	-15.146	절점 58 에서 3.03 M

[현장이음 - 14]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	3,033.730	3,509.050	2,507.040	4,199.770	57.799	208.054	절점 23 에서 4.37 M
G2	2,994.620	3,481.750	2,584.860	4,076.060	32.885	203.207	절점 60 에서 4.24 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	100.665	120.586	96.448	400.537	8.127	23.034	절점 23 에서 4.37 M
G2	99.020	120.154	99.673	396.458	6.163	23.137	절점 60 에서 4.24 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	66.033	67.567	76.887	360.862	21.637	7.892	절점 23 에서 4.37 M
G2	67.962	63.678	-20.978	470.077	34.266	8.303	절점 60 에서 4.24 M

[현장이음 - 15]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	1,001.010	1,137.990	595.836	2,861.590	34.517	414.108	절점 25 에서 4.37 M
G2	990.202	1,142.530	746.846	2,803.000	34.010	407.135	절점 62 에서 4.24 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	304.194	353.969	281.408	524.789	10.178	22.994	절점 25 에서 4.37 M
G2	306.708	358.786	282.859	515.133	6.933	23.179	절점 62 에서 4.24 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	233.195	238.440	147.050	626.829	99.994	24.424	절점 25 에서 4.37 M
G2	241.272	238.480	19.945	758.303	178.829	24.459	절점 62 에서 4.24 M

[현장이음 - 16]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-3,469.310	-4,793.690	-3,590.730	-4,866.210	-181.737	-411.216	절점 28 에서 0.62 M
G2	-3,393.250	-4,734.110	-3,610.730	-4,544.410	-92.598	-451.322	절점 65 에서 0.61 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	472.296	666.756	412.691	742.567	76.541	11.957	절점 28 에서 0.62 M
G2	516.978	747.868	565.736	796.847	51.178	34.219	절점 65 에서 0.61 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	182.726	155.315	32.828	823.276	114.804	24.260	절점 28 에서 0.62 M
G2	195.071	168.384	68.404	883.728	287.248	23.207	절점 65 에서 0.61 M

[현장이음 - 17]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-3,814.260	-4,970.820	-3,813.250	-5,411.940	-298.080	-451.181	절점 29 에서 4.37 M
G2	-3,798.230	-4,961.200	-3,864.250	-5,061.000	-50.251	-492.179	절점 66 에서 4.24 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-394.380	-627.182	-362.351	-688.912	-100.550	-2.965	절점 29 에서 4.37 M
G2	-422.322	-694.886	-506.297	-723.776	-64.241	-24.590	절점 66 에서 4.24 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	90.159	64.854	108.895	541.267	240.813	24.120	절점 29 에서 4.37 M
G2	91.388	63.106	76.600	650.714	107.804	24.208	절점 66 에서 4.24 M

[현장이음 - 18]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-953.290	-461.077	-880.756	-3,581.290	-43.467	-357.993	절점 31 에서 3.12 M
G2	-945.734	-439.684	-716.471	-3,519.140	-111.488	-352.435	절점 68 에서 3.03 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-259.573	-385.025	-269.949	-468.282	-7.832	-12.834	절점 31 에서 3.12 M
G2	-264.410	-391.183	-276.560	-461.963	-2.104	-14.500	절점 68 에서 3.03 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-45.808	-76.839	6.855	-468.976	-39.655	-37.910	절점 31 에서 3.12 M
G2	-47.180	-76.597	33.637	-547.267	-160.613	-37.724	절점 68 에서 3.03 M

[현장이음 - 19]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	714.500	1,725.850	799.292	3,867.920	15.231	329.828	절점 33 에서 1.87 M
G2	696.999	1,713.600	924.150	3,728.490	62.536	323.070	절점 70 에서 1.82 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-124.612	-114.324	-112.132	-346.782	-6.486	-13.691	절점 33 에서 1.87 M
G2	-125.468	-115.936	-111.999	-339.669	-2.667	-13.644	절점 70 에서 1.82 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	-39.064	-36.329	-48.245	-223.037	-6.746	-17.366	절점 33 에서 1.87 M
G2	-40.247	-35.063	-8.745	-307.200	-26.551	-17.932	절점 70 에서 1.82 M

[현장이음 - 20]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	779.758	1,346.330	774.704	2,291.270	73.062	94.020	절점 35 에서 4.37 M
G2	752.735	1,316.780	872.284	2,152.960	48.553	94.106	절점 72 에서 4.27 M

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	114.788	175.029	114.652	491.630	2.632	19.013	절점 35 에서 4.37 M
G2	116.461	180.896	122.582	496.748	5.067	18.854	절점 72 에서 4.27 M

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	풍 하 중	지점침하	비 고
	Steel+Half	슬래브					
G1	26.494	56.489	10.763	516.717	80.016	14.284	절점 35 에서 4.37 M
G2	25.447	48.440	-116.185	609.074	110.767	15.150	절점 72 에서 4.27 M

7) 반력 집계

(1) G1 최대인 경우

• DB 하중

[1차선 재하]

< P6 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		합성후 고정하중 (R_D)	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	366.340	497.864	283.027	510.807	-37.782	99.480	-65.762	20.951	-18.566	1,728.729	1,058.002	75
G2	251.532	412.405	318.036	6.267	-49.224	65.431	-99.160	19.312	-12.404	1,040.267	870.765	80

< P7 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		합성후 고정하중 (R_D)	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	638.157	1,113.200	575.786	541.763	-79.040	253.784	-171.059	11.562	-18.012	3,007.360	2,144.562	76
G2	676.324	1,236.660	901.684	68.287	-69.374	170.014	-251.579	83.795	-119.530	3,051.757	2,499.975	81

< P8 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		합성후 고정하중 (R_D)	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	863.821	1,389.790	718.533	548.509	-46.987	469.682	-341.615	20.964	-11.181	3,776.458	2,743.168	77
G2	946.276	1,617.060	1,205.640	101.315	-45.531	333.198	-457.505	95.649	-135.840	4,132.539	3,358.853	82

< P9 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		합성후 고정하중 (R_D)	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	996.479	1,494.800	810.652	546.584	-24.749	469.333	-338.327	37.308	-24.962	4,120.490	3,083.056	78
G2	1,133.200	1,787.470	1,358.960	83.460	-35.291	331.194	-458.030	75.627	-117.112	4,604.313	3,898.212	83

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		합성후 고정하중 (R_D)	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	209.534	411.200	176.187	514.041	-78.065	80.353	-55.907	17.129	-20.015	1,368.267	670.888	79
G2	173.336	356.820	248.662	4.152	-47.345	58.991	-87.402	20.739	-15.728	833.204	672.044	84

[2차선 재하]

< P6 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		합성후 고정하중 (R_D)	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	366.340	497.864	283.027	694.907	-64.735	99.480	-65.762	20.951	-18.566	1,912.829	1,031.049	75
G2	251.532	412.405	318.036	238.170	-49.829	65.431	-99.160	19.312	-12.404	1,272.170	870.160	80

< P7 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		합성후 고정하중 (R_D)	DB 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+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	638.157	1,113.200	575.786	735.799	-140.540	253.784	-171.059	11.562	-18.012	3,201.396	2,083.061	76
G2	676.324	1,236.660	901.684	360.585	-133.226	170.014	-251.579	83.795	-119.530	3,344.055	2,436.123	81

< P8 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		합성후 고정하중 (R_D)	DB 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+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	863.821	1,389.790	718.533	746.014	-81.100	469.682	-341.615	20.964	-11.181	3,973.963	2,709.056	77
G2	946.276	1,617.060	1,205.640	409.828	-88.902	333.198	-457.505	95.649	-135.840	4,441.052	3,315.481	82

< P9 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		합성후 고정하중 (R_D)	DB 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+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	996.479	1,494.800	810.652	739.478	-41.757	469.333	-338.327	37.308	-24.962	4,313.384	3,066.049	78
G2	1,133.200	1,787.470	1,358.960	382.590	-68.943	331.194	-458.030	75.627	-117.112	4,903.444	3,864.560	83

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		합성후 고정하중 (R_D)	DB 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+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	209.534	411.200	176.187	704.997	-139.069	80.353	-55.907	17.129	-20.015	1,559.223	609.884	79
G2	173.336	356.820	248.662	231.210	-50.738	58.991	-87.402	20.739	-15.728	1,060.262	668.651	84

• DL 하중

[1차선 재하]

< P6 >

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+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	366.340	497.864	283.027	526.707	-45.776	99.480	-65.762	20.951	-18.566	1,744.629	1,050.008	75
G2	251.532	412.405	318.036	9.125	-60.761	65.431	-99.160	19.312	-12.404	1,043.125	859.228	80

< P7 >

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+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	638.157	1,113.200	575.786	922.338	-115.042	253.784	-171.059	11.562	-18.012	3,387.935	2,108.559	76
G2	676.324	1,236.660	901.684	105.650	-99.408	170.014	-251.579	83.795	-119.530	3,089.120	2,469.941	81

< P8 >

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+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	863.821	1,389.790	718.533	1,060.960	-80.211	469.682	-341.615	20.964	-11.181	4,288.909	2,709.945	77
G2	946.276	1,617.060	1,205.640	149.740	-85.392	333.198	-457.505	95.649	-135.840	4,180.964	3,318.992	82

< P9 >

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+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	996.479	1,494.800	810.652	1,080.640	-28.007	469.333	-338.327	37.308	-24.962	4,654.546	3,079.798	78
G2	1,133.200	1,787.470	1,358.960	147.252	-39.797	331.194	-458.030	75.627	-117.112	4,668.106	3,893.706	83

< 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+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	209.534	411.200	176.187	518.401	-116.881	80.353	-55.907	17.129	-20.015	1,372.627	632.072	79
G2	173.336	356.820	248.662	4.646	-70.346	58.991	-87.402	20.739	-15.728	833.698	649.043	84

[2차선 재하]

< P6 >

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+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	366.340	497.864	283.027	725.880	-77.742	99.480	-65.762	20.951	-18.566	1,943.802	1,018.042	75
G2	251.532	412.405	318.036	223.957	-58.085	65.431	-99.160	19.312	-12.404	1,257.957	861.904	80

< P7 >

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+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	638.157	1,113.200	575.786	1,270.430	-201.586	253.784	-171.059	11.562	-18.012	3,736.027	2,022.015	76
G2	676.324	1,236.660	901.684	620.473	-189.441	170.014	-251.579	83.795	-119.530	3,603.943	2,379.908	81

< P8 >

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+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	863.821	1,389.790	718.533	1,442.620	-135.918	469.682	-341.615	20.964	-11.181	4,670.569	2,654.238	77
G2	946.276	1,617.060	1,205.640	780.172	-164.919	333.198	-457.505	95.649	-135.840	4,811.396	3,239.465	82

< P9 >

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+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	996.479	1,494.800	810.652	1,463.040	-46.530	469.333	-338.327	37.308	-24.962	5,036.946	3,061.276	78
G2	1,133.200	1,787.470	1,358.960	793.717	-76.287	331.194	-458.030	75.627	-117.112	5,314.571	3,857.217	83

< 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+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	209.534	411.200	176.187	723.601	-205.465	80.353	-55.907	17.129	-20.015	1,577.827	543.488	79
G2	173.336	356.820	248.662	208.162	-82.865	58.991	-87.402	20.739	-15.728	1,037.214	636.524	84

(2) G2 최대인 경우

• DB 하중

[1차선 재하]

< P6 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		합성후 고정하중 (R_D)	DB 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+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	366.340	497.864	283.027	16.401	-26.150	99.480	-65.762	20.951	-18.566	1,234.322	1,069.633	75
G2	251.532	412.405	318.036	493.568	-16.100	65.431	-99.160	19.312	-12.404	1,527.568	903.889	80

< P7 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		합성후 고정하중 (R_D)	DB 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+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	638.157	1,113.200	575.786	26.363	-63.352	253.784	-171.059	11.562	-18.012	2,491.960	2,160.249	76
G2	676.324	1,236.660	901.684	546.947	-74.080	170.014	-251.579	83.795	-119.530	3,530.417	2,495.268	81

< P8 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		합성후 고정하중 (R_D)	DB 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+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	863.821	1,389.790	718.533	20.333	-33.375	469.682	-341.615	20.964	-11.181	3,248.283	2,756.781	77
G2	946.276	1,617.060	1,205.640	559.170	-52.235	333.198	-457.505	95.649	-135.840	4,590.394	3,352.149	82

< P9 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		합성후 고정하중 (R_D)	DB 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+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	996.479	1,494.800	810.652	6.878	-15.881	469.333	-338.327	37.308	-24.962	3,580.784	3,091.925	78
G2	1,133.200	1,787.470	1,358.960	553.790	-39.765	331.194	-458.030	75.627	-117.112	5,074.644	3,893.738	83

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		합성후 고정하중 (R_D)	DB 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+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	209.534	411.200	176.187	39.272	-63.086	80.353	-55.907	17.129	-20.015	893.499	685.867	79
G2	173.336	356.820	248.662	485.239	-26.556	58.991	-87.402	20.739	-15.728	1,314.291	692.833	84

[2차선 재하]

< P6 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		합성후 고정하중 (R_D)	DB 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+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	366.340	497.864	283.027	275.662	-55.042	99.480	-65.762	20.951	-18.566	1,493.584	1,040.742	75
G2	251.532	412.405	318.036	663.156	-25.896	65.431	-99.160	19.312	-12.404	1,697.156	894.093	80

< P7 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		합성후 고정하중 (R_D)	DB 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+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	638.157	1,113.200	575.786	301.352	-127.416	253.784	-171.059	11.562	-18.012	2,766.949	2,096.185	76
G2	676.324	1,236.660	901.684	761.005	-137.171	170.014	-251.579	83.795	-119.530	3,744.475	2,432.178	81

< P8 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		합성후 고정하중 (R_D)	DB 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+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	863.821	1,389.790	718.533	301.395	-69.712	469.682	-341.615	20.964	-11.181	3,529.344	2,720.444	77
G2	946.276	1,617.060	1,205.640	794.598	-94.403	333.198	-457.505	95.649	-135.840	4,825.822	3,309.980	82

< P9 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		합성후 고정하중 (R_D)	DB 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+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	996.479	1,494.800	810.652	282.633	-34.357	469.333	-338.327	37.308	-24.962	3,856.539	3,073.449	78
G2	1,133.200	1,787.470	1,358.960	777.586	-72.671	331.194	-458.030	75.627	-117.112	5,298.440	3,860.832	83

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		합성후 고정하중 (R_D)	DB 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+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	209.534	411.200	176.187	305.705	-126.529	80.353	-55.907	17.129	-20.015	1,159.931	622.424	79
G2	173.336	356.820	248.662	650.496	-45.832	58.991	-87.402	20.739	-15.728	1,479.548	673.557	84

• DL 하중

[1차선 재하]

< P6 >

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+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	366.340	497.864	283.027	31.608	-31.314	99.480	-65.762	20.951	-18.566	1,249.529	1,064.470	75
G2	251.532	412.405	318.036	465.702	-18.680	65.431	-99.160	19.312	-12.404	1,499.702	901.309	80

< P7 >

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+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	638.157	1,113.200	575.786	55.038	-89.645	253.784	-171.059	11.562	-18.012	2,520.635	2,133.956	76
G2	676.324	1,236.660	901.684	929.138	-105.841	170.014	-251.579	83.795	-119.530	3,912.608	2,463.508	81

< P8 >

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+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	863.821	1,389.790	718.533	26.415	-59.092	469.682	-341.615	20.964	-11.181	3,254.364	2,731.063	77
G2	946.276	1,617.060	1,205.640	1,123.730	-96.851	333.198	-457.505	95.649	-135.840	5,154.954	3,307.532	82

< P9 >

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+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	996.479	1,494.800	810.652	11.999	-22.212	469.333	-338.327	37.308	-24.962	3,585.905	3,085.594	78
G2	1,133.200	1,787.470	1,358.960	1,154.480	-44.056	331.194	-458.030	75.627	-117.112	5,675.334	3,889.448	83

< 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+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	209.534	411.200	176.187	53.959	-91.522	80.353	-55.907	17.129	-20.015	908.186	657.431	79
G2	173.336	356.820	248.662	442.339	-39.302	58.991	-87.402	20.739	-15.728	1,271.391	680.087	84

[2차선 재하]

< P6 >

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+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	366.340	497.864	283.027	310.378	-65.818	99.480	-65.762	20.951	-18.566	1,528.300	1,029.966	75
G2	251.532	412.405	318.036	616.296	-30.530	65.431	-99.160	19.312	-12.404	1,650.296	889.459	80

< P7 >

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+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	638.157	1,113.200	575.786	543.561	-179.947	253.784	-171.059	11.562	-18.012	3,009.158	2,043.654	76
G2	676.324	1,236.660	901.684	1,311.450	-195.312	170.014	-251.579	83.795	-119.530	4,294.920	2,374.037	81

< P8 >

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+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	863.821	1,389.790	718.533	571.714	-114.207	469.682	-341.615	20.964	-11.181	3,799.663	2,675.949	77
G2	946.276	1,617.060	1,205.640	1,599.150	-175.337	333.198	-457.505	95.649	-135.840	5,630.374	3,229.047	82

< P9 >

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+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	996.479	1,494.800	810.652	563.203	-37.602	469.333	-338.327	37.308	-24.962	4,137.109	3,070.204	78
G2	1,133.200	1,787.470	1,358.960	1,640.270	-80.336	331.194	-458.030	75.627	-117.112	6,161.124	3,853.167	83

< 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+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	209.534	411.200	176.187	334.560	-184.524	80.353	-55.907	17.129	-20.015	1,188.786	564.429	79
G2	173.336	356.820	248.662	583.945	-67.390	58.991	-87.402	20.739	-15.728	1,412.997	651.999	84

(3) 최대 반력 집계

< P6 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		합성후 고정하중 (R_D)	활 하 중(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+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	366.340	497.864	283.027	725.880	-77.742	99.480	-65.762	20.951	-18.566	1,943.802	1,018.042	75
G2	251.532	412.405	318.036	663.156	-60.761	65.431	-99.160	19.312	-12.404	1,697.156	859.228	80

< P7 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		합성후 고정하중 (R_D)	활 하 중(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+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	638.157	1,113.200	575.786	1,270.430	-201.586	253.784	-171.059	11.562	-18.012	3,736.027	2,022.015	76
G2	676.324	1,236.660	901.684	1,311.450	-195.312	170.014	-251.579	83.795	-119.530	4,294.920	2,374.037	81

< P8 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		합성후 고정하중 (R_D)	활 하 중(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+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	863.821	1,389.790	718.533	1,442.620	-135.918	469.682	-341.615	20.964	-11.181	4,670.569	2,654.238	77
G2	946.276	1,617.060	1,205.640	1,599.150	-175.337	333.198	-457.505	95.649	-135.840	5,630.374	3,229.047	82

< P9 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		합성후 고정하중 (R_D)	활 하 중(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+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	996.479	1,494.800	810.652	1,463.040	-46.530	469.333	-338.327	37.308	-24.962	5,036.946	3,061.276	78
G2	1,133.200	1,787.470	1,358.960	1,640.270	-80.336	331.194	-458.030	75.627	-117.112	6,161.124	3,853.167	83

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		합성후 고정하중 (R_D)	활 하 중(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+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	209.534	411.200	176.187	723.601	-205.465	80.353	-55.907	17.129	-20.015	1,577.827	543.488	79
G2	173.336	356.820	248.662	650.496	-82.865	58.991	-87.402	20.739	-15.728	1,479.548	636.524	84

(4) 하부 설계시 작용반력

< P6 >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중						최대반력집계 합계		절점 번호
				만재하시		좌측 편재하시		우측 편재하시				
	Steel+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	366.340	497.864	283.027	725.880	-77.742	526.707	-45.776	16.401	-26.150	1,943.800	1,018.040	75
G2	251.532	412.405	318.036	223.957	-58.085	9.125	-60.761	493.568	-16.100	1,697.160	859.228	80

< P7 >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중						최대 반력 집계 합계		절점 번호
				만재 하 시		좌측 편재 하 시		우측 편재 하 시				
	Steel+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	638.157	1,113.200	575.786	1,270.430	-201.586	922.338	-115.042	55.038	-89.645	3,736.030	2,022.020	76
G2	676.324	1,236.660	901.684	620.473	-189.441	105.650	-99.408	929.138	-105.841	4,294.920	2,374.030	81

< P8 >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중						최대반력집계 합계		절점 번호
				만재하시		좌측 편재하시		우측 편재하시				
	Steel+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	863.821	1,389.790	718.533	1,442.620	-135.918	1,060.960	-80.211	26.415	-59.092	4,670.570	2,654.240	77
G2	946.276	1,617.060	1,205.640	780.172	-164.919	149.740	-85.392	1,123.730	-96.851	5,630.360	3,229.040	82

< P9 >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중						최대반력집계 합계		절점 번호
				만재하시		좌측 편재하시		우측 편재하시				
	Steel+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	996.479	1,494.800	810.652	1,463.040	-46.530	1,080.640	-28.007	11.999	-22.212	5,036.940	3,061.280	78
G2	1,133.200	1,787.470	1,358.960	793.717	-76.287	147.252	-39.797	1,154.480	-44.056	6,161.130	3,853.170	83

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활 하 중						최대 반력 집계 합계		절점 번호
				만재 하 시		좌측 편재 하 시		우측 편재 하 시				
	Steel+Half	슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	209.534	411.200	176.187	305.705	-126.529	518.401	-116.881	39.272	-63.086	1,577.830	543.489	79
G2	173.336	356.820	248.662	650.496	-45.832	4.646	-70.346	485.239	-26.556	1,479.550	636.524	84

(5) 부반력 검토

$R = 2R_{L+1} + R_D$ or $R = R_D + R_W$ 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_L : 고정하중에 의한 받침반력 R_W : 풍하중에 의한 최대 부반력 (kN)

< P6 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		합성후 고정하중 (R_D)	고정하중 합계 (R_D)	활 하 중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		부반력 검토		부반력(R)	절점 번호
	Steel	슬래브			Max	Min	Max	Min	$2R_{L+1} + R_D$	$R_D + R_W$		
G1	366.340	497.864	283.027	1,147.231	725.880	-77.742	99.480	-65.762	991.747	1,081.469	-	75
G2	251.532	412.405	318.036	981.973	663.156	-60.761	65.431	-99.160	860.450	882.813	-	80

< P7 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		합성후 고정하중 (R_D)	고정하중 합계 (R_D)	활 하 중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		부반력 검토		부반력(R)	절점 번호
	Steel	슬래브			Max	Min	Max	Min	$2R_{L+1} + R_D$	$R_D + R_W$		
G1	638.157	1,113.200	575.786	2,327.143	1,270.430	-201.586	253.784	-171.059	1,923.971	2,156.084	-	76
G2	676.324	1,236.660	901.684	2,814.668	1,311.450	-195.312	170.014	-251.579	2,424.044	2,563.089	-	81

< P8 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		합성후 고정하중 (R_D)	고정하중 합계 (R_D)	활 하 중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		부반력 검토		부반력(R)	절점 번호
	Steel	슬래브			Max	Min	Max	Min	$2R_{L+1} + R_D$	$R_D + R_W$		
G1	863.821	1,389.790	718.533	2,972.144	1,442.620	-135.918	469.682	-341.615	2,700.308	2,630.529	-	77
G2	946.276	1,617.060	1,205.640	3,768.976	1,599.150	-175.337	333.198	-457.505	3,418.302	3,311.471	-	82

< P9 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		합성후 고정하중 (R_D)	고정하중 합계 (R_D)	활 하 중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		부반력 검토		부반력(R)	절점 번호
	Steel	슬래브			Max	Min	Max	Min	$2R_{L+1} + R_D$	$R_D + R_W$		
G1	996.479	1,494.800	810.652	3,301.931	1,463.040	-46.530	469.333	-338.327	3,208.872	2,963.604	-	78
G2	1,133.200	1,787.470	1,358.960	4,279.630	1,640.270	-80.336	331.194	-458.030	4,118.958	3,821.600	-	83

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		합성후 고정하중 (R_D)	고정하중 합계 (R_D)	활 하 중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		부반력 검토		부반력(R)	절점 번호
	Steel	슬래브			Max	Min	Max	Min	$2R_{L+1} + R_D$	$R_D + R_W$		
G1	209.534	411.200	176.187	796.921	723.601	-205.465	80.353	-55.907	385.991	741.014	-	79
G2	173.336	356.820	248.662	778.818	650.496	-82.865	58.991	-87.402	613.088	691.417	-	84

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 16 에 대하여 검토함

$$\begin{aligned}
 B_u &= U_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,400.0 + 14.0 / 2 + 14.0 / 2 = 2,414.0 \text{ mm} \\
 B_l &= B_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,400.0 + 14.0 / 2 + 14.0 / 2 = 2,414.0 \text{ mm} \\
 H &= h + t_u/2 + t_l/2 = 2,500.0 + 14.0 / 2 + 18.0 / 2 = 2,516.0 \text{ mm} \\
 F &= (B_u + B_l) / 2 \times H = (2,414.0 + 2,414.0) / 2 \times 2,516.0 = 6,073,624.0 \text{ mm}^2 \\
 \beta_u &= (B_u \times t_u) / (t_w \times H) = (2,414.0 \times 14.0) / (14.0 \times 2,516.0) = 0.959 \\
 \beta_l &= (B_l \times t_l) / (t_w \times H) = (2,414.0 \times 18.0) / (14.0 \times 2,516.0) = 1.234 \\
 \varepsilon &= 2 \times t_u \times t_l / t_w^2 = 2 \times 14.0 \times 18.0 / 14.0^2 = 2.571
 \end{aligned}$$

▪ 비틀림 함수

$$\begin{aligned}
 q' &= \{ (B_u + B_l) / 2 \times t_w \times \varepsilon \} / (\beta_u + \beta_l + \varepsilon) \\
 &= \{ (2,414.0 + 2,414.0) / 2 \times 14.0 \times 2.571 \} / (0.959 + 1.234 + 2.571) = 18,240.0
 \end{aligned}$$

▪ 쏘구침 함수(Unit Warping)

$$\begin{aligned}
 \Delta \omega &= \{ (B_u + B_l) / 2 / 2 \times H \} + (q' \times H) / t_w \\
 &= \{ (2,414.0 + 2,414.0) / 2 / 2 \times 2,516.0 \} + (18,240.0 \times 2,516.0) / 14.0 = 6,314,797.1 \\
 \omega_1 &= \{ -\Delta \omega \times (\beta_l + 3) \} / (\beta_u + \beta_l + 6) \\
 &= \{ -6,314,797.1 \times (1.234 + 3) \} / (0.959 + 1.234 + 6) = -3,263,041.9 \\
 \omega_2 &= \{ \Delta \omega \times (\beta_u + 3) \} / (\beta_u + \beta_l + 6) \\
 &= \{ 6,314,797.1 \times (0.959 + 3) \} / (0.959 + 1.234 + 6) = 3,051,755.1
 \end{aligned}$$

▪ 쏘구침 비틀림 상수

$$\begin{aligned}
 I_w &= H \times t_w / 3 \{ \omega_1^2 (2 + \beta_u) + 2 \times \omega_1 \times \omega_2 + \omega_2^2 (2 + \beta_l) \} \\
 &= 2,516.0 \times 14.0 / 3 \times \{ -3,263,041.9^2 \times (2 + 0.959) + 2 \times -3,263,041.9 \\
 &\quad \times 3,051,755.1 + 3,051,755.1^2 \times (2 + 1.234) \} = 4.897\text{E}+17 \text{ mm}^6
 \end{aligned}$$

▪ 순수 비틀림 상수

$$\begin{aligned}
 K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t) \\
 &= 4F^2 / \{ (H / \cos \Theta_L + H / \cos \Theta_R) / t_w + B_u / t_{hu} + B_l / t_l \} \\
 &= 4 \times 6,073,624.0^2 / \{ (2,516.0 + 2,516.0) / 14.0 + 2,414.0 / 14.0 \\
 &\quad + 2,414.0 / 18.0 \} = 2.216\text{E}+11
 \end{aligned}$$

▪ 비틀림 상수비

$$\alpha = L \cdot \sqrt{\frac{G \cdot K}{E_s \cdot I_w}} = 39,450.0 \times \sqrt{\frac{79,000.0 \times 2.216\text{E}+11}{205,000.0 \times 4.897\text{E}+17}} = 16.472$$

$\alpha = 16.47 > 10.0$ ※ 검토결과 $\alpha > 10$ 이므로 뒤틀비틀림에 따른 응력 계산을 생략할 수 있다.

L : 지간장(39,450.0 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	2,512.0	12.0	12.0	12.0	6.06E+06	0.960	0.960	2.000	14765.9
단면-2	2,412.0	2,412.0	2,512.0	12.0	12.0	12.0	6.06E+06	0.960	0.960	2.000	14765.9
단면-3	2,412.0	2,412.0	2,518.5	25.0	12.0	12.0	6.07E+06	1.995	0.958	4.167	16939.1
단면-4	2,412.0	2,412.0	2,512.0	12.0	12.0	12.0	6.06E+06	0.960	0.960	2.000	14765.9
단면-5	2,412.0	2,412.0	2,513.0	12.0	14.0	12.0	6.06E+06	0.960	1.120	2.333	15304.2
단면-6	2,412.0	2,412.0	2,513.0	12.0	14.0	12.0	6.06E+06	0.960	1.120	2.333	15304.2
단면-7	2,412.0	2,412.0	2,513.0	12.0	14.0	12.0	6.06E+06	0.960	1.120	2.333	15304.2
단면-8	2,412.0	2,412.0	2,514.0	12.0	16.0	12.0	6.06E+06	0.959	1.279	2.667	15734.7
단면-9	2,414.0	2,414.0	2,514.0	12.0	16.0	14.0	6.07E+06	0.823	1.097	1.959	17066.7
단면-10	2,412.0	2,412.0	2,513.0	12.0	14.0	12.0	6.06E+06	0.960	1.120	2.333	15304.2
단면-11	2,412.0	2,412.0	2,518.5	25.0	12.0	12.0	6.07E+06	1.995	0.958	4.167	16939.1
단면-12	2,412.0	2,412.0	2,512.0	12.0	12.0	12.0	6.06E+06	0.960	0.960	2.000	14765.9
단면-13	2,412.0	2,412.0	2,514.0	12.0	16.0	12.0	6.06E+06	0.959	1.279	2.667	15734.7
단면-14	2,412.0	2,412.0	2,514.0	12.0	16.0	12.0	6.06E+06	0.959	1.279	2.667	15734.7
단면-15	2,412.0	2,412.0	2,516.0	14.0	18.0	12.0	6.07E+06	1.118	1.438	3.500	16726.7
단면-16	2,414.0	2,414.0	2,516.0	14.0	18.0	14.0	6.07E+06	0.959	1.234	2.571	18240.0

구 분	$\Delta\omega$	ω_1	ω_2	L	$I_w(\text{mm}^6)$	$K(\text{mm}^4)$	α	판 정
단면-1	6,120,468.6	-3,060,234.3	3,060,234.3	39,450.0	3.69E+17	1.79E+11	17.06	$\alpha > 10$
단면-2	6,120,468.6	-3,060,234.3	3,060,234.3	39,450.0	3.69E+17	1.79E+11	17.06	$\alpha > 10$
단면-3	6,592,408.5	-2,914,220.0	3,678,188.5	39,450.0	5.29E+17	2.06E+11	15.28	$\alpha > 10$
단면-4	6,120,468.6	-3,060,234.3	3,060,234.3	39,450.0	3.69E+17	1.79E+11	17.06	$\alpha > 10$
단면-5	6,235,622.9	-3,179,541.2	3,056,081.8	39,450.0	3.98E+17	1.86E+11	16.71	$\alpha > 10$
단면-6	6,235,622.9	-3,179,541.2	3,056,081.8	40,000.0	3.98E+17	1.86E+11	16.95	$\alpha > 10$
단면-7	6,235,622.9	-3,179,541.2	3,056,081.8	40,000.0	3.98E+17	1.86E+11	16.95	$\alpha > 10$
단면-8	6,328,308.0	-3,286,980.4	3,041,327.6	40,000.0	4.25E+17	1.91E+11	16.63	$\alpha > 10$
단면-9	6,099,094.5	-3,155,177.8	2,943,916.7	60,000.0	4.27E+17	2.07E+11	25.95	$\alpha > 10$
단면-10	6,235,622.9	-3,179,541.2	3,056,081.8	60,000.0	3.98E+17	1.86E+11	25.42	$\alpha > 10$
단면-11	6,592,408.5	-2,914,220.0	3,678,188.5	60,000.0	5.29E+17	2.06E+11	23.23	$\alpha > 10$
단면-12	6,120,468.6	-3,060,234.3	3,060,234.3	60,000.0	3.69E+17	1.79E+11	25.94	$\alpha > 10$
단면-13	6,328,308.0	-3,286,980.4	3,041,327.6	60,000.0	4.25E+17	1.91E+11	24.94	$\alpha > 10$
단면-14	6,328,308.0	-3,286,980.4	3,041,327.6	60,000.0	4.25E+17	1.91E+11	24.94	$\alpha > 10$
단면-15	6,541,319.3	-3,392,808.0	3,148,511.3	60,000.0	4.89E+17	2.03E+11	23.99	$\alpha > 10$
단면-16	6,314,797.1	-3,263,041.9	3,051,755.1	39,450.0	4.90E+17	2.22E+11	16.47	$\alpha > 10$

※ 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 16 에 대하여 검토함

$$\begin{aligned}
 B_u &= U_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,400.0 + 14.0 / 2 + 14.0 / 2 = 2,414.0 \text{ mm} \\
 B_l &= B_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,120.0 + 14.0 / 2 + 14.0 / 2 = 2,134.0 \text{ mm} \\
 H &= h + t_u/2 + t_l/2 = 2,500.0 + 48.3 / 2 + 18.0 / 2 = 2,533.2 \text{ mm} \\
 F &= (B_u+B_l) / 2 \times H = (2,414.0 + 2,134.0) / 2 \times 2,533.2 = 5,760,383.1 \text{ mm}^2 \\
 \beta_u &= (B_u \times t_u) / (t_w \times H) = (2,414.0 \times 48.3) / (14.0 \times 2,533.2) = 3.288 \\
 \beta_l &= (B_l \times t_l) / (t_w \times H) = (2,134.0 \times 18.0) / (14.0 \times 2,533.2) = 1.083 \\
 \varepsilon &= 2 \times t_u \times t_l / t_w^2 = 2 \times 48.3 \times 18.0 / 14.0^2 = 8.871
 \end{aligned}$$

▪ 비틀림 함수

$$\begin{aligned}
 q' &= \{(B_u + B_l) / 2 \times t_w \times \varepsilon\} / (\beta_u + \beta_l + \varepsilon) \\
 &= \{(2,414.0 + 2,134.0) / 2 \times 14.0 \times 8.871\} / (3.288 + 1.083 + 8.871) = 21,328.0
 \end{aligned}$$

▪ 쏘구침 함수(Unit Warping)

$$\begin{aligned}
 \Delta \omega &= \{(B_u + B_l) / 2 / 2 \times H\} + (q' \times H) / t_w \\
 &= \{(2,414.0 + 2,134.0) / 2 / 2 \times 2,533.2\} + (21,328.0 \times 2,533.2) / 14.0 = 6,739,258.1 \\
 \omega_1 &= \{-\Delta \omega \times (\beta_l + 3)\} / (\beta_u + \beta_l + 6) \\
 &= \{-6,739,258.1 \times (1.083 + 3)\} / (3.288 + 1.083 + 6) = -2,653,324.2 \\
 \omega_2 &= \{\Delta \omega \times (\beta_u + 3)\} / (\beta_u + \beta_l + 6) \\
 &= \{6,739,258.1 \times (3.288 + 3)\} / (3.288 + 1.083 + 6) = 4,085,933.8
 \end{aligned}$$

▪ 쏘구침 비틀림 상수

$$\begin{aligned}
 I_w &= H \times t_w / 3 \{ \omega_1^2 (2 + \beta_u) + 2 \times \omega_1 \times \omega_2 + \omega_2^2 (2 + \beta_l) \} \\
 &= 4 \times 5,760,383.1^2 / \{ (2,611.1 + 2,611.1) / 14.0 + 2,414.0 / 48.3 \\
 &\quad \times 4,085,933.84 + 4,085,933.8^2 \times (2 + 1.083) \} = 7.922\text{E}+17 \text{ mm}^6
 \end{aligned}$$

▪ 순수 비틀림 상수

$$\begin{aligned}
 K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t) \\
 &= 4F^2 / \{ (H / \cos \Theta_L + H / \cos \Theta_R) / t_w + B_u / t_u + B_l / t_l \} \\
 &= 4 \times 5,760,383.1^2 / \{ (2,533.2 + 2,533.2) / 14.0 + 2,414.0 / 48.3 \\
 &\quad + 2,134.0 / 18.0 \} = 2.502\text{E}+11
 \end{aligned}$$

▪ 비틀림 상수비

$$\alpha = L \cdot \sqrt{\frac{G \cdot K}{E_s \cdot I_w}} = 39,450.0 \times \sqrt{\frac{79,000.0 \times 2.502\text{E}+11}{205,000.0 \times 7.922\text{E}+17}} = 13.764$$

$\alpha = 13.76 > 10.0$ ※ 검토결과 $\alpha > 10$ 이므로 뒀비틀림에 따른 응력 계산을 생략할 수 있다.

L : 지간장(39,450.0 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	2,132.0	2,543.5	74.9	12.0	12.0	5.78E+06	5.919	0.838	12.483	17688.9
단면-2	2,412.0	2,132.0	2,529.2	46.3	12.0	12.0	5.75E+06	3.680	0.843	7.717	17189.5
단면-3	2,412.0	2,132.0	2,529.8	47.6	12.0	12.0	5.75E+06	3.782	0.843	7.933	17223.6
단면-4	2,412.0	2,132.0	2,529.2	46.3	12.0	12.0	5.75E+06	3.680	0.843	7.717	17189.5
단면-5	2,412.0	2,132.0	2,530.2	46.3	14.0	12.0	5.75E+06	3.678	0.983	9.003	17963.4
단면-6	2,412.0	2,132.0	2,530.2	46.3	14.0	12.0	5.75E+06	3.678	0.983	9.003	17963.4
단면-7	2,412.0	2,132.0	2,530.2	46.3	14.0	12.0	5.75E+06	3.678	0.983	9.003	17963.4
단면-8	2,412.0	2,132.0	2,531.2	46.3	16.0	12.0	5.75E+06	3.677	1.123	10.289	18591.2
단면-9	2,414.0	2,134.0	2,531.2	46.3	16.0	14.0	5.76E+06	3.154	0.964	7.559	20609.6
단면-10	2,412.0	2,132.0	2,530.2	46.3	14.0	12.0	5.75E+06	3.678	0.983	9.003	17963.4
단면-11	2,412.0	2,132.0	2,529.8	47.6	12.0	12.0	5.75E+06	3.782	0.843	7.933	17223.6
단면-12	2,412.0	2,132.0	2,529.2	46.3	12.0	12.0	5.75E+06	3.680	0.843	7.717	17189.5
단면-13	2,412.0	2,132.0	2,531.2	46.3	16.0	12.0	5.75E+06	3.677	1.123	10.289	18591.2
단면-14	2,412.0	2,132.0	2,531.2	46.3	16.0	12.0	5.75E+06	3.677	1.123	10.289	18591.2
단면-15	2,412.0	2,132.0	2,533.2	48.3	18.0	12.0	5.76E+06	3.833	1.262	12.075	19173.8
단면-16	2,414.0	2,134.0	2,533.2	48.3	18.0	14.0	5.76E+06	3.288	1.083	8.871	21328.0

구 분	$\Delta\omega$	ω_1	ω_2	L	$I_w(\text{mm}^6)$	$K(\text{mm}^4)$	α	판 정
단면-1	6,638,591.4	-1,997,320.4	4,641,271.0	39,450.0	7.55E+17	2.11E+11	12.94	$\alpha > 10$
단면-2	6,496,026.0	-2,372,424.2	4,123,601.8	39,450.0	6.15E+17	2.03E+11	14.07	$\alpha > 10$
단면-3	6,504,868.5	-2,352,685.7	4,152,182.7	39,450.0	6.22E+17	2.03E+11	14.00	$\alpha > 10$
단면-4	6,496,026.0	-2,372,424.2	4,123,601.8	39,450.0	6.15E+17	2.03E+11	14.07	$\alpha > 10$
단면-5	6,661,751.3	-2,488,854.4	4,172,896.9	39,450.0	6.71E+17	2.11E+11	13.73	$\alpha > 10$
단면-6	6,661,751.3	-2,488,854.4	4,172,896.9	40,000.0	6.71E+17	2.11E+11	13.92	$\alpha > 10$
단면-7	6,661,751.3	-2,488,854.4	4,172,896.9	40,000.0	6.71E+17	2.11E+11	13.92	$\alpha > 10$
단면-8	6,796,809.6	-2,594,843.6	4,201,966.1	40,000.0	7.24E+17	2.18E+11	13.62	$\alpha > 10$
단면-9	6,604,060.1	-2,587,115.5	4,016,944.6	60,000.0	7.27E+17	2.42E+11	21.50	$\alpha > 10$
단면-10	6,661,751.3	-2,488,854.4	4,172,896.9	60,000.0	6.71E+17	2.11E+11	20.89	$\alpha > 10$
단면-11	6,504,868.5	-2,352,685.7	4,152,182.7	60,000.0	6.22E+17	2.03E+11	21.29	$\alpha > 10$
단면-12	6,496,026.0	-2,372,424.2	4,123,601.8	60,000.0	6.15E+17	2.03E+11	21.40	$\alpha > 10$
단면-13	6,796,809.6	-2,594,843.6	4,201,966.1	60,000.0	7.24E+17	2.18E+11	20.42	$\alpha > 10$
단면-14	6,796,809.6	-2,594,843.6	4,201,966.1	60,000.0	7.24E+17	2.18E+11	20.42	$\alpha > 10$
단면-15	6,925,160.4	-2,660,506.7	4,264,653.7	60,000.0	7.90E+17	2.24E+11	19.85	$\alpha > 10$
단면-16	6,739,258.1	-2,653,324.2	4,085,933.8	39,450.0	7.92E+17	2.50E+11	13.76	$\alpha > 10$

※ 검토결과 비틀림 상수비 $\alpha < 0.4$ 일 경우 순수비틀림에 따른 응력계산을, $\alpha > 10$ 일 경우 뒀비틀림에 대한 응력계산을 각각 생략할 수 있다.

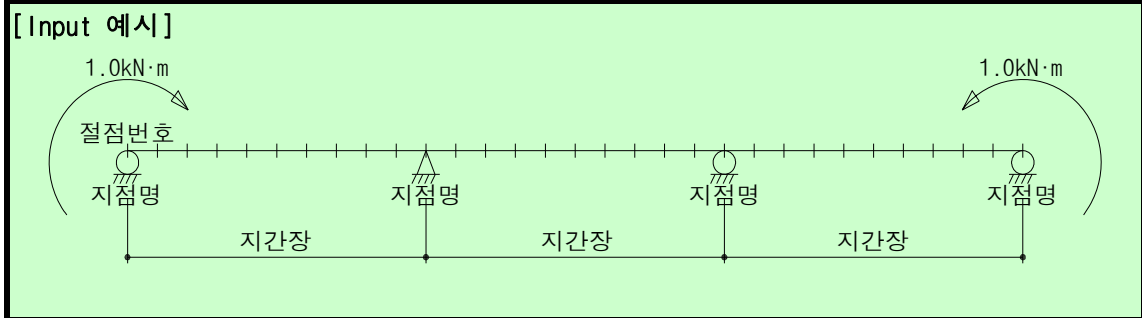
4.6 2차 부정정력에 대한 영향 검토

(강구조편람 제7장 P35)

※ 콘크리트-강재 합성형 교량에서는 고정하중과 활하중에 의한 응력 이외에 건조수축, 크리프, 강-콘크리트 온도차에 의한 응력이 발생된다. 더구나 강항섬형교가 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.



[Output 요약 - 합성전]

거더명	절점번호	지점명	지간장(m)	k 값
G1	1	P6		1.000
	2		39.45	0.856
	3			0.694
	4			0.532
	5			0.370
	6			0.208
	7			0.046
	8			-0.116
	9	P7		-0.278
	10		40	-0.222
	11			-0.167
	12			-0.112
	13			-0.057
	14			-0.002
	15			0.053
	16			0.108
	17	P8		0.163
	18		60	0.126
	19			0.088
	20			0.050
	21			0.012
	22			-0.025
	23			-0.063
	24			-0.101
	25			-0.139
	26			-0.176
	27			-0.214
	28			-0.252
	29	P9		-0.290
	30		39.45	-0.126
	31			0.037
	32			0.201
	33			0.364
	34			0.528
	35			0.691
	36			0.854
	37	A2		1.000

거더명	절점번호	지점명	지간장(m)	k 값
G2	38	P6		1.000
	39		39.45	0.856
	40			0.692
	41			0.529
	42			0.367
	43			0.205
	44			0.043
	45			-0.118
	46	P7		-0.278
	47		40	-0.223
	48			-0.168
	49			-0.113
	50			-0.057
	51			-0.002
	52			0.053
	53			0.109
	54	P8		0.164
	55		60	0.126
	56			0.088
	57			0.050
	58			0.012
	59			-0.025
	60			-0.063
	61			-0.101
	62			-0.139
	63			-0.177
	64			-0.214
	65			-0.252
	66	P9		-0.290
	67		39.45	-0.127
	68			0.036
	69			0.199
	70			0.362
	71			0.526
	72			0.690
	73			0.854
	74	A2		1.000

[Output 요약 - 합성 후]

거더명	절점번호	지점명	지간장(m)	k 값
G1	1	P6		1.000
	2		39.45	0.852
	3			0.685
	4			0.518
	5			0.352
	6			0.185
	7			0.018
	8			-0.148
	9	P7		-0.315
	10		40	-0.252
	11			-0.190
	12			-0.127
	13			-0.065
	14			-0.002
	15			0.060
	16			0.123
	17	P8		0.185
	18		60	0.144
	19			0.102
	20			0.061
	21			0.020
	22			-0.021
	23			-0.063
	24			-0.104
	25			-0.145
	26			-0.187
	27			-0.228
	28			-0.269
	29	P9		-0.310
	30		39.45	-0.144
	31			0.022
	32			0.188
	33			0.354
	34			0.520
	35			0.686
	36			0.852
	37	A2		1.000

거더명	절점번호	지점명	지간장(m)	k 값
G2	38	P6		1.000
	39		39.45	0.852
	40			0.683
	41			0.515
	42			0.348
	43			0.181
	44			0.015
	45			-0.151
	46	P7		-0.316
	47		40	-0.253
	48			-0.191
	49			-0.128
	50			-0.065
	51			-0.002
	52			0.060
	53			0.123
	54	P8		0.186
	55		60	0.144
	56			0.103
	57			0.061
	58			0.020
	59			-0.021
	60			-0.063
	61			-0.104
	62			-0.146
	63			-0.187
	64			-0.228
	65			-0.270
	66	P9		-0.311
	67		39.45	-0.145
	68			0.020
	69			0.186
	70			0.352
	71			0.518
	72			0.685
	73			0.851
	74	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)

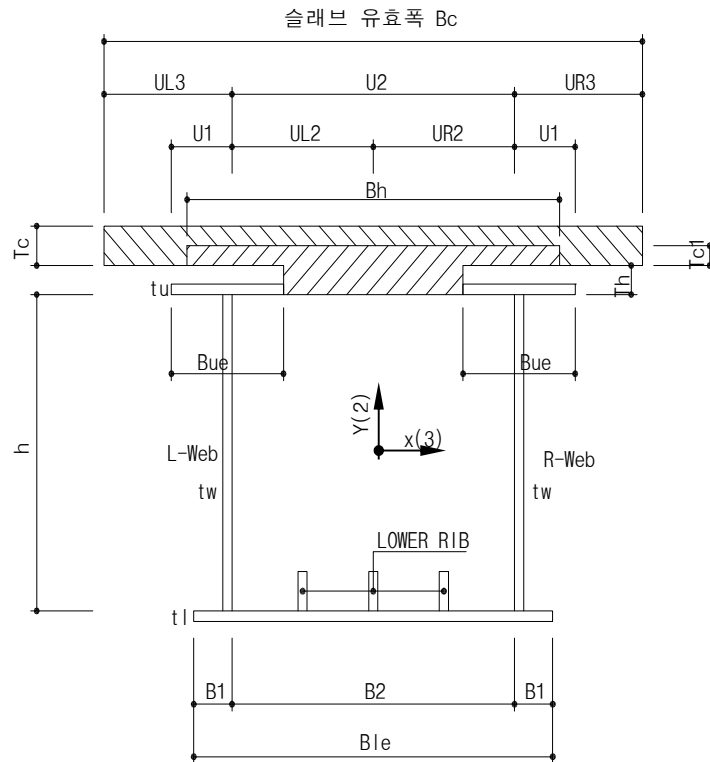
바닥판 콘크리트	$f_c = \frac{1}{n_2} \left[\frac{P_2}{A_{v2}} + \frac{M_{v2} y_{v2}}{I_{v2}} \right] - E_{c2} \varepsilon_s$
강재거더	$f_s = \frac{P_2}{A_{v2}} + \frac{M_{v2} y_{v2}}{I_{v2}}$
여기서,	$E_2 = \frac{E_s}{n_2}$
	$P_2 = \frac{E_s \varepsilon_s A_c}{n_2} = E_{c2} \varepsilon_s A_c \quad M_{v2} = P_2 \cdot d_{c2}$

4.7 단 면 검 토(정모멘트)

4.7.1 정모멘트(HalfDeck)

[G1 : 단면 - 3] : 절점 4 로 부터 이격거리 2.498 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM520B

$B_c = 4,500.0 \text{ mm}$

UL3 = 1,000.0 mm

UR3 = 1,100.0 mm

Bh = 2,500.0 mm

U1 = 120.0 mm

UL2 = 1,200.0 mm

UR2 = 1,200.0 mm

상부 플랜지 유효폭

Bue = 400.0 mm

하부 플랜지 유효폭

Ble = 2,640.0 mm

B1 = 120.0 mm

B2 = 2,400.0 mm

$T_c = 240.0 \text{ mm}$

Tc1 = 90.0 mm

Th = 50.0 mm

$$h = 1,800.0 \text{ mm}$$
$$\Theta_L = 0.000^\circ$$
$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

구 분	단 위	입력 Data
E_s : 강재 탄성계수	MPa	205,000.0
E_c : 콘크리트의 탄성계수	MPa	27,804.0
E_h : Half-Deck 콘크리트의 탄성계수	MPa	32,902.0
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율	-	0.000270
ϵ_h : Half-Deck 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율	-	0.000225
ϵ_{hs} : Half-Deck 콘크리트의 초기건조수축율	-	0.000045
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수	-	0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수	-	4.0
ϕ_{d1} : Half-Deck 콘크리트의 최종 크리이프 계수	-	1.5
ϕ_{d0} : Half-Deck 콘크리트의 초기 크리이프 계수	-	0.5
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비	-	7.0
n_h : 강과 Half-Deck 콘크리트의 탄성계수비	-	6.2
Δt : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10.0
M_{s1} : 합성전 고정하중(자중)에 의한 모멘트	kN·m	2,698.430
M_{s2} : 합성전 고정하중(바닥판)에 의한 모멘트	kN·m	3,058.180
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	2,359.230
M_w : 풍하중에 의한 모멘트	kN·m	67.527
M_v : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	4,143.660
V_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	24.505
V_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	14.208
V_w : 풍하중에 의한 전단력	kN	1.409
V_v : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	323.996
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-72.190
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-22.302
M_{wt} : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN·m	-8.556
M_{vt} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-293.205

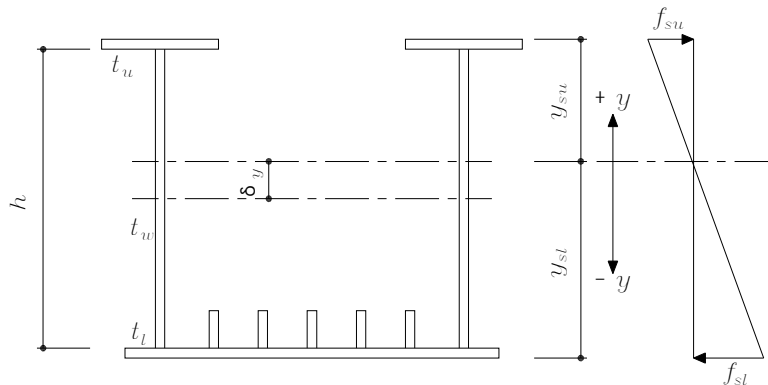
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

X(3)축 방향 단면 제원

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.	2 - 400.0 × 12.0	9,600.0	906.0	8.698E+06	7.880E+09	1.152E+05
UPPER RIB	0 - 0.0 × 0.0	0.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
LOWER RIB	2 - 150.0 × 12.0	3,600.0	-825.0	-2.970E+06	2.450E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	-906.0	-2.870E+07	2.600E+10	3.802E+05
강재 단면 합계		88,080.0	-	-2.297E+07	3.633E+10	1.167E+10
RC. SLAB	1 - 2,500.0 × 150.0	375,000.0	1,115.0	4.181E+08	4.662E+11	7.031E+08
RC. SLAB	1 - 950.0 × 240.0	228,000.0	1,070.0	2.440E+08	2.610E+11	1.094E+09
RC. SLAB	1 - 1,050.0 × 240.0	252,000.0	1,070.0	2.696E+08	2.885E+11	1.210E+09
SLAB 단면 합계		855,000.0	-	9.317E+08	1.016E+12	3.007E+09
Half-deck	1 - 2,500.0 × 90.0	225,000.0	995.0	2.239E+08	2.228E+11	1.519E+08
	1 - 1,840.0 × 50.0	92,000.0	925.0	8.510E+07	7.872E+10	1.917E+07
Half-deck 단면 합계		317,000.0	-	3.090E+08	3.015E+11	1.710E+08
※ $A_s = 88,080.0 \text{ mm}^2$ $A_{c1} = 855,000.0 \text{ mm}^2$ $A_h = 317,000.0 \text{ mm}^2$						

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 강재에 의한 도심축 이동량

$$\delta_{ys} = \sum A_s Y / \sum A_s = -22,974,480.0 / 88,080.0 = -260.837 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xos} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_{ys}^2 = 11,671,245,360.0 + 36,334,360,080.0 - 88,080.0 \times (-260.837)^2 = 4.201E+10 \text{ mm}^4$$

- Half-Deck에 의한 도심축 이동량

$$\delta_{yh} = \sum A_h Y / \sum A_h = 308,975,000.0 / 317,000.0 = 974.685 \text{ mm}$$

- Half-Deck의 단면2차 모멘트

$$I_h = \sum I_{xoh} + \sum A_h Y^2 - A_h \cdot \delta_y^2 = 171,041,666.7 + 301,473,125,000.0 - 317,000.0 \times 974.685^2 = 4.910E+08 \text{ mm}^4$$

▪ 합성 단면에 의한 도심축 이동량

$$\delta_{v1} = (\sum A_s Y + \sum A_h Y / n_h) / (\sum A_s + \sum A_h / n_h)$$

$$= (-22,974,480.0 + 308,975,000.0/6.2) / (88,080.0 + 317,000.0/6.2) = 192.949 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{33} = (\sum I_{xos} + \sum I_{xoh} / n_h) + (\sum A_s Y^2 + \sum A_h Y^2 / n_h) - (A_s + A_h / n_h) \cdot \delta_{v1}^2$$

$$= (11,671,245,360.0 + 171,041,666.7/6.2) + (36,334,360,080.0 + 301,473,125,000.0/6.2) - (88,080.0 + 317,000.0/6.2) \times 192.9^2 = 9.148E+10 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{v1} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 192.949 = 847.051 \text{ mm}$$

$$y_{hl} = y_{hu} - (T_{c1} + T_h) = 847.1 - (90.0 + 50.0) = 707.051 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 강재 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_{v1} = 1,800.0 / 2 + 12.0 - 192.949 = 719.051 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_{v1} \} = -\{ 1,800.0 / 2 + 12.0 + 192.949 \} = -1,104.949 \text{ mm}$$

▪ Half-Deck 응력 검토

- 자중(강재+Half-Deck)

$$f_{hut} = M_{st} \cdot y_{hu} / (I_{33} \cdot n_h) = 2,698.43 \times 847.1 / (91,475,251,058.1 \times 6.2) = 4.030 \text{ MPa}$$

$$f_{hlt} = M_{st} \cdot y_{hl} / (I_{33} \cdot n_h) = 2,698.43 \times 707.1 / (91,475,251,058.1 \times 6.2) = 3.364 \text{ MPa}$$

-바닥판 하중

$$f_{hu2} = M_{s2} \cdot y_{hu} / (I_{33} \cdot n_h) = 3,058.18 \times 847.1 / (91,475,251,058.1 \times 6.2) = 4.567 \text{ MPa}$$

$$f_{hl2} = M_{s2} \cdot y_{hl} / (I_{33} \cdot n_h) = 3,058.18 \times 707.1 / (91,475,251,058.1 \times 6.2) = 3.813 \text{ MPa}$$

▪ 플랜지 응력 검토

- 자중(강재+Half-Deck)

$$f_{sut} = M_{st} \cdot y_{su} / I_{33} = 2,698.43 \times 719.1 / 91,475,251,058.1 = 21.211 \text{ MPa}$$

$$f_{slt} = M_{st} \cdot y_{sl} / I_{33} = 2,698.43 \times -1,104.9 / 91,475,251,058.1 = -32.595 \text{ MPa}$$

-바닥판 하중

$$f_{su2} = M_{s2} \cdot y_{su} / I_{33} = 3,058.18 \times 719.1 / 91,475,251,058.1 = 24.039 \text{ MPa}$$

$$f_{sl2} = M_{s2} \cdot y_{sl} / I_{33} = 3,058.18 \times -1,104.9 / 91,475,251,058.1 = -36.940 \text{ MPa}$$

▪ 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$B_w = UL_2 + UR_2 + t_w/2 \times 2ea = 1,200.0 + 1,200.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm}$$

$$B_l = B_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm}$$

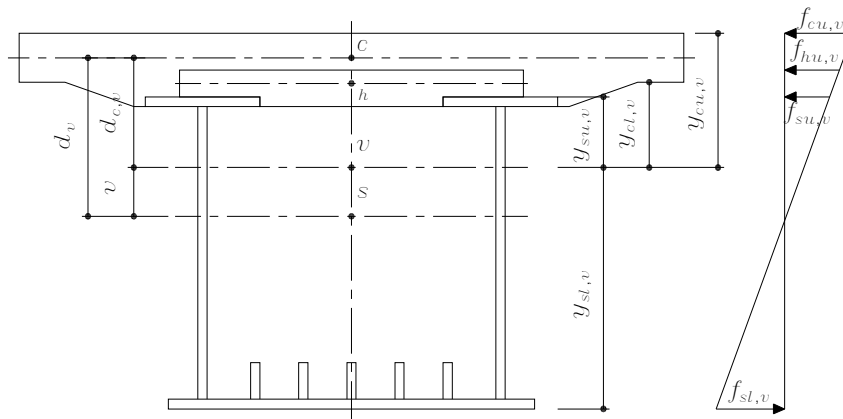
$$H = h + (\text{환산두께})/2 + t_l/2 = 1,800.0 + 24.989 / 2 + 12.0 / 2 = 1,818.495 \text{ mm}$$

$$\text{전단탄성계수비 } n_{hs} = G_s / G_h = 79,000.0 / 14,100.9 = 5.6$$

$$F = (B_u + B_l) / 2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 1,818.5 = 4.386E+06 \text{ mm}^2$$

$$U = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 24.505 / 43,200.0 + 72.190 / (2 \times 4,386,208.7 \times 12.0) = 1.253 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- SLAB에 의한 도심축 이동량

$$\delta_{yc} = \sum A_c Y / \sum A_c = 931,725,000.0 / 855,000.0 = 1,089.737 \text{ mm}$$

- SLAB의 단면2차 모멘트

$$I_c = \sum I_{xoc} + \sum A_c Y^2 - A_c \cdot \delta_{yc}^2 = 3,007,125,000.0 + 1,015,761,375,000.0 - 855,000.0 \times 1,089.737^2 = 3.433E+09 \text{ mm}^4$$

- 탄성계수비에 의한 환산 단면계수

구 분	n	$A_v(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,080.0	-260.8	-2.297E+07	5.993E+09	4.201E+10	
Half-Deck	6.2	51,129.0	974.7	4.983E+07	4.857E+10	7.920E+07	
SLAB	7.0	122,142.9	1,089.7	1.331E+08	1.450E+11	4.905E+08	
합 계	-	261,351.9	1,803.6	1.600E+08	1.996E+11	4.258E+10	

- 합성단면 도심축 이동량

$$\delta_{v2} = \sum AY / \sum A = 159,963,768.8 / 261,351.9 = 612.063 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = \sum I_{xo} + \sum AY^2 - A \cdot \delta_{v2}^2 = 42,582,708,927.9 + 199,613,538,601.2 - 261,351.9 \times 612.063^2 = 1.443E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면 도심축에서 SLAB 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{cu,v} = h/2 + (T_c + T_h) - \delta_{v2} = 1,800.0/2 + (240.0 + 50.0) - 612.063 = 577.937 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v} = d_{cu,v} - T_c = 577.937 - 240.0 = 337.937 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,v} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{v2} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 612.063 = 427.937 \text{ mm}$$

$$y_{hl,v} = d_{hu,v} - (T_{c1} + T_h) = 427.937 - (90.0 + 50.0) = 287.937 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심축에서 강재 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = h/2 + t_u - \delta_{v2} = 1,800.0 / 2 + 12.0 - 612.063 = 299.937 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = d_{su,v} - (h + t_u + t_l) = 299.937 - (1,800.0 + 12.0 + 12.0) = -1,524.063 \text{ mm}$$

- SLAB 응력 검토

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \times n) = 2,359.23 \times 577.9 / (144,288,375,492.3 \times 7.0) = 1.350 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \times n) = 2,359.23 \times 337.9 / (144,288,375,492.3 \times 7.0) = 0.789 \text{ MPa}$$

▪ Half-Deck 응력 검토

$$\begin{aligned} f_{hu,v} &= M_{sc} \cdot y_{hu,v} / (I_v \times n) = 2,359.23 \times 427.9 / (144,288,375,492.3 \times 6.2) = 1.129 \text{ MPa} \\ f_{hl,v} &= M_{sc} \cdot y_{hl,v} / (I_v \times n) = 2,359.23 \times 287.9 / (144,288,375,492.3 \times 6.2) = 0.759 \text{ MPa} \end{aligned}$$

▪ 플랜지 응력 검토

$$\begin{aligned} f_{su,v} &= M_{sc} \cdot y_{su,v} / (I_v \times n) = 2,359.23 \times 299.9 / (144,288,375,492.3 \times 1.0) = 4.904 \text{ MPa} \\ f_{sl,v} &= M_{sc} \cdot y_{sl,v} / (I_v \times n) = 2,359.23 \times -1,524.1 / (144,288,375,492.3 \times 1.0) = -24.920 \text{ MPa} \end{aligned}$$

▪ 부재의 전단응력 검토 (도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$\begin{aligned} B_w &= UL_2 + UR_2 + t_w/2 \times 2ea = 1,200.0 + 1,200.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm} \\ B_l &= B_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm} \\ H &= h + (\text{환산두께})/2 + tl/2 = 1,800.0 + 47.6/2 + 12.0/2 = 1,829.807 \text{ mm} \\ \text{전단탄성계수비 } n_{hs} &= G_s/G_c = 79,000.0 / 11,916.0 = 6.6 \\ F_v &= (B_u + B_l)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0)/2 \times 1,829.8 = 4.413E+06 \text{ mm}^2 \\ U &= V_{sc}/A_w + M_{sct}/(2 \cdot F \cdot t_w) \\ &= 14.208 / 43,200.0 + 22.302 / (2 \times 4,413,494.7 \times 12.0) = 0.539 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(3) 활 하 중

▪ SLAB 응력 검토

$$\begin{aligned} f_{cu,v} &= M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \times n) = 4,143.66 \times 577.9 / (144,288,375,492.3 \times 7.0) = 2.371 \text{ MPa} \\ f_{cl,v} &= M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \times n) = 4,143.66 \times 337.9 / (144,288,375,492.3 \times 7.0) = 1.386 \text{ MPa} \end{aligned}$$

▪ Half-Deck 응력 검토

$$\begin{aligned} f_{hu,v} &= M_v \cdot y_{hu,v} / (I_v \times n) = 4,143.66 \times 427.9 / (144,288,375,492.3 \times 6.2) = 1.982 \text{ MPa} \\ f_{hl,v} &= M_v \cdot y_{hl,v} / (I_v \times n) = 4,143.66 \times 287.9 / (144,288,375,492.3 \times 6.2) = 1.334 \text{ MPa} \end{aligned}$$

▪ 플랜지 응력 검토

$$\begin{aligned} f_{su,v} &= M_v \cdot y_{su,v} / (I_v \times n) = 4,143.66 \times 299.9 / (144,288,375,492.3 \times 1.0) = 8.614 \text{ MPa} \\ f_{sl,v} &= M_v \cdot y_{sl,v} / (I_v \times n) = 4,143.66 \times -1,524.1 / (144,288,375,492.3 \times 1.0) = -43.768 \text{ MPa} \end{aligned}$$

▪ 부재의 전단응력 검토 (도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$\begin{aligned} B_w &= UL_2 + UR_2 + t_w/2 \times 2ea = 1,200.0 + 1,200.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm} \\ B_l &= B_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm} \\ H &= h + (\text{환산두께})/2 + tl/2 = 1,800.0 + 47.6/2 + 12.0/2 = 1,829.807 \text{ mm} \\ \text{전단탄성계수비 } n_{hs} &= G_s/G_c = 79,000.0 / 11,916.0 = 6.6 \\ F &= (B_u + B_l)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0)/2 \times 1,829.8 = 4.413E+06 \text{ mm}^2 \\ U &= V_v/A_w + M_{vt}/(2 \cdot F \cdot t_w) \\ &= 323.996 / 43,200.0 + 293.205 / (2 \times 4,413,494.7 \times 12.0) = 10.268 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

▪ SLAB 응력 검토

$$\begin{aligned} f_{cu,v} &= M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \times n) = 1.41 \times 577.9 / (144,288,375,492.3 \times 7.0) = 0.001 \text{ MPa} \\ f_{cl,v} &= M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \times n) = 1.41 \times 337.9 / (144,288,375,492.3 \times 7.0) = 0.000 \text{ MPa} \end{aligned}$$

▪ Half-Deck 응력 검토

$$\begin{aligned} f_{hu,v} &= M_w \cdot y_{hu,v} / (I_v \times n) = 1.41 \times 427.9 / (144,288,375,492.3 \times 6.2) = 0.001 \text{ MPa} \\ f_{hl,v} &= M_w \cdot y_{hl,v} / (I_v \times n) = 1.41 \times 287.9 / (144,288,375,492.3 \times 6.2) = 0.000 \text{ MPa} \end{aligned}$$

▪ 플랜지 응력 검토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / (I_v \times n) = 1.41 \times 299.9 / (144,288,375,492.3 \times 1.0) = 0.003 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / (I_v \times n) = 1.41 \times -1,524.1 / (144,288,375,492.3 \times 1.0) = -0.015 \text{ MPa}$$

▪ 부재의 전단응력 검토 (도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$B_w = UL_2 + UR_2 + t_w/2 \times 2ea = 1,200.0 + 1,200.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm}$$

$$B_l = B_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm}$$

$$H = h + (\text{환산두께})/2 + t_l/2 = 1,800.0 + 47.6/2 + 12.0/2 = 1,829.807 \text{ mm}$$

$$\text{전단탄성계수비 } n_{hs} = G_s/G_c = 79,000.0 / 11,916.0 = 6.6$$

$$F = (B_u + B_l)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0)/2 \times 1,829.8 = 4.413E+06 \text{ mm}^2$$

$$U = V_w/A_w + M_{wt}/(2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 1.409 / 43,200.0 + 8.556 / (2 \times 4,413,494.7 \times 12.0) = 0.113 \text{ MPa}$$

(5) Half-Deck 초기 크리프 손실

$$k = 0.451 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_{h1} = n_h \cdot (1 + \phi_{d0}/2) = 6.2 \times (1 + 0.5/2) = 7.750$$

$$d_{vh1} = \delta_{yh} - \delta_{ys} = 974.685 - -260.837 = 1,235.521 \text{ mm}$$

$$d_{vh1,s} = d_{vh1} \cdot A_s / (A_s + A_h/n_h) = 1,235.5 \times 88,080.0 / (88,080.0 + 317,000.0/6.2) = 781.736 \text{ mm}$$

▪ 탄성계수비에 의한 환산 단면계수

구 분	n	$A_{vh1}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ovh1}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,080.0	-260.8	-2.297E+07	5.993E+09	4.201E+10	
Half-Deck	7.8	40,903.2	974.7	3.987E+07	3.886E+10	6.336E+07	
합 계	-	128,983.2		1.689E+07	4.485E+10	4.208E+10	

▪ 강재와 Half-Deck 합성단면 도심축 이동량

$$d_{h,s} = \sum AY / \sum A = 16,893,261.9 / 128,983.2 = 130.973 \text{ mm}$$

▪ 강재와 Half-Deck 합성단면 도심에서 Half-Deck 도심까지 거리

$$d_{h,hs} = \delta_{yh} - d_{h,s} = 974.685 - 130.973 = 843.712 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{vh1} = \sum I_{ovh1} + \sum AY^2 - A \cdot d_{h,s}^2$$

$$= 42,076,378,350.4 + 44,851,055,046.6 - 128,983.2 \times 130.973^2 = 8.471E+10 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,vh1} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - d_{h,s} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 130.973 = 909.027 \text{ mm}$$

$$y_{hl,vh1} = y_{hu,vh1} - (T_c + T_h) = 909.027 - (90.0 + 50.0) = 769.027 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,vh1} = h/2 + t_u - d_{h,s} = 1,800.00/2 + 12.0 - 130.973 = 781.027 \text{ mm}$$

$$y_{sl,vh1} = y_{hu,vh1} - (h + t_u + t_l) = 781.027 - (1,800.0 + 12.0 + 12.0) = -1,042.973 \text{ mm}$$

▪ 크리프를 일으키기 전, 합성전 고정하중에 의해 Half-Deck 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_{hi} = M_{st} \cdot d_{vh1,s} \cdot A_h / (n_h \cdot I_{33})$$

$$= 2,698.4 \times 781.7 \times 317,000.0 / (6.2 \times 91,475,251,058.1) = 1.179E+06 \text{ N}$$

▪ 강재보와 결함으로 인해 Half-Deck에 생기는 압축력

$$P_{\phi hi} = N_{hi} \cdot 2 \cdot \phi_{d0} / (2 + \phi_{d0}) = 1,179,058.0 \times 2 \times 0.5 / (2 + 0.5) = 4.716E+05 \text{ N}$$

- $P_{\phi hi}$ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{\phi hi} = P_{\phi hi} \times d_{h,hs} = 471,623.2 \times 843.7 = 3.979E+08 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{h1} = E_h / (1 + \phi_{d0} / 2) = 32,902.0 / (1 + 0.5 / 2) = 26,321.600 \text{ MPa}$$

- Half-Deck 상·하부 플랜지에 작용하는 응력

$$f_{hu} = M_s \cdot y_{hu} / (I_{33} \cdot n_h) = 2,698.43 \times 847.1 / (91,475,251,058.1 \times 6.2) = 4.030 \text{ MPa}$$

$$f_{hl} = M_s \cdot y_{hl} / (I_{33} \cdot n_h) = 2,698.43 \times 707.1 / (91,475,251,058.1 \times 6.2) = 3.364 \text{ MPa}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{hu,vh1} &= 1/n_{h1} \cdot (P_{\phi hi} / A_{vh1} + k \cdot M_{\phi hi} \cdot y_{hu,vh1} / I_{vh1}) - E_{h1} \cdot f_{hu} \cdot \phi_{d0} / E_h \\ &= (1/7.8) \times (471,623.2 / 128,983.2 + 0.451 \times 397,914,142.8 \times 909.0 / 84,714,879,810.8) \\ &\quad - 26,321.6 \times 4.030 \times 0.5 / 32,902.0 = -0.892 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{hl,vh1} &= 1/n_{h1} \cdot (P_{\phi hi} / A_{vh1} + k \cdot M_{\phi hi} \cdot y_{hl,vh1} / I_{vh1}) - E_{h1} \cdot f_{hl} \cdot \phi_{d0} / E_h \\ &= (1/7.8) \times (471,623.2 / 128,983.2 + 0.451 \times 397,914,142.8 \times 769.0 / 84,714,879,810.8) \\ &\quad - 26,321.6 \times 3.364 \times 0.5 / 32,902.0 = -0.664 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,vh1} &= P_{\phi hi} / A_{vh1} + k \cdot M_{\phi hi} \cdot y_{su,vh1} / I_{vh1} \\ &= 471,623.2 / 128,983.2 + 0.451 \times 397,914,142.8 \times 781.0 / 84,714,879,810.8 = 5.311 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,vh1} &= P_{\phi hi} / A_{vh1} + k \cdot M_{\phi hi} \cdot y_{sl,vh1} / I_{vh1} \\ &= 471,623.2 / 128,983.2 + 0.451 \times 397,914,142.8 \times -1,043.0 / 84,714,879,810.8 = 1.447 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(6) Half-Deck 초기 건조수축 손실

$$k = 0.451 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_{h2} = n_h \cdot (1 + 2 \cdot \phi_{d0} / 2) = 6.2 \times (1 + 2 \times 0.5 / 2) = 9.300$$

구 분	n	$A_{vh2}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ovh2}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,080.0	-260.8	-2.297E+07	5.993E+09	4.201E+10	
Half-Deck	9.3	34,086.0	974.7	3.322E+07	3.238E+10	5.280E+07	
합 계	-	122,166.0		1.025E+07	3.837E+10	4.207E+10	

- 강재와 Half-Deck 합성단면 도심축 이동량

$$d_{h,s} = \sum AY / \sum A = 10,248,638.3 / 122,166.0 = 83.891 \text{ mm}$$

- 강재와 Half-Deck 합성단면 도심에서 Half-Deck 도심까지 거리

$$d_{h,hs} = \delta_{yh} - d_{h,s} = 974.685 - 83.891 = 890.793 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$\begin{aligned} I_{vh2} &= \sum I_{ovh2} + \sum AY^2 - A \cdot d_{h,s}^2 \\ &= 42,065,818,993.0 + 38,374,643,077.9 - 122,166.0 \times 83.891^2 = 7.958E+10 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,vh2} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - d_{h,s} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 83.891 = 956.109 \text{ mm}$$

$$y_{hl,vh2} = y_{hu,vh2} - (T_{c1} + T_h) = 956.109 - (90.0 + 50.0) = 816.109 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,vh2} = h/2 + t_u - d_{h,s} = 1,800.00/2 + 12.0 - 83.891 = 828.109 \text{ mm}$$

$$y_{sl,vh2} = y_{hu,vh2} - (h + t_u + t_l) = 828.109 - (1,800.0 + 12.0 + 12.0) = -995.891 \text{ mm}$$

- Half-Deck 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{vhi} = E_s \cdot \epsilon_{hs} \cdot A_h / n_{h2} = 205,000.0 \times 0.000045 \times 317,000.0 / 9.3 = 3.144E+05 \text{ N}$$

- P_{vhi} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{vhi} = P_{vhi} \times d_{h,hs} = 314,443.5 \times 890.8 = 2.801E+08 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{h2} = E_s / n_{h2} = 205,000.0 / 9.3 = 22,043.011 \text{ MPa}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력변화량

$$\begin{aligned} f_{hu,vh2} &= 1/n_{h2} \cdot (P_{vhi}/A_{vh2} + k \cdot M_{vhi} \cdot y_{hu,vh2}/I_{vh2}) - E_{h2} \cdot \epsilon_{hs} \\ &= (1/9.3) \times (314,443.5/122,166.0 + 0.451 \times 280,104,260.4 \times 956.1/79,580,692,838.0) \\ &\quad - 22,043.0 \times 0.000045 = -0.552 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{hl,vh2} &= 1/n_{h2} \cdot (P_{vhi}/A_{vh2} + k \cdot M_{vhi} \cdot y_{hl,vh2}/I_{vh2}) - E_{h2} \cdot \epsilon_{hs} \\ &= (1/9.3) \times (314,443.5/122,166.0 + 0.451 \times 280,104,260.4 \times 816.1/79,580,692,838.0) \\ &\quad - 22,043.0 \times 0.000045 = -0.576 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,vh2} &= P_{vhi}/A_{vh2} + k \cdot M_{vhi} \cdot y_{su,v2}/I_{vh2} \\ &= 314,443.5/122,166.0 + 0.451 \times 280,104,260.4 \times 828.1/79,580,692,838.0 = 3.888 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,vh2} &= P_{vhi}/A_{vh2} + k \cdot M_{vhi} \cdot y_{sl,v2}/I_{vh2} \\ &= 314,443.5/122,166.0 + 0.451 \times 280,104,260.4 \times -995.9/79,580,692,838.0 = 0.993 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(7) Half-Deck 최종 크리프 손실

$$k = 0.435 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_{h3} = n_h \cdot (1 + \phi_{d1}/2) = 6.2 \times (1 + 1.5/2) = 10.850$$

$$d_{vh2} = \delta_{yh} - \delta_{v2} = 974.685 - 612.063 = 362.622 \text{ mm}$$

$$d_{vh2,s} = (y_{hu,v} + y_{hl,v}) / 2 = (427.9 + 287.9) / 2 = 357.937 \text{ mm}$$

- 탄성계수비에 의한 환산 단면계수

구 분	n	$A_{vh3}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ovh3}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,080.0	-260.8	-2.297E+07	5.993E+09	4.201E+10	
Half-Deck	10.9	29,216.6	974.7	2.848E+07	2.776E+10	4.525E+07	
SLAB	7.0	122,142.9	1,089.7	1.331E+08	1.450E+11	4.905E+08	
합 계	-	239,439.4	1,803.6	1.386E+08	1.788E+11	4.255E+10	

- 합성단면 도심축 이동량

$$\delta_{v3} = \sum AY / \sum A = 138,606,050.0 / 239,439.4 = 578.877 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 Half-Deck 도심까지 거리

$$d_{h,hs} = \delta_{yh} - \delta_{v3} = 974.685 - 578.877 = 395.807 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$\begin{aligned} I_{vh3} &= \sum I_{ovh3} + \sum AY^2 - A \cdot \delta_{v3}^2 \\ &= 42,548,768,136.2 + 178,796,500,130.3 - 239,439.4 \times 578.877^2 = 1.411E+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 합성단면 도심축에서 SLAB 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{cu,vh3} = h/2 + (T_c + T_h) - \delta_{v3} = 1,800.0/2 + (240.0 + 50.0) - 578.877 = 611.123 \text{ mm}$$

$$y_{cl,vh3} = y_{cu,vh3} - T_c = 611.123 - 240.0 = 371.123 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,vh3} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{v3} = 1,800.0/2 + (90.0+50.0) - 578.877 = 461.123 \text{ mm}$$

$$y_{hl,vh3} = y_{hu,vh3} - (T_{c1} + T_h) = 461.123 - (90.0+50.0) = 321.123 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,vh3} = h/2 + t_u - \delta_{v3} = 1,800.00/2 + 12.0 - 578.877 = 333.123 \text{ mm}$$

$$y_{sl,vh3} = y_{su,vh3} - (h + t_u + t_l) = 333.123 - (1,800.0+12.0+12.0) = -1,490.877 \text{ mm}$$

- Half-Deck 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_{he} = N_{hi} + (f_{hu2} + f_{hl2} + f_{hu,v} + f_{hl,v} + f_{hu,vh1} + f_{hl,vh1} + f_{hu,vh2} + f_{hl,vh2})/2 \cdot A_h \cdot d_{vh2}/d_{vh2,s}$$

$$= 1,179,058.0 + (4,252+3,332)/2 \times 317,000.0 \times 362.6 / 357.9 = 2.397E+06 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 Half-Deck에 생기는 압축력

$$P_{\phi he} = N_{he} \cdot 2 \cdot \phi_{d1} / (2 + \phi_{d1}) = 2,396,957.4 \times 2 \times 1.5 / (2 + 1.5) = 2.055E+06 \text{ N}$$

- $P_{\phi he}$ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{\phi he} = P_{\phi he} \times d_{h,hs} = 2,054,534.9 \times 395.8 = 8.132E+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{h3} = E_h / (1 + \phi_{d1} / 2) = 32,902.0 / (1 + 1.5 / 2) = 18,801.143 \text{ MPa}$$

$$\sum f_{hu} = f_{hut} + f_{hu2} + f_{hu,v} + f_{hu,vh1} + f_{hu,vh2}$$

$$= 4.030 + 4.567 + 1.129 + -0.892 + -0.552 = 8.282 \text{ MPa}$$

$$\sum f_{hl} = f_{hl1} + f_{hl2} + f_{hl,v} + f_{hl,vh1} + f_{hl,vh2}$$

$$= 3.364 + 3.813 + 0.759 + -0.664 + -0.576 = 6.696 \text{ MPa}$$

- SLAB 콘크리트의 응력 변화량

$$f_{cu,vh3} = 1/n \cdot (P_{\phi he}/A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{cu,vh3}/I_{vh3})$$

$$= (1/7.0) \times (2,054,535/239,439 + 0.435 \times 813,199,899 \times 611/141,109,378,466) = 1.445 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,vh3} = 1/n \cdot (P_{\phi he}/A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{cl,vh3}/I_{vh3})$$

$$= (1/7.0) \times (2,054,535/239,439 + 0.435 \times 813,199,899 \times 371/141,109,378,466) = 1.359 \text{ MPa}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력 변화량

$$f_{hu,vh3} = 1/n_{h3} \cdot (P_{\phi he}/A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{hu,vh3}/I_{vh3}) - E_{h3} \cdot \sum f_{hu} \cdot \phi_{d1}/E_h$$

$$= (1/10.9) \times (2,054,534.9/239,439.4 + 0.435 \times 813,199,898.7 \times 461.1/141,109,378,465.6)$$

$$- 18,801.1 \times 8.282 \times 1.5/32,902.0 = -6.202 \text{ MPa}$$

$$f_{hl,vh3} = 1/n_{h3} \cdot (P_{\phi he}/A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{hl,vh3}/I_{vh3}) - E_{h3} \cdot \sum f_{hl} \cdot \phi_{d1}/E_h$$

$$= (1/10.9) \times (2,054,534.9/239,439.4 + 0.435 \times 813,199,898.7 \times 321.1/141,109,378,465.6)$$

$$- 18,801.1 \times 6.696 \times 1.5/32,902.0 = -4.875 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,vh3} = P_{\phi he}/A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{su,vh3}/I_{vh3}$$

$$= 2,054,534.9/239,439.4 + 0.435 \times 813,199,898.7 \times 333.1/141,109,378,465.6 = 9.416 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,vh3} = P_{\phi he}/A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{sl,vh3}/I_{vh3}$$

$$= 2,054,534.9/239,439.4 + 0.435 \times 813,199,898.7 \times -1,490.9/141,109,378,465.6 = 4.843 \text{ MPa}$$

(8) Half-Deck 최종 건조수축 손실

$$k = 0.435 \quad ※ \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_{h4} = n_h \cdot (1 + 2 \cdot \phi_{d1}/2) = 6.2 \times (1 + 2 \times 1.5 / 2) = 15.500$$

구 분	n	$A_{vh4}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ovh4}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,080.0	-260.8	-2.297E+07	5.993E+09	4.201E+10	
Half-Deck	15.5	20,451.6	974.7	1.993E+07	1.943E+10	3.168E+07	
SLAB	7.0	122,142.9	1,089.7	1.331E+08	1.450E+11	4.905E+08	
합 계	-	230,674.5	1,803.6	1.301E+08	1.705E+11	4.254E+10	

▪ 합성단면 도심축 이동량

$$\delta_{v4} = \sum AY / \sum A = 130,062,962.4 / 230,674.5 = 563.838 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 Half-Deck 도심까지 거리

$$d_{h,hs} = \delta_{yh} - \delta_{v4} = 974.685 - 563.838 = 410.847 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{vh4} = \sum I_{ovh4} + \sum AY^2 - A \cdot \delta_{v4}^2 = 42,535,191,819.4 + 170,469,684,741.9 - 230,674.5 \times 563.838^2 = 1.397E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심축에서 SLAB 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{cu,vh4} = h/2 + (T_c + T_h) - \delta_{v4} = 1,800.0/2 + (240.0 + 50.0) - 563.838 = 626.162 \text{ mm}$$

$$y_{cl,vh4} = y_{cu,vh4} - T_c = 626.162 - 240.0 = 386.162 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,vh4} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{v4} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 563.838 = 476.162 \text{ mm}$$

$$y_{hl,vh4} = y_{hu,vh4} - (T_{c1} + T_h) = 476.162 - (90.0 + 50.0) = 336.162 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,vh4} = h/2 + t_u - \delta_{v4} = 1,800.00/2 + 12.0 - 563.838 = 348.162 \text{ mm}$$

$$y_{sl,vh4} = y_{su,vh4} - (h + t_u + t_l) = 348.162 - (1,800.0 + 12.0 + 12.0) = -1,475.838 \text{ mm}$$

▪ Half-Deck 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{vhe} = E_s \cdot \epsilon_h \cdot A_h / n_{h4} = 205,000.0 \times 0.000225 \times 317,000.0 / 15.5 = 9.433E+05 \text{ N}$$

▪ P_{ve} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{vhe} = P_{vhe} \times d_{h,hs} = 943,330.6 \times 410.8 = 3.876E+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

▪ 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{h4} = E_s / n_{h4} = 205,000.0 / 15.5 = 13,225.806 \text{ MPa}$$

▪ SLAB 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,vh4} = 1/n \cdot (P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{cu,vh4}/I_{vh4}) = (1/7.0) \times (943,331/230,674 + 0.435 \times 387,564,418 \times 626/139,670,475,126) = 0.692 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,vh4} = 1/n \cdot (P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{cl,vh4}/I_{vh4}) = (1/7.0) \times (943,331/230,674 + 0.435 \times 387,564,418 \times 386/139,670,475,126) = 0.651 \text{ MPa}$$

▪ Half-Deck 콘크리트의 응력변화량

$$f_{hu,vh4} = 1/n_{h4} \cdot (P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{hu,vh4}/I_{vh4}) - E_{h4} \cdot \epsilon_h$$

$$= (1/15.5) \times (943,330.6/230,674.5 + 0.435 \times 387,564,418.1 \times 476.2/139,670,475,125.7) - 13,225.8 \times 0.000225 = -2.675 \text{ MPa}$$

$$f_{hl,vh4} = 1/n_{h4} \cdot (P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{hl,vh4}/I_{vh4}) - E_{h4} \cdot \epsilon_h$$

$$= (1/15.5) \times (943,330.6/230,674.5 + 0.435 \times 387,564,418.1 \times 336.2/139,670,475,125.7) - 13,225.8 \times 0.000225 = -2.686 \text{ MPa}$$

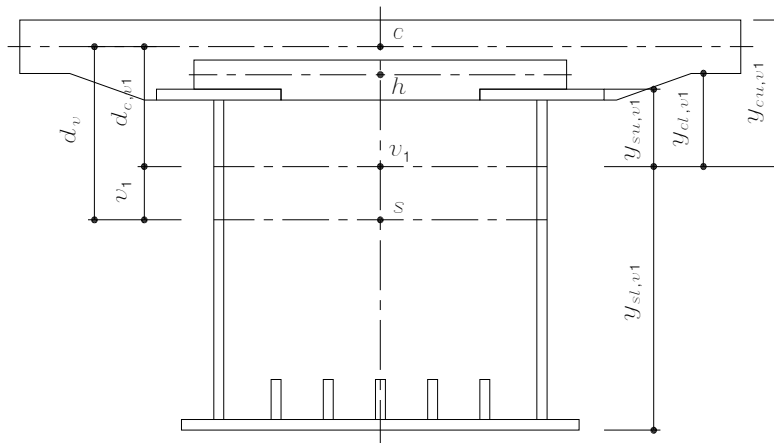
▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,vh4} = P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{su,vh4}/I_{vh4}$$

$$= 943,330.6/230,674.5 + 0.435 \times 387,564,418.1 \times 348.2/139,670,475,125.7 = 4.510 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,vh4} = P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{sl,vh4}/I_{vh4}$$

$$= 943,330.6/230,674.5 + 0.435 \times 387,564,418.1 \times -1,475.8/139,670,475,125.7 = 2.308 \text{ MPa}$$



(9) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k_2 = 0.435 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 2.0/2) = 14.000$$

$$d_{vc} = \delta_{yc} - \delta_{v2} = 1,089.737 - 612.063 = 477.674 \text{ mm}$$

$$d_{vc,s} = (y_{cu,v} + y_{cl,v}) / 2 = (577.9 + 337.937) / 2 = 457.937 \text{ mm}$$

구 분	n	$A_{v1}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ov1}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,080.0	-260.8	-2.297E+07	5.993E+09	4.201E+10	
Half-Deck	6.2	51,129.0	974.7	4.983E+07	4.857E+10	7.920E+07	
SLAB	14.0	61,071.4	1,089.7	6.655E+07	7.252E+10	2.452E+08	
합 계	-	200,280.5	1,803.6	9.341E+07	1.271E+11	4.234E+10	

▪ 합성단면 도심축 이동량

$$\delta_{c,v1} = \sum AY / \sum A = 93,411,983.1 / 200,280.5 = 466.406 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 SLAB 도심까지 거리

$$d_{c,v1} = \delta_{yc} - \delta_{c,v1} = 1,089.737 - 466.406 = 623.331 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{v1} = \sum I_{ov1} + \sum AY^2 - A \cdot \delta_{c,v1}^2$$

$$= 42,337,463,157.2 + 127,089,605,800.4 - 200,280.5 \times 466.406^2 = 1.259E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심축에서 SLAB 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{cu,v1} = h/2 + (T_c + T_h) - \delta_{c,v1} = 1,800.0/2 + (240.0+50.0) - 466.406 = 723.594 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v1} = y_{cu,v1} - T_c = 723.594 - 240.0 = 483.594 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,v1} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{c,v1} = 1,800.0/2 + (90.0+50.0) - 466.406 = 573.594 \text{ mm}$$

$$y_{hl,v1} = y_{hu,v1} - (T_{c1} + T_h) = 573.594 - (90.0+50.0) = 433.594 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v1} = h/2 + t_u - \delta_{c,v1} = 1,800.00/2 + 12.0 - 466.406 = 445.594 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v1} = y_{su,v1} - (h + t_u + t_l) = 445.594 - (1,800.0+12.0+12.0) = -1,378.406 \text{ mm}$$

▪ 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = (f_{cu,v} + f_{cl,v})/2 \cdot A_c \cdot d_{vc}/d_{vc,s}$$

$$= (1.350+0.789)/2 \times 855,000.0 \times 477.674/457.937 = 9.540E+05 \text{ N}$$

▪ 강재보와 결합으로 인해 SLAB에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 953,978.7 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = 9.540E+05 \text{ N}$$

▪ P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = 953,978.7 \times 623.3 = 5.946E+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

▪ Half-Deck 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 27,804.0 / (1 + 2.0 / 2) = 13,902.000 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = 1.350 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = 0.789 \text{ MPa}$$

▪ 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

$$f_{cu,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\phi \cdot y_{cu,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu,v} \cdot \phi_1 / E_c$$

$$= (1/14.0) \times (953,978.7/200,280.5 + 0.435 \times 594,644,437.0 \times 723.6/125,859,171,436.3) - 13,902.0 \times 1.350 \times 2.0/27,804.0 = -0.904 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\phi \cdot y_{cl,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl,v} \cdot \phi_1 / E_c$$

$$= (1/14.0) \times (953,978.7/200,280.5 + 0.435 \times 594,644,437.0 \times 483.6/125,859,171,436.3) - 13,902.0 \times 0.789 \times 2.0/27,804.0 = -0.378 \text{ MPa}$$

▪ Half-Deck 콘크리트의 응력 변화량

$$f_{hu,v1} = 1/n_h \cdot (P_\phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\phi \cdot y_{hu,v1} / I_{v1})$$

$$= (1/6.2) \times (953,979/200,280 + 0.435 \times 594,644,437 \times 574/125,859,171,436) = 0.958 \text{ MPa}$$

$$f_{hl,v1} = 1/n_h \cdot (P_\phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\phi \cdot y_{hl,v1} / I_{v1})$$

$$= (1/6.2) \times (953,979/200,280 + 0.435 \times 594,644,437 \times 434/125,859,171,436) = 0.912 \text{ MPa}$$

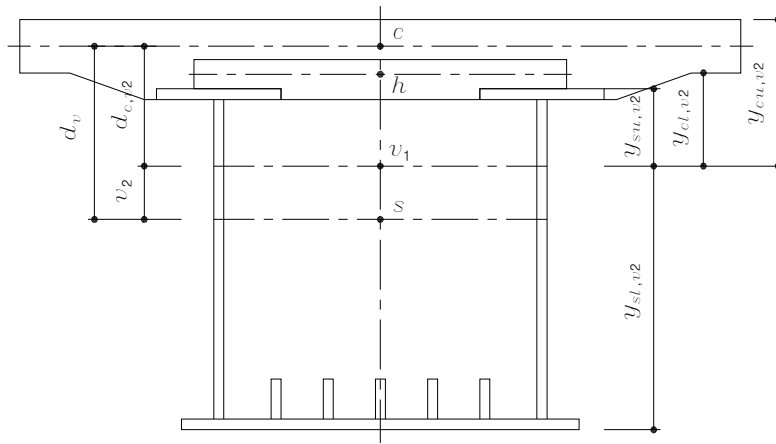
▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\phi \cdot y_{su,v1} / I_{v1}$$

$$= 953,978.7/200,280.5 + 0.435 \times 594,644,437.0 \times 445.6/125,859,171,436.3 = 5.679 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v1} / I_{v1}$$

$$= 953,978.7/200,280.5 + 0.435 \times 594,644,437.0 \times -1,378.4/125,859,171,436.3 = 1.930 \text{ MPa}$$



(10) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

$$k_2 = 0.435 \quad ※ \text{2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

구 분	n	$A_{v2}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ov2}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,080.0	-260.8	-2.297E+07	5.993E+09	4.201E+10	
Half-Deck	6.2	51,129.0	974.7	4.983E+07	4.857E+10	7.920E+07	
SLAB	21.0	40,714.3	1,089.7	4.437E+07	4.835E+10	1.635E+08	
합 계	-	179,923.3	1,803.6	7.123E+07	1.029E+11	4.226E+10	

■ 합성단면 도심축 이동량

$$\delta_{c,v2} = \sum AY / \sum A = 71,228,054.6 / 179,923.3 = 395.880 \text{ mm}$$

■ 합성단면 도심에서 SLAB 도심까지 거리

$$d_{c,v2} = \delta_{yc} - \delta_{c,v2} = 1,089.737 - 395.880 = 693.857 \text{ mm}$$

■ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{v2} = \sum I_{ov2} + \sum AY^2 - A \cdot \delta_{c,v2}^2 = 42,255,714,567.0 + 102,914,961,533.5 - 179,923.3 \times 395.880^2 = 1.170E+11 \text{ mm}^4$$

■ 합성단면 도심축에서 SLAB 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{cu,v2} = h/2 + (T_c + T_h) - \delta_{c,v2} = 1,800.0/2 + (240.0 + 50.0) - 395.880 = 794.120 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v2} = y_{cu,v2} - T_c = 794.120 - 240.0 = 554.120 \text{ mm}$$

■ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,v2} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{c,v2} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 395.880 = 644.120 \text{ mm}$$

$$y_{hl,v2} = y_{hu,v2} - (T_{c1} + T_h) = 644.120 - (90.0 + 50.0) = 504.120 \text{ mm}$$

■ 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v2} = h/2 + t_u - \delta_{c,v2} = 1,800.00/2 + 12.0 - 395.880 = 516.120 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v2} = y_{su,v2} - (h + t_u + t_l) = 516.120 - (1,800.0 + 12.0 + 12.0) = -1,307.880 \text{ mm}$$

■ 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 855,000.0 / 21.0 = 2.254E+06 \text{ N}$$

■ P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,253,535.7 \times 693.9 = 1.564E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

■ 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{c2} = E_s / n_2 = 205,000.0 / 21.0 = 9,761.905 \text{ MPa}$$

▪ 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{cu,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s$$

$$= (1/21.0) \times (2,253,535.7/179,923.3 + 0.435 \times 1,563,631,031.0 \times 516.1/794.1) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.819 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{cl,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s$$

$$= (1/21.0) \times (2,253,535.7/179,923.3 + 0.435 \times 1,563,631,031.0 \times 516.1/554.1) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.886 \text{ MPa}$$

▪ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$f_{hu,v2} = 1/n_h \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{hu,v2}/I_{v2})$$

$$= (1/6.2) \times (2,253,535.7/179,923.3 + 0.435 \times 1,563,631,031.0 \times 516.1/644.1) = 2.624 \text{ MPa}$$

$$f_{hl,v2} = 1/n_h \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{hl,v2}/I_{v2})$$

$$= (1/6.2) \times (2,253,535.7/179,923.3 + 0.435 \times 1,563,631,031.0 \times 516.1/504.1) = 2.493 \text{ MPa}$$

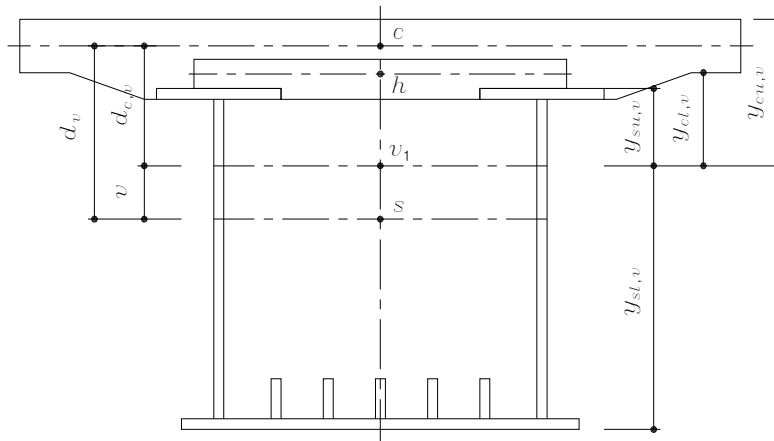
▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v2}/I_{v2}$$

$$= 2,253,535.7/179,923.3 + 0.435 \times 1,563,631,031.0 \times 516.1/116,972,909,330.3 = 15.526 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v2}/I_{v2}$$

$$= 2,253,535.7/179,923.3 + 0.435 \times 1,563,631,031.0 \times -1,307.9/116,972,909,330.3 = 4.920 \text{ MPa}$$



(11) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향 (도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10℃를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

$$d_{h,v} = \delta_{yh} - \delta_{v2} = 974.685 - 612.063 = 362.622 \text{ mm}$$

$$d_{c,v} = \delta_{yc} - \delta_{v2} = 1,089.737 - 612.063 = 477.674 \text{ mm}$$

▪ 온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

▪ Half-Deck 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{vc1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 317,000.0 / 6.2 = 1.258\text{E}+06 \text{ N}$$

▪ SLAB 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{vh2} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 855,000.0 / 7.0 = 3.005\text{E}+06 \text{ N}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = P_{vc1} + P_{vh2} = 1,257,774.2 + 3,004,714.285714 = 4.262E+06 \text{ N}$$

- P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{vc1} \times d_{h,v} + P_{vh2} \times d_{c,v} = 1,257,774.2 \times 362.6 + 3,004,714.3 \times 477.7 = 1.891E+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$\begin{aligned} f_{cu,v1} &= 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{cu,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t \\ &= (1/7.0) \times (4,262,488.5/261,351.9 + 0.435 \times 1,891,370,294.0 \times 577.9/144,288,375,492.3) \\ &\quad - 27,804.0 \times 0.000120 = -0.536 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{cl,v1} &= 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{cl,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t \\ &= (1/7.0) \times (4,262,488.5/261,351.9 + 0.435 \times 1,891,370,294.0 \times 337.9/144,288,375,492.3) \\ &\quad - 27,804.0 \times 0.000120 = -0.731 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력변화량

$$\begin{aligned} f_{hu,v1} &= 1/n_h \cdot (P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{hu,v}/I_v) - E_h \cdot \epsilon_t \\ &= (1/6.2) \times (4,262,488.5/261,351.9 + 0.435 \times 1,891,370,294.0 \times 427.9/144,288,375,492.3) \\ &\quad - 32,902.0 \times 0.000120 = -0.924 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{hl,v1} &= 1/n_h \cdot (P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{hl,v}/I_v) - E_h \cdot \epsilon_t \\ &= (1/6.2) \times (4,262,488.5/261,351.9 + 0.435 \times 1,891,370,294.0 \times 287.9/144,288,375,492.3) \\ &\quad - 32,902.0 \times 0.000120 = -1.053 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_v \\ &= 4,262,488.5/261,351.9 + 0.435 \times 1,891,370,294.0 \times 299.9/144,288,375,492.3 = 18.020 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_v \\ &= 4,262,488.5/261,351.9 + 0.435 \times 1,891,370,294.0 \times -1,524.1/144,288,375,492.3 = 7.619 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(12) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$\begin{aligned} u &= (V_s + V_{sc} + V_v)/A_w + M_{st}/(2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 362.709/43,200.0 + 72.190/105,269,009.6 + 315.507/105,923,872.7 = 12.060 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\ast u = 12.1 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$\begin{aligned} u &= (V_s + V_{sc} + V_w)/A_w + M_{st}/(2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt})/(2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 362.709/43,200.0 + 72.190/105,269,009.6 + 315.507/105,923,872.7 = 12.060 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\ast u = 12.1 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

- 활하중 재하시

$$\begin{aligned} u &= (V_s + V_{sc} + V_w/2 + V_v)/A_w + M_{st}/(2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}/2 + M_{vt})/(2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 363.413/43,200.0 + 72.190/105,269,009.6 + 319.785/105,923,872.7 = 12.117 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\ast u = 12.1 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

(13) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65 \phi^2 + 0.13 \phi + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0.0$)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

▪ 인장 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

▪ 압축 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.1)

- 압축부의 국부좌굴에 대한 허용응력

(도.설.해 3.4.2.2)

$$b / 10.5 = 10.3 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow ① \quad f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 16 = 6.8 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} \geq b / 10.5 = 10.3 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow ① \quad f_{ca} = 24,000 (t_u/b)^2 = 296.3 \text{ MPa}$$

- 허용 휨 압축응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2.1)

A_w : 복부판의 총단면적 (mm^2)	$\Rightarrow$	21,600.0 mm^2	$A_w/A_c = 4.500 > 2.0$
A_c : 압축플랜지 총단면적 (mm^2)	$\Rightarrow$	4,800.0 mm^2	
l : 압축플랜지의 고정점간 거리 (mm)	$\Rightarrow$	2,400.0 mm	
b : 압축플랜지 폭 (mm)	$\Rightarrow$	400.0 mm	
$K = \sqrt{3 + (A_w/2A_c)}$	$\Rightarrow$	2.291	

$$8/K = 3.3 < l/b = 2,400.0 / 400.0 = 6.0$$

$$\Rightarrow ② \quad f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$8/K = 3.3 < l/b = 2,400.0 / 400.0 = 6.0 \leq 27.0$$

$$\Rightarrow ② \quad f_{ca} = 215.0 - 2.4 (K \cdot l/b - 7.5) = 215.0 - 2.4 \times (2.291 \times 2,400.0 / 400.0 - 7.5) = 200.3 \text{ MPa}$$

∴ ①에 허용응력 값이 ②에 허용응력 값보다 작은 경우로 국부좌굴에 대한 허용응력을 사용한다.

$$f_{ca} = 200.3 \text{ MPa}$$

∴ $f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$ (합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면, π 형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우)

▪ 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1)

- SLAB 허용응력

$$f_{ca} = 0.40 \quad f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$$

($f_{ck} = 27.0 \text{ MPa}$ 사용)

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

- Half-Deck 허용응력

$$f_{ca} = 0.40 \quad f_{ck} = 20.000 \text{ MPa}$$

($f_{ck} = 50.0 \text{ MPa}$ 사용)

$$f_{ta} = 0.07 \quad f_{ck} = 2.500 \text{ MPa}$$

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	Concrete				Half-Deck Concrete			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	8.598	7.177	20.000	20.000
1+5+6	-	-	-	-	7.154	5.937	20.000	20.000
1+2+3+5+6	3.721	2.176	10.800	10.800	10.265	8.030	20.000	20.000
1+2+3+5+6+7+8+9+10	3.135	1.921	10.800	10.800	4.971	3.875	20.000	20.000
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)+11$	2.599	1.190	12.420	12.420	4.046	2.822	23.000	23.000
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)-11$	3.671	2.653	12.420	12.420	5.895	4.927	23.000	23.000
1+2+4+5+6	1.351	0.790	13.500	13.500	3.716	2.884	25.000	25.000
1+2+3+0.5×4+5+6	3.721	2.176	13.500	13.500	5.697	4.218	25.000	25.000
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)$	3.135	1.922	13.500	13.500	0.403	0.062	25.000	25.000
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)+11$	2.600	1.190	14.580	14.580	-0.521	-0.991	3.375	3.375
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)-11$	3.671	2.653	14.580	14.580	1.328	1.115	27.000	27.000
하 중 조 합	Steel							
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)					
	상 연	하 연	상 연	하 연				
1	45.250	-69.535	200.318	215.000				
1+5+6	54.450	-67.095	215.000	215.000				
1+2+3+5+6	67.967	-135.782	215.000	215.000				
1+2+3+5+6+7+8+9+10	103.098	-121.781	247.250	215.000				
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)+11$	121.118	-114.162	279.500	247.250				
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)-11$	85.078	-129.400	279.500	247.250				
1+2+4+5+6	35.318	-55.089	268.750	268.750				
1+2+3+0.5×4+5+6	43.930	-98.849	268.750	268.750				
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)$	79.060	-84.848	268.750	268.750				
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)+11$	97.080	-77.229	290.250	290.250				
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)-11$	61.041	-92.467	290.250	290.250				

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(14) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.051	0.105	0.009	0.009	0.060	0.114	0.K !!	0.K !!
1+5+6	0.064	0.097	0.009	0.009	0.073	0.107	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.100	0.399	0.009	0.009	0.109	0.408	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7+8+9+10	0.174	0.321	0.009	0.009	0.183	0.330	0.K !!	0.K !!
$\Sigma(1\sim3) + \Sigma(5\sim10) + 11$	0.188	0.213	0.009	0.009	0.197	0.223	0.K !!	0.K !!
$\Sigma(1\sim3) + \Sigma(5\sim10) - 11$	0.093	0.274	0.009	0.009	0.102	0.283	0.K !!	0.K !!
1+2+4+5+6	0.017	0.042	0.006	0.006	0.024	0.048	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.027	0.135	0.006	0.006	0.033	0.141	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)$	0.087	0.100	0.006	0.006	0.093	0.106	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)+11$	0.112	0.071	0.006	0.006	0.118	0.077	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)-11$	0.044	0.101	0.006	0.006	0.050	0.108	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{121.118}{279.500}\right)^2 + \left(\frac{12.060}{125.000}\right)^2 = 0.188 + 0.009 = 0.197 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{-135.782}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{12.060}{125.000}\right)^2 = 0.399 + 0.009 = 0.408 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

(15) 판의 최소두께 검토

- 압축(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.1, 3.4.2.2, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 108.0 / 16.0 = 6.8 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$$

$$(\text{합성형 스테드 설치시}) \quad t_{min} = 10.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$$

- 인장(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$$

$$t_{min} = \text{Rib 간격} / 80 = 2,400.0 / (3 \times 80) = 10.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1, 3.8.4.2)

- 합 성 전

$$t_{min} = b / (206 \times 1.200) = 1,800.0 / (206 \times 1.200) = 7.3 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(215.0 / 45.250)} = 2.18 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

- 합 성 후

$$t_{min} = b / (206 \times 1.200) = 599.9 / (206 \times 1.200) = 2.4 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(215.0 / 121.118)} = 1.33 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(16) 항복에 대한 안전도 검사

(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Concrete				Half-Deck Concrete			
	작용응력(MPa)		허용응력 (MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력 (MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	11.177	9.330	30.000	0.K !!
1+5+6	-	-	-	-	9.733	8.090	30.000	0.K !!
1+2+3+11	6.317	3.276	16.200	0.K !!	15.982	12.131	30.000	0.K !!
1+2+3-11	7.388	4.738	16.200	0.K !!	17.830	14.237	30.000	0.K !!
1+2+3+5+6	6.853	4.007	16.200	0.K !!	15.462	11.945	30.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7+8+9+10	6.267	3.752	16.200	0.K !!	10.168	7.789	30.000	0.K !!
∑(1~3)+∑(5~10)+11	5.731	3.021	16.200	0.K !!	9.244	6.736	30.000	0.K !!
∑(1~3)+∑(5~10)-11	6.802	4.484	16.200	0.K !!	11.092	8.842	30.000	0.K !!
1+2+4+5+6	1.756	1.027	16.200	0.K !!	5.263	4.121	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+11	6.317	3.276	16.200	0.K !!	15.982	12.132	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4-11	7.389	4.738	16.200	0.K !!	17.830	14.237	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	6.853	4.007	16.200	0.K !!	9.525	6.989	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+∑(5~10)	6.267	3.753	16.200	0.K !!	4.231	2.833	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+∑(5~10)+11	5.731	3.021	16.200	0.K !!	3.306	1.780	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+∑(5~10)-11	6.803	4.484	16.200	0.K !!	5.155	3.886	30.000	0.K !!
하 중 조 합	Steel							
	작용응력(MPa)		허용응력 (MPa)	판 별				
	상 연	하 연						
1	58.826	-90.396	355.000	0.K !!				
1+5+6	68.025	-87.955	355.000	0.K !!				
1+2+3+11	101.740	-209.273	355.000	0.K !!				
1+2+3-11	65.701	-224.511	355.000	0.K !!				
1+2+3+5+6	92.919	-214.452	355.000	0.K !!				
1+2+3+5+6+7+8+9+10	128.050	-200.451	355.000	0.K !!				
∑(1~3)+∑(5~10)+11	146.070	-182.431	355.000	0.K !!				
∑(1~3)+∑(5~10)-11	120.431	-208.070	355.000	0.K !!				
1+2+4+5+6	43.152	-72.343	355.000	0.K !!				
1+2+3+0.5×4+11	101.741	-209.281	355.000	0.K !!				
1+2+3+0.5×4-11	65.702	-224.519	355.000	0.K !!				
1+2+3+0.5×4+5+6	61.670	-166.437	355.000	0.K !!				
1+2+3+0.5×4+∑(5~10)	96.801	-152.436	355.000	0.K !!				
1+2+3+0.5×4+∑(5~10)+11	114.820	-144.817	355.000	0.K !!				
1+2+3+0.5×4+∑(5~10)-11	78.781	-160.055	355.000	0.K !!				

1) 단면가정 및 설계조건

주부재 강종: SM520B

Bc	=	4,500.0	mm
UL3	=	1,000.0	mm
UR3	=	1,100.0	mm
Bh	=	2,500.0	mm
U1	=	120.0	mm
UL2	=	1,200.0	mm
UR2	=	1,200.0	mm

상부 플랜지 유효폭

Bue	=	400.0	mm

하부 플랜지 유효폭

Ble	=	2,640.0	mm
B1	=	120.0	mm
B2	=	2,400.0	mm
Tc	=	240.0	mm
Tc1	=	90.0	mm
Th	=	50.0	mm
h	=	1,800.0	mm
Θ_L	=	0.000	°
Θ_R	=	0.000	°

구 분	단 위	입력 Data
E_s : 강재 탄성계수	MPa	205,000.0
E_c : 콘크리트의 탄성계수	MPa	27,804.0
E_h : Half-Deck 콘크리트의 탄성계수	MPa	32,902.0
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율	-	0.000270
ϵ_h : Half-Deck 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율	-	0.000225
ϵ_{hs} : Half-Deck 콘크리트의 초기건조수축율	-	0.000045
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수	-	0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수	-	4.0
ϕ_{d1} : Half-Deck 콘크리트의 최종 크리이프 계수	-	1.5
ϕ_{d0} : Half-Deck 콘크리트의 초기 크리이프 계수	-	0.5
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비	-	7.0
n_h : 강과 Half-Deck 콘크리트의 탄성계수비	-	6.2
Δt : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10.0
M_{s1} : 합성전 고정하중(자중)에 의한 모멘트	kN·m	3,300.990
M_{s2} : 합성전 고정하중(바닥판)에 의한 모멘트	kN·m	3,810.720
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	2,770.310
M_w : 풍하중에 의한 모멘트	kN·m	63.975
M_v : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	4,593.210
V_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-20.801
V_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-6.731
V_w : 풍하중에 의한 전단력	kN	-4.064
V_v : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	-326.785
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-79.944
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	9.381
M_{wt} : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN·m	-21.977
M_{vt} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-372.606

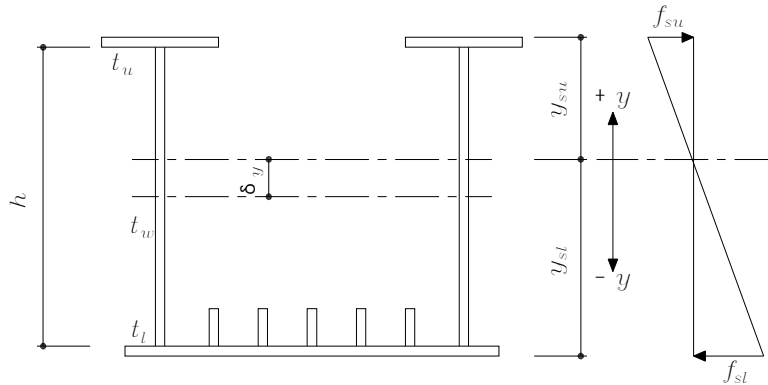
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

X(3)축 방향 단면 제원

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.	2 - 400.0 × 12.0	9,600.0	906.0	8.698E+06	7.880E+09	1.152E+05
UPPER RIB	0 - 0.0 × 0.0	0.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
LOWER RIB	2 - 150.0 × 14.0	4,200.0	-825.0	-3.465E+06	2.859E+09	7.875E+06
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	-906.0	-2.870E+07	2.600E+10	3.802E+05
강재 단면 합계		88,680.0	-	-2.347E+07	3.674E+10	1.167E+10
RC. SLAB	1 - 2,500.0 × 150.0	375,000.0	1,115.0	4.181E+08	4.662E+11	7.031E+08
RC. SLAB	1 - 950.0 × 240.0	228,000.0	1,070.0	2.440E+08	2.610E+11	1.094E+09
RC. SLAB	1 - 1,050.0 × 240.0	252,000.0	1,070.0	2.696E+08	2.885E+11	1.210E+09
SLAB 단면 합계		855,000.0	-	9.317E+08	1.016E+12	3.007E+09
Half-deck	1 - 2,500.0 × 90.0	225,000.0	995.0	2.239E+08	2.228E+11	1.519E+08
	1 - 1,840.0 × 50.0	92,000.0	925.0	8.510E+07	7.872E+10	1.917E+07
Half-deck 단면 합계		317,000.0	-	3.090E+08	3.015E+11	1.710E+08
※ $A_s = 88,680.0 \text{ mm}^2$ $A_{c1} = 855,000.0 \text{ mm}^2$ $A_h = 317,000.0 \text{ mm}^2$						

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 강재에 의한 도심축 이동량

$$\delta_{ys} = \sum A_s Y / \sum A_s = -23,469,480.0 / 88,680.0 = -264.654 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xos} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_{ys}^2 = 11,672,370,360.0 + 36,742,735,080.0 - 88,680.0 \times (-264.654)^2 = 4.220E+10 \text{ mm}^4$$

- Half-Deck에 의한 도심축 이동량

$$\delta_{yh} = \sum A_h Y / \sum A_h = 308,975,000.0 / 317,000.0 = 974.685 \text{ mm}$$

- Half-Deck의 단면2차 모멘트

$$I_h = \sum I_{xoh} + \sum A_h Y^2 - A_h \cdot \delta_y^2 = 171,041,666.7 + 301,473,125,000.0 - 317,000.0 \times 974.685^2 = 4.910E+08 \text{ mm}^4$$

▪ 합성 단면에 의한 도심축 이동량

$$\delta_{v1} = (\sum A_s Y + \sum A_h Y / n_h) / (\sum A_s + \sum A_h / n_h)$$

$$= (-23,469,480.0 + 308,975,000.0/6.2) / (88,680.0 + 317,000.0/6.2) = 188.580 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{33} = (\sum I_{xos} + \sum I_{xoh} / n_h) + (\sum A_s Y^2 + \sum A_h Y^2 / n_h) - (A_s + A_h / n_h) \cdot \delta_{v1}^2$$

$$= (11,672,370,360.0 + 171,041,666.7/6.2) + (36,742,735,080.0 + 301,473,125,000.0/6.2) - (88,680.0 + 317,000.0/6.2) \times 188.6^2 = 9.210E+10 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{v1} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 188.580 = 851.420 \text{ mm}$$

$$y_{hl} = y_{hu} - (T_{c1} + T_h) = 851.4 - (90.0 + 50.0) = 711.420 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 강재 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_{v1} = 1,800.0 / 2 + 12.0 - 188.580 = 723.420 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_{v1} \} = -\{ 1,800.0 / 2 + 12.0 + 188.580 \} = -1,100.580 \text{ mm}$$

▪ Half-Deck 응력 검토

- 자중(강재+Half-Deck)

$$f_{hut} = M_{st} \cdot y_{hu} / (I_{33} \cdot n_h) = 3,300.99 \times 851.4 / (92,095,439,549.2 \times 6.2) = 4.922 \text{ MPa}$$

$$f_{hlt} = M_{st} \cdot y_{hl} / (I_{33} \cdot n_h) = 3,300.99 \times 711.4 / (92,095,439,549.2 \times 6.2) = 4.113 \text{ MPa}$$

-바닥판 하중

$$f_{hu2} = M_{s2} \cdot y_{hu} / (I_{33} \cdot n_h) = 3,810.72 \times 851.4 / (92,095,439,549.2 \times 6.2) = 5.682 \text{ MPa}$$

$$f_{hl2} = M_{s2} \cdot y_{hl} / (I_{33} \cdot n_h) = 3,810.72 \times 711.4 / (92,095,439,549.2 \times 6.2) = 4.748 \text{ MPa}$$

▪ 플랜지 응력 검토

- 자중(강재+Half-Deck)

$$f_{sut} = M_{st} \cdot y_{su} / I_{33} = 3,300.99 \times 723.4 / 92,095,439,549.2 = 25.930 \text{ MPa}$$

$$f_{slt} = M_{st} \cdot y_{sl} / I_{33} = 3,300.99 \times -1,100.6 / 92,095,439,549.2 = -39.448 \text{ MPa}$$

-바닥판 하중

$$f_{su2} = M_{s2} \cdot y_{su} / I_{33} = 3,810.72 \times 723.4 / 92,095,439,549.2 = 29.934 \text{ MPa}$$

$$f_{sl2} = M_{s2} \cdot y_{sl} / I_{33} = 3,810.72 \times -1,100.6 / 92,095,439,549.2 = -45.540 \text{ MPa}$$

▪ 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$B_w = UL_2 + UR_2 + t_w/2 \times 2ea = 1,200.0 + 1,200.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm}$$

$$B_l = B_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm}$$

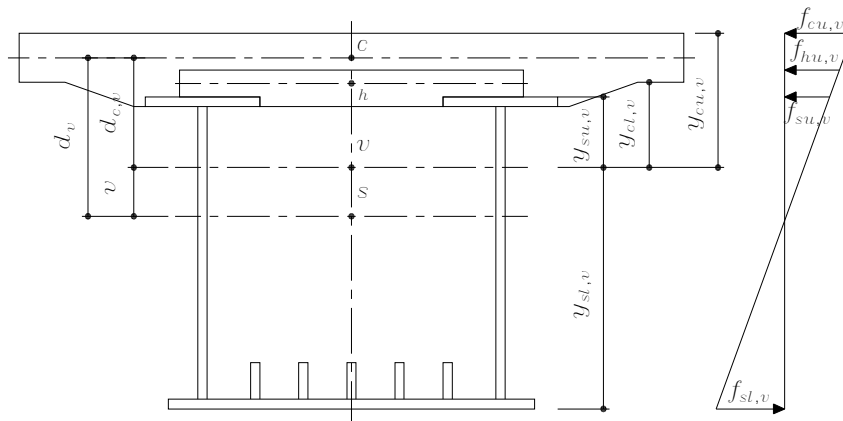
$$H = h + (\text{환산두께})/2 + t_l/2 = 1,800.0 + 24.989 / 2 + 12.0 / 2 = 1,818.495 \text{ mm}$$

$$\text{전단탄성계수비 } n_{hs} = G_s / G_h = 79,000.0 / 14,100.9 = 5.6$$

$$F = (B_u + B_l)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0)/2 \times 1,818.5 = 4.386E+06 \text{ mm}^2$$

$$U = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 20.801 / 43,200.0 + 79.944 / (2 \times 4,386,208.7 \times 12.0) = 1.241 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- SLAB에 의한 도심축 이동량

$$\delta_{yc} = \sum A_c Y / \sum A_c = 931,725,000.0 / 855,000.0 = 1,089.737 \text{ mm}$$

- SLAB의 단면2차 모멘트

$$I_c = \sum I_{xoc} + \sum A_c Y^2 - A_c \cdot \delta_{yc}^2 = 3,007,125,000.0 + 1,015,761,375,000.0 - 855,000.0 \times 1,089.737^2 = 3.433\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

- 탄성계수비에 의한 환산 단면계수

구 분	n	$A_v(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,680.0	-264.7	-2.347E+07	6.211E+09	4.220E+10	
Half-Deck	6.2	51,129.0	974.7	4.983E+07	4.857E+10	7.920E+07	
SLAB	7.0	122,142.9	1,089.7	1.331E+08	1.450E+11	4.905E+08	
합 계	-	261,951.9	1,799.8	1.595E+08	1.998E+11	4.277E+10	

- 합성단면 도심축 이동량

$$\delta_{v2} = \sum AY / \sum A = 159,468,768.8 / 261,951.9 = 608.771 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = \sum I_{xo} + \sum AY^2 - A \cdot \delta_{v2}^2 = 42,773,510,120.3 + 199,832,237,408.8 - 261,951.9 \times 608.771^2 = 1.455\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면 도심축에서 SLAB 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{cu,v} = h/2 + (T_c + T_h) - \delta_{v2} = 1,800.0/2 + (240.0 + 50.0) - 608.771 = 581.229 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v} = d_{cu,v} - T_c = 581.229 - 240.0 = 341.229 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,v} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{v2} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 608.771 = 431.229 \text{ mm}$$

$$y_{hl,v} = d_{hu,v} - (T_{c1} + T_h) = 431.229 - (90.0 + 50.0) = 291.229 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심축에서 강재 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = h/2 + t_u - \delta_{v2} = 1,800.0 / 2 + 12.0 - 608.771 = 303.229 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = d_{su,v} - (h + t_u + t_l) = 303.229 - (1,800.0 + 12.0 + 12.0) = -1,520.771 \text{ mm}$$

- SLAB 응력 검토

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \times n) = 2,770.31 \times 581.2 / (145,525,752,053.5 \times 7.0) = 1.581 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \times n) = 2,770.31 \times 341.2 / (145,525,752,053.5 \times 7.0) = 0.928 \text{ MPa}$$

▪ Half-Deck 응력 검토

$$\begin{aligned} f_{hu,v} &= M_{sc} \cdot y_{hu,v} / (I_v \times n) = 2,770.31 \times 431.2 / (145,525,752,053.5 \times 6.2) = 1.324 \text{ MPa} \\ f_{hl,v} &= M_{sc} \cdot y_{hl,v} / (I_v \times n) = 2,770.31 \times 291.2 / (145,525,752,053.5 \times 6.2) = 0.894 \text{ MPa} \end{aligned}$$

▪ 플랜지 응력 검토

$$\begin{aligned} f_{su,v} &= M_{sc} \cdot y_{su,v} / (I_v \times n) = 2,770.31 \times 303.2 / (145,525,752,053.5 \times 1.0) = 5.772 \text{ MPa} \\ f_{sl,v} &= M_{sc} \cdot y_{sl,v} / (I_v \times n) = 2,770.31 \times -1,520.8 / (145,525,752,053.5 \times 1.0) = -28.950 \text{ MPa} \end{aligned}$$

▪ 부재의 전단응력 검토 (도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$\begin{aligned} B_w &= UL_2 + UR_2 + t_w/2 \times 2ea = 1,200.0 + 1,200.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm} \\ B_l &= B_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm} \\ H &= h + (\text{환산두께})/2 + tl/2 = 1,800.0 + 47.6/2 + 12.0/2 = 1,829.807 \text{ mm} \\ \text{전단탄성계수비 } n_{hs} &= G_s/G_c = 79,000.0 / 11,916.0 = 6.6 \\ F_v &= (B_u + B_l)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0)/2 \times 1,829.8 = 4.413E+06 \text{ mm}^2 \\ u &= V_{sc}/A_w + M_{sct}/(2 \cdot F \cdot t_w) \\ &= 6.731 / 43,200.0 + 9.381 / (2 \times 4,413,494.7 \times 12.0) = 0.244 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(3) 활 하 중

▪ SLAB 응력 검토

$$\begin{aligned} f_{cu,v} &= M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \times n) = 4,593.21 \times 581.2 / (145,525,752,053.5 \times 7.0) = 2.621 \text{ MPa} \\ f_{cl,v} &= M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \times n) = 4,593.21 \times 341.2 / (145,525,752,053.5 \times 7.0) = 1.539 \text{ MPa} \end{aligned}$$

▪ Half-Deck 응력 검토

$$\begin{aligned} f_{hu,v} &= M_v \cdot y_{hu,v} / (I_v \times n) = 4,593.21 \times 431.2 / (145,525,752,053.5 \times 6.2) = 2.195 \text{ MPa} \\ f_{hl,v} &= M_v \cdot y_{hl,v} / (I_v \times n) = 4,593.21 \times 291.2 / (145,525,752,053.5 \times 6.2) = 1.483 \text{ MPa} \end{aligned}$$

▪ 플랜지 응력 검토

$$\begin{aligned} f_{su,v} &= M_v \cdot y_{su,v} / (I_v \times n) = 4,593.21 \times 303.2 / (145,525,752,053.5 \times 1.0) = 9.571 \text{ MPa} \\ f_{sl,v} &= M_v \cdot y_{sl,v} / (I_v \times n) = 4,593.21 \times -1,520.8 / (145,525,752,053.5 \times 1.0) = -48.000 \text{ MPa} \end{aligned}$$

▪ 부재의 전단응력 검토 (도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$\begin{aligned} B_w &= UL_2 + UR_2 + t_w/2 \times 2ea = 1,200.0 + 1,200.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm} \\ B_l &= B_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm} \\ H &= h + (\text{환산두께})/2 + tl/2 = 1,800.0 + 47.6/2 + 12.0/2 = 1,829.807 \text{ mm} \\ \text{전단탄성계수비 } n_{hs} &= G_s/G_c = 79,000.0 / 11,916.0 = 6.6 \\ F &= (B_u + B_l)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0)/2 \times 1,829.8 = 4.413E+06 \text{ mm}^2 \\ u &= V_v/A_w + M_{vt}/(2 \cdot F \cdot t_w) \\ &= 326.785 / 43,200.0 + 372.606 / (2 \times 4,413,494.7 \times 12.0) = 11.082 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

▪ SLAB 응력 검토

$$\begin{aligned} f_{cu,v} &= M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \times n) = -4.06 \times 581.2 / (145,525,752,053.5 \times 7.0) = -0.002 \text{ MPa} \\ f_{cl,v} &= M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \times n) = -4.06 \times 341.2 / (145,525,752,053.5 \times 7.0) = -0.001 \text{ MPa} \end{aligned}$$

▪ Half-Deck 응력 검토

$$\begin{aligned} f_{hu,v} &= M_w \cdot y_{hu,v} / (I_v \times n) = -4.06 \times 431.2 / (145,525,752,053.5 \times 6.2) = -0.002 \text{ MPa} \\ f_{hl,v} &= M_w \cdot y_{hl,v} / (I_v \times n) = -4.06 \times 291.2 / (145,525,752,053.5 \times 6.2) = -0.001 \text{ MPa} \end{aligned}$$

▪ 플랜지 응력 검토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / (I_v \times n) = -4.06 \times 303.2 / (145,525,752,053.5 \times 1.0) = -0.008 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / (I_v \times n) = -4.06 \times -1,520.8 / (145,525,752,053.5 \times 1.0) = 0.042 \text{ MPa}$$

▪ 부재의 전단응력 검토 (도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$B_w = UL_2 + UR_2 + t_w/2 \times 2ea = 1,200.0 + 1,200.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm}$$

$$B_l = B_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm}$$

$$H = h + (\text{환산두께})/2 + t_l/2 = 1,800.0 + 47.6/2 + 12.0/2 = 1,829.807 \text{ mm}$$

$$\text{전단탄성계수비 } n_{hs} = G_s/G_c = 79,000.0 / 11,916.0 = 6.6$$

$$F = (B_u + B_l)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0)/2 \times 1,829.8 = 4.413E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_w/A_w + M_{wt}/(2 \cdot F \cdot t_w) = 4.064 / 43,200.0 + 21.977 / (2 \times 4,413,494.7 \times 12.0) = 0.302 \text{ MPa}$$

(5) Half-Deck 초기 크리프 손실

$$k = -0.054 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_{h1} = n_h \cdot (1 + \phi_{d0}/2) = 6.2 \times (1 + 0.5/2) = 7.750$$

$$d_{vh1} = \delta_{yh} - \delta_{ys} = 974.685 - -264.654 = 1,239.338 \text{ mm}$$

$$d_{vh1,s} = d_{vh1} \cdot A_s / (A_s + A_h/n_h) = 1,239.3 \times 88,680.0 / (88,680.0 + 317,000.0/6.2) = 786.104 \text{ mm}$$

▪ 탄성계수비에 의한 환산 단면계수

구 분	n	$A_{vh1}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ovh1}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,680.0	-264.7	-2.347E+07	6.211E+09	4.220E+10	
Half-Deck	7.8	40,903.2	974.7	3.987E+07	3.886E+10	6.336E+07	
합 계	-	129,583.2		1.640E+07	4.507E+10	4.227E+10	

▪ 강재와 Half-Deck 합성단면 도심축 이동량

$$d_{h,s} = \sum AY / \sum A = 16,398,261.9 / 129,583.2 = 126.546 \text{ mm}$$

▪ 강재와 Half-Deck 합성단면 도심에서 Half-Deck 도심까지 거리

$$d_{h,hs} = \delta_{yh} - d_{h,s} = 974.685 - 126.546 = 848.138 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{vh1} = \sum I_{ovh1} + \sum AY^2 - A \cdot d_{h,s}^2 = 42,267,179,542.8 + 45,069,753,854.2 - 129,583.2 \times 126.546^2 = 8.526E+10 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,vh1} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - d_{h,s} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 126.546 = 913.454 \text{ mm}$$

$$y_{hl,vh1} = y_{hu,vh1} - (T_c + T_h) = 913.454 - (90.0 + 50.0) = 773.454 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,vh1} = h/2 + t_u - d_{h,s} = 1,800.00/2 + 12.0 - 126.546 = 785.454 \text{ mm}$$

$$y_{sl,vh1} = y_{hu,vh1} - (h + t_u + t_l) = 785.454 - (1,800.0 + 12.0 + 12.0) = -1,038.546 \text{ mm}$$

▪ 크리프를 일으키기 전, 합성전 고정하중에 의해 Half-Deck 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_{hi} = M_{st} \cdot d_{vh1,s} \cdot A_h / (n_h \cdot I_{33}) = 3,301.0 \times 786.1 \times 317,000.0 / (6.2 \times 92,095,439,549.2) = 1.441E+06 \text{ N}$$

▪ 강재보와 결함으로 인해 Half-Deck에 생기는 압축력

$$P_{phihi} = N_{hi} \cdot 2 \cdot \phi_{d0} / (2 + \phi_{d0}) = 1,440,634.9 \times 2 \times 0.5 / (2 + 0.5) = 5.763E+05 \text{ N}$$

- $P_{\phi hi}$ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{\phi hi} = P_{\phi hi} \times d_{h,hs} = 576,253.9 \times 848.1 = 4.887E+08 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{h1} = E_h / (1 + \phi_{d0} / 2) = 32,902.0 / (1 + 0.5 / 2) = 26,321.600 \text{ MPa}$$

- Half-Deck 상·하부 플랜지에 작용하는 응력

$$f_{hu} = M_s \cdot y_{hu} / (I_{33} \cdot n_h) = 3,300.99 \times 851.4 / (92,095,439,549.2 \times 6.2) = 4.922 \text{ MPa}$$

$$f_{hl} = M_s \cdot y_{hl} / (I_{33} \cdot n_h) = 3,300.99 \times 711.4 / (92,095,439,549.2 \times 6.2) = 4.113 \text{ MPa}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{hu,vh1} &= 1/n_{h1} \cdot (P_{\phi hi} / A_{vh1} + k \cdot M_{\phi hi} \cdot y_{hu,vh1} / I_{vh1}) - E_{h1} \cdot f_{hu} \cdot \phi_{d0} / E_h \\ &= (1/7.8) \times (576,253.9 / 129,583.2 + -0.054 \times 488,743,080.9 \times 913.5 / 85,261,796,026.2) \\ &\quad - 26,321.6 \times 4.922 \times 0.5 / 32,902.0 = -1.431 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{hl,vh1} &= 1/n_{h1} \cdot (P_{\phi hi} / A_{vh1} + k \cdot M_{\phi hi} \cdot y_{hl,vh1} / I_{vh1}) - E_{h1} \cdot f_{hl} \cdot \phi_{d0} / E_h \\ &= (1/7.8) \times (576,253.9 / 129,583.2 + -0.054 \times 488,743,080.9 \times 773.5 / 85,261,796,026.2) \\ &\quad - 26,321.6 \times 4.113 \times 0.5 / 32,902.0 = -1.102 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,vh1} &= P_{\phi hi} / A_{vh1} + k \cdot M_{\phi hi} \cdot y_{su,vh1} / I_{vh1} \\ &= 576,253.9 / 129,583.2 + -0.054 \times 488,743,080.9 \times 785.5 / 85,261,796,026.2 = 4.205 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,vh1} &= P_{\phi hi} / A_{vh1} + k \cdot M_{\phi hi} \cdot y_{sl,vh1} / I_{vh1} \\ &= 576,253.9 / 129,583.2 + -0.054 \times 488,743,080.9 \times -1,038.5 / 85,261,796,026.2 = 4.767 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(6) Half-Deck 초기 건조수축 손실

$$k = -0.054 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_{h2} = n_h \cdot (1 + 2 \cdot \phi_{d0} / 2) = 6.2 \times (1 + 2 \times 0.5 / 2) = 9.300$$

구 분	n	$A_{vh2}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ovh2}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,680.0	-264.7	-2.347E+07	6.211E+09	4.220E+10	
Half-Deck	9.3	34,086.0	974.7	3.322E+07	3.238E+10	5.280E+07	
합 계	-	122,766.0		9.754E+06	3.859E+10	4.226E+10	

- 강재와 Half-Deck 합성단면 도심축 이동량

$$d_{h,s} = \sum AY / \sum A = 9,753,638.3 / 122,766.0 = 79.449 \text{ mm}$$

- 강재와 Half-Deck 합성단면 도심에서 Half-Deck 도심까지 거리

$$d_{h,hs} = \delta_{yh} - d_{h,s} = 974.685 - 79.449 = 895.236 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$\begin{aligned} I_{vh2} &= \sum I_{ovh2} + \sum AY^2 - A \cdot d_{h,s}^2 \\ &= 42,256,620,185.4 + 38,593,341,885.5 - 122,766.0 \times 79.449^2 = 8.008E+10 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,vh2} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - d_{h,s} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 79.449 = 960.551 \text{ mm}$$

$$y_{hl,vh2} = y_{hu,vh2} - (T_{c1} + T_h) = 960.551 - (90.0 + 50.0) = 820.551 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,vh2} = h/2 + t_u - d_{h,s} = 1,800.00/2 + 12.0 - 79.449 = 832.551 \text{ mm}$$

$$y_{sl,vh2} = y_{hu,vh2} - (h + t_u + t_l) = 960.551 - (1,800.0 + 12.0 + 12.0) = -991.449 \text{ mm}$$

- Half-Deck 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{vhi} = E_s \cdot \epsilon_{hs} \cdot A_h / n_{h2} = 205,000.0 \times 0.000045 \times 317,000.0 / 9.3 = 3.144E+05 \text{ N}$$

- P_{vhi} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{vhi} = P_{vhi} \times d_{h,hs} = 314,443.5 \times 895.2 = 2.815E+08 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{h2} = E_s / n_{h2} = 205,000.0 / 9.3 = 22,043.011 \text{ MPa}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력변화량

$$\begin{aligned} f_{hu,vh2} &= 1/n_{h2} \cdot (P_{vhi}/A_{vh2} + k \cdot M_{vhi} \cdot y_{hu,vh2}/I_{vh2}) - E_{h2} \cdot \epsilon_{hs} \\ &= (1/9.3) \times (314,443.5/122,766.0 + -0.054 \times 281,501,039.0 \times 960.6/80,075,045,212.5) \\ &\quad - 22,043.0 \times 0.000045 = -0.736 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{hl,vh2} &= 1/n_{h2} \cdot (P_{vhi}/A_{vh2} + k \cdot M_{vhi} \cdot y_{hl,vh2}/I_{vh2}) - E_{h2} \cdot \epsilon_{hs} \\ &= (1/9.3) \times (314,443.5/122,766.0 + -0.054 \times 281,501,039.0 \times 820.6/80,075,045,212.5) \\ &\quad - 22,043.0 \times 0.000045 = -0.733 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,vh2} &= P_{vhi}/A_{vh2} + k \cdot M_{vhi} \cdot y_{su,v2}/I_{vh2} \\ &= 314,443.5/122,766.0 + -0.054 \times 281,501,039.0 \times 832.6/80,075,045,212.5 = 2.404 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,vh2} &= P_{vhi}/A_{vh2} + k \cdot M_{vhi} \cdot y_{sl,v2}/I_{vh2} \\ &= 314,443.5/122,766.0 + -0.054 \times 281,501,039.0 \times -991.4/80,075,045,212.5 = 2.748 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(7) Half-Deck 최종 크리프 손실

$$k = -0.052 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_{h3} = n_h \cdot (1 + \phi_{d1}/2) = 6.2 \times (1 + 1.5/2) = 10.850$$

$$d_{vh2} = \delta_{yh} - \delta_{v2} = 974.685 - 608.771 = 365.913 \text{ mm}$$

$$d_{vh2,s} = (y_{hu,v} + y_{hl,v}) / 2 = (431.2 + 291.2) / 2 = 361.229 \text{ mm}$$

- 탄성계수비에 의한 환산 단면계수

구 분	n	$A_{vh3}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ovh3}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,680.0	-264.7	-2.347E+07	6.211E+09	4.220E+10	
Half-Deck	10.9	29,216.6	974.7	2.848E+07	2.776E+10	4.525E+07	
SLAB	7.0	122,142.9	1,089.7	1.331E+08	1.450E+11	4.905E+08	
합 계	-	240,039.4	1,799.8	1.381E+08	1.790E+11	4.274E+10	

- 합성단면 도심축 이동량

$$\delta_{v3} = \sum AY / \sum A = 138,111,050.0 / 240,039.4 = 575.368 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 Half-Deck 도심까지 거리

$$d_{h,hs} = \delta_{yh} - \delta_{v3} = 974.685 - 575.368 = 399.316 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$\begin{aligned} I_{vh3} &= \sum I_{ovh3} + \sum AY^2 - A \cdot \delta_{v3}^2 \\ &= 42,739,569,328.5 + 179,015,198,937.9 - 240,039.4 \times 575.368^2 = 1.423E+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 합성단면 도심축에서 SLAB 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{cu,vh3} = h/2 + (T_c + T_h) - \delta_{v3} = 1,800.0/2 + (240.0 + 50.0) - 575.368 = 614.632 \text{ mm}$$

$$y_{cl,vh3} = y_{cu,vh3} - T_c = 614.632 - 240.0 = 374.632 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,vh3} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{v3} = 1,800.0/2 + (90.0+50.0) - 575.368 = 464.632 \text{ mm}$$

$$y_{hl,vh3} = y_{hu,vh3} - (T_{c1} + T_h) = 464.632 - (90.0+50.0) = 324.632 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,vh3} = h/2 + t_u - \delta_{v3} = 1,800.00/2 + 12.0 - 575.368 = 336.632 \text{ mm}$$

$$y_{sl,vh3} = y_{su,vh3} - (h + t_u + t_l) = 336.632 - (1,800.0+12.0+12.0) = -1,487.368 \text{ mm}$$

- Half-Deck 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_{he} = N_{hi} + (f_{hu2} + f_{hl2} + f_{hu,v} + f_{hl,v} + f_{hu,vh1} + f_{hl,vh1} + f_{hu,vh2} + f_{hl,vh2})/2 \cdot A_h \cdot d_{vh2}/d_{vh2,s}$$

$$= 1,440,634.9 + (4.839+3.807)/2 \times 317,000.0 \times 365.9 / 361.2 = 2.829E+06 \text{ N}$$

- 강재보와 결함으로 인해 Half-Deck에 생기는 압축력

$$P_{\phi he} = N_{he} \cdot 2 \cdot \phi_{d1} / (2 + \phi_{d1}) = 2,828,769.7 \times 2 \times 1.5 / (2 + 1.5) = 2.425E+06 \text{ N}$$

- $P_{\phi he}$ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{\phi he} = P_{\phi he} \times d_{h,hs} = 2,424,659.8 \times 399.3 = 9.682E+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{h3} = E_h / (1 + \phi_{d1} / 2) = 32,902.0 / (1 + 1.5 / 2) = 18,801.143 \text{ MPa}$$

$$\sum f_{hu} = f_{hut} + f_{hu2} + f_{hu,v} + f_{hu,vh1} + f_{hu,vh2}$$

$$= 4.922 + 5.682 + 1.324 + -1.431 + -0.736 = 9.761 \text{ MPa}$$

$$\sum f_{hl} = f_{hl1} + f_{hl2} + f_{hl,v} + f_{hl,vh1} + f_{hl,vh2}$$

$$= 4.113 + 4.748 + 0.894 + -1.102 + -0.733 = 7.920 \text{ MPa}$$

- SLAB 콘크리트의 응력 변화량

$$f_{cu,vh3} = 1/n \cdot (P_{\phi he}/A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{cu,vh3}/I_{vh3})$$

$$= (1/7.0) \times (2,424,660/240,039 + -0.052 \times 968,206,425 \times 615/142,290,070,454) = 1.412 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,vh3} = 1/n \cdot (P_{\phi he}/A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{cl,vh3}/I_{vh3})$$

$$= (1/7.0) \times (2,424,660/240,039 + -0.052 \times 968,206,425 \times 375/142,290,070,454) = 1.424 \text{ MPa}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력 변화량

$$f_{hu,vh3} = 1/n_{h3} \cdot (P_{\phi he}/A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{hu,vh3}/I_{vh3}) - E_{h3} \cdot \sum f_{hu} \cdot \phi_{d1}/E_h$$

$$= (1/10.9) \times (2,424,659.8/240,039.4 + -0.052 \times 968,206,425.0 \times 464.6/142,290,070,453.6)$$

$$- 18,801.1 \times 9.761 \times 1.5/32,902.0 = -7.451 \text{ MPa}$$

$$f_{hl,vh3} = 1/n_{h3} \cdot (P_{\phi he}/A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{hl,vh3}/I_{vh3}) - E_{h3} \cdot \sum f_{hl} \cdot \phi_{d1}/E_h$$

$$= (1/10.9) \times (2,424,659.8/240,039.4 + -0.052 \times 968,206,425.0 \times 324.6/142,290,070,453.6)$$

$$- 18,801.1 \times 7.920 \times 1.5/32,902.0 = -5.868 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,vh3} = P_{\phi he}/A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{su,vh3}/I_{vh3}$$

$$= 2,424,659.8/240,039.4 + -0.052 \times 968,206,425.0 \times 336.6/142,290,070,453.6 = 9.981 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,vh3} = P_{\phi he}/A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{sl,vh3}/I_{vh3}$$

$$= 2,424,659.8/240,039.4 + -0.052 \times 968,206,425.0 \times -1,487.4/142,290,070,453.6 = 10.632 \text{ MPa}$$

(8) Half-Deck 최종 건조수축 손실

$$k = -0.052 \quad ※ \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_{h4} = n_h \cdot (1 + 2 \cdot \phi_{d1}/2) = 6.2 \times (1 + 2 \times 1.5 / 2) = 15.500$$

구 분	n	$A_{vh4}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ovh4}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,680.0	-264.7	-2.347E+07	6.211E+09	4.220E+10	
Half-Deck	15.5	20,451.6	974.7	1.993E+07	1.943E+10	3.168E+07	
SLAB	7.0	122,142.9	1,089.7	1.331E+08	1.450E+11	4.905E+08	
합 계	-	231,274.5	1,799.8	1.296E+08	1.707E+11	4.273E+10	

▪ 합성단면 도심축 이동량

$$\delta_{v4} = \sum AY / \sum A = 129,567,962.4 / 231,274.5 = 560.235 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 Half-Deck 도심까지 거리

$$d_{h,hs} = \delta_{yh} - \delta_{v4} = 974.685 - 560.235 = 414.450 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{vh4} = \sum I_{ovh4} + \sum AY^2 - A \cdot \delta_{v4}^2 = 42,725,993,011.8 + 170,688,383,549.5 - 231,274.5 \times 560.235^2 = 1.408E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심축에서 SLAB 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{cu,vh4} = h/2 + (T_c + T_h) - \delta_{v4} = 1,800.0/2 + (240.0 + 50.0) - 560.235 = 629.765 \text{ mm}$$

$$y_{cl,vh4} = y_{cu,vh4} - T_c = 629.765 - 240.0 = 389.765 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,vh4} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{v4} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 560.235 = 479.765 \text{ mm}$$

$$y_{hl,vh4} = y_{hu,vh4} - (T_{c1} + T_h) = 479.765 - (90.0 + 50.0) = 339.765 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,vh4} = h/2 + t_u - \delta_{v4} = 1,800.00/2 + 12.0 - 560.235 = 351.765 \text{ mm}$$

$$y_{sl,vh4} = y_{su,vh4} - (h + t_u + t_l) = 351.765 - (1,800.0 + 12.0 + 12.0) = -1,472.235 \text{ mm}$$

▪ Half-Deck 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{vhe} = E_s \cdot \epsilon_h \cdot A_h / n_{h4} = 205,000.0 \times 0.000225 \times 317,000.0 / 15.5 = 9.433E+05 \text{ N}$$

▪ P_{ve} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{vhe} = P_{vhe} \times d_{h,hs} = 943,330.6 \times 414.4 = 3.910E+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

▪ 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{h4} = E_s / n_{h4} = 205,000.0 / 15.5 = 13,225.806 \text{ MPa}$$

▪ SLAB 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,vh4} = 1/n \cdot (P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{cu,vh4}/I_{vh4}) = (1/7.0) \times (943,331/231,274 + 0.052 \times 390,963,323 \times 630/140,825,919,754) = 0.570 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,vh4} = 1/n \cdot (P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{cl,vh4}/I_{vh4}) = (1/7.0) \times (943,331/231,274 + 0.052 \times 390,963,323 \times 390/140,825,919,754) = 0.575 \text{ MPa}$$

▪ Half-Deck 콘크리트의 응력변화량

$$f_{hu,vh4} = 1/n_{h4} \cdot (P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{hu,vh4}/I_{vh4}) - E_{h4} \cdot \epsilon_h$$

$$= (1/15.5) \times (943,330.6/231,274.5 + -0.052 \times 390,963,322.8 \times 479.8/140,825,919,754.2)$$

$$- 13,225.8 \times 0.000225 = -2.717 \text{ MPa}$$

$$f_{hl,vh4} = 1/n_{h4} \cdot (P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{hl,vh4}/I_{vh4}) - E_{h4} \cdot \epsilon_h$$

$$= (1/15.5) \times (943,330.6/231,274.5 + -0.052 \times 390,963,322.8 \times 339.8/140,825,919,754.2)$$

$$- 13,225.8 \times 0.000225 = -2.716 \text{ MPa}$$

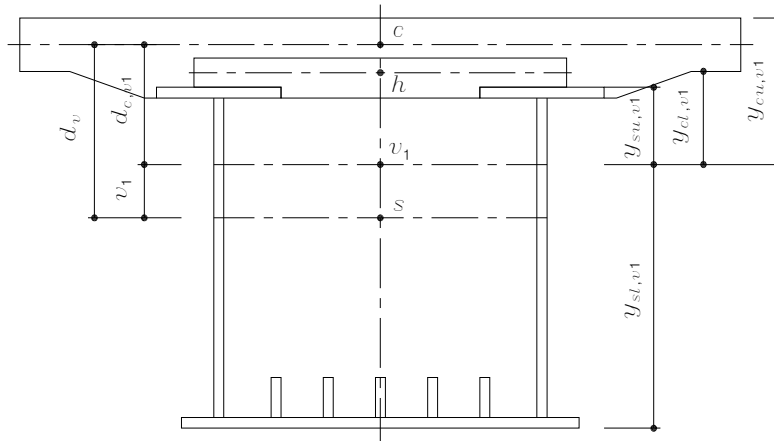
▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,vh4} = P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{su,vh4}/I_{vh4}$$

$$= 943,330.6/231,274.5 + -0.052 \times 390,963,322.8 \times 351.8/140,825,919,754.2 = 4.028 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,vh4} = P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{sl,vh4}/I_{vh4}$$

$$= 943,330.6/231,274.5 + -0.052 \times 390,963,322.8 \times -1,472.2/140,825,919,754.2 = 4.293 \text{ MPa}$$



(9) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k_2 = -0.052 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 2.0/2) = 14.000$$

$$d_{vc} = \delta_{yc} - \delta_{v2} = 1,089.737 - 608.771 = 480.966 \text{ mm}$$

$$d_{vc,s} = (y_{cu,v} + y_{cl,v}) / 2 = (581.2 + 341.229) / 2 = 461.229 \text{ mm}$$

구 분	n	$A_{v1}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ov1}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,680.0	-264.7	-2.347E+07	6.211E+09	4.220E+10	
Half-Deck	6.2	51,129.0	974.7	4.983E+07	4.857E+10	7.920E+07	
SLAB	14.0	61,071.4	1,089.7	6.655E+07	7.252E+10	2.452E+08	
합 계	-	200,880.5	1,799.8	9.292E+07	1.273E+11	4.253E+10	

▪ 합성단면 도심축 이동량

$$\delta_{c,v1} = \sum AY / \sum A = 92,916,983.1 / 200,880.5 = 462.549 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 SLAB 도심까지 거리

$$d_{c,v1} = \delta_{yc} - \delta_{c,v1} = 1,089.737 - 462.549 = 627.188 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{v1} = \sum I_{ov1} + \sum AY^2 - A \cdot \delta_{c,v1}^2$$

$$= 42,528,264,349.6 + 127,308,304,608.0 - 200,880.5 \times 462.549^2 = 1.269E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심축에서 SLAB 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{cu,v1} = h/2 + (T_c + T_h) - \delta_{c,v1} = 1,800.0/2 + (240.0+50.0) - 462.549 = 727.451 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v1} = y_{cu,v1} - T_c = 727.451 - 240.0 = 487.451 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,v1} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{c,v1} = 1,800.0/2 + (90.0+50.0) - 462.549 = 577.451 \text{ mm}$$

$$y_{hl,v1} = y_{hu,v1} - (T_{c1} + T_h) = 577.451 - (90.0+50.0) = 437.451 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v1} = h/2 + t_u - \delta_{c,v1} = 1,800.00/2 + 12.0 - 462.549 = 449.451 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v1} = y_{su,v1} - (h + t_u + t_l) = 449.451 - (1,800.0+12.0+12.0) = -1,374.549 \text{ mm}$$

▪ 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = (f_{cu,v} + f_{cl,v})/2 \cdot A_c \cdot d_{vc}/d_{vc,s}$$

$$= (1.581+0.928)/2 \times 855,000.0 \times 480.966/461.229 = 1.118E+06 \text{ N}$$

▪ 강재보와 결합으로 인해 SLAB에 생기는 압축력

$$P_\Phi = N_c \cdot 2 \cdot \Phi_1 / (2 + \Phi_1) = 1,118,331.7 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = 1.118E+06 \text{ N}$$

▪ P_Φ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\Phi = P_\Phi \times d_{c,v1} = 1,118,331.7 \times 627.2 = 7.014E+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

▪ Half-Deck 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{c1} = E_c / (1 + \Phi_1 / 2) = 27,804.0 / (1 + 2.0 / 2) = 13,902.000 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = 1.581 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = 0.928 \text{ MPa}$$

▪ 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

$$f_{cu,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\Phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\Phi \cdot y_{cu,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu,v} \cdot \Phi_1 / E_c$$

$$= (1/14.0) \times (1,118,331.7/200,880.5 + -0.052 \times 701,404,453.7 \times 727.5/126,857,945,158.2) - 13,902.0 \times 1.581 \times 2.0/27,804.0 = -1.198 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\Phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\Phi \cdot y_{cl,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl,v} \cdot \Phi_1 / E_c$$

$$= (1/14.0) \times (1,118,331.7/200,880.5 + -0.052 \times 701,404,453.7 \times 487.5/126,857,945,158.2) - 13,902.0 \times 0.928 \times 2.0/27,804.0 = -0.540 \text{ MPa}$$

▪ Half-Deck 콘크리트의 응력 변화량

$$f_{hu,v1} = 1/n_h \cdot (P_\Phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\Phi \cdot y_{hu,v1} / I_{v1})$$

$$= (1/6.2) \times (1,118,332/200,880 + -0.052 \times 701,404,454 \times 577/126,857,945,158) = 0.871 \text{ MPa}$$

$$f_{hl,v1} = 1/n_h \cdot (P_\Phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\Phi \cdot y_{hl,v1} / I_{v1})$$

$$= (1/6.2) \times (1,118,332/200,880 + -0.052 \times 701,404,454 \times 437/126,857,945,158) = 0.878 \text{ MPa}$$

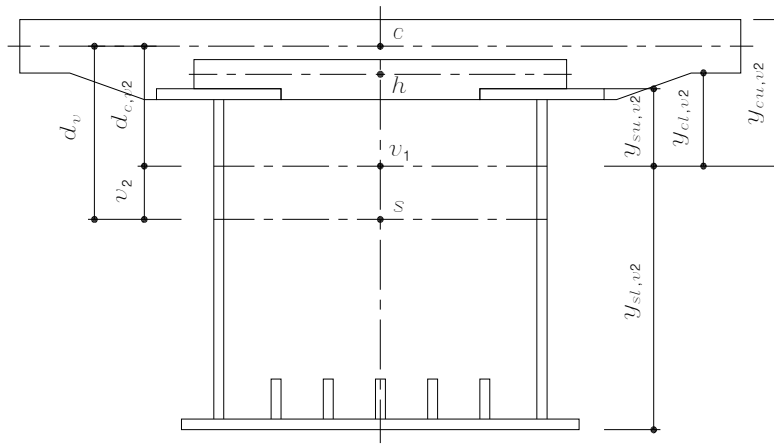
▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\Phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\Phi \cdot y_{su,v1} / I_{v1}$$

$$= 1,118,331.7/200,880.5 + -0.052 \times 701,404,453.7 \times 449.5/126,857,945,158.2 = 5.438 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\Phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\Phi \cdot y_{sl,v1} / I_{v1}$$

$$= 1,118,331.7/200,880.5 + -0.052 \times 701,404,453.7 \times -1,374.5/126,857,945,158.2 = 5.962 \text{ MPa}$$



(10) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

$$k_2 = -0.052 \quad ※ \text{2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

구 분	n	$A_{v2}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ov2}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,680.0	-264.7	-2.347E+07	6.211E+09	4.220E+10	
Half-Deck	6.2	51,129.0	974.7	4.983E+07	4.857E+10	7.920E+07	
SLAB	21.0	40,714.3	1,089.7	4.437E+07	4.835E+10	1.635E+08	
합 계	-	180,523.3	1,799.8	7.073E+07	1.031E+11	4.245E+10	

■ 합성단면 도심축 이동량

$$\delta_{c,v2} = \sum AY / \sum A = 70,733,054.6 / 180,523.3 = 391.822 \text{ mm}$$

■ 합성단면 도심에서 SLAB 도심까지 거리

$$d_{c,v2} = \delta_{yc} - \delta_{c,v2} = 1,089.737 - 391.822 = 697.915 \text{ mm}$$

■ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{v2} = \sum I_{ov2} + \sum AY^2 - A \cdot \delta_{c,v2}^2 = 42,446,515,759.4 + 103,133,660,341.1 - 180,523.3 \times 391.822^2 = 1.179\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

■ 합성단면 도심축에서 SLAB 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{cu,v2} = h/2 + (T_c + T_h) - \delta_{c,v2} = 1,800.0/2 + (240.0 + 50.0) - 391.822 = 798.178 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v2} = y_{cu,v2} - T_c = 798.178 - 240.0 = 558.178 \text{ mm}$$

■ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,v2} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{c,v2} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 391.822 = 648.178 \text{ mm}$$

$$y_{hl,v2} = y_{hu,v2} - (T_{c1} + T_h) = 648.178 - (90.0 + 50.0) = 508.178 \text{ mm}$$

■ 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v2} = h/2 + t_u - \delta_{c,v2} = 1,800.00/2 + 12.0 - 391.822 = 520.178 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v2} = y_{su,v2} - (h + t_u + t_l) = 520.178 - (1,800.0 + 12.0 + 12.0) = -1,303.822 \text{ mm}$$

■ 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 855,000.0 / 21.0 = 2.254\text{E}+06 \text{ N}$$

■ P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,253,535.7 \times 697.9 = 1.573\text{E}+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

■ 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{c2} = E_s / n_2 = 205,000.0 / 21.0 = 9,761.905 \text{ MPa}$$

▪ 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{cu,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s$$

$$= (1/21.0) \times (2,253,535.7/180,523.3 + -0.052 \times 1,572,775,434.7 \times 520.2/798.2)$$

$$- 9,761.9 \times 0.000270 = -2.068 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{cl,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s$$

$$= (1/21.0) \times (2,253,535.7/180,523.3 + -0.052 \times 1,572,775,434.7 \times 520.2/558.2)$$

$$- 9,761.9 \times 0.000270 = -2.060 \text{ MPa}$$

▪ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$f_{hu,v2} = 1/n_h \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{hu,v2}/I_{v2})$$

$$= (1/6.2) \times (2,253,535.7/180,523.3 + -0.052 \times 1,572,775,434.7 \times 520.2/648.2) = 1.941 \text{ MPa}$$

$$f_{hl,v2} = 1/n_h \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{hl,v2}/I_{v2})$$

$$= (1/6.2) \times (2,253,535.7/180,523.3 + -0.052 \times 1,572,775,434.7 \times 520.2/508.2) = 1.957 \text{ MPa}$$

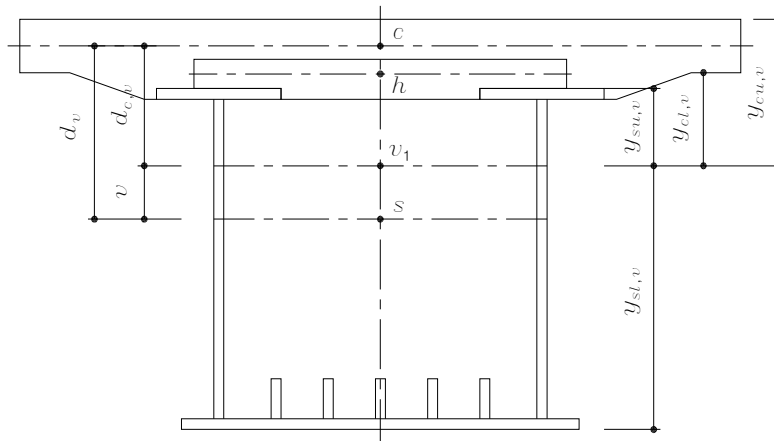
▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v2}/I_{v2}$$

$$= 2,253,535.7/180,523.3 + -0.052 \times 1,572,775,434.7 \times 520.2/117,865,390,753.7 = 12.122 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v2}/I_{v2}$$

$$= 2,253,535.7/180,523.3 + -0.052 \times 1,572,775,434.7 \times -1,303.8/117,865,390,753.7 = 13.388 \text{ MPa}$$



(11) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10℃를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

$$d_{h,v} = \delta_{yh} - \delta_{v2} = 974.685 - 608.771 = 365.913 \text{ mm}$$

$$d_{c,v} = \delta_{yc} - \delta_{v2} = 1,089.737 - 608.771 = 480.966 \text{ mm}$$

▪ 온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

▪ Half-Deck 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{vc1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 317,000.0 / 6.2 = 1.258E+06 \text{ N}$$

▪ SLAB 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{vh2} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 855,000.0 / 7.0 = 3.005E+06 \text{ N}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = P_{vc1} + P_{vh2} = 1,257,774.2 + 3,004,714.285714 = 4.262E+06 \text{ N}$$

- P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{vc1} \times d_{h,v} + P_{vh2} \times d_{c,v} = 1,257,774.2 \times 365.9 + 3,004,714.3 \times 481.0 = 1.905E+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$\begin{aligned} f_{cu,v1} &= 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{cu,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t \\ &= (1/7.0) \times (4,262,488.5/261,951.9 + -0.052 \times 1,905,400,649.7 \times 581.2/145,525,752,053.5) \\ &\quad - 27,804.0 \times 0.000120 = -1.068 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{cl,v1} &= 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{cl,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t \\ &= (1/7.0) \times (4,262,488.5/261,951.9 + -0.052 \times 1,905,400,649.7 \times 341.2/145,525,752,053.5) \\ &\quad - 27,804.0 \times 0.000120 = -1.045 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력변화량

$$\begin{aligned} f_{hu,v1} &= 1/n_h \cdot (P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{hu,v}/I_v) - E_h \cdot \epsilon_t \\ &= (1/6.2) \times (4,262,488.5/261,951.9 + -0.052 \times 1,905,400,649.7 \times 431.2/145,525,752,053.5) \\ &\quad - 32,902.0 \times 0.000120 = -1.371 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{hl,v1} &= 1/n_h \cdot (P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{hl,v}/I_v) - E_h \cdot \epsilon_t \\ &= (1/6.2) \times (4,262,488.5/261,951.9 + -0.052 \times 1,905,400,649.7 \times 291.2/145,525,752,053.5) \\ &\quad - 32,902.0 \times 0.000120 = -1.356 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_v \\ &= 4,262,488.5/261,951.9 + -0.052 \times 1,905,400,649.7 \times 303.2/145,525,752,053.5 = 16.066 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_v \\ &= 4,262,488.5/261,951.9 + -0.052 \times 1,905,400,649.7 \times -1,520.8/145,525,752,053.5 = 17.307 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(12) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$\begin{aligned} u &= (V_s + V_{sc} + V_v)/A_w + M_{st}/(2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 354.318/43,200.0 + 79.944/105,269,009.6 + 381.987/105,923,872.7 = 12.567 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\ast u = 12.6 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$\begin{aligned} u &= (V_s + V_{sc} + V_w)/A_w + M_{st}/(2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt})/(2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 354.318/43,200.0 + 79.944/105,269,009.6 + 381.987/105,923,872.7 = 12.567 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\ast u = 12.6 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

- 활하중 재하시

$$\begin{aligned} u &= (V_s + V_{sc} + V_w/2 + V_v)/A_w + M_{st}/(2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}/2 + M_{vt})/(2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 356.349/43,200.0 + 79.944/105,269,009.6 + 392.975/105,923,872.7 = 12.718 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\ast u = 12.7 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

(13) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65 \phi^2 + 0.13 \phi + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0.0$)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

▪ 인장 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

▪ 압축 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.1)

- 압축부의 국부좌굴에 대한 허용응력

(도.설.해 3.4.2.2)

$$b / 10.5 = 10.3 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow ① \quad f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 16 = 6.8 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} \geq b / 10.5 = 10.3 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow ① \quad f_{ca} = 24,000 (t_u/b)^2 = 296.3 \text{ MPa}$$

- 허용 휨 압축응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2.1)

A_w : 복부판의 총단면적 (mm^2)	$\Rightarrow$	21,600.0 mm^2	$A_w/A_c = 4.500 > 2.0$
A_c : 압축플랜지 총단면적 (mm^2)	$\Rightarrow$	4,800.0 mm^2	
l : 압축플랜지의 고정점간 거리 (mm)	$\Rightarrow$	2,400.0 mm	
b : 압축플랜지 폭 (mm)	$\Rightarrow$	400.0 mm	
$K = \sqrt{3 + (A_w/2A_c)}$	$\Rightarrow$	2.291	

$$8/K = 3.3 < l/b = 2,400.0 / 400.0 = 6.0$$

$$\Rightarrow ② \quad f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$8/K = 3.3 < l/b = 2,400.0 / 400.0 = 6.0 \leq 27.0$$

$$\Rightarrow ② \quad f_{ca} = 215.0 - 2.4 (K \cdot l/b - 7.5) = 215.0 - 2.4 \times (2.291 \times 2,400.0 / 400.0 - 7.5) = 200.3 \text{ MPa}$$

∴ ①에 허용응력 값이 ②에 허용응력 값보다 작은 경우로 국부좌굴에 대한 허용응력을 사용한다.

$$f_{ca} = 200.3 \text{ MPa}$$

∴ $f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$ (합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면, π 형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우)

▪ 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1)

- SLAB 허용응력

$$f_{ca} = 0.40 \quad f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$$

($f_{ck} = 27.0 \text{ MPa}$ 사용)

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

- Half-Deck 허용응력

$$f_{ca} = 0.40 \quad f_{ck} = 20.000 \text{ MPa}$$

($f_{ck} = 50.0 \text{ MPa}$ 사용)

$$f_{ta} = 0.07 \quad f_{ck} = 2.500 \text{ MPa}$$

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	Concrete				Half-Deck Concrete			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	10.604	8.861	20.000	20.000
1+5+6	-	-	-	-	8.437	7.026	20.000	20.000
1+2+3+5+6	4.201	2.467	10.800	10.800	11.956	9.402	20.000	20.000
1+2+3+5+6+7+8+9+10	2.917	1.865	10.800	10.800	4.600	3.653	20.000	20.000
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)+11$	1.849	0.820	12.420	12.420	3.229	2.297	23.000	23.000
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)-11$	3.986	2.910	12.420	12.420	5.971	5.008	23.000	23.000
1+2+4+5+6	1.578	0.927	13.500	13.500	4.077	3.170	25.000	25.000
1+2+3+0.5×4+5+6	4.200	2.466	13.500	13.500	6.273	4.654	25.000	25.000
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)$	2.916	1.864	13.500	13.500	-1.083	-1.096	3.125	3.125
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)+11$	1.848	0.819	14.580	14.580	-2.454	-2.452	3.375	3.375
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)-11$	3.984	2.909	14.580	14.580	0.288	0.260	27.000	27.000
하 중 조 합	Steel							
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)					
	상 연	하 연	상 연	하 연				
1	55.863	-84.988	200.318	215.000				
1+5+6	62.473	-77.473	215.000	215.000				
1+2+3+5+6	77.816	-154.423	215.000	215.000				
1+2+3+5+6+7+8+9+10	109.385	-120.148	247.250	215.000				
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)+11$	125.450	-102.840	279.500	247.250				
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)-11$	93.319	-137.455	279.500	247.250				
1+2+4+5+6	38.303	-60.841	268.750	268.750				
1+2+3+0.5×4+5+6	47.878	-108.862	268.750	268.750				
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)$	79.447	-74.587	268.750	268.750				
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)+11$	95.513	-57.280	290.250	290.250				
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)-11$	63.381	-91.894	290.250	290.250				

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(14) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.078	0.156	0.010	0.010	0.088	0.166	0.K !!	0.K !!
1+5+6	0.084	0.130	0.010	0.010	0.095	0.140	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.131	0.516	0.010	0.010	0.141	0.526	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7+8+9+10	0.196	0.312	0.010	0.010	0.206	0.322	0.K !!	0.K !!
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)+11$	0.201	0.173	0.010	0.010	0.212	0.183	0.K !!	0.K !!
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)-11$	0.111	0.309	0.010	0.010	0.122	0.319	0.K !!	0.K !!
1+2+4+5+6	0.020	0.051	0.007	0.007	0.027	0.058	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.032	0.164	0.007	0.007	0.038	0.171	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)$	0.087	0.077	0.007	0.007	0.094	0.084	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)+11$	0.108	0.039	0.007	0.007	0.115	0.046	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)-11$	0.048	0.100	0.007	0.007	0.054	0.107	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{125.450}{279.500}\right)^2 + \left(\frac{12.567}{125.000}\right)^2 = 0.201 + 0.010 = 0.212 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{-154.423}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{12.567}{125.000}\right)^2 = 0.516 + 0.010 = 0.526 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

(15) 판의 최소두께 검토

- 압축(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.1, 3.4.2.2, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 108.0 / 16.0 = 6.8 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$$

$$(\text{합성형 스테드 설치시}) \quad t_{min} = 10.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$$

- 인장(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$$

$$t_{min} = \text{Rib 간격}/80 = 2,400.0 / (3 \times 80) = 10.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1, 3.8.4.2)

- 합 성 전

$$t_{min} = b/(206 \times 1.200) = 1,800.0 / (206 \times 1.200) = 7.3 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(215.0 / 55.863)} = 1.96 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

- 합 성 후

$$t_{min} = b/(206 \times 1.200) = 606.5 / (206 \times 1.200) = 2.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(215.0 / 125.450)} = 1.31 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(16) 항복에 대한 안전도 검사

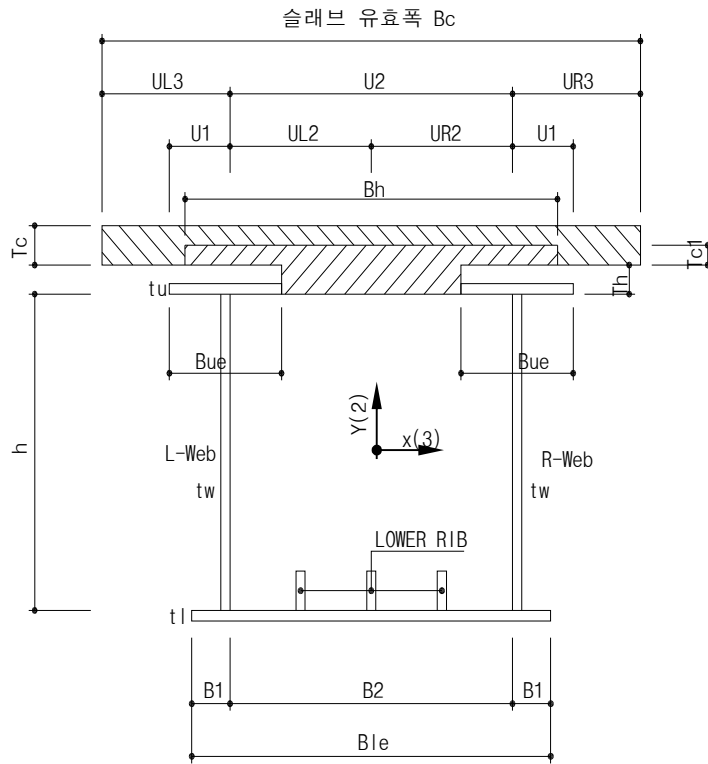
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Concrete				Half-Deck Concrete			
	작용응력(MPa)		허용응력 (MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력 (MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	13.786	11.519	30.000	0.K !!
1+5+6	-	-	-	-	11.618	9.684	30.000	0.K !!
1+2+3+11	6.621	3.469	16.200	0.K !!	18.856	14.513	30.000	0.K !!
1+2+3-11	8.758	5.559	16.200	0.K !!	21.598	17.225	30.000	0.K !!
1+2+3+5+6	7.689	4.514	16.200	0.K !!	18.060	14.034	30.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7+8+9+10	6.405	3.913	16.200	0.K !!	10.703	8.284	30.000	0.K !!
∑(1~3)+∑(5~10)+11	5.337	2.868	16.200	0.K !!	9.332	6.928	30.000	0.K !!
∑(1~3)+∑(5~10)-11	7.474	4.958	16.200	0.K !!	12.075	9.640	30.000	0.K !!
1+2+4+5+6	2.053	1.205	16.200	0.K !!	5.951	4.673	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+11	6.620	3.469	16.200	0.K !!	18.855	14.513	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4-11	8.757	5.559	16.200	0.K !!	21.597	17.224	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	7.688	4.514	16.200	0.K !!	10.672	7.861	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+∑(5~10)	6.404	3.912	16.200	0.K !!	3.316	2.111	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+∑(5~10)+11	5.336	2.867	16.200	0.K !!	1.944	0.755	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+∑(5~10)-11	7.472	4.957	16.200	0.K !!	4.687	3.467	30.000	0.K !!
하 중 조 합	Steel							
	작용응력(MPa)		허용응력 (MPa)	판 별				
	상 연	하 연						
1	72.622	-110.484	355.000	0.K !!				
1+5+6	79.232	-102.969	355.000	0.K !!				
1+2+3+11	116.769	-234.012	355.000	0.K !!				
1+2+3-11	84.638	-268.627	355.000	0.K !!				
1+2+3+5+6	107.313	-243.804	355.000	0.K !!				
1+2+3+5+6+7+8+9+10	138.882	-209.529	355.000	0.K !!				
∑(1~3)+∑(5~10)+11	154.948	-193.464	355.000	0.K !!				
∑(1~3)+∑(5~10)-11	121.575	-226.837	355.000	0.K !!				
1+2+4+5+6	47.814	-81.360	355.000	0.K !!				
1+2+3+0.5×4+11	116.765	-233.991	355.000	0.K !!				
1+2+3+0.5×4-11	84.634	-268.606	355.000	0.K !!				
1+2+3+0.5×4+5+6	68.395	-184.581	355.000	0.K !!				
1+2+3+0.5×4+∑(5~10)	99.964	-150.306	355.000	0.K !!				
1+2+3+0.5×4+∑(5~10)+11	116.030	-132.999	355.000	0.K !!				
1+2+3+0.5×4+∑(5~10)-11	83.898	-167.614	355.000	0.K !!				

[G1 : 최대모멘트] : 절점 4 로 부터 이격거리 2.498 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM520B

$B_c = 4,500.0$ mm

$U_{L3} = 1,000.0$ mm

$U_{R3} = 1,100.0$ mm

$B_h = 2,500.0$ mm

$U_1 = 120.0$ mm

$U_{L2} = 1,200.0$ mm

$U_{R2} = 1,200.0$ mm

상부 플랜지 유효폭

$B_{ue} = 400.0$ mm

하부 플랜지 유효폭

$B_{le} = 2,640.0$ mm

$B_1 = 120.0$ mm

$B_2 = 2,400.0$ mm

$T_c = 240.0$ mm

$T_{c1} = 90.0$ mm

$T_h = 50.0$ mm

$h = 1,800.0$ mm

$\Theta_L = 0.000^\circ$

$\Theta_R = 0.000^\circ$

구 분	단 위	입력 Data
E_s : 강재 탄성계수	MPa	205,000.0
E_c : 콘크리트의 탄성계수	MPa	27,804.0
E_h : Half-Deck 콘크리트의 탄성계수	MPa	32,902.0
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율	-	0.000270
ϵ_h : Half-Deck 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율	-	0.000225
ϵ_{hs} : Half-Deck 콘크리트의 초기건조수축율	-	0.000045
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수	-	0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수	-	4.0
ϕ_{d1} : Half-Deck 콘크리트의 최종 크리이프 계수	-	1.5
ϕ_{d0} : Half-Deck 콘크리트의 초기 크리이프 계수	-	0.5
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비	-	7.0
n_h : 강과 Half-Deck 콘크리트의 탄성계수비	-	6.2
Δt : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10.0
M_{s1} : 합성전 고정하중(자중)에 의한 모멘트	kN·m	2,698.430
M_{s2} : 합성전 고정하중(바닥판)에 의한 모멘트	kN·m	3,058.180
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	2,359.230
M_w : 풍하중에 의한 모멘트	kN·m	67.527
M_v : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	4,143.660
V_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	24.505
V_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	14.208
V_w : 풍하중에 의한 전단력	kN	1.409
V_v : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	323.996
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-72.190
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-22.302
M_{wt} : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN·m	-8.556
M_{vt} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-293.205

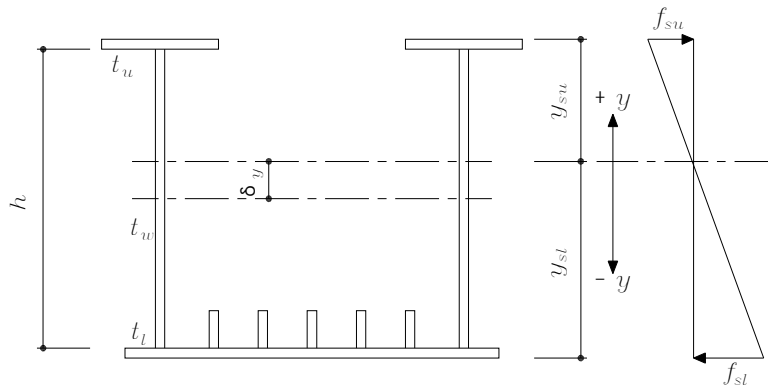
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

X(3)축 방향 단면 제원

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.	2 - 400.0 × 12.0	9,600.0	906.0	8.698E+06	7.880E+09	1.152E+05
UPPER RIB	0 - 0.0 × 0.0	0.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
LOWER RIB	2 - 150.0 × 12.0	3,600.0	-825.0	-2.970E+06	2.450E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	-906.0	-2.870E+07	2.600E+10	3.802E+05
강재 단면 합계		88,080.0	-	-2.297E+07	3.633E+10	1.167E+10
RC. SLAB	1 - 2,500.0 × 150.0	375,000.0	1,115.0	4.181E+08	4.662E+11	7.031E+08
RC. SLAB	1 - 950.0 × 240.0	228,000.0	1,070.0	2.440E+08	2.610E+11	1.094E+09
RC. SLAB	1 - 1,050.0 × 240.0	252,000.0	1,070.0	2.696E+08	2.885E+11	1.210E+09
SLAB 단면 합계		855,000.0	-	9.317E+08	1.016E+12	3.007E+09
Half-deck	1 - 2,500.0 × 90.0	225,000.0	995.0	2.239E+08	2.228E+11	1.519E+08
	1 - 1,840.0 × 50.0	92,000.0	925.0	8.510E+07	7.872E+10	1.917E+07
Half-deck 단면 합계		317,000.0	-	3.090E+08	3.015E+11	1.710E+08
※ $A_s = 88,080.0 \text{ mm}^2$ $A_{c1} = 855,000.0 \text{ mm}^2$ $A_h = 317,000.0 \text{ mm}^2$						

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 강재에 의한 도심축 이동량

$$\delta_{ys} = \sum A_s Y / \sum A_s = -22,974,480.0 / 88,080.0 = -260.837 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xos} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_{ys}^2 = 11,671,245,360.0 + 36,334,360,080.0 - 88,080.0 \times (-260.837)^2 = 4.201E+10 \text{ mm}^4$$

- Half-Deck에 의한 도심축 이동량

$$\delta_{yh} = \sum A_h Y / \sum A_h = 308,975,000.0 / 317,000.0 = 974.685 \text{ mm}$$

- Half-Deck의 단면2차 모멘트

$$I_h = \sum I_{xoh} + \sum A_h Y^2 - A_h \cdot \delta_y^2 = 171,041,666.7 + 301,473,125,000.0 - 317,000.0 \times 974.685^2 = 4.910E+08 \text{ mm}^4$$

▪ 합성 단면에 의한 도심축 이동량

$$\delta_{v1} = (\sum A_s Y + \sum A_h Y / n_h) / (\sum A_s + \sum A_h / n_h)$$

$$= (-22,974,480.0 + 308,975,000.0/6.2) / (88,080.0 + 317,000.0/6.2) = 192.949 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{33} = (\sum I_{xos} + \sum I_{xoh} / n_h) + (\sum A_s Y^2 + \sum A_h Y^2 / n_h) - (A_s + A_h / n_h) \cdot \delta_{v1}^2$$

$$= (11,671,245,360.0 + 171,041,666.7/6.2) + (36,334,360,080.0 + 301,473,125,000.0/6.2) - (88,080.0 + 317,000.0/6.2) \times 192.9^2 = 9.148E+10 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{v1} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 192.949 = 847.051 \text{ mm}$$

$$y_{hl} = y_{hu} - (T_{c1} + T_h) = 847.1 - (90.0 + 50.0) = 707.051 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 강재 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_{v1} = 1,800.0 / 2 + 12.0 - 192.949 = 719.051 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_{v1} \} = -\{ 1,800.0 / 2 + 12.0 + 192.949 \} = -1,104.949 \text{ mm}$$

▪ Half-Deck 응력 검토

- 자중(강재+Half-Deck)

$$f_{hut} = M_{st} \cdot y_{hu} / (I_{33} \cdot n_h) = 2,698.43 \times 847.1 / (91,475,251,058.1 \times 6.2) = 4.030 \text{ MPa}$$

$$f_{hlt} = M_{st} \cdot y_{hl} / (I_{33} \cdot n_h) = 2,698.43 \times 707.1 / (91,475,251,058.1 \times 6.2) = 3.364 \text{ MPa}$$

-바닥판 하중

$$f_{hu2} = M_{s2} \cdot y_{hu} / (I_{33} \cdot n_h) = 3,058.18 \times 847.1 / (91,475,251,058.1 \times 6.2) = 4.567 \text{ MPa}$$

$$f_{hl2} = M_{s2} \cdot y_{hl} / (I_{33} \cdot n_h) = 3,058.18 \times 707.1 / (91,475,251,058.1 \times 6.2) = 3.813 \text{ MPa}$$

▪ 플랜지 응력 검토

- 자중(강재+Half-Deck)

$$f_{sut} = M_{st} \cdot y_{su} / I_{33} = 2,698.43 \times 719.1 / 91,475,251,058.1 = 21.211 \text{ MPa}$$

$$f_{slt} = M_{st} \cdot y_{sl} / I_{33} = 2,698.43 \times -1,104.9 / 91,475,251,058.1 = -32.595 \text{ MPa}$$

-바닥판 하중

$$f_{su2} = M_{s2} \cdot y_{su} / I_{33} = 3,058.18 \times 719.1 / 91,475,251,058.1 = 24.039 \text{ MPa}$$

$$f_{sl2} = M_{s2} \cdot y_{sl} / I_{33} = 3,058.18 \times -1,104.9 / 91,475,251,058.1 = -36.940 \text{ MPa}$$

▪ 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$B_w = UL_2 + UR_2 + t_w/2 \times 2ea = 1,200.0 + 1,200.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm}$$

$$B_l = B_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm}$$

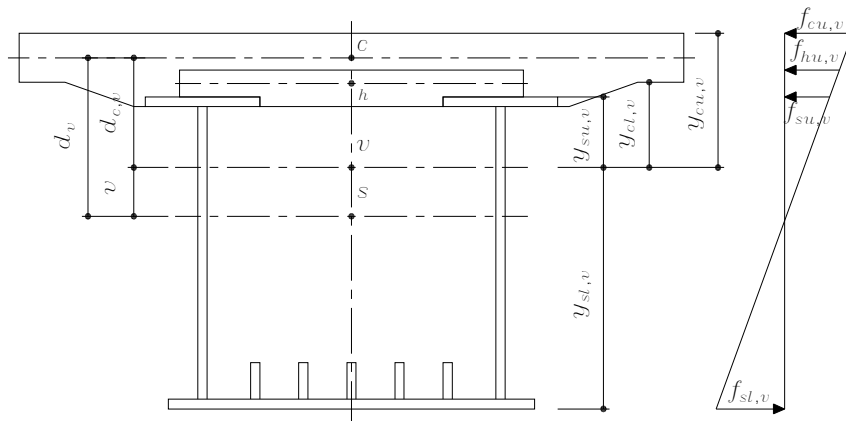
$$H = h + (\text{환산두께})/2 + t_l/2 = 1,800.0 + 24.989 / 2 + 12.0 / 2 = 1,818.495 \text{ mm}$$

$$\text{전단탄성계수비 } n_{hs} = G_s / G_h = 79,000.0 / 14,100.9 = 5.6$$

$$F = (B_u + B_l)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0)/2 \times 1,818.5 = 4.386E+06 \text{ mm}^2$$

$$U = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 24.505 / 43,200.0 + 72.190 / (2 \times 4,386,208.7 \times 12.0) = 1.253 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- SLAB에 의한 도심축 이동량

$$\delta_{yc} = \sum A_c Y / \sum A_c = 931,725,000.0 / 855,000.0 = 1,089.737 \text{ mm}$$

- SLAB의 단면2차 모멘트

$$I_c = \sum I_{xoc} + \sum A_c Y^2 - A_c \cdot \delta_{yc}^2 = 3,007,125,000.0 + 1,015,761,375,000.0 - 855,000.0 \times 1,089.737^2 = 3.433\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

- 탄성계수비에 의한 환산 단면계수

구 분	n	$A_v(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,080.0	-260.8	-2.297E+07	5.993E+09	4.201E+10	
Half-Deck	6.2	51,129.0	974.7	4.983E+07	4.857E+10	7.920E+07	
SLAB	7.0	122,142.9	1,089.7	1.331E+08	1.450E+11	4.905E+08	
합 계	-	261,351.9	1,803.6	1.600E+08	1.996E+11	4.258E+10	

- 합성단면 도심축 이동량

$$\delta_{v2} = \sum AY / \sum A = 159,963,768.8 / 261,351.9 = 612.063 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = \sum I_{xo} + \sum AY^2 - A \cdot \delta_{v2}^2 = 42,582,708,927.9 + 199,613,538,601.2 - 261,351.9 \times 612.063^2 = 1.443\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면 도심축에서 SLAB 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{cu,v} = h/2 + (T_c + T_h) - \delta_{v2} = 1,800.0/2 + (240.0 + 50.0) - 612.063 = 577.937 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v} = d_{cu,v} - T_c = 577.937 - 240.0 = 337.937 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,v} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{v2} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 612.063 = 427.937 \text{ mm}$$

$$y_{hl,v} = d_{hu,v} - (T_{c1} + T_h) = 427.937 - (90.0 + 50.0) = 287.937 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심축에서 강재 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = h/2 + t_u - \delta_{v2} = 1,800.0 / 2 + 12.0 - 612.063 = 299.937 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = d_{su,v} - (h + t_u + t_l) = 299.937 - (1,800.0 + 12.0 + 12.0) = -1,524.063 \text{ mm}$$

- SLAB 응력 검토

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \times n) = 2,359.23 \times 577.9 / (144,288,375,492.3 \times 7.0) = 1.350 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \times n) = 2,359.23 \times 337.9 / (144,288,375,492.3 \times 7.0) = 0.789 \text{ MPa}$$

▪ Half-Deck 응력 검토

$$\begin{aligned} f_{hu,v} &= M_{sc} \cdot y_{hu,v} / (I_v \times n) = 2,359.23 \times 427.9 / (144,288,375,492.3 \times 6.2) = 1.129 \text{ MPa} \\ f_{hl,v} &= M_{sc} \cdot y_{hl,v} / (I_v \times n) = 2,359.23 \times 287.9 / (144,288,375,492.3 \times 6.2) = 0.759 \text{ MPa} \end{aligned}$$

▪ 플랜지 응력 검토

$$\begin{aligned} f_{su,v} &= M_{sc} \cdot y_{su,v} / (I_v \times n) = 2,359.23 \times 299.9 / (144,288,375,492.3 \times 1.0) = 4.904 \text{ MPa} \\ f_{sl,v} &= M_{sc} \cdot y_{sl,v} / (I_v \times n) = 2,359.23 \times -1,524.1 / (144,288,375,492.3 \times 1.0) = -24.920 \text{ MPa} \end{aligned}$$

▪ 부재의 전단응력 검토 (도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$\begin{aligned} B_w &= UL_2 + UR_2 + t_w/2 \times 2ea = 1,200.0 + 1,200.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm} \\ B_l &= B_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm} \\ H &= h + (\text{환산두께})/2 + tl/2 = 1,800.0 + 47.6/2 + 12.0/2 = 1,829.807 \text{ mm} \\ \text{전단탄성계수비 } n_{hs} &= G_s/G_c = 79,000.0 / 11,916.0 = 6.6 \\ F_v &= (B_u + B_l)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0)/2 \times 1,829.8 = 4.413E+06 \text{ mm}^2 \\ U &= V_{sc}/A_w + M_{sct}/(2 \cdot F \cdot t_w) \\ &= 14.208 / 43,200.0 + 22.302 / (2 \times 4,413,494.7 \times 12.0) = 0.539 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(3) 활 하 중

▪ SLAB 응력 검토

$$\begin{aligned} f_{cu,v} &= M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \times n) = 4,143.66 \times 577.9 / (144,288,375,492.3 \times 7.0) = 2.371 \text{ MPa} \\ f_{cl,v} &= M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \times n) = 4,143.66 \times 337.9 / (144,288,375,492.3 \times 7.0) = 1.386 \text{ MPa} \end{aligned}$$

▪ Half-Deck 응력 검토

$$\begin{aligned} f_{hu,v} &= M_v \cdot y_{hu,v} / (I_v \times n) = 4,143.66 \times 427.9 / (144,288,375,492.3 \times 6.2) = 1.982 \text{ MPa} \\ f_{hl,v} &= M_v \cdot y_{hl,v} / (I_v \times n) = 4,143.66 \times 287.9 / (144,288,375,492.3 \times 6.2) = 1.334 \text{ MPa} \end{aligned}$$

▪ 플랜지 응력 검토

$$\begin{aligned} f_{su,v} &= M_v \cdot y_{su,v} / (I_v \times n) = 4,143.66 \times 299.9 / (144,288,375,492.3 \times 1.0) = 8.614 \text{ MPa} \\ f_{sl,v} &= M_v \cdot y_{sl,v} / (I_v \times n) = 4,143.66 \times -1,524.1 / (144,288,375,492.3 \times 1.0) = -43.768 \text{ MPa} \end{aligned}$$

▪ 부재의 전단응력 검토 (도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$\begin{aligned} B_w &= UL_2 + UR_2 + t_w/2 \times 2ea = 1,200.0 + 1,200.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm} \\ B_l &= B_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm} \\ H &= h + (\text{환산두께})/2 + tl/2 = 1,800.0 + 47.6/2 + 12.0/2 = 1,829.807 \text{ mm} \\ \text{전단탄성계수비 } n_{hs} &= G_s/G_c = 79,000.0 / 11,916.0 = 6.6 \\ F &= (B_u + B_l)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0)/2 \times 1,829.8 = 4.413E+06 \text{ mm}^2 \\ U &= V_v/A_w + M_{vt}/(2 \cdot F \cdot t_w) \\ &= 323.996 / 43,200.0 + 293.205 / (2 \times 4,413,494.7 \times 12.0) = 10.268 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

▪ SLAB 응력 검토

$$\begin{aligned} f_{cu,v} &= M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \times n) = 1.41 \times 577.9 / (144,288,375,492.3 \times 7.0) = 0.001 \text{ MPa} \\ f_{cl,v} &= M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \times n) = 1.41 \times 337.9 / (144,288,375,492.3 \times 7.0) = 0.000 \text{ MPa} \end{aligned}$$

▪ Half-Deck 응력 검토

$$\begin{aligned} f_{hu,v} &= M_w \cdot y_{hu,v} / (I_v \times n) = 1.41 \times 427.9 / (144,288,375,492.3 \times 6.2) = 0.001 \text{ MPa} \\ f_{hl,v} &= M_w \cdot y_{hl,v} / (I_v \times n) = 1.41 \times 287.9 / (144,288,375,492.3 \times 6.2) = 0.000 \text{ MPa} \end{aligned}$$

▪ 플랜지 응력 검토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / (I_v \times n) = 1.41 \times 299.9 / (144,288,375,492.3 \times 1.0) = 0.003 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / (I_v \times n) = 1.41 \times -1,524.1 / (144,288,375,492.3 \times 1.0) = -0.015 \text{ MPa}$$

▪ 부재의 전단응력 검토 (도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$B_w = UL_2 + UR_2 + t_w/2 \times 2ea = 1,200.0 + 1,200.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm}$$

$$B_l = B_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm}$$

$$H = h + (\text{환산두께})/2 + t_l/2 = 1,800.0 + 47.6/2 + 12.0/2 = 1,829.807 \text{ mm}$$

$$\text{전단탄성계수비 } n_{hs} = G_s/G_c = 79,000.0 / 11,916.0 = 6.6$$

$$F = (B_u + B_l)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0)/2 \times 1,829.8 = 4.413E+06 \text{ mm}^2$$

$$U = V_w/A_w + M_{wt}/(2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 1.409 / 43,200.0 + 8.556 / (2 \times 4,413,494.7 \times 12.0) = 0.113 \text{ MPa}$$

(5) Half-Deck 초기 크리프 손실

$$k = 0.451 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_{h1} = n_h \cdot (1 + \phi_{d0}/2) = 6.2 \times (1 + 0.5/2) = 7.750$$

$$d_{vh1} = \delta_{yh} - \delta_{ys} = 974.685 - -260.837 = 1,235.521 \text{ mm}$$

$$d_{vh1,s} = d_{vh1} \cdot A_s / (A_s + A_h/n_h) = 1,235.5 \times 88,080.0 / (88,080.0 + 317,000.0/6.2) = 781.736 \text{ mm}$$

▪ 탄성계수비에 의한 환산 단면계수

구 분	n	$A_{vh1}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ovh1}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,080.0	-260.8	-2.297E+07	5.993E+09	4.201E+10	
Half-Deck	7.8	40,903.2	974.7	3.987E+07	3.886E+10	6.336E+07	
합 계	-	128,983.2		1.689E+07	4.485E+10	4.208E+10	

▪ 강재와 Half-Deck 합성단면 도심축 이동량

$$d_{h,s} = \sum AY / \sum A = 16,893,261.9 / 128,983.2 = 130.973 \text{ mm}$$

▪ 강재와 Half-Deck 합성단면 도심에서 Half-Deck 도심까지 거리

$$d_{h,hs} = \delta_{yh} - d_{h,s} = 974.685 - 130.973 = 843.712 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{vh1} = \sum I_{ovh1} + \sum AY^2 - A \cdot d_{h,s}^2$$

$$= 42,076,378,350.4 + 44,851,055,046.6 - 128,983.2 \times 130.973^2 = 8.471E+10 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,vh1} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - d_{h,s} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 130.973 = 909.027 \text{ mm}$$

$$y_{hl,vh1} = y_{hu,vh1} - (T_c + T_h) = 909.027 - (90.0 + 50.0) = 769.027 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,vh1} = h/2 + t_u - d_{h,s} = 1,800.00/2 + 12.0 - 130.973 = 781.027 \text{ mm}$$

$$y_{sl,vh1} = y_{hu,vh1} - (h + t_u + t_l) = 781.027 - (1,800.0 + 12.0 + 12.0) = -1,042.973 \text{ mm}$$

▪ 크리프를 일으키기 전, 합성전 고정하중에 의해 Half-Deck 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_{hi} = M_{st} \cdot d_{vh1,s} \cdot A_h / (n_h \cdot I_{33})$$

$$= 2,698.4 \times 781.7 \times 317,000.0 / (6.2 \times 91,475,251,058.1) = 1.179E+06 \text{ N}$$

▪ 강재보와 결함으로 인해 Half-Deck에 생기는 압축력

$$P_{\phi hi} = N_{hi} \cdot 2 \cdot \phi_{d0} / (2 + \phi_{d0}) = 1,179,058.0 \times 2 \times 0.5 / (2 + 0.5) = 4.716E+05 \text{ N}$$

- $P_{\phi hi}$ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{\phi hi} = P_{\phi hi} \times d_{h,hs} = 471,623.2 \times 843.7 = 3.979E+08 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{h1} = E_h / (1 + \phi_{d0} / 2) = 32,902.0 / (1 + 0.5 / 2) = 26,321.600 \text{ MPa}$$

- Half-Deck 상·하부 플랜지에 작용하는 응력

$$f_{hu} = M_s \cdot y_{hu} / (I_{33} \cdot n_h) = 2,698.43 \times 847.1 / (91,475,251,058.1 \times 6.2) = 4.030 \text{ MPa}$$

$$f_{hl} = M_s \cdot y_{hl} / (I_{33} \cdot n_h) = 2,698.43 \times 707.1 / (91,475,251,058.1 \times 6.2) = 3.364 \text{ MPa}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{hu,vh1} &= 1/n_{h1} \cdot (P_{\phi hi} / A_{vh1} + k \cdot M_{\phi hi} \cdot y_{hu,vh1} / I_{vh1}) - E_{h1} \cdot f_{hu} \cdot \phi_{d0} / E_h \\ &= (1/7.8) \times (471,623.2 / 128,983.2 + 0.451 \times 397,914,142.8 \times 909.0 / 84,714,879,810.8) \\ &\quad - 26,321.6 \times 4.030 \times 0.5 / 32,902.0 = -0.892 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{hl,vh1} &= 1/n_{h1} \cdot (P_{\phi hi} / A_{vh1} + k \cdot M_{\phi hi} \cdot y_{hl,vh1} / I_{vh1}) - E_{h1} \cdot f_{hl} \cdot \phi_{d0} / E_h \\ &= (1/7.8) \times (471,623.2 / 128,983.2 + 0.451 \times 397,914,142.8 \times 769.0 / 84,714,879,810.8) \\ &\quad - 26,321.6 \times 3.364 \times 0.5 / 32,902.0 = -0.664 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,vh1} &= P_{\phi hi} / A_{vh1} + k \cdot M_{\phi hi} \cdot y_{su,vh1} / I_{vh1} \\ &= 471,623.2 / 128,983.2 + 0.451 \times 397,914,142.8 \times 781.0 / 84,714,879,810.8 = 5.311 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,vh1} &= P_{\phi hi} / A_{vh1} + k \cdot M_{\phi hi} \cdot y_{sl,vh1} / I_{vh1} \\ &= 471,623.2 / 128,983.2 + 0.451 \times 397,914,142.8 \times -1,043.0 / 84,714,879,810.8 = 1.447 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(6) Half-Deck 초기 건조수축 손실

$$k = 0.451 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_{h2} = n_h \cdot (1 + 2 \cdot \phi_{d0} / 2) = 6.2 \times (1 + 2 \times 0.5 / 2) = 9.300$$

구 분	n	$A_{vh2}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ovh2}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,080.0	-260.8	-2.297E+07	5.993E+09	4.201E+10	
Half-Deck	9.3	34,086.0	974.7	3.322E+07	3.238E+10	5.280E+07	
합 계	-	122,166.0		1.025E+07	3.837E+10	4.207E+10	

- 강재와 Half-Deck 합성단면 도심축 이동량

$$d_{h,s} = \sum AY / \sum A = 10,248,638.3 / 122,166.0 = 83.891 \text{ mm}$$

- 강재와 Half-Deck 합성단면 도심에서 Half-Deck 도심까지 거리

$$d_{h,hs} = \delta_{yh} - d_{h,s} = 974.685 - 83.891 = 890.793 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$\begin{aligned} I_{vh2} &= \sum I_{ovh2} + \sum AY^2 - A \cdot d_{h,s}^2 \\ &= 42,065,818,993.0 + 38,374,643,077.9 - 122,166.0 \times 83.891^2 = 7.958E+10 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,vh2} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - d_{h,s} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 83.891 = 956.109 \text{ mm}$$

$$y_{hl,vh2} = y_{hu,vh2} - (T_{c1} + T_h) = 956.109 - (90.0 + 50.0) = 816.109 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,vh2} = h/2 + t_u - d_{h,s} = 1,800.00/2 + 12.0 - 83.891 = 828.109 \text{ mm}$$

$$y_{sl,vh2} = y_{hu,vh2} - (h + t_u + t_l) = 828.109 - (1,800.0 + 12.0 + 12.0) = -995.891 \text{ mm}$$

- Half-Deck 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{vhi} = E_s \cdot \epsilon_{hs} \cdot A_h / n_{h2} = 205,000.0 \times 0.000045 \times 317,000.0 / 9.3 = 3.144E+05 \text{ N}$$

- P_{vhi} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{vhi} = P_{vhi} \times d_{h,hs} = 314,443.5 \times 890.8 = 2.801E+08 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{h2} = E_s / n_{h2} = 205,000.0 / 9.3 = 22,043.011 \text{ MPa}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력변화량

$$\begin{aligned} f_{hu,vh2} &= 1/n_{h2} \cdot (P_{vhi}/A_{vh2} + k \cdot M_{vhi} \cdot y_{hu,vh2}/I_{vh2}) - E_{h2} \cdot \epsilon_{hs} \\ &= (1/9.3) \times (314,443.5/122,166.0 + 0.451 \times 280,104,260.4 \times 956.1/79,580,692,838.0) \\ &\quad - 22,043.0 \times 0.000045 = -0.552 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{hl,vh2} &= 1/n_{h2} \cdot (P_{vhi}/A_{vh2} + k \cdot M_{vhi} \cdot y_{hl,vh2}/I_{vh2}) - E_{h2} \cdot \epsilon_{hs} \\ &= (1/9.3) \times (314,443.5/122,166.0 + 0.451 \times 280,104,260.4 \times 816.1/79,580,692,838.0) \\ &\quad - 22,043.0 \times 0.000045 = -0.576 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,vh2} &= P_{vhi}/A_{vh2} + k \cdot M_{vhi} \cdot y_{su,v2}/I_{vh2} \\ &= 314,443.5/122,166.0 + 0.451 \times 280,104,260.4 \times 828.1/79,580,692,838.0 = 3.888 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,vh2} &= P_{vhi}/A_{vh2} + k \cdot M_{vhi} \cdot y_{sl,v2}/I_{vh2} \\ &= 314,443.5/122,166.0 + 0.451 \times 280,104,260.4 \times -995.9/79,580,692,838.0 = 0.993 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(7) Half-Deck 최종 크리프 손실

$$k = 0.435 \quad ※ \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_{h3} = n_h \cdot (1 + \phi_{d1}/2) = 6.2 \times (1 + 1.5/2) = 10.850$$

$$d_{vh2} = \delta_{yh} - \delta_{v2} = 974.685 - 612.063 = 362.622 \text{ mm}$$

$$d_{vh2,s} = (y_{hu,v} + y_{hl,v}) / 2 = (427.9 + 287.9) / 2 = 357.937 \text{ mm}$$

- 탄성계수비에 의한 환산 단면계수

구 분	n	$A_{vh3}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ovh3}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,080.0	-260.8	-2.297E+07	5.993E+09	4.201E+10	
Half-Deck	10.9	29,216.6	974.7	2.848E+07	2.776E+10	4.525E+07	
SLAB	7.0	122,142.9	1,089.7	1.331E+08	1.450E+11	4.905E+08	
합 계	-	239,439.4	1,803.6	1.386E+08	1.788E+11	4.255E+10	

- 합성단면 도심축 이동량

$$\delta_{v3} = \sum AY / \sum A = 138,606,050.0 / 239,439.4 = 578.877 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 Half-Deck 도심까지 거리

$$d_{h,hs} = \delta_{yh} - \delta_{v3} = 974.685 - 578.877 = 395.807 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$\begin{aligned} I_{vh3} &= \sum I_{ovh3} + \sum AY^2 - A \cdot \delta_{v3}^2 \\ &= 42,548,768,136.2 + 178,796,500,130.3 - 239,439.4 \times 578.877^2 = 1.411E+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 합성단면 도심축에서 SLAB 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{cu,vh3} = h/2 + (T_c + T_h) - \delta_{v3} = 1,800.0/2 + (240.0 + 50.0) - 578.877 = 611.123 \text{ mm}$$

$$y_{cl,vh3} = y_{cu,vh3} - T_c = 611.123 - 240.0 = 371.123 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심측에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,vh3} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{v3} = 1,800.0/2 + (90.0+50.0) - 578.877 = 461.123 \text{ mm}$$

$$y_{hl,vh3} = y_{hu,vh3} - (T_{c1} + T_h) = 461.123 - (90.0+50.0) = 321.123 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심측에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,vh3} = h/2 + t_u - \delta_{v3} = 1,800.00/2 + 12.0 - 578.877 = 333.123 \text{ mm}$$

$$y_{sl,vh3} = y_{su,vh3} - (h + t_u + t_l) = 333.123 - (1,800.0+12.0+12.0) = -1,490.877 \text{ mm}$$

- Half-Deck 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_{he} = N_{hi} + (f_{hu2} + f_{hl2} + f_{hu,v} + f_{hl,v} + f_{hu,vh1} + f_{hl,vh1} + f_{hu,vh2} + f_{hl,vh2})/2 \cdot A_h \cdot d_{vh2}/d_{vh2,s}$$

$$= 1,179,058.0 + (4.252+3.332)/2 \times 317,000.0 \times 362.6 / 357.9 = 2.397E+06 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 Half-Deck에 생기는 압축력

$$P_{\phi he} = N_{he} \cdot 2 \cdot \phi_{d1} / (2 + \phi_{d1}) = 2,396,957.4 \times 2 \times 1.5 / (2 + 1.5) = 2.055E+06 \text{ N}$$

- $P_{\phi he}$ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{\phi he} = P_{\phi he} \times d_{h,hs} = 2,054,534.9 \times 395.8 = 8.132E+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{h3} = E_h / (1 + \phi_{d1} / 2) = 32,902.0 / (1 + 1.5 / 2) = 18,801.143 \text{ MPa}$$

$$\sum f_{hu} = f_{hut} + f_{hu2} + f_{hu,v} + f_{hu,vh1} + f_{hu,vh2}$$

$$= 4.030 + 4.567 + 1.129 + -0.892 + -0.552 = 8.282 \text{ MPa}$$

$$\sum f_{hl} = f_{hl1} + f_{hl2} + f_{hl,v} + f_{hl,vh1} + f_{hl,vh2}$$

$$= 3.364 + 3.813 + 0.759 + -0.664 + -0.576 = 6.696 \text{ MPa}$$

- SLAB 콘크리트의 응력 변화량

$$f_{cu,vh3} = 1/n \cdot (P_{\phi he}/A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{cu,vh3}/I_{vh3})$$

$$= (1/7.0) \times (2,054,535/239,439 + 0.435 \times 813,199,899 \times 611/141,109,378,466) = 1.445 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,vh3} = 1/n \cdot (P_{\phi he}/A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{cl,vh3}/I_{vh3})$$

$$= (1/7.0) \times (2,054,535/239,439 + 0.435 \times 813,199,899 \times 371/141,109,378,466) = 1.359 \text{ MPa}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력 변화량

$$f_{hu,vh3} = 1/n_{h3} \cdot (P_{\phi he}/A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{hu,vh3}/I_{vh3}) - E_{h3} \cdot \sum f_{hu} \cdot \phi_{d1}/E_h$$

$$= (1/10.9) \times (2,054,534.9/239,439.4 + 0.435 \times 813,199,898.7 \times 461.1/141,109,378,465.6)$$

$$- 18,801.1 \times 8.282 \times 1.5/32,902.0 = -6.202 \text{ MPa}$$

$$f_{hl,vh3} = 1/n_{h3} \cdot (P_{\phi he}/A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{hl,vh3}/I_{vh3}) - E_{h3} \cdot \sum f_{hl} \cdot \phi_{d1}/E_h$$

$$= (1/10.9) \times (2,054,534.9/239,439.4 + 0.435 \times 813,199,898.7 \times 321.1/141,109,378,465.6)$$

$$- 18,801.1 \times 6.696 \times 1.5/32,902.0 = -4.875 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,vh3} = P_{\phi he}/A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{su,vh3}/I_{vh3}$$

$$= 2,054,534.9/239,439.4 + 0.435 \times 813,199,898.7 \times 333.1/141,109,378,465.6 = 9.416 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,vh3} = P_{\phi he}/A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{sl,vh3}/I_{vh3}$$

$$= 2,054,534.9/239,439.4 + 0.435 \times 813,199,898.7 \times -1,490.9/141,109,378,465.6 = 4.843 \text{ MPa}$$

(8) Half-Deck 최종 건조수축 손실

$$k = 0.435 \quad ※ \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_{h4} = n_h \cdot (1 + 2 \cdot \phi_{d1}/2) = 6.2 \times (1 + 2 \times 1.5 / 2) = 15.500$$

구 분	n	$A_{vh4}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ovh4}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,080.0	-260.8	-2.297E+07	5.993E+09	4.201E+10	
Half-Deck	15.5	20,451.6	974.7	1.993E+07	1.943E+10	3.168E+07	
SLAB	7.0	122,142.9	1,089.7	1.331E+08	1.450E+11	4.905E+08	
합 계	-	230,674.5	1,803.6	1.301E+08	1.705E+11	4.254E+10	

▪ 합성단면 도심축 이동량

$$\delta_{v4} = \sum AY / \sum A = 130,062,962.4 / 230,674.5 = 563.838 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 Half-Deck 도심까지 거리

$$d_{h,hs} = \delta_{yh} - \delta_{v4} = 974.685 - 563.838 = 410.847 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{vh4} = \sum I_{ovh4} + \sum AY^2 - A \cdot \delta_{v4}^2 = 42,535,191,819.4 + 170,469,684,741.9 - 230,674.5 \times 563.838^2 = 1.397E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심축에서 SLAB 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{cu,vh4} = h/2 + (T_c + T_h) - \delta_{v4} = 1,800.0/2 + (240.0 + 50.0) - 563.838 = 626.162 \text{ mm}$$

$$y_{cl,vh4} = y_{cu,vh4} - T_c = 626.162 - 240.0 = 386.162 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,vh4} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{v4} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 563.838 = 476.162 \text{ mm}$$

$$y_{hl,vh4} = y_{hu,vh4} - (T_{c1} + T_h) = 476.162 - (90.0 + 50.0) = 336.162 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,vh4} = h/2 + t_u - \delta_{v4} = 1,800.00/2 + 12.0 - 563.838 = 348.162 \text{ mm}$$

$$y_{sl,vh4} = y_{su,vh4} - (h + t_u + t_l) = 348.162 - (1,800.0 + 12.0 + 12.0) = -1,475.838 \text{ mm}$$

▪ Half-Deck 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{vhe} = E_s \cdot \epsilon_h \cdot A_h / n_{h4} = 205,000.0 \times 0.000225 \times 317,000.0 / 15.5 = 9.433E+05 \text{ N}$$

▪ P_{ve} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{vhe} = P_{vhe} \times d_{h,hs} = 943,330.6 \times 410.8 = 3.876E+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

▪ 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{h4} = E_s / n_{h4} = 205,000.0 / 15.5 = 13,225.806 \text{ MPa}$$

▪ SLAB 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,vh4} = 1/n \cdot (P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{cu,vh4}/I_{vh4}) = (1/7.0) \times (943,331/230,674 + 0.435 \times 387,564,418 \times 626/139,670,475,126) = 0.692 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,vh4} = 1/n \cdot (P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{cl,vh4}/I_{vh4}) = (1/7.0) \times (943,331/230,674 + 0.435 \times 387,564,418 \times 386/139,670,475,126) = 0.651 \text{ MPa}$$

▪ Half-Deck 콘크리트의 응력변화량

$$f_{hu,vh4} = 1/n_{h4} \cdot (P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{hu,vh4}/I_{vh4}) - E_{h4} \cdot \epsilon_h$$

$$= (1/15.5) \times (943,330.6/230,674.5 + 0.435 \times 387,564,418.1 \times 476.2/139,670,475,125.7) - 13,225.8 \times 0.000225 = -2.675 \text{ MPa}$$

$$f_{hl,vh4} = 1/n_{h4} \cdot (P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{hl,vh4}/I_{vh4}) - E_{h4} \cdot \epsilon_h$$

$$= (1/15.5) \times (943,330.6/230,674.5 + 0.435 \times 387,564,418.1 \times 336.2/139,670,475,125.7) - 13,225.8 \times 0.000225 = -2.686 \text{ MPa}$$

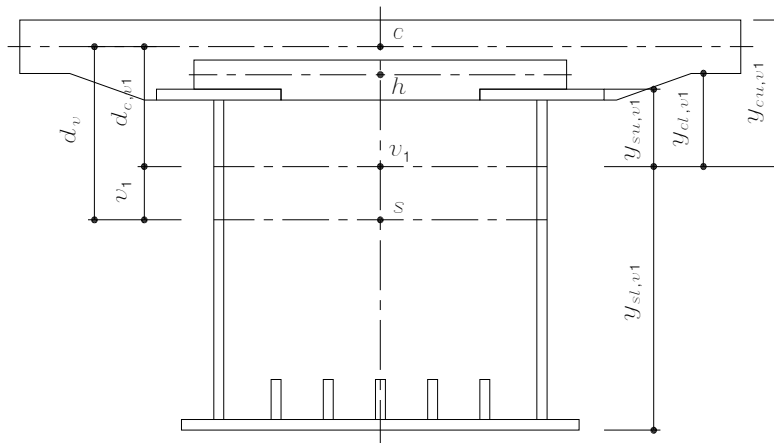
▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,vh4} = P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{su,vh4}/I_{vh4}$$

$$= 943,330.6/230,674.5 + 0.435 \times 387,564,418.1 \times 348.2/139,670,475,125.7 = 4.510 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,vh4} = P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{sl,vh4}/I_{vh4}$$

$$= 943,330.6/230,674.5 + 0.435 \times 387,564,418.1 \times -1,475.8/139,670,475,125.7 = 2.308 \text{ MPa}$$



(9) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k_2 = 0.435 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 2.0/2) = 14.000$$

$$d_{vc} = \delta_{yc} - \delta_{v2} = 1,089.737 - 612.063 = 477.674 \text{ mm}$$

$$d_{vc,s} = (y_{cu,v} + y_{cl,v}) / 2 = (577.9 + 337.937) / 2 = 457.937 \text{ mm}$$

구 분	n	$A_{v1}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ov1}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,080.0	-260.8	-2.297E+07	5.993E+09	4.201E+10	
Half-Deck	6.2	51,129.0	974.7	4.983E+07	4.857E+10	7.920E+07	
SLAB	14.0	61,071.4	1,089.7	6.655E+07	7.252E+10	2.452E+08	
합 계	-	200,280.5	1,803.6	9.341E+07	1.271E+11	4.234E+10	

▪ 합성단면 도심축 이동량

$$\delta_{c,v1} = \sum AY / \sum A = 93,411,983.1 / 200,280.5 = 466.406 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 SLAB 도심까지 거리

$$d_{c,v1} = \delta_{yc} - \delta_{c,v1} = 1,089.737 - 466.406 = 623.331 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{v1} = \sum I_{ov1} + \sum AY^2 - A \cdot \delta_{c,v1}^2$$

$$= 42,337,463,157.2 + 127,089,605,800.4 - 200,280.5 \times 466.406^2 = 1.259E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심축에서 SLAB 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{cu,v1} = h/2 + (T_c + T_h) - \delta_{c,v1} = 1,800.0/2 + (240.0+50.0) - 466.406 = 723.594 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v1} = y_{cu,v1} - T_c = 723.594 - 240.0 = 483.594 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,v1} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{c,v1} = 1,800.0/2 + (90.0+50.0) - 466.406 = 573.594 \text{ mm}$$

$$y_{hl,v1} = y_{hu,v1} - (T_{c1} + T_h) = 573.594 - (90.0+50.0) = 433.594 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v1} = h/2 + t_u - \delta_{c,v1} = 1,800.00/2 + 12.0 - 466.406 = 445.594 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v1} = y_{su,v1} - (h + t_u + t_l) = 445.594 - (1,800.0+12.0+12.0) = -1,378.406 \text{ mm}$$

▪ 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = (f_{cu,v} + f_{cl,v})/2 \cdot A_c \cdot d_{vc}/d_{vc,s}$$

$$= (1.350+0.789)/2 \times 855,000.0 \times 477.674/457.937 = 9.540E+05 \text{ N}$$

▪ 강재보와 결합으로 인해 SLAB에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 953,978.7 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = 9.540E+05 \text{ N}$$

▪ P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = 953,978.7 \times 623.3 = 5.946E+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

▪ Half-Deck 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 27,804.0 / (1 + 2.0 / 2) = 13,902.000 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = 1.350 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = 0.789 \text{ MPa}$$

▪ 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

$$f_{cu,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\phi \cdot y_{cu,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu,v} \cdot \phi_1 / E_c$$

$$= (1/14.0) \times (953,978.7/200,280.5 + 0.435 \times 594,644,437.0 \times 723.6/125,859,171,436.3) - 13,902.0 \times 1.350 \times 2.0/27,804.0 = -0.904 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\phi \cdot y_{cl,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl,v} \cdot \phi_1 / E_c$$

$$= (1/14.0) \times (953,978.7/200,280.5 + 0.435 \times 594,644,437.0 \times 483.6/125,859,171,436.3) - 13,902.0 \times 0.789 \times 2.0/27,804.0 = -0.378 \text{ MPa}$$

▪ Half-Deck 콘크리트의 응력 변화량

$$f_{hu,v1} = 1/n_h \cdot (P_\phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\phi \cdot y_{hu,v1} / I_{v1})$$

$$= (1/6.2) \times (953,979/200,280 + 0.435 \times 594,644,437 \times 574/125,859,171,436) = 0.958 \text{ MPa}$$

$$f_{hl,v1} = 1/n_h \cdot (P_\phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\phi \cdot y_{hl,v1} / I_{v1})$$

$$= (1/6.2) \times (953,979/200,280 + 0.435 \times 594,644,437 \times 434/125,859,171,436) = 0.912 \text{ MPa}$$

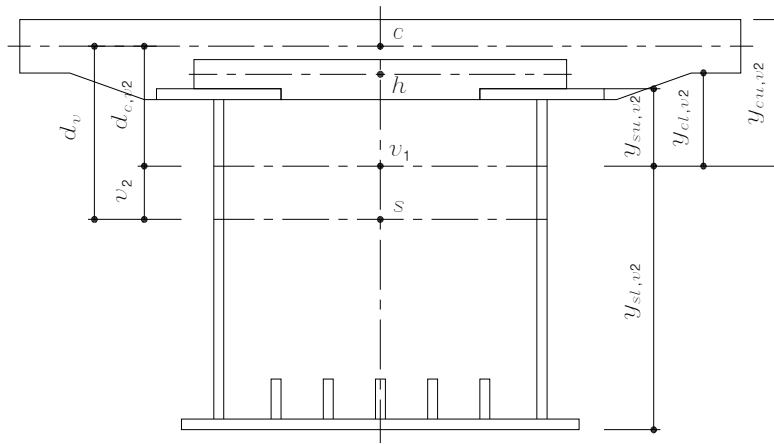
▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\phi \cdot y_{su,v1} / I_{v1}$$

$$= 953,978.7/200,280.5 + 0.435 \times 594,644,437.0 \times 445.6/125,859,171,436.3 = 5.679 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v1} / I_{v1}$$

$$= 953,978.7/200,280.5 + 0.435 \times 594,644,437.0 \times -1,378.4/125,859,171,436.3 = 1.930 \text{ MPa}$$



(10) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

$$k_2 = 0.435 \quad ※ \text{2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

구 분	n	$A_{v2}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ov2}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,080.0	-260.8	-2.297E+07	5.993E+09	4.201E+10	
Half-Deck	6.2	51,129.0	974.7	4.983E+07	4.857E+10	7.920E+07	
SLAB	21.0	40,714.3	1,089.7	4.437E+07	4.835E+10	1.635E+08	
합 계	-	179,923.3	1,803.6	7.123E+07	1.029E+11	4.226E+10	

■ 합성단면 도심축 이동량

$$\delta_{c,v2} = \sum AY / \sum A = 71,228,054.6 / 179,923.3 = 395.880 \text{ mm}$$

■ 합성단면 도심에서 SLAB 도심까지 거리

$$d_{c,v2} = \delta_{yc} - \delta_{c,v2} = 1,089.737 - 395.880 = 693.857 \text{ mm}$$

■ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{v2} = \sum I_{ov2} + \sum AY^2 - A \cdot \delta_{c,v2}^2 = 42,255,714,567.0 + 102,914,961,533.5 - 179,923.3 \times 395.880^2 = 1.170E+11 \text{ mm}^4$$

■ 합성단면 도심축에서 SLAB 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{cu,v2} = h/2 + (T_c + T_h) - \delta_{c,v2} = 1,800.0/2 + (240.0 + 50.0) - 395.880 = 794.120 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v2} = y_{cu,v2} - T_c = 794.120 - 240.0 = 554.120 \text{ mm}$$

■ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,v2} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{c,v2} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 395.880 = 644.120 \text{ mm}$$

$$y_{hl,v2} = y_{hu,v2} - (T_{c1} + T_h) = 644.120 - (90.0 + 50.0) = 504.120 \text{ mm}$$

■ 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v2} = h/2 + t_u - \delta_{c,v2} = 1,800.00/2 + 12.0 - 395.880 = 516.120 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v2} = y_{su,v2} - (h + t_u + t_l) = 516.120 - (1,800.0 + 12.0 + 12.0) = -1,307.880 \text{ mm}$$

■ 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 855,000.0 / 21.0 = 2.254E+06 \text{ N}$$

■ P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,253,535.7 \times 693.9 = 1.564E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

■ 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{c2} = E_s / n_2 = 205,000.0 / 21.0 = 9,761.905 \text{ MPa}$$

▪ 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{cu,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s$$

$$= (1/21.0) \times (2,253,535.7/179,923.3 + 0.435 \times 1,563,631,031.0 \times 516.1/794.1) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.819 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{cl,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s$$

$$= (1/21.0) \times (2,253,535.7/179,923.3 + 0.435 \times 1,563,631,031.0 \times 516.1/554.1) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.886 \text{ MPa}$$

▪ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$f_{hu,v2} = 1/n_h \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{hu,v2}/I_{v2})$$

$$= (1/6.2) \times (2,253,535.7/179,923.3 + 0.435 \times 1,563,631,031.0 \times 516.1/644.1) = 2.624 \text{ MPa}$$

$$f_{hl,v2} = 1/n_h \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{hl,v2}/I_{v2})$$

$$= (1/6.2) \times (2,253,535.7/179,923.3 + 0.435 \times 1,563,631,031.0 \times 516.1/504.1) = 2.493 \text{ MPa}$$

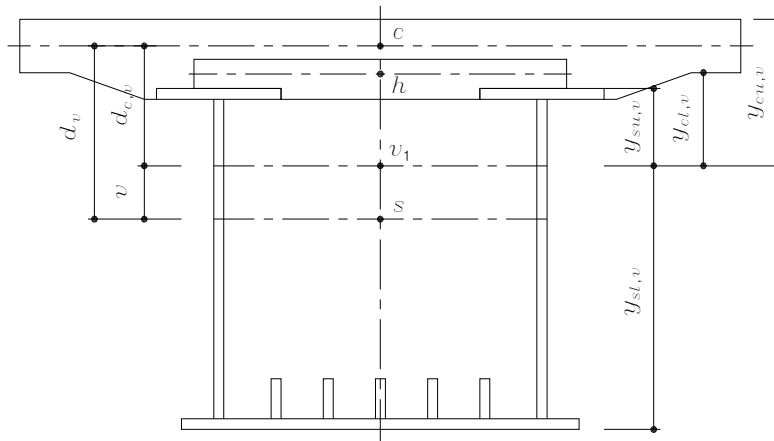
▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v2}/I_{v2}$$

$$= 2,253,535.7/179,923.3 + 0.435 \times 1,563,631,031.0 \times 516.1/116,972,909,330.3 = 15.526 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v2}/I_{v2}$$

$$= 2,253,535.7/179,923.3 + 0.435 \times 1,563,631,031.0 \times -1,307.9/116,972,909,330.3 = 4.920 \text{ MPa}$$



(11) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향 (도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10℃를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

$$d_{h,v} = \delta_{yh} - \delta_{v2} = 974.685 - 612.063 = 362.622 \text{ mm}$$

$$d_{c,v} = \delta_{yc} - \delta_{v2} = 1,089.737 - 612.063 = 477.674 \text{ mm}$$

▪ 온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

▪ Half-Deck 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{vc1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 317,000.0 / 6.2 = 1.258\text{E}+06 \text{ N}$$

▪ SLAB 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{vh2} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 855,000.0 / 7.0 = 3.005\text{E}+06 \text{ N}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = P_{vc1} + P_{vh2} = 1,257,774.2 + 3,004,714.285714 = 4.262E+06 \text{ N}$$

- P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{vc1} \times d_{h,v} + P_{vh2} \times d_{c,v} = 1,257,774.2 \times 362.6 + 3,004,714.3 \times 477.7 = 1.891E+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$\begin{aligned} f_{cu,v1} &= 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{cu,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t \\ &= (1/7.0) \times (4,262,488.5/261,351.9 + 0.435 \times 1,891,370,294.0 \times 577.9/144,288,375,492.3) \\ &\quad - 27,804.0 \times 0.000120 = -0.536 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{cl,v1} &= 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{cl,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t \\ &= (1/7.0) \times (4,262,488.5/261,351.9 + 0.435 \times 1,891,370,294.0 \times 337.9/144,288,375,492.3) \\ &\quad - 27,804.0 \times 0.000120 = -0.731 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력변화량

$$\begin{aligned} f_{hu,v1} &= 1/n_h \cdot (P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{hu,v}/I_v) - E_h \cdot \epsilon_t \\ &= (1/6.2) \times (4,262,488.5/261,351.9 + 0.435 \times 1,891,370,294.0 \times 427.9/144,288,375,492.3) \\ &\quad - 32,902.0 \times 0.000120 = -0.924 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{hl,v1} &= 1/n_h \cdot (P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{hl,v}/I_v) - E_h \cdot \epsilon_t \\ &= (1/6.2) \times (4,262,488.5/261,351.9 + 0.435 \times 1,891,370,294.0 \times 287.9/144,288,375,492.3) \\ &\quad - 32,902.0 \times 0.000120 = -1.053 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_v \\ &= 4,262,488.5/261,351.9 + 0.435 \times 1,891,370,294.0 \times 299.9/144,288,375,492.3 = 18.020 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_v \\ &= 4,262,488.5/261,351.9 + 0.435 \times 1,891,370,294.0 \times -1,524.1/144,288,375,492.3 = 7.619 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(12) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$\begin{aligned} u &= (V_s + V_{sc} + V_v)/A_w + M_{st}/(2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 362.709/43,200.0 + 72.190/105,269,009.6 + 315.507/105,923,872.7 = 12.060 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\ast u = 12.1 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$\begin{aligned} u &= (V_s + V_{sc} + V_w)/A_w + M_{st}/(2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt})/(2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 362.709/43,200.0 + 72.190/105,269,009.6 + 315.507/105,923,872.7 = 12.060 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\ast u = 12.1 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

- 활하중 재하시

$$\begin{aligned} u &= (V_s + V_{sc} + V_w/2 + V_v)/A_w + M_{st}/(2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}/2 + M_{vt})/(2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 363.413/43,200.0 + 72.190/105,269,009.6 + 319.785/105,923,872.7 = 12.117 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\ast u = 12.1 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

(13) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65 \phi^2 + 0.13 \phi + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0.0$)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

▪ 인장 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

▪ 압축 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.1)

- 압축부의 국부좌굴에 대한 허용응력

(도.설.해 3.4.2.2)

$$b / 10.5 = 10.3 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow ① \quad f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 16 = 6.8 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} \geq b / 10.5 = 10.3 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow ① \quad f_{ca} = 24,000 (t_u/b)^2 = 296.3 \text{ MPa}$$

- 허용 휨 압축응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2.1)

A_w : 복부판의 총단면적 (mm^2)	$\Rightarrow$	21,600.0 mm^2	$A_w/A_c = 4.500 > 2.0$
A_c : 압축플랜지 총단면적 (mm^2)	$\Rightarrow$	4,800.0 mm^2	
l : 압축플랜지의 고정점간 거리 (mm)	$\Rightarrow$	2,400.0 mm	
b : 압축플랜지 폭 (mm)	$\Rightarrow$	400.0 mm	
$K = \sqrt{3 + (A_w/2A_c)}$	$\Rightarrow$	2.291	

$$8/K = 3.3 < l/b = 2,400.0 / 400.0 = 6.0$$

$$\Rightarrow ② \quad f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$8/K = 3.3 < l/b = 2,400.0 / 400.0 = 6.0 \leq 27.0$$

$$\Rightarrow ② \quad f_{ca} = 215.0 - 2.4 (K \cdot l/b - 7.5) = 215.0 - 2.4 \times (2.291 \times 2,400.0 / 400.0 - 7.5) = 200.3 \text{ MPa}$$

∴ ①에 허용응력 값이 ②에 허용응력 값보다 작은 경우로 국부좌굴에 대한 허용응력을 사용한다.

$$f_{ca} = 200.3 \text{ MPa}$$

∴ $f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$ (합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면, π 형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우)

▪ 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1)

- SLAB 허용응력

$$f_{ca} = 0.40 \quad f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$$

($f_{ck} = 27.0 \text{ MPa}$ 사용)

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

- Half-Deck 허용응력

$$f_{ca} = 0.40 \quad f_{ck} = 20.000 \text{ MPa}$$

($f_{ck} = 50.0 \text{ MPa}$ 사용)

$$f_{ta} = 0.07 \quad f_{ck} = 2.500 \text{ MPa}$$

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	Concrete				Half-Deck Concrete			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	8.598	7.177	20.000	20.000
1+5+6	-	-	-	-	7.154	5.937	20.000	20.000
1+2+3+5+6	3.721	2.176	10.800	10.800	10.265	8.030	20.000	20.000
1+2+3+5+6+7+8+9+10	3.135	1.921	10.800	10.800	4.971	3.875	20.000	20.000
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)+11$	2.599	1.190	12.420	12.420	4.046	2.822	23.000	23.000
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)-11$	3.671	2.653	12.420	12.420	5.895	4.927	23.000	23.000
1+2+4+5+6	1.351	0.790	13.500	13.500	3.716	2.884	25.000	25.000
1+2+3+0.5×4+5+6	3.721	2.176	13.500	13.500	5.697	4.218	25.000	25.000
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)$	3.135	1.922	13.500	13.500	0.403	0.062	25.000	25.000
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)+11$	2.600	1.190	14.580	14.580	-0.521	-0.991	3.375	3.375
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)-11$	3.671	2.653	14.580	14.580	1.328	1.115	27.000	27.000
하 중 조 합	Steel							
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)					
	상 연	하 연	상 연	하 연				
1	45.250	-69.535	200.318	215.000				
1+5+6	54.450	-67.095	215.000	215.000				
1+2+3+5+6	67.967	-135.782	215.000	215.000				
1+2+3+5+6+7+8+9+10	103.098	-121.781	247.250	215.000				
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)+11$	121.118	-114.162	279.500	247.250				
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)-11$	85.078	-129.400	279.500	247.250				
1+2+4+5+6	35.318	-55.089	268.750	268.750				
1+2+3+0.5×4+5+6	43.930	-98.849	268.750	268.750				
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)$	79.060	-84.848	268.750	268.750				
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)+11$	97.080	-77.229	290.250	290.250				
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)-11$	61.041	-92.467	290.250	290.250				

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(14) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.051	0.105	0.009	0.009	0.060	0.114	0.K !!	0.K !!
1+5+6	0.064	0.097	0.009	0.009	0.073	0.107	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.100	0.399	0.009	0.009	0.109	0.408	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7+8+9+10	0.174	0.321	0.009	0.009	0.183	0.330	0.K !!	0.K !!
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)+11$	0.188	0.213	0.009	0.009	0.197	0.223	0.K !!	0.K !!
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)-11$	0.093	0.274	0.009	0.009	0.102	0.283	0.K !!	0.K !!
1+2+4+5+6	0.017	0.042	0.006	0.006	0.024	0.048	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.027	0.135	0.006	0.006	0.033	0.141	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)$	0.087	0.100	0.006	0.006	0.093	0.106	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)+11$	0.112	0.071	0.006	0.006	0.118	0.077	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)-11$	0.044	0.101	0.006	0.006	0.050	0.108	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \quad \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{121.118}{279.500}\right)^2 + \left(\frac{12.060}{125.000}\right)^2 = 0.188 + 0.009 = 0.197 \leq 1.2 \quad \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{-135.782}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{12.060}{125.000}\right)^2 = 0.399 + 0.009 = 0.408 \leq 1.2 \quad \dots\dots 0.K !!$$

(15) 판의 최소두께 검토

- 압축(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.1, 3.4.2.2, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 108.0 / 16.0 = 6.8 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

$$(\text{합성형 스테드 설치시}) \quad t_{min} = 10.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

- 인장(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

$$t_{min} = \text{Rib 간격}/80 = 2,400.0 / (3 \times 80) = 10.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1, 3.8.4.2)

- 합 성 전

$$t_{min} = b/(206 \times 1.200) = 1,800.0 / (206 \times 1.200) = 7.3 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(215.0 / 45.250)} = 2.18 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

- 합 성 후

$$t_{min} = b/(206 \times 1.200) = 599.9 / (206 \times 1.200) = 2.4 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(215.0 / 121.118)} = 1.33 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(16) 항복에 대한 안전도 검사

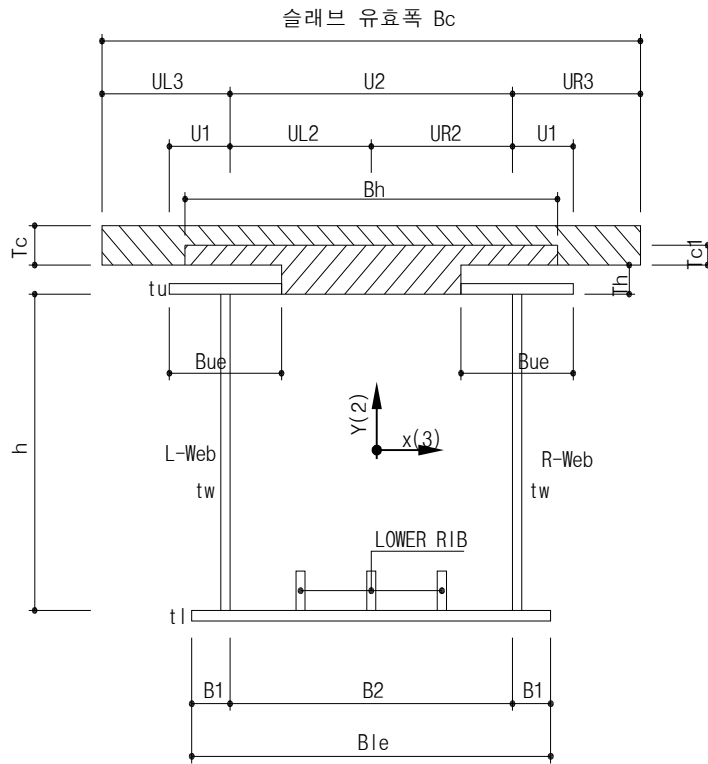
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Concrete				Half-Deck Concrete			
	작용응력(MPa)		허용응력 (MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력 (MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	11.177	9.330	30.000	0.K !!
1+5+6	-	-	-	-	9.733	8.090	30.000	0.K !!
1+2+3+11	6.317	3.276	16.200	0.K !!	15.982	12.131	30.000	0.K !!
1+2+3-11	7.388	4.738	16.200	0.K !!	17.830	14.237	30.000	0.K !!
1+2+3+5+6	6.853	4.007	16.200	0.K !!	15.462	11.945	30.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7+8+9+10	6.267	3.752	16.200	0.K !!	10.168	7.789	30.000	0.K !!
∑(1~3)+∑(5~10)+11	5.731	3.021	16.200	0.K !!	9.244	6.736	30.000	0.K !!
∑(1~3)+∑(5~10)-11	6.802	4.484	16.200	0.K !!	11.092	8.842	30.000	0.K !!
1+2+4+5+6	1.756	1.027	16.200	0.K !!	5.263	4.121	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+11	6.317	3.276	16.200	0.K !!	15.982	12.132	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4-11	7.389	4.738	16.200	0.K !!	17.830	14.237	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	6.853	4.007	16.200	0.K !!	9.525	6.989	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+∑(5~10)	6.267	3.753	16.200	0.K !!	4.231	2.833	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+∑(5~10)+11	5.731	3.021	16.200	0.K !!	3.306	1.780	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+∑(5~10)-11	6.803	4.484	16.200	0.K !!	5.155	3.886	30.000	0.K !!
하 중 조 합	Steel							
	작용응력(MPa)		허용응력 (MPa)	판 별				
	상 연	하 연						
1	58.826	-90.396	355.000	0.K !!				
1+5+6	68.025	-87.955	355.000	0.K !!				
1+2+3+11	101.740	-209.273	355.000	0.K !!				
1+2+3-11	65.701	-224.511	355.000	0.K !!				
1+2+3+5+6	92.919	-214.452	355.000	0.K !!				
1+2+3+5+6+7+8+9+10	128.050	-200.451	355.000	0.K !!				
∑(1~3)+∑(5~10)+11	146.070	-182.431	355.000	0.K !!				
∑(1~3)+∑(5~10)-11	120.431	-208.070	355.000	0.K !!				
1+2+4+5+6	43.152	-72.343	355.000	0.K !!				
1+2+3+0.5×4+11	101.741	-209.281	355.000	0.K !!				
1+2+3+0.5×4-11	65.702	-224.519	355.000	0.K !!				
1+2+3+0.5×4+5+6	61.670	-166.437	355.000	0.K !!				
1+2+3+0.5×4+∑(5~10)	96.801	-152.436	355.000	0.K !!				
1+2+3+0.5×4+∑(5~10)+11	114.820	-144.817	355.000	0.K !!				
1+2+3+0.5×4+∑(5~10)-11	78.781	-160.055	355.000	0.K !!				

[G1 : 최대모멘트] : 절점 22 로 부터 이격거리 3.745 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM520B

Bc = 4,500.0 mm

UL3 = 1,000.0 mm

UR3 = 1,100.0 mm

Bh = 2,500.0 mm

U1 = 120.0 mm

UL2 = 1,200.0 mm

UR2 = 1,200.0 mm

상부 플랜지 유효폭

Bue = 400.0 mm

하부 플랜지 유효폭

Ble = 2,640.0 mm

B1 = 120.0 mm

B2 = 2,400.0 mm

Tc = 240.0 mm

Tc1 = 90.0 mm

Th = 50.0 mm

h = 1,800.0 mm

$\Theta_L = 0.000^\circ$

$\Theta_R = 0.000^\circ$

구 분	단 위	입력 Data
E_s : 강재 탄성계수	MPa	205,000.0
E_c : 콘크리트의 탄성계수	MPa	27,804.0
E_h : Half-Deck 콘크리트의 탄성계수	MPa	32,902.0
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율	-	0.000270
ϵ_h : Half-Deck 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율	-	0.000225
ϵ_{hs} : Half-Deck 콘크리트의 초기건조수축율	-	0.000045
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수	-	0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수	-	4.0
ϕ_{d1} : Half-Deck 콘크리트의 최종 크리이프 계수	-	1.5
ϕ_{d0} : Half-Deck 콘크리트의 초기 크리이프 계수	-	0.5
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비	-	7.0
n_h : 강과 Half-Deck 콘크리트의 탄성계수비	-	6.2
Δt : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10.0
M_{s1} : 합성전 고정하중(자중)에 의한 모멘트	kN·m	3,300.990
M_{s2} : 합성전 고정하중(바닥판)에 의한 모멘트	kN·m	3,810.720
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	2,770.310
M_w : 풍하중에 의한 모멘트	kN·m	63.975
M_v : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	4,593.210
V_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-20.801
V_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-6.731
V_w : 풍하중에 의한 전단력	kN	-4.064
V_v : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	-326.785
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-79.944
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	9.381
M_{wt} : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN·m	-21.977
M_{vt} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-372.606

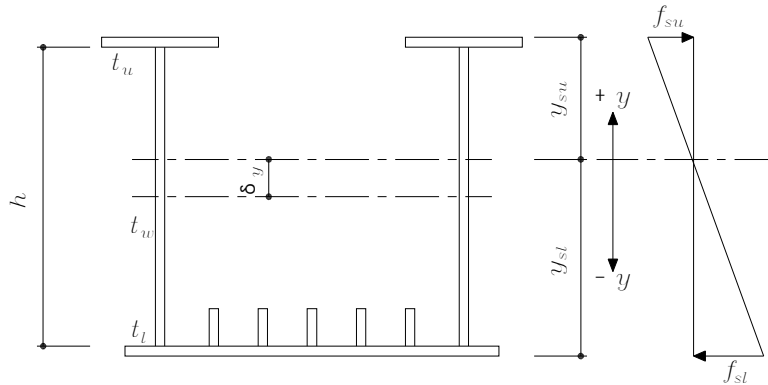
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

X(3)축 방향 단면 제원

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.	2 - 400.0 × 12.0	9,600.0	906.0	8.698E+06	7.880E+09	1.152E+05
UPPER RIB	0 - 0.0 × 0.0	0.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
LOWER RIB	2 - 150.0 × 14.0	4,200.0	-825.0	-3.465E+06	2.859E+09	7.875E+06
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	-906.0	-2.870E+07	2.600E+10	3.802E+05
강재 단면 합계		88,680.0	-	-2.347E+07	3.674E+10	1.167E+10
RC. SLAB	1 - 2,500.0 × 150.0	375,000.0	1,115.0	4.181E+08	4.662E+11	7.031E+08
RC. SLAB	1 - 950.0 × 240.0	228,000.0	1,070.0	2.440E+08	2.610E+11	1.094E+09
RC. SLAB	1 - 1,050.0 × 240.0	252,000.0	1,070.0	2.696E+08	2.885E+11	1.210E+09
SLAB 단면 합계		855,000.0	-	9.317E+08	1.016E+12	3.007E+09
Half-deck	1 - 2,500.0 × 90.0	225,000.0	995.0	2.239E+08	2.228E+11	1.519E+08
	1 - 1,840.0 × 50.0	92,000.0	925.0	8.510E+07	7.872E+10	1.917E+07
Half-deck 단면 합계		317,000.0	-	3.090E+08	3.015E+11	1.710E+08
※ $A_s = 88,680.0 \text{ mm}^2$ $A_{c1} = 855,000.0 \text{ mm}^2$ $A_h = 317,000.0 \text{ mm}^2$						

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 강재에 의한 도심축 이동량

$$\delta_{ys} = \frac{\sum A_s Y}{\sum A_s} = \frac{-23,469,480.0}{88,680.0} = -264.654 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xos} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_{ys}^2$$

$$= 11,672,370,360.0 + 36,742,735,080.0 - 88,680.0 \times (-264.654)^2 = 4.220E+10 \text{ mm}^4$$

- Half-Deck에 의한 도심축 이동량

$$\delta_{yh} = \frac{\sum A_h Y}{\sum A_h} = \frac{308,975,000.0}{317,000.0} = 974.685 \text{ mm}$$

- Half-Deck의 단면2차 모멘트

$$I_h = \sum I_{xoh} + \sum A_h Y^2 - A_h \cdot \delta_y^2$$

$$= 171,041,666.7 + 301,473,125,000.0 - 317,000.0 \times 974.685^2 = 4.910E+08 \text{ mm}^4$$

▪ 합성 단면에 의한 도심축 이동량

$$\delta_{v1} = (\sum A_s Y + \sum A_h Y / n_h) / (\sum A_s + \sum A_h / n_h) \\ = (-23,469,480.0 + 308,975,000.0/6.2) / (88,680.0 + 317,000.0/6.2) = 188.580 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{33} = (\sum I_{xos} + \sum I_{xoh} / n_h) + (\sum A_s Y^2 + \sum A_h Y^2 / n_h) - (A_s + A_h / n_h) \cdot \delta_{v1}^2 \\ = (11,672,370,360.0 + 171,041,666.7/6.2) + (36,742,735,080.0 + 301,473,125,000.0/6.2) \\ - (88,680.0 + 317,000.0/6.2) \times 188.6^2 = 9.210E+10 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{v1} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 188.580 = 851.420 \text{ mm} \\ y_{hl} = y_{hu} - (T_{c1} + T_h) = 851.4 - (90.0 + 50.0) = 711.420 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 강재 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_{v1} = 1,800.0 / 2 + 12.0 - 188.580 = 723.420 \text{ mm} \\ y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_{v1} \} = -\{ 1,800.0 / 2 + 12.0 + 188.580 \} = -1,100.580 \text{ mm}$$

▪ Half-Deck 응력 검토

- 자중(강재+Half-Deck)

$$f_{hut} = M_{st} \cdot y_{hu} / (I_{33} \cdot n_h) = 3,300.99 \times 851.4 / (92,095,439,549.2 \times 6.2) = 4.922 \text{ MPa} \\ f_{hlt} = M_{st} \cdot y_{hl} / (I_{33} \cdot n_h) = 3,300.99 \times 711.4 / (92,095,439,549.2 \times 6.2) = 4.113 \text{ MPa}$$

-바닥판 하중

$$f_{hu2} = M_{s2} \cdot y_{hu} / (I_{33} \cdot n_h) = 3,810.72 \times 851.4 / (92,095,439,549.2 \times 6.2) = 5.682 \text{ MPa} \\ f_{hl2} = M_{s2} \cdot y_{hl} / (I_{33} \cdot n_h) = 3,810.72 \times 711.4 / (92,095,439,549.2 \times 6.2) = 4.748 \text{ MPa}$$

▪ 플랜지 응력 검토

- 자중(강재+Half-Deck)

$$f_{sut} = M_{st} \cdot y_{su} / I_{33} = 3,300.99 \times 723.4 / 92,095,439,549.2 = 25.930 \text{ MPa} \\ f_{slt} = M_{st} \cdot y_{sl} / I_{33} = 3,300.99 \times -1,100.6 / 92,095,439,549.2 = -39.448 \text{ MPa}$$

-바닥판 하중

$$f_{su2} = M_{s2} \cdot y_{su} / I_{33} = 3,810.72 \times 723.4 / 92,095,439,549.2 = 29.934 \text{ MPa} \\ f_{sl2} = M_{s2} \cdot y_{sl} / I_{33} = 3,810.72 \times -1,100.6 / 92,095,439,549.2 = -45.540 \text{ MPa}$$

▪ 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$B_w = UL_2 + UR_2 + t_w/2 \times 2ea = 1,200.0 + 1,200.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm}$$

$$B_l = B_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm}$$

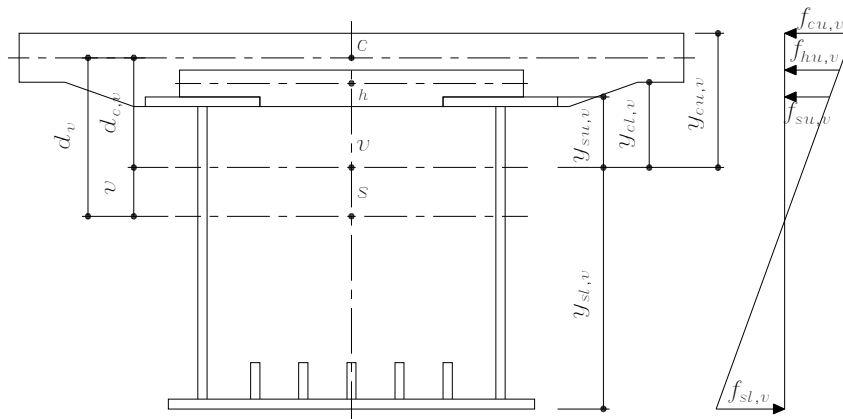
$$H = h + (\text{환산두께})/2 + t_l/2 = 1,800.0 + 24.989 / 2 + 12.0 / 2 = 1,818.495 \text{ mm}$$

$$\text{전단탄성계수비 } n_{hs} = G_s / G_h = 79,000.0 / 14,100.9 = 5.6$$

$$F = (B_u + B_l)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0)/2 \times 1,818.5 = 4.386E+06 \text{ mm}^2$$

$$U = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 20.801 / 43,200.0 + 79.944 / (2 \times 4,386,208.7 \times 12.0) = 1.241 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- SLAB에 의한 도심축 이동량

$$\delta_{yc} = \sum A_c Y / \sum A_c = 931,725,000.0 / 855,000.0 = 1,089.737 \text{ mm}$$

- SLAB의 단면2차 모멘트

$$I_c = \sum I_{xoc} + \sum A_c Y^2 - A_c \cdot \delta_{yc}^2 = 3,007,125,000.0 + 1,015,761,375,000.0 - 855,000.0 \times 1,089.737^2 = 3.433\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

- 탄성계수비에 의한 환산 단면계수

구 분	n	$A_v(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,680.0	-264.7	-2.347E+07	6.211E+09	4.220E+10	
Half-Deck	6.2	51,129.0	974.7	4.983E+07	4.857E+10	7.920E+07	
SLAB	7.0	122,142.9	1,089.7	1.331E+08	1.450E+11	4.905E+08	
합 계	-	261,951.9	1,799.8	1.595E+08	1.998E+11	4.277E+10	

- 합성단면 도심축 이동량

$$\delta_{v2} = \sum AY / \sum A = 159,468,768.8 / 261,951.9 = 608.771 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = \sum I_{xo} + \sum AY^2 - A \cdot \delta_{v2}^2 = 42,773,510,120.3 + 199,832,237,408.8 - 261,951.9 \times 608.771^2 = 1.455\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면 도심축에서 SLAB 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{cu,v} = h/2 + (T_c + T_h) - \delta_{v2} = 1,800.0/2 + (240.0 + 50.0) - 608.771 = 581.229 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v} = d_{cu,v} - T_c = 581.229 - 240.0 = 341.229 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,v} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{v2} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 608.771 = 431.229 \text{ mm}$$

$$y_{hl,v} = d_{hu,v} - (T_{c1} + T_h) = 431.229 - (90.0 + 50.0) = 291.229 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심축에서 강재 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = h/2 + t_u - \delta_{v2} = 1,800.0 / 2 + 12.0 - 608.771 = 303.229 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = d_{su,v} - (h + t_u + t_l) = 303.229 - (1,800.0 + 12.0 + 12.0) = -1,520.771 \text{ mm}$$

- SLAB 응력 검토

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \times n) = 2,770.31 \times 581.2 / (145,525,752,053.5 \times 7.0) = 1.581 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \times n) = 2,770.31 \times 341.2 / (145,525,752,053.5 \times 7.0) = 0.928 \text{ MPa}$$

▪ Half-Deck 응력 검토

$$f_{hu,v} = M_{sc} \cdot y_{hu,v} / (I_v \times n) = 2,770.31 \times 431.2 / (145,525,752,053.5 \times 6.2) = 1.324 \text{ MPa}$$

$$f_{hl,v} = M_{sc} \cdot y_{hl,v} / (I_v \times n) = 2,770.31 \times 291.2 / (145,525,752,053.5 \times 6.2) = 0.894 \text{ MPa}$$

▪ 플랜지 응력 검토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / (I_v \times n) = 2,770.31 \times 303.2 / (145,525,752,053.5 \times 1.0) = 5.772 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / (I_v \times n) = 2,770.31 \times -1,520.8 / (145,525,752,053.5 \times 1.0) = -28.950 \text{ MPa}$$

▪ 부재의 전단응력 검토 (도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$B_w = UL_2 + UR_2 + t_w/2 \times 2ea = 1,200.0 + 1,200.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm}$$

$$B_l = B_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm}$$

$$H = h + (\text{환산두께})/2 + tl/2 = 1,800.0 + 47.6/2 + 12.0/2 = 1,829.807 \text{ mm}$$

$$\text{전단탄성계수비 } n_{hs} = G_s/G_c = 79,000.0 / 11,916.0 = 6.6$$

$$F_v = (B_u + B_l)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0)/2 \times 1,829.8 = 4.413E+06 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} u &= V_{sc}/A_w + M_{sct}/(2 \cdot F \cdot t_w) \\ &= 6.731 / 43,200.0 + 9.381 / (2 \times 4,413,494.7 \times 12.0) = 0.244 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(3) 활 하 중

▪ SLAB 응력 검토

$$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \times n) = 4,593.21 \times 581.2 / (145,525,752,053.5 \times 7.0) = 2.621 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \times n) = 4,593.21 \times 341.2 / (145,525,752,053.5 \times 7.0) = 1.539 \text{ MPa}$$

▪ Half-Deck 응력 검토

$$f_{hu,v} = M_v \cdot y_{hu,v} / (I_v \times n) = 4,593.21 \times 431.2 / (145,525,752,053.5 \times 6.2) = 2.195 \text{ MPa}$$

$$f_{hl,v} = M_v \cdot y_{hl,v} / (I_v \times n) = 4,593.21 \times 291.2 / (145,525,752,053.5 \times 6.2) = 1.483 \text{ MPa}$$

▪ 플랜지 응력 검토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / (I_v \times n) = 4,593.21 \times 303.2 / (145,525,752,053.5 \times 1.0) = 9.571 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / (I_v \times n) = 4,593.21 \times -1,520.8 / (145,525,752,053.5 \times 1.0) = -48.000 \text{ MPa}$$

▪ 부재의 전단응력 검토 (도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$B_w = UL_2 + UR_2 + t_w/2 \times 2ea = 1,200.0 + 1,200.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm}$$

$$B_l = B_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm}$$

$$H = h + (\text{환산두께})/2 + tl/2 = 1,800.0 + 47.6/2 + 12.0/2 = 1,829.807 \text{ mm}$$

$$\text{전단탄성계수비 } n_{hs} = G_s/G_c = 79,000.0 / 11,916.0 = 6.6$$

$$F = (B_u + B_l)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0)/2 \times 1,829.8 = 4.413E+06 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} u &= V_v/A_w + M_{vt}/(2 \cdot F \cdot t_w) \\ &= 326.785 / 43,200.0 + 372.606 / (2 \times 4,413,494.7 \times 12.0) = 11.082 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

▪ SLAB 응력 검토

$$f_{cu,v} = M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \times n) = -4.06 \times 581.2 / (145,525,752,053.5 \times 7.0) = -0.002 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \times n) = -4.06 \times 341.2 / (145,525,752,053.5 \times 7.0) = -0.001 \text{ MPa}$$

▪ Half-Deck 응력 검토

$$f_{hu,v} = M_w \cdot y_{hu,v} / (I_v \times n) = -4.06 \times 431.2 / (145,525,752,053.5 \times 6.2) = -0.002 \text{ MPa}$$

$$f_{hl,v} = M_w \cdot y_{hl,v} / (I_v \times n) = -4.06 \times 291.2 / (145,525,752,053.5 \times 6.2) = -0.001 \text{ MPa}$$

▪ 플랜지 응력 검토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / (I_v \times n) = -4.06 \times 303.2 / (145,525,752,053.5 \times 1.0) = -0.008 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / (I_v \times n) = -4.06 \times -1,520.8 / (145,525,752,053.5 \times 1.0) = 0.042 \text{ MPa}$$

▪ 부재의 전단응력 검토 (도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$B_w = UL_2 + UR_2 + t_w/2 \times 2ea = 1,200.0 + 1,200.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm}$$

$$B_l = B_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm}$$

$$H = h + (\text{환산두께})/2 + t_l/2 = 1,800.0 + 47.6/2 + 12.0/2 = 1,829.807 \text{ mm}$$

$$\text{전단탄성계수비 } n_{hs} = G_s/G_c = 79,000.0 / 11,916.0 = 6.6$$

$$F = (B_u + B_l)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0)/2 \times 1,829.8 = 4.413E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_w/A_w + M_{wt}/(2 \cdot F \cdot t_w) = 4.064 / 43,200.0 + 21.977 / (2 \times 4,413,494.7 \times 12.0) = 0.302 \text{ MPa}$$

(5) Half-Deck 초기 크리프 손실

$$k = -0.054 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_{h1} = n_h \cdot (1 + \phi_{d0}/2) = 6.2 \times (1 + 0.5/2) = 7.750$$

$$d_{vh1} = \delta_{yh} - \delta_{ys} = 974.685 - -264.654 = 1,239.338 \text{ mm}$$

$$d_{vh1,s} = d_{vh1} \cdot A_s / (A_s + A_h/n_h) = 1,239.3 \times 88,680.0 / (88,680.0 + 317,000.0/6.2) = 786.104 \text{ mm}$$

▪ 탄성계수비에 의한 환산 단면계수

구 분	n	$A_{vh1}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ovh1}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,680.0	-264.7	-2.347E+07	6.211E+09	4.220E+10	
Half-Deck	7.8	40,903.2	974.7	3.987E+07	3.886E+10	6.336E+07	
합 계	-	129,583.2		1.640E+07	4.507E+10	4.227E+10	

▪ 강재와 Half-Deck 합성단면 도심축 이동량

$$d_{h,s} = \sum AY / \sum A = 16,398,261.9 / 129,583.2 = 126.546 \text{ mm}$$

▪ 강재와 Half-Deck 합성단면 도심에서 Half-Deck 도심까지 거리

$$d_{h,hs} = \delta_{yh} - d_{h,s} = 974.685 - 126.546 = 848.138 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{vh1} = \sum I_{ovh1} + \sum AY^2 - A \cdot d_{h,s}^2 = 42,267,179,542.8 + 45,069,753,854.2 - 129,583.2 \times 126.546^2 = 8.526E+10 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,vh1} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - d_{h,s} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 126.546 = 913.454 \text{ mm}$$

$$y_{hl,vh1} = y_{hu,vh1} - (T_c + T_h) = 913.454 - (90.0 + 50.0) = 773.454 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,vh1} = h/2 + t_u - d_{h,s} = 1,800.00/2 + 12.0 - 126.546 = 785.454 \text{ mm}$$

$$y_{sl,vh1} = y_{hu,vh1} - (h + t_u + t_l) = 785.454 - (1,800.0 + 12.0 + 12.0) = -1,038.546 \text{ mm}$$

▪ 크리프를 일으키기 전, 합성전 고정하중에 의해 Half-Deck 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_{hi} = M_{st} \cdot d_{vh1,s} \cdot A_h / (n_h \cdot I_{33}) = 3,301.0 \times 786.1 \times 317,000.0 / (6.2 \times 92,095,439,549.2) = 1.441E+06 \text{ N}$$

▪ 강재보와 결함으로 인해 Half-Deck에 생기는 압축력

$$P_{phi} = N_{hi} \cdot 2 \cdot \phi_{d0} / (2 + \phi_{d0}) = 1,440,634.9 \times 2 \times 0.5 / (2 + 0.5) = 5.763E+05 \text{ N}$$

- $P_{\phi hi}$ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{\phi hi} = P_{\phi hi} \times d_{h,hs} = 576,253.9 \times 848.1 = 4.887E+08 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{h1} = E_h / (1 + \phi_{d0} / 2) = 32,902.0 / (1 + 0.5 / 2) = 26,321.600 \text{ MPa}$$

- Half-Deck 상·하부 플랜지에 작용하는 응력

$$f_{hu} = M_s \cdot y_{hu} / (I_{33} \cdot n_h) = 3,300.99 \times 851.4 / (92,095,439,549.2 \times 6.2) = 4.922 \text{ MPa}$$

$$f_{hl} = M_s \cdot y_{hl} / (I_{33} \cdot n_h) = 3,300.99 \times 711.4 / (92,095,439,549.2 \times 6.2) = 4.113 \text{ MPa}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{hu,vh1} &= 1/n_{h1} \cdot (P_{\phi hi} / A_{vh1} + k \cdot M_{\phi hi} \cdot y_{hu,vh1} / I_{vh1}) - E_{h1} \cdot f_{hu} \cdot \phi_{d0} / E_h \\ &= (1/7.8) \times (576,253.9 / 129,583.2 + -0.054 \times 488,743,080.9 \times 913.5 / 85,261,796,026.2) \\ &\quad - 26,321.6 \times 4.922 \times 0.5 / 32,902.0 = -1.431 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{hl,vh1} &= 1/n_{h1} \cdot (P_{\phi hi} / A_{vh1} + k \cdot M_{\phi hi} \cdot y_{hl,vh1} / I_{vh1}) - E_{h1} \cdot f_{hl} \cdot \phi_{d0} / E_h \\ &= (1/7.8) \times (576,253.9 / 129,583.2 + -0.054 \times 488,743,080.9 \times 773.5 / 85,261,796,026.2) \\ &\quad - 26,321.6 \times 4.113 \times 0.5 / 32,902.0 = -1.102 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,vh1} &= P_{\phi hi} / A_{vh1} + k \cdot M_{\phi hi} \cdot y_{su,vh1} / I_{vh1} \\ &= 576,253.9 / 129,583.2 + -0.054 \times 488,743,080.9 \times 785.5 / 85,261,796,026.2 = 4.205 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,vh1} &= P_{\phi hi} / A_{vh1} + k \cdot M_{\phi hi} \cdot y_{sl,vh1} / I_{vh1} \\ &= 576,253.9 / 129,583.2 + -0.054 \times 488,743,080.9 \times -1,038.5 / 85,261,796,026.2 = 4.767 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(6) Half-Deck 초기 건조수축 손실

$$k = -0.054 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_{h2} = n_h \cdot (1 + 2 \cdot \phi_{d0} / 2) = 6.2 \times (1 + 2 \times 0.5 / 2) = 9.300$$

구 분	n	$A_{vh2}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ovh2}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,680.0	-264.7	-2.347E+07	6.211E+09	4.220E+10	
Half-Deck	9.3	34,086.0	974.7	3.322E+07	3.238E+10	5.280E+07	
합 계	-	122,766.0		9.754E+06	3.859E+10	4.226E+10	

- 강재와 Half-Deck 합성단면 도심축 이동량

$$d_{h,s} = \sum AY / \sum A = 9,753,638.3 / 122,766.0 = 79.449 \text{ mm}$$

- 강재와 Half-Deck 합성단면 도심에서 Half-Deck 도심까지 거리

$$d_{h,hs} = \delta_{yh} - d_{h,s} = 974.685 - 79.449 = 895.236 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$\begin{aligned} I_{vh2} &= \sum I_{ovh2} + \sum AY^2 - A \cdot d_{h,s}^2 \\ &= 42,256,620,185.4 + 38,593,341,885.5 - 122,766.0 \times 79.449^2 = 8.008E+10 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,vh2} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - d_{h,s} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 79.449 = 960.551 \text{ mm}$$

$$y_{hl,vh2} = y_{hu,vh2} - (T_{c1} + T_h) = 960.551 - (90.0 + 50.0) = 820.551 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,vh2} = h/2 + t_u - d_{h,s} = 1,800.00/2 + 12.0 - 79.449 = 832.551 \text{ mm}$$

$$y_{sl,vh2} = y_{hu,vh2} - (h + t_u + t_l) = 832.551 - (1,800.0 + 12.0 + 12.0) = -991.449 \text{ mm}$$

- Half-Deck 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{vhi} = E_s \cdot \epsilon_{hs} \cdot A_h / n_{h2} = 205,000.0 \times 0.000045 \times 317,000.0 / 9.3 = 3.144E+05 \text{ N}$$

- P_{vhi} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{vhi} = P_{vhi} \times d_{h,hs} = 314,443.5 \times 895.2 = 2.815E+08 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{h2} = E_s / n_{h2} = 205,000.0 / 9.3 = 22,043.011 \text{ MPa}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력변화량

$$\begin{aligned} f_{hu,vh2} &= 1/n_{h2} \cdot (P_{vhi}/A_{vh2} + k \cdot M_{vhi} \cdot y_{hu,vh2}/I_{vh2}) - E_{h2} \cdot \epsilon_{hs} \\ &= (1/9.3) \times (314,443.5/122,766.0 + -0.054 \times 281,501,039.0 \times 960.6/80,075,045,212.5) \\ &\quad - 22,043.0 \times 0.000045 = -0.736 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{hl,vh2} &= 1/n_{h2} \cdot (P_{vhi}/A_{vh2} + k \cdot M_{vhi} \cdot y_{hl,vh2}/I_{vh2}) - E_{h2} \cdot \epsilon_{hs} \\ &= (1/9.3) \times (314,443.5/122,766.0 + -0.054 \times 281,501,039.0 \times 820.6/80,075,045,212.5) \\ &\quad - 22,043.0 \times 0.000045 = -0.733 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,vh2} &= P_{vhi}/A_{vh2} + k \cdot M_{vhi} \cdot y_{su,v2}/I_{vh2} \\ &= 314,443.5/122,766.0 + -0.054 \times 281,501,039.0 \times 832.6/80,075,045,212.5 = 2.404 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,vh2} &= P_{vhi}/A_{vh2} + k \cdot M_{vhi} \cdot y_{sl,v2}/I_{vh2} \\ &= 314,443.5/122,766.0 + -0.054 \times 281,501,039.0 \times -991.4/80,075,045,212.5 = 2.748 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(7) Half-Deck 최종 크리프 손실

$$k = -0.052 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_{h3} = n_h \cdot (1 + \phi_{d1}/2) = 6.2 \times (1 + 1.5/2) = 10.850$$

$$d_{vh2} = \delta_{yh} - \delta_{v2} = 974.685 - 608.771 = 365.913 \text{ mm}$$

$$d_{vh2,s} = (y_{hu,v} + y_{hl,v}) / 2 = (431.2 + 291.2) / 2 = 361.229 \text{ mm}$$

- 탄성계수비에 의한 환산 단면계수

구 분	n	$A_{vh3}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ovh3}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,680.0	-264.7	-2.347E+07	6.211E+09	4.220E+10	
Half-Deck	10.9	29,216.6	974.7	2.848E+07	2.776E+10	4.525E+07	
SLAB	7.0	122,142.9	1,089.7	1.331E+08	1.450E+11	4.905E+08	
합 계	-	240,039.4	1,799.8	1.381E+08	1.790E+11	4.274E+10	

- 합성단면 도심축 이동량

$$\delta_{v3} = \sum AY / \sum A = 138,111,050.0 / 240,039.4 = 575.368 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 Half-Deck 도심까지 거리

$$d_{h,hs} = \delta_{yh} - \delta_{v3} = 974.685 - 575.368 = 399.316 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$\begin{aligned} I_{vh3} &= \sum I_{ovh3} + \sum AY^2 - A \cdot \delta_{v3}^2 \\ &= 42,739,569,328.5 + 179,015,198,937.9 - 240,039.4 \times 575.368^2 = 1.423E+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 합성단면 도심축에서 SLAB 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{cu,vh3} = h/2 + (T_c + T_h) - \delta_{v3} = 1,800.0/2 + (240.0 + 50.0) - 575.368 = 614.632 \text{ mm}$$

$$y_{cl,vh3} = y_{cu,vh3} - T_c = 614.632 - 240.0 = 374.632 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,vh3} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{v3} = 1,800.0/2 + (90.0+50.0) - 575.368 = 464.632 \text{ mm}$$

$$y_{hl,vh3} = y_{hu,vh3} - (T_{c1} + T_h) = 464.632 - (90.0+50.0) = 324.632 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,vh3} = h/2 + t_u - \delta_{v3} = 1,800.00/2 + 12.0 - 575.368 = 336.632 \text{ mm}$$

$$y_{sl,vh3} = y_{su,vh3} - (h + t_u + t_l) = 336.632 - (1,800.0+12.0+12.0) = -1,487.368 \text{ mm}$$

- Half-Deck 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_{he} = N_{hi} + (f_{hu2} + f_{hl2} + f_{hu,v} + f_{hl,v} + f_{hu,vh1} + f_{hl,vh1} + f_{hu,vh2} + f_{hl,vh2}) / 2 \cdot A_h \cdot d_{vh2} / d_{vh2,s}$$

$$= 1,440,634.9 + (4.839+3.807) / 2 \times 317,000.0 \times 365.9 / 361.2 = 2.829E+06 \text{ N}$$

- 강재보와 결함으로 인해 Half-Deck에 생기는 압축력

$$P_{\phi he} = N_{he} \cdot 2 \cdot \phi_{d1} / (2 + \phi_{d1}) = 2,828,769.7 \times 2 \times 1.5 / (2 + 1.5) = 2.425E+06 \text{ N}$$

- $P_{\phi he}$ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{\phi he} = P_{\phi he} \times d_{h,hs} = 2,424,659.8 \times 399.3 = 9.682E+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{h3} = E_h / (1 + \phi_{d1} / 2) = 32,902.0 / (1 + 1.5 / 2) = 18,801.143 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f_{hu} = f_{hut} + f_{hu2} + f_{hu,v} + f_{hu,vh1} + f_{hu,vh2}$$

$$= 4.922 + 5.682 + 1.324 + -1.431 + -0.736 = 9.761 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f_{hl} = f_{hl1} + f_{hl2} + f_{hl,v} + f_{hl,vh1} + f_{hl,vh2}$$

$$= 4.113 + 4.748 + 0.894 + -1.102 + -0.733 = 7.920 \text{ MPa}$$

- SLAB 콘크리트의 응력 변화량

$$f_{cu,vh3} = 1/n \cdot (P_{\phi he} / A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{cu,vh3} / I_{vh3})$$

$$= (1/7.0) \times (2,424,660/240,039 + -0.052 \times 968,206,425 \times 615/142,290,070,454) = 1.412 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,vh3} = 1/n \cdot (P_{\phi he} / A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{cl,vh3} / I_{vh3})$$

$$= (1/7.0) \times (2,424,660/240,039 + -0.052 \times 968,206,425 \times 375/142,290,070,454) = 1.424 \text{ MPa}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력 변화량

$$f_{hu,vh3} = 1/n_{h3} \cdot (P_{\phi he} / A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{hu,vh3} / I_{vh3}) - E_{h3} \cdot \Sigma f_{hu} \cdot \phi_{d1} / E_h$$

$$= (1/10.9) \times (2,424,659.8/240,039.4 + -0.052 \times 968,206,425.0 \times 464.6/142,290,070,453.6)$$

$$- 18,801.1 \times 9.761 \times 1.5/32,902.0 = -7.451 \text{ MPa}$$

$$f_{hl,vh3} = 1/n_{h3} \cdot (P_{\phi he} / A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{hl,vh3} / I_{vh3}) - E_{h3} \cdot \Sigma f_{hl} \cdot \phi_{d1} / E_h$$

$$= (1/10.9) \times (2,424,659.8/240,039.4 + -0.052 \times 968,206,425.0 \times 324.6/142,290,070,453.6)$$

$$- 18,801.1 \times 7.920 \times 1.5/32,902.0 = -5.868 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,vh3} = P_{\phi he} / A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{su,vh3} / I_{vh3}$$

$$= 2,424,659.8/240,039.4 + -0.052 \times 968,206,425.0 \times 336.6/142,290,070,453.6 = 9.981 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,vh3} = P_{\phi he} / A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{sl,vh3} / I_{vh3}$$

$$= 2,424,659.8/240,039.4 + -0.052 \times 968,206,425.0 \times -1,487.4/142,290,070,453.6 = 10.632 \text{ MPa}$$

(8) Half-Deck 최종 건조수축 손실

$$k = -0.052 \quad ※ \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_{h4} = n_h \cdot (1 + 2 \cdot \phi_{d1}/2) = 6.2 \times (1 + 2 \times 1.5 / 2) = 15.500$$

구 분	n	$A_{vh4}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ovh4}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,680.0	-264.7	-2.347E+07	6.211E+09	4.220E+10	
Half-Deck	15.5	20,451.6	974.7	1.993E+07	1.943E+10	3.168E+07	
SLAB	7.0	122,142.9	1,089.7	1.331E+08	1.450E+11	4.905E+08	
합 계	-	231,274.5	1,799.8	1.296E+08	1.707E+11	4.273E+10	

▪ 합성단면 도심축 이동량

$$\delta_{v4} = \sum AY / \sum A = 129,567,962.4 / 231,274.5 = 560.235 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 Half-Deck 도심까지 거리

$$d_{h,hs} = \delta_{yh} - \delta_{v4} = 974.685 - 560.235 = 414.450 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{vh4} = \sum I_{ovh4} + \sum AY^2 - A \cdot \delta_{v4}^2 = 42,725,993,011.8 + 170,688,383,549.5 - 231,274.5 \times 560.235^2 = 1.408E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심축에서 SLAB 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{cu,vh4} = h/2 + (T_c + T_h) - \delta_{v4} = 1,800.0/2 + (240.0 + 50.0) - 560.235 = 629.765 \text{ mm}$$

$$y_{cl,vh4} = y_{cu,vh4} - T_c = 629.765 - 240.0 = 389.765 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,vh4} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{v4} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 560.235 = 479.765 \text{ mm}$$

$$y_{hl,vh4} = y_{hu,vh4} - (T_{c1} + T_h) = 479.765 - (90.0 + 50.0) = 339.765 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,vh4} = h/2 + t_u - \delta_{v4} = 1,800.00/2 + 12.0 - 560.235 = 351.765 \text{ mm}$$

$$y_{sl,vh4} = y_{su,vh4} - (h + t_u + t_l) = 351.765 - (1,800.0 + 12.0 + 12.0) = -1,472.235 \text{ mm}$$

▪ Half-Deck 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{vhe} = E_s \cdot \epsilon_h \cdot A_h / n_{h4} = 205,000.0 \times 0.000225 \times 317,000.0 / 15.5 = 9.433E+05 \text{ N}$$

▪ P_{ve} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{vhe} = P_{vhe} \times d_{h,hs} = 943,330.6 \times 414.4 = 3.910E+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

▪ 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{h4} = E_s / n_{h4} = 205,000.0 / 15.5 = 13,225.806 \text{ MPa}$$

▪ SLAB 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,vh4} = 1/n \cdot (P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{cu,vh4}/I_{vh4}) = (1/7.0) \times (943,331/231,274 + 0.052 \times 390,963,323 \times 630/140,825,919,754) = 0.570 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,vh4} = 1/n \cdot (P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{cl,vh4}/I_{vh4}) = (1/7.0) \times (943,331/231,274 + 0.052 \times 390,963,323 \times 390/140,825,919,754) = 0.575 \text{ MPa}$$

▪ Half-Deck 콘크리트의 응력변화량

$$f_{hu,vh4} = 1/n_{h4} \cdot (P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{hu,vh4}/I_{vh4}) - E_{h4} \cdot \epsilon_h$$

$$= (1/15.5) \times (943,330.6/231,274.5 + -0.052 \times 390,963,322.8 \times 479.8/140,825,919,754.2) - 13,225.8 \times 0.000225 = -2.717 \text{ MPa}$$

$$f_{hl,vh4} = 1/n_{h4} \cdot (P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{hl,vh4}/I_{vh4}) - E_{h4} \cdot \epsilon_h$$

$$= (1/15.5) \times (943,330.6/231,274.5 + -0.052 \times 390,963,322.8 \times 339.8/140,825,919,754.2) - 13,225.8 \times 0.000225 = -2.716 \text{ MPa}$$

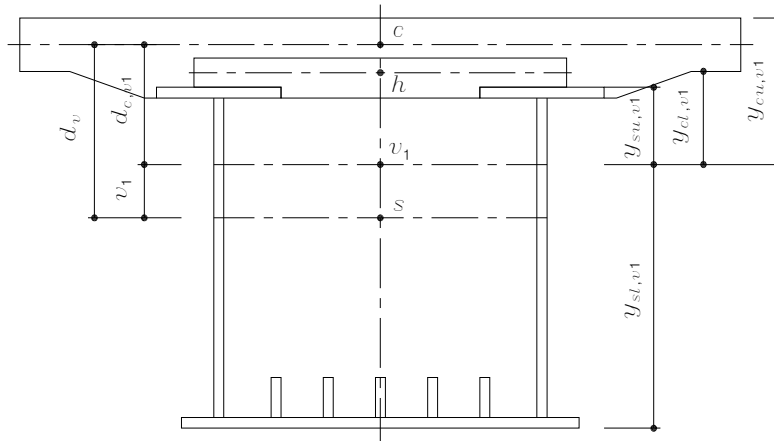
▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,vh4} = P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{su,vh4}/I_{vh4}$$

$$= 943,330.6/231,274.5 + -0.052 \times 390,963,322.8 \times 351.8/140,825,919,754.2 = 4.028 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,vh4} = P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{sl,vh4}/I_{vh4}$$

$$= 943,330.6/231,274.5 + -0.052 \times 390,963,322.8 \times -1,472.2/140,825,919,754.2 = 4.293 \text{ MPa}$$



(9) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k_2 = -0.052 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 2.0/2) = 14.000$$

$$d_{vc} = \delta_{yc} - \delta_{v2} = 1,089.737 - 608.771 = 480.966 \text{ mm}$$

$$d_{vc,s} = (y_{cu,v} + y_{cl,v}) / 2 = (581.2 + 341.229) / 2 = 461.229 \text{ mm}$$

구 분	n	$A_{v1}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ov1}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,680.0	-264.7	-2.347E+07	6.211E+09	4.220E+10	
Half-Deck	6.2	51,129.0	974.7	4.983E+07	4.857E+10	7.920E+07	
SLAB	14.0	61,071.4	1,089.7	6.655E+07	7.252E+10	2.452E+08	
합 계	-	200,880.5	1,799.8	9.292E+07	1.273E+11	4.253E+10	

▪ 합성단면 도심축 이동량

$$\delta_{c,v1} = \sum AY / \sum A = 92,916,983.1 / 200,880.5 = 462.549 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 SLAB 도심까지 거리

$$d_{c,v1} = \delta_{yc} - \delta_{c,v1} = 1,089.737 - 462.549 = 627.188 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{v1} = \sum I_{ov1} + \sum AY^2 - A \cdot \delta_{c,v1}^2$$

$$= 42,528,264,349.6 + 127,308,304,608.0 - 200,880.5 \times 462.549^2 = 1.269E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심축에서 SLAB 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{cu,v1} = h/2 + (T_c + T_h) - \delta_{c,v1} = 1,800.0/2 + (240.0+50.0) - 462.549 = 727.451 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v1} = y_{cu,v1} - T_c = 727.451 - 240.0 = 487.451 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,v1} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{c,v1} = 1,800.0/2 + (90.0+50.0) - 462.549 = 577.451 \text{ mm}$$

$$y_{hl,v1} = y_{hu,v1} - (T_{c1} + T_h) = 577.451 - (90.0+50.0) = 437.451 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v1} = h/2 + t_u - \delta_{c,v1} = 1,800.00/2 + 12.0 - 462.549 = 449.451 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v1} = y_{su,v1} - (h + t_u + t_l) = 449.451 - (1,800.0+12.0+12.0) = -1,374.549 \text{ mm}$$

▪ 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = (f_{cu,v} + f_{cl,v})/2 \cdot A_c \cdot d_{vc}/d_{vc,s}$$

$$= (1.581+0.928)/2 \times 855,000.0 \times 480.966/461.229 = 1.118E+06 \text{ N}$$

▪ 강재보와 결합으로 인해 SLAB에 생기는 압축력

$$P_\Phi = N_c \cdot 2 \cdot \Phi_1 / (2 + \Phi_1) = 1,118,331.7 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = 1.118E+06 \text{ N}$$

▪ P_Φ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\Phi = P_\Phi \times d_{c,v1} = 1,118,331.7 \times 627.2 = 7.014E+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

▪ Half-Deck 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{c1} = E_c / (1 + \Phi_1 / 2) = 27,804.0 / (1 + 2.0 / 2) = 13,902.000 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = 1.581 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = 0.928 \text{ MPa}$$

▪ 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

$$f_{cu,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\Phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\Phi \cdot y_{cu,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu,v} \cdot \Phi_1 / E_c$$

$$= (1/14.0) \times (1,118,331.7/200,880.5 + -0.052 \times 701,404,453.7 \times 727.5/126,857,945,158.2) - 13,902.0 \times 1.581 \times 2.0/27,804.0 = -1.198 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\Phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\Phi \cdot y_{cl,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl,v} \cdot \Phi_1 / E_c$$

$$= (1/14.0) \times (1,118,331.7/200,880.5 + -0.052 \times 701,404,453.7 \times 487.5/126,857,945,158.2) - 13,902.0 \times 0.928 \times 2.0/27,804.0 = -0.540 \text{ MPa}$$

▪ Half-Deck 콘크리트의 응력 변화량

$$f_{hu,v1} = 1/n_h \cdot (P_\Phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\Phi \cdot y_{hu,v1} / I_{v1})$$

$$= (1/6.2) \times (1,118,332/200,880 + -0.052 \times 701,404,454 \times 577/126,857,945,158) = 0.871 \text{ MPa}$$

$$f_{hl,v1} = 1/n_h \cdot (P_\Phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\Phi \cdot y_{hl,v1} / I_{v1})$$

$$= (1/6.2) \times (1,118,332/200,880 + -0.052 \times 701,404,454 \times 437/126,857,945,158) = 0.878 \text{ MPa}$$

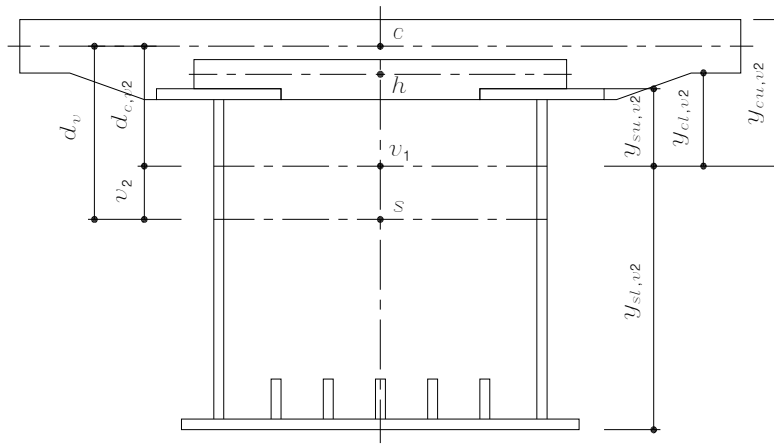
▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\Phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\Phi \cdot y_{su,v1} / I_{v1}$$

$$= 1,118,331.7/200,880.5 + -0.052 \times 701,404,453.7 \times 449.5/126,857,945,158.2 = 5.438 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\Phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\Phi \cdot y_{sl,v1} / I_{v1}$$

$$= 1,118,331.7/200,880.5 + -0.052 \times 701,404,453.7 \times -1,374.5/126,857,945,158.2 = 5.962 \text{ MPa}$$



(10) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

$$k_2 = -0.052 \quad ※ \text{2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

구 분	n	$A_{v2}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ov2}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,680.0	-264.7	-2.347E+07	6.211E+09	4.220E+10	
Half-Deck	6.2	51,129.0	974.7	4.983E+07	4.857E+10	7.920E+07	
SLAB	21.0	40,714.3	1,089.7	4.437E+07	4.835E+10	1.635E+08	
합 계	-	180,523.3	1,799.8	7.073E+07	1.031E+11	4.245E+10	

■ 합성단면 도심축 이동량

$$\delta_{c,v2} = \sum AY / \sum A = 70,733,054.6 / 180,523.3 = 391.822 \text{ mm}$$

■ 합성단면 도심에서 SLAB 도심까지 거리

$$d_{c,v2} = \delta_{yc} - \delta_{c,v2} = 1,089.737 - 391.822 = 697.915 \text{ mm}$$

■ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{v2} = \sum I_{ov2} + \sum AY^2 - A \cdot \delta_{c,v2}^2 = 42,446,515,759.4 + 103,133,660,341.1 - 180,523.3 \times 391.822^2 = 1.179\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

■ 합성단면 도심축에서 SLAB 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{cu,v2} = h/2 + (T_c + T_h) - \delta_{c,v2} = 1,800.0/2 + (240.0 + 50.0) - 391.822 = 798.178 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v2} = y_{cu,v2} - T_c = 798.178 - 240.0 = 558.178 \text{ mm}$$

■ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,v2} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{c,v2} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 391.822 = 648.178 \text{ mm}$$

$$y_{hl,v2} = y_{hu,v2} - (T_{c1} + T_h) = 648.178 - (90.0 + 50.0) = 508.178 \text{ mm}$$

■ 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v2} = h/2 + t_u - \delta_{c,v2} = 1,800.00/2 + 12.0 - 391.822 = 520.178 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v2} = y_{su,v2} - (h + t_u + t_l) = 520.178 - (1,800.0 + 12.0 + 12.0) = -1,303.822 \text{ mm}$$

■ 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 855,000.0 / 21.0 = 2.254\text{E}+06 \text{ N}$$

■ P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,253,535.7 \times 697.9 = 1.573\text{E}+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

■ 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{c2} = E_s / n_2 = 205,000.0 / 21.0 = 9,761.905 \text{ MPa}$$

▪ 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{cu,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s$$

$$= (1/21.0) \times (2,253,535.7/180,523.3 + -0.052 \times 1,572,775,434.7 \times 520.2/798.2)$$

$$- 9,761.9 \times 0.000270 = -2.068 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{cl,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s$$

$$= (1/21.0) \times (2,253,535.7/180,523.3 + -0.052 \times 1,572,775,434.7 \times 520.2/558.2)$$

$$- 9,761.9 \times 0.000270 = -2.060 \text{ MPa}$$

▪ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$f_{hu,v2} = 1/n_h \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{hu,v2}/I_{v2})$$

$$= (1/6.2) \times (2,253,535.7/180,523.3 + -0.052 \times 1,572,775,434.7 \times 520.2/648.2) = 1.941 \text{ MPa}$$

$$f_{hl,v2} = 1/n_h \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{hl,v2}/I_{v2})$$

$$= (1/6.2) \times (2,253,535.7/180,523.3 + -0.052 \times 1,572,775,434.7 \times 520.2/508.2) = 1.957 \text{ MPa}$$

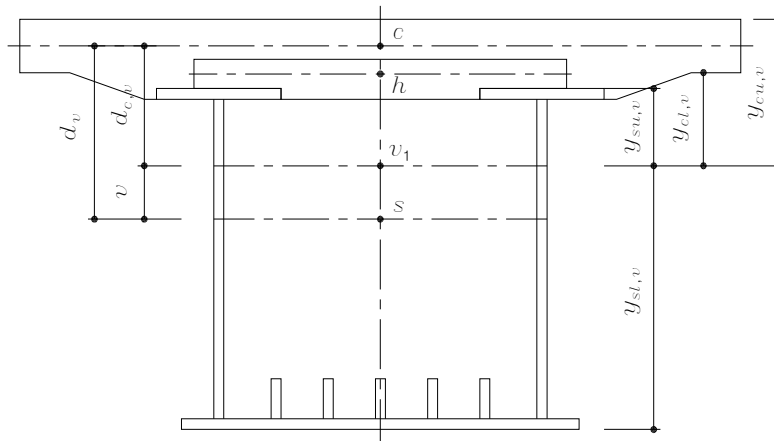
▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v2}/I_{v2}$$

$$= 2,253,535.7/180,523.3 + -0.052 \times 1,572,775,434.7 \times 520.2/117,865,390,753.7 = 12.122 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v2}/I_{v2}$$

$$= 2,253,535.7/180,523.3 + -0.052 \times 1,572,775,434.7 \times -1,303.8/117,865,390,753.7 = 13.388 \text{ MPa}$$



(11) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향 (도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10℃를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

$$d_{h,v} = \delta_{yh} - \delta_{v2} = 974.685 - 608.771 = 365.913 \text{ mm}$$

$$d_{c,v} = \delta_{yc} - \delta_{v2} = 1,089.737 - 608.771 = 480.966 \text{ mm}$$

▪ 온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

▪ Half-Deck 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{vc1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 317,000.0 / 6.2 = 1.258E+06 \text{ N}$$

▪ SLAB 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{vh2} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 855,000.0 / 7.0 = 3.005E+06 \text{ N}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = P_{vc1} + P_{vh2} = 1,257,774.2 + 3,004,714.285714 = 4.262E+06 \text{ N}$$

- P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{vc1} \times d_{h,v} + P_{vh2} \times d_{c,v} = 1,257,774.2 \times 365.9 + 3,004,714.3 \times 481.0 = 1.905E+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$\begin{aligned} f_{cu,v1} &= 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{cu,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t \\ &= (1/7.0) \times (4,262,488.5/261,951.9 + -0.052 \times 1,905,400,649.7 \times 581.2/145,525,752,053.5) \\ &\quad - 27,804.0 \times 0.000120 = -1.068 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{cl,v1} &= 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{cl,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t \\ &= (1/7.0) \times (4,262,488.5/261,951.9 + -0.052 \times 1,905,400,649.7 \times 341.2/145,525,752,053.5) \\ &\quad - 27,804.0 \times 0.000120 = -1.045 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력변화량

$$\begin{aligned} f_{hu,v1} &= 1/n_h \cdot (P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{hu,v}/I_v) - E_h \cdot \epsilon_t \\ &= (1/6.2) \times (4,262,488.5/261,951.9 + -0.052 \times 1,905,400,649.7 \times 431.2/145,525,752,053.5) \\ &\quad - 32,902.0 \times 0.000120 = -1.371 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{hl,v1} &= 1/n_h \cdot (P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{hl,v}/I_v) - E_h \cdot \epsilon_t \\ &= (1/6.2) \times (4,262,488.5/261,951.9 + -0.052 \times 1,905,400,649.7 \times 291.2/145,525,752,053.5) \\ &\quad - 32,902.0 \times 0.000120 = -1.356 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_v \\ &= 4,262,488.5/261,951.9 + -0.052 \times 1,905,400,649.7 \times 303.2/145,525,752,053.5 = 16.066 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_v \\ &= 4,262,488.5/261,951.9 + -0.052 \times 1,905,400,649.7 \times -1,520.8/145,525,752,053.5 = 17.307 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(12) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$\begin{aligned} u &= (V_s + V_{sc} + V_v)/A_w + M_{st}/(2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 354.318/43,200.0 + 79.944/105,269,009.6 + 381.987/105,923,872.7 = 12.567 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\ast u = 12.6 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$\begin{aligned} u &= (V_s + V_{sc} + V_w)/A_w + M_{st}/(2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt})/(2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 354.318/43,200.0 + 79.944/105,269,009.6 + 381.987/105,923,872.7 = 12.567 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\ast u = 12.6 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

- 활하중 재하시

$$\begin{aligned} u &= (V_s + V_{sc} + V_w/2 + V_v)/A_w + M_{st}/(2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}/2 + M_{vt})/(2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 356.349/43,200.0 + 79.944/105,269,009.6 + 392.975/105,923,872.7 = 12.718 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\ast u = 12.7 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

(13) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65 \phi^2 + 0.13 \phi + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0.0$)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

▪ 인장 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

▪ 압축 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.1)

- 압축부의 국부좌굴에 대한 허용응력

(도.설.해 3.4.2.2)

$$b / 10.5 = 10.3 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \textcircled{1} f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 16 = 6.8 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} \geq b / 10.5 = 10.3 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \textcircled{1} f_{ca} = 24,000 (t_u/b)^2 = 296.3 \text{ MPa}$$

- 허용 휨 압축응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2.1)

A_w : 복부판의 총단면적 (mm^2)	$\Rightarrow$	21,600.0 mm^2	$A_w/A_c = 4.500 > 2.0$
A_c : 압축플랜지 총단면적 (mm^2)	$\Rightarrow$	4,800.0 mm^2	
l : 압축플랜지의 고정점간 거리 (mm)	$\Rightarrow$	2,400.0 mm	
b : 압축플랜지 폭 (mm)	$\Rightarrow$	400.0 mm	
$K = \sqrt{3 + (A_w/2A_c)}$	$\Rightarrow$	2.291	

$$8/K = 3.3 < l/b = 2,400.0 / 400.0 = 6.0$$

$$\Rightarrow \textcircled{2} f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$8/K = 3.3 < l/b = 2,400.0 / 400.0 = 6.0 \leq 27.0$$

$$\Rightarrow \textcircled{2} f_{ca} = 215.0 - 2.4 (K \cdot l/b - 7.5) = 215.0 - 2.4 \times (2.291 \times 2,400.0 / 400.0 - 7.5) = 200.3 \text{ MPa}$$

$\therefore$ ①에 허용응력 값이 ②에 허용응력 값보다 작은 경우로 국부좌굴에 대한 허용응력을 사용한다.

$$f_{ca} = 200.3 \text{ MPa}$$

$\therefore f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$ (합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면, π 형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우)

▪ 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1)

- SLAB 허용응력

$$f_{ca} = 0.40 \quad f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$$

($f_{ck} = 27.0 \text{ MPa}$ 사용)

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

- Half-Deck 허용응력

$$f_{ca} = 0.40 \quad f_{ck} = 20.000 \text{ MPa}$$

($f_{ck} = 50.0 \text{ MPa}$ 사용)

$$f_{ta} = 0.07 \quad f_{ck} = 2.500 \text{ MPa}$$

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	Concrete				Half-Deck Concrete			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	10.604	8.861	20.000	20.000
1+5+6	-	-	-	-	8.437	7.026	20.000	20.000
1+2+3+5+6	4.201	2.467	10.800	10.800	11.956	9.402	20.000	20.000
1+2+3+5+6+7+8+9+10	2.917	1.865	10.800	10.800	4.600	3.653	20.000	20.000
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)+11$	1.849	0.820	12.420	12.420	3.229	2.297	23.000	23.000
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)-11$	3.986	2.910	12.420	12.420	5.971	5.008	23.000	23.000
1+2+4+5+6	1.578	0.927	13.500	13.500	4.077	3.170	25.000	25.000
1+2+3+0.5×4+5+6	4.200	2.466	13.500	13.500	6.273	4.654	25.000	25.000
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)$	2.916	1.864	13.500	13.500	-1.083	-1.096	3.125	3.125
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)+11$	1.848	0.819	14.580	14.580	-2.454	-2.452	3.375	3.375
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)-11$	3.984	2.909	14.580	14.580	0.288	0.260	27.000	27.000
하 중 조 합	Steel							
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)					
	상 연	하 연	상 연	하 연				
1	55.863	-84.988	200.318	215.000				
1+5+6	62.473	-77.473	215.000	215.000				
1+2+3+5+6	77.816	-154.423	215.000	215.000				
1+2+3+5+6+7+8+9+10	109.385	-120.148	247.250	215.000				
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)+11$	125.450	-102.840	279.500	247.250				
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)-11$	93.319	-137.455	279.500	247.250				
1+2+4+5+6	38.303	-60.841	268.750	268.750				
1+2+3+0.5×4+5+6	47.878	-108.862	268.750	268.750				
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)$	79.447	-74.587	268.750	268.750				
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)+11$	95.513	-57.280	290.250	290.250				
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)-11$	63.381	-91.894	290.250	290.250				

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(14) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.078	0.156	0.010	0.010	0.088	0.166	0.K !!	0.K !!
1+5+6	0.084	0.130	0.010	0.010	0.095	0.140	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.131	0.516	0.010	0.010	0.141	0.526	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7+8+9+10	0.196	0.312	0.010	0.010	0.206	0.322	0.K !!	0.K !!
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)+11$	0.201	0.173	0.010	0.010	0.212	0.183	0.K !!	0.K !!
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)-11$	0.111	0.309	0.010	0.010	0.122	0.319	0.K !!	0.K !!
1+2+4+5+6	0.020	0.051	0.007	0.007	0.027	0.058	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.032	0.164	0.007	0.007	0.038	0.171	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)$	0.087	0.077	0.007	0.007	0.094	0.084	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)+11$	0.108	0.039	0.007	0.007	0.115	0.046	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)-11$	0.048	0.100	0.007	0.007	0.054	0.107	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{125.450}{279.500}\right)^2 + \left(\frac{12.567}{125.000}\right)^2 = 0.201 + 0.010 = 0.212 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{-154.423}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{12.567}{125.000}\right)^2 = 0.516 + 0.010 = 0.526 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

(15) 판의 최소두께 검토

- 압축(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.1, 3.4.2.2, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 108.0 / 16.0 = 6.8 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$$

$$(\text{합성형 스테드 설치시}) \quad t_{min} = 10.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$$

- 인장(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$$

$$t_{min} = \text{Rib 간격}/80 = 2,400.0 / (3 \times 80) = 10.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1, 3.8.4.2)

- 합 성 전

$$t_{min} = b/(206 \times 1.200) = 1,800.0 / (206 \times 1.200) = 7.3 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(215.0 / 55.863)} = 1.96 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

- 합 성 후

$$t_{min} = b/(206 \times 1.200) = 606.5 / (206 \times 1.200) = 2.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(215.0 / 125.450)} = 1.31 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(16) 항복에 대한 안전도 검사

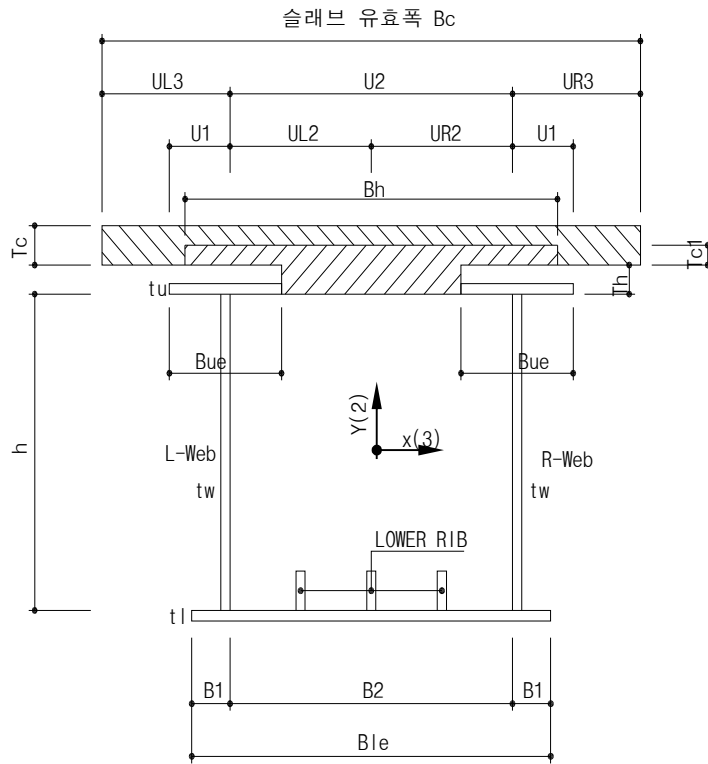
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Concrete				Half-Deck Concrete			
	작용응력(MPa)		허용응력 (MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력 (MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	13.786	11.519	30.000	0.K !!
1+5+6	-	-	-	-	11.618	9.684	30.000	0.K !!
1+2+3+11	6.621	3.469	16.200	0.K !!	18.856	14.513	30.000	0.K !!
1+2+3-11	8.758	5.559	16.200	0.K !!	21.598	17.225	30.000	0.K !!
1+2+3+5+6	7.689	4.514	16.200	0.K !!	18.060	14.034	30.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7+8+9+10	6.405	3.913	16.200	0.K !!	10.703	8.284	30.000	0.K !!
Σ(1~3)+Σ(5~10)+11	5.337	2.868	16.200	0.K !!	9.332	6.928	30.000	0.K !!
Σ(1~3)+Σ(5~10)-11	7.474	4.958	16.200	0.K !!	12.075	9.640	30.000	0.K !!
1+2+4+5+6	2.053	1.205	16.200	0.K !!	5.951	4.673	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+11	6.620	3.469	16.200	0.K !!	18.855	14.513	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4-11	8.757	5.559	16.200	0.K !!	21.597	17.224	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	7.688	4.514	16.200	0.K !!	10.672	7.861	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+Σ(5~10)	6.404	3.912	16.200	0.K !!	3.316	2.111	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+Σ(5~10)+11	5.336	2.867	16.200	0.K !!	1.944	0.755	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+Σ(5~10)-11	7.472	4.957	16.200	0.K !!	4.687	3.467	30.000	0.K !!
하 중 조 합	Steel							
	작용응력(MPa)		허용응력 (MPa)	판 별				
	상 연	하 연						
1	72.622	-110.484	355.000	0.K !!				
1+5+6	79.232	-102.969	355.000	0.K !!				
1+2+3+11	116.769	-234.012	355.000	0.K !!				
1+2+3-11	84.638	-268.627	355.000	0.K !!				
1+2+3+5+6	107.313	-243.804	355.000	0.K !!				
1+2+3+5+6+7+8+9+10	138.882	-209.529	355.000	0.K !!				
Σ(1~3)+Σ(5~10)+11	154.948	-193.464	355.000	0.K !!				
Σ(1~3)+Σ(5~10)-11	121.575	-226.837	355.000	0.K !!				
1+2+4+5+6	47.814	-81.360	355.000	0.K !!				
1+2+3+0.5×4+11	116.765	-233.991	355.000	0.K !!				
1+2+3+0.5×4-11	84.634	-268.606	355.000	0.K !!				
1+2+3+0.5×4+5+6	68.395	-184.581	355.000	0.K !!				
1+2+3+0.5×4+Σ(5~10)	99.964	-150.306	355.000	0.K !!				
1+2+3+0.5×4+Σ(5~10)+11	116.030	-132.999	355.000	0.K !!				
1+2+3+0.5×4+Σ(5~10)-11	83.898	-167.614	355.000	0.K !!				

[G1 : 최대모멘트] : 절점 34 로 부터 이격거리 1.248 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM520B

$B_c = 4,500.0$ mm

$U_{L3} = 1,000.0$ mm

$U_{R3} = 1,100.0$ mm

$B_h = 2,500.0$ mm

$U_1 = 120.0$ mm

$U_{L2} = 1,200.0$ mm

$U_{R2} = 1,200.0$ mm

상부 플랜지 유효폭

$B_{ue} = 400.0$ mm

하부 플랜지 유효폭

$B_{le} = 2,640.0$ mm

$B_1 = 120.0$ mm

$B_2 = 2,400.0$ mm

$T_c = 240.0$ mm

$T_{c1} = 90.0$ mm

$T_h = 50.0$ mm

$h = 1,800.0$ mm

$\Theta_L = 0.000$ °

$\Theta_R = 0.000$ °

구 분	단 위	입력 Data
E_s : 강재 탄성계수	MPa	205,000.0
E_c : 콘크리트의 탄성계수	MPa	27,804.0
E_h : Half-Deck 콘크리트의 탄성계수	MPa	32,902.0
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율	-	0.000270
ϵ_h : Half-Deck 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율	-	0.000225
ϵ_{hs} : Half-Deck 콘크리트의 초기건조수축율	-	0.000045
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수	-	0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수	-	4.0
ϕ_{d1} : Half-Deck 콘크리트의 최종 크리이프 계수	-	1.5
ϕ_{d0} : Half-Deck 콘크리트의 초기 크리이프 계수	-	0.5
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비	-	7.0
n_h : 강과 Half-Deck 콘크리트의 탄성계수비	-	6.2
Δt : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10.0
M_{s1} : 합성전 고정하중(자중)에 의한 모멘트	kN·m	1,086.490
M_{s2} : 합성전 고정하중(바닥판)에 의한 모멘트	kN·m	1,996.240
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	1,119.870
M_w : 풍하중에 의한 모멘트	kN·m	26.832
M_v : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	3,988.590
V_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-52.156
V_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-30.461
V_w : 풍하중에 의한 전단력	kN	-10.297
V_v : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	-323.552
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	4.585
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-57.857
M_{wt} : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN·m	43.278
M_{vt} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	436.079

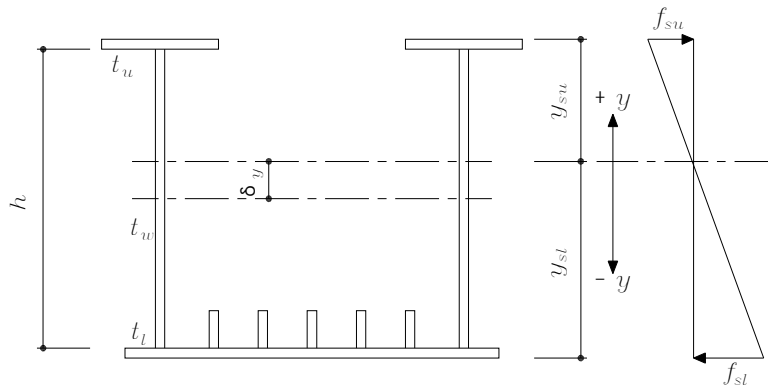
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

X(3)축 방향 단면 제원

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.	2 - 400.0 × 12.0	9,600.0	906.0	8.698E+06	7.880E+09	1.152E+05
UPPER RIB	0 - 0.0 × 0.0	0.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
LOWER RIB	2 - 150.0 × 12.0	3,600.0	-825.0	-2.970E+06	2.450E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	-906.0	-2.870E+07	2.600E+10	3.802E+05
강재 단면 합계		88,080.0	-	-2.297E+07	3.633E+10	1.167E+10
RC. SLAB	1 - 2,500.0 × 150.0	375,000.0	1,115.0	4.181E+08	4.662E+11	7.031E+08
RC. SLAB	1 - 950.0 × 240.0	228,000.0	1,070.0	2.440E+08	2.610E+11	1.094E+09
RC. SLAB	1 - 1,050.0 × 240.0	252,000.0	1,070.0	2.696E+08	2.885E+11	1.210E+09
SLAB 단면 합계		855,000.0	-	9.317E+08	1.016E+12	3.007E+09
Half-deck	1 - 2,500.0 × 90.0	225,000.0	995.0	2.239E+08	2.228E+11	1.519E+08
	1 - 1,840.0 × 50.0	92,000.0	925.0	8.510E+07	7.872E+10	1.917E+07
Half-deck 단면 합계		317,000.0	-	3.090E+08	3.015E+11	1.710E+08
※ $A_s = 88,080.0 \text{ mm}^2$ $A_{c1} = 855,000.0 \text{ mm}^2$ $A_h = 317,000.0 \text{ mm}^2$						

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 강재에 의한 도심축 이동량

$$\delta_{ys} = \sum A_s Y / \sum A_s = -22,974,480.0 / 88,080.0 = -260.837 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xos} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_{ys}^2 = 11,671,245,360.0 + 36,334,360,080.0 - 88,080.0 \times (-260.837)^2 = 4.201E+10 \text{ mm}^4$$

- Half-Deck에 의한 도심축 이동량

$$\delta_{yh} = \sum A_h Y / \sum A_h = 308,975,000.0 / 317,000.0 = 974.685 \text{ mm}$$

- Half-Deck의 단면2차 모멘트

$$I_h = \sum I_{xoh} + \sum A_h Y^2 - A_h \cdot \delta_y^2 = 171,041,666.7 + 301,473,125,000.0 - 317,000.0 \times 974.685^2 = 4.910E+08 \text{ mm}^4$$

▪ 합성 단면에 의한 도심축 이동량

$$\delta_{v1} = (\sum A_s Y + \sum A_h Y / n_h) / (\sum A_s + \sum A_h / n_h)$$

$$= (-22,974,480.0 + 308,975,000.0/6.2) / (88,080.0 + 317,000.0/6.2) = 192.949 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{33} = (\sum I_{xos} + \sum I_{xoh} / n_h) + (\sum A_s Y^2 + \sum A_h Y^2 / n_h) - (A_s + A_h / n_h) \cdot \delta_{v1}^2$$

$$= (11,671,245,360.0 + 171,041,666.7/6.2) + (36,334,360,080.0 + 301,473,125,000.0/6.2) - (88,080.0 + 317,000.0/6.2) \times 192.9^2 = 9.148E+10 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{v1} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 192.949 = 847.051 \text{ mm}$$

$$y_{hl} = y_{hu} - (T_{c1} + T_h) = 847.1 - (90.0 + 50.0) = 707.051 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 강재 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_{v1} = 1,800.0 / 2 + 12.0 - 192.949 = 719.051 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_{v1} \} = -\{ 1,800.0 / 2 + 12.0 + 192.949 \} = -1,104.949 \text{ mm}$$

▪ Half-Deck 응력 검토

- 자중(강재+Half-Deck)

$$f_{hut} = M_{st} \cdot y_{hu} / (I_{33} \cdot n_h) = 1,086.49 \times 847.1 / (91,475,251,058.1 \times 6.2) = 1.623 \text{ MPa}$$

$$f_{hlt} = M_{st} \cdot y_{hl} / (I_{33} \cdot n_h) = 1,086.49 \times 707.1 / (91,475,251,058.1 \times 6.2) = 1.355 \text{ MPa}$$

-바닥판 하중

$$f_{hu2} = M_{s2} \cdot y_{hu} / (I_{33} \cdot n_h) = 1,996.24 \times 847.1 / (91,475,251,058.1 \times 6.2) = 2.981 \text{ MPa}$$

$$f_{hl2} = M_{s2} \cdot y_{hl} / (I_{33} \cdot n_h) = 1,996.24 \times 707.1 / (91,475,251,058.1 \times 6.2) = 2.489 \text{ MPa}$$

▪ 플랜지 응력 검토

- 자중(강재+Half-Deck)

$$f_{sut} = M_{st} \cdot y_{su} / I_{33} = 1,086.49 \times 719.1 / 91,475,251,058.1 = 8.540 \text{ MPa}$$

$$f_{slt} = M_{st} \cdot y_{sl} / I_{33} = 1,086.49 \times -1,104.9 / 91,475,251,058.1 = -13.124 \text{ MPa}$$

-바닥판 하중

$$f_{su2} = M_{s2} \cdot y_{su} / I_{33} = 1,996.24 \times 719.1 / 91,475,251,058.1 = 15.692 \text{ MPa}$$

$$f_{sl2} = M_{s2} \cdot y_{sl} / I_{33} = 1,996.24 \times -1,104.9 / 91,475,251,058.1 = -24.113 \text{ MPa}$$

▪ 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$B_w = UL_2 + UR_2 + t_w/2 \times 2ea = 1,200.0 + 1,200.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm}$$

$$B_l = B_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm}$$

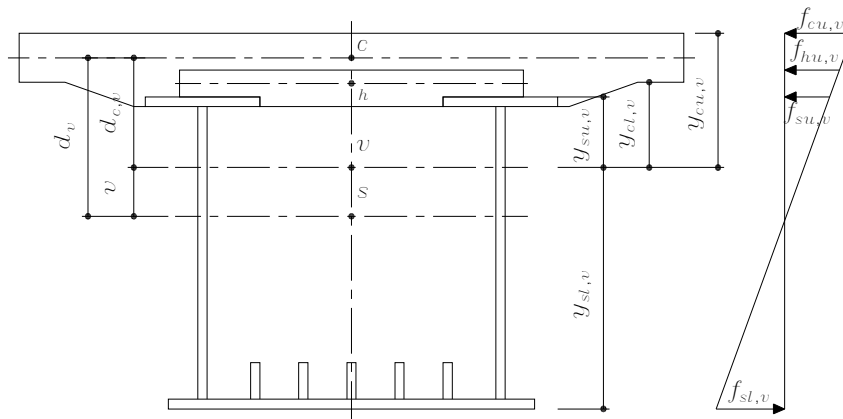
$$H = h + (\text{환산두께})/2 + t_l/2 = 1,800.0 + 24.989 / 2 + 12.0 / 2 = 1,818.495 \text{ mm}$$

$$\text{전단탄성계수비 } n_{hs} = G_s / G_h = 79,000.0 / 14,100.9 = 5.6$$

$$F = (B_u + B_l)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0)/2 \times 1,818.5 = 4.386E+06 \text{ mm}^2$$

$$U = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 52.156 / 43,200.0 + 4.585 / (2 \times 4,386,208.7 \times 12.0) = 1.251 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- SLAB에 의한 도심축 이동량

$$\delta_{yc} = \sum A_c Y / \sum A_c = 931,725,000.0 / 855,000.0 = 1,089.737 \text{ mm}$$

- SLAB의 단면2차 모멘트

$$I_c = \sum I_{xoc} + \sum A_c Y^2 - A_c \cdot \delta_{yc}^2 = 3,007,125,000.0 + 1,015,761,375,000.0 - 855,000.0 \times 1,089.737^2 = 3.433\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

- 탄성계수비에 의한 환산 단면계수

구 분	n	$A_v(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,080.0	-260.8	-2.297E+07	5.993E+09	4.201E+10	
Half-Deck	6.2	51,129.0	974.7	4.983E+07	4.857E+10	7.920E+07	
SLAB	7.0	122,142.9	1,089.7	1.331E+08	1.450E+11	4.905E+08	
합 계	-	261,351.9	1,803.6	1.600E+08	1.996E+11	4.258E+10	

- 합성단면 도심축 이동량

$$\delta_{v2} = \sum AY / \sum A = 159,963,768.8 / 261,351.9 = 612.063 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = \sum I_{xo} + \sum AY^2 - A \cdot \delta_{v2}^2 = 42,582,708,927.9 + 199,613,538,601.2 - 261,351.9 \times 612.063^2 = 1.443\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면 도심축에서 SLAB 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{cu,v} = h/2 + (T_c + T_h) - \delta_{v2} = 1,800.0/2 + (240.0 + 50.0) - 612.063 = 577.937 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v} = d_{cu,v} - T_c = 577.937 - 240.0 = 337.937 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,v} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{v2} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 612.063 = 427.937 \text{ mm}$$

$$y_{hl,v} = d_{hu,v} - (T_{c1} + T_h) = 427.937 - (90.0 + 50.0) = 287.937 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심축에서 강재 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = h/2 + t_u - \delta_{v2} = 1,800.0 / 2 + 12.0 - 612.063 = 299.937 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = d_{su,v} - (h + t_u + t_l) = 299.937 - (1,800.0 + 12.0 + 12.0) = -1,524.063 \text{ mm}$$

- SLAB 응력 검토

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \times n) = 1,119.87 \times 577.9 / (144,288,375,492.3 \times 7.0) = 0.641 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \times n) = 1,119.87 \times 337.9 / (144,288,375,492.3 \times 7.0) = 0.375 \text{ MPa}$$

▪ Half-Deck 응력 검토

$$\begin{aligned} f_{hu,v} &= M_{sc} \cdot y_{hu,v} / (I_v \times n) = 1,119.87 \times 427.9 / (144,288,375,492.3 \times 6.2) = 0.536 \text{ MPa} \\ f_{hl,v} &= M_{sc} \cdot y_{hl,v} / (I_v \times n) = 1,119.87 \times 287.9 / (144,288,375,492.3 \times 6.2) = 0.360 \text{ MPa} \end{aligned}$$

▪ 플랜지 응력 검토

$$\begin{aligned} f_{su,v} &= M_{sc} \cdot y_{su,v} / (I_v \times n) = 1,119.87 \times 299.9 / (144,288,375,492.3 \times 1.0) = 2.328 \text{ MPa} \\ f_{sl,v} &= M_{sc} \cdot y_{sl,v} / (I_v \times n) = 1,119.87 \times -1,524.1 / (144,288,375,492.3 \times 1.0) = -11.829 \text{ MPa} \end{aligned}$$

▪ 부재의 전단응력 검토 (도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$\begin{aligned} B_w &= UL_2 + UR_2 + t_w/2 \times 2ea = 1,200.0 + 1,200.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm} \\ B_l &= B_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm} \\ H &= h + (\text{환산두께})/2 + tl/2 = 1,800.0 + 47.6/2 + 12.0/2 = 1,829.807 \text{ mm} \\ \text{전단탄성계수비 } n_{hs} &= G_s/G_c = 79,000.0 / 11,916.0 = 6.6 \\ F_v &= (B_u + B_l)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0)/2 \times 1,829.8 = 4.413E+06 \text{ mm}^2 \\ u &= V_{sc}/A_w + M_{sct}/(2 \cdot F \cdot t_w) \\ &= 30.461 / 43,200.0 + 57.857 / (2 \times 4,413,494.7 \times 12.0) = 1.251 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(3) 활 하 중

▪ SLAB 응력 검토

$$\begin{aligned} f_{cu,v} &= M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \times n) = 3,988.59 \times 577.9 / (144,288,375,492.3 \times 7.0) = 2.282 \text{ MPa} \\ f_{cl,v} &= M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \times n) = 3,988.59 \times 337.9 / (144,288,375,492.3 \times 7.0) = 1.335 \text{ MPa} \end{aligned}$$

▪ Half-Deck 응력 검토

$$\begin{aligned} f_{hu,v} &= M_v \cdot y_{hu,v} / (I_v \times n) = 3,988.59 \times 427.9 / (144,288,375,492.3 \times 6.2) = 1.908 \text{ MPa} \\ f_{hl,v} &= M_v \cdot y_{hl,v} / (I_v \times n) = 3,988.59 \times 287.9 / (144,288,375,492.3 \times 6.2) = 1.284 \text{ MPa} \end{aligned}$$

▪ 플랜지 응력 검토

$$\begin{aligned} f_{su,v} &= M_v \cdot y_{su,v} / (I_v \times n) = 3,988.59 \times 299.9 / (144,288,375,492.3 \times 1.0) = 8.291 \text{ MPa} \\ f_{sl,v} &= M_v \cdot y_{sl,v} / (I_v \times n) = 3,988.59 \times -1,524.1 / (144,288,375,492.3 \times 1.0) = -42.130 \text{ MPa} \end{aligned}$$

▪ 부재의 전단응력 검토 (도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$\begin{aligned} B_w &= UL_2 + UR_2 + t_w/2 \times 2ea = 1,200.0 + 1,200.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm} \\ B_l &= B_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm} \\ H &= h + (\text{환산두께})/2 + tl/2 = 1,800.0 + 47.6/2 + 12.0/2 = 1,829.807 \text{ mm} \\ \text{전단탄성계수비 } n_{hs} &= G_s/G_c = 79,000.0 / 11,916.0 = 6.6 \\ F &= (B_u + B_l)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0)/2 \times 1,829.8 = 4.413E+06 \text{ mm}^2 \\ u &= V_v/A_w + M_{vt}/(2 \cdot F \cdot t_w) \\ &= 323.552 / 43,200.0 + 436.079 / (2 \times 4,413,494.7 \times 12.0) = 11.607 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

▪ SLAB 응력 검토

$$\begin{aligned} f_{cu,v} &= M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \times n) = -10.30 \times 577.9 / (144,288,375,492.3 \times 7.0) = -0.006 \text{ MPa} \\ f_{cl,v} &= M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \times n) = -10.30 \times 337.9 / (144,288,375,492.3 \times 7.0) = -0.003 \text{ MPa} \end{aligned}$$

▪ Half-Deck 응력 검토

$$\begin{aligned} f_{hu,v} &= M_w \cdot y_{hu,v} / (I_v \times n) = -10.30 \times 427.9 / (144,288,375,492.3 \times 6.2) = -0.005 \text{ MPa} \\ f_{hl,v} &= M_w \cdot y_{hl,v} / (I_v \times n) = -10.30 \times 287.9 / (144,288,375,492.3 \times 6.2) = -0.003 \text{ MPa} \end{aligned}$$

▪ 플랜지 응력 검토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / (I_v \times n) = -10.30 \times 299.9 / (144,288,375,492.3 \times 1.0) = -0.021 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / (I_v \times n) = -10.30 \times -1,524.1 / (144,288,375,492.3 \times 1.0) = 0.109 \text{ MPa}$$

▪ 부재의 전단응력 검토 (도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$B_w = UL_2 + UR_2 + t_w / 2 \times 2ea = 1,200.0 + 1,200.0 + 12.0 / 2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm}$$

$$B_l = B_2 + t_w / 2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm}$$

$$H = h + (\text{환산두께}) / 2 + t_l / 2 = 1,800.0 + 47.6 / 2 + 12.0 / 2 = 1,829.807 \text{ mm}$$

$$\text{전단탄성계수비 } n_{hs} = G_s / G_c = 79,000.0 / 11,916.0 = 6.6$$

$$F = (B_u + B_l) / 2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 1,829.8 = 4.413E+06 \text{ mm}^2$$

$$U = V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 10.297 / 43,200.0 + 43.278 / (2 \times 4,413,494.7 \times 12.0) = 0.647 \text{ MPa}$$

(5) Half-Deck 초기 크리프 손실

$$k = 0.568 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_{h1} = n_h \cdot (1 + \phi_{d0} / 2) = 6.2 \times (1 + 0.5 / 2) = 7.750$$

$$d_{vh1} = \delta_{yh} - \delta_{ys} = 974.685 - -260.837 = 1,235.521 \text{ mm}$$

$$d_{vh1,s} = d_{vh1} \cdot A_s / (A_s + A_h / n_h) = 1,235.5 \times 88,080.0 / (88,080.0 + 317,000.0 / 6.2) = 781.736 \text{ mm}$$

▪ 탄성계수비에 의한 환산 단면계수

구 분	n	$A_{vh1}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ovh1}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,080.0	-260.8	-2.297E+07	5.993E+09	4.201E+10	
Half-Deck	7.8	40,903.2	974.7	3.987E+07	3.886E+10	6.336E+07	
합 계	-	128,983.2		1.689E+07	4.485E+10	4.208E+10	

▪ 강재와 Half-Deck 합성단면 도심축 이동량

$$d_{h,s} = \sum AY / \sum A = 16,893,261.9 / 128,983.2 = 130.973 \text{ mm}$$

▪ 강재와 Half-Deck 합성단면 도심에서 Half-Deck 도심까지 거리

$$d_{h,hs} = \delta_{yh} - d_{h,s} = 974.685 - 130.973 = 843.712 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{vh1} = \sum I_{ovh1} + \sum AY^2 - A \cdot d_{h,s}^2$$

$$= 42,076,378,350.4 + 44,851,055,046.6 - 128,983.2 \times 130.973^2 = 8.471E+10 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,vh1} = h / 2 + (T_{c1} + T_h) - d_{h,s} = 1,800.0 / 2 + (90.0 + 50.0) - 130.973 = 909.027 \text{ mm}$$

$$y_{hl,vh1} = y_{hu,vh1} - (T_c + T_h) = 909.027 - (90.0 + 50.0) = 769.027 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,vh1} = h / 2 + t_u - d_{h,s} = 1,800.00 / 2 + 12.0 - 130.973 = 781.027 \text{ mm}$$

$$y_{sl,vh1} = y_{hu,vh1} - (h + t_u + t_l) = 781.027 - (1,800.0 + 12.0 + 12.0) = -1,042.973 \text{ mm}$$

▪ 크리프를 일으키기 전, 합성전 고정하중에 의해 Half-Deck 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_{hi} = M_{st} \cdot d_{vh1,s} \cdot A_h / (n_h \cdot I_{33})$$

$$= 1,086.5 \times 781.7 \times 317,000.0 / (6.2 \times 91,475,251,058.1) = 4.747E+05 \text{ N}$$

▪ 강재보와 결함으로 인해 Half-Deck에 생기는 압축력

$$P_{phi hi} = N_{hi} \cdot 2 \cdot \phi_{d0} / (2 + \phi_{d0}) = 474,733.3 \times 2 \times 0.5 / (2 + 0.5) = 1.899E+05 \text{ N}$$

- $P_{\phi hi}$ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{\phi hi} = P_{\phi hi} \times d_{h,hs} = 189,893.3 \times 843.7 = 1.602E+08 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- Half-Deck콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{h1} = E_h / (1 + \phi_{d0} / 2) = 32,902.0 / (1 + 0.5 / 2) = 26,321.600 \text{ MPa}$$

- Half-Deck 상·하부 플랜지에 작용하는 응력

$$f_{hu} = M_s \cdot y_{hu} / (I_{33} \cdot n_h) = 1,086.49 \times 847.1 / (91,475,251,058.1 \times 6.2) = 1.623 \text{ MPa}$$

$$f_{hl} = M_s \cdot y_{hl} / (I_{33} \cdot n_h) = 1,086.49 \times 707.1 / (91,475,251,058.1 \times 6.2) = 1.355 \text{ MPa}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{hu,vh1} &= 1/n_{h1} \cdot (P_{\phi hi} / A_{vh1} + k \cdot M_{\phi hi} \cdot y_{hu,vh1} / I_{vh1}) - E_{h1} \cdot f_{hu} \cdot \phi_{d0} / E_h \\ &= (1/7.8) \times (189,893.3 / 128,983.2 + 0.568 \times 160,215,287.0 \times 909.0 / 84,714,879,810.8) \\ &\quad - 26,321.6 \times 1.623 \times 0.5 / 32,902.0 = -0.333 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{hl,vh1} &= 1/n_{h1} \cdot (P_{\phi hi} / A_{vh1} + k \cdot M_{\phi hi} \cdot y_{hl,vh1} / I_{vh1}) - E_{h1} \cdot f_{hl} \cdot \phi_{d0} / E_h \\ &= (1/7.8) \times (189,893.3 / 128,983.2 + 0.568 \times 160,215,287.0 \times 769.0 / 84,714,879,810.8) \\ &\quad - 26,321.6 \times 1.355 \times 0.5 / 32,902.0 = -0.245 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,vh1} &= P_{\phi hi} / A_{vh1} + k \cdot M_{\phi hi} \cdot y_{su,vh1} / I_{vh1} \\ &= 189,893.3 / 128,983.2 + 0.568 \times 160,215,287.0 \times 781.0 / 84,714,879,810.8 = 2.312 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,vh1} &= P_{\phi hi} / A_{vh1} + k \cdot M_{\phi hi} \cdot y_{sl,vh1} / I_{vh1} \\ &= 189,893.3 / 128,983.2 + 0.568 \times 160,215,287.0 \times -1,043.0 / 84,714,879,810.8 = 0.351 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(6) Half-Deck 초기 건조수축 손실

$$k = 0.568 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_{h2} = n_h \cdot (1 + 2 \cdot \phi_{d0} / 2) = 6.2 \times (1 + 2 \times 0.5 / 2) = 9.300$$

구 분	n	$A_{vh2}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ovh2}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,080.0	-260.8	-2.297E+07	5.993E+09	4.201E+10	
Half-Deck	9.3	34,086.0	974.7	3.322E+07	3.238E+10	5.280E+07	
합 계	-	122,166.0		1.025E+07	3.837E+10	4.207E+10	

- 강재와 Half-Deck 합성단면 도심축 이동량

$$d_{h,s} = \sum AY / \sum A = 10,248,638.3 / 122,166.0 = 83.891 \text{ mm}$$

- 강재와 Half-Deck 합성단면 도심에서 Half-Deck 도심까지 거리

$$d_{h,hs} = \delta_{yh} - d_{h,s} = 974.685 - 83.891 = 890.793 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$\begin{aligned} I_{vh2} &= \sum I_{ovh2} + \sum AY^2 - A \cdot d_{h,s}^2 \\ &= 42,065,818,993.0 + 38,374,643,077.9 - 122,166.0 \times 83.891^2 = 7.958E+10 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,vh2} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - d_{h,s} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 83.891 = 956.109 \text{ mm}$$

$$y_{hl,vh2} = y_{hu,vh2} - (T_{c1} + T_h) = 956.109 - (90.0 + 50.0) = 816.109 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,vh2} = h/2 + t_u - d_{h,s} = 1,800.00/2 + 12.0 - 83.891 = 828.109 \text{ mm}$$

$$y_{sl,vh2} = y_{hu,vh2} - (h + t_u + t_l) = 828.109 - (1,800.0 + 12.0 + 12.0) = -995.891 \text{ mm}$$

- Half-Deck 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{vhi} = E_s \cdot \epsilon_{hs} \cdot A_h / n_{h2} = 205,000.0 \times 0.000045 \times 317,000.0 / 9.3 = 3.144E+05 \text{ N}$$

- P_{vhi} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{vhi} = P_{vhi} \times d_{h,hs} = 314,443.5 \times 890.8 = 2.801E+08 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{h2} = E_s / n_{h2} = 205,000.0 / 9.3 = 22,043.011 \text{ MPa}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력변화량

$$\begin{aligned} f_{hu,vh2} &= 1/n_{h2} \cdot (P_{vhi}/A_{vh2} + k \cdot M_{vhi} \cdot y_{hu,vh2}/I_{vh2}) - E_{h2} \cdot \epsilon_{hs} \\ &= (1/9.3) \times (314,443.5/122,166.0 + 0.568 \times 280,104,260.4 \times 956.1/79,580,692,838.0) \\ &\quad - 22,043.0 \times 0.000045 = -0.509 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{hl,vh2} &= 1/n_{h2} \cdot (P_{vhi}/A_{vh2} + k \cdot M_{vhi} \cdot y_{hl,vh2}/I_{vh2}) - E_{h2} \cdot \epsilon_{hs} \\ &= (1/9.3) \times (314,443.5/122,166.0 + 0.568 \times 280,104,260.4 \times 816.1/79,580,692,838.0) \\ &\quad - 22,043.0 \times 0.000045 = -0.540 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,vh2} &= P_{vhi}/A_{vh2} + k \cdot M_{vhi} \cdot y_{su,v2}/I_{vh2} \\ &= 314,443.5/122,166.0 + 0.568 \times 280,104,260.4 \times 828.1/79,580,692,838.0 = 4.231 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,vh2} &= P_{vhi}/A_{vh2} + k \cdot M_{vhi} \cdot y_{sl,v2}/I_{vh2} \\ &= 314,443.5/122,166.0 + 0.568 \times 280,104,260.4 \times -995.9/79,580,692,838.0 = 0.582 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(7) Half-Deck 최종 크리프 손실

$$k = 0.561 \quad ※ \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_{h3} = n_h \cdot (1 + \phi_{d1}/2) = 6.2 \times (1 + 1.5/2) = 10.850$$

$$d_{vh2} = \delta_{yh} - \delta_{v2} = 974.685 - 612.063 = 362.622 \text{ mm}$$

$$d_{vh2,s} = (y_{hu,v} + y_{hl,v}) / 2 = (427.9 + 287.9) / 2 = 357.937 \text{ mm}$$

- 탄성계수비에 의한 환산 단면계수

구 분	n	$A_{vh3}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ovh3}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,080.0	-260.8	-2.297E+07	5.993E+09	4.201E+10	
Half-Deck	10.9	29,216.6	974.7	2.848E+07	2.776E+10	4.525E+07	
SLAB	7.0	122,142.9	1,089.7	1.331E+08	1.450E+11	4.905E+08	
합 계	-	239,439.4	1,803.6	1.386E+08	1.788E+11	4.255E+10	

- 합성단면 도심축 이동량

$$\delta_{v3} = \sum AY / \sum A = 138,606,050.0 / 239,439.4 = 578.877 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 Half-Deck 도심까지 거리

$$d_{h,hs} = \delta_{yh} - \delta_{v3} = 974.685 - 578.877 = 395.807 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$\begin{aligned} I_{vh3} &= \sum I_{ovh3} + \sum AY^2 - A \cdot \delta_{v3}^2 \\ &= 42,548,768,136.2 + 178,796,500,130.3 - 239,439.4 \times 578.877^2 = 1.411E+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 합성단면 도심축에서 SLAB 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{cu,vh3} = h/2 + (T_c + T_h) - \delta_{v3} = 1,800.0/2 + (240.0 + 50.0) - 578.877 = 611.123 \text{ mm}$$

$$y_{cl,vh3} = y_{cu,vh3} - T_c = 611.123 - 240.0 = 371.123 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,vh3} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{v3} = 1,800.0/2 + (90.0+50.0) - 578.877 = 461.123 \text{ mm}$$

$$y_{hl,vh3} = y_{hu,vh3} - (T_{c1} + T_h) = 461.123 - (90.0+50.0) = 321.123 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,vh3} = h/2 + t_u - \delta_{v3} = 1,800.00/2 + 12.0 - 578.877 = 333.123 \text{ mm}$$

$$y_{sl,vh3} = y_{su,vh3} - (h + t_u + t_l) = 333.123 - (1,800.0+12.0+12.0) = -1,490.877 \text{ mm}$$

- Half-Deck 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_{he} = N_{hi} + (f_{hu2} + f_{hl2} + f_{hu,v} + f_{hl,v} + f_{hu,vh1} + f_{hl,vh1} + f_{hu,vh2} + f_{hl,vh2})/2 \cdot A_h \cdot d_{vh2}/d_{vh2,s}$$

$$= 474,733.3 + (2.675+2.064)/2 \times 317,000.0 \times 362.6 / 357.9 = 1.236E+06 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 Half-Deck에 생기는 압축력

$$P_{\phi he} = N_{he} \cdot 2 \cdot \phi_{d1} / (2 + \phi_{d1}) = 1,235,689.6 \times 2 \times 1.5 / (2 + 1.5) = 1.059E+06 \text{ N}$$

- $P_{\phi he}$ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{\phi he} = P_{\phi he} \times d_{h,hs} = 1,059,162.5 \times 395.8 = 4.192E+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{h3} = E_h / (1 + \phi_{d1} / 2) = 32,902.0 / (1 + 1.5 / 2) = 18,801.143 \text{ MPa}$$

$$\sum f_{hu} = f_{hut} + f_{hu2} + f_{hu,v} + f_{hu,vh1} + f_{hu,vh2}$$

$$= 1.623 + 2.981 + 0.536 + -0.333 + -0.509 = 4.297 \text{ MPa}$$

$$\sum f_{hl} = f_{hl1} + f_{hl2} + f_{hl,v} + f_{hl,vh1} + f_{hl,vh2}$$

$$= 1.355 + 2.489 + 0.360 + -0.245 + -0.540 = 3.419 \text{ MPa}$$

- SLAB 콘크리트의 응력 변화량

$$f_{cu,vh3} = 1/n \cdot (P_{\phi he}/A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{cu,vh3}/I_{vh3})$$

$$= (1/7.0) \times (1,059,162/239,439 + 0.561 \times 419,224,227 \times 611/141,109,378,466) = 0.778 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,vh3} = 1/n \cdot (P_{\phi he}/A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{cl,vh3}/I_{vh3})$$

$$= (1/7.0) \times (1,059,162/239,439 + 0.561 \times 419,224,227 \times 371/141,109,378,466) = 0.720 \text{ MPa}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력 변화량

$$f_{hu,vh3} = 1/n_{h3} \cdot (P_{\phi he}/A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{hu,vh3}/I_{vh3}) - E_{h3} \cdot \sum f_{hu} \cdot \phi_{d1}/E_h$$

$$= (1/10.9) \times (1,059,162.5/239,439.4 + 0.561 \times 419,224,227.2 \times 461.1/141,109,378,465.6)$$

$$- 18,801.1 \times 4.297 \times 1.5/32,902.0 = -3.205 \text{ MPa}$$

$$f_{hl,vh3} = 1/n_{h3} \cdot (P_{\phi he}/A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{hl,vh3}/I_{vh3}) - E_{h3} \cdot \sum f_{hl} \cdot \phi_{d1}/E_h$$

$$= (1/10.9) \times (1,059,162.5/239,439.4 + 0.561 \times 419,224,227.2 \times 321.1/141,109,378,465.6)$$

$$- 18,801.1 \times 3.419 \times 1.5/32,902.0 = -2.473 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,vh3} = P_{\phi he}/A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{su,vh3}/I_{vh3}$$

$$= 1,059,162.5/239,439.4 + 0.561 \times 419,224,227.2 \times 333.1/141,109,378,465.6 = 4.979 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,vh3} = P_{\phi he}/A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{sl,vh3}/I_{vh3}$$

$$= 1,059,162.5/239,439.4 + 0.561 \times 419,224,227.2 \times -1,490.9/141,109,378,465.6 = 1.937 \text{ MPa}$$

(8) Half-Deck 최종 건조수축 손실

$$k = 0.561 \quad ※ \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_{h4} = n_h \cdot (1 + 2 \cdot \phi_{d1}/2) = 6.2 \times (1 + 2 \times 1.5 / 2) = 15.500$$

구 분	n	$A_{vh4}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ovh4}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,080.0	-260.8	-2.297E+07	5.993E+09	4.201E+10	
Half-Deck	15.5	20,451.6	974.7	1.993E+07	1.943E+10	3.168E+07	
SLAB	7.0	122,142.9	1,089.7	1.331E+08	1.450E+11	4.905E+08	
합 계	-	230,674.5	1,803.6	1.301E+08	1.705E+11	4.254E+10	

▪ 합성단면 도심축 이동량

$$\delta_{v4} = \sum AY / \sum A = 130,062,962.4 / 230,674.5 = 563.838 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 Half-Deck 도심까지 거리

$$d_{h,hs} = \delta_{yh} - \delta_{v4} = 974.685 - 563.838 = 410.847 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{vh4} = \sum I_{ovh4} + \sum AY^2 - A \cdot \delta_{v4}^2 = 42,535,191,819.4 + 170,469,684,741.9 - 230,674.5 \times 563.838^2 = 1.397E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심축에서 SLAB 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{cu,vh4} = h/2 + (T_c + T_h) - \delta_{v4} = 1,800.0/2 + (240.0 + 50.0) - 563.838 = 626.162 \text{ mm}$$

$$y_{cl,vh4} = y_{cu,vh4} - T_c = 626.162 - 240.0 = 386.162 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,vh4} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{v4} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 563.838 = 476.162 \text{ mm}$$

$$y_{hl,vh4} = y_{hu,vh4} - (T_{c1} + T_h) = 476.162 - (90.0 + 50.0) = 336.162 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,vh4} = h/2 + t_u - \delta_{v4} = 1,800.00/2 + 12.0 - 563.838 = 348.162 \text{ mm}$$

$$y_{sl,vh4} = y_{su,vh4} - (h + t_u + t_l) = 348.162 - (1,800.0 + 12.0 + 12.0) = -1,475.838 \text{ mm}$$

▪ Half-Deck 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{vhe} = E_s \cdot \epsilon_h \cdot A_h / n_{h4} = 205,000.0 \times 0.000225 \times 317,000.0 / 15.5 = 9.433E+05 \text{ N}$$

▪ P_{ve} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{vhe} = P_{vhe} \times d_{h,hs} = 943,330.6 \times 410.8 = 3.876E+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

▪ 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{h4} = E_s / n_{h4} = 205,000.0 / 15.5 = 13,225.806 \text{ MPa}$$

▪ SLAB 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,vh4} = 1/n \cdot (P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{cu,vh4}/I_{vh4}) = (1/7.0) \times (943,331/230,674 + 0.561 \times 387,564,418 \times 626/139,670,475,126) = 0.724 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,vh4} = 1/n \cdot (P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{cl,vh4}/I_{vh4}) = (1/7.0) \times (943,331/230,674 + 0.561 \times 387,564,418 \times 386/139,670,475,126) = 0.670 \text{ MPa}$$

▪ Half-Deck 콘크리트의 응력변화량

$$f_{hu,vh4} = 1/n_{h4} \cdot (P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{hu,vh4}/I_{vh4}) - E_{h4} \cdot \epsilon_h$$

$$= (1/15.5) \times (943,330.6/230,674.5 + 0.561 \times 387,564,418.1 \times 476.2/139,670,475,125.7) - 13,225.8 \times 0.000225 = -2.664 \text{ MPa}$$

$$f_{hl,vh4} = 1/n_{h4} \cdot (P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{hl,vh4}/I_{vh4}) - E_{h4} \cdot \epsilon_h$$

$$= (1/15.5) \times (943,330.6/230,674.5 + 0.561 \times 387,564,418.1 \times 336.2/139,670,475,125.7) - 13,225.8 \times 0.000225 = -2.678 \text{ MPa}$$

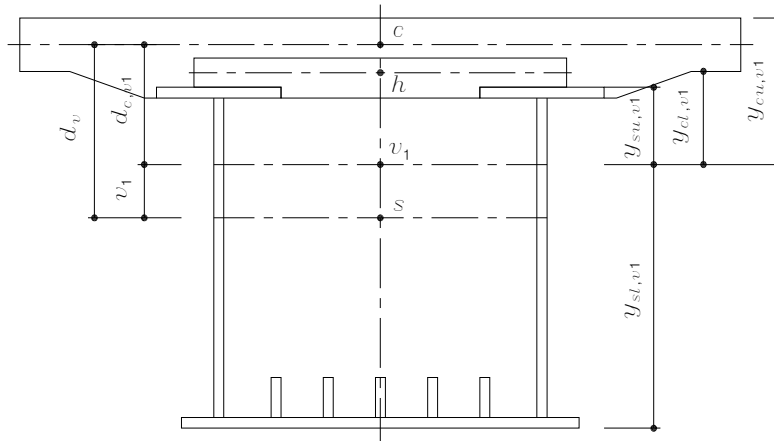
▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,vh4} = P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{su,vh4}/I_{vh4}$$

$$= 943,330.6/230,674.5 + 0.561 \times 387,564,418.1 \times 348.2/139,670,475,125.7 = 4.632 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,vh4} = P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{sl,vh4}/I_{vh4}$$

$$= 943,330.6/230,674.5 + 0.561 \times 387,564,418.1 \times -1,475.8/139,670,475,125.7 = 1.790 \text{ MPa}$$



(9) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k_2 = 0.561 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 2.0/2) = 14.000$$

$$d_{vc} = \delta_{yc} - \delta_{v2} = 1,089.737 - 612.063 = 477.674 \text{ mm}$$

$$d_{vc,s} = (y_{cu,v} + y_{cl,v}) / 2 = (577.9 + 337.937) / 2 = 457.937 \text{ mm}$$

구 분	n	$A_{v1}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ov1}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,080.0	-260.8	-2.297E+07	5.993E+09	4.201E+10	
Half-Deck	6.2	51,129.0	974.7	4.983E+07	4.857E+10	7.920E+07	
SLAB	14.0	61,071.4	1,089.7	6.655E+07	7.252E+10	2.452E+08	
합 계	-	200,280.5	1,803.6	9.341E+07	1.271E+11	4.234E+10	

▪ 합성단면 도심축 이동량

$$\delta_{c,v1} = \sum AY / \sum A = 93,411,983.1 / 200,280.5 = 466.406 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 SLAB 도심까지 거리

$$d_{c,v1} = \delta_{yc} - \delta_{c,v1} = 1,089.737 - 466.406 = 623.331 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{v1} = \sum I_{ov1} + \sum AY^2 - A \cdot \delta_{c,v1}^2$$

$$= 42,337,463,157.2 + 127,089,605,800.4 - 200,280.5 \times 466.406^2 = 1.259E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심축에서 SLAB 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{cu,v1} = h/2 + (T_c + T_h) - \delta_{c,v1} = 1,800.0/2 + (240.0+50.0) - 466.406 = 723.594 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v1} = y_{cu,v1} - T_c = 723.594 - 240.0 = 483.594 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,v1} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{c,v1} = 1,800.0/2 + (90.0+50.0) - 466.406 = 573.594 \text{ mm}$$

$$y_{hl,v1} = y_{hu,v1} - (T_{c1} + T_h) = 573.594 - (90.0+50.0) = 433.594 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v1} = h/2 + t_u - \delta_{c,v1} = 1,800.00/2 + 12.0 - 466.406 = 445.594 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v1} = y_{su,v1} - (h + t_u + t_l) = 445.594 - (1,800.0+12.0+12.0) = -1,378.406 \text{ mm}$$

▪ 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = (f_{cu,v} + f_{cl,v})/2 \cdot A_c \cdot d_{vc}/d_{vc,s}$$

$$= (0.641+0.375)/2 \times 855,000.0 \times 477.674/457.937 = 4.528E+05 \text{ N}$$

▪ 강재보와 결합으로 인해 SLAB에 생기는 압축력

$$P_\Phi = N_c \cdot 2 \cdot \Phi_1 / (2 + \Phi_1) = 452,830.8 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = 4.528E+05 \text{ N}$$

▪ P_Φ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\Phi = P_\Phi \times d_{c,v1} = 452,830.8 \times 623.3 = 2.823E+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

▪ Half-Deck 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{c1} = E_c / (1 + \Phi_1 / 2) = 27,804.0 / (1 + 2.0 / 2) = 13,902.000 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = 0.641 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = 0.375 \text{ MPa}$$

▪ 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

$$f_{cu,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\Phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\Phi \cdot y_{cu,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu,v} \cdot \Phi_1 / E_c$$

$$= (1/14.0) \times (452,830.8/200,280.5 + 0.561 \times 282,263,478.2 \times 723.6/125,859,171,436.3) - 13,902.0 \times 0.641 \times 2.0/27,804.0 = -0.414 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\Phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\Phi \cdot y_{cl,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl,v} \cdot \Phi_1 / E_c$$

$$= (1/14.0) \times (452,830.8/200,280.5 + 0.561 \times 282,263,478.2 \times 483.6/125,859,171,436.3) - 13,902.0 \times 0.375 \times 2.0/27,804.0 = -0.170 \text{ MPa}$$

▪ Half-Deck 콘크리트의 응력 변화량

$$f_{hu,v1} = 1/n_h \cdot (P_\Phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\Phi \cdot y_{hu,v1} / I_{v1})$$

$$= (1/6.2) \times (452,831/200,280 + 0.561 \times 282,263,478 \times 574/125,859,171,436) = 0.481 \text{ MPa}$$

$$f_{hl,v1} = 1/n_h \cdot (P_\Phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\Phi \cdot y_{hl,v1} / I_{v1})$$

$$= (1/6.2) \times (452,831/200,280 + 0.561 \times 282,263,478 \times 434/125,859,171,436) = 0.453 \text{ MPa}$$

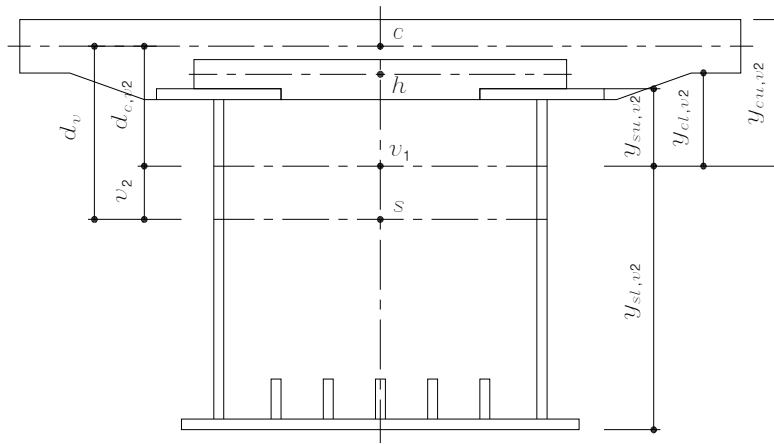
▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\Phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\Phi \cdot y_{su,v1} / I_{v1}$$

$$= 452,830.8/200,280.5 + 0.561 \times 282,263,478.2 \times 445.6/125,859,171,436.3 = 2.822 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\Phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\Phi \cdot y_{sl,v1} / I_{v1}$$

$$= 452,830.8/200,280.5 + 0.561 \times 282,263,478.2 \times -1,378.4/125,859,171,436.3 = 0.527 \text{ MPa}$$



(10) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

$$k_2 = 0.561 \quad ※ \text{2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

구 분	n	$A_{v2}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ov2}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,080.0	-260.8	-2.297E+07	5.993E+09	4.201E+10	
Half-Deck	6.2	51,129.0	974.7	4.983E+07	4.857E+10	7.920E+07	
SLAB	21.0	40,714.3	1,089.7	4.437E+07	4.835E+10	1.635E+08	
합 계	-	179,923.3	1,803.6	7.123E+07	1.029E+11	4.226E+10	

■ 합성단면 도심축 이동량

$$\delta_{c,v2} = \sum AY / \sum A = 71,228,054.6 / 179,923.3 = 395.880 \text{ mm}$$

■ 합성단면 도심에서 SLAB 도심까지 거리

$$d_{c,v2} = \delta_{yc} - \delta_{c,v2} = 1,089.737 - 395.880 = 693.857 \text{ mm}$$

■ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{v2} = \sum I_{ov2} + \sum AY^2 - A \cdot \delta_{c,v2}^2 = 42,255,714,567.0 + 102,914,961,533.5 - 179,923.3 \times 395.880^2 = 1.170E+11 \text{ mm}^4$$

■ 합성단면 도심축에서 SLAB 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{cu,v2} = h/2 + (T_c + T_h) - \delta_{c,v2} = 1,800.0/2 + (240.0 + 50.0) - 395.880 = 794.120 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v2} = y_{cu,v2} - T_c = 794.120 - 240.0 = 554.120 \text{ mm}$$

■ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,v2} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{c,v2} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 395.880 = 644.120 \text{ mm}$$

$$y_{hl,v2} = y_{hu,v2} - (T_{c1} + T_h) = 644.120 - (90.0 + 50.0) = 504.120 \text{ mm}$$

■ 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v2} = h/2 + t_u - \delta_{c,v2} = 1,800.00/2 + 12.0 - 395.880 = 516.120 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v2} = y_{su,v2} - (h + t_u + t_l) = 516.120 - (1,800.0 + 12.0 + 12.0) = -1,307.880 \text{ mm}$$

■ 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 855,000.0 / 21.0 = 2.254E+06 \text{ N}$$

■ P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,253,535.7 \times 693.9 = 1.564E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

■ 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{c2} = E_s / n_2 = 205,000.0 / 21.0 = 9,761.905 \text{ MPa}$$

▪ 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{cu,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s$$

$$= (1/21.0) \times (2,253,535.7/179,923.3 + 0.561 \times 1,563,631,031.0 \times 516.1/794.1) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.756 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{cl,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s$$

$$= (1/21.0) \times (2,253,535.7/179,923.3 + 0.561 \times 1,563,631,031.0 \times 516.1/554.1) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.841 \text{ MPa}$$

▪ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$f_{hu,v2} = 1/n_h \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{hu,v2}/I_{v2})$$

$$= (1/6.2) \times (2,253,535.7/179,923.3 + 0.561 \times 1,563,631,031.0 \times 516.1/644.1) = 2.799 \text{ MPa}$$

$$f_{hl,v2} = 1/n_h \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{hl,v2}/I_{v2})$$

$$= (1/6.2) \times (2,253,535.7/179,923.3 + 0.561 \times 1,563,631,031.0 \times 516.1/504.1) = 2.630 \text{ MPa}$$

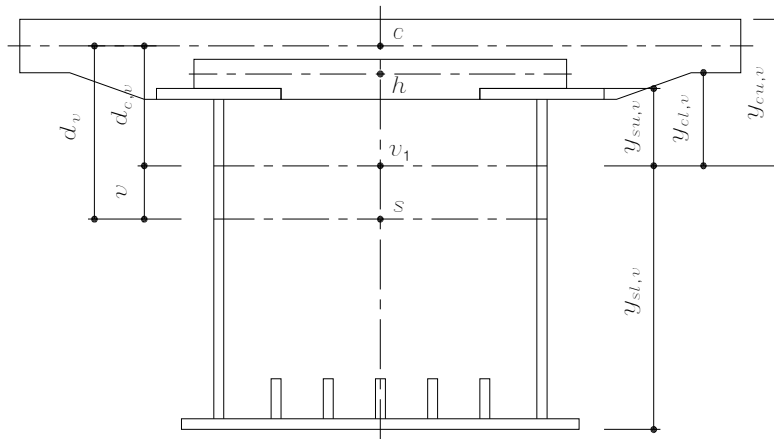
▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v2}/I_{v2}$$

$$= 2,253,535.7/179,923.3 + 0.561 \times 1,563,631,031.0 \times 516.1/116,972,909,330.3 = 16.395 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v2}/I_{v2}$$

$$= 2,253,535.7/179,923.3 + 0.561 \times 1,563,631,031.0 \times -1,307.9/116,972,909,330.3 = 2.717 \text{ MPa}$$



(11) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10℃를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팅창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

$$d_{h,v} = \delta_{yh} - \delta_{v2} = 974.685 - 612.063 = 362.622 \text{ mm}$$

$$d_{c,v} = \delta_{yc} - \delta_{v2} = 1,089.737 - 612.063 = 477.674 \text{ mm}$$

▪ 온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

▪ Half-Deck 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{vc1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 317,000.0 / 6.2 = 1.258\text{E}+06 \text{ N}$$

▪ SLAB 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{vh2} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 855,000.0 / 7.0 = 3.005\text{E}+06 \text{ N}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = P_{vc1} + P_{vh2} = 1,257,774.2 + 3,004,714.285714 = 4.262E+06 \text{ N}$$

- P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{vc1} \times d_{h,v} + P_{vh2} \times d_{c,v} = 1,257,774.2 \times 362.6 + 3,004,714.3 \times 477.7 = 1.891E+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$\begin{aligned} f_{cu,v1} &= 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{cu,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t \\ &= (1/7.0) \times (4,262,488.5/261,351.9 + 0.561 \times 1,891,370,294.0 \times 577.9/144,288,375,492.3) \\ &\quad - 27,804.0 \times 0.000120 = -0.399 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{cl,v1} &= 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{cl,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t \\ &= (1/7.0) \times (4,262,488.5/261,351.9 + 0.561 \times 1,891,370,294.0 \times 337.9/144,288,375,492.3) \\ &\quad - 27,804.0 \times 0.000120 = -0.652 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력변화량

$$\begin{aligned} f_{hu,v1} &= 1/n_h \cdot (P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{hu,v}/I_v) - E_h \cdot \epsilon_t \\ &= (1/6.2) \times (4,262,488.5/261,351.9 + 0.561 \times 1,891,370,294.0 \times 427.9/144,288,375,492.3) \\ &\quad - 32,902.0 \times 0.000120 = -0.810 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{hl,v1} &= 1/n_h \cdot (P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{hl,v}/I_v) - E_h \cdot \epsilon_t \\ &= (1/6.2) \times (4,262,488.5/261,351.9 + 0.561 \times 1,891,370,294.0 \times 287.9/144,288,375,492.3) \\ &\quad - 32,902.0 \times 0.000120 = -0.976 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_v \\ &= 4,262,488.5/261,351.9 + 0.561 \times 1,891,370,294.0 \times 299.9/144,288,375,492.3 = 18.515 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_v \\ &= 4,262,488.5/261,351.9 + 0.561 \times 1,891,370,294.0 \times -1,524.1/144,288,375,492.3 = 5.102 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(12) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$\begin{aligned} u &= (V_s + V_{sc} + V_v)/A_w + M_{st}/(2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 406.169/43,200.0 + 4.585/105,269,009.6 + 493.936/105,923,872.7 = 14.109 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\ast u = 14.1 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$\begin{aligned} u &= (V_s + V_{sc} + V_w)/A_w + M_{st}/(2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt})/(2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 406.169/43,200.0 + 4.585/105,269,009.6 + 493.936/105,923,872.7 = 14.109 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\ast u = 14.1 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

- 활하중 재하시

$$\begin{aligned} u &= (V_s + V_{sc} + V_w/2 + V_v)/A_w + M_{st}/(2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}/2 + M_{vt})/(2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 411.317/43,200.0 + 4.585/105,269,009.6 + 515.575/105,923,872.7 = 14.432 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\ast u = 14.4 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

(13) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65 \phi^2 + 0.13 \phi + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0.0$)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

▪ 인장 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

▪ 압축 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.1)

- 압축부의 국부좌굴에 대한 허용응력

(도.설.해 3.4.2.2)

$$b / 10.5 = 10.3 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow ① \quad f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 16 = 6.8 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} \geq b / 10.5 = 10.3 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow ① \quad f_{ca} = 24,000 (t_u/b)^2 = 296.3 \text{ MPa}$$

- 허용 휨 압축응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2.1)

A_w : 복부판의 총단면적 (mm^2)	$\Rightarrow$	21,600.0 mm^2	$A_w/A_c = 4.500 > 2.0$
A_c : 압축플랜지 총단면적 (mm^2)	$\Rightarrow$	4,800.0 mm^2	
l : 압축플랜지의 고정점간 거리 (mm)	$\Rightarrow$	2,400.0 mm	
b : 압축플랜지 폭 (mm)	$\Rightarrow$	400.0 mm	
$K = \sqrt{3 + (A_w/2A_c)}$	$\Rightarrow$	2.291	

$$8/K = 3.3 < l/b = 2,400.0 / 400.0 = 6.0$$

$$\Rightarrow ② \quad f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$8/K = 3.3 < l/b = 2,400.0 / 400.0 = 6.0 \leq 27.0$$

$$\Rightarrow ② \quad f_{ca} = 215.0 - 2.4 (K \cdot l/b - 7.5) = 215.0 - 2.4 \times (2.291 \times 2,400.0 / 400.0 - 7.5) = 200.3 \text{ MPa}$$

∴ ①에 허용응력 값이 ②에 허용응력 값보다 작은 경우로 국부좌굴에 대한 허용응력을 사용한다.

$$f_{ca} = 200.3 \text{ MPa}$$

∴ $f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$ (합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면, π 형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우)

▪ 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1)

- SLAB 허용응력

$$f_{ca} = 0.40 \quad f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$$

($f_{ck} = 27.0 \text{ MPa}$ 사용)

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

- Half-Deck 허용응력

$$f_{ca} = 0.40 \quad f_{ck} = 20.000 \text{ MPa}$$

($f_{ck} = 50.0 \text{ MPa}$ 사용)

$$f_{ta} = 0.07 \quad f_{ck} = 2.500 \text{ MPa}$$

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	Concrete				Half-Deck Concrete			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	4.604	3.843	20.000	20.000
1+5+6	-	-	-	-	3.762	3.058	20.000	20.000
1+2+3+5+6	2.923	1.709	10.800	10.800	6.205	4.703	20.000	20.000
1+2+3+5+6+7+8+9+10	2.254	1.089	10.800	10.800	3.617	2.634	20.000	20.000
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)+11$	1.855	0.437	12.420	12.420	2.807	1.657	23.000	23.000
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)-11$	2.654	1.740	12.420	12.420	4.427	3.610	23.000	23.000
1+2+4+5+6	0.635	0.371	13.500	13.500	1.311	0.927	25.000	25.000
1+2+3+0.5×4+5+6	2.920	1.707	13.500	13.500	3.221	2.212	25.000	25.000
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)$	2.251	1.087	13.500	13.500	0.633	0.143	25.000	25.000
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)+11$	1.852	0.435	14.580	14.580	-0.177	-0.833	3.375	3.375
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)-11$	2.651	1.738	14.580	14.580	1.443	1.119	27.000	27.000
하 중 조 합	Steel							
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)					
	상 연	하 연	상 연	하 연				
1	24.232	-37.237	200.318	215.000				
1+5+6	30.775	-36.304	215.000	215.000				
1+2+3+5+6	41.394	-90.263	215.000	215.000				
1+2+3+5+6+7+8+9+10	70.222	-83.292	247.250	215.000				
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)+11$	88.737	-78.191	279.500	247.250				
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)-11$	51.707	-88.394	279.500	247.250				
1+2+4+5+6	17.389	-23.911	268.750	268.750				
1+2+3+0.5×4+5+6	25.691	-66.096	268.750	268.750				
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)$	54.519	-59.125	268.750	268.750				
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)+11$	73.034	-54.023	290.250	290.250				
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)-11$	36.004	-64.227	290.250	290.250				

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(14) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.015	0.030	0.013	0.013	0.027	0.043	0.K !!	0.K !!
1+5+6	0.020	0.029	0.013	0.013	0.033	0.041	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.037	0.176	0.013	0.013	0.050	0.189	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7+8+9+10	0.081	0.150	0.013	0.013	0.093	0.163	0.K !!	0.K !!
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)+11$	0.101	0.100	0.013	0.013	0.114	0.113	0.K !!	0.K !!
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)-11$	0.034	0.128	0.013	0.013	0.047	0.141	0.K !!	0.K !!
1+2+4+5+6	0.004	0.008	0.009	0.009	0.013	0.017	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.009	0.060	0.009	0.009	0.018	0.069	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)$	0.041	0.048	0.009	0.009	0.050	0.057	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)+11$	0.063	0.035	0.009	0.009	0.072	0.043	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)-11$	0.015	0.049	0.009	0.009	0.024	0.057	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{88.737}{279.500}\right)^2 + \left(\frac{14.109}{125.000}\right)^2 = 0.101 + 0.013 = 0.114 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{-90.263}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{14.109}{125.000}\right)^2 = 0.176 + 0.013 = 0.189 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

(15) 판의 최소두께 검토

- 압축(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.1, 3.4.2.2, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 108.0 / 16.0 = 6.8 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$$

$$(\text{합성형 스테드 설치시}) \quad t_{min} = 10.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$$

- 인장(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$$

$$t_{min} = \text{Rib 간격}/80 = 2,400.0 / (3 \times 80) = 10.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1, 3.8.4.2)

- 합 성 전

$$t_{min} = b/(206 \times 1.200) = 1,800.0 / (206 \times 1.200) = 7.3 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(215.0 / 24.232)} = 2.98 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

- 합 성 후

$$t_{min} = b/(206 \times 1.200) = 599.9 / (206 \times 1.200) = 2.4 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(215.0 / 88.737)} = 1.56 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(16) 항복에 대한 안전도 검사

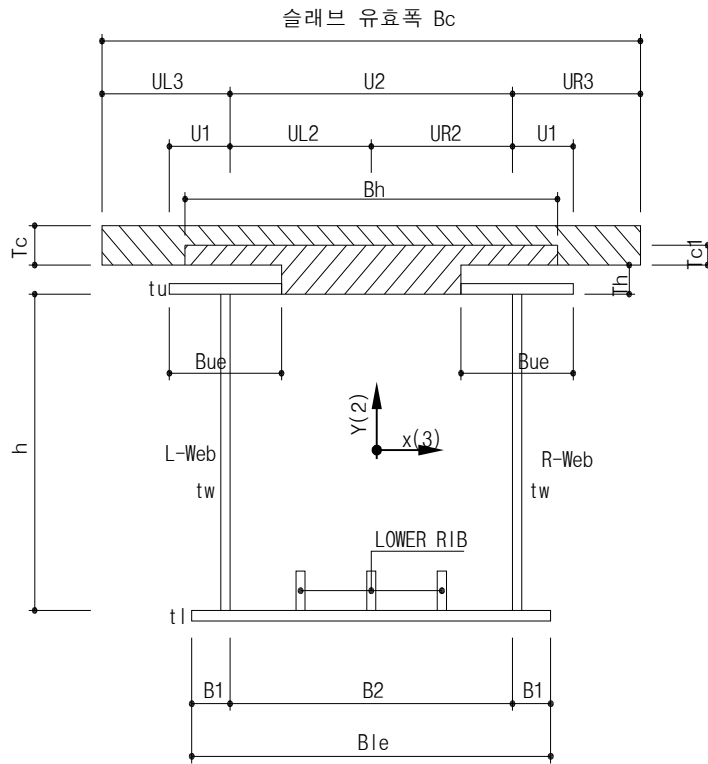
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Concrete				Half-Deck Concrete			
	작용응력(MPa)		허용응력 (MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력 (MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	5.985	4.996	30.000	0.K !!
1+5+6	-	-	-	-	5.143	4.211	30.000	0.K !!
1+2+3+11	5.341	2.705	16.200	0.K !!	9.974	7.249	30.000	0.K !!
1+2+3-11	6.139	4.008	16.200	0.K !!	11.594	9.201	30.000	0.K !!
1+2+3+5+6	5.740	3.356	16.200	0.K !!	9.941	7.440	30.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7+8+9+10	5.071	2.736	16.200	0.K !!	7.353	5.371	30.000	0.K !!
Σ(1~3)+Σ(5~10)+11	4.672	2.084	16.200	0.K !!	6.543	4.395	30.000	0.K !!
Σ(1~3)+Σ(5~10)-11	5.471	3.387	16.200	0.K !!	8.163	6.347	30.000	0.K !!
1+2+4+5+6	0.827	0.484	16.200	0.K !!	1.958	1.441	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+11	5.338	2.703	16.200	0.K !!	9.971	7.247	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4-11	6.136	4.006	16.200	0.K !!	11.592	9.199	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	5.737	3.355	16.200	0.K !!	6.063	4.203	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+Σ(5~10)	5.068	2.734	16.200	0.K !!	3.474	2.134	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+Σ(5~10)+11	4.669	2.082	16.200	0.K !!	2.664	1.158	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+Σ(5~10)-11	5.468	3.386	16.200	0.K !!	4.285	3.110	30.000	0.K !!
하 중 조 합	Steel							
	작용응력(MPa)		허용응력 (MPa)	판 별				
	상 연	하 연						
1	31.502	-48.408	355.000	0.K !!				
1+5+6	38.044	-47.475	355.000	0.K !!				
1+2+3+11	70.869	-149.263	355.000	0.K !!				
1+2+3-11	33.839	-159.467	355.000	0.K !!				
1+2+3+5+6	58.897	-153.432	355.000	0.K !!				
1+2+3+5+6+7+8+9+10	87.725	-146.462	355.000	0.K !!				
Σ(1~3)+Σ(5~10)+11	106.240	-127.947	355.000	0.K !!				
Σ(1~3)+Σ(5~10)-11	82.623	-151.563	355.000	0.K !!				
1+2+4+5+6	20.650	-31.397	355.000	0.K !!				
1+2+3+0.5×4+11	70.859	-149.209	355.000	0.K !!				
1+2+3+0.5×4-11	33.828	-159.412	355.000	0.K !!				
1+2+3+0.5×4+5+6	38.487	-122.031	355.000	0.K !!				
1+2+3+0.5×4+Σ(5~10)	67.315	-115.060	355.000	0.K !!				
1+2+3+0.5×4+Σ(5~10)+11	85.830	-109.958	355.000	0.K !!				
1+2+3+0.5×4+Σ(5~10)-11	48.800	-120.162	355.000	0.K !!				

[G2 : 최대모멘트] : 절점 41 로 부터 이격거리 2.455 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM520B

$B_c = 4,670.0$ mm

$U_{L3} = 1,100.0$ mm

$U_{R3} = 1,170.0$ mm

$B_h = 2,500.0$ mm

$U_1 = 120.0$ mm

$U_{L2} = 1,200.0$ mm

$U_{R2} = 1,200.0$ mm

상부 플랜지 유효폭

$B_{ue} = 400.0$ mm

하부 플랜지 유효폭

$B_{le} = 2,640.0$ mm

$B_1 = 120.0$ mm

$B_2 = 2,400.0$ mm

$T_c = 240.0$ mm

$T_{c1} = 90.0$ mm

$T_h = 50.0$ mm

$h = 1,800.0$ mm

$\Theta_L = 0.000^\circ$

$\Theta_R = 0.000^\circ$

구 분	단 위	입력 Data
E_s : 강재 탄성계수	MPa	205,000.0
E_c : 콘크리트의 탄성계수	MPa	27,804.0
E_h : Half-Deck 콘크리트의 탄성계수	MPa	32,902.0
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율	-	0.000270
ϵ_h : Half-Deck 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율	-	0.000225
ϵ_{hs} : Half-Deck 콘크리트의 초기건조수축율	-	0.000045
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수	-	0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수	-	4.0
ϕ_{d1} : Half-Deck 콘크리트의 최종 크리이프 계수	-	1.5
ϕ_{d0} : Half-Deck 콘크리트의 초기 크리이프 계수	-	0.5
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비	-	7.0
n_h : 강과 Half-Deck 콘크리트의 탄성계수비	-	6.2
Δt : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10.0
M_{s1} : 합성전 고정하중(자중)에 의한 모멘트	kN·m	2,671.640
M_{s2} : 합성전 고정하중(바닥판)에 의한 모멘트	kN·m	3,047.940
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	2,453.280
M_w : 풍하중에 의한 모멘트	kN·m	28.175
M_v : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	4,059.860
V_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	25.163
V_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	13.935
V_w : 풍하중에 의한 전단력	kN	0.335
V_v : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	322.376
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-70.756
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-6.839
M_{wt} : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN·m	-5.959
M_{vt} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-347.249

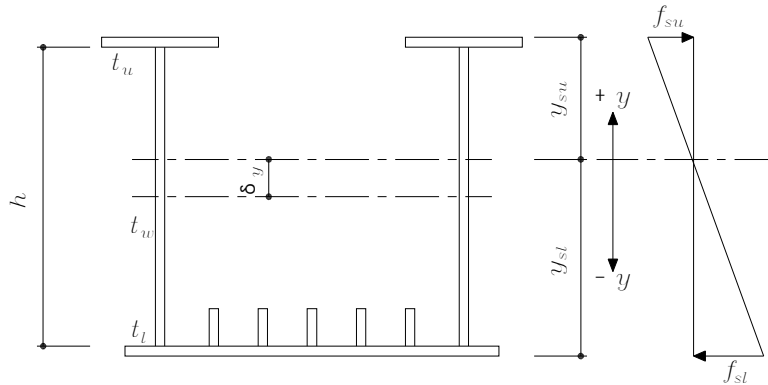
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

X(3)축 방향 단면 제원

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.	2 - 400.0 × 12.0	9,600.0	906.0	8.698E+06	7.880E+09	1.152E+05
UPPER RIB	0 - 0.0 × 0.0	0.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
LOWER RIB	2 - 150.0 × 12.0	3,600.0	-825.0	-2.970E+06	2.450E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	-906.0	-2.870E+07	2.600E+10	3.802E+05
강재 단면 합계		88,080.0	-	-2.297E+07	3.633E+10	1.167E+10
RC. SLAB	1 - 2,500.0 × 150.0	375,000.0	1,115.0	4.181E+08	4.662E+11	7.031E+08
RC. SLAB	1 - 1,050.0 × 240.0	252,000.0	1,070.0	2.696E+08	2.885E+11	1.210E+09
RC. SLAB	1 - 1,120.0 × 240.0	268,800.0	1,070.0	2.876E+08	3.077E+11	1.290E+09
SLAB 단면 합계		895,800.0	-	9.754E+08	1.062E+12	3.203E+09
Half-deck	1 - 2,500.0 × 90.0	225,000.0	995.0	2.239E+08	2.228E+11	1.519E+08
	1 - 1,840.0 × 50.0	92,000.0	925.0	8.510E+07	7.872E+10	1.917E+07
Half-deck 단면 합계		317,000.0	-	3.090E+08	3.015E+11	1.710E+08
※ $A_s = 88,080.0 \text{ mm}^2$ $A_{c1} = 895,800.0 \text{ mm}^2$ $A_h = 317,000.0 \text{ mm}^2$						

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 강재에 의한 도심축 이동량

$$\delta_{ys} = \sum A_s Y / \sum A_s = -22,974,480.0 / 88,080.0 = -260.837 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xos} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_{ys}^2 = 11,671,245,360.0 + 36,334,360,080.0 - 88,080.0 \times (-260.837)^2 = 4.201E+10 \text{ mm}^4$$

- Half-Deck에 의한 도심축 이동량

$$\delta_{yh} = \sum A_h Y / \sum A_h = 308,975,000.0 / 317,000.0 = 974.685 \text{ mm}$$

- Half-Deck의 단면2차 모멘트

$$I_h = \sum I_{xoh} + \sum A_h Y^2 - A_h \cdot \delta_y^2 = 171,041,666.7 + 301,473,125,000.0 - 317,000.0 \times 974.685^2 = 4.910E+08 \text{ mm}^4$$

▪ 합성 단면에 의한 도심축 이동량

$$\delta_{v1} = (\sum A_s Y + \sum A_h Y / n_h) / (\sum A_s + \sum A_h / n_h) \\ = (-22,974,480.0 + 308,975,000.0/6.2) / (88,080.0 + 317,000.0/6.2) = 192.949 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{33} = (\sum I_{xos} + \sum I_{xoh} / n_h) + (\sum A_s Y^2 + \sum A_h Y^2 / n_h) - (A_s + A_h / n_h) \cdot \delta_{v1}^2 \\ = (11,671,245,360.0 + 171,041,666.7/6.2) + (36,334,360,080.0 + 301,473,125,000.0/6.2) \\ - (88,080.0 + 317,000.0/6.2) \times 192.9^2 = 9.148E+10 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{v1} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 192.949 = 847.051 \text{ mm} \\ y_{hl} = y_{hu} - (T_{c1} + T_h) = 847.1 - (90.0 + 50.0) = 707.051 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 강재 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_{v1} = 1,800.0 / 2 + 12.0 - 192.949 = 719.051 \text{ mm} \\ y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_{v1} \} = -\{ 1,800.0 / 2 + 12.0 + 192.949 \} = -1,104.949 \text{ mm}$$

▪ Half-Deck 응력 검토

- 자중(강재+Half-Deck)

$$f_{hut} = M_{st} \cdot y_{hu} / (I_{33} \cdot n_h) = 2,671.64 \times 847.1 / (91,475,251,058.1 \times 6.2) = 3.990 \text{ MPa} \\ f_{hlt} = M_{st} \cdot y_{hl} / (I_{33} \cdot n_h) = 2,671.64 \times 707.1 / (91,475,251,058.1 \times 6.2) = 3.331 \text{ MPa}$$

-바닥판 하중

$$f_{hu2} = M_{s2} \cdot y_{hu} / (I_{33} \cdot n_h) = 3,047.94 \times 847.1 / (91,475,251,058.1 \times 6.2) = 4.552 \text{ MPa} \\ f_{hl2} = M_{s2} \cdot y_{hl} / (I_{33} \cdot n_h) = 3,047.94 \times 707.1 / (91,475,251,058.1 \times 6.2) = 3.800 \text{ MPa}$$

▪ 플랜지 응력 검토

- 자중(강재+Half-Deck)

$$f_{sut} = M_{st} \cdot y_{su} / I_{33} = 2,671.64 \times 719.1 / 91,475,251,058.1 = 21.001 \text{ MPa} \\ f_{slt} = M_{st} \cdot y_{sl} / I_{33} = 2,671.64 \times -1,104.9 / 91,475,251,058.1 = -32.271 \text{ MPa}$$

-바닥판 하중

$$f_{su2} = M_{s2} \cdot y_{su} / I_{33} = 3,047.94 \times 719.1 / 91,475,251,058.1 = 23.959 \text{ MPa} \\ f_{sl2} = M_{s2} \cdot y_{sl} / I_{33} = 3,047.94 \times -1,104.9 / 91,475,251,058.1 = -36.817 \text{ MPa}$$

▪ 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$B_w = UL_2 + UR_2 + t_w/2 \times 2ea = 1,200.0 + 1,200.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm}$$

$$B_l = B_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm}$$

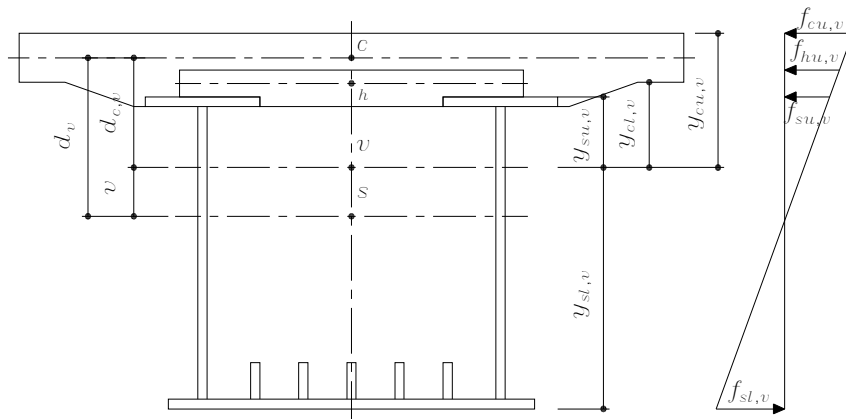
$$H = h + (\text{환산두께})/2 + t_l/2 = 1,800.0 + 24.989 / 2 + 12.0 / 2 = 1,818.495 \text{ mm}$$

$$\text{전단탄성계수비 } n_{hs} = G_s / G_h = 79,000.0 / 14,100.9 = 5.6$$

$$F = (B_u + B_l) / 2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 1,818.5 = 4.386E+06 \text{ mm}^2$$

$$U = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 25.163 / 43,200.0 + 70.756 / (2 \times 4,386,208.7 \times 12.0) = 1.255 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- SLAB에 의한 도심축 이동량

$$\delta_{yc} = \sum A_c Y / \sum A_c = 975,381,000.0 / 895,800.0 = 1,088.838 \text{ mm}$$

- SLAB의 단면2차 모멘트

$$I_c = \sum I_{xoc} + \sum A_c Y^2 - A_c \cdot \delta_{yc}^2 = 3,202,965,000.0 + 1,062,473,295,000.0 - 895,800.0 \times 1,088.838^2 = 3.644\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

- 탄성계수비에 의한 환산 단면계수

구 분	n	$A_v(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,080.0	-260.8	-2.297E+07	5.993E+09	4.201E+10	
Half-Deck	6.2	51,129.0	974.7	4.983E+07	4.857E+10	7.920E+07	
SLAB	7.0	127,971.4	1,088.8	1.393E+08	1.517E+11	5.206E+08	
합 계	-	267,180.5	1,802.7	1.662E+08	2.063E+11	4.261E+10	

- 합성단면 도심축 이동량

$$\delta_{v2} = \sum AY / \sum A = 166,200,340.3 / 267,180.5 = 622.053 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = \sum I_{xo} + \sum AY^2 - A \cdot \delta_{v2}^2 = 42,612,853,138.7 + 206,284,502,961.9 - 267,180.5 \times 622.053^2 = 1.455\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면 도심축에서 SLAB 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{cu,v} = h/2 + (T_c + T_h) - \delta_{v2} = 1,800.0/2 + (240.0 + 50.0) - 622.053 = 567.947 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v} = d_{cu,v} - T_c = 567.947 - 240.0 = 327.947 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,v} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{v2} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 622.053 = 417.947 \text{ mm}$$

$$y_{hl,v} = d_{hu,v} - (T_{c1} + T_h) = 417.947 - (90.0 + 50.0) = 277.947 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심축에서 강재 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = h/2 + t_u - \delta_{v2} = 1,800.0 / 2 + 12.0 - 622.053 = 289.947 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = d_{su,v} - (h + t_u + t_l) = 289.947 - (1,800.0 + 12.0 + 12.0) = -1,534.053 \text{ mm}$$

- SLAB 응력 검토

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \times n) = 2,453.28 \times 567.9 / (145,511,977,460.7 \times 7.0) = 1.368 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \times n) = 2,453.28 \times 327.9 / (145,511,977,460.7 \times 7.0) = 0.790 \text{ MPa}$$

▪ Half-Deck 응력 검토

$$f_{hu,v} = M_{sc} \cdot y_{hu,v} / (I_v \times n) = 2,453.28 \times 417.9 / (145,511,977,460.7 \times 6.2) = 1.137 \text{ MPa}$$

$$f_{hl,v} = M_{sc} \cdot y_{hl,v} / (I_v \times n) = 2,453.28 \times 277.9 / (145,511,977,460.7 \times 6.2) = 0.756 \text{ MPa}$$

▪ 플랜지 응력 검토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / (I_v \times n) = 2,453.28 \times 289.9 / (145,511,977,460.7 \times 1.0) = 4.888 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / (I_v \times n) = 2,453.28 \times -1,534.1 / (145,511,977,460.7 \times 1.0) = -25.864 \text{ MPa}$$

▪ 부재의 전단응력 검토 (도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$B_w = UL_2 + UR_2 + t_w/2 \times 2ea = 1,200.0 + 1,200.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm}$$

$$B_l = B_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm}$$

$$H = h + (\text{환산두께})/2 + tl/2 = 1,800.0 + 47.6/2 + 12.0/2 = 1,829.807 \text{ mm}$$

$$\text{전단탄성계수비 } n_{hs} = G_s/G_c = 79,000.0 / 11,916.0 = 6.6$$

$$F_v = (B_u + B_l)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0)/2 \times 1,829.8 = 4.413E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc}/A_w + M_{sct}/(2 \cdot F \cdot t_w) = 13.935 / 43,200.0 + 6.839 / (2 \times 4,413,494.7 \times 12.0) = 0.387 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

▪ SLAB 응력 검토

$$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \times n) = 4,059.86 \times 567.9 / (145,511,977,460.7 \times 7.0) = 2.264 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \times n) = 4,059.86 \times 327.9 / (145,511,977,460.7 \times 7.0) = 1.307 \text{ MPa}$$

▪ Half-Deck 응력 검토

$$f_{hu,v} = M_v \cdot y_{hu,v} / (I_v \times n) = 4,059.86 \times 417.9 / (145,511,977,460.7 \times 6.2) = 1.881 \text{ MPa}$$

$$f_{hl,v} = M_v \cdot y_{hl,v} / (I_v \times n) = 4,059.86 \times 277.9 / (145,511,977,460.7 \times 6.2) = 1.251 \text{ MPa}$$

▪ 플랜지 응력 검토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / (I_v \times n) = 4,059.86 \times 289.9 / (145,511,977,460.7 \times 1.0) = 8.090 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / (I_v \times n) = 4,059.86 \times -1,534.1 / (145,511,977,460.7 \times 1.0) = -42.801 \text{ MPa}$$

▪ 부재의 전단응력 검토 (도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$B_w = UL_2 + UR_2 + t_w/2 \times 2ea = 1,200.0 + 1,200.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm}$$

$$B_l = B_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm}$$

$$H = h + (\text{환산두께})/2 + tl/2 = 1,800.0 + 47.6/2 + 12.0/2 = 1,829.807 \text{ mm}$$

$$\text{전단탄성계수비 } n_{hs} = G_s/G_c = 79,000.0 / 11,916.0 = 6.6$$

$$F = (B_u + B_l)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0)/2 \times 1,829.8 = 4.413E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_v/A_w + M_{vt}/(2 \cdot F \cdot t_w) = 322.376 / 43,200.0 + 347.249 / (2 \times 4,413,494.7 \times 12.0) = 10.741 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

▪ SLAB 응력 검토

$$f_{cu,v} = M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \times n) = 0.34 \times 567.9 / (145,511,977,460.7 \times 7.0) = 0.000 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \times n) = 0.34 \times 327.9 / (145,511,977,460.7 \times 7.0) = 0.000 \text{ MPa}$$

▪ Half-Deck 응력 검토

$$f_{hu,v} = M_w \cdot y_{hu,v} / (I_v \times n) = 0.34 \times 417.9 / (145,511,977,460.7 \times 6.2) = 0.000 \text{ MPa}$$

$$f_{hl,v} = M_w \cdot y_{hl,v} / (I_v \times n) = 0.34 \times 277.9 / (145,511,977,460.7 \times 6.2) = 0.000 \text{ MPa}$$

▪ 플랜지 응력 검토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / (I_v \times n) = 0.34 \times 289.9 / (145,511,977,460.7 \times 1.0) = 0.001 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / (I_v \times n) = 0.34 \times -1,534.1 / (145,511,977,460.7 \times 1.0) = -0.004 \text{ MPa}$$

▪ 부재의 전단응력 검토 (도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$B_w = UL_2 + UR_2 + t_w/2 \times 2ea = 1,200.0 + 1,200.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm}$$

$$B_l = B_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm}$$

$$H = h + (\text{환산두께})/2 + t_l/2 = 1,800.0 + 47.6/2 + 12.0/2 = 1,829.807 \text{ mm}$$

$$\text{전단탄성계수비 } n_{hs} = G_s/G_c = 79,000.0 / 11,916.0 = 6.6$$

$$F = (B_u + B_l)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0)/2 \times 1,829.8 = 4.413E+06 \text{ mm}^2$$

$$U = V_w/A_w + M_{wt}/(2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 0.335 / 43,200.0 + 5.959 / (2 \times 4,413,494.7 \times 12.0) = 0.064 \text{ MPa}$$

(5) Half-Deck 초기 크리프 손실

$$k = 0.448 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_{h1} = n_h \cdot (1 + \phi_{d0}/2) = 6.2 \times (1 + 0.5/2) = 7.750$$

$$d_{vh1} = \delta_{yh} - \delta_{ys} = 974.685 - -260.837 = 1,235.521 \text{ mm}$$

$$d_{vh1,s} = d_{vh1} \cdot A_s / (A_s + A_h/n_h) = 1,235.5 \times 88,080.0 / (88,080.0 + 317,000.0/6.2) = 781.736 \text{ mm}$$

▪ 탄성계수비에 의한 환산 단면계수

구 분	n	$A_{vh1}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ovh1}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,080.0	-260.8	-2.297E+07	5.993E+09	4.201E+10	
Half-Deck	7.8	40,903.2	974.7	3.987E+07	3.886E+10	6.336E+07	
합 계	-	128,983.2		1.689E+07	4.485E+10	4.208E+10	

▪ 강재와 Half-Deck 합성단면 도심축 이동량

$$d_{h,s} = \sum AY / \sum A = 16,893,261.9 / 128,983.2 = 130.973 \text{ mm}$$

▪ 강재와 Half-Deck 합성단면 도심에서 Half-Deck 도심까지 거리

$$d_{h,hs} = \delta_{yh} - d_{h,s} = 974.685 - 130.973 = 843.712 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{vh1} = \sum I_{ovh1} + \sum AY^2 - A \cdot d_{h,s}^2$$

$$= 42,076,378,350.4 + 44,851,055,046.6 - 128,983.2 \times 130.973^2 = 8.471E+10 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,vh1} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - d_{h,s} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 130.973 = 909.027 \text{ mm}$$

$$y_{hl,vh1} = y_{hu,vh1} - (T_c + T_h) = 909.027 - (90.0 + 50.0) = 769.027 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,vh1} = h/2 + t_u - d_{h,s} = 1,800.00/2 + 12.0 - 130.973 = 781.027 \text{ mm}$$

$$y_{sl,vh1} = y_{hu,vh1} - (h + t_u + t_l) = 781.027 - (1,800.0 + 12.0 + 12.0) = -1,042.973 \text{ mm}$$

▪ 크리프를 일으키기 전, 합성전 고정하중에 의해 Half-Deck 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_{hi} = M_{st} \cdot d_{vh1,s} \cdot A_h / (n_h \cdot I_{33})$$

$$= 2,671.6 \times 781.7 \times 317,000.0 / (6.2 \times 91,475,251,058.1) = 1.167E+06 \text{ N}$$

▪ 강재보와 결함으로 인해 Half-Deck에 생기는 압축력

$$P_{\phi hi} = N_{hi} \cdot 2 \cdot \phi_{d0} / (2 + \phi_{d0}) = 1,167,352.3 \times 2 \times 0.5 / (2 + 0.5) = 4.669E+05 \text{ N}$$

- $P_{\phi hi}$ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{\phi hi} = P_{\phi hi} \times d_{h,hs} = 466,940.9 \times 843.7 = 3.940E+08 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{h1} = E_h / (1 + \phi_{d0} / 2) = 32,902.0 / (1 + 0.5 / 2) = 26,321.600 \text{ MPa}$$

- Half-Deck 상·하부 플랜지에 작용하는 응력

$$f_{hu} = M_s \cdot y_{hu} / (I_{33} \cdot n_h) = 2,671.64 \times 847.1 / (91,475,251,058.1 \times 6.2) = 3.990 \text{ MPa}$$

$$f_{hl} = M_s \cdot y_{hl} / (I_{33} \cdot n_h) = 2,671.64 \times 707.1 / (91,475,251,058.1 \times 6.2) = 3.331 \text{ MPa}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{hu,vh1} &= 1/n_{h1} \cdot (P_{\phi hi} / A_{vh1} + k \cdot M_{\phi hi} \cdot y_{hu,vh1} / I_{vh1}) - E_{h1} \cdot f_{hu} \cdot \phi_{d0} / E_h \\ &= (1/7.8) \times (466,940.9 / 128,983.2 + 0.448 \times 393,963,653.1 \times 909.0 / 84,714,879,810.8) \\ &\quad - 26,321.6 \times 3.990 \times 0.5 / 32,902.0 = -0.885 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{hl,vh1} &= 1/n_{h1} \cdot (P_{\phi hi} / A_{vh1} + k \cdot M_{\phi hi} \cdot y_{hl,vh1} / I_{vh1}) - E_{h1} \cdot f_{hl} \cdot \phi_{d0} / E_h \\ &= (1/7.8) \times (466,940.9 / 128,983.2 + 0.448 \times 393,963,653.1 \times 769.0 / 84,714,879,810.8) \\ &\quad - 26,321.6 \times 3.331 \times 0.5 / 32,902.0 = -0.658 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,vh1} &= P_{\phi hi} / A_{vh1} + k \cdot M_{\phi hi} \cdot y_{su,vh1} / I_{vh1} \\ &= 466,940.9 / 128,983.2 + 0.448 \times 393,963,653.1 \times 781.0 / 84,714,879,810.8 = 5.247 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,vh1} &= P_{\phi hi} / A_{vh1} + k \cdot M_{\phi hi} \cdot y_{sl,vh1} / I_{vh1} \\ &= 466,940.9 / 128,983.2 + 0.448 \times 393,963,653.1 \times -1,043.0 / 84,714,879,810.8 = 1.448 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(6) Half-Deck 초기 건조수축 손실

$$k = 0.448 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_{h2} = n_h \cdot (1 + 2 \cdot \phi_{d0} / 2) = 6.2 \times (1 + 2 \times 0.5 / 2) = 9.300$$

구 분	n	$A_{vh2}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ovh2}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,080.0	-260.8	-2.297E+07	5.993E+09	4.201E+10	
Half-Deck	9.3	34,086.0	974.7	3.322E+07	3.238E+10	5.280E+07	
합 계	-	122,166.0		1.025E+07	3.837E+10	4.207E+10	

- 강재와 Half-Deck 합성단면 도심축 이동량

$$d_{h,s} = \sum AY / \sum A = 10,248,638.3 / 122,166.0 = 83.891 \text{ mm}$$

- 강재와 Half-Deck 합성단면 도심에서 Half-Deck 도심까지 거리

$$d_{h,hs} = \delta_{yh} - d_{h,s} = 974.685 - 83.891 = 890.793 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$\begin{aligned} I_{vh2} &= \sum I_{ovh2} + \sum AY^2 - A \cdot d_{h,s}^2 \\ &= 42,065,818,993.0 + 38,374,643,077.9 - 122,166.0 \times 83.891^2 = 7.958E+10 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,vh2} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - d_{h,s} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 83.891 = 956.109 \text{ mm}$$

$$y_{hl,vh2} = y_{hu,vh2} - (T_{c1} + T_h) = 956.109 - (90.0 + 50.0) = 816.109 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,vh2} = h/2 + t_u - d_{h,s} = 1,800.00/2 + 12.0 - 83.891 = 828.109 \text{ mm}$$

$$y_{sl,vh2} = y_{hu,vh2} - (h + t_u + t_l) = 828.109 - (1,800.0 + 12.0 + 12.0) = -995.891 \text{ mm}$$

- Half-Deck 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{vhi} = E_s \cdot \epsilon_{hs} \cdot A_h / n_{h2} = 205,000.0 \times 0.000045 \times 317,000.0 / 9.3 = 3.144E+05 \text{ N}$$

- P_{vhi} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{vhi} = P_{vhi} \times d_{h,hs} = 314,443.5 \times 890.8 = 2.801E+08 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{h2} = E_s / n_{h2} = 205,000.0 / 9.3 = 22,043.011 \text{ MPa}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력변화량

$$\begin{aligned} f_{hu,vh2} &= 1/n_{h2} \cdot (P_{vhi}/A_{vh2} + k \cdot M_{vhi} \cdot y_{hu,vh2}/I_{vh2}) - E_{h2} \cdot \epsilon_{hs} \\ &= (1/9.3) \times (314,443.5/122,166.0 + 0.448 \times 280,104,260.4 \times 956.1/79,580,692,838.0) \\ &\quad - 22,043.0 \times 0.000045 = -0.553 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{hl,vh2} &= 1/n_{h2} \cdot (P_{vhi}/A_{vh2} + k \cdot M_{vhi} \cdot y_{hl,vh2}/I_{vh2}) - E_{h2} \cdot \epsilon_{hs} \\ &= (1/9.3) \times (314,443.5/122,166.0 + 0.448 \times 280,104,260.4 \times 816.1/79,580,692,838.0) \\ &\quad - 22,043.0 \times 0.000045 = -0.577 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,vh2} &= P_{vhi}/A_{vh2} + k \cdot M_{vhi} \cdot y_{su,v2}/I_{vh2} \\ &= 314,443.5/122,166.0 + 0.448 \times 280,104,260.4 \times 828.1/79,580,692,838.0 = 3.880 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,vh2} &= P_{vhi}/A_{vh2} + k \cdot M_{vhi} \cdot y_{sl,v2}/I_{vh2} \\ &= 314,443.5/122,166.0 + 0.448 \times 280,104,260.4 \times -995.9/79,580,692,838.0 = 1.004 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(7) Half-Deck 최종 크리프 손실

$$k = 0.432 \quad ※ \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_{h3} = n_h \cdot (1 + \phi_{d1}/2) = 6.2 \times (1 + 1.5/2) = 10.850$$

$$d_{vh2} = \delta_{yh} - \delta_{v2} = 974.685 - 622.053 = 352.632 \text{ mm}$$

$$d_{vh2,s} = (y_{hu,v} + y_{hl,v}) / 2 = (417.9 + 277.9) / 2 = 347.947 \text{ mm}$$

- 탄성계수비에 의한 환산 단면계수

구 분	n	$A_{vh3}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ovh3}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,080.0	-260.8	-2.297E+07	5.993E+09	4.201E+10	
Half-Deck	10.9	29,216.6	974.7	2.848E+07	2.776E+10	4.525E+07	
SLAB	7.0	127,971.4	1,088.8	1.393E+08	1.517E+11	5.206E+08	
합 계	-	245,268.0	1,802.7	1.448E+08	1.855E+11	4.258E+10	

- 합성단면 도심축 이동량

$$\delta_{v3} = \sum AY / \sum A = 144,842,621.4 / 245,268.0 = 590.548 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 Half-Deck 도심까지 거리

$$d_{h,hs} = \delta_{yh} - \delta_{v3} = 974.685 - 590.548 = 384.136 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$\begin{aligned} I_{vh3} &= \sum I_{ovh3} + \sum AY^2 - A \cdot \delta_{v3}^2 \\ &= 42,578,912,346.9 + 185,467,464,491.0 - 245,268.0 \times 590.548^2 = 1.425E+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 합성단면 도심축에서 SLAB 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{cu,vh3} = h/2 + (T_c + T_h) - \delta_{v3} = 1,800.0/2 + (240.0 + 50.0) - 590.548 = 599.452 \text{ mm}$$

$$y_{cl,vh3} = y_{cu,vh3} - T_c = 599.452 - 240.0 = 359.452 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심측에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,vh3} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{v3} = 1,800.0/2 + (90.0+50.0) - 590.548 = 449.452 \text{ mm}$$

$$y_{hl,vh3} = y_{hu,vh3} - (T_{c1} + T_h) = 449.452 - (90.0+50.0) = 309.452 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심측에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,vh3} = h/2 + t_u - \delta_{v3} = 1,800.00/2 + 12.0 - 590.548 = 321.452 \text{ mm}$$

$$y_{sl,vh3} = y_{su,vh3} - (h + t_u + t_l) = 321.452 - (1,800.0+12.0+12.0) = -1,502.548 \text{ mm}$$

- Half-Deck 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_{he} = N_{hi} + (f_{hu2} + f_{hl2} + f_{hu,v} + f_{hl,v} + f_{hu,vh1} + f_{hl,vh1} + f_{hu,vh2} + f_{hl,vh2})/2 \cdot A_h \cdot d_{vh2}/d_{vh2,s}$$

$$= 1,167,352.3 + (4,251+3,320)/2 \times 317,000.0 \times 352.6 / 347.9 = 2.384E+06 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 Half-Deck에 생기는 압축력

$$P_{\phi he} = N_{he} \cdot 2 \cdot \phi_{d1} / (2 + \phi_{d1}) = 2,383,575.6 \times 2 \times 1.5 / (2 + 1.5) = 2.043E+06 \text{ N}$$

- $P_{\phi he}$ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{\phi he} = P_{\phi he} \times d_{h,hs} = 2,043,064.8 \times 384.1 = 7.848E+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{h3} = E_h / (1 + \phi_{d1} / 2) = 32,902.0 / (1 + 1.5 / 2) = 18,801.143 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f_{hu} = f_{hut} + f_{hu2} + f_{hu,v} + f_{hu,vh1} + f_{hu,vh2}$$

$$= 3.990 + 4.552 + 1.137 + -0.885 + -0.553 = 8.241 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f_{hl} = f_{hl1} + f_{hl2} + f_{hl,v} + f_{hl,vh1} + f_{hl,vh2}$$

$$= 3.331 + 3.800 + 0.756 + -0.658 + -0.577 = 6.651 \text{ MPa}$$

- SLAB 콘크리트의 응력 변화량

$$f_{cu,vh3} = 1/n \cdot (P_{\phi he}/A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{cu,vh3}/I_{vh3})$$

$$= (1/7.0) \times (2,043,065/245,268 + 0.432 \times 784,815,153 \times 599/142,509,807,076) = 1.394 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,vh3} = 1/n \cdot (P_{\phi he}/A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{cl,vh3}/I_{vh3})$$

$$= (1/7.0) \times (2,043,065/245,268 + 0.432 \times 784,815,153 \times 359/142,509,807,076) = 1.312 \text{ MPa}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력 변화량

$$f_{hu,vh3} = 1/n_{h3} \cdot (P_{\phi he}/A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{hu,vh3}/I_{vh3}) - E_{h3} \cdot \Sigma f_{hu} \cdot \phi_{d1}/E_h$$

$$= (1/10.9) \times (2,043,064.8/245,268.0 + 0.432 \times 784,815,153.0 \times 449.5/142,509,807,076.4) - 18,801.1 \times 8.241 \times 1.5/32,902.0 = -6.198 \text{ MPa}$$

$$f_{hl,vh3} = 1/n_{h3} \cdot (P_{\phi he}/A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{hl,vh3}/I_{vh3}) - E_{h3} \cdot \Sigma f_{hl} \cdot \phi_{d1}/E_h$$

$$= (1/10.9) \times (2,043,064.8/245,268.0 + 0.432 \times 784,815,153.0 \times 309.5/142,509,807,076.4) - 18,801.1 \times 6.651 \times 1.5/32,902.0 = -4.865 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,vh3} = P_{\phi he}/A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{su,vh3}/I_{vh3}$$

$$= 2,043,064.8/245,268.0 + 0.432 \times 784,815,153.0 \times 321.5/142,509,807,076.4 = 9.094 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,vh3} = P_{\phi he}/A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{sl,vh3}/I_{vh3}$$

$$= 2,043,064.8/245,268.0 + 0.432 \times 784,815,153.0 \times -1,502.5/142,509,807,076.4 = 4.757 \text{ MPa}$$

(8) Half-Deck 최종 건조수축 손실

$$k = 0.432 \quad ※ \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_{h4} = n_h \cdot (1 + 2 \cdot \phi_{d1}/2) = 6.2 \times (1 + 2 \times 1.5 / 2) = 15.500$$

구 분	n	$A_{vh4}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ovh4}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,080.0	-260.8	-2.297E+07	5.993E+09	4.201E+10	
Half-Deck	15.5	20,451.6	974.7	1.993E+07	1.943E+10	3.168E+07	
SLAB	7.0	127,971.4	1,088.8	1.393E+08	1.517E+11	5.206E+08	
합 계	-	236,503.0	1,802.7	1.363E+08	1.771E+11	4.257E+10	

▪ 합성단면 도심축 이동량

$$\delta_{v4} = \sum AY / \sum A = 136,299,533.8 / 236,503.0 = 576.312 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 Half-Deck 도심까지 거리

$$d_{h,hs} = \delta_{yh} - \delta_{v4} = 974.685 - 576.312 = 398.373 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{vh4} = \sum I_{ovh4} + \sum AY^2 - A \cdot \delta_{v4}^2 = 42,565,336,030.2 + 177,140,649,102.6 - 236,503.0 \times 576.312^2 = 1.412\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심축에서 SLAB 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{cu,vh4} = h/2 + (T_c + T_h) - \delta_{v4} = 1,800.0/2 + (240.0 + 50.0) - 576.312 = 613.688 \text{ mm}$$

$$y_{cl,vh4} = y_{cu,vh4} - T_c = 613.688 - 240.0 = 373.688 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,vh4} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{v4} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 576.312 = 463.688 \text{ mm}$$

$$y_{hl,vh4} = y_{hu,vh4} - (T_{c1} + T_h) = 463.688 - (90.0 + 50.0) = 323.688 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,vh4} = h/2 + t_u - \delta_{v4} = 1,800.00/2 + 12.0 - 576.312 = 335.688 \text{ mm}$$

$$y_{sl,vh4} = y_{su,vh4} - (h + t_u + t_l) = 335.688 - (1,800.0 + 12.0 + 12.0) = -1,488.312 \text{ mm}$$

▪ Half-Deck 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{vhe} = E_s \cdot \epsilon_h \cdot A_h / n_{h4} = 205,000.0 \times 0.000225 \times 317,000.0 / 15.5 = 9.433\text{E}+05 \text{ N}$$

▪ P_{ve} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{vhe} = P_{vhe} \times d_{h,hs} = 943,330.6 \times 398.4 = 3.758\text{E}+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

▪ 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{h4} = E_s / n_{h4} = 205,000.0 / 15.5 = 13,225.806 \text{ MPa}$$

▪ SLAB 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,vh4} = 1/n \cdot (P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{cu,vh4}/I_{vh4}) = (1/7.0) \times (943,331/236,503 + 0.432 \times 375,797,056 \times 614/141,154,932,237) = 0.671 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,vh4} = 1/n \cdot (P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{cl,vh4}/I_{vh4}) = (1/7.0) \times (943,331/236,503 + 0.432 \times 375,797,056 \times 374/141,154,932,237) = 0.631 \text{ MPa}$$

▪ Half-Deck 콘크리트의 응력변화량

$$f_{hu,vh4} = 1/n_{h4} \cdot (P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{hu,vh4}/I_{vh4}) - E_{h4} \cdot \epsilon_h$$

$$= (1/15.5) \times (943,330.6/236,503.0 + 0.432 \times 375,797,055.6 \times 463.7/141,154,932,237.0) - 13,225.8 \times 0.000225 = -2.684 \text{ MPa}$$

$$f_{hl,vh4} = 1/n_{h4} \cdot (P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{hl,vh4}/I_{vh4}) - E_{h4} \cdot \epsilon_h$$

$$= (1/15.5) \times (943,330.6/236,503.0 + 0.432 \times 375,797,055.6 \times 323.7/141,154,932,237.0) - 13,225.8 \times 0.000225 = -2.694 \text{ MPa}$$

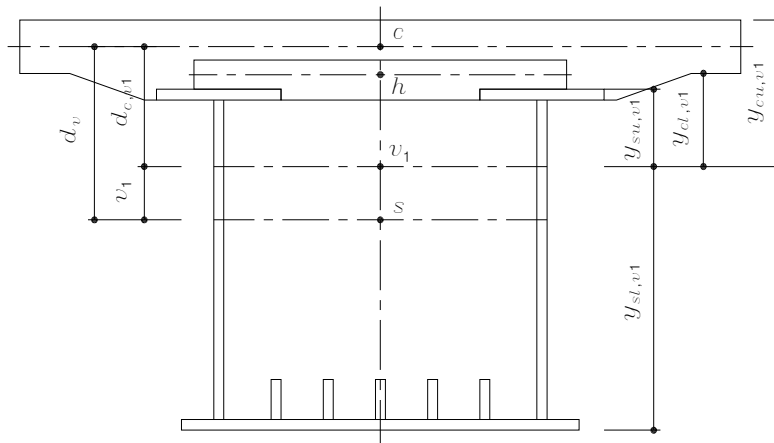
▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,vh4} = P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{su,vh4}/I_{vh4}$$

$$= 943,330.6/236,503.0 + 0.432 \times 375,797,055.6 \times 335.7/141,154,932,237.0 = 4.375 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,vh4} = P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{sl,vh4}/I_{vh4}$$

$$= 943,330.6/236,503.0 + 0.432 \times 375,797,055.6 \times -1,488.3/141,154,932,237.0 = 2.278 \text{ MPa}$$



(9) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향 (도.설.해 3.9.2.6)

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k_2 = 0.432 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 2.0/2) = 14.000$$

$$d_{vc} = \delta_{yc} - \delta_{v2} = 1,088.838 - 622.053 = 466.785 \text{ mm}$$

$$d_{vc,s} = (y_{cu,v} + y_{cl,v}) / 2 = (567.9 + 327.947) / 2 = 447.947 \text{ mm}$$

구 분	n	$A_{v1}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ov1}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,080.0	-260.8	-2.297E+07	5.993E+09	4.201E+10	
Half-Deck	6.2	51,129.0	974.7	4.983E+07	4.857E+10	7.920E+07	
SLAB	14.0	63,985.7	1,088.8	6.967E+07	7.586E+10	2.603E+08	
합 계	-	203,194.7	1,802.7	9.653E+07	1.304E+11	4.235E+10	

▪ 합성단면 도심축 이동량

$$\delta_{c,v1} = \sum AY / \sum A = 96,530,268.8 / 203,194.7 = 475.063 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 SLAB 도심까지 거리

$$d_{c,v1} = \delta_{yc} - \delta_{c,v1} = 1,088.838 - 475.063 = 613.775 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{v1} = \sum I_{ov1} + \sum AY^2 - A \cdot \delta_{c,v1}^2$$

$$= 42,352,535,262.6 + 130,425,087,980.8 - 203,194.7 \times 475.063^2 = 1.269E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심축에서 SLAB 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{cu,v1} = h/2 + (T_c + T_h) - \delta_{c,v1} = 1,800.0/2 + (240.0+50.0) - 475.063 = 714.937 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v1} = y_{cu,v1} - T_c = 714.937 - 240.0 = 474.937 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,v1} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{c,v1} = 1,800.0/2 + (90.0+50.0) - 475.063 = 564.937 \text{ mm}$$

$$y_{hl,v1} = y_{hu,v1} - (T_{c1} + T_h) = 564.937 - (90.0+50.0) = 424.937 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v1} = h/2 + t_u - \delta_{c,v1} = 1,800.00/2 + 12.0 - 475.063 = 436.937 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v1} = y_{su,v1} - (h + t_u + t_l) = 436.937 - (1,800.0+12.0+12.0) = -1,387.063 \text{ mm}$$

▪ 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = (f_{cu,v} + f_{cl,v})/2 \cdot A_c \cdot d_{vc}/d_{vc,s}$$

$$= (1.368+0.790)/2 \times 895,800.0 \times 466.785/447.947 = 1.007E+06 \text{ N}$$

▪ 강재보와 결합으로 인해 SLAB에 생기는 압축력

$$P_\Phi = N_c \cdot 2 \cdot \Phi_1 / (2 + \Phi_1) = 1,007,113.5 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = 1.007E+06 \text{ N}$$

▪ P_Φ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\Phi = P_\Phi \times d_{c,v1} = 1,007,113.5 \times 613.8 = 6.181E+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

▪ Half-Deck 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{c1} = E_c / (1 + \Phi_1 / 2) = 27,804.0 / (1 + 2.0 / 2) = 13,902.000 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = 1.368 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = 0.790 \text{ MPa}$$

▪ 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

$$f_{cu,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\Phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\Phi \cdot y_{cu,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu,v} \cdot \Phi_1 / E_c$$

$$= (1/14.0) \times (1,007,113.5/203,194.7 + 0.432 \times 618,141,206.4 \times 714.9/126,919,681,725.0) - 13,902.0 \times 1.368 \times 2.0/27,804.0 = -0.906 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\Phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\Phi \cdot y_{cl,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl,v} \cdot \Phi_1 / E_c$$

$$= (1/14.0) \times (1,007,113.5/203,194.7 + 0.432 \times 618,141,206.4 \times 474.9/126,919,681,725.0) - 13,902.0 \times 0.790 \times 2.0/27,804.0 = -0.364 \text{ MPa}$$

▪ Half-Deck 콘크리트의 응력 변화량

$$f_{hu,v1} = 1/n_h \cdot (P_\Phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\Phi \cdot y_{hu,v1} / I_{v1})$$

$$= (1/6.2) \times (1,007,114/203,195 + 0.432 \times 618,141,206 \times 565/126,919,681,725) = 0.991 \text{ MPa}$$

$$f_{hl,v1} = 1/n_h \cdot (P_\Phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\Phi \cdot y_{hl,v1} / I_{v1})$$

$$= (1/6.2) \times (1,007,114/203,195 + 0.432 \times 618,141,206 \times 425/126,919,681,725) = 0.944 \text{ MPa}$$

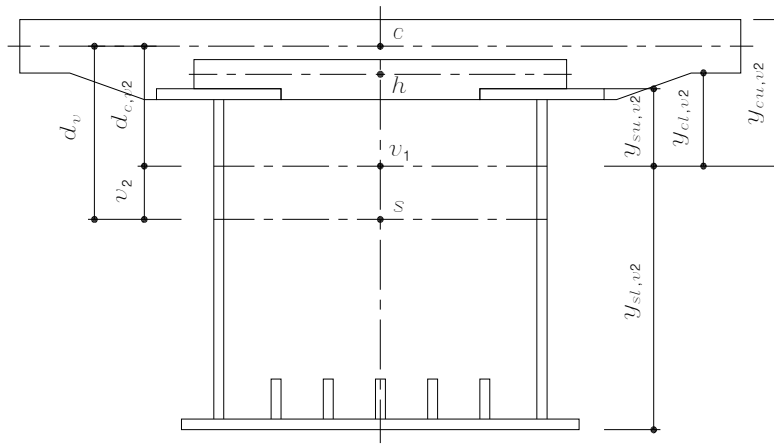
▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\Phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\Phi \cdot y_{su,v1} / I_{v1}$$

$$= 1,007,113.5/203,194.7 + 0.432 \times 618,141,206.4 \times 436.9/126,919,681,725.0 = 5.876 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\Phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\Phi \cdot y_{sl,v1} / I_{v1}$$

$$= 1,007,113.5/203,194.7 + 0.432 \times 618,141,206.4 \times -1,387.1/126,919,681,725.0 = 2.038 \text{ MPa}$$



(10) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

$$k_2 = 0.432 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

구 분	n	$A_{v2}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ov2}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,080.0	-260.8	-2.297E+07	5.993E+09	4.201E+10	
Half-Deck	6.2	51,129.0	974.7	4.983E+07	4.857E+10	7.920E+07	
SLAB	21.0	42,657.1	1,088.8	4.645E+07	5.057E+10	1.735E+08	
합 계	-	181,866.2	1,802.7	7.331E+07	1.051E+11	4.227E+10	

■ 합성단면 도심축 이동량

$$\delta_{c,v2} = \sum AY / \sum A = 73,306,911.7 / 181,866.2 = 403.082 \text{ mm}$$

■ 합성단면 도심에서 SLAB 도심까지 거리

$$d_{c,v2} = \delta_{yc} - \delta_{c,v2} = 1,088.838 - 403.082 = 685.756 \text{ mm}$$

■ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{v2} = \sum I_{ov2} + \sum AY^2 - A \cdot \delta_{c,v2}^2 = 42,265,762,637.3 + 105,138,616,320.4 - 181,866.2 \times 403.082^2 = 1.179E+11 \text{ mm}^4$$

■ 합성단면 도심축에서 SLAB 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{cu,v2} = h/2 + (T_c + T_h) - \delta_{c,v2} = 1,800.0/2 + (240.0 + 50.0) - 403.082 = 786.918 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v2} = y_{cu,v2} - T_c = 786.918 - 240.0 = 546.918 \text{ mm}$$

■ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,v2} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{c,v2} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 403.082 = 636.918 \text{ mm}$$

$$y_{hl,v2} = y_{hu,v2} - (T_{c1} + T_h) = 636.918 - (90.0 + 50.0) = 496.918 \text{ mm}$$

■ 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v2} = h/2 + t_u - \delta_{c,v2} = 1,800.00/2 + 12.0 - 403.082 = 508.918 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v2} = y_{su,v2} - (h + t_u + t_l) = 508.918 - (1,800.0 + 12.0 + 12.0) = -1,315.082 \text{ mm}$$

■ 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 895,800.0 / 21.0 = 2.361E+06 \text{ N}$$

■ P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,361,072.9 \times 685.8 = 1.619E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

■ 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{c2} = E_s / n_2 = 205,000.0 / 21.0 = 9,761.905 \text{ MPa}$$

▪ 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{cu,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s$$

$$= (1/21.0) \times (2,361,072.9/181,866.2 + 0.432 \times 1,619,120,573.7 \times 508.9/786.9) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.795 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{cl,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s$$

$$= (1/21.0) \times (2,361,072.9/181,866.2 + 0.432 \times 1,619,120,573.7 \times 508.9/546.9) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.863 \text{ MPa}$$

▪ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$f_{hu,v2} = 1/n_h \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{hu,v2}/I_{v2})$$

$$= (1/6.2) \times (2,361,072.9/181,866.2 + 0.432 \times 1,619,120,573.7 \times 508.9/636.9) = 2.704 \text{ MPa}$$

$$f_{hl,v2} = 1/n_h \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{hl,v2}/I_{v2})$$

$$= (1/6.2) \times (2,361,072.9/181,866.2 + 0.432 \times 1,619,120,573.7 \times 508.9/496.9) = 2.570 \text{ MPa}$$

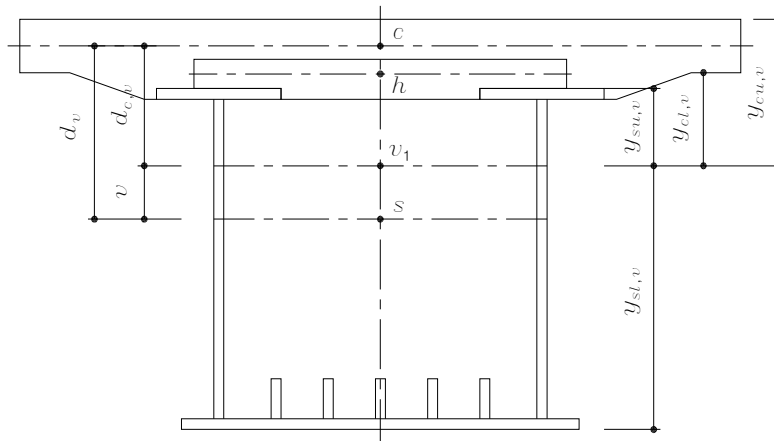
▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v2}/I_{v2}$$

$$= 2,361,072.9/181,866.2 + 0.432 \times 1,619,120,573.7 \times 508.9/117,855,710,546.2 = 16.003 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v2}/I_{v2}$$

$$= 2,361,072.9/181,866.2 + 0.432 \times 1,619,120,573.7 \times -1,315.1/117,855,710,546.2 = 5.178 \text{ MPa}$$



(11) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10℃를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

$$d_{h,v} = \delta_{yh} - \delta_{v2} = 974.685 - 622.053 = 352.632 \text{ mm}$$

$$d_{c,v} = \delta_{yc} - \delta_{v2} = 1,088.838 - 622.053 = 466.785 \text{ mm}$$

▪ 온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

▪ Half-Deck 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{vc1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 317,000.0 / 6.2 = 1.258E+06 \text{ N}$$

▪ SLAB 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{vh2} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 895,800.0 / 7.0 = 3.148E+06 \text{ N}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = P_{vc1} + P_{vh2} = 1,257,774.2 + 3,148,097.142857 = 4.406E+06 \text{ N}$$

- P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{vc1} \times d_{h,v} + P_{vh2} \times d_{c,v} = 1,257,774.2 \times 352.6 + 3,148,097.1 \times 466.8 = 1.913E+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$\begin{aligned} f_{cu,v1} &= 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{cu,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t \\ &= (1/7.0) \times (4,405,871.3/267,180.5 + 0.432 \times 1,913,016,200.0 \times 567.9/145,511,977,460.7) \\ &\quad - 27,804.0 \times 0.000120 = -0.520 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{cl,v1} &= 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{cl,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t \\ &= (1/7.0) \times (4,405,871.3/267,180.5 + 0.432 \times 1,913,016,200.0 \times 327.9/145,511,977,460.7) \\ &\quad - 27,804.0 \times 0.000120 = -0.715 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력변화량

$$\begin{aligned} f_{hu,v1} &= 1/n_h \cdot (P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{hu,v}/I_v) - E_h \cdot \epsilon_t \\ &= (1/6.2) \times (4,405,871.3/267,180.5 + 0.432 \times 1,913,016,200.0 \times 417.9/145,511,977,460.7) \\ &\quad - 32,902.0 \times 0.000120 = -0.906 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{hl,v1} &= 1/n_h \cdot (P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{hl,v}/I_v) - E_h \cdot \epsilon_t \\ &= (1/6.2) \times (4,405,871.3/267,180.5 + 0.432 \times 1,913,016,200.0 \times 277.9/145,511,977,460.7) \\ &\quad - 32,902.0 \times 0.000120 = -1.034 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_v \\ &= 4,405,871.3/267,180.5 + 0.432 \times 1,913,016,200.0 \times 289.9/145,511,977,460.7 = 18.137 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_v \\ &= 4,405,871.3/267,180.5 + 0.432 \times 1,913,016,200.0 \times -1,534.1/145,511,977,460.7 = 7.778 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(12) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$\begin{aligned} u &= (V_s + V_{sc} + V_v)/A_w + M_{st}/(2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 361.474/43,200.0 + 70.756/105,269,009.6 + 354.088/105,923,872.7 = 12.382 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\ast u = 12.4 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$\begin{aligned} u &= (V_s + V_{sc} + V_w)/A_w + M_{st}/(2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt})/(2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 361.474/43,200.0 + 70.756/105,269,009.6 + 354.088/105,923,872.7 = 12.382 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\ast u = 12.4 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

- 활하중 재하시

$$\begin{aligned} u &= (V_s + V_{sc} + V_w/2 + V_v)/A_w + M_{st}/(2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}/2 + M_{vt})/(2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 361.641/43,200.0 + 70.756/105,269,009.6 + 357.068/105,923,872.7 = 12.414 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\ast u = 12.4 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

(13) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65 \phi^2 + 0.13 \phi + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0.0$)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

▪ 인장 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

▪ 압축 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.1)

- 압축부의 국부좌굴에 대한 허용응력

(도.설.해 3.4.2.2)

$$b / 10.5 = 10.3 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow ① \quad f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 16 = 6.8 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} \geq b / 10.5 = 10.3 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow ① \quad f_{ca} = 24,000 (t_u/b)^2 = 296.3 \text{ MPa}$$

- 허용 휨 압축응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2.1)

A_w : 복부판의 총단면적 (mm^2)	$\Rightarrow$	21,600.0 mm^2	$A_w/A_c = 4.500 > 2.0$
A_c : 압축플랜지 총단면적 (mm^2)	$\Rightarrow$	4,800.0 mm^2	
l : 압축플랜지의 고정점간 거리 (mm)	$\Rightarrow$	2,400.0 mm	
b : 압축플랜지 폭 (mm)	$\Rightarrow$	400.0 mm	
$K = \sqrt{3 + (A_w/2A_c)}$	$\Rightarrow$	2.291	

$$8/K = 3.3 < l/b = 2,400.0 / 400.0 = 6.0$$

$$\Rightarrow ② \quad f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$8/K = 3.3 < l/b = 2,400.0 / 400.0 = 6.0 \leq 27.0$$

$$\Rightarrow ② \quad f_{ca} = 215.0 - 2.4 (K \cdot l/b - 7.5) = 215.0 - 2.4 \times (2.291 \times 2,400.0 / 400.0 - 7.5) = 200.3 \text{ MPa}$$

∴ ①에 허용응력 값이 ②에 허용응력 값보다 작은 경우로 국부좌굴에 대한 허용응력을 사용한다.

$$f_{ca} = 200.3 \text{ MPa}$$

∴ $f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$ (합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면, π 형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우)

▪ 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1)

- SLAB 허용응력

$$f_{ca} = 0.40 \quad f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$$

($f_{ck} = 27.0 \text{ MPa}$ 사용)

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

- Half-Deck 허용응력

$$f_{ca} = 0.40 \quad f_{ck} = 20.000 \text{ MPa}$$

($f_{ck} = 50.0 \text{ MPa}$ 사용)

$$f_{ta} = 0.07 \quad f_{ck} = 2.500 \text{ MPa}$$

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	Concrete				Half-Deck Concrete			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	8.542	7.130	20.000	20.000
1+5+6	-	-	-	-	7.105	5.895	20.000	20.000
1+2+3+5+6	3.632	2.097	10.800	10.800	10.122	7.902	20.000	20.000
1+2+3+5+6+7+8+9+10	2.994	1.813	10.800	10.800	4.935	3.855	20.000	20.000
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)+11$	2.474	1.098	12.420	12.420	4.029	2.821	23.000	23.000
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)-11$	3.514	2.528	12.420	12.420	5.841	4.889	23.000	23.000
1+2+4+5+6	1.368	0.790	13.500	13.500	3.689	2.851	25.000	25.000
1+2+3+0.5×4+5+6	3.632	2.097	13.500	13.500	5.570	4.102	25.000	25.000
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)$	2.994	1.813	13.500	13.500	0.383	0.056	25.000	25.000
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)+11$	2.474	1.098	14.580	14.580	-0.523	-0.978	3.375	3.375
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)-11$	3.514	2.528	14.580	14.580	1.289	1.089	27.000	27.000
하 중 조 합	Steel							
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)					
	상 연	하 연	상 연	하 연				
1	44.959	-69.088	200.318	215.000				
1+5+6	54.086	-66.637	215.000	215.000				
1+2+3+5+6	67.064	-135.301	215.000	215.000				
1+2+3+5+6+7+8+9+10	102.412	-121.051	247.250	215.000				
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)+11$	120.549	-113.273	279.500	247.250				
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)-11$	84.275	-128.829	279.500	247.250				
1+2+4+5+6	35.017	-55.687	268.750	268.750				
1+2+3+0.5×4+5+6	43.106	-98.486	268.750	268.750				
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)$	78.453	-84.236	268.750	268.750				
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)+11$	96.590	-76.458	290.250	290.250				
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)-11$	60.316	-92.014	290.250	290.250				

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(14) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.050	0.103	0.010	0.010	0.060	0.113	0.K !!	0.K !!
1+5+6	0.063	0.096	0.010	0.010	0.073	0.106	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.097	0.396	0.010	0.010	0.107	0.406	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7+8+9+10	0.172	0.317	0.010	0.010	0.181	0.327	0.K !!	0.K !!
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)+11$	0.186	0.210	0.010	0.010	0.196	0.220	0.K !!	0.K !!
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)-11$	0.091	0.271	0.010	0.010	0.101	0.281	0.K !!	0.K !!
1+2+4+5+6	0.017	0.043	0.007	0.007	0.024	0.050	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.026	0.134	0.006	0.006	0.032	0.141	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)$	0.085	0.098	0.006	0.006	0.092	0.105	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)+11$	0.111	0.069	0.006	0.006	0.117	0.076	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)-11$	0.043	0.100	0.006	0.006	0.049	0.107	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{120.549}{279.500}\right)^2 + \left(\frac{12.382}{125.000}\right)^2 = 0.186 + 0.010 = 0.196 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{-135.301}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{12.382}{125.000}\right)^2 = 0.396 + 0.010 = 0.406 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

(15) 판의 최소두께 검토

- 압축(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.1, 3.4.2.2, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 108.0 / 16.0 = 6.8 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$$

$$(\text{합성형 스테드 설치시}) \quad t_{min} = 10.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$$

- 인장(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$$

$$t_{min} = \text{Rib 간격}/80 = 2,400.0 / (3 \times 80) = 10.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1, 3.8.4.2)

- 합 성 전

$$t_{min} = b/(206 \times 1.200) = 1,800.0 / (206 \times 1.200) = 7.3 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 44.959)} = 2.19 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

- 합 성 후

$$t_{min} = b/(206 \times 1.200) = 579.9 / (206 \times 1.200) = 2.3 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 120.549)} = 1.34 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(16) 항복에 대한 안전도 검사

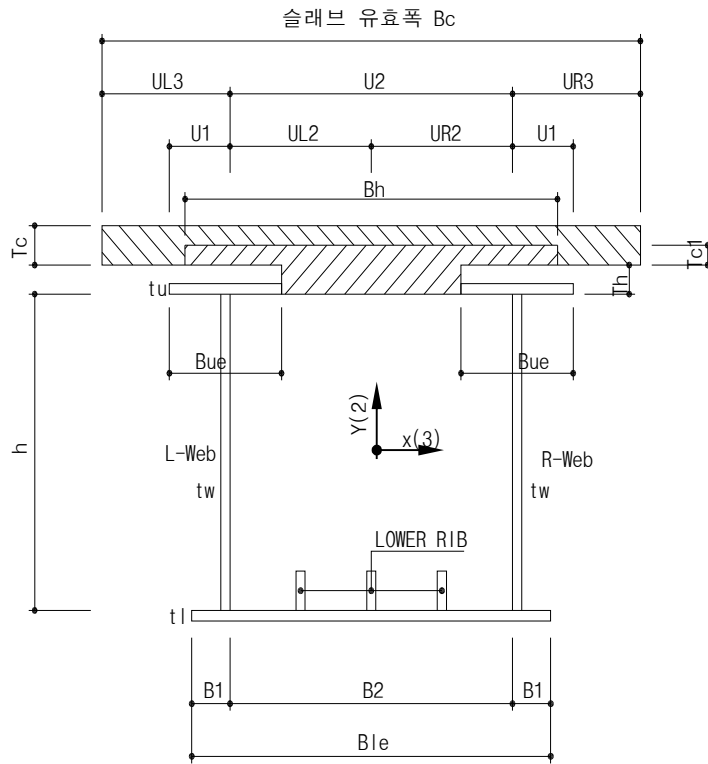
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Concrete				Half-Deck Concrete			
	작용응력(MPa)		허용응력 (MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력 (MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	11.105	9.270	30.000	0.K !!
1+5+6	-	-	-	-	9.667	8.034	30.000	0.K !!
1+2+3+11	6.125	3.123	16.200	0.K !!	15.721	11.907	30.000	0.K !!
1+2+3-11	7.165	4.552	16.200	0.K !!	17.532	13.975	30.000	0.K !!
1+2+3+5+6	6.645	3.837	16.200	0.K !!	15.189	11.706	30.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7+8+9+10	6.008	3.553	16.200	0.K !!	10.002	7.660	30.000	0.K !!
∑(1~3)+∑(5~10)+11	5.488	2.838	16.200	0.K !!	9.096	6.626	30.000	0.K !!
∑(1~3)+∑(5~10)-11	6.528	4.268	16.200	0.K !!	10.907	8.693	30.000	0.K !!
1+2+4+5+6	1.778	1.027	16.200	0.K !!	5.227	4.077	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+11	6.125	3.123	16.200	0.K !!	15.721	11.908	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4-11	7.165	4.552	16.200	0.K !!	17.532	13.975	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	6.645	3.837	16.200	0.K !!	9.271	6.766	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+∑(5~10)	6.008	3.553	16.200	0.K !!	4.084	2.720	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+∑(5~10)+11	5.488	2.838	16.200	0.K !!	3.178	1.686	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+∑(5~10)-11	6.528	4.268	16.200	0.K !!	4.990	3.754	30.000	0.K !!
하 중 조 합	Steel							
	작용응력(MPa)		허용응력 (MPa)	판 별				
	상 연	하 연						
1	58.447	-89.814	355.000	0.K !!				
1+5+6	67.574	-87.363	355.000	0.K !!				
1+2+3+11	100.332	-207.681	355.000	0.K !!				
1+2+3-11	64.058	-223.237	355.000	0.K !!				
1+2+3+5+6	91.322	-213.008	355.000	0.K !!				
1+2+3+5+6+7+8+9+10	126.669	-198.757	355.000	0.K !!				
∑(1~3)+∑(5~10)+11	144.806	-180.620	355.000	0.K !!				
∑(1~3)+∑(5~10)-11	118.891	-206.535	355.000	0.K !!				
1+2+4+5+6	42.783	-73.128	355.000	0.K !!				
1+2+3+0.5×4+11	100.332	-207.683	355.000	0.K !!				
1+2+3+0.5×4-11	64.058	-223.238	355.000	0.K !!				
1+2+3+0.5×4+5+6	60.176	-165.148	355.000	0.K !!				
1+2+3+0.5×4+∑(5~10)	95.523	-150.897	355.000	0.K !!				
1+2+3+0.5×4+∑(5~10)+11	113.660	-143.120	355.000	0.K !!				
1+2+3+0.5×4+∑(5~10)-11	77.386	-158.675	355.000	0.K !!				

[G2 : 최대모멘트] : 절점 59 로 부터 이격거리 3.637 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM520B

Bc = 4,670.0 mm

UL3 = 1,100.0 mm

UR3 = 1,170.0 mm

Bh = 2,500.0 mm

U1 = 120.0 mm

UL2 = 1,200.0 mm

UR2 = 1,200.0 mm

상부 플랜지 유효폭

Bue = 400.0 mm

하부 플랜지 유효폭

Ble = 2,640.0 mm

B1 = 120.0 mm

B2 = 2,400.0 mm

Tc = 240.0 mm

Tc1 = 90.0 mm

Th = 50.0 mm

h = 1,800.0 mm

$\Theta_L = 0.000^\circ$

$\Theta_R = 0.000^\circ$

구 분	단 위	입력 Data
E_s : 강재 탄성계수	MPa	205,000.0
E_c : 콘크리트의 탄성계수	MPa	27,804.0
E_h : Half-Deck 콘크리트의 탄성계수	MPa	32,902.0
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율	-	0.000270
ϵ_h : Half-Deck 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율	-	0.000225
ϵ_{hs} : Half-Deck 콘크리트의 초기건조수축율	-	0.000045
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수	-	0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수	-	4.0
ϕ_{d1} : Half-Deck 콘크리트의 최종 크리이프 계수	-	1.5
ϕ_{d0} : Half-Deck 콘크리트의 초기 크리이프 계수	-	0.5
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비	-	7.0
n_h : 강과 Half-Deck 콘크리트의 탄성계수비	-	6.2
Δt : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10.0
M_{s1} : 합성전 고정하중(자중)에 의한 모멘트	kN·m	3,248.910
M_{s2} : 합성전 고정하중(바닥판)에 의한 모멘트	kN·m	3,771.450
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	2,841.980
M_w : 풍하중에 의한 모멘트	kN·m	36.725
M_v : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	4,454.540
V_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-23.871
V_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-4.213
V_w : 풍하중에 의한 전단력	kN	-5.788
V_v : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	-324.875
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-85.938
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-46.521
M_{wt} : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN·m	-35.540
M_{vt} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-404.490

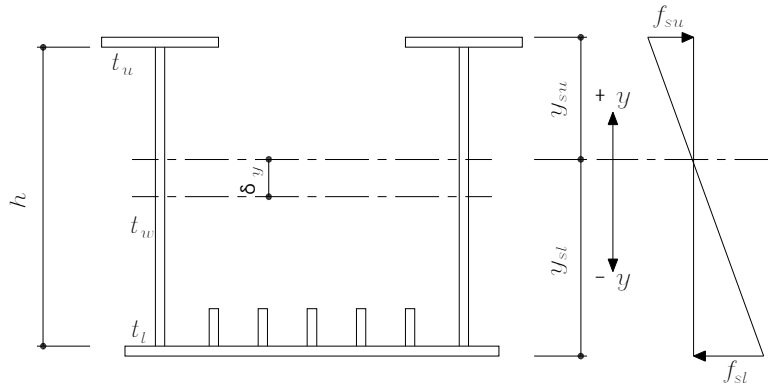
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

X(3)축 방향 단면 제원

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.	2 - 400.0 × 12.0	9,600.0	906.0	8.698E+06	7.880E+09	1.152E+05
UPPER RIB	0 - 0.0 × 0.0	0.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
LOWER RIB	2 - 150.0 × 14.0	4,200.0	-825.0	-3.465E+06	2.859E+09	7.875E+06
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	-906.0	-2.870E+07	2.600E+10	3.802E+05
강재 단면 합계		88,680.0	-	-2.347E+07	3.674E+10	1.167E+10
RC. SLAB	1 - 2,500.0 × 150.0	375,000.0	1,115.0	4.181E+08	4.662E+11	7.031E+08
RC. SLAB	1 - 1,050.0 × 240.0	252,000.0	1,070.0	2.696E+08	2.885E+11	1.210E+09
RC. SLAB	1 - 1,120.0 × 240.0	268,800.0	1,070.0	2.876E+08	3.077E+11	1.290E+09
SLAB 단면 합계		895,800.0	-	9.754E+08	1.062E+12	3.203E+09
Half-deck	1 - 2,500.0 × 90.0	225,000.0	995.0	2.239E+08	2.228E+11	1.519E+08
	1 - 1,840.0 × 50.0	92,000.0	925.0	8.510E+07	7.872E+10	1.917E+07
Half-deck 단면 합계		317,000.0	-	3.090E+08	3.015E+11	1.710E+08
※ $A_s = 88,680.0 \text{ mm}^2$ $A_{c1} = 895,800.0 \text{ mm}^2$ $A_h = 317,000.0 \text{ mm}^2$						

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 강재에 의한 도심축 이동량

$$\delta_{ys} = \sum A_s Y / \sum A_s = -23,469,480.0 / 88,680.0 = -264.654 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xos} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_{ys}^2 = 11,672,370,360.0 + 36,742,735,080.0 - 88,680.0 \times (-264.654)^2 = 4.220E+10 \text{ mm}^4$$

- Half-Deck에 의한 도심축 이동량

$$\delta_{yh} = \sum A_h Y / \sum A_h = 308,975,000.0 / 317,000.0 = 974.685 \text{ mm}$$

- Half-Deck의 단면2차 모멘트

$$I_h = \sum I_{xoh} + \sum A_h Y^2 - A_h \cdot \delta_y^2 = 171,041,666.7 + 301,473,125,000.0 - 317,000.0 \times 974.685^2 = 4.910E+08 \text{ mm}^4$$

▪ 합성 단면에 의한 도심축 이동량

$$\delta_{v1} = (\sum A_s Y + \sum A_h Y / n_h) / (\sum A_s + \sum A_h / n_h) \\ = (-23,469,480.0 + 308,975,000.0/6.2) / (88,680.0 + 317,000.0/6.2) = 188.580 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{33} = (\sum I_{xos} + \sum I_{xoh} / n_h) + (\sum A_s Y^2 + \sum A_h Y^2 / n_h) - (A_s + A_h / n_h) \cdot \delta_{v1}^2 \\ = (11,672,370,360.0 + 171,041,666.7/6.2) + (36,742,735,080.0 + 301,473,125,000.0/6.2) \\ - (88,680.0 + 317,000.0/6.2) \times 188.6^2 = 9.210E+10 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{v1} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 188.580 = 851.420 \text{ mm} \\ y_{hl} = y_{hu} - (T_{c1} + T_h) = 851.4 - (90.0 + 50.0) = 711.420 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 강재 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_{v1} = 1,800.0 / 2 + 12.0 - 188.580 = 723.420 \text{ mm} \\ y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_{v1} \} = -\{ 1,800.0 / 2 + 12.0 + 188.580 \} = -1,100.580 \text{ mm}$$

▪ Half-Deck 응력 검토

- 자중(강재+Half-Deck)

$$f_{hut} = M_{st} \cdot y_{hu} / (I_{33} \cdot n_h) = 3,248.91 \times 851.4 / (92,095,439,549.2 \times 6.2) = 4.845 \text{ MPa} \\ f_{hlt} = M_{st} \cdot y_{hl} / (I_{33} \cdot n_h) = 3,248.91 \times 711.4 / (92,095,439,549.2 \times 6.2) = 4.048 \text{ MPa}$$

-바닥판 하중

$$f_{hu2} = M_{s2} \cdot y_{hu} / (I_{33} \cdot n_h) = 3,771.45 \times 851.4 / (92,095,439,549.2 \times 6.2) = 5.624 \text{ MPa} \\ f_{hl2} = M_{s2} \cdot y_{hl} / (I_{33} \cdot n_h) = 3,771.45 \times 711.4 / (92,095,439,549.2 \times 6.2) = 4.699 \text{ MPa}$$

▪ 플랜지 응력 검토

- 자중(강재+Half-Deck)

$$f_{sut} = M_{st} \cdot y_{su} / I_{33} = 3,248.91 \times 723.4 / 92,095,439,549.2 = 25.521 \text{ MPa} \\ f_{slt} = M_{st} \cdot y_{sl} / I_{33} = 3,248.91 \times -1,100.6 / 92,095,439,549.2 = -38.826 \text{ MPa}$$

-바닥판 하중

$$f_{su2} = M_{s2} \cdot y_{su} / I_{33} = 3,771.45 \times 723.4 / 92,095,439,549.2 = 29.625 \text{ MPa} \\ f_{sl2} = M_{s2} \cdot y_{sl} / I_{33} = 3,771.45 \times -1,100.6 / 92,095,439,549.2 = -45.070 \text{ MPa}$$

▪ 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$B_w = UL_2 + UR_2 + t_w/2 \times 2ea = 1,200.0 + 1,200.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm}$$

$$B_l = B_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm}$$

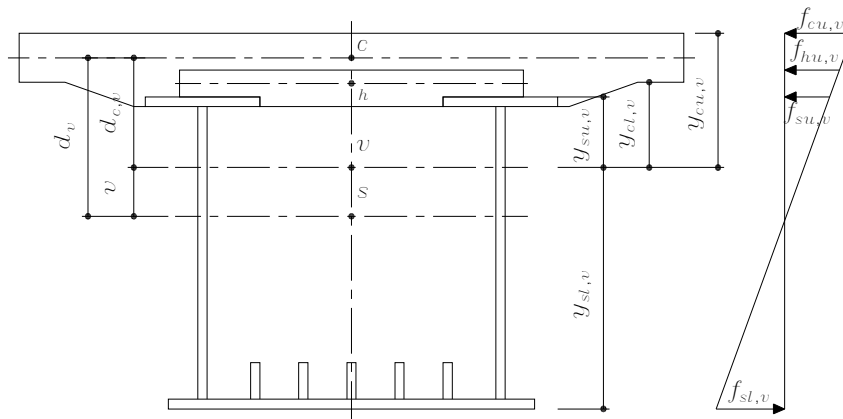
$$H = h + (\text{환산두께})/2 + t_l/2 = 1,800.0 + 24.989 / 2 + 12.0 / 2 = 1,818.495 \text{ mm}$$

$$\text{전단탄성계수비 } n_{hs} = G_s / G_h = 79,000.0 / 14,100.9 = 5.6$$

$$F = (B_u + B_l) / 2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 1,818.5 = 4.386E+06 \text{ mm}^2$$

$$U = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 23.871 / 43,200.0 + 85.938 / (2 \times 4,386,208.7 \times 12.0) = 1.369 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- SLAB에 의한 도심축 이동량

$$\delta_{yc} = \sum A_c Y / \sum A_c = 975,381,000.0 / 895,800.0 = 1,088.838 \text{ mm}$$

- SLAB의 단면2차 모멘트

$$I_c = \sum I_{xoc} + \sum A_c Y^2 - A_c \cdot \delta_{yc}^2$$

$$= 3,202,965,000.0 + 1,062,473,295,000.0 - 895,800.0 \times 1,088.838^2 = 3.644\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

- 탄성계수비에 의한 환산 단면계수

구 분	n	$A_v(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,680.0	-264.7	-2.347E+07	6.211E+09	4.220E+10	
Half-Deck	6.2	51,129.0	974.7	4.983E+07	4.857E+10	7.920E+07	
SLAB	7.0	127,971.4	1,088.8	1.393E+08	1.517E+11	5.206E+08	
합 계	-	267,780.5	1,798.9	1.657E+08	2.065E+11	4.280E+10	

- 합성단면 도심축 이동량

$$\delta_{v2} = \sum AY / \sum A = 165,705,340.3 / 267,780.5 = 618.810 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = \sum I_{xo} + \sum AY^2 - A \cdot \delta_{v2}^2$$

$$= 42,803,654,331.0 + 206,503,201,769.5 - 267,780.5 \times 618.810^2 = 1.468\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면 도심축에서 SLAB 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{cu,v} = h/2 + (T_c + T_h) - \delta_{v2} = 1,800.0/2 + (240.0 + 50.0) - 618.810 = 571.190 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v} = d_{cu,v} - T_c = 571.190 - 240.0 = 331.190 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,v} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{v2} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 618.810 = 421.190 \text{ mm}$$

$$y_{hl,v} = d_{hu,v} - (T_{c1} + T_h) = 421.190 - (90.0 + 50.0) = 281.190 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심축에서 강재 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = h/2 + t_u - \delta_{v2} = 1,800.0 / 2 + 12.0 - 618.810 = 293.190 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = d_{su,v} - (h + t_u + t_l) = 293.190 - (1,800.0 + 12.0 + 12.0) = -1,530.810 \text{ mm}$$

- SLAB 응력 검토

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \times n) = 2,841.98 \times 571.2 / (146,766,664,366.2 \times 7.0) = 1.580 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \times n) = 2,841.98 \times 331.2 / (146,766,664,366.2 \times 7.0) = 0.916 \text{ MPa}$$

▪ Half-Deck 응력 검토

$$\begin{aligned} f_{hu,v} &= M_{sc} \cdot y_{hu,v} / (I_v \times n) = 2,841.98 \times 421.2 / (146,766,664,366.2 \times 6.2) = 1.315 \text{ MPa} \\ f_{hl,v} &= M_{sc} \cdot y_{hl,v} / (I_v \times n) = 2,841.98 \times 281.2 / (146,766,664,366.2 \times 6.2) = 0.878 \text{ MPa} \end{aligned}$$

▪ 플랜지 응력 검토

$$\begin{aligned} f_{su,v} &= M_{sc} \cdot y_{su,v} / (I_v \times n) = 2,841.98 \times 293.2 / (146,766,664,366.2 \times 1.0) = 5.677 \text{ MPa} \\ f_{sl,v} &= M_{sc} \cdot y_{sl,v} / (I_v \times n) = 2,841.98 \times -1,530.8 / (146,766,664,366.2 \times 1.0) = -29.643 \text{ MPa} \end{aligned}$$

▪ 부재의 전단응력 검토 (도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$\begin{aligned} B_w &= UL_2 + UR_2 + t_w/2 \times 2ea = 1,200.0 + 1,200.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm} \\ B_l &= B_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm} \\ H &= h + (\text{환산두께})/2 + tl/2 = 1,800.0 + 47.6/2 + 12.0/2 = 1,829.807 \text{ mm} \\ \text{전단탄성계수비 } n_{hs} &= G_s/G_c = 79,000.0 / 11,916.0 = 6.6 \\ F_v &= (B_u + B_l)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0)/2 \times 1,829.8 = 4.413E+06 \text{ mm}^2 \\ u &= V_{sc}/A_w + M_{sct}/(2 \cdot F \cdot t_w) \\ &= 4.213 / 43,200.0 + 46.521 / (2 \times 4,413,494.7 \times 12.0) = 0.537 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(3) 활 하 중

▪ SLAB 응력 검토

$$\begin{aligned} f_{cu,v} &= M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \times n) = 4,454.54 \times 571.2 / (146,766,664,366.2 \times 7.0) = 2.477 \text{ MPa} \\ f_{cl,v} &= M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \times n) = 4,454.54 \times 331.2 / (146,766,664,366.2 \times 7.0) = 1.436 \text{ MPa} \end{aligned}$$

▪ Half-Deck 응력 검토

$$\begin{aligned} f_{hu,v} &= M_v \cdot y_{hu,v} / (I_v \times n) = 4,454.54 \times 421.2 / (146,766,664,366.2 \times 6.2) = 2.062 \text{ MPa} \\ f_{hl,v} &= M_v \cdot y_{hl,v} / (I_v \times n) = 4,454.54 \times 281.2 / (146,766,664,366.2 \times 6.2) = 1.377 \text{ MPa} \end{aligned}$$

▪ 플랜지 응력 검토

$$\begin{aligned} f_{su,v} &= M_v \cdot y_{su,v} / (I_v \times n) = 4,454.54 \times 293.2 / (146,766,664,366.2 \times 1.0) = 8.899 \text{ MPa} \\ f_{sl,v} &= M_v \cdot y_{sl,v} / (I_v \times n) = 4,454.54 \times -1,530.8 / (146,766,664,366.2 \times 1.0) = -46.462 \text{ MPa} \end{aligned}$$

▪ 부재의 전단응력 검토 (도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$\begin{aligned} B_w &= UL_2 + UR_2 + t_w/2 \times 2ea = 1,200.0 + 1,200.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm} \\ B_l &= B_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm} \\ H &= h + (\text{환산두께})/2 + tl/2 = 1,800.0 + 47.6/2 + 12.0/2 = 1,829.807 \text{ mm} \\ \text{전단탄성계수비 } n_{hs} &= G_s/G_c = 79,000.0 / 11,916.0 = 6.6 \\ F &= (B_u + B_l)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0)/2 \times 1,829.8 = 4.413E+06 \text{ mm}^2 \\ u &= V_v/A_w + M_{vt}/(2 \cdot F \cdot t_w) \\ &= 324.875 / 43,200.0 + 404.490 / (2 \times 4,413,494.7 \times 12.0) = 11.339 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

▪ SLAB 응력 검토

$$\begin{aligned} f_{cu,v} &= M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \times n) = -5.79 \times 571.2 / (146,766,664,366.2 \times 7.0) = -0.003 \text{ MPa} \\ f_{cl,v} &= M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \times n) = -5.79 \times 331.2 / (146,766,664,366.2 \times 7.0) = -0.002 \text{ MPa} \end{aligned}$$

▪ Half-Deck 응력 검토

$$\begin{aligned} f_{hu,v} &= M_w \cdot y_{hu,v} / (I_v \times n) = -5.79 \times 421.2 / (146,766,664,366.2 \times 6.2) = -0.003 \text{ MPa} \\ f_{hl,v} &= M_w \cdot y_{hl,v} / (I_v \times n) = -5.79 \times 281.2 / (146,766,664,366.2 \times 6.2) = -0.002 \text{ MPa} \end{aligned}$$

▪ 플랜지 응력 검토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / (I_v \times n) = -5.79 \times 293.2 / (146,766,664,366.2 \times 1.0) = -0.012 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / (I_v \times n) = -5.79 \times -1,530.8 / (146,766,664,366.2 \times 1.0) = 0.060 \text{ MPa}$$

▪ 부재의 전단응력 검토 (도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$B_w = UL_2 + UR_2 + t_w/2 \times 2ea = 1,200.0 + 1,200.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm}$$

$$B_l = B_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm}$$

$$H = h + (\text{환산두께})/2 + t_l/2 = 1,800.0 + 47.6/2 + 12.0/2 = 1,829.807 \text{ mm}$$

$$\text{전단탄성계수비 } n_{hs} = G_s/G_c = 79,000.0 / 11,916.0 = 6.6$$

$$F = (B_u + B_l)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0)/2 \times 1,829.8 = 4.413E+06 \text{ mm}^2$$

$$U = V_w/A_w + M_{wt}/(2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 5.788 / 43,200.0 + 35.540 / (2 \times 4,413,494.7 \times 12.0) = 0.470 \text{ MPa}$$

(5) Half-Deck 초기 크리프 손실

$$k = -0.054 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_{h1} = n_h \cdot (1 + \phi_{d0}/2) = 6.2 \times (1 + 0.5/2) = 7.750$$

$$d_{vh1} = \delta_{yh} - \delta_{ys} = 974.685 - -264.654 = 1,239.338 \text{ mm}$$

$$d_{vh1,s} = d_{vh1} \cdot A_s / (A_s + A_h/n_h) = 1,239.3 \times 88,680.0 / (88,680.0 + 317,000.0/6.2) = 786.104 \text{ mm}$$

▪ 탄성계수비에 의한 환산 단면계수

구 분	n	$A_{vh1}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ovh1}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,680.0	-264.7	-2.347E+07	6.211E+09	4.220E+10	
Half-Deck	7.8	40,903.2	974.7	3.987E+07	3.886E+10	6.336E+07	
합 계	-	129,583.2		1.640E+07	4.507E+10	4.227E+10	

▪ 강재와 Half-Deck 합성단면 도심축 이동량

$$d_{h,s} = \sum AY / \sum A = 16,398,261.9 / 129,583.2 = 126.546 \text{ mm}$$

▪ 강재와 Half-Deck 합성단면 도심에서 Half-Deck 도심까지 거리

$$d_{h,hs} = \delta_{yh} - d_{h,s} = 974.685 - 126.546 = 848.138 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{vh1} = \sum I_{ovh1} + \sum AY^2 - A \cdot d_{h,s}^2$$

$$= 42,267,179,542.8 + 45,069,753,854.2 - 129,583.2 \times 126.546^2 = 8.526E+10 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,vh1} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - d_{h,s} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 126.546 = 913.454 \text{ mm}$$

$$y_{hl,vh1} = y_{hu,vh1} - (T_c + T_h) = 913.454 - (90.0 + 50.0) = 773.454 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,vh1} = h/2 + t_u - d_{h,s} = 1,800.00/2 + 12.0 - 126.546 = 785.454 \text{ mm}$$

$$y_{sl,vh1} = y_{hu,vh1} - (h + t_u + t_l) = 785.454 - (1,800.0 + 12.0 + 12.0) = -1,038.546 \text{ mm}$$

▪ 크리프를 일으키기 전, 합성전 고정하중에 의해 Half-Deck 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_{hi} = M_{st} \cdot d_{vh1,s} \cdot A_h / (n_h \cdot I_{33})$$

$$= 3,248.9 \times 786.1 \times 317,000.0 / (6.2 \times 92,095,439,549.2) = 1.418E+06 \text{ N}$$

▪ 강재보와 결함으로 인해 Half-Deck에 생기는 압축력

$$P_{phi hi} = N_{hi} \cdot 2 \cdot \phi_{d0} / (2 + \phi_{d0}) = 1,417,905.9 \times 2 \times 0.5 / (2 + 0.5) = 5.672E+05 \text{ N}$$

- $P_{\phi hi}$ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{\phi hi} = P_{\phi hi} \times d_{h,hs} = 567,162.3 \times 848.1 = 4.810E+08 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- Half-Deck콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{h1} = E_h / (1 + \phi_{d0} / 2) = 32,902.0 / (1 + 0.5 / 2) = 26,321.600 \text{ MPa}$$

- Half-Deck 상·하부 플랜지에 작용하는 응력

$$f_{hu} = M_s \cdot y_{hu} / (I_{33} \cdot n_h) = 3,248.91 \times 851.4 / (92,095,439,549.2 \times 6.2) = 4.845 \text{ MPa}$$

$$f_{hl} = M_s \cdot y_{hl} / (I_{33} \cdot n_h) = 3,248.91 \times 711.4 / (92,095,439,549.2 \times 6.2) = 4.048 \text{ MPa}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{hu,vh1} &= 1/n_{h1} \cdot (P_{\phi hi} / A_{vh1} + k \cdot M_{\phi hi} \cdot y_{hu,vh1} / I_{vh1}) - E_{h1} \cdot f_{hu} \cdot \phi_{d0} / E_h \\ &= (1/7.8) \times (567,162.3 / 129,583.2 + -0.054 \times 481,032,139.8 \times 913.5 / 85,261,796,026.2) \\ &\quad - 26,321.6 \times 4.845 \times 0.5 / 32,902.0 = -1.409 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{hl,vh1} &= 1/n_{h1} \cdot (P_{\phi hi} / A_{vh1} + k \cdot M_{\phi hi} \cdot y_{hl,vh1} / I_{vh1}) - E_{h1} \cdot f_{hl} \cdot \phi_{d0} / E_h \\ &= (1/7.8) \times (567,162.3 / 129,583.2 + -0.054 \times 481,032,139.8 \times 773.5 / 85,261,796,026.2) \\ &\quad - 26,321.6 \times 4.048 \times 0.5 / 32,902.0 = -1.085 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,vh1} &= P_{\phi hi} / A_{vh1} + k \cdot M_{\phi hi} \cdot y_{su,vh1} / I_{vh1} \\ &= 567,162.3 / 129,583.2 + -0.054 \times 481,032,139.8 \times 785.5 / 85,261,796,026.2 = 4.139 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,vh1} &= P_{\phi hi} / A_{vh1} + k \cdot M_{\phi hi} \cdot y_{sl,vh1} / I_{vh1} \\ &= 567,162.3 / 129,583.2 + -0.054 \times 481,032,139.8 \times -1,038.5 / 85,261,796,026.2 = 4.692 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(6) Half-Deck 초기 건조수축 손실

$$k = -0.054 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_{h2} = n_h \cdot (1 + 2 \cdot \phi_{d0} / 2) = 6.2 \times (1 + 2 \times 0.5 / 2) = 9.300$$

구 분	n	$A_{vh2}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ovh2}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,680.0	-264.7	-2.347E+07	6.211E+09	4.220E+10	
Half-Deck	9.3	34,086.0	974.7	3.322E+07	3.238E+10	5.280E+07	
합 계	-	122,766.0		9.754E+06	3.859E+10	4.226E+10	

- 강재와 Half-Deck 합성단면 도심축 이동량

$$d_{h,s} = \sum AY / \sum A = 9,753,638.3 / 122,766.0 = 79.449 \text{ mm}$$

- 강재와 Half-Deck 합성단면 도심에서 Half-Deck 도심까지 거리

$$d_{h,hs} = \delta_{yh} - d_{h,s} = 974.685 - 79.449 = 895.236 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$\begin{aligned} I_{vh2} &= \sum I_{ovh2} + \sum AY^2 - A \cdot d_{h,s}^2 \\ &= 42,256,620,185.4 + 38,593,341,885.5 - 122,766.0 \times 79.449^2 = 8.008E+10 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,vh2} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - d_{h,s} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 79.449 = 960.551 \text{ mm}$$

$$y_{hl,vh2} = y_{hu,vh2} - (T_{c1} + T_h) = 960.551 - (90.0 + 50.0) = 820.551 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,vh2} = h/2 + t_u - d_{h,s} = 1,800.00/2 + 12.0 - 79.449 = 832.551 \text{ mm}$$

$$y_{sl,vh2} = y_{hu,vh2} - (h + t_u + t_l) = 960.551 - (1,800.0 + 12.0 + 12.0) = -991.449 \text{ mm}$$

- Half-Deck 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{vhi} = E_s \cdot \epsilon_{hs} \cdot A_h / n_{h2} = 205,000.0 \times 0.000045 \times 317,000.0 / 9.3 = 3.144E+05 \text{ N}$$

- P_{vhi} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{vhi} = P_{vhi} \times d_{h,hs} = 314,443.5 \times 895.2 = 2.815E+08 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{h2} = E_s / n_{h2} = 205,000.0 / 9.3 = 22,043.011 \text{ MPa}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력변화량

$$\begin{aligned} f_{hu,vh2} &= 1/n_{h2} \cdot (P_{vhi}/A_{vh2} + k \cdot M_{vhi} \cdot y_{hu,vh2}/I_{vh2}) - E_{h2} \cdot \epsilon_{hs} \\ &= (1/9.3) \times (314,443.5/122,766.0 + -0.054 \times 281,501,039.0 \times 960.6/80,075,045,212.5) \\ &\quad - 22,043.0 \times 0.000045 = -0.736 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{hl,vh2} &= 1/n_{h2} \cdot (P_{vhi}/A_{vh2} + k \cdot M_{vhi} \cdot y_{hl,vh2}/I_{vh2}) - E_{h2} \cdot \epsilon_{hs} \\ &= (1/9.3) \times (314,443.5/122,766.0 + -0.054 \times 281,501,039.0 \times 820.6/80,075,045,212.5) \\ &\quad - 22,043.0 \times 0.000045 = -0.733 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,vh2} &= P_{vhi}/A_{vh2} + k \cdot M_{vhi} \cdot y_{su,v2}/I_{vh2} \\ &= 314,443.5/122,766.0 + -0.054 \times 281,501,039.0 \times 832.6/80,075,045,212.5 = 2.404 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,vh2} &= P_{vhi}/A_{vh2} + k \cdot M_{vhi} \cdot y_{sl,v2}/I_{vh2} \\ &= 314,443.5/122,766.0 + -0.054 \times 281,501,039.0 \times -991.4/80,075,045,212.5 = 2.749 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(7) Half-Deck 최종 크리프 손실

$$k = -0.052 \quad ※ \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_{h3} = n_h \cdot (1 + \phi_{d1}/2) = 6.2 \times (1 + 1.5/2) = 10.850$$

$$d_{vh2} = \delta_{yh} - \delta_{v2} = 974.685 - 618.810 = 355.874 \text{ mm}$$

$$d_{vh2,s} = (y_{hu,v} + y_{hl,v}) / 2 = (421.2 + 281.2) / 2 = 351.190 \text{ mm}$$

- 탄성계수비에 의한 환산 단면계수

구 분	n	$A_{vh3}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ovh3}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,680.0	-264.7	-2.347E+07	6.211E+09	4.220E+10	
Half-Deck	10.9	29,216.6	974.7	2.848E+07	2.776E+10	4.525E+07	
SLAB	7.0	127,971.4	1,088.8	1.393E+08	1.517E+11	5.206E+08	
합 계	-	245,868.0	1,798.9	1.443E+08	1.857E+11	4.277E+10	

- 합성단면 도심축 이동량

$$\delta_{v3} = \sum AY / \sum A = 144,347,621.4 / 245,868.0 = 587.094 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 Half-Deck 도심까지 거리

$$d_{h,hs} = \delta_{yh} - \delta_{v3} = 974.685 - 587.094 = 387.591 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$\begin{aligned} I_{vh3} &= \sum I_{ovh3} + \sum AY^2 - A \cdot \delta_{v3}^2 \\ &= 42,769,713,539.3 + 185,686,163,298.6 - 245,868.0 \times 587.094^2 = 1.437E+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 합성단면 도심축에서 SLAB 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{cu,vh3} = h/2 + (T_c + T_h) - \delta_{v3} = 1,800.0/2 + (240.0 + 50.0) - 587.094 = 602.906 \text{ mm}$$

$$y_{cl,vh3} = y_{cu,vh3} - T_c = 602.906 - 240.0 = 362.906 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심측에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,vh3} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{v3} = 1,800.0/2 + (90.0+50.0) - 587.094 = 452.906 \text{ mm}$$

$$y_{hl,vh3} = y_{hu,vh3} - (T_{c1} + T_h) = 452.906 - (90.0+50.0) = 312.906 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심측에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,vh3} = h/2 + t_u - \delta_{v3} = 1,800.00/2 + 12.0 - 587.094 = 324.906 \text{ mm}$$

$$y_{sl,vh3} = y_{su,vh3} - (h + t_u + t_l) = 324.906 - (1,800.0+12.0+12.0) = -1,499.094 \text{ mm}$$

- Half-Deck 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_{he} = N_{hi} + (f_{hu2} + f_{hl2} + f_{hu,v} + f_{hl,v} + f_{hu,vh1} + f_{hl,vh1} + f_{hu,vh2} + f_{hl,vh2})/2 \cdot A_h \cdot d_{vh2}/d_{vh2,s}$$

$$= 1,417,905.9 + (4.794+3.759)/2 \times 317,000.0 \times 355.9 / 351.2 = 2.792E+06 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 Half-Deck에 생기는 압축력

$$P_{\phi he} = N_{he} \cdot 2 \cdot \phi_{d1} / (2 + \phi_{d1}) = 2,791,755.9 \times 2 \times 1.5 / (2 + 1.5) = 2.393E+06 \text{ N}$$

- $P_{\phi he}$ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{\phi he} = P_{\phi he} \times d_{h,hs} = 2,392,933.6 \times 387.6 = 9.275E+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{h3} = E_h / (1 + \phi_{d1} / 2) = 32,902.0 / (1 + 1.5 / 2) = 18,801.143 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f_{hu} = f_{hut} + f_{hu2} + f_{hu,v} + f_{hu,vh1} + f_{hu,vh2}$$

$$= 4.845 + 5.624 + 1.315 + -1.409 + -0.736 = 9.639 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f_{hl} = f_{hl1} + f_{hl2} + f_{hl,v} + f_{hl,vh1} + f_{hl,vh2}$$

$$= 4.048 + 4.699 + 0.878 + -1.085 + -0.733 = 7.807 \text{ MPa}$$

- SLAB 콘크리트의 응력 변화량

$$f_{cu,vh3} = 1/n \cdot (P_{\phi he}/A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{cu,vh3}/I_{vh3})$$

$$= (1/7.0) \times (2,392,934/245,868 + -0.052 \times 927,478,613 \times 603/143,710,264,409) = 1.361 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,vh3} = 1/n \cdot (P_{\phi he}/A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{cl,vh3}/I_{vh3})$$

$$= (1/7.0) \times (2,392,934/245,868 + -0.052 \times 927,478,613 \times 363/143,710,264,409) = 1.373 \text{ MPa}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력 변화량

$$f_{hu,vh3} = 1/n_{h3} \cdot (P_{\phi he}/A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{hu,vh3}/I_{vh3}) - E_{h3} \cdot \Sigma f_{hu} \cdot \phi_{d1}/E_h$$

$$= (1/10.9) \times (2,392,933.6/245,868.0 + -0.052 \times 927,478,612.9 \times 452.9/143,710,264,409.0)$$

$$- 18,801.1 \times 9.639 \times 1.5/32,902.0 = -7.379 \text{ MPa}$$

$$f_{hl,vh3} = 1/n_{h3} \cdot (P_{\phi he}/A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{hl,vh3}/I_{vh3}) - E_{h3} \cdot \Sigma f_{hl} \cdot \phi_{d1}/E_h$$

$$= (1/10.9) \times (2,392,933.6/245,868.0 + -0.052 \times 927,478,612.9 \times 312.9/143,710,264,409.0)$$

$$- 18,801.1 \times 7.807 \times 1.5/32,902.0 = -5.805 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,vh3} = P_{\phi he}/A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{su,vh3}/I_{vh3}$$

$$= 2,392,933.6/245,868.0 + -0.052 \times 927,478,612.9 \times 324.9/143,710,264,409.0 = 9.623 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,vh3} = P_{\phi he}/A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{sl,vh3}/I_{vh3}$$

$$= 2,392,933.6/245,868.0 + -0.052 \times 927,478,612.9 \times -1,499.1/143,710,264,409.0 = 10.240 \text{ MPa}$$

(8) Half-Deck 최종 건조수축 손실

$$k = -0.052 \quad ※ \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_{h4} = n_h \cdot (1 + 2 \cdot \phi_{d1}/2) = 6.2 \times (1 + 2 \times 1.5 / 2) = 15.500$$

구 분	n	$A_{vh4}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ovh4}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,680.0	-264.7	-2.347E+07	6.211E+09	4.220E+10	
Half-Deck	15.5	20,451.6	974.7	1.993E+07	1.943E+10	3.168E+07	
SLAB	7.0	127,971.4	1,088.8	1.393E+08	1.517E+11	5.206E+08	
합 계	-	237,103.0	1,798.9	1.358E+08	1.774E+11	4.276E+10	

▪ 합성단면 도심축 이동량

$$\delta_{v4} = \sum AY / \sum A = 135,804,533.8 / 237,103.0 = 572.766 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 Half-Deck 도심까지 거리

$$d_{h,hs} = \delta_{yh} - \delta_{v4} = 974.685 - 572.766 = 401.919 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{vh4} = \sum I_{ovh4} + \sum AY^2 - A \cdot \delta_{v4}^2 = 42,756,137,222.6 + 177,359,347,910.2 - 237,103.0 \times 572.766^2 = 1.423E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심축에서 SLAB 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{cu,vh4} = h/2 + (T_c + T_h) - \delta_{v4} = 1,800.0/2 + (240.0 + 50.0) - 572.766 = 617.234 \text{ mm}$$

$$y_{cl,vh4} = y_{cu,vh4} - T_c = 617.234 - 240.0 = 377.234 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,vh4} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{v4} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 572.766 = 467.234 \text{ mm}$$

$$y_{hl,vh4} = y_{hu,vh4} - (T_{c1} + T_h) = 467.234 - (90.0 + 50.0) = 327.234 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,vh4} = h/2 + t_u - \delta_{v4} = 1,800.00/2 + 12.0 - 572.766 = 339.234 \text{ mm}$$

$$y_{sl,vh4} = y_{su,vh4} - (h + t_u + t_l) = 339.234 - (1,800.0 + 12.0 + 12.0) = -1,484.766 \text{ mm}$$

▪ Half-Deck 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{vhe} = E_s \cdot \epsilon_h \cdot A_h / n_{h4} = 205,000.0 \times 0.000225 \times 317,000.0 / 15.5 = 9.433E+05 \text{ N}$$

▪ P_{ve} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{vhe} = P_{vhe} \times d_{h,hs} = 943,330.6 \times 401.9 = 3.791E+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

▪ 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{h4} = E_s / n_{h4} = 205,000.0 / 15.5 = 13,225.806 \text{ MPa}$$

▪ SLAB 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,vh4} = 1/n \cdot (P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{cu,vh4}/I_{vh4}) = (1/7.0) \times (943,331/237,103 + 0.052 \times 379,142,185 \times 617/142,331,280,878) = 0.556 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,vh4} = 1/n \cdot (P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{cl,vh4}/I_{vh4}) = (1/7.0) \times (943,331/237,103 + 0.052 \times 379,142,185 \times 377/142,331,280,878) = 0.561 \text{ MPa}$$

▪ Half-Deck 콘크리트의 응력변화량

$$f_{hu,vh4} = 1/n_{h4} \cdot (P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{hu,vh4}/I_{vh4}) - E_{h4} \cdot \epsilon_h$$

$$= (1/15.5) \times (943,330.6/237,103.0 + -0.052 \times 379,142,184.8 \times 467.2/142,331,280,878.4)$$

$$- 13,225.8 \times 0.000225 = -2.723 \text{ MPa}$$

$$f_{hl,vh4} = 1/n_{h4} \cdot (P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{hl,vh4}/I_{vh4}) - E_{h4} \cdot \epsilon_h$$

$$= (1/15.5) \times (943,330.6/237,103.0 + -0.052 \times 379,142,184.8 \times 327.2/142,331,280,878.4)$$

$$- 13,225.8 \times 0.000225 = -2.722 \text{ MPa}$$

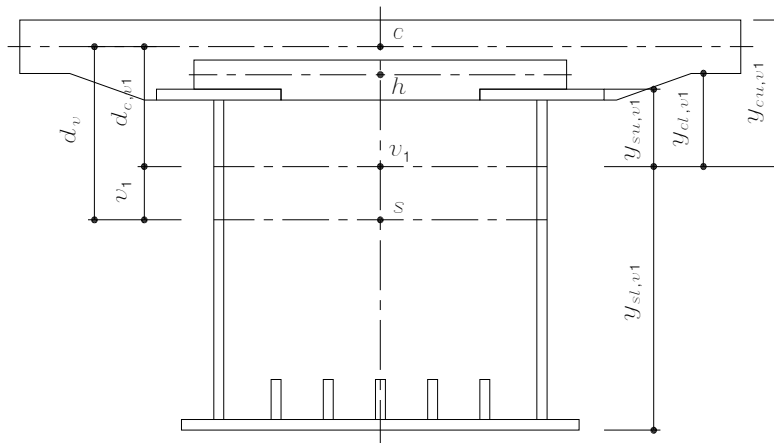
▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,vh4} = P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{su,vh4}/I_{vh4}$$

$$= 943,330.6/237,103.0 + -0.052 \times 379,142,184.8 \times 339.2/142,331,280,878.4 = 3.931 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,vh4} = P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{sl,vh4}/I_{vh4}$$

$$= 943,330.6/237,103.0 + -0.052 \times 379,142,184.8 \times -1,484.8/142,331,280,878.4 = 4.186 \text{ MPa}$$



(9) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k_2 = -0.052 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 2.0/2) = 14.000$$

$$d_{vc} = \delta_{yc} - \delta_{v2} = 1,088.838 - 618.810 = 470.027 \text{ mm}$$

$$d_{vc,s} = (y_{cu,v} + y_{cl,v}) / 2 = (571.2 + 331.190) / 2 = 451.190 \text{ mm}$$

구 분	n	$A_{v1}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ov1}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,680.0	-264.7	-2.347E+07	6.211E+09	4.220E+10	
Half-Deck	6.2	51,129.0	974.7	4.983E+07	4.857E+10	7.920E+07	
SLAB	14.0	63,985.7	1,088.8	6.967E+07	7.586E+10	2.603E+08	
합 계	-	203,794.7	1,798.9	9.604E+07	1.306E+11	4.254E+10	

▪ 합성단면 도심축 이동량

$$\delta_{c,v1} = \sum AY / \sum A = 96,035,268.8 / 203,794.7 = 471.235 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 SLAB 도심까지 거리

$$d_{c,v1} = \delta_{yc} - \delta_{c,v1} = 1,088.838 - 471.235 = 617.603 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{v1} = \sum I_{ov1} + \sum AY^2 - A \cdot \delta_{c,v1}^2$$

$$= 42,543,336,455.0 + 130,643,786,788.4 - 203,794.7 \times 471.235^2 = 1.279E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심축에서 SLAB 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{cu,v1} = h/2 + (T_c + T_h) - \delta_{c,v1} = 1,800.0/2 + (240.0+50.0) - 471.235 = 718.765 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v1} = y_{cu,v1} - T_c = 718.765 - 240.0 = 478.765 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,v1} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{c,v1} = 1,800.0/2 + (90.0+50.0) - 471.235 = 568.765 \text{ mm}$$

$$y_{hl,v1} = y_{hu,v1} - (T_{c1} + T_h) = 568.765 - (90.0+50.0) = 428.765 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v1} = h/2 + t_u - \delta_{c,v1} = 1,800.00/2 + 12.0 - 471.235 = 440.765 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v1} = y_{su,v1} - (h + t_u + t_l) = 440.765 - (1,800.0+12.0+12.0) = -1,383.235 \text{ mm}$$

▪ 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = (f_{cu,v} + f_{cl,v})/2 \cdot A_c \cdot d_{vc}/d_{vc,s}$$

$$= (1.580+0.916)/2 \times 895,800.0 \times 470.027/451.190 = 1.165E+06 \text{ N}$$

▪ 강재보와 결합으로 인해 SLAB에 생기는 압축력

$$P_\Phi = N_c \cdot 2 \cdot \Phi_1 / (2 + \Phi_1) = 1,164,742.4 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = 1.165E+06 \text{ N}$$

▪ P_Φ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\Phi = P_\Phi \times d_{c,v1} = 1,164,742.4 \times 617.6 = 7.193E+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

▪ Half-Deck 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{c1} = E_c / (1 + \Phi_1 / 2) = 27,804.0 / (1 + 2.0 / 2) = 13,902.000 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = 1.580 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = 0.916 \text{ MPa}$$

▪ 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

$$f_{cu,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\Phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\Phi \cdot y_{cu,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu,v} \cdot \Phi_1 / E_c$$

$$= (1/14.0) \times (1,164,742.4/203,794.7 + -0.052 \times 719,347,972.4 \times 718.8/127,931,919,077.9) - 13,902.0 \times 1.580 \times 2.0/27,804.0 = -1.187 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\Phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\Phi \cdot y_{cl,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl,v} \cdot \Phi_1 / E_c$$

$$= (1/14.0) \times (1,164,742.4/203,794.7 + -0.052 \times 719,347,972.4 \times 478.8/127,931,919,077.9) - 13,902.0 \times 0.916 \times 2.0/27,804.0 = -0.518 \text{ MPa}$$

▪ Half-Deck 콘크리트의 응력 변화량

$$f_{hu,v1} = 1/n_h \cdot (P_\Phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\Phi \cdot y_{hu,v1} / I_{v1})$$

$$= (1/6.2) \times (1,164,742/203,795 + -0.052 \times 719,347,972 \times 569/127,931,919,078) = 0.895 \text{ MPa}$$

$$f_{hl,v1} = 1/n_h \cdot (P_\Phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\Phi \cdot y_{hl,v1} / I_{v1})$$

$$= (1/6.2) \times (1,164,742/203,795 + -0.052 \times 719,347,972 \times 429/127,931,919,078) = 0.902 \text{ MPa}$$

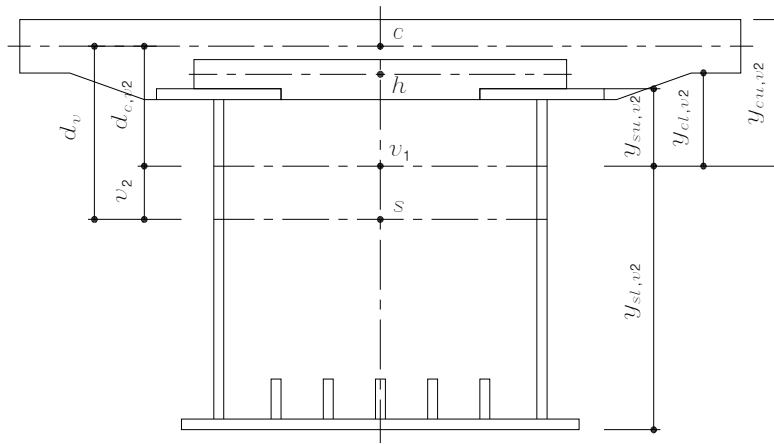
▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\Phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\Phi \cdot y_{su,v1} / I_{v1}$$

$$= 1,164,742.4/203,794.7 + -0.052 \times 719,347,972.4 \times 440.8/127,931,919,077.9 = 5.586 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\Phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\Phi \cdot y_{sl,v1} / I_{v1}$$

$$= 1,164,742.4/203,794.7 + -0.052 \times 719,347,972.4 \times -1,383.2/127,931,919,077.9 = 6.120 \text{ MPa}$$



(10) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

$$k_2 = -0.052 \quad ※ \text{2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

구 분	n	$A_{v2}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ov2}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,680.0	-264.7	-2.347E+07	6.211E+09	4.220E+10	
Half-Deck	6.2	51,129.0	974.7	4.983E+07	4.857E+10	7.920E+07	
SLAB	21.0	42,657.1	1,088.8	4.645E+07	5.057E+10	1.735E+08	
합 계	-	182,466.2	1,798.9	7.281E+07	1.054E+11	4.246E+10	

■ 합성단면 도심축 이동량

$$\delta_{c,v2} = \sum AY / \sum A = 72,811,911.7 / 182,466.2 = 399.043 \text{ mm}$$

■ 합성단면 도심에서 SLAB 도심까지 거리

$$d_{c,v2} = \delta_{yc} - \delta_{c,v2} = 1,088.838 - 399.043 = 689.795 \text{ mm}$$

■ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{v2} = \sum I_{ov2} + \sum AY^2 - A \cdot \delta_{c,v2}^2 = 42,456,563,829.6 + 105,357,315,128.0 - 182,466.2 \times 399.043^2 = 1.188E+11 \text{ mm}^4$$

■ 합성단면 도심축에서 SLAB 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{cu,v2} = h/2 + (T_c + T_h) - \delta_{c,v2} = 1,800.0/2 + (240.0 + 50.0) - 399.043 = 790.957 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v2} = y_{cu,v2} - T_c = 790.957 - 240.0 = 550.957 \text{ mm}$$

■ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,v2} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{c,v2} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 399.043 = 640.957 \text{ mm}$$

$$y_{hl,v2} = y_{hu,v2} - (T_{c1} + T_h) = 640.957 - (90.0 + 50.0) = 500.957 \text{ mm}$$

■ 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v2} = h/2 + t_u - \delta_{c,v2} = 1,800.00/2 + 12.0 - 399.043 = 512.957 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v2} = y_{su,v2} - (h + t_u + t_l) = 512.957 - (1,800.0 + 12.0 + 12.0) = -1,311.043 \text{ mm}$$

■ 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 895,800.0 / 21.0 = 2.361E+06 \text{ N}$$

■ P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,361,072.9 \times 689.8 = 1.629E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

■ 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{c2} = E_s / n_2 = 205,000.0 / 21.0 = 9,761.905 \text{ MPa}$$

▪ 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{cu,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s$$

$$= (1/21.0) \times (2,361,072.9/182,466.2 + -0.052 \times 1,628,655,240.1 \times 513.0/791.0) - 9,761.9 \times 0.000270 = -2.046 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{cl,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s$$

$$= (1/21.0) \times (2,361,072.9/182,466.2 + -0.052 \times 1,628,655,240.1 \times 513.0/551.0) - 9,761.9 \times 0.000270 = -2.038 \text{ MPa}$$

▪ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$f_{hu,v2} = 1/n_h \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{hu,v2}/I_{v2})$$

$$= (1/6.2) \times (2,361,072.9/182,466.2 + -0.052 \times 1,628,655,240.1 \times 513.0/641.0) = 2.013 \text{ MPa}$$

$$f_{hl,v2} = 1/n_h \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{hl,v2}/I_{v2})$$

$$= (1/6.2) \times (2,361,072.9/182,466.2 + -0.052 \times 1,628,655,240.1 \times 513.0/501.0) = 2.029 \text{ MPa}$$

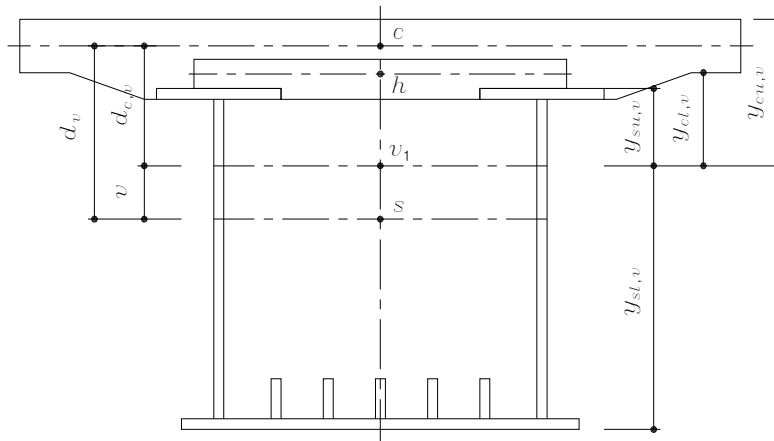
▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v2}/I_{v2}$$

$$= 2,361,072.9/182,466.2 + -0.052 \times 1,628,655,240.1 \times 513.0/118,758,770,618.8 = 12.574 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v2}/I_{v2}$$

$$= 2,361,072.9/182,466.2 + -0.052 \times 1,628,655,240.1 \times -1,311.0/118,758,770,618.8 = 13.875 \text{ MPa}$$



(11) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10℃를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

$$d_{h,v} = \delta_{yh} - \delta_{v2} = 974.685 - 618.810 = 355.874 \text{ mm}$$

$$d_{c,v} = \delta_{yc} - \delta_{v2} = 1,088.838 - 618.810 = 470.027 \text{ mm}$$

▪ 온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

▪ Half-Deck 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{vc1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 317,000.0 / 6.2 = 1.258E+06 \text{ N}$$

▪ SLAB 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{vh2} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 895,800.0 / 7.0 = 3.148E+06 \text{ N}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = P_{vc1} + P_{vh2} = 1,257,774.2 + 3,148,097.142857 = 4.406E+06 \text{ N}$$

- P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{vc1} \times d_{h,v} + P_{vh2} \times d_{c,v} = 1,257,774.2 \times 355.9 + 3,148,097.1 \times 470.0 = 1.927E+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$\begin{aligned} f_{cu,v1} &= 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{cu,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t \\ &= (1/7.0) \times (4,405,871.3/267,780.5 + -0.052 \times 1,927,301,472.8 \times 571.2/146,766,664,366.2) \\ &\quad - 27,804.0 \times 0.000120 = -1.042 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{cl,v1} &= 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{cl,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t \\ &= (1/7.0) \times (4,405,871.3/267,780.5 + -0.052 \times 1,927,301,472.8 \times 331.2/146,766,664,366.2) \\ &\quad - 27,804.0 \times 0.000120 = -1.018 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력변화량

$$\begin{aligned} f_{hu,v1} &= 1/n_h \cdot (P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{hu,v}/I_v) - E_h \cdot \epsilon_t \\ &= (1/6.2) \times (4,405,871.3/267,780.5 + -0.052 \times 1,927,301,472.8 \times 421.2/146,766,664,366.2) \\ &\quad - 32,902.0 \times 0.000120 = -1.341 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{hl,v1} &= 1/n_h \cdot (P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{hl,v}/I_v) - E_h \cdot \epsilon_t \\ &= (1/6.2) \times (4,405,871.3/267,780.5 + -0.052 \times 1,927,301,472.8 \times 281.2/146,766,664,366.2) \\ &\quad - 32,902.0 \times 0.000120 = -1.325 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_v \\ &= 4,405,871.3/267,780.5 + -0.052 \times 1,927,301,472.8 \times 293.2/146,766,664,366.2 = 16.253 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_v \\ &= 4,405,871.3/267,780.5 + -0.052 \times 1,927,301,472.8 \times -1,530.8/146,766,664,366.2 = 17.499 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(12) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$\begin{aligned} u &= (V_s + V_{sc} + V_v)/A_w + M_{st}/(2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 352.959/43,200.0 + 85.938/105,269,009.6 + 451.011/105,923,872.7 = 13.245 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\ast u = 13.2 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$\begin{aligned} u &= (V_s + V_{sc} + V_w)/A_w + M_{st}/(2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt})/(2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 352.959/43,200.0 + 85.938/105,269,009.6 + 451.011/105,923,872.7 = 13.245 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\ast u = 13.2 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

- 활하중 재하시

$$\begin{aligned} u &= (V_s + V_{sc} + V_w/2 + V_v)/A_w + M_{st}/(2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}/2 + M_{vt})/(2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 355.853/43,200.0 + 85.938/105,269,009.6 + 468.781/105,923,872.7 = 13.479 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\ast u = 13.5 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

(13) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65 \phi^2 + 0.13 \phi + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0.0$)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

▪ 인장 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

▪ 압축 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.1)

- 압축부의 국부좌굴에 대한 허용응력

(도.설.해 3.4.2.2)

$$b / 10.5 = 10.3 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow ① \quad f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 16 = 6.8 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} \geq b / 10.5 = 10.3 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow ① \quad f_{ca} = 24,000 (t_u/b)^2 = 296.3 \text{ MPa}$$

- 허용 휨 압축응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2.1)

A_w : 복부판의 총단면적 (mm^2)	$\Rightarrow$	21,600.0 mm^2	$A_w/A_c = 4.500 > 2.0$
A_c : 압축플랜지 총단면적 (mm^2)	$\Rightarrow$	4,800.0 mm^2	
l : 압축플랜지의 고정점간 거리 (mm)	$\Rightarrow$	2,400.0 mm	
b : 압축플랜지 폭 (mm)	$\Rightarrow$	400.0 mm	
$K = \sqrt{3 + (A_w/2A_c)}$	$\Rightarrow$	2.291	

$$8/K = 3.3 < l/b = 2,400.0 / 400.0 = 6.0$$

$$\Rightarrow ② \quad f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$8/K = 3.3 < l/b = 2,400.0 / 400.0 = 6.0 \leq 27.0$$

$$\Rightarrow ② \quad f_{ca} = 215.0 - 2.4 (K \cdot l/b - 7.5) = 215.0 - 2.4 \times (2.291 \times 2,400.0 / 400.0 - 7.5) = 200.3 \text{ MPa}$$

∴ ①에 허용응력 값이 ②에 허용응력 값보다 작은 경우로 국부좌굴에 대한 허용응력을 사용한다.

$$f_{ca} = 200.3 \text{ MPa}$$

∴ $f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$ (합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면, π 형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우)

▪ 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1)

- SLAB 허용응력

$$f_{ca} = 0.40 \quad f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$$

($f_{ck} = 27.0 \text{ MPa}$ 사용)

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

- Half-Deck 허용응력

$$f_{ca} = 0.40 \quad f_{ck} = 20.000 \text{ MPa}$$

($f_{ck} = 50.0 \text{ MPa}$ 사용)

$$f_{ta} = 0.07 \quad f_{ck} = 2.500 \text{ MPa}$$

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	Concrete				Half-Deck Concrete			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	10.468	8.747	20.000	20.000
1+5+6	-	-	-	-	8.323	6.929	20.000	20.000
1+2+3+5+6	4.057	2.352	10.800	10.800	11.701	9.184	20.000	20.000
1+2+3+5+6+7+8+9+10	2.741	1.730	10.800	10.800	4.507	3.588	20.000	20.000
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)+11$	1.699	0.711	12.420	12.420	3.166	2.263	23.000	23.000
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)-11$	3.782	2.748	12.420	12.420	5.848	4.914	23.000	23.000
1+2+4+5+6	1.577	0.914	13.500	13.500	4.013	3.107	25.000	25.000
1+2+3+0.5×4+5+6	4.055	2.351	13.500	13.500	6.076	4.484	25.000	25.000
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)$	2.739	1.729	13.500	13.500	-1.118	-1.112	3.125	3.125
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)+11$	1.697	0.710	14.580	14.580	-2.459	-2.437	3.375	3.375
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)-11$	3.781	2.747	14.580	14.580	0.223	0.214	27.000	27.000
하 중 조 합	Steel							
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)					
	상 연	하 연	상 연	하 연				
1	55.146	-83.896	200.318	215.000				
1+5+6	61.689	-76.456	215.000	215.000				
1+2+3+5+6	76.265	-152.561	215.000	215.000				
1+2+3+5+6+7+8+9+10	107.979	-118.140	247.250	215.000				
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)+11$	124.232	-100.642	279.500	247.250				
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)-11$	91.726	-135.639	279.500	247.250				
1+2+4+5+6	37.729	-60.968	268.750	268.750				
1+2+3+0.5×4+5+6	46.634	-107.460	268.750	268.750				
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)$	78.348	-73.040	268.750	268.750				
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)+11$	94.601	-55.541	290.250	290.250				
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)-11$	62.095	-90.538	290.250	290.250				

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(14) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.076	0.152	0.011	0.011	0.087	0.163	0.K !!	0.K !!
1+5+6	0.082	0.126	0.011	0.011	0.094	0.138	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.126	0.504	0.011	0.011	0.137	0.515	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7+8+9+10	0.191	0.302	0.011	0.011	0.202	0.313	0.K !!	0.K !!
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)+11$	0.198	0.166	0.011	0.011	0.209	0.177	0.K !!	0.K !!
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)-11$	0.108	0.301	0.011	0.011	0.119	0.312	0.K !!	0.K !!
1+2+4+5+6	0.020	0.051	0.008	0.008	0.028	0.059	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.030	0.160	0.007	0.007	0.038	0.167	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)$	0.085	0.074	0.007	0.007	0.092	0.081	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)+11$	0.106	0.037	0.007	0.007	0.114	0.044	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)-11$	0.046	0.097	0.007	0.007	0.053	0.105	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \quad \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{124.232}{279.500}\right)^2 + \left(\frac{13.245}{125.000}\right)^2 = 0.198 + 0.011 = 0.209 \leq 1.2 \quad \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{-152.561}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{13.245}{125.000}\right)^2 = 0.504 + 0.011 = 0.515 \leq 1.2 \quad \dots\dots 0.K !!$$

(15) 판의 최소두께 검토

- 압축(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.1, 3.4.2.2, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 108.0 / 16.0 = 6.8 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

$$(\text{합성형 스테드 설치시}) \quad t_{min} = 10.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

- 인장(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

$$t_{min} = \text{Rib 간격}/80 = 2,400.0 / (3 \times 80) = 10.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1, 3.8.4.2)

- 합 성 전

$$t_{min} = b/(206 \times 1.200) = 1,800.0 / (206 \times 1.200) = 7.3 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(215.0 / 55.146)} = 1.97 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

- 합 성 후

$$t_{min} = b/(206 \times 1.200) = 586.4 / (206 \times 1.200) = 2.4 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(215.0 / 124.232)} = 1.32 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(16) 항복에 대한 안전도 검사

(도.설.기 3.9.3.2)

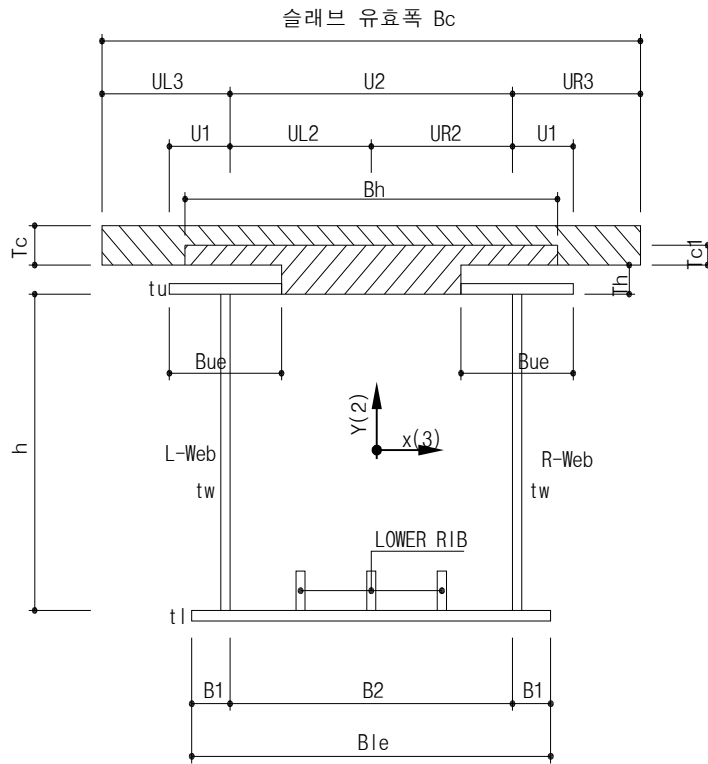
- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Concrete				Half-Deck Concrete			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	13.609	11.371	30.000	0.K !!
1+5+6	-	-	-	-	11.464	9.553	30.000	0.K !!
1+2+3+11	6.337	3.260	16.200	0.K !!	18.411	14.147	30.000	0.K !!
1+2+3-11	8.421	5.297	16.200	0.K !!	21.093	16.798	30.000	0.K !!
1+2+3+5+6	7.379	4.278	16.200	0.K !!	17.607	13.654	30.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7+8+9+10	6.063	3.656	16.200	0.K !!	10.413	8.059	30.000	0.K !!
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)+11$	5.021	2.638	16.200	0.K !!	9.072	6.733	30.000	0.K !!
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)-11$	7.105	4.674	16.200	0.K !!	11.754	9.384	30.000	0.K !!
1+2+4+5+6	2.051	1.189	16.200	0.K !!	5.861	4.584	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+11	6.335	3.259	16.200	0.K !!	18.410	14.146	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4-11	8.419	5.296	16.200	0.K !!	21.091	16.797	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	7.377	4.277	16.200	0.K !!	10.295	7.545	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)$	6.061	3.655	16.200	0.K !!	3.101	1.949	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)+11$	5.019	2.637	16.200	0.K !!	1.760	0.624	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)-11$	7.103	4.673	16.200	0.K !!	4.442	3.274	30.000	0.K !!

하 중 조 합	Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연		
1	71.689	-109.065	355.000	0.K !!
1+5+6	78.232	-101.625	355.000	0.K !!
1+2+3+11	114.455	-229.995	355.000	0.K !!
1+2+3-11	81.949	-264.992	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6	104.745	-240.054	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7+8+9+10	136.459	-205.633	355.000	0.K !!
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)+11$	152.712	-189.380	355.000	0.K !!
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)-11$	118.961	-223.132	355.000	0.K !!
1+2+4+5+6	47.089	-81.508	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+11	114.449	-229.965	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4-11	81.943	-264.962	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	66.226	-181.432	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)$	97.941	-147.011	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)+11$	114.194	-129.513	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)-11$	81.688	-164.510	355.000	0.K !!

[G2 : 최대모멘트] : 절점 71 로 부터 이격거리 1.218 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM520B

$B_c = 4,670.0$ mm

$U_{L3} = 1,100.0$ mm

$U_{R3} = 1,170.0$ mm

$B_h = 2,500.0$ mm

$U_1 = 120.0$ mm

$U_{L2} = 1,200.0$ mm

$U_{R2} = 1,200.0$ mm

상부 플랜지 유효폭

$B_{ue} = 400.0$ mm

하부 플랜지 유효폭

$B_{le} = 2,640.0$ mm

$B_1 = 120.0$ mm

$B_2 = 2,400.0$ mm

$T_c = 240.0$ mm

$T_{c1} = 90.0$ mm

$T_h = 50.0$ mm

$h = 1,800.0$ mm

$\Theta_L = 0.000^\circ$

$\Theta_R = 0.000^\circ$

구 분	단 위	입력 Data
E_s : 강재 탄성계수	MPa	205,000.0
E_c : 콘크리트의 탄성계수	MPa	27,804.0
E_h : Half-Deck 콘크리트의 탄성계수	MPa	32,902.0
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율	-	0.000270
ϵ_h : Half-Deck 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율	-	0.000225
ϵ_{hs} : Half-Deck 콘크리트의 초기건조수축율	-	0.000045
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수	-	0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수	-	4.0
ϕ_{d1} : Half-Deck 콘크리트의 최종 크리이프 계수	-	1.5
ϕ_{d0} : Half-Deck 콘크리트의 초기 크리이프 계수	-	0.5
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비	-	7.0
n_h : 강과 Half-Deck 콘크리트의 탄성계수비	-	6.2
Δt : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10.0
M_{s1} : 합성전 고정하중(자중)에 의한 모멘트	kN·m	1,062.700
M_{s2} : 합성전 고정하중(바닥판)에 의한 모멘트	kN·m	1,980.320
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	1,231.170
M_w : 풍하중에 의한 모멘트	kN·m	52.183
M_v : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	3,844.920
V_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-50.310
V_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-32.301
V_w : 풍하중에 의한 전단력	kN	-3.113
V_v : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	-315.862
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	6.463
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-7.747
M_{wt} : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN·m	43.249
M_{vt} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	436.859

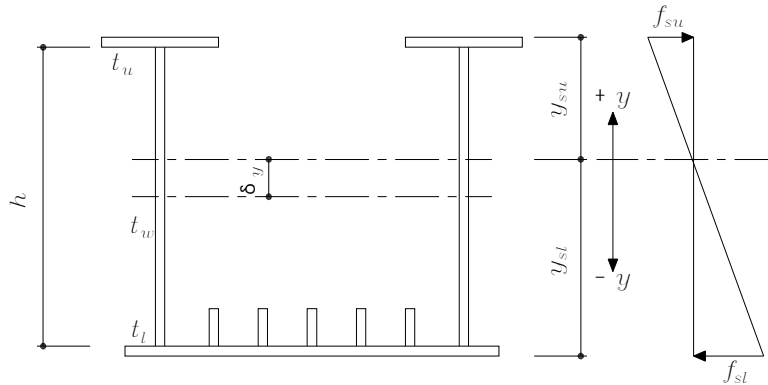
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

X(3)축 방향 단면 제원

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.	2 - 400.0 × 12.0	9,600.0	906.0	8.698E+06	7.880E+09	1.152E+05
UPPER RIB	0 - 0.0 × 0.0	0.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
LOWER RIB	2 - 150.0 × 12.0	3,600.0	-825.0	-2.970E+06	2.450E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	-906.0	-2.870E+07	2.600E+10	3.802E+05
강재 단면 합계		88,080.0	-	-2.297E+07	3.633E+10	1.167E+10
RC. SLAB	1 - 2,500.0 × 150.0	375,000.0	1,115.0	4.181E+08	4.662E+11	7.031E+08
RC. SLAB	1 - 1,050.0 × 240.0	252,000.0	1,070.0	2.696E+08	2.885E+11	1.210E+09
RC. SLAB	1 - 1,120.0 × 240.0	268,800.0	1,070.0	2.876E+08	3.077E+11	1.290E+09
SLAB 단면 합계		895,800.0	-	9.754E+08	1.062E+12	3.203E+09
Half-deck	1 - 2,500.0 × 90.0	225,000.0	995.0	2.239E+08	2.228E+11	1.519E+08
	1 - 1,840.0 × 50.0	92,000.0	925.0	8.510E+07	7.872E+10	1.917E+07
Half-deck 단면 합계		317,000.0	-	3.090E+08	3.015E+11	1.710E+08
※ $A_s = 88,080.0 \text{ mm}^2$ $A_{c1} = 895,800.0 \text{ mm}^2$ $A_h = 317,000.0 \text{ mm}^2$						

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 강재에 의한 도심축 이동량

$$\delta_{ys} = \sum A_s Y / \sum A_s = -22,974,480.0 / 88,080.0 = -260.837 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xos} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_{ys}^2 = 11,671,245,360.0 + 36,334,360,080.0 - 88,080.0 \times (-260.837)^2 = 4.201E+10 \text{ mm}^4$$

- Half-Deck에 의한 도심축 이동량

$$\delta_{yh} = \sum A_h Y / \sum A_h = 308,975,000.0 / 317,000.0 = 974.685 \text{ mm}$$

- Half-Deck의 단면2차 모멘트

$$I_h = \sum I_{xoh} + \sum A_h Y^2 - A_h \cdot \delta_y^2 = 171,041,666.7 + 301,473,125,000.0 - 317,000.0 \times 974.685^2 = 4.910E+08 \text{ mm}^4$$

▪ 합성 단면에 의한 도심축 이동량

$$\delta_{v1} = (\sum A_s Y + \sum A_h Y / n_h) / (\sum A_s + \sum A_h / n_h) \\ = (-22,974,480.0 + 308,975,000.0/6.2) / (88,080.0 + 317,000.0/6.2) = 192.949 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{33} = (\sum I_{xos} + \sum I_{xoh} / n_h) + (\sum A_s Y^2 + \sum A_h Y^2 / n_h) - (A_s + A_h / n_h) \cdot \delta_{v1}^2 \\ = (11,671,245,360.0 + 171,041,666.7/6.2) + (36,334,360,080.0 + 301,473,125,000.0/6.2) \\ - (88,080.0 + 317,000.0/6.2) \times 192.9^2 = 9.148E+10 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{v1} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 192.949 = 847.051 \text{ mm} \\ y_{hl} = y_{hu} - (T_{c1} + T_h) = 847.1 - (90.0 + 50.0) = 707.051 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 강재 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_{v1} = 1,800.0 / 2 + 12.0 - 192.949 = 719.051 \text{ mm} \\ y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_{v1} \} = -\{ 1,800.0 / 2 + 12.0 + 192.949 \} = -1,104.949 \text{ mm}$$

▪ Half-Deck 응력 검토

- 자중(강재+Half-Deck)

$$f_{hut} = M_{st} \cdot y_{hu} / (I_{33} \cdot n_h) = 1,062.70 \times 847.1 / (91,475,251,058.1 \times 6.2) = 1.587 \text{ MPa} \\ f_{hlt} = M_{st} \cdot y_{hl} / (I_{33} \cdot n_h) = 1,062.70 \times 707.1 / (91,475,251,058.1 \times 6.2) = 1.325 \text{ MPa}$$

-바닥판 하중

$$f_{hu2} = M_{s2} \cdot y_{hu} / (I_{33} \cdot n_h) = 1,980.32 \times 847.1 / (91,475,251,058.1 \times 6.2) = 2.958 \text{ MPa} \\ f_{hl2} = M_{s2} \cdot y_{hl} / (I_{33} \cdot n_h) = 1,980.32 \times 707.1 / (91,475,251,058.1 \times 6.2) = 2.469 \text{ MPa}$$

▪ 플랜지 응력 검토

- 자중(강재+Half-Deck)

$$f_{sut} = M_{st} \cdot y_{su} / I_{33} = 1,062.70 \times 719.1 / 91,475,251,058.1 = 8.353 \text{ MPa} \\ f_{slt} = M_{st} \cdot y_{sl} / I_{33} = 1,062.70 \times -1,104.9 / 91,475,251,058.1 = -12.837 \text{ MPa}$$

-바닥판 하중

$$f_{su2} = M_{s2} \cdot y_{su} / I_{33} = 1,980.32 \times 719.1 / 91,475,251,058.1 = 15.567 \text{ MPa} \\ f_{sl2} = M_{s2} \cdot y_{sl} / I_{33} = 1,980.32 \times -1,104.9 / 91,475,251,058.1 = -23.921 \text{ MPa}$$

▪ 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$B_w = UL_2 + UR_2 + t_w/2 \times 2ea = 1,200.0 + 1,200.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm}$$

$$B_l = B_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm}$$

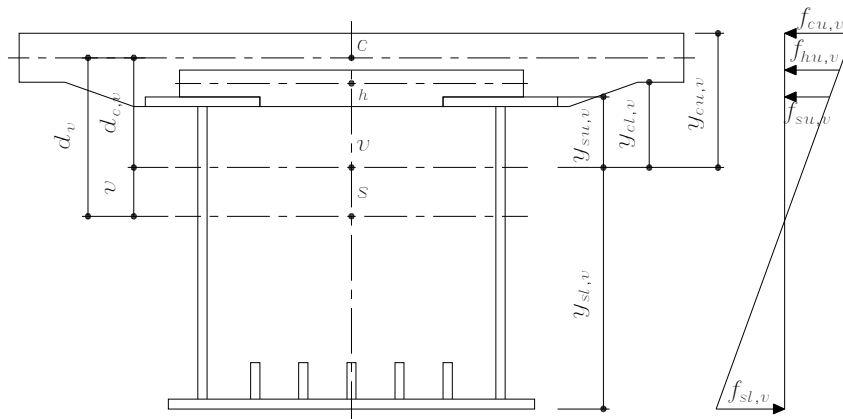
$$H = h + (\text{환산두께})/2 + t_l/2 = 1,800.0 + 24.989 / 2 + 12.0 / 2 = 1,818.495 \text{ mm}$$

$$\text{전단탄성계수비 } n_{hs} = G_s / G_h = 79,000.0 / 14,100.9 = 5.6$$

$$F = (B_u + B_l) / 2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 1,818.5 = 4.386E+06 \text{ mm}^2$$

$$U = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 50.310 / 43,200.0 + 6.463 / (2 \times 4,386,208.7 \times 12.0) = 1.226 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- SLAB에 의한 도심축 이동량

$$\delta_{yc} = \sum A_c Y / \sum A_c = 975,381,000.0 / 895,800.0 = 1,088.838 \text{ mm}$$

- SLAB의 단면2차 모멘트

$$I_c = \sum I_{xoc} + \sum A_c Y^2 - A_c \cdot \delta_{yc}^2 = 3,202,965,000.0 + 1,062,473,295,000.0 - 895,800.0 \times 1,088.838^2 = 3.644\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

- 탄성계수비에 의한 환산 단면계수

구 분	n	$A_v(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,080.0	-260.8	-2.297E+07	5.993E+09	4.201E+10	
Half-Deck	6.2	51,129.0	974.7	4.983E+07	4.857E+10	7.920E+07	
SLAB	7.0	127,971.4	1,088.8	1.393E+08	1.517E+11	5.206E+08	
합 계	-	267,180.5	1,802.7	1.662E+08	2.063E+11	4.261E+10	

- 합성단면 도심축 이동량

$$\delta_{v2} = \sum AY / \sum A = 166,200,340.3 / 267,180.5 = 622.053 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = \sum I_{xo} + \sum AY^2 - A \cdot \delta_{v2}^2 = 42,612,853,138.7 + 206,284,502,961.9 - 267,180.5 \times 622.053^2 = 1.455\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면 도심축에서 SLAB 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{cu,v} = h/2 + (T_c + T_h) - \delta_{v2} = 1,800.0/2 + (240.0 + 50.0) - 622.053 = 567.947 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v} = d_{cu,v} - T_c = 567.947 - 240.0 = 327.947 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,v} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{v2} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 622.053 = 417.947 \text{ mm}$$

$$y_{hl,v} = d_{hu,v} - (T_{c1} + T_h) = 417.947 - (90.0 + 50.0) = 277.947 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심축에서 강재 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = h/2 + t_u - \delta_{v2} = 1,800.0 / 2 + 12.0 - 622.053 = 289.947 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = d_{su,v} - (h + t_u + t_l) = 289.947 - (1,800.0 + 12.0 + 12.0) = -1,534.053 \text{ mm}$$

- SLAB 응력 검토

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \times n) = 1,231.17 \times 567.9 / (145,511,977,460.7 \times 7.0) = 0.686 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \times n) = 1,231.17 \times 327.9 / (145,511,977,460.7 \times 7.0) = 0.396 \text{ MPa}$$

▪ Half-Deck 응력 검토

$$\begin{aligned} f_{hu,v} &= M_{sc} \cdot y_{hu,v} / (I_v \times n) = 1,231.17 \times 417.9 / (145,511,977,460.7 \times 6.2) = \mathbf{0.570} \text{ MPa} \\ f_{hl,v} &= M_{sc} \cdot y_{hl,v} / (I_v \times n) = 1,231.17 \times 277.9 / (145,511,977,460.7 \times 6.2) = \mathbf{0.379} \text{ MPa} \end{aligned}$$

▪ 플랜지 응력 검토

$$\begin{aligned} f_{su,v} &= M_{sc} \cdot y_{su,v} / (I_v \times n) = 1,231.17 \times 289.9 / (145,511,977,460.7 \times 1.0) = \mathbf{2.453} \text{ MPa} \\ f_{sl,v} &= M_{sc} \cdot y_{sl,v} / (I_v \times n) = 1,231.17 \times -1,534.1 / (145,511,977,460.7 \times 1.0) = \mathbf{-12.980} \text{ MPa} \end{aligned}$$

▪ 부재의 전단응력 검토 (도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$\begin{aligned} B_w &= UL_2 + UR_2 + t_w/2 \times 2ea = 1,200.0 + 1,200.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm} \\ B_l &= B_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm} \\ H &= h + (\text{환산두께})/2 + tl/2 = 1,800.0 + 47.6/2 + 12.0/2 = 1,829.807 \text{ mm} \\ \text{전단탄성계수비 } n_{hs} &= G_s/G_c = 79,000.0 / \mathbf{11,916.0} = 6.6 \\ F_v &= (B_u + B_l)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0)/2 \times 1,829.8 = 4.413E+06 \text{ mm}^2 \\ u &= V_{sc}/A_w + M_{sct}/(2 \cdot F \cdot t_w) \\ &= 32.301 / 43,200.0 + 7.747 / (2 \times 4,413,494.7 \times 12.0) = \mathbf{0.821} \text{ MPa} \end{aligned}$$

(3) 활 하 중

▪ SLAB 응력 검토

$$\begin{aligned} f_{cu,v} &= M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \times n) = 3,844.92 \times 567.9 / (145,511,977,460.7 \times 7.0) = \mathbf{2.144} \text{ MPa} \\ f_{cl,v} &= M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \times n) = 3,844.92 \times 327.9 / (145,511,977,460.7 \times 7.0) = \mathbf{1.238} \text{ MPa} \end{aligned}$$

▪ Half-Deck 응력 검토

$$\begin{aligned} f_{hu,v} &= M_v \cdot y_{hu,v} / (I_v \times n) = 3,844.92 \times 417.9 / (145,511,977,460.7 \times 6.2) = \mathbf{1.781} \text{ MPa} \\ f_{hl,v} &= M_v \cdot y_{hl,v} / (I_v \times n) = 3,844.92 \times 277.9 / (145,511,977,460.7 \times 6.2) = \mathbf{1.185} \text{ MPa} \end{aligned}$$

▪ 플랜지 응력 검토

$$\begin{aligned} f_{su,v} &= M_v \cdot y_{su,v} / (I_v \times n) = 3,844.92 \times 289.9 / (145,511,977,460.7 \times 1.0) = \mathbf{7.661} \text{ MPa} \\ f_{sl,v} &= M_v \cdot y_{sl,v} / (I_v \times n) = 3,844.92 \times -1,534.1 / (145,511,977,460.7 \times 1.0) = \mathbf{-40.535} \text{ MPa} \end{aligned}$$

▪ 부재의 전단응력 검토 (도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$\begin{aligned} B_w &= UL_2 + UR_2 + t_w/2 \times 2ea = 1,200.0 + 1,200.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm} \\ B_l &= B_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm} \\ H &= h + (\text{환산두께})/2 + tl/2 = 1,800.0 + 47.6/2 + 12.0/2 = 1,829.807 \text{ mm} \\ \text{전단탄성계수비 } n_{hs} &= G_s/G_c = 79,000.0 / 11,916.0 = 6.6 \\ F &= (B_u + B_l)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0)/2 \times 1,829.8 = 4.413E+06 \text{ mm}^2 \\ u &= V_v/A_w + M_{vt}/(2 \cdot F \cdot t_w) \\ &= 315.862 / 43,200.0 + 436.859 / (2 \times 4,413,494.7 \times 12.0) = \mathbf{11.436} \text{ MPa} \end{aligned}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

▪ SLAB 응력 검토

$$\begin{aligned} f_{cu,v} &= M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \times n) = -3.11 \times 567.9 / (145,511,977,460.7 \times 7.0) = \mathbf{-0.002} \text{ MPa} \\ f_{cl,v} &= M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \times n) = -3.11 \times 327.9 / (145,511,977,460.7 \times 7.0) = \mathbf{-0.001} \text{ MPa} \end{aligned}$$

▪ Half-Deck 응력 검토

$$\begin{aligned} f_{hu,v} &= M_w \cdot y_{hu,v} / (I_v \times n) = -3.11 \times 417.9 / (145,511,977,460.7 \times 6.2) = \mathbf{-0.001} \text{ MPa} \\ f_{hl,v} &= M_w \cdot y_{hl,v} / (I_v \times n) = -3.11 \times 277.9 / (145,511,977,460.7 \times 6.2) = \mathbf{-0.001} \text{ MPa} \end{aligned}$$

▪ 플랜지 응력 검토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / (I_v \times n) = -3.11 \times 289.9 / (145,511,977,460.7 \times 1.0) = -0.006 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / (I_v \times n) = -3.11 \times -1,534.1 / (145,511,977,460.7 \times 1.0) = 0.033 \text{ MPa}$$

▪ 부재의 전단응력 검토 (도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$B_w = UL_2 + UR_2 + t_w/2 \times 2ea = 1,200.0 + 1,200.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm}$$

$$B_l = B_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,400.0 + 12.0/2 \times 2 = 2,412.000 \text{ mm}$$

$$H = h + (\text{환산두께})/2 + t_l/2 = 1,800.0 + 47.6/2 + 12.0/2 = 1,829.807 \text{ mm}$$

$$\text{전단탄성계수비 } n_{hs} = G_s/G_c = 79,000.0 / 11,916.0 = 6.6$$

$$F = (B_u + B_l)/2 \times H = (2,412.0 + 2,412.0)/2 \times 1,829.8 = 4.413E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_w/A_w + M_{wt}/(2 \cdot F \cdot t_w) = 3.113 / 43,200.0 + 43.249 / (2 \times 4,413,494.7 \times 12.0) = 0.480 \text{ MPa}$$

(5) Half-Deck 초기 크리프 손실

$$k = 0.567 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_{h1} = n_h \cdot (1 + \phi_{d0}/2) = 6.2 \times (1 + 0.5/2) = 7.750$$

$$d_{vh1} = \delta_{yh} - \delta_{ys} = 974.685 - -260.837 = 1,235.521 \text{ mm}$$

$$d_{vh1,s} = d_{vh1} \cdot A_s / (A_s + A_h/n_h) = 1,235.5 \times 88,080.0 / (88,080.0 + 317,000.0/6.2) = 781.736 \text{ mm}$$

▪ 탄성계수비에 의한 환산 단면계수

구 분	n	$A_{vh1}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ovh1}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,080.0	-260.8	-2.297E+07	5.993E+09	4.201E+10	
Half-Deck	7.8	40,903.2	974.7	3.987E+07	3.886E+10	6.336E+07	
합 계	-	128,983.2		1.689E+07	4.485E+10	4.208E+10	

▪ 강재와 Half-Deck 합성단면 도심축 이동량

$$d_{h,s} = \sum AY / \sum A = 16,893,261.9 / 128,983.2 = 130.973 \text{ mm}$$

▪ 강재와 Half-Deck 합성단면 도심에서 Half-Deck 도심까지 거리

$$d_{h,hs} = \delta_{yh} - d_{h,s} = 974.685 - 130.973 = 843.712 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{vh1} = \sum I_{ovh1} + \sum AY^2 - A \cdot d_{h,s}^2 = 42,076,378,350.4 + 44,851,055,046.6 - 128,983.2 \times 130.973^2 = 8.471E+10 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,vh1} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - d_{h,s} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 130.973 = 909.027 \text{ mm}$$

$$y_{hl,vh1} = y_{hu,vh1} - (T_c + T_h) = 909.027 - (90.0 + 50.0) = 769.027 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,vh1} = h/2 + t_u - d_{h,s} = 1,800.00/2 + 12.0 - 130.973 = 781.027 \text{ mm}$$

$$y_{sl,vh1} = y_{hu,vh1} - (h + t_u + t_l) = 781.027 - (1,800.0 + 12.0 + 12.0) = -1,042.973 \text{ mm}$$

▪ 크리프를 일으키기 전, 합성전 고정하중에 의해 Half-Deck 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_{hi} = M_{st} \cdot d_{vh1,s} \cdot A_h / (n_h \cdot I_{33}) = 1,062.7 \times 781.7 \times 317,000.0 / (6.2 \times 91,475,251,058.1) = 4.643E+05 \text{ N}$$

▪ 강재보와 결함으로 인해 Half-Deck에 생기는 압축력

$$P_{phi i} = N_{hi} \cdot 2 \cdot \phi_{d0} / (2 + \phi_{d0}) = 464,338.5 \times 2 \times 0.5 / (2 + 0.5) = 1.857E+05 \text{ N}$$

- $P_{\phi hi}$ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{\phi hi} = P_{\phi hi} \times d_{h,hs} = 185,735.4 \times 843.7 = 1.567E+08 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- Half-Deck콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{h1} = E_h / (1 + \phi_{d0} / 2) = 32,902.0 / (1 + 0.5 / 2) = 26,321.600 \text{ MPa}$$

- Half-Deck 상·하부 플랜지에 작용하는 응력

$$f_{hu} = M_s \cdot y_{hu} / (I_{33} \cdot n_h) = 1,062.70 \times 847.1 / (91,475,251,058.1 \times 6.2) = 1.587 \text{ MPa}$$

$$f_{hl} = M_s \cdot y_{hl} / (I_{33} \cdot n_h) = 1,062.70 \times 707.1 / (91,475,251,058.1 \times 6.2) = 1.325 \text{ MPa}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{hu,vh1} &= 1/n_{h1} \cdot (P_{\phi hi} / A_{vh1} + k \cdot M_{\phi hi} \cdot y_{hu,vh1} / I_{vh1}) - E_{h1} \cdot f_{hu} \cdot \phi_{d0} / E_h \\ &= (1/7.8) \times (185,735.4 / 128,983.2 + 0.567 \times 156,707,181.4 \times 909.0 / 84,714,879,810.8) \\ &\quad - 26,321.6 \times 1.587 \times 0.5 / 32,902.0 = -0.326 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{hl,vh1} &= 1/n_{h1} \cdot (P_{\phi hi} / A_{vh1} + k \cdot M_{\phi hi} \cdot y_{hl,vh1} / I_{vh1}) - E_{h1} \cdot f_{hl} \cdot \phi_{d0} / E_h \\ &= (1/7.8) \times (185,735.4 / 128,983.2 + 0.567 \times 156,707,181.4 \times 769.0 / 84,714,879,810.8) \\ &\quad - 26,321.6 \times 1.325 \times 0.5 / 32,902.0 = -0.240 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,vh1} &= P_{\phi hi} / A_{vh1} + k \cdot M_{\phi hi} \cdot y_{su,vh1} / I_{vh1} \\ &= 185,735.4 / 128,983.2 + 0.567 \times 156,707,181.4 \times 781.0 / 84,714,879,810.8 = 2.259 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,vh1} &= P_{\phi hi} / A_{vh1} + k \cdot M_{\phi hi} \cdot y_{sl,vh1} / I_{vh1} \\ &= 185,735.4 / 128,983.2 + 0.567 \times 156,707,181.4 \times -1,043.0 / 84,714,879,810.8 = 0.346 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(6) Half-Deck 초기 건조수축 손실

$$k = 0.567 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_{h2} = n_h \cdot (1 + 2 \cdot \phi_{d0} / 2) = 6.2 \times (1 + 2 \times 0.5 / 2) = 9.300$$

구 분	n	$A_{vh2}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ovh2}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,080.0	-260.8	-2.297E+07	5.993E+09	4.201E+10	
Half-Deck	9.3	34,086.0	974.7	3.322E+07	3.238E+10	5.280E+07	
합 계	-	122,166.0		1.025E+07	3.837E+10	4.207E+10	

- 강재와 Half-Deck 합성단면 도심축 이동량

$$d_{h,s} = \sum AY / \sum A = 10,248,638.3 / 122,166.0 = 83.891 \text{ mm}$$

- 강재와 Half-Deck 합성단면 도심에서 Half-Deck 도심까지 거리

$$d_{h,hs} = \delta_{yh} - d_{h,s} = 974.685 - 83.891 = 890.793 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$\begin{aligned} I_{vh2} &= \sum I_{ovh2} + \sum AY^2 - A \cdot d_{h,s}^2 \\ &= 42,065,818,993.0 + 38,374,643,077.9 - 122,166.0 \times 83.891^2 = 7.958E+10 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,vh2} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - d_{h,s} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 83.891 = 956.109 \text{ mm}$$

$$y_{hl,vh2} = y_{hu,vh2} - (T_{c1} + T_h) = 956.109 - (90.0 + 50.0) = 816.109 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,vh2} = h/2 + t_u - d_{h,s} = 1,800.00/2 + 12.0 - 83.891 = 828.109 \text{ mm}$$

$$y_{sl,vh2} = y_{hu,vh2} - (h + t_u + t_l) = 828.109 - (1,800.0 + 12.0 + 12.0) = -995.891 \text{ mm}$$

- Half-Deck 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{vhi} = E_s \cdot \epsilon_{hs} \cdot A_h / n_{h2} = 205,000.0 \times 0.000045 \times 317,000.0 / 9.3 = 3.144E+05 \text{ N}$$

- P_{vhi} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{vhi} = P_{vhi} \times d_{h,hs} = 314,443.5 \times 890.8 = 2.801E+08 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{h2} = E_s / n_{h2} = 205,000.0 / 9.3 = 22,043.011 \text{ MPa}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력변화량

$$\begin{aligned} f_{hu,vh2} &= 1/n_{h2} \cdot (P_{vhi}/A_{vh2} + k \cdot M_{vhi} \cdot y_{hu,vh2}/I_{vh2}) - E_{h2} \cdot \epsilon_{hs} \\ &= (1/9.3) \times (314,443.5/122,166.0 + 0.567 \times 280,104,260.4 \times 956.1/79,580,692,838.0) \\ &\quad - 22,043.0 \times 0.000045 = -0.510 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{hl,vh2} &= 1/n_{h2} \cdot (P_{vhi}/A_{vh2} + k \cdot M_{vhi} \cdot y_{hl,vh2}/I_{vh2}) - E_{h2} \cdot \epsilon_{hs} \\ &= (1/9.3) \times (314,443.5/122,166.0 + 0.567 \times 280,104,260.4 \times 816.1/79,580,692,838.0) \\ &\quad - 22,043.0 \times 0.000045 = -0.540 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,vh2} &= P_{vhi}/A_{vh2} + k \cdot M_{vhi} \cdot y_{su,v2}/I_{vh2} \\ &= 314,443.5/122,166.0 + 0.567 \times 280,104,260.4 \times 828.1/79,580,692,838.0 = 4.226 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,vh2} &= P_{vhi}/A_{vh2} + k \cdot M_{vhi} \cdot y_{sl,v2}/I_{vh2} \\ &= 314,443.5/122,166.0 + 0.567 \times 280,104,260.4 \times -995.9/79,580,692,838.0 = 0.587 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(7) Half-Deck 최종 크리프 손실

$$k = 0.560 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_{h3} = n_h \cdot (1 + \phi_{d1}/2) = 6.2 \times (1 + 1.5/2) = 10.850$$

$$d_{vh2} = \delta_{yh} - \delta_{v2} = 974.685 - 622.053 = 352.632 \text{ mm}$$

$$d_{vh2,s} = (y_{hu,v} + y_{hl,v}) / 2 = (417.9 + 277.9) / 2 = 347.947 \text{ mm}$$

- 탄성계수비에 의한 환산 단면계수

구 분	n	$A_{vh3}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ovh3}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,080.0	-260.8	-2.297E+07	5.993E+09	4.201E+10	
Half-Deck	10.9	29,216.6	974.7	2.848E+07	2.776E+10	4.525E+07	
SLAB	7.0	127,971.4	1,088.8	1.393E+08	1.517E+11	5.206E+08	
합 계	-	245,268.0	1,802.7	1.448E+08	1.855E+11	4.258E+10	

- 합성단면 도심축 이동량

$$\delta_{v3} = \sum AY / \sum A = 144,842,621.4 / 245,268.0 = 590.548 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 Half-Deck 도심까지 거리

$$d_{h,hs} = \delta_{yh} - \delta_{v3} = 974.685 - 590.548 = 384.136 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$\begin{aligned} I_{vh3} &= \sum I_{ovh3} + \sum AY^2 - A \cdot \delta_{v3}^2 \\ &= 42,578,912,346.9 + 185,467,464,491.0 - 245,268.0 \times 590.548^2 = 1.425E+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 합성단면 도심축에서 SLAB 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{cu,vh3} = h/2 + (T_c + T_h) - \delta_{v3} = 1,800.0/2 + (240.0 + 50.0) - 590.548 = 599.452 \text{ mm}$$

$$y_{cl,vh3} = y_{cu,vh3} - T_c = 599.452 - 240.0 = 359.452 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,vh3} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{v3} = 1,800.0/2 + (90.0+50.0) - 590.548 = 449.452 \text{ mm}$$

$$y_{hl,vh3} = y_{hu,vh3} - (T_{c1} + T_h) = 449.452 - (90.0+50.0) = 309.452 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,vh3} = h/2 + t_u - \delta_{v3} = 1,800.00/2 + 12.0 - 590.548 = 321.452 \text{ mm}$$

$$y_{sl,vh3} = y_{su,vh3} - (h + t_u + t_l) = 321.452 - (1,800.0+12.0+12.0) = -1,502.548 \text{ mm}$$

- Half-Deck 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_{he} = N_{hi} + (f_{hu2} + f_{hl2} + f_{hu,v} + f_{hl,v} + f_{hu,vh1} + f_{hl,vh1} + f_{hu,vh2} + f_{hl,vh2})/2 \cdot A_h \cdot d_{vh2}/d_{vh2,s}$$

$$= 464,338.5 + (2.692+2.068)/2 \times 317,000.0 \times 352.6 / 347.9 = 1.229E+06 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 Half-Deck에 생기는 압축력

$$P_{\phi he} = N_{he} \cdot 2 \cdot \phi_{d1} / (2 + \phi_{d1}) = 1,228,947.7 \times 2 \times 1.5 / (2 + 1.5) = 1.053E+06 \text{ N}$$

- $P_{\phi he}$ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{\phi he} = P_{\phi he} \times d_{h,hs} = 1,053,383.7 \times 384.1 = 4.046E+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{h3} = E_h / (1 + \phi_{d1} / 2) = 32,902.0 / (1 + 1.5 / 2) = 18,801.143 \text{ MPa}$$

$$\sum f_{hu} = f_{hut} + f_{hu2} + f_{hu,v} + f_{hu,vh1} + f_{hu,vh2}$$

$$= 1.587 + 2.958 + 0.570 + -0.326 + -0.510 = 4.279 \text{ MPa}$$

$$\sum f_{hl} = f_{hl1} + f_{hl2} + f_{hl,v} + f_{hl,vh1} + f_{hl,vh2}$$

$$= 1.325 + 2.469 + 0.379 + -0.240 + -0.540 = 3.393 \text{ MPa}$$

- SLAB 콘크리트의 응력 변화량

$$f_{cu,vh3} = 1/n \cdot (P_{\phi he}/A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{cu,vh3}/I_{vh3})$$

$$= (1/7.0) \times (1,053,384/245,268 + 0.560 \times 404,642,814 \times 599/142,509,807,076) = 0.750 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,vh3} = 1/n \cdot (P_{\phi he}/A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{cl,vh3}/I_{vh3})$$

$$= (1/7.0) \times (1,053,384/245,268 + 0.560 \times 404,642,814 \times 359/142,509,807,076) = 0.695 \text{ MPa}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력 변화량

$$f_{hu,vh3} = 1/n_{h3} \cdot (P_{\phi he}/A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{hu,vh3}/I_{vh3}) - E_{h3} \cdot \sum f_{hu} \cdot \phi_{d1}/E_h$$

$$= (1/10.9) \times (1,053,383.7/245,268.0 + 0.560 \times 404,642,813.9 \times 449.5/142,509,807,076.4)$$

$$- 18,801.1 \times 4.279 \times 1.5/32,902.0 = -3.206 \text{ MPa}$$

$$f_{hl,vh3} = 1/n_{h3} \cdot (P_{\phi he}/A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{hl,vh3}/I_{vh3}) - E_{h3} \cdot \sum f_{hl} \cdot \phi_{d1}/E_h$$

$$= (1/10.9) \times (1,053,383.7/245,268.0 + 0.560 \times 404,642,813.9 \times 309.5/142,509,807,076.4)$$

$$- 18,801.1 \times 3.393 \times 1.5/32,902.0 = -2.467 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,vh3} = P_{\phi he}/A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{su,vh3}/I_{vh3}$$

$$= 1,053,383.7/245,268.0 + 0.560 \times 404,642,813.9 \times 321.5/142,509,807,076.4 = 4.806 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,vh3} = P_{\phi he}/A_{vh3} + k \cdot M_{\phi he} \cdot y_{sl,vh3}/I_{vh3}$$

$$= 1,053,383.7/245,268.0 + 0.560 \times 404,642,813.9 \times -1,502.5/142,509,807,076.4 = 1.906 \text{ MPa}$$

(8) Half-Deck 최종 건조수축 손실

$$k = 0.560 \quad ※ \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_{h4} = n_h \cdot (1 + 2 \cdot \phi_{d1}/2) = 6.2 \times (1 + 2 \times 1.5 / 2) = 15.500$$

구 분	n	$A_{vh4}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ovh4}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,080.0	-260.8	-2.297E+07	5.993E+09	4.201E+10	
Half-Deck	15.5	20,451.6	974.7	1.993E+07	1.943E+10	3.168E+07	
SLAB	7.0	127,971.4	1,088.8	1.393E+08	1.517E+11	5.206E+08	
합 계	-	236,503.0	1,802.7	1.363E+08	1.771E+11	4.257E+10	

▪ 합성단면 도심축 이동량

$$\delta_{v4} = \sum AY / \sum A = 136,299,533.8 / 236,503.0 = 576.312 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 Half-Deck 도심까지 거리

$$d_{h,hs} = \delta_{yh} - \delta_{v4} = 974.685 - 576.312 = 398.373 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{vh4} = \sum I_{ovh4} + \sum AY^2 - A \cdot \delta_{v4}^2 = 42,565,336,030.2 + 177,140,649,102.6 - 236,503.0 \times 576.312^2 = 1.412E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심축에서 SLAB 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{cu,vh4} = h/2 + (T_c + T_h) - \delta_{v4} = 1,800.0/2 + (240.0 + 50.0) - 576.312 = 613.688 \text{ mm}$$

$$y_{cl,vh4} = y_{cu,vh4} - T_c = 613.688 - 240.0 = 373.688 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,vh4} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{v4} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 576.312 = 463.688 \text{ mm}$$

$$y_{hl,vh4} = y_{hu,vh4} - (T_{c1} + T_h) = 463.688 - (90.0 + 50.0) = 323.688 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,vh4} = h/2 + t_u - \delta_{v4} = 1,800.00/2 + 12.0 - 576.312 = 335.688 \text{ mm}$$

$$y_{sl,vh4} = y_{su,vh4} - (h + t_u + t_l) = 335.688 - (1,800.0 + 12.0 + 12.0) = -1,488.312 \text{ mm}$$

▪ Half-Deck 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{vhe} = E_s \cdot \epsilon_h \cdot A_h / n_{h4} = 205,000.0 \times 0.000225 \times 317,000.0 / 15.5 = 9.433E+05 \text{ N}$$

▪ P_{ve} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{vhe} = P_{vhe} \times d_{h,hs} = 943,330.6 \times 398.4 = 3.758E+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

▪ 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{h4} = E_s / n_{h4} = 205,000.0 / 15.5 = 13,225.806 \text{ MPa}$$

▪ SLAB 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,vh4} = 1/n \cdot (P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{cu,vh4}/I_{vh4}) = (1/7.0) \times (943,331/236,503 + 0.560 \times 375,797,056 \times 614/141,154,932,237) = 0.700 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,vh4} = 1/n \cdot (P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{cl,vh4}/I_{vh4}) = (1/7.0) \times (943,331/236,503 + 0.560 \times 375,797,056 \times 374/141,154,932,237) = 0.649 \text{ MPa}$$

▪ Half-Deck 콘크리트의 응력변화량

$$f_{hu,vh4} = 1/n_{h4} \cdot (P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{hu,vh4}/I_{vh4}) - E_{h4} \cdot \epsilon_h$$

$$= (1/15.5) \times (943,330.6/236,503.0 + 0.560 \times 375,797,055.6 \times 463.7/141,154,932,237.0) - 13,225.8 \times 0.000225 = -2.674 \text{ MPa}$$

$$f_{hl,vh4} = 1/n_{h4} \cdot (P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{hl,vh4}/I_{vh4}) - E_{h4} \cdot \epsilon_h$$

$$= (1/15.5) \times (943,330.6/236,503.0 + 0.560 \times 375,797,055.6 \times 323.7/141,154,932,237.0) - 13,225.8 \times 0.000225 = -2.687 \text{ MPa}$$

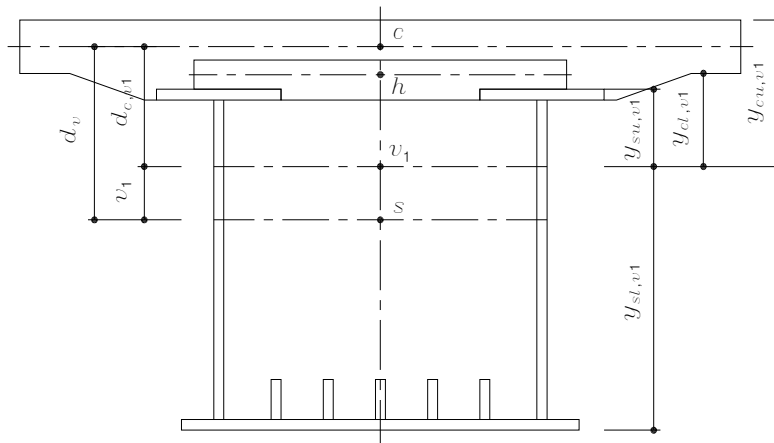
▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,vh4} = P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{su,vh4}/I_{vh4}$$

$$= 943,330.6/236,503.0 + 0.560 \times 375,797,055.6 \times 335.7/141,154,932,237.0 = 4.489 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,vh4} = P_{vhe}/A_{vh4} + k \cdot M_{vhe} \cdot y_{sl,vh4}/I_{vh4}$$

$$= 943,330.6/236,503.0 + 0.560 \times 375,797,055.6 \times -1,488.3/141,154,932,237.0 = 1.770 \text{ MPa}$$



(9) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k_2 = 0.560 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 2.0/2) = 14.000$$

$$d_{vc} = \delta_{yc} - \delta_{v2} = 1,088.838 - 622.053 = 466.785 \text{ mm}$$

$$d_{vc,s} = (y_{cu,v} + y_{cl,v}) / 2 = (567.9 + 327.947) / 2 = 447.947 \text{ mm}$$

구 분	n	$A_{v1}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ov1}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,080.0	-260.8	-2.297E+07	5.993E+09	4.201E+10	
Half-Deck	6.2	51,129.0	974.7	4.983E+07	4.857E+10	7.920E+07	
SLAB	14.0	63,985.7	1,088.8	6.967E+07	7.586E+10	2.603E+08	
합 계	-	203,194.7	1,802.7	9.653E+07	1.304E+11	4.235E+10	

▪ 합성단면 도심축 이동량

$$\delta_{c,v1} = \sum AY / \sum A = 96,530,268.8 / 203,194.7 = 475.063 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 SLAB 도심까지 거리

$$d_{c,v1} = \delta_{yc} - \delta_{c,v1} = 1,088.838 - 475.063 = 613.775 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{v1} = \sum I_{ov1} + \sum AY^2 - A \cdot \delta_{c,v1}^2$$

$$= 42,352,535,262.6 + 130,425,087,980.8 - 203,194.7 \times 475.063^2 = 1.269E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심축에서 SLAB 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{cu,v1} = h/2 + (T_c + T_h) - \delta_{c,v1} = 1,800.0/2 + (240.0+50.0) - 475.063 = 714.937 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v1} = y_{cu,v1} - T_c = 714.937 - 240.0 = 474.937 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,v1} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{c,v1} = 1,800.0/2 + (90.0+50.0) - 475.063 = 564.937 \text{ mm}$$

$$y_{hl,v1} = y_{hu,v1} - (T_{c1} + T_h) = 564.937 - (90.0+50.0) = 424.937 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v1} = h/2 + t_u - \delta_{c,v1} = 1,800.00/2 + 12.0 - 475.063 = 436.937 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v1} = y_{su,v1} - (h + t_u + t_l) = 436.937 - (1,800.0+12.0+12.0) = -1,387.063 \text{ mm}$$

▪ 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = (f_{cu,v} + f_{cl,v})/2 \cdot A_c \cdot d_{vc}/d_{vc,s}$$

$$= (0.686+0.396)/2 \times 895,800.0 \times 466.785/447.947 = 5.054E+05 \text{ N}$$

▪ 강재보와 결합으로 인해 SLAB에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 505,416.4 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = 5.054E+05 \text{ N}$$

▪ P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = 505,416.4 \times 613.8 = 3.102E+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

▪ Half-Deck 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 27,804.0 / (1 + 2.0 / 2) = 13,902.000 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = 0.686 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = 0.396 \text{ MPa}$$

▪ 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

$$f_{cu,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\phi \cdot y_{cu,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu,v} \cdot \phi_1 / E_c$$

$$= (1/14.0) \times (505,416.4/203,194.7 + 0.560 \times 310,212,005.6 \times 714.9/126,919,681,725.0) - 13,902.0 \times 0.686 \times 2.0/27,804.0 = -0.439 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\phi \cdot y_{cl,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl,v} \cdot \phi_1 / E_c$$

$$= (1/14.0) \times (505,416.4/203,194.7 + 0.560 \times 310,212,005.6 \times 474.9/126,919,681,725.0) - 13,902.0 \times 0.396 \times 2.0/27,804.0 = -0.172 \text{ MPa}$$

▪ Half-Deck 콘크리트의 응력 변화량

$$f_{hu,v1} = 1/n_h \cdot (P_\phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\phi \cdot y_{hu,v1} / I_{v1})$$

$$= (1/6.2) \times (505,416/203,195 + 0.560 \times 310,212,006 \times 565/126,919,681,725) = 0.526 \text{ MPa}$$

$$f_{hl,v1} = 1/n_h \cdot (P_\phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\phi \cdot y_{hl,v1} / I_{v1})$$

$$= (1/6.2) \times (505,416/203,195 + 0.560 \times 310,212,006 \times 425/126,919,681,725) = 0.495 \text{ MPa}$$

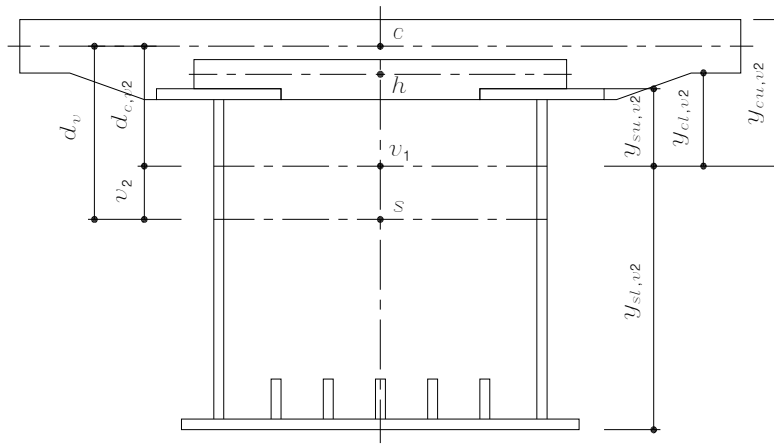
▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\phi \cdot y_{su,v1} / I_{v1}$$

$$= 505,416.4/203,194.7 + 0.560 \times 310,212,005.6 \times 436.9/126,919,681,725.0 = 3.085 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_{v1} + k_2 \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v1} / I_{v1}$$

$$= 505,416.4/203,194.7 + 0.560 \times 310,212,005.6 \times -1,387.1/126,919,681,725.0 = 0.589 \text{ MPa}$$



(10) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

$$k_2 = 0.560 \quad ※ \text{2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

구 분	n	$A_{v2}(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{ov2}(\text{mm}^4)$	비고
STEEL	1.0	88,080.0	-260.8	-2.297E+07	5.993E+09	4.201E+10	
Half-Deck	6.2	51,129.0	974.7	4.983E+07	4.857E+10	7.920E+07	
SLAB	21.0	42,657.1	1,088.8	4.645E+07	5.057E+10	1.735E+08	
합 계	-	181,866.2	1,802.7	7.331E+07	1.051E+11	4.227E+10	

■ 합성단면 도심축 이동량

$$\delta_{c,v2} = \sum AY / \sum A = 73,306,911.7 / 181,866.2 = 403.082 \text{ mm}$$

■ 합성단면 도심에서 SLAB 도심까지 거리

$$d_{c,v2} = \delta_{yc} - \delta_{c,v2} = 1,088.838 - 403.082 = 685.756 \text{ mm}$$

■ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{v2} = \sum I_{ov2} + \sum AY^2 - A \cdot \delta_{c,v2}^2 = 42,265,762,637.3 + 105,138,616,320.4 - 181,866.2 \times 403.082^2 = 1.179E+11 \text{ mm}^4$$

■ 합성단면 도심축에서 SLAB 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{cu,v2} = h/2 + (T_c + T_h) - \delta_{c,v2} = 1,800.0/2 + (240.0 + 50.0) - 403.082 = 786.918 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v2} = y_{cu,v2} - T_c = 786.918 - 240.0 = 546.918 \text{ mm}$$

■ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{hu,v2} = h/2 + (T_{c1} + T_h) - \delta_{c,v2} = 1,800.0/2 + (90.0 + 50.0) - 403.082 = 636.918 \text{ mm}$$

$$y_{hl,v2} = y_{hu,v2} - (T_{c1} + T_h) = 636.918 - (90.0 + 50.0) = 496.918 \text{ mm}$$

■ 합성단면 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v2} = h/2 + t_u - \delta_{c,v2} = 1,800.00/2 + 12.0 - 403.082 = 508.918 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v2} = y_{su,v2} - (h + t_u + t_l) = 508.918 - (1,800.0 + 12.0 + 12.0) = -1,315.082 \text{ mm}$$

■ 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 895,800.0 / 21.0 = 2.361E+06 \text{ N}$$

■ P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,361,072.9 \times 685.8 = 1.619E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

■ 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{c2} = E_s / n_2 = 205,000.0 / 21.0 = 9,761.905 \text{ MPa}$$

▪ 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{cu,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s$$

$$= (1/21.0) \times (2,361,072.9/181,866.2 + 0.560 \times 1,619,120,573.7 \times 508.9/786.9) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.729 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{cl,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s$$

$$= (1/21.0) \times (2,361,072.9/181,866.2 + 0.560 \times 1,619,120,573.7 \times 508.9/546.9) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.817 \text{ MPa}$$

▪ 합성단면 도심축에서 Half-Deck 상·하부 플랜지 연단거리

$$f_{hu,v2} = 1/n_h \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{hu,v2}/I_{v2})$$

$$= (1/6.2) \times (2,361,072.9/181,866.2 + 0.560 \times 1,619,120,573.7 \times 508.9/636.9) = 2.884 \text{ MPa}$$

$$f_{hl,v2} = 1/n_h \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{hl,v2}/I_{v2})$$

$$= (1/6.2) \times (2,361,072.9/181,866.2 + 0.560 \times 1,619,120,573.7 \times 508.9/496.9) = 2.711 \text{ MPa}$$

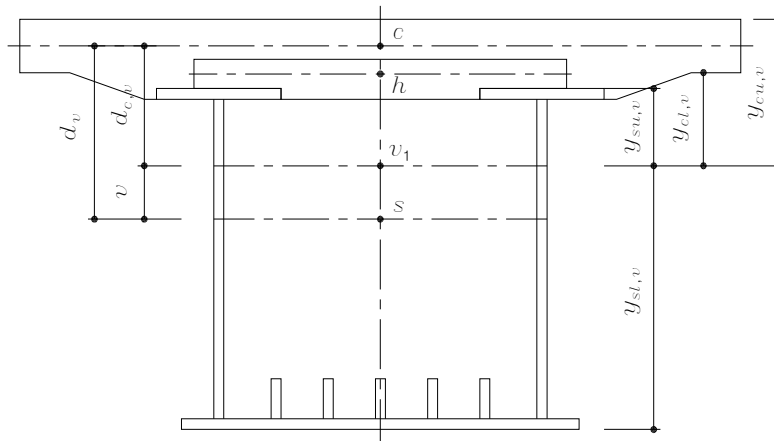
▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v2}/I_{v2}$$

$$= 2,361,072.9/181,866.2 + 0.560 \times 1,619,120,573.7 \times 508.9/117,855,710,546.2 = 16.898 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k_2 \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v2}/I_{v2}$$

$$= 2,361,072.9/181,866.2 + 0.560 \times 1,619,120,573.7 \times -1,315.1/117,855,710,546.2 = 2.865 \text{ MPa}$$



(11) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10℃를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

$$d_{h,v} = \delta_{yh} - \delta_{v2} = 974.685 - 622.053 = 352.632 \text{ mm}$$

$$d_{c,v} = \delta_{yc} - \delta_{v2} = 1,088.838 - 622.053 = 466.785 \text{ mm}$$

▪ 온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

▪ Half-Deck 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{vc1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 317,000.0 / 6.2 = 1.258E+06 \text{ N}$$

▪ SLAB 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{vh2} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 895,800.0 / 7.0 = 3.148E+06 \text{ N}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = P_{vc1} + P_{vh2} = 1,257,774.2 + 3,148,097.142857 = 4.406E+06 \text{ N}$$

- P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{vc1} \times d_{h,v} + P_{vh2} \times d_{c,v} = 1,257,774.2 \times 352.6 + 3,148,097.1 \times 466.8 = 1.913E+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$\begin{aligned} f_{cu,v1} &= 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{cu,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t \\ &= (1/7.0) \times (4,405,871.3/267,180.5 + 0.560 \times 1,913,016,200.0 \times 567.9/145,511,977,460.7) \\ &\quad - 27,804.0 \times 0.000120 = -0.383 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{cl,v1} &= 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{cl,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t \\ &= (1/7.0) \times (4,405,871.3/267,180.5 + 0.560 \times 1,913,016,200.0 \times 327.9/145,511,977,460.7) \\ &\quad - 27,804.0 \times 0.000120 = -0.636 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- Half-Deck 콘크리트의 응력변화량

$$\begin{aligned} f_{hu,v1} &= 1/n_h \cdot (P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{hu,v}/I_v) - E_h \cdot \epsilon_t \\ &= (1/6.2) \times (4,405,871.3/267,180.5 + 0.560 \times 1,913,016,200.0 \times 417.9/145,511,977,460.7) \\ &\quad - 32,902.0 \times 0.000120 = -0.792 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{hl,v1} &= 1/n_h \cdot (P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{hl,v}/I_v) - E_h \cdot \epsilon_t \\ &= (1/6.2) \times (4,405,871.3/267,180.5 + 0.560 \times 1,913,016,200.0 \times 277.9/145,511,977,460.7) \\ &\quad - 32,902.0 \times 0.000120 = -0.958 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_v \\ &= 4,405,871.3/267,180.5 + 0.560 \times 1,913,016,200.0 \times 289.9/145,511,977,460.7 = 18.625 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v1}/A_v + k_2 \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_v \\ &= 4,405,871.3/267,180.5 + 0.560 \times 1,913,016,200.0 \times -1,534.1/145,511,977,460.7 = 5.196 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(12) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$\begin{aligned} u &= (V_s + V_{sc} + V_v)/A_w + M_{st}/(2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 398.473/43,200.0 + 6.463/105,269,009.6 + 444.606/105,923,872.7 = 13.483 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\ast u = 13.5 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$\begin{aligned} u &= (V_s + V_{sc} + V_w)/A_w + M_{st}/(2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt})/(2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 398.473/43,200.0 + 6.463/105,269,009.6 + 444.606/105,923,872.7 = 13.483 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\ast u = 13.5 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

- 활하중 재하시

$$\begin{aligned} u &= (V_s + V_{sc} + V_w/2 + V_v)/A_w + M_{st}/(2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}/2 + M_{vt})/(2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 400.029/43,200.0 + 6.463/105,269,009.6 + 466.230/105,923,872.7 = 13.723 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\ast u = 13.7 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

(13) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65 \phi^2 + 0.13 \phi + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0.0$)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

▪ 인장 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

▪ 압축 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.1)

- 압축부의 국부좌굴에 대한 허용응력

(도.설.해 3.4.2.2)

$$b / 10.5 = 10.3 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow ① \quad f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 16 = 6.8 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} \geq b / 10.5 = 10.3 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow ① \quad f_{ca} = 24,000 (t_u/b)^2 = 296.3 \text{ MPa}$$

- 허용 휨 압축응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2.1)

A_w : 복부판의 총단면적 (mm^2)	$\Rightarrow$	21,600.0 mm^2	$A_w/A_c = 4.500 > 2.0$
A_c : 압축플랜지 총단면적 (mm^2)	$\Rightarrow$	4,800.0 mm^2	
l : 압축플랜지의 고정점간 거리 (mm)	$\Rightarrow$	2,400.0 mm	
b : 압축플랜지 폭 (mm)	$\Rightarrow$	400.0 mm	
$K = \sqrt{3 + (A_w/2A_c)}$	$\Rightarrow$	2.291	

$$8/K = 3.3 < l/b = 2,400.0 / 400.0 = 6.0$$

$$\Rightarrow ② \quad f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$8/K = 3.3 < l/b = 2,400.0 / 400.0 = 6.0 \leq 27.0$$

$$\Rightarrow ② \quad f_{ca} = 215.0 - 2.4 (K \cdot l/b - 7.5) = 215.0 - 2.4 \times (2.291 \times 2,400.0 / 400.0 - 7.5) = 200.3 \text{ MPa}$$

∴ ①에 허용응력 값이 ②에 허용응력 값보다 작은 경우로 국부좌굴에 대한 허용응력을 사용한다.

$$f_{ca} = 200.3 \text{ MPa}$$

∴ $f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$ (합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면, π 형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우)

▪ 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1)

- SLAB 허용응력

$$f_{ca} = 0.40 \quad f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$$

($f_{ck} = 27.0 \text{ MPa}$ 사용)

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

- Half-Deck 허용응력

$$f_{ca} = 0.40 \quad f_{ck} = 20.000 \text{ MPa}$$

($f_{ck} = 50.0 \text{ MPa}$ 사용)

$$f_{ta} = 0.07 \quad f_{ck} = 2.500 \text{ MPa}$$

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	Concrete				Half-Deck Concrete			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	4.545	3.794	20.000	20.000
1+5+6	-	-	-	-	3.709	3.014	20.000	20.000
1+2+3+5+6	2.830	1.634	10.800	10.800	6.060	4.577	20.000	20.000
1+2+3+5+6+7+8+9+10	2.112	0.989	10.800	10.800	3.591	2.629	20.000	20.000
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)+11$	1.729	0.354	12.420	12.420	2.798	1.670	23.000	23.000
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)-11$	2.496	1.625	12.420	12.420	4.383	3.587	23.000	23.000
1+2+4+5+6	0.685	0.395	13.500	13.500	1.320	0.923	25.000	25.000
1+2+3+0.5×4+5+6	2.829	1.634	13.500	13.500	3.102	2.108	25.000	25.000
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)$	2.112	0.989	13.500	13.500	0.632	0.159	25.000	25.000
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)+11$	1.728	0.353	14.580	14.580	-0.160	-0.799	3.375	3.375
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)-11$	2.495	1.625	14.580	14.580	1.424	1.118	27.000	27.000
하 중 조 합	Steel							
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)					
	상 연	하 연	상 연	하 연				
1	23.920	-36.757	200.318	215.000				
1+5+6	30.405	-35.824	215.000	215.000				
1+2+3+5+6	40.520	-89.339	215.000	215.000				
1+2+3+5+6+7+8+9+10	69.798	-82.209	247.250	215.000				
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)+11$	88.423	-77.012	279.500	247.250				
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)-11$	51.173	-87.405	279.500	247.250				
1+2+4+5+6	17.286	-24.850	268.750	268.750				
1+2+3+0.5×4+5+6	24.950	-65.402	268.750	268.750				
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)$	54.228	-58.271	268.750	268.750				
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)+11$	72.853	-53.075	290.250	290.250				
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)-11$	35.604	-63.468	290.250	290.250				

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(14) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.014	0.029	0.012	0.012	0.026	0.041	0.K !!	0.K !!
1+5+6	0.020	0.028	0.012	0.012	0.032	0.039	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.036	0.173	0.012	0.012	0.047	0.184	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7+8+9+10	0.080	0.146	0.012	0.012	0.091	0.158	0.K !!	0.K !!
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)+11$	0.100	0.097	0.012	0.012	0.112	0.109	0.K !!	0.K !!
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)-11$	0.034	0.125	0.012	0.012	0.045	0.137	0.K !!	0.K !!
1+2+4+5+6	0.004	0.009	0.008	0.008	0.012	0.017	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.009	0.059	0.008	0.008	0.016	0.067	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)$	0.041	0.047	0.008	0.008	0.048	0.055	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)+11$	0.063	0.033	0.008	0.008	0.071	0.041	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)-11$	0.015	0.048	0.008	0.008	0.023	0.056	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{88.423}{279.500}\right)^2 + \left(\frac{13.483}{125.000}\right)^2 = 0.100 + 0.012 = 0.112 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{-89.339}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{13.483}{125.000}\right)^2 = 0.173 + 0.012 = 0.184 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

(15) 판의 최소두께 검토

- 압축(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.1, 3.4.2.2, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 108.0 / 16.0 = 6.8 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$$

$$(\text{합성형 스테드 설치시}) \quad t_{min} = 10.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$$

- 인장(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$$

$$t_{min} = \text{Rib 간격}/80 = 2,400.0 / (3 \times 80) = 10.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1, 3.8.4.2)

- 합 성 전

$$t_{min} = b/(206 \times 1.200) = 1,800.0 / (206 \times 1.200) = 7.3 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(215.0 / 23.920)} = 3.00 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

- 합 성 후

$$t_{min} = b/(206 \times 1.200) = 579.9 / (206 \times 1.200) = 2.3 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(215.0 / 88.423)} = 1.56 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(16) 항복에 대한 안전도 검사

(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

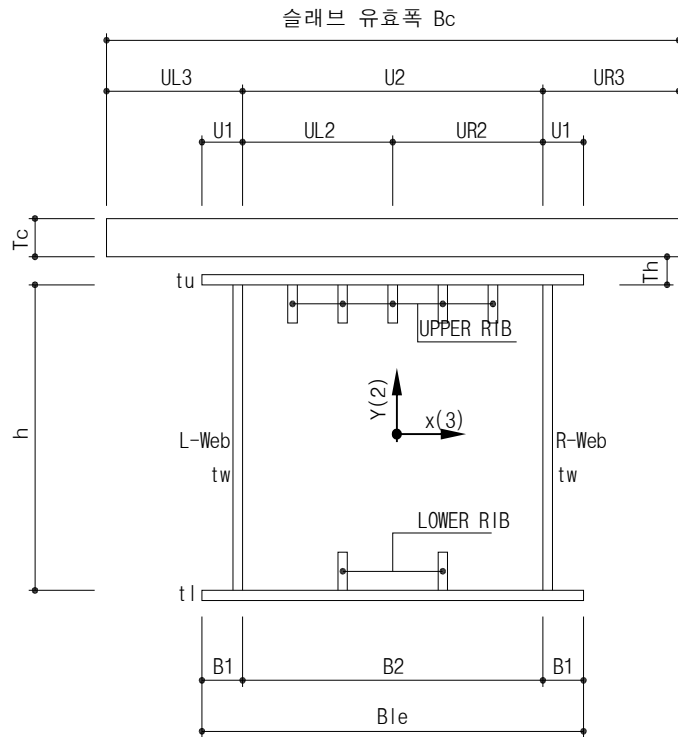
하 중 조 합	Concrete				Half-Deck Concrete			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	5.908	4.932	30.000	0.K !!
1+5+6	-	-	-	-	5.072	4.152	30.000	0.K !!
1+2+3+11	5.118	2.541	16.200	0.K !!	9.687	7.013	30.000	0.K !!
1+2+3-11	5.885	3.813	16.200	0.K !!	11.272	8.930	30.000	0.K !!
1+2+3+5+6	5.502	3.177	16.200	0.K !!	9.643	7.192	30.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7+8+9+10	4.784	2.532	16.200	0.K !!	7.173	5.243	30.000	0.K !!
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)+11$	4.400	1.896	16.200	0.K !!	6.381	4.284	30.000	0.K !!
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)-11$	5.167	3.168	16.200	0.K !!	7.966	6.201	30.000	0.K !!
1+2+4+5+6	0.891	0.514	16.200	0.K !!	1.967	1.434	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+11	5.117	2.541	16.200	0.K !!	9.686	7.013	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4-11	5.884	3.812	16.200	0.K !!	11.271	8.930	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	5.501	3.176	16.200	0.K !!	5.798	3.982	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)$	4.783	2.531	16.200	0.K !!	3.328	2.033	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)+11$	4.400	1.896	16.200	0.K !!	2.536	1.074	30.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)-11$	5.166	3.167	16.200	0.K !!	4.120	2.991	30.000	0.K !!

하 중 조 합	Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연		
1	31.096	-47.784	355.000	0.K !!
1+5+6	37.581	-46.852	355.000	0.K !!
1+2+3+11	69.382	-146.612	355.000	0.K !!
1+2+3-11	32.132	-157.004	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6	57.243	-150.875	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7+8+9+10	86.521	-143.745	355.000	0.K !!
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)+11$	105.146	-125.120	355.000	0.K !!
$\Sigma(1\sim3)+\Sigma(5\sim10)-11$	81.324	-148.941	355.000	0.K !!
1+2+4+5+6	20.528	-32.595	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+11	69.379	-146.595	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4-11	32.129	-156.988	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	37.003	-119.762	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)$	66.281	-112.631	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)+11$	84.906	-107.435	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+ $\Sigma(5\sim10)-11$	47.656	-117.828	355.000	0.K !!

4.7.2 정모멘트

[G1 : 단면 - 1] : 절점 1 로 부터 이격거리 2.497 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM520B

Bc = 4,500.0 mm

UL3 = 1,000.0 mm

UR3 = 1,100.0 mm

U1 = 120.0 mm

UL2 = 1,200.0 mm

UR2 = 1,200.0 mm

상부 플랜지 유효폭

Bue = 2,640.0 mm

하부 플랜지 유효폭

Ble = 2,640.0 mm

B1 = 120.0 mm

B2 = 2,400.0 mm

Tc = 440.0 mm

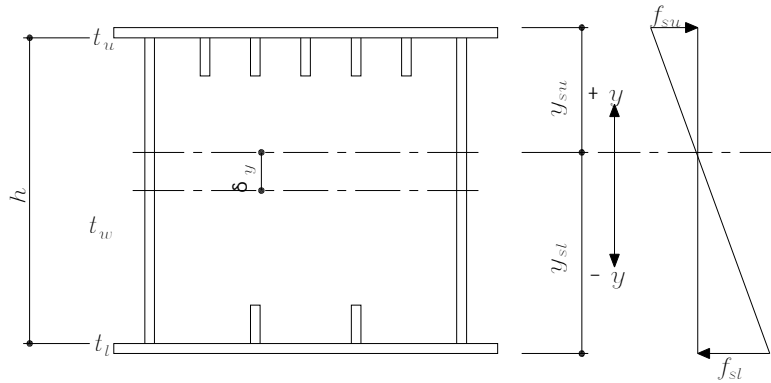
Th = 50.0 mm

h = 1,600.0 mm

$\Theta_L = 0.000^\circ$

$\Theta_R = 0.000^\circ$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = 3,915,000.0 / 114,360.0 = 34.234 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 1,600.0 / 2 + 12.0 - 34.234 = 777.766 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 1,600.0 / 2 + 12.0 + 34.234 \} = -846.234 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 8,216,385,320.0 + 47,783,811,960.0 - 114,360.0 \times 34.234^2 = 5.587E+10 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = 1,699.410 \times 777.8 / 55,866,171,178.2 = 23.659 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = 1,699.410 \times -846.2 / 55,866,171,178.2 = -25.742 \text{ MPa}$$

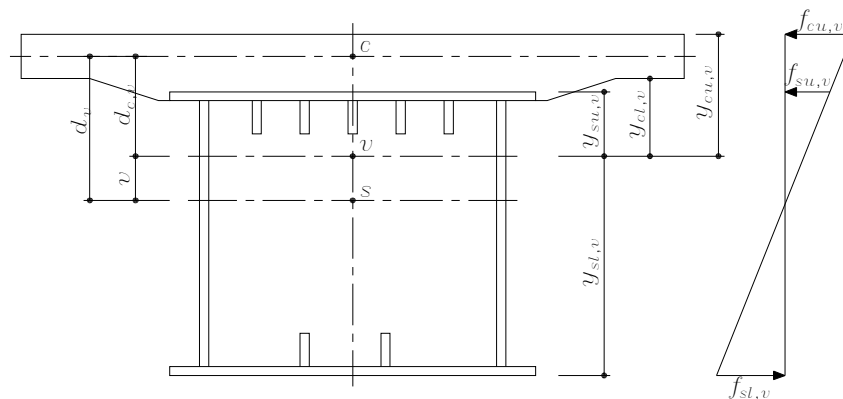
- 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = 3.888E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 607.712 / 38,400.0 + 224.516 / (2 \times 3,888,140.0 \times 12.0) = 18.232 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,980,000.0 / 7.0 = 282,857.1 \text{ mm}^2$$

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 31,944,000,000.0 / 7.0 = 4.563E+09 \text{ mm}^4$$

▪ 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_{cn1} = 114,360.0 + 282,857.1 = 397,217.1 \text{ mm}^2$$

▪ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 777.8 - 12.0 + 50.0 + 440.0/2 = 1,035.8 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_{cn1} \times d_v / A_v = 282,857.1 \times 1,035.8 / 397,217.1 = 737.6 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v} = d_v - v = 1,035.8 - 737.6 = 298.2 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = I_s + A_s \cdot v^2 + I_{cn1} + A_{cn1} \cdot d_{c,v}^2 = 55,866,171,178.2 + 114,360.0 \times 737.6^2 + 4,563,428,571.4 + 282,857.1 \times 298.2^2 = 1.478E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 777.8 - 737.6 = 40.2 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -846.2 - 737.6 = -1,583.8 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 콘크리트 바닥판 상·하연까지의 거리

$$y_{cu,v} = d_{c,v} + T_c / 2 = 298.2 + 440.0 / 2 = 518.2 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v} = y_{cu,v} - T_c = 518.2 - 440.0 = 78.2 \text{ mm}$$

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v = 662.729 \times 40.2 / 147,794,425,897.8 = 0.180 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v = 662.729 \times -1,583.8 / 147,794,425,897.8 = -7.102 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 662.729 \times 518.2 / (147,794,425,897.8 \times 7.0) = 0.332 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 662.729 \times 78.2 / (147,794,425,897.8 \times 7.0) = 0.050 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$F_v = 3.964E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{sc} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 244.143 / 38,400.0 + 24.272 / (2 \times 3,963,950.0 \times 12.0) = 6.613 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v = 1,382.770 \times 40.2 / 147,794,425,897.8 = 0.376 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v = 1,382.770 \times -1,583.8 / 147,794,425,897.8 = -14.818 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 1,382.770 \times 518.2 / (147,794,425,897.8 \times 7.0) = 0.693 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 1,382.770 \times 78.2 / (147,794,425,897.8 \times 7.0) = 0.105 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 563.475 / 38,400.0 + 587.356 / (2 \times 3,963,950.0 \times 12.0) = 20.848 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응력 검토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_v = 75.571 \times 40.2 / 147,794,425,897.8 = 0.021 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_v = 75.571 \times -1,583.8 / 147,794,425,897.8 = -0.810 \text{ MPa}$$

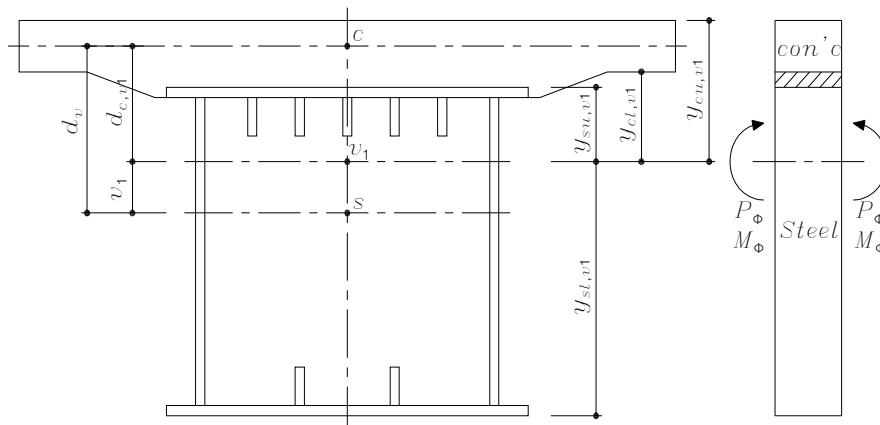
$$f_{cu,v} = M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 75.571 \times 518.2 / (147,794,425,897.8 \times 7.0) = 0.038 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 75.571 \times 78.2 / (147,794,425,897.8 \times 7.0) = 0.006 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$u = V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 13.443 / 38,400.0 + 54.165 / (2 \times 3,963,950.0 \times 12.0) = 0.919 \text{ MPa}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

■ 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = 0.917 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 7.0 \times (1 + 2.0 / 2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_c / n_1 = 114,360.0 + 1,980,000.0 / 14.0 = 2.558 \times 10^5 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_c / n_1) \times d_v / A_{v1} = (1,980,000.0 / 14.0) \times 1,035.8 / 255,788.6 = 572.7 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v - v_1 = 1,035.8 - 572.7 = 463.1 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v_1^2) + (I_c / n_1 + A_c / n_1 \cdot d_{c,v1}^2)$$

$$= (55,866,171,178.2 + 114,360.0 \times 572.7^2) + (31,944,000,000.0 / 14.0 + 1,980,000.0 / 14.0 \times 463.1^2) = 1.260 \times 10^{11} \text{ mm}^4$$

■ 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v1} = y_{su} - v_1 = 777.8 - 572.7 = 205.1 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v1} = y_{sl} - v_1 = -846.2 - 572.7 = -1,418.9 \text{ mm}$$

■ 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v1} = d_{c,v1} + T_c / 2 = 463.1 + 440.0 / 2 = 683.1 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v1} = y_{cu,v1} - T_c = 683.1 - 440.0 = 243.1 \text{ mm}$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v} \cdot A_{c1} / (n \cdot I_v) = 662.7 \times 298.2 \times 1,980,000.0 / (7.0 \times 147,794,425,897.8) = 3.782E+05 \text{ N}$$

- 강재보와 결함으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 378,227.3 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = 3.782E+05 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = 378,227.3 \times 463.1 = 1.751E+08 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 27,804.0 / (1 + 2.0 / 2) = 13,902.000 \text{ MPa}$$

- 2차 고정하중에 의한 합성단면에서 콘크리트 바닥판 상·하면 응력

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 662.729 \times 518.2 / (147,794,425,897.8 \times 7.0) = 0.332 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / (I_v \cdot n) = 662.729 \times 78.2 / (147,794,425,897.8 \times 7.0) = 0.050 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

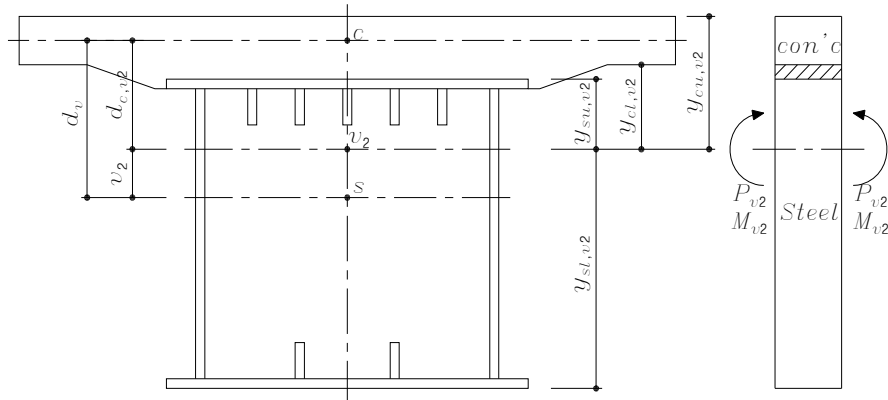
$$f_{cu,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cu,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu,v} \cdot \phi_1 / E_c = (1/14.0) \times (378,227.3/255,788.6 + 0.917 \times 175,148,953.8 \times 683.1/125,982,829,056.2) - 13,902.0 \times 0.332 \times 2.0/27,804.0 = -0.164 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cl,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl,v} \cdot \phi_1 / E_c = (1/14.0) \times (378,227.3/255,788.6 + 0.917 \times 175,148,953.8 \times 243.1/125,982,829,056.2) - 13,902.0 \times 0.050 \times 2.0/27,804.0 = 0.078 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v1} / I_{v1} = 378,227.3/255,788.6 + 0.917 \times 175,148,953.8 \times 205.1/125,982,829,056.2 = 1.740 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v1} / I_{v1} = 378,227.3/255,788.6 + 0.917 \times 175,148,953.8 \times -1,418.9/125,982,829,056.2 = -0.330 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 ϕ_2 는 $\phi_2 = 2 \cdot \phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 114,360.0 + 1,980,000.0 / 21.0 = 2.086E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2} = (1,980,000.0/21.0) \times 1,035.8 / 208,645.7 = 468.1 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,035.8 - 468.1 = 567.7 \text{ mm}$$

$$I_{v2} = (I_s + A_s \cdot v_2^2) + (I_{c1}/n_2 + A_{c1}/n_2 \cdot d_{c,v2}^2) \\ = (55,866,171,178.2 + 114,360.0 \times 468.1^2) + (31,944,000,000.0/21.0 + 1,980,000.0/21.0 \times 567.7^2) = 1.128E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v2} = y_{su} - v_2 = 777.8 - 468.1 = 309.7 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v2} = y_{sl} - v_2 = -846.2 - 468.1 = -1,314.3 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v2} = d_{c,v2} + T_c / 2 = 567.7 + 440.0 / 2 = 787.7 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v2} = y_{cu,v2} - T_c = 787.7 - 440.0 = 347.7 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,980,000.0 / 21.0 = 5.219E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 5,218,714.3 \times 787.7 = 2.963E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{c2} = E_s / n_2 = 205,000.0 / 21.0 = 9,761.905 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{cu,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ = (1/21.0) \times (5,218,714.3/208,645.7 + 0.917 \times 2,962,714,825.0 \times 787.7/112,828,674,281.8) - 9,761.9 \times 0.000270 = -0.542 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{cl,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ = (1/21.0) \times (5,218,714.3/208,645.7 + 0.917 \times 2,962,714,825.0 \times 347.7/112,828,674,281.8) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.046 \text{ MPa}$$

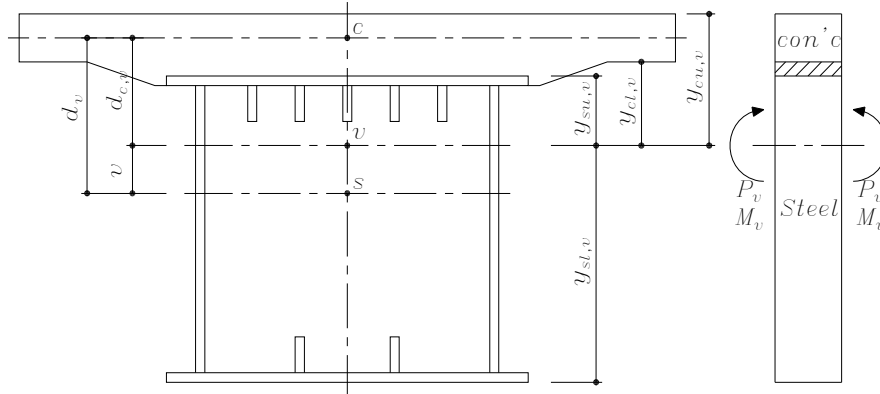
■ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v2}/I_{v2}$$

$$= 5,218,714.3/208,645.7 + 0.917 \times 2,962,714,825.0 \times 309.7/112,828,674,281.8 = 32.468 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v2}/I_{v2}$$

$$= 5,218,714.3/208,645.7 + 0.917 \times 2,962,714,825.0 \times -1,314.3/112,828,674,281.8 = -6.625 \text{ MPa}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

■ 온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

■ 바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,980,000.0 / 7.0 = 6.958\text{E}+06 \text{ N}$$

■ P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 6,958,285.7 \times 298.2 = 2.075\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

■ 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,t} = 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cu,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t$$

$$= (1/7.0) \times (6,958,285.7/397,217.1 + 0.917 \times 2,074,961,640.8 \times 518.2/147,794,425,897.8) - 27,804.0 \times 0.000120 = 0.119 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,t} = 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cl,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t$$

$$= (1/7.0) \times (6,958,285.7/397,217.1 + 0.917 \times 2,074,961,640.8 \times 78.2/147,794,425,897.8) - 27,804.0 \times 0.000120 = -0.690 \text{ MPa}$$

■ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_v$$

$$= 6,958,285.7/397,217.1 + 0.917 \times 2,074,961,640.8 \times 40.2/147,794,425,897.8 = 18.035 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_v$$

$$= 6,958,285.7/397,217.1 + 0.917 \times 2,074,961,640.8 \times -1,583.8/147,794,425,897.8 = -2.867 \text{ MPa}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,415.330 / 38,400.0 + 224.516 / 93,315,360.0 + 611.628 / 95,134,800.0 = 45.693 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 45.7 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 865.298 / 38,400.0 + 224.516 / 93,315,360.0 + 78.437 / 95,134,800.0 = 25.764 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 25.8 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 활하중 재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,422.051 / 38,400.0 + 224.516 / 93,315,360.0 + 638.710 / 95,134,800.0 = 46.152 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 46.2 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)
 f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)
 i : 응력구배계수
 n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$b / 23.0 \cdot i \cdot n = 17.4 \text{ mm} > t_u = 12 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 46.0 \cdot i \cdot n = 8.7 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} < b / 23.0 \cdot i \cdot n = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7 \{ b / (t_u \cdot i \cdot n) - 23.0 \} = 166.4 \text{ MPa}$$

$$b / 80.0 \cdot i \cdot n = 5.0 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} \geq b / 46.0 \cdot i \cdot n = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000 \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \}^2 = 198.0 \text{ MPa}$$

$$f_{ca} = 215.0 \text{ MPa} \text{ (합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면, } \pi \text{ 형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우)}$$

$$\therefore f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1)

$$f_{ca} = 0.40 f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$$

($f_{ck} = 27.0 \text{ MPa}$ 사용)

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

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	23.659	-25.742	208.042	215.000
1+2+3	1.025	0.155	10.800	10.800	24.215	-47.662	215.000	215.000
1+2+3+5	0.860	0.232	10.800	10.800	25.956	-47.992	247.250	215.000
1+2+3+5+6	0.319	-0.814	10.800	1.890	58.423	-54.617	247.250	215.000
1+2+3+5+6+7	0.438	-1.504	12.420	2.174	76.458	-57.484	279.500	247.250
1+2+3+5+6-7	0.200	-0.124	12.420	2.174	40.388	-51.750	279.500	247.250
1+2+4	0.370	0.056	12.960	12.960	23.860	-33.654	258.000	258.000
1+2+3+0.5×4	1.043	0.157	13.500	13.500	24.226	-48.067	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5	0.879	0.235	13.500	13.500	25.966	-48.397	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6	0.338	-0.811	13.500	2.363	58.433	-55.022	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.456	-1.501	14.580	2.552	76.468	-57.889	290.250	290.250
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.219	-0.121	14.580	2.552	40.398	-52.155	290.250	290.250

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.013	0.014	0.134	0.134	0.147	0.148	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.013	0.049	0.134	0.134	0.146	0.183	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.011	0.050	0.134	0.134	0.145	0.183	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.056	0.065	0.134	0.134	0.189	0.198	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.075	0.054	0.134	0.134	0.208	0.188	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.021	0.044	0.134	0.134	0.155	0.177	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.009	0.017	0.030	0.030	0.038	0.047	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.008	0.032	0.087	0.087	0.095	0.119	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.009	0.032	0.087	0.087	0.097	0.120	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.047	0.042	0.087	0.087	0.135	0.129	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.069	0.040	0.087	0.087	0.157	0.127	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.019	0.032	0.087	0.087	0.107	0.120	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{76.458}{279.500} \right)^2 + \left(\frac{45.693}{125.000} \right)^2 = 0.075 + 0.134 = 0.208 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{-54.617}{215.000} \right)^2 + \left(\frac{45.693}{125.000} \right)^2 = 0.065 + 0.134 = 0.198 \leq 1.2 \quad \dots \quad \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 압축(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 119.0 / 16.0 = 7.4 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots \quad \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b/(80 \cdot i \cdot n) = 2,400.0 / (80 \times 1.0 \times 6) = 5.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots \quad \mathbf{0.K !!}$$

$$(\text{합성형 스테드 설치시}) \quad t_{min} = 10.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots \quad \mathbf{0.K !!}$$

- 인장(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots \quad \mathbf{0.K !!}$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1)

$$t_{min} = b/(206 \times 1.200) = 1,600.0 / (206 \times 1.200) = 6.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots \quad \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 23.659)} = 3.01 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

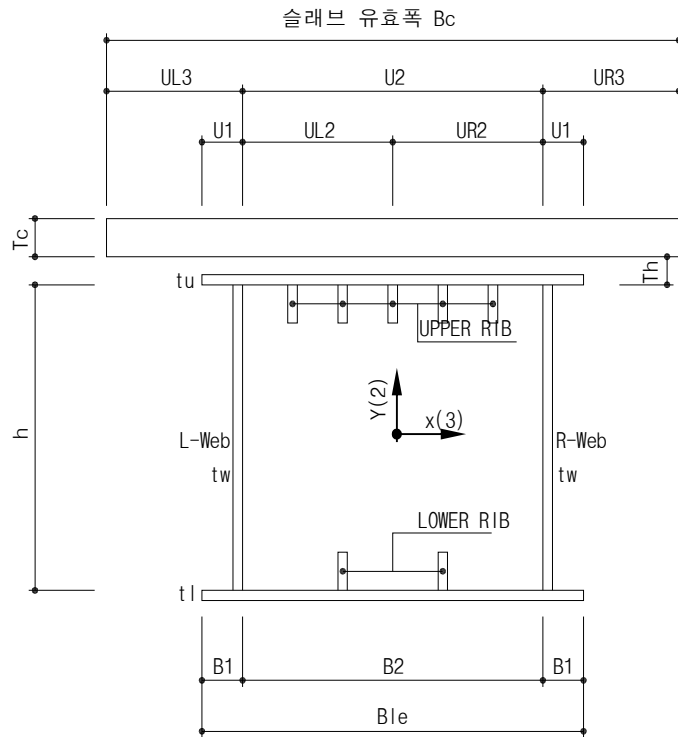
(12) 항복에 대한 안전도 검사 (도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	30.757	-33.464	355.000	0.K !!
1+2+3	1.921	0.290	16.200	0.K !!	31.800	-74.556	355.000	0.K !!
1+2+3+7	2.039	0.980	16.200	0.K !!	49.835	-77.423	355.000	0.K !!
1+2+3+5	1.757	0.367	16.200	0.K !!	33.540	-74.886	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6	1.215	-0.679	16.200	0.K !!	66.008	-81.511	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	1.334	-1.369	16.200	0.K !!	84.043	-84.378	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	1.096	0.012	16.200	0.K !!	47.973	-78.644	355.000	0.K !!
1+2+4	0.469	0.071	16.200	0.K !!	31.012	-43.507	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4	1.940	0.293	16.200	0.K !!	31.810	-74.961	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+7	2.058	-0.397	16.200	0.K !!	49.845	-77.827	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	1.775	0.370	16.200	0.K !!	33.550	-75.291	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	1.234	-0.676	16.200	0.K !!	66.018	-81.916	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	1.353	-1.366	16.200	0.K !!	84.053	-84.782	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	1.115	0.014	16.200	0.K !!	47.983	-79.049	355.000	0.K !!

[G1 : 단면 - 2] : 절점 3 로 부터 이격거리 2.773 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM520B

Bc = 4,500.0 mm

UL3 = 1,000.0 mm

UR3 = 1,100.0 mm

U1 = 120.0 mm

UL2 = 1,200.0 mm

UR2 = 1,200.0 mm

상부 플랜지 유효폭

Bue = 2,640.0 mm

하부 플랜지 유효폭

Ble = 2,640.0 mm

B1 = 120.0 mm

B2 = 2,400.0 mm

Tc = 240.0 mm

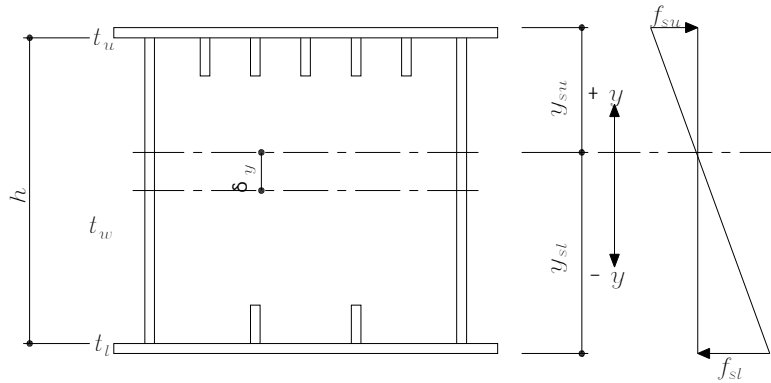
Th = 50.0 mm

h = 1,800.0 mm

$\Theta_L = 0.000^\circ$

$\Theta_R = 0.000^\circ$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = 4,455,000.0 / 119,160.0 = 37.387 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 1,800.0 / 2 + 12.0 - 37.387 = 874.613 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 1,800.0 / 2 + 12.0 + 37.387 \} = -949.387 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 11,688,385,320.0 + 60,584,043,960.0 - 119,160.0 \times 37.387^2 = 7.211\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = 5,402.490 \times 874.6 / 72,105,871,500.5 = 65.530 \text{ MPa}$$

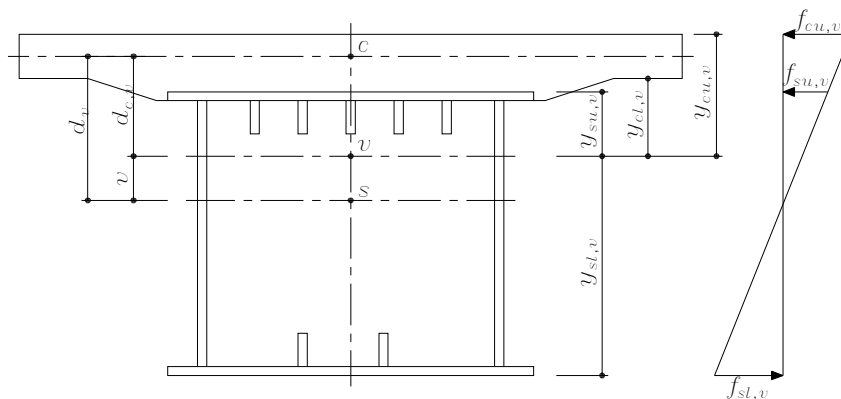
$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = 5,402.490 \times -949.4 / 72,105,871,500.5 = -71.132 \text{ MPa}$$

- 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = 4.371\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) = 171.514 / 43,200.0 + 168.045 / (2 \times 4,370,540.0 \times 12.0) = 5.572 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,080,000.0 / 7.0 = 154,285.7 \text{ mm}^2$$

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 5,184,000,000.0 / 7.0 = 7.406E+08 \text{ mm}^4$$

▪ 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_{cn1} = 119,160.0 + 154,285.7 = 273,445.7 \text{ mm}^2$$

▪ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 874.6 - 12.0 + 50.0 + 240.0/2 = 1,032.6 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_{cn1} \times d_v / A_v = 154,285.7 \times 1,032.6 / 273,445.7 = 582.6 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v} = d_v - v = 1,032.6 - 582.6 = 450.0 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = I_s + A_s \cdot v^2 + I_{cn1} + A_{cn1} \cdot d_{c,v}^2 = 72,105,871,500.5 + 119,160.0 \times 582.6^2 + 740,571,428.6 + 154,285.7 \times 450.0^2 = 1.445E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 874.6 - 582.6 = 292.0 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -949.4 - 582.6 = -1,532.0 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 콘크리트 바닥판 상·하연까지의 거리

$$y_{cu,v} = d_{c,v} + T_c / 2 = 450.0 + 240.0 / 2 = 570.0 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v} = y_{cu,v} - T_c = 570.0 - 240.0 = 330.0 \text{ mm}$$

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v = 2,217.720 \times 292.0 / 144,536,761,781.5 = 4.480 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v = 2,217.720 \times -1,532.0 / 144,536,761,781.5 = -23.507 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 2,217.720 \times 570.0 / (144,536,761,781.5 \times 7.0) = 1.249 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 2,217.720 \times 330.0 / (144,536,761,781.5 \times 7.0) = 0.723 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$F_v = 4.412E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{sc} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 73.237 / 43,200.0 + 24.356 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 1.925 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v = 3,858.630 \times 292.0 / 144,536,761,781.5 = 7.795 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v = 3,858.630 \times -1,532.0 / 144,536,761,781.5 = -40.900 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 3,858.630 \times 570.0 / (144,536,761,781.5 \times 7.0) = 2.174 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 3,858.630 \times 330.0 / (144,536,761,781.5 \times 7.0) = 1.258 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 360.498 / 43,200.0 + 430.895 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 12.414 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응력 검토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_v = 76.792 \times 292.0 / 144,536,761,781.5 = 0.155 \text{ MPa}$$

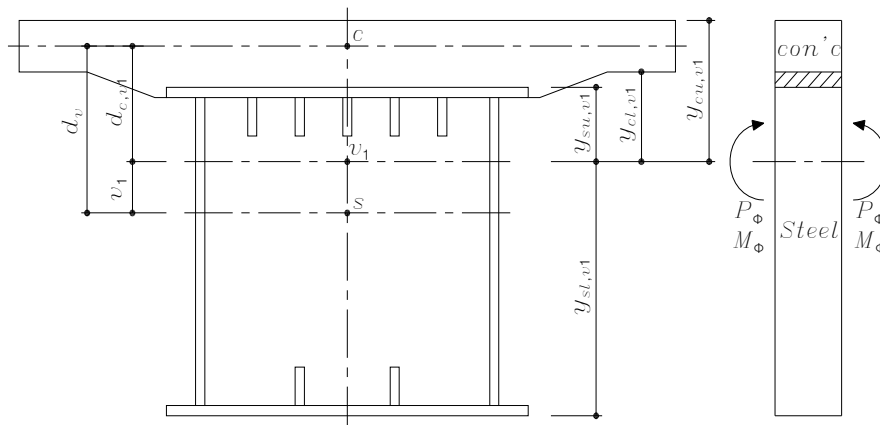
$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_v = 76.792 \times -1,532.0 / 144,536,761,781.5 = -0.814 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 76.792 \times 570.0 / (144,536,761,781.5 \times 7.0) = 0.043 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 76.792 \times 330.0 / (144,536,761,781.5 \times 7.0) = 0.025 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$\begin{aligned} u &= V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 2.919 / 43,200.0 + 46.776 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 0.509 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

■ 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = 0.593 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 7.0 \times (1 + 2.0 / 2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_c / n_1 = 119,160.0 + 1,080,000.0 / 14.0 = 1.963 \times 10^5 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_c / n_1) \times d_v / A_{v1} = (1,080,000.0 / 14.0) \times 1,032.6 / 196,302.9 = 405.8 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v - v_1 = 1,032.6 - 405.8 = 626.8 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v_1^2) + (I_c / n_1 + A_c / n_1 \cdot d_{c,v1}^2)$$

$$\begin{aligned} &= (72,105,871,500.5 + 119,160.0 \times 405.8^2) + (5,184,000,000.0 / 14.0 \\ &\quad + 1,080,000.0 / 14.0 \times 626.8^2) = 1.224 \times 10^{11} \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

■ 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v1} = y_{su} - v_1 = 874.6 - 405.8 = 468.8 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v1} = y_{sl} - v_1 = -949.4 - 405.8 = -1,355.2 \text{ mm}$$

■ 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v1} = d_{c,v1} + T_c / 2 = 626.8 + 240.0 / 2 = 746.8 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v1} = y_{cu,v1} - T_c = 746.8 - 240.0 = 506.8 \text{ mm}$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v} \cdot A_{c1} / (n \cdot I_v) \\ = 2,217.7 \times 450.0 \times 1,080,000.0 / (7.0 \times 144,536,761,781.5) = 1.065E+06 \text{ N}$$

- 강재보와 결함으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 1,065,249.1 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = 1.065E+06 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = 1,065,249.1 \times 626.8 = 6.677E+08 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 27,804.0 / (1 + 2.0 / 2) = 13,902.000 \text{ MPa}$$

- 2차 고정하중에 의한 합성단면에서 콘크리트 바닥판 상·하면 응력

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 2,217.720 \times 570.0 / (144,536,761,781.5 \times 7.0) = 1.249 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / (I_v \cdot n) = 2,217.720 \times 330.0 / (144,536,761,781.5 \times 7.0) = 0.723 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

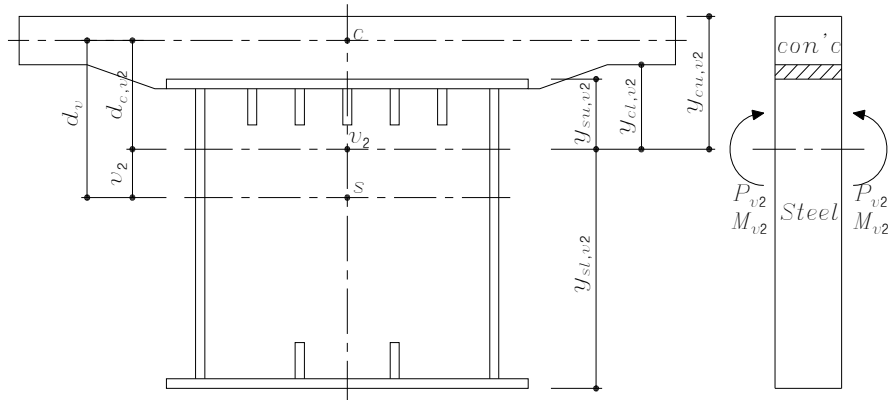
$$f_{cu,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cu,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu,v} \cdot \phi_1 / E_c \\ = (1/14.0) \times (1,065,249.1 / 196,302.9 + 0.593 \times 667,717,530.3 \times 746.8 / 122,407,703,630.6) \\ - 13,902.0 \times 1.249 \times 2.0 / 27,804.0 = -0.689 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cl,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl,v} \cdot \phi_1 / E_c \\ = (1/14.0) \times (1,065,249.1 / 196,302.9 + 0.593 \times 667,717,530.3 \times 506.8 / 122,407,703,630.6) \\ - 13,902.0 \times 0.723 \times 2.0 / 27,804.0 = -0.219 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v1} / I_{v1} \\ = 1,065,249.1 / 196,302.9 + 0.593 \times 667,717,530.3 \times 468.8 / 122,407,703,630.6 = 6.942 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v1} / I_{v1} \\ = 1,065,249.1 / 196,302.9 + 0.593 \times 667,717,530.3 \times -1,355.2 / 122,407,703,630.6 = 1.046 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 Φ_2 는 $\Phi_2 = 2 \cdot \Phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\Phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \Phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{i2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 119,160.0 + 1,080,000.0 / 21.0 = 1.706E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{i2} = (1,080,000.0/21.0) \times 1,032.6 / 170,588.6 = 311.3 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,032.6 - 311.3 = 721.3 \text{ mm}$$

$$I_{i2} = (I_s + A_s \cdot v_2^2) + (I_{c1}/n_2 + A_{c1}/n_2 \cdot d_{c,v2}^2) \\ = (72,105,871,500.5 + 119,160.0 \times 311.3^2) + (5,184,000,000.0/21.0 + 1,080,000.0/21.0 \times 721.3^2) = 1.107E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v2} = y_{su} - v_2 = 874.6 - 311.3 = 563.3 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v2} = y_{sl} - v_2 = -949.4 - 311.3 = -1,260.7 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v2} = d_{c,v2} + T_c / 2 = 721.3 + 240.0 / 2 = 841.3 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v2} = y_{cu,v2} - T_c = 841.3 - 240.0 = 601.3 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,080,000.0 / 21.0 = 2.847E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{i2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,846,571.4 \times 841.3 = 2.053E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{c2} = E_s / n_2 = 205,000.0 / 21.0 = 9,761.905 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

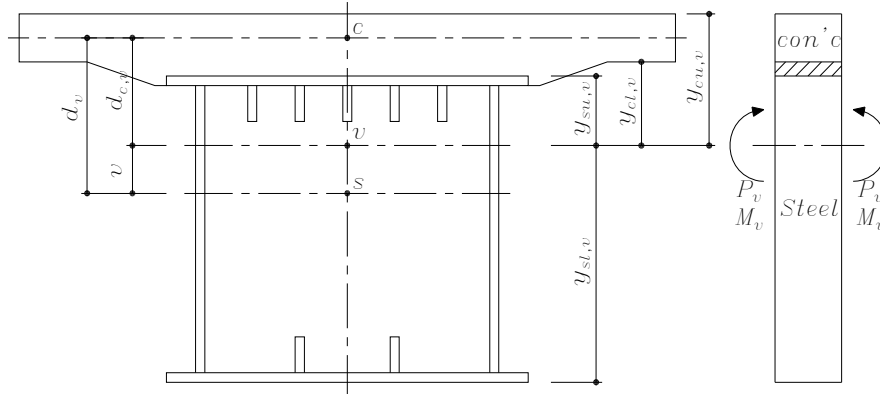
$$f_{cu,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{i2} + k \cdot M_{i2} \cdot y_{cu,v2}/I_{i2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ = (1/21.0) \times (2,846,571.4/170,588.6 + 0.593 \times 2,053,243,041.9 \times 841.3/110,658,167,829.2) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.401 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{i2} + k \cdot M_{i2} \cdot y_{cl,v2}/I_{i2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ = (1/21.0) \times (2,846,571.4/170,588.6 + 0.593 \times 2,053,243,041.9 \times 841.3/110,658,167,829.2) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.526 \text{ MPa}$$

■ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v2}/I_{v2} \\ = 2,846,571.4/170,588.6 + 0.593 \times 2,053,243,041.9 \times 563.3/110,658,167,829.2 = 22.880 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v2}/I_{v2} \\ = 2,846,571.4/170,588.6 + 0.593 \times 2,053,243,041.9 \times -1,260.7/110,658,167,829.2 = 2.826 \text{ MPa}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

■ 온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

■ 바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,080,000.0 / 7.0 = 3.795\text{E}+06 \text{ N}$$

■ P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 3,795,428.6 \times 450.0 = 1.708\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

■ 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,t} = 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cu,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t \\ = (1/7.0) \times (3,795,428.6/273,445.7 + 0.593 \times 1,707,882,181.7 \times 570.0/144,536,761,781.5) \\ - 27,804.0 \times 0.000120 = -0.784 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,t} = 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cl,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t \\ = (1/7.0) \times (3,795,428.6/273,445.7 + 0.593 \times 1,707,882,181.7 \times 330.0/144,536,761,781.5) \\ - 27,804.0 \times 0.000120 = -1.024 \text{ MPa}$$

■ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_v \\ = 3,795,428.6/273,445.7 + 0.593 \times 1,707,882,181.7 \times 292.0/144,536,761,781.5 = 15.924 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_v \\ = 3,795,428.6/273,445.7 + 0.593 \times 1,707,882,181.7 \times -1,532.0/144,536,761,781.5 = 3.154 \text{ MPa}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$\begin{aligned} u &= (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 605.249 / 43,200.0 + 168.045 / 104,892,960.0 + 455.251 / 105,885,360.0 = 19.912 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\ast u = 19.9 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$\begin{aligned} u &= (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 247.669 / 43,200.0 + 168.045 / 104,892,960.0 + 71.132 / 105,885,360.0 = 8.007 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\ast u = 8.0 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 활하중 재하시

$$\begin{aligned} u &= (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 606.708 / 43,200.0 + 168.045 / 104,892,960.0 + 478.639 / 105,885,360.0 = 20.167 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\ast u = 20.2 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$b / 23.0 \cdot i \cdot n = 17.4 \text{ mm} > t_u = 12 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 46.0 \cdot i \cdot n = 8.7 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} < b / 23.0 \cdot i \cdot n = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7 \{ b / (t_u \cdot i \cdot n) - 23.0 \} = 166.4 \text{ MPa}$$

$$b / 80.0 \cdot i \cdot n = 5.0 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} \geq b / 46.0 \cdot i \cdot n = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000 \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \}^2 = 198.0 \text{ MPa}$$

$$f_{ca} = 215.0 \text{ MPa} \text{ (합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면, \pi 형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우)}$$

$$\therefore f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1)

$$f_{ca} = 0.40 f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$$

($f_{ck} = 27.0 \text{ MPa}$ 사용)

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

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	65.530	-71.132	208.042	215.000
1+2+3	3.423	1.982	10.800	10.800	77.805	-135.538	215.000	215.000
1+2+3+5	2.734	1.763	10.800	10.800	84.747	-134.492	247.250	215.000
1+2+3+5+6	1.333	0.237	10.800	10.800	107.627	-131.666	247.250	215.000
1+2+3+5+6+7	0.550	-0.787	12.420	2.174	123.551	-128.512	279.500	247.250
1+2+3+5+6-7	2.117	1.260	12.420	12.420	91.702	-134.819	279.500	247.250
1+2+4	1.293	0.748	12.960	12.960	70.165	-95.453	258.000	258.000
1+2+3+0.5×4	3.445	1.994	13.500	13.500	77.883	-135.945	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5	2.755	1.776	13.500	13.500	84.824	-134.899	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6	1.355	0.249	13.500	13.500	107.704	-132.073	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.571	-0.774	14.580	2.552	123.629	-128.919	290.250	290.250
1+2+3+0.5×4+5+6-7	2.138	1.273	14.580	14.580	91.780	-135.226	290.250	290.250

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.099	0.109	0.025	0.025	0.125	0.135	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.131	0.397	0.025	0.025	0.156	0.423	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.117	0.391	0.025	0.025	0.143	0.417	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.189	0.375	0.025	0.025	0.215	0.400	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.195	0.270	0.025	0.025	0.221	0.296	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.108	0.297	0.025	0.025	0.133	0.323	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.074	0.137	0.003	0.003	0.077	0.140	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.084	0.256	0.017	0.017	0.101	0.273	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.100	0.252	0.017	0.017	0.116	0.269	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.161	0.242	0.017	0.017	0.177	0.258	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.181	0.197	0.017	0.017	0.198	0.214	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.100	0.217	0.017	0.017	0.117	0.234	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{123.551}{279.500} \right)^2 + \left(\frac{19.912}{125.000} \right)^2 = 0.195 + 0.025 = 0.221 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{-135.538}{215.000} \right)^2 + \left(\frac{19.912}{125.000} \right)^2 = 0.397 + 0.025 = 0.423 \leq 1.2 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 압축(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 119.0 / 16.0 = 7.4 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b/(80 \cdot i \cdot n) = 2,400.0 / (80 \times 1.0 \times 6) = 5.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$(\text{합성형 스티드 설치시}) \quad t_{min} = 10.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 인장(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 북 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1)

$$t_{min} = b/(206 \times 1.200) = 1,800.0 / (206 \times 1.200) = 7.3 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 65.530)} = 1.81 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

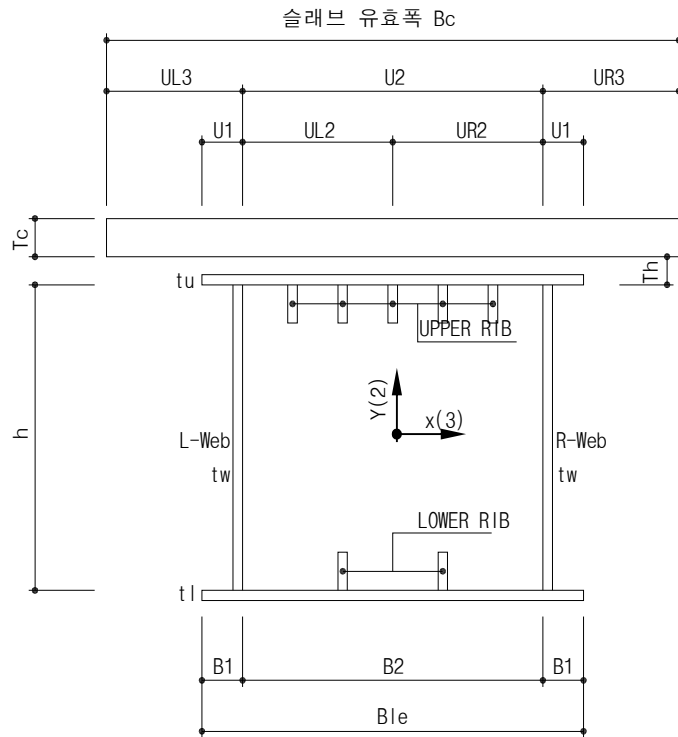
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	85.189	-92.472	355.000	0.K !!
1+2+3	6.298	3.646	16.200	0.K !!	107.772	-210.965	355.000	0.K !!
1+2+3+7	7.081	4.670	16.200	0.K !!	123.696	-214.118	355.000	0.K !!
1+2+3+5	5.609	3.427	16.200	0.K !!	114.714	-209.918	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6	4.208	1.901	16.200	0.K !!	137.594	-207.092	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	3.424	0.877	16.200	0.K !!	153.518	-203.938	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	4.991	2.925	16.200	0.K !!	121.670	-210.246	355.000	0.K !!
1+2+4	1.667	0.965	16.200	0.K !!	91.168	-123.845	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4	6.319	3.659	16.200	0.K !!	107.850	-211.372	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+7	5.536	2.635	16.200	0.K !!	123.774	-208.218	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	5.630	3.440	16.200	0.K !!	114.792	-210.325	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	4.229	1.914	16.200	0.K !!	137.671	-207.499	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	3.446	0.890	16.200	0.K !!	153.596	-204.345	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	5.013	2.937	16.200	0.K !!	121.747	-210.652	355.000	0.K !!

[G1 : 단면 - 4] : 절점 33 로 부터 이격거리 3.745 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM520B

Bc = 4,500.0 mm

UL3 = 1,000.0 mm

UR3 = 1,100.0 mm

U1 = 120.0 mm

UL2 = 1,200.0 mm

UR2 = 1,200.0 mm

상부 플랜지 유효폭

Bue = 2,640.0 mm

하부 플랜지 유효폭

Ble = 2,640.0 mm

B1 = 120.0 mm

B2 = 2,400.0 mm

Tc = 240.0 mm

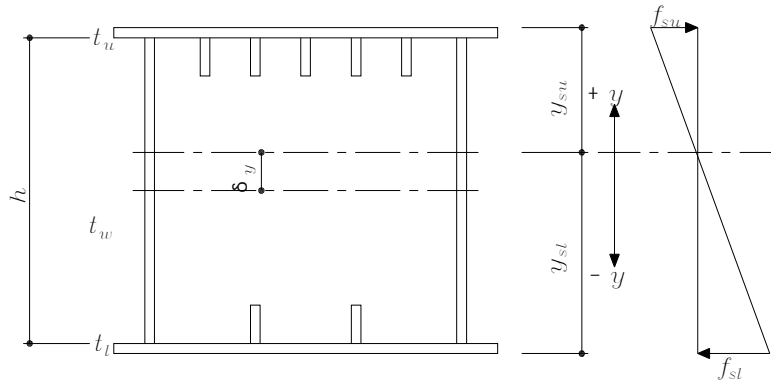
Th = 50.0 mm

h = 1,800.0 mm

$\Theta_L = 0.000^\circ$

$\Theta_R = 0.000^\circ$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = 0.0 / 127,560.0 = 0.000 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 1,800.0 / 2 + 12.0 - 0.000 = 912.000 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 1,800.0 / 2 + 12.0 + 0.000 \} = -912.000 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 11,704,135,320.0 + 66,301,293,960.0 - 127,560.0 \times 0.000^2 = 7.801\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = 2,820.170 \times 912.0 / 78,005,429,280.0 = 32.972 \text{ MPa}$$

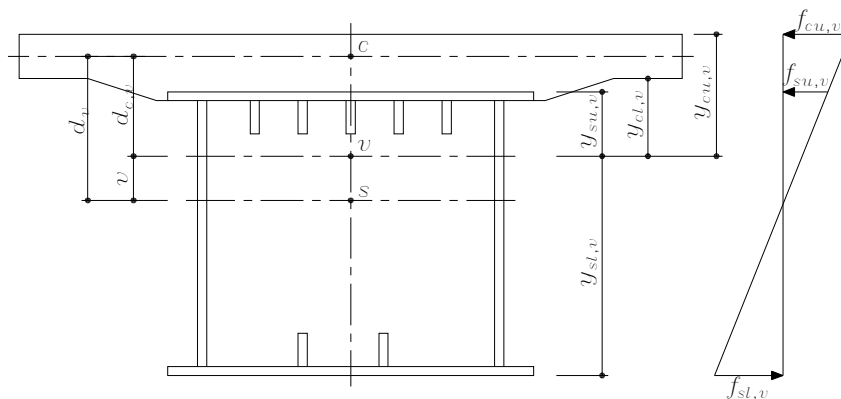
$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = 2,820.170 \times -912.0 / 78,005,429,280.0 = -32.972 \text{ MPa}$$

- 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = 4.371\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) = 158.238 / 43,200.0 + 75.715 / (2 \times 4,370,540.0 \times 12.0) = 4.385 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,080,000.0 / 7.0 = 154,285.7 \text{ mm}^2$$

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 5,184,000,000.0 / 7.0 = 7.406E+08 \text{ mm}^4$$

▪ 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_{cn1} = 127,560.0 + 154,285.7 = 281,845.7 \text{ mm}^2$$

▪ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 912.0 - 12.0 + 50.0 + 240.0/2 = 1,070.0 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_{cn1} \times d_v / A_v = 154,285.7 \times 1,070.0 / 281,845.7 = 585.7 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v} = d_v - v = 1,070.0 - 585.7 = 484.3 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = I_s + A_s \cdot v^2 + I_{cn1} + A_{cn1} \cdot d_{c,v}^2 = 78,005,429,280.0 + 127,560.0 \times 585.7^2 + 740,571,428.6 + 154,285.7 \times 484.3^2 = 1.587E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 912.0 - 585.7 = 326.3 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -912.0 - 585.7 = -1,497.7 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 콘크리트 바닥판 상·하연까지의 거리

$$y_{cu,v} = d_{c,v} + T_c / 2 = 484.3 + 240.0 / 2 = 604.3 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v} = y_{cu,v} - T_c = 604.3 - 240.0 = 364.3 \text{ mm}$$

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v = 981.995 \times 326.3 / 158,691,928,328.5 = 2.019 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v = 981.995 \times -1,497.7 / 158,691,928,328.5 = -9.268 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 981.995 \times 604.3 / (158,691,928,328.5 \times 7.0) = 0.534 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 981.995 \times 364.3 / (158,691,928,328.5 \times 7.0) = 0.322 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$F_v = 4.412E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{sc} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 79.328 / 43,200.0 + 12.136 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 1.951 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v = 4,164.240 \times 326.3 / 158,691,928,328.5 = 8.562 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v = 4,164.240 \times -1,497.7 / 158,691,928,328.5 = -39.302 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 4,164.240 \times 604.3 / (158,691,928,328.5 \times 7.0) = 2.265 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 4,164.240 \times 364.3 / (158,691,928,328.5 \times 7.0) = 1.366 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 311.776 / 43,200.0 + 281.294 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 9.874 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응력 검토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_v = 17.780 \times 326.3 / 158,691,928,328.5 = 0.037 \text{ MPa}$$

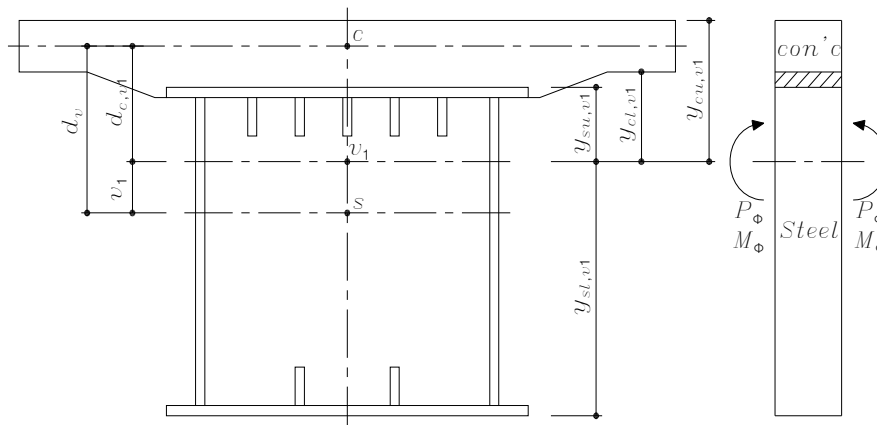
$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_v = 17.780 \times -1,497.7 / 158,691,928,328.5 = -0.168 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 17.780 \times 604.3 / (158,691,928,328.5 \times 7.0) = 0.010 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 17.780 \times 364.3 / (158,691,928,328.5 \times 7.0) = 0.006 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$\begin{aligned} u &= V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 1.680 / 43,200.0 + 6.746 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 0.103 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = 0.478 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 7.0 \times (1 + 2.0 / 2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_c / n_1 = 127,560.0 + 1,080,000.0 / 14.0 = 2.047 \times 10^5 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_c / n_1) \times d_v / A_{v1} = (1,080,000.0 / 14.0) \times 1,070.0 / 204,702.9 = 403.2 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v - v_1 = 1,070.0 - 403.2 = 666.8 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v_1^2) + (I_c / n_1 + A_c / n_1 \cdot d_{c,v1}^2)$$

$$\begin{aligned} &= (78,005,429,280.0 + 127,560.0 \times 403.2^2) + (5,184,000,000.0 / 14.0 \\ &\quad + 1,080,000.0 / 14.0 \times 666.8^2) = 1.334 \times 10^{11} \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v1} = y_{su} - v_1 = 912.0 - 403.2 = 508.8 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v1} = y_{sl} - v_1 = -912.0 - 403.2 = -1,315.2 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v1} = d_{c,v1} + T_c / 2 = 666.8 + 240.0 / 2 = 786.8 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v1} = y_{cu,v1} - T_c = 786.8 - 240.0 = 546.8 \text{ mm}$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v} \cdot A_{c1} / (n \cdot I_v) \\ = 982.0 \times 484.3 \times 1,080,000.0 / (7.0 \times 158,691,928,328.5) = 4.623E+05 \text{ N}$$

- 강재보와 결함으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 462,345.9 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = 4.623E+05 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = 462,345.9 \times 666.8 = 3.083E+08 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 27,804.0 / (1 + 2.0 / 2) = 13,902.000 \text{ MPa}$$

- 2차 고정하중에 의한 합성단면에서 콘크리트 바닥판 상·하연 응력

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 981.995 \times 604.3 / (158,691,928,328.5 \times 7.0) = 0.534 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / (I_v \cdot n) = 981.995 \times 364.3 / (158,691,928,328.5 \times 7.0) = 0.322 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

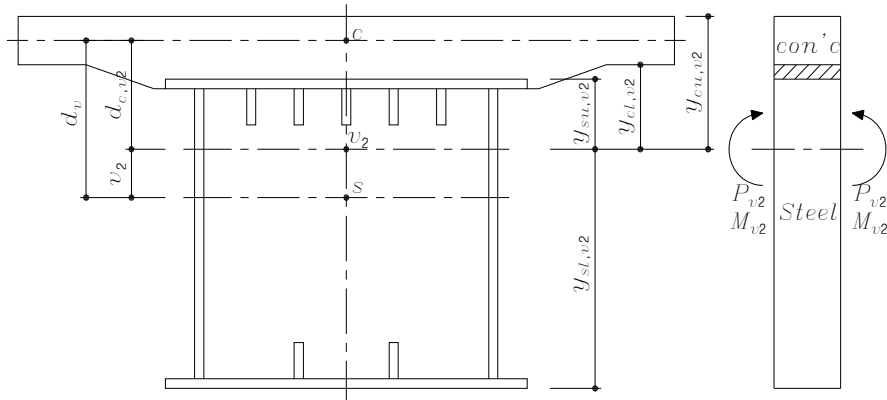
$$f_{cu,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cu,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu,v} \cdot \phi_1 / E_c \\ = (1/14.0) \times (462,345.9/204,702.9 + 0.478 \times 308,277,189.7 \times 786.8/133,412,604,534.5) \\ - 13,902.0 \times 0.534 \times 2.0/27,804.0 = -0.311 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cl,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl,v} \cdot \phi_1 / E_c \\ = (1/14.0) \times (462,345.9/204,702.9 + 0.478 \times 308,277,189.7 \times 546.8/133,412,604,534.5) \\ - 13,902.0 \times 0.322 \times 2.0/27,804.0 = -0.118 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v1} / I_{v1} \\ = 462,345.9/204,702.9 + 0.478 \times 308,277,189.7 \times 508.8/133,412,604,534.5 = 2.821 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v1} / I_{v1} \\ = 462,345.9/204,702.9 + 0.478 \times 308,277,189.7 \times -1,315.2/133,412,604,534.5 = 0.805 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 Φ_2 는 $\Phi_2 = 2 \cdot \Phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\Phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \Phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{i2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 127,560.0 + 1,080,000.0 / 21.0 = 1.790E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{i2} = (1,080,000.0/21.0) \times 1,070.0 / 178,988.6 = 307.4 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,070.0 - 307.4 = 762.6 \text{ mm}$$

$$I_{i2} = (I_s + A_s \cdot v_2^2) + (I_c/n_2 + A_c/n_2 \cdot d_{c,v2}^2) \\ = (78,005,429,280.0 + 127,560.0 \times 307.4^2) + (5,184,000,000.0/21.0 + 1,080,000.0/21.0 \times 762.6^2) = 1.202E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v2} = y_{su} - v_2 = 912.0 - 307.4 = 604.6 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v2} = y_{sl} - v_2 = -912.0 - 307.4 = -1,219.4 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v2} = d_{c,v2} + T_c / 2 = 762.6 + 240.0 / 2 = 882.6 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v2} = y_{cu,v2} - T_c = 882.6 - 240.0 = 642.6 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,080,000.0 / 21.0 = 2.847E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{i2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,846,571.4 \times 882.6 = 2.171E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

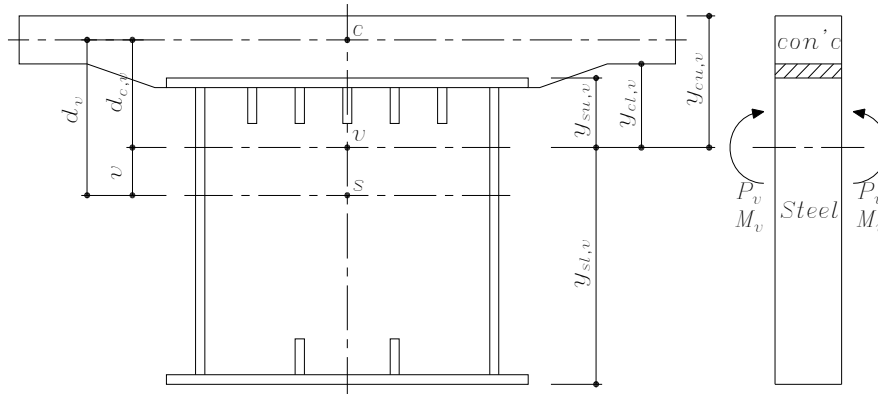
- 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{c2} = E_s / n_2 = 205,000.0 / 21.0 = 9,761.905 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{i2} + k \cdot M_{i2} \cdot y_{cu,v2}/I_{i2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ = (1/21.0) \times (2,846,571.4/178,988.6 + 0.478 \times 2,170,676,339.4 \times 882.6/120,214,773,924.1) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.515 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{i2} + k \cdot M_{i2} \cdot y_{cl,v2}/I_{i2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ = (1/21.0) \times (2,846,571.4/178,988.6 + 0.478 \times 2,170,676,339.4 \times 882.6/120,214,773,924.1) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.614 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} f_{s_{lu},v2} &= P_{t2}/A_{v2} + k \cdot M_{t2} \cdot y_{s_{lu},t2}/I_{v2} \\ &= 2,846,571.4/178,988.6 + 0.478 \times 2,170,676,339.4 \times 604.6/120,214,773,924.1 = \mathbf{21.126} \text{ MPa} \\ f_{s_{sl},v2} &= P_{t2}/A_{v2} + k \cdot M_{t2} \cdot y_{s_{sl},v2}/I_{v2} \\ &= 2,846,571.4/178,988.6 + 0.478 \times 2,170,676,339.4 \times -1,219.4/120,214,773,924.1 = \mathbf{5.370} \text{ MPa} \end{aligned}$$


- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_v \\ &= 3,795,428.6/281,845.7 + 0.478 \times 1,838,009,177.1 \times 326.3/158,691,928,328.5 = \mathbf{15.274 \text{ MPa}} \\ f_{sl,v2} &= P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_v \\ &= 3,795,428.6/281,845.7 + 0.478 \times 1,838,009,177.1 \times -1,497.7/158,691,928,328.5 = \mathbf{5.168 \text{ MPa}} \end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 549.342 / 43,200.0 + 75.715 / 104,892,960.0 + 293.430 / 105,885,360.0 = 16.209 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 16.2 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 239.247 / 43,200.0 + 75.715 / 104,892,960.0 + 18.881 / 105,885,360.0 = 6.438 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 6.4 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 활하중 재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 550.182 / 43,200.0 + 75.715 / 104,892,960.0 + 296.803 / 105,885,360.0 = 16.261 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 16.3 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)
 f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)
 i : 응력구배계수
 n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$b / 23.0 \cdot i \cdot n = 17.4 \text{ mm} > t_u = 12 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 46.0 \cdot i \cdot n = 8.7 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} < b / 23.0 \cdot i \cdot n = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7 \{ b / (t_u \cdot i \cdot n) - 23.0 \} = 166.4 \text{ MPa}$$

$$b / 80.0 \cdot i \cdot n = 5.0 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} \geq b / 46.0 \cdot i \cdot n = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000 \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \}^2 = 198.0 \text{ MPa}$$

$$f_{ca} = 215.0 \text{ MPa} \text{ (합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면, \pi 형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우)}$$

$$\therefore f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1)

$$f_{ca} = 0.40 f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$$

($f_{ck} = 27.0 \text{ MPa}$ 사용)

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

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	32.972	-32.972	208.042	215.000
1+2+3	2.799	1.688	10.800	10.800	43.553	-81.542	215.000	215.000
1+2+3+5	2.489	1.570	10.800	10.800	46.374	-80.737	247.250	215.000
1+2+3+5+6	0.973	-0.044	10.800	1.890	67.500	-75.368	247.250	215.000
1+2+3+5+6+7	0.039	-1.168	12.420	2.174	82.774	-70.200	279.500	247.250
1+2+3+5+6-7	1.908	1.080	12.420	12.420	52.225	-80.535	279.500	247.250
1+2+4	0.544	0.328	12.960	12.960	35.028	-42.408	258.000	258.000
1+2+3+0.5×4	2.804	1.690	13.500	13.500	43.571	-81.626	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5	2.494	1.573	13.500	13.500	46.392	-80.821	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6	0.978	-0.041	13.500	2.363	67.518	-75.451	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.044	-1.166	14.580	2.552	82.792	-70.284	290.250	290.250
1+2+3+0.5×4+5+6-7	1.913	1.083	14.580	14.580	52.244	-80.619	290.250	290.250

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.025	0.024	0.017	0.017	0.042	0.040	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.041	0.144	0.017	0.017	0.058	0.161	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.035	0.141	0.017	0.017	0.052	0.158	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.075	0.123	0.017	0.017	0.091	0.140	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.088	0.081	0.017	0.017	0.105	0.097	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.035	0.106	0.017	0.017	0.052	0.123	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.018	0.027	0.002	0.002	0.020	0.029	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.026	0.092	0.011	0.011	0.037	0.103	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.030	0.090	0.011	0.011	0.041	0.101	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.063	0.079	0.011	0.011	0.074	0.090	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.081	0.059	0.011	0.011	0.092	0.069	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.032	0.077	0.011	0.011	0.043	0.088	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{82.774}{279.500} \right)^2 + \left(\frac{16.209}{125.000} \right)^2 = 0.088 + 0.017 = 0.105 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{-81.542}{215.000} \right)^2 + \left(\frac{16.209}{125.000} \right)^2 = 0.144 + 0.017 = 0.161 \leq 1.2 \quad \dots \quad \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 압축(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 119.0 / 16.0 = 7.4 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots \quad \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b/(80 \cdot i \cdot n) = 2,400.0 / (80 \times 1.0 \times 6) = 5.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots \quad \mathbf{0.K !!}$$

$$(\text{합성형 스티드 설치시}) \quad t_{min} = 10.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots \quad \mathbf{0.K !!}$$

- 인장(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots \quad \mathbf{0.K !!}$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1)

$$t_{min} = b/(206 \times 1.200) = 1,800.0 / (206 \times 1.200) = 7.3 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots \quad \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 32.972)} = 2.55 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

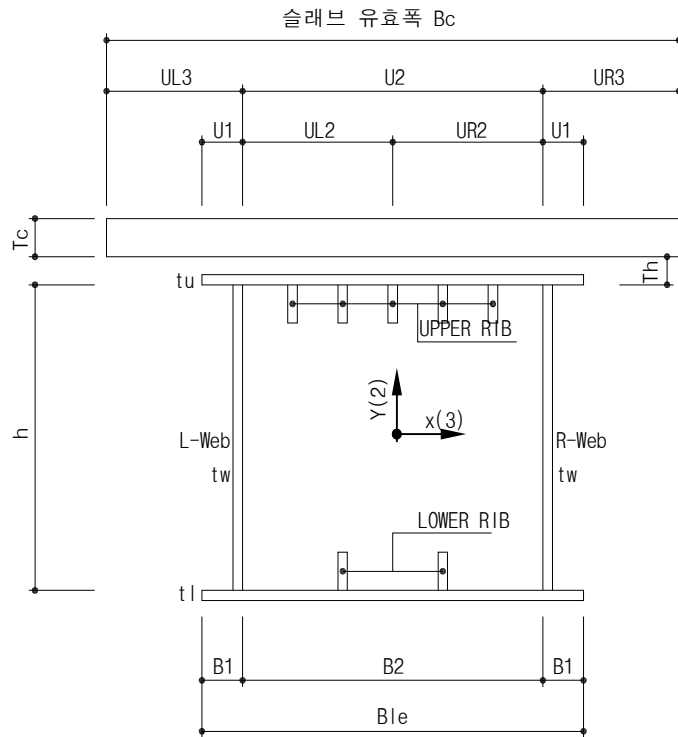
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	42.864	-42.864	355.000	0.K !!
1+2+3	5.565	3.355	16.200	0.K !!	63.896	-139.411	355.000	0.K !!
1+2+3+7	6.499	4.479	16.200	0.K !!	79.170	-144.579	355.000	0.K !!
1+2+3+5	5.254	3.237	16.200	0.K !!	66.717	-138.607	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6	3.739	1.623	16.200	0.K !!	87.843	-133.237	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	2.804	0.499	16.200	0.K !!	103.117	-128.069	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	4.673	2.747	16.200	0.K !!	72.569	-138.404	355.000	0.K !!
1+2+4	0.704	0.424	16.200	0.K !!	45.525	-55.080	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4	5.570	3.357	16.200	0.K !!	63.914	-139.495	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+7	4.635	2.233	16.200	0.K !!	79.188	-134.328	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	5.259	3.240	16.200	0.K !!	66.735	-138.691	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	3.743	1.626	16.200	0.K !!	87.861	-133.321	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	2.809	0.501	16.200	0.K !!	103.135	-128.153	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	4.678	2.750	16.200	0.K !!	72.587	-138.488	355.000	0.K !!

[G1 : 단면 - 12] : 절점 23 로 부터 이격거리 3.470 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM520B

Bc = 4,500.0 mm

UL3 = 1,000.0 mm

UR3 = 1,100.0 mm

U1 = 120.0 mm

UL2 = 1,200.0 mm

UR2 = 1,200.0 mm

상부 플랜지 유효폭

Bue = 2,640.0 mm

하부 플랜지 유효폭

Ble = 2,640.0 mm

B1 = 120.0 mm

B2 = 2,400.0 mm

Tc = 240.0 mm

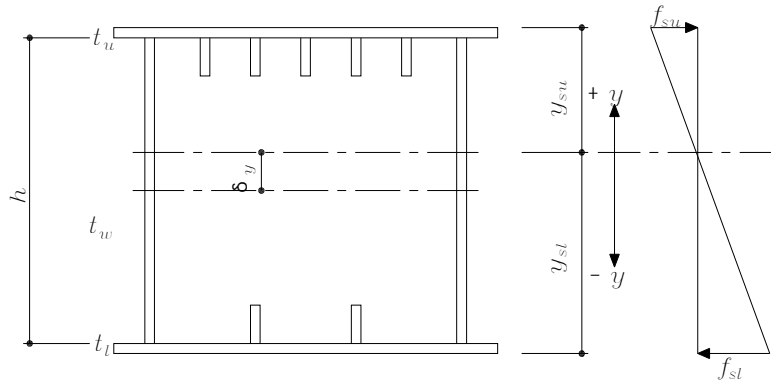
Th = 50.0 mm

h = 1,800.0 mm

$\Theta_L = 0.000^\circ$

$\Theta_R = 0.000^\circ$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = 5,197,500.0 / 121,260.0 = 42.862 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 1,800.0 / 2 + 12.0 - 42.862 = 869.138 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 1,800.0 / 2 + 12.0 + 42.862 \} = -954.862 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 11,692,322,820.0 + 62,013,356,460.0 - 121,260.0 \times 42.862^2 = 7.348E+10 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = 6,726.500 \times 869.1 / 73,482,901,725.6 = 79.559 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = 6,726.500 \times -954.9 / 73,482,901,725.6 = -87.406 \text{ MPa}$$

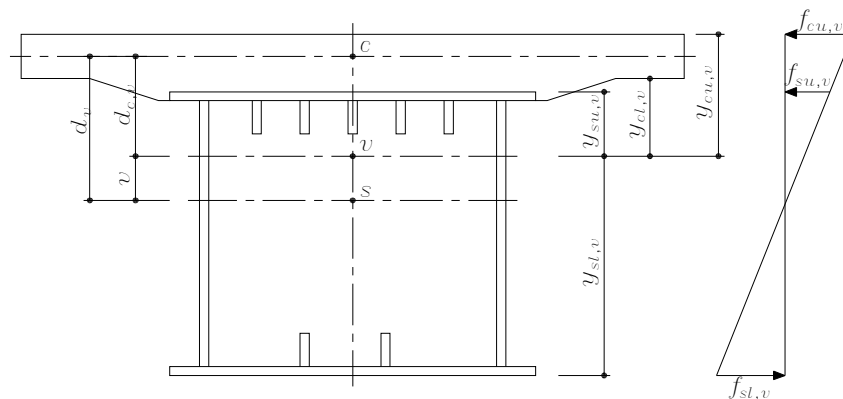
- 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = 4.371E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 181.672 / 43,200.0 + 133.755 / (2 \times 4,370,540.0 \times 12.0) = 5.481 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,080,000.0 / 7.0 = 154,285.7 \text{ mm}^2$$

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 5,184,000,000.0 / 7.0 = 7.406E+08 \text{ mm}^4$$

▪ 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_{cn1} = 121,260.0 + 154,285.7 = 275,545.7 \text{ mm}^2$$

▪ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 869.1 - 12.0 + 50.0 + 240.0/2 = 1,027.1 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_{cn1} \times d_v / A_v = 154,285.7 \times 1,027.1 / 275,545.7 = 575.1 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v} = d_v - v = 1,027.1 - 575.1 = 452.0 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = I_s + A_s \cdot v^2 + I_{cn1} + A_{cn1} \cdot d_{c,v}^2 = 73,482,901,725.6 + 121,260.0 \times 575.1^2 + 740,571,428.6 + 154,285.7 \times 452.0^2 = 1.459E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 869.1 - 575.1 = 294.0 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -954.9 - 575.1 = -1,530.0 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 콘크리트 바닥판 상·하연까지의 거리

$$y_{cu,v} = d_{c,v} + T_c / 2 = 452.0 + 240.0 / 2 = 572.0 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v} = y_{cu,v} - T_c = 572.0 - 240.0 = 332.0 \text{ mm}$$

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v = 2,587.720 \times 294.0 / 145,855,433,460.9 = 5.216 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v = 2,587.720 \times -1,530.0 / 145,855,433,460.9 = -27.145 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 2,587.720 \times 572.0 / (145,855,433,460.9 \times 7.0) = 1.450 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 2,587.720 \times 332.0 / (145,855,433,460.9 \times 7.0) = 0.841 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$F_v = 4.412E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{sc} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 80.708 / 43,200.0 + 59.559 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 2.431 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v = 4,473.290 \times 294.0 / 145,855,433,460.9 = 9.017 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v = 4,473.290 \times -1,530.0 / 145,855,433,460.9 = -46.924 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 4,473.290 \times 572.0 / (145,855,433,460.9 \times 7.0) = 2.506 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 4,473.290 \times 332.0 / (145,855,433,460.9 \times 7.0) = 1.455 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 394.672 / 43,200.0 + 380.893 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 12.733 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응력 검토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_v = 63.640 \times 294.0 / 145,855,433,460.9 = 0.128 \text{ MPa}$$

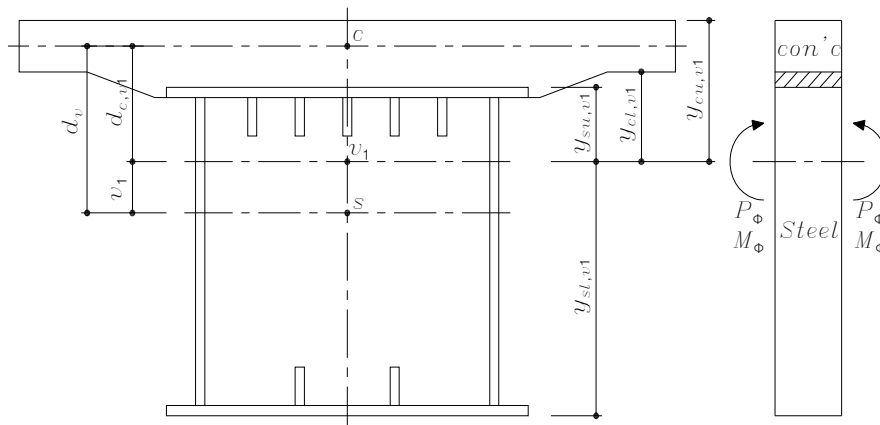
$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_v = 63.640 \times -1,530.0 / 145,855,433,460.9 = -0.668 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 63.640 \times 572.0 / (145,855,433,460.9 \times 7.0) = 0.036 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 63.640 \times 332.0 / (145,855,433,460.9 \times 7.0) = 0.021 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$\begin{aligned} u &= V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 4.307 / 43,200.0 + 21.637 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 0.304 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = -0.091 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 7.0 \times (1 + 2.0 / 2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_c / n_1 = 121,260.0 + 1,080,000.0 / 14.0 = 1.984 \times 10^5 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_c / n_1) \times d_v / A_{v1} = (1,080,000.0 / 14.0) \times 1,027.1 / 198,402.9 = 399.4 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v - v_1 = 1,027.1 - 399.4 = 627.8 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v_1^2) + (I_c / n_1 + A_c / n_1 \cdot d_{c,v1}^2)$$

$$\begin{aligned} &= (73,482,901,725.6 + 121,260.0 \times 399.4^2) + (5,184,000,000.0 / 14.0 \\ &\quad + 1,080,000.0 / 14.0 \times 627.8^2) = 1.236 \times 10^{11} \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v1} = y_{su} - v_1 = 869.1 - 399.4 = 469.8 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v1} = y_{sl} - v_1 = -954.9 - 399.4 = -1,354.2 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v1} = d_{c,v1} + T_c / 2 = 627.8 + 240.0 / 2 = 747.8 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v1} = y_{cu,v1} - T_c = 747.8 - 240.0 = 507.8 \text{ mm}$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v} \cdot A_{c1} / (n \cdot I_v) = 2,587.7 \times 452.0 \times 1,080,000.0 / (7.0 \times 145,855,433,460.9) = 1.237E+06 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 1,237,294.0 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = 1.237E+06 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = 1,237,294.0 \times 627.8 = 7.767E+08 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 27,804.0 / (1 + 2.0 / 2) = 13,902.000 \text{ MPa}$$

- 2차 고정하중에 의한 합성단면에서 콘크리트 바닥판 상·하연 응력

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 2,587.720 \times 572.0 / (145,855,433,460.9 \times 7.0) = 1.450 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / (I_v \cdot n) = 2,587.720 \times 332.0 / (145,855,433,460.9 \times 7.0) = 0.841 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

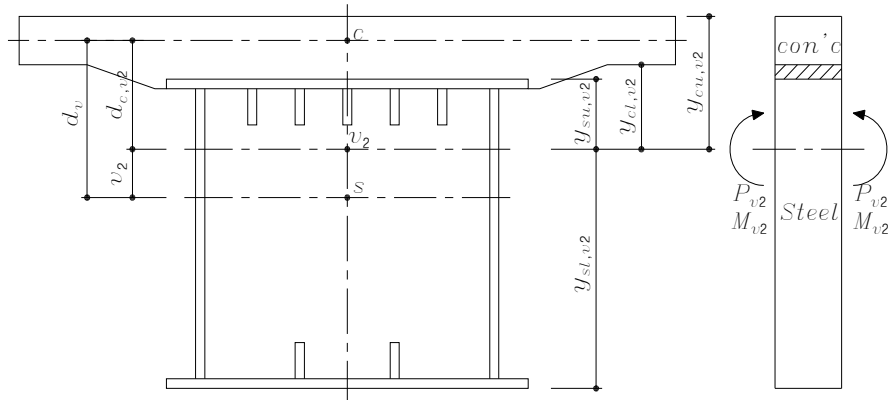
$$f_{cu,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cu,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu,v} \cdot \phi_1 / E_c = (1/14.0) \times (1,237,294.0 / 198,402.9 + -0.091 \times 776,731,911.9 \times 747.8 / 123,595,111,403.6) - 13,902.0 \times 1.450 \times 2.0 / 27,804.0 = -1.035 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cl,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl,v} \cdot \phi_1 / E_c = (1/14.0) \times (1,237,294.0 / 198,402.9 + -0.091 \times 776,731,911.9 \times 507.8 / 123,595,111,403.6) - 13,902.0 \times 0.841 \times 2.0 / 27,804.0 = -0.417 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v1} / I_{v1} = 1,237,294.0 / 198,402.9 + -0.091 \times 776,731,911.9 \times 469.8 / 123,595,111,403.6 = 5.966 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v1} / I_{v1} = 1,237,294.0 / 198,402.9 + -0.091 \times 776,731,911.9 \times -1,354.2 / 123,595,111,403.6 = 7.014 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 ϕ_2 는 $\phi_2 = 2 \cdot \phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{i2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 121,260.0 + 1,080,000.0 / 21.0 = 1.727E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{i2} = (1,080,000.0/21.0) \times 1,027.1 / 172,688.6 = 305.9 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,027.1 - 305.9 = 721.2 \text{ mm}$$

$$I_{i2} = (I_s + A_s \cdot v_2^2) + (I_{c1}/n_2 + A_{c1}/n_2 \cdot d_{c,v2}^2) \\ = (73,482,901,725.6 + 121,260.0 \times 305.9^2) + (5,184,000,000.0/21.0 + 1,080,000.0/21.0 \times 721.2^2) = 1.118E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v2} = y_{su} - v_2 = 869.1 - 305.9 = 563.2 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v2} = y_{sl} - v_2 = -954.9 - 305.9 = -1,260.8 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v2} = d_{c,v2} + T_c / 2 = 721.2 + 240.0 / 2 = 841.2 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v2} = y_{cu,v2} - T_c = 841.2 - 240.0 = 601.2 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,080,000.0 / 21.0 = 2.847E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{i2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,846,571.4 \times 841.2 = 2.053E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{c2} = E_s / n_2 = 205,000.0 / 21.0 = 9,761.905 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{i2} + k \cdot M_{i2} \cdot y_{cu,v2}/I_{i2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ = (1/21.0) \times (2,846,571.4/172,688.6 + -0.091 \times 2,053,074,277.6 \times 841.2/111,828,940,350.9) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.918 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{i2} + k \cdot M_{i2} \cdot y_{cl,v2}/I_{i2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ = (1/21.0) \times (2,846,571.4/172,688.6 + -0.091 \times 2,053,074,277.6 \times 841.2/111,828,940,350.9) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.899 \text{ MPa}$$

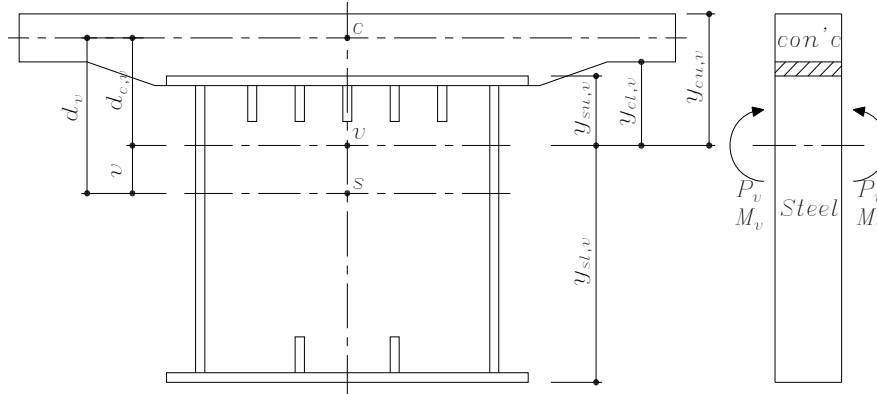
■ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v2}/I_{v2}$$

$$= 2,846,571.4/172,688.6 + -0.091 \times 2,053,074,277.6 \times 563.2/111,828,940,350.9 = 15.538 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v2}/I_{v2}$$

$$= 2,846,571.4/172,688.6 + -0.091 \times 2,053,074,277.6 \times -1,260.8/111,828,940,350.9 = 18.600 \text{ MPa}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

■ 온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

■ 바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,080,000.0 / 7.0 = 3.795\text{E}+06 \text{ N}$$

■ P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 3,795,428.6 \times 452.0 = 1.716\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

■ 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,t} = 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cu,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t$$

$$= (1/7.0) \times (3,795,428.6/275,545.7 + -0.091 \times 1,715,589,322.8 \times 572.0/145,855,433,460.9) - 27,804.0 \times 0.000120 = -1.457 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,t} = 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cl,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t$$

$$= (1/7.0) \times (3,795,428.6/275,545.7 + -0.091 \times 1,715,589,322.8 \times 332.0/145,855,433,460.9) - 27,804.0 \times 0.000120 = -1.420 \text{ MPa}$$

■ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_v$$

$$= 3,795,428.6/275,545.7 + -0.091 \times 1,715,589,322.8 \times 294.0/145,855,433,460.9 = 13.458 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_v$$

$$= 3,795,428.6/275,545.7 + -0.091 \times 1,715,589,322.8 \times -1,530.0/145,855,433,460.9 = 15.420 \text{ MPa}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 657.052 / 43,200.0 + 133.755 / 104,892,960.0 + 440.452 / 105,885,360.0 = 20.644 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 20.6 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 266.687 / 43,200.0 + 133.755 / 104,892,960.0 + 81.196 / 105,885,360.0 = 8.215 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 8.2 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 활하중 재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 659.206 / 43,200.0 + 133.755 / 104,892,960.0 + 451.271 / 105,885,360.0 = 20.796 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 20.8 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65 (\phi / n)^2 + 0.13 (\phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)
 f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)
 i : 응력구배계수
 n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$b / 23.0 \cdot i \cdot n = 17.4 \text{ mm} > t_u = 12 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 46.0 \cdot i \cdot n = 8.7 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} < b / 23.0 \cdot i \cdot n = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7 \{ b / (t_u \cdot i \cdot n) - 23.0 \} = 166.4 \text{ MPa}$$

$$b / 80.0 \cdot i \cdot n = 5.0 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} \geq b / 46.0 \cdot i \cdot n = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000 \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \}^2 = 198.0 \text{ MPa}$$

$$f_{ca} = 215.0 \text{ MPa} \text{ (합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면, \pi 형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우)}$$

$$\therefore f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1)

$$f_{ca} = 0.40 f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$$

($f_{ck} = 27.0 \text{ MPa}$ 사용)

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

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	79.559	-87.406	208.042	215.000
1+2+3	3.956	2.296	10.800	10.800	93.793	-161.475	215.000	215.000
1+2+3+5	2.921	1.879	10.800	10.800	99.759	-154.460	247.250	215.000
1+2+3+5+6	1.003	-0.020	10.800	1.890	115.298	-135.860	247.250	215.000
1+2+3+5+6+7	-0.454	-1.439	2.174	2.174	128.756	-120.441	279.500	247.250
1+2+3+5+6-7	2.460	1.400	12.420	12.420	101.840	-151.280	279.500	247.250
1+2+4	1.485	0.862	12.960	12.960	84.904	-115.219	258.000	258.000
1+2+3+0.5×4	3.974	2.307	13.500	13.500	93.857	-161.808	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5	2.939	1.890	13.500	13.500	99.823	-154.794	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6	1.021	-0.009	13.500	2.363	115.362	-136.194	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-0.436	-1.429	2.552	2.552	128.820	-120.774	290.250	290.250
1+2+3+0.5×4+5+6-7	2.477	1.411	14.580	14.580	101.904	-151.614	290.250	290.250

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.146	0.165	0.027	0.027	0.174	0.193	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.190	0.564	0.027	0.027	0.218	0.591	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.163	0.516	0.027	0.027	0.190	0.543	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.217	0.399	0.027	0.027	0.245	0.427	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.212	0.237	0.027	0.027	0.239	0.265	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.133	0.374	0.027	0.027	0.160	0.402	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.108	0.199	0.003	0.003	0.111	0.202	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.122	0.362	0.018	0.018	0.140	0.380	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.138	0.332	0.018	0.018	0.156	0.349	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.184	0.257	0.018	0.018	0.202	0.275	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.197	0.173	0.018	0.018	0.215	0.191	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.123	0.273	0.018	0.018	0.141	0.291	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{115.298}{247.250} \right)^2 + \left(\frac{20.644}{125.000} \right)^2 = 0.217 + 0.027 = 0.245 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{-161.475}{215.000} \right)^2 + \left(\frac{20.644}{125.000} \right)^2 = 0.564 + 0.027 = 0.591 \leq 1.2 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 압축(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 119.0 / 16.0 = 7.4 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b/(80 \cdot i \cdot n) = 2,400.0 / (80 \times 1.0 \times 6) = 5.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$(\text{합성형 스티드 설치시}) \quad t_{min} = 10.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 인장(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1)

$$t_{min} = b/(206 \times 1.200) = 1,800.0 / (206 \times 1.200) = 7.3 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 79.559)} = 1.64 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

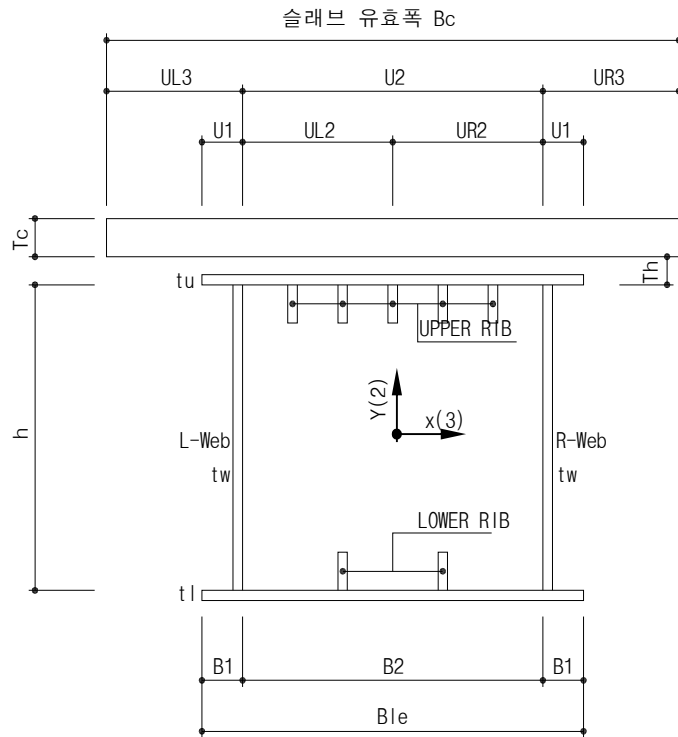
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	103.427	-113.628	355.000	0.K !!
1+2+3	7.273	4.221	16.200	0.K !!	129.595	-249.802	355.000	0.K !!
1+2+3+7	8.730	5.641	16.200	0.K !!	143.053	-265.222	355.000	0.K !!
1+2+3+5	6.238	3.805	16.200	0.K !!	135.562	-242.788	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6	4.320	1.906	16.200	0.K !!	151.100	-224.188	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	2.863	0.486	16.200	0.K !!	164.558	-208.768	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	5.777	3.326	16.200	0.K !!	137.642	-239.607	355.000	0.K !!
1+2+4	1.920	1.115	16.200	0.K !!	110.337	-149.584	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4	7.291	4.232	16.200	0.K !!	129.660	-250.136	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+7	5.834	2.812	16.200	0.K !!	143.118	-234.716	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	6.256	3.815	16.200	0.K !!	135.626	-243.122	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	4.338	1.916	16.200	0.K !!	151.164	-224.521	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	2.881	0.496	16.200	0.K !!	164.622	-209.102	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	5.794	3.336	16.200	0.K !!	137.706	-239.941	355.000	0.K !!

[G2 : 단면 - 13] : 절점 62 로 부터 이격거리 3.370 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM520B

Bc = 4,670.0 mm

UL3 = 1,100.0 mm

UR3 = 1,170.0 mm

U1 = 120.0 mm

UL2 = 1,200.0 mm

UR2 = 1,200.0 mm

상부 플랜지 유효폭

Bue = 2,640.0 mm

하부 플랜지 유효폭

Ble = 2,640.0 mm

B1 = 120.0 mm

B2 = 2,400.0 mm

Tc = 240.0 mm

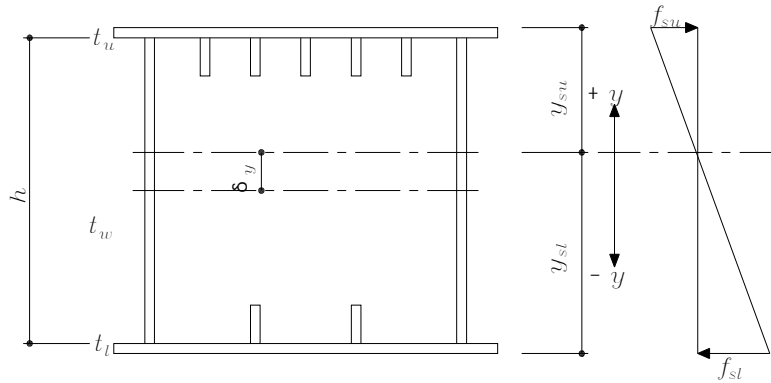
Th = 50.0 mm

h = 1,800.0 mm

$\Theta_L = 0.000^\circ$

$\Theta_R = 0.000^\circ$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -9,651,840.0 / 138,120.0 = -69.880 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 1,800.0 / 2 + 12.0 - -69.880 = 981.880 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 1,800.0 / 2 + 16.0 + -69.880 \} = -846.120 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 11,704,656,280.0 + 75,122,568,840.0 - 138,120.0 \times -69.880^2 = 8.615E+10 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = 2,698.590 \times 981.9 / 86,152,753,534.5 = 30.756 \text{ MPa}$$

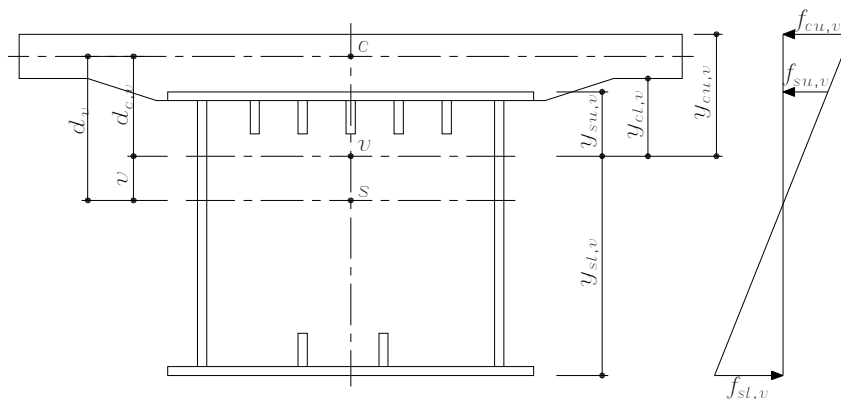
$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = 2,698.590 \times -846.1 / 86,152,753,534.5 = -26.503 \text{ MPa}$$

- 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = 4.375E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) = 625.040 / 43,200.0 + 482.504 / (2 \times 4,375,370.0 \times 12.0) = 19.063 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,120,800.0 / 7.0 = 160,114.3 \text{ mm}^2$$

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 5,379,840,000.0 / 7.0 = 7.685E+08 \text{ mm}^4$$

▪ 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_{cn1} = 138,120.0 + 160,114.3 = 298,234.3 \text{ mm}^2$$

▪ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 981.9 - 12.0 + 50.0 + 240.0/2 = 1,139.9 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_{cn1} \times d_v / A_v = 160,114.3 \times 1,139.9 / 298,234.3 = 612.0 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v} = d_v - v = 1,139.9 - 612.0 = 527.9 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = I_s + A_s \cdot v^2 + I_{cn1} + A_{cn1} \cdot d_{c,v}^2 = 86,152,753,534.5 + 138,120.0 \times 612.0^2 + 768,548,571.4 + 160,114.3 \times 527.9^2 = 1.833E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 981.9 - 612.0 = 369.9 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -846.1 - 612.0 = -1,458.1 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 콘크리트 바닥판 상·하연까지의 거리

$$y_{cu,v} = d_{c,v} + T_c / 2 = 527.9 + 240.0 / 2 = 647.9 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v} = y_{cu,v} - T_c = 647.9 - 240.0 = 407.9 \text{ mm}$$

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v = 987.299 \times 369.9 / 183,270,350,431.1 = 1.993 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v = 987.299 \times -1,458.1 / 183,270,350,431.1 = -7.855 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 987.299 \times 647.9 / (183,270,350,431.1 \times 7.0) = 0.499 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 987.299 \times 407.9 / (183,270,350,431.1 \times 7.0) = 0.314 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$F_v = 4.417E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc}/A_w + M_{sc}/(2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 265.467 / 43,200.0 + 46.769 / (2 \times 4,416,720.0 \times 12.0) = 6.586 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v = 3,351.790 \times 369.9 / 183,270,350,431.1 = 6.765 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v = 3,351.790 \times -1,458.1 / 183,270,350,431.1 = -26.667 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 3,351.790 \times 647.9 / (183,270,350,431.1 \times 7.0) = 1.693 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 3,351.790 \times 407.9 / (183,270,350,431.1 \times 7.0) = 1.066 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$u = V_v/A_w + M_{vt}/(2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 515.187 / 43,200.0 + 852.959 / (2 \times 4,416,720.0 \times 12.0) = 19.972 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_v = 38.933 \times 369.9 / 183,270,350,431.1 = 0.079 \text{ MPa}$$

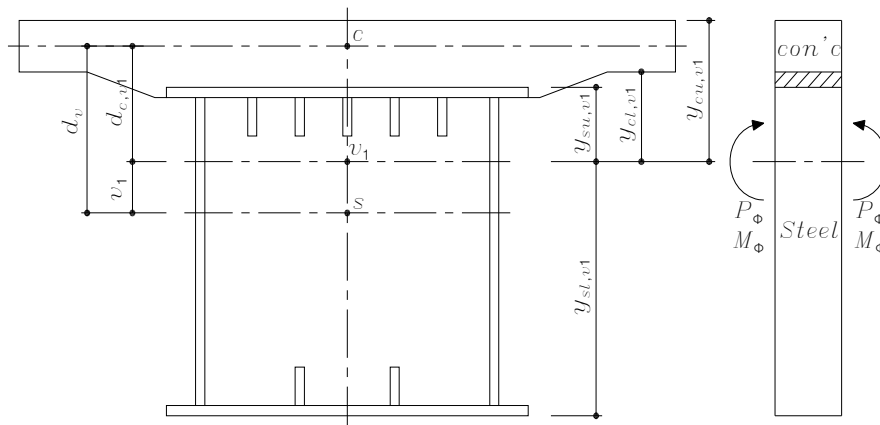
$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_v = 38.933 \times -1,458.1 / 183,270,350,431.1 = -0.310 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 38.933 \times 647.9 / (183,270,350,431.1 \times 7.0) = 0.020 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 38.933 \times 407.9 / (183,270,350,431.1 \times 7.0) = 0.012 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$\begin{aligned} u &= V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 4.287 / 43,200.0 + 178.829 / (2 \times 4,416,720.0 \times 12.0) = 1.786 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

■ 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = -0.174 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 7.0 \times (1 + 2.0 / 2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_c / n_1 = 138,120.0 + 1,120,800.0 / 14.0 = 2.182\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_c / n_1) \times d_v / A_{v1} = (1,120,800.0 / 14.0) \times 1,139.9 / 218,177.1 = 418.3 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v - v_1 = 1,139.9 - 418.3 = 721.6 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v_1^2) + (I_c / n_1 + A_c / n_1 \cdot d_{c,v1}^2)$$

$$\begin{aligned} &= (86,152,753,534.5 + 138,120.0 \times 418.3^2) + (5,379,840,000.0 / 14.0 \\ &\quad + 1,120,800.0 / 14.0 \times 721.6^2) = 1.524\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

■ 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v1} = y_{su} - v_1 = 981.9 - 418.3 = 563.6 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v1} = y_{sl} - v_1 = -846.1 - 418.3 = -1,264.4 \text{ mm}$$

■ 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v1} = d_{c,v1} + T_c / 2 = 721.6 + 240.0 / 2 = 841.6 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v1} = y_{cu,v1} - T_c = 841.6 - 240.0 = 601.6 \text{ mm}$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v} \cdot A_{c1} / (n \cdot I_v) = 987.3 \times 527.9 \times 1,120,800.0 / (7.0 \times 183,270,350,431.1) = 4.553E+05 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 455,349.4 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = 4.553E+05 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = 455,349.4 \times 721.6 = 3.286E+08 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 27,804.0 / (1 + 2.0 / 2) = 13,902.000 \text{ MPa}$$

- 2차 고정하중에 의한 합성단면에서 콘크리트 바닥판 상·하연 응력

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 987.299 \times 647.9 / (183,270,350,431.1 \times 7.0) = 0.499 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / (I_v \cdot n) = 987.299 \times 407.9 / (183,270,350,431.1 \times 7.0) = 0.314 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

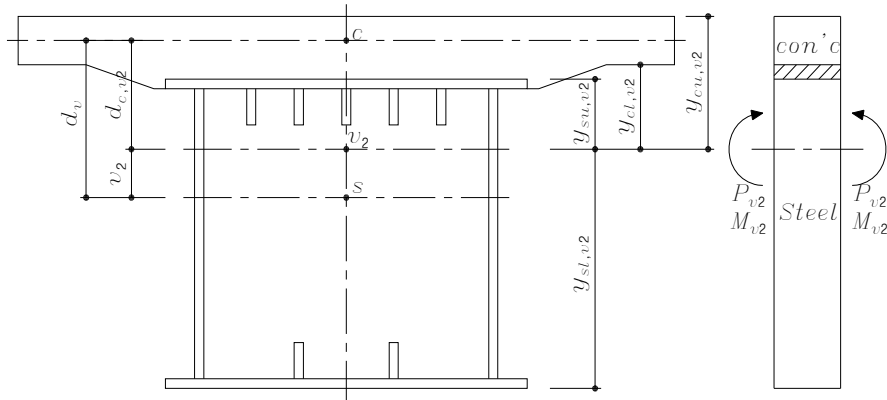
$$f_{cu,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cu,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu,v} \cdot \phi_1 / E_c = (1/14.0) \times (455,349.4/218,177.1 + -0.174 \times 328,587,649.5 \times 841.6/152,388,540,105.6) - 13,902.0 \times 0.499 \times 2.0/27,804.0 = -0.372 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cl,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl,v} \cdot \phi_1 / E_c = (1/14.0) \times (455,349.4/218,177.1 + -0.174 \times 328,587,649.5 \times 601.6/152,388,540,105.6) - 13,902.0 \times 0.314 \times 2.0/27,804.0 = -0.181 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v1} / I_{v1} = 455,349.4/218,177.1 + -0.174 \times 328,587,649.5 \times 563.6/152,388,540,105.6 = 1.875 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v1} / I_{v1} = 455,349.4/218,177.1 + -0.174 \times 328,587,649.5 \times -1,264.4/152,388,540,105.6 = 2.562 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 Φ_2 는 $\Phi_2 = 2 \cdot \Phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\Phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \Phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 138,120.0 + 1,120,800.0 / 21.0 = 1.915E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2} = (1,120,800.0/21.0) \times 1,139.9 / 191,491.4 = 317.7 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,139.9 - 317.7 = 822.2 \text{ mm}$$

$$I_{v2} = (I_s + A_s \cdot v_2^2) + (I_c/n_2 + A_c/n_2 \cdot d_{c,v2}^2) \\ = (86,152,753,534.5 + 138,120.0 \times 317.7^2) + (5,379,840,000.0/21.0 + 1,120,800.0/21.0 \times 822.2^2) = 1.364E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v2} = y_{su} - v_2 = 981.9 - 317.7 = 664.2 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v2} = y_{sl} - v_2 = -846.1 - 317.7 = -1,163.8 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v2} = d_{c,v2} + T_c / 2 = 822.2 + 240.0 / 2 = 942.2 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v2} = y_{cu,v2} - T_c = 942.2 - 240.0 = 702.2 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,120,800.0 / 21.0 = 2.954E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,954,108.6 \times 942.2 = 2.429E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{c2} = E_s / n_2 = 205,000.0 / 21.0 = 9,761.905 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{cu,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ = (1/21.0) \times (2,954,108.6/191,491.4 + -0.174 \times 2,428,806,166.1 \times 942.2/136,427,867,301.3) - 9,761.9 \times 0.000270 = -2.040 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{cl,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ = (1/21.0) \times (2,954,108.6/191,491.4 + -0.174 \times 2,428,806,166.1 \times 942.2/136,427,867,301.3) - 9,761.9 \times 0.000270 = -2.005 \text{ MPa}$$

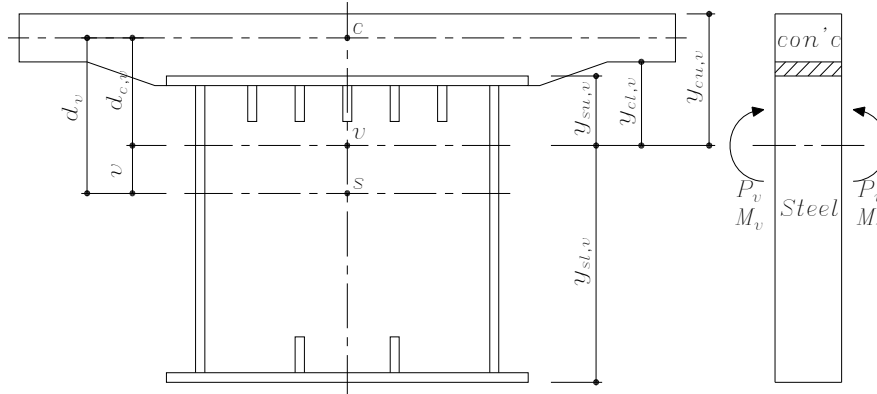
■ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v2}/I_{v2}$$

$$= 2,954,108.6/191,491.4 + -0.174 \times 2,428,806,166.1 \times 664.2/136,427,867,301.3 = 13.365 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v2}/I_{v2}$$

$$= 2,954,108.6/191,491.4 + -0.174 \times 2,428,806,166.1 \times -1,163.8/136,427,867,301.3 = 19.039 \text{ MPa}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

■ 온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

■ 바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,120,800.0 / 7.0 = 3.939\text{E}+06 \text{ N}$$

■ P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 3,938,811.4 \times 527.9 = 2.079\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

■ 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,t} = 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cu,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t$$

$$= (1/7.0) \times (3,938,811.4/298,234.3 + -0.174 \times 2,079,329,729.5 \times 647.9/183,270,350,431.1) - 27,804.0 \times 0.000120 = -1.633 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,t} = 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cl,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t$$

$$= (1/7.0) \times (3,938,811.4/298,234.3 + -0.174 \times 2,079,329,729.5 \times 407.9/183,270,350,431.1) - 27,804.0 \times 0.000120 = -1.565 \text{ MPa}$$

■ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_v$$

$$= 3,938,811.4/298,234.3 + -0.174 \times 2,079,329,729.5 \times 369.9/183,270,350,431.1 = 12.475 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_v$$

$$= 3,938,811.4/298,234.3 + -0.174 \times 2,079,329,729.5 \times -1,458.1/183,270,350,431.1 = 16.091 \text{ MPa}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 1,405.694 / 43,200.0 + 482.504 / 105,008,880.0 + 899.728 / 106,001,280.0 = 45.622 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 45.6 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 894.794 / 43,200.0 + 482.504 / 105,008,880.0 + 225.598 / 106,001,280.0 = 27.436 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 27.4 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 활하중 재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 1,407.837 / 43,200.0 + 482.504 / 105,008,880.0 + 989.142 / 106,001,280.0 = 46.515 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 46.5 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)
 f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)
 i : 응력구배계수
 n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$b / 23.0 \cdot i \cdot n = 17.4 \text{ mm} > t_u = 12 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 46.0 \cdot i \cdot n = 8.7 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} < b / 23.0 \cdot i \cdot n = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7 \{ b / (t_u \cdot i \cdot n) - 23.0 \} = 166.4 \text{ MPa}$$

$$b / 80.0 \cdot i \cdot n = 5.0 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} \geq b / 46.0 \cdot i \cdot n = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000 \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \}^2 = 198.0 \text{ MPa}$$

$$f_{ca} = 215.0 \text{ MPa} \text{ (합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면, \pi 형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우)}$$

$$\therefore f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1)

$$f_{ca} = 0.40 f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$$

($f_{ck} = 27.0 \text{ MPa}$ 사용)

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

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	30.756	-26.503	208.042	215.000
1+2+3	2.191	1.380	10.800	10.800	39.514	-61.025	215.000	215.000
1+2+3+5	1.819	1.199	10.800	10.800	41.389	-58.463	247.250	215.000
1+2+3+5+6	-0.221	-0.806	1.890	1.890	54.754	-39.423	247.250	215.000
1+2+3+5+6+7	-1.854	-2.371	2.174	2.174	67.230	-23.332	279.500	247.250
1+2+3+5+6-7	1.412	0.759	12.420	12.420	42.279	-55.515	279.500	247.250
1+2+4	0.518	0.326	12.960	12.960	32.827	-34.668	258.000	258.000
1+2+3+0.5×4	2.201	1.386	13.500	13.500	39.553	-61.180	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5	1.829	1.205	13.500	13.500	41.428	-58.617	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6	-0.211	-0.800	2.363	2.363	54.793	-39.578	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-1.844	-2.365	2.552	2.552	67.269	-23.487	290.250	290.250
1+2+3+0.5×4+5+6-7	1.422	0.765	14.580	14.580	42.318	-55.670	290.250	290.250

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.022	0.015	0.133	0.133	0.155	0.148	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.034	0.081	0.133	0.133	0.167	0.214	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.028	0.074	0.133	0.133	0.161	0.207	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.049	0.034	0.133	0.133	0.182	0.167	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.058	0.009	0.133	0.133	0.191	0.142	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.023	0.050	0.133	0.133	0.156	0.184	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.016	0.018	0.033	0.033	0.050	0.052	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.022	0.052	0.089	0.089	0.110	0.140	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.024	0.048	0.089	0.089	0.112	0.136	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.042	0.022	0.089	0.089	0.130	0.110	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.054	0.007	0.089	0.089	0.142	0.095	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.021	0.037	0.089	0.089	0.110	0.125	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{67.230}{279.500} \right)^2 + \left(\frac{45.622}{125.000} \right)^2 = 0.058 + 0.133 = 0.191 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{-61.025}{215.000} \right)^2 + \left(\frac{45.622}{125.000} \right)^2 = 0.081 + 0.133 = 0.214 \leq 1.2 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 압축(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 119.0 / 16.0 = 7.4 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b/(80 \cdot i \cdot n) = 2,400.0 / (80 \times 1.0 \times 6) = 5.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$(\text{합성형 스티드 설치시}) \quad t_{min} = 10.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 인장(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 16.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1)

$$t_{min} = b/(206 \times 1.200) = 1,800.0 / (206 \times 1.200) = 7.3 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 30.756)} = 2.64 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

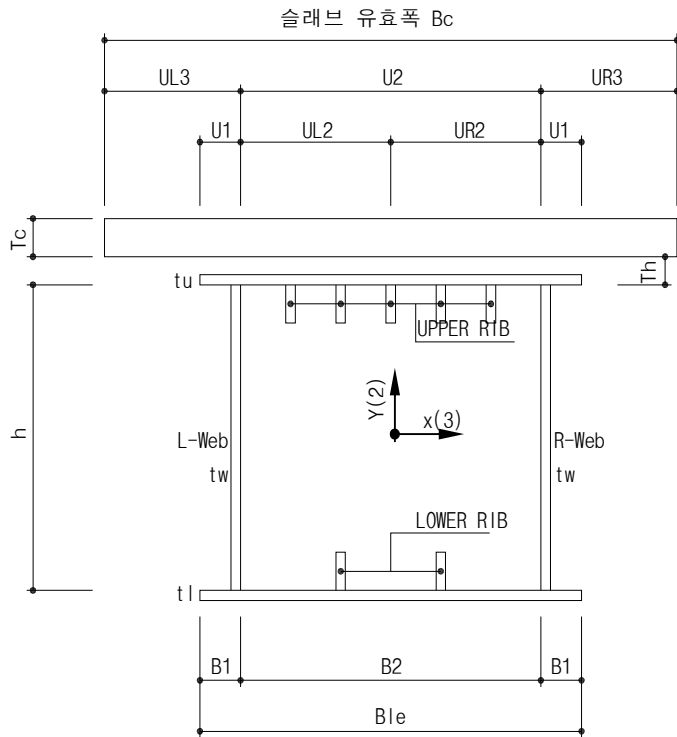
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	39.982	-34.454	355.000	0.K !!
1+2+3	4.288	2.699	16.200	0.K !!	57.118	-101.999	355.000	0.K !!
1+2+3+7	5.921	4.264	16.200	0.K !!	69.594	-118.090	355.000	0.K !!
1+2+3+5	3.916	2.518	16.200	0.K !!	58.993	-99.437	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6	1.875	0.514	16.200	0.K !!	72.359	-80.398	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.242	-1.051	16.200	0.K !!	84.834	-64.306	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	3.508	2.079	16.200	0.K !!	59.883	-96.489	355.000	0.K !!
1+2+4	0.668	0.420	16.200	0.K !!	42.652	-44.975	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4	4.298	2.706	16.200	0.K !!	57.157	-102.154	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+7	2.665	1.141	16.200	0.K !!	69.633	-86.063	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	3.925	2.525	16.200	0.K !!	59.033	-99.592	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	1.885	0.520	16.200	0.K !!	72.398	-80.552	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.252	-1.045	16.200	0.K !!	84.873	-64.461	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	3.518	2.085	16.200	0.K !!	59.923	-96.644	355.000	0.K !!

[G1 : 최대모멘트] : 절점 12 로 부터 이격거리 2.496 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM520B

Bc = 4,500.0 mm

UL3 = 1,000.0 mm

UR3 = 1,100.0 mm

U1 = 120.0 mm

UL2 = 1,200.0 mm

UR2 = 1,200.0 mm

상부 플랜지 유효폭

Bue = 2,640.0 mm

하부 플랜지 유효폭

Ble = 2,640.0 mm

B1 = 120.0 mm

B2 = 2,400.0 mm

Tc = 240.0 mm

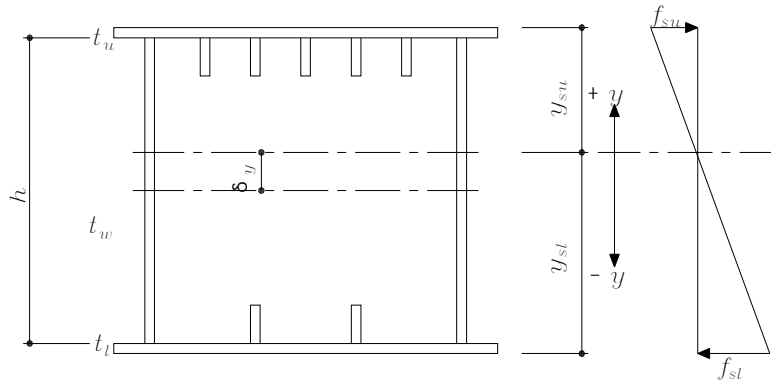
Th = 50.0 mm

h = 1,800.0 mm

$\Theta_L = 0.000^\circ$

$\Theta_R = 0.000^\circ$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = 0.0 / 127,560.0 = 0.000 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 1,800.0 / 2 + 12.0 - 0.000 = 912.000 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 1,800.0 / 2 + 12.0 + 0.000 \} = -912.000 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 11,704,135,320.0 + 66,301,293,960.0 - 127,560.0 \times 0.000^2 = 7.801\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = 640.842 \times 912.0 / 78,005,429,280.0 = 7.492 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = 640.842 \times -912.0 / 78,005,429,280.0 = -7.492 \text{ MPa}$$

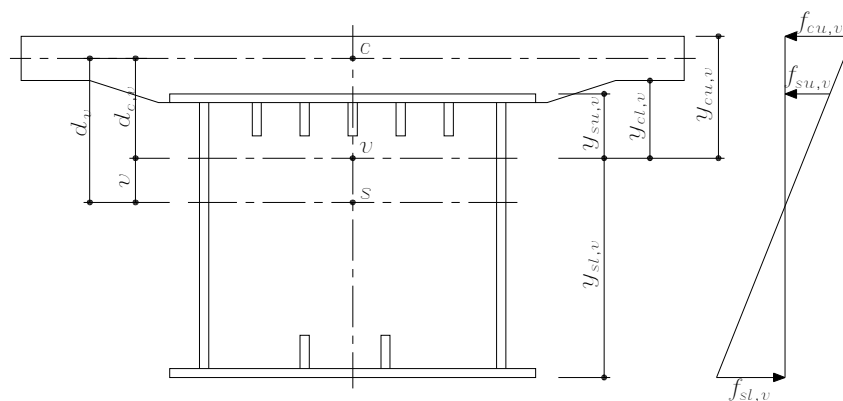
- 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = 4.371\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 22.546 / 43,200.0 + 31.278 / (2 \times 4,370,540.0 \times 12.0) = 0.820 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,080,000.0 / 7.0 = 154,285.7 \text{ mm}^2$$

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 5,184,000,000.0 / 7.0 = 7.406E+08 \text{ mm}^4$$

▪ 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_{cn1} = 127,560.0 + 154,285.7 = 281,845.7 \text{ mm}^2$$

▪ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 912.0 - 12.0 + 50.0 + 240.0/2 = 1,070.0 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_{cn1} \times d_v / A_v = 154,285.7 \times 1,070.0 / 281,845.7 = 585.7 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v} = d_v - v = 1,070.0 - 585.7 = 484.3 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = I_s + A_s \cdot v^2 + I_{cn1} + A_{cn1} \cdot d_{c,v}^2 = 78,005,429,280.0 + 127,560.0 \times 585.7^2 + 740,571,428.6 + 154,285.7 \times 484.3^2 = 1.587E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 912.0 - 585.7 = 326.3 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -912.0 - 585.7 = -1,497.7 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 콘크리트 바닥판 상·하연까지의 거리

$$y_{cu,v} = d_{c,v} + T_c / 2 = 484.3 + 240.0 / 2 = 604.3 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v} = y_{cu,v} - T_c = 604.3 - 240.0 = 364.3 \text{ mm}$$

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v = -56.229 \times 326.3 / 158,691,928,328.5 = -0.116 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v = -56.229 \times -1,497.7 / 158,691,928,328.5 = 0.531 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = -56.229 \times 604.3 / (158,691,928,328.5 \times 7.0) = -0.031 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = -56.229 \times 364.3 / (158,691,928,328.5 \times 7.0) = -0.018 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$F_v = 4.412E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{sc} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 12.518 / 43,200.0 + 37.188 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 0.641 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v = 3,456.930 \times 326.3 / 158,691,928,328.5 = 7.107 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v = 3,456.930 \times -1,497.7 / 158,691,928,328.5 = -32.626 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 3,456.930 \times 604.3 / (158,691,928,328.5 \times 7.0) = 1.880 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 3,456.930 \times 364.3 / (158,691,928,328.5 \times 7.0) = 1.134 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 355.195 / 43,200.0 + 263.609 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 10.712 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응력 검토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_v = 28.372 \times 326.3 / 158,691,928,328.5 = 0.058 \text{ MPa}$$

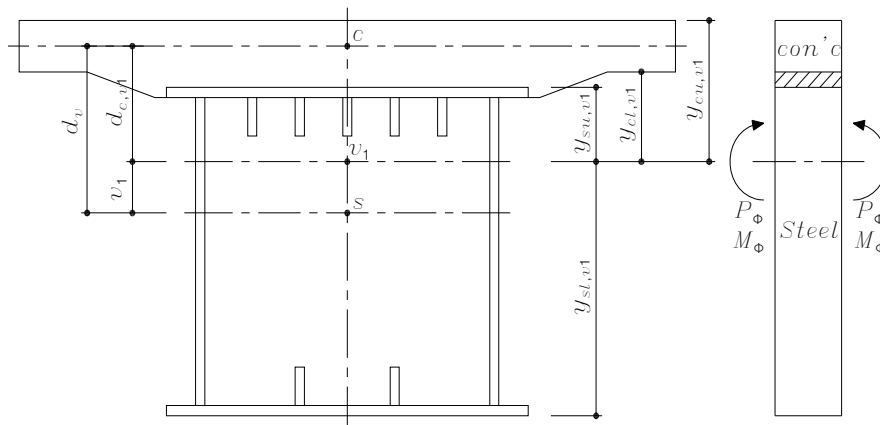
$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_v = 28.372 \times -1,497.7 / 158,691,928,328.5 = -0.268 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 28.372 \times 604.3 / (158,691,928,328.5 \times 7.0) = 0.015 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 28.372 \times 364.3 / (158,691,928,328.5 \times 7.0) = 0.009 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$\begin{aligned} u &= V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 3.113 / 43,200.0 + 9.030 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 0.157 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

■ 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = -0.096 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 7.0 \times (1 + 2.0 / 2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_c / n_1 = 127,560.0 + 1,080,000.0 / 14.0 = 2.047 \times 10^5 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_c / n_1) \times d_v / A_{v1} = (1,080,000.0 / 14.0) \times 1,070.0 / 204,702.9 = 403.2 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v - v_1 = 1,070.0 - 403.2 = 666.8 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v_1^2) + (I_c / n_1 + A_c / n_1 \cdot d_{c,v1}^2)$$

$$\begin{aligned} &= (78,005,429,280.0 + 127,560.0 \times 403.2^2) + (5,184,000,000.0 / 14.0 \\ &\quad + 1,080,000.0 / 14.0 \times 666.8^2) = 1.334 \times 10^{11} \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

■ 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v1} = y_{su} - v_1 = 912.0 - 403.2 = 508.8 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v1} = y_{sl} - v_1 = -912.0 - 403.2 = -1,315.2 \text{ mm}$$

■ 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v1} = d_{c,v1} + T_c / 2 = 666.8 + 240.0 / 2 = 786.8 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v1} = y_{cu,v1} - T_c = 786.8 - 240.0 = 546.8 \text{ mm}$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v} \cdot A_{c1} / (n \cdot I_v) \\ = -56.2 \times 484.3 \times 1,080,000.0 / (7.0 \times 158,691,928,328.5) = -2.647E+04 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -26,473.7 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = -2.647E+04 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = -26,473.7 \times 666.8 = -1.765E+07 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 27,804.0 / (1 + 2.0 / 2) = 13,902.000 \text{ MPa}$$

- 2차 고정하중에 의한 합성단면에서 콘크리트 바닥판 상·하면 응력

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = -56.229 \times 604.3 / (158,691,928,328.5 \times 7.0) = -0.031 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / (I_v \cdot n) = -56.229 \times 364.3 / (158,691,928,328.5 \times 7.0) = -0.018 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

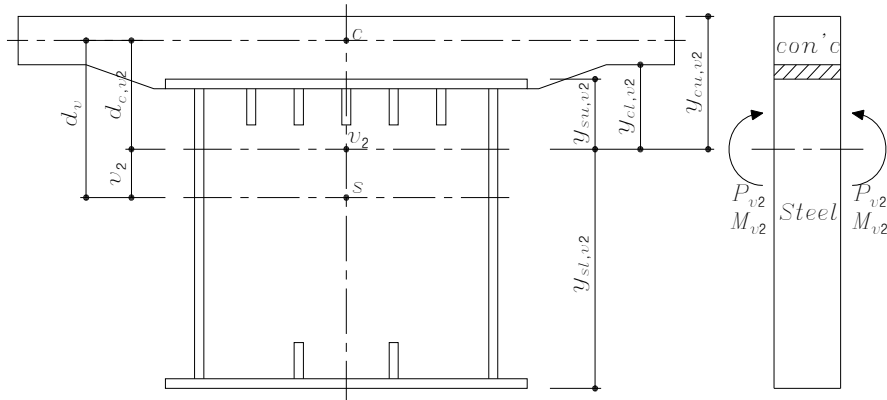
$$f_{cu,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cu,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu,v} \cdot \phi_1 / E_c \\ = (1/14.0) \times (-26,473.7/204,702.9 + -0.096 \times -17,651,784.3 \times 786.8/133,412,604,534.5) \\ - 13,902.0 \times -0.031 \times 2.0/27,804.0 = 0.022 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cl,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl,v} \cdot \phi_1 / E_c \\ = (1/14.0) \times (-26,473.7/204,702.9 + -0.096 \times -17,651,784.3 \times 546.8/133,412,604,534.5) \\ - 13,902.0 \times -0.018 \times 2.0/27,804.0 = 0.010 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v1} / I_{v1} \\ = -26,473.7/204,702.9 + -0.096 \times -17,651,784.3 \times 508.8/133,412,604,534.5 = -0.123 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v1} / I_{v1} \\ = -26,473.7/204,702.9 + -0.096 \times -17,651,784.3 \times -1,315.2/133,412,604,534.5 = -0.146 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 ϕ_2 는 $\phi_2 = 2 \cdot \phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{i2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 127,560.0 + 1,080,000.0 / 21.0 = 1.790E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{i2} = (1,080,000.0/21.0) \times 1,070.0 / 178,988.6 = 307.4 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,070.0 - 307.4 = 762.6 \text{ mm}$$

$$I_{i2} = (I_s + A_s \cdot v_2^2) + (I_c/n_2 + A_c/n_2 \cdot d_{c,v2}^2) \\ = (78,005,429,280.0 + 127,560.0 \times 307.4^2) + (5,184,000,000.0/21.0 + 1,080,000.0/21.0 \times 762.6^2) = 1.202E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v2} = y_{su} - v_2 = 912.0 - 307.4 = 604.6 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v2} = y_{sl} - v_2 = -912.0 - 307.4 = -1,219.4 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v2} = d_{c,v2} + T_c / 2 = 762.6 + 240.0 / 2 = 882.6 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v2} = y_{cu,v2} - T_c = 882.6 - 240.0 = 642.6 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,080,000.0 / 21.0 = 2.847E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{i2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,846,571.4 \times 882.6 = 2.171E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{c2} = E_s / n_2 = 205,000.0 / 21.0 = 9,761.905 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

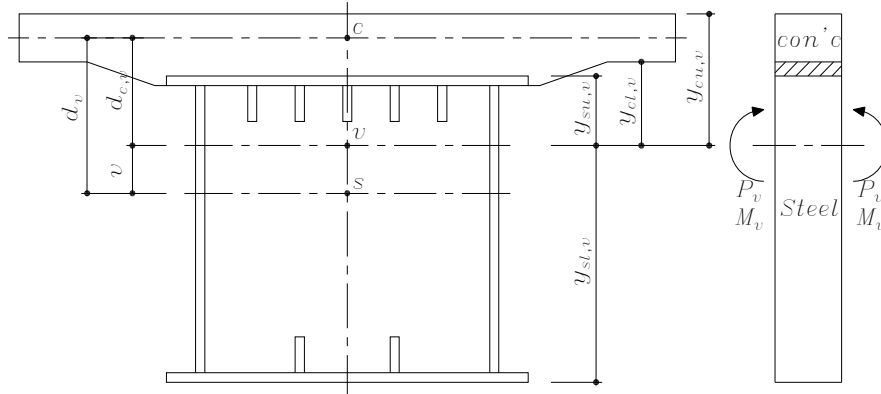
$$f_{cu,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{i2} + k \cdot M_{i2} \cdot y_{cu,v2}/I_{i2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ = (1/21.0) \times (2,846,571.4/178,988.6 + -0.096 \times 2,170,676,339.4 \times 882.6/120,214,773,924.1) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.951 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{i2} + k \cdot M_{i2} \cdot y_{cl,v2}/I_{i2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ = (1/21.0) \times (2,846,571.4/178,988.6 + -0.096 \times 2,170,676,339.4 \times 882.6/120,214,773,924.1) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.931 \text{ MPa}$$

■ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v2}/I_{v2} \\ = 2,846,571.4/178,988.6 + -0.096 \times 2,170,676,339.4 \times 604.6/120,214,773,924.1 = \mathbf{14.855 \text{ MPa}}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v2}/I_{v2} \\ = 2,846,571.4/178,988.6 + -0.096 \times 2,170,676,339.4 \times -1,219.4/120,214,773,924.1 = \mathbf{18.019 \text{ MPa}}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

■ 온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

■ 바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,080,000.0 / 7.0 = 3.795\text{E}+06 \text{ N}$$

■ P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 3,795,428.6 \times 484.3 = 1.838\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

■ 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,t} = 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cu,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t \\ = (1/7.0) \times (3,795,428.6/281,845.7 + -0.096 \times 1,838,009,177.1 \times 604.3/158,691,928,328.5) \\ - 27,804.0 \times 0.000120 = \mathbf{-1.509 \text{ MPa}}$$

$$f_{cl,t} = 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cl,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t \\ = (1/7.0) \times (3,795,428.6/281,845.7 + -0.096 \times 1,838,009,177.1 \times 364.3/158,691,928,328.5) \\ - 27,804.0 \times 0.000120 = \mathbf{-1.471 \text{ MPa}}$$

■ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_v \\ = 3,795,428.6/281,845.7 + -0.096 \times 1,838,009,177.1 \times 326.3/158,691,928,328.5 = \mathbf{13.103 \text{ MPa}}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_v \\ = 3,795,428.6/281,845.7 + -0.096 \times 1,838,009,177.1 \times -1,497.7/158,691,928,328.5 = \mathbf{15.133 \text{ MPa}}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 390.258 / 43,200.0 + 31.278 / 104,892,960.0 + 300.797 / 105,885,360.0 = 12.173 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 12.2 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 38.176 / 43,200.0 + 31.278 / 104,892,960.0 + 46.218 / 105,885,360.0 = 1.618 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 1.6 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 활하중 재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 391.815 / 43,200.0 + 31.278 / 104,892,960.0 + 305.312 / 105,885,360.0 = 12.251 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 12.3 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)
 f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)
 i : 응력구배계수
 n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$b / 23.0 \cdot i \cdot n = 17.4 \text{ mm} > t_u = 12 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 46.0 \cdot i \cdot n = 8.7 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} < b / 23.0 \cdot i \cdot n = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7 \{ b / (t_u \cdot i \cdot n) - 23.0 \} = 166.4 \text{ MPa}$$

$$b / 80.0 \cdot i \cdot n = 5.0 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} \geq b / 46.0 \cdot i \cdot n = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000 \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \}^2 = 198.0 \text{ MPa}$$

$$f_{ca} = 215.0 \text{ MPa} \text{ (합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면, \pi 형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우)}$$

$$\therefore f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1)

$$f_{ca} = 0.40 f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$$

($f_{ck} = 27.0 \text{ MPa}$ 사용)

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

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	7.492	-7.492	208.042	215.000
1+2+3	1.850	1.115	10.800	10.800	14.484	-39.588	215.000	215.000
1+2+3+5	1.872	1.125	10.800	10.800	14.361	-39.734	247.250	215.000
1+2+3+5+6	-0.079	-0.807	1.890	1.890	29.216	-21.716	247.250	215.000
1+2+3+5+6+7	-1.588	-2.277	2.174	2.174	42.320	-6.583	279.500	247.250
1+2+3+5+6-7	1.429	0.664	12.420	12.420	16.113	-36.848	279.500	247.250
1+2+4	-0.015	-0.009	2.268	2.268	7.435	-7.229	258.000	258.000
1+2+3+0.5×4	1.858	1.120	13.500	13.500	14.513	-39.722	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5	1.880	1.130	13.500	13.500	14.391	-39.868	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6	-0.072	-0.802	2.363	2.363	29.246	-21.849	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-1.580	-2.273	2.552	2.552	42.349	-6.717	290.250	290.250
1+2+3+0.5×4+5+6-7	1.437	0.669	14.580	14.580	16.142	-36.982	290.250	290.250

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.001	0.001	0.009	0.009	0.011	0.011	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.005	0.034	0.009	0.009	0.014	0.043	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.003	0.034	0.009	0.009	0.013	0.044	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.014	0.010	0.009	0.009	0.023	0.020	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.023	0.001	0.009	0.009	0.032	0.010	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.003	0.022	0.009	0.009	0.013	0.032	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.003	0.022	0.006	0.006	0.009	0.028	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.003	0.022	0.006	0.006	0.009	0.028	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.012	0.007	0.006	0.006	0.018	0.013	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.021	0.001	0.006	0.006	0.027	0.007	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.003	0.016	0.006	0.006	0.009	0.022	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{42.320}{279.500} \right)^2 + \left(\frac{12.173}{125.000} \right)^2 = 0.023 + 0.009 = 0.032 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{-39.734}{215.000} \right)^2 + \left(\frac{12.173}{125.000} \right)^2 = 0.034 + 0.009 = 0.044 \leq 1.2 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 압축(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 119.0 / 16.0 = 7.4 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b/(80 \cdot i \cdot n) = 2,400.0 / (80 \times 1.0 \times 6) = 5.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$(\text{합성형 스티드 설치시}) \quad t_{min} = 10.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 인장(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1)

$$t_{min} = b/(206 \times 1.200) = 1,800.0 / (206 \times 1.200) = 7.3 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 7.492)} = 5.36 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

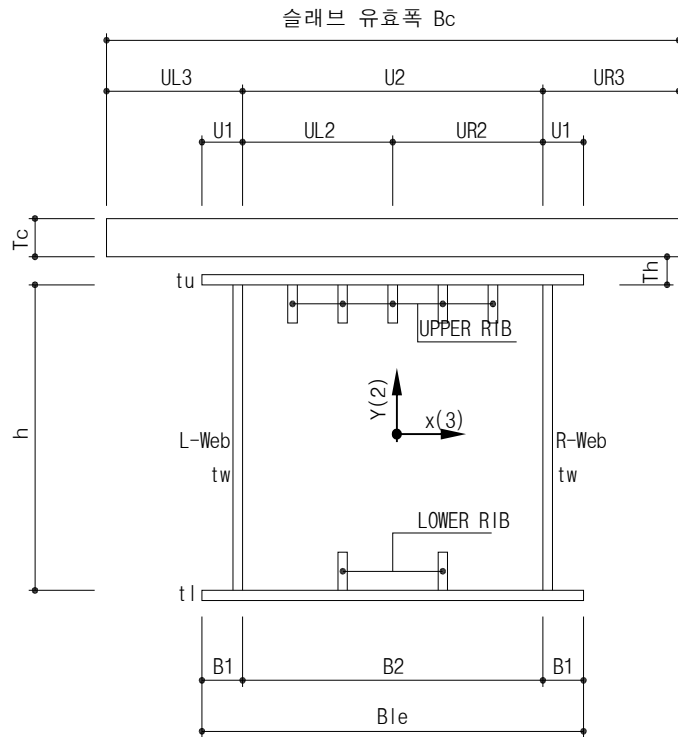
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	9.740	-9.740	355.000	0.K !!
1+2+3	4.003	2.413	16.200	0.K !!	24.871	-79.197	355.000	0.K !!
1+2+3+7	5.512	3.884	16.200	0.K !!	37.974	-94.330	355.000	0.K !!
1+2+3+5	4.025	2.423	16.200	0.K !!	24.748	-79.343	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6	2.074	0.492	16.200	0.K !!	39.603	-61.325	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.565	-0.979	16.200	0.K !!	52.706	-46.192	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	3.583	1.962	16.200	0.K !!	26.500	-76.457	355.000	0.K !!
1+2+4	-0.024	-0.015	16.200	0.K !!	9.648	-9.318	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4	4.011	2.418	16.200	0.K !!	24.900	-79.331	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+7	2.502	0.947	16.200	0.K !!	38.003	-64.198	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	4.033	2.428	16.200	0.K !!	24.777	-79.477	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	2.082	0.496	16.200	0.K !!	39.632	-61.458	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.573	-0.974	16.200	0.K !!	52.736	-46.326	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	3.591	1.967	16.200	0.K !!	26.529	-76.591	355.000	0.K !!

[G2 : 최대모멘트] : 절점 49 로 부터 이격거리 2.425 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM520B

Bc = 4,670.0 mm

UL3 = 1,100.0 mm

UR3 = 1,170.0 mm

U1 = 120.0 mm

UL2 = 1,200.0 mm

UR2 = 1,200.0 mm

상부 플랜지 유효폭

Bue = 2,640.0 mm

하부 플랜지 유효폭

Ble = 2,640.0 mm

B1 = 120.0 mm

B2 = 2,400.0 mm

Tc = 240.0 mm

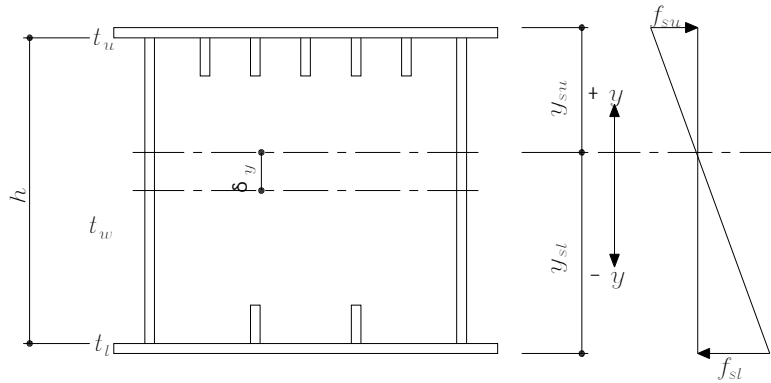
Th = 50.0 mm

h = 1,800.0 mm

$\Theta_L = 0.000^\circ$

$\Theta_R = 0.000^\circ$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = 0.0 / 127,560.0 = 0.000 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 1,800.0 / 2 + 12.0 - 0.000 = 912.000 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 1,800.0 / 2 + 12.0 + 0.000 \} = -912.000 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 11,704,135,320.0 + 66,301,293,960.0 - 127,560.0 \times 0.000^2 = 7.801\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = 632.770 \times 912.0 / 78,005,429,280.0 = 7.398 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = 632.770 \times -912.0 / 78,005,429,280.0 = -7.398 \text{ MPa}$$

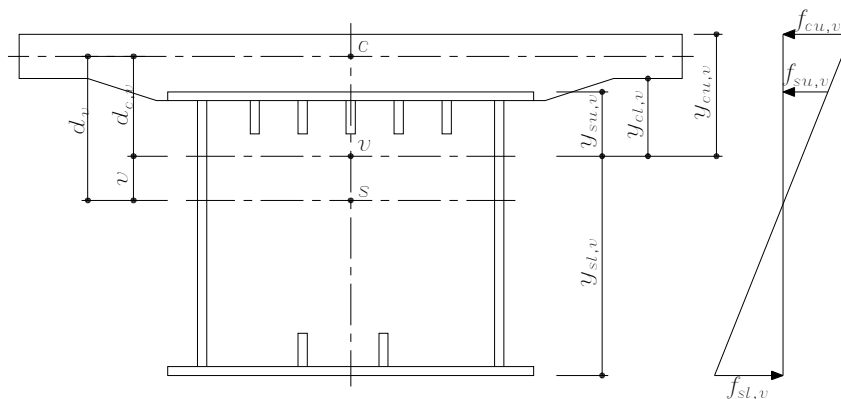
- 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = 4.371\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 23.109 / 43,200.0 + 30.947 / (2 \times 4,370,540.0 \times 12.0) = 0.830 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,120,800.0 / 7.0 = 160,114.3 \text{ mm}^2$$

- 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 5,379,840,000.0 / 7.0 = 7.685E+08 \text{ mm}^4$$

- 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_{cn1} = 127,560.0 + 160,114.3 = 287,674.3 \text{ mm}^2$$

- 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 912.0 - 12.0 + 50.0 + 240.0/2 = 1,070.0 \text{ mm}$$

- 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_{cn1} \times d_v / A_v = 160,114.3 \times 1,070.0 / 287,674.3 = 595.5 \text{ mm}$$

- 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v} = d_v - v = 1,070.0 - 595.5 = 474.5 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = I_s + A_s \cdot v^2 + I_{cn1} + A_{cn1} \cdot d_{c,v}^2 = 78,005,429,280.0 + 127,560.0 \times 595.5^2 + 768,548,571.4 + 160,114.3 \times 474.5^2 = 1.601E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 912.0 - 595.5 = 316.5 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -912.0 - 595.5 = -1,507.5 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 콘크리트 바닥판 상·하연까지의 거리

$$y_{cu,v} = d_{c,v} + T_c / 2 = 474.5 + 240.0 / 2 = 594.5 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v} = y_{cu,v} - T_c = 594.5 - 240.0 = 354.5 \text{ mm}$$

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v = 99.791 \times 316.5 / 160,059,107,877.1 = 0.197 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v = 99.791 \times -1,507.5 / 160,059,107,877.1 = -0.940 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 99.791 \times 594.5 / (160,059,107,877.1 \times 7.0) = 0.053 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 99.791 \times 354.5 / (160,059,107,877.1 \times 7.0) = 0.032 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$F_v = 4.412E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{sc} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 13.644 / 43,200.0 + 11.694 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 0.426 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v = 3,325.510 \times 316.5 / 160,059,107,877.1 = 6.575 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v = 3,325.510 \times -1,507.5 / 160,059,107,877.1 = -31.322 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 3,325.510 \times 594.5 / (160,059,107,877.1 \times 7.0) = 1.764 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 3,325.510 \times 354.5 / (160,059,107,877.1 \times 7.0) = 1.052 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 348.150 / 43,200.0 + 282.933 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 10.731 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응력 검토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_v = 58.791 \times 316.5 / 160,059,107,877.1 = 0.116 \text{ MPa}$$

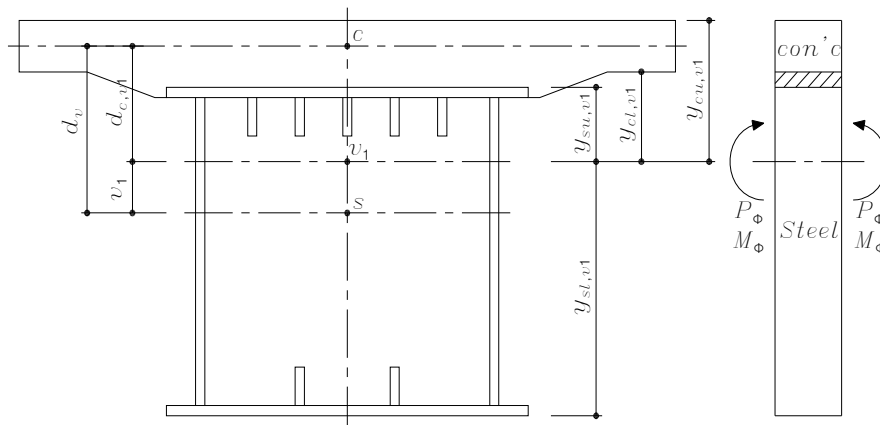
$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_v = 58.791 \times -1,507.5 / 160,059,107,877.1 = -0.554 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 58.791 \times 594.5 / (160,059,107,877.1 \times 7.0) = 0.031 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 58.791 \times 354.5 / (160,059,107,877.1 \times 7.0) = 0.019 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$\begin{aligned} u &= V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 2.385 / 43,200.0 + 8.669 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 0.137 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

■ 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = -0.097 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 7.0 \times (1 + 2.0 / 2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_c / n_1 = 127,560.0 + 1,120,800.0 / 14.0 = 2.076 \times 10^5 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_c / n_1) \times d_v / A_{v1} = (1,120,800.0 / 14.0) \times 1,070.0 / 207,617.1 = 412.6 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v - v_1 = 1,070.0 - 412.6 = 657.4 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v_1^2) + (I_c / n_1 + A_c / n_1 \cdot d_{c,v1}^2)$$

$$\begin{aligned} &= (78,005,429,280.0 + 127,560.0 \times 412.6^2) + (5,379,840,000.0 / 14.0 \\ &\quad + 1,120,800.0 / 14.0 \times 657.4^2) = 1.347 \times 10^{11} \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

■ 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v1} = y_{su} - v_1 = 912.0 - 412.6 = 499.4 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v1} = y_{sl} - v_1 = -912.0 - 412.6 = -1,324.6 \text{ mm}$$

■ 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v1} = d_{c,v1} + T_c / 2 = 657.4 + 240.0 / 2 = 777.4 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v1} = y_{cu,v1} - T_c = 777.4 - 240.0 = 537.4 \text{ mm}$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v} \cdot A_{c1} / (n \cdot I_v) = 99.8 \times 474.5 \times 1,120,800.0 / (7.0 \times 160,059,107,877.1) = 4.736E+04 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 47,363.1 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = 4.736E+04 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = 47,363.1 \times 657.4 = 3.114E+07 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 27,804.0 / (1 + 2.0 / 2) = 13,902.000 \text{ MPa}$$

- 2차 고정하중에 의한 합성단면에서 콘크리트 바닥판 상·하연 응력

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 99.791 \times 594.5 / (160,059,107,877.1 \times 7.0) = 0.053 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / (I_v \cdot n) = 99.791 \times 354.5 / (160,059,107,877.1 \times 7.0) = 0.032 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

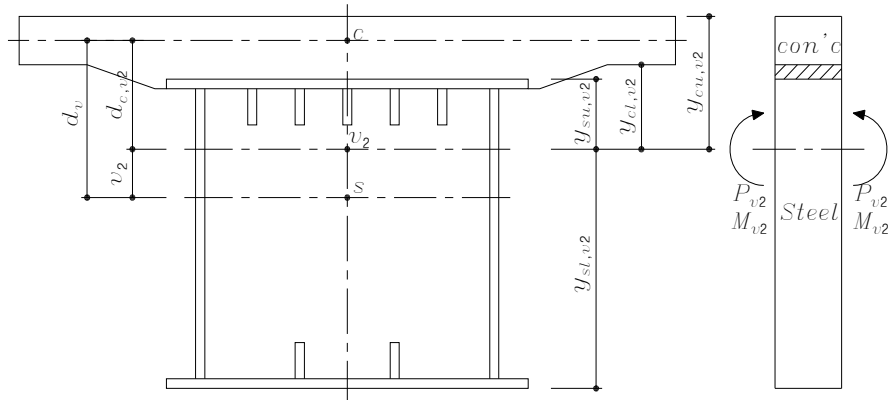
$$f_{cu,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cu,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu,v} \cdot \phi_1 / E_c = (1/14.0) \times (47,363.1/207,617.1 + -0.097 \times 31,136,882.6 \times 777.4/134,704,036,278.1) - 13,902.0 \times 0.053 \times 2.0/27,804.0 = -0.038 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cl,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl,v} \cdot \phi_1 / E_c = (1/14.0) \times (47,363.1/207,617.1 + -0.097 \times 31,136,882.6 \times 537.4/134,704,036,278.1) - 13,902.0 \times 0.032 \times 2.0/27,804.0 = -0.016 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v1} / I_{v1} = 47,363.1/207,617.1 + -0.097 \times 31,136,882.6 \times 499.4/134,704,036,278.1 = 0.217 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v1} / I_{v1} = 47,363.1/207,617.1 + -0.097 \times 31,136,882.6 \times -1,324.6/134,704,036,278.1 = 0.258 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 Φ_2 는 $\Phi_2 = 2 \cdot \Phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\Phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \Phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 127,560.0 + 1,120,800.0 / 21.0 = 1.809E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2} = (1,120,800.0/21.0) \times 1,070.0 / 180,931.4 = 315.6 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,070.0 - 315.6 = 754.4 \text{ mm}$$

$$I_{v2} = (I_s + A_s \cdot v_2^2) + (I_c/n_2 + A_c/n_2 \cdot d_{c,v2}^2) \\ = (78,005,429,280.0 + 127,560.0 \times 315.6^2) + (5,379,840,000.0/21.0 + 1,120,800.0/21.0 \times 754.4^2) = 1.213E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v2} = y_{su} - v_2 = 912.0 - 315.6 = 596.4 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v2} = y_{sl} - v_2 = -912.0 - 315.6 = -1,227.6 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v2} = d_{c,v2} + T_c / 2 = 754.4 + 240.0 / 2 = 874.4 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v2} = y_{cu,v2} - T_c = 874.4 - 240.0 = 634.4 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,120,800.0 / 21.0 = 2.954E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,954,108.6 \times 874.4 = 2.228E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{c2} = E_s / n_2 = 205,000.0 / 21.0 = 9,761.905 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{cu,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ = (1/21.0) \times (2,954,108.6/180,931.4 + -0.097 \times 2,228,490,201.0 \times 874.4/121,341,729,844.2) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.932 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{cl,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ = (1/21.0) \times (2,954,108.6/180,931.4 + -0.097 \times 2,228,490,201.0 \times 874.4/121,341,729,844.2) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.912 \text{ MPa}$$

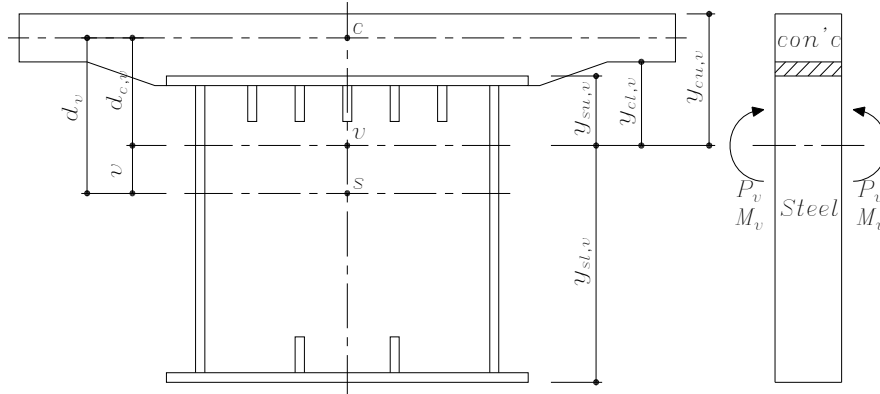
■ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v2}/I_{v2}$$

$$= 2,954,108.6/180,931.4 + -0.097 \times 2,228,490,201.0 \times 596.4/121,341,729,844.2 = 15.270 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v2}/I_{v2}$$

$$= 2,954,108.6/180,931.4 + -0.097 \times 2,228,490,201.0 \times -1,227.6/121,341,729,844.2 = 18.503 \text{ MPa}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

■ 온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

■ 바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,120,800.0 / 7.0 = 3.939\text{E}+06 \text{ N}$$

■ P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 3,938,811.4 \times 474.5 = 1.869\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

■ 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,t} = 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cu,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t$$

$$= (1/7.0) \times (3,938,811.4/287,674.3 + -0.097 \times 1,868,798,316.5 \times 594.5/160,059,107,877.1) - 27,804.0 \times 0.000120 = -1.476 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,t} = 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cl,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t$$

$$= (1/7.0) \times (3,938,811.4/287,674.3 + -0.097 \times 1,868,798,316.5 \times 354.5/160,059,107,877.1) - 27,804.0 \times 0.000120 = -1.438 \text{ MPa}$$

■ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_v$$

$$= 3,938,811.4/287,674.3 + -0.097 \times 1,868,798,316.5 \times 316.5/160,059,107,877.1 = 13.335 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_v$$

$$= 3,938,811.4/287,674.3 + -0.097 \times 1,868,798,316.5 \times -1,507.5/160,059,107,877.1 = 15.391 \text{ MPa}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 384.902 / 43,200.0 + 30.947 / 104,892,960.0 + 294.627 / 105,885,360.0 = 11.987 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 12.0 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 39.137 / 43,200.0 + 30.947 / 104,892,960.0 + 20.363 / 105,885,360.0 = 1.393 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 1.4 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 활하중 재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 386.095 / 43,200.0 + 30.947 / 104,892,960.0 + 298.961 / 105,885,360.0 = 12.056 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 12.1 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$b / 23.0 \cdot i \cdot n = 17.4 \text{ mm} > t_u = 12 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 46.0 \cdot i \cdot n = 8.7 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} < b / 23.0 \cdot i \cdot n = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7 \{ b / (t_u \cdot i \cdot n) - 23.0 \} = 166.4 \text{ MPa}$$

$$b / 80.0 \cdot i \cdot n = 5.0 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} \geq b / 46.0 \cdot i \cdot n = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000 \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \}^2 = 198.0 \text{ MPa}$$

$$f_{ca} = 215.0 \text{ MPa} \text{ (합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면, \pi 형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우)}$$

$$\therefore f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1)

$$f_{ca} = 0.40 f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$$

($f_{ck} = 27.0 \text{ MPa}$ 사용)

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

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	7.398	-7.398	208.042	215.000
1+2+3	1.817	1.084	10.800	10.800	14.170	-39.660	215.000	215.000
1+2+3+5	1.779	1.068	10.800	10.800	14.387	-39.402	247.250	215.000
1+2+3+5+6	-0.153	-0.844	1.890	1.890	29.658	-20.899	247.250	215.000
1+2+3+5+6+7	-1.629	-2.282	2.174	2.174	42.993	-5.508	279.500	247.250
1+2+3+5+6-7	1.324	0.593	12.420	12.420	16.322	-36.290	279.500	247.250
1+2+4	0.084	0.050	12.960	12.960	7.712	-8.892	258.000	258.000
1+2+3+0.5×4	1.833	1.093	13.500	13.500	14.228	-39.937	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5	1.795	1.077	13.500	13.500	14.445	-39.679	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6	-0.137	-0.835	2.363	2.363	29.716	-21.176	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-1.613	-2.273	2.552	2.552	43.051	-5.785	290.250	290.250
1+2+3+0.5×4+5+6-7	1.339	0.603	14.580	14.580	16.380	-36.566	290.250	290.250

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.001	0.001	0.009	0.009	0.010	0.010	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.004	0.034	0.009	0.009	0.014	0.043	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.003	0.034	0.009	0.009	0.013	0.043	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.014	0.009	0.009	0.009	0.024	0.019	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.024	0.000	0.009	0.009	0.033	0.010	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.003	0.022	0.009	0.009	0.013	0.031	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.003	0.022	0.006	0.006	0.009	0.028	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.003	0.022	0.006	0.006	0.009	0.028	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.012	0.006	0.006	0.006	0.018	0.012	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.022	0.000	0.006	0.006	0.028	0.006	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.003	0.016	0.006	0.006	0.009	0.022	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{42.993}{279.500} \right)^2 + \left(\frac{11.987}{125.000} \right)^2 = 0.024 + 0.009 = 0.033 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{-39.660}{215.000} \right)^2 + \left(\frac{11.987}{125.000} \right)^2 = 0.034 + 0.009 = 0.043 \leq 1.2 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 압축(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 119.0 / 16.0 = 7.4 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b/(80 \cdot i \cdot n) = 2,400.0 / (80 \times 1.0 \times 6) = 5.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$(\text{합성형 스티드 설치시}) \quad t_{min} = 10.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 인장(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1)

$$t_{min} = b/(206 \times 1.200) = 1,800.0 / (206 \times 1.200) = 7.3 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 7.398)} = 5.39 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

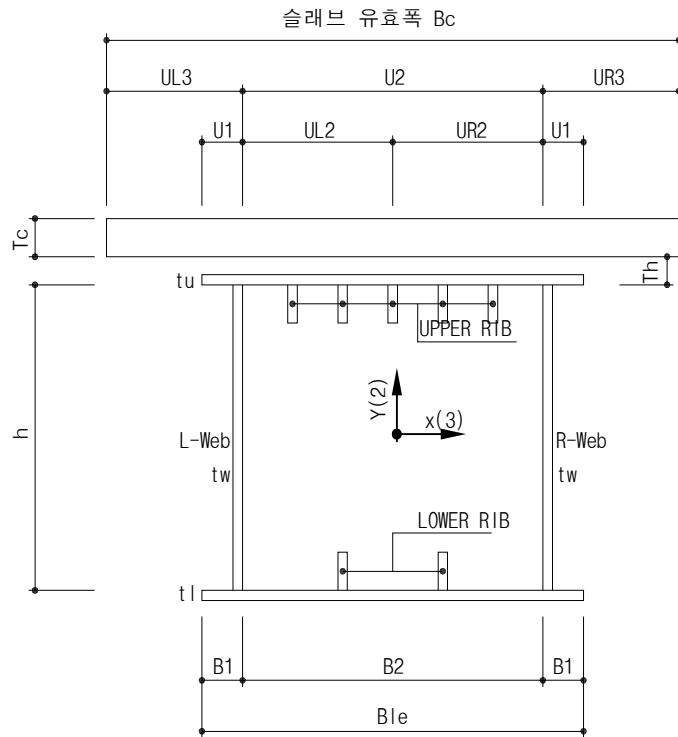
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	9.617	-9.617	355.000	0.K !!
1+2+3	3.862	2.303	16.200	0.K !!	24.010	-78.181	355.000	0.K !!
1+2+3+7	5.339	3.741	16.200	0.K !!	37.345	-93.572	355.000	0.K !!
1+2+3+5	3.824	2.287	16.200	0.K !!	24.227	-77.924	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6	1.892	0.375	16.200	0.K !!	39.497	-59.421	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.416	-1.062	16.200	0.K !!	52.833	-44.030	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	3.369	1.813	16.200	0.K !!	26.162	-74.811	355.000	0.K !!
1+2+4	0.100	0.060	16.200	0.K !!	9.990	-11.393	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4	3.878	2.312	16.200	0.K !!	24.068	-78.458	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+7	2.402	0.875	16.200	0.K !!	37.404	-63.068	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	3.840	2.296	16.200	0.K !!	24.285	-78.200	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	1.908	0.384	16.200	0.K !!	39.555	-59.697	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.432	-1.053	16.200	0.K !!	52.891	-44.307	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	3.384	1.822	16.200	0.K !!	26.220	-75.088	355.000	0.K !!

[G2 : 최소단면] : 절점 74 로 부터 이격거리 0.000 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM520B

Bc = 4,670.0 mm

UL3 = 1,100.0 mm

UR3 = 1,170.0 mm

U1 = 120.0 mm

UL2 = 1,200.0 mm

UR2 = 1,200.0 mm

상부 플랜지 유효폭

Bue = 2,640.0 mm

하부 플랜지 유효폭

Ble = 2,640.0 mm

B1 = 120.0 mm

B2 = 2,400.0 mm

Tc = 440.0 mm

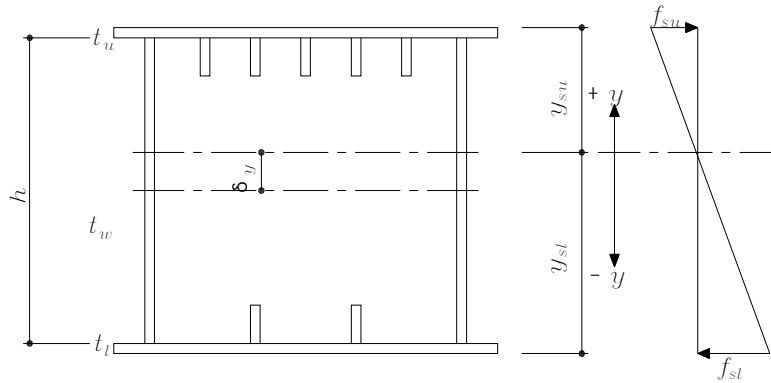
Th = 50.0 mm

h = 1,600.0 mm

$\Theta_L = 0.000^\circ$

$\Theta_R = 0.000^\circ$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = 3,915,000.0 / 114,360.0 = 34.234 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 1,600.0 / 2 + 12.0 - 34.234 = 777.766 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 1,600.0 / 2 + 12.0 + 34.234 \} = -846.234 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 8,216,385,320.0 + 47,783,811,960.0 - 114,360.0 \times 34.234^2 = 5.587\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = 0.039 \times 777.8 / 55,866,171,178.2 = 0.001 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = 0.039 \times -846.2 / 55,866,171,178.2 = -0.001 \text{ MPa}$$

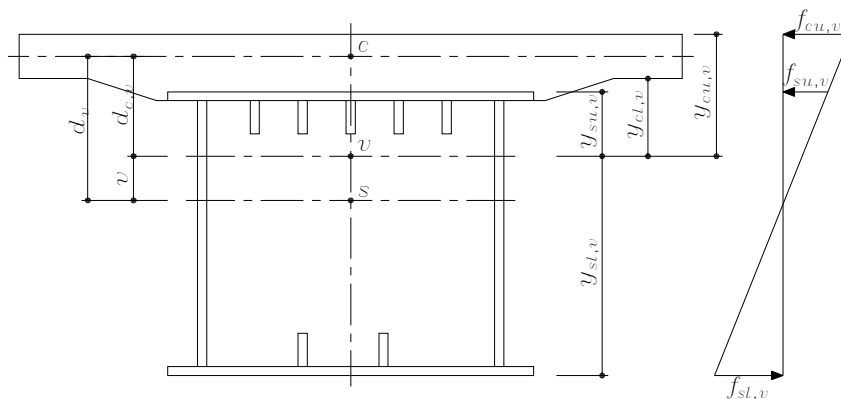
- 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = 3.888\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 568.604 / 38,400.0 + 95.598 / (2 \times 3,888,140.0 \times 12.0) = 15.832 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 2,054,800.0 / 7.0 = 293,542.9 \text{ mm}^2$$

- 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 33,150,773,333.3 / 7.0 = 4.736E+09 \text{ mm}^4$$

- 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_{cn1} = 114,360.0 + 293,542.9 = 407,902.9 \text{ mm}^2$$

- 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 777.8 - 12.0 + 50.0 + 440.0/2 = 1,035.8 \text{ mm}$$

- 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_{cn1} \times d_v / A_v = 293,542.9 \times 1,035.8 / 407,902.9 = 745.4 \text{ mm}$$

- 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v} = d_v - v = 1,035.8 - 745.4 = 290.4 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = I_s + A_s \cdot v^2 + I_{cn1} + A_{cn1} \cdot d_{c,v}^2 = 55,866,171,178.2 + 114,360.0 \times 745.4^2 + 4,735,824,761.9 + 293,542.9 \times 290.4^2 = 1.489E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 777.8 - 745.4 = 32.4 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -846.2 - 745.4 = -1,591.6 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 콘크리트 바닥판 상·하연까지의 거리

$$y_{cu,v} = d_{c,v} + T_c / 2 = 290.4 + 440.0 / 2 = 510.4 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v} = y_{cu,v} - T_c = 510.4 - 440.0 = 70.4 \text{ mm}$$

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v = -1.597 \times 32.4 / 148,892,138,838.7 = 0.000 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v = -1.597 \times -1,591.6 / 148,892,138,838.7 = 0.017 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = -1.597 \times 510.4 / (148,892,138,838.7 \times 7.0) = -0.001 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = -1.597 \times 70.4 / (148,892,138,838.7 \times 7.0) = 0.000 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$F_v = 3.964E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{sc} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 227.597 / 38,400.0 + 129.014 / (2 \times 3,963,950.0 \times 12.0) = 7.283 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v = 5.876 \times 32.4 / 148,892,138,838.7 = 0.001 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v = 5.876 \times -1,591.6 / 148,892,138,838.7 = -0.063 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 5.876 \times 510.4 / (148,892,138,838.7 \times 7.0) = 0.003 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 5.876 \times 70.4 / (148,892,138,838.7 \times 7.0) = 0.000 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 671.837 / 38,400.0 + 691.976 / (2 \times 3,963,950.0 \times 12.0) = 24.769 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응력 검토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_v = 1.921 \times 32.4 / 148,892,138,838.7 = 0.000 \text{ MPa}$$

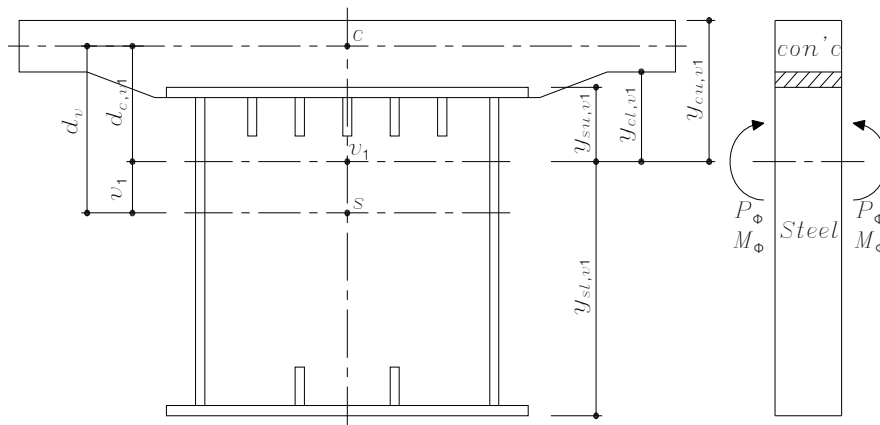
$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_v = 1.921 \times -1,591.6 / 148,892,138,838.7 = -0.021 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 1.921 \times 510.4 / (148,892,138,838.7 \times 7.0) = 0.001 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 1.921 \times 70.4 / (148,892,138,838.7 \times 7.0) = 0.000 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$\begin{aligned} u &= V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 17.515 / 38,400.0 + 133.201 / (2 \times 3,963,950.0 \times 12.0) = 1.856 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = 1.000 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 7.0 \times (1 + 2.0 / 2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_c / n_1 = 114,360.0 + 2,054,800.0 / 14.0 = 2.611 \text{E}+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_c / n_1) \times d_v / A_{v1} = (2,054,800.0 / 14.0) \times 1,035.8 / 261,131.4 = 582.2 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v - v_1 = 1,035.8 - 582.2 = 453.6 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v_1^2) + (I_c / n_1 + A_c / n_1 \cdot d_{c,v1}^2)$$

$$\begin{aligned} &= (55,866,171,178.2 + 114,360.0 \times 582.2^2) + (33,150,773,333.3 / 14.0 \\ &\quad + 2,054,800.0 / 14.0 \times 453.6^2) = 1.272 \text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v1} = y_{su} - v_1 = 777.8 - 582.2 = 195.6 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v1} = y_{sl} - v_1 = -846.2 - 582.2 = -1,428.4 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v1} = d_{c,v1} + T_c / 2 = 453.6 + 440.0 / 2 = 673.6 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v1} = y_{cu,v1} - T_c = 673.6 - 440.0 = 233.6 \text{ mm}$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v} \cdot A_{c1} / (n \cdot I_v) = -1.6 \times 290.4 \times 2,054,800.0 / (7.0 \times 148,892,138,838.7) = -9.142E+02 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -914.2 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = -9.142E+02 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = -914.2 \times 453.6 = -4.147E+05 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 27,804.0 / (1 + 2.0 / 2) = 13,902.000 \text{ MPa}$$

- 2차 고정하중에 의한 합성단면에서 콘크리트 바닥판 상·하면 응력

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = -1.597 \times 510.4 / (148,892,138,838.7 \times 7.0) = -0.001 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / (I_v \cdot n) = -1.597 \times 70.4 / (148,892,138,838.7 \times 7.0) = 0.000 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

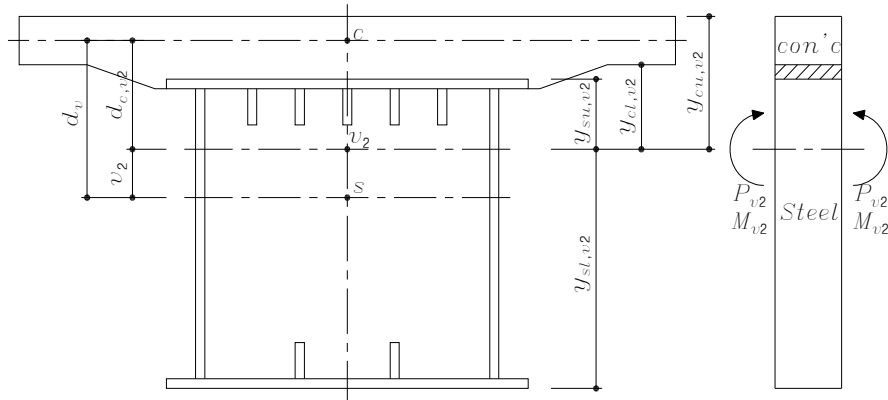
$$f_{cu,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cu,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu,v} \cdot \phi_1 / E_c = (1/14.0) \times (-914.2/261,131.4 + 1.000 \times -414,683.6 \times 673.6/127,191,316,594.8) - 13,902.0 \times -0.001 \times 2.0/27,804.0 = 0.000 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cl,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl,v} \cdot \phi_1 / E_c = (1/14.0) \times (-914.2/261,131.4 + 1.000 \times -414,683.6 \times 233.6/127,191,316,594.8) - 13,902.0 \times 0.000 \times 2.0/27,804.0 = 0.000 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v1} / I_{v1} = -914.2/261,131.4 + 1.000 \times -414,683.6 \times 195.6/127,191,316,594.8 = -0.004 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v1} / I_{v1} = -914.2/261,131.4 + 1.000 \times -414,683.6 \times -1,428.4/127,191,316,594.8 = 0.001 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 Φ_2 는 $\Phi_2 = 2 \cdot \Phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\Phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \Phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{i2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 114,360.0 + 2,054,800.0 / 21.0 = 2.122E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{i2} = (2,054,800.0/21.0) \times 1,035.8 / 212,207.6 = 477.6 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,035.8 - 477.6 = 558.2 \text{ mm}$$

$$I_{i2} = (I_s + A_s \cdot v_2^2) + (I_{c1}/n_2 + A_{c1}/n_2 \cdot d_{c,v2}^2) \\ = (55,866,171,178.2 + 114,360.0 \times 477.6^2) + (33,150,773,333.3/21.0 + 2,054,800.0/21.0 \times 558.2^2) = 1.140E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v2} = y_{su} - v_2 = 777.8 - 477.6 = 300.2 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v2} = y_{sl} - v_2 = -846.2 - 477.6 = -1,323.8 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v2} = d_{c,v2} + T_c / 2 = 558.2 + 440.0 / 2 = 778.2 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v2} = y_{cu,v2} - T_c = 778.2 - 440.0 = 338.2 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 2,054,800.0 / 21.0 = 5.416E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{i2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 5,415,865.7 \times 778.2 = 3.023E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{c2} = E_s / n_2 = 205,000.0 / 21.0 = 9,761.905 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{i2} + k \cdot M_{i2} \cdot y_{cu,v2}/I_{i2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ = (1/21.0) \times (5,415,865.7/212,207.6 + 1.000 \times 3,023,031,783.3 \times 778.2/114,014,852,501.0) - 9,761.9 \times 0.000270 = -0.438 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{i2} + k \cdot M_{i2} \cdot y_{cl,v2}/I_{i2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ = (1/21.0) \times (5,415,865.7/212,207.6 + 1.000 \times 3,023,031,783.3 \times 778.2/114,014,852,501.0) - 9,761.9 \times 0.000270 = -0.993 \text{ MPa}$$

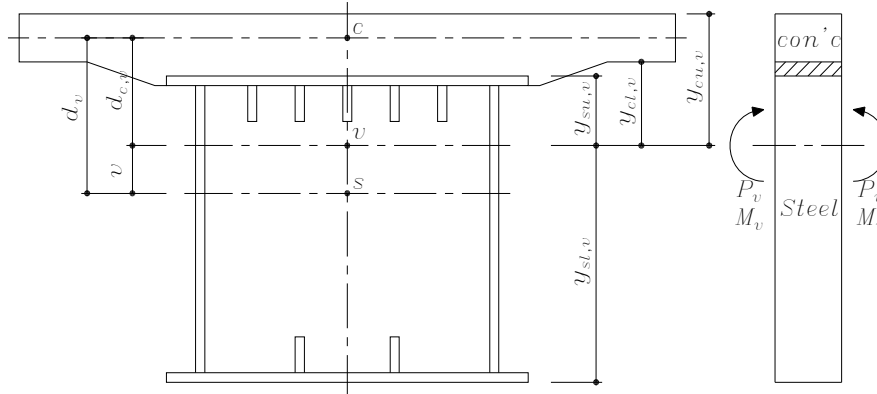
■ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v2}/I_{v2}$$

$$= 5,415,865.7/212,207.6 + 1.000 \times 3,023,031,783.3 \times 300.2/114,014,852,501.0 = 33.481 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v2}/I_{v2}$$

$$= 5,415,865.7/212,207.6 + 1.000 \times 3,023,031,783.3 \times -1,323.8/114,014,852,501.0 = -9.579 \text{ MPa}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

■ 온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

■ 바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 2,054,800.0 / 7.0 = 7.221\text{E}+06 \text{ N}$$

■ P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 7,221,154.3 \times 290.4 = 2.097\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

■ 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,t} = 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cu,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t$$

$$= (1/7.0) \times (7,221,154.3/407,902.9 + 1.000 \times 2,096,938,411.7 \times 510.4/148,892,138,838.7) - 27,804.0 \times 0.000120 = 0.219 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,t} = 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cl,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t$$

$$= (1/7.0) \times (7,221,154.3/407,902.9 + 1.000 \times 2,096,938,411.7 \times 70.4/148,892,138,838.7) - 27,804.0 \times 0.000120 = -0.666 \text{ MPa}$$

■ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_v$$

$$= 7,221,154.3/407,902.9 + 1.000 \times 2,096,938,411.7 \times 32.4/148,892,138,838.7 = 18.159 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_v$$

$$= 7,221,154.3/407,902.9 + 1.000 \times 2,096,938,411.7 \times -1,591.6/148,892,138,838.7 = -4.713 \text{ MPa}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,468.038 / 38,400.0 + 95.598 / 93,315,360.0 + 820.990 / 95,134,800.0 = 47.884 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 47.9 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 813.716 / 38,400.0 + 95.598 / 93,315,360.0 + 262.215 / 95,134,800.0 = 24.971 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 25.0 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 활하중 재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,476.795 / 38,400.0 + 95.598 / 93,315,360.0 + 887.591 / 95,134,800.0 = 48.812 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 48.8 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65 (\phi / n)^2 + 0.13 (\phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$b / 23.0 \cdot i \cdot n = 17.4 \text{ mm} > t_u = 12 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 46.0 \cdot i \cdot n = 8.7 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} < b / 23.0 \cdot i \cdot n = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7 \{ b / (t_u \cdot i \cdot n) - 23.0 \} = 166.4 \text{ MPa}$$

$$b / 80.0 \cdot i \cdot n = 5.0 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} \geq b / 46.0 \cdot i \cdot n = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000 \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \}^2 = 198.0 \text{ MPa}$$

$$f_{ca} = 215.0 \text{ MPa} \text{ (합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면, \pi 형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우)}$$

$$\therefore f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1)

$$f_{ca} = 0.40 f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$$

($f_{ck} = 27.0 \text{ MPa}$ 사용)

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

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	0.001	-0.001	208.042	215.000
1+2+3	0.002	0.000	10.800	10.800	0.001	-0.046	215.000	215.000
1+2+3+5	0.002	0.000	10.800	10.800	-0.003	-0.045	247.250	215.000
1+2+3+5+6	-0.435	-0.993	1.890	1.890	33.478	-9.624	247.250	215.000
1+2+3+5+6+7	-0.216	-1.659	2.174	2.174	51.637	-14.336	279.500	247.250
1+2+3+5+6-7	-0.655	-0.327	2.174	2.174	15.319	-4.911	279.500	247.250
1+2+4	0.000	0.000	12.960	12.960	0.001	-0.004	258.000	258.000
1+2+3+0.5×4	0.003	0.000	13.500	13.500	0.002	-0.057	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5	0.003	0.000	13.500	13.500	-0.002	-0.055	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6	-0.435	-0.993	2.363	2.363	33.478	-9.634	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-0.216	-1.659	2.552	2.552	51.637	-14.347	290.250	290.250
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-0.654	-0.327	2.552	2.552	15.319	-4.922	290.250	290.250

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.000	0.000	0.147	0.147	0.147	0.147	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.000	0.000	0.147	0.147	0.147	0.147	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.000	0.000	0.147	0.147	0.147	0.147	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.018	0.002	0.147	0.147	0.165	0.149	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.034	0.003	0.147	0.147	0.181	0.150	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.003	0.000	0.147	0.147	0.150	0.147	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.000	0.000	0.028	0.028	0.028	0.028	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.000	0.000	0.098	0.098	0.098	0.098	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.000	0.000	0.098	0.098	0.098	0.098	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.016	0.001	0.098	0.098	0.113	0.099	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.032	0.002	0.098	0.098	0.129	0.100	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.003	0.000	0.098	0.098	0.100	0.098	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{51.637}{279.500} \right)^2 + \left(\frac{47.884}{125.000} \right)^2 = 0.034 + 0.147 = 0.181 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{-14.336}{247.250} \right)^2 + \left(\frac{47.884}{125.000} \right)^2 = 0.003 + 0.147 = 0.150 \leq 1.2 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 압축(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 119.0 / 16.0 = 7.4 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b/(80 \cdot i \cdot n) = 2,400.0 / (80 \times 1.0 \times 6) = 5.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$(\text{합성형 스티드 설치시}) \quad t_{min} = 10.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 인장(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1)

$$t_{min} = b/(206 \times 1.200) = 1,600.0 / (206 \times 1.200) = 6.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 0.001)} = 627.17 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사 (도.설.기 3.9.3.2)

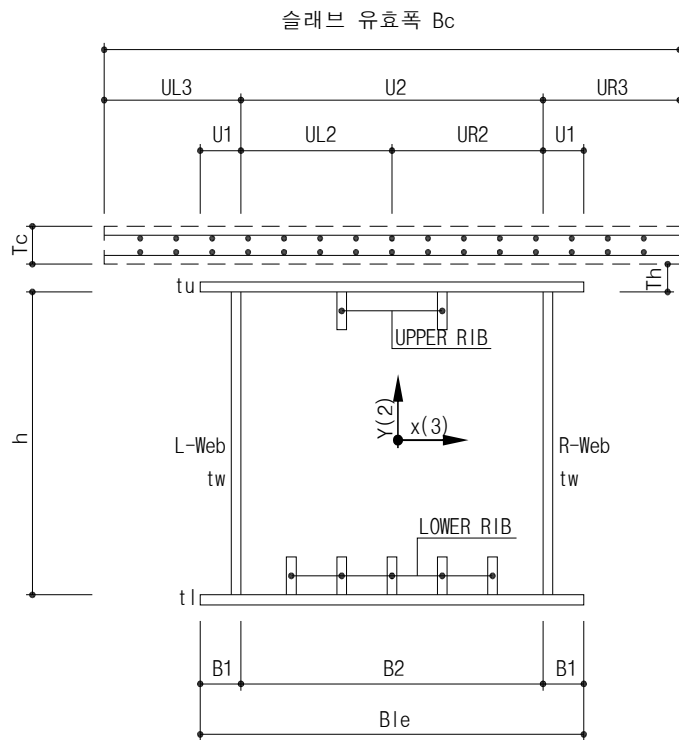
- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	0.001	-0.001	355.000	0.K !!
1+2+3	0.005	0.001	16.200	0.K !!	0.003	-0.114	355.000	0.K !!
1+2+3+7	0.225	0.667	16.200	0.K !!	18.162	-4.826	355.000	0.K !!
1+2+3+5	0.006	0.001	16.200	0.K !!	-0.001	-0.112	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6	-0.432	-0.993	16.200	0.K !!	33.480	-9.691	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	-0.213	-1.659	16.200	0.K !!	51.639	-14.404	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	-0.652	-0.327	16.200	0.K !!	15.320	-4.979	355.000	0.K !!
1+2+4	0.000	0.000	16.200	0.K !!	0.001	0.001	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.006	0.001	16.200	0.K !!	0.003	-0.124	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+7	0.225	-0.665	16.200	0.K !!	18.162	-4.836	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.006	0.001	16.200	0.K !!	-0.001	-0.123	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	-0.432	-0.993	16.200	0.K !!	33.480	-9.701	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-0.212	-1.659	16.200	0.K !!	51.639	-14.414	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-0.651	-0.327	16.200	0.K !!	15.320	-4.989	355.000	0.K !!

4.7.3 부모멘트

[G2 : 단면 - 5] : 절점 45 로 부터 이격거리 2.426 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM520B

$B_c = 4,248.6$ mm

$U_1 = 120.0$ mm

$UL_2 = 1,200.0$ mm

$UR_2 = 1,200.0$ mm

상부 플랜지 유효폭

$B_{ue} = 2,384.2$ mm

하부 플랜지 유효폭

$B_{le} = 2,384.2$ mm

$B_1 = 120.0$ mm

$B_2 = 2,400.0$ mm

$T_c = 240.0$ mm

$T_h = 50.0$ mm

$h = 1,800.0$ mm

$\Theta_L = 0.000^\circ$

$\Theta_R = 0.000^\circ$

구 분	단 위	입력 Data
E_s : 강재 탄성계수	MPa	205,000.0
E_c : 콘크리트의 탄성계수	MPa	27,804.0
ε_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율	-	0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수	-	0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수	-	4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비	-	7
Δt : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
M_s : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	-3,526.680
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	-1,589.480
M_w : 풍하중에의한 모멘트	kN·m	-95.900
M_v : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	-3,639.330
V_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	952.620
V_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	430.484
V_w : 풍하중에의한 전단력	kN	40.535
V_v : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	731.332
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	184.786
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	34.406
M_{wt} : 풍하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	118.119
M_{vt} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	682.539
t_{cu}, t_{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

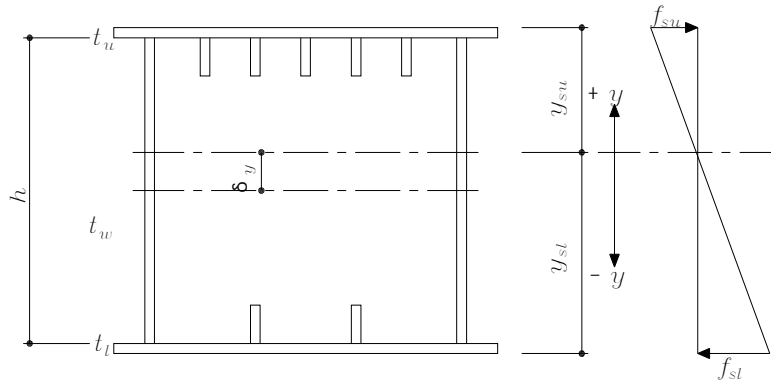
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

X(3)축 방향 단면 제원

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 - 2,384.2 × 12.0	28,610.9	906.0	2.592E+07	2.348E+10	3.433E+05
UPPER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	825.0	8.663E+06	7.147E+09	1.969E+07
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-825.0	-8.663E+06	7.147E+09	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,384.2 × 14.0	33,379.4	-907.0	-3.028E+07	2.746E+10	5.452E+05
강재 단면 합계		126,190.2	-	-4.354E+06	6.524E+10	1.170E+10
UPPER RE-Bar (A_{ru})		12,172.3	1,130.0	13,754,694.8	15,542,805,145.5	-
LOWER RE-Bar (A_{rl})		12,172.3	990.0	12,050,573.3	11,930,067,603.6	-
RE-Bar 합계		24,344.6		2.581E+07	2.747E+10	-
RC. SLAB	1 - 4,248.6 × 240.0	1,019,668.8	1,070.0	1.091E+09	1.167E+12	4.894E+09
※ $A_s = 126,190.2 \text{ mm}^2$ $A_{c1} = 1,019,668.8 \text{ mm}^2$ $A_r = 24,344.6 \text{ mm}^2$						

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -4,353,622.2 / 126,190.2 = -34.500 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 1,800.0 / 2 + 12.0 - (-34.500) = 946.500 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 1,800.0 / 2 + 14.0 + (-34.500) \} = -879.500 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 11,704,263,526.8 + 65,237,462,420.3 - 126,190.2 \times (-34.500)^2 = 7.679\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = -3,526.680 \times 946.5 / 76,791,523,945.7 = -43.468 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = -3,526.680 \times -879.5 / 76,791,523,945.7 = 40.391 \text{ MPa}$$

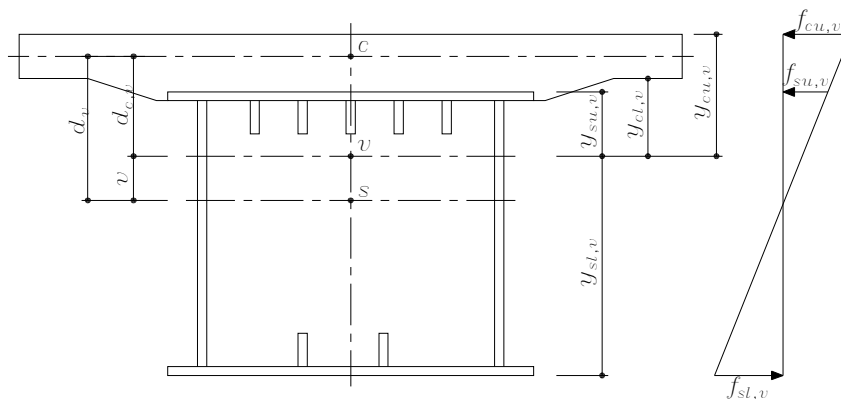
- 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 4.141\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 952.620 / 43,200.0 + 184.786 / (2 \times 4,141,110.0 \times 12.0) = 23.911 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_r = 126,190.2 + 24,344.6 = 150,534.8 \text{ mm}^2$$

- 강재도심선에서 철근 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 946.5 - 12.0 + 50.0 + 40.0 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,172.3 / 24,344.6 = 1,094.5 \text{ mm}$$

- 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_r \times d_v / A_v = 24,344.6 \times 1,094.5 / 150,534.8 = 177.0 \text{ mm}$$

- 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{r,v} = d_v - v = 1,094.5 - 177.0 = 917.5 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{rv} = I_s + A_s \cdot v^2 + I_r + A_r \cdot d_{r,v}^2$$

$$= 76,791,523,945.7 + 126,190.2 \times 177.0^2 + 0.0 + 24,344.6 \times 917.5^2 = 1.012\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 946.5 - 177.0 = 769.5 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -879.5 - 177.0 = -1,056.5 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 주철근 상·하연까지의 거리

$$y_{ru,v} = d_{r,v} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{rl} / A_r$$

$$= 917.5 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,172.3 / 24,344.6 = 987.5 \text{ mm}$$

$$y_{rl,v} = d_{r,v} - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 917.5 - (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,172.3 / 24,344.6 = 847.5 \text{ mm}$$

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -1,589.480 \times 769.5 / 101,238,389,049.6 = -12.081 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -1,589.480 \times -1,056.5 / 101,238,389,049.6 = 16.587 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_{sc} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -1,589.480 \times 987.5 / 101,238,389,049.6 = -15.504 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_{sc} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -1,589.480 \times 847.5 / 101,238,389,049.6 = -13.306 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$F_v = b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 4.180\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{scl} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 430.484 / 43,200.0 + 34.406 / (2 \times 4,180,270.0 \times 12.0) = 10.308 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -3,639.330 \times 769.5 / 101,238,389,049.6 = -27.662 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -3,639.330 \times -1,056.5 / 101,238,389,049.6 = 37.979 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_v \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -3,639.330 \times 987.5 / 101,238,389,049.6 = -35.499 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_v \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -3,639.330 \times 847.5 / 101,238,389,049.6 = -30.466 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 731.332 / 43,200.0 + 682.539 / (2 \times 4,180,270.0 \times 12.0) = 23.732 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -95.900 \times 769.5 / 101,238,389,049.6 = -0.729 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -95.900 \times -1,056.5 / 101,238,389,049.6 = 1.001 \text{ MPa}$$

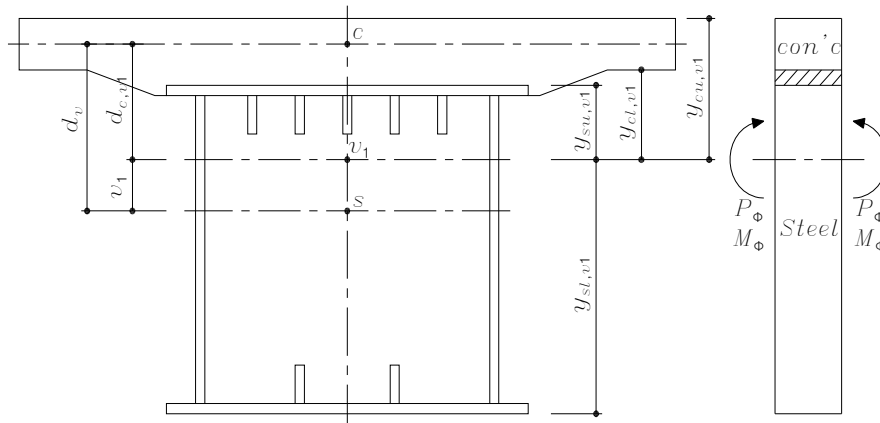
$$f_{ru,v} = M_w \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -95.900 \times 987.5 / 101,238,389,049.6 = -0.134 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_w \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -95.900 \times 847.5 / 101,238,389,049.6 = -0.115 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$u = V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 40.535 / 43,200.0 + 118.119 / (2 \times 4,180,270.0 \times 12.0) = 2.116 \text{ MPa}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

■ 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,019,668.8 / 7.0 = 145,667.0 \text{ mm}^2$$

■ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 4,894,410,240.0 / 7.0 = 6.992\text{E}+08 \text{ mm}^4$$

■ 합성 단면적

$$A_v' = A_s + A_{cn1} = 126,190.2 + 145,667.0 = 271,857.2 \text{ mm}^2$$

■ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v' = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 946.5 - 12.0 + 50.0 + 240.0/2 = 1,104.5 \text{ mm}$$

■ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v' = A_{cn1} \times d_v' / A_v' = 145,667.0 \times 1,104.5 / 271,857.2 = 591.8 \text{ mm}$$

■ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v}' = d_v' - v' = 1,104.5 - 591.8 = 512.7 \text{ mm}$$

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = -0.233 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 2.0/2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_{c1}/n_1 = 126,190.2 + 1,019,668.8 / 14.0 = 1.990\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_{c1}/n_1) \times d_v' / A_{v1} = (1,019,668.8/14.0) \times 1,104.5 / 199,023.7 = 404.2 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v' - v_1 = 1,104.5 - 404.2 = 700.3 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v'^2) + (I_c/n_1 + A_c/n_1 \cdot d_{c,v}'^2) \\ = (76,791,523,945.7 + 126,190.2 \times 591.8^2) + (4,894,410,240.0/7.0 + 1,019,668.8/7.0 \times 512.7^2) = 1.405\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v}' \cdot A_{c1} / (n \cdot I_{v1}) \\ = -1,589.5 \times 512.7 \times 1,019,668.8 / (7.0 \times 140,482,660,372.8) = -8.450\text{E}+05 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -844,975.8 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = -8.450\text{E}+05 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = -844,975.8 \times 700.3 = -5.917\text{E}+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

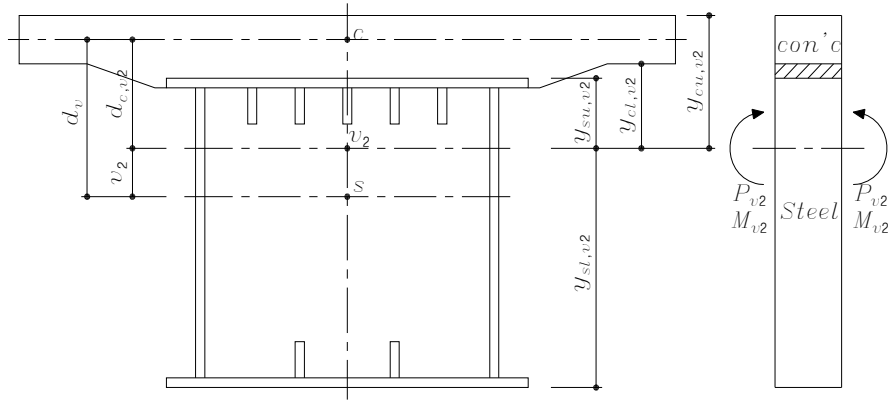
$$f_{ru,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{ru,v} / I_{rv} \\ = -844,975.8 / 150,534.8 + -0.233 \times -591,740,189.2 \times 987.5 / 101,238,389,049.6 = -4.267 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{rl,v} / I_{rv} \\ = -844,975.8 / 150,534.8 + -0.233 \times -591,740,189.2 \times 847.5 / 101,238,389,049.6 = -4.458 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v} / I_{rv} \\ = -844,975.8 / 150,534.8 + -0.233 \times -591,740,189.2 \times 769.5 / 101,238,389,049.6 = -4.564 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v} / I_{rv} \\ = -844,975.8 / 150,534.8 + -0.233 \times -591,740,189.2 \times -1,056.5 / 101,238,389,049.6 = -7.053 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 ϕ_2 는 $\phi_2 = 2 \cdot \phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 126,190.2 + 1,019,668.8 / 21.0 = 1.747E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2} = (1,019,668.8/21.0) \times 1,104.5 / 174,745.9 = 306.9 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,104.5 - 306.9 = 797.6 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,019,668.8 / 21.0 = 2.688E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,687,555.6 \times 797.6 = 2.144E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

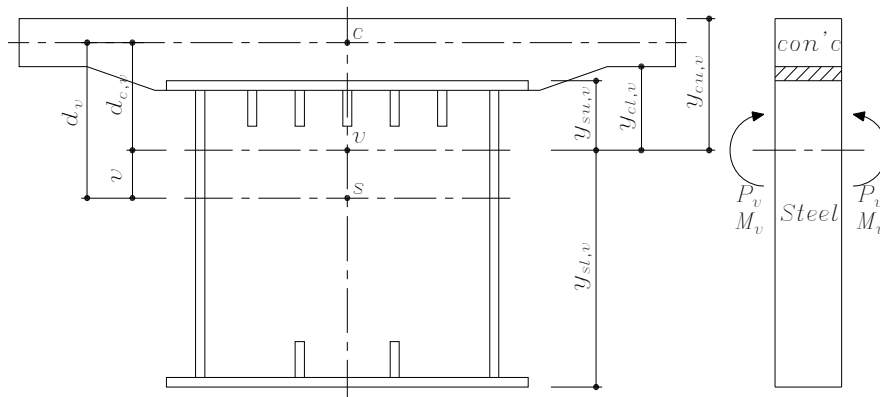
$$\begin{aligned} f_{ru,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{ru,v}/I_{rv} \\ &= 2,687,555.6/150,534.8 + -0.233 \times 2,143,592,080.6 \times 987.5/101,238,389,049.6 \\ &= 12.977 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{rl,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} \\ &= 2,687,555.6/150,534.8 + -0.233 \times 2,143,592,080.6 \times 847.5/101,238,389,049.6 \\ &= 13.668 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v}/I_{rv} \\ &= 2,687,555.6/150,534.8 + -0.233 \times 2,143,592,080.6 \times 769.5/101,238,389,049.6 \\ &= 14.053 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v}/I_{rv} \\ &= 2,687,555.6/150,534.8 + -0.233 \times 2,143,592,080.6 \times -1,056.5/101,238,389,049.6 \\ &= 23.071 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1} / n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,019,668.8 / 7.0 = 3.583\text{E}+06 \text{ N}$$

P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 3,583,407.5 \times 512.7 = 1.837\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

바닥판 철근 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{ru,t} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t \\ &= 3,583,407.5 / 150,534.8 + -0.233 \times 1,837,160,124.2 \times 987.5 / 101,238,389,049.6 \\ &\quad - 205,000.0 \times 0.000120 = -4.975 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{rl,t} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t \\ &= 3,583,407.5 / 150,534.8 + -0.233 \times 1,837,160,124.2 \times 847.5 / 101,238,389,049.6 \\ &\quad - 205,000.0 \times 0.000120 = -4.383 \text{ MPa} \end{aligned}$$

강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v} / I_{rv} \\ &= 3,583,407.5 / 150,534.8 + -0.233 \times 1,837,160,124.2 \times 769.5 / 101,238,389,049.6 = 20.548 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} \\ &= 3,583,407.5 / 150,534.8 + -0.233 \times 1,837,160,124.2 \times -1,056.5 / 101,238,389,049.6 = 28.276 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 2,114.436 / 43,200.0 + 184.786 / 99,386,640.0 + 716.945 / 100,326,480.0 = 57.951 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 58.0 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,423.639 / 43,200.0 + 184.786 / 99,386,640.0 + 152.525 / 100,326,480.0 = 36.334 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 36.3 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

- 활하중 재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 2,134.703 / 43,200.0 + 184.786 / 99,386,640.0 + 776.005 / 100,326,480.0 = 59.008 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 59.0 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$t_l \geq b / 23 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 23 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 46 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7[b / (t_l \cdot i \cdot n) - 23] = 215.0 - 4.7\{2,400.0 / (14.0 \times 1.0 \times 6) - 23\} = 188.8 \text{ MPa}$$

$$b / 46 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 80 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.0 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000\{(t_l \cdot i \cdot n) / b\}^2 = 220,000.0 \times \{(14.0 \times 1.0 \times 6.0 / 2,400.0)^2\} = 269.5 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 14.0 \text{ mm} : \therefore f_{ca} = 188.8 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$$

(SD 400 사용)

$$f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$$

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	RE-BAR				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	-43.468	40.391	215.000	188.814
1+2+3	-51.003	-43.772	160.000	160.000	-83.212	94.958	215.000	188.814
1+2+3+5	-55.270	-48.230	160.000	160.000	-87.776	87.905	215.000	188.814
1+2+3+5+6	-42.293	-34.562	160.000	160.000	-73.723	110.976	215.000	188.814
1+2+3+5+6+7	-47.268	-38.944	184.000	184.000	-53.175	139.252	247.250	217.136
1+2+3+5+6-7	-37.318	-30.179	184.000	184.000	-94.270	82.699	247.250	217.136
1+2+4	-15.638	-13.421	192.000	192.000	-56.279	57.980	258.000	226.577
1+2+3+0.5×4	-51.070	-43.829	200.000	200.000	-83.576	95.459	268.750	236.018
1+2+3+0.5×4+5	-55.336	-48.287	200.000	200.000	-88.140	88.405	268.750	236.018
1+2+3+0.5×4+5+6	-42.360	-34.619	200.000	200.000	-74.087	111.476	268.750	236.018
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-47.335	-39.002	216.000	216.000	-53.540	139.752	290.250	254.899
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-37.385	-30.237	216.000	216.000	-94.635	83.200	290.250	254.899

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.041	0.046	0.215	0.215	0.256	0.261	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.150	0.253	0.215	0.215	0.365	0.468	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.167	0.217	0.215	0.215	0.382	0.432	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.118	0.345	0.215	0.215	0.333	0.560	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.046	0.411	0.215	0.215	0.261	0.626	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.145	0.145	0.215	0.215	0.360	0.360	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.048	0.065	0.059	0.059	0.106	0.124	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.097	0.164	0.143	0.143	0.239	0.306	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.108	0.140	0.143	0.143	0.250	0.283	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.076	0.223	0.143	0.143	0.219	0.366	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.034	0.301	0.143	0.143	0.177	0.443	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.106	0.107	0.143	0.143	0.249	0.249	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{-87.776}{215.000} \right)^2 + \left(\frac{57.951}{125.000} \right) = 0.167 + 0.215 = 0.382 \leq 1.2 \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{139.252}{217.136} \right)^2 + \left(\frac{57.951}{125.000} \right) = 0.411 + 0.215 = 0.626 \leq 1.2 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 인장(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 108.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$(\text{합성형 스테드 설치시}) \quad t_{min} = \mathbf{10.0} \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 압축(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 14.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b / (46 \cdot i \cdot n) = \mathbf{2,400.0} / (46 \times 1.0 \times 6.0) = 8.7 \leq t_{use} = 14.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1, 3.8.4.2)

$$t_{min} = b / (206 \times 1.200) = \mathbf{1,800.0} / (206 \times 1.200) = \mathbf{7.3} \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 40.391)} = 2.31 \geq \mathbf{1.20} \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

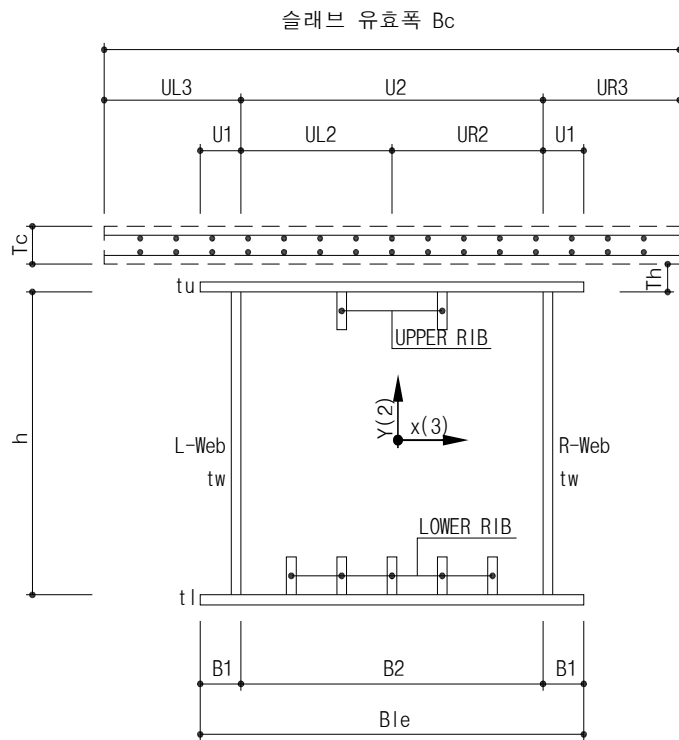
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Rebar				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	-56.509	52.509	$\mathbf{355.000}$	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3	-96.477	-82.800	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-131.688	155.728	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
$\mathbf{1+2+3+7}$	$\mathbf{-101.453}$	$\mathbf{-87.182}$	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	$\mathbf{-152.235}$	$\mathbf{184.004}$	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+5	-100.744	-87.257	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-136.252	148.674	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+5+6	-87.768	-73.589	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-122.199	171.746	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+5+6+7	-92.743	-77.972	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-101.651	200.022	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+5+6-7	-82.793	-69.207	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-142.746	143.469	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+4	-20.289	-17.413	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-72.944	75.073	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+0.5×4	-96.544	-82.857	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-132.052	156.228	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+0.5×4+7	-101.519	-87.240	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-111.505	184.505	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+0.5×4+5	-100.811	-87.315	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-136.617	149.175	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+0.5×4+5+6	-87.835	-73.647	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-122.563	172.246	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-92.810	-78.029	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-102.016	200.522	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-82.859	-69.264	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-143.111	143.970	355.000	$\mathbf{0.K !!}$

[G2 : 단면 - 6] : 절점 46 로 부터 이격거리 0.000 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종:	SM520B
Bc =	4,053.2 mm
U1 =	120.0 mm
UL2 =	1,200.0 mm
UR2 =	1,200.0 mm
상부 플랜지 유효폭	
Bue =	2,265.6 mm
하부 플랜지 유효폭	
Ble =	2,265.6 mm
B1 =	120.0 mm
B2 =	2,400.0 mm
Tc =	240.0 mm
Th =	50.0 mm
h =	1,800.0 mm
Θ_L =	0.000 °
Θ_R =	0.000 °

구 분	단 위	입력 Data
E_s : 강재 탄성계수	MPa	205,000.0
E_c : 콘크리트의 탄성계수	MPa	27,804.0
ε_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율	-	0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수	-	0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수	-	4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비	-	7
Δt : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
M_s : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	-5,976.850
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	-2,693.570
M_w : 풍하중에의한 모멘트	kN·m	-202.416
M_v : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	-5,052.140
V_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	1,065.050
V_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	478.828
V_w : 풍하중에의한 전단력	kN	47.493
V_v : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	815.199
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	177.139
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-40.138
M_{wt} : 풍하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	118.119
M_{vt} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	734.987
t_{cu}, t_{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

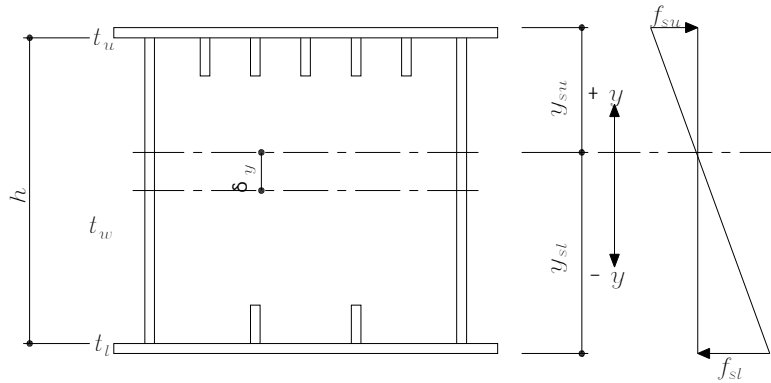
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

X(3)축 방향 단면 제원

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 - 2,265.6 × 12.0	27,187.3	906.0	2.463E+07	2.232E+10	3.262E+05
UPPER RIB	2 - 150.0 × 14.0	4,200.0	825.0	3.465E+06	2.859E+09	7.875E+06
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-825.0	-8.663E+06	7.147E+09	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,265.6 × 14.0	31,718.5	-907.0	-2.877E+07	2.609E+10	5.181E+05
강재 단면 합계		116,805.9	-	-9.335E+06	5.841E+10	1.169E+10
UPPER RE-Bar (A_{rU})		11,612.3	1,130.0	13,121,935.2	14,827,786,794.6	-
LOWER RE-Bar (A_{rL})		11,612.3	990.0	11,496,208.7	11,381,246,642.2	-
RE-Bar 합계		23,224.7		2.462E+07	2.621E+10	-
RC. SLAB	1 - 4,053.2 × 240.0	972,760.8	1,070.0	1.041E+09	1.114E+12	4.669E+09
※ $A_s = 116,805.9 \text{ mm}^2$ $A_{c1} = 972,760.8 \text{ mm}^2$ $A_r = 23,224.7 \text{ mm}^2$						

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -9,334,503.9 / 116,805.9 = -79.915 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 1,800.0 / 2 + 12.0 - -79.915 = 991.915 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 1,800.0 / 2 + 14.0 + -79.915 \} = -834.085 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 11,692,406,817.3 + 58,414,743,712.0 - 116,805.9 \times -79.915^2 = 6.936E+10 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = -5,976.850 \times 991.9 / 69,361,186,565.6 = -85.473 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = -5,976.850 \times -834.1 / 69,361,186,565.6 = 71.873 \text{ MPa}$$

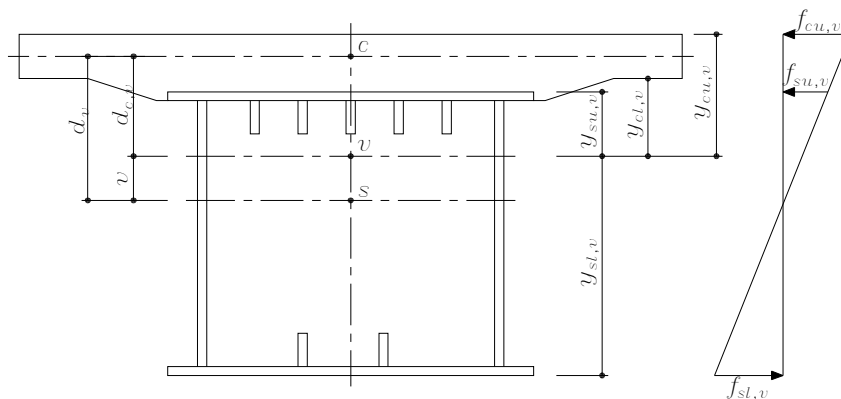
- 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 4.034E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 1,065.050 / 43,200.0 + 177.139 / (2 \times 4,033,570.0 \times 12.0) = 26.484 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_r = 116,805.9 + 23,224.7 = 140,030.5 \text{ mm}^2$$

- 강재도심선에서 철근 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 991.9 - 12.0 + 50.0 + 40.0 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 11,612.3 / 23,224.7 = 1,139.9 \text{ mm}$$

- 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_r \times d_v / A_v = 23,224.7 \times 1,139.9 / 140,030.5 = 189.1 \text{ mm}$$

- 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{r,v} = d_v - v = 1,139.9 - 189.1 = 950.9 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{rv} = I_s + A_s \cdot v^2 + I_r + A_r \cdot d_{r,v}^2$$

$$= 69,361,186,565.6 + 116,805.9 \times 189.1^2 + 0.0 + 23,224.7 \times 950.9^2 = 9.453E+10 \text{ mm}^4$$

- 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 991.9 - 189.1 = 802.9 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -834.1 - 189.1 = -1,023.1 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 주철근 상·하연까지의 거리

$$y_{ru,v} = d_{r,v} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{rl} / A_r$$

$$= 950.9 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 11,612.3 / 23,224.7 = 1,020.9 \text{ mm}$$

$$y_{rl,v} = d_{r,v} - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 950.9 - (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 11,612.3 / 23,224.7 = 880.9 \text{ mm}$$

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -2,693.570 \times 802.9 / 94,534,249,283.5 = -22.876 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -2,693.570 \times -1,023.1 / 94,534,249,283.5 = 29.153 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_{sc} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -2,693.570 \times 1,020.9 / 94,534,249,283.5 = -29.087 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_{sc} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -2,693.570 \times 880.9 / 94,534,249,283.5 = -25.098 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$F_v = b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 4.072E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{scl} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 478.828 / 43,200.0 + 40.138 / (2 \times 4,071,710.0 \times 12.0) = 11.495 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -5,052.140 \times 802.9 / 94,534,249,283.5 = -42.907 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -5,052.140 \times -1,023.1 / 94,534,249,283.5 = 54.679 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_v \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -5,052.140 \times 1,020.9 / 94,534,249,283.5 = -54.557 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_v \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -5,052.140 \times 880.9 / 94,534,249,283.5 = -47.075 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 815.199 / 43,200.0 + 734.987 / (2 \times 4,071,710.0 \times 12.0) = 26.392 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응력 검토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -202.416 \times 802.9 / 94,534,249,283.5 = -1.719 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -202.416 \times -1,023.1 / 94,534,249,283.5 = 2.191 \text{ MPa}$$

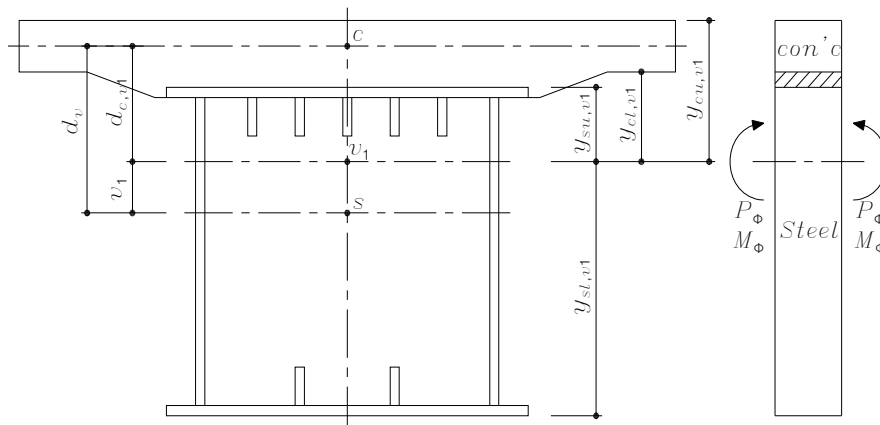
$$f_{ru,v} = M_w \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -202.416 \times 1,020.9 / 94,534,249,283.5 = -0.312 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_w \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -202.416 \times 880.9 / 94,534,249,283.5 = -0.269 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$u = V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 47.493 / 43,200.0 + 118.119 / (2 \times 4,071,710.0 \times 12.0) = 2.308 \text{ MPa}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

■ 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 972,760.8 / 7.0 = 138,965.8 \text{ mm}^2$$

■ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 4,669,251,840.0 / 7.0 = 6.670E+08 \text{ mm}^4$$

■ 합성 단면적

$$A_v' = A_s + A_{cn1} = 116,805.9 + 138,965.8 = 255,771.7 \text{ mm}^2$$

■ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v' = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 991.9 - 12.0 + 50.0 + 240.0/2 = 1,149.9 \text{ mm}$$

■ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v' = A_{cn1} \times d_v' / A_v' = 138,965.8 \times 1,149.9 / 255,771.7 = 624.8 \text{ mm}$$

■ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v}' = d_v' - v' = 1,149.9 - 624.8 = 525.1 \text{ mm}$$

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = -0.316 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 2.0/2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_{c1}/n_1 = 116,805.9 + 972,760.8 / 14.0 = 1.863\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_{c1}/n_1) \times d_v' / A_{v1} = (972,760.8/14.0) \times 1,149.9 / 186,288.8 = 428.9 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v' - v_1 = 1,149.9 - 428.9 = 721.0 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v'^2) + (I_c/n_1 + A_c/n_1 \cdot d_{c,v}'^2) \\ = (69,361,186,565.6 + 116,805.9 \times 624.8^2) + (4,669,251,840.0/7.0 + 972,760.8/7.0 \times 525.1^2) = 1.345\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v}' \cdot A_{c1} / (n \cdot I_{v1}) \\ = -2,693.6 \times 525.1 \times 972,760.8 / (7.0 \times 134,450,309,263.9) = -1.462\text{E}+06 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -1,462,016.5 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = -1.462\text{E}+06 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = -1,462,016.5 \times 721.0 = -1.054\text{E}+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

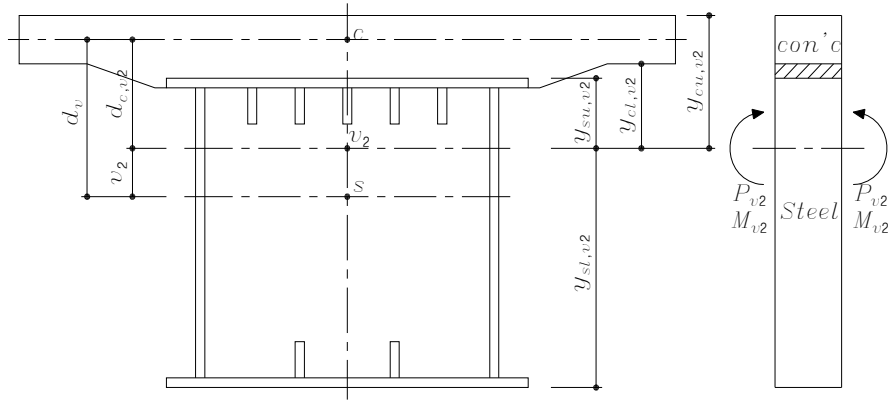
$$f_{ru,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{ru,v} / I_{rv} \\ = -1,462,016.5/140,030.5 + -0.316 \times -1,054,134,024.8 \times 1,020.9/94,534,249,283.5 = -6.845 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{rl,v} / I_{rv} \\ = -1,462,016.5/140,030.5 + -0.316 \times -1,054,134,024.8 \times 880.9/94,534,249,283.5 = -7.338 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v} / I_{rv} \\ = -1,462,016.5/140,030.5 + -0.316 \times -1,054,134,024.8 \times 802.9/94,534,249,283.5 = -7.613 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v} / I_{rv} \\ = -1,462,016.5/140,030.5 + -0.316 \times -1,054,134,024.8 \times -1,023.1/94,534,249,283.5 = -14.045 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 ϕ_2 는 $\phi_2 = 2 \cdot \phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 116,805.9 + 972,760.8 / 21.0 = 1.631E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2} = (972,760.8/21.0) \times 1,149.9 / 163,127.8 = 326.5 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,149.9 - 326.5 = 823.4 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 972,760.8 / 21.0 = 2.564E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,563,919.5 \times 823.4 = 2.111E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

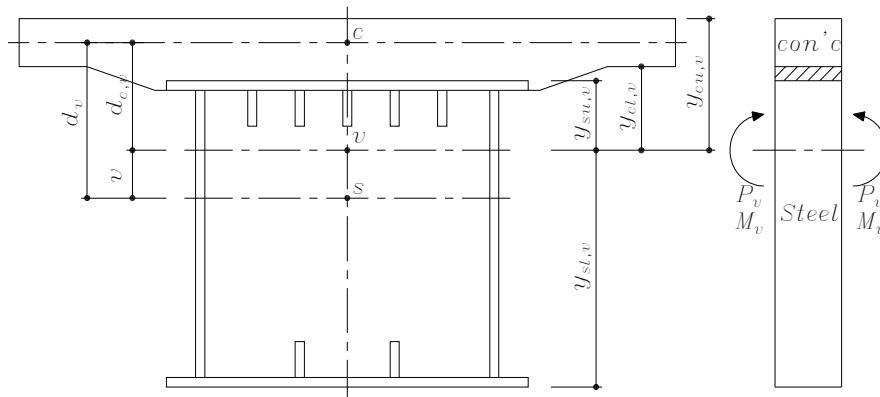
$$\begin{aligned} f_{ru,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{ru,v}/I_{rv} \\ &= 2,563,919.5/140,030.5 + -0.316 \times 2,111,089,557.7 \times 1,020.9/94,534,249,283.5 \\ &= 11.109 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{rl,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} \\ &= 2,563,919.5/140,030.5 + -0.316 \times 2,111,089,557.7 \times 880.9/94,534,249,283.5 \\ &= 12.096 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v}/I_{rv} \\ &= 2,563,919.5/140,030.5 + -0.316 \times 2,111,089,557.7 \times 802.9/94,534,249,283.5 \\ &= 12.646 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v}/I_{rv} \\ &= 2,563,919.5/140,030.5 + -0.316 \times 2,111,089,557.7 \times -1,023.1/94,534,249,283.5 \\ &= 25.527 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팅창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1} / n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 972,760.8 / 7.0 = 3.419\text{E}+06 \text{ N}$$

P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 3,418,559.4 \times 525.1 = 1.795\text{E}+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

바닥판 철근 응력 변화량

$$f_{ru,t} = P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t$$

$$= 3,418,559.4 / 140,030.5 + -0.316 \times 1,795,233,361.5 \times 1,020.9 / 94,534,249,283.5 - 205,000.0 \times 0.000120 = -6.311 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,t} = P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t$$

$$= 3,418,559.4 / 140,030.5 + -0.316 \times 1,795,233,361.5 \times 880.9 / 94,534,249,283.5 - 205,000.0 \times 0.000120 = -5.471 \text{ MPa}$$

강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v} / I_{rv}$$

$$= 3,418,559.4 / 140,030.5 + -0.316 \times 1,795,233,361.5 \times 802.9 / 94,534,249,283.5 = 19.597 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v} / I_{rv}$$

$$= 3,418,559.4 / 140,030.5 + -0.316 \times 1,795,233,361.5 \times -1,023.1 / 94,534,249,283.5 = 30.550 \text{ MPa}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 2,359.077 / 43,200.0 + 177.139 / 96,805,680.0 + 775.125 / 97,721,040.0 = 64.370 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 64.4 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,591.371 / 43,200.0 + 177.139 / 96,805,680.0 + 158.257 / 97,721,040.0 = 40.287 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 40.3 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 활하중 재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 2,382.823 / 43,200.0 + 177.139 / 96,805,680.0 + 834.185 / 97,721,040.0 = 65.524 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 65.5 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$t_l \geq b / 23 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 23 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 46 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7[b / (t_l \cdot i \cdot n) - 23] = 215.0 - 4.7\{2,400.0 / (14.0 \times 1.0 \times 6) - 23\} = 188.8 \text{ MPa}$$

$$b / 46 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 80 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.0 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000\{(t_l \cdot i \cdot n) / b\}^2 = 220,000.0 \times \{(14.0 \times 1.0 \times 6.0 / 2,400.0)^2\} = 269.5 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 14.0 \text{ mm} : \therefore f_{ca} = 188.8 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$$

(SD 400 사용)

$$f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$$

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	RE-BAR				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	-85.473	71.873	215.000	188.814
1+2+3	-83.644	-72.173	160.000	160.000	-151.256	155.705	215.000	188.814
1+2+3+5	-90.489	-79.511	160.000	160.000	-158.868	141.660	215.000	188.814
1+2+3+5+6	-79.381	-67.415	160.000	160.000	-146.222	167.187	215.000	188.814
1+2+3+5+6+7	-85.691	-72.886	184.000	184.000	-126.625	197.738	247.250	217.136
1+2+3+5+6-7	-73.070	-61.944	184.000	184.000	-165.819	136.637	247.250	217.136
1+2+4	-29.400	-25.368	192.000	192.000	-110.068	103.216	258.000	226.577
1+2+3+0.5×4	-83.800	-72.308	200.000	200.000	-152.115	156.800	268.750	236.018
1+2+3+0.5×4+5	-90.645	-79.646	200.000	200.000	-159.728	142.756	268.750	236.018
1+2+3+0.5×4+5+6	-79.537	-67.550	200.000	200.000	-147.082	168.283	268.750	236.018
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-85.847	-73.021	216.000	216.000	-127.485	198.833	290.250	254.899
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-73.226	-62.079	216.000	216.000	-166.678	137.732	290.250	254.899

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.158	0.145	0.265	0.265	0.423	0.410	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.495	0.680	0.265	0.265	0.760	0.945	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.546	0.563	0.265	0.265	0.811	0.828	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.463	0.784	0.265	0.265	0.728	1.049	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.262	0.829	0.265	0.265	0.527	1.094	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.450	0.396	0.265	0.265	0.715	0.661	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.182	0.208	0.072	0.072	0.254	0.280	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.320	0.441	0.176	0.176	0.496	0.617	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.353	0.366	0.176	0.176	0.529	0.542	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.300	0.508	0.176	0.176	0.475	0.684	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.193	0.608	0.176	0.176	0.369	0.784	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.330	0.292	0.176	0.176	0.506	0.468	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{-158.868}{215.000} \right)^2 + \left(\frac{64.370}{125.000} \right) = 0.546 + 0.265 = 0.811 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{197.738}{217.136} \right)^2 + \left(\frac{64.370}{125.000} \right) = 0.829 + 0.265 = 1.094 \leq 1.2 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 인장(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 108.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$(\text{합성형 스테드 설치시}) \quad t_{min} = \mathbf{10.0} \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 압축(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 14.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b / (46 \cdot i \cdot n) = \mathbf{2,400.0} / (46 \times 1.0 \times 6.0) = 8.7 \leq t_{use} = 14.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1, 3.8.4.2)

$$t_{min} = b / (206 \times 1.200) = \mathbf{1,800.0} / (206 \times 1.200) = \mathbf{7.3} \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 71.873)} = 1.73 \geq \mathbf{1.20} \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

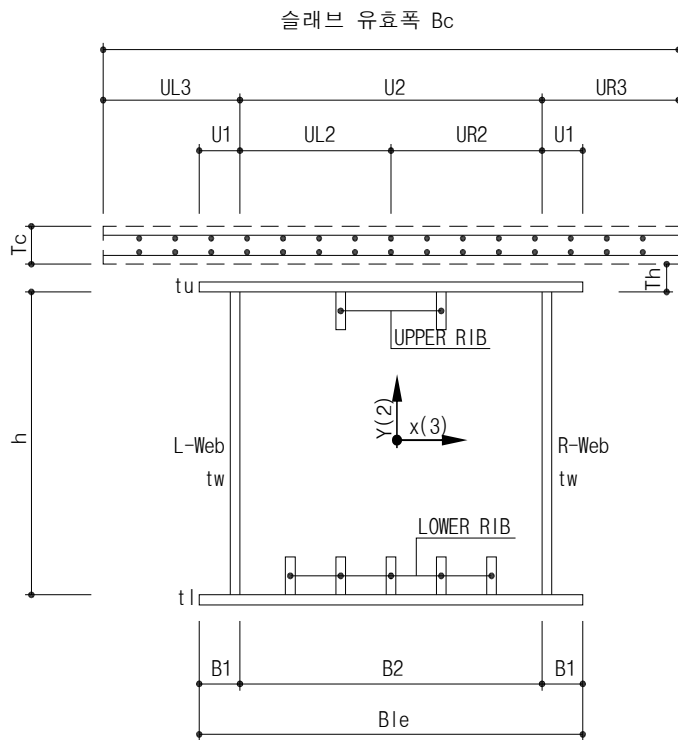
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Rebar				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	-111.115	93.435	355.000	0.K !!
1+2+3	-155.111	-133.839	240.000	0.K !!	-233.103	248.894	355.000	0.K !!
1+2+3+7	-161.422	-139.310	240.000	0.K !!	-252.700	279.444	355.000	0.K !!
1+2+3+5	-161.956	-141.177	240.000	0.K !!	-240.716	234.849	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6	-150.847	-129.081	240.000	0.K !!	-228.069	260.376	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	-157.158	-134.552	240.000	0.K !!	-208.472	290.927	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	-144.537	-123.610	240.000	0.K !!	-247.666	229.826	355.000	0.K !!
1+2+4	-38.126	-32.897	240.000	0.K !!	-142.573	133.524	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4	-155.267	-133.974	240.000	0.K !!	-233.962	249.989	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+7	-161.578	-139.445	240.000	0.K !!	-214.365	280.540	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	-162.112	-141.312	240.000	0.K !!	-241.575	235.945	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	-151.003	-129.216	240.000	0.K !!	-228.929	261.472	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-157.314	-134.687	240.000	0.K !!	-209.332	292.022	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-144.693	-123.745	240.000	0.K !!	-248.526	230.921	355.000	0.K !!

[G1 : 단면 - 7] : 절점 15 로 부터 이격거리 0.000 m

1) 단면가정 및 설계조건

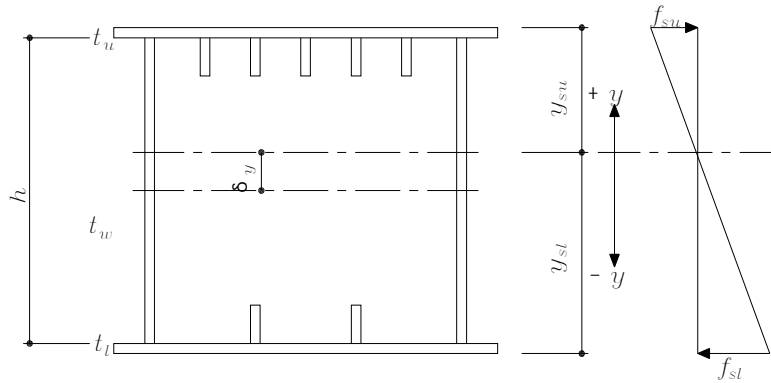


주부재 강종:	SM520B
Bc =	4,500.0 mm
U1 =	120.0 mm
UL2 =	1,200.0 mm
UR2 =	1,200.0 mm
상부 플랜지 유효폭	
Bue =	2,640.0 mm
하부 플랜지 유효폭	
Ble =	2,640.0 mm
B1 =	120.0 mm
B2 =	2,400.0 mm
Tc =	240.0 mm
Th =	50.0 mm
h =	1,863.0 mm
Θ_L =	0.000 °
Θ_R =	0.000 °

구 분	단 위	입력 Data
E_s : 강재 탄성계수	MPa	205,000.0
E_c : 콘크리트의 탄성계수	MPa	27,804.0
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율	-	0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수	-	0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수	-	4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비	-	7
Δt : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
M_s : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	-3,216.420
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	-1,622.240
M_w : 풍하중에 의한 모멘트	kN·m	-67.153
M_v : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	-4,175.450
V_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	594.186
V_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	236.267
V_w : 풍하중에 의한 전단력	kN	20.421
V_v : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	582.416
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-67.572
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-113.917
M_{wt} : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN·m	-35.344
M_{vt} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-455.220
t_{cu}, t_{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

X(3)축 방향 단면 제원

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -10,382,910.0 / 128,052.0 = -81.084 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 1,863.0 / 2 + 12.0 - -81.084 = 1,024.584 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 1,863.0 / 2 + 14.0 + -81.084 \} = -864.416 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 12,960,631,634.0 + 71,181,268,035.0 - 128,052.0 \times -81.084^2 = 8.330E+10 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = -3,216.420 \times 1,024.6 / 83,300,016,527.2 = -39.562 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = -3,216.420 \times -864.4 / 83,300,016,527.2 = 33.377 \text{ MPa}$$

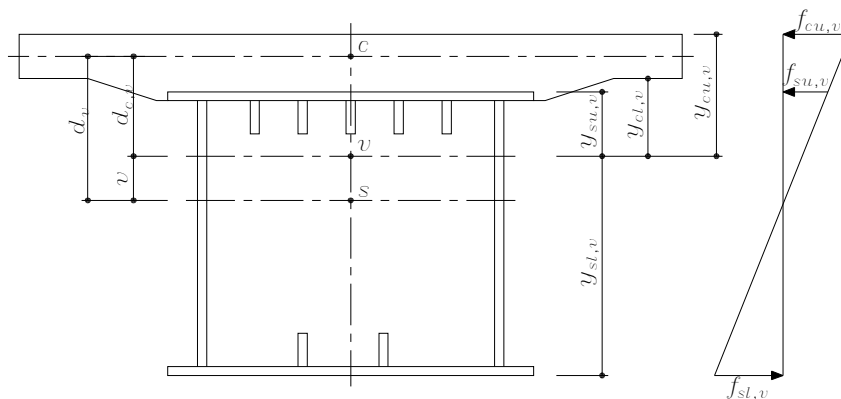
- 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 4.525E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 594.186 / 44,712.0 + 67.572 / (2 \times 4,524,910.0 \times 12.0) = 13.911 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_r = 128,052.0 + 25,785.0 = 153,837.0 \text{ mm}^2$$

- 강재도심선에서 철근 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 1,024.6 - 12.0 + 50.0 + 40.0 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,892.5 / 25,785.0 = 1,172.6 \text{ mm}$$

- 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_r \times d_v / A_v = 25,785.0 \times 1,172.6 / 153,837.0 = 196.5 \text{ mm}$$

- 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{r,v} = d_v - v = 1,172.6 - 196.5 = 976.0 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{rv} = I_s + A_s \cdot v^2 + I_r + A_r \cdot d_{r,v}^2$$

$$= 83,300,016,527.2 + 128,052.0 \times 196.5^2 + 0.0 + 25,785.0 \times 976.0^2 = 1.128E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 1,024.6 - 196.5 = 828.0 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -864.4 - 196.5 = -1,061.0 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 주철근 상·하연까지의 거리

$$y_{ru,v} = d_{r,v} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{rl} / A_r$$

$$= 976.0 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,892.5 / 25,785.0 = 1,046.0 \text{ mm}$$

$$y_{rl,v} = d_{r,v} - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 976.0 - (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,892.5 / 25,785.0 = 906.0 \text{ mm}$$

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -1,622.240 \times 828.0 / 112,810,769,435.3 = -11.907 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -1,622.240 \times -1,061.0 / 112,810,769,435.3 = 15.257 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_{sc} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -1,622.240 \times 1,046.0 / 112,810,769,435.3 = -15.042 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_{sc} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -1,622.240 \times 906.0 / 112,810,769,435.3 = -13.029 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$F_v = b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 4.566E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{scl} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 236.267 / 44,712.0 + 113.917 / (2 \times 4,566,260.0 \times 12.0) = 6.324 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -4,175.450 \times 828.0 / 112,810,769,435.3 = -30.648 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -4,175.450 \times -1,061.0 / 112,810,769,435.3 = 39.269 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_v \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -4,175.450 \times 1,046.0 / 112,810,769,435.3 = -38.717 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_v \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -4,175.450 \times 906.0 / 112,810,769,435.3 = -33.535 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 582.416 / 44,712.0 + 455.220 / (2 \times 4,566,260.0 \times 12.0) = 17.180 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -67.153 \times 828.0 / 112,810,769,435.3 = -0.493 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -67.153 \times -1,061.0 / 112,810,769,435.3 = 0.632 \text{ MPa}$$

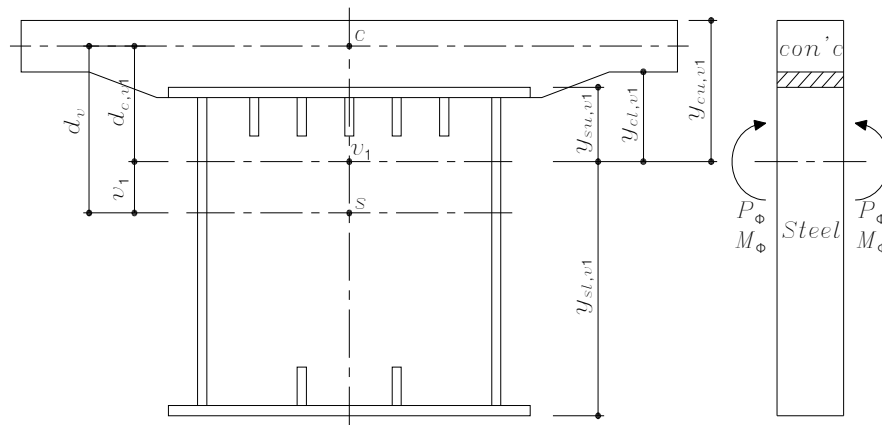
$$f_{ru,v} = M_w \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -67.153 \times 1,046.0 / 112,810,769,435.3 = -0.089 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_w \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -67.153 \times 906.0 / 112,810,769,435.3 = -0.077 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$u = V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 20.421 / 44,712.0 + 35.344 / (2 \times 4,566,260.0 \times 12.0) = 0.779 \text{ MPa}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

■ 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,080,000.0 / 7.0 = 154,285.7 \text{ mm}^2$$

■ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 5,184,000,000.0 / 7.0 = 7.406E+08 \text{ mm}^4$$

■ 합성 단면적

$$A_v' = A_s + A_{cn1} = 128,052.0 + 154,285.7 = 282,337.7 \text{ mm}^2$$

■ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v' = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 1,024.6 - 12.0 + 50.0 + 240.0/2 = 1,182.6 \text{ mm}$$

■ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v' = A_{cn1} \times d_v' / A_v' = 154,285.7 \times 1,182.6 / 282,337.7 = 646.2 \text{ mm}$$

■ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v}' = d_v' - v' = 1,182.6 - 646.2 = 536.4 \text{ mm}$$

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = 0.060 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 2.0/2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_{c1}/n_1 = 128,052.0 + 1,080,000.0 / 14.0 = 2.052\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_{c1}/n_1) \times d_v' / A_{v1} = (1,080,000.0/14.0) \times 1,182.6 / 205,194.9 = 444.6 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v' - v_1 = 1,182.6 - 444.6 = 738.0 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v'^2) + (I_c/n_1 + A_c/n_1 \cdot d_{c,v}'^2) \\ = (83,300,016,527.2 + 128,052.0 \times 646.2^2) + (5,184,000,000.0/7.0 + 1,080,000.0/7.0 \times 536.4^2) = 1.593\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v}' \cdot A_{c1} / (n \cdot I_{v1}) \\ = -1,622.2 \times 536.4 \times 1,080,000.0 / (7.0 \times 159,338,779,655.4) = -8.425\text{E}+05 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -842,497.5 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = -8.425\text{E}+05 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = -842,497.5 \times 738.0 = -6.218\text{E}+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

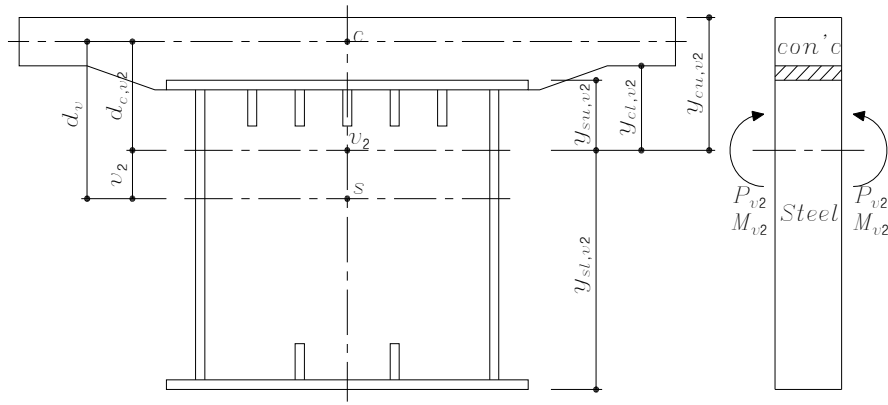
$$f_{ru,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{ru,v} / I_{rv} \\ = -842,497.5/153,837.0 + 0.060 \times -621,756,541.4 \times 1,046.0/112,810,769,435.3 = -5.823 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{rl,v} / I_{rv} \\ = -842,497.5/153,837.0 + 0.060 \times -621,756,541.4 \times 906.0/112,810,769,435.3 = -5.777 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v} / I_{rv} \\ = -842,497.5/153,837.0 + 0.060 \times -621,756,541.4 \times 828.0/112,810,769,435.3 = -5.751 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v} / I_{rv} \\ = -842,497.5/153,837.0 + 0.060 \times -621,756,541.4 \times -1,061.0/112,810,769,435.3 = -5.125 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 ϕ_2 는 $\phi_2 = 2 \cdot \phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 128,052.0 + 1,080,000.0 / 21.0 = 1.795E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2} = (1,080,000.0/21.0) \times 1,182.6 / 179,480.6 = 338.9 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,182.6 - 338.9 = 843.7 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,080,000.0 / 21.0 = 2.847E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,846,571.4 \times 843.7 = 2.402E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

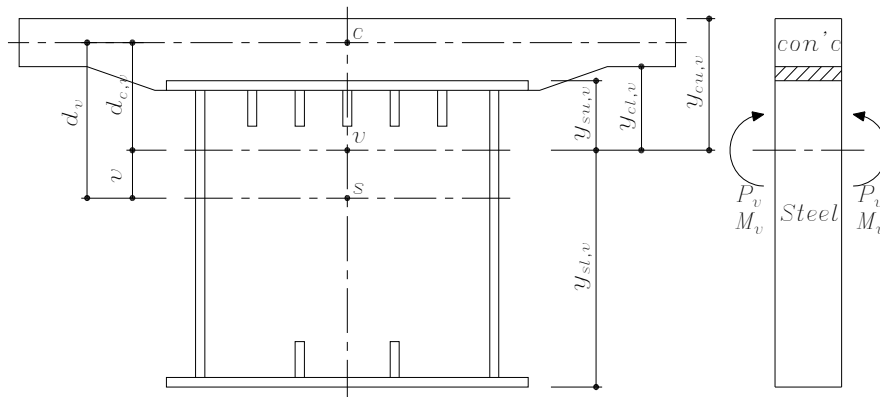
$$f_{ru,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{ru,v}/I_{rv} = 2,846,571.4/153,837.0 + 0.060 \times 2,401,722,572.5 \times 1,046.0/112,810,769,435.3 = 19.842 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} = 2,846,571.4/153,837.0 + 0.060 \times 2,401,722,572.5 \times 906.0/112,810,769,435.3 = 19.663 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v}/I_{rv} = 2,846,571.4/153,837.0 + 0.060 \times 2,401,722,572.5 \times 828.0/112,810,769,435.3 = 19.563 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v}/I_{rv} = 2,846,571.4/153,837.0 + 0.060 \times 2,401,722,572.5 \times -1,061.0/112,810,769,435.3 = 17.147 \text{ MPa}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팅창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1} / n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,080,000.0 / 7.0 = 3.795\text{E}+06 \text{ N}$$

P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 3,795,428.6 \times 536.4 = 2.036\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

바닥판 철근 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{ru,t} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t \\ &= 3,795,428.6 / 153,837.0 + 0.060 \times 2,035,682,885.7 \times 1,046.0 / 112,810,769,435.3 \\ &\quad - 205,000.0 \times 0.000120 = 1.206 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{rl,t} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t \\ &= 3,795,428.6 / 153,837.0 + 0.060 \times 2,035,682,885.7 \times 906.0 / 112,810,769,435.3 \\ &\quad - 205,000.0 \times 0.000120 = 1.054 \text{ MPa} \end{aligned}$$

강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v} / I_{rv} \\ &= 3,795,428.6 / 153,837.0 + 0.060 \times 2,035,682,885.7 \times 828.0 / 112,810,769,435.3 = 25.569 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} \\ &= 3,795,428.6 / 153,837.0 + 0.060 \times 2,035,682,885.7 \times -1,061.0 / 112,810,769,435.3 = 23.522 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 1,412.869 / 44,712.0 + 67.572 / 108,597,840.0 + 569.137 / 109,590,240.0 = 37.415 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 37.4 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 850.874 / 44,712.0 + 67.572 / 108,597,840.0 + 149.261 / 109,590,240.0 = 21.014 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 21.0 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 활하중 재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 1,423.079 / 44,712.0 + 67.572 / 108,597,840.0 + 586.809 / 109,590,240.0 = 37.804 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 37.8 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$t_l \geq b / 23 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 23 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 46 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7[b / (t_l \cdot i \cdot n) - 23] = 215.0 - 4.7\{2,400.0 / (14.0 \times 1.0 \times 6) - 23\} = 188.8 \text{ MPa}$$

$$b / 46 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 80 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.0 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000\{(t_l \cdot i \cdot n) / b\}^2 = 220,000.0 \times \{(14.0 \times 1.0 \times 6.0 / 2,400.0)^2\} = 269.5 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 14.0 \text{ mm} : \therefore f_{ca} = 188.8 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$$

(SD 400 사용)

$$f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$$

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	RE-BAR				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	-39.562	33.377	215.000	188.814
1+2+3	-53.759	-46.564	160.000	160.000	-82.117	87.903	215.000	188.814
1+2+3+5	-59.582	-52.341	160.000	160.000	-87.868	82.778	215.000	188.814
1+2+3+5+6	-39.741	-32.678	160.000	160.000	-68.305	99.925	215.000	188.814
1+2+3+5+6+7	-38.535	-31.624	184.000	184.000	-42.736	123.446	247.250	217.136
1+2+3+5+6-7	-40.946	-33.732	184.000	184.000	-93.875	76.403	247.250	217.136
1+2+4	-15.131	-13.106	192.000	192.000	-51.962	49.266	258.000	226.577
1+2+3+0.5×4	-53.804	-46.603	200.000	200.000	-82.364	88.219	268.750	236.018
1+2+3+0.5×4+5	-59.627	-52.379	200.000	200.000	-88.115	83.094	268.750	236.018
1+2+3+0.5×4+5+6	-39.785	-32.717	200.000	200.000	-68.552	100.240	268.750	236.018
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-38.579	-31.663	216.000	216.000	-42.982	123.762	290.250	254.899
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-40.991	-33.771	216.000	216.000	-94.121	76.719	290.250	254.899

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.034	0.031	0.090	0.090	0.123	0.121	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.146	0.217	0.090	0.090	0.235	0.306	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.167	0.192	0.090	0.090	0.257	0.282	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.101	0.280	0.090	0.090	0.191	0.370	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.030	0.323	0.090	0.090	0.119	0.413	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.144	0.124	0.090	0.090	0.234	0.213	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.041	0.047	0.020	0.020	0.060	0.067	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.094	0.140	0.059	0.059	0.152	0.198	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.107	0.124	0.059	0.059	0.166	0.182	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.065	0.180	0.059	0.059	0.124	0.239	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.022	0.236	0.059	0.059	0.080	0.294	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.105	0.091	0.059	0.059	0.164	0.149	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{-87.868}{215.000} \right)^2 + \left(\frac{37.415}{125.000} \right) = 0.167 + 0.090 = 0.257 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{123.446}{217.136} \right)^2 + \left(\frac{37.415}{125.000} \right) = 0.323 + 0.090 = 0.413 \leq 1.2 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 인장(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 108.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$(\text{합성형 스테드 설치시}) \quad t_{min} = \mathbf{10.0} \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 압축(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 14.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b / (46 \cdot i \cdot n) = \mathbf{2,400.0} / (46 \times 1.0 \times 6.0) = 8.7 \leq t_{use} = 14.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1, 3.8.4.2)

$$t_{min} = b / (206 \times 1.200) = \mathbf{1,863.0} / (206 \times 1.200) = \mathbf{7.5} \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 33.377)} = 2.54 \geq \mathbf{1.20} \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

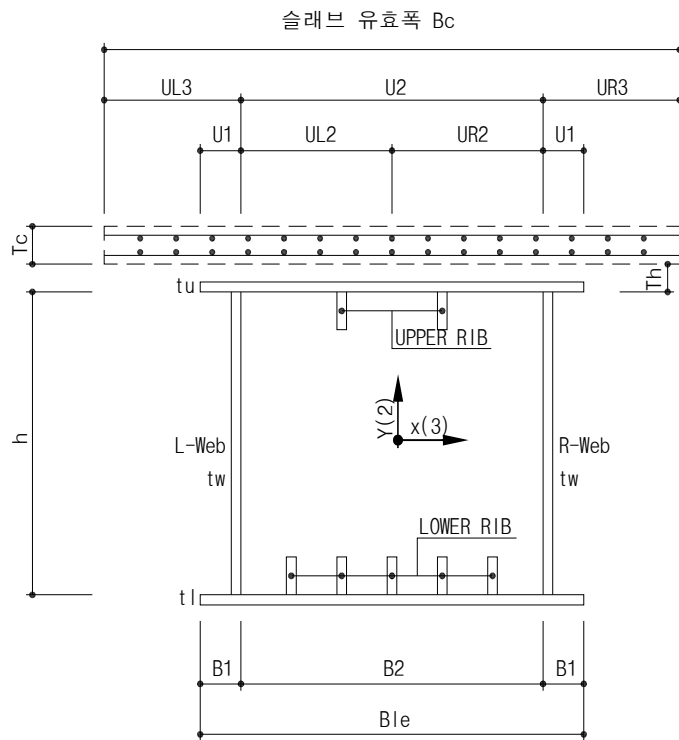
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Rebar				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	-51.430	43.390	$\mathbf{355.000}$	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3	-102.797	-89.039	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-132.804	147.653	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
$\mathbf{1+2+3+7}$	$\mathbf{-104.002}$	$\mathbf{-90.093}$	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	$\mathbf{-158.373}$	$\mathbf{171.174}$	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+5	-108.620	-94.815	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-138.554	142.527	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+5+6	-88.778	-75.153	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-118.992	159.674	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+5+6+7	-87.572	-74.099	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-93.422	183.196	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+5+6-7	-89.984	-76.207	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-144.561	136.153	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+4	-19.644	-17.015	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-67.403	63.856	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+0.5×4	-102.841	-89.077	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-133.050	147.968	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+0.5×4+7	-101.636	-88.023	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-107.481	171.490	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+0.5×4+5	-108.664	-94.854	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-138.801	142.843	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+0.5×4+5+6	-88.822	-75.191	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-119.238	159.990	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-87.617	-74.137	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-93.669	183.512	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-90.028	-76.245	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-144.807	136.468	355.000	$\mathbf{0.K !!}$

[G1 : 단면 - 8] : 절점 16 로 부터 이격거리 0.000 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM520B

Bc = 4,344.4 mm

U1 = 120.0 mm

UL2 = 1,200.0 mm

UR2 = 1,200.0 mm

상부 플랜지 유효폭

Bue = 2,535.8 mm

하부 플랜지 유효폭

Ble = 2,535.8 mm

B1 = 120.0 mm

B2 = 2,400.0 mm

Tc = 240.0 mm

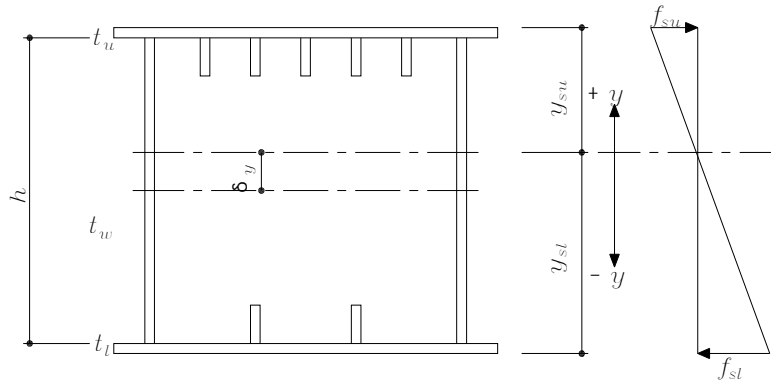
Th = 50.0 mm

h = 2,142.0 mm

$\Theta_L = 0.000^\circ$

$\Theta_R = 0.000^\circ$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

▪ 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -17,280,085.2 / 137,109.8 = -126.031 \text{ mm}$$

▪ 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 2,142.0 / 2 + 12.0 - (-126.031) = 1,209.031 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 2,142.0 / 2 + 16.0 + (-126.031) \} = -960.969 \text{ mm}$$

▪ 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 19,684,487,774.6 + 97,114,677,003.1 - 137,109.8 \times (-126.031)^2 = 1.146\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

▪ 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = -6,751.510 \times 1,209.0 / 114,621,338,995.7 = -71.215 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = -6,751.510 \times -961.0 / 114,621,338,995.7 = 56.604 \text{ MPa}$$

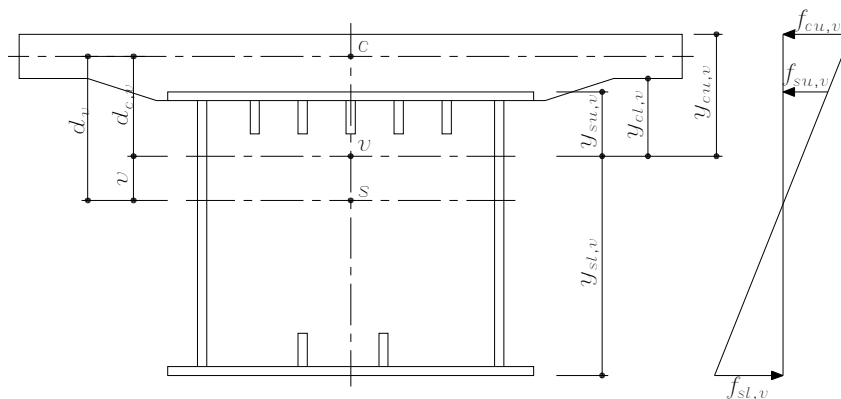
▪ 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 5.088\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 824.069 / 51,408.0 + 237.558 / (2 \times 5,087,920.0 \times 12.0) = 17.975 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

▪ 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_r = 137,109.8 + 24,893.5 = 162,003.4 \text{ mm}^2$$

- 강재도심선에서 철근 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 1,209.0 - 12.0 + 50.0 + 40.0 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,446.8 / 24,893.5 = 1,357.0 \text{ mm}$$

- 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_r \times d_v / A_v = 24,893.5 \times 1,357.0 / 162,003.4 = 208.5 \text{ mm}$$

- 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{r,v} = d_v - v = 1,357.0 - 208.5 = 1,148.5 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{rv} = I_s + A_s \cdot v^2 + I_r + A_r \cdot d_{r,v}^2$$

$$= 114,621,338,995.7 + 137,109.8 \times 208.5^2 + 0.0 + 24,893.5 \times 1,148.5^2 = 1.534E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 1,209.0 - 208.5 = 1,000.5 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -961.0 - 208.5 = -1,169.5 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 주철근 상·하연까지의 거리

$$y_{ru,v} = d_{r,v} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{rl} / A_r$$

$$= 1,148.5 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,446.8 / 24,893.5 = 1,218.5 \text{ mm}$$

$$y_{rl,v} = d_{r,v} - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 1,148.5 - (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,446.8 / 24,893.5 = 1,078.5 \text{ mm}$$

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -2,978.070 \times 1,000.5 / 153,419,444,943.7 = -19.421 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -2,978.070 \times -1,169.5 / 153,419,444,943.7 = 22.701 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_{sc} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -2,978.070 \times 1,218.5 / 153,419,444,943.7 = -23.653 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_{sc} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -2,978.070 \times 1,078.5 / 153,419,444,943.7 = -20.935 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$F_v = b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + TI/2) = 5.128E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{scl} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 315.546 / 51,408.0 + 154.855 / (2 \times 5,128,380.0 \times 12.0) = 7.396 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -5,347.860 \times 1,000.5 / 153,419,444,943.7 = -34.876 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -5,347.860 \times -1,169.5 / 153,419,444,943.7 = 40.766 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_v \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -5,347.860 \times 1,218.5 / 153,419,444,943.7 = -42.475 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_v \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -5,347.860 \times 1,078.5 / 153,419,444,943.7 = -37.594 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 695.808 / 51,408.0 + 675.371 / (2 \times 5,128,380.0 \times 12.0) = 19.022 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -204.507 \times 1,000.5 / 153,419,444,943.7 = -1.334 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -204.507 \times -1,169.5 / 153,419,444,943.7 = 1.559 \text{ MPa}$$

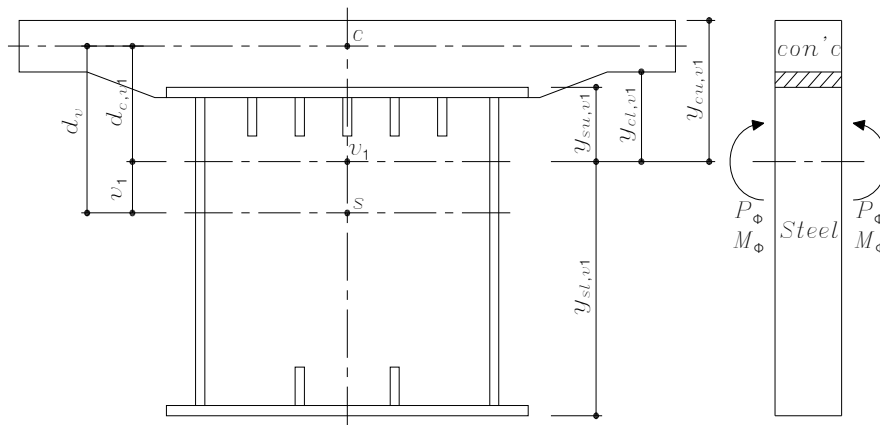
$$f_{ru,v} = M_w \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -204.507 \times 1,218.5 / 153,419,444,943.7 = -0.232 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_w \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -204.507 \times 1,078.5 / 153,419,444,943.7 = -0.205 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$u = V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 38.071 / 51,408.0 + 232.081 / (2 \times 5,128,380.0 \times 12.0) = 2.626 \text{ MPa}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

■ 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,042,660.8 / 7.0 = 148,951.5 \text{ mm}^2$$

■ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 5,004,771,840.0 / 7.0 = 7.150E+08 \text{ mm}^4$$

■ 합성 단면적

$$A_v' = A_s + A_{cn1} = 137,109.8 + 148,951.5 = 286,061.4 \text{ mm}^2$$

■ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v' = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 1,209.0 - 12.0 + 50.0 + 240.0/2 = 1,367.0 \text{ mm}$$

■ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v' = A_{cn1} \times d_v' / A_v' = 148,951.5 \times 1,367.0 / 286,061.4 = 711.8 \text{ mm}$$

■ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v}' = d_v' - v' = 1,367.0 - 711.8 = 655.2 \text{ mm}$$

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = 0.123 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 2.0/2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_{c1}/n_1 = 137,109.8 + 1,042,660.8 / 14.0 = 2.116\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_{c1}/n_1) \times d_v' / A_{v1} = (1,042,660.8/14.0) \times 1,367.0 / 211,585.6 = 481.2 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v' - v_1 = 1,367.0 - 481.2 = 885.9 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v'^2) + (I_c/n_1 + A_c/n_1 \cdot d_{c,v}'^2) \\ = (114,621,338,995.7 + 137,109.8 \times 711.8^2) + (5,004,771,840.0/7.0 + 1,042,660.8/7.0 \times 655.2^2) = 2.164\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v}' \cdot A_{c1} / (n \cdot I_{v1}) \\ = -2,978.1 \times 655.2 \times 1,042,660.8 / (7.0 \times 216,422,277,502.5) = -1.343\text{E}+06 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -1,342,968.1 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = -1.343\text{E}+06 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = -1,342,968.1 \times 885.9 = -1.190\text{E}+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

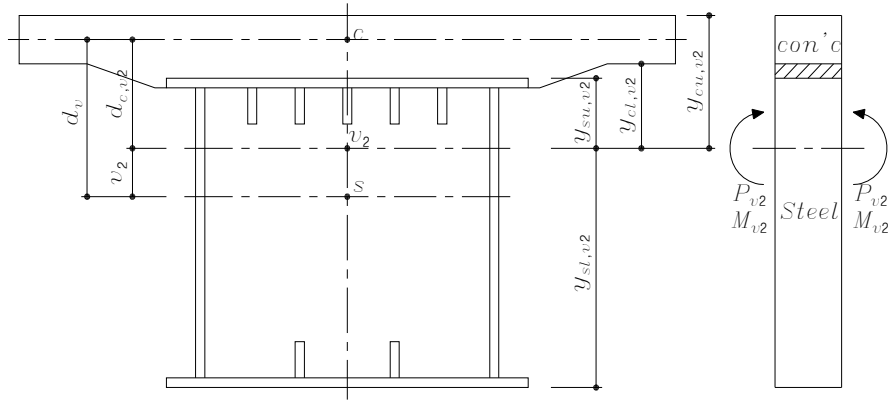
$$f_{ru,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{ru,v} / I_{rv} \\ = -1,342,968.1/162,003.4 + 0.123 \times -1,189,670,057.7 \times 1,218.5/153,419,444,943.7 = -9.447 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{rl,v} / I_{rv} \\ = -1,342,968.1/162,003.4 + 0.123 \times -1,189,670,057.7 \times 1,078.5/153,419,444,943.7 = -9.314 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v} / I_{rv} \\ = -1,342,968.1/162,003.4 + 0.123 \times -1,189,670,057.7 \times 1,000.5/153,419,444,943.7 = -9.240 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v} / I_{rv} \\ = -1,342,968.1/162,003.4 + 0.123 \times -1,189,670,057.7 \times -1,169.5/153,419,444,943.7 = -7.179 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 ϕ_2 는 $\phi_2 = 2 \cdot \phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 137,109.8 + 1,042,660.8 / 21.0 = 1.868E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2} = (1,042,660.8/21.0) \times 1,367.0 / 186,760.4 = 363.4 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,367.0 - 363.4 = 1,003.6 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,042,660.8 / 21.0 = 2.748E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,748,156.0 \times 1,003.6 = 2.758E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

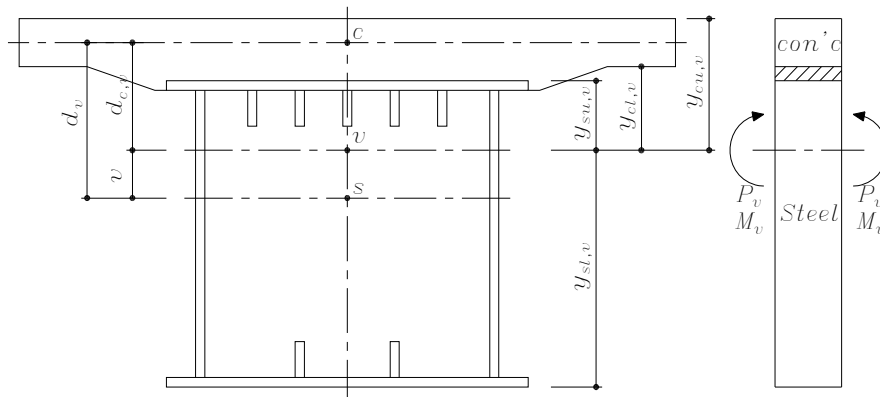
$$f_{ru,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{ru,v}/I_{rv} = 2,748,156.0/162,003.4 + 0.123 \times 2,758,059,702.3 \times 1,218.5/153,419,444,943.7 = 19.647 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} = 2,748,156.0/162,003.4 + 0.123 \times 2,758,059,702.3 \times 1,078.5/153,419,444,943.7 = 19.339 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v}/I_{rv} = 2,748,156.0/162,003.4 + 0.123 \times 2,758,059,702.3 \times 1,000.5/153,419,444,943.7 = 19.167 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v}/I_{rv} = 2,748,156.0/162,003.4 + 0.123 \times 2,758,059,702.3 \times -1,169.5/153,419,444,943.7 = 14.388 \text{ MPa}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1} / n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,042,660.8 / 7.0 = 3.664\text{E}+06 \text{ N}$$

P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 3,664,208.0 \times 655.2 = 2.401\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

바닥판 철근 응력 변화량

$$f_{ru,t} = P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t$$

$$= 3,664,208.0 / 162,003.4 + 0.123 \times 2,400,865,632.4 \times 1,218.5 / 153,419,444,943.7 - 205,000.0 \times 0.000120 = 0.354 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,t} = P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t$$

$$= 3,664,208.0 / 162,003.4 + 0.123 \times 2,400,865,632.4 \times 1,078.5 / 153,419,444,943.7 - 205,000.0 \times 0.000120 = 0.086 \text{ MPa}$$

강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v} / I_{rv}$$

$$= 3,664,208.0 / 162,003.4 + 0.123 \times 2,400,865,632.4 \times 1,000.5 / 153,419,444,943.7 = 24.536 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v} / I_{rv}$$

$$= 3,664,208.0 / 162,003.4 + 0.123 \times 2,400,865,632.4 \times -1,169.5 / 153,419,444,943.7 = 20.376 \text{ MPa}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,835.423 / 51,408.0 + 237.558 / 122,110,080.0 + 830.226 / 123,081,120.0 = 44.394 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 44.4 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,177.686 / 51,408.0 + 237.558 / 122,110,080.0 + 386.936 / 123,081,120.0 = 27.998 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 28.0 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 활하중 재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,854.458 / 51,408.0 + 237.558 / 122,110,080.0 + 946.267 / 123,081,120.0 = 45.707 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 45.7 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$t_l \geq b / 23 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 23 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 46 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7[b / (t_l \cdot i \cdot n) - 23] = 215.0 - 4.7\{2,400.0 / (16.0 \times 1.0 \times 6) - 23\} = 205.6 \text{ MPa}$$

$$b / 46 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 80 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.0 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000\{(t_l \cdot i \cdot n) / b\}^2 = 220,000.0 \times \{(16.0 \times 1.0 \times 6.0 / 2,400.0)^2\} = 352.0 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 16.0 \text{ mm} : \therefore f_{ca} = 205.6 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$$

(SD 400 사용)

$$f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$$

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	RE-BAR				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	-71.215	56.604	215.000	205.600
1+2+3	-66.127	-58.530	160.000	160.000	-125.512	120.071	215.000	205.600
1+2+3+5	-75.575	-67.844	160.000	160.000	-134.752	112.892	215.000	205.600
1+2+3+5+6	-55.927	-48.505	160.000	160.000	-115.585	127.280	215.000	205.600
1+2+3+5+6+7	-55.573	-48.419	184.000	184.000	-91.049	147.656	247.250	236.440
1+2+3+5+6-7	-56.282	-48.591	184.000	184.000	-140.121	106.904	247.250	236.440
1+2+4	-23.885	-21.141	192.000	192.000	-91.970	80.864	258.000	246.720
1+2+3+0.5×4	-66.243	-58.632	200.000	200.000	-126.179	120.850	268.750	257.000
1+2+3+0.5×4+5	-75.691	-67.947	200.000	200.000	-135.419	113.672	268.750	257.000
1+2+3+0.5×4+5+6	-56.043	-48.608	200.000	200.000	-116.252	128.059	268.750	257.000
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-55.689	-48.522	216.000	216.000	-91.716	148.435	290.250	277.560
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-56.398	-48.694	216.000	216.000	-140.788	107.684	290.250	277.560

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.110	0.076	0.126	0.126	0.236	0.202	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.341	0.341	0.126	0.126	0.467	0.467	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.393	0.301	0.126	0.126	0.519	0.428	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.289	0.383	0.126	0.126	0.415	0.509	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.136	0.390	0.126	0.126	0.262	0.516	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.321	0.204	0.126	0.126	0.447	0.331	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.127	0.107	0.035	0.035	0.162	0.142	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.220	0.221	0.086	0.086	0.306	0.307	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.254	0.196	0.086	0.086	0.339	0.281	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.187	0.248	0.086	0.086	0.273	0.334	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.100	0.286	0.086	0.086	0.185	0.372	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.235	0.151	0.086	0.086	0.321	0.236	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{-134.752}{215.000} \right)^2 + \left(\frac{44.394}{125.000} \right) = 0.393 + 0.126 = 0.519 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{147.656}{236.440} \right)^2 + \left(\frac{44.394}{125.000} \right) = 0.390 + 0.126 = 0.516 \leq 1.2 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 인장(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 108.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$(\text{합성형 스테드 설치시}) \quad t_{min} = \mathbf{10.0} \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 압축(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 16.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b / (46 \cdot i \cdot n) = \mathbf{2,400.0} / (46 \times 1.0 \times 6.0) = 8.7 \leq t_{use} = 16.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1, 3.8.4.2)

$$t_{min} = b / (206 \times 1.200) = \mathbf{2,142.0} / (206 \times 1.200) = \mathbf{8.7} \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 56.604)} = 1.95 \geq \mathbf{1.20} \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

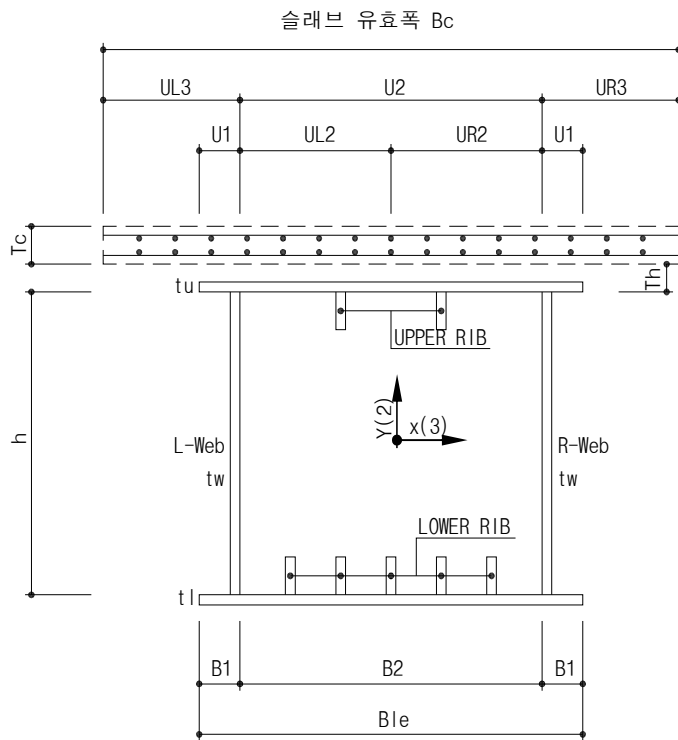
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Rebar				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	-92.580	73.585	355.000	0.K !!
1+2+3	-122.069	-108.044	240.000	0.K !!	-192.810	190.743	355.000	0.K !!
1+2+3+7	-122.423	-108.130	240.000	0.K !!	-217.346	211.119	355.000	0.K !!
1+2+3+5	-131.516	-117.358	240.000	0.K !!	-202.050	183.564	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6	-111.869	-98.019	240.000	0.K !!	-182.883	197.952	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	-111.515	-97.933	240.000	0.K !!	-158.346	218.328	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	-112.223	-98.105	240.000	0.K !!	-207.419	177.576	355.000	0.K !!
1+2+4	-30.981	-27.421	240.000	0.K !!	-119.161	104.655	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4	-122.185	-108.147	240.000	0.K !!	-193.476	191.523	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+7	-121.831	-108.061	240.000	0.K !!	-168.940	211.899	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	-131.632	-117.461	240.000	0.K !!	-202.717	184.344	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	-111.985	-98.122	240.000	0.K !!	-183.550	198.732	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-111.631	-98.036	240.000	0.K !!	-159.013	219.108	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-112.339	-98.208	240.000	0.K !!	-208.086	178.356	355.000	0.K !!

[G2 : 단면 - 9] : 절점 54 로 부터 이격거리 0.000 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종:	SM520B
Bc =	4,218.2 mm
U1 =	120.0 mm
UL2 =	1,200.0 mm
UR2 =	1,200.0 mm
상부 플랜지 유효폭	
Bue =	2,362.1 mm
하부 플랜지 유효폭	
Ble =	2,362.1 mm
B1 =	120.0 mm
B2 =	2,400.0 mm
Tc =	240.0 mm
Th =	50.0 mm
h =	2,500.0 mm
Θ_L =	0.000 °
Θ_R =	0.000 °

구 분	단 위	입력 Data
E_s : 강재 탄성계수	MPa	205,000.0
E_c : 콘크리트의 탄성계수	MPa	27,804.0
ε_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율	-	0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수	-	0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수	-	4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비	-	7
Δt : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
M_s : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	-11,495.700
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	-5,112.170
M_w : 풍하중에의한 모멘트	kN·m	-325.618
M_v : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	-7,807.700
V_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1,371.660
V_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-607.044
V_w : 풍하중에의한 전단력	kN	-65.351
V_v : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	-979.018
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-433.891
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	25.655
M_{wt} : 풍하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-282.088
M_{vt} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-1,143.110
t_{cu}, t_{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

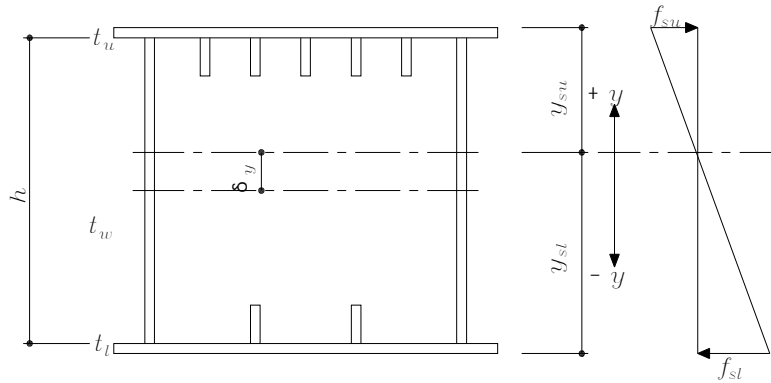
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

X(3)축 방향 단면 제원

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 - 2,362.1 × 12.0	28,345.0	1,256.0	3.560E+07	4.472E+10	3.401E+05
UPPER RIB	② - 150.0 × 14.0	4,200.0	1,175.0	4.935E+06	5.799E+09	7.875E+06
L - WEB	① - 2,500.0 × 14.0	35,000.0	-	-	-	1.823E+10
R - WEB	① - 2,500.0 × 14.0	35,000.0	-	-	-	1.823E+10
LOWER RIB	⑤ - 150.0 × 14.0	10,500.0	-1,175.0	-1.234E+07	1.450E+10	1.969E+07
LOWER FL.	① - 2,362.1 × 16.0	37,793.3	-1,258.0	-4.754E+07	5.981E+10	8.063E+05
강재 단면 합계		150,838.2	-	-1.935E+07	1.248E+11	3.649E+10
UPPER RE-Bar (A_{ru})		12,085.1	1,480.0	17,885,884.4	26,471,108,962.3	-
LOWER RE-Bar (A_{rl})		12,085.1	1,340.0	16,193,976.4	21,699,928,439.0	-
RE-Bar 합계		24,170.1		3.408E+07	4.817E+10	-
RC. SLAB	① - 4,218.2 × 240.0	1,012,360.8	1,420.0	1.438E+09	2.041E+12	4.859E+09
※ $A_s = 150,838.2 \text{ mm}^2$ $A_{c1} = 1,012,360.8 \text{ mm}^2$ $A_r = 24,170.1 \text{ mm}^2$						

$$\ast \quad A_s = 150,838.2 \text{ mm}^2 \quad A_{c1} = 1,012,360.8 \text{ mm}^2 \quad A_r = 24,170.1 \text{ mm}^2$$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -19,345,176.5 / 150,838.2 = -128.251 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 2,500.0 / 2 + 12.0 - (-128.251) = 1,390.251 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 2,500.0 / 2 + 16.0 + (-128.251) \} = -1,137.749 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 36,487,042,229.5 + 124,820,666,688.5 - 150,838.2 \times (-128.251)^2 = 1.588\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토 (도.설.해 3.8.2.1)

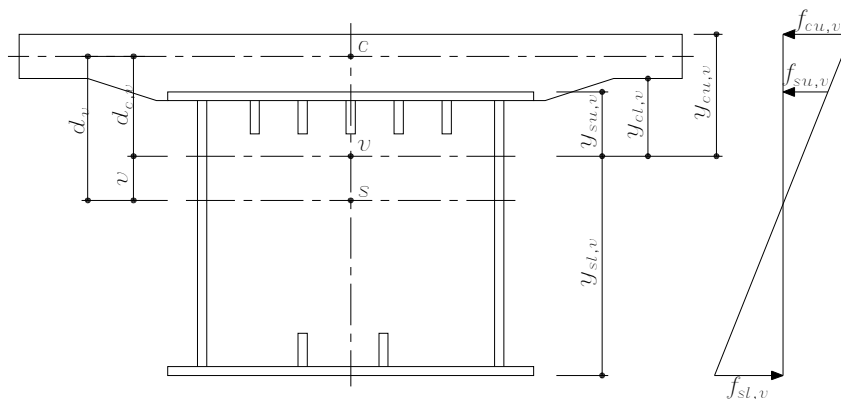
$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = -11,495.700 \times 1,390.3 / 158,826,667,949.6 = -100.625 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = -11,495.700 \times -1,137.7 / 158,826,667,949.6 = 82.349 \text{ MPa}$$

- 부재의 전단응력 검토 (도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 5.719\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) = 1,371.660 / 70,000.0 + 433.891 / (2 \times 5,719,450.0 \times 14.0) = 22.305 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_r = 150,838.2 + 24,170.1 = 175,008.4 \text{ mm}^2$$

- 강재도심선에서 철근 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 1,390.3 - 12.0 + 50.0 + 40.0 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,085.1 / 24,170.1 = 1,538.3 \text{ mm}$$

- 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_r \times d_v / A_v = 24,170.1 \times 1,538.3 / 175,008.4 = 212.4 \text{ mm}$$

- 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{r,v} = d_v - v = 1,538.3 - 212.4 = 1,325.8 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{rv} = I_s + A_s \cdot v^2 + I_r + A_r \cdot d_{r,v}^2$$

$$= 158,826,667,949.6 + 150,838.2 \times 212.4^2 + 0.0 + 24,170.1 \times 1,325.8^2 = 2.081E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 1,390.3 - 212.4 = 1,177.8 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -1,137.7 - 212.4 = -1,350.2 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 주철근 상·하연까지의 거리

$$y_{ru,v} = d_{r,v} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{rl} / A_r$$

$$= 1,325.8 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,085.1 / 24,170.1 = 1,395.8 \text{ mm}$$

$$y_{rl,v} = d_{r,v} - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 1,325.8 - (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,085.1 / 24,170.1 = 1,255.8 \text{ mm}$$

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -5,112.170 \times 1,177.8 / 208,119,738,128.7 = -28.931 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -5,112.170 \times -1,350.2 / 208,119,738,128.7 = 33.166 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_{sc} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -5,112.170 \times 1,395.8 / 208,119,738,128.7 = -34.286 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_{sc} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -5,112.170 \times 1,255.8 / 208,119,738,128.7 = -30.847 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$F_v = b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 5.758E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{sc} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 607.044 / 70,000.0 + 25.655 / (2 \times 5,758,450.0 \times 14.0) = 8.831 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -7,807.700 \times 1,177.8 / 208,119,738,128.7 = -44.186 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -7,807.700 \times -1,350.2 / 208,119,738,128.7 = 50.653 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_v \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -7,807.700 \times 1,395.8 / 208,119,738,128.7 = -52.364 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_v \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -7,807.700 \times 1,255.8 / 208,119,738,128.7 = -47.112 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 979.018 / 70,000.0 + 1,143.110 / (2 \times 5,758,450.0 \times 14.0) = 21.076 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응력 검토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -325.618 \times 1,177.8 / 208,119,738,128.7 = -1.843 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -325.618 \times -1,350.2 / 208,119,738,128.7 = 2.112 \text{ MPa}$$

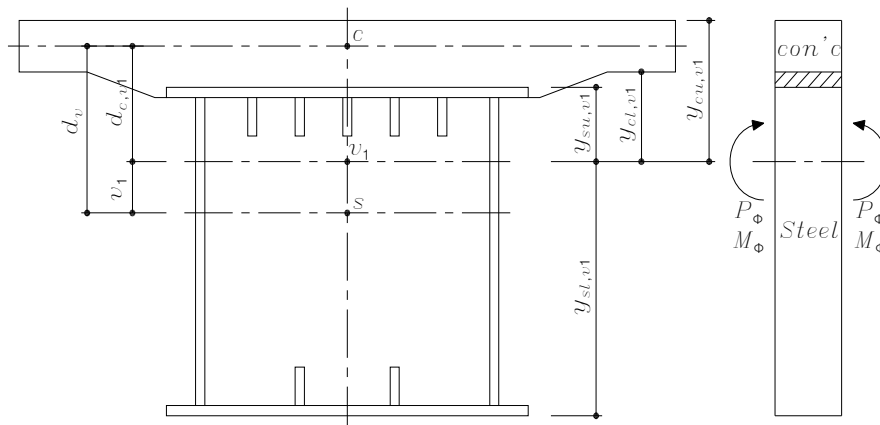
$$f_{ru,v} = M_w \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -325.618 \times 1,395.8 / 208,119,738,128.7 = -0.312 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_w \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -325.618 \times 1,255.8 / 208,119,738,128.7 = -0.281 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$u = V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 65.351 / 70,000.0 + 282.088 / (2 \times 5,758,450.0 \times 14.0) = 2.683 \text{ MPa}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

■ 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,012,360.8 / 7.0 = 144,623.0 \text{ mm}^2$$

■ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 4,859,331,840.0 / 7.0 = 6.942\text{E}+08 \text{ mm}^4$$

■ 합성 단면적

$$A_v' = A_s + A_{cn1} = 150,838.2 + 144,623.0 = 295,461.2 \text{ mm}^2$$

■ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v' = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 1,390.3 - 12.0 + 50.0 + 240.0/2 = 1,548.3 \text{ mm}$$

■ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v' = A_{cn1} \times d_v' / A_v' = 144,623.0 \times 1,548.3 / 295,461.2 = 757.8 \text{ mm}$$

■ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v}' = d_v' - v' = 1,548.3 - 757.8 = 790.4 \text{ mm}$$

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = 0.186 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 2.0/2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_{c1}/n_1 = 150,838.2 + 1,012,360.8 / 14.0 = 2.231\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_{c1}/n_1) \times d_v' / A_{v1} = (1,012,360.8/14.0) \times 1,548.3 / 223,149.7 = 501.7 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v' - v_1 = 1,548.3 - 501.7 = 1,046.5 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v'^2) + (I_c/n_1 + A_c/n_1 \cdot d_{c,v}'^2) \\ = (158,826,667,949.6 + 150,838.2 \times 757.8^2) + (4,859,331,840.0/7.0 + 1,012,360.8/7.0 \times 790.4^2) = 2.910\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v}' \cdot A_{c1} / (n \cdot I_{v1}) \\ = -5,112.2 \times 790.4 \times 1,012,360.8 / (7.0 \times 290,980,124,208.0) = -2.008\text{E}+06 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -2,008,314.1 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = -2.008\text{E}+06 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = -2,008,314.1 \times 1,046.5 = -2.102\text{E}+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

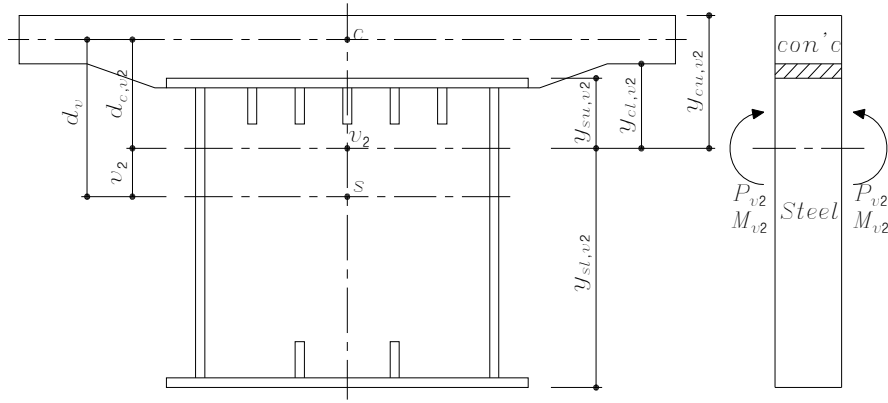
$$f_{ru,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{ru,v} / I_{rv} \\ = -2,008,314.1/175,008.4 + 0.186 \times -2,101,784,291.4 \times 1,395.8/208,119,738,128.7 = -14.091 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{rl,v} / I_{rv} \\ = -2,008,314.1/175,008.4 + 0.186 \times -2,101,784,291.4 \times 1,255.8/208,119,738,128.7 = -13.829 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v} / I_{rv} \\ = -2,008,314.1/175,008.4 + 0.186 \times -2,101,784,291.4 \times 1,177.8/208,119,738,128.7 = -13.683 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v} / I_{rv} \\ = -2,008,314.1/175,008.4 + 0.186 \times -2,101,784,291.4 \times -1,350.2/208,119,738,128.7 = -8.945 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 ϕ_2 는 $\phi_2 = 2 \cdot \phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 150,838.2 + 1,012,360.8 / 21.0 = 1.990E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2} = (1,012,360.8/21.0) \times 1,548.3 / 199,045.9 = 375.0 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,548.3 - 375.0 = 1,173.3 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,012,360.8 / 21.0 = 2.668E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,668,293.8 \times 1,173.3 = 3.131E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

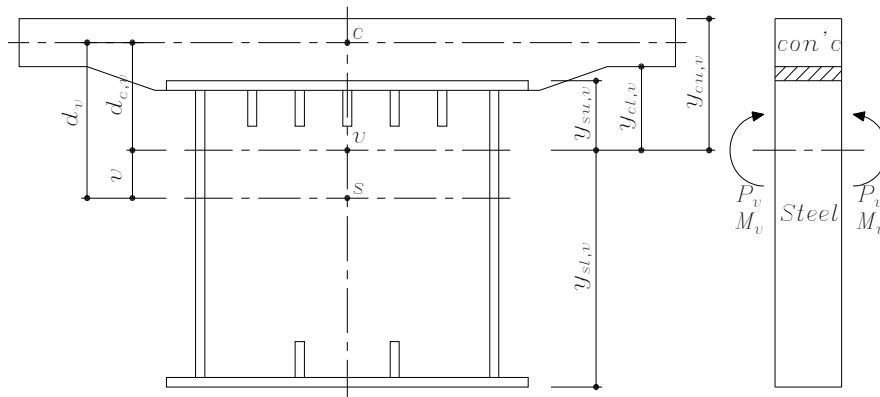
$$\begin{aligned} f_{ru,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{ru,v}/I_{rv} \\ &= 2,668,293.8/175,008.4 + 0.186 \times 3,130,641,125.4 \times 1,395.8/208,119,738,128.7 \\ &= 19.143 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{rl,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} \\ &= 2,668,293.8/175,008.4 + 0.186 \times 3,130,641,125.4 \times 1,255.8/208,119,738,128.7 \\ &= 18.752 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v}/I_{rv} \\ &= 2,668,293.8/175,008.4 + 0.186 \times 3,130,641,125.4 \times 1,177.8/208,119,738,128.7 \\ &= 18.534 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v}/I_{rv} \\ &= 2,668,293.8/175,008.4 + 0.186 \times 3,130,641,125.4 \times -1,350.2/208,119,738,128.7 \\ &= 11.478 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1} / n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,012,360.8 / 7.0 = 3.558\text{E}+06 \text{ N}$$

P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 3,557,725.1 \times 790.4 = 2.812\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

바닥판 철근 응력 변화량

$$f_{ru,t} = P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t$$

$$= 3,557,725.1 / 175,008.4 + 0.186 \times 2,812,061,267.1 \times 1,395.8 / 208,119,738,128.7 - 205,000.0 \times 0.000120 = -0.772 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,t} = P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t$$

$$= 3,557,725.1 / 175,008.4 + 0.186 \times 2,812,061,267.1 \times 1,255.8 / 208,119,738,128.7 - 205,000.0 \times 0.000120 = -1.123 \text{ MPa}$$

강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v} / I_{rv}$$

$$= 3,557,725.1 / 175,008.4 + 0.186 \times 2,812,061,267.1 \times 1,177.8 / 208,119,738,128.7 = 23.282 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v} / I_{rv}$$

$$= 3,557,725.1 / 175,008.4 + 0.186 \times 2,812,061,267.1 \times -1,350.2 / 208,119,738,128.7 = 16.944 \text{ MPa}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 2,957.722 / 70,000.0 + 433.891 / 160,144,600.0 + 1,168.765 / 161,236,600.0 = 52.211 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 52.2 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 2,044.055 / 70,000.0 + 433.891 / 160,144,600.0 + 307.743 / 161,236,600.0 = 33.819 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 33.8 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 활하중 재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 2,990.398 / 70,000.0 + 433.891 / 160,144,600.0 + 1,309.809 / 161,236,600.0 = 53.553 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 53.6 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)
 f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)
 i : 응력구배계수
 n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$t_l \geq b / 23 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 23 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 46 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7[b / (t_l \cdot i \cdot n) - 23] = 215.0 - 4.7\{2,400.0 / (16.0 \times 1.0 \times 6) - 23\} = 205.6 \text{ MPa}$$

$$b / 46 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 80 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.0 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000\{(t_l \cdot i \cdot n) / b\}^2 = 220,000.0 \times \{(16.0 \times 1.0 \times 6.0 / 2,400.0)^2\} = 352.0 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 16.0 \text{ mm} : \therefore f_{ca} = 205.6 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$$

(SD 400 사용)

$$f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$$

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	RE-BAR				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	-100.625	82.349	215.000	205.600
1+2+3	-86.650	-77.959	160.000	160.000	-173.742	166.168	215.000	205.600
1+2+3+5	-100.741	-91.788	160.000	160.000	-187.424	157.222	215.000	205.600
1+2+3+5+6	-81.599	-73.036	160.000	160.000	-168.890	168.700	215.000	205.600
1+2+3+5+6+7	-82.371	-74.159	184.000	184.000	-145.609	185.644	247.250	236.440
1+2+3+5+6-7	-80.827	-71.913	184.000	184.000	-192.172	151.757	247.250	236.440
1+2+4	-34.598	-31.128	192.000	192.000	-131.399	117.627	258.000	246.720
1+2+3+0.5×4	-86.806	-78.100	200.000	200.000	-174.663	167.224	268.750	257.000
1+2+3+0.5×4+5	-100.897	-91.928	200.000	200.000	-188.346	158.278	268.750	257.000
1+2+3+0.5×4+5+6	-81.755	-73.176	200.000	200.000	-169.812	169.757	268.750	257.000
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-82.527	-74.299	216.000	216.000	-146.530	186.700	290.250	277.560
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-80.983	-72.054	216.000	216.000	-193.094	152.813	290.250	277.560

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.219	0.160	0.174	0.174	0.394	0.335	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.653	0.653	0.174	0.174	0.827	0.828	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.760	0.585	0.174	0.174	0.934	0.759	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.617	0.673	0.174	0.174	0.792	0.848	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.347	0.616	0.174	0.174	0.521	0.791	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.604	0.412	0.174	0.174	0.779	0.586	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.259	0.227	0.051	0.051	0.310	0.278	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.422	0.423	0.117	0.117	0.540	0.541	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.491	0.379	0.117	0.117	0.609	0.497	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.399	0.436	0.117	0.117	0.517	0.554	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.255	0.452	0.117	0.117	0.372	0.570	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.443	0.303	0.117	0.117	0.560	0.421	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{-187.424}{215.000} \right)^2 + \left(\frac{52.211}{125.000} \right) = 0.760 + 0.174 = 0.934 \leq 1.2 \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{168.700}{205.600} \right)^2 + \left(\frac{52.211}{125.000} \right) = 0.673 + 0.174 = 0.848 \leq 1.2 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 인장(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 106.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$(\text{합성형 스테드 설치시}) \quad t_{min} = \mathbf{10.0} \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 압축(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 16.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b / (46 \cdot i \cdot n) = \mathbf{2,400.0} / (46 \times 1.0 \times 6.0) = 8.7 \leq t_{use} = 16.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1, 3.8.4.2)

$$t_{min} = b / (206 \times 1.200) = \mathbf{2,500.0} / (206 \times 1.200) = \mathbf{10.1} \leq t_{use} = 14.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 82.349)} = 1.62 \geq \mathbf{1.20} \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

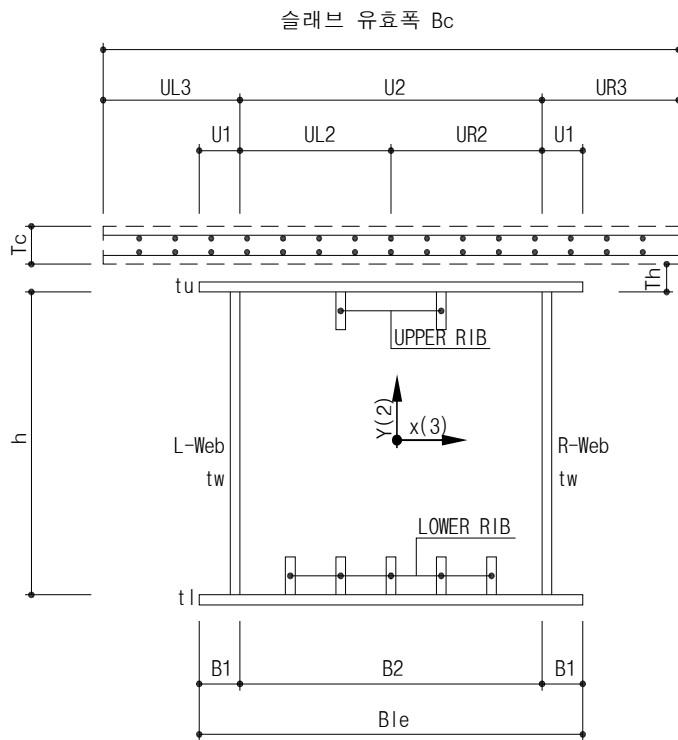
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Rebar				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	-130.812	107.054	355.000	0.K !!
1+2+3	-157.155	-141.392	240.000	0.K !!	-263.422	259.073	355.000	0.K !!
1+2+3+7	-157.927	-142.515	240.000	0.K !!	-286.704	276.017	355.000	0.K !!
1+2+3+5	-171.246	-155.221	240.000	0.K !!	-277.105	250.128	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6	-152.103	-136.469	240.000	0.K !!	-258.571	261.606	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	-152.875	-137.592	240.000	0.K !!	-235.289	278.550	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	-151.332	-135.346	240.000	0.K !!	-281.853	244.662	355.000	0.K !!
1+2+4	-44.884	-40.382	240.000	0.K !!	-170.266	152.282	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4	-157.311	-141.533	240.000	0.K !!	-264.344	260.129	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+7	-158.083	-142.655	240.000	0.K !!	-241.062	277.073	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	-171.402	-155.361	240.000	0.K !!	-278.026	251.184	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	-152.259	-136.610	240.000	0.K !!	-259.492	262.662	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-153.031	-137.732	240.000	0.K !!	-236.211	279.606	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-151.488	-135.487	240.000	0.K !!	-282.774	245.718	355.000	0.K !!

[G1 : 단면 - 10] : 절점 19 로 부터 이격거리 0.000 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종:	SM520B
B_c	= 4,430.9 mm
U_1	= 120.0 mm
UL_2	= 1,200.0 mm
UR_2	= 1,200.0 mm
상부 플랜지 유효폭	
B_{ue}	= 2,593.7 mm
하부 플랜지 유효폭	
B_{le}	= 2,593.7 mm
B_1	= 120.0 mm
B_2	= 2,400.0 mm
T_c	= 240.0 mm
T_h	= 50.0 mm
h	= 1,863.0 mm
Θ_L	= 0.000 °
Θ_R	= 0.000 °

구 분	단 위	입력 Data
E_s : 강재 탄성계수	MPa	205,000.0
E_c : 콘크리트의 탄성계수	MPa	27,804.0
ε_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율	-	0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수	-	0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수	-	4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비	-	7
Δt : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
M_s : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	-817.130
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	-567.617
M_w : 풍하중에의한 모멘트	kN·m	-27.123
M_v : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	-2,698.300
V_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-846.932
V_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-346.709
V_w : 풍하중에의한 전단력	kN	-19.460
V_v : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	-650.191
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-509.042
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-161.279
M_{wt} : 풍하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-119.656
M_{vt} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-827.057
t_{cu}, t_{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

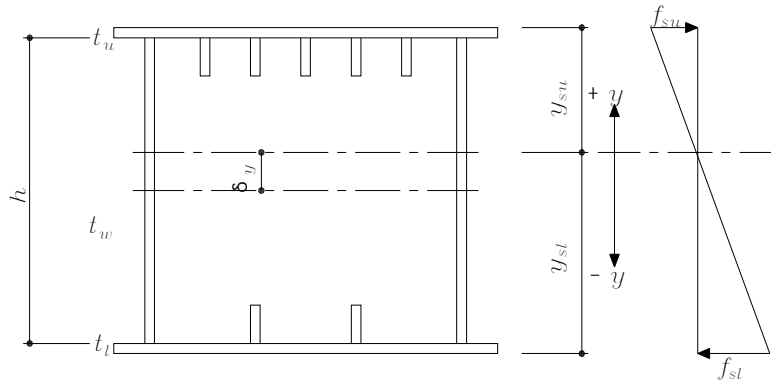
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

X(3)축 방향 단면 제원

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 - 2,593.7 × 12.0	31,124.2	937.5	2.918E+07	2.736E+10	3.735E+05
UPPER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	856.5	8.993E+06	7.703E+09	1.969E+07
L - WEB	1 - 1,863.0 × 12.0	22,356.0	-	-	-	6.466E+09
R - WEB	1 - 1,863.0 × 12.0	22,356.0	-	-	-	6.466E+09
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-856.5	-8.993E+06	7.703E+09	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,593.7 × 14.0	36,311.5	-938.5	-3.408E+07	3.198E+10	5.931E+05
강재 단면 합계		133,147.7	-	-4.899E+06	7.474E+10	1.297E+10
UPPER RE-Bar (A_{rU})		12,694.4	1,161.5	14,744,528.5	17,125,769,815.4	-
LOWER RE-Bar (A_{rL})		12,694.4	1,021.5	12,967,314.5	13,246,111,795.3	-
RE-Bar 합계		25,388.8		2.771E+07	3.037E+10	-
RC. SLAB	1 - 4,430.9 × 240.0	1,063,404.0	1,101.5	1.171E+09	1.290E+12	5.104E+09
※ $A_s = 133,147.7 \text{ mm}^2$ $A_{c1} = 1,063,404.0 \text{ mm}^2$ $A_r = 25,388.8 \text{ mm}^2$						

$$\ast \quad A_s = 133,147.7 \text{ mm}^2 \quad A_{c1} = 1,063,404.0 \text{ mm}^2 \quad A_r = 25,388.8 \text{ mm}^2$$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -4,899,461.5 / 133,147.7 = -36.797 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 1,863.0 / 2 + 12.0 - -36.797 = 980.297 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 1,863.0 / 2 + 14.0 + -36.797 \} = -908.703 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 12,972,426,872.1 + 74,743,198,286.5 - 133,147.7 \times -36.797^2 = 8.754\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = -817.130 \times 980.3 / 87,535,338,703.8 = -9.151 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = -817.130 \times -908.7 / 87,535,338,703.8 = 8.483 \text{ MPa}$$

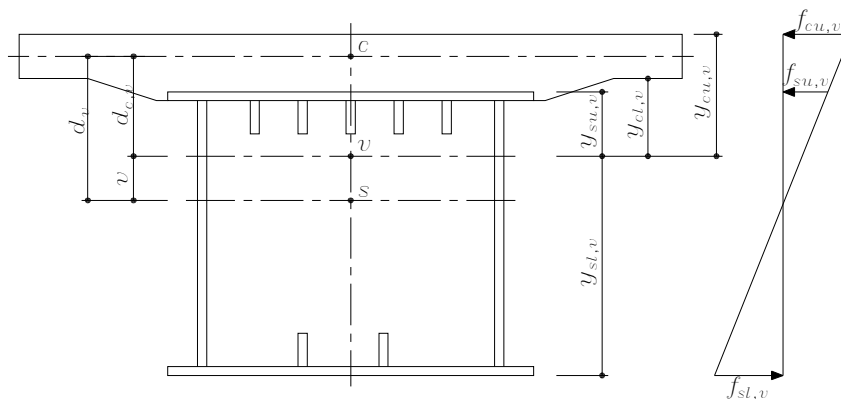
- 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 4.481\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 846.932 / 44,712.0 + 509.042 / (2 \times 4,481,460.0 \times 12.0) = 23.675 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_r = 133,147.7 + 25,388.8 = 158,536.5 \text{ mm}^2$$

- 강재도심선에서 철근 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 980.3 - 12.0 + 50.0 + 40.0 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,694.4 / 25,388.8 = 1,128.3 \text{ mm}$$

- 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_r \times d_v / A_v = 25,388.8 \times 1,128.3 / 158,536.5 = 180.7 \text{ mm}$$

- 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{r,v} = d_v - v = 1,128.3 - 180.7 = 947.6 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{rv} = I_s + A_s \cdot v^2 + I_r + A_r \cdot d_{r,v}^2$$

$$= 87,535,338,703.8 + 133,147.7 \times 180.7^2 + 0.0 + 25,388.8 \times 947.6^2 = 1.147\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 980.3 - 180.7 = 799.6 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -908.7 - 180.7 = -1,089.4 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 주철근 상·하연까지의 거리

$$y_{ru,v} = d_{r,v} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{rl} / A_r$$

$$= 947.6 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,694.4 / 25,388.8 = 1,017.6 \text{ mm}$$

$$y_{rl,v} = d_{r,v} - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 947.6 - (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,694.4 / 25,388.8 = 877.6 \text{ mm}$$

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -567.617 \times 799.6 / 114,680,545,970.4 = -3.958 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -567.617 \times -1,089.4 / 114,680,545,970.4 = 5.392 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_{sc} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -567.617 \times 1,017.6 / 114,680,545,970.4 = -5.037 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_{sc} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -567.617 \times 877.6 / 114,680,545,970.4 = -4.344 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$F_v = b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + TI/2) = 4.522\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{scl} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 346.709 / 44,712.0 + 161.279 / (2 \times 4,522,420.0 \times 12.0) = 9.240 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -2,698.300 \times 799.6 / 114,680,545,970.4 = -18.814 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -2,698.300 \times -1,089.4 / 114,680,545,970.4 = 25.632 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_v \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -2,698.300 \times 1,017.6 / 114,680,545,970.4 = -23.943 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_v \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -2,698.300 \times 877.6 / 114,680,545,970.4 = -20.649 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 650.191 / 44,712.0 + 827.057 / (2 \times 4,522,420.0 \times 12.0) = 22.162 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -27.123 \times 799.6 / 114,680,545,970.4 = -0.189 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -27.123 \times -1,089.4 / 114,680,545,970.4 = 0.258 \text{ MPa}$$

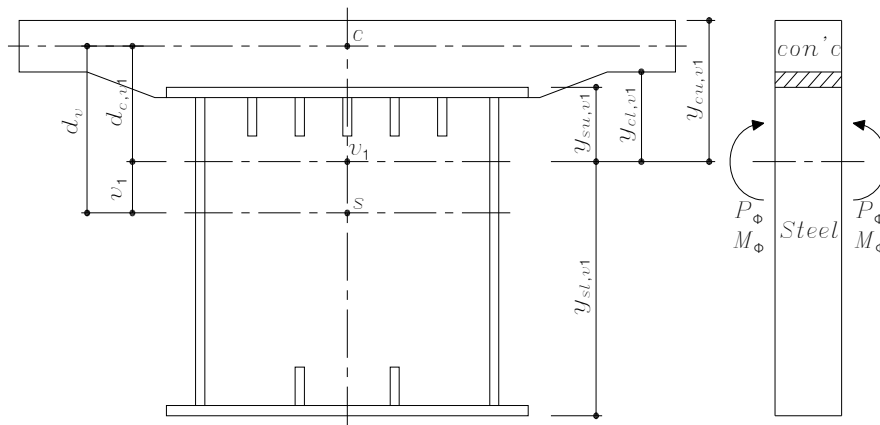
$$f_{ru,v} = M_w \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -27.123 \times 1,017.6 / 114,680,545,970.4 = -0.034 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_w \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -27.123 \times 877.6 / 114,680,545,970.4 = -0.030 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$u = V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 19.460 / 44,712.0 + 119.656 / (2 \times 4,522,420.0 \times 12.0) = 1.538 \text{ MPa}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

■ 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,063,404.0 / 7.0 = 151,914.9 \text{ mm}^2$$

■ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 5,104,339,200.0 / 7.0 = 7.292\text{E}+08 \text{ mm}^4$$

■ 합성 단면적

$$A_v' = A_s + A_{cn1} = 133,147.7 + 151,914.9 = 285,062.5 \text{ mm}^2$$

■ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v' = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 980.3 - 12.0 + 50.0 + 240.0/2 = 1,138.3 \text{ mm}$$

■ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v' = A_{cn1} \times d_v' / A_v' = 151,914.9 \times 1,138.3 / 285,062.5 = 606.6 \text{ mm}$$

■ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v}' = d_v' - v' = 1,138.3 - 606.6 = 531.7 \text{ mm}$$

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = 0.102 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 2.0/2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_{c1}/n_1 = 133,147.7 + 1,063,404.0 / 14.0 = 2.091\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_{c1}/n_1) \times d_v' / A_{v1} = (1,063,404.0/14.0) \times 1,138.3 / 209,105.1 = 413.5 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v' - v_1 = 1,138.3 - 413.5 = 724.8 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v'^2) + (I_c/n_1 + A_c/n_1 \cdot d_{c,v}'^2) \\ = (87,535,338,703.8 + 133,147.7 \times 606.6^2) + (5,104,339,200.0/7.0 + 1,063,404.0/7.0 \times 531.7^2) = 1.584\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v}' \cdot A_{c1} / (n \cdot I_{v1}) \\ = -567.6 \times 531.7 \times 1,063,404.0 / (7.0 \times 158,368,246,477.9) = -2.895\text{E}+05 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -289,492.1 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = -2.895\text{E}+05 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = -289,492.1 \times 724.8 = -2.098\text{E}+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

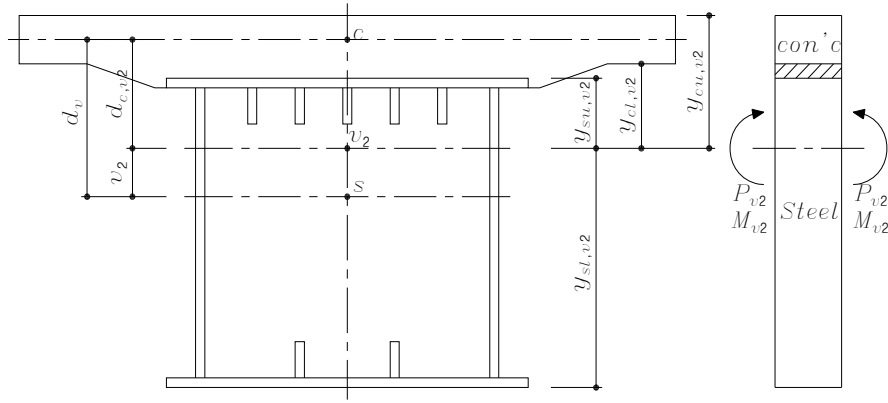
$$f_{ru,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{ru,v} / I_{rv} \\ = -289,492.1/158,536.5 + 0.102 \times -209,826,959.2 \times 1,017.6/114,680,545,970.4 = -2.017 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{rl,v} / I_{rv} \\ = -289,492.1/158,536.5 + 0.102 \times -209,826,959.2 \times 877.6/114,680,545,970.4 = -1.990 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v} / I_{rv} \\ = -289,492.1/158,536.5 + 0.102 \times -209,826,959.2 \times 799.6/114,680,545,970.4 = -1.976 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v} / I_{rv} \\ = -289,492.1/158,536.5 + 0.102 \times -209,826,959.2 \times -1,089.4/114,680,545,970.4 = -1.622 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 ϕ_2 는 $\phi_2 = 2 \cdot \phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 133,147.7 + 1,063,404.0 / 21.0 = 1.838E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2} = (1,063,404.0/21.0) \times 1,138.3 / 183,786.0 = 313.6 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,138.3 - 313.6 = 824.7 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,063,404.0 / 21.0 = 2.803E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,802,829.1 \times 824.7 = 2.311E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

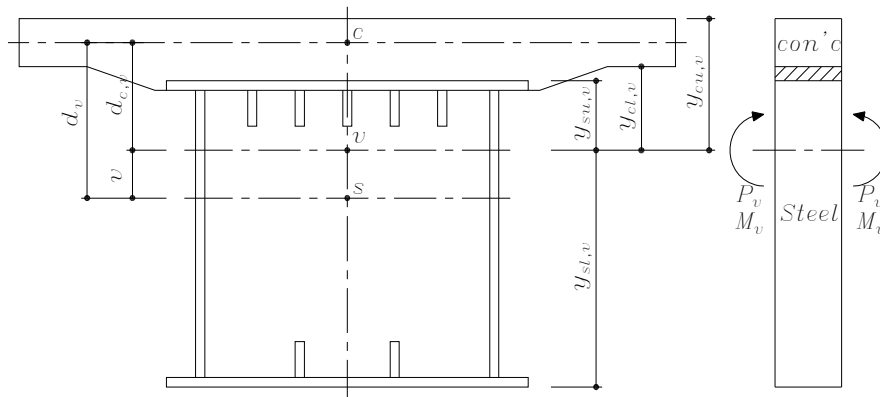
$$f_{ru,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{ru,v}/I_{rv} = 2,802,829.1/158,536.5 + 0.102 \times 2,311,391,680.2 \times 1,017.6/114,680,545,970.4 = 19.779 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} = 2,802,829.1/158,536.5 + 0.102 \times 2,311,391,680.2 \times 877.6/114,680,545,970.4 = 19.491 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v}/I_{rv} = 2,802,829.1/158,536.5 + 0.102 \times 2,311,391,680.2 \times 799.6/114,680,545,970.4 = 19.330 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v}/I_{rv} = 2,802,829.1/158,536.5 + 0.102 \times 2,311,391,680.2 \times -1,089.4/114,680,545,970.4 = 15.431 \text{ MPa}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1} / n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,063,404.0 / 7.0 = 3.737\text{E}+06 \text{ N}$$

P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 3,737,105.5 \times 531.7 = 1.987\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

바닥판 철근 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{ru,t} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t \\ &= 3,737,105.5 / 158,536.5 + 0.102 \times 1,986,938,755.5 \times 1,017.6 / 114,680,545,970.4 \\ &\quad - 205,000.0 \times 0.000120 = 0.778 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{rl,t} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t \\ &= 3,737,105.5 / 158,536.5 + 0.102 \times 1,986,938,755.5 \times 877.6 / 114,680,545,970.4 \\ &\quad - 205,000.0 \times 0.000120 = 0.529 \text{ MPa} \end{aligned}$$

강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v} / I_{rv} \\ &= 3,737,105.5 / 158,536.5 + 0.102 \times 1,986,938,755.5 \times 799.6 / 114,680,545,970.4 = 24.991 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} \\ &= 3,737,105.5 / 158,536.5 + 0.102 \times 1,986,938,755.5 \times -1,089.4 / 114,680,545,970.4 = 21.640 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,843.832 / 44,712.0 + 509.042 / 107,555,040.0 + 988.336 / 108,538,080.0 = 55.077 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 55.1 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,213.101 / 44,712.0 + 509.042 / 107,555,040.0 + 280.935 / 108,538,080.0 = 34.453 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 34.5 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 활하중 재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,853.562 / 44,712.0 + 509.042 / 107,555,040.0 + 1,048.164 / 108,538,080.0 = 55.846 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 55.8 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)
 f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)
 i : 응력구배계수
 n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$t_l \geq b / 23 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 23 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 46 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7[b / (t_l \cdot i \cdot n) - 23] = 215.0 - 4.7\{2,400.0 / (14.0 \times 1.0 \times 6) - 23\} = 188.8 \text{ MPa}$$

$$b / 46 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 80 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.0 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000\{(t_l \cdot i \cdot n) / b\}^2 = 220,000.0 \times \{(14.0 \times 1.0 \times 6.0 / 2,400.0)^2\} = 269.5 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 14.0 \text{ mm} : \therefore f_{ca} = 188.8 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$$

(SD 400 사용)

$$f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$$

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	RE-BAR				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	-9.151	8.483	215.000	188.814
1+2+3	-28.980	-24.993	160.000	160.000	-31.922	39.507	215.000	188.814
1+2+3+5	-30.996	-26.983	160.000	160.000	-33.898	37.885	215.000	188.814
1+2+3+5+6	-11.217	-7.493	160.000	160.000	-14.569	53.316	215.000	188.814
1+2+3+5+6+7	-10.439	-6.963	184.000	184.000	10.422	74.956	247.250	217.136
1+2+3+5+6-7	-11.995	-8.022	184.000	184.000	-39.560	31.676	247.250	217.136
1+2+4	-5.071	-4.373	192.000	192.000	-13.298	14.132	258.000	226.577
1+2+3+0.5×4	-28.997	-25.008	200.000	200.000	-32.017	39.636	268.750	236.018
1+2+3+0.5×4+5	-31.014	-26.998	200.000	200.000	-33.993	38.014	268.750	236.018
1+2+3+0.5×4+5+6	-11.234	-7.508	200.000	200.000	-14.663	53.445	268.750	236.018
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-10.456	-6.978	216.000	216.000	10.328	75.085	290.250	254.899
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-12.012	-8.037	216.000	216.000	-39.654	31.805	290.250	254.899

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.002	0.002	0.194	0.194	0.196	0.196	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.022	0.044	0.194	0.194	0.216	0.238	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.025	0.040	0.194	0.194	0.219	0.234	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.005	0.080	0.194	0.194	0.199	0.274	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.002	0.119	0.194	0.194	0.196	0.313	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.026	0.021	0.194	0.194	0.220	0.215	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.003	0.004	0.053	0.053	0.055	0.057	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.014	0.028	0.128	0.128	0.142	0.156	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.016	0.026	0.128	0.128	0.144	0.154	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.003	0.051	0.128	0.128	0.131	0.179	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.001	0.087	0.128	0.128	0.129	0.215	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.019	0.016	0.128	0.128	0.146	0.143	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{-39.560}{247.250} \right)^2 + \left(\frac{55.077}{125.000} \right) = 0.026 + 0.194 = 0.220 \leq 1.2 \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{74.956}{217.136} \right)^2 + \left(\frac{55.077}{125.000} \right) = 0.119 + 0.194 = 0.313 \leq 1.2 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 인장(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 108.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$(\text{합성형 스테드 설치시}) \quad t_{min} = \mathbf{10.0} \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 압축(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 14.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b / (46 \cdot i \cdot n) = \mathbf{2,400.0} / (46 \times 1.0 \times 6.0) = 8.7 \leq t_{use} = 14.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1, 3.8.4.2)

$$t_{min} = b / (206 \times 1.200) = \mathbf{1,863.0} / (206 \times 1.200) = \mathbf{7.5} \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 8.483)} = 5.03 \geq \mathbf{1.20} \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

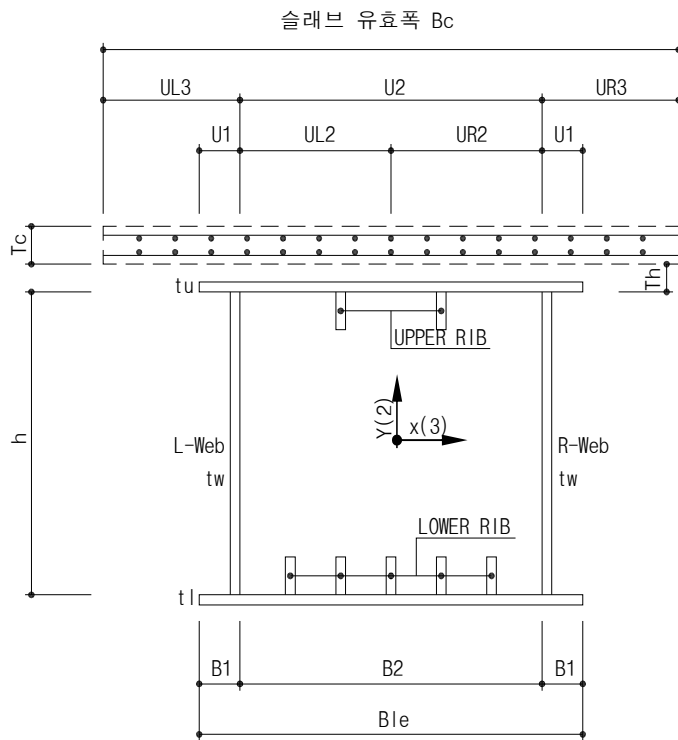
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Rebar				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	-11.896	11.027	355.000	0.K !!
1+2+3	-58.025	-50.042	240.000	0.K !!	-57.491	73.146	355.000	0.K !!
1+2+3+7	-58.803	-50.572	240.000	0.K !!	-82.482	94.786	355.000	0.K !!
1+2+3+5	-60.042	-52.033	240.000	0.K !!	-59.467	71.524	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6	-40.263	-32.542	240.000	0.K !!	-40.137	86.955	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	-39.485	-32.013	240.000	0.K !!	-15.146	108.595	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	-41.040	-33.072	240.000	0.K !!	-65.128	65.316	355.000	0.K !!
1+2+4	-6.582	-5.677	240.000	0.K !!	-17.230	18.295	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4	-58.043	-50.057	240.000	0.K !!	-57.585	73.275	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+7	-57.265	-49.528	240.000	0.K !!	-32.594	94.915	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	-60.059	-52.048	240.000	0.K !!	-59.561	71.653	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	-40.280	-32.557	240.000	0.K !!	-40.232	87.084	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-39.502	-32.028	240.000	0.K !!	-15.241	108.724	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-41.058	-33.087	240.000	0.K !!	-65.223	65.444	355.000	0.K !!

[G1 : 단면 - 14] : 절점 31 로 부터 이격거리 0.000 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM520B

Bc = 4,500.0 mm

U1 = 120.0 mm

UL2 = 1,200.0 mm

UR2 = 1,200.0 mm

상부 플랜지 유효폭

Bue = 2,640.0 mm

하부 플랜지 유효폭

Ble = 2,640.0 mm

B1 = 120.0 mm

B2 = 2,400.0 mm

Tc = 240.0 mm

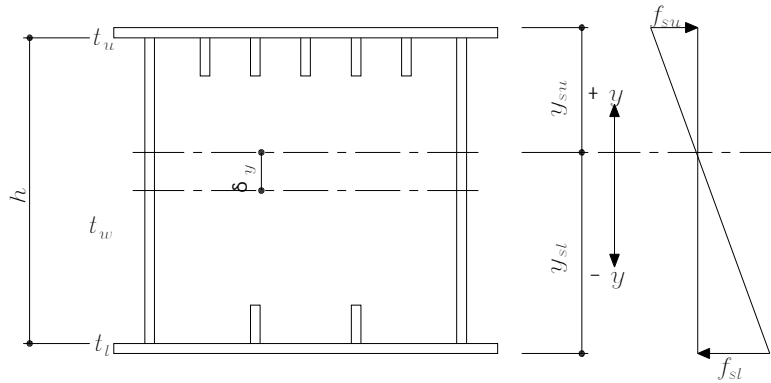
Th = 50.0 mm

h = 1,863.0 mm

$\Theta_L = 0.000^\circ$

$\Theta_R = 0.000^\circ$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -15,380,430.0 / 133,332.0 = -115.354 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 1,863.0 / 2 + 12.0 - -115.354 = 1,058.854 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 1,863.0 / 2 + 16.0 + -115.354 \} = -832.146 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 12,960,929,074.0 + 75,911,125,035.0 - 133,332.0 \times -115.354^2 = 8.710\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = -3,642.040 \times 1,058.9 / 87,097,854,164.6 = -44.277 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = -3,642.040 \times -832.1 / 87,097,854,164.6 = 34.797 \text{ MPa}$$

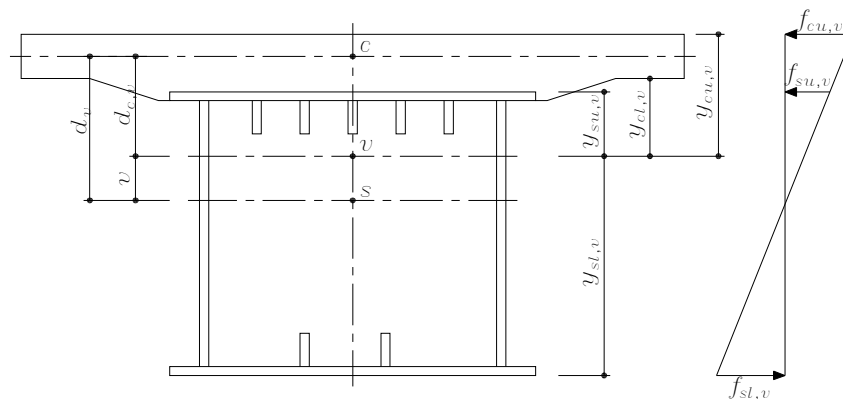
- 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 4.527\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 789.047 / 44,712.0 + 122.110 / (2 \times 4,527,320.0 \times 12.0) = 18.771 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_r = 133,332.0 + 25,785.0 = 159,117.0 \text{ mm}^2$$

- 강재도심선에서 철근 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 1,058.9 - 12.0 + 50.0 + 40.0 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,892.5 / 25,785.0 = 1,206.9 \text{ mm}$$

- 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_r \times d_v / A_v = 25,785.0 \times 1,206.9 / 159,117.0 = 195.6 \text{ mm}$$

- 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{r,v} = d_v - v = 1,206.9 - 195.6 = 1,011.3 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{rv} = I_s + A_s \cdot v^2 + I_r + A_r \cdot d_{r,v}^2$$

$$= 87,097,854,164.6 + 133,332.0 \times 195.6^2 + 0.0 + 25,785.0 \times 1,011.3^2 = 1.186E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 1,058.9 - 195.6 = 863.3 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -832.1 - 195.6 = -1,027.7 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 주철근 상·하연까지의 거리

$$y_{ru,v} = d_{r,v} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{rl} / A_r$$

$$= 1,011.3 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,892.5 / 25,785.0 = 1,081.3 \text{ mm}$$

$$y_{rl,v} = d_{r,v} - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 1,011.3 - (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,892.5 / 25,785.0 = 941.3 \text{ mm}$$

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -1,804.800 \times 863.3 / 118,567,705,278.6 = -13.141 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -1,804.800 \times -1,027.7 / 118,567,705,278.6 = 15.644 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_{sc} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -1,804.800 \times 1,081.3 / 118,567,705,278.6 = -16.459 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_{sc} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -1,804.800 \times 941.3 / 118,567,705,278.6 = -14.328 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$F_v = b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 4.569E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{scl} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 324.590 / 44,712.0 + 53.297 / (2 \times 4,568,670.0 \times 12.0) = 7.746 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -4,403.440 \times 863.3 / 118,567,705,278.6 = -32.061 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -4,403.440 \times -1,027.7 / 118,567,705,278.6 = 38.168 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_v \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -4,403.440 \times 1,081.3 / 118,567,705,278.6 = -40.157 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_v \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -4,403.440 \times 941.3 / 118,567,705,278.6 = -34.958 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 580.621 / 44,712.0 + 513.660 / (2 \times 4,568,670.0 \times 12.0) = 17.670 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응력 검토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -86.529 \times 863.3 / 118,567,705,278.6 = -0.630 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -86.529 \times -1,027.7 / 118,567,705,278.6 = 0.750 \text{ MPa}$$

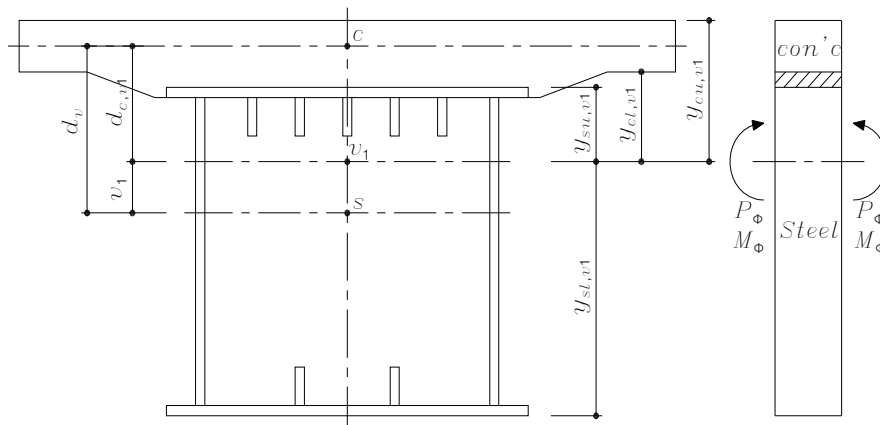
$$f_{ru,v} = M_w \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -86.529 \times 1,081.3 / 118,567,705,278.6 = -0.113 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_w \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -86.529 \times 941.3 / 118,567,705,278.6 = -0.098 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$u = V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 20.300 / 44,712.0 + 39.655 / (2 \times 4,568,670.0 \times 12.0) = 0.816 \text{ MPa}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

■ 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,080,000.0 / 7.0 = 154,285.7 \text{ mm}^2$$

■ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 5,184,000,000.0 / 7.0 = 7.406E+08 \text{ mm}^4$$

■ 합성 단면적

$$A_v' = A_s + A_{cn1} = 133,332.0 + 154,285.7 = 287,617.7 \text{ mm}^2$$

■ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v' = y_{su} - t_u + T_h + T_c / 2 = 1,058.9 - 12.0 + 50.0 + 240.0 / 2 = 1,216.9 \text{ mm}$$

■ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v' = A_{cn1} \times d_v' / A_v' = 154,285.7 \times 1,216.9 / 287,617.7 = 652.8 \text{ mm}$$

■ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v}' = d_v' - v' = 1,216.9 - 652.8 = 564.1 \text{ mm}$$

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = 0.022 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 2.0/2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_{c1}/n_1 = 133,332.0 + 1,080,000.0 / 14.0 = 2.105\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_{c1}/n_1) \times d_v' / A_{v1} = (1,080,000.0/14.0) \times 1,216.9 / 210,474.9 = 446.0 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v' - v_1 = 1,216.9 - 446.0 = 770.9 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v'^2) + (I_c/n_1 + A_c/n_1 \cdot d_{c,v}'^2) \\ = (87,097,854,164.6 + 133,332.0 \times 652.8^2) + (5,184,000,000.0/7.0 + 1,080,000.0/7.0 \times 564.1^2) = 1.688\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v}' \cdot A_{c1} / (n \cdot I_{v1}) \\ = -1,804.8 \times 564.1 \times 1,080,000.0 / (7.0 \times 168,826,735,179.6) = -9.304\text{E}+05 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -930,402.7 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = -9.304\text{E}+05 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = -930,402.7 \times 770.9 = -7.172\text{E}+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

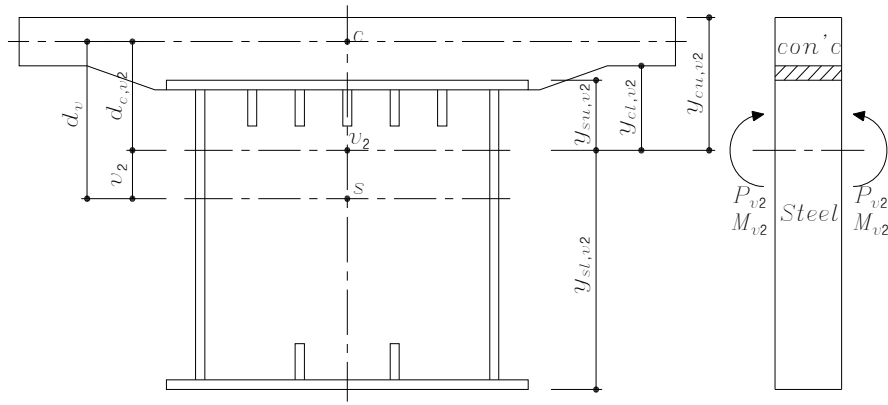
$$f_{ru,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{ru,v} / I_{rv} \\ = -930,402.7/159,117.0 + 0.022 \times -717,205,691.5 \times 1,081.3/118,567,705,278.6 = -5.989 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{rl,v} / I_{rv} \\ = -930,402.7/159,117.0 + 0.022 \times -717,205,691.5 \times 941.3/118,567,705,278.6 = -5.971 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v} / I_{rv} \\ = -930,402.7/159,117.0 + 0.022 \times -717,205,691.5 \times 863.3/118,567,705,278.6 = -5.961 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v} / I_{rv} \\ = -930,402.7/159,117.0 + 0.022 \times -717,205,691.5 \times -1,027.7/118,567,705,278.6 = -5.712 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 ϕ_2 는 $\phi_2 = 2 \cdot \phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 133,332.0 + 1,080,000.0 / 21.0 = 1.848E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2} = (1,080,000.0/21.0) \times 1,216.9 / 184,760.6 = 338.7 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,216.9 - 338.7 = 878.1 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,080,000.0 / 21.0 = 2.847E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,846,571.4 \times 878.1 = 2.500E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

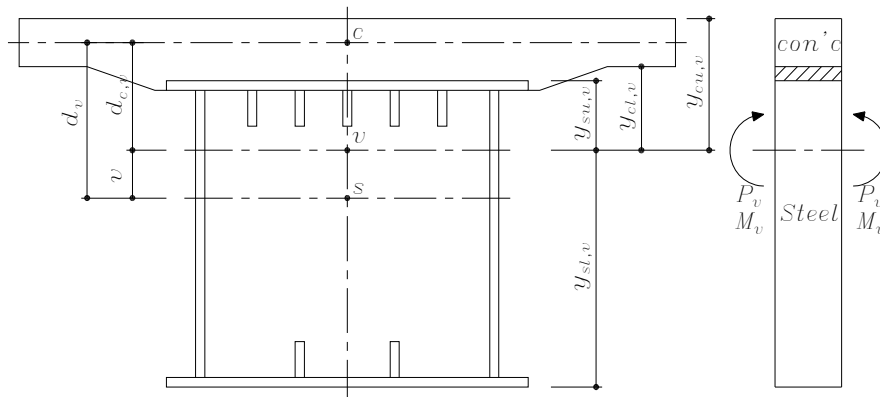
$$f_{ru,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{ru,v}/I_{rv} = 2,846,571.4/159,117.0 + 0.022 \times 2,499,687,923.2 \times 1,081.3/118,567,705,278.6 = 18.385 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} = 2,846,571.4/159,117.0 + 0.022 \times 2,499,687,923.2 \times 941.3/118,567,705,278.6 = 18.321 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v}/I_{rv} = 2,846,571.4/159,117.0 + 0.022 \times 2,499,687,923.2 \times 863.3/118,567,705,278.6 = 18.285 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v}/I_{rv} = 2,846,571.4/159,117.0 + 0.022 \times 2,499,687,923.2 \times -1,027.7/118,567,705,278.6 = 17.419 \text{ MPa}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1} / n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,080,000.0 / 7.0 = 3.795\text{E}+06 \text{ N}$$

P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 3,795,428.6 \times 564.1 = 2.141\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

바닥판 철근 응력 변화량

$$f_{ru,t} = P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t$$

$$= 3,795,428.6 / 159,117.0 + 0.022 \times 2,141,007,530.2 \times 1,081.3 / 118,567,705,278.6 - 205,000.0 \times 0.000120 = -0.323 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,t} = P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t$$

$$= 3,795,428.6 / 159,117.0 + 0.022 \times 2,141,007,530.2 \times 941.3 / 118,567,705,278.6 - 205,000.0 \times 0.000120 = -0.378 \text{ MPa}$$

강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v} / I_{rv}$$

$$= 3,795,428.6 / 159,117.0 + 0.022 \times 2,141,007,530.2 \times 863.3 / 118,567,705,278.6 = 24.192 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v} / I_{rv}$$

$$= 3,795,428.6 / 159,117.0 + 0.022 \times 2,141,007,530.2 \times -1,027.7 / 118,567,705,278.6 = 23.450 \text{ MPa}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,694.258 / 44,712.0 + 122.110 / 108,655,680.0 + 566.957 / 109,648,080.0 = 44.187 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 44.2 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,133.937 / 44,712.0 + 122.110 / 108,655,680.0 + 92.952 / 109,648,080.0 = 27.332 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 27.3 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 활하중 재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,704.408 / 44,712.0 + 122.110 / 108,655,680.0 + 586.784 / 109,648,080.0 = 44.595 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 44.6 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$t_l \geq b / 23 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 23 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 46 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7[b / (t_l \cdot i \cdot n) - 23] = 215.0 - 4.7\{2,400.0 / (16.0 \times 1.0 \times 6) - 23\} = 205.6 \text{ MPa}$$

$$b / 46 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 80 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.0 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000\{(t_l \cdot i \cdot n) / b\}^2 = 220,000.0 \times \{(16.0 \times 1.0 \times 6.0 / 2,400.0)^2\} = 352.0 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 16.0 \text{ mm} : \therefore f_{ca} = 205.6 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$$

(SD 400 사용)

$$f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$$

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	RE-BAR				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	-44.277	34.797	215.000	205.600
1+2+3	-56.616	-49.286	160.000	160.000	-89.478	88.608	215.000	205.600
1+2+3+5	-62.606	-55.257	160.000	160.000	-95.439	82.896	215.000	205.600
1+2+3+5+6	-44.221	-36.936	160.000	160.000	-77.154	100.315	215.000	205.600
1+2+3+5+6+7	-44.544	-37.314	184.000	184.000	-52.962	123.765	247.250	236.440
1+2+3+5+6-7	-43.898	-36.558	184.000	184.000	-101.345	76.865	247.250	236.440
1+2+4	-16.572	-14.426	192.000	192.000	-58.047	51.190	258.000	246.720
1+2+3+0.5×4	-56.673	-49.335	200.000	200.000	-89.793	88.983	268.750	257.000
1+2+3+0.5×4+5	-62.662	-55.306	200.000	200.000	-95.754	83.271	268.750	257.000
1+2+3+0.5×4+5+6	-44.277	-36.985	200.000	200.000	-77.469	100.690	268.750	257.000
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-44.600	-37.363	216.000	216.000	-53.277	124.140	290.250	277.560
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-43.954	-36.607	216.000	216.000	-101.661	77.240	290.250	277.560

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.042	0.029	0.125	0.125	0.167	0.154	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.173	0.186	0.125	0.125	0.298	0.311	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.197	0.163	0.125	0.125	0.322	0.288	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.129	0.238	0.125	0.125	0.254	0.363	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.046	0.274	0.125	0.125	0.171	0.399	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.168	0.106	0.125	0.125	0.293	0.231	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.051	0.043	0.033	0.033	0.084	0.076	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.112	0.120	0.081	0.081	0.193	0.201	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.127	0.105	0.081	0.081	0.208	0.186	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.083	0.154	0.081	0.081	0.165	0.235	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.034	0.200	0.081	0.081	0.115	0.281	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.123	0.077	0.081	0.081	0.204	0.159	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{-95.439}{215.000} \right)^2 + \left(\frac{44.187}{125.000} \right)^2 = 0.197 + 0.125 = 0.322 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{123.765}{236.440} \right)^2 + \left(\frac{44.187}{125.000} \right) = 0.274 + 0.125 = 0.399 \leq 1.2 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 인장(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 108.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$(\text{합성형 스테드 설치시}) \quad t_{min} = \mathbf{10.0} \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 압축(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 16.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b / (46 \cdot i \cdot n) = \mathbf{2,400.0} / (46 \times 1.0 \times 6.0) = 8.7 \leq t_{use} = 16.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1, 3.8.4.2)

$$t_{min} = b / (206 \times 1.200) = \mathbf{1,863.0} / (206 \times 1.200) = \mathbf{7.5} \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 34.797)} = 2.49 \geq \mathbf{1.20} \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

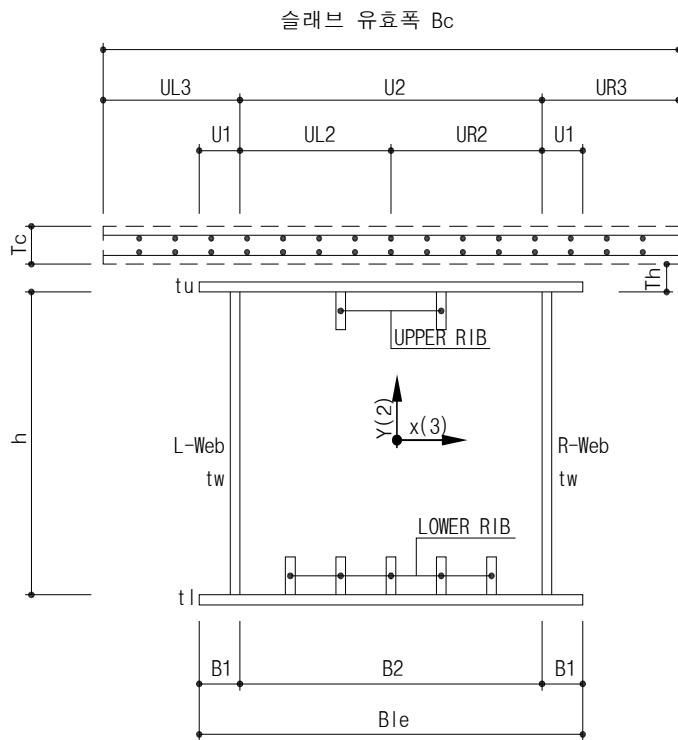
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Rebar				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	-57.559	45.236	355.000	0.K !!
1+2+3	-107.735	-93.786	240.000	0.K !!	-143.574	147.633	355.000	0.K !!
1+2+3+7	-108.058	-94.164	240.000	0.K !!	-167.765	171.084	355.000	0.K !!
1+2+3+5	-113.724	-99.757	240.000	0.K !!	-149.534	141.921	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6	-95.339	-81.436	240.000	0.K !!	-131.249	159.340	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	-95.663	-81.814	240.000	0.K !!	-107.058	182.791	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	-95.016	-81.058	240.000	0.K !!	-155.441	135.890	355.000	0.K !!
1+2+4	-21.509	-18.724	240.000	0.K !!	-75.272	66.322	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4	-107.791	-93.835	240.000	0.K !!	-143.889	148.008	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+7	-108.114	-94.213	240.000	0.K !!	-119.697	171.459	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	-113.781	-99.806	240.000	0.K !!	-149.849	142.296	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	-95.396	-81.485	240.000	0.K !!	-131.564	159.715	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-95.719	-81.863	240.000	0.K !!	-107.373	183.166	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-95.073	-81.107	240.000	0.K !!	-155.756	136.265	355.000	0.K !!

[G1 : 단면 - 15] : 절점 30 로 부터 이격거리 0.000 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM520B

$B_c = 4,346.8$ mm

$U_1 = 120.0$ mm

$UL_2 = 1,200.0$ mm

$UR_2 = 1,200.0$ mm

상부 플랜지 유효폭

$B_{ue} = 2,537.4$ mm

하부 플랜지 유효폭

$B_{le} = 2,537.4$ mm

$B_1 = 120.0$ mm

$B_2 = 2,400.0$ mm

$T_c = 240.0$ mm

$T_h = 50.0$ mm

$h = 2,142.0$ mm

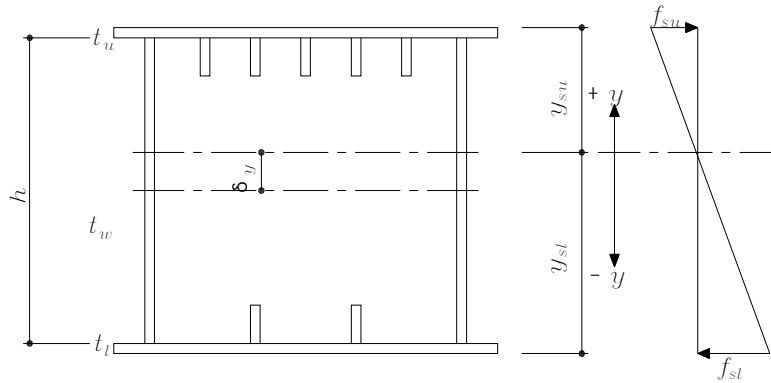
$\Theta_L = 0.000$ °

$\Theta_R = 0.000$ °

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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 - 2,537.4 × 14.0	35,524.0	1,078.0	3.829E+07	4.128E+10	5.802E+05
UPPER RIB	2 - 150.0 × 14.0	4,200.0	996.0	4.183E+06	4.166E+09	7.875E+06
L - WEB	1 - 2,142.0 × 12.0	25,704.0	-	-	-	9.828E+09
R - WEB	1 - 2,142.0 × 12.0	25,704.0	-	-	-	9.828E+09
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-996.0	-1.046E+07	1.042E+10	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,537.4 × 18.0	45,673.7	-1,080.0	-4.933E+07	5.327E+10	1.233E+06
강재 단면 합계		147,305.8	-	-1.731E+07	1.091E+11	1.969E+10
UPPER RE-Bar (A_{ru})		12,453.6	1,301.0	16,202,072.9	21,078,896,853.8	-
LOWER RE-Bar (A_{rl})		12,453.6	1,161.0	14,458,575.4	16,786,406,085.1	-
RE-Bar 합계		24,907.1		3.066E+07	3.787E+10	-
RC. SLAB	1 - 4,346.8 × 240.0	1,043,229.6	1,241.0	1.295E+09	1.607E+12	5.008E+09
※ $A_s = 147,305.8 \text{ mm}^2$ $A_{c1} = 1,043,229.6 \text{ mm}^2$ $A_r = 24,907.1 \text{ mm}^2$						

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -17,307,545.6 / 147,305.8 = -117.494 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 2,142.0 / 2 + 14.0 - -117.494 = 1,202.494 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 2,142.0 / 2 + 18.0 + -117.494 \} = -971.506 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 19,685,070,492.6 + 109,138,380,793.7 - 147,305.8 \times -117.494^2 = 1.268\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토 (도.설.해 3.8.2.1)

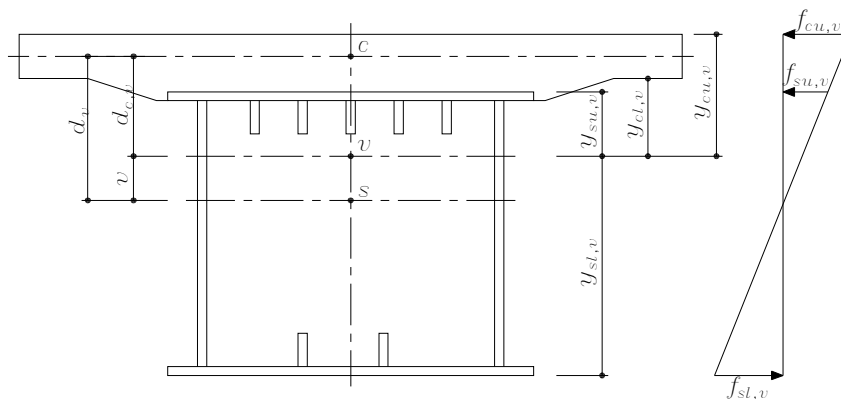
$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = -8,149.420 \times 1,202.5 / 126,789,918,204.6 = -77.290 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = -8,149.420 \times -971.5 / 126,789,918,204.6 = 62.444 \text{ MPa}$$

- 부재의 전단응력 검토 (도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 5.094\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) = 1,020.750 / 51,408.0 + 154.905 / (2 \times 5,094,420.0 \times 12.0) = 21.123 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_r = 147,305.8 + 24,907.1 = 172,212.9 \text{ mm}^2$$

- 강재도심선에서 철근 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 1,202.5 - 14.0 + 50.0 + 40.0 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,453.6 / 24,907.1 = 1,348.5 \text{ mm}$$

- 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_r \times d_v / A_v = 24,907.1 \times 1,348.5 / 172,212.9 = 195.0 \text{ mm}$$

- 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{r,v} = d_v - v = 1,348.5 - 195.0 = 1,153.5 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{rv} = I_s + A_s \cdot v^2 + I_r + A_r \cdot d_{r,v}^2$$

$$= 126,789,918,204.6 + 147,305.8 \times 195.0^2 + 0.0 + 24,907.1 \times 1,153.5^2 = 1.655E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 1,202.5 - 195.0 = 1,007.5 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -971.5 - 195.0 = -1,166.5 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 주철근 상·하연까지의 거리

$$y_{ru,v} = d_{r,v} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{rl} / A_r$$

$$= 1,153.5 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,453.6 / 24,907.1 = 1,223.5 \text{ mm}$$

$$y_{rl,v} = d_{r,v} - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 1,153.5 - (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,453.6 / 24,907.1 = 1,083.5 \text{ mm}$$

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -3,588.550 \times 1,007.5 / 165,531,331,759.9 = -21.841 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -3,588.550 \times -1,166.5 / 165,531,331,759.9 = 25.289 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_{sc} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -3,588.550 \times 1,223.5 / 165,531,331,759.9 = -26.523 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_{sc} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -3,588.550 \times 1,083.5 / 165,531,331,759.9 = -23.488 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$F_v = b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + TI/2) = 5.135E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{scl} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 401.049 / 51,408.0 + 120.936 / (2 \times 5,134,890.0 \times 12.0) = 8.783 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -5,601.190 \times 1,007.5 / 165,531,331,759.9 = -34.090 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -5,601.190 \times -1,166.5 / 165,531,331,759.9 = 39.473 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_v \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -5,601.190 \times 1,223.5 / 165,531,331,759.9 = -41.399 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_v \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -5,601.190 \times 1,083.5 / 165,531,331,759.9 = -36.662 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 695.732 / 51,408.0 + 685.793 / (2 \times 5,134,890.0 \times 12.0) = 19.098 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -238.789 \times 1,007.5 / 165,531,331,759.9 = -1.453 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -238.789 \times -1,166.5 / 165,531,331,759.9 = 1.683 \text{ MPa}$$

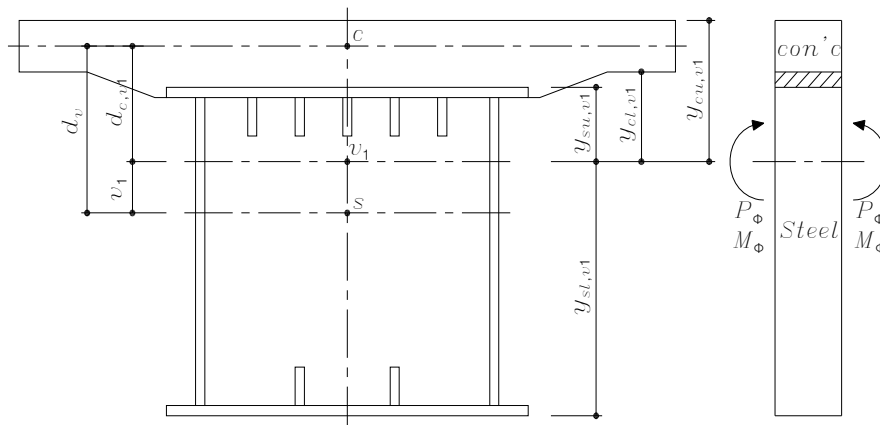
$$f_{ru,v} = M_w \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -238.789 \times 1,223.5 / 165,531,331,759.9 = -0.252 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_w \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -238.789 \times 1,083.5 / 165,531,331,759.9 = -0.223 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$u = V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 40.508 / 51,408.0 + 240.813 / (2 \times 5,134,890.0 \times 12.0) = 2.742 \text{ MPa}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

■ 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,043,229.6 / 7.0 = 149,032.8 \text{ mm}^2$$

■ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 5,007,502,080.0 / 7.0 = 7.154E+08 \text{ mm}^4$$

■ 합성 단면적

$$A_v' = A_s + A_{cn1} = 147,305.8 + 149,032.8 = 296,338.6 \text{ mm}^2$$

■ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v' = y_{su} - t_u + T_h + T_c / 2 = 1,202.5 - 14.0 + 50.0 + 240.0 / 2 = 1,358.5 \text{ mm}$$

■ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v' = A_{cn1} \times d_v' / A_v' = 149,032.8 \times 1,358.5 / 296,338.6 = 683.2 \text{ mm}$$

■ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v}' = d_v' - v' = 1,358.5 - 683.2 = 675.3 \text{ mm}$$

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = -0.144 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 2.0/2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_{c1}/n_1 = 147,305.8 + 1,043,229.6 / 14.0 = 2.218\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_{c1}/n_1) \times d_v' / A_{v1} = (1,043,229.6/14.0) \times 1,358.5 / 221,822.2 = 456.4 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v' - v_1 = 1,358.5 - 456.4 = 902.1 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v'^2) + (I_c/n_1 + A_c/n_1 \cdot d_{c,v}'^2) \\ = (126,789,918,204.6 + 147,305.8 \times 683.2^2) + (5,007,502,080.0/7.0 + 1,043,229.6/7.0 \times 675.3^2) = 2.299\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v}' \cdot A_{c1} / (n \cdot I_{v1}) \\ = -3,588.6 \times 675.3 \times 1,043,229.6 / (7.0 \times 229,886,046,812.0) = -1.571\text{E}+06 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -1,571,004.9 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = -1.571\text{E}+06 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = -1,571,004.9 \times 902.1 = -1.417\text{E}+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

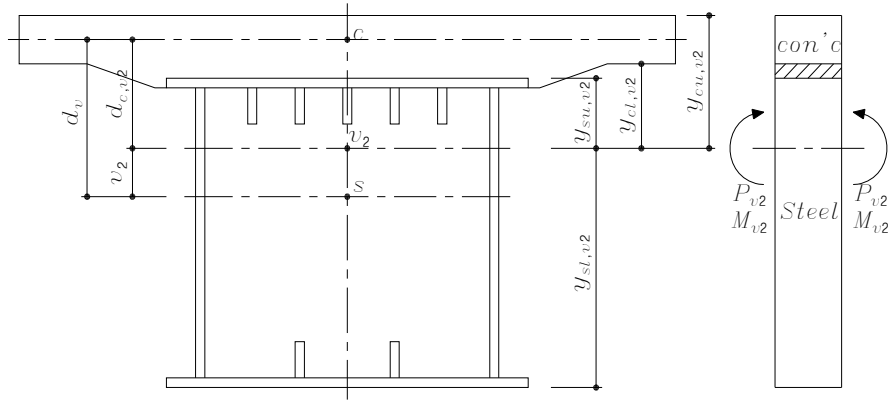
$$f_{ru,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{ru,v} / I_{rv} \\ = -1,571,004.9/172,212.9 + -0.144 \times -1,417,261,773.9 \times 1,223.5/165,531,331,759.9 = -7.610 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{rl,v} / I_{rv} \\ = -1,571,004.9/172,212.9 + -0.144 \times -1,417,261,773.9 \times 1,083.5/165,531,331,759.9 = -7.783 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v} / I_{rv} \\ = -1,571,004.9/172,212.9 + -0.144 \times -1,417,261,773.9 \times 1,007.5/165,531,331,759.9 = -7.877 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v} / I_{rv} \\ = -1,571,004.9/172,212.9 + -0.144 \times -1,417,261,773.9 \times -1,166.5/165,531,331,759.9 = -10.565 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 ϕ_2 는 $\phi_2 = 2 \cdot \phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 147,305.8 + 1,043,229.6 / 21.0 = 1.970E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2} = (1,043,229.6/21.0) \times 1,358.5 / 196,983.4 = 342.6 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,358.5 - 342.6 = 1,015.9 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,043,229.6 / 21.0 = 2.750E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,749,655.2 \times 1,015.9 = 2.793E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

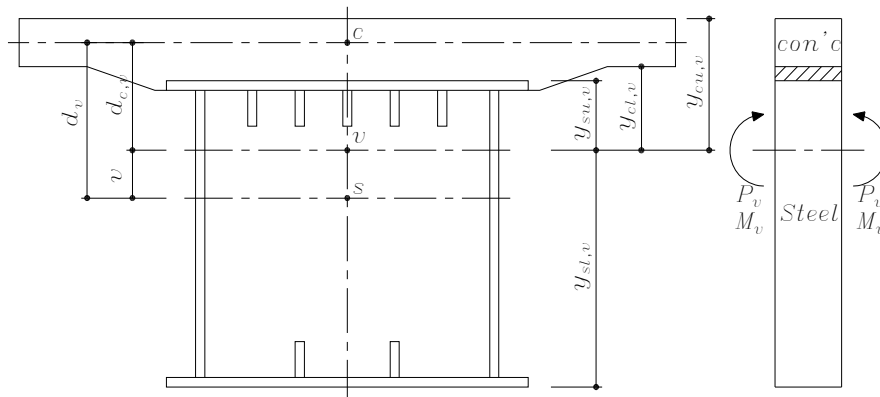
$$f_{ru,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{ru,v}/I_{rv} = 2,749,655.2/172,212.9 + -0.144 \times 2,793,355,112.0 \times 1,223.5/165,531,331,759.9 = 12.986 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} = 2,749,655.2/172,212.9 + -0.144 \times 2,793,355,112.0 \times 1,083.5/165,531,331,759.9 = 13.327 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v}/I_{rv} = 2,749,655.2/172,212.9 + -0.144 \times 2,793,355,112.0 \times 1,007.5/165,531,331,759.9 = 13.512 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v}/I_{rv} = 2,749,655.2/172,212.9 + -0.144 \times 2,793,355,112.0 \times -1,166.5/165,531,331,759.9 = 18.809 \text{ MPa}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1} / n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,043,229.6 / 7.0 = 3.666\text{E}+06 \text{ N}$$

P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 3,666,206.9 \times 675.3 = 2.476\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

바닥판 철근 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{ru,t} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t \\ &= 3,666,206.9 / 172,212.9 + -0.144 \times 2,475,746,999.8 \times 1,223.5 / 165,531,331,759.9 \\ &\quad - 205,000.0 \times 0.000120 = -5.953 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{rl,t} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t \\ &= 3,666,206.9 / 172,212.9 + -0.144 \times 2,475,746,999.8 \times 1,083.5 / 165,531,331,759.9 \\ &\quad - 205,000.0 \times 0.000120 = -5.651 \text{ MPa} \end{aligned}$$

강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v} / I_{rv} \\ &= 3,666,206.9 / 172,212.9 + 0.144 \times 2,475,746,999.8 \times 1,007.5 / 165,531,331,759.9 = 19.113 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} \\ &= 3,666,206.9 / 172,212.9 + 0.144 \times 2,475,746,999.8 \times -1,166.5 / 165,531,331,759.9 = 23.808 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 2,117.531 / 51,408.0 + 154.905 / 122,266,080.0 + 806.729 / 123,237,360.0 = 49.004 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 49.0 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,462.307 / 51,408.0 + 154.905 / 122,266,080.0 + 361.749 / 123,237,360.0 = 32.647 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 32.6 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 활하중 재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 2,137.785 / 51,408.0 + 154.905 / 122,266,080.0 + 927.136 / 123,237,360.0 = 50.375 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 50.4 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)
 f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)
 i : 응력구배계수
 n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$t_l \geq b / 23 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 23 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 46 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7[b / (t_l \cdot i \cdot n) - 23] = 215.0 - 4.7\{2,400.0 / (18.0 \times 1.0 \times 6) - 23\} = 218.7 \text{ MPa}$$

$$b / 46 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 80 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.0 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000\{(t_l \cdot i \cdot n) / b\}^2 = 220,000.0 \times \{(18.0 \times 1.0 \times 6.0 / 2,400.0)^2\} = 445.5 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 18.0 \text{ mm} : \therefore f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$$

(SD 400 사용)

$$f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$$

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	RE-BAR				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	-77.290	62.444	215.000	215.000
1+2+3	-67.922	-60.150	160.000	160.000	-133.221	127.206	215.000	215.000
1+2+3+5	-75.533	-67.933	160.000	160.000	-141.098	116.641	215.000	215.000
1+2+3+5+6	-62.547	-54.606	160.000	160.000	-127.586	135.450	215.000	215.000
1+2+3+5+6+7	-68.500	-60.257	184.000	184.000	-108.473	159.258	247.250	247.250
1+2+3+5+6-7	-56.594	-48.956	184.000	184.000	-146.700	111.642	247.250	247.250
1+2+4	-26.776	-23.712	192.000	192.000	-100.584	89.416	258.000	258.000
1+2+3+0.5×4	-68.049	-60.262	200.000	200.000	-133.948	128.047	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5	-75.659	-68.045	200.000	200.000	-141.825	117.483	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6	-62.673	-54.718	200.000	200.000	-128.313	136.292	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-68.626	-60.369	216.000	216.000	-109.200	160.099	290.250	290.250
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-56.720	-49.067	216.000	216.000	-147.426	112.484	290.250	290.250

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.129	0.084	0.154	0.154	0.283	0.238	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.384	0.350	0.154	0.154	0.538	0.504	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.431	0.294	0.154	0.154	0.584	0.448	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.352	0.397	0.154	0.154	0.506	0.551	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.192	0.415	0.154	0.154	0.346	0.569	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.352	0.204	0.154	0.154	0.506	0.358	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.152	0.120	0.047	0.047	0.199	0.167	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.248	0.227	0.104	0.104	0.352	0.331	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.278	0.191	0.104	0.104	0.382	0.295	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.228	0.257	0.104	0.104	0.332	0.361	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.142	0.304	0.104	0.104	0.245	0.408	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.258	0.150	0.104	0.104	0.362	0.254	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{-141.098}{215.000} \right)^2 + \left(\frac{49.004}{125.000} \right) = 0.431 + 0.154 = 0.584 \leq 1.2 \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{159.258}{247.250} \right)^2 + \left(\frac{49.004}{125.000} \right) = 0.415 + 0.154 = 0.569 \leq 1.2 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 인장(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 108.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 14.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$(\text{합성형 스테드 설치시}) \quad t_{min} = \mathbf{10.0} \leq t_{use} = 14.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 압축(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 18.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b / (46 \cdot i \cdot n) = \mathbf{2,400.0} / (46 \times 1.0 \times 6.0) = 8.7 \leq t_{use} = 18.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1, 3.8.4.2)

$$t_{min} = b / (206 \times 1.200) = \mathbf{2,142.0} / (206 \times 1.200) = \mathbf{8.7} \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 62.444)} = 1.86 \geq \mathbf{1.20} \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

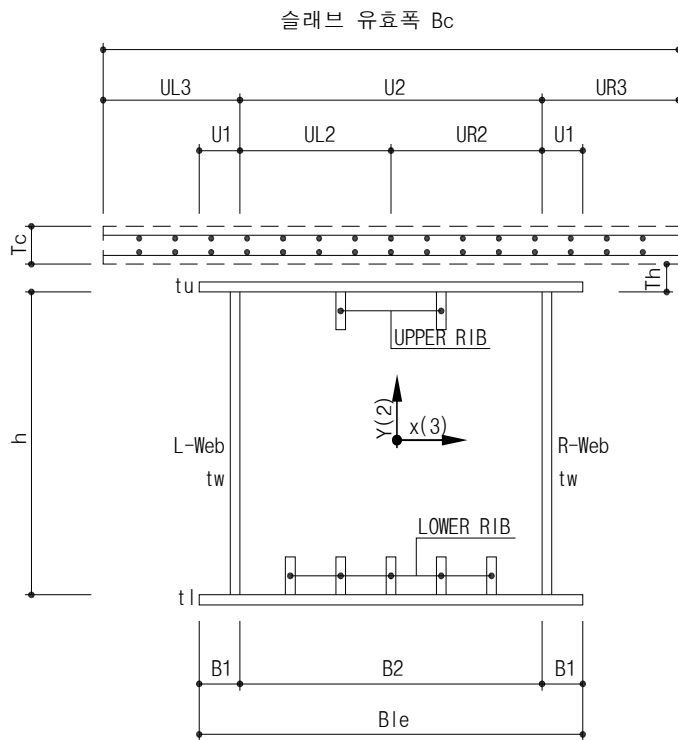
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Rebar				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	-100.477	81.177	355.000	0.K !!
1+2+3	-123.488	-109.358	240.000	0.K !!	-202.164	198.920	355.000	0.K !!
1+2+3+7	-129.442	-115.009	240.000	0.K !!	-221.277	222.727	355.000	0.K !!
1+2+3+5	-131.098	-117.141	240.000	0.K !!	-210.041	188.355	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6	-118.113	-103.814	240.000	0.K !!	-196.529	207.164	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	-124.066	-109.465	240.000	0.K !!	-177.416	230.972	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	-112.160	-98.163	240.000	0.K !!	-215.642	183.356	355.000	0.K !!
1+2+4	-34.733	-30.758	240.000	0.K !!	-130.324	115.736	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4	-123.614	-109.469	240.000	0.K !!	-202.891	199.761	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+7	-129.568	-115.120	240.000	0.K !!	-183.777	223.569	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	-131.225	-117.252	240.000	0.K !!	-210.768	189.196	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	-118.239	-103.926	240.000	0.K !!	-197.256	208.005	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-124.192	-109.576	240.000	0.K !!	-178.143	231.813	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-112.286	-98.275	240.000	0.K !!	-216.369	184.197	355.000	0.K !!

[G2 : 단면 - 16] : 절점 66 로 부터 이격거리 0.000 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM520B

Bc = 4,214.6 mm

U1 = 120.0 mm

UL2 = 1,200.0 mm

UR2 = 1,200.0 mm

상부 플랜지 유효폭

Bue = 2,360.0 mm

하부 플랜지 유효폭

Ble = 2,360.0 mm

B1 = 120.0 mm

B2 = 2,400.0 mm

Tc = 240.0 mm

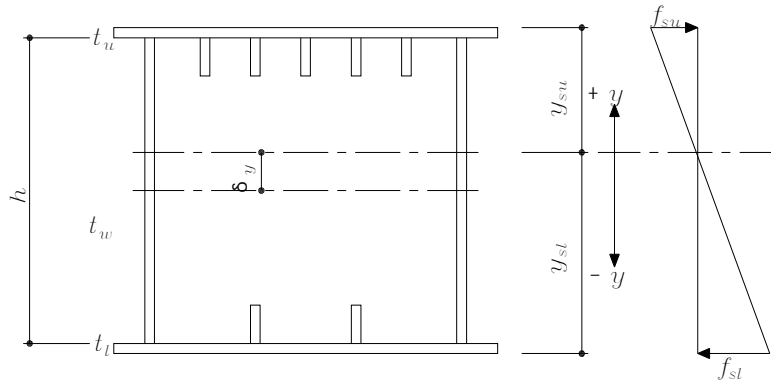
Th = 50.0 mm

h = 2,500.0 mm

$\Theta_L = 0.000^\circ$

$\Theta_R = 0.000^\circ$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -19,353,337.4 / 160,218.7 = -120.793 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 2,500.0 / 2 + 14.0 - (-120.793) = 1,384.793 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 2,500.0 / 2 + 18.0 + (-120.793) \} = -1,147.207 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 36,487,582,418.1 + 139,832,221,254.2 - 160,218.7 \times (-120.793)^2 = 1.740\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토 (도.설.해 3.8.2.1)

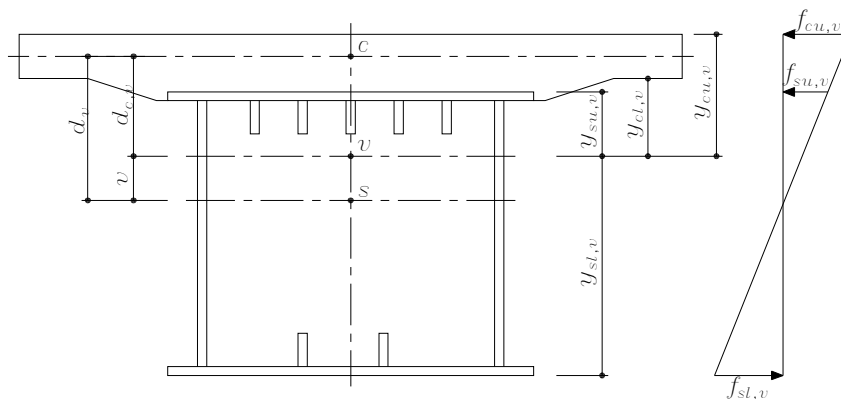
$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = -13,938.500 \times 1,384.8 / 173,982,051,441.7 = -110.942 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = -13,938.500 \times -1,147.2 / 173,982,051,441.7 = 91.908 \text{ MPa}$$

- 부재의 전단응력 검토 (도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 5.721\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) = 1,477.010 / 70,000.0 + 350.083 / (2 \times 5,721,330.0 \times 14.0) = 23.285 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_r = 160,218.7 + 24,149.4 = 184,368.1 \text{ mm}^2$$

- 강재도심선에서 철근 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 1,384.8 - 14.0 + 50.0 + 40.0 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,074.7 / 24,149.4 = 1,530.8 \text{ mm}$$

- 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_r \times d_v / A_v = 24,149.4 \times 1,530.8 / 184,368.1 = 200.5 \text{ mm}$$

- 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{r,v} = d_v - v = 1,530.8 - 200.5 = 1,330.3 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{rv} = I_s + A_s \cdot v^2 + I_r + A_r \cdot d_{r,v}^2$$

$$= 173,982,051,441.7 + 160,218.7 \times 200.5^2 + 0.0 + 24,149.4 \times 1,330.3^2 = 2.232E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 1,384.8 - 200.5 = 1,184.3 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -1,147.2 - 200.5 = -1,347.7 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 주철근 상·하연까지의 거리

$$y_{ru,v} = d_{r,v} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{rl} / A_r$$

$$= 1,330.3 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,074.7 / 24,149.4 = 1,400.3 \text{ mm}$$

$$y_{rl,v} = d_{r,v} - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 1,330.3 - (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,074.7 / 24,149.4 = 1,260.3 \text{ mm}$$

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -6,188.400 \times 1,184.3 / 223,159,545,954.2 = -32.841 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -6,188.400 \times -1,347.7 / 223,159,545,954.2 = 37.373 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_{sc} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -6,188.400 \times 1,400.3 / 223,159,545,954.2 = -38.831 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_{sc} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -6,188.400 \times 1,260.3 / 223,159,545,954.2 = -34.949 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$F_v = b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 5.760E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{scl} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 650.269 / 70,000.0 + 61.968 / (2 \times 5,760,320.0 \times 14.0) = 9.674 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -8,088.910 \times 1,184.3 / 223,159,545,954.2 = -42.927 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -8,088.910 \times -1,347.7 / 223,159,545,954.2 = 48.851 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_v \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -8,088.910 \times 1,400.3 / 223,159,545,954.2 = -50.756 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_v \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -8,088.910 \times 1,260.3 / 223,159,545,954.2 = -45.682 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 998.462 / 70,000.0 + 1,136.430 / (2 \times 5,760,320.0 \times 14.0) = 21.310 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응력 검토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -330.332 \times 1,184.3 / 223,159,545,954.2 = -1.753 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -330.332 \times -1,347.7 / 223,159,545,954.2 = 1.995 \text{ MPa}$$

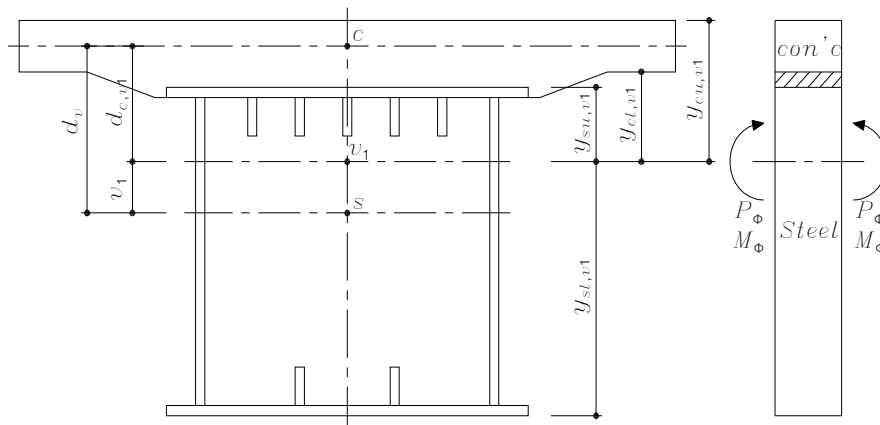
$$f_{ru,v} = M_w \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -330.332 \times 1,400.3 / 223,159,545,954.2 = -0.296 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_w \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -330.332 \times 1,260.3 / 223,159,545,954.2 = -0.267 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$u = V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 63.719 / 70,000.0 + 287.248 / (2 \times 5,760,320.0 \times 14.0) = 2.691 \text{ MPa}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

■ 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,011,492.0 / 7.0 = 144,498.9 \text{ mm}^2$$

■ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 4,855,161,600.0 / 7.0 = 6.936E+08 \text{ mm}^4$$

■ 합성 단면적

$$A_v' = A_s + A_{cn1} = 160,218.7 + 144,498.9 = 304,717.6 \text{ mm}^2$$

■ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v' = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 1,384.8 - 14.0 + 50.0 + 240.0/2 = 1,540.8 \text{ mm}$$

■ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v' = A_{cn1} \times d_v' / A_v' = 144,498.9 \times 1,540.8 / 304,717.6 = 730.7 \text{ mm}$$

■ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v}' = d_v' - v' = 1,540.8 - 730.7 = 810.1 \text{ mm}$$

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = -0.311 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 2.0/2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_{c1}/n_1 = 160,218.7 + 1,011,492.0 / 14.0 = 2.325E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_{c1}/n_1) \times d_v' / A_{v1} = (1,011,492.0/14.0) \times 1,540.8 / 232,468.1 = 478.9 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v' - v_1 = 1,540.8 - 478.9 = 1,061.9 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v'^2) + (I_c/n_1 + A_c/n_1 \cdot d_{c,v}'^2) \\ = (173,982,051,441.7 + 160,218.7 \times 730.7^2) + (4,855,161,600.0/7.0 + 1,011,492.0/7.0 \times 810.1^2) = 3.073E+11 \text{ mm}^4$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v}' \cdot A_{c1} / (n \cdot I_{v1}) \\ = -6,188.4 \times 810.1 \times 1,011,492.0 / (7.0 \times 307,281,506,428.0) = -2.358E+06 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -2,357,580.2 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = -2.358E+06 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = -2,357,580.2 \times 1,061.9 = -2.504E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

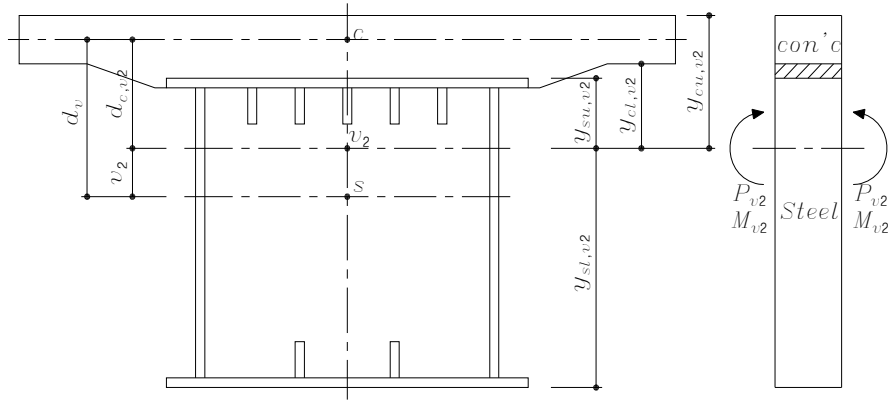
$$f_{ru,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{ru,v} / I_{rv} \\ = -2,357,580.2 / 184,368.1 + -0.311 \times -2,503,575,220.6 \times 1,400.3 / 223,159,545,954.2 = -7.899 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{rl,v} / I_{rv} \\ = -2,357,580.2 / 184,368.1 + -0.311 \times -2,503,575,220.6 \times 1,260.3 / 223,159,545,954.2 = -8.388 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v} / I_{rv} \\ = -2,357,580.2 / 184,368.1 + -0.311 \times -2,503,575,220.6 \times 1,184.3 / 223,159,545,954.2 = -8.653 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v} / I_{rv} \\ = -2,357,580.2 / 184,368.1 + -0.311 \times -2,503,575,220.6 \times -1,347.7 / 223,159,545,954.2 = -17.492 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 ϕ_2 는 $\phi_2 = 2 \cdot \phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 160,218.7 + 1,011,492.0 / 21.0 = 2.084E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2} = (1,011,492.0/21.0) \times 1,540.8 / 208,385.0 = 356.1 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,540.8 - 356.1 = 1,184.7 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,011,492.0 / 21.0 = 2.666E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,666,003.9 \times 1,184.7 = 3.158E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

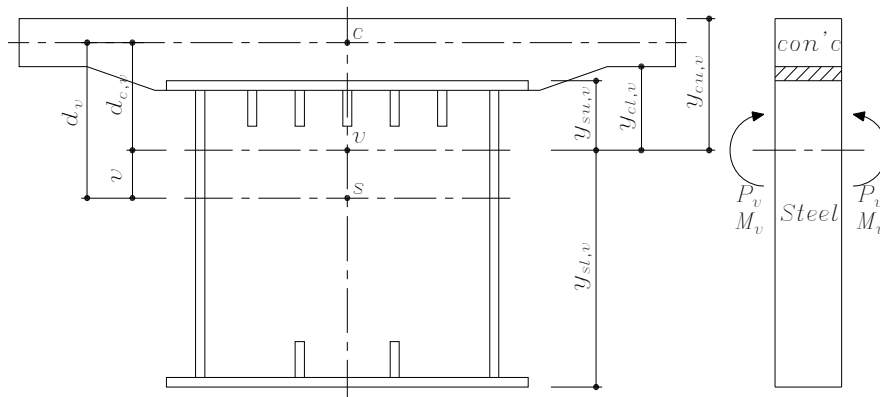
$$f_{ru,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{ru,v}/I_{rv} = 2,666,003.9/184,368.1 + -0.311 \times 3,158,289,505.2 \times 1,400.3/223,159,545,954.2 = 8.294 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} = 2,666,003.9/184,368.1 + -0.311 \times 3,158,289,505.2 \times 1,260.3/223,159,545,954.2 = 8.911 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v}/I_{rv} = 2,666,003.9/184,368.1 + -0.311 \times 3,158,289,505.2 \times 1,184.3/223,159,545,954.2 = 9.245 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v}/I_{rv} = 2,666,003.9/184,368.1 + -0.311 \times 3,158,289,505.2 \times -1,347.7/223,159,545,954.2 = 20.395 \text{ MPa}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1} / n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,011,492.0 / 7.0 = 3.555\text{E}+06 \text{ N}$$

P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 3,554,671.9 \times 810.1 = 2.880\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

바닥판 철근 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{ru,t} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t \\ &= 3,554,671.9 / 184,368.1 + -0.311 \times 2,879,782,136.9 \times 1,400.3 / 223,159,545,954.2 \\ &\quad - 205,000.0 \times 0.000120 = -10.942 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{rl,t} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t \\ &= 3,554,671.9 / 184,368.1 + -0.311 \times 2,879,782,136.9 \times 1,260.3 / 223,159,545,954.2 \\ &\quad - 205,000.0 \times 0.000120 = -10.380 \text{ MPa} \end{aligned}$$

강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v} / I_{rv} \\ &= 3,554,671.9 / 184,368.1 + -0.311 \times 2,879,782,136.9 \times 1,184.3 / 223,159,545,954.2 = 14.525 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} \\ &= 3,554,671.9 / 184,368.1 + -0.311 \times 2,879,782,136.9 \times -1,347.7 / 223,159,545,954.2 = 24.692 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 3,125.741 / 70,000.0 + 350.083 / 160,197,240.0 + 1,198.398 / 161,288,960.0 = 54.269 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 54.3 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 2,190.998 / 70,000.0 + 350.083 / 160,197,240.0 + 349.216 / 161,288,960.0 = 35.650 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 35.7 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

- 활하중 재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 3,157.601 / 70,000.0 + 350.083 / 160,197,240.0 + 1,342.022 / 161,288,960.0 = 55.615 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 55.6 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$t_l \geq b / 23 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 23 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 46 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7[b / (t_l \cdot i \cdot n) - 23] = 215.0 - 4.7\{2,400.0 / (18.0 \times 1.0 \times 6) - 23\} = 218.7 \text{ MPa}$$

$$b / 46 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 80 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.0 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000\{(t_l \cdot i \cdot n) / b\}^2 = 220,000.0 \times \{(18.0 \times 1.0 \times 6.0 / 2,400.0)^2\} = 445.5 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 18.0 \text{ mm} : \therefore f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$$

(SD 400 사용)

$$f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$$

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	RE-BAR				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	-110.942	91.908	215.000	215.000
1+2+3	-89.587	-80.630	160.000	160.000	-186.710	178.132	215.000	215.000
1+2+3+5	-97.487	-89.019	160.000	160.000	-195.364	160.641	215.000	215.000
1+2+3+5+6	-89.193	-80.108	160.000	160.000	-186.118	181.035	215.000	215.000
1+2+3+5+6+7	-100.135	-90.488	184.000	184.000	-171.593	205.727	247.250	247.250
1+2+3+5+6-7	-78.251	-69.728	184.000	184.000	-200.644	156.344	247.250	247.250
1+2+4	-39.127	-35.215	192.000	192.000	-145.536	131.276	258.000	258.000
1+2+3+0.5×4	-89.735	-80.764	200.000	200.000	-187.587	179.130	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5	-97.635	-89.152	200.000	200.000	-196.240	161.638	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6	-89.341	-80.241	200.000	200.000	-186.995	182.033	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-100.283	-90.621	216.000	216.000	-172.470	206.724	290.250	290.250
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-78.399	-69.861	216.000	216.000	-201.520	157.341	290.250	290.250

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.266	0.183	0.188	0.188	0.455	0.371	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.754	0.686	0.188	0.188	0.943	0.875	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.826	0.558	0.188	0.188	1.014	0.747	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.749	0.709	0.188	0.188	0.938	0.897	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.482	0.692	0.188	0.188	0.670	0.881	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.659	0.400	0.188	0.188	0.847	0.588	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.318	0.259	0.056	0.056	0.375	0.315	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.487	0.444	0.127	0.127	0.614	0.571	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.533	0.362	0.127	0.127	0.660	0.488	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.484	0.459	0.127	0.127	0.611	0.585	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.353	0.507	0.127	0.127	0.480	0.634	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.482	0.294	0.127	0.127	0.609	0.421	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{-195.364}{215.000} \right)^2 + \left(\frac{54.269}{125.000} \right) = 0.826 + 0.188 = 1.014 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{181.035}{215.000} \right)^2 + \left(\frac{54.269}{125.000} \right) = 0.709 + 0.188 = 0.897 \leq 1.2 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 인장(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 106.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 14.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$(\text{합성형 스테드 설치시}) \quad t_{min} = \mathbf{10.0} \leq t_{use} = 14.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 압축(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 18.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b / (46 \cdot i \cdot n) = \mathbf{2,400.0} / (46 \times 1.0 \times 6.0) = 8.7 \leq t_{use} = 18.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1, 3.8.4.2)

$$t_{min} = b / (206 \times 1.200) = \mathbf{2,500.0} / (206 \times 1.200) = \mathbf{10.1} \leq t_{use} = 14.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 91.908)} = 1.53 \geq \mathbf{1.20} \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

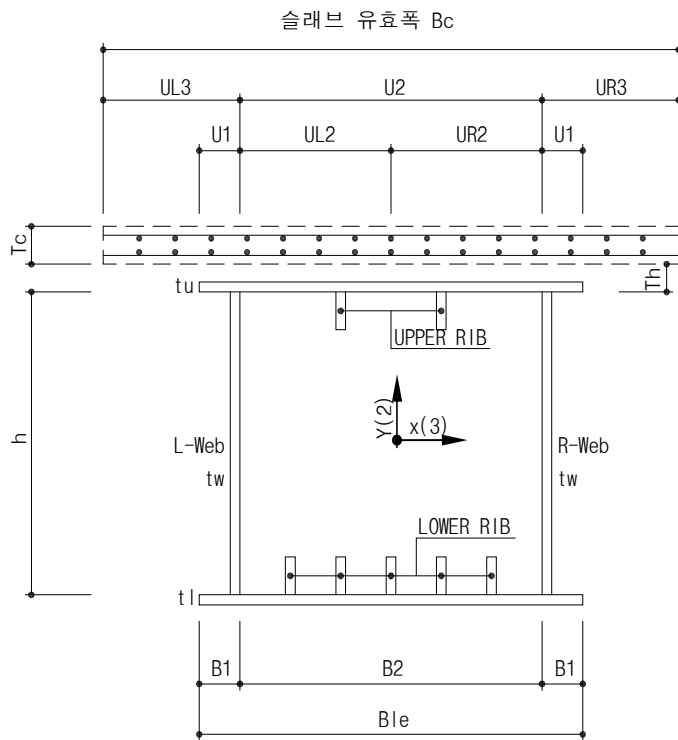
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Rebar				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	-144.225	119.480	355.000	0.K !!
1+2+3	-159.606	-143.649	240.000	0.K !!	-279.211	273.095	355.000	0.K !!
1+2+3+7	-170.549	-154.029	240.000	0.K !!	-293.736	297.787	355.000	0.K !!
1+2+3+5	-167.506	-152.037	240.000	0.K !!	-287.865	255.604	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6	-159.212	-143.127	240.000	0.K !!	-278.619	275.998	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	-170.154	-153.507	240.000	0.K !!	-264.094	300.690	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	-148.270	-132.747	240.000	0.K !!	-293.145	251.307	355.000	0.K !!
1+2+4	-50.776	-45.700	240.000	0.K !!	-188.671	170.061	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4	-159.755	-143.782	240.000	0.K !!	-280.088	274.093	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+7	-170.697	-154.162	240.000	0.K !!	-265.563	298.784	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	-167.654	-152.170	240.000	0.K !!	-288.741	256.601	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	-159.360	-143.260	240.000	0.K !!	-279.496	276.996	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-170.302	-153.640	240.000	0.K !!	-264.971	301.687	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-148.418	-132.880	240.000	0.K !!	-294.021	252.304	355.000	0.K !!

[G1 : 단면 - 21] : 절점 14 로 부터 이격거리 1.872 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM520B

Bc = 4,500.0 mm

U1 = 120.0 mm

UL2 = 1,200.0 mm

UR2 = 1,200.0 mm

상부 플랜지 유효폭

Bue = 2,640.0 mm

하부 플랜지 유효폭

Ble = 2,640.0 mm

B1 = 120.0 mm

B2 = 2,400.0 mm

Tc = 240.0 mm

Th = 50.0 mm

h = 1,802.0 mm

$\Theta_L = 0.000^\circ$

$\Theta_R = 0.000^\circ$

구 분	단 위	입력 Data
E_s : 강재 탄성계수	MPa	205,000.0
E_c : 콘크리트의 탄성계수	MPa	27,804.0
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율	-	0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수	-	0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수	-	4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비	-	7
Δt : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
M_s : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	-1,592.670
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	-973.621
M_w : 풍하중에 의한 모멘트	kN·m	-24.512
M_v : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	-3,782.100
V_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	452.149
V_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	181.613
V_w : 풍하중에 의한 전단력	kN	7.454
V_v : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	485.987
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	23.013
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-40.380
M_{wt} : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN·m	31.786
M_{vt} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	458.642
t_{cu}, t_{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

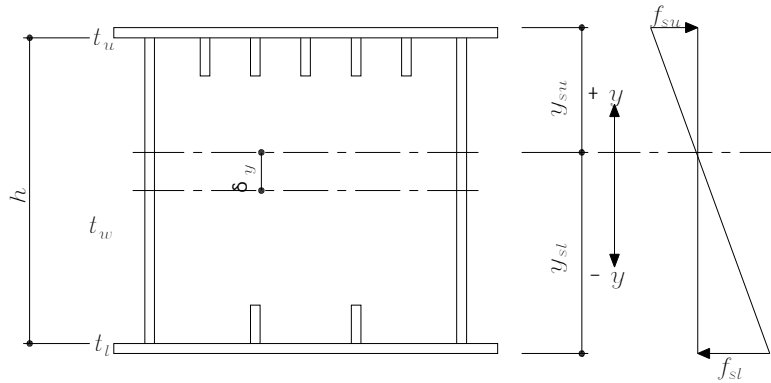
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

X(3)축 방향 단면 제원

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 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	907.0	2.873E+07	2.606E+10	3.802E+05
UPPER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	826.0	8.673E+06	7.164E+09	1.969E+07
L - WEB	1 - 1,802.0 × 12.0	21,624.0	-	-	-	5.851E+09
R - WEB	1 - 1,802.0 × 12.0	21,624.0	-	-	-	5.851E+09
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-826.0	-8.673E+06	7.164E+09	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 14.0	36,960.0	-908.0	-3.356E+07	3.047E+10	6.037E+05
강재 단면 합계		132,888.0	-	-4.826E+06	7.086E+10	1.174E+10
UPPER RE-Bar (A_{rU})		12,892.5	1,131.0	14,581,417.5	16,491,583,192.5	-
LOWER RE-Bar (A_{rL})		12,892.5	991.0	12,776,467.5	12,661,479,292.5	-
RE-Bar 합계		25,785.0		2.736E+07	2.915E+10	-
RC. SLAB	1 - 4,500.0 × 240.0	1,080,000.0	1,071.0	1.157E+09	1.239E+12	5.184E+09
※ $A_s = 132,888.0 \text{ mm}^2$ $A_{c1} = 1,080,000.0 \text{ mm}^2$ $A_r = 25,785.0 \text{ mm}^2$						

$$\ast \quad A_s = 132,888.0 \text{ mm}^2 \quad A_{c1} = 1,080,000.0 \text{ mm}^2 \quad A_r = 25,785.0 \text{ mm}^2$$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -4,825,920.0 / 132,888.0 = -36.316 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 1,802.0 / 2 + 12.0 - -36.316 = 949.316 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 1,802.0 / 2 + 14.0 + -36.316 \} = -878.684 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 11,743,282,056.0 + 70,861,505,760.0 - 132,888.0 \times -36.316^2 = 8.243\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = -1,592.670 \times 949.3 / 82,429,531,180.0 = -18.342 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = -1,592.670 \times -878.7 / 82,429,531,180.0 = 16.978 \text{ MPa}$$

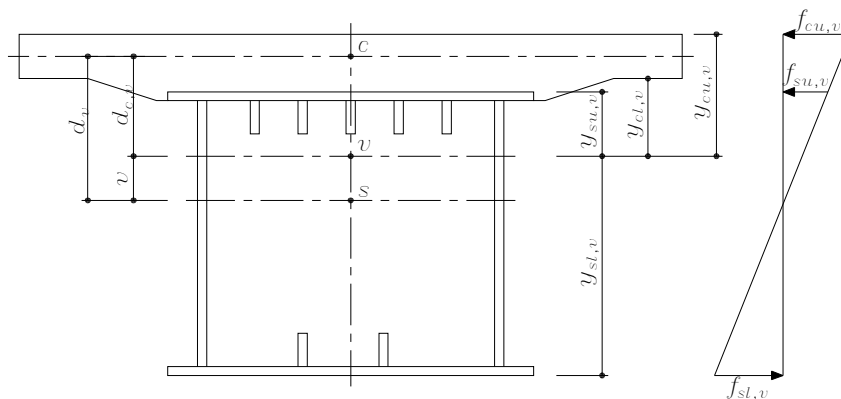
- 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 4.378\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 452.149 / 43,248.0 + 23.013 / (2 \times 4,377,780.0 \times 12.0) = 10.674 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_r = 132,888.0 + 25,785.0 = 158,673.0 \text{ mm}^2$$

- 강재도심선에서 철근 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 949.3 - 12.0 + 50.0 + 40.0 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,892.5 / 25,785.0 = 1,097.3 \text{ mm}$$

- 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_r \times d_v / A_v = 25,785.0 \times 1,097.3 / 158,673.0 = 178.3 \text{ mm}$$

- 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{r,v} = d_v - v = 1,097.3 - 178.3 = 919.0 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{rv} = I_s + A_s \cdot v^2 + I_r + A_r \cdot d_{r,v}^2$$

$$= 82,429,531,180.0 + 132,888.0 \times 178.3^2 + 0.0 + 25,785.0 \times 919.0^2 = 1.084\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 949.3 - 178.3 = 771.0 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -878.7 - 178.3 = -1,057.0 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 주철근 상·하연까지의 거리

$$y_{ru,v} = d_{r,v} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{rl} / A_r$$

$$= 919.0 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,892.5 / 25,785.0 = 989.0 \text{ mm}$$

$$y_{rl,v} = d_{r,v} - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 919.0 - (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,892.5 / 25,785.0 = 849.0 \text{ mm}$$

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -973.621 \times 771.0 / 108,431,908,112.0 = -6.923 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -973.621 \times -1,057.0 / 108,431,908,112.0 = 9.491 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_{sc} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -973.621 \times 989.0 / 108,431,908,112.0 = -8.880 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_{sc} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -973.621 \times 849.0 / 108,431,908,112.0 = -7.623 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$F_v = b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 4.419\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{scl} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 181.613 / 43,248.0 + 40.380 / (2 \times 4,419,130.0 \times 12.0) = 4.580 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -3,782.100 \times 771.0 / 108,431,908,112.0 = -26.892 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -3,782.100 \times -1,057.0 / 108,431,908,112.0 = 36.868 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_v \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -3,782.100 \times 989.0 / 108,431,908,112.0 = -34.496 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_v \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -3,782.100 \times 849.0 / 108,431,908,112.0 = -29.613 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 485.987 / 43,248.0 + 458.642 / (2 \times 4,419,130.0 \times 12.0) = 15.562 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -24.512 \times 771.0 / 108,431,908,112.0 = -0.174 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -24.512 \times -1,057.0 / 108,431,908,112.0 = 0.239 \text{ MPa}$$

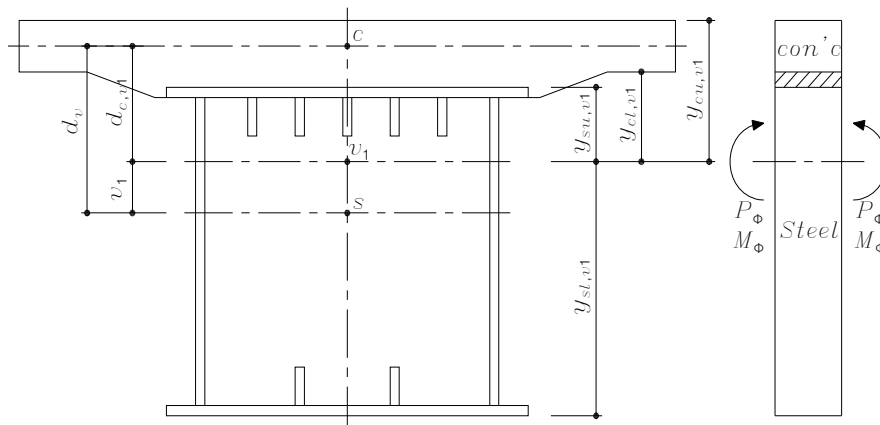
$$f_{ru,v} = M_w \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -24.512 \times 989.0 / 108,431,908,112.0 = -0.032 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_w \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -24.512 \times 849.0 / 108,431,908,112.0 = -0.027 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$u = V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 7.454 / 43,248.0 + 31.786 / (2 \times 4,419,130.0 \times 12.0) = 0.472 \text{ MPa}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

■ 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,080,000.0 / 7.0 = 154,285.7 \text{ mm}^2$$

■ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 5,184,000,000.0 / 7.0 = 7.406\text{E}+08 \text{ mm}^4$$

■ 합성 단면적

$$A_v' = A_s + A_{cn1} = 132,888.0 + 154,285.7 = 287,173.7 \text{ mm}^2$$

■ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v' = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 949.3 - 12.0 + 50.0 + 240.0/2 = 1,107.3 \text{ mm}$$

■ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v' = A_{cn1} \times d_v' / A_v' = 154,285.7 \times 1,107.3 / 287,173.7 = 594.9 \text{ mm}$$

■ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v}' = d_v' - v' = 1,107.3 - 594.9 = 512.4 \text{ mm}$$

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = 0.021 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 2.0/2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_{c1}/n_1 = 132,888.0 + 1,080,000.0 / 14.0 = 2.100\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_{c1}/n_1) \times d_v' / A_{v1} = (1,080,000.0/14.0) \times 1,107.3 / 210,030.9 = 406.7 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v' - v_1 = 1,107.3 - 406.7 = 700.6 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v'^2) + (I_c/n_1 + A_c/n_1 \cdot d_{c,v}'^2) \\ = (82,429,531,180.0 + 132,888.0 \times 594.9^2) + (5,184,000,000.0/7.0 + 1,080,000.0/7.0 \times 512.4^2) = 1.501\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v}' \cdot A_{c1} / (n \cdot I_{v1}) \\ = -973.6 \times 512.4 \times 1,080,000.0 / (7.0 \times 150,085,988,969.6) = -5.128\text{E}+05 \text{ N}$$

- 강재보와 결함으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -512,847.3 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = -5.128\text{E}+05 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = -512,847.3 \times 700.6 = -3.593\text{E}+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

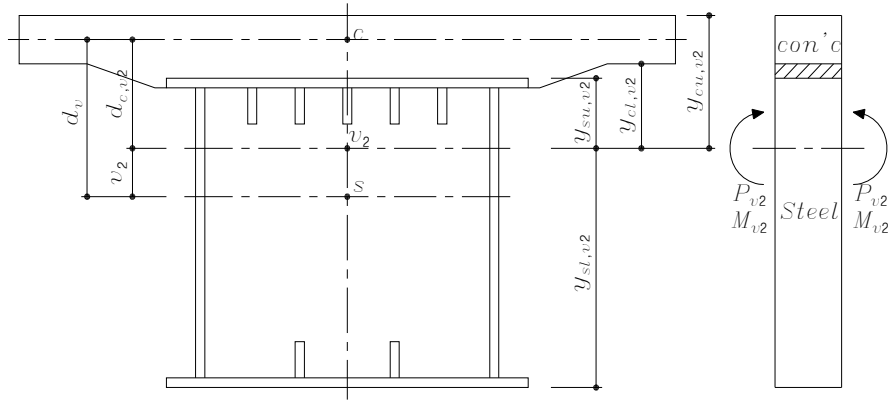
$$f_{ru,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{ru,v} / I_{rv} \\ = -512,847.3/158,673.0 + 0.021 \times -359,304,079.3 \times 989.0/108,431,908,112.0 = -3.301 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{rl,v} / I_{rv} \\ = -512,847.3/158,673.0 + 0.021 \times -359,304,079.3 \times 849.0/108,431,908,112.0 = -3.291 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v} / I_{rv} \\ = -512,847.3/158,673.0 + 0.021 \times -359,304,079.3 \times 771.0/108,431,908,112.0 = -3.286 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v} / I_{rv} \\ = -512,847.3/158,673.0 + 0.021 \times -359,304,079.3 \times -1,057.0/108,431,908,112.0 = -3.158 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 ϕ_2 는 $\phi_2 = 2 \cdot \phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 132,888.0 + 1,080,000.0 / 21.0 = 1.843E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2} = (1,080,000.0/21.0) \times 1,107.3 / 184,316.6 = 309.0 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,107.3 - 309.0 = 798.3 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,080,000.0 / 21.0 = 2.847E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,846,571.4 \times 798.3 = 2.273E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

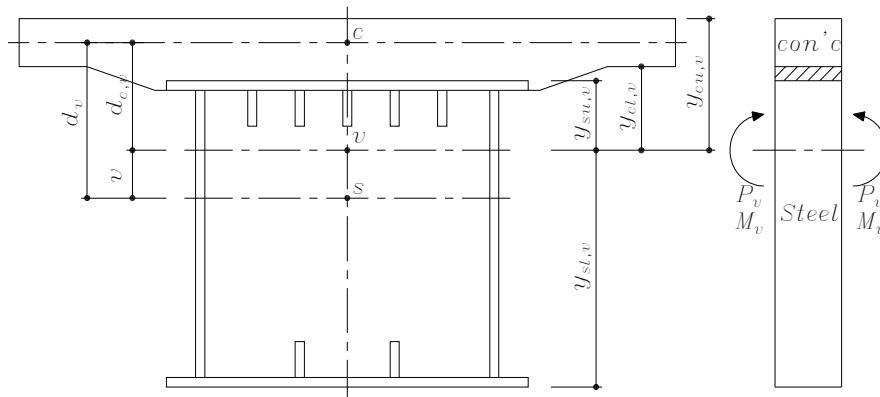
$$\begin{aligned} f_{ru,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{ru,v}/I_{rv} \\ &= 2,846,571.4/158,673.0 + 0.021 \times 2,272,557,724.0 \times 989.0/108,431,908,112.0 \\ &= 18.376 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{rl,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} \\ &= 2,846,571.4/158,673.0 + 0.021 \times 2,272,557,724.0 \times 849.0/108,431,908,112.0 \\ &= 18.314 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v}/I_{rv} \\ &= 2,846,571.4/158,673.0 + 0.021 \times 2,272,557,724.0 \times 771.0/108,431,908,112.0 \\ &= 18.280 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v}/I_{rv} \\ &= 2,846,571.4/158,673.0 + 0.021 \times 2,272,557,724.0 \times -1,057.0/108,431,908,112.0 \\ &= 17.474 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1} / n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,080,000.0 / 7.0 = 3.795\text{E}+06 \text{ N}$$

P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 3,795,428.6 \times 512.4 = 1.945\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

바닥판 철근 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{ru,t} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t \\ &= 3,795,428.6 / 158,673.0 + 0.021 \times 1,944,792,888.8 \times 989.0 / 108,431,908,112.0 \\ &\quad - 205,000.0 \times 0.000120 = -0.307 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{rl,t} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t \\ &= 3,795,428.6 / 158,673.0 + 0.021 \times 1,944,792,888.8 \times 849.0 / 108,431,908,112.0 \\ &\quad - 205,000.0 \times 0.000120 = -0.360 \text{ MPa} \end{aligned}$$

강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v} / I_{rv} \\ &= 3,795,428.6 / 158,673.0 + 0.021 \times 1,944,792,888.8 \times 771.0 / 108,431,908,112.0 = 24.211 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} \\ &= 3,795,428.6 / 158,673.0 + 0.021 \times 1,944,792,888.8 \times -1,057.0 / 108,431,908,112.0 = 23.521 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,119.749 / 43,248.0 + 23.013 / 105,066,720.0 + 499.022 / 106,059,120.0 = 30.816 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 30.8 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 641.216 / 43,248.0 + 23.013 / 105,066,720.0 + 72.166 / 106,059,120.0 = 15.726 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 15.7 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 활하중 재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,123.476 / 43,248.0 + 23.013 / 105,066,720.0 + 514.915 / 106,059,120.0 = 31.052 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 31.1 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$t_l \geq b / 23 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 23 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 46 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7[b / (t_l \cdot i \cdot n) - 23] = 215.0 - 4.7\{2,400.0 / (14.0 \times 1.0 \times 6) - 23\} = 188.8 \text{ MPa}$$

$$b / 46 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 80 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.0 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000\{(t_l \cdot i \cdot n) / b\}^2 = 220,000.0 \times \{(14.0 \times 1.0 \times 6.0 / 2,400.0)^2\} = 269.5 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 14.0 \text{ mm} : \therefore f_{ca} = 188.8 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$$

(SD 400 사용)

$$f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$$

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	RE-BAR				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	-18.342	16.978	215.000	188.814
1+2+3	-43.376	-37.236	160.000	160.000	-52.158	63.337	215.000	188.814
1+2+3+5	-46.678	-40.527	160.000	160.000	-55.443	60.178	215.000	188.814
1+2+3+5+6	-28.302	-22.213	160.000	160.000	-37.164	77.652	215.000	188.814
1+2+3+5+6+7	-28.609	-22.573	184.000	184.000	-12.953	101.173	247.250	217.136
1+2+3+5+6-7	-27.995	-21.853	184.000	184.000	-61.374	54.131	247.250	217.136
1+2+4	-8.912	-7.651	192.000	192.000	-25.439	26.707	258.000	226.577
1+2+3+0.5×4	-43.392	-37.250	200.000	200.000	-52.245	63.456	268.750	236.018
1+2+3+0.5×4+5	-46.693	-40.541	200.000	200.000	-55.530	60.298	268.750	236.018
1+2+3+0.5×4+5+6	-28.318	-22.227	200.000	200.000	-37.251	77.772	268.750	236.018
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-28.625	-22.587	216.000	216.000	-13.040	101.293	290.250	254.899
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-28.011	-21.867	216.000	216.000	-61.461	54.251	290.250	254.899

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.007	0.008	0.061	0.061	0.068	0.069	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.059	0.113	0.061	0.061	0.120	0.173	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.067	0.102	0.061	0.061	0.127	0.162	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.030	0.169	0.061	0.061	0.091	0.230	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.003	0.217	0.061	0.061	0.064	0.278	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.062	0.062	0.061	0.061	0.122	0.123	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.010	0.014	0.011	0.011	0.021	0.025	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.038	0.072	0.039	0.039	0.077	0.112	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.043	0.065	0.039	0.039	0.082	0.105	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.019	0.109	0.039	0.039	0.059	0.148	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.002	0.158	0.039	0.039	0.042	0.197	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.045	0.045	0.039	0.039	0.084	0.085	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{-55.443}{215.000} \right)^2 + \left(\frac{30.816}{125.000} \right) = 0.067 + 0.061 = 0.127 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{101.173}{217.136} \right)^2 + \left(\frac{30.816}{125.000} \right) = 0.217 + 0.061 = 0.278 \leq 1.2 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 인장(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 108.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$(\text{합성형 스테드 설치시}) \quad t_{min} = \mathbf{10.0} \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 압축(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 14.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b / (46 \cdot i \cdot n) = \mathbf{2,400.0} / (46 \times 1.0 \times 6.0) = 8.7 \leq t_{use} = 14.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1, 3.8.4.2)

$$t_{min} = b / (206 \times 1.200) = \mathbf{1,802.0} / (206 \times 1.200) = \mathbf{7.3} \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 16.978)} = 3.56 \geq \mathbf{1.20} \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

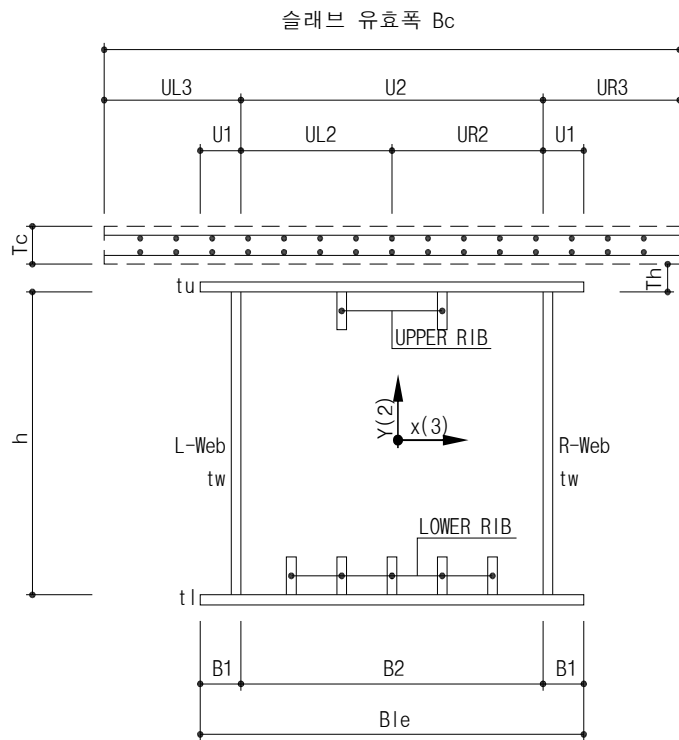
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Rebar				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	-23.845	22.071	355.000	0.K !!
1+2+3	-85.711	-73.578	240.000	0.K !!	-90.663	113.676	355.000	0.K !!
1+2+3+7	-86.018	-73.938	240.000	0.K !!	-114.874	137.197	355.000	0.K !!
1+2+3+5	-89.012	-76.869	240.000	0.K !!	-93.949	110.517	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6	-70.636	-58.555	240.000	0.K !!	-75.669	127.991	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	-70.944	-58.915	240.000	0.K !!	-51.459	151.512	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	-70.329	-58.195	240.000	0.K !!	-99.880	104.470	355.000	0.K !!
1+2+4	-11.576	-9.938	240.000	0.K !!	-33.019	34.648	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4	-85.727	-73.592	240.000	0.K !!	-90.750	113.795	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+7	-86.034	-73.952	240.000	0.K !!	-66.540	137.316	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	-89.028	-76.883	240.000	0.K !!	-94.036	110.637	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	-70.652	-58.569	240.000	0.K !!	-75.757	128.111	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-70.960	-58.929	240.000	0.K !!	-51.546	151.632	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-70.345	-58.209	240.000	0.K !!	-99.967	104.590	355.000	0.K !!

[G1 : 단면 - 22] : 절점 14 로 부터 이격거리 3.745 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM520B

$B_c = 4,500.0$ mm

$U_1 = 120.0$ mm

$UL_2 = 1,200.0$ mm

$UR_2 = 1,200.0$ mm

상부 플랜지 유효폭

$B_{ue} = 2,640.0$ mm

하부 플랜지 유효폭

$B_{le} = 2,640.0$ mm

$B_1 = 120.0$ mm

$B_2 = 2,400.0$ mm

$T_c = 240.0$ mm

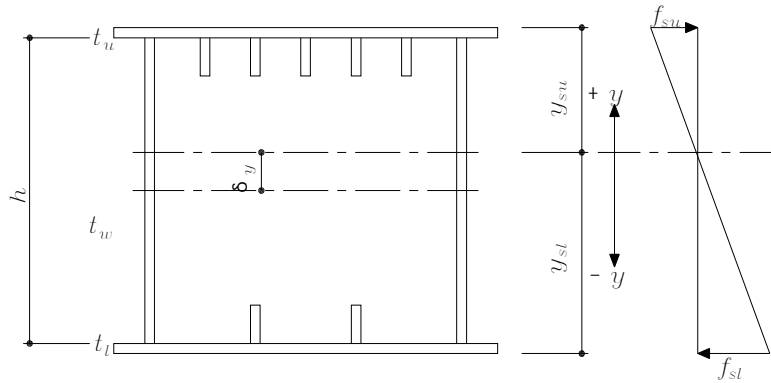
$T_h = 50.0$ mm

$h = 1,828.0$ mm

$\Theta_L = 0.000$ °

$\Theta_R = 0.000$ °

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -10,180,260.0 / 127,212.0 = -80.026 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 1,828.0 / 2 + 12.0 - -80.026 = 1,006.026 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 1,828.0 / 2 + 14.0 + -80.026 \} = -847.974 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 12,245,377,444.0 + 68,512,578,060.0 - 127,212.0 \times -80.026^2 = 7.994\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = -2,510.270 \times 1,006.0 / 79,943,270,618.4 = -31.590 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = -2,510.270 \times -848.0 / 79,943,270,618.4 = 26.627 \text{ MPa}$$

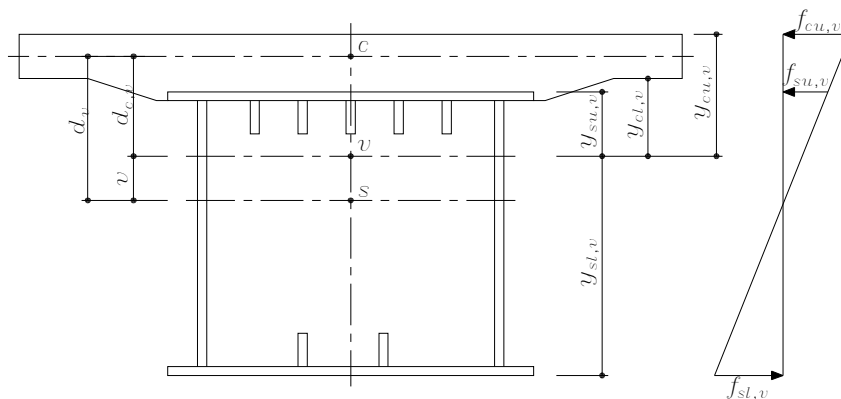
- 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 4.440\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 537.364 / 43,872.0 + 22.691 / (2 \times 4,440,490.0 \times 12.0) = 12.461 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_r = 127,212.0 + 25,785.0 = 152,997.0 \text{ mm}^2$$

- 강재도심선에서 철근 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 1,006.0 - 12.0 + 50.0 + 40.0 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,892.5 / 25,785.0 = 1,154.0 \text{ mm}$$

- 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_r \times d_v / A_v = 25,785.0 \times 1,154.0 / 152,997.0 = 194.5 \text{ mm}$$

- 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{r,v} = d_v - v = 1,154.0 - 194.5 = 959.5 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{rv} = I_s + A_s \cdot v^2 + I_r + A_r \cdot d_{r,v}^2$$

$$= 79,943,270,618.4 + 127,212.0 \times 194.5^2 + 0.0 + 25,785.0 \times 959.5^2 = 1.085E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 1,006.0 - 194.5 = 811.5 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -848.0 - 194.5 = -1,042.5 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 주철근 상·하연까지의 거리

$$y_{ru,v} = d_{r,v} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{rl} / A_r$$

$$= 959.5 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,892.5 / 25,785.0 = 1,029.5 \text{ mm}$$

$$y_{rl,v} = d_{r,v} - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 959.5 - (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,892.5 / 25,785.0 = 889.5 \text{ mm}$$

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -1,341.000 \times 811.5 / 108,495,724,827.8 = -10.031 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -1,341.000 \times -1,042.5 / 108,495,724,827.8 = 12.885 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_{sc} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -1,341.000 \times 1,029.5 / 108,495,724,827.8 = -12.725 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_{sc} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -1,341.000 \times 889.5 / 108,495,724,827.8 = -10.995 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$F_v = b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 4.482E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{scl} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 214.408 / 43,872.0 + 4.277 / (2 \times 4,481,840.0 \times 12.0) = 4.927 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -4,020.770 \times 811.5 / 108,495,724,827.8 = -30.075 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -4,020.770 \times -1,042.5 / 108,495,724,827.8 = 38.633 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_v \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -4,020.770 \times 1,029.5 / 108,495,724,827.8 = -38.154 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_v \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -4,020.770 \times 889.5 / 108,495,724,827.8 = -32.965 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 543.448 / 43,872.0 + 443.485 / (2 \times 4,481,840.0 \times 12.0) = 16.510 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응력 검토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -44.918 \times 811.5 / 108,495,724,827.8 = -0.336 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -44.918 \times -1,042.5 / 108,495,724,827.8 = 0.432 \text{ MPa}$$

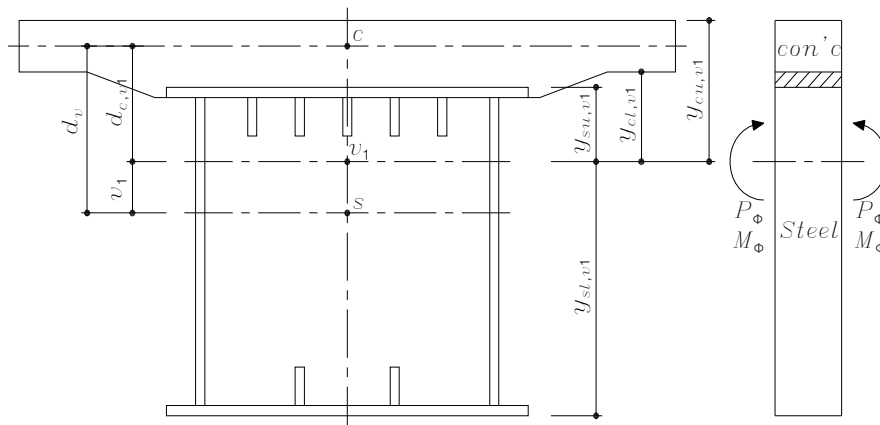
$$f_{ru,v} = M_w \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -44.918 \times 1,029.5 / 108,495,724,827.8 = -0.061 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_w \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -44.918 \times 889.5 / 108,495,724,827.8 = -0.053 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$u = V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 15.213 / 43,872.0 + 31.786 / (2 \times 4,481,840.0 \times 12.0) = 0.642 \text{ MPa}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

■ 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,080,000.0 / 7.0 = 154,285.7 \text{ mm}^2$$

■ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 5,184,000,000.0 / 7.0 = 7.406E+08 \text{ mm}^4$$

■ 합성 단면적

$$A_v' = A_s + A_{cn1} = 127,212.0 + 154,285.7 = 281,497.7 \text{ mm}^2$$

■ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v' = y_{su} - t_u + T_h + T_c / 2 = 1,006.0 - 12.0 + 50.0 + 240.0 / 2 = 1,164.0 \text{ mm}$$

■ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v' = A_{cn1} \times d_v' / A_v' = 154,285.7 \times 1,164.0 / 281,497.7 = 638.0 \text{ mm}$$

■ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v}' = d_v' - v' = 1,164.0 - 638.0 = 526.0 \text{ mm}$$

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = 0.044 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 2.0/2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_{c1}/n_1 = 127,212.0 + 1,080,000.0 / 14.0 = 2.044\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_{c1}/n_1) \times d_v' / A_{v1} = (1,080,000.0/14.0) \times 1,164.0 / 204,354.9 = 439.4 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v' - v_1 = 1,164.0 - 439.4 = 724.6 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v'^2) + (I_c/n_1 + A_c/n_1 \cdot d_{c,v}'^2) \\ = (79,943,270,618.4 + 127,212.0 \times 638.0^2) + (5,184,000,000.0/7.0 + 1,080,000.0/7.0 \times 526.0^2) = 1.534\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v}' \cdot A_{c1} / (n \cdot I_{v1}) \\ = -1,341.0 \times 526.0 \times 1,080,000.0 / (7.0 \times 153,439,264,343.3) = -7.093\text{E}+05 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -709,306.4 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = -7.093\text{E}+05 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = -709,306.4 \times 724.6 = -5.140\text{E}+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

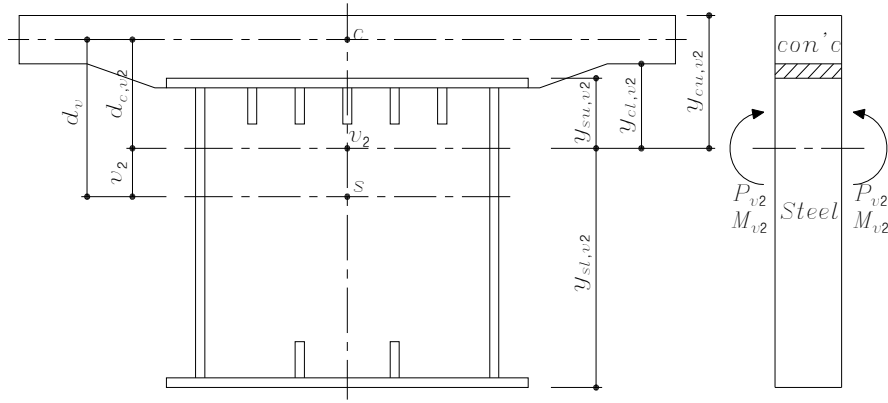
$$f_{ru,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{ru,v} / I_{rv} \\ = -709,306.4/152,997.0 + 0.044 \times -513,972,197.6 \times 1,029.5/108,495,724,827.8 = -4.853 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{rl,v} / I_{rv} \\ = -709,306.4/152,997.0 + 0.044 \times -513,972,197.6 \times 889.5/108,495,724,827.8 = -4.823 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v} / I_{rv} \\ = -709,306.4/152,997.0 + 0.044 \times -513,972,197.6 \times 811.5/108,495,724,827.8 = -4.807 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v} / I_{rv} \\ = -709,306.4/152,997.0 + 0.044 \times -513,972,197.6 \times -1,042.5/108,495,724,827.8 = -4.417 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 ϕ_2 는 $\phi_2 = 2 \cdot \phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 127,212.0 + 1,080,000.0 / 21.0 = 1.786E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2} = (1,080,000.0/21.0) \times 1,164.0 / 178,640.6 = 335.1 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,164.0 - 335.1 = 828.9 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,080,000.0 / 21.0 = 2.847E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,846,571.4 \times 828.9 = 2.360E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

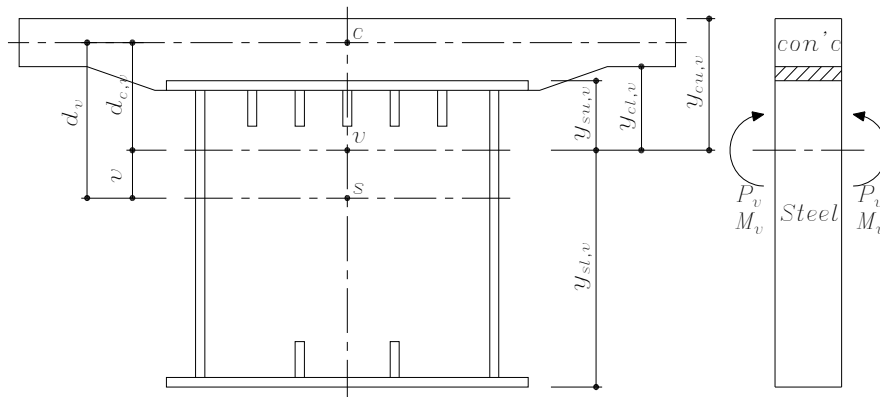
$$f_{ru,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{ru,v}/I_{rv} = 2,846,571.4/152,997.0 + 0.044 \times 2,359,569,241.2 \times 1,029.5/108,495,724,827.8 = 19.601 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} = 2,846,571.4/152,997.0 + 0.044 \times 2,359,569,241.2 \times 889.5/108,495,724,827.8 = 19.465 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v}/I_{rv} = 2,846,571.4/152,997.0 + 0.044 \times 2,359,569,241.2 \times 811.5/108,495,724,827.8 = 19.390 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v}/I_{rv} = 2,846,571.4/152,997.0 + 0.044 \times 2,359,569,241.2 \times -1,042.5/108,495,724,827.8 = 17.597 \text{ MPa}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팅창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1} / n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,080,000.0 / 7.0 = 3.795\text{E}+06 \text{ N}$$

P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 3,795,428.6 \times 526.0 = 1.997\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

바닥판 철근 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{ru,t} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t \\ &= 3,795,428.6 / 152,997.0 + 0.044 \times 1,996,533,902.6 \times 1,029.5 / 108,495,724,827.8 \\ &\quad - 205,000.0 \times 0.000120 = 1.049 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{rl,t} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t \\ &= 3,795,428.6 / 152,997.0 + 0.044 \times 1,996,533,902.6 \times 889.5 / 108,495,724,827.8 \\ &\quad - 205,000.0 \times 0.000120 = 0.935 \text{ MPa} \end{aligned}$$

강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v} / I_{rv} \\ &= 3,795,428.6 / 152,997.0 + 0.044 \times 1,996,533,902.6 \times 811.5 / 108,495,724,827.8 = 25.471 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} \\ &= 3,795,428.6 / 152,997.0 + 0.044 \times 1,996,533,902.6 \times -1,042.5 / 108,495,724,827.8 = 23.954 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,295.220 / 43,872.0 + 22.691 / 106,571,760.0 + 447.762 / 107,564,160.0 = 33.898 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 33.9 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 766.985 / 43,872.0 + 22.691 / 106,571,760.0 + 36.063 / 107,564,160.0 = 18.031 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 18.0 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

- 활하중 재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,302.826 / 43,872.0 + 22.691 / 106,571,760.0 + 463.655 / 107,564,160.0 = 34.219 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 34.2 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)
 f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)
 i : 응력구배계수
 n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$t_l \geq b / 23 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 23 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 46 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7[b / (t_l \cdot i \cdot n) - 23] = 215.0 - 4.7\{2,400.0 / (14.0 \times 1.0 \times 6) - 23\} = 188.8 \text{ MPa}$$

$$b / 46 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 80 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.0 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000\{(t_l \cdot i \cdot n) / b\}^2 = 220,000.0 \times \{(14.0 \times 1.0 \times 6.0 / 2,400.0)^2\} = 269.5 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 14.0 \text{ mm} : \therefore f_{ca} = 188.8 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$$

(SD 400 사용)

$$f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$$

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	RE-BAR				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	-31.590	26.627	215.000	188.814
1+2+3	-50.879	-43.960	160.000	160.000	-71.695	78.145	215.000	188.814
1+2+3+5	-55.732	-48.784	160.000	160.000	-76.502	73.728	215.000	188.814
1+2+3+5+6	-36.131	-29.318	160.000	160.000	-57.112	91.326	215.000	188.814
1+2+3+5+6+7	-35.081	-28.383	184.000	184.000	-31.641	115.280	247.250	217.136
1+2+3+5+6-7	-37.180	-30.253	184.000	184.000	-82.583	67.371	247.250	217.136
1+2+4	-12.786	-11.047	192.000	192.000	-41.956	39.943	258.000	226.577
1+2+3+0.5×4	-50.909	-43.986	200.000	200.000	-71.863	78.361	268.750	236.018
1+2+3+0.5×4+5	-55.762	-48.810	200.000	200.000	-76.670	73.944	268.750	236.018
1+2+3+0.5×4+5+6	-36.161	-29.344	200.000	200.000	-57.280	91.541	268.750	236.018
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-35.112	-28.409	216.000	216.000	-31.809	115.496	290.250	254.899
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-37.211	-30.279	216.000	216.000	-82.751	67.587	290.250	254.899

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.022	0.020	0.074	0.074	0.095	0.093	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.111	0.171	0.074	0.074	0.185	0.245	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.127	0.152	0.074	0.074	0.200	0.226	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.071	0.234	0.074	0.074	0.144	0.307	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.016	0.282	0.074	0.074	0.090	0.355	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.112	0.096	0.074	0.074	0.185	0.170	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.026	0.031	0.014	0.014	0.041	0.046	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.072	0.110	0.048	0.048	0.119	0.158	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.081	0.098	0.048	0.048	0.129	0.146	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.045	0.150	0.048	0.048	0.093	0.198	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.012	0.205	0.048	0.048	0.060	0.253	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.081	0.070	0.048	0.048	0.129	0.118	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{-76.502}{215.000} \right)^2 + \left(\frac{33.898}{125.000} \right)^2 = 0.127 + 0.074 = 0.200 \leq 1.2 \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{115.280}{217.136} \right)^2 + \left(\frac{33.898}{125.000} \right) = 0.282 + 0.074 = 0.355 \leq 1.2 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 인장(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 108.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$(\text{합성형 스테드 설치시}) \quad t_{min} = \mathbf{10.0} \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 압축(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 14.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b / (46 \cdot i \cdot n) = \mathbf{2,400.0} / (46 \times 1.0 \times 6.0) = 8.7 \leq t_{use} = 14.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1, 3.8.4.2)

$$t_{min} = b / (206 \times 1.200) = \mathbf{1,828.0} / (206 \times 1.200) = \mathbf{7.4} \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 26.627)} = 2.84 \geq \mathbf{1.20} \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

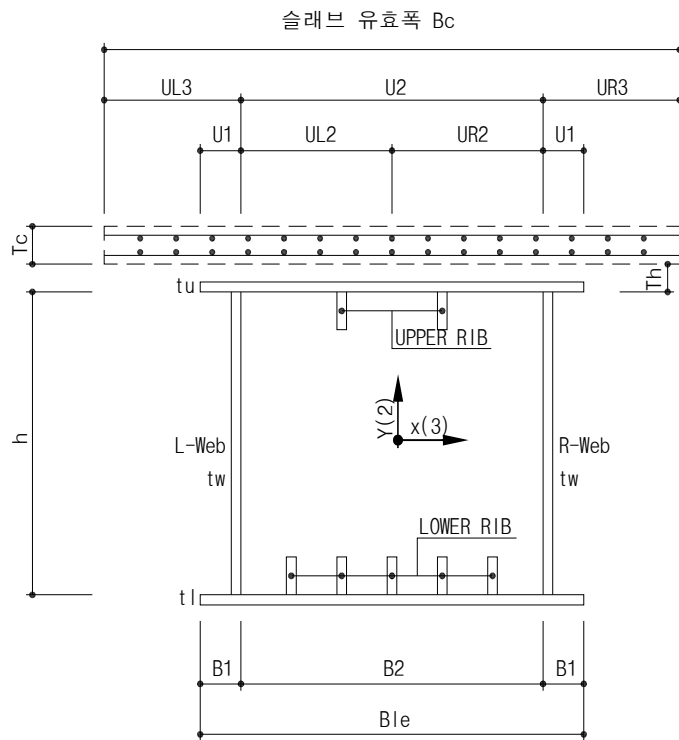
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Rebar				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	-41.067	34.615	355.000	0.K !!
1+2+3	-98.573	-85.169	240.000	0.K !!	-118.767	134.426	355.000	0.K !!
1+2+3+7	-99.623	-86.104	240.000	0.K !!	-144.239	158.381	355.000	0.K !!
1+2+3+5	-103.426	-89.992	240.000	0.K !!	-123.574	130.010	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6	-83.825	-70.527	240.000	0.K !!	-104.184	147.607	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	-82.776	-69.592	240.000	0.K !!	-78.713	171.561	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	-84.875	-71.462	240.000	0.K !!	-129.656	123.653	355.000	0.K !!
1+2+4	-16.603	-14.346	240.000	0.K !!	-54.442	51.797	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4	-98.604	-85.195	240.000	0.K !!	-118.935	134.642	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+7	-97.554	-84.260	240.000	0.K !!	-93.464	158.596	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	-103.456	-90.019	240.000	0.K !!	-123.742	130.225	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	-83.856	-70.553	240.000	0.K !!	-104.352	147.823	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-82.806	-69.618	240.000	0.K !!	-78.881	171.777	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-84.905	-71.488	240.000	0.K !!	-129.824	123.869	355.000	0.K !!

[G1 : 단면 - 23] : 절점 15 로 부터 이격거리 3.120 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM520B

$B_c = 4,441.7$ mm

$U_1 = 120.0$ mm

$UL_2 = 1,200.0$ mm

$UR_2 = 1,200.0$ mm

상부 플랜지 유효폭

$B_{ue} = 2,600.9$ mm

하부 플랜지 유효폭

$B_{le} = 2,600.9$ mm

$B_1 = 120.0$ mm

$B_2 = 2,400.0$ mm

$T_c = 240.0$ mm

$T_h = 50.0$ mm

$h = 2,011.0$ mm

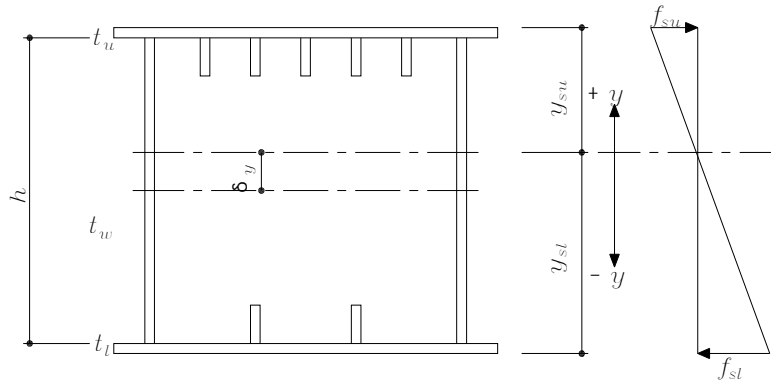
$\Theta_L = 0.000$ °

$\Theta_R = 0.000$ °

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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 - 2,600.9 × 12.0	31,211.2	1,011.5	3.157E+07	3.193E+10	3.745E+05
UPPER RIB	2 - 150.0 × 14.0	4,200.0	930.5	3.908E+06	3.636E+09	7.875E+06
L - WEB	1 - 2,011.0 × 12.0	24,132.0	-	-	-	8.133E+09
R - WEB	1 - 2,011.0 × 12.0	24,132.0	-	-	-	8.133E+09
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-930.5	-9.770E+06	9.091E+09	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,600.9 × 16.0	41,614.9	-1,013.5	-4.218E+07	4.275E+10	8.878E+05
강재 단면 합계		135,790.0	-	-1.647E+07	8.741E+10	1.629E+10
UPPER RE-Bar (A_{ru})		12,725.4	1,235.5	15,722,248.0	19,424,837,414.6	-
LOWER RE-Bar (A_{rl})		12,725.4	1,095.5	13,940,690.2	15,272,026,070.9	-
RE-Bar 합계		25,450.8		2.966E+07	3.470E+10	-
RC. SLAB	1 - 4,441.7 × 240.0	1,066,003.2	1,175.5	1.253E+09	1.473E+12	5.117E+09
※ $A_s = 135,790.0 \text{ mm}^2$ $A_{c1} = 1,066,003.2 \text{ mm}^2$ $A_r = 25,450.8 \text{ mm}^2$						

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -16,468,742.5 / 135,790.0 = -121.281 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 2,011.0 / 2 + 12.0 - -121.281 = 1,138.781 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 2,011.0 / 2 + 16.0 + -121.281 \} = -900.219 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 16,294,279,480.0 + 87,406,915,102.8 - 135,790.0 \times -121.281^2 = 1.017\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = -5,299.050 \times 1,138.8 / 101,703,850,146.9 = -59.334 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = -5,299.050 \times -900.2 / 101,703,850,146.9 = 46.904 \text{ MPa}$$

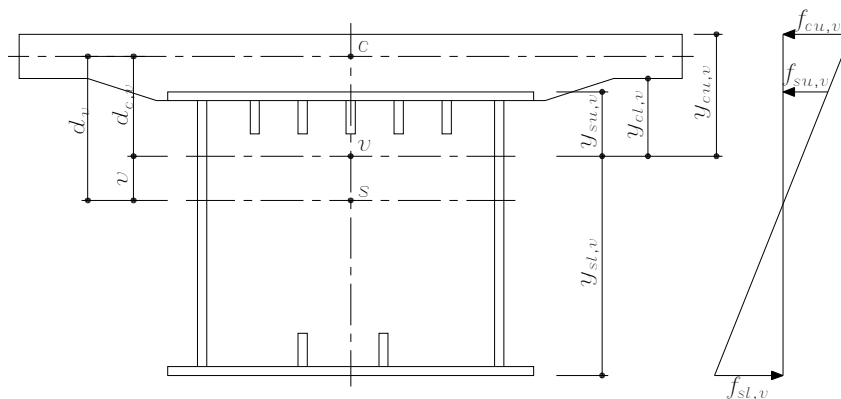
- 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 4.845\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 736.801 / 48,264.0 + 68.109 / (2 \times 4,844,740.0 \times 12.0) = 15.852 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_r = 135,790.0 + 25,450.8 = 161,240.9 \text{ mm}^2$$

- 강재도심선에서 철근 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 1,138.8 - 12.0 + 50.0 + 40.0 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,725.4 / 25,450.8 = 1,286.8 \text{ mm}$$

- 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_r \times d_v / A_v = 25,450.8 \times 1,286.8 / 161,240.9 = 203.1 \text{ mm}$$

- 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{r,v} = d_v - v = 1,286.8 - 203.1 = 1,083.7 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{rv} = I_s + A_s \cdot v^2 + I_r + A_r \cdot d_{r,v}^2$$

$$= 101,703,850,146.9 + 135,790.0 \times 203.1^2 + 0.0 + 25,450.8 \times 1,083.7^2 = 1.372E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 1,138.8 - 203.1 = 935.7 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -900.2 - 203.1 = -1,103.3 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 주철근 상·하연까지의 거리

$$y_{ru,v} = d_{r,v} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{rl} / A_r$$

$$= 1,083.7 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,725.4 / 25,450.8 = 1,153.7 \text{ mm}$$

$$y_{rl,v} = d_{r,v} - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 1,083.7 - (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,725.4 / 25,450.8 = 1,013.7 \text{ mm}$$

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -2,421.210 \times 935.7 / 137,193,679,812.4 = -16.513 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -2,421.210 \times -1,103.3 / 137,193,679,812.4 = 19.472 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_{sc} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -2,421.210 \times 1,153.7 / 137,193,679,812.4 = -20.360 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_{sc} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -2,421.210 \times 1,013.7 / 137,193,679,812.4 = -17.889 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$F_v = b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + TI/2) = 4.886E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{scl} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 282.745 / 48,264.0 + 53.755 / (2 \times 4,885,760.0 \times 12.0) = 6.317 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -4,779.580 \times 935.7 / 137,193,679,812.4 = -32.597 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -4,779.580 \times -1,103.3 / 137,193,679,812.4 = 38.438 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_v \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -4,779.580 \times 1,153.7 / 137,193,679,812.4 = -40.192 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_v \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -4,779.580 \times 1,013.7 / 137,193,679,812.4 = -35.314 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 635.124 / 48,264.0 + 506.241 / (2 \times 4,885,760.0 \times 12.0) = 17.477 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응력 검토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -141.483 \times 935.7 / 137,193,679,812.4 = -0.965 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -141.483 \times -1,103.3 / 137,193,679,812.4 = 1.138 \text{ MPa}$$

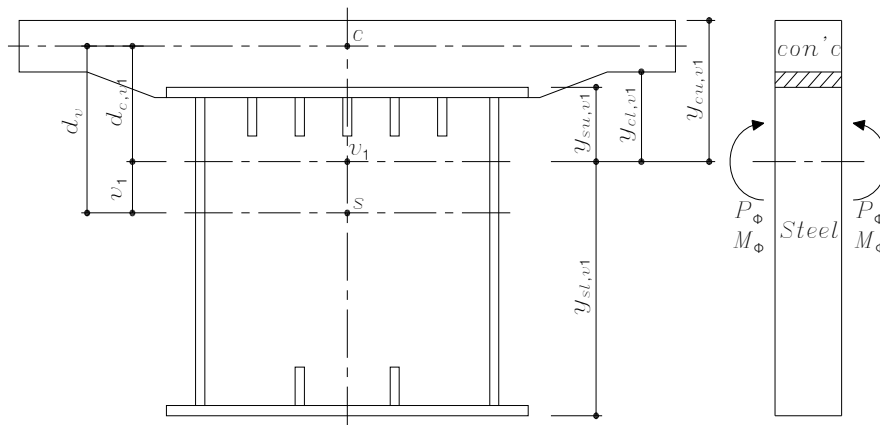
$$f_{ru,v} = M_w \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -141.483 \times 1,153.7 / 137,193,679,812.4 = -0.170 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_w \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -141.483 \times 1,013.7 / 137,193,679,812.4 = -0.149 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$u = V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 30.123 / 48,264.0 + 35.344 / (2 \times 4,885,760.0 \times 12.0) = 0.926 \text{ MPa}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

■ 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,066,003.2 / 7.0 = 152,286.2 \text{ mm}^2$$

■ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 5,116,815,360.0 / 7.0 = 7.310E+08 \text{ mm}^4$$

■ 합성 단면적

$$A_v' = A_s + A_{cn1} = 135,790.0 + 152,286.2 = 288,076.2 \text{ mm}^2$$

■ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v' = y_{su} - t_u + T_h + T_c / 2 = 1,138.8 - 12.0 + 50.0 + 240.0 / 2 = 1,296.8 \text{ mm}$$

■ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v' = A_{cn1} \times d_v' / A_v' = 152,286.2 \times 1,296.8 / 288,076.2 = 685.5 \text{ mm}$$

■ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v}' = d_v' - v' = 1,296.8 - 685.5 = 611.3 \text{ mm}$$

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = 0.099 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 2.0/2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_{c1}/n_1 = 135,790.0 + 1,066,003.2 / 14.0 = 2.119\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_{c1}/n_1) \times d_v' / A_{v1} = (1,066,003.2/14.0) \times 1,296.8 / 211,933.1 = 465.9 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v' - v_1 = 1,296.8 - 465.9 = 830.9 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v'^2) + (I_c/n_1 + A_c/n_1 \cdot d_{c,v}'^2) \\ = (101,703,850,146.9 + 135,790.0 \times 685.5^2) + (5,116,815,360.0/7.0 + 1,066,003.2/7.0 \times 611.3^2) = 1.943\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v}' \cdot A_{c1} / (n \cdot I_{v1}) \\ = -2,421.2 \times 611.3 \times 1,066,003.2 / (7.0 \times 194,332,223,940.0) = -1.160\text{E}+06 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -1,159,779.0 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = -1.160\text{E}+06 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = -1,159,779.0 \times 830.9 = -9.636\text{E}+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

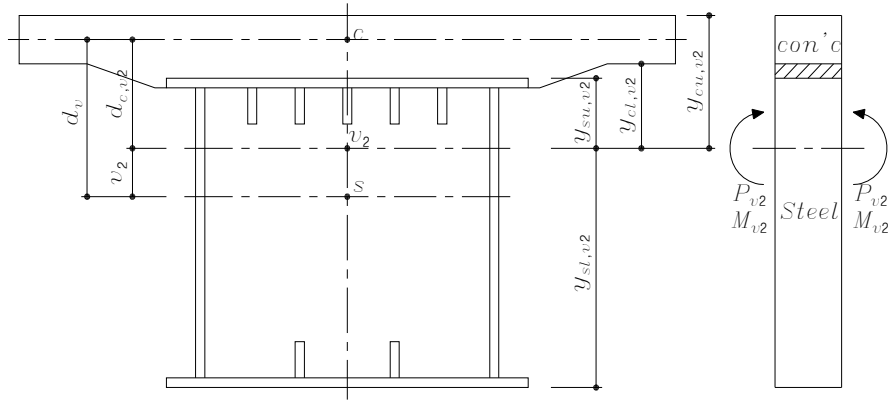
$$f_{ru,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{ru,v} / I_{rv} \\ = -1,159,779.0/161,240.9 + 0.099 \times -963,631,371.9 \times 1,153.7/137,193,679,812.4 = -7.996 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{rl,v} / I_{rv} \\ = -1,159,779.0/161,240.9 + 0.099 \times -963,631,371.9 \times 1,013.7/137,193,679,812.4 = -7.898 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v} / I_{rv} \\ = -1,159,779.0/161,240.9 + 0.099 \times -963,631,371.9 \times 935.7/137,193,679,812.4 = -7.844 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v} / I_{rv} \\ = -1,159,779.0/161,240.9 + 0.099 \times -963,631,371.9 \times -1,103.3/137,193,679,812.4 = -6.425 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 ϕ_2 는 $\phi_2 = 2 \cdot \phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 135,790.0 + 1,066,003.2 / 21.0 = 1.866E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2} = (1,066,003.2/21.0) \times 1,296.8 / 186,552.1 = 352.9 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,296.8 - 352.9 = 943.9 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,066,003.2 / 21.0 = 2.810E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,809,679.9 \times 943.9 = 2.652E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

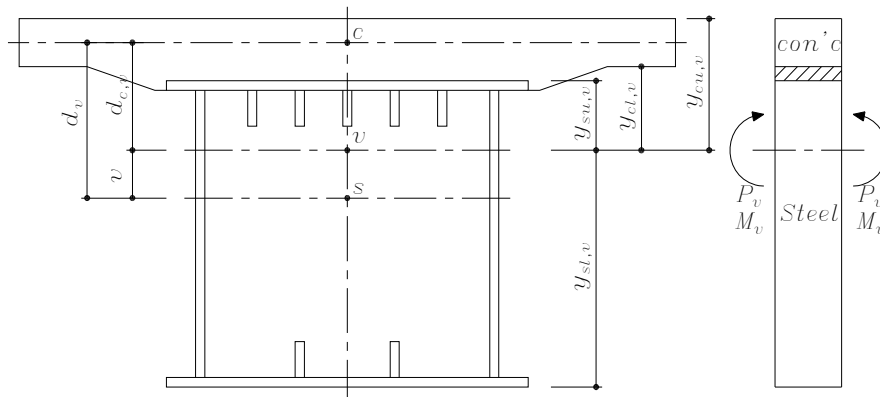
$$f_{ru,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{ru,v}/I_{rv} = 2,809,679.9/161,240.9 + 0.099 \times 2,652,108,181.9 \times 1,153.7/137,193,679,812.4 = 19.635 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} = 2,809,679.9/161,240.9 + 0.099 \times 2,652,108,181.9 \times 1,013.7/137,193,679,812.4 = 19.367 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v}/I_{rv} = 2,809,679.9/161,240.9 + 0.099 \times 2,652,108,181.9 \times 935.7/137,193,679,812.4 = 19.218 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v}/I_{rv} = 2,809,679.9/161,240.9 + 0.099 \times 2,652,108,181.9 \times -1,103.3/137,193,679,812.4 = 15.312 \text{ MPa}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1} / n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,066,003.2 / 7.0 = 3.746\text{E}+06 \text{ N}$$

P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 3,746,239.8 \times 611.3 = 2.290\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

바닥판 철근 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{ru,t} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t \\ &= 3,746,239.8 / 161,240.9 + 0.099 \times 2,289,932,657.0 \times 1,153.7 / 137,193,679,812.4 \\ &\quad - 205,000.0 \times 0.000120 = 0.542 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{rl,t} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t \\ &= 3,746,239.8 / 161,240.9 + 0.099 \times 2,289,932,657.0 \times 1,013.7 / 137,193,679,812.4 \\ &\quad - 205,000.0 \times 0.000120 = 0.310 \text{ MPa} \end{aligned}$$

강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v} / I_{rv} \\ &= 3,746,239.8 / 161,240.9 + 0.099 \times 2,289,932,657.0 \times 935.7 / 137,193,679,812.4 = 24.781 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} \\ &= 3,746,239.8 / 161,240.9 + 0.099 \times 2,289,932,657.0 \times -1,103.3 / 137,193,679,812.4 = 21.409 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,654.670 / 48,264.0 + 68.109 / 116,273,760.0 + 559.996 / 117,258,240.0 = 39.645 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 39.6 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,049.669 / 48,264.0 + 68.109 / 116,273,760.0 + 89.098 / 117,258,240.0 = 23.094 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 23.1 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 활하중 재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,669.732 / 48,264.0 + 68.109 / 116,273,760.0 + 577.668 / 117,258,240.0 = 40.108 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 40.1 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$t_l \geq b / 23 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 23 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 46 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7[b / (t_l \cdot i \cdot n) - 23] = 215.0 - 4.7\{2,400.0 / (16.0 \times 1.0 \times 6) - 23\} = 205.6 \text{ MPa}$$

$$b / 46 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 80 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.0 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000\{(t_l \cdot i \cdot n) / b\}^2 = 220,000.0 \times \{(16.0 \times 1.0 \times 6.0 / 2,400.0)^2\} = 352.0 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 16.0 \text{ mm} : \therefore f_{ca} = 205.6 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$$

(SD 400 사용)

$$f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$$

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	RE-BAR				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	-59.334	46.904	215.000	205.600
1+2+3	-60.552	-53.204	160.000	160.000	-108.444	104.814	215.000	205.600
1+2+3+5	-68.548	-61.102	160.000	160.000	-116.288	98.389	215.000	205.600
1+2+3+5+6	-48.912	-41.735	160.000	160.000	-97.070	113.701	215.000	205.600
1+2+3+5+6+7	-48.370	-41.425	184.000	184.000	-72.288	135.109	247.250	236.440
1+2+3+5+6-7	-49.454	-42.045	184.000	184.000	-121.851	92.292	247.250	236.440
1+2+4	-20.530	-18.039	192.000	192.000	-76.811	67.513	258.000	246.720
1+2+3+0.5×4	-60.637	-53.279	200.000	200.000	-108.926	105.382	268.750	257.000
1+2+3+0.5×4+5	-68.633	-61.177	200.000	200.000	-116.770	98.958	268.750	257.000
1+2+3+0.5×4+5+6	-48.997	-41.810	200.000	200.000	-97.552	114.269	268.750	257.000
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-48.455	-41.499	216.000	216.000	-72.771	135.678	290.250	277.560
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-49.539	-42.120	216.000	216.000	-122.334	92.860	290.250	277.560

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.076	0.052	0.101	0.101	0.177	0.153	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.254	0.260	0.101	0.101	0.355	0.360	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.293	0.229	0.101	0.101	0.393	0.330	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.204	0.306	0.101	0.101	0.304	0.406	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.085	0.327	0.101	0.101	0.186	0.427	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.243	0.152	0.101	0.101	0.343	0.253	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.089	0.075	0.024	0.024	0.112	0.099	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.164	0.168	0.066	0.066	0.230	0.234	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.189	0.148	0.066	0.066	0.255	0.214	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.132	0.198	0.066	0.066	0.198	0.264	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.063	0.239	0.066	0.066	0.129	0.305	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.178	0.112	0.066	0.066	0.244	0.178	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{-116.288}{215.000} \right)^2 + \left(\frac{39.645}{125.000} \right) = 0.293 + 0.101 = 0.393 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{135.109}{236.440} \right)^2 + \left(\frac{39.645}{125.000} \right) = 0.327 + 0.101 = 0.427 \leq 1.2 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 인장(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 108.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$(\text{합성형 스테드 설치시}) \quad t_{min} = \mathbf{10.0} \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 압축(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 16.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b / (46 \cdot i \cdot n) = \mathbf{2,400.0} / (46 \times 1.0 \times 6.0) = 8.7 \leq t_{use} = 16.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1, 3.8.4.2)

$$t_{min} = b / (206 \times 1.200) = \mathbf{2,011.0} / (206 \times 1.200) = \mathbf{8.1} \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 46.904)} = 2.14 \geq \mathbf{1.20} \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

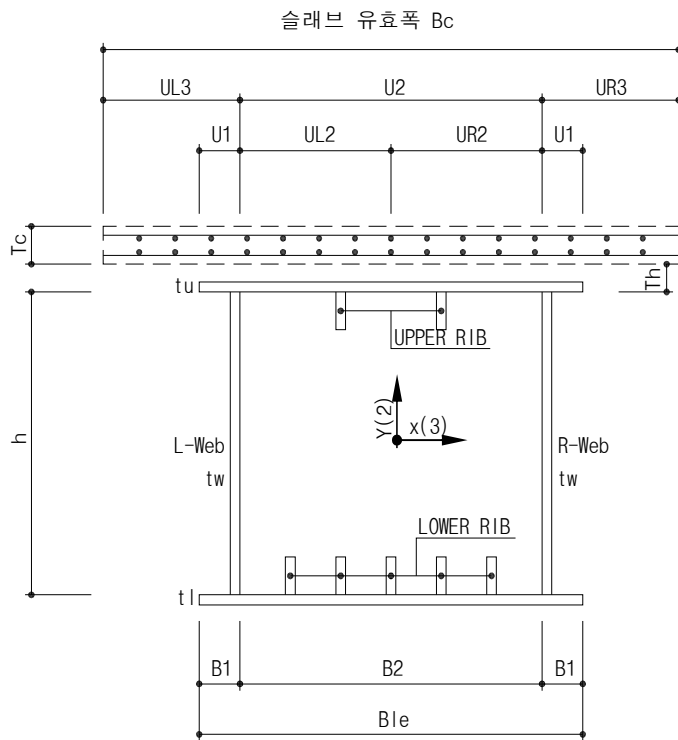
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Rebar				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	-77.134	60.975	355.000	0.K !!
1+2+3	-112.881	-99.182	240.000	0.K !!	-168.684	168.930	355.000	0.K !!
1+2+3+7	-113.423	-99.493	240.000	0.K !!	-193.466	190.339	355.000	0.K !!
1+2+3+5	-120.876	-107.081	240.000	0.K !!	-176.528	162.505	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6	-101.241	-87.714	240.000	0.K !!	-157.310	177.817	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	-100.699	-87.403	240.000	0.K !!	-132.529	199.226	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	-101.783	-88.024	240.000	0.K !!	-182.092	156.408	355.000	0.K !!
1+2+4	-26.638	-23.406	240.000	0.K !!	-99.565	87.426	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4	-112.966	-99.257	240.000	0.K !!	-169.167	169.499	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+7	-112.424	-98.947	240.000	0.K !!	-144.385	190.908	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	-120.961	-107.155	240.000	0.K !!	-177.011	163.074	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	-101.326	-87.788	240.000	0.K !!	-157.793	178.386	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-100.784	-87.478	240.000	0.K !!	-133.012	199.795	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-101.868	-88.099	240.000	0.K !!	-182.574	156.977	355.000	0.K !!

[G1 : 단면 - 24] : 절점 18 로 부터 이격거리 3.745 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM520B

Bc = 4,387.6 mm

U1 = 120.0 mm

UL2 = 1,200.0 mm

UR2 = 1,200.0 mm

상부 플랜지 유효폭

Bue = 2,564.7 mm

하부 플랜지 유효폭

Ble = 2,564.7 mm

B1 = 120.0 mm

B2 = 2,400.0 mm

Tc = 240.0 mm

Th = 50.0 mm

h = 1,912.0 mm

$\Theta_L = 0.000^\circ$

$\Theta_R = 0.000^\circ$

구	분	단 위	입력 Data
E_s	: 강재 탄성계수	MPa	205,000.0
E_c	: 콘크리트의 탄성계수	MPa	27,804.0
ε_s	: 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율	-	0.00027
α	: 강재 및 콘크리트의 선팅창계수	-	0.000012
ϕ_2	: 건조수축에 의한 크리이프계수	-	4
n	: 강과 콘크리트의 탄성계수비	-	7
Δt	: 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
M_s	: 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	-1,903.340
M_{sc}	: 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	-1,001.960
M_w	: 풍하중에의한 모멘트	kN·m	-48.607
M_v	: (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	-3,076.420
V_s	: 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-899.122
V_{sc}	: 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-358.898
V_w	: 풍하중에의한 전단력	kN	-19.907
V_v	: (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	-640.499
M_{st}	: 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-503.013
M_{sct}	: 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-87.636
M_{wt}	: 풍하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-94.189
M_{vt}	: (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-918.151
t_{cu}, t_{cl}	: 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

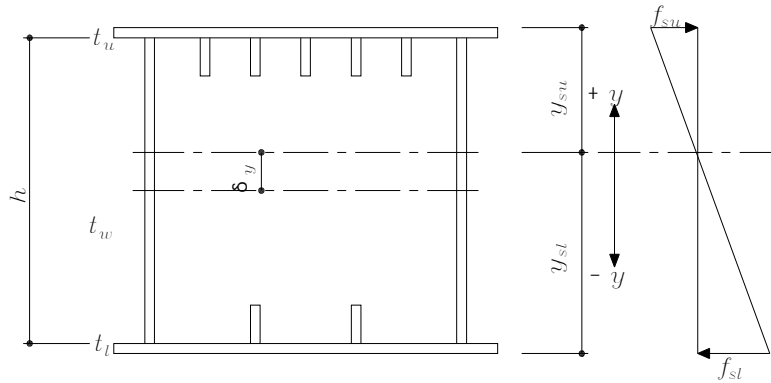
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

X(3)축 방향 단면 제원

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 - 2,564.7 × 12.0	30,776.8	962.0	2.961E+07	2.848E+10	3.693E+05
UPPER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	881.0	9.251E+06	8.150E+09	1.969E+07
L - WEB	1 - 1,912.0 × 12.0	22,944.0	-	-	-	6.990E+09
R - WEB	1 - 1,912.0 × 12.0	22,944.0	-	-	-	6.990E+09
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-881.0	-9.251E+06	8.150E+09	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,564.7 × 14.0	35,906.2	-963.0	-3.458E+07	3.330E+10	5.865E+05
강재 단면 합계		133,571.0	-	-4.970E+06	7.808E+10	1.402E+10
UPPER RE-Bar (A_{rU})		12,570.6	1,186.0	14,908,684.1	17,681,699,343.4	-
LOWER RE-Bar (A_{rL})		12,570.6	1,046.0	13,148,805.7	13,753,650,770.3	-
RE-Bar 합계		25,141.1		2.806E+07	3.144E+10	-
RC. SLAB	1 - 4,387.6 × 240.0	1,053,031.2	1,126.0	1.186E+09	1.335E+12	5.055E+09
※ $A_s = 133,571.0 \text{ mm}^2$ $A_{c1} = 1,053,031.2 \text{ mm}^2$ $A_r = 25,141.1 \text{ mm}^2$						

$$\ast \quad A_s = 133,571.0 \text{ mm}^2 \quad A_{c1} = 1,053,031.2 \text{ mm}^2 \quad A_r = 25,141.1 \text{ mm}^2$$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -4,970,446.7 / 133,571.0 = -37.212 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 1,912.0 / 2 + 12.0 - -37.212 = 1,005.212 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 1,912.0 / 2 + 14.0 + -37.212 \} = -932.788 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 14,019,895,845.4 + 78,079,864,216.6 - 133,571.0 \times -37.212^2 = 9.191\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = -1,903.340 \times 1,005.2 / 91,914,799,670.2 = -20.816 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = -1,903.340 \times -932.8 / 91,914,799,670.2 = 19.316 \text{ MPa}$$

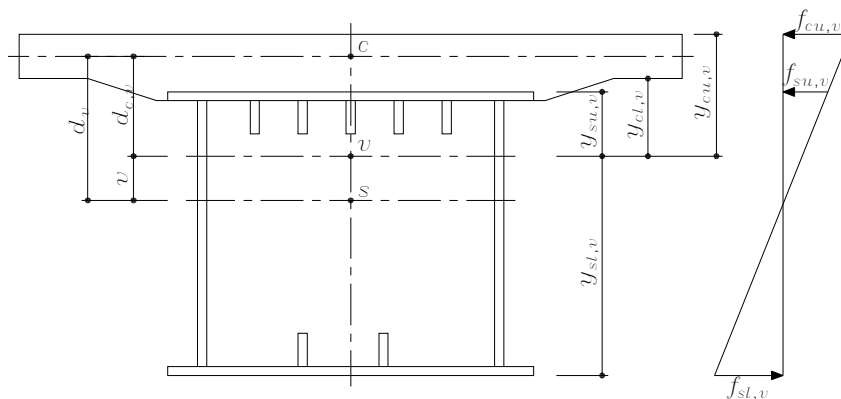
- 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 4.571\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 899.122 / 45,888.0 + 503.013 / (2 \times 4,570,650.0 \times 12.0) = 24.179 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_r = 133,571.0 + 25,141.1 = 158,712.1 \text{ mm}^2$$

- 강재도심선에서 철근 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 1,005.2 - 12.0 + 50.0 + 40.0 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,570.6 / 25,141.1 = 1,153.2 \text{ mm}$$

- 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_r \times d_v / A_v = 25,141.1 \times 1,153.2 / 158,712.1 = 182.7 \text{ mm}$$

- 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{r,v} = d_v - v = 1,153.2 - 182.7 = 970.5 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{rv} = I_s + A_s \cdot v^2 + I_r + A_r \cdot d_{r,v}^2$$

$$= 91,914,799,670.2 + 133,571.0 \times 182.7^2 + 0.0 + 25,141.1 \times 970.5^2 = 1.201\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 1,005.2 - 182.7 = 822.5 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -932.8 - 182.7 = -1,115.5 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 주철근 상·하연까지의 거리

$$y_{ru,v} = d_{r,v} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{rl} / A_r$$

$$= 970.5 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,570.6 / 25,141.1 = 1,040.5 \text{ mm}$$

$$y_{rl,v} = d_{r,v} - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 970.5 - (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,570.6 / 25,141.1 = 900.5 \text{ mm}$$

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -1,001.960 \times 822.5 / 120,053,563,792.9 = -6.865 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -1,001.960 \times -1,115.5 / 120,053,563,792.9 = 9.310 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_{sc} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -1,001.960 \times 1,040.5 / 120,053,563,792.9 = -8.684 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_{sc} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -1,001.960 \times 900.5 / 120,053,563,792.9 = -7.516 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$F_v = b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 4.611\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{scl} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 358.898 / 45,888.0 + 87.636 / (2 \times 4,611,360.0 \times 12.0) = 8.613 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -3,076.420 \times 822.5 / 120,053,563,792.9 = -21.078 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -3,076.420 \times -1,115.5 / 120,053,563,792.9 = 28.584 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_v \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -3,076.420 \times 1,040.5 / 120,053,563,792.9 = -26.664 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_v \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -3,076.420 \times 900.5 / 120,053,563,792.9 = -23.077 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 640.499 / 45,888.0 + 918.151 / (2 \times 4,611,360.0 \times 12.0) = 22.254 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응력 검토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -48.607 \times 822.5 / 120,053,563,792.9 = -0.333 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -48.607 \times -1,115.5 / 120,053,563,792.9 = 0.452 \text{ MPa}$$

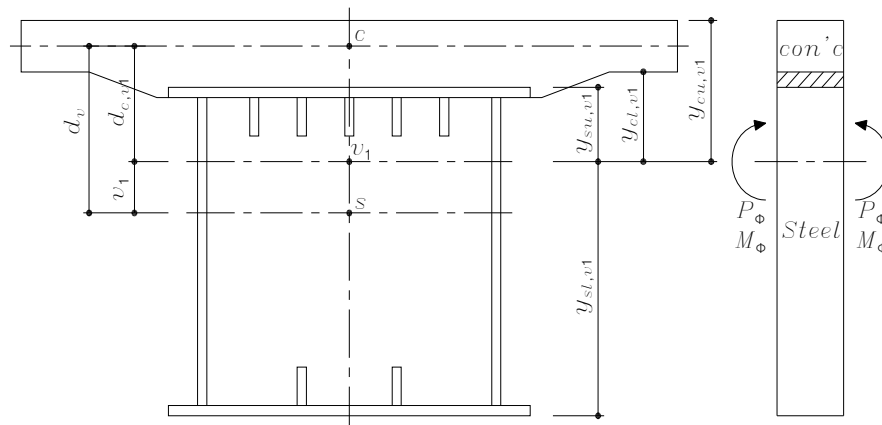
$$f_{ru,v} = M_w \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -48.607 \times 1,040.5 / 120,053,563,792.9 = -0.060 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_w \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -48.607 \times 900.5 / 120,053,563,792.9 = -0.052 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$u = V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 19.907 / 45,888.0 + 94.189 / (2 \times 4,611,360.0 \times 12.0) = 1.285 \text{ MPa}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

■ 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,053,031.2 / 7.0 = 150,433.0 \text{ mm}^2$$

■ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 5,054,549,760.0 / 7.0 = 7.221\text{E}+08 \text{ mm}^4$$

■ 합성 단면적

$$A_v' = A_s + A_{cn1} = 133,571.0 + 150,433.0 = 284,004.0 \text{ mm}^2$$

■ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v' = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 1,005.2 - 12.0 + 50.0 + 240.0/2 = 1,163.2 \text{ mm}$$

■ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v' = A_{cn1} \times d_v' / A_v' = 150,433.0 \times 1,163.2 / 284,004.0 = 616.1 \text{ mm}$$

■ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v}' = d_v' - v' = 1,163.2 - 616.1 = 547.1 \text{ mm}$$

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 Φ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\Phi_1 = 2.0$$

$$k = 0.113 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \Phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 2.0/2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_{c1}/n_1 = 133,571.0 + 1,053,031.2 / 14.0 = 2.088\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_{c1}/n_1) \times d_v' / A_{v1} = (1,053,031.2/14.0) \times 1,163.2 / 208,787.5 = 419.1 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v' - v_1 = 1,163.2 - 419.1 = 744.2 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v'^2) + (I_c/n_1 + A_c/n_1 \cdot d_{c,v}'^2) \\ = (91,914,799,670.2 + 133,571.0 \times 616.1^2) + (5,054,549,760.0/7.0 + 1,053,031.2/7.0 \times 547.1^2) = 1.655\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v}' \cdot A_{c1} / (n \cdot I_{v1}) \\ = -1,002.0 \times 547.1 \times 1,053,031.2 / (7.0 \times 165,494,365,643.2) = -4.983\text{E}+05 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\Phi = N_c \cdot 2 \cdot \Phi_1 / (2 + \Phi_1) = -498,261.0 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = -4.983\text{E}+05 \text{ N}$$

- P_Φ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\Phi = P_\Phi \times d_{c,v1} = -498,261.0 \times 744.2 = -3.708\text{E}+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

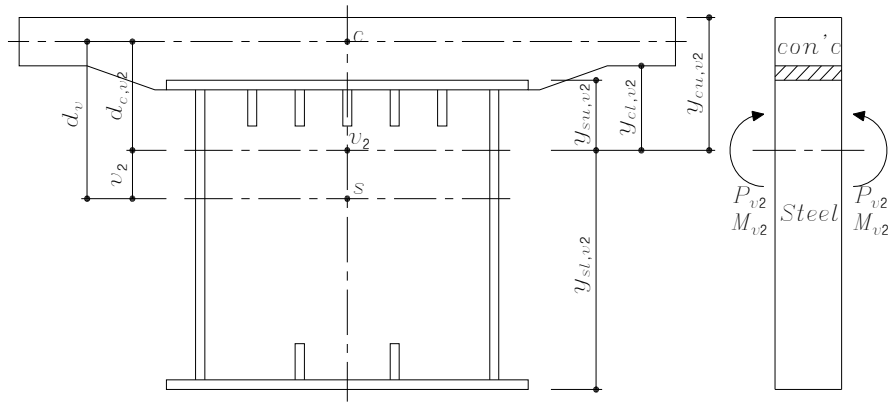
$$f_{ru,v1} = P_\Phi / A_v + k \cdot M_\Phi \cdot y_{ru,v} / I_{rv} \\ = -498,261.0/158,712.1 + 0.113 \times -370,786,070.1 \times 1,040.5 / 120,053,563,792.9 = -3.502 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v1} = P_\Phi / A_v + k \cdot M_\Phi \cdot y_{rl,v} / I_{rv} \\ = -498,261.0/158,712.1 + 0.113 \times -370,786,070.1 \times 900.5 / 120,053,563,792.9 = -3.453 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\Phi / A_v + k \cdot M_\Phi \cdot y_{su,v} / I_{rv} \\ = -498,261.0/158,712.1 + 0.113 \times -370,786,070.1 \times 822.5 / 120,053,563,792.9 = -3.426 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\Phi / A_v + k \cdot M_\Phi \cdot y_{sl,v} / I_{rv} \\ = -498,261.0/158,712.1 + 0.113 \times -370,786,070.1 \times -1,115.5 / 120,053,563,792.9 = -2.751 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 ϕ_2 는 $\phi_2 = 2 \cdot \phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 133,571.0 + 1,053,031.2 / 21.0 = 1.837E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2} = (1,053,031.2/21.0) \times 1,163.2 / 183,715.3 = 317.5 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,163.2 - 317.5 = 845.7 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,053,031.2 / 21.0 = 2.775E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,775,489.4 \times 845.7 = 2.347E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

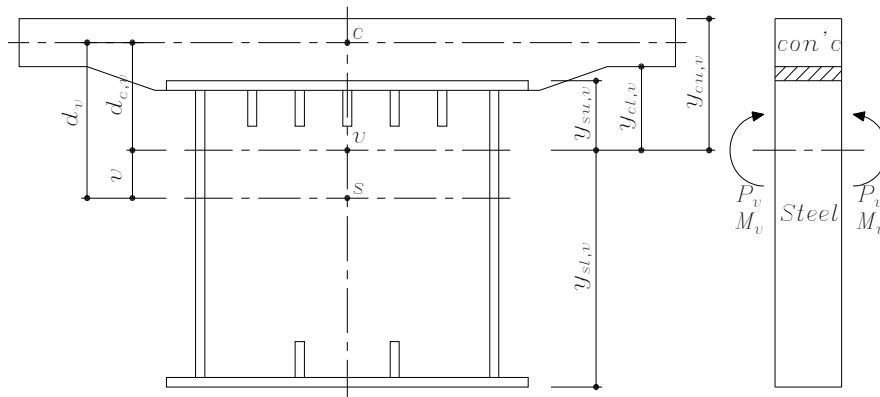
$$f_{ru,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{ru,v}/I_{rv} = 2,775,489.4/158,712.1 + 0.113 \times 2,347,281,548.7 \times 1,040.5/120,053,563,792.9 = 19.781 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} = 2,775,489.4/158,712.1 + 0.113 \times 2,347,281,548.7 \times 900.5/120,053,563,792.9 = 19.472 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v}/I_{rv} = 2,775,489.4/158,712.1 + 0.113 \times 2,347,281,548.7 \times 822.5/120,053,563,792.9 = 19.300 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v}/I_{rv} = 2,775,489.4/158,712.1 + 0.113 \times 2,347,281,548.7 \times -1,115.5/120,053,563,792.9 = 15.029 \text{ MPa}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1} / n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,053,031.2 / 7.0 = 3.701\text{E}+06 \text{ N}$$

P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 3,700,652.5 \times 547.1 = 2.025\text{E}+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

바닥판 철근 응력 변화량

$$f_{ru,t} = P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t$$

$$= 3,700,652.5 / 158,712.1 + 0.113 \times 2,024,532,868.3 \times 1,040.5 / 120,053,563,792.9 - 205,000.0 \times 0.000120 = 0.695 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,t} = P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t$$

$$= 3,700,652.5 / 158,712.1 + 0.113 \times 2,024,532,868.3 \times 900.5 / 120,053,563,792.9 - 205,000.0 \times 0.000120 = 0.428 \text{ MPa}$$

강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v} / I_{rv}$$

$$= 3,700,652.5 / 158,712.1 + 0.113 \times 2,024,532,868.3 \times 822.5 / 120,053,563,792.9 = 24.880 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v} / I_{rv}$$

$$= 3,700,652.5 / 158,712.1 + 0.113 \times 2,024,532,868.3 \times -1,115.5 / 120,053,563,792.9 = 21.197 \text{ MPa}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,898.519 / 45,888.0 + 503.013 / 109,695,600.0 + 1,005.787 / 110,672,640.0 = 55.046 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 55.0 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,277.927 / 45,888.0 + 503.013 / 109,695,600.0 + 181.825 / 110,672,640.0 = 34.077 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 34.1 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

- 활하중 재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,908.472 / 45,888.0 + 503.013 / 109,695,600.0 + 1,052.881 / 110,672,640.0 = 55.689 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 55.7 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$t_l \geq b / 23 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 23 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 46 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7[b / (t_l \cdot i \cdot n) - 23] = 215.0 - 4.7\{2,400.0 / (14.0 \times 1.0 \times 6) - 23\} = 188.8 \text{ MPa}$$

$$b / 46 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 80 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.0 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000\{(t_l \cdot i \cdot n) / b\}^2 = 220,000.0 \times \{(14.0 \times 1.0 \times 6.0 / 2,400.0)^2\} = 269.5 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 14.0 \text{ mm} : \therefore f_{ca} = 188.8 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$$

(SD 400 사용)

$$f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$$

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	RE-BAR				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	-20.816	19.316	215.000	188.814
1+2+3	-35.348	-30.592	160.000	160.000	-48.758	57.210	215.000	188.814
1+2+3+5	-38.850	-34.045	160.000	160.000	-52.184	54.459	215.000	188.814
1+2+3+5+6	-19.069	-14.573	160.000	160.000	-32.884	69.488	215.000	188.814
1+2+3+5+6+7	-18.375	-14.145	184.000	184.000	-8.003	90.684	247.250	217.136
1+2+3+5+6-7	-19.764	-15.002	184.000	184.000	-57.764	48.291	247.250	217.136
1+2+4	-8.744	-7.568	192.000	192.000	-28.013	29.077	258.000	226.577
1+2+3+0.5×4	-35.378	-30.618	200.000	200.000	-48.925	57.436	268.750	236.018
1+2+3+0.5×4+5	-38.880	-34.071	200.000	200.000	-52.350	54.684	268.750	236.018
1+2+3+0.5×4+5+6	-19.099	-14.599	200.000	200.000	-33.050	69.714	268.750	236.018
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-18.405	-14.171	216.000	216.000	-8.170	90.910	290.250	254.899
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-19.794	-15.028	216.000	216.000	-57.930	48.517	290.250	254.899

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.009	0.010	0.194	0.194	0.203	0.204	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.051	0.092	0.194	0.194	0.245	0.286	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.059	0.083	0.194	0.194	0.253	0.277	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.023	0.135	0.194	0.194	0.217	0.329	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.001	0.174	0.194	0.194	0.195	0.368	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.055	0.049	0.194	0.194	0.249	0.243	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.012	0.016	0.052	0.052	0.063	0.068	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.033	0.059	0.127	0.127	0.160	0.186	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.038	0.054	0.127	0.127	0.165	0.181	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.015	0.087	0.127	0.127	0.142	0.214	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.001	0.127	0.127	0.127	0.128	0.254	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.040	0.036	0.127	0.127	0.167	0.163	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{-52.184}{215.000} \right)^2 + \left(\frac{55.046}{125.000} \right) = 0.059 + 0.194 = 0.253 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{90.684}{217.136} \right)^2 + \left(\frac{55.046}{125.000} \right) = 0.174 + 0.194 = 0.368 \leq 1.2 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 인장(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 108.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$(\text{합성형 스테드 설치시}) \quad t_{min} = \mathbf{10.0} \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 압축(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 14.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b / (46 \cdot i \cdot n) = \mathbf{2,400.0} / (46 \times 1.0 \times 6.0) = 8.7 \leq t_{use} = 14.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1, 3.8.4.2)

$$t_{min} = b / (206 \times 1.200) = \mathbf{1,912.0} / (206 \times 1.200) = \mathbf{7.7} \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 19.316)} = 3.34 \geq \mathbf{1.20} \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

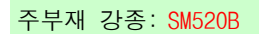
(12) 항복에 대한 안전도 검사

(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Rebar				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	-27.060	25.111	355.000	0.K !!
1+2+3	-68.617	-59.385	240.000	0.K !!	-81.302	98.669	355.000	0.K !!
1+2+3+7	-69.312	-59.814	240.000	0.K !!	-106.182	119.866	355.000	0.K !!
1+2+3+5	-72.119	-62.838	240.000	0.K !!	-84.728	95.918	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6	-52.338	-43.366	240.000	0.K !!	-65.427	110.947	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	-51.644	-42.937	240.000	0.K !!	-40.547	132.144	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	-53.033	-43.794	240.000	0.K !!	-90.307	89.751	355.000	0.K !!
1+2+4	-11.350	-9.823	240.000	0.K !!	-36.318	37.665	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4	-68.647	-59.411	240.000	0.K !!	-81.468	98.895	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+7	-67.953	-58.983	240.000	0.K !!	-56.588	120.092	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	-72.149	-62.864	240.000	0.K !!	-84.894	96.144	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	-52.368	-43.392	240.000	0.K !!	-65.594	111.173	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-51.674	-42.963	240.000	0.K !!	-40.714	132.370	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-53.063	-43.820	240.000	0.K !!	-90.474	89.977	355.000	0.K !!

1) 단면가정 및 설계조건



U1 = 120.0 mm

UR2 = 1,200.0 mm

상부 플랜지 유효폭

Bue = 2,604.0 mm

하부 플랜지 유효폭

Ble = 2,604.0 mm

B1 = 120.0 mm

B2 = 2,400.0 mm

$$T_c = 240.0 \text{ mm}$$

Th = 50.0 mm

$$h = 2,011.0 \text{ mm}$$

$$\Theta_1 = 0.000^\circ$$

$$\Theta_B = 0.000^\circ$$

구	단 위	입력 Data
E_s : 강재 탄성계수	MPa	205,000.0
E_c : 콘크리트의 탄성계수	MPa	27,804.0
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율	-	0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수	-	0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수	-	4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비	-	7
Δt : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
M_s : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	-6,331.340
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	-2,871.800
M_w : 풍하중에 의한 모멘트	kN·m	-170.941
M_v : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	-5,028.480
V_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-931.532
V_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-368.260
V_w : 풍하중에 의한 전단력	kN	-32.834
V_v : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	-636.151
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-22.647
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	19.310
M_{wt} : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN·m	-29.533
M_{vt} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-632.965
t_{cu}, t_{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

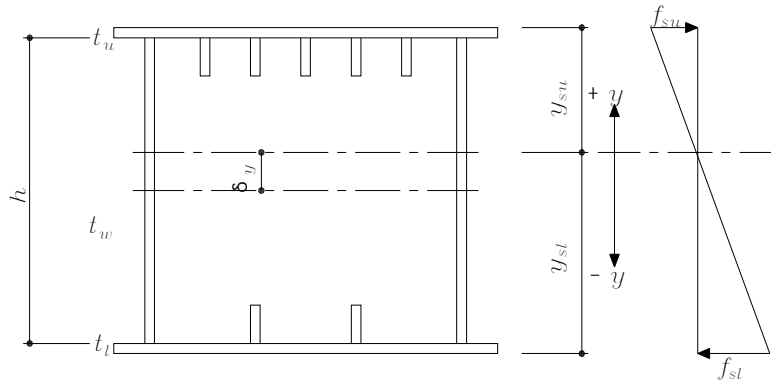
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

X(3)축 방향 단면 제원

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 - 2,604.0 × 12.0	31,247.5	1,011.5	3.161E+07	3.197E+10	3.750E+05
UPPER RIB	2 - 150.0 × 14.0	4,200.0	930.5	3.908E+06	3.636E+09	7.875E+06
L - WEB	1 - 2,011.0 × 12.0	24,132.0	-	-	-	8.133E+09
R - WEB	1 - 2,011.0 × 12.0	24,132.0	-	-	-	8.133E+09
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-930.5	-9.770E+06	9.091E+09	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,604.0 × 16.0	41,663.4	-1,013.5	-4.223E+07	4.280E+10	8.888E+05
강재 단면 합계		135,874.9	-	-1.648E+07	8.749E+10	1.629E+10
UPPER RE-Bar (A_{rU})		12,738.3	1,235.5	15,738,141.3	19,444,473,570.3	-
LOWER RE-Bar (A_{rL})		12,738.3	1,095.5	13,954,782.5	15,287,464,237.8	-
RE-Bar 합계		25,476.6		2.969E+07	3.473E+10	-
RC. SLAB	1 - 4,446.2 × 240.0	1,067,080.8	1,175.5	1.254E+09	1.474E+12	5.122E+09
※ $A_s = 135,874.9 \text{ mm}^2$ $A_{c1} = 1,067,080.8 \text{ mm}^2$ $A_r = 25,476.6 \text{ mm}^2$						

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -16,481,098.9 / 135,874.9 = -121.296 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 2,011.0 / 2 + 12.0 - -121.296 = 1,138.796 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 2,011.0 / 2 + 16.0 + -121.296 \} = -900.204 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 16,294,280,950.6 + 87,493,913,986.9 - 135,874.9 \times -121.296^2 = 1.018\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = -6,331.340 \times 1,138.8 / 101,789,101,210.3 = -70.834 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = -6,331.340 \times -900.2 / 101,789,101,210.3 = 55.993 \text{ MPa}$$

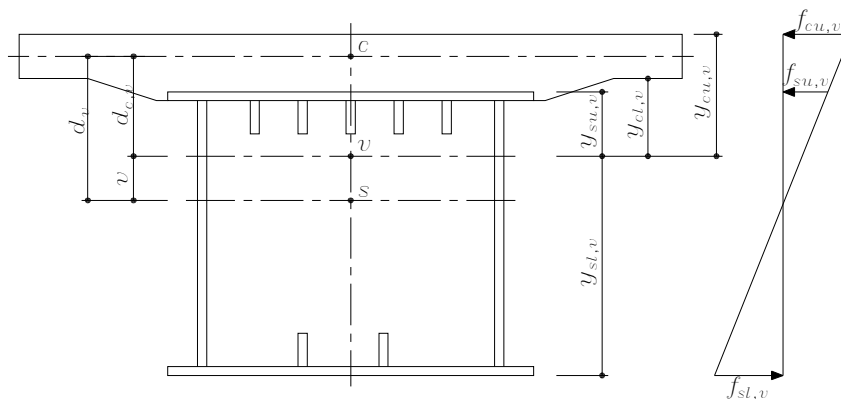
- 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 4.848\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 931.532 / 48,264.0 + 22.647 / (2 \times 4,847,810.0 \times 12.0) = 19.495 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_r = 135,874.9 + 25,476.6 = 161,351.4 \text{ mm}^2$$

- 강재도심선에서 철근 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 1,138.8 - 12.0 + 50.0 + 40.0 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,738.3 / 25,476.6 = 1,286.8 \text{ mm}$$

- 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_r \times d_v / A_v = 25,476.6 \times 1,286.8 / 161,351.4 = 203.2 \text{ mm}$$

- 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{r,v} = d_v - v = 1,286.8 - 203.2 = 1,083.6 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{rv} = I_s + A_s \cdot v^2 + I_r + A_r \cdot d_{r,v}^2$$

$$= 101,789,101,210.3 + 135,874.9 \times 203.2^2 + 0.0 + 25,476.6 \times 1,083.6^2 = 1.373E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 1,138.8 - 203.2 = 935.6 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -900.2 - 203.2 = -1,103.4 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 주철근 상·하연까지의 거리

$$y_{ru,v} = d_{r,v} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{rl} / A_r$$

$$= 1,083.6 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,738.3 / 25,476.6 = 1,153.6 \text{ mm}$$

$$y_{rl,v} = d_{r,v} - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 1,083.6 - (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,738.3 / 25,476.6 = 1,013.6 \text{ mm}$$

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -2,871.800 \times 935.6 / 137,313,483,150.3 = -19.568 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -2,871.800 \times -1,103.4 / 137,313,483,150.3 = 23.076 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_{sc} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -2,871.800 \times 1,153.6 / 137,313,483,150.3 = -24.127 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_{sc} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -2,871.800 \times 1,013.6 / 137,313,483,150.3 = -21.199 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$F_v = b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + TI/2) = 4.889E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{scl} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 368.260 / 48,264.0 + 19.310 / (2 \times 4,888,850.0 \times 12.0) = 7.795 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -5,028.480 \times 935.6 / 137,313,483,150.3 = -34.263 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -5,028.480 \times -1,103.4 / 137,313,483,150.3 = 40.406 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_v \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -5,028.480 \times 1,153.6 / 137,313,483,150.3 = -42.246 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_v \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -5,028.480 \times 1,013.6 / 137,313,483,150.3 = -37.119 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 636.151 / 48,264.0 + 632.965 / (2 \times 4,888,850.0 \times 12.0) = 18.575 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응력 검토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -170.941 \times 935.6 / 137,313,483,150.3 = -1.165 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -170.941 \times -1,103.4 / 137,313,483,150.3 = 1.374 \text{ MPa}$$

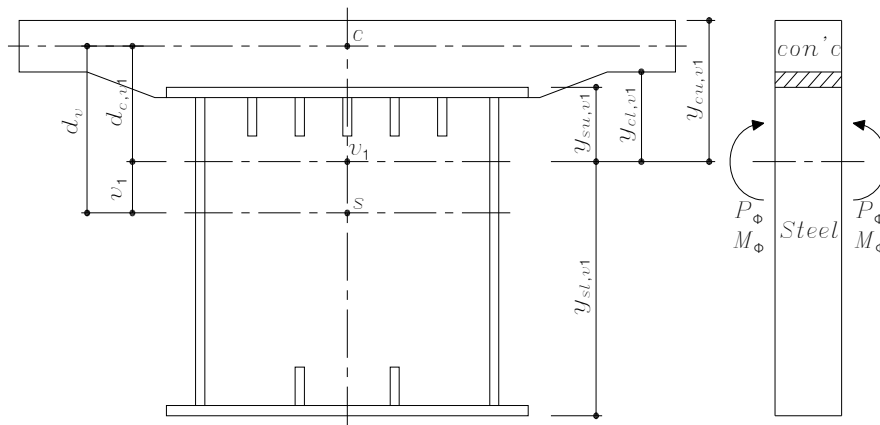
$$f_{ru,v} = M_w \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -170.941 \times 1,153.6 / 137,313,483,150.3 = -0.205 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_w \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -170.941 \times 1,013.6 / 137,313,483,150.3 = -0.180 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$u = V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 32.834 / 48,264.0 + 29.533 / (2 \times 4,888,850.0 \times 12.0) = 0.932 \text{ MPa}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

■ 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,067,080.8 / 7.0 = 152,440.1 \text{ mm}^2$$

■ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 5,121,987,840.0 / 7.0 = 7.317E+08 \text{ mm}^4$$

■ 합성 단면적

$$A_v' = A_s + A_{cn1} = 135,874.9 + 152,440.1 = 288,315.0 \text{ mm}^2$$

■ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v' = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 1,138.8 - 12.0 + 50.0 + 240.0/2 = 1,296.8 \text{ mm}$$

■ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v' = A_{cn1} \times d_v' / A_v' = 152,440.1 \times 1,296.8 / 288,315.0 = 685.7 \text{ mm}$$

■ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v}' = d_v' - v' = 1,296.8 - 685.7 = 611.1 \text{ mm}$$

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = -0.082 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 2.0/2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_{c1}/n_1 = 135,874.9 + 1,067,080.8 / 14.0 = 2.121\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_{c1}/n_1) \times d_v' / A_{v1} = (1,067,080.8/14.0) \times 1,296.8 / 212,094.9 = 466.0 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v' - v_1 = 1,296.8 - 466.0 = 830.8 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v'^2) + (I_c/n_1 + A_c/n_1 \cdot d_{c,v}'^2) \\ = (101,789,101,210.3 + 135,874.9 \times 685.7^2) + (5,121,987,840.0/7.0 + 1,067,080.8/7.0 \times 611.1^2) = 1.945\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v}' \cdot A_{c1} / (n \cdot I_{v1}) \\ = -2,871.8 \times 611.1 \times 1,067,080.8 / (7.0 \times 194,500,249,773.0) = -1.376\text{E}+06 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -1,375,551.8 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = -1.376\text{E}+06 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = -1,375,551.8 \times 830.8 = -1.143\text{E}+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

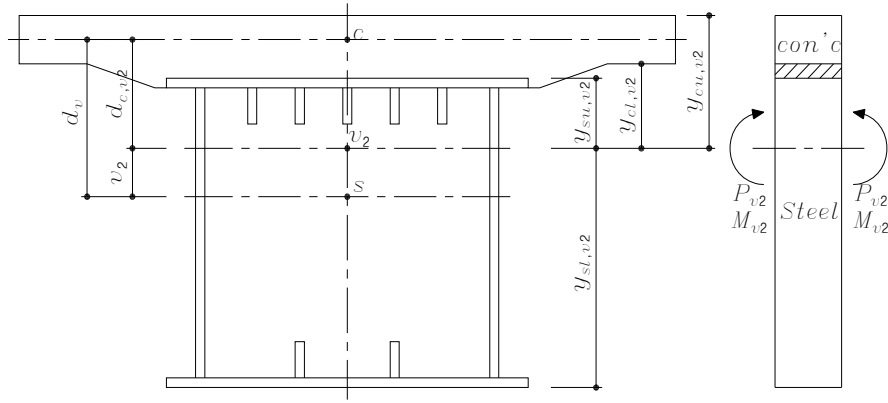
$$f_{ru,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{ru,v} / I_{rv} \\ = -1,375,551.8 / 161,351.4 + -0.082 \times -1,142,766,577.3 \times 1,153.6 / 137,313,483,150.3 = -7.737 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{rl,v} / I_{rv} \\ = -1,375,551.8 / 161,351.4 + -0.082 \times -1,142,766,577.3 \times 1,013.6 / 137,313,483,150.3 = -7.833 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v} / I_{rv} \\ = -1,375,551.8 / 161,351.4 + -0.082 \times -1,142,766,577.3 \times 935.6 / 137,313,483,150.3 = -7.886 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v} / I_{rv} \\ = -1,375,551.8 / 161,351.4 + -0.082 \times -1,142,766,577.3 \times -1,103.4 / 137,313,483,150.3 = -9.279 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 ϕ_2 는 $\phi_2 = 2 \cdot \phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 135,874.9 + 1,067,080.8 / 21.0 = 1.867E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2} = (1,067,080.8/21.0) \times 1,296.8 / 186,688.3 = 353.0 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,296.8 - 353.0 = 943.8 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,067,080.8 / 21.0 = 2.813E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,812,520.1 \times 943.8 = 2.655E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

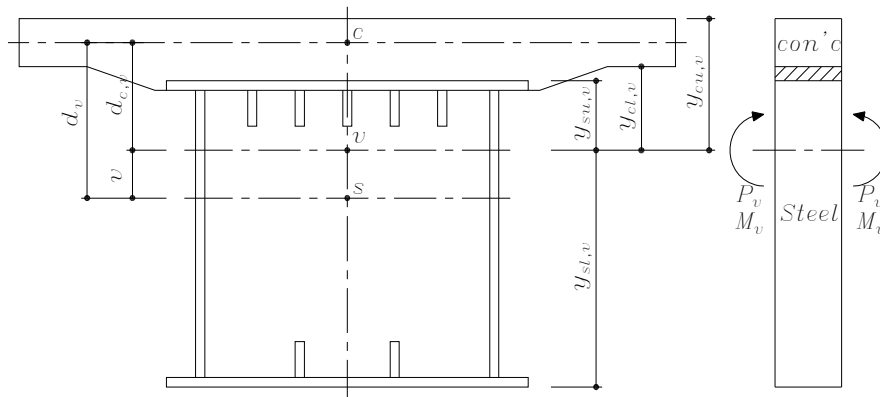
$$\begin{aligned} f_{ru,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{ru,v}/I_{rv} \\ &= 2,812,520.1/161,351.4 + -0.082 \times 2,654,541,576.8 \times 1,153.6/137,313,483,150.3 \\ &= 15.600 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{rl,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} \\ &= 2,812,520.1/161,351.4 + -0.082 \times 2,654,541,576.8 \times 1,013.6/137,313,483,150.3 \\ &= 15.822 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v}/I_{rv} \\ &= 2,812,520.1/161,351.4 + -0.082 \times 2,654,541,576.8 \times 935.6/137,313,483,150.3 \\ &= 15.946 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v}/I_{rv} \\ &= 2,812,520.1/161,351.4 + -0.082 \times 2,654,541,576.8 \times -1,103.4/137,313,483,150.3 \\ &= 19.182 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1} / n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,067,080.8 / 7.0 = 3.750\text{E}+06 \text{ N}$$

P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 3,750,026.8 \times 611.1 = 2.292\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

바닥판 철근 응력 변화량

$$f_{ru,t} = P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t$$

$$= 3,750,026.8 / 161,351.4 + -0.082 \times 2,291,806,924.8 \times 1,153.6 / 137,313,483,150.3 - 205,000.0 \times 0.000120 = -2.940 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,t} = P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t$$

$$= 3,750,026.8 / 161,351.4 + -0.082 \times 2,291,806,924.8 \times 1,013.6 / 137,313,483,150.3 - 205,000.0 \times 0.000120 = -2.748 \text{ MPa}$$

강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v} / I_{rv}$$

$$= 3,750,026.8 / 161,351.4 + -0.082 \times 2,291,806,924.8 \times 935.6 / 137,313,483,150.3 = 21.959 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v} / I_{rv}$$

$$= 3,750,026.8 / 161,351.4 + -0.082 \times 2,291,806,924.8 \times -1,103.4 / 137,313,483,150.3 = 24.753 \text{ MPa}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,935.943 / 48,264.0 + 22.647 / 116,347,440.0 + 652.275 / 117,332,400.0 = 45.865 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 45.9 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,332.626 / 48,264.0 + 22.647 / 116,347,440.0 + 48.843 / 117,332,400.0 = 28.222 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 28.2 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 활하중 재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,952.360 / 48,264.0 + 22.647 / 116,347,440.0 + 667.042 / 117,332,400.0 = 46.331 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 46.3 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$t_l \geq b / 23 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 23 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 46 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7[b / (t_l \cdot i \cdot n) - 23] = 215.0 - 4.7\{2,400.0 / (16.0 \times 1.0 \times 6) - 23\} = 205.6 \text{ MPa}$$

$$b / 46 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 80 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.0 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000\{(t_l \cdot i \cdot n) / b\}^2 = 220,000.0 \times \{(16.0 \times 1.0 \times 6.0 / 2,400.0)^2\} = 352.0 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 16.0 \text{ mm} : \therefore f_{ca} = 205.6 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$$

(SD 400 사용)

$$f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$$

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	RE-BAR				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	-70.834	55.993	215.000	205.600
1+2+3	-66.373	-58.318	160.000	160.000	-124.664	119.476	215.000	205.600
1+2+3+5	-74.110	-66.151	160.000	160.000	-132.550	110.197	215.000	205.600
1+2+3+5+6	-58.510	-50.329	160.000	160.000	-116.604	129.379	215.000	205.600
1+2+3+5+6+7	-61.450	-53.076	184.000	184.000	-94.645	154.133	247.250	236.440
1+2+3+5+6-7	-55.570	-47.581	184.000	184.000	-138.563	104.626	247.250	236.440
1+2+4	-24.332	-21.379	192.000	192.000	-91.566	80.443	258.000	246.720
1+2+3+0.5×4	-66.476	-58.408	200.000	200.000	-125.247	120.163	268.750	257.000
1+2+3+0.5×4+5	-74.212	-66.241	200.000	200.000	-133.132	110.883	268.750	257.000
1+2+3+0.5×4+5+6	-58.613	-50.419	200.000	200.000	-117.187	130.066	268.750	257.000
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-61.552	-53.166	216.000	216.000	-95.227	154.819	290.250	277.560
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-55.673	-47.671	216.000	216.000	-139.146	105.312	290.250	277.560

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.109	0.074	0.135	0.135	0.243	0.209	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.336	0.338	0.135	0.135	0.471	0.472	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.380	0.287	0.135	0.135	0.515	0.422	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.294	0.396	0.135	0.135	0.429	0.531	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.147	0.425	0.135	0.135	0.281	0.560	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.314	0.196	0.135	0.135	0.449	0.330	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.126	0.106	0.035	0.035	0.161	0.142	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.217	0.219	0.088	0.088	0.305	0.307	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.245	0.186	0.088	0.088	0.333	0.274	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.190	0.256	0.088	0.088	0.278	0.344	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.108	0.311	0.088	0.088	0.196	0.399	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.230	0.144	0.088	0.088	0.318	0.232	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{-132.550}{215.000} \right)^2 + \left(\frac{45.865}{125.000} \right) = 0.380 + 0.135 = 0.515 \leq 1.2 \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{154.133}{236.440} \right)^2 + \left(\frac{45.865}{125.000} \right) = 0.425 + 0.135 = 0.560 \leq 1.2 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 인장(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 108.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$(\text{합성형 스테드 설치시}) \quad t_{min} = \mathbf{10.0} \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 압축(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 16.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b / (46 \cdot i \cdot n) = \mathbf{2,400.0} / (46 \times 1.0 \times 6.0) = 8.7 \leq t_{use} = 16.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1, 3.8.4.2)

$$t_{min} = b / (206 \times 1.200) = \mathbf{2,011.0} / (206 \times 1.200) = \mathbf{8.1} \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 55.993)} = 1.96 \geq \mathbf{1.20} \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

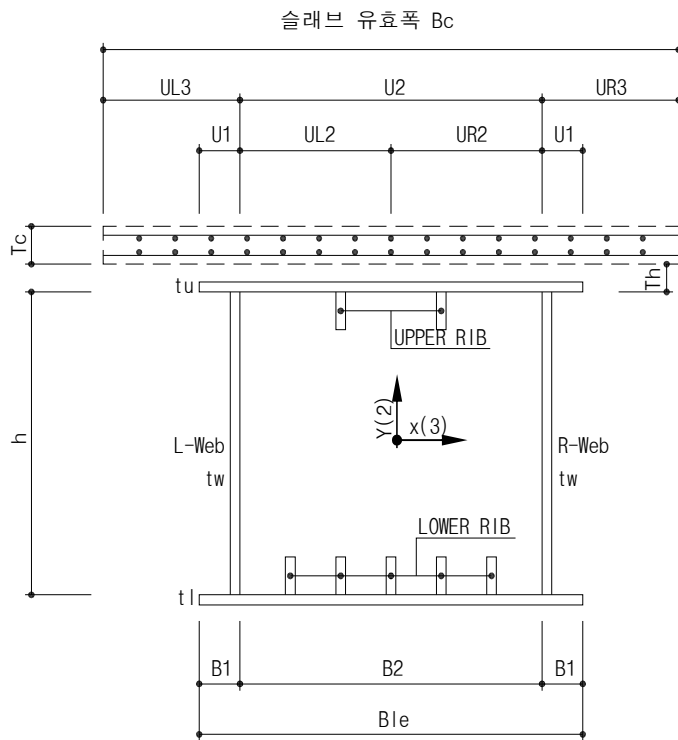
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Rebar				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	-92.084	72.791	355.000	0.K !!
1+2+3	-122.194	-107.365	240.000	0.K !!	-191.187	189.664	355.000	0.K !!
1+2+3+7	-125.134	-110.113	240.000	0.K !!	-213.146	214.418	355.000	0.K !!
1+2+3+5	-129.931	-115.197	240.000	0.K !!	-199.073	180.385	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6	-114.331	-99.375	240.000	0.K !!	-183.127	199.567	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	-117.271	-102.123	240.000	0.K !!	-161.168	224.321	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	-111.391	-96.628	240.000	0.K !!	-205.086	174.814	355.000	0.K !!
1+2+4	-31.570	-27.739	240.000	0.K !!	-118.687	104.164	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4	-122.297	-107.455	240.000	0.K !!	-191.769	190.351	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+7	-125.236	-110.203	240.000	0.K !!	-169.810	215.104	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	-130.033	-115.287	240.000	0.K !!	-199.655	181.072	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	-114.434	-99.465	240.000	0.K !!	-183.709	200.254	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-117.373	-102.213	240.000	0.K !!	-161.750	225.008	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-111.494	-96.718	240.000	0.K !!	-205.668	175.501	355.000	0.K !!

[G1 : 단면 - 32] : 절점 30 로 부터 이격거리 0.624 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM520B

$B_c = 4,379.9$ mm

$U_1 = 120.0$ mm

$UL_2 = 1,200.0$ mm

$UR_2 = 1,200.0$ mm

상부 플랜지 유효폭

$B_{ue} = 2,559.6$ mm

하부 플랜지 유효폭

$B_{le} = 2,559.6$ mm

$B_1 = 120.0$ mm

$B_2 = 2,400.0$ mm

$T_c = 240.0$ mm

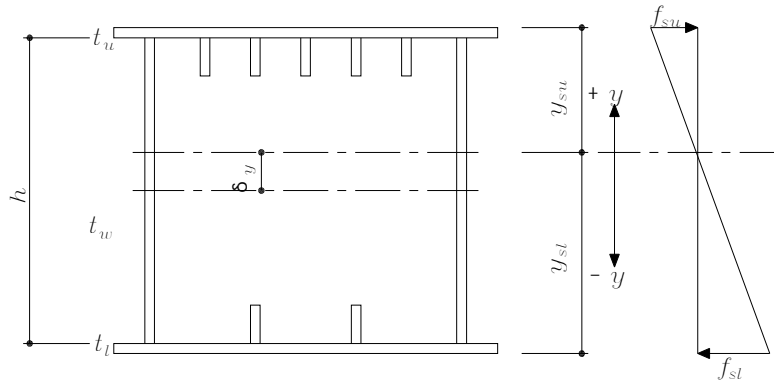
$T_h = 50.0$ mm

$h = 2,095.0$ mm

$\Theta_L = 0.000$ °

$\Theta_R = 0.000$ °

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -22,444,136.3 / 141,767.7 = -158.316 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 2,095.0 / 2 + 12.0 - -158.316 = 1,217.816 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 2,095.0 / 2 + 18.0 + -158.316 \} = -907.184 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 18,419,189,791.7 + 99,418,026,053.9 - 141,767.7 \times -158.316^2 = 1.143\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토 (도.설.해 3.8.2.1)

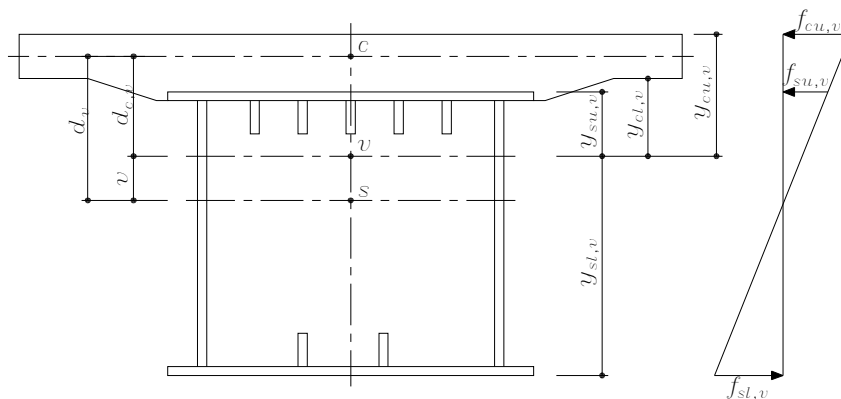
$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = -7,531.310 \times 1,217.8 / 114,283,943,471.1 = -80.254 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = -7,531.310 \times -907.2 / 114,283,943,471.1 = 59.783 \text{ MPa}$$

- 부재의 전단응력 검토 (도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 5.004\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$\tau = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) = 990.925 / 50,280.0 + 22.432 / (2 \times 5,004,490.0 \times 12.0) = 19.895 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_r = 141,767.7 + 25,096.8 = 166,864.5 \text{ mm}^2$$

- 강재도심선에서 철근 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 1,217.8 - 12.0 + 50.0 + 40.0 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,548.4 / 25,096.8 = 1,365.8 \text{ mm}$$

- 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_r \times d_v / A_v = 25,096.8 \times 1,365.8 / 166,864.5 = 205.4 \text{ mm}$$

- 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{r,v} = d_v - v = 1,365.8 - 205.4 = 1,160.4 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{rv} = I_s + A_s \cdot v^2 + I_r + A_r \cdot d_{r,v}^2$$

$$= 114,283,943,471.1 + 141,767.7 \times 205.4^2 + 0.0 + 25,096.8 \times 1,160.4^2 = 1.541E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 1,217.8 - 205.4 = 1,012.4 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -907.2 - 205.4 = -1,112.6 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 주철근 상·하연까지의 거리

$$y_{ru,v} = d_{r,v} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{rl} / A_r$$

$$= 1,160.4 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,548.4 / 25,096.8 = 1,230.4 \text{ mm}$$

$$y_{rl,v} = d_{r,v} - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 1,160.4 - (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,548.4 / 25,096.8 = 1,090.4 \text{ mm}$$

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -3,345.190 \times 1,012.4 / 154,059,536,640.3 = -21.983 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -3,345.190 \times -1,112.6 / 154,059,536,640.3 = 24.159 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_{sc} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -3,345.190 \times 1,230.4 / 154,059,536,640.3 = -26.716 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_{sc} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -3,345.190 \times 1,090.4 / 154,059,536,640.3 = -23.676 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$F_v = b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + TI/2) = 5.045E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{sc} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 390.124 / 50,280.0 + 4.759 / (2 \times 5,045,150.0 \times 12.0) = 7.798 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -5,397.200 \times 1,012.4 / 154,059,536,640.3 = -35.467 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -5,397.200 \times -1,112.6 / 154,059,536,640.3 = 38.978 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_v \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -5,397.200 \times 1,230.4 / 154,059,536,640.3 = -43.105 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_v \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -5,397.200 \times 1,090.4 / 154,059,536,640.3 = -38.200 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 675.898 / 50,280.0 + 625.393 / (2 \times 5,045,150.0 \times 12.0) = 18.608 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -215.120 \times 1,012.4 / 154,059,536,640.3 = -1.414 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -215.120 \times -1,112.6 / 154,059,536,640.3 = 1.554 \text{ MPa}$$

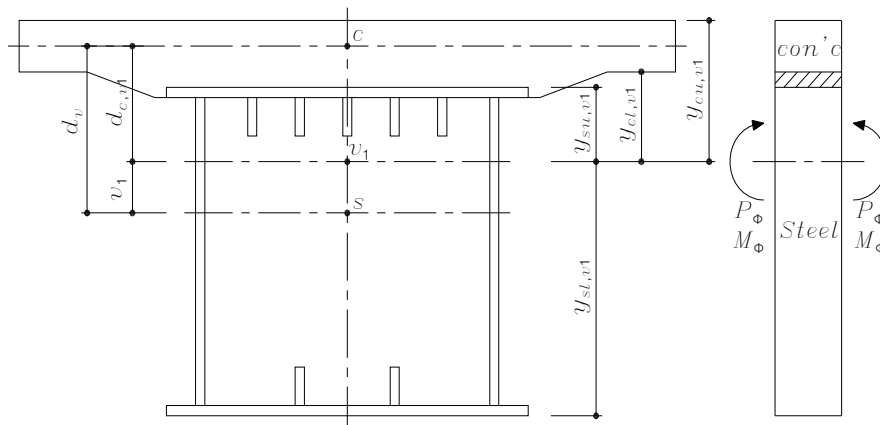
$$f_{ru,v} = M_w \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -215.120 \times 1,230.4 / 154,059,536,640.3 = -0.245 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_w \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -215.120 \times 1,090.4 / 154,059,536,640.3 = -0.218 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$u = V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 37.947 / 50,280.0 + 29.533 / (2 \times 5,045,150.0 \times 12.0) = 0.999 \text{ MPa}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

■ 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,051,176.0 / 7.0 = 150,168.0 \text{ mm}^2$$

■ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 5,045,644,800.0 / 7.0 = 7.208 \times 10^8 \text{ mm}^4$$

■ 합성 단면적

$$A_v' = A_s + A_{cn1} = 141,767.7 + 150,168.0 = 291,935.7 \text{ mm}^2$$

■ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v' = y_{su} - t_u + T_h + T_c / 2 = 1,217.8 - 12.0 + 50.0 + 240.0 / 2 = 1,375.8 \text{ mm}$$

■ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v' = A_{cn1} \times d_v' / A_v' = 150,168.0 \times 1,375.8 / 291,935.7 = 707.7 \text{ mm}$$

■ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v'} = d_v' - v' = 1,375.8 - 707.7 = 668.1 \text{ mm}$$

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = -0.124 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 2.0/2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_{c1}/n_1 = 141,767.7 + 1,051,176.0 / 14.0 = 2.169\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_{c1}/n_1) \times d_v' / A_{v1} = (1,051,176.0/14.0) \times 1,375.8 / 216,851.7 = 476.4 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v' - v_1 = 1,375.8 - 476.4 = 899.4 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v'^2) + (I_c/n_1 + A_c/n_1 \cdot d_{c,v}'^2) \\ = (114,283,943,471.1 + 141,767.7 \times 707.7^2) + (5,045,644,800.0/7.0 + 1,051,176.0/7.0 \times 668.1^2) = 2.192\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v}' \cdot A_{c1} / (n \cdot I_{v1}) \\ = -3,345.2 \times 668.1 \times 1,051,176.0 / (7.0 \times 219,163,365,633.0) = -1.531\text{E}+06 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -1,531,372.2 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = -1.531\text{E}+06 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = -1,531,372.2 \times 899.4 = -1.377\text{E}+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

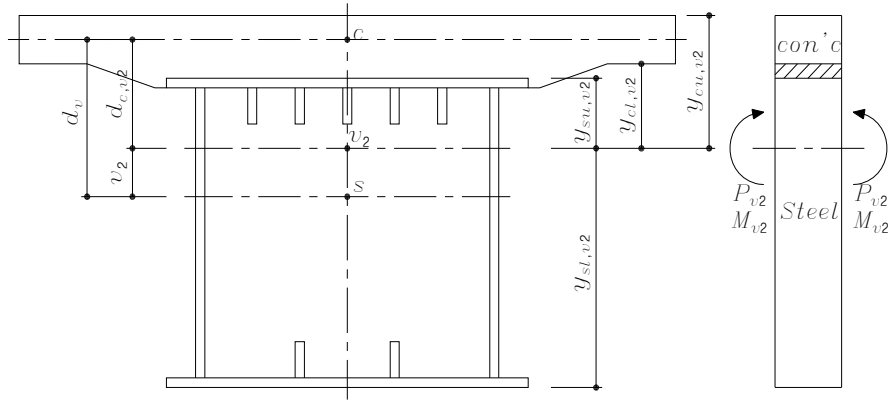
$$f_{ru,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{ru,v} / I_{rv} \\ = -1,531,372.2 / 166,864.5 + -0.124 \times -1,377,386,013.8 \times 1,230.4 / 154,059,536,640.3 = -7.817 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{rl,v} / I_{rv} \\ = -1,531,372.2 / 166,864.5 + -0.124 \times -1,377,386,013.8 \times 1,090.4 / 154,059,536,640.3 = -7.972 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v} / I_{rv} \\ = -1,531,372.2 / 166,864.5 + -0.124 \times -1,377,386,013.8 \times 1,012.4 / 154,059,536,640.3 = -8.058 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v} / I_{rv} \\ = -1,531,372.2 / 166,864.5 + -0.124 \times -1,377,386,013.8 \times -1,112.6 / 154,059,536,640.3 = -10.407 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 ϕ_2 는 $\phi_2 = 2 \cdot \phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 141,767.7 + 1,051,176.0 / 21.0 = 1.918E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2} = (1,051,176.0/21.0) \times 1,375.8 / 191,823.7 = 359.0 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,375.8 - 359.0 = 1,016.8 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,051,176.0 / 21.0 = 2.771E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,770,599.6 \times 1,016.8 = 2.817E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

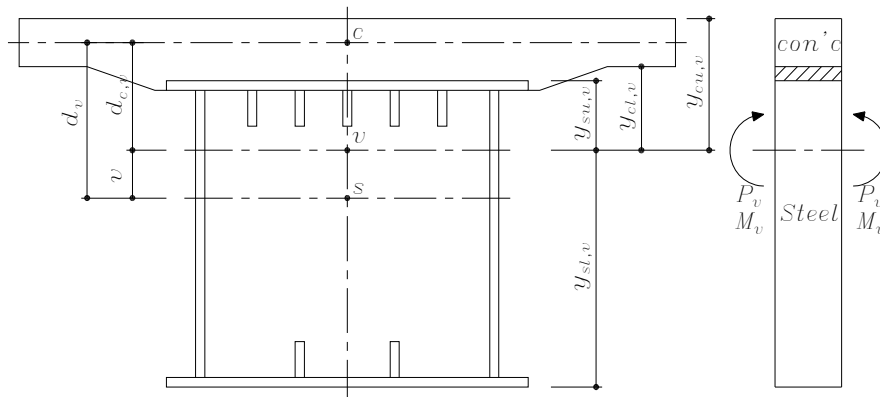
$$\begin{aligned} f_{ru,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{ru,v}/I_{rv} \\ &= 2,770,599.6/166,864.5 + -0.124 \times 2,817,145,281.0 \times 1,230.4/154,059,536,640.3 \\ &= 13.822 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{rl,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} \\ &= 2,770,599.6/166,864.5 + -0.124 \times 2,817,145,281.0 \times 1,090.4/154,059,536,640.3 \\ &= 14.139 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v}/I_{rv} \\ &= 2,770,599.6/166,864.5 + -0.124 \times 2,817,145,281.0 \times 1,012.4/154,059,536,640.3 \\ &= 14.315 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v}/I_{rv} \\ &= 2,770,599.6/166,864.5 + -0.124 \times 2,817,145,281.0 \times -1,112.6/154,059,536,640.3 \\ &= 19.119 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1} / n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,051,176.0 / 7.0 = 3.694\text{E}+06 \text{ N}$$

P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 3,694,132.8 \times 668.1 = 2.468\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

바닥판 철근 응력 변화량

$$f_{ru,t} = P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t$$

$$= 3,694,132.8 / 166,864.5 + -0.124 \times 2,468,101,623.0 \times 1,230.4 / 154,059,536,640.3 - 205,000.0 \times 0.000120 = -4.898 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,t} = P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t$$

$$= 3,694,132.8 / 166,864.5 + -0.124 \times 2,468,101,623.0 \times 1,090.4 / 154,059,536,640.3 - 205,000.0 \times 0.000120 = -4.621 \text{ MPa}$$

강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v} / I_{rv}$$

$$= 3,694,132.8 / 166,864.5 + -0.124 \times 2,468,101,623.0 \times 1,012.4 / 154,059,536,640.3 = 20.133 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v} / I_{rv}$$

$$= 3,694,132.8 / 166,864.5 + -0.124 \times 2,468,101,623.0 \times -1,112.6 / 154,059,536,640.3 = 24.342 \text{ MPa}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 2,056.947 / 50,280.0 + 22.432 / 120,107,760.0 + 630.152 / 121,083,600.0 = 46.301 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 46.3 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,418.996 / 50,280.0 + 22.432 / 120,107,760.0 + 34.292 / 121,083,600.0 = 28.692 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 28.7 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 활하중 재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 2,075.920 / 50,280.0 + 22.432 / 120,107,760.0 + 644.919 / 121,083,600.0 = 46.800 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 46.8 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$t_l \geq b / 23 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 23 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 46 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7[b / (t_l \cdot i \cdot n) - 23] = 215.0 - 4.7\{2,400.0 / (18.0 \times 1.0 \times 6) - 23\} = 218.7 \text{ MPa}$$

$$b / 46 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 80 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.0 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000\{(t_l \cdot i \cdot n) / b\}^2 = 220,000.0 \times \{(18.0 \times 1.0 \times 6.0 / 2,400.0)^2\} = 445.5 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 18.0 \text{ mm} : \therefore f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$$

(SD 400 사용)

$$f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$$

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	RE-BAR				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	-80.254	59.783	215.000	215.000
1+2+3	-69.821	-61.876	160.000	160.000	-137.704	122.920	215.000	215.000
1+2+3+5	-77.638	-69.848	160.000	160.000	-145.763	112.513	215.000	215.000
1+2+3+5+6	-63.816	-55.710	160.000	160.000	-131.447	131.632	215.000	215.000
1+2+3+5+6+7	-68.715	-60.331	184.000	184.000	-111.314	155.975	247.250	247.250
1+2+3+5+6-7	-58.918	-51.089	184.000	184.000	-151.581	107.290	247.250	247.250
1+2+4	-26.962	-23.894	192.000	192.000	-103.650	85.496	258.000	258.000
1+2+3+0.5×4	-69.944	-61.985	200.000	200.000	-138.411	123.697	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5	-77.761	-69.957	200.000	200.000	-146.469	113.290	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6	-63.939	-55.818	200.000	200.000	-132.154	132.409	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-68.837	-60.440	216.000	216.000	-112.021	156.751	290.250	290.250
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-59.040	-51.197	216.000	216.000	-152.288	108.067	290.250	290.250

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.139	0.077	0.137	0.137	0.277	0.215	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.410	0.327	0.137	0.137	0.547	0.464	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.460	0.274	0.137	0.137	0.597	0.411	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.374	0.375	0.137	0.137	0.511	0.512	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.203	0.398	0.137	0.137	0.340	0.535	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.376	0.188	0.137	0.137	0.513	0.325	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.161	0.110	0.037	0.037	0.198	0.146	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.265	0.212	0.090	0.090	0.355	0.302	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.297	0.178	0.090	0.090	0.387	0.267	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.242	0.243	0.090	0.090	0.332	0.332	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.149	0.292	0.090	0.090	0.239	0.381	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.275	0.139	0.090	0.090	0.365	0.228	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{-145.763}{215.000} \right)^2 + \left(\frac{46.301}{125.000} \right) = 0.460 + 0.137 = 0.597 \leq 1.2 \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{155.975}{247.250} \right)^2 + \left(\frac{46.301}{125.000} \right) = 0.398 + 0.137 = 0.535 \leq 1.2 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 인장(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 108.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$(\text{합성형 스테드 설치시}) \quad t_{min} = \mathbf{10.0} \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 압축(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 18.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b / (46 \cdot i \cdot n) = \mathbf{2,400.0} / (46 \times 1.0 \times 6.0) = 8.7 \leq t_{use} = 18.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1, 3.8.4.2)

$$t_{min} = b / (206 \times 1.200) = \mathbf{2,095.0} / (206 \times 1.200) = \mathbf{8.5} \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 59.783)} = 1.90 \geq \mathbf{1.20} \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

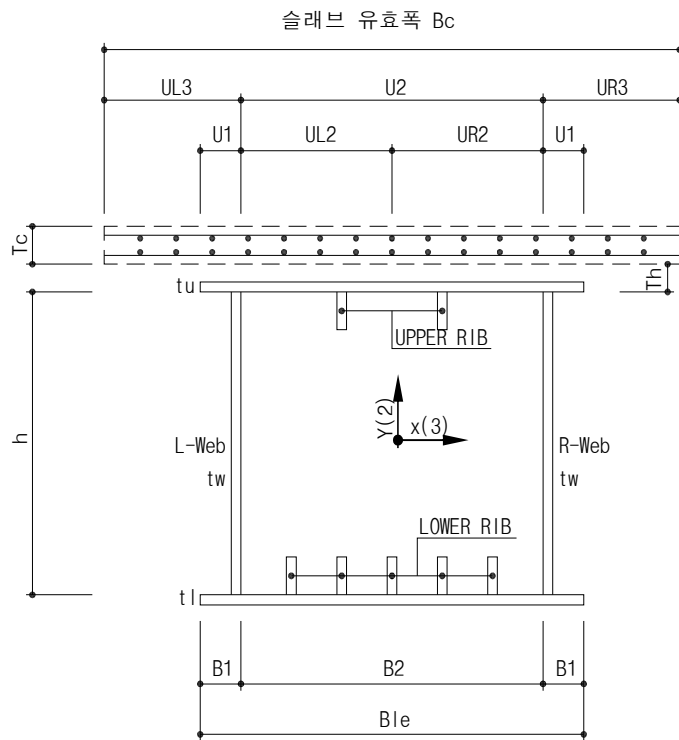
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Rebar				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	-104.330	77.718	$\mathbf{355.000}$	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3	-127.406	-112.909	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-209.163	192.928	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
$\mathbf{1+2+3+7}$	$\mathbf{-132.305}$	$\mathbf{-117.531}$	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	$\mathbf{-229.296}$	$\mathbf{217.270}$	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+5	-135.224	-120.881	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-217.221	182.521	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+5+6	-121.401	-106.743	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-202.906	201.640	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+5+6+7	-126.300	-111.364	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-182.773	225.982	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+5+6-7	-116.503	-102.121	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-223.039	177.298	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+4	-34.977	-30.997	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-134.322	110.678	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+0.5×4	-127.529	-113.018	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-209.870	193.705	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+0.5×4+7	-132.427	-117.639	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-189.736	218.047	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+0.5×4+5	-135.346	-120.990	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-217.928	183.297	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+0.5×4+5+6	-121.524	-106.851	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-203.613	202.417	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-126.422	-111.473	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-183.480	226.759	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-116.626	-102.230	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-223.746	178.074	355.000	$\mathbf{0.K !!}$

[G1 : 단면 - 33] : 절점 31 로 부터 이격거리 1.248 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM520B

Bc = 4,500.0 mm

U1 = 120.0 mm

UL2 = 1,200.0 mm

UR2 = 1,200.0 mm

상부 플랜지 유효폭

Bue = 2,640.0 mm

하부 플랜지 유효폭

Ble = 2,640.0 mm

B1 = 120.0 mm

B2 = 2,400.0 mm

Tc = 240.0 mm

Th = 50.0 mm

h = 1,828.0 mm

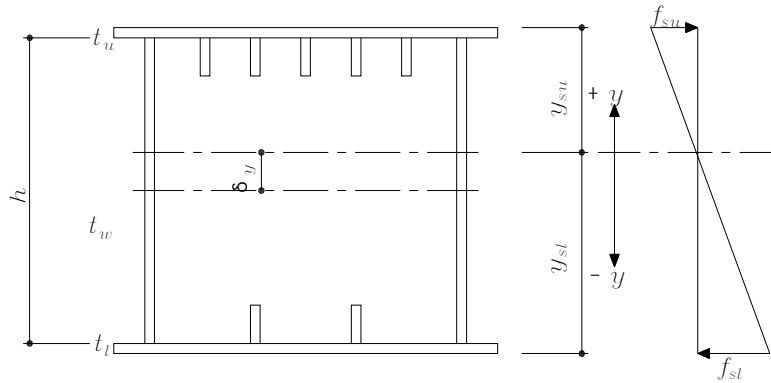
$\Theta_L = 0.000^\circ$

$\Theta_R = 0.000^\circ$

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{x0}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	920.0	2.915E+07	2.681E+10	3.802E+05
UPPER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	839.0	8.810E+06	7.391E+09	1.969E+07
L - WEB	1 - 1,828.0 × 12.0	21,936.0	-	-	-	6.108E+09
R - WEB	1 - 1,828.0 × 12.0	21,936.0	-	-	-	6.108E+09
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-839.0	-8.810E+06	7.391E+09	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 16.0	42,240.0	-922.0	-3.895E+07	3.591E+10	9.011E+05
강재 단면 합계		138,792.0	-	-9.800E+06	7.750E+10	1.226E+10
UPPER RE-Bar (A_{ru})		12,892.5	1,144.0	14,749,020.0	16,872,878,880.0	-
LOWER RE-Bar (A_{rl})		12,892.5	1,004.0	12,944,070.0	12,995,846,280.0	-
RE-Bar 합계		25,785.0		2.769E+07	2.987E+10	-
RC. SLAB	1 - 4,500.0 × 240.0	1,080,000.0	1,084.0	1.171E+09	1.269E+12	5.184E+09
※ $A_s = 138,792.0 \text{ mm}^2$ $A_{c1} = 1,080,000.0 \text{ mm}^2$ $A_r = 25,785.0 \text{ mm}^2$						

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -9,799,680.0 / 138,792.0 = -70.607 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 1,828.0 / 2 + 12.0 - -70.607 = 996.607 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 1,828.0 / 2 + 16.0 + -70.607 \} = -859.393 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 12,257,487,384.0 + 77,503,841,160.0 - 138,792.0 \times -70.607^2 = 8.907\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = -2,693.180 \times 996.6 / 89,069,403,014.4 = -30.134 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = -2,693.180 \times -859.4 / 89,069,403,014.4 = 25.985 \text{ MPa}$$

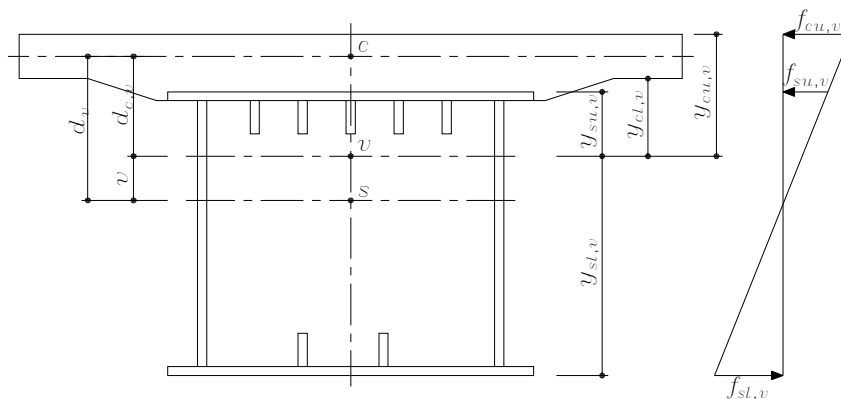
- 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 4.443\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 731.394 / 43,872.0 + 122.325 / (2 \times 4,442,900.0 \times 12.0) = 17.818 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_r = 138,792.0 + 25,785.0 = 164,577.0 \text{ mm}^2$$

- 강재도심선에서 철근 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 996.6 - 12.0 + 50.0 + 40.0 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,892.5 / 25,785.0 = 1,144.6 \text{ mm}$$

- 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_r \times d_v / A_v = 25,785.0 \times 1,144.6 / 164,577.0 = 179.3 \text{ mm}$$

- 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{r,v} = d_v - v = 1,144.6 - 179.3 = 965.3 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{rv} = I_s + A_s \cdot v^2 + I_r + A_r \cdot d_{r,v}^2$$

$$= 89,069,403,014.4 + 138,792.0 \times 179.3^2 + 0.0 + 25,785.0 \times 965.3^2 = 1.176E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 996.6 - 179.3 = 817.3 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -859.4 - 179.3 = -1,038.7 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 주철근 상·하연까지의 거리

$$y_{ru,v} = d_{r,v} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{rl} / A_r$$

$$= 965.3 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,892.5 / 25,785.0 = 1,035.3 \text{ mm}$$

$$y_{rl,v} = d_{r,v} - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 965.3 - (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,892.5 / 25,785.0 = 895.3 \text{ mm}$$

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -1,413.310 \times 817.3 / 117,558,270,591.2 = -9.825 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -1,413.310 \times -1,038.7 / 117,558,270,591.2 = 12.488 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_{sc} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -1,413.310 \times 1,035.3 / 117,558,270,591.2 = -12.446 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_{sc} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -1,413.310 \times 895.3 / 117,558,270,591.2 = -10.763 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$F_v = b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + TI/2) = 4.484E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{scl} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 302.731 / 43,872.0 + 29.233 / (2 \times 4,484,250.0 \times 12.0) = 7.172 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -4,217.750 \times 817.3 / 117,558,270,591.2 = -29.322 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -4,217.750 \times -1,038.7 / 117,558,270,591.2 = 37.267 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_v \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -4,217.750 \times 1,035.3 / 117,558,270,591.2 = -37.144 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_v \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -4,217.750 \times 895.3 / 117,558,270,591.2 = -32.121 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 542.012 / 43,872.0 + 513.660 / (2 \times 4,484,250.0 \times 12.0) = 17.127 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응력 검토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -64.321 \times 817.3 / 117,558,270,591.2 = -0.447 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -64.321 \times -1,038.7 / 117,558,270,591.2 = 0.568 \text{ MPa}$$

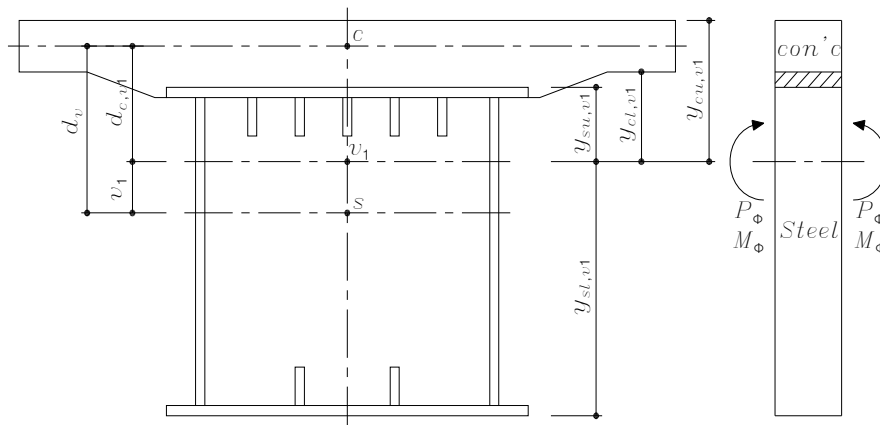
$$f_{ru,v} = M_w \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -64.321 \times 1,035.3 / 117,558,270,591.2 = -0.081 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_w \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -64.321 \times 895.3 / 117,558,270,591.2 = -0.070 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$u = V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 15.291 / 43,872.0 + 39.655 / (2 \times 4,484,250.0 \times 12.0) = 0.717 \text{ MPa}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

■ 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,080,000.0 / 7.0 = 154,285.7 \text{ mm}^2$$

■ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 5,184,000,000.0 / 7.0 = 7.406E+08 \text{ mm}^4$$

■ 합성 단면적

$$A_v' = A_s + A_{cn1} = 138,792.0 + 154,285.7 = 293,077.7 \text{ mm}^2$$

■ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v' = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 996.6 - 12.0 + 50.0 + 240.0/2 = 1,154.6 \text{ mm}$$

■ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v' = A_{cn1} \times d_v' / A_v' = 154,285.7 \times 1,154.6 / 293,077.7 = 607.8 \text{ mm}$$

■ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v}' = d_v' - v' = 1,154.6 - 607.8 = 546.8 \text{ mm}$$

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = 0.063 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 2.0/2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_{c1}/n_1 = 138,792.0 + 1,080,000.0 / 14.0 = 2.159\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_{c1}/n_1) \times d_v' / A_{v1} = (1,080,000.0/14.0) \times 1,154.6 / 215,934.9 = 412.5 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v' - v_1 = 1,154.6 - 412.5 = 742.1 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v'^2) + (I_c/n_1 + A_c/n_1 \cdot d_{c,v}'^2) \\ = (89,069,403,014.4 + 138,792.0 \times 607.8^2) + (5,184,000,000.0/7.0 + 1,080,000.0/7.0 \times 546.8^2) = 1.638\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v}' \cdot A_{c1} / (n \cdot I_{v1}) \\ = -1,413.3 \times 546.8 \times 1,080,000.0 / (7.0 \times 163,779,828,978.9) = -7.280\text{E}+05 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -727,978.5 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = -7.280\text{E}+05 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = -727,978.5 \times 742.1 = -5.402\text{E}+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

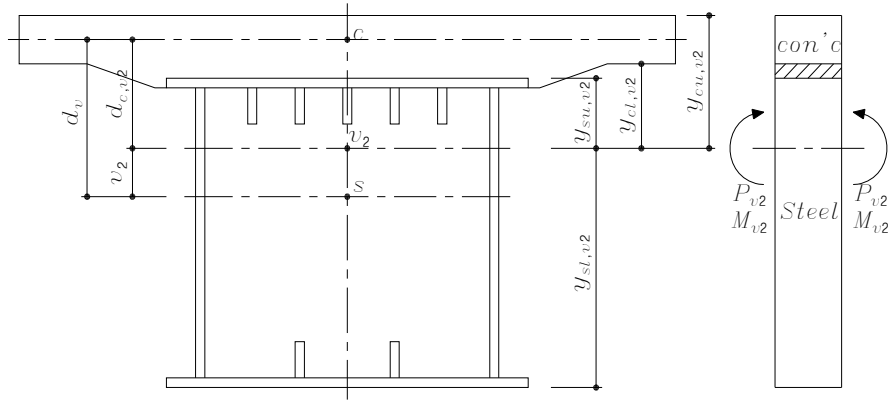
$$f_{ru,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{ru,v} / I_{rv} \\ = -727,978.5/164,577.0 + 0.063 \times -540,249,518.3 \times 1,035.3/117,558,270,591.2 = -4.724 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{rl,v} / I_{rv} \\ = -727,978.5/164,577.0 + 0.063 \times -540,249,518.3 \times 895.3/117,558,270,591.2 = -4.683 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v} / I_{rv} \\ = -727,978.5/164,577.0 + 0.063 \times -540,249,518.3 \times 817.3/117,558,270,591.2 = -4.661 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v} / I_{rv} \\ = -727,978.5/164,577.0 + 0.063 \times -540,249,518.3 \times -1,038.7/117,558,270,591.2 = -4.122 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 ϕ_2 는 $\phi_2 = 2 \cdot \phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 138,792.0 + 1,080,000.0 / 21.0 = 1.902E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2} = (1,080,000.0/21.0) \times 1,154.6 / 190,220.6 = 312.2 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,154.6 - 312.2 = 842.4 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,080,000.0 / 21.0 = 2.847E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,846,571.4 \times 842.4 = 2.398E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

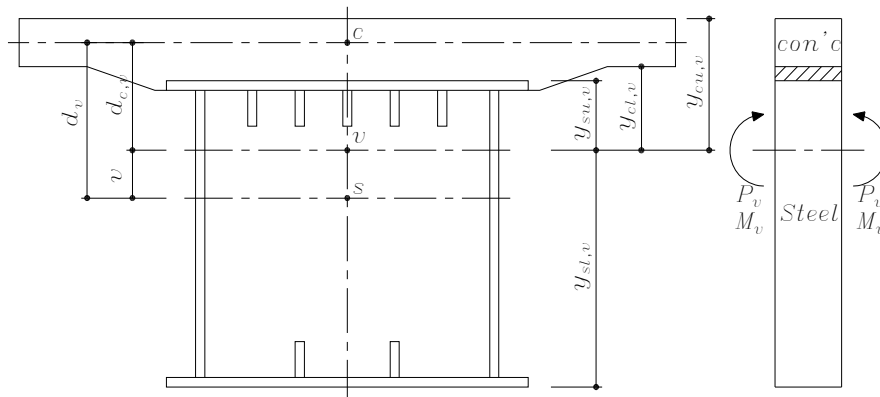
$$f_{ru,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{ru,v}/I_{rv} = 2,846,571.4/164,577.0 + 0.063 \times 2,398,077,453.4 \times 1,035.3/117,558,270,591.2 = 18.632 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} = 2,846,571.4/164,577.0 + 0.063 \times 2,398,077,453.4 \times 895.3/117,558,270,591.2 = 18.451 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v}/I_{rv} = 2,846,571.4/164,577.0 + 0.063 \times 2,398,077,453.4 \times 817.3/117,558,270,591.2 = 18.350 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v}/I_{rv} = 2,846,571.4/164,577.0 + 0.063 \times 2,398,077,453.4 \times -1,038.7/117,558,270,591.2 = 15.957 \text{ MPa}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1} / n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,080,000.0 / 7.0 = 3.795\text{E}+06 \text{ N}$$

P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 3,795,428.6 \times 546.8 = 2.075\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

바닥판 철근 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{ru,t} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t \\ &= 3,795,428.6 / 164,577.0 + 0.063 \times 2,075,279,655.8 \times 1,035.3 / 117,558,270,591.2 \\ &\quad - 205,000.0 \times 0.000120 = -0.383 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{rl,t} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t \\ &= 3,795,428.6 / 164,577.0 + 0.063 \times 2,075,279,655.8 \times 895.3 / 117,558,270,591.2 \\ &\quad - 205,000.0 \times 0.000120 = -0.539 \text{ MPa} \end{aligned}$$

강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v} / I_{rv} \\ &= 3,795,428.6 / 164,577.0 + 0.063 \times 2,075,279,655.8 \times 817.3 / 117,558,270,591.2 = 23.974 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} \\ &= 3,795,428.6 / 164,577.0 + 0.063 \times 2,075,279,655.8 \times -1,038.7 / 117,558,270,591.2 = 21.902 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,576.137 / 43,872.0 + 122.325 / 106,629,600.0 + 542.893 / 107,622,000.0 = 42.117 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 42.1 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,049.416 / 43,872.0 + 122.325 / 106,629,600.0 + 68.888 / 107,622,000.0 = 25.707 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 25.7 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 활하중 재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,583.782 / 43,872.0 + 122.325 / 106,629,600.0 + 562.720 / 107,622,000.0 = 42.476 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 42.5 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$t_l \geq b / 23 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 23 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 46 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7[b / (t_l \cdot i \cdot n) - 23] = 215.0 - 4.7\{2,400.0 / (16.0 \times 1.0 \times 6) - 23\} = 205.6 \text{ MPa}$$

$$b / 46 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 80 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.0 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000\{(t_l \cdot i \cdot n) / b\}^2 = 220,000.0 \times \{(16.0 \times 1.0 \times 6.0 / 2,400.0)^2\} = 352.0 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 16.0 \text{ mm} : \therefore f_{ca} = 205.6 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$$

(SD 400 사용)

$$f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$$

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	RE-BAR				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	-30.134	25.985	215.000	205.600
1+2+3	-49.590	-42.884	160.000	160.000	-69.282	75.740	215.000	205.600
1+2+3+5	-54.314	-47.567	160.000	160.000	-73.943	71.619	215.000	205.600
1+2+3+5+6	-35.683	-29.116	160.000	160.000	-55.592	87.575	215.000	205.600
1+2+3+5+6+7	-36.065	-29.655	184.000	184.000	-31.618	109.478	247.250	236.440
1+2+3+5+6-7	-35.300	-28.577	184.000	184.000	-79.566	65.673	247.250	236.440
1+2+4	-12.527	-10.833	192.000	192.000	-40.407	39.041	258.000	246.720
1+2+3+0.5×4	-49.630	-42.919	200.000	200.000	-69.506	76.025	268.750	257.000
1+2+3+0.5×4+5	-54.355	-47.602	200.000	200.000	-74.166	71.903	268.750	257.000
1+2+3+0.5×4+5+6	-35.723	-29.151	200.000	200.000	-55.816	87.860	268.750	257.000
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-36.106	-29.690	216.000	216.000	-31.842	109.762	290.250	277.560
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-35.340	-28.612	216.000	216.000	-79.790	65.957	290.250	277.560

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.020	0.016	0.114	0.114	0.133	0.130	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.104	0.136	0.114	0.114	0.217	0.249	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.118	0.121	0.114	0.114	0.232	0.235	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.067	0.181	0.114	0.114	0.180	0.295	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.016	0.214	0.114	0.114	0.130	0.328	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.104	0.077	0.114	0.114	0.217	0.191	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.025	0.025	0.029	0.029	0.054	0.054	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.067	0.088	0.074	0.074	0.141	0.161	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.076	0.078	0.074	0.074	0.150	0.152	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.043	0.117	0.074	0.074	0.117	0.191	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.012	0.156	0.074	0.074	0.086	0.230	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.076	0.056	0.074	0.074	0.149	0.130	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{-73.943}{215.000} \right)^2 + \left(\frac{42.117}{125.000} \right)^2 = 0.118 + 0.114 = 0.232 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{109.478}{236.440} \right)^2 + \left(\frac{42.117}{125.000} \right) = 0.214 + 0.114 = 0.328 \leq 1.2 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 인장(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 108.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$(\text{합성형 스테드 설치시}) \quad t_{min} = \mathbf{10.0} \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 압축(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 16.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b / (46 \cdot i \cdot n) = \mathbf{2,400.0} / (46 \times 1.0 \times 6.0) = 8.7 \leq t_{use} = 16.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1, 3.8.4.2)

$$t_{min} = b / (206 \times 1.200) = \mathbf{1,828.0} / (206 \times 1.200) = \mathbf{7.4} \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 25.985)} = 2.88 \geq \mathbf{1.20} \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

(도.설.기 3.9.3.2)

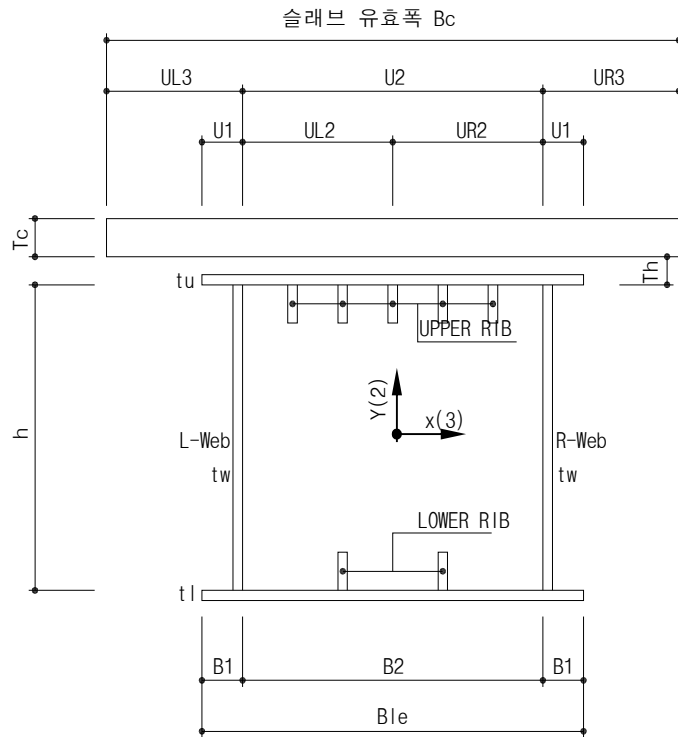
- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Rebar				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	-39.175	33.781	$\mathbf{355.000}$	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3	-96.039	-83.052	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-114.990	130.140	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
$\mathbf{1+2+3+7}$	$\mathbf{-96.422}$	$\mathbf{-83.591}$	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	$\mathbf{-138.964}$	$\mathbf{152.042}$	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+5	-100.763	-87.735	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-119.651	126.018	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+5+6	-82.132	-69.284	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-101.301	141.975	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+5+6+7	-82.514	-69.823	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-77.327	163.877	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+5+6-7	-81.749	-68.745	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-125.275	120.072	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+4	-16.261	-14.062	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-52.395	50.583	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+0.5×4	-96.079	-83.087	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-115.214	130.424	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+0.5×4+7	-96.462	-83.626	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-91.240	152.326	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+0.5×4+5	-100.804	-87.770	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-119.875	126.302	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+0.5×4+5+6	-82.172	-69.319	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-101.524	142.259	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-82.555	-69.858	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-77.551	164.161	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-81.789	-68.780	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-125.498	120.357	355.000	$\mathbf{0.K !!}$

4.7.4 정모멘트(Splice)

[G1 : SPLICE - 1] : 절점 1 로 부터 이격거리 3.821 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM520B

Bc = 4,500.0 mm

UL3 = 1,000.0 mm

UR3 = 1,100.0 mm

U1 = 120.0 mm

UL2 = 1,200.0 mm

UR2 = 1,200.0 mm

상부 플랜지 유효폭

Bue = 2,640.0 mm

하부 플랜지 유효폭

Ble = 2,640.0 mm

B1 = 120.0 mm

B2 = 2,400.0 mm

Tc = 240.0 mm

Th = 50.0 mm

h = 1,800.0 mm

$\Theta_L = 0.000^\circ$

$\Theta_R = 0.000^\circ$

구 분	단 위	입력 Data
E_s : 강재 탄성계수	MPa	205,000.0
E_c : 콘크리트의 탄성계수	MPa	27,804.0
ε_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율	-	0.000270
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수	-	0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수	-	4.0
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비	-	7.0
Δt : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10.0
M_s : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	2,463.570
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	970.005
M_w : 풍하중에 의한 모멘트	kN·m	89.964
M_v : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	1,921.760
V_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-548.931
V_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-220.952
V_w : 풍하중에 의한 전단력	kN	-8.507
V_v : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	-509.272
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-224.753
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	1.258
M_{wt} : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN·m	-54.165
M_{vt} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-602.060

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

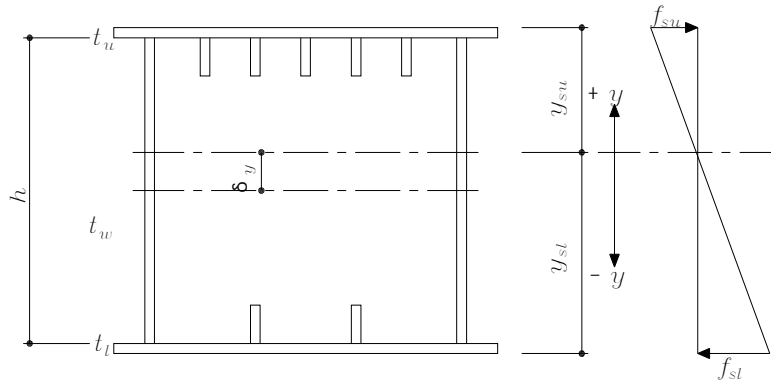
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

X(3)축 방향 단면 제원

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 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	906.0	2.870E+07	2.600E+10	3.802E+05
UPPER RIB	5 - 150.0 × 12.0	9,000.0	825.0	7.425E+06	6.126E+09	1.688E+07
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
LOWER RIB	2 - 150.0 × 12.0	3,600.0	-825.0	-2.970E+06	2.450E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	-906.0	-2.870E+07	2.600E+10	3.802E+05
강재 단면 합계		119,160.0	-	4.455E+06	6.058E+10	1.169E+10
RC. SLAB	1 - 4,500.0 × 240.0	1,080,000.0	1,070.0	1.156E+09	1.236E+12	5.184E+09
SLAB 단면 합계		1,080,000.0	-	1.156E+09	1.236E+12	5.184E+09
※ $A_s = 119,160.0 \text{ mm}^2$ $A_{c1} = 1,080,000.0 \text{ mm}^2$						

$$\ast \quad A_s = 119,160.0 \text{ mm}^2 \quad A_{c1} = 1,080,000.0 \text{ mm}^2$$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = 4,455,000.0 / 119,160.0 = 37.387 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 1,800.0 / 2 + 12.0 - 37.387 = 874.613 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 1,800.0 / 2 + 12.0 + 37.387 \} = -949.387 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 11,688,385,320.0 + 60,584,043,960.0 - 119,160.0 \times 37.387^2 = 7.211\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = 2,463.570 \times 874.6 / 72,105,871,500.5 = 29.882 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = 2,463.570 \times -949.4 / 72,105,871,500.5 = -32.437 \text{ MPa}$$

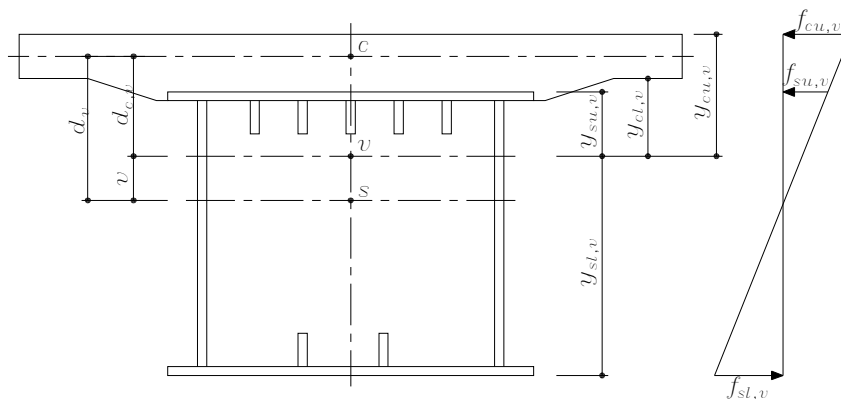
- 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = 4.371\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 548.931 / 43,200.0 + 224.753 / (2 \times 4,370,540.0 \times 12.0) = 14.849 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,080,000.0 / 7.0 = 154,285.7 \text{ mm}^2$$

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 5,184,000,000.0 / 7.0 = 7.406E+08 \text{ mm}^4$$

▪ 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_{cn1} = 119,160.0 + 154,285.7 = 273,445.7 \text{ mm}^2$$

▪ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 874.6 - 12.0 + 50.0 + 240.0/2 = 1,032.6 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_{cn1} \times d_v / A_v = 154,285.7 \times 1,032.6 / 273,445.7 = 582.6 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v} = d_v - v = 1,032.6 - 582.6 = 450.0 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = I_s + A_s \cdot v^2 + I_{cn1} + A_{cn1} \cdot d_{c,v}^2 = 72,105,871,500.5 + 119,160.0 \times 582.6^2 + 740,571,428.6 + 154,285.7 \times 450.0^2 = 1.445E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 874.6 - 582.6 = 292.0 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -949.4 - 582.6 = -1,532.0 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 콘크리트 바닥판 상·하연까지의 거리

$$y_{cu,v} = d_{c,v} + T_c / 2 = 450.0 + 240.0 / 2 = 570.0 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v} = y_{cu,v} - T_c = 570.0 - 240.0 = 330.0 \text{ mm}$$

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v = 970.005 \times 292.0 / 144,536,761,781.5 = 1.960 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v = 970.005 \times -1,532.0 / 144,536,761,781.5 = -10.282 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 970.005 \times 570.0 / (144,536,761,781.5 \times 7.0) = 0.546 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 970.005 \times 330.0 / (144,536,761,781.5 \times 7.0) = 0.316 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$F_v = 4.412E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{sc} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 220.952 / 43,200.0 + 1.258 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 5.127 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v = 1,921.760 \times 292.0 / 144,536,761,781.5 = 3.882 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v = 1,921.760 \times -1,532.0 / 144,536,761,781.5 = -20.370 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 1,921.760 \times 570.0 / (144,536,761,781.5 \times 7.0) = 1.083 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 1,921.760 \times 330.0 / (144,536,761,781.5 \times 7.0) = 0.627 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 509.272 / 43,200.0 + 602.060 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 17.475 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응력 검토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_v = 89.964 \times 292.0 / 144,536,761,781.5 = 0.182 \text{ MPa}$$

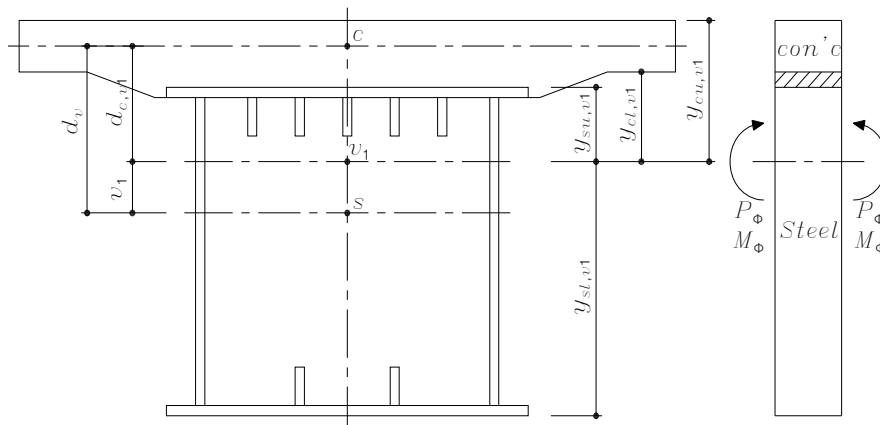
$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_v = 89.964 \times -1,532.0 / 144,536,761,781.5 = -0.954 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 89.964 \times 570.0 / (144,536,761,781.5 \times 7.0) = 0.051 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 89.964 \times 330.0 / (144,536,761,781.5 \times 7.0) = 0.029 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$\begin{aligned} u &= V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 8.507 / 43,200.0 + 54.165 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 0.708 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

■ 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = 0.873 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 7.0 \times (1 + 2.0 / 2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_c / n_1 = 119,160.0 + 1,080,000.0 / 14.0 = 1.963 \times 10^5 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_c / n_1) \times d_v / A_{v1} = (1,080,000.0 / 14.0) \times 1,032.6 / 196,302.9 = 405.8 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v - v_1 = 1,032.6 - 405.8 = 626.8 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v_1^2) + (I_c / n_1 + A_c / n_1 \cdot d_{c,v1}^2)$$

$$\begin{aligned} &= (72,105,871,500.5 + 119,160.0 \times 405.8^2) + (5,184,000,000.0 / 14.0 \\ &\quad + 1,080,000.0 / 14.0 \times 626.8^2) = 1.224 \times 10^{11} \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

■ 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v1} = y_{su} - v_1 = 874.6 - 405.8 = 468.8 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v1} = y_{sl} - v_1 = -949.4 - 405.8 = -1,355.2 \text{ mm}$$

■ 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v1} = d_{c,v1} + T_c / 2 = 626.8 + 240.0 / 2 = 746.8 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v1} = y_{cu,v1} - T_c = 746.8 - 240.0 = 506.8 \text{ mm}$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v} \cdot A_{c1} / (n \cdot I_v) = 970.0 \times 450.0 \times 1,080,000.0 / (7.0 \times 144,536,761,781.5) = 4.659E+05 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 465,927.6 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = 4.659E+05 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = 465,927.6 \times 626.8 = 2.921E+08 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 27,804.0 / (1 + 2.0 / 2) = 13,902.000 \text{ MPa}$$

- 2차 고정하중에 의한 합성단면에서 콘크리트 바닥판 상·하면 응력

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 970.005 \times 570.0 / (144,536,761,781.5 \times 7.0) = 0.546 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / (I_v \cdot n) = 970.005 \times 330.0 / (144,536,761,781.5 \times 7.0) = 0.316 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

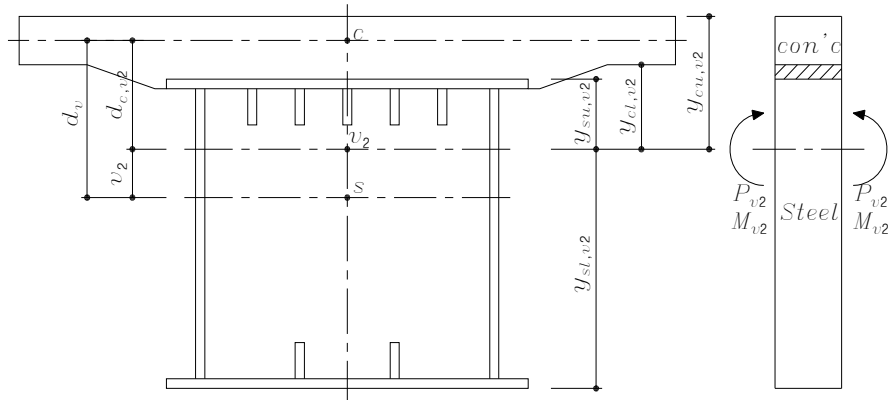
$$f_{cu,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cu,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu,v} \cdot \phi_1 / E_c = (1/14.0) \times (465,927.6/196,302.9 + 0.873 \times 292,051,901.5 \times 746.8/122,407,703,630.6) - 13,902.0 \times 0.546 \times 2.0/27,804.0 = -0.266 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cl,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl,v} \cdot \phi_1 / E_c = (1/14.0) \times (465,927.6/196,302.9 + 0.873 \times 292,051,901.5 \times 506.8/122,407,703,630.6) - 13,902.0 \times 0.316 \times 2.0/27,804.0 = -0.071 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v1} / I_{v1} = 465,927.6/196,302.9 + 0.873 \times 292,051,901.5 \times 468.8/122,407,703,630.6 = 3.350 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v1} / I_{v1} = 465,927.6/196,302.9 + 0.873 \times 292,051,901.5 \times -1,355.2/122,407,703,630.6 = -0.448 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 ϕ_2 는 $\phi_2 = 2 \cdot \phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{i2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 119,160.0 + 1,080,000.0 / 21.0 = 1.706E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{i2} = (1,080,000.0/21.0) \times 1,032.6 / 170,588.6 = 311.3 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,032.6 - 311.3 = 721.3 \text{ mm}$$

$$I_{i2} = (I_s + A_s \cdot v_2^2) + (I_{c1}/n_2 + A_{c1}/n_2 \cdot d_{c,v2}^2) \\ = (72,105,871,500.5 + 119,160.0 \times 311.3^2) + (5,184,000,000.0/21.0 + 1,080,000.0/21.0 \times 721.3^2) = 1.107E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v2} = y_{su} - v_2 = 874.6 - 311.3 = 563.3 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v2} = y_{sl} - v_2 = -949.4 - 311.3 = -1,260.7 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v2} = d_{c,v2} + T_c / 2 = 721.3 + 240.0 / 2 = 841.3 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v2} = y_{cu,v2} - T_c = 841.3 - 240.0 = 601.3 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,080,000.0 / 21.0 = 2.847E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{i2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,846,571.4 \times 841.3 = 2.053E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

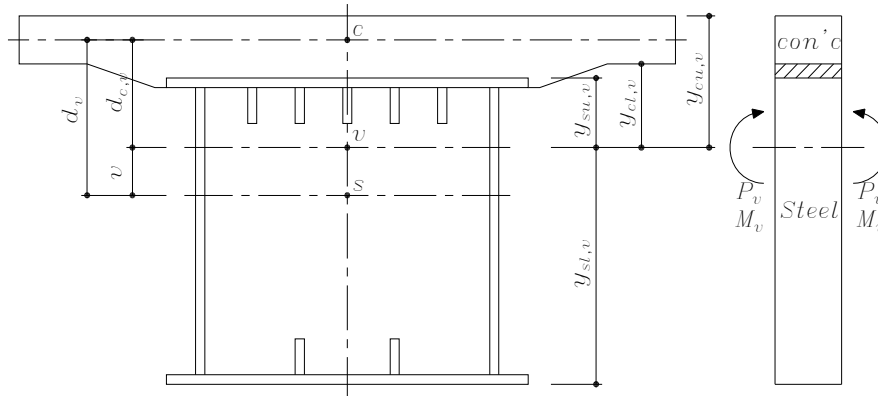
- 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{c2} = E_s / n_2 = 205,000.0 / 21.0 = 9,761.905 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{i2} + k \cdot M_{i2} \cdot y_{cu,v2}/I_{i2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ = (1/21.0) \times (2,846,571.4/170,588.6 + 0.873 \times 2,053,243,041.9 \times 841.3/110,658,167,829.2) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.192 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{i2} + k \cdot M_{i2} \cdot y_{cl,v2}/I_{i2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ = (1/21.0) \times (2,846,571.4/170,588.6 + 0.873 \times 2,053,243,041.9 \times 841.3/110,658,167,829.2) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.378 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{t2}/A_{v2} + k \cdot M_{t2} \cdot y_{su,t2}/I_{v2} \\ &= 2,846,571.4/170,588.6 + 0.873 \times 2,053,243,041.9 \times 563.3/110,658,167,829.2 = \mathbf{25.807} \text{ MPa} \\ f_{sl,v2} &= P_{t2}/A_{v2} + k \cdot M_{t2} \cdot y_{sl,v2}/I_{v2} \\ &= 2,846,571.4/170,588.6 + 0.873 \times 2,053,243,041.9 \times -1,260.7/110,658,167,829.2 = \mathbf{-3.724} \text{ MPa} \end{aligned}$$


- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_v \\ &= 3,795,428.6/273,445.7 + 0.873 \times 1,707,882,181.7 \times 292.0/144,536,761,781.5 = \mathbf{16.890} \text{ MPa} \\ f_{sl,v2} &= P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_v \\ &= 3,795,428.6/273,445.7 + 0.873 \times 1,707,882,181.7 \times -1,532.0/144,536,761,781.5 = \mathbf{-1.916} \text{ MPa} \end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,279.155 / 43,200.0 + 224.753 / 104,892,960.0 + 603.318 / 105,885,360.0 = 37.451 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 37.5 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 778.390 / 43,200.0 + 224.753 / 104,892,960.0 + 55.423 / 105,885,360.0 = 20.684 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 20.7 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 활하중 재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,283.409 / 43,200.0 + 224.753 / 104,892,960.0 + 630.401 / 105,885,360.0 = 37.805 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 37.8 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$b / 23.0 \cdot i \cdot n = 17.4 \text{ mm} > t_u = 12 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 46.0 \cdot i \cdot n = 8.7 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} < b / 23.0 \cdot i \cdot n = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7 \{ b / (t_u \cdot i \cdot n) - 23.0 \} = 166.4 \text{ MPa}$$

$$b / 80.0 \cdot i \cdot n = 5.0 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} \geq b / 46.0 \cdot i \cdot n = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000 \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \}^2 = 198.0 \text{ MPa}$$

$$f_{ca} = 215.0 \text{ MPa} \text{ (합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면, \pi 형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우)}$$

$$\therefore f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1)

$$f_{ca} = 0.40 f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$$

($f_{ck} = 27.0 \text{ MPa}$ 사용)

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

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	29.882	-32.437	208.042	215.000
1+2+3	1.629	0.943	10.800	10.800	35.724	-63.088	215.000	215.000
1+2+3+5	1.363	0.872	10.800	10.800	39.073	-63.536	247.250	215.000
1+2+3+5+6	0.171	-0.506	10.800	1.890	64.880	-67.260	247.250	215.000
1+2+3+5+6+7	-0.343	-1.373	2.174	2.174	81.771	-69.176	279.500	247.250
1+2+3+5+6-7	0.685	0.362	12.420	12.420	47.990	-65.344	279.500	247.250
1+2+4	0.597	0.346	12.960	12.960	32.023	-43.672	258.000	258.000
1+2+3+0.5×4	1.654	0.958	13.500	13.500	35.815	-63.565	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5	1.389	0.886	13.500	13.500	39.164	-64.013	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6	0.196	-0.491	13.500	2.363	64.971	-67.737	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-0.318	-1.359	2.552	2.552	81.862	-69.653	290.250	290.250
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.710	0.376	14.580	14.580	48.081	-65.821	290.250	290.250

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.021	0.023	0.090	0.090	0.110	0.113	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.028	0.086	0.090	0.090	0.117	0.176	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.025	0.087	0.090	0.090	0.115	0.177	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.069	0.098	0.090	0.090	0.159	0.188	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.086	0.078	0.090	0.090	0.175	0.168	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.029	0.070	0.090	0.090	0.119	0.160	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.015	0.029	0.019	0.019	0.034	0.048	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.018	0.056	0.059	0.059	0.076	0.114	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.021	0.057	0.059	0.059	0.080	0.115	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.058	0.064	0.059	0.059	0.117	0.122	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.080	0.058	0.059	0.059	0.138	0.116	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.027	0.051	0.059	0.059	0.086	0.110	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{81.771}{279.500} \right)^2 + \left(\frac{37.451}{125.000} \right)^2 = 0.086 + 0.090 = 0.175 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{-67.260}{215.000} \right)^2 + \left(\frac{37.451}{125.000} \right)^2 = 0.098 + 0.090 = 0.188 \leq 1.2 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 압축(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 119.0 / 16.0 = 7.4 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b/(80 \cdot i \cdot n) = 2,400.0 / (80 \times 1.0 \times 6) = 5.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$(\text{합성형 스티드 설치시}) \quad t_{min} = 10.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 인장(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1)

$$t_{min} = b/(206 \times 1.200) = 1,800.0 / (206 \times 1.200) = 7.3 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 29.882)} = 2.68 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

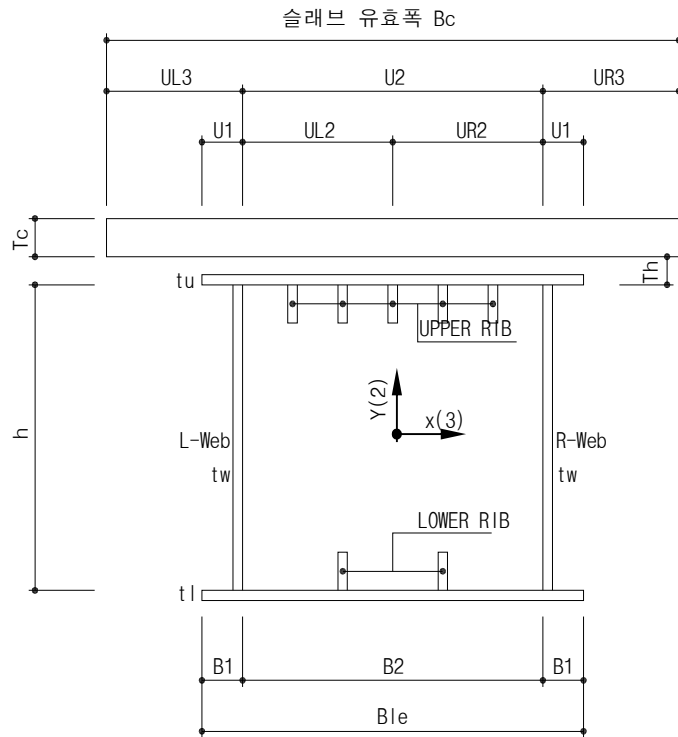
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	38.847	-42.168	355.000	0.K !!
1+2+3	3.038	1.759	16.200	0.K !!	49.741	-99.329	355.000	0.K !!
1+2+3+7	3.552	2.626	16.200	0.K !!	66.631	-101.244	355.000	0.K !!
1+2+3+5	2.772	1.687	16.200	0.K !!	53.090	-99.776	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6	1.580	0.310	16.200	0.K !!	78.897	-103.501	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	1.066	-0.558	16.200	0.K !!	95.788	-105.417	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	2.094	1.177	16.200	0.K !!	62.007	-101.585	355.000	0.K !!
1+2+4	0.761	0.441	16.200	0.K !!	41.576	-56.487	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4	3.063	1.774	16.200	0.K !!	49.832	-99.805	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+7	2.549	0.906	16.200	0.K !!	66.722	-101.721	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	2.798	1.702	16.200	0.K !!	53.181	-100.253	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	1.605	0.325	16.200	0.K !!	78.988	-103.977	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	1.091	-0.543	16.200	0.K !!	95.879	-105.893	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	2.119	1.192	16.200	0.K !!	62.098	-102.062	355.000	0.K !!

[G1 : SPLICE - 2] : 절점 3 로 부터 이격거리 1.873 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM520B

Bc = 4,500.0 mm

UL3 = 1,000.0 mm

UR3 = 1,100.0 mm

U1 = 120.0 mm

UL2 = 1,200.0 mm

UR2 = 1,200.0 mm

상부 플랜지 유효폭

Bue = 2,640.0 mm

하부 플랜지 유효폭

Ble = 2,640.0 mm

B1 = 120.0 mm

B2 = 2,400.0 mm

Tc = 240.0 mm

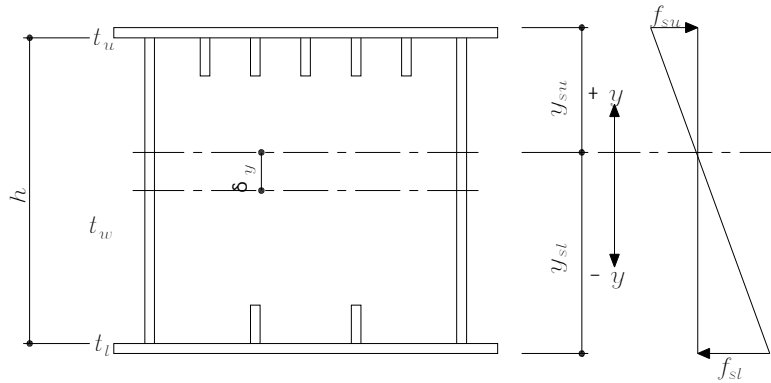
Th = 50.0 mm

h = 1,800.0 mm

$\Theta_L = 0.000^\circ$

$\Theta_R = 0.000^\circ$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = 4,455,000.0 / 119,160.0 = 37.387 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 1,800.0 / 2 + 12.0 - 37.387 = 874.613 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 1,800.0 / 2 + 12.0 + 37.387 \} = -949.387 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 11,688,385,320.0 + 60,584,043,960.0 - 119,160.0 \times 37.387^2 = 7.211\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = 5,229.080 \times 874.6 / 72,105,871,500.5 = 63.426 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = 5,229.080 \times -949.4 / 72,105,871,500.5 = -68.849 \text{ MPa}$$

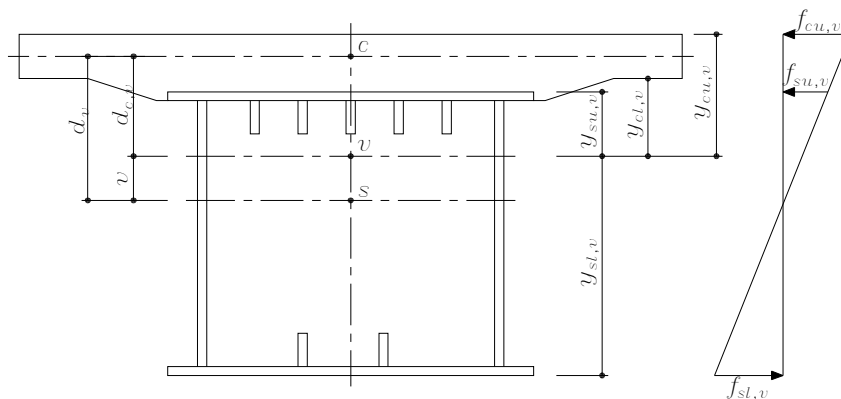
- 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = 4.371\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 208.448 / 43,200.0 + 167.885 / (2 \times 4,370,540.0 \times 12.0) = 6.426 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,080,000.0 / 7.0 = 154,285.7 \text{ mm}^2$$

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 5,184,000,000.0 / 7.0 = 7.406E+08 \text{ mm}^4$$

▪ 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_{cn1} = 119,160.0 + 154,285.7 = 273,445.7 \text{ mm}^2$$

▪ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 874.6 - 12.0 + 50.0 + 240.0/2 = 1,032.6 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_{cn1} \times d_v / A_v = 154,285.7 \times 1,032.6 / 273,445.7 = 582.6 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v} = d_v - v = 1,032.6 - 582.6 = 450.0 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = I_s + A_s \cdot v^2 + I_{cn1} + A_{cn1} \cdot d_{c,v}^2 = 72,105,871,500.5 + 119,160.0 \times 582.6^2 + 740,571,428.6 + 154,285.7 \times 450.0^2 = 1.445E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 874.6 - 582.6 = 292.0 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -949.4 - 582.6 = -1,532.0 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 콘크리트 바닥판 상·하연까지의 거리

$$y_{cu,v} = d_{c,v} + T_c / 2 = 450.0 + 240.0 / 2 = 570.0 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v} = y_{cu,v} - T_c = 570.0 - 240.0 = 330.0 \text{ mm}$$

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v = 2,143.680 \times 292.0 / 144,536,761,781.5 = 4.331 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v = 2,143.680 \times -1,532.0 / 144,536,761,781.5 = -22.722 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 2,143.680 \times 570.0 / (144,536,761,781.5 \times 7.0) = 1.208 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 2,143.680 \times 330.0 / (144,536,761,781.5 \times 7.0) = 0.699 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$F_v = 4.412E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{sc} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 88.990 / 43,200.0 + 41.698 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 2.454 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v = 3,740.760 \times 292.0 / 144,536,761,781.5 = 7.557 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v = 3,740.760 \times -1,532.0 / 144,536,761,781.5 = -39.650 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 3,740.760 \times 570.0 / (144,536,761,781.5 \times 7.0) = 2.107 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 3,740.760 \times 330.0 / (144,536,761,781.5 \times 7.0) = 1.220 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 391.623 / 43,200.0 + 425.051 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 13.080 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응력 검토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_v = 78.827 \times 292.0 / 144,536,761,781.5 = 0.159 \text{ MPa}$$

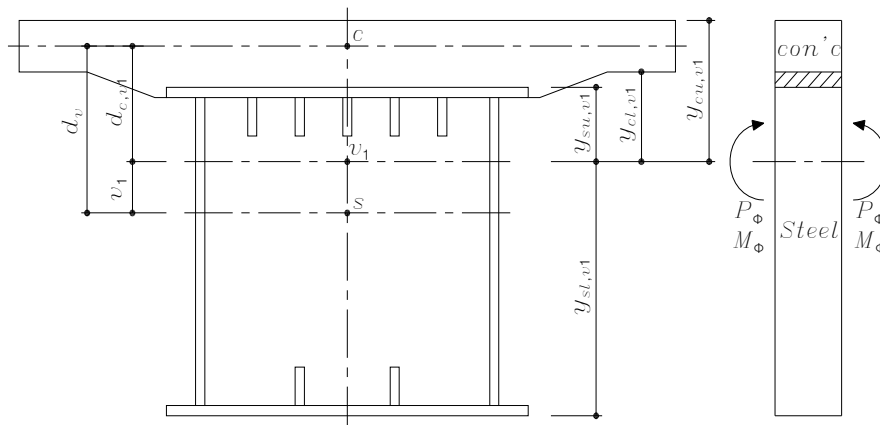
$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_v = 78.827 \times -1,532.0 / 144,536,761,781.5 = -0.836 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 78.827 \times 570.0 / (144,536,761,781.5 \times 7.0) = 0.044 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 78.827 \times 330.0 / (144,536,761,781.5 \times 7.0) = 0.026 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$\begin{aligned} u &= V_w / A_w + M_{wl} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 1.819 / 43,200.0 + 46.776 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 0.484 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

■ 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = 0.623 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 7.0 \times (1 + 2.0 / 2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_c / n_1 = 119,160.0 + 1,080,000.0 / 14.0 = 1.963 \times 10^5 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_c / n_1) \times d_v / A_{v1} = (1,080,000.0 / 14.0) \times 1,032.6 / 196,302.9 = 405.8 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v - v_1 = 1,032.6 - 405.8 = 626.8 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v_1^2) + (I_c / n_1 + A_c / n_1 \cdot d_{c,v1}^2)$$

$$\begin{aligned} &= (72,105,871,500.5 + 119,160.0 \times 405.8^2) + (5,184,000,000.0 / 14.0 \\ &\quad + 1,080,000.0 / 14.0 \times 626.8^2) = 1.224 \times 10^{11} \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

■ 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v1} = y_{su} - v_1 = 874.6 - 405.8 = 468.8 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v1} = y_{sl} - v_1 = -949.4 - 405.8 = -1,355.2 \text{ mm}$$

■ 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v1} = d_{c,v1} + T_c / 2 = 626.8 + 240.0 / 2 = 746.8 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v1} = y_{cu,v1} - T_c = 746.8 - 240.0 = 506.8 \text{ mm}$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v} \cdot A_{c1} / (n \cdot I_v) = 2,143.7 \times 450.0 \times 1,080,000.0 / (7.0 \times 144,536,761,781.5) = 1.030E+06 \text{ N}$$

- 강재보와 결함으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 1,029,685.1 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = 1.030E+06 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = 1,029,685.1 \times 626.8 = 6.454E+08 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 27,804.0 / (1 + 2.0 / 2) = 13,902.000 \text{ MPa}$$

- 2차 고정하중에 의한 합성단면에서 콘크리트 바닥판 상·하면 응력

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 2,143.680 \times 570.0 / (144,536,761,781.5 \times 7.0) = 1.208 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / (I_v \cdot n) = 2,143.680 \times 330.0 / (144,536,761,781.5 \times 7.0) = 0.699 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

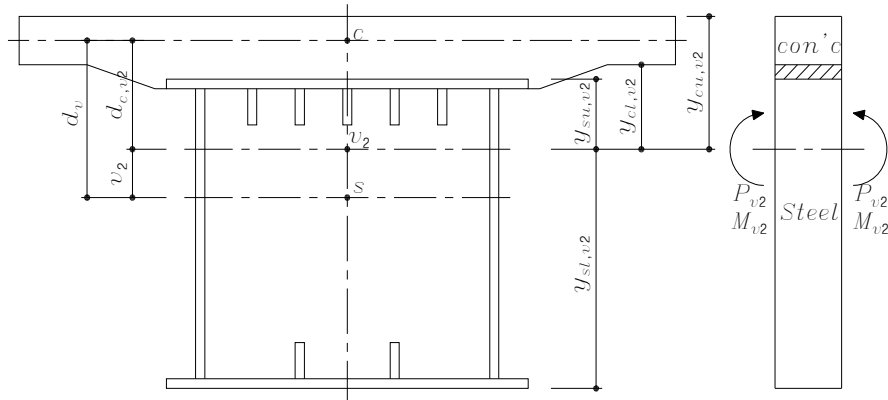
$$f_{cu,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cu,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu,v} \cdot \phi_1 / E_c = (1/14.0) \times (1,029,685.1/196,302.9 + 0.623 \times 645,425,353.7 \times 746.8/122,407,703,630.6) - 13,902.0 \times 1.208 \times 2.0/27,804.0 = -0.658 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cl,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl,v} \cdot \phi_1 / E_c = (1/14.0) \times (1,029,685.1/196,302.9 + 0.623 \times 645,425,353.7 \times 506.8/122,407,703,630.6) - 13,902.0 \times 0.699 \times 2.0/27,804.0 = -0.206 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v1} / I_{v1} = 1,029,685.1/196,302.9 + 0.623 \times 645,425,353.7 \times 468.8/122,407,703,630.6 = 6.784 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v1} / I_{v1} = 1,029,685.1/196,302.9 + 0.623 \times 645,425,353.7 \times -1,355.2/122,407,703,630.6 = 0.797 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 Φ_2 는 $\Phi_2 = 2 \cdot \Phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\Phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \Phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{i2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 119,160.0 + 1,080,000.0 / 21.0 = 1.706E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{i2} = (1,080,000.0/21.0) \times 1,032.6 / 170,588.6 = 311.3 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,032.6 - 311.3 = 721.3 \text{ mm}$$

$$I_{i2} = (I_s + A_s \cdot v_2^2) + (I_{c1}/n_2 + A_{c1}/n_2 \cdot d_{c,v2}^2) \\ = (72,105,871,500.5 + 119,160.0 \times 311.3^2) + (5,184,000,000.0/21.0 + 1,080,000.0/21.0 \times 721.3^2) = 1.107E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v2} = y_{su} - v_2 = 874.6 - 311.3 = 563.3 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v2} = y_{sl} - v_2 = -949.4 - 311.3 = -1,260.7 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v2} = d_{c,v2} + T_c / 2 = 721.3 + 240.0 / 2 = 841.3 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v2} = y_{cu,v2} - T_c = 841.3 - 240.0 = 601.3 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,080,000.0 / 21.0 = 2.847E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{i2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,846,571.4 \times 841.3 = 2.053E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{c2} = E_s / n_2 = 205,000.0 / 21.0 = 9,761.905 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{i2} + k \cdot M_{i2} \cdot y_{cu,v2}/I_{i2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ = (1/21.0) \times (2,846,571.4/170,588.6 + 0.623 \times 2,053,243,041.9 \times 841.3/110,658,167,829.2) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.378 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{i2} + k \cdot M_{i2} \cdot y_{cl,v2}/I_{i2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ = (1/21.0) \times (2,846,571.4/170,588.6 + 0.623 \times 2,053,243,041.9 \times 841.3/110,658,167,829.2) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.510 \text{ MPa}$$

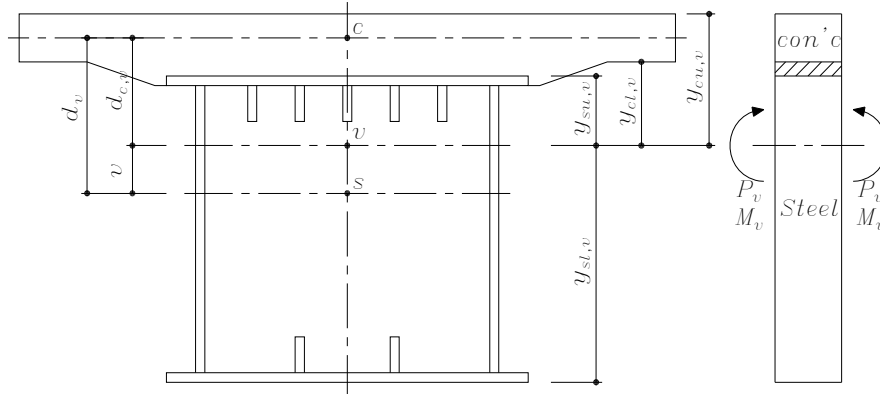
■ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v2}/I_{v2}$$

$$= 2,846,571.4/170,588.6 + 0.623 \times 2,053,243,041.9 \times 563.3/110,658,167,829.2 = 23.193 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v2}/I_{v2}$$

$$= 2,846,571.4/170,588.6 + 0.623 \times 2,053,243,041.9 \times -1,260.7/110,658,167,829.2 = 2.125 \text{ MPa}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

■ 온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

■ 바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,080,000.0 / 7.0 = 3.795\text{E}+06 \text{ N}$$

■ P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 3,795,428.6 \times 450.0 = 1.708\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

■ 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,t} = 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cu,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t$$

$$= (1/7.0) \times (3,795,428.6/273,445.7 + 0.623 \times 1,707,882,181.7 \times 570.0/144,536,761,781.5) - 27,804.0 \times 0.000120 = -0.755 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,t} = 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cl,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t$$

$$= (1/7.0) \times (3,795,428.6/273,445.7 + 0.623 \times 1,707,882,181.7 \times 330.0/144,536,761,781.5) - 27,804.0 \times 0.000120 = -1.007 \text{ MPa}$$

■ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_v$$

$$= 3,795,428.6/273,445.7 + 0.623 \times 1,707,882,181.7 \times 292.0/144,536,761,781.5 = 16.028 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_v$$

$$= 3,795,428.6/273,445.7 + 0.623 \times 1,707,882,181.7 \times -1,532.0/144,536,761,781.5 = 2.611 \text{ MPa}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 689.061 / 43,200.0 + 167.885 / 104,892,960.0 + 466.749 / 105,885,360.0 = 21.959 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 22.0 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 299.257 / 43,200.0 + 167.885 / 104,892,960.0 + 88.474 / 105,885,360.0 = 9.363 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 9.4 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 활하중 재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 689.971 / 43,200.0 + 167.885 / 104,892,960.0 + 490.137 / 105,885,360.0 = 22.201 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 22.2 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65 (\phi / n)^2 + 0.13 (\phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$b / 23.0 \cdot i \cdot n = 17.4 \text{ mm} > t_u = 12 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 46.0 \cdot i \cdot n = 8.7 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} < b / 23.0 \cdot i \cdot n = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7 \{ b / (t_u \cdot i \cdot n) - 23.0 \} = 166.4 \text{ MPa}$$

$$b / 80.0 \cdot i \cdot n = 5.0 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} \geq b / 46.0 \cdot i \cdot n = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000 \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \}^2 = 198.0 \text{ MPa}$$

$$f_{ca} = 215.0 \text{ MPa} \text{ (합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면, \pi 형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우)}$$

$$\therefore f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1)

$$f_{ca} = 0.40 f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$$

($f_{ck} = 27.0 \text{ MPa}$ 사용)

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

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	63.426	-68.849	208.042	215.000
1+2+3	3.315	1.919	10.800	10.800	75.314	-131.221	215.000	215.000
1+2+3+5	2.657	1.714	10.800	10.800	82.098	-130.424	247.250	215.000
1+2+3+5+6	1.279	0.203	10.800	10.800	105.292	-128.299	247.250	215.000
1+2+3+5+6+7	0.524	-0.804	12.420	2.174	121.319	-125.689	279.500	247.250
1+2+3+5+6-7	2.033	1.210	12.420	12.420	89.264	-130.910	279.500	247.250
1+2+4	1.252	0.725	12.960	12.960	67.916	-92.406	258.000	258.000
1+2+3+0.5×4	3.337	1.932	13.500	13.500	75.393	-131.639	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5	2.679	1.726	13.500	13.500	82.178	-130.842	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6	1.301	0.216	13.500	13.500	105.371	-128.717	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.546	-0.791	14.580	2.552	121.399	-126.107	290.250	290.250
1+2+3+0.5×4+5+6-7	2.056	1.223	14.580	14.580	89.343	-131.328	290.250	290.250

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.093	0.103	0.031	0.031	0.124	0.133	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.123	0.373	0.031	0.031	0.154	0.403	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.110	0.368	0.031	0.031	0.141	0.399	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.181	0.356	0.031	0.031	0.212	0.387	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.188	0.258	0.031	0.031	0.219	0.289	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.102	0.280	0.031	0.031	0.133	0.311	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.069	0.128	0.004	0.004	0.073	0.132	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.079	0.240	0.020	0.020	0.099	0.260	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.093	0.237	0.020	0.020	0.114	0.257	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.154	0.229	0.020	0.020	0.174	0.250	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.175	0.189	0.020	0.020	0.195	0.209	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.095	0.205	0.020	0.020	0.115	0.225	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{121.319}{279.500} \right)^2 + \left(\frac{21.959}{125.000} \right)^2 = 0.188 + 0.031 = 0.219 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{-131.221}{215.000} \right)^2 + \left(\frac{21.959}{125.000} \right)^2 = 0.373 + 0.031 = 0.403 \leq 1.2 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 압축(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 119.0 / 16.0 = 7.4 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b/(80 \cdot i \cdot n) = 2,400.0 / (80 \times 1.0 \times 6) = 5.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$(\text{합성형 스티드 설치시}) \quad t_{min} = 10.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 인장(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1)

$$t_{min} = b/(206 \times 1.200) = 1,800.0 / (206 \times 1.200) = 7.3 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 63.426)} = 1.84 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

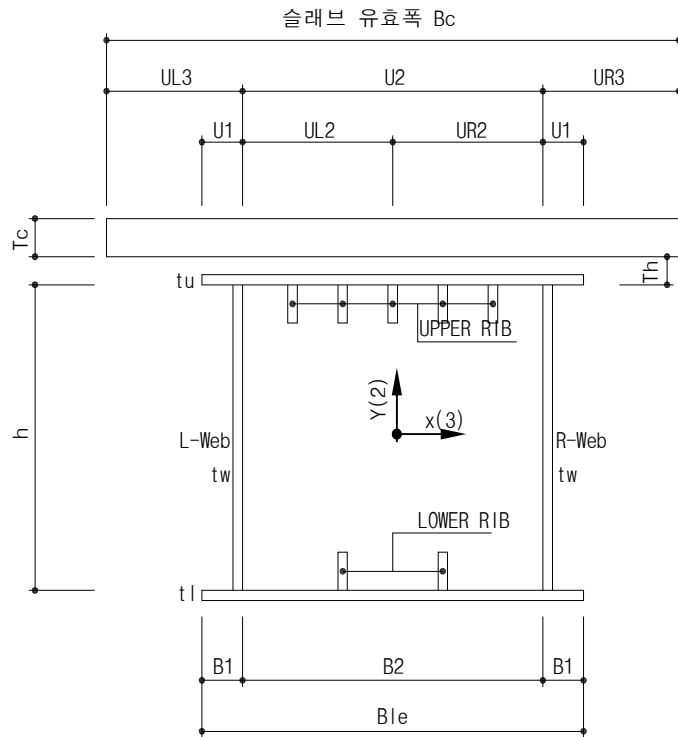
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	82.454	-89.504	355.000	0.K !!
1+2+3	6.101	3.532	16.200	0.K !!	104.331	-204.290	355.000	0.K !!
1+2+3+7	6.856	4.539	16.200	0.K !!	120.359	-206.901	355.000	0.K !!
1+2+3+5	5.443	3.326	16.200	0.K !!	111.116	-203.493	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6	4.065	1.816	16.200	0.K !!	134.309	-201.368	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	3.310	0.809	16.200	0.K !!	150.337	-198.758	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	4.819	2.823	16.200	0.K !!	118.281	-203.979	355.000	0.K !!
1+2+4	1.614	0.935	16.200	0.K !!	88.243	-119.878	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4	6.123	3.545	16.200	0.K !!	104.411	-204.708	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+7	5.368	2.538	16.200	0.K !!	120.439	-202.097	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	5.465	3.339	16.200	0.K !!	111.195	-203.911	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	4.087	1.829	16.200	0.K !!	134.389	-201.786	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	3.332	0.822	16.200	0.K !!	150.417	-199.176	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	4.841	2.836	16.200	0.K !!	118.361	-204.397	355.000	0.K !!

[G1 : SPLICE - 3] : 절점 5 로 부터 이격거리 4.371 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM520B

Bc = 4,500.0 mm

UL3 = 1,000.0 mm

UR3 = 1,100.0 mm

U1 = 120.0 mm

UL2 = 1,200.0 mm

UR2 = 1,200.0 mm

상부 플랜지 유효폭

Bue = 2,640.0 mm

하부 플랜지 유효폭

Ble = 2,640.0 mm

B1 = 120.0 mm

B2 = 2,400.0 mm

Tc = 240.0 mm

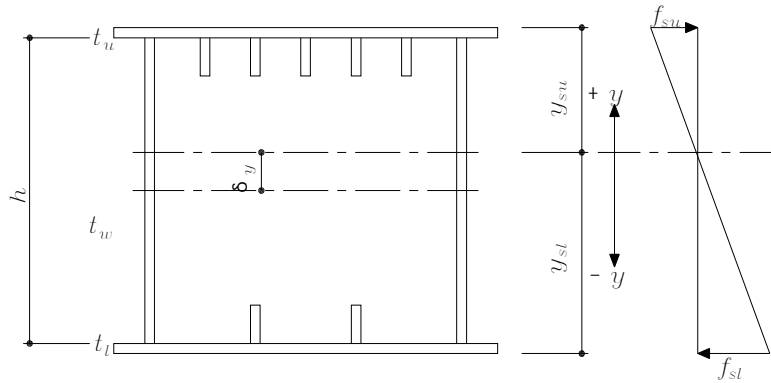
Th = 50.0 mm

h = 1,800.0 mm

$\Theta_L = 0.000^\circ$

$\Theta_R = 0.000^\circ$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = 4,455,000.0 / 119,160.0 = 37.387 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 1,800.0 / 2 + 12.0 - 37.387 = 874.613 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 1,800.0 / 2 + 12.0 + 37.387 \} = -949.387 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 11,688,385,320.0 + 60,584,043,960.0 - 119,160.0 \times 37.387^2 = 7.211\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = 4,583.940 \times 874.6 / 72,105,871,500.5 = 55.601 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = 4,583.940 \times -949.4 / 72,105,871,500.5 = -60.355 \text{ MPa}$$

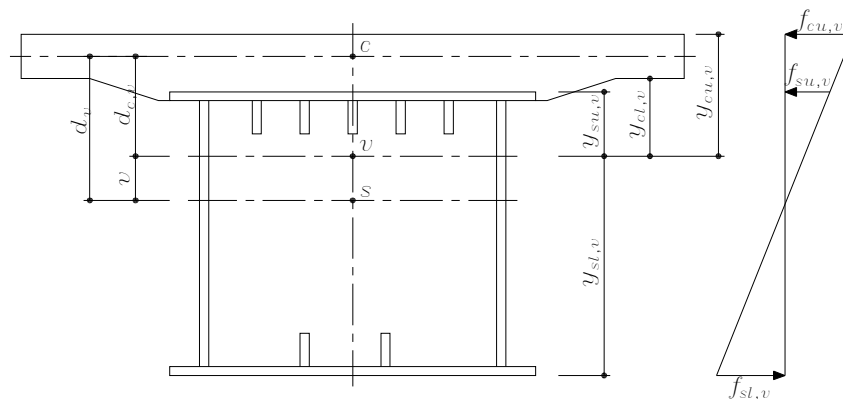
- 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = 4.371\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 317.470 / 43,200.0 + 35.131 / (2 \times 4,370,540.0 \times 12.0) = 7.684 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,080,000.0 / 7.0 = 154,285.7 \text{ mm}^2$$

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 5,184,000,000.0 / 7.0 = 7.406E+08 \text{ mm}^4$$

▪ 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_{cn1} = 119,160.0 + 154,285.7 = 273,445.7 \text{ mm}^2$$

▪ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 874.6 - 12.0 + 50.0 + 240.0/2 = 1,032.6 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_{cn1} \times d_v / A_v = 154,285.7 \times 1,032.6 / 273,445.7 = 582.6 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v} = d_v - v = 1,032.6 - 582.6 = 450.0 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = I_s + A_s \cdot v^2 + I_{cn1} + A_{cn1} \cdot d_{c,v}^2 = 72,105,871,500.5 + 119,160.0 \times 582.6^2 + 740,571,428.6 + 154,285.7 \times 450.0^2 = 1.445E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 874.6 - 582.6 = 292.0 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -949.4 - 582.6 = -1,532.0 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 콘크리트 바닥판 상·하연까지의 거리

$$y_{cu,v} = d_{c,v} + T_c / 2 = 450.0 + 240.0 / 2 = 570.0 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v} = y_{cu,v} - T_c = 570.0 - 240.0 = 330.0 \text{ mm}$$

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v = 1,822.540 \times 292.0 / 144,536,761,781.5 = 3.682 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v = 1,822.540 \times -1,532.0 / 144,536,761,781.5 = -19.318 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 1,822.540 \times 570.0 / (144,536,761,781.5 \times 7.0) = 1.027 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 1,822.540 \times 330.0 / (144,536,761,781.5 \times 7.0) = 0.594 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$F_v = 4.412E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{sc} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 139.775 / 43,200.0 + 24.721 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 3.469 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v = 3,891.400 \times 292.0 / 144,536,761,781.5 = 7.861 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v = 3,891.400 \times -1,532.0 / 144,536,761,781.5 = -41.247 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 3,891.400 \times 570.0 / (144,536,761,781.5 \times 7.0) = 2.192 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 3,891.400 \times 330.0 / (144,536,761,781.5 \times 7.0) = 1.269 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 467.535 / 43,200.0 + 329.626 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 13.936 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응력 검토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_v = 51.944 \times 292.0 / 144,536,761,781.5 = 0.105 \text{ MPa}$$

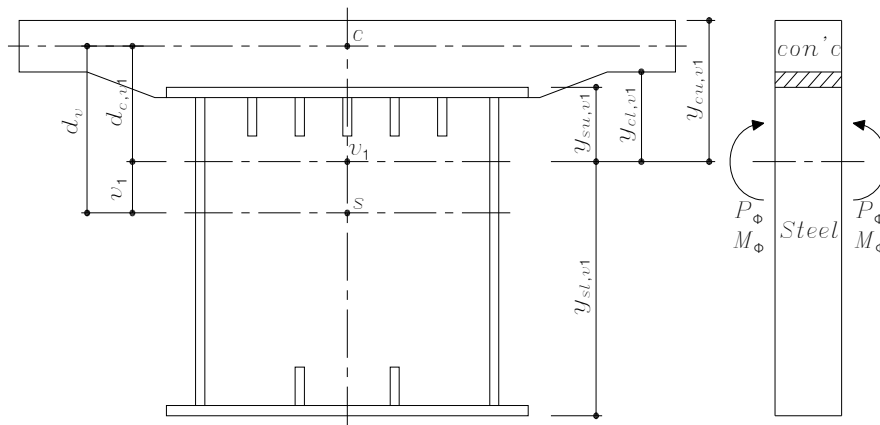
$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_v = 51.944 \times -1,532.0 / 144,536,761,781.5 = -0.551 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 51.944 \times 570.0 / (144,536,761,781.5 \times 7.0) = 0.029 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 51.944 \times 330.0 / (144,536,761,781.5 \times 7.0) = 0.017 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$\begin{aligned} u &= V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 7.988 / 43,200.0 + 26.583 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 0.436 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

■ 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = 0.206 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 7.0 \times (1 + 2.0 / 2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_c / n_1 = 119,160.0 + 1,080,000.0 / 14.0 = 1.963\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_c / n_1) \times d_v / A_{v1} = (1,080,000.0 / 14.0) \times 1,032.6 / 196,302.9 = 405.8 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v - v_1 = 1,032.6 - 405.8 = 626.8 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v_1^2) + (I_c / n_1 + A_c / n_1 \cdot d_{c,v1}^2)$$

$$\begin{aligned} &= (72,105,871,500.5 + 119,160.0 \times 405.8^2) + (5,184,000,000.0 / 14.0 \\ &\quad + 1,080,000.0 / 14.0 \times 626.8^2) = 1.224\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

■ 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v1} = y_{su} - v_1 = 874.6 - 405.8 = 468.8 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v1} = y_{sl} - v_1 = -949.4 - 405.8 = -1,355.2 \text{ mm}$$

■ 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v1} = d_{c,v1} + T_c / 2 = 626.8 + 240.0 / 2 = 746.8 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v1} = y_{cu,v1} - T_c = 746.8 - 240.0 = 506.8 \text{ mm}$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v} \cdot A_{c1} / (n \cdot I_v) = 1,822.5 \times 450.0 \times 1,080,000.0 / (7.0 \times 144,536,761,781.5) = 8.754E+05 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 875,430.2 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = 8.754E+05 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = 875,430.2 \times 626.8 = 5.487E+08 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 27,804.0 / (1 + 2.0 / 2) = 13,902.000 \text{ MPa}$$

- 2차 고정하중에 의한 합성단면에서 콘크리트 바닥판 상·하면 응력

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 1,822.540 \times 570.0 / (144,536,761,781.5 \times 7.0) = 1.027 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / (I_v \cdot n) = 1,822.540 \times 330.0 / (144,536,761,781.5 \times 7.0) = 0.594 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

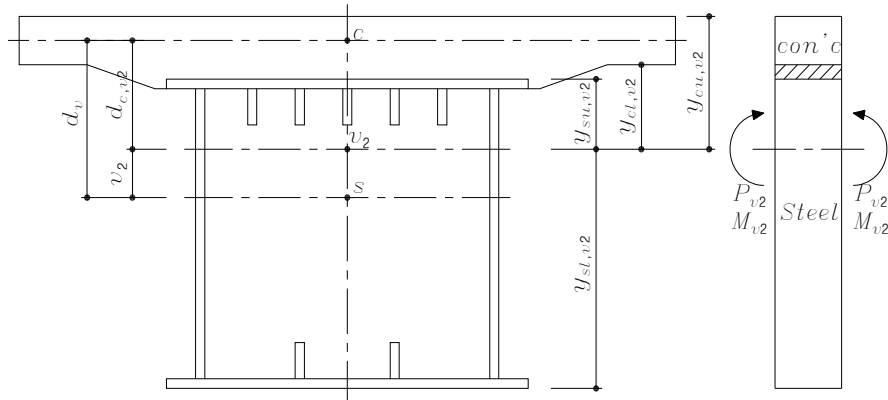
$$f_{cu,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cu,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu,v} \cdot \phi_1 / E_c = (1/14.0) \times (875,430.2/196,302.9 + 0.206 \times 548,735,596.8 \times 746.8/122,407,703,630.6) - 13,902.0 \times 1.027 \times 2.0/27,804.0 = -0.659 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cl,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl,v} \cdot \phi_1 / E_c = (1/14.0) \times (875,430.2/196,302.9 + 0.206 \times 548,735,596.8 \times 506.8/122,407,703,630.6) - 13,902.0 \times 0.594 \times 2.0/27,804.0 = -0.242 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v1} / I_{v1} = 875,430.2/196,302.9 + 0.206 \times 548,735,596.8 \times 468.8/122,407,703,630.6 = 4.892 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v1} / I_{v1} = 875,430.2/196,302.9 + 0.206 \times 548,735,596.8 \times -1,355.2/122,407,703,630.6 = 3.209 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 Φ_2 는 $\Phi_2 = 2 \cdot \Phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\Phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \Phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{i2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 119,160.0 + 1,080,000.0 / 21.0 = 1.706E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{i2} = (1,080,000.0/21.0) \times 1,032.6 / 170,588.6 = 311.3 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,032.6 - 311.3 = 721.3 \text{ mm}$$

$$I_{i2} = (I_s + A_s \cdot v_2^2) + (I_c/n_2 + A_c/n_2 \cdot d_{c,v2}^2) \\ = (72,105,871,500.5 + 119,160.0 \times 311.3^2) + (5,184,000,000.0/21.0 + 1,080,000.0/21.0 \times 721.3^2) = 1.107E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v2} = y_{su} - v_2 = 874.6 - 311.3 = 563.3 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v2} = y_{sl} - v_2 = -949.4 - 311.3 = -1,260.7 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v2} = d_{c,v2} + T_c / 2 = 721.3 + 240.0 / 2 = 841.3 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v2} = y_{cu,v2} - T_c = 841.3 - 240.0 = 601.3 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,080,000.0 / 21.0 = 2.847E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{i2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,846,571.4 \times 841.3 = 2.053E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{c2} = E_s / n_2 = 205,000.0 / 21.0 = 9,761.905 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{i2} + k \cdot M_{i2} \cdot y_{cu,v2}/I_{i2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ = (1/21.0) \times (2,846,571.4/170,588.6 + 0.206 \times 2,053,243,041.9 \times 841.3/110,658,167,829.2) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.688 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{i2} + k \cdot M_{i2} \cdot y_{cl,v2}/I_{i2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ = (1/21.0) \times (2,846,571.4/170,588.6 + 0.206 \times 2,053,243,041.9 \times 841.3/110,658,167,829.2) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.732 \text{ MPa}$$

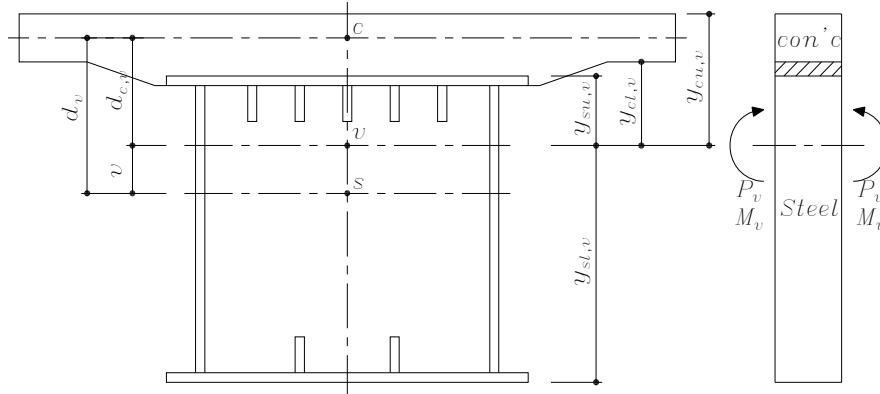
■ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v2}/I_{v2}$$

$$= 2,846,571.4/170,588.6 + 0.206 \times 2,053,243,041.9 \times 563.3/110,658,167,829.2 = 18.839 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v2}/I_{v2}$$

$$= 2,846,571.4/170,588.6 + 0.206 \times 2,053,243,041.9 \times -1,260.7/110,658,167,829.2 = 11.870 \text{ MPa}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

■ 온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

■ 바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,080,000.0 / 7.0 = 3.795\text{E}+06 \text{ N}$$

■ P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 3,795,428.6 \times 450.0 = 1.708\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

■ 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,t} = 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cu,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t$$

$$= (1/7.0) \times (3,795,428.6/273,445.7 + 0.206 \times 1,707,882,181.7 \times 570.0/144,536,761,781.5) - 27,804.0 \times 0.000120 = -1.155 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,t} = 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cl,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t$$

$$= (1/7.0) \times (3,795,428.6/273,445.7 + 0.206 \times 1,707,882,181.7 \times 330.0/144,536,761,781.5) - 27,804.0 \times 0.000120 = -1.239 \text{ MPa}$$

■ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_v$$

$$= 3,795,428.6/273,445.7 + 0.206 \times 1,707,882,181.7 \times 292.0/144,536,761,781.5 = 14.590 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_v$$

$$= 3,795,428.6/273,445.7 + 0.206 \times 1,707,882,181.7 \times -1,532.0/144,536,761,781.5 = 10.152 \text{ MPa}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$\begin{aligned} u &= (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 924.780 / 43,200.0 + 35.131 / 104,892,960.0 + 354.347 / 105,885,360.0 = 25.088 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\ast u = 25.1 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$\begin{aligned} u &= (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 465.233 / 43,200.0 + 35.131 / 104,892,960.0 + 51.304 / 105,885,360.0 = 11.589 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\ast u = 11.6 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 활하중 재하시

$$\begin{aligned} u &= (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 928.774 / 43,200.0 + 35.131 / 104,892,960.0 + 367.639 / 105,885,360.0 = 25.306 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\ast u = 25.3 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)
 f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)
 i : 응력구배계수
 n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$b / 23.0 \cdot i \cdot n = 17.4 \text{ mm} > t_u = 12 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 46.0 \cdot i \cdot n = 8.7 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} < b / 23.0 \cdot i \cdot n = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7 \{ b / (t_u \cdot i \cdot n) - 23.0 \} = 166.4 \text{ MPa}$$

$$b / 80.0 \cdot i \cdot n = 5.0 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} \geq b / 46.0 \cdot i \cdot n = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000 \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \}^2 = 198.0 \text{ MPa}$$

$$f_{ca} = 215.0 \text{ MPa} \text{ (합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면, } \pi \text{ 형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우)}$$

$$\therefore f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1)

$$f_{ca} = 0.40 f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$$

($f_{ck} = 27.0 \text{ MPa}$ 사용)

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

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	55.601	-60.355	208.042	215.000
1+2+3	3.219	1.864	10.800	10.800	67.144	-120.920	215.000	215.000
1+2+3+5	2.560	1.621	10.800	10.800	72.037	-117.711	247.250	215.000
1+2+3+5+6	0.872	-0.111	10.800	1.890	90.876	-105.841	247.250	215.000
1+2+3+5+6+7	-0.283	-1.349	2.174	2.174	105.466	-95.689	279.500	247.250
1+2+3+5+6-7	2.028	1.128	12.420	12.420	76.285	-115.993	279.500	247.250
1+2+4	1.056	0.611	12.960	12.960	59.388	-80.223	258.000	258.000
1+2+3+0.5×4	3.234	1.872	13.500	13.500	67.197	-121.195	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5	2.575	1.630	13.500	13.500	72.089	-117.986	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6	0.887	-0.102	13.500	2.363	90.928	-106.116	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-0.269	-1.341	2.552	2.552	105.519	-95.964	290.250	290.250
1+2+3+0.5×4+5+6-7	2.042	1.137	14.580	14.580	76.338	-116.269	290.250	290.250

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.071	0.079	0.040	0.040	0.112	0.119	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.098	0.316	0.040	0.040	0.138	0.357	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.085	0.300	0.040	0.040	0.125	0.340	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.135	0.242	0.040	0.040	0.175	0.283	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.142	0.150	0.040	0.040	0.183	0.190	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.074	0.220	0.040	0.040	0.115	0.260	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.053	0.097	0.006	0.006	0.059	0.103	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.063	0.203	0.026	0.026	0.089	0.230	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.072	0.193	0.026	0.026	0.098	0.219	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.114	0.156	0.026	0.026	0.141	0.182	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.132	0.109	0.026	0.026	0.158	0.136	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.069	0.160	0.026	0.026	0.095	0.187	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{105.466}{279.500} \right)^2 + \left(\frac{25.088}{125.000} \right)^2 = 0.142 + 0.040 = 0.183 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{-120.920}{215.000} \right)^2 + \left(\frac{25.088}{125.000} \right)^2 = 0.316 + 0.040 = 0.357 \leq 1.2 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 압축(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 119.0 / 16.0 = 7.4 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b/(80 \cdot i \cdot n) = 2,400.0 / (80 \times 1.0 \times 6) = 5.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$(\text{합성형 스티드 설치시}) \quad t_{min} = 10.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 인장(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1)

$$t_{min} = b/(206 \times 1.200) = 1,800.0 / (206 \times 1.200) = 7.3 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 55.601)} = 1.97 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

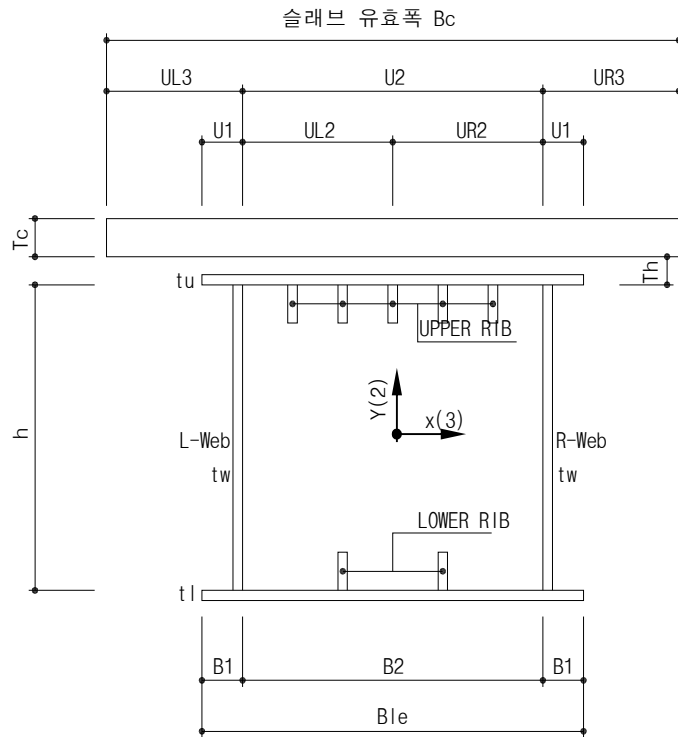
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	72.282	-78.461	355.000	0.K !!
1+2+3	6.048	3.501	16.200	0.K !!	93.969	-192.255	355.000	0.K !!
1+2+3+7	7.204	4.740	16.200	0.K !!	108.560	-202.408	355.000	0.K !!
1+2+3+5	5.389	3.259	16.200	0.K !!	98.862	-189.047	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6	3.701	1.527	16.200	0.K !!	117.701	-177.177	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	2.546	0.288	16.200	0.K !!	132.291	-167.025	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	4.857	2.766	16.200	0.K !!	103.110	-187.329	355.000	0.K !!
1+2+4	1.364	0.790	16.200	0.K !!	77.173	-104.125	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4	6.063	3.510	16.200	0.K !!	94.022	-192.531	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+7	4.907	2.271	16.200	0.K !!	108.612	-182.378	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	5.404	3.267	16.200	0.K !!	98.914	-189.322	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	3.716	1.536	16.200	0.K !!	117.753	-177.452	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	2.560	0.297	16.200	0.K !!	132.344	-167.300	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	4.871	2.775	16.200	0.K !!	103.163	-187.604	355.000	0.K !!

[G2 : SPLICE - 4] : 절점 44 로 부터 이격거리 0.608 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM520B

Bc = 4,670.0 mm

UL3 = 1,100.0 mm

UR3 = 1,170.0 mm

U1 = 120.0 mm

UL2 = 1,200.0 mm

UR2 = 1,200.0 mm

상부 플랜지 유효폭

Bue = 2,640.0 mm

하부 플랜지 유효폭

Ble = 2,640.0 mm

B1 = 120.0 mm

B2 = 2,400.0 mm

Tc = 240.0 mm

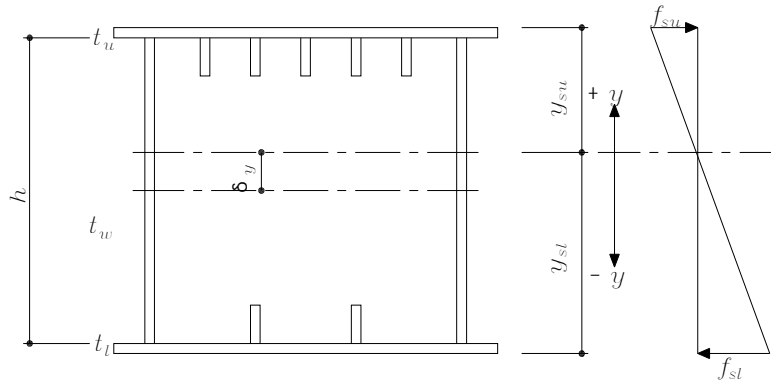
Th = 50.0 mm

h = 1,800.0 mm

$\Theta_L = 0.000^\circ$

$\Theta_R = 0.000^\circ$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = 0.0 / 127,560.0 = 0.000 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 1,800.0 / 2 + 12.0 - 0.000 = 912.000 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 1,800.0 / 2 + 12.0 + 0.000 \} = -912.000 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 11,704,135,320.0 + 66,301,293,960.0 - 127,560.0 \times 0.000^2 = 7.801\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = 1,695.040 \times 912.0 / 78,005,429,280.0 = 19.818 \text{ MPa}$$

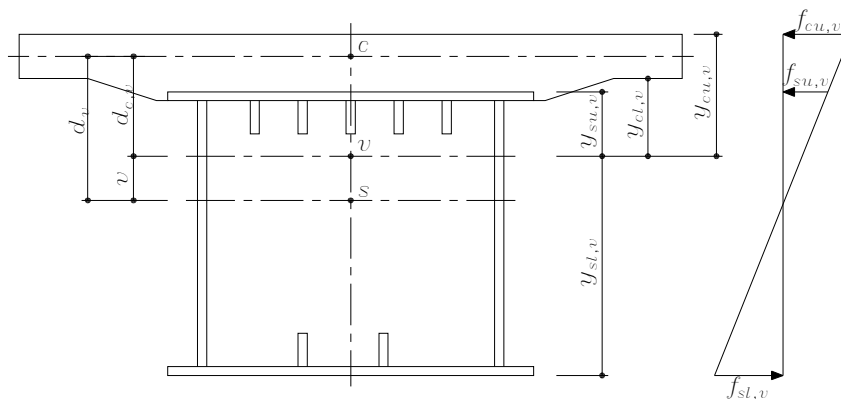
$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = 1,695.040 \times -912.0 / 78,005,429,280.0 = -19.818 \text{ MPa}$$

- 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = 4.371\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) = 618.089 / 43,200.0 + 198.715 / (2 \times 4,370,540.0 \times 12.0) = 16.202 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,120,800.0 / 7.0 = 160,114.3 \text{ mm}^2$$

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 5,379,840,000.0 / 7.0 = 7.685E+08 \text{ mm}^4$$

▪ 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_{cn1} = 127,560.0 + 160,114.3 = 287,674.3 \text{ mm}^2$$

▪ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 912.0 - 12.0 + 50.0 + 240.0/2 = 1,070.0 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_{cn1} \times d_v / A_v = 160,114.3 \times 1,070.0 / 287,674.3 = 595.5 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v} = d_v - v = 1,070.0 - 595.5 = 474.5 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = I_s + A_s \cdot v^2 + I_{cn1} + A_{cn1} \cdot d_{c,v}^2 = 78,005,429,280.0 + 127,560.0 \times 595.5^2 + 768,548,571.4 + 160,114.3 \times 474.5^2 = 1.601E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 912.0 - 595.5 = 316.5 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -912.0 - 595.5 = -1,507.5 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 콘크리트 바닥판 상·하연까지의 거리

$$y_{cu,v} = d_{c,v} + T_c / 2 = 474.5 + 240.0 / 2 = 594.5 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v} = y_{cu,v} - T_c = 594.5 - 240.0 = 354.5 \text{ mm}$$

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v = 702.699 \times 316.5 / 160,059,107,877.1 = 1.389 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v = 702.699 \times -1,507.5 / 160,059,107,877.1 = -6.618 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 702.699 \times 594.5 / (160,059,107,877.1 \times 7.0) = 0.373 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 702.699 \times 354.5 / (160,059,107,877.1 \times 7.0) = 0.222 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$F_v = 4.412E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{sc} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 265.293 / 43,200.0 + 62.295 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 6.729 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v = 2,806.070 \times 316.5 / 160,059,107,877.1 = 5.548 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v = 2,806.070 \times -1,507.5 / 160,059,107,877.1 = -26.429 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 2,806.070 \times 594.5 / (160,059,107,877.1 \times 7.0) = 1.489 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 2,806.070 \times 354.5 / (160,059,107,877.1 \times 7.0) = 0.888 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 487.082 / 43,200.0 + 674.521 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 17.645 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응력 검토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_v = 27.829 \times 316.5 / 160,059,107,877.1 = 0.055 \text{ MPa}$$

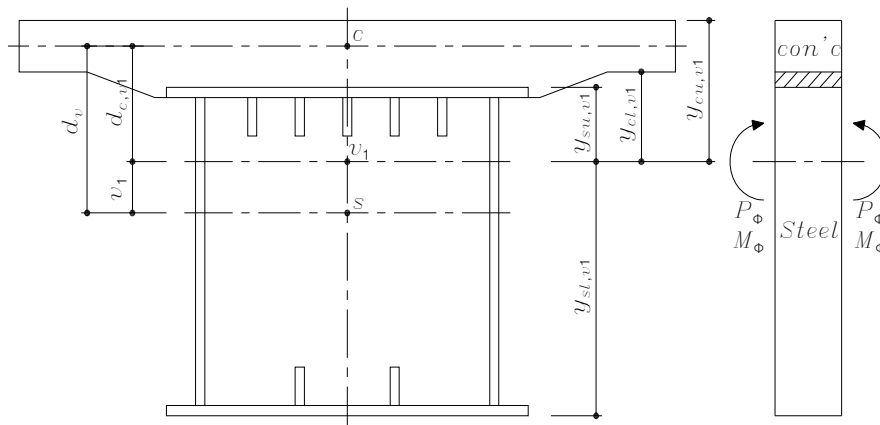
$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_v = 27.829 \times -1,507.5 / 160,059,107,877.1 = -0.262 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 27.829 \times 594.5 / (160,059,107,877.1 \times 7.0) = 0.015 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 27.829 \times 354.5 / (160,059,107,877.1 \times 7.0) = 0.009 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$\begin{aligned} u &= V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 2.829 / 43,200.0 + 159.862 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 1.575 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

■ 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = -0.006 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 7.0 \times (1 + 2.0 / 2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_c / n_1 = 127,560.0 + 1,120,800.0 / 14.0 = 2.076 \times 10^5 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_c / n_1) \times d_v / A_{v1} = (1,120,800.0 / 14.0) \times 1,070.0 / 207,617.1 = 412.6 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v - v_1 = 1,070.0 - 412.6 = 657.4 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v_1^2) + (I_c / n_1 + A_c / n_1 \cdot d_{c,v1}^2)$$

$$\begin{aligned} &= (78,005,429,280.0 + 127,560.0 \times 412.6^2) + (5,379,840,000.0 / 14.0 \\ &\quad + 1,120,800.0 / 14.0 \times 657.4^2) = 1.347 \times 10^{11} \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

■ 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v1} = y_{su} - v_1 = 912.0 - 412.6 = 499.4 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v1} = y_{sl} - v_1 = -912.0 - 412.6 = -1,324.6 \text{ mm}$$

■ 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v1} = d_{c,v1} + T_c / 2 = 657.4 + 240.0 / 2 = 777.4 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v1} = y_{cu,v1} - T_c = 777.4 - 240.0 = 537.4 \text{ mm}$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v} \cdot A_{c1} / (n \cdot I_v) = 702.7 \times 474.5 \times 1,120,800.0 / (7.0 \times 160,059,107,877.1) = 3.335E+05 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 333,515.7 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = 3.335E+05 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = 333,515.7 \times 657.4 = 2.193E+08 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 27,804.0 / (1 + 2.0 / 2) = 13,902.000 \text{ MPa}$$

- 2차 고정하중에 의한 합성단면에서 콘크리트 바닥판 상·하연 응력

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 702.699 \times 594.5 / (160,059,107,877.1 \times 7.0) = 0.373 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / (I_v \cdot n) = 702.699 \times 354.5 / (160,059,107,877.1 \times 7.0) = 0.222 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

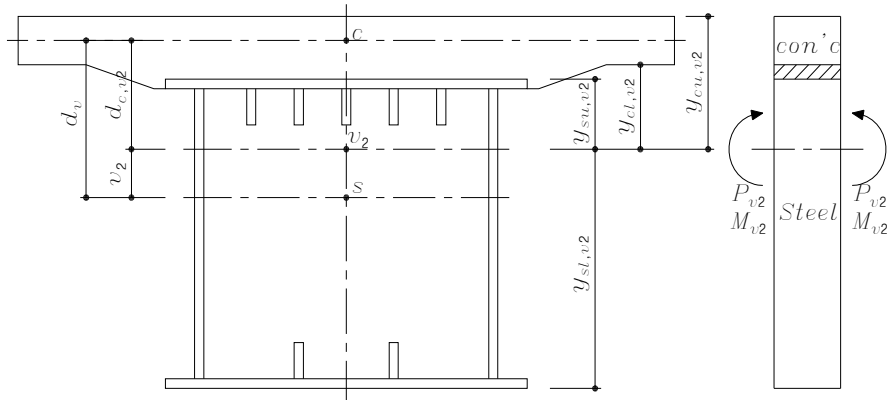
$$f_{cu,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cu,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu,v} \cdot \phi_1 / E_c = (1/14.0) \times (333,515.7/207,617.1 + -0.006 \times 219,255,930.3 \times 777.4/134,704,036,278.1) - 13,902.0 \times 0.373 \times 2.0/27,804.0 = -0.259 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cl,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl,v} \cdot \phi_1 / E_c = (1/14.0) \times (333,515.7/207,617.1 + -0.006 \times 219,255,930.3 \times 537.4/134,704,036,278.1) - 13,902.0 \times 0.222 \times 2.0/27,804.0 = -0.108 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v1} / I_{v1} = 333,515.7/207,617.1 + -0.006 \times 219,255,930.3 \times 499.4/134,704,036,278.1 = 1.602 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v1} / I_{v1} = 333,515.7/207,617.1 + -0.006 \times 219,255,930.3 \times -1,324.6/134,704,036,278.1 = 1.618 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 Φ_2 는 $\Phi_2 = 2 \cdot \Phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\Phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \Phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 127,560.0 + 1,120,800.0 / 21.0 = 1.809E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2} = (1,120,800.0/21.0) \times 1,070.0 / 180,931.4 = 315.6 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,070.0 - 315.6 = 754.4 \text{ mm}$$

$$I_{v2} = (I_s + A_s \cdot v_2^2) + (I_c/n_2 + A_c/n_2 \cdot d_{c,v2}^2) \\ = (78,005,429,280.0 + 127,560.0 \times 315.6^2) + (5,379,840,000.0/21.0 + 1,120,800.0/21.0 \times 754.4^2) = 1.213E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v2} = y_{su} - v_2 = 912.0 - 315.6 = 596.4 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v2} = y_{sl} - v_2 = -912.0 - 315.6 = -1,227.6 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v2} = d_{c,v2} + T_c / 2 = 754.4 + 240.0 / 2 = 874.4 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v2} = y_{cu,v2} - T_c = 874.4 - 240.0 = 634.4 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,120,800.0 / 21.0 = 2.954E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,954,108.6 \times 874.4 = 2.228E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{c2} = E_s / n_2 = 205,000.0 / 21.0 = 9,761.905 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{cu,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ = (1/21.0) \times (2,954,108.6/180,931.4 + -0.006 \times 2,228,490,201.0 \times 874.4/121,341,729,844.2) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.862 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{cl,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ = (1/21.0) \times (2,954,108.6/180,931.4 + -0.006 \times 2,228,490,201.0 \times 874.4/121,341,729,844.2) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.861 \text{ MPa}$$

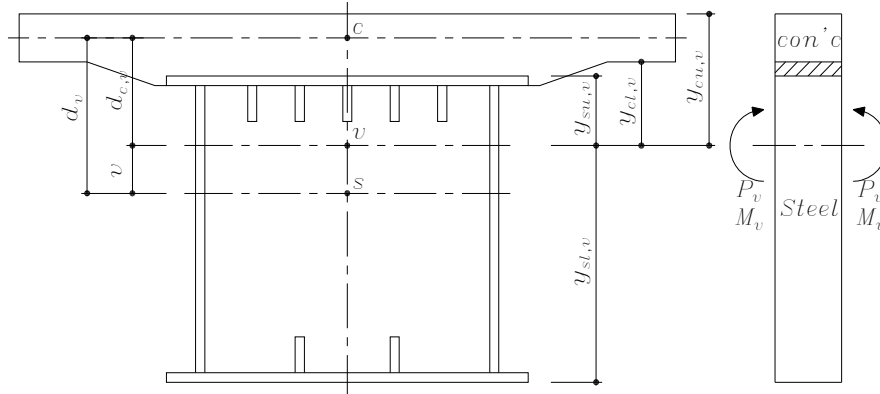
■ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v2}/I_{v2}$$

$$= 2,954,108.6/180,931.4 + -0.006 \times 2,228,490,201.0 \times 596.4/121,341,729,844.2 = 16.266 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v2}/I_{v2}$$

$$= 2,954,108.6/180,931.4 + -0.006 \times 2,228,490,201.0 \times -1,227.6/121,341,729,844.2 = 16.453 \text{ MPa}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

■ 온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

■ 바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,120,800.0 / 7.0 = 3.939\text{E}+06 \text{ N}$$

■ P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 3,938,811.4 \times 474.5 = 1.869\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

■ 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,t} = 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cu,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t$$

$$= (1/7.0) \times (3,938,811.4/287,674.3 + -0.006 \times 1,868,798,316.5 \times 594.5/160,059,107,877.1) - 27,804.0 \times 0.000120 = -1.386 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,t} = 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cl,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t$$

$$= (1/7.0) \times (3,938,811.4/287,674.3 + -0.006 \times 1,868,798,316.5 \times 354.5/160,059,107,877.1) - 27,804.0 \times 0.000120 = -1.384 \text{ MPa}$$

■ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_v$$

$$= 3,938,811.4/287,674.3 + -0.006 \times 1,868,798,316.5 \times 316.5/160,059,107,877.1 = 13.671 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_v$$

$$= 3,938,811.4/287,674.3 + -0.006 \times 1,868,798,316.5 \times -1,507.5/160,059,107,877.1 = 13.790 \text{ MPa}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,370.464 / 43,200.0 + 198.715 / 104,892,960.0 + 736.816 / 105,885,360.0 = 40.577 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 40.6 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 886.211 / 43,200.0 + 198.715 / 104,892,960.0 + 222.157 / 105,885,360.0 = 24.507 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 24.5 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 활하중 재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,371.879 / 43,200.0 + 198.715 / 104,892,960.0 + 816.747 / 105,885,360.0 = 41.364 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 41.4 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$b / 23.0 \cdot i \cdot n = 17.4 \text{ mm} > t_u = 12 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 46.0 \cdot i \cdot n = 8.7 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} < b / 23.0 \cdot i \cdot n = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7 \{ b / (t_u \cdot i \cdot n) - 23.0 \} = 166.4 \text{ MPa}$$

$$b / 80.0 \cdot i \cdot n = 5.0 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} \geq b / 46.0 \cdot i \cdot n = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000 \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \}^2 = 198.0 \text{ MPa}$$

$$f_{ca} = 215.0 \text{ MPa} \text{ (합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면, \pi 형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우)}$$

$$\therefore f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1)

$$f_{ca} = 0.40 f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$$

($f_{ck} = 27.0 \text{ MPa}$ 사용)

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

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	19.818	-19.818	208.042	215.000
1+2+3	1.862	1.110	10.800	10.800	26.755	-52.865	215.000	215.000
1+2+3+5	1.603	1.002	10.800	10.800	28.357	-51.247	247.250	215.000
1+2+3+5+6	-0.259	-0.859	1.890	1.890	44.623	-34.794	247.250	215.000
1+2+3+5+6+7	-1.645	-2.243	2.174	2.174	58.294	-21.004	279.500	247.250
1+2+3+5+6-7	1.127	0.525	12.420	12.420	30.951	-48.584	279.500	247.250
1+2+4	0.388	0.231	12.960	12.960	21.262	-26.698	258.000	258.000
1+2+3+0.5×4	1.869	1.114	13.500	13.500	26.782	-52.997	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5	1.610	1.007	13.500	13.500	28.384	-51.378	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6	-0.252	-0.855	2.363	2.363	44.650	-34.925	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-1.638	-2.239	2.552	2.552	58.322	-21.135	290.250	290.250
1+2+3+0.5×4+5+6-7	1.134	0.529	14.580	14.580	30.979	-48.715	290.250	290.250

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.009	0.008	0.105	0.105	0.114	0.114	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.015	0.060	0.105	0.105	0.121	0.166	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.013	0.057	0.105	0.105	0.119	0.162	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.033	0.026	0.105	0.105	0.138	0.132	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.043	0.007	0.105	0.105	0.149	0.113	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.012	0.039	0.105	0.105	0.118	0.144	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.007	0.011	0.027	0.027	0.033	0.037	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.010	0.039	0.070	0.070	0.080	0.109	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.011	0.037	0.070	0.070	0.081	0.107	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.028	0.017	0.070	0.070	0.098	0.087	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.040	0.005	0.070	0.070	0.110	0.075	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.011	0.028	0.070	0.070	0.081	0.098	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{58.294}{279.500} \right)^2 + \left(\frac{40.577}{125.000} \right)^2 = 0.043 + 0.105 = 0.149 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{-52.865}{215.000} \right)^2 + \left(\frac{40.577}{125.000} \right)^2 = 0.060 + 0.105 = 0.166 \leq 1.2 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 압축(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 119.0 / 16.0 = 7.4 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b/(80 \cdot i \cdot n) = 2,400.0 / (80 \times 1.0 \times 6) = 5.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$(\text{합성형 스티드 설치시}) \quad t_{min} = 10.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 인장(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1)

$$t_{min} = b/(206 \times 1.200) = 1,800.0 / (206 \times 1.200) = 7.3 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 19.818)} = 3.29 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

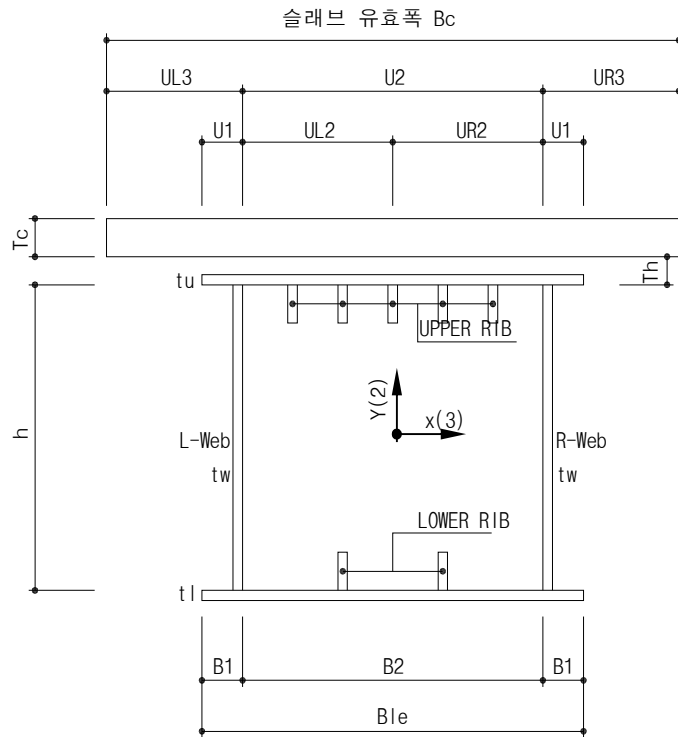
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	25.763	-25.763	355.000	0.K !!
1+2+3	3.686	2.198	16.200	0.K !!	39.497	-91.190	355.000	0.K !!
1+2+3+7	5.072	3.581	16.200	0.K !!	53.168	-104.980	355.000	0.K !!
1+2+3+5	3.427	2.090	16.200	0.K !!	41.099	-89.572	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6	1.565	0.228	16.200	0.K !!	57.365	-73.118	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.179	-1.155	16.200	0.K !!	71.036	-59.328	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	2.951	1.612	16.200	0.K !!	43.694	-86.909	355.000	0.K !!
1+2+4	0.499	0.298	16.200	0.K !!	27.624	-34.629	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4	3.693	2.202	16.200	0.K !!	39.525	-91.321	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+7	2.307	0.818	16.200	0.K !!	53.196	-77.531	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	3.434	2.094	16.200	0.K !!	41.126	-89.703	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	1.572	0.233	16.200	0.K !!	57.392	-73.250	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.186	-1.151	16.200	0.K !!	71.064	-59.459	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	2.958	1.617	16.200	0.K !!	43.721	-87.040	355.000	0.K !!

[G2 : SPLICE - 8] : 절점 50 로 부터 이격거리 1.819 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM520B

Bc = 4,670.0 mm

UL3 = 1,100.0 mm

UR3 = 1,170.0 mm

U1 = 120.0 mm

UL2 = 1,200.0 mm

UR2 = 1,200.0 mm

상부 플랜지 유효폭

Bue = 2,640.0 mm

하부 플랜지 유효폭

Ble = 2,640.0 mm

B1 = 120.0 mm

B2 = 2,400.0 mm

Tc = 240.0 mm

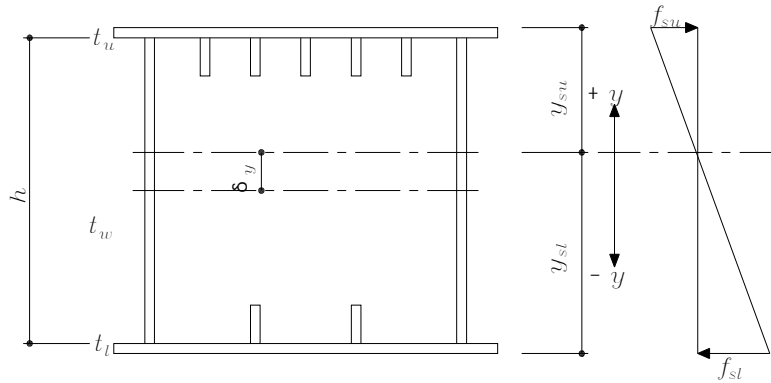
Th = 50.0 mm

h = 1,800.0 mm

$\Theta_L = 0.000^\circ$

$\Theta_R = 0.000^\circ$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = 0.0 / 127,560.0 = 0.000 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 1,800.0 / 2 + 12.0 - 0.000 = 912.000 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 1,800.0 / 2 + 12.0 + 0.000 \} = -912.000 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 11,704,135,320.0 + 66,301,293,960.0 - 127,560.0 \times 0.000^2 = 7.801\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = 92.741 \times 912.0 / 78,005,429,280.0 = 1.084 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = 92.741 \times -912.0 / 78,005,429,280.0 = -1.084 \text{ MPa}$$

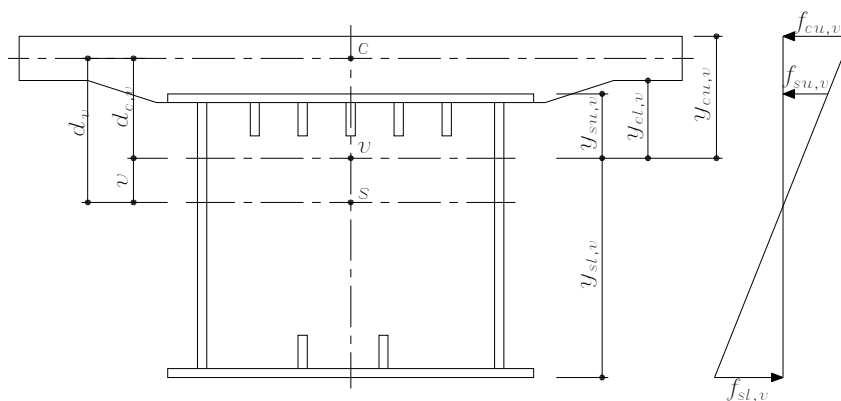
- 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = 4.371\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 228.378 / 43,200.0 + 44.716 / (2 \times 4,370,540.0 \times 12.0) = 5.713 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,120,800.0 / 7.0 = 160,114.3 \text{ mm}^2$$

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 5,379,840,000.0 / 7.0 = 7.685E+08 \text{ mm}^4$$

▪ 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_{cn1} = 127,560.0 + 160,114.3 = 287,674.3 \text{ mm}^2$$

▪ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 912.0 - 12.0 + 50.0 + 240.0/2 = 1,070.0 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_{cn1} \times d_v / A_v = 160,114.3 \times 1,070.0 / 287,674.3 = 595.5 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v} = d_v - v = 1,070.0 - 595.5 = 474.5 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = I_s + A_s \cdot v^2 + I_{cn1} + A_{cn1} \cdot d_{c,v}^2 = 78,005,429,280.0 + 127,560.0 \times 595.5^2 + 768,548,571.4 + 160,114.3 \times 474.5^2 = 1.601E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 912.0 - 595.5 = 316.5 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -912.0 - 595.5 = -1,507.5 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 콘크리트 바닥판 상·하연까지의 거리

$$y_{cu,v} = d_{c,v} + T_c / 2 = 474.5 + 240.0 / 2 = 594.5 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v} = y_{cu,v} - T_c = 594.5 - 240.0 = 354.5 \text{ mm}$$

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v = -133.561 \times 316.5 / 160,059,107,877.1 = -0.264 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v = -133.561 \times -1,507.5 / 160,059,107,877.1 = 1.258 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = -133.561 \times 594.5 / (160,059,107,877.1 \times 7.0) = -0.071 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = -133.561 \times 354.5 / (160,059,107,877.1 \times 7.0) = -0.042 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$F_v = 4.412E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{sc} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 94.264 / 43,200.0 + 14.748 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 2.321 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v = 3,357.000 \times 316.5 / 160,059,107,877.1 = 6.637 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v = 3,357.000 \times -1,507.5 / 160,059,107,877.1 = -31.618 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 3,357.000 \times 594.5 / (160,059,107,877.1 \times 7.0) = 1.781 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 3,357.000 \times 354.5 / (160,059,107,877.1 \times 7.0) = 1.062 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 396.436 / 43,200.0 + 413.180 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 13.079 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응력 검토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_v = 62.340 \times 316.5 / 160,059,107,877.1 = 0.123 \text{ MPa}$$

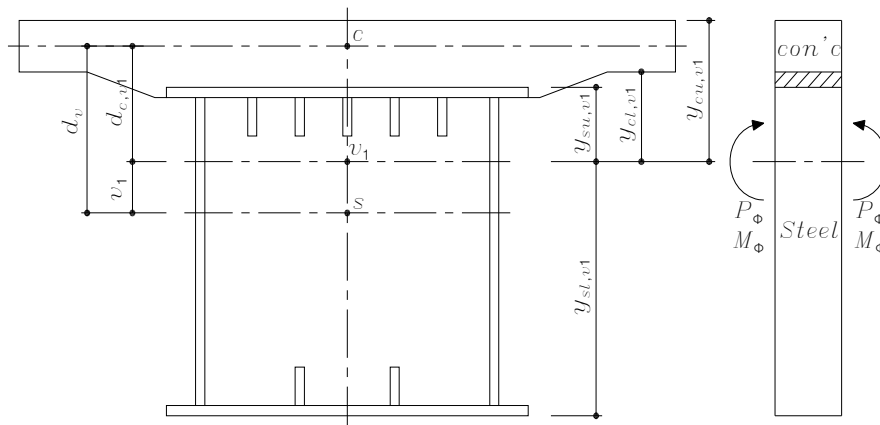
$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_v = 62.340 \times -1,507.5 / 160,059,107,877.1 = -0.587 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 62.340 \times 594.5 / (160,059,107,877.1 \times 7.0) = 0.033 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 62.340 \times 354.5 / (160,059,107,877.1 \times 7.0) = 0.020 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$\begin{aligned} u &= V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 3.924 / 43,200.0 + 67.830 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 0.731 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

■ 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = -0.042 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 7.0 \times (1 + 2.0 / 2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_c / n_1 = 127,560.0 + 1,120,800.0 / 14.0 = 2.076 \times 10^5 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_c / n_1) \times d_v / A_{v1} = (1,120,800.0 / 14.0) \times 1,070.0 / 207,617.1 = 412.6 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v - v_1 = 1,070.0 - 412.6 = 657.4 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v_1^2) + (I_c / n_1 + A_c / n_1 \cdot d_{c,v1}^2)$$

$$\begin{aligned} &= (78,005,429,280.0 + 127,560.0 \times 412.6^2) + (5,379,840,000.0 / 14.0 \\ &\quad + 1,120,800.0 / 14.0 \times 657.4^2) = 1.347 \times 10^{11} \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

■ 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v1} = y_{su} - v_1 = 912.0 - 412.6 = 499.4 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v1} = y_{sl} - v_1 = -912.0 - 412.6 = -1,324.6 \text{ mm}$$

■ 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v1} = d_{c,v1} + T_c / 2 = 657.4 + 240.0 / 2 = 777.4 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v1} = y_{cu,v1} - T_c = 777.4 - 240.0 = 537.4 \text{ mm}$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v} \cdot A_{c1} / (n \cdot I_v) \\ = -133.6 \times 474.5 \times 1,120,800.0 / (7.0 \times 160,059,107,877.1) = -6.339E+04 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -63,390.9 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = -6.339E+04 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = -63,390.9 \times 657.4 = -4.167E+07 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 27,804.0 / (1 + 2.0 / 2) = 13,902.000 \text{ MPa}$$

- 2차 고정하중에 의한 합성단면에서 콘크리트 바닥판 상·하연 응력

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = -133.561 \times 594.5 / (160,059,107,877.1 \times 7.0) = -0.071 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / (I_v \cdot n) = -133.561 \times 354.5 / (160,059,107,877.1 \times 7.0) = -0.042 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

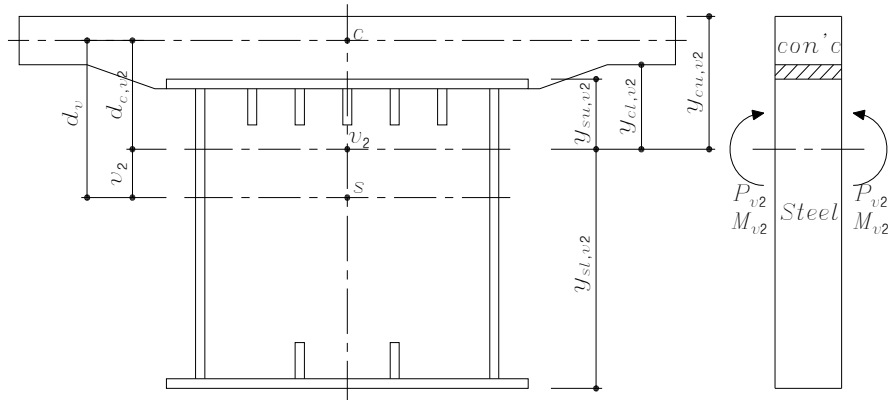
$$f_{cu,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cu,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu,v} \cdot \phi_1 / E_c \\ = (1/14.0) \times (-63,390.9/207,617.1 + -0.042 \times -41,673,663.0 \times 777.4/134,704,036,278.1) \\ - 13,902.0 \times -0.071 \times 2.0/27,804.0 = 0.050 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cl,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl,v} \cdot \phi_1 / E_c \\ = (1/14.0) \times (-63,390.9/207,617.1 + -0.042 \times -41,673,663.0 \times 537.4/134,704,036,278.1) \\ - 13,902.0 \times -0.042 \times 2.0/27,804.0 = 0.021 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v1} / I_{v1} \\ = -63,390.9/207,617.1 + -0.042 \times -41,673,663.0 \times 499.4/134,704,036,278.1 = -0.299 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v1} / I_{v1} \\ = -63,390.9/207,617.1 + -0.042 \times -41,673,663.0 \times -1,324.6/134,704,036,278.1 = -0.322 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 ϕ_2 는 $\phi_2 = 2 \cdot \phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{i2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 127,560.0 + 1,120,800.0 / 21.0 = 1.809E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{i2} = (1,120,800.0/21.0) \times 1,070.0 / 180,931.4 = 315.6 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,070.0 - 315.6 = 754.4 \text{ mm}$$

$$I_{i2} = (I_s + A_s \cdot v_2^2) + (I_c/n_2 + A_c/n_2 \cdot d_{c,v2}^2) \\ = (78,005,429,280.0 + 127,560.0 \times 315.6^2) + (5,379,840,000.0/21.0 + 1,120,800.0/21.0 \times 754.4^2) = 1.213E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v2} = y_{su} - v_2 = 912.0 - 315.6 = 596.4 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v2} = y_{sl} - v_2 = -912.0 - 315.6 = -1,227.6 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v2} = d_{c,v2} + T_c / 2 = 754.4 + 240.0 / 2 = 874.4 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v2} = y_{cu,v2} - T_c = 874.4 - 240.0 = 634.4 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,120,800.0 / 21.0 = 2.954E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{i2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,954,108.6 \times 874.4 = 2.228E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{c2} = E_s / n_2 = 205,000.0 / 21.0 = 9,761.905 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{i2} + k \cdot M_{i2} \cdot y_{cu,v2}/I_{i2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ = (1/21.0) \times (2,954,108.6/180,931.4 + -0.042 \times 2,228,490,201.0 \times 874.4/121,341,729,844.2) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.890 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{i2} + k \cdot M_{i2} \cdot y_{cl,v2}/I_{i2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ = (1/21.0) \times (2,954,108.6/180,931.4 + -0.042 \times 2,228,490,201.0 \times 874.4/121,341,729,844.2) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.881 \text{ MPa}$$

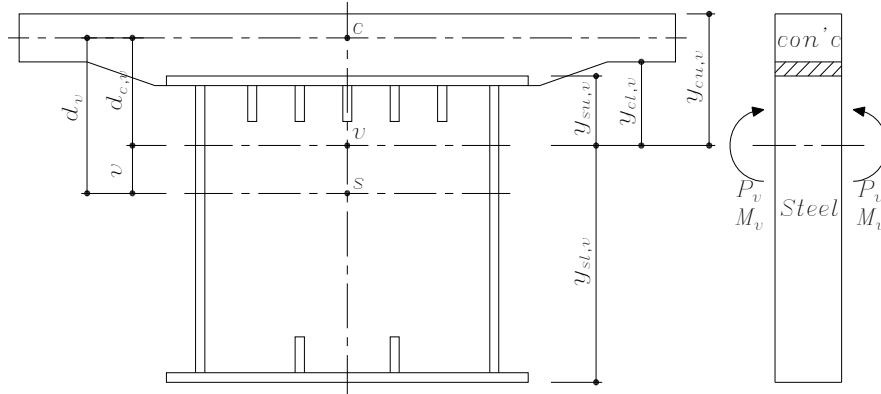
■ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v2}/I_{v2}$$

$$= 2,954,108.6/180,931.4 + -0.042 \times 2,228,490,201.0 \times 596.4/121,341,729,844.2 = 15.871 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v2}/I_{v2}$$

$$= 2,954,108.6/180,931.4 + -0.042 \times 2,228,490,201.0 \times -1,227.6/121,341,729,844.2 = 17.266 \text{ MPa}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

■ 온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

■ 바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,120,800.0 / 7.0 = 3.939\text{E}+06 \text{ N}$$

■ P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 3,938,811.4 \times 474.5 = 1.869\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

■ 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,t} = 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cu,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t$$

$$= (1/7.0) \times (3,938,811.4/287,674.3 + -0.042 \times 1,868,798,316.5 \times 594.5/160,059,107,877.1) - 27,804.0 \times 0.000120 = -1.422 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,t} = 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cl,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t$$

$$= (1/7.0) \times (3,938,811.4/287,674.3 + -0.042 \times 1,868,798,316.5 \times 354.5/160,059,107,877.1) - 27,804.0 \times 0.000120 = -1.405 \text{ MPa}$$

■ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_v$$

$$= 3,938,811.4/287,674.3 + -0.042 \times 1,868,798,316.5 \times 316.5/160,059,107,877.1 = 13.538 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_v$$

$$= 3,938,811.4/287,674.3 + -0.042 \times 1,868,798,316.5 \times -1,507.5/160,059,107,877.1 = 14.425 \text{ MPa}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 719.078 / 43,200.0 + 44.716 / 104,892,960.0 + 427.928 / 105,885,360.0 = 21.113 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 21.1 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 326.566 / 43,200.0 + 44.716 / 104,892,960.0 + 82.578 / 105,885,360.0 = 8.766 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 8.8 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 활하중 재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 721.040 / 43,200.0 + 44.716 / 104,892,960.0 + 461.843 / 105,885,360.0 = 21.479 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 21.5 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$b / 23.0 \cdot i \cdot n = 17.4 \text{ mm} > t_u = 12 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 46.0 \cdot i \cdot n = 8.7 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} < b / 23.0 \cdot i \cdot n = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7 \{ b / (t_u \cdot i \cdot n) - 23.0 \} = 166.4 \text{ MPa}$$

$$b / 80.0 \cdot i \cdot n = 5.0 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} \geq b / 46.0 \cdot i \cdot n = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000 \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \}^2 = 198.0 \text{ MPa}$$

$$f_{ca} = 215.0 \text{ MPa} \text{ (합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면, \pi 형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우)}$$

$$\therefore f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1)

$$f_{ca} = 0.40 f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$$

($f_{ck} = 27.0 \text{ MPa}$ 사용)

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

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	1.084	-1.084	208.042	215.000
1+2+3	1.710	1.020	10.800	10.800	7.457	-31.445	215.000	215.000
1+2+3+5	1.760	1.041	10.800	10.800	7.159	-31.767	247.250	215.000
1+2+3+5+6	-0.130	-0.841	1.890	1.890	23.029	-14.501	247.250	215.000
1+2+3+5+6+7	-1.552	-2.246	2.174	2.174	36.567	-0.075	279.500	247.250
1+2+3+5+6-7	1.292	0.564	12.420	12.420	9.492	-28.926	279.500	247.250
1+2+4	-0.038	-0.023	2.268	2.268	0.943	-0.413	258.000	258.000
1+2+3+0.5×4	1.727	1.030	13.500	13.500	7.519	-31.738	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5	1.777	1.051	13.500	13.500	7.220	-32.061	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6	-0.114	-0.831	2.363	2.363	23.091	-14.794	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-1.535	-2.236	2.552	2.552	36.629	-0.369	290.250	290.250
1+2+3+0.5×4+5+6-7	1.308	0.574	14.580	14.580	9.553	-29.219	290.250	290.250

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.000	0.000	0.029	0.029	0.029	0.029	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.001	0.021	0.029	0.029	0.030	0.050	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.001	0.022	0.029	0.029	0.029	0.050	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.009	0.005	0.029	0.029	0.037	0.033	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.017	0.000	0.029	0.029	0.046	0.029	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.001	0.014	0.029	0.029	0.030	0.042	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.000	0.000	0.003	0.003	0.003	0.003	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.001	0.014	0.019	0.019	0.020	0.033	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.001	0.014	0.019	0.019	0.020	0.033	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.007	0.003	0.019	0.019	0.026	0.022	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.016	0.000	0.019	0.019	0.035	0.019	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.001	0.010	0.019	0.019	0.020	0.029	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{36.567}{279.500} \right)^2 + \left(\frac{21.113}{125.000} \right)^2 = 0.017 + 0.029 = 0.046 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{-31.767}{215.000} \right)^2 + \left(\frac{21.113}{125.000} \right)^2 = 0.022 + 0.029 = 0.050 \leq 1.2 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 압축(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 119.0 / 16.0 = 7.4 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b/(80 \cdot i \cdot n) = 2,400.0 / (80 \times 1.0 \times 6) = 5.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$(\text{합성형 스테드 설치시}) \quad t_{min} = 10.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 인장(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1)

$$t_{min} = b/(206 \times 1.200) = 1,800.0 / (206 \times 1.200) = 7.3 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 1.084)} = 14.08 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

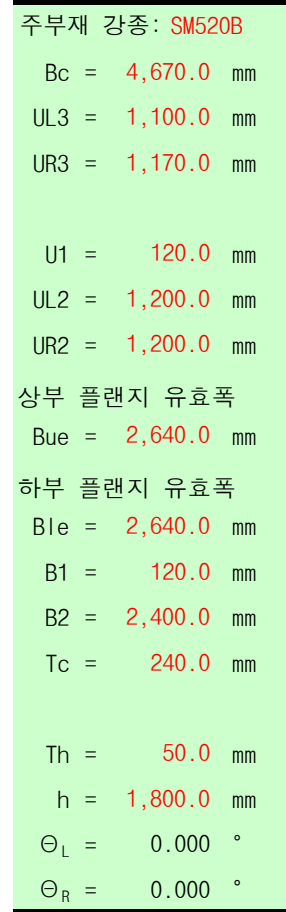
(12) 항복에 대한 안전도 검사

(도.설.기 3.9.3.2)

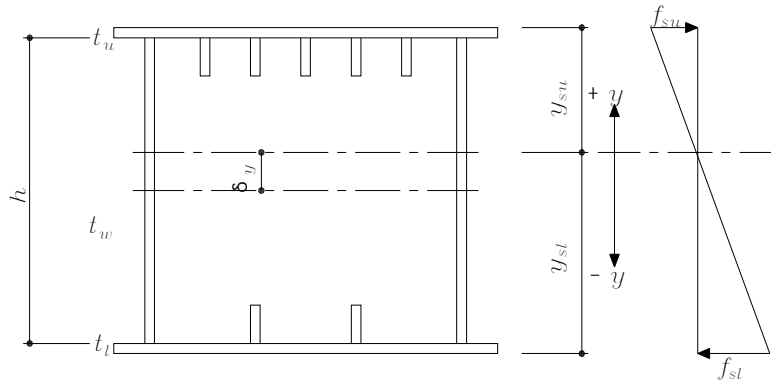
- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	1.410	-1.410	355.000	0.K !!
1+2+3	3.737	2.228	16.200	0.K !!	15.336	-67.754	355.000	0.K !!
1+2+3+7	5.159	3.634	16.200	0.K !!	28.874	-82.179	355.000	0.K !!
1+2+3+5	3.787	2.249	16.200	0.K !!	15.037	-68.076	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6	1.897	0.368	16.200	0.K !!	30.908	-50.810	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.475	-1.037	16.200	0.K !!	44.446	-36.385	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	3.319	1.773	16.200	0.K !!	17.370	-65.235	355.000	0.K !!
1+2+4	-0.059	-0.035	16.200	0.K !!	1.190	-0.361	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4	3.754	2.238	16.200	0.K !!	15.398	-68.047	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+7	2.332	0.833	16.200	0.K !!	28.936	-53.622	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	3.804	2.259	16.200	0.K !!	15.099	-68.370	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	1.914	0.378	16.200	0.K !!	30.970	-51.103	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.492	-1.027	16.200	0.K !!	44.508	-36.678	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	3.335	1.783	16.200	0.K !!	17.432	-65.529	355.000	0.K !!

1) 단면가정 및 설계조건



2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -4,820,640.0 / 132,840.0 = -36.289 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 1,800.0 / 2 + 12.0 - -36.289 = 948.289 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 1,800.0 / 2 + 14.0 + -36.289 \} = -877.711 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 11,704,358,840.0 + 70,702,316,520.0 - 132,840.0 \times -36.289^2 = 8.223\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = 2,430.890 \times 948.3 / 82,231,738,819.7 = 28.033 \text{ MPa}$$

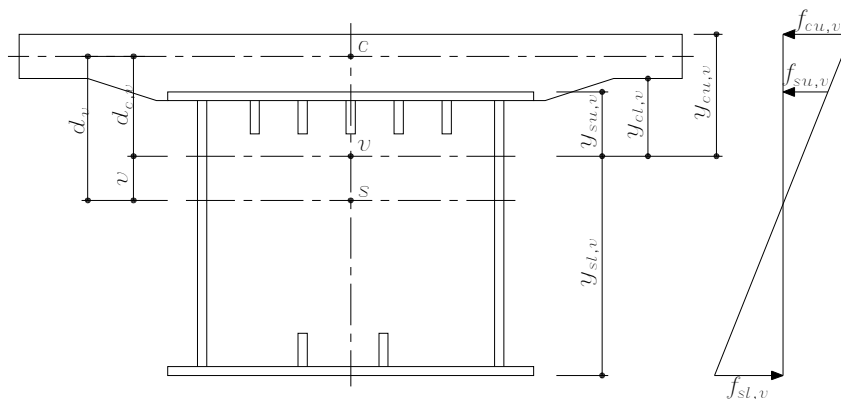
$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = 2,430.890 \times -877.7 / 82,231,738,819.7 = -25.946 \text{ MPa}$$

- 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = 4.373\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) = 638.819 / 43,200.0 + 529.038 / (2 \times 4,372,960.0 \times 12.0) = 19.828 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,120,800.0 / 7.0 = 160,114.3 \text{ mm}^2$$

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 5,379,840,000.0 / 7.0 = 7.685E+08 \text{ mm}^4$$

▪ 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_{cn1} = 132,840.0 + 160,114.3 = 292,954.3 \text{ mm}^2$$

▪ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 948.3 - 12.0 + 50.0 + 240.0/2 = 1,106.3 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_{cn1} \times d_v / A_v = 160,114.3 \times 1,106.3 / 292,954.3 = 604.6 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v} = d_v - v = 1,106.3 - 604.6 = 501.6 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = I_s + A_s \cdot v^2 + I_{cn1} + A_{cn1} \cdot d_{c,v}^2 = 82,231,738,819.7 + 132,840.0 \times 604.6^2 + 768,548,571.4 + 160,114.3 \times 501.6^2 = 1.719E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 948.3 - 604.6 = 343.6 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -877.7 - 604.6 = -1,482.4 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 콘크리트 바닥판 상·하연까지의 거리

$$y_{cu,v} = d_{c,v} + T_c / 2 = 501.6 + 240.0 / 2 = 621.6 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v} = y_{cu,v} - T_c = 621.6 - 240.0 = 381.6 \text{ mm}$$

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v = 919.236 \times 343.6 / 171,858,246,943.5 = 1.838 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v = 919.236 \times -1,482.4 / 171,858,246,943.5 = -7.929 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 919.236 \times 621.6 / (171,858,246,943.5 \times 7.0) = 0.475 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 919.236 \times 381.6 / (171,858,246,943.5 \times 7.0) = 0.292 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$F_v = 4.414E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc}/A_w + M_{sc}/(2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 269.935 / 43,200.0 + 111.398 / (2 \times 4,414,300.0 \times 12.0) = 7.300 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v = 2,991.250 \times 343.6 / 171,858,246,943.5 = 5.981 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v = 2,991.250 \times -1,482.4 / 171,858,246,943.5 = -25.801 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 2,991.250 \times 621.6 / (171,858,246,943.5 \times 7.0) = 1.546 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 2,991.250 \times 381.6 / (171,858,246,943.5 \times 7.0) = 0.949 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$u = V_v/A_w + M_{vt}/(2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 510.284 / 43,200.0 + 966.724 / (2 \times 4,414,300.0 \times 12.0) = 20.937 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응력 검토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_v = 39.097 \times 343.6 / 171,858,246,943.5 = 0.078 \text{ MPa}$$

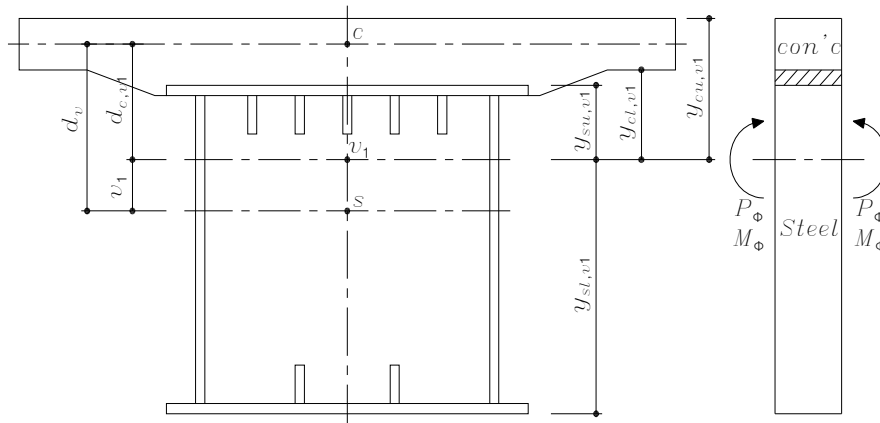
$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_v = 39.097 \times -1,482.4 / 171,858,246,943.5 = -0.337 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 39.097 \times 621.6 / (171,858,246,943.5 \times 7.0) = 0.020 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 39.097 \times 381.6 / (171,858,246,943.5 \times 7.0) = 0.012 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$\begin{aligned} u &= V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 2.629 / 43,200.0 + 252.942 / (2 \times 4,414,300.0 \times 12.0) = 2.448 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

■ 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = 0.067 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 7.0 \times (1 + 2.0 / 2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_c / n_1 = 132,840.0 + 1,120,800.0 / 14.0 = 2.129 \times 10^5 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_c / n_1) \times d_v / A_{v1} = (1,120,800.0 / 14.0) \times 1,106.3 / 212,897.1 = 416.0 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v - v_1 = 1,106.3 - 416.0 = 690.3 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v_1^2) + (I_c / n_1 + A_c / n_1 \cdot d_{c,v1}^2)$$

$$\begin{aligned} &= (82,231,738,819.7 + 132,840.0 \times 416.0^2) + (5,379,840,000.0 / 14.0 \\ &\quad + 1,120,800.0 / 14.0 \times 690.3^2) = 1.438 \times 10^{11} \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

■ 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v1} = y_{su} - v_1 = 948.3 - 416.0 = 532.3 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v1} = y_{sl} - v_1 = -877.7 - 416.0 = -1,293.7 \text{ mm}$$

■ 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v1} = d_{c,v1} + T_c / 2 = 690.3 + 240.0 / 2 = 810.3 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v1} = y_{cu,v1} - T_c = 810.3 - 240.0 = 570.3 \text{ mm}$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v} \cdot A_{c1} / (n \cdot I_v) = 919.2 \times 501.6 \times 1,120,800.0 / (7.0 \times 171,858,246,943.5) = 4.296E+05 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 429,619.9 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = 4.296E+05 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = 429,619.9 \times 690.3 = 2.966E+08 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 27,804.0 / (1 + 2.0 / 2) = 13,902.000 \text{ MPa}$$

- 2차 고정하중에 의한 합성단면에서 콘크리트 바닥판 상·하면 응력

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 919.236 \times 621.6 / (171,858,246,943.5 \times 7.0) = 0.475 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / (I_v \cdot n) = 919.236 \times 381.6 / (171,858,246,943.5 \times 7.0) = 0.292 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

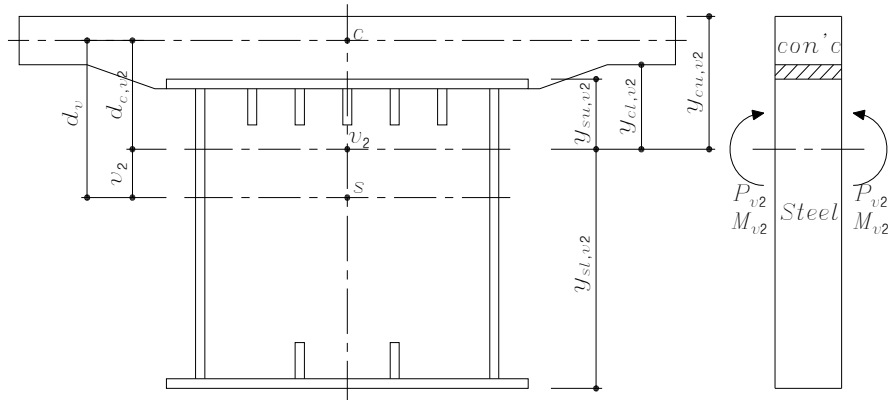
$$f_{cu,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cu,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu,v} \cdot \phi_1 / E_c = (1/14.0) \times (429,619.9/212,897.1 + 0.067 \times 296,559,620.3 \times 810.3/143,751,920,617.7) - 13,902.0 \times 0.475 \times 2.0/27,804.0 = -0.323 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cl,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl,v} \cdot \phi_1 / E_c = (1/14.0) \times (429,619.9/212,897.1 + 0.067 \times 296,559,620.3 \times 570.3/143,751,920,617.7) - 13,902.0 \times 0.292 \times 2.0/27,804.0 = -0.142 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v1} / I_{v1} = 429,619.9/212,897.1 + 0.067 \times 296,559,620.3 \times 532.3/143,751,920,617.7 = 2.091 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v1} / I_{v1} = 429,619.9/212,897.1 + 0.067 \times 296,559,620.3 \times -1,293.7/143,751,920,617.7 = 1.840 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 ϕ_2 는 $\phi_2 = 2 \cdot \phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{i2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 132,840.0 + 1,120,800.0 / 21.0 = 1.862E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{i2} = (1,120,800.0/21.0) \times 1,106.3 / 186,211.4 = 317.1 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,106.3 - 317.1 = 789.2 \text{ mm}$$

$$I_{i2} = (I_s + A_s \cdot v_2^2) + (I_{c1}/n_2 + A_{c1}/n_2 \cdot d_{c,v2}^2) \\ = (82,231,738,819.7 + 132,840.0 \times 317.1^2) + (5,379,840,000.0/21.0 + 1,120,800.0/21.0 \times 789.2^2) = 1.291E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v2} = y_{su} - v_2 = 948.3 - 317.1 = 631.2 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v2} = y_{sl} - v_2 = -877.7 - 317.1 = -1,194.8 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v2} = d_{c,v2} + T_c / 2 = 789.2 + 240.0 / 2 = 909.2 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v2} = y_{cu,v2} - T_c = 909.2 - 240.0 = 669.2 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,120,800.0 / 21.0 = 2.954E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{i2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,954,108.6 \times 909.2 = 2.331E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{c2} = E_s / n_2 = 205,000.0 / 21.0 = 9,761.905 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

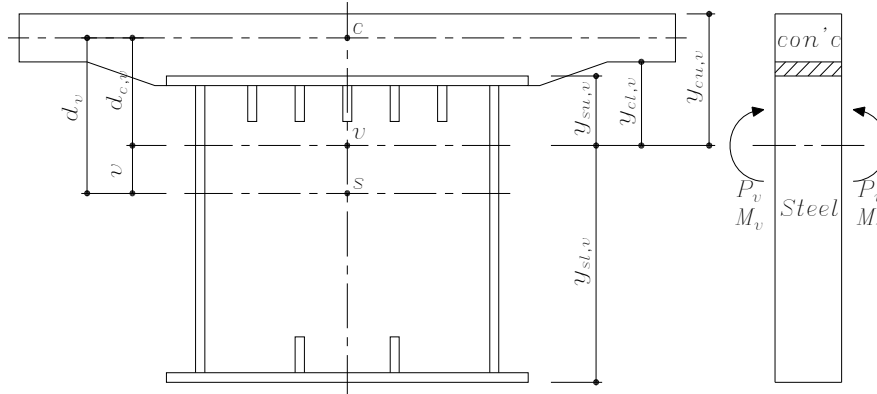
$$f_{cu,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{i2} + k \cdot M_{i2} \cdot y_{cu,v2}/I_{i2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ = (1/21.0) \times (2,954,108.6/186,211.4 + 0.067 \times 2,331,404,386.3 \times 909.2/129,086,064,211.9) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.828 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{i2} + k \cdot M_{i2} \cdot y_{cl,v2}/I_{i2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ = (1/21.0) \times (2,954,108.6/186,211.4 + 0.067 \times 2,331,404,386.3 \times 909.2/129,086,064,211.9) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.842 \text{ MPa}$$

■ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v2}/I_{v2} \\ = 2,954,108.6/186,211.4 + 0.067 \times 2,331,404,386.3 \times 631.2/129,086,064,211.9 = 16.623 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v2}/I_{v2} \\ = 2,954,108.6/186,211.4 + 0.067 \times 2,331,404,386.3 \times -1,194.8/129,086,064,211.9 = 14.428 \text{ MPa}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

■ 온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

■ 바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,120,800.0 / 7.0 = 3.939\text{E}+06 \text{ N}$$

■ P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 3,938,811.4 \times 501.6 = 1.976\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

■ 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,t} = 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cu,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t \\ = (1/7.0) \times (3,938,811.4/292,954.3 + 0.067 \times 1,975,890,267.0 \times 621.6/171,858,246,943.5) \\ - 27,804.0 \times 0.000120 = -1.348 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,t} = 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cl,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t \\ = (1/7.0) \times (3,938,811.4/292,954.3 + 0.067 \times 1,975,890,267.0 \times 381.6/171,858,246,943.5) \\ - 27,804.0 \times 0.000120 = -1.374 \text{ MPa}$$

■ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_v \\ = 3,938,811.4/292,954.3 + 0.067 \times 1,975,890,267.0 \times 343.6/171,858,246,943.5 = 13.708 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_v \\ = 3,938,811.4/292,954.3 + 0.067 \times 1,975,890,267.0 \times -1,482.4/171,858,246,943.5 = 12.311 \text{ MPa}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 1,419.038 / 43,200.0 + 529.038 / 104,951,040.0 + 1,078.122 / 105,943,200.0 = 48.065 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 48.1 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 911.383 / 43,200.0 + 529.038 / 104,951,040.0 + 364.340 / 105,943,200.0 = 29.577 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 29.6 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 활하중 재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 1,420.352 / 43,200.0 + 529.038 / 104,951,040.0 + 1,204.593 / 105,943,200.0 = 49.290 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 49.3 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$b / 23.0 \cdot i \cdot n = 17.4 \text{ mm} > t_u = 12 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 46.0 \cdot i \cdot n = 8.7 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} < b / 23.0 \cdot i \cdot n = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7 \{ b / (t_u \cdot i \cdot n) - 23.0 \} = 166.4 \text{ MPa}$$

$$b / 80.0 \cdot i \cdot n = 5.0 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} \geq b / 46.0 \cdot i \cdot n = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000 \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \}^2 = 198.0 \text{ MPa}$$

$$f_{ca} = 215.0 \text{ MPa} \text{ (합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면, \pi 형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우)}$$

$$\therefore f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1)

$$f_{ca} = 0.40 f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$$

($f_{ck} = 27.0 \text{ MPa}$ 사용)

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

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	28.033	-25.946	208.042	215.000
1+2+3	2.021	1.241	10.800	10.800	35.852	-59.676	215.000	215.000
1+2+3+5	1.698	1.099	10.800	10.800	37.943	-57.836	247.250	215.000
1+2+3+5+6	-0.130	-0.743	1.890	1.890	54.566	-43.408	247.250	215.000
1+2+3+5+6+7	-1.478	-2.117	2.174	2.174	68.274	-31.097	279.500	247.250
1+2+3+5+6-7	1.217	0.631	12.420	12.420	40.858	-55.718	279.500	247.250
1+2+4	0.495	0.304	12.960	12.960	29.949	-34.212	258.000	258.000
1+2+3+0.5×4	2.031	1.247	13.500	13.500	35.891	-59.845	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5	1.708	1.105	13.500	13.500	37.982	-58.004	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6	-0.120	-0.737	2.363	2.363	54.605	-43.576	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-1.468	-2.111	2.552	2.552	68.313	-31.265	290.250	290.250
1+2+3+0.5×4+5+6-7	1.227	0.637	14.580	14.580	40.897	-55.887	290.250	290.250

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.018	0.015	0.148	0.148	0.166	0.162	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.028	0.077	0.148	0.148	0.176	0.225	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.024	0.072	0.148	0.148	0.171	0.220	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.049	0.041	0.148	0.148	0.197	0.189	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.060	0.016	0.148	0.148	0.208	0.164	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.021	0.051	0.148	0.148	0.169	0.199	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.013	0.018	0.039	0.039	0.052	0.056	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.018	0.050	0.100	0.100	0.117	0.149	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.020	0.047	0.100	0.100	0.119	0.146	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.041	0.026	0.100	0.100	0.141	0.126	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.055	0.012	0.100	0.100	0.155	0.111	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.020	0.037	0.100	0.100	0.119	0.137	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{68.274}{279.500} \right)^2 + \left(\frac{48.065}{125.000} \right)^2 = 0.060 + 0.148 = 0.208 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{-59.676}{215.000} \right)^2 + \left(\frac{48.065}{125.000} \right)^2 = 0.077 + 0.148 = 0.225 \leq 1.2 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 압축(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 119.0 / 16.0 = 7.4 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b/(80 \cdot i \cdot n) = 2,400.0 / (80 \times 1.0 \times 6) = 5.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$(\text{합성형 스티드 설치시}) \quad t_{min} = 10.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 인장(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 14.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1)

$$t_{min} = b/(206 \times 1.200) = 1,800.0 / (206 \times 1.200) = 7.3 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 28.033)} = 2.77 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

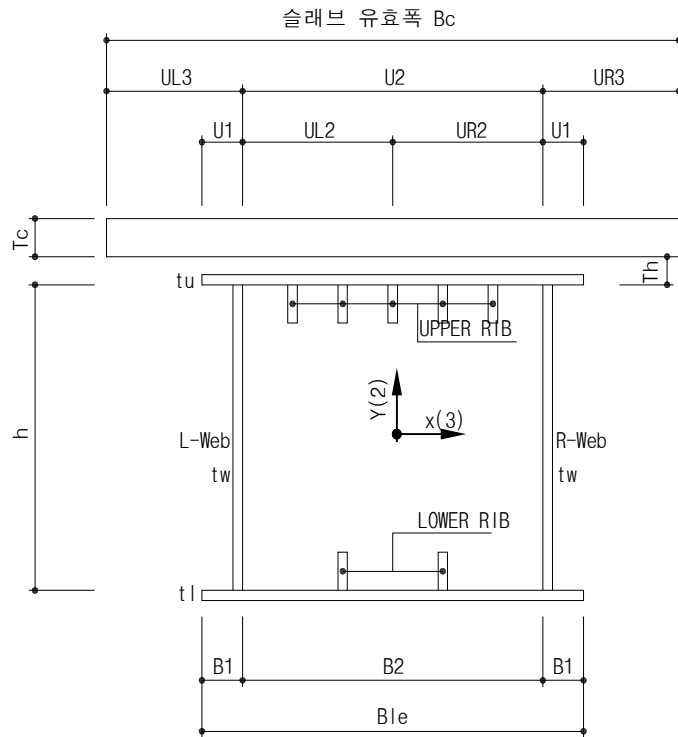
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	36.443	-33.730	355.000	0.K !!
1+2+3	3.941	2.419	16.200	0.K !!	51.692	-99.510	355.000	0.K !!
1+2+3+7	5.289	3.793	16.200	0.K !!	65.400	-111.821	355.000	0.K !!
1+2+3+5	3.618	2.277	16.200	0.K !!	53.783	-97.669	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6	1.790	0.436	16.200	0.K !!	70.406	-83.241	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.442	-0.939	16.200	0.K !!	84.114	-70.930	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	3.137	1.810	16.200	0.K !!	56.698	-95.552	355.000	0.K !!
1+2+4	0.638	0.392	16.200	0.K !!	38.910	-44.375	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4	3.951	2.426	16.200	0.K !!	51.731	-99.678	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+7	2.603	1.052	16.200	0.K !!	65.439	-87.367	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	3.628	2.284	16.200	0.K !!	53.822	-97.838	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	1.800	0.442	16.200	0.K !!	70.445	-83.410	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.452	-0.932	16.200	0.K !!	84.153	-71.099	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	3.148	1.816	16.200	0.K !!	56.737	-95.721	355.000	0.K !!

[G1 : SPLICE - 13] : 절점 21 로 부터 이격거리 3.120 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM520B

Bc = 4,500.0 mm

UL3 = 1,000.0 mm

UR3 = 1,100.0 mm

U1 = 120.0 mm

UL2 = 1,200.0 mm

UR2 = 1,200.0 mm

상부 플랜지 유효폭

Bue = 2,640.0 mm

하부 플랜지 유효폭

Ble = 2,640.0 mm

B1 = 120.0 mm

B2 = 2,400.0 mm

Tc = 240.0 mm

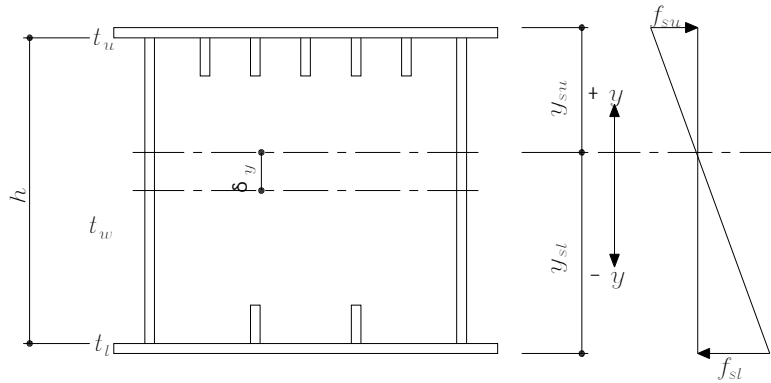
Th = 50.0 mm

h = 1,800.0 mm

$\Theta_L = 0.000^\circ$

$\Theta_R = 0.000^\circ$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = 5,197,500.0 / 121,260.0 = 42.862 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 1,800.0 / 2 + 12.0 - 42.862 = 869.138 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 1,800.0 / 2 + 12.0 + 42.862 \} = -954.862 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 11,692,322,820.0 + 62,013,356,460.0 - 121,260.0 \times 42.862^2 = 7.348E+10 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = 6,330.140 \times 869.1 / 73,482,901,725.6 = 74.871 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = 6,330.140 \times -954.9 / 73,482,901,725.6 = -82.256 \text{ MPa}$$

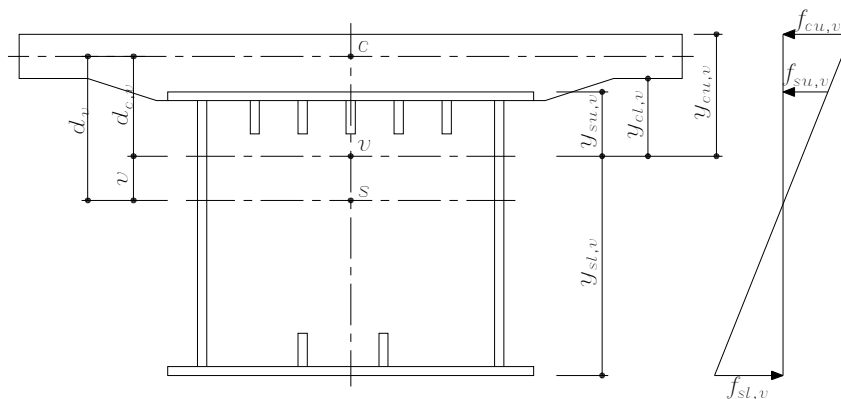
- 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = 4.371E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 253.746 / 43,200.0 + 286.606 / (2 \times 4,370,540.0 \times 12.0) = 8.606 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,080,000.0 / 7.0 = 154,285.7 \text{ mm}^2$$

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 5,184,000,000.0 / 7.0 = 7.406E+08 \text{ mm}^4$$

▪ 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_{cn1} = 121,260.0 + 154,285.7 = 275,545.7 \text{ mm}^2$$

▪ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 869.1 - 12.0 + 50.0 + 240.0/2 = 1,027.1 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_{cn1} \times d_v / A_v = 154,285.7 \times 1,027.1 / 275,545.7 = 575.1 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v} = d_v - v = 1,027.1 - 575.1 = 452.0 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = I_s + A_s \cdot v^2 + I_{cn1} + A_{cn1} \cdot d_{c,v}^2 = 73,482,901,725.6 + 121,260.0 \times 575.1^2 + 740,571,428.6 + 154,285.7 \times 452.0^2 = 1.459E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 869.1 - 575.1 = 294.0 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -954.9 - 575.1 = -1,530.0 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 콘크리트 바닥판 상·하연까지의 거리

$$y_{cu,v} = d_{c,v} + T_c / 2 = 452.0 + 240.0 / 2 = 572.0 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v} = y_{cu,v} - T_c = 572.0 - 240.0 = 332.0 \text{ mm}$$

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v = 2,442.680 \times 294.0 / 145,855,433,460.9 = 4.924 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v = 2,442.680 \times -1,530.0 / 145,855,433,460.9 = -25.623 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 2,442.680 \times 572.0 / (145,855,433,460.9 \times 7.0) = 1.369 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 2,442.680 \times 332.0 / (145,855,433,460.9 \times 7.0) = 0.794 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$F_v = 4.412E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{sc} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 110.026 / 43,200.0 + 53.947 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 3.056 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v = 4,329.610 \times 294.0 / 145,855,433,460.9 = 8.728 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v = 4,329.610 \times -1,530.0 / 145,855,433,460.9 = -45.416 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 4,329.610 \times 572.0 / (145,855,433,460.9 \times 7.0) = 2.426 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 4,329.610 \times 332.0 / (145,855,433,460.9 \times 7.0) = 1.408 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 400.978 / 43,200.0 + 527.790 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 14.266 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응력 검토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_v = 60.860 \times 294.0 / 145,855,433,460.9 = 0.123 \text{ MPa}$$

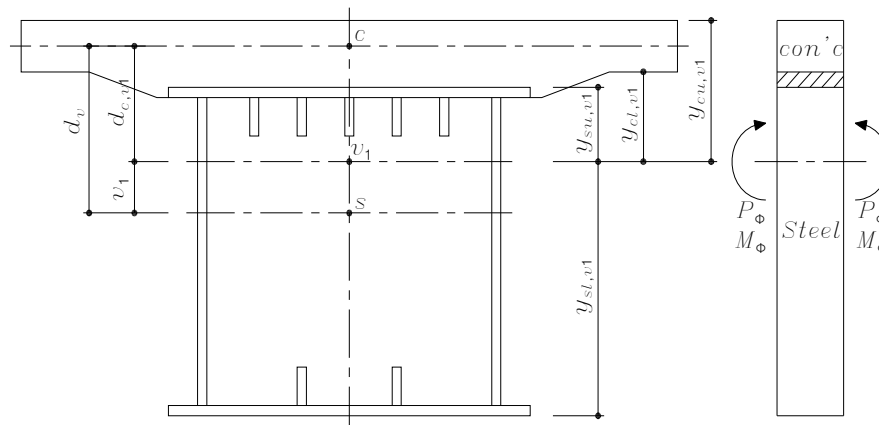
$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_v = 60.860 \times -1,530.0 / 145,855,433,460.9 = -0.638 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 60.860 \times 572.0 / (145,855,433,460.9 \times 7.0) = 0.034 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 60.860 \times 332.0 / (145,855,433,460.9 \times 7.0) = 0.020 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$\begin{aligned} u &= V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 2.348 / 43,200.0 + 64.265 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 0.661 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = -0.006 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 7.0 \times (1 + 2.0 / 2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_c / n_1 = 121,260.0 + 1,080,000.0 / 14.0 = 1.984 \times 10^5 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_c / n_1) \times d_v / A_{v1} = (1,080,000.0 / 14.0) \times 1,027.1 / 198,402.9 = 399.4 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v - v_1 = 1,027.1 - 399.4 = 627.8 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v_1^2) + (I_c / n_1 + A_c / n_1 \cdot d_{c,v1}^2)$$

$$\begin{aligned} &= (73,482,901,725.6 + 121,260.0 \times 399.4^2) + (5,184,000,000.0 / 14.0 \\ &\quad + 1,080,000.0 / 14.0 \times 627.8^2) = 1.236 \times 10^{11} \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v1} = y_{su} - v_1 = 869.1 - 399.4 = 469.8 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v1} = y_{sl} - v_1 = -954.9 - 399.4 = -1,354.2 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v1} = d_{c,v1} + T_c / 2 = 627.8 + 240.0 / 2 = 747.8 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v1} = y_{cu,v1} - T_c = 747.8 - 240.0 = 507.8 \text{ mm}$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v} \cdot A_{c1} / (n \cdot I_v) = 2,442.7 \times 452.0 \times 1,080,000.0 / (7.0 \times 145,855,433,460.9) = 1.168E+06 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 1,167,944.5 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = 1.168E+06 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = 1,167,944.5 \times 627.8 = 7.332E+08 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 27,804.0 / (1 + 2.0 / 2) = 13,902.000 \text{ MPa}$$

- 2차 고정하중에 의한 합성단면에서 콘크리트 바닥판 상·하연 응력

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 2,442.680 \times 572.0 / (145,855,433,460.9 \times 7.0) = 1.369 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / (I_v \cdot n) = 2,442.680 \times 332.0 / (145,855,433,460.9 \times 7.0) = 0.794 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

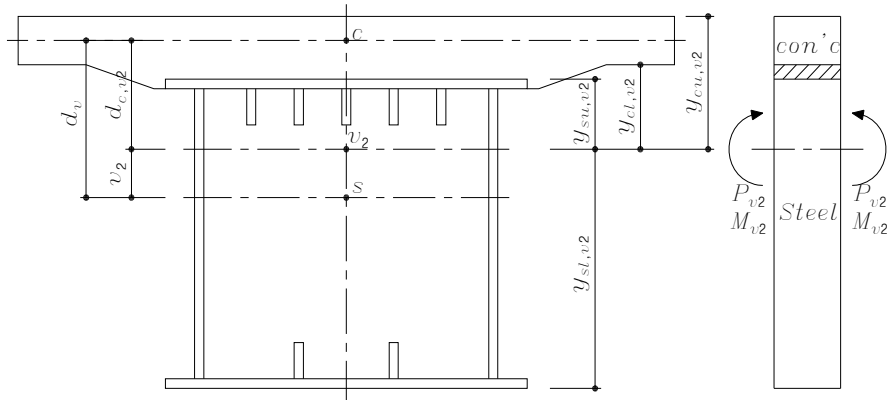
$$f_{cu,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cu,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu,v} \cdot \phi_1 / E_c = (1/14.0) \times (1,167,944.5/198,402.9 + -0.006 \times 733,196,600.3 \times 747.8/123,595,111,403.6) - 13,902.0 \times 1.369 \times 2.0/27,804.0 = -0.950 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cl,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl,v} \cdot \phi_1 / E_c = (1/14.0) \times (1,167,944.5/198,402.9 + -0.006 \times 733,196,600.3 \times 507.8/123,595,111,403.6) - 13,902.0 \times 0.794 \times 2.0/27,804.0 = -0.375 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v1} / I_{v1} = 1,167,944.5/198,402.9 + -0.006 \times 733,196,600.3 \times 469.8/123,595,111,403.6 = 5.870 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v1} / I_{v1} = 1,167,944.5/198,402.9 + -0.006 \times 733,196,600.3 \times -1,354.2/123,595,111,403.6 = 5.935 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 ϕ_2 는 $\phi_2 = 2 \cdot \phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{i2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 121,260.0 + 1,080,000.0 / 21.0 = 1.727E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{i2} = (1,080,000.0/21.0) \times 1,027.1 / 172,688.6 = 305.9 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,027.1 - 305.9 = 721.2 \text{ mm}$$

$$I_{i2} = (I_s + A_s \cdot v_2^2) + (I_c/n_2 + A_c/n_2 \cdot d_{c,v2}^2) \\ = (73,482,901,725.6 + 121,260.0 \times 305.9^2) + (5,184,000,000.0/21.0 + 1,080,000.0/21.0 \times 721.2^2) = 1.118E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v2} = y_{su} - v_2 = 869.1 - 305.9 = 563.2 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v2} = y_{sl} - v_2 = -954.9 - 305.9 = -1,260.8 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v2} = d_{c,v2} + T_c / 2 = 721.2 + 240.0 / 2 = 841.2 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v2} = y_{cu,v2} - T_c = 841.2 - 240.0 = 601.2 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,080,000.0 / 21.0 = 2.847E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{i2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,846,571.4 \times 841.2 = 2.053E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{c2} = E_s / n_2 = 205,000.0 / 21.0 = 9,761.905 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{i2} + k \cdot M_{i2} \cdot y_{cu,v2}/I_{i2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ = (1/21.0) \times (2,846,571.4/172,688.6 + -0.006 \times 2,053,074,277.6 \times 841.2/111,828,940,350.9) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.855 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{i2} + k \cdot M_{i2} \cdot y_{cl,v2}/I_{i2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ = (1/21.0) \times (2,846,571.4/172,688.6 + -0.006 \times 2,053,074,277.6 \times 841.2/111,828,940,350.9) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.854 \text{ MPa}$$

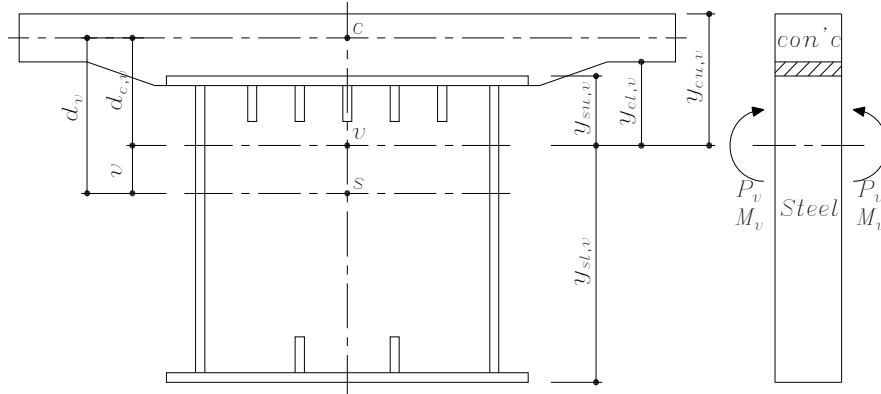
■ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v2}/I_{v2}$$

$$= 2,846,571.4/172,688.6 + -0.006 \times 2,053,074,277.6 \times 563.2/111,828,940,350.9 = 16.422 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v2}/I_{v2}$$

$$= 2,846,571.4/172,688.6 + -0.006 \times 2,053,074,277.6 \times -1,260.8/111,828,940,350.9 = 16.622 \text{ MPa}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

■ 온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

■ 바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,080,000.0 / 7.0 = 3.795\text{E}+06 \text{ N}$$

■ P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 3,795,428.6 \times 452.0 = 1.716\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

■ 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,t} = 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cu,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t$$

$$= (1/7.0) \times (3,795,428.6/275,545.7 + -0.006 \times 1,715,589,322.8 \times 572.0/145,855,433,460.9) - 27,804.0 \times 0.000120 = -1.374 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,t} = 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cl,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t$$

$$= (1/7.0) \times (3,795,428.6/275,545.7 + -0.006 \times 1,715,589,322.8 \times 332.0/145,855,433,460.9) - 27,804.0 \times 0.000120 = -1.372 \text{ MPa}$$

■ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_v$$

$$= 3,795,428.6/275,545.7 + -0.006 \times 1,715,589,322.8 \times 294.0/145,855,433,460.9 = 13.754 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_v$$

$$= 3,795,428.6/275,545.7 + -0.006 \times 1,715,589,322.8 \times -1,530.0/145,855,433,460.9 = 13.882 \text{ MPa}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 764.750 / 43,200.0 + 286.606 / 104,892,960.0 + 581.737 / 105,885,360.0 = 25.929 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 25.9 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 366.120 / 43,200.0 + 286.606 / 104,892,960.0 + 118.212 / 105,885,360.0 = 12.324 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 12.3 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 활하중 재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 765.924 / 43,200.0 + 286.606 / 104,892,960.0 + 613.869 / 105,885,360.0 = 26.260 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 26.3 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)
 f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)
 i : 응력구배계수
 n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$b / 23.0 \cdot i \cdot n = 17.4 \text{ mm} > t_u = 12 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 46.0 \cdot i \cdot n = 8.7 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} < b / 23.0 \cdot i \cdot n = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7 \{ b / (t_u \cdot i \cdot n) - 23.0 \} = 166.4 \text{ MPa}$$

$$b / 80.0 \cdot i \cdot n = 5.0 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} \geq b / 46.0 \cdot i \cdot n = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000 \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \}^2 = 198.0 \text{ MPa}$$

$$f_{ca} = 215.0 \text{ MPa} \text{ (합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면, \pi 형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우)}$$

$$\therefore f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1)

$$f_{ca} = 0.40 f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$$

($f_{ck} = 27.0 \text{ MPa}$ 사용)

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

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	74.871	-82.256	208.042	215.000
1+2+3	3.794	2.202	10.800	10.800	88.523	-153.296	215.000	215.000
1+2+3+5	2.844	1.827	10.800	10.800	94.393	-147.361	247.250	215.000
1+2+3+5+6	0.989	-0.027	10.800	1.890	110.815	-130.739	247.250	215.000
1+2+3+5+6+7	-0.385	-1.399	2.174	2.174	124.569	-116.857	279.500	247.250
1+2+3+5+6-7	2.364	1.345	12.420	12.420	97.061	-144.620	279.500	247.250
1+2+4	1.403	0.814	12.960	12.960	79.918	-108.518	258.000	258.000
1+2+3+0.5×4	3.811	2.212	13.500	13.500	88.584	-153.615	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5	2.861	1.837	13.500	13.500	94.454	-147.680	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6	1.006	-0.017	13.500	2.363	110.876	-131.058	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-0.368	-1.389	2.552	2.552	124.630	-117.176	290.250	290.250
1+2+3+0.5×4+5+6-7	2.381	1.355	14.580	14.580	97.123	-144.940	290.250	290.250

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.130	0.146	0.043	0.043	0.173	0.189	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.170	0.508	0.043	0.043	0.213	0.551	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.146	0.470	0.043	0.043	0.189	0.513	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.201	0.370	0.043	0.043	0.244	0.413	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.199	0.223	0.043	0.043	0.242	0.266	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.121	0.342	0.043	0.043	0.164	0.385	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.096	0.177	0.007	0.007	0.103	0.184	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.109	0.327	0.028	0.028	0.137	0.355	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.124	0.302	0.028	0.028	0.152	0.330	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.170	0.238	0.028	0.028	0.198	0.266	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.184	0.163	0.028	0.028	0.213	0.191	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.112	0.249	0.028	0.028	0.140	0.278	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{110.815}{247.250} \right)^2 + \left(\frac{25.929}{125.000} \right)^2 = 0.201 + 0.043 = 0.244 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{-153.296}{215.000} \right)^2 + \left(\frac{25.929}{125.000} \right)^2 = 0.508 + 0.043 = 0.551 \leq 1.2 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 압축(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 119.0 / 16.0 = 7.4 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b/(80 \cdot i \cdot n) = 2,400.0 / (80 \times 1.0 \times 6) = 5.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$(\text{합성형 스티드 설치시}) \quad t_{min} = 10.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 인장(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1)

$$t_{min} = b/(206 \times 1.200) = 1,800.0 / (206 \times 1.200) = 7.3 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 74.871)} = 1.69 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

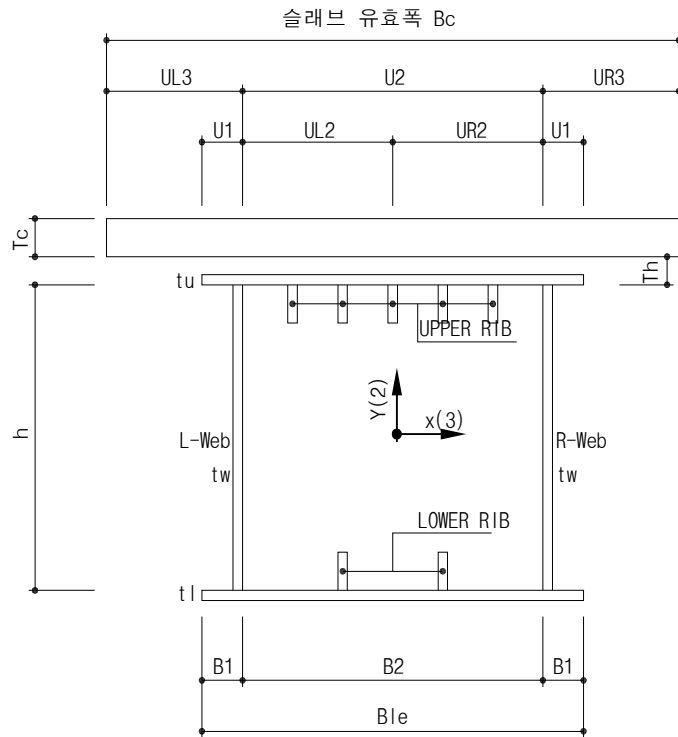
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	97.333	-106.933	355.000	0.K !!
1+2+3	6.994	4.060	16.200	0.K !!	122.498	-237.888	355.000	0.K !!
1+2+3+7	8.369	5.432	16.200	0.K !!	136.252	-251.770	355.000	0.K !!
1+2+3+5	6.044	3.685	16.200	0.K !!	128.368	-231.954	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6	4.189	1.831	16.200	0.K !!	144.790	-215.331	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	2.815	0.459	16.200	0.K !!	158.544	-201.450	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	5.564	3.203	16.200	0.K !!	131.037	-229.213	355.000	0.K !!
1+2+4	1.813	1.052	16.200	0.K !!	103.857	-140.881	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4	7.011	4.070	16.200	0.K !!	122.560	-238.207	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+7	5.637	2.698	16.200	0.K !!	136.313	-224.326	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	6.061	3.694	16.200	0.K !!	128.430	-232.273	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	4.206	1.841	16.200	0.K !!	144.852	-215.651	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	2.832	0.468	16.200	0.K !!	158.605	-201.769	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	5.581	3.213	16.200	0.K !!	131.098	-229.532	355.000	0.K !!

[G1 : SPLICE - 14] : 절점 23 로 부터 이격거리 4.368 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM520B

Bc = 4,500.0 mm

UL3 = 1,000.0 mm

UR3 = 1,100.0 mm

U1 = 120.0 mm

UL2 = 1,200.0 mm

UR2 = 1,200.0 mm

상부 플랜지 유효폭

Bue = 2,640.0 mm

하부 플랜지 유효폭

Ble = 2,640.0 mm

B1 = 120.0 mm

B2 = 2,400.0 mm

Tc = 240.0 mm

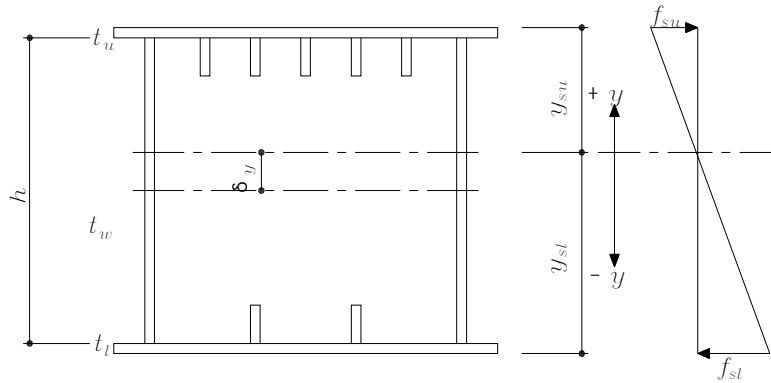
Th = 50.0 mm

h = 1,800.0 mm

$\Theta_L = 0.000^\circ$

$\Theta_R = 0.000^\circ$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = 5,197,500.0 / 121,260.0 = 42.862 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 1,800.0 / 2 + 12.0 - 42.862 = 869.138 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 1,800.0 / 2 + 12.0 + 42.862 \} = -954.862 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 11,692,322,820.0 + 62,013,356,460.0 - 121,260.0 \times 42.862^2 = 7.348E+10 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = 6,542.780 \times 869.1 / 73,482,901,725.6 = 77.386 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = 6,542.780 \times -954.9 / 73,482,901,725.6 = -85.019 \text{ MPa}$$

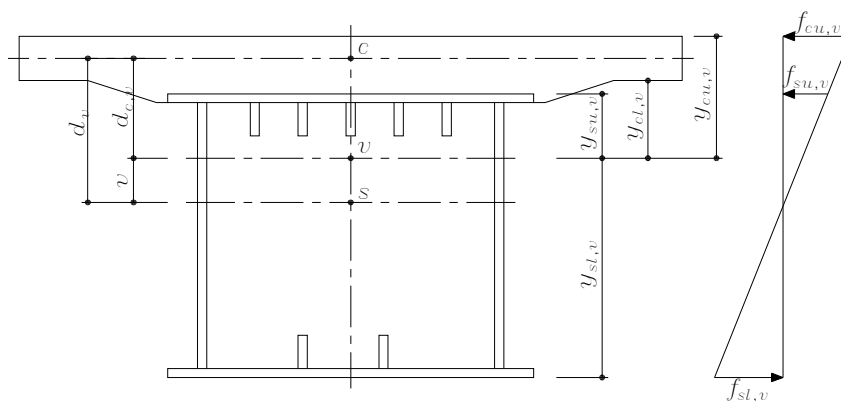
- 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = 4.371E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 221.250 / 43,200.0 + 133.600 / (2 \times 4,370,540.0 \times 12.0) = 6.395 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,080,000.0 / 7.0 = 154,285.7 \text{ mm}^2$$

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 5,184,000,000.0 / 7.0 = 7.406E+08 \text{ mm}^4$$

▪ 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_{cn1} = 121,260.0 + 154,285.7 = 275,545.7 \text{ mm}^2$$

▪ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 869.1 - 12.0 + 50.0 + 240.0/2 = 1,027.1 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_{cn1} \times d_v / A_v = 154,285.7 \times 1,027.1 / 275,545.7 = 575.1 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v} = d_v - v = 1,027.1 - 575.1 = 452.0 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = I_s + A_s \cdot v^2 + I_{cn1} + A_{cn1} \cdot d_{c,v}^2 = 73,482,901,725.6 + 121,260.0 \times 575.1^2 + 740,571,428.6 + 154,285.7 \times 452.0^2 = 1.459E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 869.1 - 575.1 = 294.0 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -954.9 - 575.1 = -1,530.0 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 콘크리트 바닥판 상·하연까지의 거리

$$y_{cu,v} = d_{c,v} + T_c / 2 = 452.0 + 240.0 / 2 = 572.0 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v} = y_{cu,v} - T_c = 572.0 - 240.0 = 332.0 \text{ mm}$$

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v = 2,507.040 \times 294.0 / 145,855,433,460.9 = 5.054 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v = 2,507.040 \times -1,530.0 / 145,855,433,460.9 = -26.298 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 2,507.040 \times 572.0 / (145,855,433,460.9 \times 7.0) = 1.405 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 2,507.040 \times 332.0 / (145,855,433,460.9 \times 7.0) = 0.815 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$F_v = 4.412E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc}/A_w + M_{sc}/(2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 96.448 / 43,200.0 + 76.887 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 2.959 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v = 4,407.830 \times 294.0 / 145,855,433,460.9 = 8.885 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v = 4,407.830 \times -1,530.0 / 145,855,433,460.9 = -46.237 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 4,407.830 \times 572.0 / (145,855,433,460.9 \times 7.0) = 2.470 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 4,407.830 \times 332.0 / (145,855,433,460.9 \times 7.0) = 1.433 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$u = V_v/A_w + M_{vt}/(2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 427.634 / 43,200.0 + 379.573 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 13.484 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응력 검토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_v = 57.799 \times 294.0 / 145,855,433,460.9 = 0.117 \text{ MPa}$$

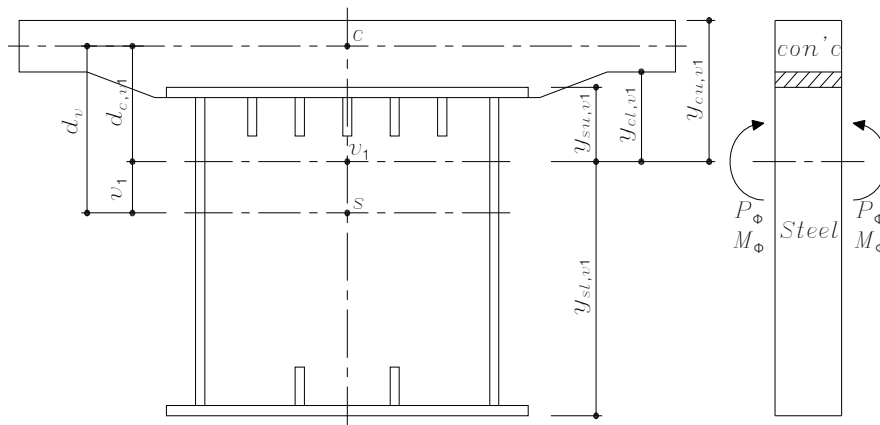
$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_v = 57.799 \times -1,530.0 / 145,855,433,460.9 = -0.606 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 57.799 \times 572.0 / (145,855,433,460.9 \times 7.0) = 0.032 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 57.799 \times 332.0 / (145,855,433,460.9 \times 7.0) = 0.019 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$\begin{aligned} u &= V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 8.127 / 43,200.0 + 21.637 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 0.392 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = -0.099 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 7.0 \times (1 + 2.0 / 2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_c / n_1 = 121,260.0 + 1,080,000.0 / 14.0 = 1.984 \times 10^5 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_c / n_1) \times d_v / A_{v1} = (1,080,000.0 / 14.0) \times 1,027.1 / 198,402.9 = 399.4 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v - v_1 = 1,027.1 - 399.4 = 627.8 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v_1^2) + (I_c / n_1 + A_c / n_1 \cdot d_{c,v1}^2)$$

$$\begin{aligned} &= (73,482,901,725.6 + 121,260.0 \times 399.4^2) + (5,184,000,000.0 / 14.0 \\ &\quad + 1,080,000.0 / 14.0 \times 627.8^2) = 1.236 \times 10^{11} \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v1} = y_{su} - v_1 = 869.1 - 399.4 = 469.8 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v1} = y_{sl} - v_1 = -954.9 - 399.4 = -1,354.2 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v1} = d_{c,v1} + T_c / 2 = 627.8 + 240.0 / 2 = 747.8 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v1} = y_{cu,v1} - T_c = 747.8 - 240.0 = 507.8 \text{ mm}$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v} \cdot A_{c1} / (n \cdot I_v) = 2,507.0 \times 452.0 \times 1,080,000.0 / (7.0 \times 145,855,433,460.9) = 1.199E+06 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 1,198,717.6 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = 1.199E+06 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = 1,198,717.6 \times 627.8 = 7.525E+08 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 27,804.0 / (1 + 2.0 / 2) = 13,902.000 \text{ MPa}$$

- 2차 고정하중에 의한 합성단면에서 콘크리트 바닥판 상·하연 응력

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 2,507.040 \times 572.0 / (145,855,433,460.9 \times 7.0) = 1.405 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / (I_v \cdot n) = 2,507.040 \times 332.0 / (145,855,433,460.9 \times 7.0) = 0.815 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

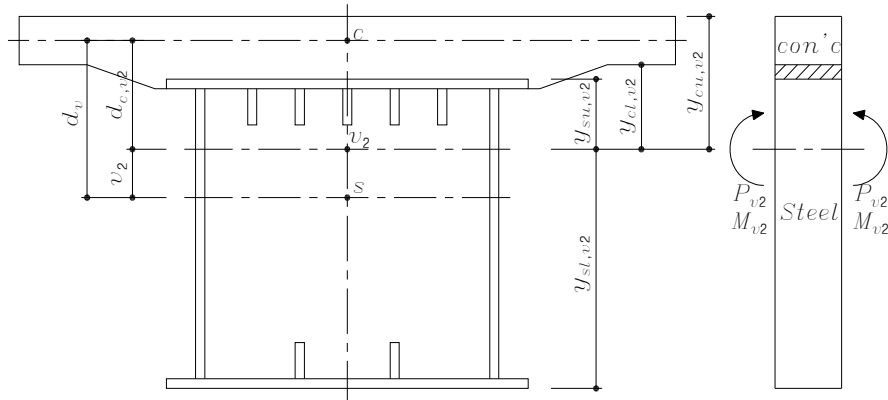
$$f_{cu,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cu,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu,v} \cdot \phi_1 / E_c = (1/14.0) \times (1,198,717.6/198,402.9 + -0.099 \times 752,514,944.6 \times 747.8/123,595,111,403.6) - 13,902.0 \times 1.405 \times 2.0/27,804.0 = -1.005 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cl,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl,v} \cdot \phi_1 / E_c = (1/14.0) \times (1,198,717.6/198,402.9 + -0.099 \times 752,514,944.6 \times 507.8/123,595,111,403.6) - 13,902.0 \times 0.815 \times 2.0/27,804.0 = -0.406 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v1} / I_{v1} = 1,198,717.6/198,402.9 + -0.099 \times 752,514,944.6 \times 469.8/123,595,111,403.6 = 5.759 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v1} / I_{v1} = 1,198,717.6/198,402.9 + -0.099 \times 752,514,944.6 \times -1,354.2/123,595,111,403.6 = 6.857 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 ϕ_2 는 $\phi_2 = 2 \cdot \phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{i2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 121,260.0 + 1,080,000.0 / 21.0 = 1.727E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{i2} = (1,080,000.0/21.0) \times 1,027.1 / 172,688.6 = 305.9 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,027.1 - 305.9 = 721.2 \text{ mm}$$

$$I_{i2} = (I_s + A_s \cdot v_2^2) + (I_{c1}/n_2 + A_{c1}/n_2 \cdot d_{c,v2}^2) = (73,482,901,725.6 + 121,260.0 \times 305.9^2) + (5,184,000,000.0/21.0 + 1,080,000.0/21.0 \times 721.2^2) = 1.118E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v2} = y_{su} - v_2 = 869.1 - 305.9 = 563.2 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v2} = y_{sl} - v_2 = -954.9 - 305.9 = -1,260.8 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v2} = d_{c,v2} + T_c / 2 = 721.2 + 240.0 / 2 = 841.2 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v2} = y_{cu,v2} - T_c = 841.2 - 240.0 = 601.2 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,080,000.0 / 21.0 = 2.847E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{i2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,846,571.4 \times 841.2 = 2.053E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{c2} = E_s / n_2 = 205,000.0 / 21.0 = 9,761.905 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{i2} + k \cdot M_{i2} \cdot y_{cu,v2}/I_{i2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = (1/21.0) \times (2,846,571.4/172,688.6 + -0.099 \times 2,053,074,277.6 \times 841.2/111,828,940,350.9) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.923 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{i2} + k \cdot M_{i2} \cdot y_{cl,v2}/I_{i2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = (1/21.0) \times (2,846,571.4/172,688.6 + -0.099 \times 2,053,074,277.6 \times 841.2/111,828,940,350.9) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.903 \text{ MPa}$$

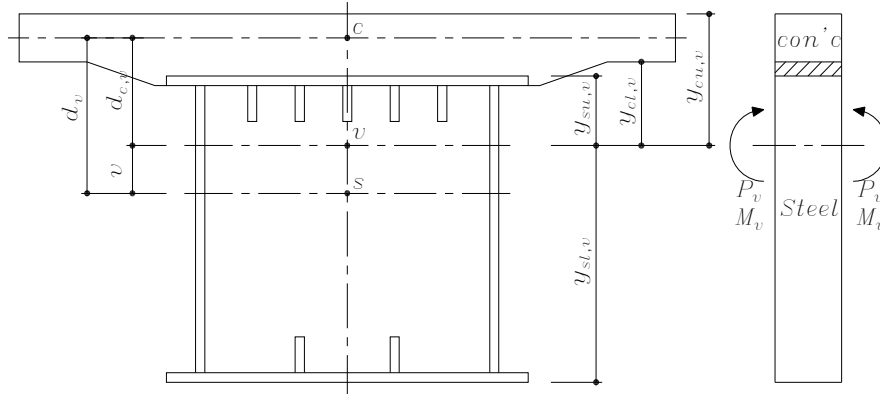
■ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v2}/I_{v2}$$

$$= 2,846,571.4/172,688.6 + -0.099 \times 2,053,074,277.6 \times 563.2/111,828,940,350.9 = 15.462 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v2}/I_{v2}$$

$$= 2,846,571.4/172,688.6 + -0.099 \times 2,053,074,277.6 \times -1,260.8/111,828,940,350.9 = 18.772 \text{ MPa}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

■ 온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

■ 바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,080,000.0 / 7.0 = 3.795\text{E}+06 \text{ N}$$

■ P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 3,795,428.6 \times 452.0 = 1.716\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

■ 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,t} = 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cu,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t$$

$$= (1/7.0) \times (3,795,428.6/275,545.7 + -0.099 \times 1,715,589,322.8 \times 572.0/145,855,433,460.9) - 27,804.0 \times 0.000120 = -1.464 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,t} = 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cl,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t$$

$$= (1/7.0) \times (3,795,428.6/275,545.7 + -0.099 \times 1,715,589,322.8 \times 332.0/145,855,433,460.9) - 27,804.0 \times 0.000120 = -1.424 \text{ MPa}$$

■ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_v$$

$$= 3,795,428.6/275,545.7 + -0.099 \times 1,715,589,322.8 \times 294.0/145,855,433,460.9 = 13.432 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_v$$

$$= 3,795,428.6/275,545.7 + -0.099 \times 1,715,589,322.8 \times -1,530.0/145,855,433,460.9 = 15.553 \text{ MPa}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 745.332 / 43,200.0 + 133.600 / 104,892,960.0 + 456.460 / 105,885,360.0 = 22.838 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 22.8 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 325.826 / 43,200.0 + 133.600 / 104,892,960.0 + 98.524 / 105,885,360.0 = 9.746 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 9.7 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 활하중 재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 749.396 / 43,200.0 + 133.600 / 104,892,960.0 + 467.279 / 105,885,360.0 = 23.034 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 23.0 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65 (\phi / n)^2 + 0.13 (\phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$b / 23.0 \cdot i \cdot n = 17.4 \text{ mm} > t_u = 12 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 46.0 \cdot i \cdot n = 8.7 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} < b / 23.0 \cdot i \cdot n = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7 \{ b / (t_u \cdot i \cdot n) - 23.0 \} = 166.4 \text{ MPa}$$

$$b / 80.0 \cdot i \cdot n = 5.0 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} \geq b / 46.0 \cdot i \cdot n = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000 \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \}^2 = 198.0 \text{ MPa}$$

$$f_{ca} = 215.0 \text{ MPa} \text{ (합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면, \pi 형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우)}$$

$$\therefore f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1)

$$f_{ca} = 0.40 f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$$

($f_{ck} = 27.0 \text{ MPa}$ 사용)

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

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	77.386	-85.019	208.042	215.000
1+2+3	3.874	2.249	10.800	10.800	91.325	-157.554	215.000	215.000
1+2+3+5	2.869	1.843	10.800	10.800	97.084	-150.697	247.250	215.000
1+2+3+5+6	0.945	-0.060	10.800	1.890	112.546	-131.925	247.250	215.000
1+2+3+5+6+7	-0.518	-1.484	2.174	2.174	125.978	-116.372	279.500	247.250
1+2+3+5+6-7	2.409	1.364	12.420	12.420	99.114	-147.479	279.500	247.250
1+2+4	1.437	0.834	12.960	12.960	82.557	-111.924	258.000	258.000
1+2+3+0.5×4	3.890	2.258	13.500	13.500	91.384	-157.857	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5	2.885	1.853	13.500	13.500	97.143	-151.001	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6	0.962	-0.050	13.500	2.363	112.604	-132.228	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-0.502	-1.474	2.552	2.552	126.037	-116.675	290.250	290.250
1+2+3+0.5×4+5+6-7	2.425	1.374	14.580	14.580	99.172	-147.782	290.250	290.250

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.138	0.156	0.033	0.033	0.172	0.190	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.180	0.537	0.033	0.033	0.214	0.570	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.154	0.491	0.033	0.033	0.188	0.525	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.207	0.377	0.033	0.033	0.241	0.410	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.203	0.222	0.033	0.033	0.237	0.255	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.126	0.356	0.033	0.033	0.159	0.389	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.102	0.188	0.004	0.004	0.107	0.192	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.116	0.345	0.022	0.022	0.137	0.367	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.131	0.316	0.022	0.022	0.152	0.337	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.176	0.242	0.022	0.022	0.197	0.264	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.189	0.162	0.022	0.022	0.210	0.183	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.117	0.259	0.022	0.022	0.138	0.281	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{112.546}{247.250} \right)^2 + \left(\frac{22.838}{125.000} \right)^2 = 0.207 + 0.033 = 0.241 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{-157.554}{215.000} \right)^2 + \left(\frac{22.838}{125.000} \right)^2 = 0.537 + 0.033 = 0.570 \leq 1.2 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 압축(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 119.0 / 16.0 = 7.4 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b/(80 \cdot i \cdot n) = 2,400.0 / (80 \times 1.0 \times 6) = 5.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$(\text{합성형 스티드 설치시}) \quad t_{min} = 10.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 인장(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1)

$$t_{min} = b/(206 \times 1.200) = 1,800.0 / (206 \times 1.200) = 7.3 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 77.386)} = 1.67 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

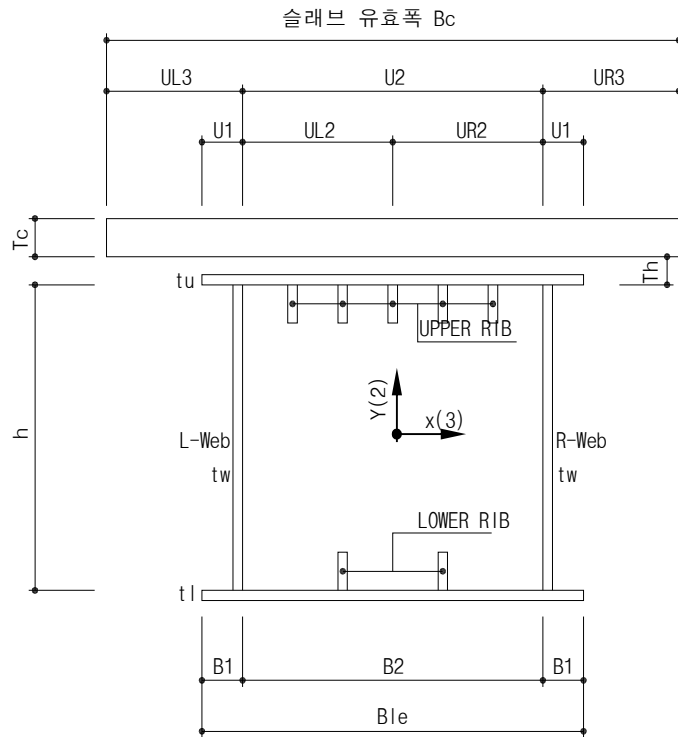
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	100.602	-110.525	355.000	0.K !!
1+2+3	7.135	4.142	16.200	0.K !!	126.275	-244.122	355.000	0.K !!
1+2+3+7	8.599	5.565	16.200	0.K !!	139.708	-259.675	355.000	0.K !!
1+2+3+5	6.130	3.736	16.200	0.K !!	132.035	-237.265	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6	4.207	1.833	16.200	0.K !!	147.496	-218.493	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	2.743	0.409	16.200	0.K !!	160.928	-202.940	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	5.671	3.257	16.200	0.K !!	134.064	-234.046	355.000	0.K !!
1+2+4	1.858	1.079	16.200	0.K !!	107.289	-145.319	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4	7.152	4.151	16.200	0.K !!	126.334	-244.425	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+7	5.688	2.727	16.200	0.K !!	139.766	-228.872	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	6.146	3.745	16.200	0.K !!	132.093	-237.568	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	4.223	1.843	16.200	0.K !!	147.554	-218.796	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	2.759	0.419	16.200	0.K !!	160.987	-203.243	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	5.687	3.267	16.200	0.K !!	134.122	-234.350	355.000	0.K !!

[G2 : SPLICE - 15] : 절점 62 로 부터 이격거리 4.243 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM520B

Bc = 4,670.0 mm

UL3 = 1,100.0 mm

UR3 = 1,170.0 mm

U1 = 120.0 mm

UL2 = 1,200.0 mm

UR2 = 1,200.0 mm

상부 플랜지 유효폭

Bue = 2,640.0 mm

하부 플랜지 유효폭

Ble = 2,640.0 mm

B1 = 120.0 mm

B2 = 2,400.0 mm

Tc = 240.0 mm

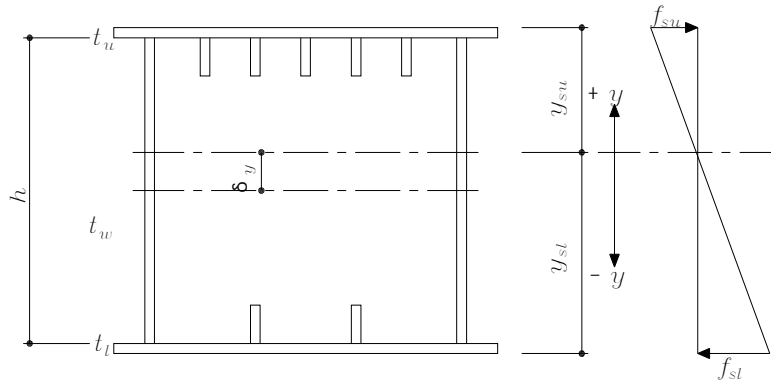
Th = 50.0 mm

h = 1,800.0 mm

$\Theta_L = 0.000^\circ$

$\Theta_R = 0.000^\circ$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -9,651,840.0 / 138,120.0 = -69.880 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 1,800.0 / 2 + 12.0 - (-69.880) = 981.880 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 1,800.0 / 2 + 16.0 + (-69.880) \} = -846.120 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 11,704,656,280.0 + 75,122,568,840.0 - 138,120.0 \times (-69.880)^2 = 8.615E+10 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = 2,132.730 \times 981.9 / 86,152,753,534.5 = 24.307 \text{ MPa}$$

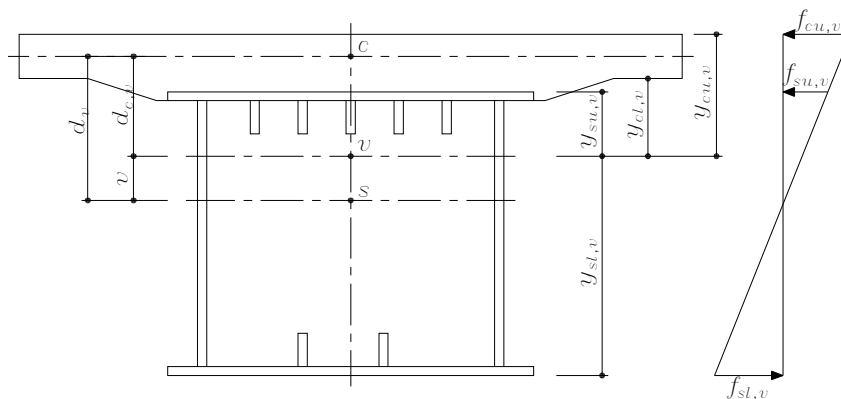
$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = 2,132.730 \times -846.1 / 86,152,753,534.5 = -20.946 \text{ MPa}$$

- 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = 4.375E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) = 665.494 / 43,200.0 + 479.753 / (2 \times 4,375,370.0 \times 12.0) = 19.974 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,120,800.0 / 7.0 = 160,114.3 \text{ mm}^2$$

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 5,379,840,000.0 / 7.0 = 7.685E+08 \text{ mm}^4$$

▪ 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_{cn1} = 138,120.0 + 160,114.3 = 298,234.3 \text{ mm}^2$$

▪ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 981.9 - 12.0 + 50.0 + 240.0/2 = 1,139.9 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_{cn1} \times d_v / A_v = 160,114.3 \times 1,139.9 / 298,234.3 = 612.0 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v} = d_v - v = 1,139.9 - 612.0 = 527.9 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = I_s + A_s \cdot v^2 + I_{cn1} + A_{cn1} \cdot d_{c,v}^2 = 86,152,753,534.5 + 138,120.0 \times 612.0^2 + 768,548,571.4 + 160,114.3 \times 527.9^2 = 1.833E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 981.9 - 612.0 = 369.9 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -846.1 - 612.0 = -1,458.1 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 콘크리트 바닥판 상·하연까지의 거리

$$y_{cu,v} = d_{c,v} + T_c / 2 = 527.9 + 240.0 / 2 = 647.9 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v} = y_{cu,v} - T_c = 647.9 - 240.0 = 407.9 \text{ mm}$$

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v = 746.846 \times 369.9 / 183,270,350,431.1 = 1.507 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v = 746.846 \times -1,458.1 / 183,270,350,431.1 = -5.942 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 746.846 \times 647.9 / (183,270,350,431.1 \times 7.0) = 0.377 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 746.846 \times 407.9 / (183,270,350,431.1 \times 7.0) = 0.237 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$F_v = 4.417E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{sc} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 282.859 / 43,200.0 + 19.945 / (2 \times 4,416,720.0 \times 12.0) = 6.736 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v = 3,210.140 \times 369.9 / 183,270,350,431.1 = 6.479 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v = 3,210.140 \times -1,458.1 / 183,270,350,431.1 = -25.540 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 3,210.140 \times 647.9 / (183,270,350,431.1 \times 7.0) = 1.621 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 3,210.140 \times 407.9 / (183,270,350,431.1 \times 7.0) = 1.021 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 541.779 / 43,200.0 + 872.177 / (2 \times 4,416,720.0 \times 12.0) = 20.769 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응력 검토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_v = 34.010 \times 369.9 / 183,270,350,431.1 = 0.069 \text{ MPa}$$

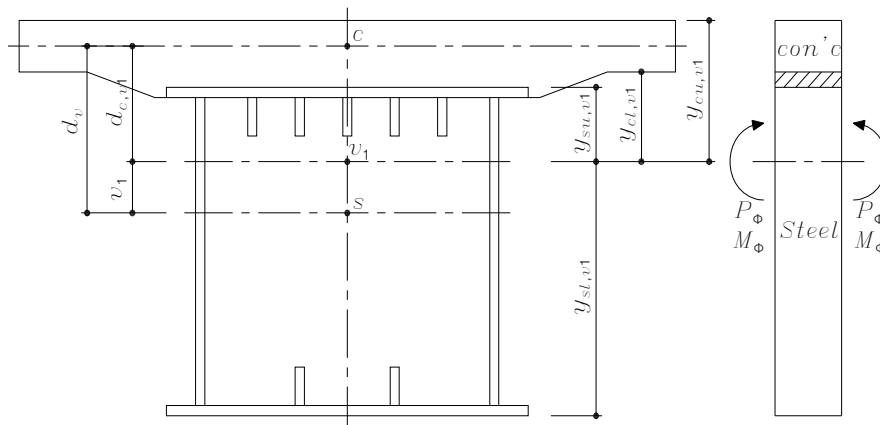
$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_v = 34.010 \times -1,458.1 / 183,270,350,431.1 = -0.271 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 34.010 \times 647.9 / (183,270,350,431.1 \times 7.0) = 0.017 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 34.010 \times 407.9 / (183,270,350,431.1 \times 7.0) = 0.011 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$\begin{aligned} u &= V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 6.933 / 43,200.0 + 178.829 / (2 \times 4,416,720.0 \times 12.0) = 1.848 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

■ 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = -0.182 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 7.0 \times (1 + 2.0 / 2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_c / n_1 = 138,120.0 + 1,120,800.0 / 14.0 = 2.182 \times 10^5 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_c / n_1) \times d_v / A_{v1} = (1,120,800.0 / 14.0) \times 1,139.9 / 218,177.1 = 418.3 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v - v_1 = 1,139.9 - 418.3 = 721.6 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v_1^2) + (I_c / n_1 + A_c / n_1 \cdot d_{c,v1}^2)$$

$$\begin{aligned} &= (86,152,753,534.5 + 138,120.0 \times 418.3^2) + (5,379,840,000.0 / 14.0 \\ &\quad + 1,120,800.0 / 14.0 \times 721.6^2) = 1.524 \times 10^{11} \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

■ 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v1} = y_{su} - v_1 = 981.9 - 418.3 = 563.6 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v1} = y_{sl} - v_1 = -846.1 - 418.3 = -1,264.4 \text{ mm}$$

■ 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v1} = d_{c,v1} + T_c / 2 = 721.6 + 240.0 / 2 = 841.6 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v1} = y_{cu,v1} - T_c = 841.6 - 240.0 = 601.6 \text{ mm}$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v} \cdot A_{c1} / (n \cdot I_v) = 746.8 \times 527.9 \times 1,120,800.0 / (7.0 \times 183,270,350,431.1) = 3.445E+05 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 344,450.7 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = 3.445E+05 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = 344,450.7 \times 721.6 = 2.486E+08 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 27,804.0 / (1 + 2.0 / 2) = 13,902.000 \text{ MPa}$$

- 2차 고정하중에 의한 합성단면에서 콘크리트 바닥판 상·하연 응력

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 746.846 \times 647.9 / (183,270,350,431.1 \times 7.0) = 0.377 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / (I_v \cdot n) = 746.846 \times 407.9 / (183,270,350,431.1 \times 7.0) = 0.237 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

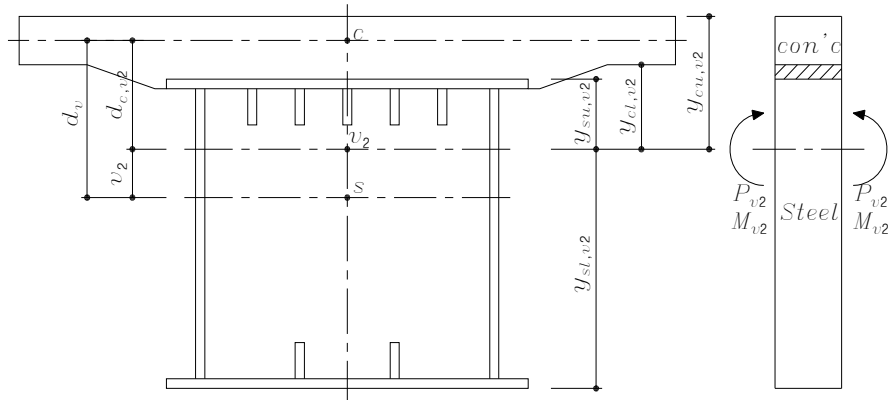
$$f_{cu,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cu,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu,v} \cdot \phi_1 / E_c = (1/14.0) \times (344,450.7/218,177.1 + -0.182 \times 248,561,349.4 \times 841.6/152,388,540,105.6) - 13,902.0 \times 0.377 \times 2.0/27,804.0 = -0.282 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cl,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl,v} \cdot \phi_1 / E_c = (1/14.0) \times (344,450.7/218,177.1 + -0.182 \times 248,561,349.4 \times 601.6/152,388,540,105.6) - 13,902.0 \times 0.237 \times 2.0/27,804.0 = -0.137 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v1} / I_{v1} = 344,450.7/218,177.1 + -0.182 \times 248,561,349.4 \times 563.6/152,388,540,105.6 = 1.412 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v1} / I_{v1} = 344,450.7/218,177.1 + -0.182 \times 248,561,349.4 \times -1,264.4/152,388,540,105.6 = 1.954 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 Φ_2 는 $\Phi_2 = 2 \cdot \Phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\Phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \Phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 138,120.0 + 1,120,800.0 / 21.0 = 1.915E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2} = (1,120,800.0/21.0) \times 1,139.9 / 191,491.4 = 317.7 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,139.9 - 317.7 = 822.2 \text{ mm}$$

$$I_{v2} = (I_s + A_s \cdot v_2^2) + (I_c/n_2 + A_c/n_2 \cdot d_{c,v2}^2) \\ = (86,152,753,534.5 + 138,120.0 \times 317.7^2) + (5,379,840,000.0/21.0 + 1,120,800.0/21.0 \times 822.2^2) = 1.364E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v2} = y_{su} - v_2 = 981.9 - 317.7 = 664.2 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v2} = y_{sl} - v_2 = -846.1 - 317.7 = -1,163.8 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v2} = d_{c,v2} + T_c / 2 = 822.2 + 240.0 / 2 = 942.2 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v2} = y_{cu,v2} - T_c = 942.2 - 240.0 = 702.2 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,120,800.0 / 21.0 = 2.954E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,954,108.6 \times 942.2 = 2.429E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{c2} = E_s / n_2 = 205,000.0 / 21.0 = 9,761.905 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{cu,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ = (1/21.0) \times (2,954,108.6/191,491.4 + -0.182 \times 2,428,806,166.1 \times 942.2/136,427,867,301.3) - 9,761.9 \times 0.000270 = -2.046 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{cl,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ = (1/21.0) \times (2,954,108.6/191,491.4 + -0.182 \times 2,428,806,166.1 \times 942.2/136,427,867,301.3) - 9,761.9 \times 0.000270 = -2.009 \text{ MPa}$$

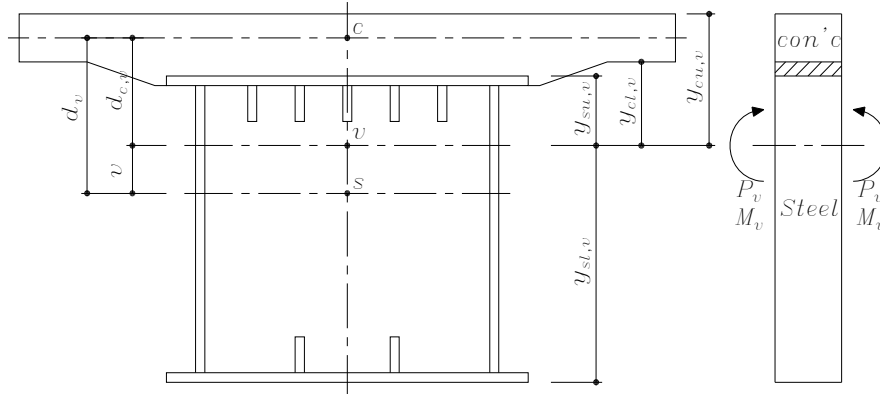
■ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v2}/I_{v2}$$

$$= 2,954,108.6/191,491.4 + -0.182 \times 2,428,806,166.1 \times 664.2/136,427,867,301.3 = 13.277 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v2}/I_{v2}$$

$$= 2,954,108.6/191,491.4 + -0.182 \times 2,428,806,166.1 \times -1,163.8/136,427,867,301.3 = 19.194 \text{ MPa}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

■ 온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

■ 바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,120,800.0 / 7.0 = 3.939\text{E}+06 \text{ N}$$

■ P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 3,938,811.4 \times 527.9 = 2.079\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

■ 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,t} = 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cu,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t$$

$$= (1/7.0) \times (3,938,811.4/298,234.3 + -0.182 \times 2,079,329,729.5 \times 647.9/183,270,350,431.1) - 27,804.0 \times 0.000120 = -1.641 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,t} = 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cl,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t$$

$$= (1/7.0) \times (3,938,811.4/298,234.3 + -0.182 \times 2,079,329,729.5 \times 407.9/183,270,350,431.1) - 27,804.0 \times 0.000120 = -1.570 \text{ MPa}$$

■ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_v$$

$$= 3,938,811.4/298,234.3 + -0.182 \times 2,079,329,729.5 \times 369.9/183,270,350,431.1 = 12.444 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_v$$

$$= 3,938,811.4/298,234.3 + -0.182 \times 2,079,329,729.5 \times -1,458.1/183,270,350,431.1 = 16.215 \text{ MPa}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 1,490.132 / 43,200.0 + 479.753 / 105,008,880.0 + 892.122 / 106,001,280.0 = 47.479 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 47.5 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 955.286 / 43,200.0 + 479.753 / 105,008,880.0 + 198.774 / 106,001,280.0 = 28.557 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 28.6 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 활하중 재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 1,493.599 / 43,200.0 + 479.753 / 105,008,880.0 + 981.537 / 106,001,280.0 = 48.402 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 48.4 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65 (\phi / n)^2 + 0.13 (\phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$b / 23.0 \cdot i \cdot n = 17.4 \text{ mm} > t_u = 12 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 46.0 \cdot i \cdot n = 8.7 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} < b / 23.0 \cdot i \cdot n = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7 \{ b / (t_u \cdot i \cdot n) - 23.0 \} = 166.4 \text{ MPa}$$

$$b / 80.0 \cdot i \cdot n = 5.0 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} \geq b / 46.0 \cdot i \cdot n = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000 \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \}^2 = 198.0 \text{ MPa}$$

$$f_{ca} = 215.0 \text{ MPa} \text{ (합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면, \pi 형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우)}$$

$$\therefore f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1)

$$f_{ca} = 0.40 f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$$

($f_{ck} = 27.0 \text{ MPa}$ 사용)

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

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	24.307	-20.946	208.042	215.000
1+2+3	1.998	1.258	10.800	10.800	32.293	-52.428	215.000	215.000
1+2+3+5	1.716	1.121	10.800	10.800	33.705	-50.474	247.250	215.000
1+2+3+5+6	-0.330	-0.889	1.890	1.890	46.982	-31.280	247.250	215.000
1+2+3+5+6+7	-1.971	-2.459	2.174	2.174	59.426	-15.066	279.500	247.250
1+2+3+5+6-7	1.311	0.681	12.420	12.420	34.538	-47.495	279.500	247.250
1+2+4	0.394	0.248	12.960	12.960	25.883	-27.158	258.000	258.000
1+2+3+0.5×4	2.007	1.264	13.500	13.500	32.328	-52.563	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5	1.725	1.126	13.500	13.500	33.739	-50.609	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6	-0.322	-0.883	2.363	2.363	47.016	-31.416	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-1.962	-2.453	2.552	2.552	59.461	-15.201	290.250	290.250
1+2+3+0.5×4+5+6-7	1.319	0.687	14.580	14.580	34.572	-47.630	290.250	290.250

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.014	0.009	0.144	0.144	0.158	0.154	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.023	0.059	0.144	0.144	0.167	0.204	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.019	0.055	0.144	0.144	0.163	0.199	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.036	0.021	0.144	0.144	0.180	0.165	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.045	0.004	0.144	0.144	0.189	0.148	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.015	0.037	0.144	0.144	0.160	0.181	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.010	0.011	0.036	0.036	0.046	0.047	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.014	0.038	0.096	0.096	0.110	0.134	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.016	0.035	0.096	0.096	0.112	0.131	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.031	0.014	0.096	0.096	0.127	0.110	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.042	0.003	0.096	0.096	0.138	0.099	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.014	0.027	0.096	0.096	0.110	0.123	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{59.426}{279.500} \right)^2 + \left(\frac{47.479}{125.000} \right)^2 = 0.045 + 0.144 = 0.189 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{-52.428}{215.000} \right)^2 + \left(\frac{47.479}{125.000} \right)^2 = 0.059 + 0.144 = 0.204 \leq 1.2 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 압축(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 119.0 / 16.0 = 7.4 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b/(80 \cdot i \cdot n) = 2,400.0 / (80 \times 1.0 \times 6) = 5.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$(\text{합성형 스티드 설치시}) \quad t_{min} = 10.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 인장(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 16.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1)

$$t_{min} = b/(206 \times 1.200) = 1,800.0 / (206 \times 1.200) = 7.3 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 24.307)} = 2.97 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

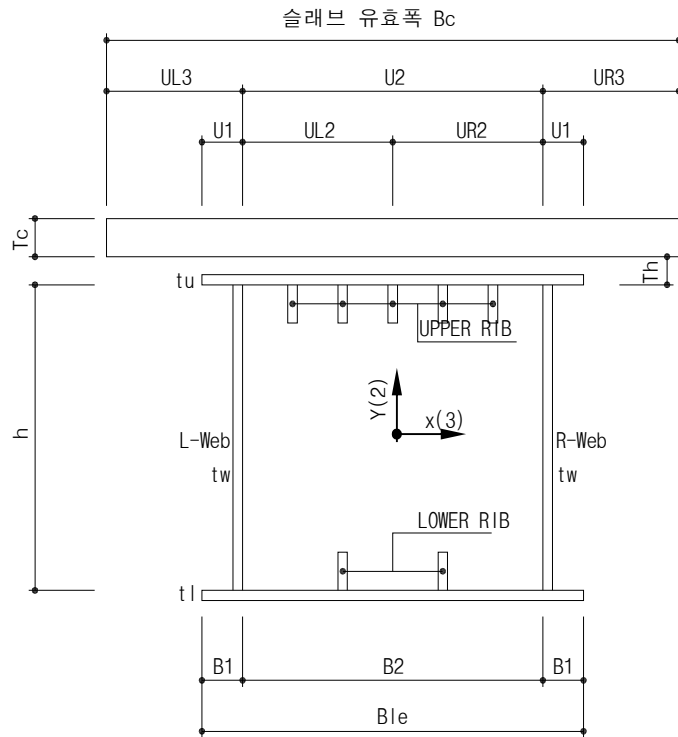
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	31.599	-27.230	355.000	0.K !!
1+2+3	3.976	2.503	16.200	0.K !!	47.489	-89.865	355.000	0.K !!
1+2+3+7	5.617	4.073	16.200	0.K !!	59.933	-106.079	355.000	0.K !!
1+2+3+5	3.694	2.366	16.200	0.K !!	48.900	-87.911	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6	1.647	0.356	16.200	0.K !!	62.178	-68.717	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.007	-1.214	16.200	0.K !!	74.622	-52.503	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	3.288	1.926	16.200	0.K !!	49.733	-84.932	355.000	0.K !!
1+2+4	0.508	0.320	16.200	0.K !!	33.627	-35.225	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4	3.985	2.509	16.200	0.K !!	47.523	-90.000	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+7	2.344	0.939	16.200	0.K !!	59.967	-73.785	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	3.702	2.371	16.200	0.K !!	48.935	-88.046	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	1.656	0.362	16.200	0.K !!	62.212	-68.853	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.015	-1.208	16.200	0.K !!	74.656	-52.638	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	3.297	1.932	16.200	0.K !!	49.768	-85.067	355.000	0.K !!

[G1 : SPLICE - 19] : 절점 33 로 부터 이격거리 1.872 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM520B

Bc = 4,500.0 mm

UL3 = 1,000.0 mm

UR3 = 1,100.0 mm

U1 = 120.0 mm

UL2 = 1,200.0 mm

UR2 = 1,200.0 mm

상부 플랜지 유효폭

Bue = 2,640.0 mm

하부 플랜지 유효폭

Ble = 2,640.0 mm

B1 = 120.0 mm

B2 = 2,400.0 mm

Tc = 240.0 mm

Th = 50.0 mm

h = 1,800.0 mm

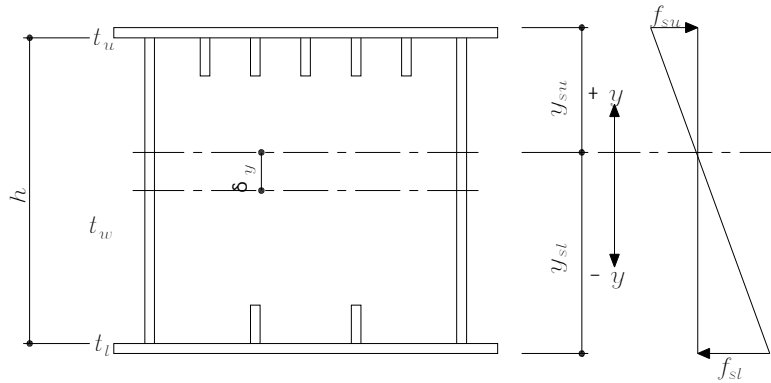
$\Theta_L = 0.000^\circ$

$\Theta_R = 0.000^\circ$

구	분	단 위	입력 Data
E_s	: 강재 탄성계수	MPa	205,000.0
E_c	: 콘크리트의 탄성계수	MPa	27,804.0
ε_s	: 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율	-	0.000270
α	: 강재 및 콘크리트의 선팽창계수	-	0.000012
ϕ_2	: 건조수축에 의한 크리이프계수	-	4.0
n	: 강과 콘크리트의 탄성계수비	-	7.0
Δt	: 강과 콘크리트의 온도차	℃	10.0
M_s	: 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	2,440.350
M_{sc}	: 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	799.292
M_w	: 풍하중에 의한 모멘트	kN·m	15.231
M_v	: (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	4,197.740
V_s	: 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-238.936
V_{sc}	: 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-112.132
V_w	: 풍하중에 의한 전단력	kN	-6.486
V_v	: (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	-363.716
M_{st}	: 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-75.393
M_{sct}	: 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-48.245
M_{wt}	: 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN·m	-6.746
M_{vt}	: (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-243.775

X(3)축 방향 단면 제원

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = 0.0 / 127,560.0 = 0.000 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 1,800.0 / 2 + 12.0 - 0.000 = 912.000 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 1,800.0 / 2 + 12.0 + 0.000 \} = -912.000 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 11,704,135,320.0 + 66,301,293,960.0 - 127,560.0 \times 0.000^2 = 7.801\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = 2,440.350 \times 912.0 / 78,005,429,280.0 = 28.531 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = 2,440.350 \times -912.0 / 78,005,429,280.0 = -28.531 \text{ MPa}$$

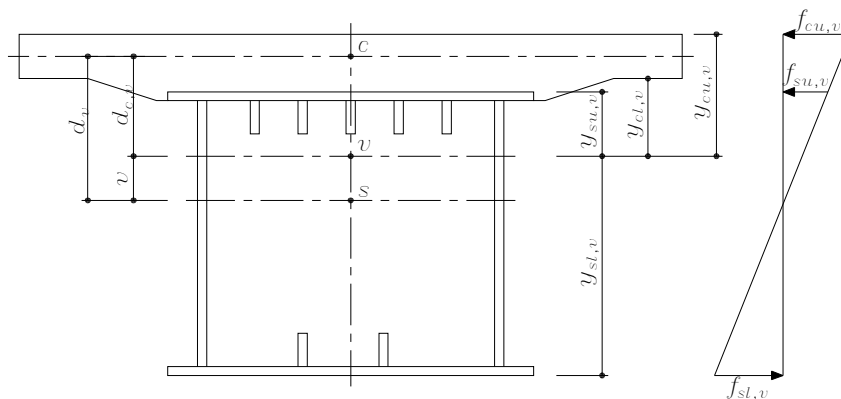
- 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = 4.371\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 238.936 / 43,200.0 + 75.393 / (2 \times 4,370,540.0 \times 12.0) = 6.250 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,080,000.0 / 7.0 = 154,285.7 \text{ mm}^2$$

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 5,184,000,000.0 / 7.0 = 7.406E+08 \text{ mm}^4$$

▪ 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_{cn1} = 127,560.0 + 154,285.7 = 281,845.7 \text{ mm}^2$$

▪ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 912.0 - 12.0 + 50.0 + 240.0/2 = 1,070.0 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_{cn1} \times d_v / A_v = 154,285.7 \times 1,070.0 / 281,845.7 = 585.7 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v} = d_v - v = 1,070.0 - 585.7 = 484.3 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = I_s + A_s \cdot v^2 + I_{cn1} + A_{cn1} \cdot d_{c,v}^2 = 78,005,429,280.0 + 127,560.0 \times 585.7^2 + 740,571,428.6 + 154,285.7 \times 484.3^2 = 1.587E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 912.0 - 585.7 = 326.3 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -912.0 - 585.7 = -1,497.7 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 콘크리트 바닥판 상·하연까지의 거리

$$y_{cu,v} = d_{c,v} + T_c / 2 = 484.3 + 240.0 / 2 = 604.3 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v} = y_{cu,v} - T_c = 604.3 - 240.0 = 364.3 \text{ mm}$$

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v = 799.292 \times 326.3 / 158,691,928,328.5 = 1.643 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v = 799.292 \times -1,497.7 / 158,691,928,328.5 = -7.544 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 799.292 \times 604.3 / (158,691,928,328.5 \times 7.0) = 0.435 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 799.292 \times 364.3 / (158,691,928,328.5 \times 7.0) = 0.262 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$F_v = 4.412E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{sc} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 112.132 / 43,200.0 + 48.245 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 3.051 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v = 4,197.740 \times 326.3 / 158,691,928,328.5 = 8.631 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v = 4,197.740 \times -1,497.7 / 158,691,928,328.5 = -39.618 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 4,197.740 \times 604.3 / (158,691,928,328.5 \times 7.0) = 2.283 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 4,197.740 \times 364.3 / (158,691,928,328.5 \times 7.0) = 1.377 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 363.716 / 43,200.0 + 243.775 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 10.722 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응력 검토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_v = 15.231 \times 326.3 / 158,691,928,328.5 = 0.031 \text{ MPa}$$

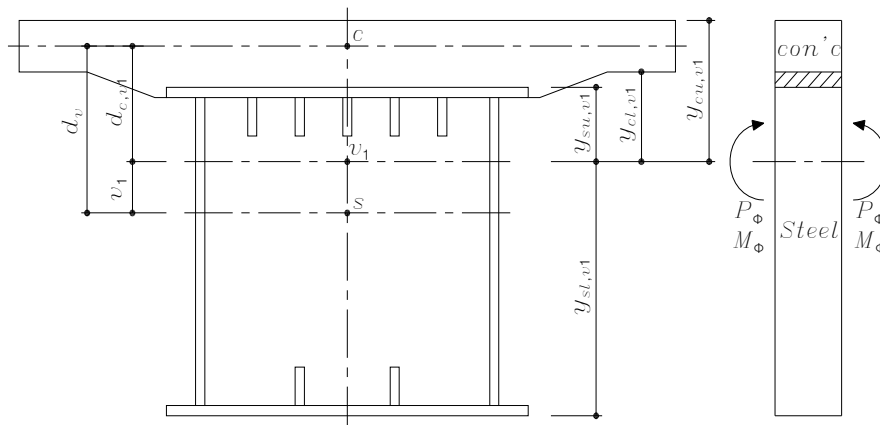
$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_v = 15.231 \times -1,497.7 / 158,691,928,328.5 = -0.144 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 15.231 \times 604.3 / (158,691,928,328.5 \times 7.0) = 0.008 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 15.231 \times 364.3 / (158,691,928,328.5 \times 7.0) = 0.005 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$\begin{aligned} u &= V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 6.486 / 43,200.0 + 6.746 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 0.214 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

■ 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = 0.416 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 7.0 \times (1 + 2.0 / 2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_c / n_1 = 127,560.0 + 1,080,000.0 / 14.0 = 2.047 \times 10^5 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_c / n_1) \times d_v / A_{v1} = (1,080,000.0 / 14.0) \times 1,070.0 / 204,702.9 = 403.2 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v - v_1 = 1,070.0 - 403.2 = 666.8 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v_1^2) + (I_c / n_1 + A_c / n_1 \cdot d_{c,v1}^2)$$

$$\begin{aligned} &= (78,005,429,280.0 + 127,560.0 \times 403.2^2) + (5,184,000,000.0 / 14.0 \\ &\quad + 1,080,000.0 / 14.0 \times 666.8^2) = 1.334 \times 10^{11} \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

■ 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v1} = y_{su} - v_1 = 912.0 - 403.2 = 508.8 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v1} = y_{sl} - v_1 = -912.0 - 403.2 = -1,315.2 \text{ mm}$$

■ 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v1} = d_{c,v1} + T_c / 2 = 666.8 + 240.0 / 2 = 786.8 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v1} = y_{cu,v1} - T_c = 786.8 - 240.0 = 546.8 \text{ mm}$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v} \cdot A_{c1} / (n \cdot I_v) = 799.3 \times 484.3 \times 1,080,000.0 / (7.0 \times 158,691,928,328.5) = 3.763E+05 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 376,325.1 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = 3.763E+05 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = 376,325.1 \times 666.8 = 2.509E+08 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 27,804.0 / (1 + 2.0 / 2) = 13,902.000 \text{ MPa}$$

- 2차 고정하중에 의한 합성단면에서 콘크리트 바닥판 상·하연 응력

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 799.292 \times 604.3 / (158,691,928,328.5 \times 7.0) = 0.435 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / (I_v \cdot n) = 799.292 \times 364.3 / (158,691,928,328.5 \times 7.0) = 0.262 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

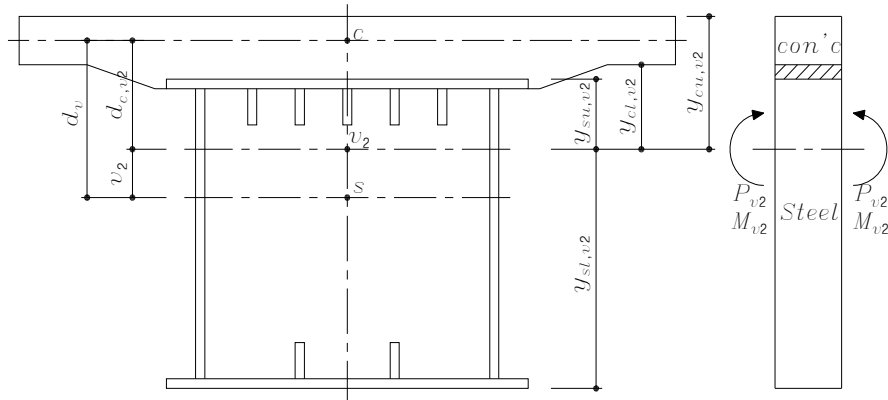
$$f_{cu,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cu,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu,v} \cdot \phi_1 / E_c = (1/14.0) \times (376,325.1/204,702.9 + 0.416 \times 250,921,330.1 \times 786.8/133,412,604,534.5) - 13,902.0 \times 0.435 \times 2.0/27,804.0 = -0.259 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cl,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl,v} \cdot \phi_1 / E_c = (1/14.0) \times (376,325.1/204,702.9 + 0.416 \times 250,921,330.1 \times 546.8/133,412,604,534.5) - 13,902.0 \times 0.262 \times 2.0/27,804.0 = -0.100 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v1} / I_{v1} = 376,325.1/204,702.9 + 0.416 \times 250,921,330.1 \times 508.8/133,412,604,534.5 = 2.237 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v1} / I_{v1} = 376,325.1/204,702.9 + 0.416 \times 250,921,330.1 \times -1,315.2/133,412,604,534.5 = 0.809 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 ϕ_2 는 $\phi_2 = 2 \cdot \phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{i2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 127,560.0 + 1,080,000.0 / 21.0 = 1.790E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{i2} = (1,080,000.0/21.0) \times 1,070.0 / 178,988.6 = 307.4 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,070.0 - 307.4 = 762.6 \text{ mm}$$

$$I_{i2} = (I_s + A_s \cdot v_2^2) + (I_c/n_2 + A_c/n_2 \cdot d_{c,v2}^2) \\ = (78,005,429,280.0 + 127,560.0 \times 307.4^2) + (5,184,000,000.0/21.0 + 1,080,000.0/21.0 \times 762.6^2) = 1.202E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v2} = y_{su} - v_2 = 912.0 - 307.4 = 604.6 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v2} = y_{sl} - v_2 = -912.0 - 307.4 = -1,219.4 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v2} = d_{c,v2} + T_c / 2 = 762.6 + 240.0 / 2 = 882.6 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v2} = y_{cu,v2} - T_c = 882.6 - 240.0 = 642.6 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,080,000.0 / 21.0 = 2.847E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{i2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,846,571.4 \times 882.6 = 2.171E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

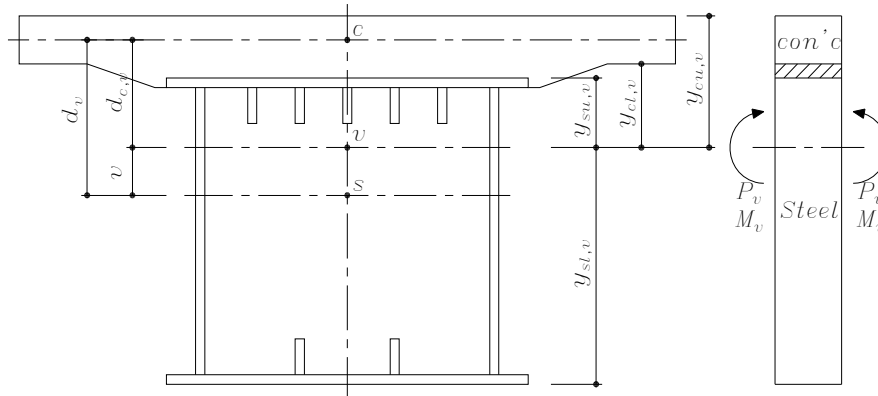
- 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{c2} = E_s / n_2 = 205,000.0 / 21.0 = 9,761.905 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{i2} + k \cdot M_{i2} \cdot y_{cu,v2}/I_{i2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ = (1/21.0) \times (2,846,571.4/178,988.6 + 0.416 \times 2,170,676,339.4 \times 882.6/120,214,773,924.1) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.563 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{i2} + k \cdot M_{i2} \cdot y_{cl,v2}/I_{i2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ = (1/21.0) \times (2,846,571.4/178,988.6 + 0.416 \times 2,170,676,339.4 \times 882.6/120,214,773,924.1) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.649 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot \gamma_{su,v2}/I_{v2} \\ &= 2,846,571.4/178,988.6 + 0.416 \times 2,170,676,339.4 \times 604.6/120,214,773,924.1 = \mathbf{20.446} \text{ MPa} \\ f_{sl,v2} &= P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot \gamma_{sl,v2}/I_{v2} \\ &= 2,846,571.4/178,988.6 + 0.416 \times 2,170,676,339.4 \times -1,219.4/120,214,773,924.1 = \mathbf{6.742} \text{ MPa} \end{aligned}$$


- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_v \\ &= 3,795,428.6/281,845.7 + 0.416 \times 1,838,009,177.1 \times 326.3/158,691,928,328.5 &= & \mathbf{15.039} \text{ MPa} \\ f_{sl,v2} &= P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_v \\ &= 3,795,428.6/281,845.7 + 0.416 \times 1,838,009,177.1 \times -1,497.7/158,691,928,328.5 &= & \mathbf{6.248} \text{ MPa} \end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 714.784 / 43,200.0 + 75.393 / 104,892,960.0 + 292.020 / 105,885,360.0 = 20.023 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 20.0 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 357.554 / 43,200.0 + 75.393 / 104,892,960.0 + 54.991 / 105,885,360.0 = 9.515 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 9.5 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 활하중 재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 718.027 / 43,200.0 + 75.393 / 104,892,960.0 + 295.393 / 105,885,360.0 = 20.129 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 20.1 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$b / 23.0 \cdot i \cdot n = 17.4 \text{ mm} > t_u = 12 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 46.0 \cdot i \cdot n = 8.7 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} < b / 23.0 \cdot i \cdot n = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7 \{ b / (t_u \cdot i \cdot n) - 23.0 \} = 166.4 \text{ MPa}$$

$$b / 80.0 \cdot i \cdot n = 5.0 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} \geq b / 46.0 \cdot i \cdot n = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000 \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \}^2 = 198.0 \text{ MPa}$$

$$f_{ca} = 215.0 \text{ MPa} \text{ (합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면, } \pi \text{ 형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우)}$$

$$\therefore f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1)

$$f_{ca} = 0.40 f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$$

($f_{ck} = 27.0 \text{ MPa}$ 사용)

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

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	28.531	-28.531	208.042	215.000
1+2+3	2.718	1.639	10.800	10.800	38.805	-75.693	215.000	215.000
1+2+3+5	2.459	1.538	10.800	10.800	41.042	-74.884	247.250	215.000
1+2+3+5+6	0.896	-0.110	10.800	1.890	61.488	-68.143	247.250	215.000
1+2+3+5+6+7	-0.101	-1.272	2.174	2.174	76.526	-61.894	279.500	247.250
1+2+3+5+6-7	1.893	1.052	12.420	12.420	46.449	-74.391	279.500	247.250
1+2+4	0.443	0.267	12.960	12.960	30.206	-36.219	258.000	258.000
1+2+3+0.5×4	2.722	1.641	13.500	13.500	38.821	-75.765	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5	2.463	1.541	13.500	13.500	41.057	-74.956	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6	0.900	-0.108	13.500	2.363	61.503	-68.214	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-0.096	-1.270	2.552	2.552	76.542	-61.966	290.250	290.250
1+2+3+0.5×4+5+6-7	1.897	1.054	14.580	14.580	46.465	-74.463	290.250	290.250

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.019	0.018	0.026	0.026	0.044	0.043	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.033	0.124	0.026	0.026	0.058	0.150	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.028	0.121	0.026	0.026	0.053	0.147	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.062	0.100	0.026	0.026	0.088	0.126	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.075	0.063	0.026	0.026	0.101	0.088	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.028	0.091	0.026	0.026	0.053	0.116	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.014	0.020	0.004	0.004	0.018	0.024	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.021	0.079	0.017	0.017	0.037	0.096	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.023	0.078	0.017	0.017	0.040	0.094	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.052	0.064	0.017	0.017	0.069	0.081	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.070	0.046	0.017	0.017	0.086	0.062	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.026	0.066	0.017	0.017	0.042	0.082	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{76.526}{279.500} \right)^2 + \left(\frac{20.023}{125.000} \right)^2 = 0.075 + 0.026 = 0.101 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{-75.693}{215.000} \right)^2 + \left(\frac{20.023}{125.000} \right)^2 = 0.124 + 0.026 = 0.150 \leq 1.2 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 압축(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 119.0 / 16.0 = 7.4 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b/(80 \cdot i \cdot n) = 2,400.0 / (80 \times 1.0 \times 6) = 5.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$(\text{합성형 스티드 설치시}) \quad t_{min} = 10.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 인장(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1)

$$t_{min} = b/(206 \times 1.200) = 1,800.0 / (206 \times 1.200) = 7.3 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 28.531)} = 2.75 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

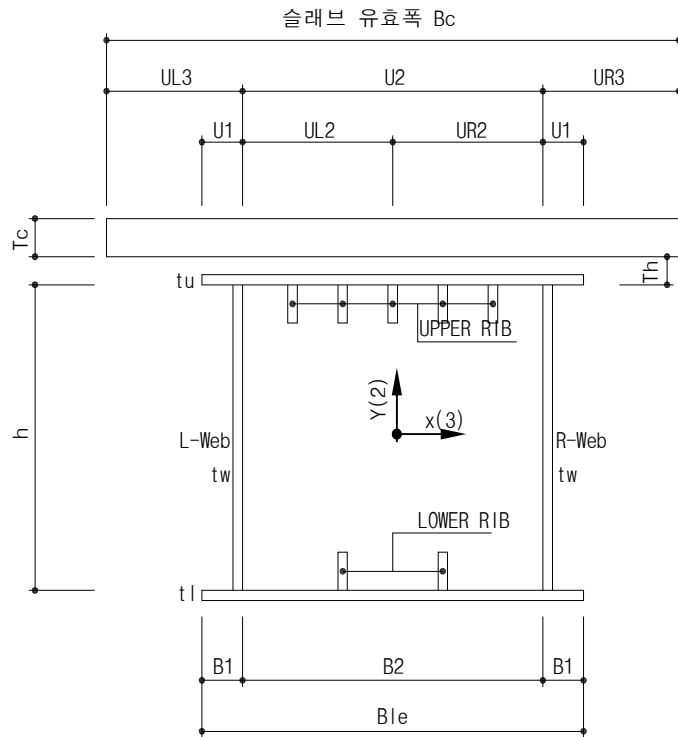
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	37.091	-37.091	355.000	0.K !!
1+2+3	5.475	3.300	16.200	0.K !!	57.783	-132.077	355.000	0.K !!
1+2+3+7	6.471	4.462	16.200	0.K !!	72.821	-138.325	355.000	0.K !!
1+2+3+5	5.215	3.200	16.200	0.K !!	60.019	-131.268	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6	3.653	1.552	16.200	0.K !!	80.465	-124.526	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	2.656	0.390	16.200	0.K !!	95.504	-118.278	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	4.649	2.713	16.200	0.K !!	65.426	-130.774	355.000	0.K !!
1+2+4	0.574	0.346	16.200	0.K !!	39.258	-47.041	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4	5.479	3.303	16.200	0.K !!	57.798	-132.148	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+7	4.482	2.141	16.200	0.K !!	72.837	-125.900	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	5.219	3.203	16.200	0.K !!	60.035	-131.339	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	3.657	1.554	16.200	0.K !!	80.481	-124.598	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	2.660	0.392	16.200	0.K !!	95.520	-118.350	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	4.653	2.716	16.200	0.K !!	65.442	-130.846	355.000	0.K !!

[G1 : SPLICE - 20] : 절점 35 로 부터 이격거리 4.369 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM520B

Bc = 4,500.0 mm

UL3 = 1,000.0 mm

UR3 = 1,100.0 mm

U1 = 120.0 mm

UL2 = 1,200.0 mm

UR2 = 1,200.0 mm

상부 플랜지 유효폭

Bue = 2,640.0 mm

하부 플랜지 유효폭

Ble = 2,640.0 mm

B1 = 120.0 mm

B2 = 2,400.0 mm

Tc = 240.0 mm

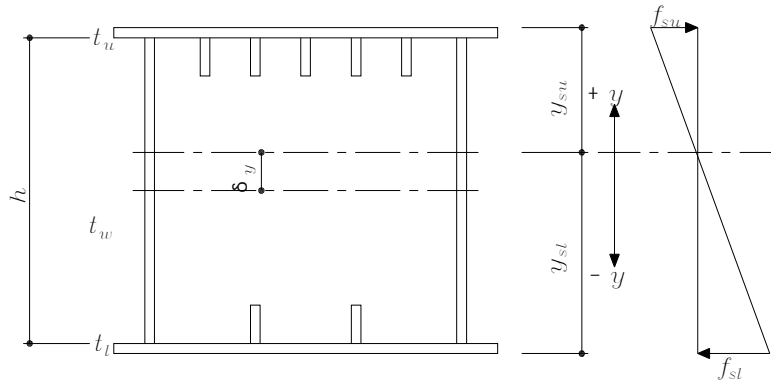
Th = 50.0 mm

h = 1,800.0 mm

$\Theta_L = 0.000^\circ$

$\Theta_R = 0.000^\circ$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = 4,455,000.0 / 119,160.0 = 37.387 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 1,800.0 / 2 + 12.0 - 37.387 = 874.613 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 1,800.0 / 2 + 12.0 + 37.387 \} = -949.387 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 11,688,385,320.0 + 60,584,043,960.0 - 119,160.0 \times 37.387^2 = 7.211\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = 2,126.090 \times 874.6 / 72,105,871,500.5 = 25.789 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = 2,126.090 \times -949.4 / 72,105,871,500.5 = -27.993 \text{ MPa}$$

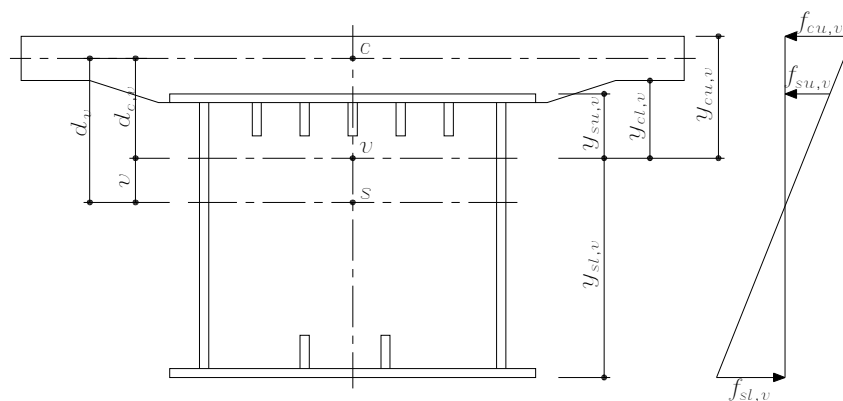
- 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = 4.371\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 289.817 / 43,200.0 + 82.983 / (2 \times 4,370,540.0 \times 12.0) = 7.500 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,080,000.0 / 7.0 = 154,285.7 \text{ mm}^2$$

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 5,184,000,000.0 / 7.0 = 7.406E+08 \text{ mm}^4$$

▪ 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_{cn1} = 119,160.0 + 154,285.7 = 273,445.7 \text{ mm}^2$$

▪ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 874.6 - 12.0 + 50.0 + 240.0/2 = 1,032.6 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_{cn1} \times d_v / A_v = 154,285.7 \times 1,032.6 / 273,445.7 = 582.6 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v} = d_v - v = 1,032.6 - 582.6 = 450.0 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = I_s + A_s \cdot v^2 + I_{cn1} + A_{cn1} \cdot d_{c,v}^2 = 72,105,871,500.5 + 119,160.0 \times 582.6^2 + 740,571,428.6 + 154,285.7 \times 450.0^2 = 1.445E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 874.6 - 582.6 = 292.0 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -949.4 - 582.6 = -1,532.0 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 콘크리트 바닥판 상·하연까지의 거리

$$y_{cu,v} = d_{c,v} + T_c / 2 = 450.0 + 240.0 / 2 = 570.0 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v} = y_{cu,v} - T_c = 570.0 - 240.0 = 330.0 \text{ mm}$$

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v = 774.704 \times 292.0 / 144,536,761,781.5 = 1.565 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v = 774.704 \times -1,532.0 / 144,536,761,781.5 = -8.211 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 774.704 \times 570.0 / (144,536,761,781.5 \times 7.0) = 0.436 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 774.704 \times 330.0 / (144,536,761,781.5 \times 7.0) = 0.253 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$F_v = 4.412E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{sc} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 114.652 / 43,200.0 + 10.763 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 2.756 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v = 2,385.290 \times 292.0 / 144,536,761,781.5 = 4.819 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v = 2,385.290 \times -1,532.0 / 144,536,761,781.5 = -25.283 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 2,385.290 \times 570.0 / (144,536,761,781.5 \times 7.0) = 1.344 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 2,385.290 \times 330.0 / (144,536,761,781.5 \times 7.0) = 0.778 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 511.959 / 43,200.0 + 571.009 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 17.244 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응력 검토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_v = 73.062 \times 292.0 / 144,536,761,781.5 = 0.148 \text{ MPa}$$

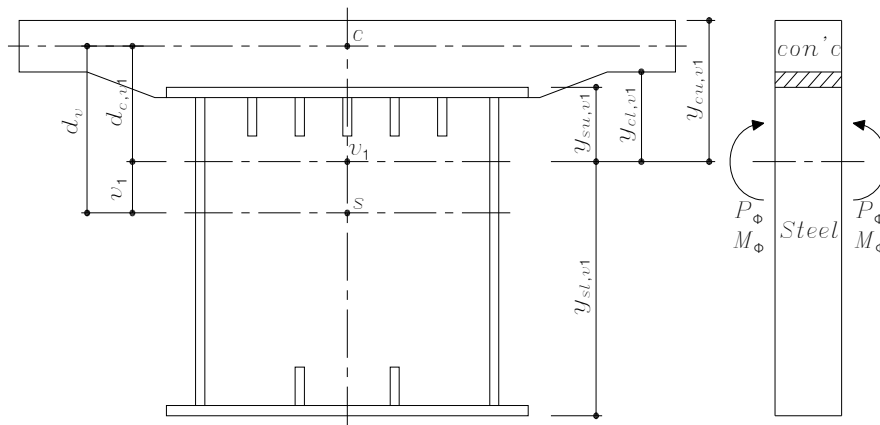
$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_v = 73.062 \times -1,532.0 / 144,536,761,781.5 = -0.774 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 73.062 \times 570.0 / (144,536,761,781.5 \times 7.0) = 0.041 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 73.062 \times 330.0 / (144,536,761,781.5 \times 7.0) = 0.024 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$\begin{aligned} u &= V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 2.632 / 43,200.0 + 80.016 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 0.817 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = 0.831 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 7.0 \times (1 + 2.0 / 2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_c / n_1 = 119,160.0 + 1,080,000.0 / 14.0 = 1.963 \times 10^5 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_c / n_1) \times d_v / A_{v1} = (1,080,000.0 / 14.0) \times 1,032.6 / 196,302.9 = 405.8 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v - v_1 = 1,032.6 - 405.8 = 626.8 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v_1^2) + (I_c / n_1 + A_c / n_1 \cdot d_{c,v1}^2)$$

$$\begin{aligned} &= (72,105,871,500.5 + 119,160.0 \times 405.8^2) + (5,184,000,000.0 / 14.0 \\ &\quad + 1,080,000.0 / 14.0 \times 626.8^2) = 1.224 \times 10^{11} \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v1} = y_{su} - v_1 = 874.6 - 405.8 = 468.8 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v1} = y_{sl} - v_1 = -949.4 - 405.8 = -1,355.2 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v1} = d_{c,v1} + T_c / 2 = 626.8 + 240.0 / 2 = 746.8 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v1} = y_{cu,v1} - T_c = 746.8 - 240.0 = 506.8 \text{ mm}$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v} \cdot A_{c1} / (n \cdot I_v) = 774.7 \times 450.0 \times 1,080,000.0 / (7.0 \times 144,536,761,781.5) = 3.721E+05 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 372,117.7 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = 3.721E+05 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = 372,117.7 \times 626.8 = 2.333E+08 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 27,804.0 / (1 + 2.0 / 2) = 13,902.000 \text{ MPa}$$

- 2차 고정하중에 의한 합성단면에서 콘크리트 바닥판 상·하연 응력

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 774.704 \times 570.0 / (144,536,761,781.5 \times 7.0) = 0.436 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / (I_v \cdot n) = 774.704 \times 330.0 / (144,536,761,781.5 \times 7.0) = 0.253 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

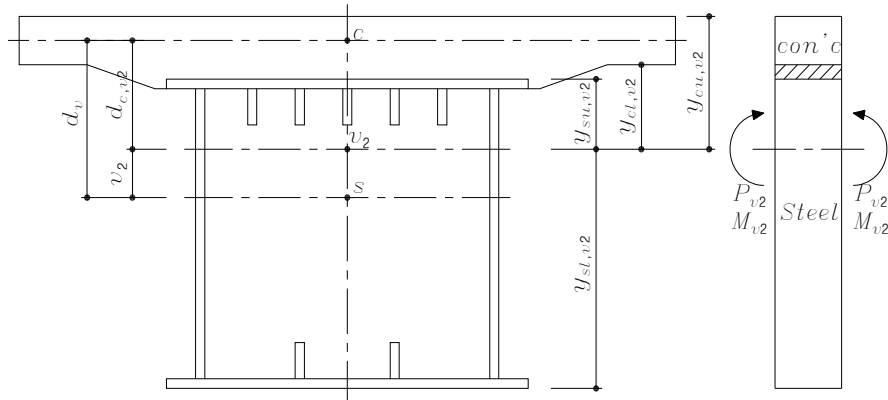
$$f_{cu,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cu,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu,v} \cdot \phi_1 / E_c = (1/14.0) \times (372,117.7/196,302.9 + 0.831 \times 233,250,113.5 \times 746.8/122,407,703,630.6) - 13,902.0 \times 0.436 \times 2.0/27,804.0 = -0.217 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cl,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl,v} \cdot \phi_1 / E_c = (1/14.0) \times (372,117.7/196,302.9 + 0.831 \times 233,250,113.5 \times 506.8/122,407,703,630.6) - 13,902.0 \times 0.253 \times 2.0/27,804.0 = -0.060 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v1} / I_{v1} = 372,117.7/196,302.9 + 0.831 \times 233,250,113.5 \times 468.8/122,407,703,630.6 = 2.638 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v1} / I_{v1} = 372,117.7/196,302.9 + 0.831 \times 233,250,113.5 \times -1,355.2/122,407,703,630.6 = -0.251 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 Φ_2 는 $\Phi_2 = 2 \cdot \Phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\Phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \Phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{i2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 119,160.0 + 1,080,000.0 / 21.0 = 1.706E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{i2} = (1,080,000.0/21.0) \times 1,032.6 / 170,588.6 = 311.3 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,032.6 - 311.3 = 721.3 \text{ mm}$$

$$I_{i2} = (I_s + A_s \cdot v_2^2) + (I_{c1}/n_2 + A_{c1}/n_2 \cdot d_{c,v2}^2) \\ = (72,105,871,500.5 + 119,160.0 \times 311.3^2) + (5,184,000,000.0/21.0 + 1,080,000.0/21.0 \times 721.3^2) = 1.107E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v2} = y_{su} - v_2 = 874.6 - 311.3 = 563.3 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v2} = y_{sl} - v_2 = -949.4 - 311.3 = -1,260.7 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v2} = d_{c,v2} + T_c / 2 = 721.3 + 240.0 / 2 = 841.3 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v2} = y_{cu,v2} - T_c = 841.3 - 240.0 = 601.3 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,080,000.0 / 21.0 = 2.847E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{i2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,846,571.4 \times 841.3 = 2.053E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{c2} = E_s / n_2 = 205,000.0 / 21.0 = 9,761.905 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

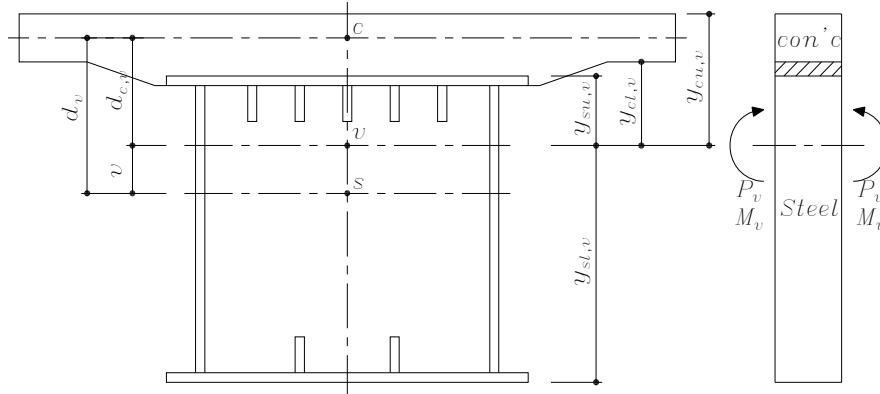
$$f_{cu,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{i2} + k \cdot M_{i2} \cdot y_{cu,v2}/I_{i2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ = (1/21.0) \times (2,846,571.4/170,588.6 + 0.831 \times 2,053,243,041.9 \times 841.3/110,658,167,829.2) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.223 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{i2} + k \cdot M_{i2} \cdot y_{cl,v2}/I_{i2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ = (1/21.0) \times (2,846,571.4/170,588.6 + 0.831 \times 2,053,243,041.9 \times 841.3/110,658,167,829.2) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.399 \text{ MPa}$$

■ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v2}/I_{v2} \\ = 2,846,571.4/170,588.6 + 0.831 \times 2,053,243,041.9 \times 563.3/110,658,167,829.2 = 25.376 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v2}/I_{v2} \\ = 2,846,571.4/170,588.6 + 0.831 \times 2,053,243,041.9 \times -1,260.7/110,658,167,829.2 = -2.760 \text{ MPa}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

■ 온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

■ 바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,080,000.0 / 7.0 = 3.795\text{E}+06 \text{ N}$$

■ P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 3,795,428.6 \times 450.0 = 1.708\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

■ 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,t} = 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cu,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t \\ = (1/7.0) \times (3,795,428.6/273,445.7 + 0.831 \times 1,707,882,181.7 \times 570.0/144,536,761,781.5) \\ - 27,804.0 \times 0.000120 = -0.554 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,t} = 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cl,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t \\ = (1/7.0) \times (3,795,428.6/273,445.7 + 0.831 \times 1,707,882,181.7 \times 330.0/144,536,761,781.5) \\ - 27,804.0 \times 0.000120 = -0.891 \text{ MPa}$$

■ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_v \\ = 3,795,428.6/273,445.7 + 0.831 \times 1,707,882,181.7 \times 292.0/144,536,761,781.5 = 16.748 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_v \\ = 3,795,428.6/273,445.7 + 0.831 \times 1,707,882,181.7 \times -1,532.0/144,536,761,781.5 = -1.170 \text{ MPa}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 916.428 / 43,200.0 + 82.983 / 104,892,960.0 + 581.772 / 105,885,360.0 = 27.499 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 27.5 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 407.101 / 43,200.0 + 82.983 / 104,892,960.0 + 90.779 / 105,885,360.0 = 11.072 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 11.1 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 활하중 재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 917.744 / 43,200.0 + 82.983 / 104,892,960.0 + 621.780 / 105,885,360.0 = 27.907 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 27.9 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65 (\phi / n)^2 + 0.13 (\phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)
 f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)
 i : 응력구배계수
 n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$b / 23.0 \cdot i \cdot n = 17.4 \text{ mm} > t_u = 12 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 46.0 \cdot i \cdot n = 8.7 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} < b / 23.0 \cdot i \cdot n = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7 \{ b / (t_u \cdot i \cdot n) - 23.0 \} = 166.4 \text{ MPa}$$

$$b / 80.0 \cdot i \cdot n = 5.0 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} \geq b / 46.0 \cdot i \cdot n = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000 \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \}^2 = 198.0 \text{ MPa}$$

$$f_{ca} = 215.0 \text{ MPa} \text{ (합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면, \pi 형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우)}$$

$$\therefore f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1)

$$f_{ca} = 0.40 f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$$

($f_{ck} = 27.0 \text{ MPa}$ 사용)

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

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	25.789	-27.993	208.042	215.000
1+2+3	1.780	1.031	10.800	10.800	32.172	-61.488	215.000	215.000
1+2+3+5	1.564	0.971	10.800	10.800	34.811	-61.739	247.250	215.000
1+2+3+5+6	0.341	-0.429	10.800	1.890	60.187	-64.499	247.250	215.000
1+2+3+5+6+7	-0.213	-1.319	2.174	2.174	76.935	-65.669	279.500	247.250
1+2+3+5+6-7	0.894	0.462	12.420	12.420	43.438	-63.329	279.500	247.250
1+2+4	0.478	0.276	12.960	12.960	27.501	-36.979	258.000	258.000
1+2+3+0.5×4	1.801	1.043	13.500	13.500	32.246	-61.875	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5	1.584	0.983	13.500	13.500	34.884	-62.126	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6	0.361	-0.417	13.500	2.363	60.260	-64.887	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-0.193	-1.307	2.552	2.552	77.009	-66.056	290.250	290.250
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.915	0.474	14.580	14.580	43.512	-63.717	290.250	290.250

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.015	0.017	0.048	0.048	0.064	0.065	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.022	0.082	0.048	0.048	0.071	0.130	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.020	0.082	0.048	0.048	0.068	0.131	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.059	0.090	0.048	0.048	0.108	0.138	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.076	0.071	0.048	0.048	0.124	0.119	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.024	0.066	0.048	0.048	0.073	0.114	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.011	0.021	0.005	0.005	0.017	0.026	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.014	0.053	0.032	0.032	0.046	0.085	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.017	0.053	0.032	0.032	0.049	0.085	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.050	0.058	0.032	0.032	0.082	0.090	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.070	0.052	0.032	0.032	0.102	0.084	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.022	0.048	0.032	0.032	0.054	0.080	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{76.935}{279.500} \right)^2 + \left(\frac{27.499}{125.000} \right)^2 = 0.076 + 0.048 = 0.124 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{-64.499}{215.000} \right)^2 + \left(\frac{27.499}{125.000} \right)^2 = 0.090 + 0.048 = 0.138 \leq 1.2 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 압축(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 119.0 / 16.0 = 7.4 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b/(80 \cdot i \cdot n) = 2,400.0 / (80 \times 1.0 \times 6) = 5.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$(\text{합성형 스티드 설치시}) \quad t_{min} = 10.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 인장(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1)

$$t_{min} = b/(206 \times 1.200) = 1,800.0 / (206 \times 1.200) = 7.3 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 25.789)} = 2.89 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

(도.설.기 3.9.3.2)

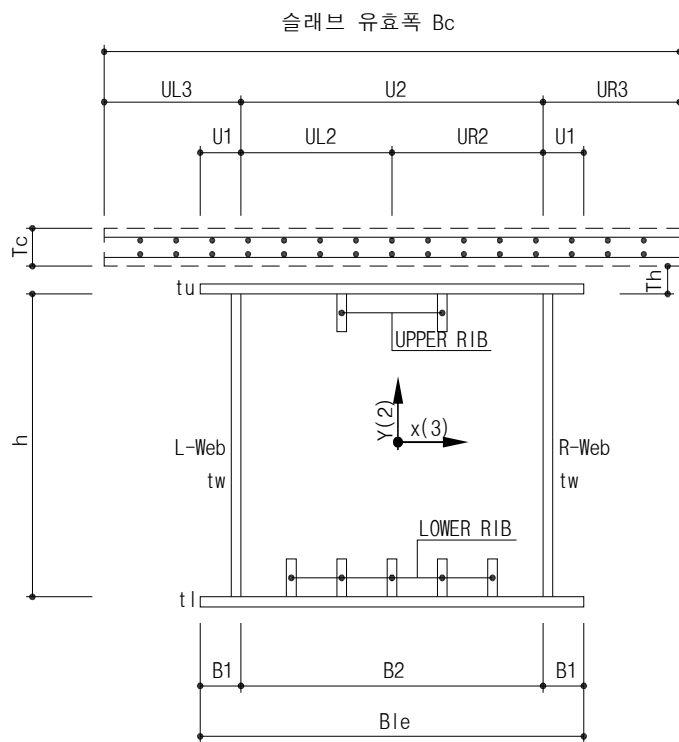
- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	33.525	-36.391	355.000	0.K !!
1+2+3	3.456	2.001	16.200	0.K !!	45.920	-101.424	355.000	0.K !!
1+2+3+7	4.010	2.892	16.200	0.K !!	62.668	-102.594	355.000	0.K !!
1+2+3+5	3.240	1.941	16.200	0.K !!	48.558	-101.676	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6	2.017	0.542	16.200	0.K !!	73.934	-104.436	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	1.463	-0.349	16.200	0.K !!	90.682	-105.606	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	2.571	1.432	16.200	0.K !!	57.186	-103.266	355.000	0.K !!
1+2+4	0.609	0.352	16.200	0.K !!	35.707	-47.841	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4	3.477	2.013	16.200	0.K !!	45.993	-101.812	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+7	2.923	1.122	16.200	0.K !!	62.742	-102.981	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	3.261	1.953	16.200	0.K !!	48.632	-102.063	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	2.037	0.554	16.200	0.K !!	74.008	-104.823	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	1.484	-0.337	16.200	0.K !!	90.756	-105.993	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	2.591	1.444	16.200	0.K !!	57.260	-103.653	355.000	0.K !!

4.7.5 부모멘트(Splice)

[G1 : SPLICE - 5] : 절점 8 로 부터 이격거리 1.872 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM520B

$B_c = 4,156.1$ mm

$U_1 = 120.0$ mm

$UL_2 = 1,200.0$ mm

$UR_2 = 1,200.0$ mm

상부 플랜지 유효폭

$B_{ue} = 2,413.9$ mm

하부 플랜지 유효폭

$B_{le} = 2,413.9$ mm

$B_1 = 120.0$ mm

$B_2 = 2,400.0$ mm

$T_c = 240.0$ mm

$T_h = 50.0$ mm

$h = 1,800.0$ mm

$\Theta_L = 0.000$ °

$\Theta_R = 0.000$ °

구 분	단 위	입력 Data
E_s : 강재 탄성계수	MPa	205,000.0
E_c : 콘크리트의 탄성계수	MPa	27,804.0
ε_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율	-	0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수	-	0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수	-	4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비	-	7
Δt : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
M_s : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	-2,936.540
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	-1,241.310
M_w : 풍하중에의한 모멘트	kN·m	-155.487
M_v : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	-3,451.940
V_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	877.918
V_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	325.653
V_w : 풍하중에의한 전단력	kN	62.117
V_v : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	692.437
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	178.325
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	17.814
M_{wt} : 풍하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	70.125
M_{vt} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	602.129
t_{cu}, t_{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

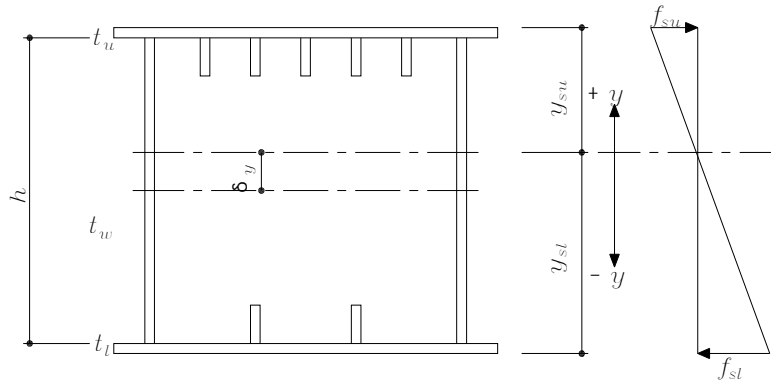
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

X(3)축 방향 단면 제원

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 - 2,413.9 × 12.0	28,966.9	906.0	2.624E+07	2.378E+10	3.476E+05
UPPER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	825.0	8.663E+06	7.147E+09	1.969E+07
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-825.0	-8.663E+06	7.147E+09	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,413.9 × 14.0	33,794.7	-907.0	-3.065E+07	2.780E+10	5.520E+05
강재 단면 합계		126,961.7	-	-4.408E+06	6.587E+10	1.170E+10
UPPER RE-Bar (A_{rU})		11,907.3	1,130.0	13,455,263.1	15,204,447,267.4	-
LOWER RE-Bar (A_{rL})		11,907.3	990.0	11,788,239.3	11,670,356,932.2	-
RE-Bar 합계		23,814.6		2.524E+07	2.687E+10	-
RC. SLAB	1 - 4,156.1 × 240.0	997,471.2	1,070.0	1.067E+09	1.142E+12	4.788E+09
※ $A_s = 126,961.7 \text{ mm}^2$ $A_{c1} = 997,471.2 \text{ mm}^2$ $A_r = 23,814.6 \text{ mm}^2$						

$$\ast \quad A_s = 126,961.7 \text{ mm}^2 \quad A_{c1} = 997,471.2 \text{ mm}^2 \quad A_r = 23,814.6 \text{ mm}^2$$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -4,407,799.7 / 126,961.7 = -34.718 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 1,800.0 / 2 + 12.0 - (-34.718) = 946.718 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 1,800.0 / 2 + 14.0 + (-34.718) \} = -879.282 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 11,704,274,583.8 + 65,871,424,811.4 - 126,961.7 \times (-34.718)^2 = 7.742\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = -2,936.540 \times 946.7 / 77,422,671,324.8 = -35.908 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = -2,936.540 \times -879.3 / 77,422,671,324.8 = 33.350 \text{ MPa}$$

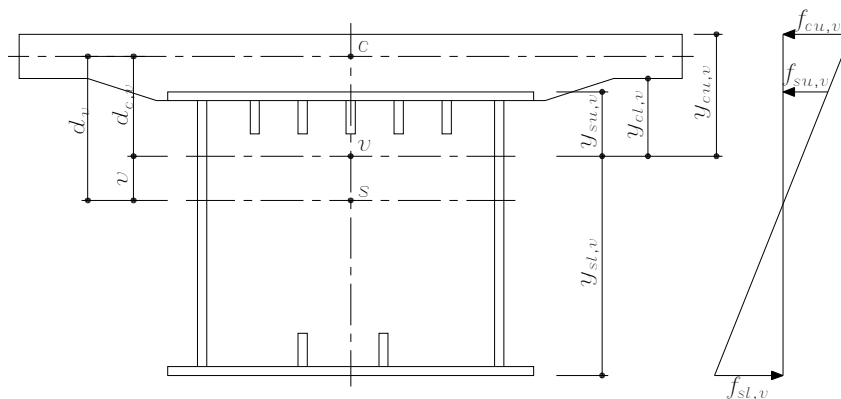
- 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 4.168\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 877.918 / 43,200.0 + 178.325 / (2 \times 4,168,010.0 \times 12.0) = 22.105 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_r = 126,961.7 + 23,814.6 = 150,776.3 \text{ mm}^2$$

- 강재도심선에서 철근 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 946.7 - 12.0 + 50.0 + 40.0 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 11,907.3 / 23,814.6 = 1,094.7 \text{ mm}$$

- 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_r \times d_v / A_v = 23,814.6 \times 1,094.7 / 150,776.3 = 172.9 \text{ mm}$$

- 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{r,v} = d_v - v = 1,094.7 - 172.9 = 921.8 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{rv} = I_s + A_s \cdot v^2 + I_r + A_r \cdot d_{r,v}^2$$

$$= 77,422,671,324.8 + 126,961.7 \times 172.9^2 + 0.0 + 23,814.6 \times 921.8^2 = 1.015E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 946.7 - 172.9 = 773.8 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -879.3 - 172.9 = -1,052.2 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 주철근 상·하연까지의 거리

$$y_{ru,v} = d_{r,v} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{rl} / A_r$$

$$= 921.8 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 11,907.3 / 23,814.6 = 991.8 \text{ mm}$$

$$y_{rl,v} = d_{r,v} - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 921.8 - (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 11,907.3 / 23,814.6 = 851.8 \text{ mm}$$

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -1,241.310 \times 773.8 / 101,454,536,132.2 = -9.468 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -1,241.310 \times -1,052.2 / 101,454,536,132.2 = 12.874 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_{sc} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -1,241.310 \times 991.8 / 101,454,536,132.2 = -12.135 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_{sc} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -1,241.310 \times 851.8 / 101,454,536,132.2 = -10.422 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$F_v = b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 4.207E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{scl} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 325.653 / 43,200.0 + 17.814 / (2 \times 4,207,420.0 \times 12.0) = 7.715 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -3,451.940 \times 773.8 / 101,454,536,132.2 = -26.329 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -3,451.940 \times -1,052.2 / 101,454,536,132.2 = 35.800 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_v \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -3,451.940 \times 991.8 / 101,454,536,132.2 = -33.746 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_v \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -3,451.940 \times 851.8 / 101,454,536,132.2 = -28.982 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 692.437 / 43,200.0 + 602.129 / (2 \times 4,207,420.0 \times 12.0) = 21.992 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응력 검토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -155.487 \times 773.8 / 101,454,536,132.2 = -1.186 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -155.487 \times -1,052.2 / 101,454,536,132.2 = 1.613 \text{ MPa}$$

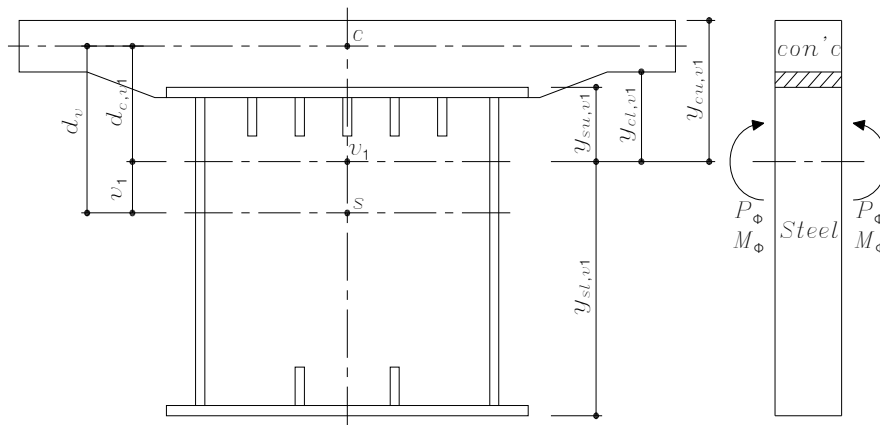
$$f_{ru,v} = M_w \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -155.487 \times 991.8 / 101,454,536,132.2 = -0.217 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_w \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -155.487 \times 851.8 / 101,454,536,132.2 = -0.186 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$u = V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 62.117 / 43,200.0 + 70.125 / (2 \times 4,207,420.0 \times 12.0) = 2.132 \text{ MPa}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

■ 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 997,471.2 / 7.0 = 142,495.9 \text{ mm}^2$$

■ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 4,787,861,760.0 / 7.0 = 6.840E+08 \text{ mm}^4$$

■ 합성 단면적

$$A_v' = A_s + A_{cn1} = 126,961.7 + 142,495.9 = 269,457.5 \text{ mm}^2$$

■ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v' = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 946.7 - 12.0 + 50.0 + 240.0/2 = 1,104.7 \text{ mm}$$

■ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v' = A_{cn1} \times d_v' / A_v' = 142,495.9 \times 1,104.7 / 269,457.5 = 584.2 \text{ mm}$$

■ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v}' = d_v' - v' = 1,104.7 - 584.2 = 520.5 \text{ mm}$$

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = -0.211 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 2.0/2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_{c1}/n_1 = 126,961.7 + 997,471.2 / 14.0 = 1.982\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_{c1}/n_1) \times d_v' / A_{v1} = (997,471.2/14.0) \times 1,104.7 / 198,209.6 = 397.1 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v' - v_1 = 1,104.7 - 397.1 = 707.6 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v'^2) + (I_c/n_1 + A_c/n_1 \cdot d_{c,v}'^2) \\ = (77,422,671,324.8 + 126,961.7 \times 584.2^2) + (4,787,861,760.0/7.0 + 997,471.2/7.0 \times 520.5^2) = 1.404\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v}' \cdot A_{c1} / (n \cdot I_{v1}) \\ = -1,241.3 \times 520.5 \times 997,471.2 / (7.0 \times 140,399,341,779.0) = -6.558\text{E}+05 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -655,769.2 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = -6.558\text{E}+05 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = -655,769.2 \times 707.6 = -4.640\text{E}+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

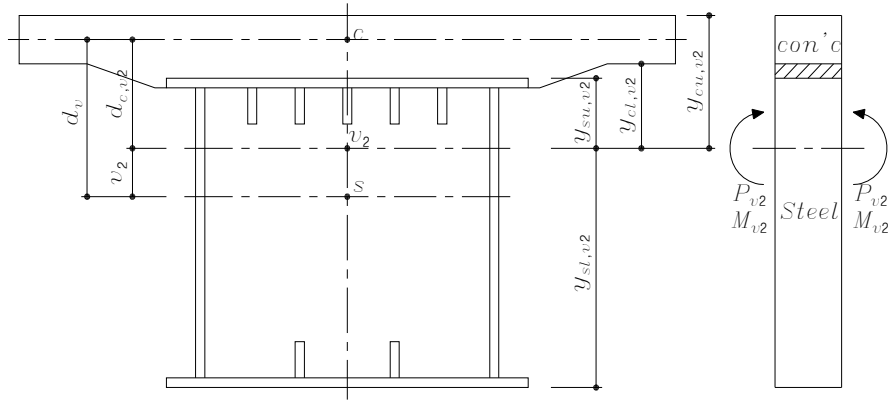
$$f_{ru,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{ru,v} / I_{rv} \\ = -655,769.2 / 150,776.3 + -0.211 \times -464,034,391.5 \times 991.8 / 101,454,536,132.2 = -3.394 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{rl,v} / I_{rv} \\ = -655,769.2 / 150,776.3 + -0.211 \times -464,034,391.5 \times 851.8 / 101,454,536,132.2 = -3.529 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v} / I_{rv} \\ = -655,769.2 / 150,776.3 + -0.211 \times -464,034,391.5 \times 773.8 / 101,454,536,132.2 = -3.604 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v} / I_{rv} \\ = -655,769.2 / 150,776.3 + -0.211 \times -464,034,391.5 \times -1,052.2 / 101,454,536,132.2 = -5.362 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 ϕ_2 는 $\phi_2 = 2 \cdot \phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 126,961.7 + 997,471.2 / 21.0 = 1.745E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2} = (997,471.2/21.0) \times 1,104.7 / 174,460.3 = 300.8 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,104.7 - 300.8 = 803.9 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 997,471.2 / 21.0 = 2.629E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,629,049.1 \times 803.9 = 2.114E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

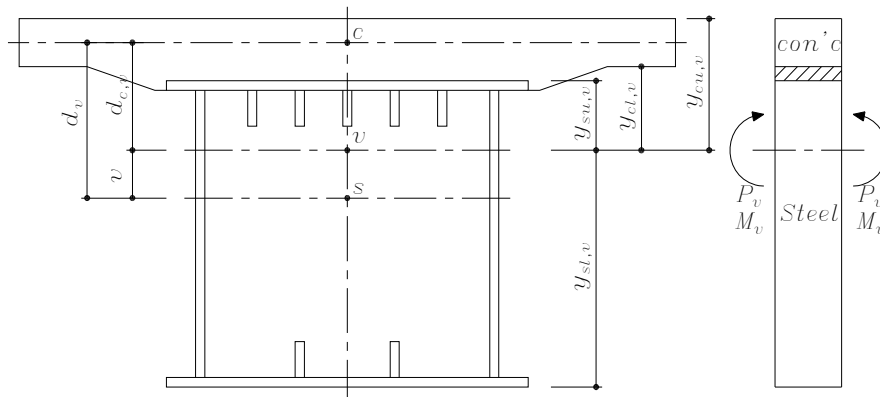
$$\begin{aligned} f_{ru,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{ru,v}/I_{rv} \\ &= 2,629,049.1/150,776.3 + -0.211 \times 2,113,615,380.1 \times 991.8/101,454,536,132.2 \\ &= 13.087 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{rl,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} \\ &= 2,629,049.1/150,776.3 + -0.211 \times 2,113,615,380.1 \times 851.8/101,454,536,132.2 \\ &= 13.701 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v}/I_{rv} \\ &= 2,629,049.1/150,776.3 + -0.211 \times 2,113,615,380.1 \times 773.8/101,454,536,132.2 \\ &= 14.043 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v}/I_{rv} \\ &= 2,629,049.1/150,776.3 + -0.211 \times 2,113,615,380.1 \times -1,052.2/101,454,536,132.2 \\ &= 22.051 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1} / n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 997,471.2 / 7.0 = 3.505\text{E}+06 \text{ N}$$

P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 3,505,398.8 \times 520.5 = 1.825\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

바닥판 철근 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{ru,t} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t \\ &= 3,505,398.8 / 150,776.3 + -0.211 \times 1,824,613,710.1 \times 991.8 / 101,454,536,132.2 \\ &\quad - 205,000.0 \times 0.000120 = -5.106 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{rl,t} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t \\ &= 3,505,398.8 / 150,776.3 + -0.211 \times 1,824,613,710.1 \times 851.8 / 101,454,536,132.2 \\ &\quad - 205,000.0 \times 0.000120 = -4.576 \text{ MPa} \end{aligned}$$

강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v} / I_{rv} \\ &= 3,505,398.8 / 150,776.3 + -0.211 \times 1,824,613,710.1 \times 773.8 / 101,454,536,132.2 = 20.319 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} \\ &= 3,505,398.8 / 150,776.3 + -0.211 \times 1,824,613,710.1 \times -1,052.2 / 101,454,536,132.2 = 27.233 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 1,896.008 / 43,200.0 + 178.325 / 100,032,240.0 + 619.943 / 100,978,080.0 = 51.811 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 51.8 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 1,265.688 / 43,200.0 + 178.325 / 100,032,240.0 + 87.939 / 100,978,080.0 = 31.952 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 32.0 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 활하중 재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 1,927.067 / 43,200.0 + 178.325 / 100,032,240.0 + 655.006 / 100,978,080.0 = 52.877 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 52.9 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)
 f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)
 i : 응력구배계수
 n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$t_l \geq b / 23 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 23 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 46 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7[b / (t_l \cdot i \cdot n) - 23] = 215.0 - 4.7\{2,400.0 / (14.0 \times 1.0 \times 6) - 23\} = 188.8 \text{ MPa}$$

$$b / 46 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 80 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.0 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000\{(t_l \cdot i \cdot n) / b\}^2 = 220,000.0 \times \{(14.0 \times 1.0 \times 6.0 / 2,400.0)^2\} = 269.5 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 14.0 \text{ mm} : \therefore f_{ca} = 188.8 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$$

(SD 400 사용)

$$f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$$

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	RE-BAR				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	-35.908	33.350	215.000	188.814
1+2+3	-45.881	-39.404	160.000	160.000	-71.704	82.024	215.000	188.814
1+2+3+5	-49.275	-42.934	160.000	160.000	-75.308	76.662	215.000	188.814
1+2+3+5+6	-36.188	-29.233	160.000	160.000	-61.265	98.713	215.000	188.814
1+2+3+5+6+7	-41.294	-33.809	184.000	184.000	-40.946	125.946	247.250	217.136
1+2+3+5+6-7	-31.082	-24.657	184.000	184.000	-81.584	71.480	247.250	217.136
1+2+4	-12.352	-10.609	192.000	192.000	-46.561	47.836	258.000	226.577
1+2+3+0.5×4	-45.989	-39.498	200.000	200.000	-72.297	82.830	268.750	236.018
1+2+3+0.5×4+5	-49.384	-43.027	200.000	200.000	-75.901	77.468	268.750	236.018
1+2+3+0.5×4+5+6	-36.297	-29.326	200.000	200.000	-61.858	99.519	268.750	236.018
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-41.403	-33.902	216.000	216.000	-41.539	126.752	290.250	254.899
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-31.191	-24.750	216.000	216.000	-82.177	72.287	290.250	254.899

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.028	0.031	0.172	0.172	0.200	0.203	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.111	0.189	0.172	0.172	0.283	0.361	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.123	0.165	0.172	0.172	0.294	0.337	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.081	0.273	0.172	0.172	0.253	0.445	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.027	0.336	0.172	0.172	0.199	0.508	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.109	0.108	0.172	0.172	0.281	0.280	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.033	0.045	0.045	0.045	0.078	0.090	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.072	0.123	0.115	0.115	0.187	0.238	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.080	0.108	0.115	0.115	0.194	0.222	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.053	0.178	0.115	0.115	0.168	0.292	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.020	0.247	0.115	0.115	0.135	0.362	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.080	0.080	0.115	0.115	0.195	0.195	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{-75.308}{215.000} \right)^2 + \left(\frac{51.811}{125.000} \right) = 0.123 + 0.172 = 0.294 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{125.946}{217.136} \right)^2 + \left(\frac{51.811}{125.000} \right) = 0.336 + 0.172 = 0.508 \leq 1.2 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 인장(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 108.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$(\text{합성형 스테드 설치시}) \quad t_{min} = \mathbf{10.0} \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 압축(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 14.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b / (46 \cdot i \cdot n) = \mathbf{2,400.0} / (46 \times 1.0 \times 6.0) = 8.7 \leq t_{use} = 14.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1, 3.8.4.2)

$$t_{min} = b / (206 \times 1.200) = \mathbf{1,800.0} / (206 \times 1.200) = \mathbf{7.3} \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 33.350)} = 2.54 \geq \mathbf{1.20} \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

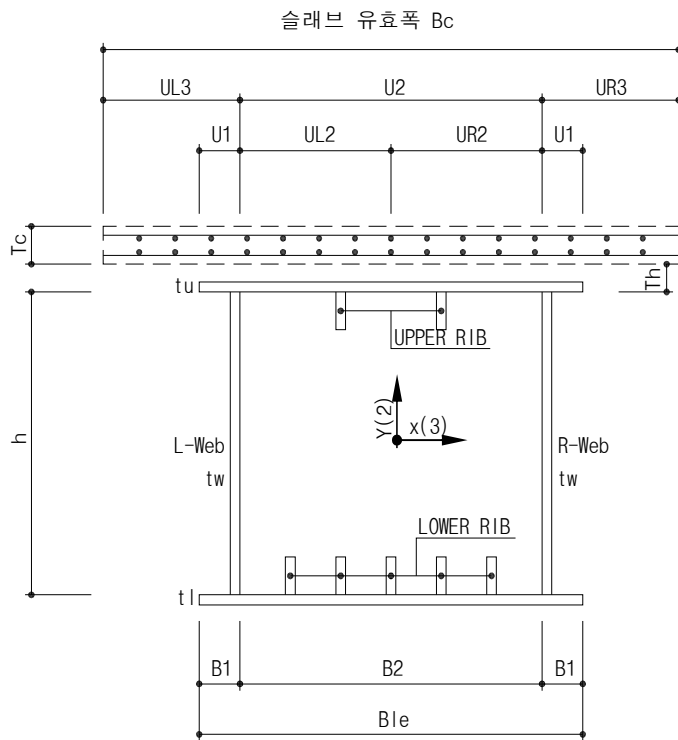
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Rebar				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	-46.680	43.355	355.000	0.K !!
1+2+3	-88.329	-75.861	240.000	0.K !!	-115.594	137.061	355.000	0.K !!
1+2+3+7	-93.435	-80.437	240.000	0.K !!	-135.914	164.294	355.000	0.K !!
1+2+3+5	-91.723	-79.390	240.000	0.K !!	-119.199	131.699	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6	-78.636	-65.689	240.000	0.K !!	-105.156	153.750	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	-83.742	-70.265	240.000	0.K !!	-84.836	180.983	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	-73.530	-61.113	240.000	0.K !!	-125.475	126.518	355.000	0.K !!
1+2+4	-15.993	-13.735	240.000	0.K !!	-60.174	61.703	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4	-88.438	-75.954	240.000	0.K !!	-116.187	137.868	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+7	-93.544	-80.530	240.000	0.K !!	-95.868	165.100	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	-91.832	-79.483	240.000	0.K !!	-119.792	132.505	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	-78.745	-65.782	240.000	0.K !!	-105.749	154.557	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-83.851	-70.358	240.000	0.K !!	-85.429	181.789	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-73.639	-61.206	240.000	0.K !!	-126.068	127.324	355.000	0.K !!

[G1 : SPLICE - 6] : 절점 9 로 부터 이격거리 3.120 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종:	SM520B
B_c =	4,153.0 mm
U_1 =	120.0 mm
UL_2 =	1,200.0 mm
UR_2 =	1,200.0 mm
상부 플랜지 유효폭	
B_{ue} =	2,411.8 mm
하부 플랜지 유효폭	
B_{le} =	2,411.8 mm
B_1 =	120.0 mm
B_2 =	2,400.0 mm
T_c =	240.0 mm
T_h =	50.0 mm
h =	1,800.0 mm
Θ_L =	0.000 °
Θ_R =	0.000 °

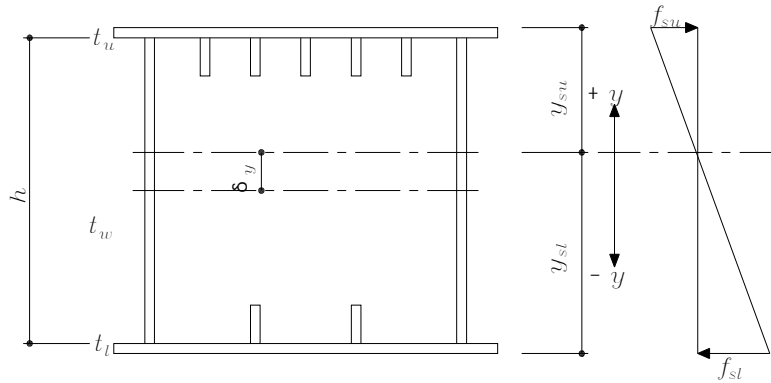
구 분	단 위	입력 Data
E_s : 강재 탄성계수	MPa	205,000.0
E_c : 콘크리트의 탄성계수	MPa	27,804.0
ε_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율	-	0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수	-	0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수	-	4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비	-	7
Δt : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
M_s : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	-3,739.740
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	-1,619.460
M_w : 풍하중에의한 모멘트	kN·m	-117.393
M_v : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	-3,584.600
V_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-622.102
V_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-204.921
V_w : 풍하중에의한 전단력	kN	-54.453
V_v : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	-703.260
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	77.581
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	93.159
M_{wt} : 풍하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	74.145
M_{vt} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	432.412
t_{cu}, t_{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

X(3)축 방향 단면 제원

[illegible]
$$\ast \quad A_s = 120,607.8 \text{ mm}^2 \quad A_{c1} = 996,712.8 \text{ mm}^2 \quad A_r = 23,796.5 \text{ mm}^2$$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -9,601,519.8 / 120,607.8 = -79.609 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 1,800.0 / 2 + 12.0 - -79.609 = 991.609 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 1,800.0 / 2 + 14.0 + -79.609 \} = -834.391 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 11,692,461,312.4 + 61,539,257,377.1 - 120,607.8 \times -79.609^2 = 7.247E+10 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = -3,739.740 \times 991.6 / 72,467,347,291.8 = -51.173 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = -3,739.740 \times -834.4 / 72,467,347,291.8 = 43.059 \text{ MPa}$$

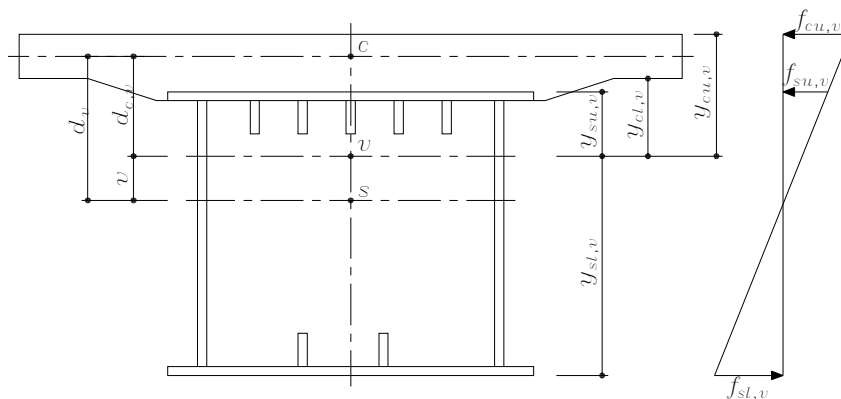
- 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 4.166E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 622.102 / 43,200.0 + 77.581 / (2 \times 4,166,130.0 \times 12.0) = 15.176 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_r = 120,607.8 + 23,796.5 = 144,404.4 \text{ mm}^2$$

- 강재도심선에서 철근 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 991.6 - 12.0 + 50.0 + 40.0 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 11,898.3 / 23,796.5 = 1,139.6 \text{ mm}$$

- 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_r \times d_v / A_v = 23,796.5 \times 1,139.6 / 144,404.4 = 187.8 \text{ mm}$$

- 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{r,v} = d_v - v = 1,139.6 - 187.8 = 951.8 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{rv} = I_s + A_s \cdot v^2 + I_r + A_r \cdot d_{r,v}^2$$

$$= 72,467,347,291.8 + 120,607.8 \times 187.8^2 + 0.0 + 23,796.5 \times 951.8^2 = 9.828E+10 \text{ mm}^4$$

- 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 991.6 - 187.8 = 803.8 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -834.4 - 187.8 = -1,022.2 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 주철근 상·하연까지의 거리

$$y_{ru,v} = d_{r,v} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{rl} / A_r$$

$$= 951.8 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 11,898.3 / 23,796.5 = 1,021.8 \text{ mm}$$

$$y_{rl,v} = d_{r,v} - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 951.8 - (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 11,898.3 / 23,796.5 = 881.8 \text{ mm}$$

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -1,619.460 \times 803.8 / 98,279,291,268.0 = -13.245 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -1,619.460 \times -1,022.2 / 98,279,291,268.0 = 16.844 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_{sc} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -1,619.460 \times 1,021.8 / 98,279,291,268.0 = -16.838 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_{sc} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -1,619.460 \times 881.8 / 98,279,291,268.0 = -14.531 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$F_v = b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 4.206E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{scl} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 204.921 / 43,200.0 + 93.159 / (2 \times 4,205,520.0 \times 12.0) = 5.667 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -3,584.600 \times 803.8 / 98,279,291,268.0 = -29.318 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -3,584.600 \times -1,022.2 / 98,279,291,268.0 = 37.283 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_v \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -3,584.600 \times 1,021.8 / 98,279,291,268.0 = -37.269 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_v \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -3,584.600 \times 881.8 / 98,279,291,268.0 = -32.163 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 703.260 / 43,200.0 + 432.412 / (2 \times 4,205,520.0 \times 12.0) = 20.563 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -117.393 \times 803.8 / 98,279,291,268.0 = -0.960 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -117.393 \times -1,022.2 / 98,279,291,268.0 = 1.221 \text{ MPa}$$

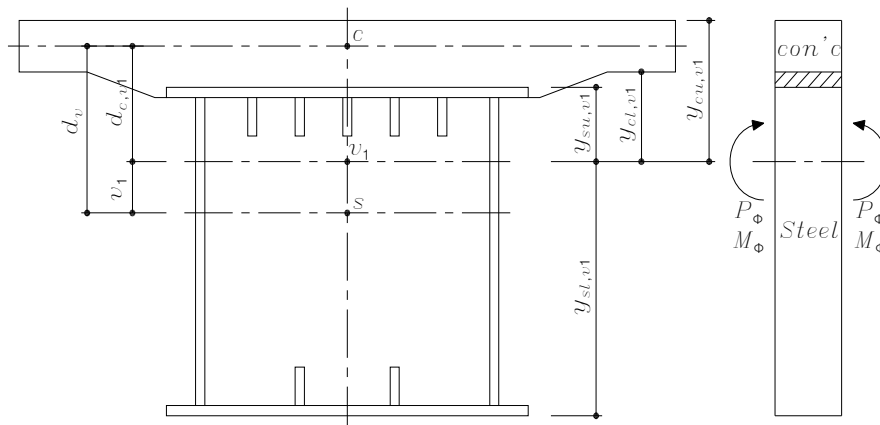
$$f_{ru,v} = M_w \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -117.393 \times 1,021.8 / 98,279,291,268.0 = -0.174 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_w \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -117.393 \times 881.8 / 98,279,291,268.0 = -0.150 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$u = V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 54.453 / 43,200.0 + 74.145 / (2 \times 4,205,520.0 \times 12.0) = 1.995 \text{ MPa}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

■ 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 996,712.8 / 7.0 = 142,387.5 \text{ mm}^2$$

■ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 4,784,221,440.0 / 7.0 = 6.835E+08 \text{ mm}^4$$

■ 합성 단면적

$$A_v' = A_s + A_{cn1} = 120,607.8 + 142,387.5 = 262,995.4 \text{ mm}^2$$

■ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v' = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 991.6 - 12.0 + 50.0 + 240.0/2 = 1,149.6 \text{ mm}$$

■ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v' = A_{cn1} \times d_v' / A_v' = 142,387.5 \times 1,149.6 / 262,995.4 = 622.4 \text{ mm}$$

■ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v}' = d_v' - v' = 1,149.6 - 622.4 = 527.2 \text{ mm}$$

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = -0.276 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 2.0/2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_{c1}/n_1 = 120,607.8 + 996,712.8 / 14.0 = 1.918\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_{c1}/n_1) \times d_v' / A_{v1} = (996,712.8/14.0) \times 1,149.6 / 191,801.6 = 426.7 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v' - v_1 = 1,149.6 - 426.7 = 722.9 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v'^2) + (I_c/n_1 + A_c/n_1 \cdot d_{c,v}'^2) \\ = (72,467,347,291.8 + 120,607.8 \times 622.4^2) + (4,784,221,440.0/7.0 + 996,712.8/7.0 \times 527.2^2) = 1.393\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v}' \cdot A_{c1} / (n \cdot I_{v1}) \\ = -1,619.5 \times 527.2 \times 996,712.8 / (7.0 \times 139,319,141,968.9) = -8.726\text{E}+05 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -872,587.8 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = -8.726\text{E}+05 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = -872,587.8 \times 722.9 = -6.308\text{E}+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

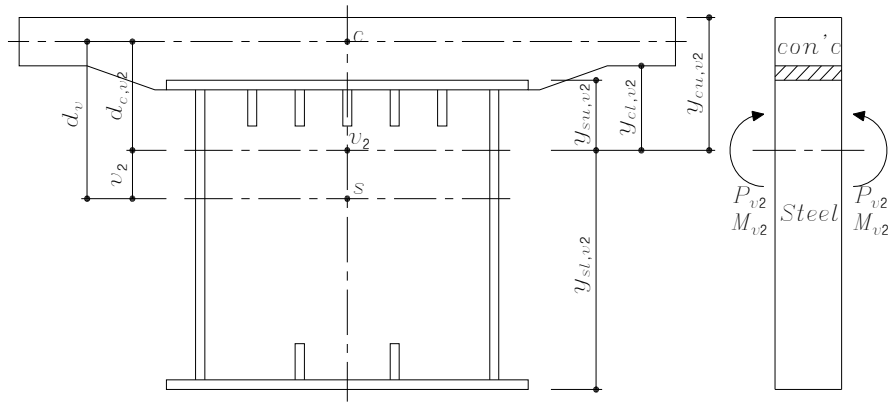
$$f_{ru,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{ru,v} / I_{rv} \\ = -872,587.8/144,404.4 + -0.276 \times -630,787,035.9 \times 1,021.8/98,279,291,268.0 = -4.235 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{rl,v} / I_{rv} \\ = -872,587.8/144,404.4 + -0.276 \times -630,787,035.9 \times 881.8/98,279,291,268.0 = -4.483 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v} / I_{rv} \\ = -872,587.8/144,404.4 + -0.276 \times -630,787,035.9 \times 803.8/98,279,291,268.0 = -4.621 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v} / I_{rv} \\ = -872,587.8/144,404.4 + -0.276 \times -630,787,035.9 \times -1,022.2/98,279,291,268.0 = -7.851 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 ϕ_2 는 $\phi_2 = 2 \cdot \phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 120,607.8 + 996,712.8 / 21.0 = 1.681E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2} = (996,712.8/21.0) \times 1,149.6 / 168,070.4 = 324.6 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,149.6 - 324.6 = 825.0 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 996,712.8 / 21.0 = 2.627E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,627,050.2 \times 825.0 = 2.167E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

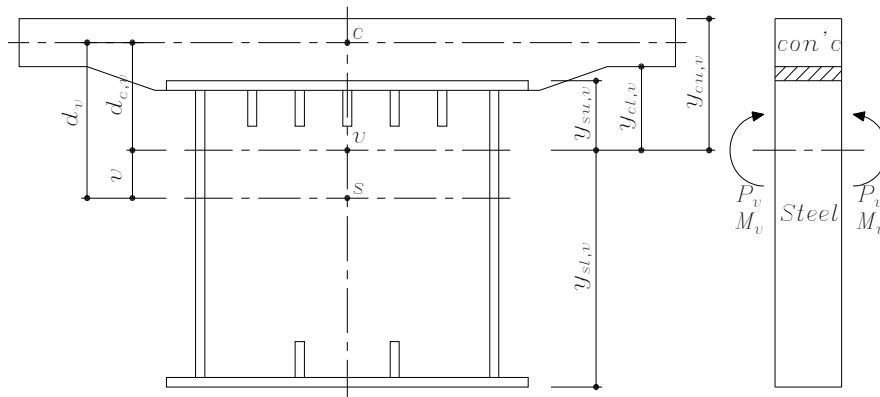
$$f_{ru,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{ru,v}/I_{rv} = 2,627,050.2/144,404.4 + -0.276 \times 2,167,220,513.8 \times 1,021.8/98,279,291,268.0 = 11.983 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} = 2,627,050.2/144,404.4 + -0.276 \times 2,167,220,513.8 \times 881.8/98,279,291,268.0 = 12.833 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v}/I_{rv} = 2,627,050.2/144,404.4 + -0.276 \times 2,167,220,513.8 \times 803.8/98,279,291,268.0 = 13.307 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v}/I_{rv} = 2,627,050.2/144,404.4 + -0.276 \times 2,167,220,513.8 \times -1,022.2/98,279,291,268.0 = 24.404 \text{ MPa}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팅창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1} / n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 996,712.8 / 7.0 = 3.503\text{E}+06 \text{ N}$$

P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 3,502,733.6 \times 527.2 = 1.847\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

바닥판 철근 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{ru,t} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t \\ &= 3,502,733.6 / 144,404.4 + -0.276 \times 1,846,651,022.9 \times 1,021.8 / 98,279,291,268.0 \\ &\quad - 205,000.0 \times 0.000120 = -5.635 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{rl,t} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t \\ &= 3,502,733.6 / 144,404.4 + -0.276 \times 1,846,651,022.9 \times 881.8 / 98,279,291,268.0 \\ &\quad - 205,000.0 \times 0.000120 = -4.910 \text{ MPa} \end{aligned}$$

강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v} / I_{rv} \\ &= 3,502,733.6 / 144,404.4 + -0.276 \times 1,846,651,022.9 \times 803.8 / 98,279,291,268.0 = 20.094 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} \\ &= 3,502,733.6 / 144,404.4 + -0.276 \times 1,846,651,022.9 \times -1,022.2 / 98,279,291,268.0 = 29.550 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,530.283 / 43,200.0 + 77.581 / 99,987,120.0 + 525.571 / 100,932,480.0 = 41.406 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 41.4 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 881.476 / 43,200.0 + 77.581 / 99,987,120.0 + 167.304 / 100,932,480.0 = 22.838 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 22.8 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 활하중 재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,557.510 / 43,200.0 + 77.581 / 99,987,120.0 + 562.644 / 100,932,480.0 = 42.404 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 42.4 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)
 f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)
 i : 응력구배계수
 n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$t_l \geq b / 23 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 23 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 46 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7[b / (t_l \cdot i \cdot n) - 23] = 215.0 - 4.7\{2,400.0 / (14.0 \times 1.0 \times 6) - 23\} = 188.8 \text{ MPa}$$

$$b / 46 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 80 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.0 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000\{(t_l \cdot i \cdot n) / b\}^2 = 220,000.0 \times \{(14.0 \times 1.0 \times 6.0 / 2,400.0)^2\} = 269.5 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 14.0 \text{ mm} : \therefore f_{ca} = 188.8 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$$

(SD 400 사용)

$$f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$$

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	RE-BAR				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	-51.173	43.059	215.000	188.814
1+2+3	-54.107	-46.693	160.000	160.000	-93.736	97.186	215.000	188.814
1+2+3+5	-58.342	-51.176	160.000	160.000	-98.357	89.335	215.000	188.814
1+2+3+5+6	-46.359	-38.343	160.000	160.000	-85.050	113.740	215.000	188.814
1+2+3+5+6+7	-51.994	-43.253	184.000	184.000	-64.955	143.289	247.250	217.136
1+2+3+5+6-7	-40.725	-33.433	184.000	184.000	-105.144	84.190	247.250	217.136
1+2+4	-17.012	-14.681	192.000	192.000	-65.378	61.124	258.000	226.577
1+2+3+0.5×4	-54.194	-46.769	200.000	200.000	-94.216	97.797	268.750	236.018
1+2+3+0.5×4+5	-58.429	-51.252	200.000	200.000	-98.837	89.946	268.750	236.018
1+2+3+0.5×4+5+6	-46.447	-38.418	200.000	200.000	-85.530	114.350	268.750	236.018
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-52.081	-43.328	216.000	216.000	-65.435	143.900	290.250	254.899
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-40.812	-33.508	216.000	216.000	-105.624	84.801	290.250	254.899

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.057	0.052	0.110	0.110	0.166	0.162	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.190	0.265	0.110	0.110	0.300	0.375	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.209	0.224	0.110	0.110	0.319	0.334	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.156	0.363	0.110	0.110	0.266	0.473	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.069	0.435	0.110	0.110	0.179	0.545	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.181	0.150	0.110	0.110	0.291	0.260	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.064	0.073	0.023	0.023	0.087	0.096	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.123	0.172	0.074	0.074	0.197	0.245	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.135	0.145	0.074	0.074	0.209	0.219	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.101	0.235	0.074	0.074	0.175	0.308	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.051	0.319	0.074	0.074	0.124	0.392	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.132	0.111	0.074	0.074	0.206	0.184	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{-98.357}{215.000} \right)^2 + \left(\frac{41.406}{125.000} \right) = 0.209 + 0.110 = 0.319 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{143.289}{217.136} \right)^2 + \left(\frac{41.406}{125.000} \right) = 0.435 + 0.110 = 0.545 \leq 1.2 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 인장(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 108.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$(\text{합성형 스테드 설치시}) \quad t_{min} = \mathbf{10.0} \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 압축(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 14.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b / (46 \cdot i \cdot n) = \mathbf{2,400.0} / (46 \times 1.0 \times 6.0) = 8.7 \leq t_{use} = 14.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1, 3.8.4.2)

$$t_{min} = b / (206 \times 1.200) = \mathbf{1,800.0} / (206 \times 1.200) = \mathbf{7.3} \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 43.059)} = 2.23 \geq \mathbf{1.20} \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

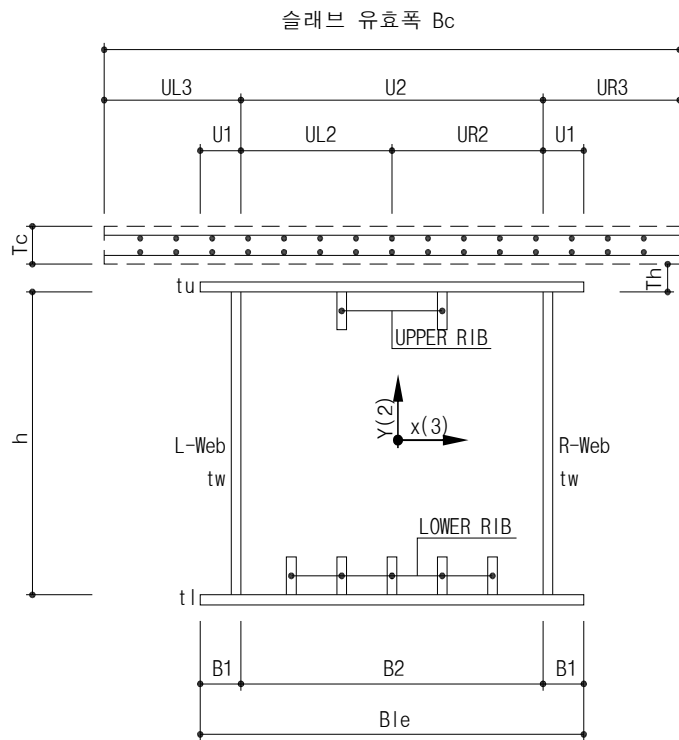
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Rebar				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	-66.525	55.977	355.000	0.K !!
1+2+3	-102.018	-88.040	240.000	0.K !!	-146.777	158.032	355.000	0.K !!
1+2+3+7	-107.652	-92.950	240.000	0.K !!	-166.871	187.582	355.000	0.K !!
1+2+3+5	-106.253	-92.523	240.000	0.K !!	-151.398	150.182	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6	-94.270	-79.689	240.000	0.K !!	-138.091	174.586	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	-99.905	-84.599	240.000	0.K !!	-117.996	204.135	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	-88.635	-74.780	240.000	0.K !!	-158.185	145.036	355.000	0.K !!
1+2+4	-22.063	-19.040	240.000	0.K !!	-84.704	79.095	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4	-102.105	-88.115	240.000	0.K !!	-147.257	158.643	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+7	-107.739	-93.025	240.000	0.K !!	-127.163	188.192	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	-106.340	-92.598	240.000	0.K !!	-151.878	150.792	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	-94.357	-79.765	240.000	0.K !!	-138.571	175.196	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-99.992	-84.674	240.000	0.K !!	-118.477	204.746	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-88.723	-74.855	240.000	0.K !!	-158.665	145.647	355.000	0.K !!

[G1 : SPLICE - 7] : 절점 10 로 부터 이격거리 4.368 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM520B

$B_c = 4,500.0$ mm

$U_1 = 120.0$ mm

$UL_2 = 1,200.0$ mm

$UR_2 = 1,200.0$ mm

상부 플랜지 유효폭

$B_{ue} = 2,640.0$ mm

하부 플랜지 유효폭

$B_{le} = 2,640.0$ mm

$B_1 = 120.0$ mm

$B_2 = 2,400.0$ mm

$T_c = 240.0$ mm

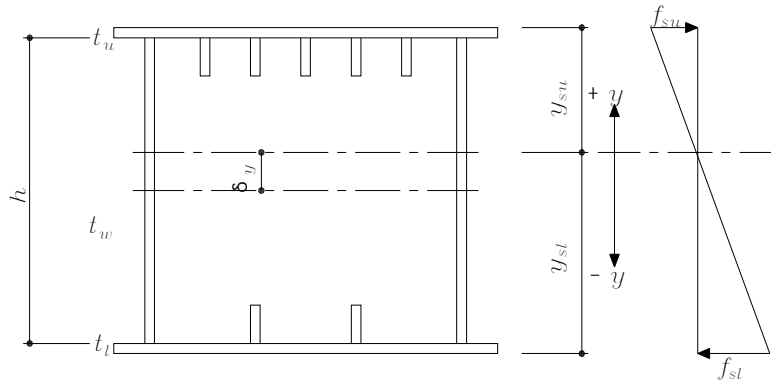
$T_h = 50.0$ mm

$h = 1,800.0$ mm

$\Theta_L = 0.000$ °

$\Theta_R = 0.000$ °

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = 0.0 / 127,560.0 = 0.000 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 1,800.0 / 2 + 12.0 - 0.000 = 912.000 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 1,800.0 / 2 + 12.0 + 0.000 \} = -912.000 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 11,704,135,320.0 + 66,301,293,960.0 - 127,560.0 \times 0.000^2 = 7.801\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = -695.579 \times 912.0 / 78,005,429,280.0 = -8.132 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = -695.579 \times -912.0 / 78,005,429,280.0 = 8.132 \text{ MPa}$$

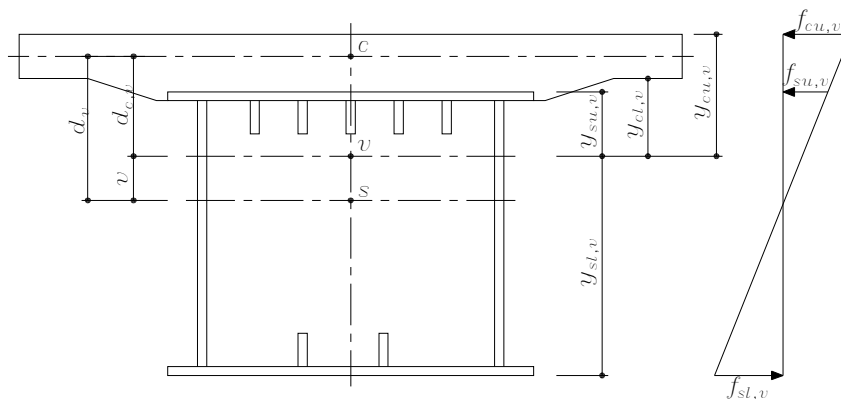
- 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 4.371\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 349.434 / 43,200.0 + 24.630 / (2 \times 4,370,540.0 \times 12.0) = 8.324 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_r = 127,560.0 + 25,785.0 = 153,345.0 \text{ mm}^2$$

- 강재도심선에서 철근 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 912.0 - 12.0 + 50.0 + 40.0 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,892.5 / 25,785.0 = 1,060.0 \text{ mm}$$

- 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_r \times d_v / A_v = 25,785.0 \times 1,060.0 / 153,345.0 = 178.2 \text{ mm}$$

- 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{r,v} = d_v - v = 1,060.0 - 178.2 = 881.8 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{rv} = I_s + A_s \cdot v^2 + I_r + A_r \cdot d_{r,v}^2$$

$$= 78,005,429,280.0 + 127,560.0 \times 178.2^2 + 0.0 + 25,785.0 \times 881.8^2 = 1.021\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 912.0 - 178.2 = 733.8 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -912.0 - 178.2 = -1,090.2 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 주철근 상·하연까지의 거리

$$y_{ru,v} = d_{r,v} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{rl} / A_r$$

$$= 881.8 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,892.5 / 25,785.0 = 951.8 \text{ mm}$$

$$y_{rl,v} = d_{r,v} - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 881.8 - (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,892.5 / 25,785.0 = 811.8 \text{ mm}$$

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -544.664 \times 733.8 / 102,105,801,881.4 = -3.914 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -544.664 \times -1,090.2 / 102,105,801,881.4 = 5.816 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_{sc} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -544.664 \times 951.8 / 102,105,801,881.4 = -5.077 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_{sc} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -544.664 \times 811.8 / 102,105,801,881.4 = -4.330 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$F_v = b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 4.412\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{scl} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 127.536 / 43,200.0 + 126.929 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 4.151 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -2,279.970 \times 733.8 / 102,105,801,881.4 = -16.384 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -2,279.970 \times -1,090.2 / 102,105,801,881.4 = 24.344 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_v \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -2,279.970 \times 951.8 / 102,105,801,881.4 = -21.252 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_v \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -2,279.970 \times 811.8 / 102,105,801,881.4 = -18.126 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 490.534 / 43,200.0 + 397.973 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 15.113 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응력 검토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -18.004 \times 733.8 / 102,105,801,881.4 = -0.129 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -18.004 \times -1,090.2 / 102,105,801,881.4 = 0.192 \text{ MPa}$$

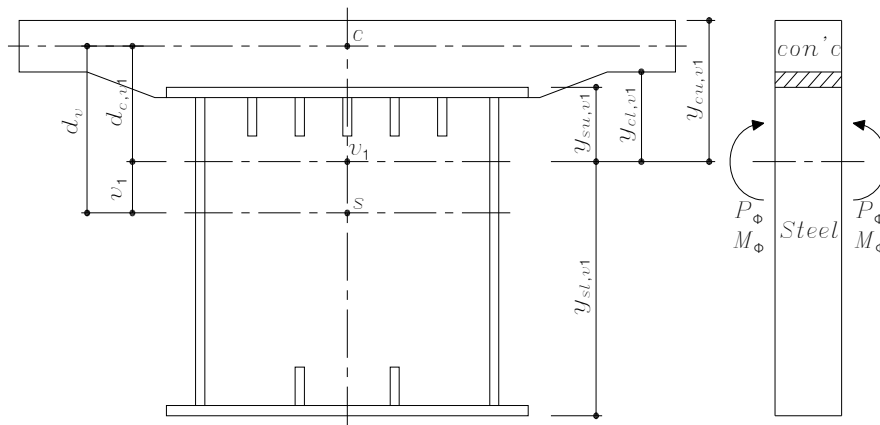
$$f_{ru,v} = M_w \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -18.004 \times 951.8 / 102,105,801,881.4 = -0.024 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_w \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -18.004 \times 811.8 / 102,105,801,881.4 = -0.020 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$u = V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 2.600 / 43,200.0 + 41.101 / (2 \times 4,411,890.0 \times 12.0) = 0.448 \text{ MPa}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

■ 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,080,000.0 / 7.0 = 154,285.7 \text{ mm}^2$$

■ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 5,184,000,000.0 / 7.0 = 7.406E+08 \text{ mm}^4$$

■ 합성 단면적

$$A_v^1 = A_s + A_{cn1} = 127,560.0 + 154,285.7 = 281,845.7 \text{ mm}^2$$

■ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v^1 = y_{su} - t_u + T_h + T_c / 2 = 912.0 - 12.0 + 50.0 + 240.0 / 2 = 1,070.0 \text{ mm}$$

■ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v^1 = A_{cn1} \times d_v^1 / A_v^1 = 154,285.7 \times 1,070.0 / 281,845.7 = 585.7 \text{ mm}$$

■ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v}^1 = d_v^1 - v^1 = 1,070.0 - 585.7 = 484.3 \text{ mm}$$

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 Φ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\Phi_1 = 2.0$$

$$k = -0.198 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \Phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 2.0/2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_{c1}/n_1 = 127,560.0 + 1,080,000.0 / 14.0 = 2.047\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_{c1}/n_1) \times d_v' / A_{v1} = (1,080,000.0/14.0) \times 1,070.0 / 204,702.9 = 403.2 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v' - v_1 = 1,070.0 - 403.2 = 666.8 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v'^2) + (I_c/n_1 + A_c/n_1 \cdot d_{c,v}'^2) \\ = (78,005,429,280.0 + 127,560.0 \times 585.7^2) + (5,184,000,000.0/7.0 + 1,080,000.0/7.0 \times 484.3^2) = 1.402\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v}' \cdot A_{c1} / (n \cdot I_{v1}) \\ = -544.7 \times 484.3 \times 1,080,000.0 / (7.0 \times 140,230,357,187.0) = -2.902\text{E}+05 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\Phi = N_c \cdot 2 \cdot \Phi_1 / (2 + \Phi_1) = -290,201.2 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = -2.902\text{E}+05 \text{ N}$$

- P_Φ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\Phi = P_\Phi \times d_{c,v1} = -290,201.2 \times 666.8 = -1.935\text{E}+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

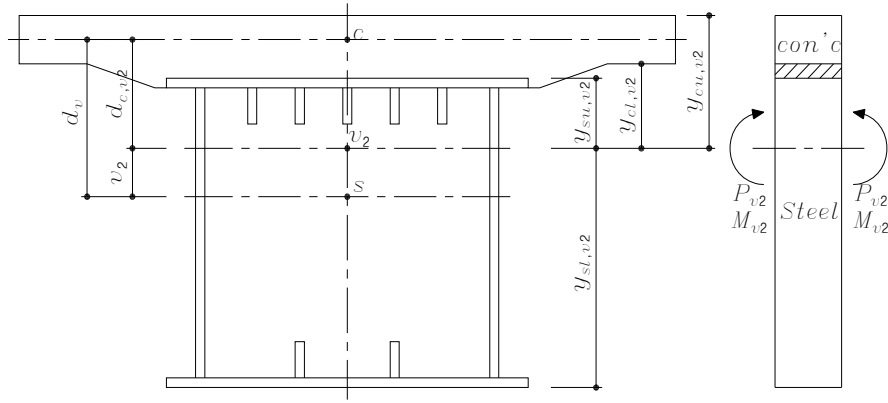
$$f_{ru,v1} = P_\Phi / A_v + k \cdot M_\Phi \cdot y_{ru,v} / I_{rv} \\ = -290,201.2/153,345.0 + -0.198 \times -193,496,709.1 \times 951.8/102,105,801,881.4 = -1.536 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v1} = P_\Phi / A_v + k \cdot M_\Phi \cdot y_{rl,v} / I_{rv} \\ = -290,201.2/153,345.0 + -0.198 \times -193,496,709.1 \times 811.8/102,105,801,881.4 = -1.589 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\Phi / A_v + k \cdot M_\Phi \cdot y_{su,v} / I_{rv} \\ = -290,201.2/153,345.0 + -0.198 \times -193,496,709.1 \times 733.8/102,105,801,881.4 = -1.618 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\Phi / A_v + k \cdot M_\Phi \cdot y_{sl,v} / I_{rv} \\ = -290,201.2/153,345.0 + -0.198 \times -193,496,709.1 \times -1,090.2/102,105,801,881.4 = -2.301 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 ϕ_2 는 $\phi_2 = 2 \cdot \phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 127,560.0 + 1,080,000.0 / 21.0 = 1.790E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2} = (1,080,000.0/21.0) \times 1,070.0 / 178,988.6 = 307.4 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,070.0 - 307.4 = 762.6 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,080,000.0 / 21.0 = 2.847E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,846,571.4 \times 762.6 = 2.171E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

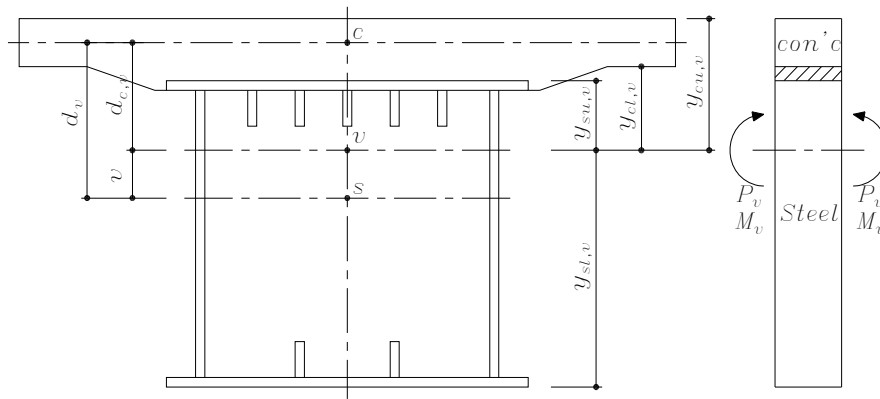
$$\begin{aligned} f_{ru,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{ru,v}/I_{rv} \\ &= 2,846,571.4/153,345.0 + -0.198 \times 2,170,676,339.4 \times 951.8/102,105,801,881.4 \\ &= 14.567 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{rl,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} \\ &= 2,846,571.4/153,345.0 + -0.198 \times 2,170,676,339.4 \times 811.8/102,105,801,881.4 \\ &= 15.154 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v}/I_{rv} \\ &= 2,846,571.4/153,345.0 + -0.198 \times 2,170,676,339.4 \times 733.8/102,105,801,881.4 \\ &= 15.482 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v}/I_{rv} \\ &= 2,846,571.4/153,345.0 + -0.198 \times 2,170,676,339.4 \times -1,090.2/102,105,801,881.4 \\ &= 23.141 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1} / n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,080,000.0 / 7.0 = 3.795\text{E}+06 \text{ N}$$

P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 3,795,428.6 \times 484.3 = 1.838\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

바닥판 철근 응력 변화량

$$f_{ru,t} = P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t$$

$$= 3,795,428.6 / 153,345.0 + -0.198 \times 1,838,009,177.1 \times 951.8 / 102,105,801,881.4 - 205,000.0 \times 0.000120 = -3.233 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,t} = P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t$$

$$= 3,795,428.6 / 153,345.0 + -0.198 \times 1,838,009,177.1 \times 811.8 / 102,105,801,881.4 - 205,000.0 \times 0.000120 = -2.735 \text{ MPa}$$

강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v} / I_{rv}$$

$$= 3,795,428.6 / 153,345.0 + -0.198 \times 1,838,009,177.1 \times 733.8 / 102,105,801,881.4 = 22.142 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v} / I_{rv}$$

$$= 3,795,428.6 / 153,345.0 + -0.198 \times 1,838,009,177.1 \times -1,090.2 / 102,105,801,881.4 = 28.627 \text{ MPa}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 967.504 / 43,200.0 + 24.630 / 104,892,960.0 + 524.902 / 105,885,360.0 = 27.588 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 27.6 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 479.570 / 43,200.0 + 24.630 / 104,892,960.0 + 168.030 / 105,885,360.0 = 12.923 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 12.9 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 활하중 재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 968.804 / 43,200.0 + 24.630 / 104,892,960.0 + 545.452 / 105,885,360.0 = 27.812 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 27.8 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$t_l \geq b / 23 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 23 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 46 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7[b / (t_l \cdot i \cdot n) - 23] = 215.0 - 4.7\{2,400.0 / (12.0 \times 1.0 \times 6) - 23\} = 166.4 \text{ MPa}$$

$$b / 46 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 80 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.0 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000\{(t_l \cdot i \cdot n) / b\}^2 = 220,000.0 \times \{(12.0 \times 1.0 \times 6.0 / 2,400.0)^2\} = 198.0 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 12.0 \text{ mm} : \therefore f_{ca} = 166.4 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$$

(SD 400 사용)

$$f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$$

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	RE-BAR				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	-8.132	8.132	215.000	166.433
1+2+3	-26.329	-22.456	160.000	160.000	-28.431	38.293	215.000	166.433
1+2+3+5	-27.866	-24.045	160.000	160.000	-30.049	35.992	215.000	166.433
1+2+3+5+6	-13.299	-8.891	160.000	160.000	-14.567	59.133	215.000	166.433
1+2+3+5+6+7	-16.532	-11.626	184.000	184.000	7.575	87.761	247.250	191.398
1+2+3+5+6-7	-10.066	-6.155	184.000	184.000	-36.709	30.506	247.250	191.398
1+2+4	-5.101	-4.351	192.000	192.000	-12.176	14.140	258.000	199.720
1+2+3+0.5×4	-26.341	-22.467	200.000	200.000	-28.496	38.389	268.750	208.042
1+2+3+0.5×4+5	-27.878	-24.055	200.000	200.000	-30.113	36.088	268.750	208.042
1+2+3+0.5×4+5+6	-13.311	-8.901	200.000	200.000	-14.632	59.229	268.750	208.042
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-16.544	-11.636	216.000	216.000	7.510	87.857	290.250	224.685
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-10.078	-6.165	216.000	216.000	-36.773	30.602	290.250	224.685

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.001	0.002	0.049	0.049	0.050	0.051	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.017	0.053	0.049	0.049	0.066	0.102	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.020	0.047	0.049	0.049	0.068	0.095	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.005	0.126	0.049	0.049	0.053	0.175	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.001	0.210	0.049	0.049	0.050	0.259	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.022	0.025	0.049	0.049	0.071	0.074	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.002	0.005	0.007	0.007	0.010	0.012	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.011	0.034	0.032	0.032	0.043	0.066	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.013	0.030	0.032	0.032	0.044	0.062	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.003	0.081	0.032	0.032	0.035	0.113	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.001	0.153	0.032	0.032	0.032	0.185	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.016	0.019	0.032	0.032	0.048	0.050	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{-36.709}{247.250} \right)^2 + \left(\frac{27.588}{125.000} \right) = 0.022 + 0.049 = 0.071 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{87.761}{191.398} \right)^2 + \left(\frac{27.588}{125.000} \right) = 0.210 + 0.049 = 0.259 \leq 1.2 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 인장(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 108.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(합성형 스테드 설치시) $t_{min} = 10.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$

- 압축(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b / (46 \cdot i \cdot n) = 2,400.0 / (46 \times 1.0 \times 6.0) = 8.7 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1, 3.8.4.2)

$$t_{min} = b / (206 \times 1.200) = 1,800.0 / (206 \times 1.200) = 7.3 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

여기서, $\sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 8.132)} = 5.14 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

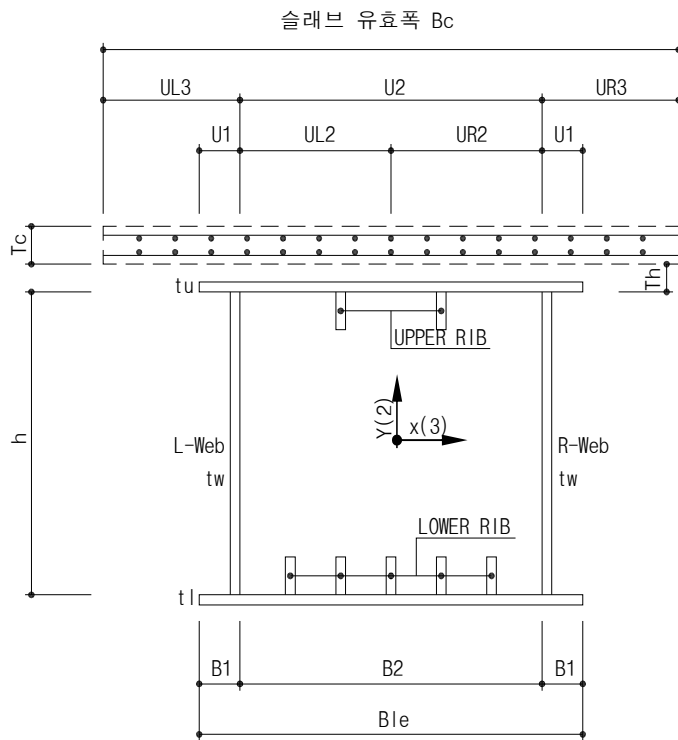
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Rebar				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	-10.572	10.572	355.000	0.K !!
1+2+3	-52.293	-44.601	240.000	0.K !!	-50.887	70.473	355.000	0.K !!
1+2+3+7	-55.526	-47.336	240.000	0.K !!	-73.029	99.101	355.000	0.K !!
1+2+3+5	-53.829	-46.189	240.000	0.K !!	-52.505	68.173	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6	-39.262	-31.035	240.000	0.K !!	-37.023	91.314	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	-42.495	-33.770	240.000	0.K !!	-14.881	119.941	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	-36.029	-28.299	240.000	0.K !!	-59.165	62.686	355.000	0.K !!
1+2+4	-6.624	-5.650	240.000	0.K !!	-15.790	18.325	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4	-52.305	-44.611	240.000	0.K !!	-50.952	70.569	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+7	-55.538	-47.346	240.000	0.K !!	-28.810	99.197	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	-53.841	-46.199	240.000	0.K !!	-52.570	68.269	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	-39.274	-31.045	240.000	0.K !!	-37.088	91.410	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-42.507	-33.780	240.000	0.K !!	-14.946	120.037	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-36.041	-28.310	240.000	0.K !!	-59.230	62.783	355.000	0.K !!

[G1 : SPLICE - 9] : 절점 14 로 부터 이격거리 4.368 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종:	SM520B
B_c	= 4,500.0 mm
U_1	= 120.0 mm
UL_2	= 1,200.0 mm
UR_2	= 1,200.0 mm
상부 플랜지 유효폭	
B_{ue}	= 2,640.0 mm
하부 플랜지 유효폭	
B_{le}	= 2,640.0 mm
B_1	= 120.0 mm
B_2	= 2,400.0 mm
T_c	= 240.0 mm
T_h	= 50.0 mm
h	= 1,844.0 mm
Θ_L	= 0.000 °
Θ_R	= 0.000 °

구 분	단 위	입력 Data
E_s : 강재 탄성계수	MPa	205,000.0
E_c : 콘크리트의 탄성계수	MPa	27,804.0
ε_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율	-	0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수	-	0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수	-	4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비	-	7
Δt : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
M_s : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	-2,863.120
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	-1,481.530
M_w : 풍하중에의한 모멘트	kN·m	-56.028
M_v : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	-4,098.060
V_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	565.757
V_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	225.330
V_w : 풍하중에의한 전단력	kN	17.815
V_v : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	562.920
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	22.584
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	7.747
M_{wt} : 풍하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	31.786
M_{vt} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	443.485
t_{cu}, t_{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

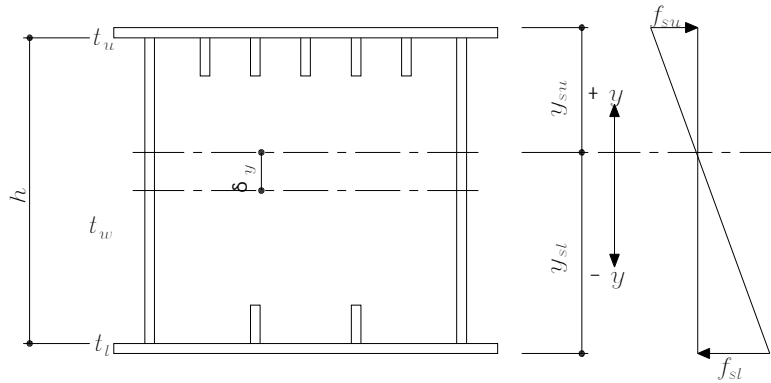
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

X(3)축 방향 단면 제원

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 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	928.0	2.940E+07	2.728E+10	3.802E+05
UPPER RIB	2 - 150.0 × 14.0	4,200.0	847.0	3.557E+06	3.013E+09	7.875E+06
L - WEB	1 - 1,844.0 × 12.0	22,128.0	-	-	-	6.270E+09
R - WEB	1 - 1,844.0 × 12.0	22,128.0	-	-	-	6.270E+09
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-847.0	-8.894E+06	7.533E+09	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 14.0	36,960.0	-929.0	-3.434E+07	3.190E+10	6.037E+05
강재 단면 합계		127,596.0	-	-1.027E+07	6.973E+10	1.257E+10
UPPER RE-Bar (A_{ru})		12,892.5	1,152.0	14,852,160.0	17,109,688,320.0	-
LOWER RE-Bar (A_{rl})		12,892.5	1,012.0	13,047,210.0	13,203,776,520.0	-
RE-Bar 합계		25,785.0		2.790E+07	3.031E+10	-
RC. SLAB	1 - 4,500.0 × 240.0	1,080,000.0	1,092.0	1.179E+09	1.288E+12	5.184E+09
※ $A_s = 127,596.0 \text{ mm}^2$ $A_{c1} = 1,080,000.0 \text{ mm}^2$ $A_r = 25,785.0 \text{ mm}^2$						

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -10,272,900.0 / 127,596.0 = -80.511 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 1,844.0 / 2 + 12.0 - -80.511 = 1,014.511 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 1,844.0 / 2 + 14.0 + -80.511 \} = -855.489 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 12,568,985,508.0 + 69,726,216,780.0 - 127,596.0 \times -80.511^2 = 8.147\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = -2,863.120 \times 1,014.5 / 81,468,119,351.2 = -35.654 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = -2,863.120 \times -855.5 / 81,468,119,351.2 = 30.065 \text{ MPa}$$

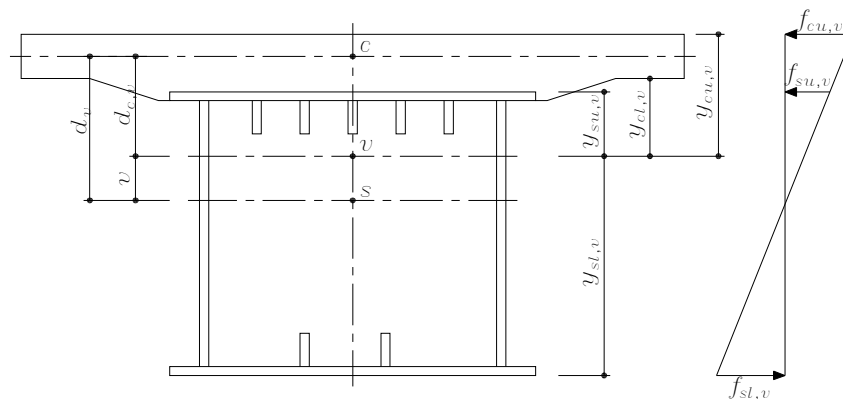
- 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 4.479\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 565.757 / 44,256.0 + 22.584 / (2 \times 4,479,080.0 \times 12.0) = 12.994 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_r = 127,596.0 + 25,785.0 = 153,381.0 \text{ mm}^2$$

- 강재도심선에서 철근 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 1,014.5 - 12.0 + 50.0 + 40.0 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,892.5 / 25,785.0 = 1,162.5 \text{ mm}$$

- 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_r \times d_v / A_v = 25,785.0 \times 1,162.5 / 153,381.0 = 195.4 \text{ mm}$$

- 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{r,v} = d_v - v = 1,162.5 - 195.4 = 967.1 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{rv} = I_s + A_s \cdot v^2 + I_r + A_r \cdot d_{r,v}^2$$

$$= 81,468,119,351.2 + 127,596.0 \times 195.4^2 + 0.0 + 25,785.0 \times 967.1^2 = 1.105E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 1,014.5 - 195.4 = 819.1 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -855.5 - 195.4 = -1,050.9 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 주철근 상·하연까지의 거리

$$y_{ru,v} = d_{r,v} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{rl} / A_r$$

$$= 967.1 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,892.5 / 25,785.0 = 1,037.1 \text{ mm}$$

$$y_{rl,v} = d_{r,v} - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 967.1 - (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,892.5 / 25,785.0 = 897.1 \text{ mm}$$

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -1,481.530 \times 819.1 / 110,456,695,259.4 = -10.986 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -1,481.530 \times -1,050.9 / 110,456,695,259.4 = 14.096 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_{sc} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -1,481.530 \times 1,037.1 / 110,456,695,259.4 = -13.910 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_{sc} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -1,481.530 \times 897.1 / 110,456,695,259.4 = -12.032 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$F_v = b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + TI/2) = 4.520E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{scl} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 225.330 / 44,256.0 + 7.747 / (2 \times 4,520,430.0 \times 12.0) = 5.163 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -4,098.060 \times 819.1 / 110,456,695,259.4 = -30.389 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -4,098.060 \times -1,050.9 / 110,456,695,259.4 = 38.990 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_v \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -4,098.060 \times 1,037.1 / 110,456,695,259.4 = -38.477 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_v \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -4,098.060 \times 897.1 / 110,456,695,259.4 = -33.283 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 562.920 / 44,256.0 + 443.485 / (2 \times 4,520,430.0 \times 12.0) = 16.807 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응력 검토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -56.028 \times 819.1 / 110,456,695,259.4 = -0.415 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -56.028 \times -1,050.9 / 110,456,695,259.4 = 0.533 \text{ MPa}$$

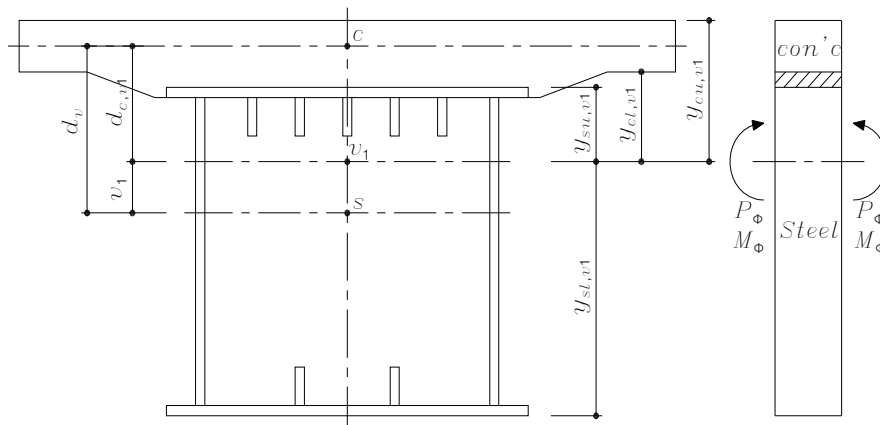
$$f_{ru,v} = M_w \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -56.028 \times 1,037.1 / 110,456,695,259.4 = -0.075 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_w \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -56.028 \times 897.1 / 110,456,695,259.4 = -0.065 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$u = V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 17.815 / 44,256.0 + 31.786 / (2 \times 4,520,430.0 \times 12.0) = 0.696 \text{ MPa}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

■ 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,080,000.0 / 7.0 = 154,285.7 \text{ mm}^2$$

■ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 5,184,000,000.0 / 7.0 = 7.406E+08 \text{ mm}^4$$

■ 합성 단면적

$$A_v' = A_s + A_{cn1} = 127,596.0 + 154,285.7 = 281,881.7 \text{ mm}^2$$

■ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v' = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 1,014.5 - 12.0 + 50.0 + 240.0/2 = 1,172.5 \text{ mm}$$

■ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v' = A_{cn1} \times d_v' / A_v' = 154,285.7 \times 1,172.5 / 281,881.7 = 641.8 \text{ mm}$$

■ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v}' = d_v' - v' = 1,172.5 - 641.8 = 530.7 \text{ mm}$$

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = 0.052 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 2.0/2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_{c1}/n_1 = 127,596.0 + 1,080,000.0 / 14.0 = 2.047\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_{c1}/n_1) \times d_v' / A_{v1} = (1,080,000.0/14.0) \times 1,172.5 / 204,738.9 = 441.8 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v' - v_1 = 1,172.5 - 441.8 = 730.7 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v'^2) + (I_c/n_1 + A_c/n_1 \cdot d_{c,v}'^2) \\ = (81,468,119,351.2 + 127,596.0 \times 641.8^2) + (5,184,000,000.0/7.0 + 1,080,000.0/7.0 \times 530.7^2) = 1.561\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v}' \cdot A_{c1} / (n \cdot I_{v1}) \\ = -1,481.5 \times 530.7 \times 1,080,000.0 / (7.0 \times 156,120,845,126.6) = -7.771\text{E}+05 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -777,074.1 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = -7.771\text{E}+05 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = -777,074.1 \times 730.7 = -5.678\text{E}+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

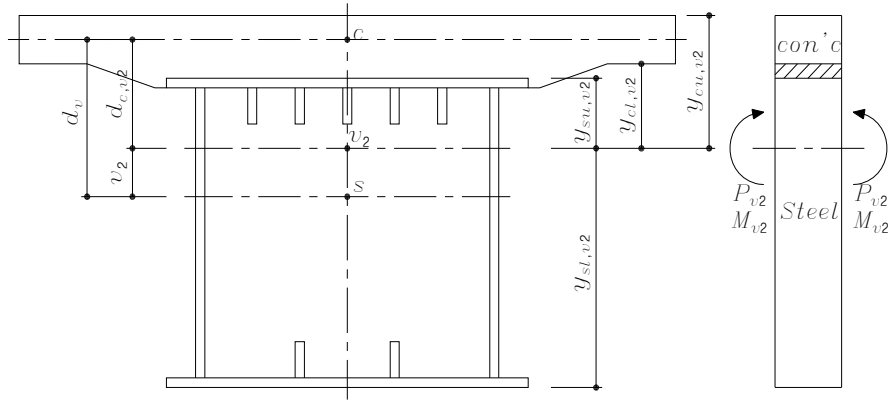
$$f_{ru,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{ru,v} / I_{rv} \\ = -777,074.1/153,381.0 + 0.052 \times -567,827,173.2 \times 1,037.1/110,456,695,259.4 = -5.345 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{rl,v} / I_{rv} \\ = -777,074.1/153,381.0 + 0.052 \times -567,827,173.2 \times 897.1/110,456,695,259.4 = -5.307 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v} / I_{rv} \\ = -777,074.1/153,381.0 + 0.052 \times -567,827,173.2 \times 819.1/110,456,695,259.4 = -5.286 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v} / I_{rv} \\ = -777,074.1/153,381.0 + 0.052 \times -567,827,173.2 \times -1,050.9/110,456,695,259.4 = -4.784 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 ϕ_2 는 $\phi_2 = 2 \cdot \phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 127,596.0 + 1,080,000.0 / 21.0 = 1.790E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2} = (1,080,000.0/21.0) \times 1,172.5 / 179,024.6 = 336.8 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,172.5 - 336.8 = 835.7 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,080,000.0 / 21.0 = 2.847E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,846,571.4 \times 835.7 = 2.379E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

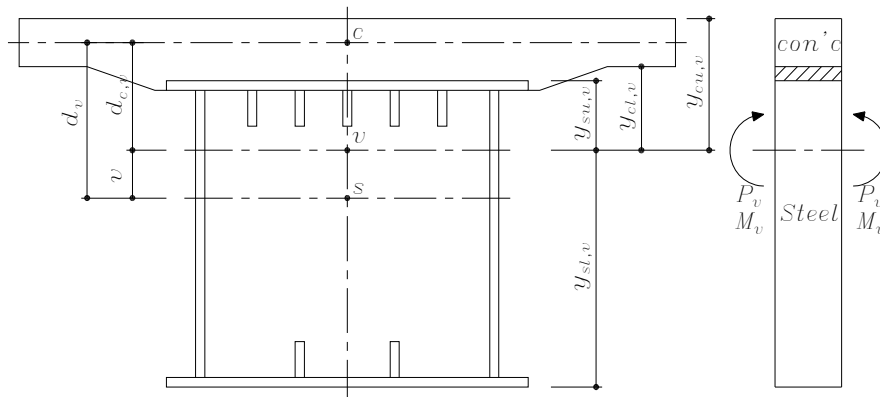
$$f_{ru,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{ru,v}/I_{rv} = 2,846,571.4/153,381.0 + 0.052 \times 2,378,830,414.2 \times 1,037.1/110,456,695,259.4 = 19.726 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} = 2,846,571.4/153,381.0 + 0.052 \times 2,378,830,414.2 \times 897.1/110,456,695,259.4 = 19.568 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v}/I_{rv} = 2,846,571.4/153,381.0 + 0.052 \times 2,378,830,414.2 \times 819.1/110,456,695,259.4 = 19.481 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v}/I_{rv} = 2,846,571.4/153,381.0 + 0.052 \times 2,378,830,414.2 \times -1,050.9/110,456,695,259.4 = 17.376 \text{ MPa}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,080,000.0 / 7.0 = 3.795\text{E}+06 \text{ N}$$

P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 3,795,428.6 \times 530.7 = 2.014\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

바닥판 철근 응력 변화량

$$f_{ru,t} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{ru,v}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t$$

$$= 3,795,428.6/153,381.0 + 0.052 \times 2,014,410,413.2 \times 1,037.1/110,456,695,259.4 - 205,000.0 \times 0.000120 = 1.133 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,t} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t$$

$$= 3,795,428.6/153,381.0 + 0.052 \times 2,014,410,413.2 \times 897.1/110,456,695,259.4 - 205,000.0 \times 0.000120 = 1.000 \text{ MPa}$$

강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_{rv}$$

$$= 3,795,428.6/153,381.0 + 0.052 \times 2,014,410,413.2 \times 819.1/110,456,695,259.4 = 25.526 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_{rv}$$

$$= 3,795,428.6/153,381.0 + 0.052 \times 2,014,410,413.2 \times -1,050.9/110,456,695,259.4 = 23.744 \text{ MPa}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,354.007 / 44,256.0 + 22.584 / 107,497,920.0 + 451.232 / 108,490,320.0 = 34.964 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 35.0 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 808.902 / 44,256.0 + 22.584 / 107,497,920.0 + 39.533 / 108,490,320.0 = 18.852 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 18.9 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

- 활하중 재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,362.915 / 44,256.0 + 22.584 / 107,497,920.0 + 467.125 / 108,490,320.0 = 35.312 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 35.3 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$t_l \geq b / 23 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 23 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 46 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7[b / (t_l \cdot i \cdot n) - 23] = 215.0 - 4.7\{2,400.0 / (14.0 \times 1.0 \times 6) - 23\} = 188.8 \text{ MPa}$$

$$b / 46 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 80 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.0 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000\{(t_l \cdot i \cdot n) / b\}^2 = 220,000.0 \times \{(14.0 \times 1.0 \times 6.0 / 2,400.0)^2\} = 269.5 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 14.0 \text{ mm} : \therefore f_{ca} = 188.8 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$$

(SD 400 사용)

$$f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$$

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	RE-BAR				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	-35.654	30.065	215.000	188.814
1+2+3	-52.387	-45.315	160.000	160.000	-77.029	83.151	215.000	188.814
1+2+3+5	-57.732	-50.622	160.000	160.000	-82.315	78.367	215.000	188.814
1+2+3+5+6	-38.006	-31.054	160.000	160.000	-62.835	95.743	215.000	188.814
1+2+3+5+6+7	-36.872	-30.054	184.000	184.000	-37.309	119.487	247.250	217.136
1+2+3+5+6-7	-39.139	-32.054	184.000	184.000	-88.360	72.000	247.250	217.136
1+2+4	-13.985	-12.097	192.000	192.000	-47.056	44.694	258.000	226.577
1+2+3+0.5×4	-52.424	-45.347	200.000	200.000	-77.237	83.418	268.750	236.018
1+2+3+0.5×4+5	-57.769	-50.655	200.000	200.000	-82.523	78.634	268.750	236.018
1+2+3+0.5×4+5+6	-38.043	-31.086	200.000	200.000	-63.042	96.010	268.750	236.018
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-36.910	-30.086	216.000	216.000	-37.517	119.753	290.250	254.899
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-39.177	-32.086	216.000	216.000	-88.568	72.266	290.250	254.899

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.028	0.025	0.078	0.078	0.106	0.104	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.128	0.194	0.078	0.078	0.207	0.272	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.147	0.172	0.078	0.078	0.225	0.251	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.085	0.257	0.078	0.078	0.164	0.335	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.023	0.303	0.078	0.078	0.101	0.381	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.128	0.110	0.078	0.078	0.206	0.188	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.033	0.039	0.016	0.016	0.049	0.055	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.083	0.125	0.051	0.051	0.134	0.176	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.094	0.111	0.051	0.051	0.145	0.162	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.055	0.165	0.051	0.051	0.106	0.217	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.017	0.221	0.051	0.051	0.068	0.272	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.093	0.080	0.051	0.051	0.144	0.131	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{-82.315}{215.000} \right)^2 + \left(\frac{34.964}{125.000} \right) = 0.147 + 0.078 = 0.225 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{119.487}{217.136} \right)^2 + \left(\frac{34.964}{125.000} \right) = 0.303 + 0.078 = 0.381 \leq 1.2 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 인장(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 108.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$(\text{합성형 스테드 설치시}) \quad t_{min} = \mathbf{10.0} \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 압축(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 14.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b / (46 \cdot i \cdot n) = \mathbf{2,400.0} / (46 \times 1.0 \times 6.0) = 8.7 \leq t_{use} = 14.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1, 3.8.4.2)

$$t_{min} = b / (206 \times 1.200) = \mathbf{1,844.0} / (206 \times 1.200) = \mathbf{7.5} \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 30.065)} = 2.67 \geq \mathbf{1.20} \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

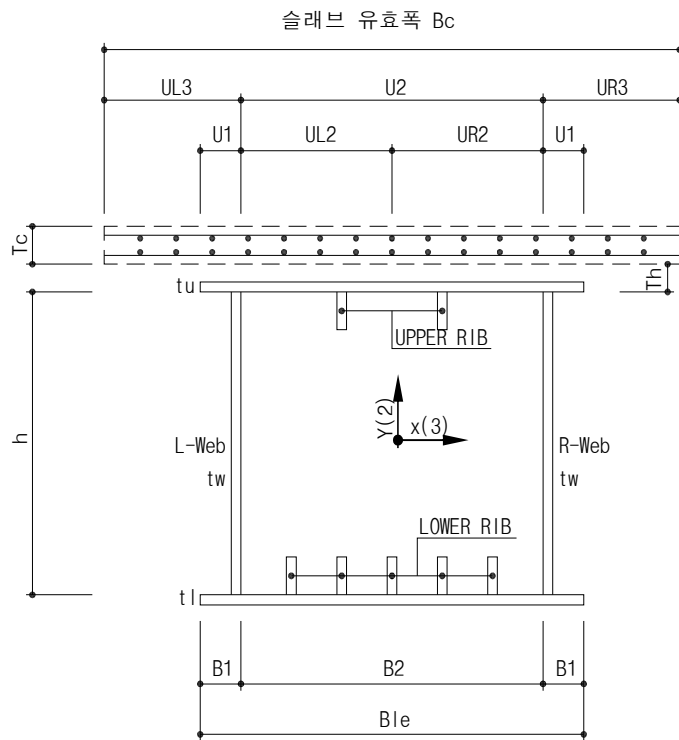
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Rebar				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	-46.350	39.085	355.000	0.K !!
1+2+3	-100.808	-87.200	240.000	0.K !!	-125.968	141.238	355.000	0.K !!
1+2+3+7	-101.942	-88.200	240.000	0.K !!	-151.494	164.982	355.000	0.K !!
1+2+3+5	-106.153	-92.507	240.000	0.K !!	-131.254	136.454	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6	-86.427	-72.939	240.000	0.K !!	-111.774	153.830	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	-85.294	-71.938	240.000	0.K !!	-86.248	177.574	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	-87.561	-73.939	240.000	0.K !!	-137.299	130.087	355.000	0.K !!
1+2+4	-18.158	-15.707	240.000	0.K !!	-61.048	57.942	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4	-100.846	-87.232	240.000	0.K !!	-126.176	141.505	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+7	-99.712	-86.232	240.000	0.K !!	-100.650	165.248	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	-106.191	-92.539	240.000	0.K !!	-131.462	136.721	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	-86.465	-72.971	240.000	0.K !!	-111.981	154.097	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-85.331	-71.971	240.000	0.K !!	-86.456	177.841	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-87.598	-73.971	240.000	0.K !!	-137.507	130.353	355.000	0.K !!

[G1 : SPLICE - 10] : 절점 16 로 부터 이격거리 0.624 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM520B

Bc = 4,312.0 mm

U1 = 120.0 mm

UL2 = 1,200.0 mm

UR2 = 1,200.0 mm

상부 플랜지 유효폭

Bue = 2,514.1 mm

하부 플랜지 유효폭

Ble = 2,514.1 mm

B1 = 120.0 mm

B2 = 2,400.0 mm

Tc = 240.0 mm

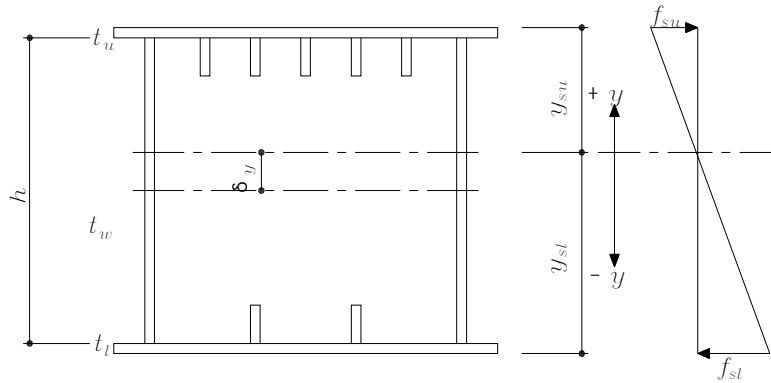
Th = 50.0 mm

h = 2,193.0 mm

$\Theta_L = 0.000^\circ$

$\Theta_R = 0.000^\circ$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -17,602,993.4 / 137,726.2 = -127.811 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 2,193.0 / 2 + 12.0 - -127.811 = 1,236.311 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 2,193.0 / 2 + 16.0 + -127.811 \} = -984.689 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 21,122,148,780.8 + 101,081,088,144.9 - 137,726.2 \times -127.811^2 = 1.200\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = -7,271.180 \times 1,236.3 / 119,953,372,446.5 = -74.941 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = -7,271.180 \times -984.7 / 119,953,372,446.5 = 59.689 \text{ MPa}$$

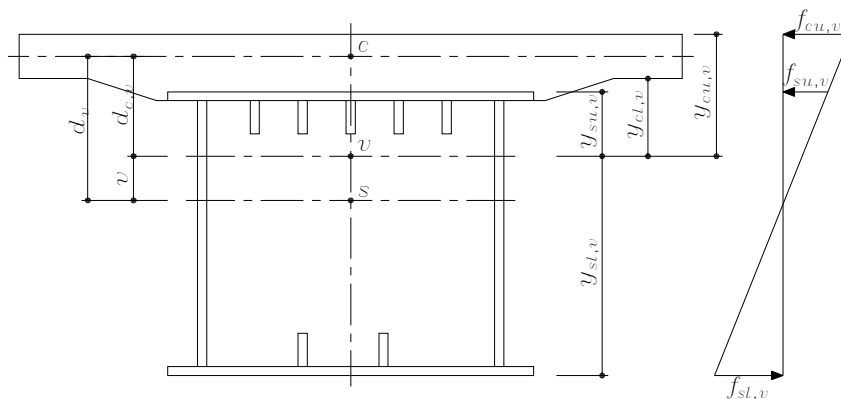
- 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 5.184\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 839.987 / 52,632.0 + 237.665 / (2 \times 5,184,330.0 \times 12.0) = 17.870 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_r = 137,726.2 + 24,707.9 = 162,434.1 \text{ mm}^2$$

- 강재도심선에서 철근 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 1,236.3 - 12.0 + 50.0 + 40.0 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,353.9 / 24,707.9 = 1,384.3 \text{ mm}$$

- 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_r \times d_v / A_v = 24,707.9 \times 1,384.3 / 162,434.1 = 210.6 \text{ mm}$$

- 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{r,v} = d_v - v = 1,384.3 - 210.6 = 1,173.7 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{rv} = I_s + A_s \cdot v^2 + I_r + A_r \cdot d_{r,v}^2$$

$$= 119,953,372,446.5 + 137,726.2 \times 210.6^2 + 0.0 + 24,707.9 \times 1,173.7^2 = 1.601\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 1,236.3 - 210.6 = 1,025.7 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -984.7 - 210.6 = -1,195.3 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 주철근 상·하연까지의 거리

$$y_{ru,v} = d_{r,v} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{rl} / A_r$$

$$= 1,173.7 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,353.9 / 24,707.9 = 1,243.7 \text{ mm}$$

$$y_{rl,v} = d_{r,v} - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 1,173.7 - (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,353.9 / 24,707.9 = 1,103.7 \text{ mm}$$

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -3,153.300 \times 1,025.7 / 160,099,389,950.7 = -20.203 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -3,153.300 \times -1,195.3 / 160,099,389,950.7 = 23.542 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_{sc} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -3,153.300 \times 1,243.7 / 160,099,389,950.7 = -24.497 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_{sc} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -3,153.300 \times 1,103.7 / 160,099,389,950.7 = -21.739 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$F_v = b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 5.225\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{scl} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 284.901 / 52,632.0 + 142.829 / (2 \times 5,224,600.0 \times 12.0) = 6.552 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -5,605.520 \times 1,025.7 / 160,099,389,950.7 = -35.914 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -5,605.520 \times -1,195.3 / 160,099,389,950.7 = 41.849 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_v \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -5,605.520 \times 1,243.7 / 160,099,389,950.7 = -43.547 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_v \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -5,605.520 \times 1,103.7 / 160,099,389,950.7 = -38.645 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 737.314 / 52,632.0 + 675.371 / (2 \times 5,224,600.0 \times 12.0) = 19.395 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -257.178 \times 1,025.7 / 160,099,389,950.7 = -1.648 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -257.178 \times -1,195.3 / 160,099,389,950.7 = 1.920 \text{ MPa}$$

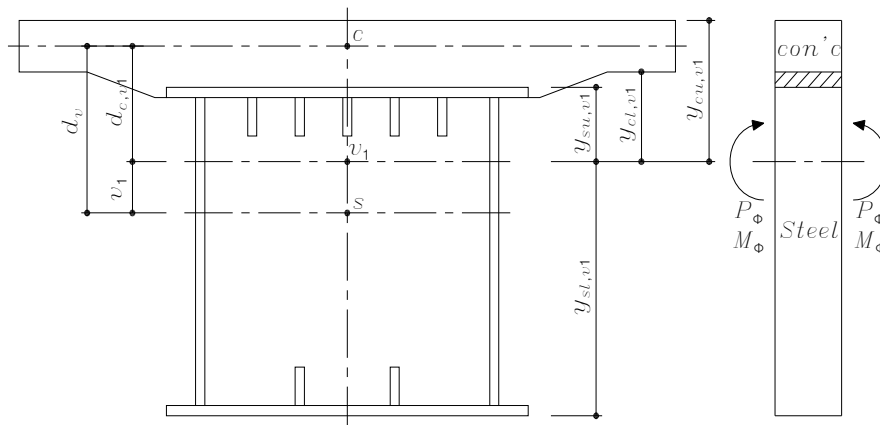
$$f_{ru,v} = M_w \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -257.178 \times 1,243.7 / 160,099,389,950.7 = -0.285 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_w \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -257.178 \times 1,103.7 / 160,099,389,950.7 = -0.253 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$u = V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 92.301 / 52,632.0 + 232.081 / (2 \times 5,224,600.0 \times 12.0) = 3.605 \text{ MPa}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

■ 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,034,884.8 / 7.0 = 147,840.7 \text{ mm}^2$$

■ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 4,967,447,040.0 / 7.0 = 7.096E+08 \text{ mm}^4$$

■ 합성 단면적

$$A_v' = A_s + A_{cn1} = 137,726.2 + 147,840.7 = 285,566.9 \text{ mm}^2$$

■ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v' = y_{su} - t_u + T_h + T_c / 2 = 1,236.3 - 12.0 + 50.0 + 240.0 / 2 = 1,394.3 \text{ mm}$$

■ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v' = A_{cn1} \times d_v' / A_v' = 147,840.7 \times 1,394.3 / 285,566.9 = 721.8 \text{ mm}$$

■ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v}' = d_v' - v' = 1,394.3 - 721.8 = 672.5 \text{ mm}$$

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = 0.130 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 2.0/2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_{c1}/n_1 = 137,726.2 + 1,034,884.8 / 14.0 = 2.116\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_{c1}/n_1) \times d_v' / A_{v1} = (1,034,884.8/14.0) \times 1,394.3 / 211,646.6 = 487.0 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v' - v_1 = 1,394.3 - 487.0 = 907.3 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v'^2) + (I_c/n_1 + A_c/n_1 \cdot d_{c,v}'^2) \\ = (119,953,372,446.5 + 137,726.2 \times 721.8^2) + (4,967,447,040.0/7.0 + 1,034,884.8/7.0 \times 672.5^2) = 2.255\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v}' \cdot A_{c1} / (n \cdot I_{v1}) \\ = -3,153.3 \times 672.5 \times 1,034,884.8 / (7.0 \times 225,499,772,012.9) = -1.390\text{E}+06 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -1,390,214.3 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = -1.390\text{E}+06 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = -1,390,214.3 \times 907.3 = -1.261\text{E}+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

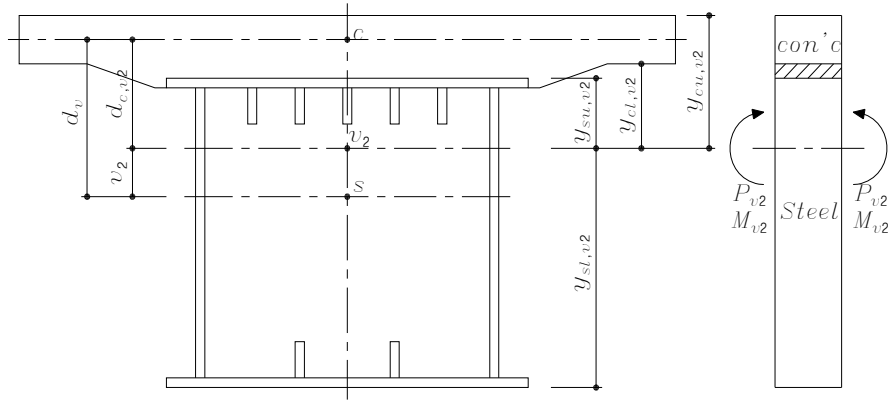
$$f_{ru,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{ru,v} / I_{rv} \\ = -1,390,214.3/162,434.1 + 0.130 \times -1,261,382,983.6 \times 1,243.7/160,099,389,950.7 = -9.836 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{rl,v} / I_{rv} \\ = -1,390,214.3/162,434.1 + 0.130 \times -1,261,382,983.6 \times 1,103.7/160,099,389,950.7 = -9.692 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v} / I_{rv} \\ = -1,390,214.3/162,434.1 + 0.130 \times -1,261,382,983.6 \times 1,025.7/160,099,389,950.7 = -9.612 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v} / I_{rv} \\ = -1,390,214.3/162,434.1 + 0.130 \times -1,261,382,983.6 \times -1,195.3/160,099,389,950.7 = -7.331 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 ϕ_2 는 $\phi_2 = 2 \cdot \phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 137,726.2 + 1,034,884.8 / 21.0 = 1.870E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2} = (1,034,884.8/21.0) \times 1,394.3 / 187,006.5 = 367.4 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,394.3 - 367.4 = 1,026.9 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,034,884.8 / 21.0 = 2.728E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,727,660.7 \times 1,026.9 = 2.801E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

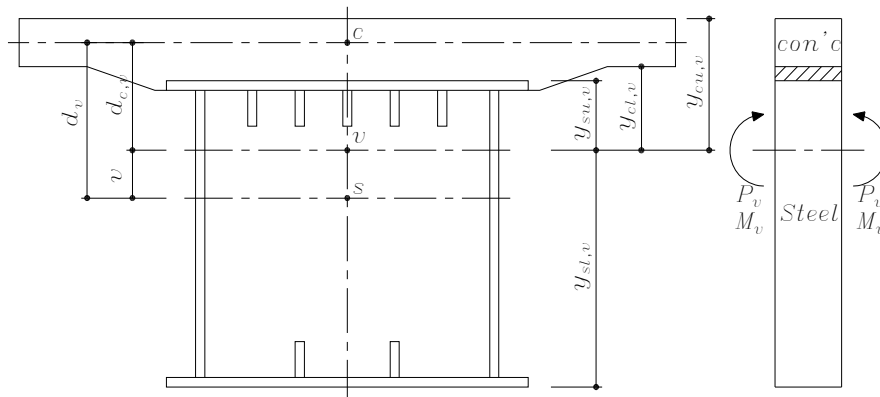
$$f_{ru,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{ru,v}/I_{rv} = 2,727,660.7/162,434.1 + 0.130 \times 2,800,981,247.2 \times 1,243.7/160,099,389,950.7 = 19.628 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} = 2,727,660.7/162,434.1 + 0.130 \times 2,800,981,247.2 \times 1,103.7/160,099,389,950.7 = 19.309 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v}/I_{rv} = 2,727,660.7/162,434.1 + 0.130 \times 2,800,981,247.2 \times 1,025.7/160,099,389,950.7 = 19.131 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v}/I_{rv} = 2,727,660.7/162,434.1 + 0.130 \times 2,800,981,247.2 \times -1,195.3/160,099,389,950.7 = 14.067 \text{ MPa}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팅창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1} / n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,034,884.8 / 7.0 = 3.637\text{E}+06 \text{ N}$$

P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 3,636,880.9 \times 672.5 = 2.446\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

바닥판 철근 응력 변화량

$$f_{ru,t} = P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t$$

$$= 3,636,880.9 / 162,434.1 + 0.130 \times 2,445,668,898.9 \times 1,243.7 / 160,099,389,950.7 - 205,000.0 \times 0.000120 = 0.266 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,t} = P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t$$

$$= 3,636,880.9 / 162,434.1 + 0.130 \times 2,445,668,898.9 \times 1,103.7 / 160,099,389,950.7 - 205,000.0 \times 0.000120 = -0.013 \text{ MPa}$$

강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v} / I_{rv}$$

$$= 3,636,880.9 / 162,434.1 + 0.130 \times 2,445,668,898.9 \times 1,025.7 / 160,099,389,950.7 = 24.432 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v} / I_{rv}$$

$$= 3,636,880.9 / 162,434.1 + 0.130 \times 2,445,668,898.9 \times -1,195.3 / 160,099,389,950.7 = 20.011 \text{ MPa}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,862.202 / 52,632.0 + 237.665 / 124,423,920.0 + 818.200 / 125,390,400.0 = 43.817 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 43.8 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,217.189 / 52,632.0 + 237.665 / 124,423,920.0 + 374.910 / 125,390,400.0 = 28.026 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 28.0 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 활하중 재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,908.352 / 52,632.0 + 237.665 / 124,423,920.0 + 934.241 / 125,390,400.0 = 45.619 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 45.6 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)
 f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)
 i : 응력구배계수
 n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$t_l \geq b / 23 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 23 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 46 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7[b / (t_l \cdot i \cdot n) - 23] = 215.0 - 4.7\{2,400.0 / (16.0 \times 1.0 \times 6) - 23\} = 205.6 \text{ MPa}$$

$$b / 46 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 80 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.0 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000\{(t_l \cdot i \cdot n) / b\}^2 = 220,000.0 \times \{(16.0 \times 1.0 \times 6.0 / 2,400.0)^2\} = 352.0 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 16.0 \text{ mm} : \therefore f_{ca} = 205.6 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$$

(SD 400 사용)

$$f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$$

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	RE-BAR				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	-74.941	59.689	215.000	205.600
1+2+3	-68.044	-60.384	160.000	160.000	-131.058	125.079	215.000	205.600
1+2+3+5	-77.879	-70.076	160.000	160.000	-140.670	117.748	215.000	205.600
1+2+3+5+6	-58.251	-50.767	160.000	160.000	-121.539	131.815	215.000	205.600
1+2+3+5+6+7	-57.985	-50.780	184.000	184.000	-97.107	151.826	247.250	236.440
1+2+3+5+6-7	-58.517	-50.754	184.000	184.000	-145.971	111.805	247.250	236.440
1+2+4	-24.782	-21.993	192.000	192.000	-96.792	85.150	258.000	246.720
1+2+3+0.5×4	-68.186	-60.511	200.000	200.000	-131.882	126.039	268.750	257.000
1+2+3+0.5×4+5	-78.022	-70.203	200.000	200.000	-141.494	118.708	268.750	257.000
1+2+3+0.5×4+5+6	-58.394	-50.894	200.000	200.000	-122.363	132.775	268.750	257.000
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-58.128	-50.907	216.000	216.000	-97.931	152.786	290.250	277.560
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-58.660	-50.881	216.000	216.000	-146.795	112.765	290.250	277.560

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.121	0.084	0.123	0.123	0.244	0.207	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.372	0.370	0.123	0.123	0.494	0.493	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.428	0.328	0.123	0.123	0.551	0.451	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.320	0.411	0.123	0.123	0.442	0.534	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.154	0.412	0.123	0.123	0.277	0.535	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.349	0.224	0.123	0.123	0.471	0.346	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.141	0.119	0.035	0.035	0.176	0.154	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.241	0.241	0.085	0.085	0.326	0.326	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.277	0.213	0.085	0.085	0.362	0.299	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.207	0.267	0.085	0.085	0.293	0.352	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.114	0.303	0.085	0.085	0.199	0.388	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.256	0.165	0.085	0.085	0.341	0.250	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{-140.670}{215.000} \right)^2 + \left(\frac{43.817}{125.000} \right) = 0.428 + 0.123 = 0.551 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{151.826}{236.440} \right)^2 + \left(\frac{43.817}{125.000} \right) = 0.412 + 0.123 = 0.535 \leq 1.2 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 인장(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 108.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$(\text{합성형 스테드 설치시}) \quad t_{min} = \mathbf{10.0} \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 압축(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 16.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b / (46 \cdot i \cdot n) = \mathbf{2,400.0} / (46 \times 1.0 \times 6.0) = 8.7 \leq t_{use} = 16.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1, 3.8.4.2)

$$t_{min} = b / (206 \times 1.200) = \mathbf{2,193.0} / (206 \times 1.200) = \mathbf{8.9} \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 59.689)} = 1.90 \geq \mathbf{1.20} \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

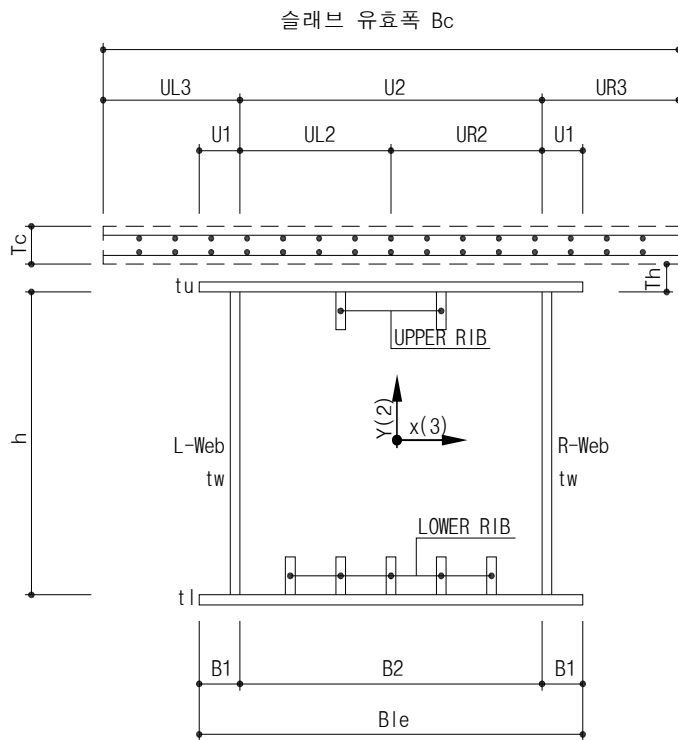
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Rebar				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	-97.423	77.595	355.000	0.K !!
1+2+3	-125.471	-111.348	240.000	0.K !!	-200.903	198.175	355.000	0.K !!
1+2+3+7	-125.737	-111.361	240.000	0.K !!	-225.334	218.186	355.000	0.K !!
1+2+3+5	-135.307	-121.040	240.000	0.K !!	-210.514	190.844	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6	-115.679	-101.731	240.000	0.K !!	-191.383	204.911	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	-115.413	-101.744	240.000	0.K !!	-166.952	224.922	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	-115.945	-101.718	240.000	0.K !!	-215.815	184.901	355.000	0.K !!
1+2+4	-32.131	-28.514	240.000	0.K !!	-125.335	110.119	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4	-125.614	-111.475	240.000	0.K !!	-201.726	199.135	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+7	-125.348	-111.488	240.000	0.K !!	-177.295	219.146	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	-135.450	-121.166	240.000	0.K !!	-211.338	191.804	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	-115.822	-101.858	240.000	0.K !!	-192.207	205.871	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-115.556	-101.871	240.000	0.K !!	-167.775	225.882	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-116.088	-101.845	240.000	0.K !!	-216.639	185.861	355.000	0.K !!

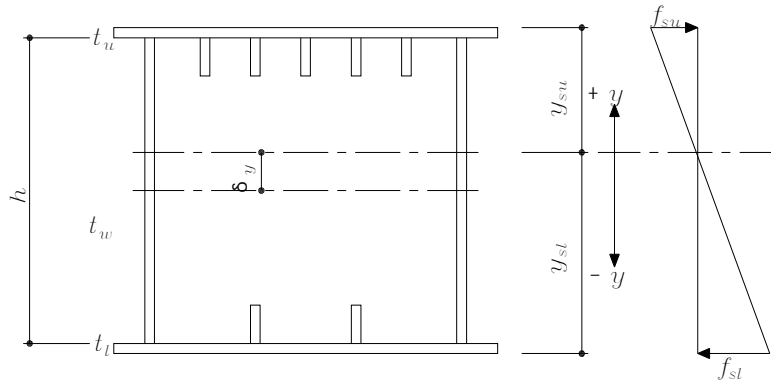
[G1 : SPLICE - 11] : 절점 17 로 부터 이격거리 4.368 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종:	SM520B
B_c	= 4,236.4 mm
U_1	= 120.0 mm
UL_2	= 1,200.0 mm
UR_2	= 1,200.0 mm
상부 플랜지 유효폭	
B_{ue}	= 2,463.4 mm
하부 플랜지 유효폭	
B_{le}	= 2,463.4 mm
B_1	= 120.0 mm
B_2	= 2,400.0 mm
T_c	= 240.0 mm
T_h	= 50.0 mm
h	= 2,193.0 mm
Θ_L	= 0.000 °
Θ_R	= 0.000 °

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -17,377,872.8 / 136,307.2 = -127.490 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 2,193.0 / 2 + 12.0 - (-127.490) = 1,235.990 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 2,193.0 / 2 + 16.0 + (-127.490) \} = -985.010 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 21,122,124,184.1 + 99,352,656,931.6 - 136,307.2 \times (-127.490)^2 = 1.183\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토 (도.설.해 3.8.2.1)

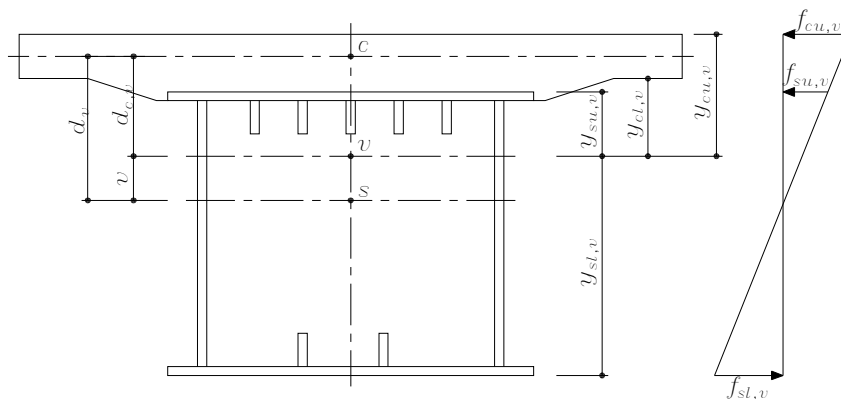
$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = -6,273.520 \times 1,236.0 / 118,259,267,459.4 = -65.568 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = -6,273.520 \times -985.0 / 118,259,267,459.4 = 52.254 \text{ MPa}$$

- 부재의 전단응력 검토 (도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 5.128\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) = 1,065.140 / 52,632.0 + 424.225 / (2 \times 5,128,410.0 \times 12.0) = 23.684 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_r = 136,307.2 + 24,274.3 = 160,581.5 \text{ mm}^2$$

- 강재도심선에서 철근 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 1,236.0 - 12.0 + 50.0 + 40.0 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,137.2 / 24,274.3 = 1,384.0 \text{ mm}$$

- 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_r \times d_v / A_v = 24,274.3 \times 1,384.0 / 160,581.5 = 209.2 \text{ mm}$$

- 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{r,v} = d_v - v = 1,384.0 - 209.2 = 1,174.8 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{rv} = I_s + A_s \cdot v^2 + I_r + A_r \cdot d_{r,v}^2$$

$$= 118,259,267,459.4 + 136,307.2 \times 209.2^2 + 0.0 + 24,274.3 \times 1,174.8^2 = 1.577E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 1,236.0 - 209.2 = 1,026.8 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -985.0 - 209.2 = -1,194.2 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 주철근 상·하연까지의 거리

$$y_{ru,v} = d_{r,v} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{rl} / A_r$$

$$= 1,174.8 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,137.2 / 24,274.3 = 1,244.8 \text{ mm}$$

$$y_{rl,v} = d_{r,v} - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 1,174.8 - (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,137.2 / 24,274.3 = 1,104.8 \text{ mm}$$

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -2,712.330 \times 1,026.8 / 157,726,517,586.6 = -17.657 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -2,712.330 \times -1,194.2 / 157,726,517,586.6 = 20.536 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_{sc} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -2,712.330 \times 1,244.8 / 157,726,517,586.6 = -21.406 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_{sc} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -2,712.330 \times 1,104.8 / 157,726,517,586.6 = -18.998 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$F_v = b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + TI/2) = 5.168E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{scl} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 385.776 / 52,632.0 + 68.774 / (2 \times 5,168,240.0 \times 12.0) = 7.884 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -5,123.290 \times 1,026.8 / 157,726,517,586.6 = -33.352 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -5,123.290 \times -1,194.2 / 157,726,517,586.6 = 38.791 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_v \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -5,123.290 \times 1,244.8 / 157,726,517,586.6 = -40.433 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_v \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -5,123.290 \times 1,104.8 / 157,726,517,586.6 = -35.886 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 784.557 / 52,632.0 + 926.797 / (2 \times 5,168,240.0 \times 12.0) = 22.378 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -208.543 \times 1,026.8 / 157,726,517,586.6 = -1.358 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -208.543 \times -1,194.2 / 157,726,517,586.6 = 1.579 \text{ MPa}$$

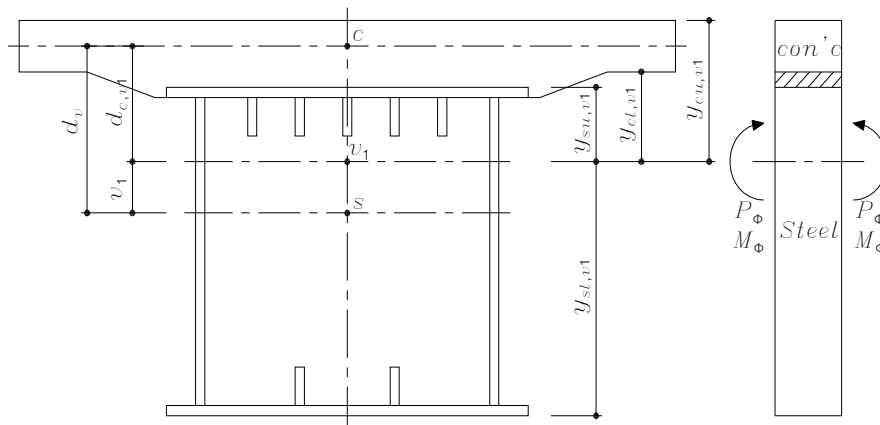
$$f_{ru,v} = M_w \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -208.543 \times 1,244.8 / 157,726,517,586.6 = -0.235 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_w \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -208.543 \times 1,104.8 / 157,726,517,586.6 = -0.209 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$u = V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 83.965 / 52,632.0 + 129.128 / (2 \times 5,168,240.0 \times 12.0) = 2.636 \text{ MPa}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

■ 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,016,726.4 / 7.0 = 145,246.6 \text{ mm}^2$$

■ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 4,880,286,720.0 / 7.0 = 6.972E+08 \text{ mm}^4$$

■ 합성 단면적

$$A_v' = A_s + A_{cn1} = 136,307.2 + 145,246.6 = 281,553.8 \text{ mm}^2$$

■ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v' = y_{su} - t_u + T_h + T_c / 2 = 1,236.0 - 12.0 + 50.0 + 240.0 / 2 = 1,394.0 \text{ mm}$$

■ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v' = A_{cn1} \times d_v' / A_v' = 145,246.6 \times 1,394.0 / 281,553.8 = 719.1 \text{ mm}$$

■ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v}' = d_v' - v' = 1,394.0 - 719.1 = 674.9 \text{ mm}$$

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = 0.149 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 2.0/2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_{c1}/n_1 = 136,307.2 + 1,016,726.4 / 14.0 = 2.089\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_{c1}/n_1) \times d_v' / A_{v1} = (1,016,726.4/14.0) \times 1,394.0 / 208,930.5 = 484.5 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v' - v_1 = 1,394.0 - 484.5 = 909.4 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v'^2) + (I_c/n_1 + A_c/n_1 \cdot d_{c,v}'^2) \\ = (118,259,267,459.4 + 136,307.2 \times 719.1^2) + (4,880,286,720.0/7.0 + 1,016,726.4/7.0 \times 674.9^2) = 2.222\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v}' \cdot A_{c1} / (n \cdot I_{v1}) \\ = -2,712.3 \times 674.9 \times 1,016,726.4 / (7.0 \times 222,173,689,287.7) = -1.197\text{E}+06 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -1,196,666.5 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = -1.197\text{E}+06 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = -1,196,666.5 \times 909.4 = -1.088\text{E}+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

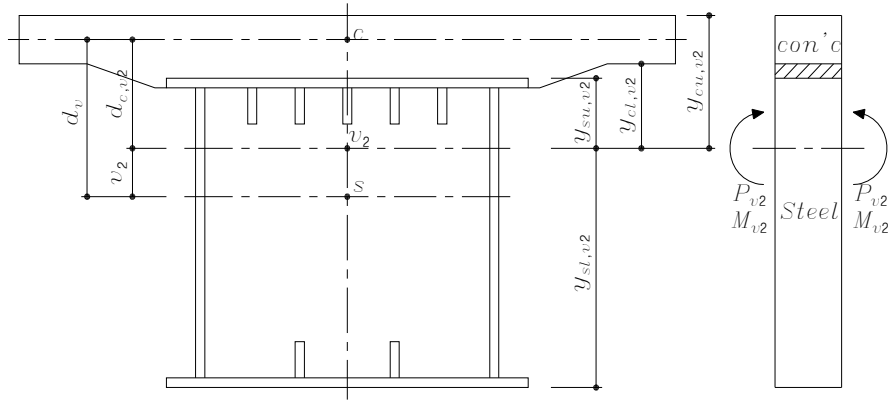
$$f_{ru,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{ru,v} / I_{rv} \\ = -1,196,666.5/160,581.5 + 0.149 \times -1,088,303,111.7 \times 1,244.8/157,726,517,586.6 = -8.730 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{rl,v} / I_{rv} \\ = -1,196,666.5/160,581.5 + 0.149 \times -1,088,303,111.7 \times 1,104.8/157,726,517,586.6 = -8.587 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v} / I_{rv} \\ = -1,196,666.5/160,581.5 + 0.149 \times -1,088,303,111.7 \times 1,026.8/157,726,517,586.6 = -8.507 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v} / I_{rv} \\ = -1,196,666.5/160,581.5 + 0.149 \times -1,088,303,111.7 \times -1,194.2/157,726,517,586.6 = -6.226 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 ϕ_2 는 $\phi_2 = 2 \cdot \phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 136,307.2 + 1,016,726.4 / 21.0 = 1.847E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2} = (1,016,726.4/21.0) \times 1,394.0 / 184,722.7 = 365.4 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,394.0 - 365.4 = 1,028.6 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,016,726.4 / 21.0 = 2.680E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,679,800.3 \times 1,028.6 = 2.757E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

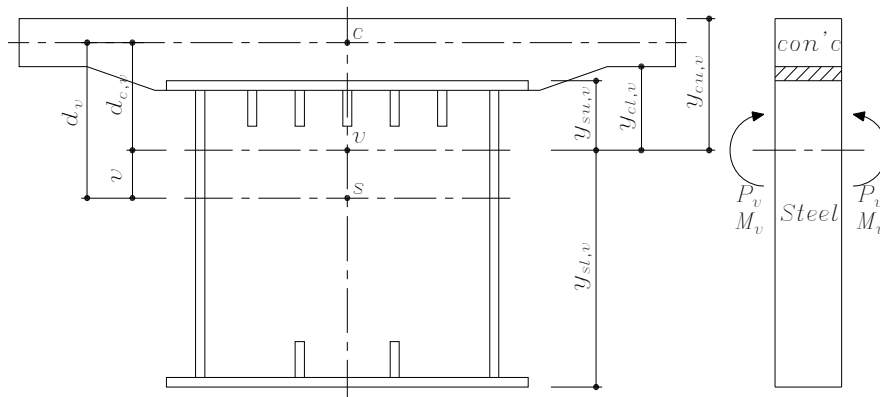
$$f_{ru,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{ru,v}/I_{rv} = 2,679,800.3/160,581.5 + 0.149 \times 2,756,516,982.6 \times 1,244.8/157,726,517,586.6 = 19.926 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} = 2,679,800.3/160,581.5 + 0.149 \times 2,756,516,982.6 \times 1,104.8/157,726,517,586.6 = 19.562 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v}/I_{rv} = 2,679,800.3/160,581.5 + 0.149 \times 2,756,516,982.6 \times 1,026.8/157,726,517,586.6 = 19.359 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v}/I_{rv} = 2,679,800.3/160,581.5 + 0.149 \times 2,756,516,982.6 \times -1,194.2/157,726,517,586.6 = 13.582 \text{ MPa}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1} / n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,016,726.4 / 7.0 = 3.573\text{E}+06 \text{ N}$$

P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 3,573,067.1 \times 674.9 = 2.411\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

바닥판 철근 응력 변화량

$$f_{ru,t} = P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t$$

$$= 3,573,067.1 / 160,581.5 + 0.149 \times 2,411,339,389.2 \times 1,244.8 / 157,726,517,586.6 - 205,000.0 \times 0.000120 = 0.483 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,t} = P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t$$

$$= 3,573,067.1 / 160,581.5 + 0.149 \times 2,411,339,389.2 \times 1,104.8 / 157,726,517,586.6 - 205,000.0 \times 0.000120 = 0.165 \text{ MPa}$$

강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v} / I_{rv}$$

$$= 3,573,067.1 / 160,581.5 + 0.149 \times 2,411,339,389.2 \times 1,026.8 / 157,726,517,586.6 = 24.587 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v} / I_{rv}$$

$$= 3,573,067.1 / 160,581.5 + 0.149 \times 2,411,339,389.2 \times -1,194.2 / 157,726,517,586.6 = 19.533 \text{ MPa}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 2,235.473 / 52,632.0 + 424.225 / 123,081,840.0 + 995.571 / 124,037,760.0 = 53.947 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 53.9 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,534.881 / 52,632.0 + 424.225 / 123,081,840.0 + 197.902 / 124,037,760.0 = 34.205 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 34.2 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 활하중 재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 2,277.455 / 52,632.0 + 424.225 / 123,081,840.0 + 1,060.135 / 124,037,760.0 = 55.265 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 55.3 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)
 f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)
 i : 응력구배계수
 n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$t_l \geq b / 23 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 23 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 46 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7[b / (t_l \cdot i \cdot n) - 23] = 215.0 - 4.7\{2,400.0 / (16.0 \times 1.0 \times 6) - 23\} = 205.6 \text{ MPa}$$

$$b / 46 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 80 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.0 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000\{(t_l \cdot i \cdot n) / b\}^2 = 220,000.0 \times \{(16.0 \times 1.0 \times 6.0 / 2,400.0)^2\} = 352.0 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 16.0 \text{ mm} : \therefore f_{ca} = 205.6 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$$

(SD 400 사용)

$$f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$$

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	RE-BAR				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	-65.568	52.254	215.000	205.600
1+2+3	-61.839	-54.884	160.000	160.000	-116.577	111.581	215.000	205.600
1+2+3+5	-70.569	-63.470	160.000	160.000	-125.083	105.355	215.000	205.600
1+2+3+5+6	-50.643	-43.909	160.000	160.000	-105.724	118.937	215.000	205.600
1+2+3+5+6+7	-50.160	-43.744	184.000	184.000	-81.137	138.470	247.250	236.440
1+2+3+5+6-7	-51.126	-44.073	184.000	184.000	-130.312	99.403	247.250	236.440
1+2+4	-21.641	-19.207	192.000	192.000	-84.582	74.369	258.000	246.720
1+2+3+0.5×4	-61.956	-54.988	200.000	200.000	-117.256	112.370	268.750	257.000
1+2+3+0.5×4+5	-70.687	-63.575	200.000	200.000	-125.762	106.145	268.750	257.000
1+2+3+0.5×4+5+6	-50.761	-44.013	200.000	200.000	-106.403	119.726	268.750	257.000
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-50.278	-43.848	216.000	216.000	-81.816	139.260	290.250	277.560
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-51.244	-44.178	216.000	216.000	-130.990	100.193	290.250	277.560

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.093	0.065	0.186	0.186	0.279	0.251	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.294	0.295	0.186	0.186	0.480	0.481	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.338	0.263	0.186	0.186	0.525	0.449	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.242	0.335	0.186	0.186	0.428	0.521	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.108	0.343	0.186	0.186	0.294	0.529	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.278	0.177	0.186	0.186	0.464	0.363	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.107	0.091	0.052	0.052	0.159	0.143	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.190	0.191	0.125	0.125	0.315	0.316	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.219	0.171	0.125	0.125	0.344	0.296	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.157	0.217	0.125	0.125	0.282	0.342	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.079	0.252	0.125	0.125	0.205	0.377	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.204	0.130	0.125	0.125	0.329	0.255	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{-125.083}{215.000} \right)^2 + \left(\frac{53.947}{125.000} \right) = 0.338 + 0.186 = 0.525 \leq 1.2 \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{138.470}{236.440} \right)^2 + \left(\frac{53.947}{125.000} \right) = 0.343 + 0.186 = 0.529 \leq 1.2 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 인장(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 108.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$(\text{합성형 스테드 설치시}) \quad t_{min} = \mathbf{10.0} \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 압축(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 16.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b / (46 \cdot i \cdot n) = \mathbf{2,400.0} / (46 \times 1.0 \times 6.0) = 8.7 \leq t_{use} = 16.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1, 3.8.4.2)

$$t_{min} = b / (206 \times 1.200) = \mathbf{2,193.0} / (206 \times 1.200) = \mathbf{8.9} \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 52.254)} = 2.03 \geq \mathbf{1.20} \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

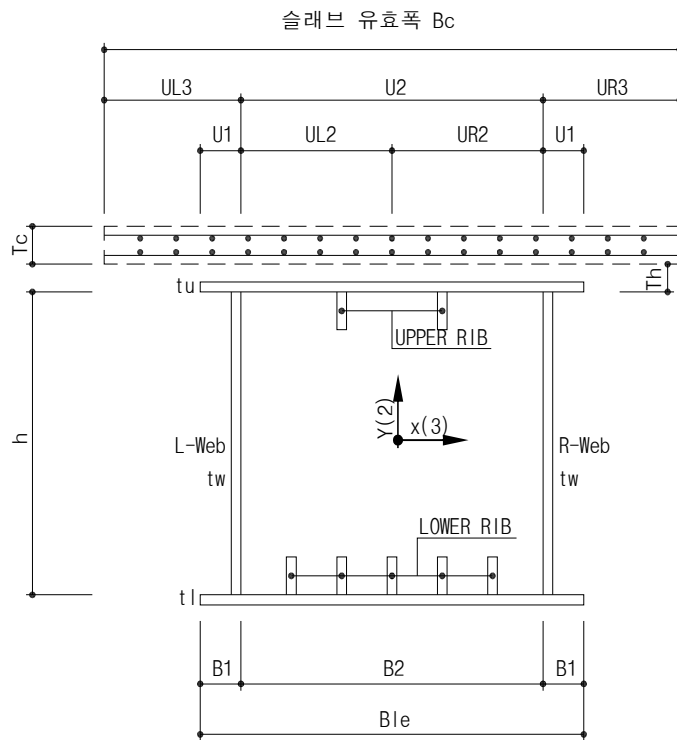
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Rebar				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	-85.238	67.930	355.000	0.K !!
1+2+3	-114.759	-101.852	240.000	0.K !!	-179.899	178.027	355.000	0.K !!
1+2+3+7	-115.242	-102.016	240.000	0.K !!	-204.486	197.561	355.000	0.K !!
1+2+3+5	-123.489	-110.438	240.000	0.K !!	-188.406	171.802	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6	-103.563	-90.876	240.000	0.K !!	-169.047	185.383	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	-103.080	-90.712	240.000	0.K !!	-144.459	204.917	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	-104.046	-91.041	240.000	0.K !!	-193.634	165.850	355.000	0.K !!
1+2+4	-28.063	-24.906	240.000	0.K !!	-109.550	96.206	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4	-114.876	-101.956	240.000	0.K !!	-180.578	178.817	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+7	-114.393	-101.791	240.000	0.K !!	-155.991	198.350	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	-123.607	-110.543	240.000	0.K !!	-189.084	172.591	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	-103.681	-90.981	240.000	0.K !!	-169.725	186.173	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-103.197	-90.816	240.000	0.K !!	-145.138	205.706	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-104.164	-91.146	240.000	0.K !!	-194.313	166.639	355.000	0.K !!

[G1 : SPLICE - 16] : 절점 28 로 부터 이격거리 0.624 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM520B

$B_c = 4,234.2$ mm

$U_1 = 120.0$ mm

$UL_2 = 1,200.0$ mm

$UR_2 = 1,200.0$ mm

상부 플랜지 유효폭

$B_{ue} = 2,462.1$ mm

하부 플랜지 유효폭

$B_{le} = 2,462.1$ mm

$B_1 = 120.0$ mm

$B_2 = 2,400.0$ mm

$T_c = 240.0$ mm

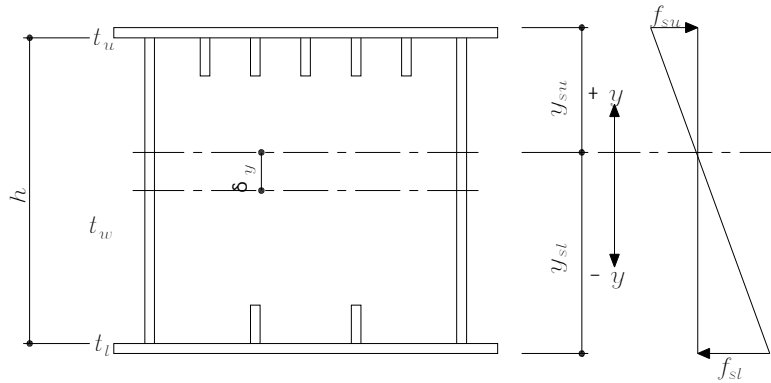
$T_h = 50.0$ mm

$h = 2,193.0$ mm

$\Theta_L = 0.000$ °

$\Theta_R = 0.000$ °

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

▪ 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -17,391,661.5 / 146,118.2 = -119.025 \text{ mm}$$

▪ 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 2,193.0 / 2 + 14.0 - -119.025 = 1,229.525 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 2,193.0 / 2 + 18.0 + -119.025 \} = -995.475 \text{ mm}$$

▪ 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 21,122,688,173.4 + 111,473,658,309.1 - 146,118.2 \times -119.025^2 = 1.305E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = -8,263.000 \times 1,229.5 / 130,526,311,353.9 = -77.835 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = -8,263.000 \times -995.5 / 130,526,311,353.9 = 63.019 \text{ MPa}$$

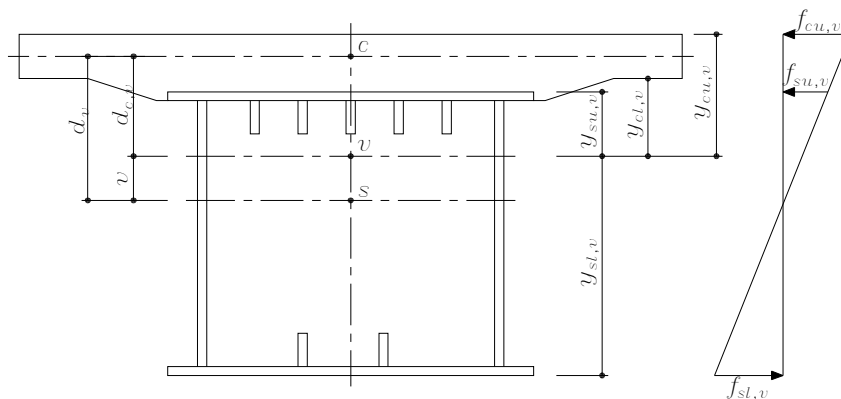
▪ 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 5.132E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 1,139.050 / 52,632.0 + 338.041 / (2 \times 5,131,580.0 \times 12.0) = 24.387 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

▪ 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_r = 146,118.2 + 24,262.1 = 170,380.4 \text{ mm}^2$$

- 강재도심선에서 철근 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 1,229.5 - 14.0 + 50.0 + 40.0 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,131.1 / 24,262.1 = 1,375.5 \text{ mm}$$

- 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_r \times d_v / A_v = 24,262.1 \times 1,375.5 / 170,380.4 = 195.9 \text{ mm}$$

- 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{r,v} = d_v - v = 1,375.5 - 195.9 = 1,179.7 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{rv} = I_s + A_s \cdot v^2 + I_r + A_r \cdot d_{r,v}^2$$

$$= 130,526,311,353.9 + 146,118.2 \times 195.9^2 + 0.0 + 24,262.1 \times 1,179.7^2 = 1.699E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 1,229.5 - 195.9 = 1,033.7 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -995.5 - 195.9 = -1,191.3 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 주철근 상·하연까지의 거리

$$y_{ru,v} = d_{r,v} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{rl} / A_r$$

$$= 1,179.7 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,131.1 / 24,262.1 = 1,249.7 \text{ mm}$$

$$y_{rl,v} = d_{r,v} - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 1,179.7 - (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,131.1 / 24,262.1 = 1,109.7 \text{ mm}$$

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -3,590.730 \times 1,033.7 / 169,894,971,114.5 = -21.846 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -3,590.730 \times -1,191.3 / 169,894,971,114.5 = 25.179 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_{sc} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -3,590.730 \times 1,249.7 / 169,894,971,114.5 = -26.411 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_{sc} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -3,590.730 \times 1,109.7 / 169,894,971,114.5 = -23.452 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$F_v = b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 5.171E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{scl} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 412.691 / 52,632.0 + 32.828 / (2 \times 5,171,410.0 \times 12.0) = 8.106 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -5,277.430 \times 1,033.7 / 169,894,971,114.5 = -32.108 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -5,277.430 \times -1,191.3 / 169,894,971,114.5 = 37.007 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_v \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -5,277.430 \times 1,249.7 / 169,894,971,114.5 = -38.818 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_v \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -5,277.430 \times 1,109.7 / 169,894,971,114.5 = -34.469 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 792.795 / 52,632.0 + 904.938 / (2 \times 5,171,410.0 \times 12.0) = 22.354 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -181.737 \times 1,033.7 / 169,894,971,114.5 = -1.106 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -181.737 \times -1,191.3 / 169,894,971,114.5 = 1.274 \text{ MPa}$$

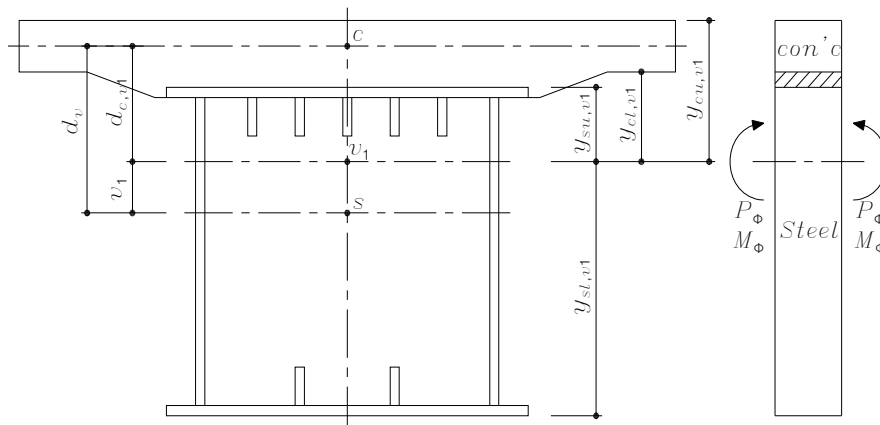
$$f_{ru,v} = M_w \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -181.737 \times 1,249.7 / 169,894,971,114.5 = -0.191 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_w \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -181.737 \times 1,109.7 / 169,894,971,114.5 = -0.170 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$u = V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 76.541 / 52,632.0 + 114.804 / (2 \times 5,171,410.0 \times 12.0) = 2.379 \text{ MPa}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

■ 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,016,215.2 / 7.0 = 145,173.6 \text{ mm}^2$$

■ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 4,877,832,960.0 / 7.0 = 6.968E+08 \text{ mm}^4$$

■ 합성 단면적

$$A_v' = A_s + A_{cn1} = 146,118.2 + 145,173.6 = 291,291.8 \text{ mm}^2$$

■ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v' = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 1,229.5 - 14.0 + 50.0 + 240.0/2 = 1,385.5 \text{ mm}$$

■ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v' = A_{cn1} \times d_v' / A_v' = 145,173.6 \times 1,385.5 / 291,291.8 = 690.5 \text{ mm}$$

■ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v}' = d_v' - v' = 1,385.5 - 690.5 = 695.0 \text{ mm}$$

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = -0.274 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 2.0/2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_{c1}/n_1 = 146,118.2 + 1,016,215.2 / 14.0 = 2.187\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_{c1}/n_1) \times d_v' / A_{v1} = (1,016,215.2/14.0) \times 1,385.5 / 218,705.0 = 459.8 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v' - v_1 = 1,385.5 - 459.8 = 925.7 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v'^2) + (I_c/n_1 + A_c/n_1 \cdot d_{c,v}'^2) \\ = (130,526,311,353.9 + 146,118.2 \times 690.5^2) + (4,877,832,960.0/7.0 + 1,016,215.2/7.0 \times 695.0^2) = 2.356\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v}' \cdot A_{c1} / (n \cdot I_{v1}) \\ = -3,590.7 \times 695.0 \times 1,016,215.2 / (7.0 \times 235,607,783,480.5) = -1.538\text{E}+06 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -1,537,698.2 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = -1.538\text{E}+06 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = -1,537,698.2 \times 925.7 = -1.423\text{E}+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

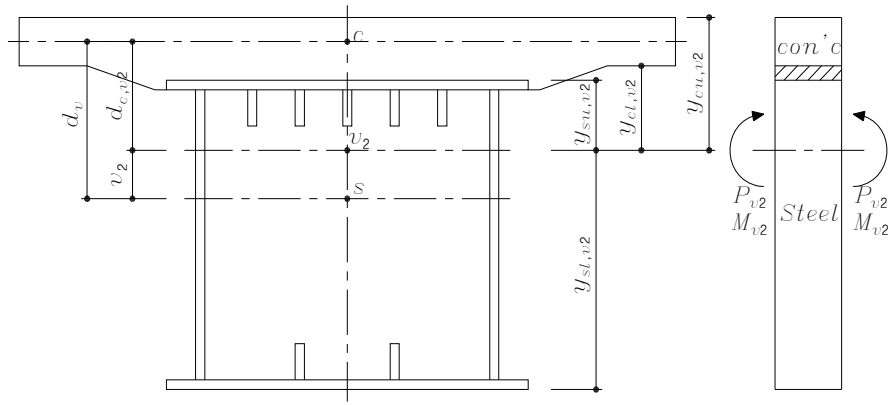
$$f_{ru,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{ru,v} / I_{rv} \\ = -1,537,698.2/170,380.4 + -0.274 \times -1,423,413,186.3 \times 1,249.7/169,894,971,114.5 = -6.153 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{rl,v} / I_{rv} \\ = -1,537,698.2/170,380.4 + -0.274 \times -1,423,413,186.3 \times 1,109.7/169,894,971,114.5 = -6.475 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v} / I_{rv} \\ = -1,537,698.2/170,380.4 + -0.274 \times -1,423,413,186.3 \times 1,033.7/169,894,971,114.5 = -6.649 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v} / I_{rv} \\ = -1,537,698.2/170,380.4 + -0.274 \times -1,423,413,186.3 \times -1,191.3/169,894,971,114.5 = -11.763 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 ϕ_2 는 $\phi_2 = 2 \cdot \phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 146,118.2 + 1,016,215.2 / 21.0 = 1.945E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2} = (1,016,215.2/21.0) \times 1,385.5 / 194,509.4 = 344.7 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,385.5 - 344.7 = 1,040.8 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,016,215.2 / 21.0 = 2.678E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,678,452.9 \times 1,040.8 = 2.788E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

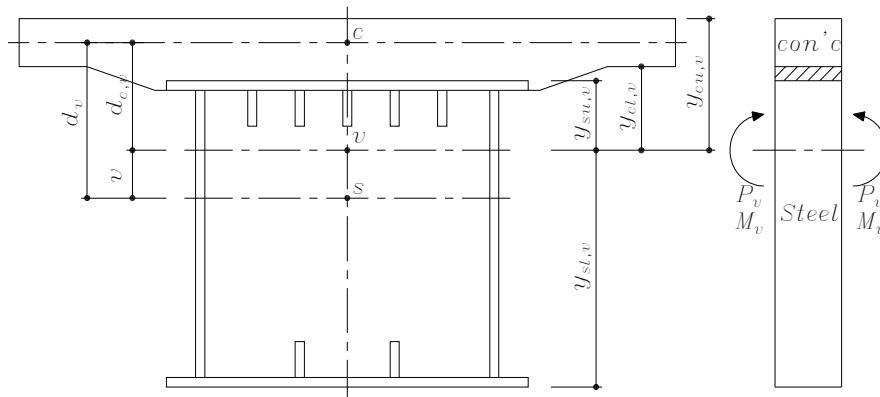
$$\begin{aligned} f_{ru,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{ru,v}/I_{rv} \\ &= 2,678,452.9/170,380.4 + -0.274 \times 2,787,802,475.9 \times 1,249.7/169,894,971,114.5 \\ &= 10.095 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{rl,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} \\ &= 2,678,452.9/170,380.4 + -0.274 \times 2,787,802,475.9 \times 1,109.7/169,894,971,114.5 \\ &= 10.726 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v}/I_{rv} \\ &= 2,678,452.9/170,380.4 + -0.274 \times 2,787,802,475.9 \times 1,033.7/169,894,971,114.5 \\ &= 11.068 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v}/I_{rv} \\ &= 2,678,452.9/170,380.4 + -0.274 \times 2,787,802,475.9 \times -1,191.3/169,894,971,114.5 \\ &= 21.083 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1} / n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,016,215.2 / 7.0 = 3.571\text{E}+06 \text{ N}$$

P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 3,571,270.6 \times 695.0 = 2.482\text{E}+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

바닥판 철근 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{ru,t} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t \\ &= 3,571,270.6 / 170,380.4 + -0.274 \times 2,482,064,715.2 \times 1,249.7 / 169,894,971,114.5 \\ &\quad - 205,000.0 \times 0.000120 = -8.647 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{rl,t} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t \\ &= 3,571,270.6 / 170,380.4 + -0.274 \times 2,482,064,715.2 \times 1,109.7 / 169,894,971,114.5 \\ &\quad - 205,000.0 \times 0.000120 = -8.086 \text{ MPa} \end{aligned}$$

강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v} / I_{rv} \\ &= 3,571,270.6 / 170,380.4 + -0.274 \times 2,482,064,715.2 \times 1,033.7 / 169,894,971,114.5 = 16.818 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} \\ &= 3,571,270.6 / 170,380.4 + -0.274 \times 2,482,064,715.2 \times -1,191.3 / 169,894,971,114.5 = 25.735 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 2,344.536 / 52,632.0 + 338.041 / 123,157,920.0 + 937.766 / 124,113,840.0 = 54.846 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 54.8 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,628.282 / 52,632.0 + 338.041 / 123,157,920.0 + 147.632 / 124,113,840.0 = 34.871 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 34.9 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 활하중 재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 2,382.807 / 52,632.0 + 338.041 / 123,157,920.0 + 995.168 / 124,113,840.0 = 56.036 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 56.0 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)
 f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)
 i : 응력구배계수
 n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$t_l \geq b / 23 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 23 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 46 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7[b / (t_l \cdot i \cdot n) - 23] = 215.0 - 4.7\{2,400.0 / (18.0 \times 1.0 \times 6) - 23\} = 218.7 \text{ MPa}$$

$$b / 46 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 80 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.0 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000\{(t_l \cdot i \cdot n) / b\}^2 = 220,000.0 \times \{(18.0 \times 1.0 \times 6.0 / 2,400.0)^2\} = 445.5 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 18.0 \text{ mm} : \therefore f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$$

(SD 400 사용)

$$f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$$

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	RE-BAR				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	-77.835	63.019	215.000	215.000
1+2+3	-65.229	-57.921	160.000	160.000	-131.790	125.205	215.000	215.000
1+2+3+5	-71.382	-64.396	160.000	160.000	-138.439	113.442	215.000	215.000
1+2+3+5+6	-61.287	-53.671	160.000	160.000	-127.371	134.525	215.000	215.000
1+2+3+5+6+7	-69.934	-61.757	184.000	184.000	-110.553	160.260	247.250	247.250
1+2+3+5+6-7	-52.639	-45.584	184.000	184.000	-144.190	108.790	247.250	247.250
1+2+4	-26.602	-23.622	192.000	192.000	-100.787	89.472	258.000	258.000
1+2+3+0.5×4	-65.325	-58.006	200.000	200.000	-132.343	125.842	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5	-71.478	-64.481	200.000	200.000	-138.992	114.079	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6	-61.382	-53.755	200.000	200.000	-127.924	135.162	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-70.030	-61.842	216.000	216.000	-111.106	160.897	290.250	290.250
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-52.735	-45.669	216.000	216.000	-144.742	109.427	290.250	290.250

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.131	0.086	0.193	0.193	0.324	0.278	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.376	0.339	0.193	0.193	0.568	0.532	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.415	0.278	0.193	0.193	0.607	0.471	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.351	0.391	0.193	0.193	0.543	0.584	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.200	0.420	0.193	0.193	0.392	0.613	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.340	0.194	0.193	0.193	0.533	0.386	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.153	0.120	0.054	0.054	0.207	0.174	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.242	0.219	0.129	0.129	0.371	0.348	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.267	0.180	0.129	0.129	0.396	0.309	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.227	0.253	0.129	0.129	0.355	0.382	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.147	0.307	0.129	0.129	0.275	0.436	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.249	0.142	0.129	0.129	0.377	0.271	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{-138.439}{215.000} \right)^2 + \left(\frac{54.846}{125.000} \right) = 0.415 + 0.193 = 0.607 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{160.260}{247.250} \right)^2 + \left(\frac{54.846}{125.000} \right) = 0.420 + 0.193 = 0.613 \leq 1.2 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 인장(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 108.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 14.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$(\text{합성형 스테드 설치시}) \quad t_{min} = \mathbf{10.0} \leq t_{use} = 14.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 압축(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 18.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b / (46 \cdot i \cdot n) = \mathbf{2,400.0} / (46 \times 1.0 \times 6.0) = 8.7 \leq t_{use} = 18.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1, 3.8.4.2)

$$t_{min} = b / (206 \times 1.200) = \mathbf{2,193.0} / (206 \times 1.200) = \mathbf{8.9} \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 63.019)} = 1.85 \geq \mathbf{1.20} \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

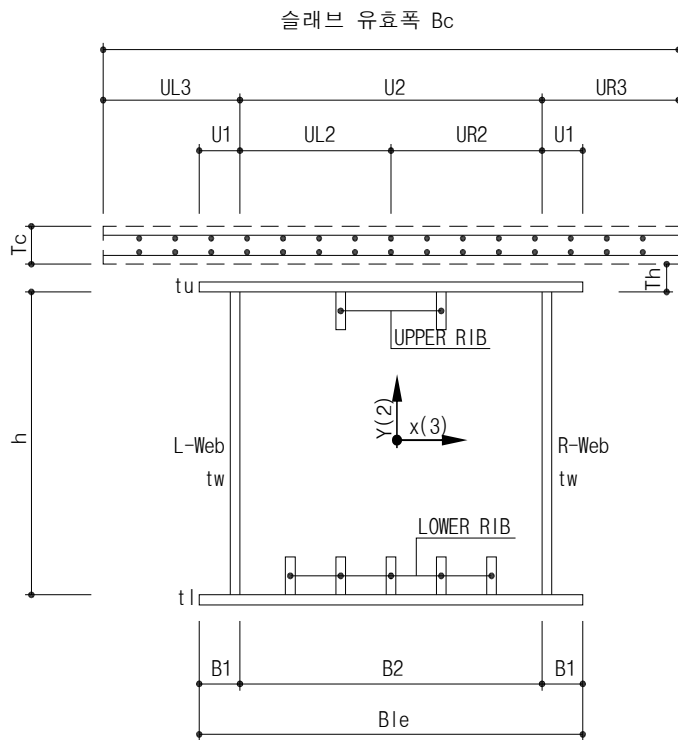
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Rebar				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	-101.186	81.924	$\mathbf{355.000}$	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3	-117.793	-104.596	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-198.619	194.222	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
$\mathbf{1+2+3+7}$	$\mathbf{-126.440}$	$\mathbf{-112.683}$	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	$\mathbf{-215.437}$	$\mathbf{219.957}$	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+5	-123.946	-111.071	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-205.268	182.459	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+5+6	-113.851	-100.346	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-194.200	203.542	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+5+6+7	-122.498	-108.432	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-177.382	229.277	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+5+6-7	-105.203	-92.259	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-211.018	177.807	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+4	-34.526	-30.658	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-130.692	115.932	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+0.5×4	-117.888	-104.681	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-199.171	194.859	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+0.5×4+7	-126.536	-112.768	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-182.353	220.594	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+0.5×4+5	-124.041	-111.156	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-205.821	183.096	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+0.5×4+5+6	-113.946	-100.430	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-194.753	204.179	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-122.594	-108.517	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-177.935	229.914	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-105.299	-92.344	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-211.571	178.444	355.000	$\mathbf{0.K !!}$

[G1 : SPLICE - 17] : 절점 29 로 부터 이격거리 4.368 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM520B

$B_c = 4,313.6$ mm

$U_1 = 120.0$ mm

$UL_2 = 1,200.0$ mm

$UR_2 = 1,200.0$ mm

상부 플랜지 유효폭

$B_{ue} = 2,515.2$ mm

하부 플랜지 유효폭

$B_{le} = 2,515.2$ mm

$B_1 = 120.0$ mm

$B_2 = 2,400.0$ mm

$T_c = 240.0$ mm

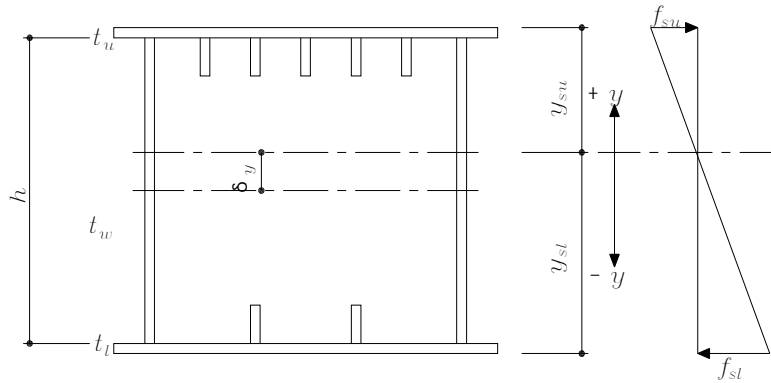
$T_h = 50.0$ mm

$h = 2,193.0$ mm

$\Theta_L = 0.000$ °

$\Theta_R = 0.000$ °

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -17,628,223.5 / 147,819.4 = -119.255 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 2,193.0 / 2 + 14.0 - -119.255 = 1,229.755 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 2,193.0 / 2 + 18.0 + -119.255 \} = -995.245 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 21,122,726,165.0 + 113,549,360,467.7 - 147,819.4 \times -119.255^2 = 1.326E+11 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = -8,785.090 \times 1,229.8 / 132,569,829,771.6 = -81.493 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = -8,785.090 \times -995.2 / 132,569,829,771.6 = 65.953 \text{ MPa}$$

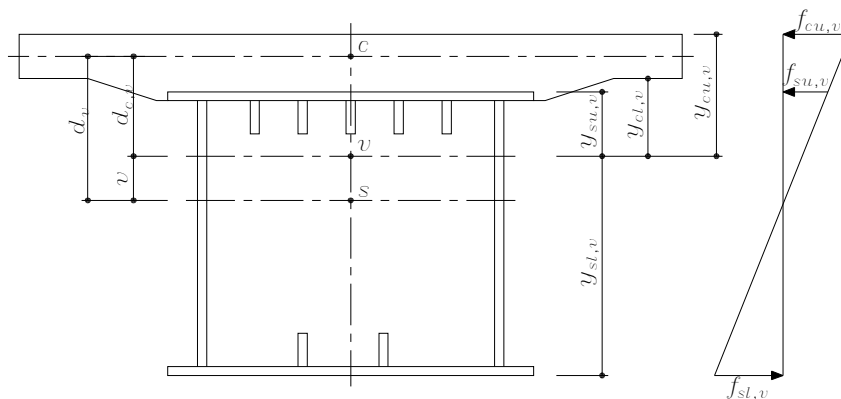
- 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 5.190E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 1,021.560 / 52,632.0 + 155.013 / (2 \times 5,190,300.0 \times 12.0) = 20.654 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_r = 147,819.4 + 24,717.2 = 172,536.5 \text{ mm}^2$$

- 강재도심선에서 철근 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 1,229.8 - 14.0 + 50.0 + 40.0 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,358.6 / 24,717.2 = 1,375.8 \text{ mm}$$

- 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_r \times d_v / A_v = 24,717.2 \times 1,375.8 / 172,536.5 = 197.1 \text{ mm}$$

- 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{r,v} = d_v - v = 1,375.8 - 197.1 = 1,178.7 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{rv} = I_s + A_s \cdot v^2 + I_r + A_r \cdot d_{r,v}^2$$

$$= 132,569,829,771.6 + 147,819.4 \times 197.1^2 + 0.0 + 24,717.2 \times 1,178.7^2 = 1.727E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 1,229.8 - 197.1 = 1,032.7 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -995.2 - 197.1 = -1,192.3 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 주철근 상·하연까지의 거리

$$y_{ru,v} = d_{r,v} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{rl} / A_r$$

$$= 1,178.7 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,358.6 / 24,717.2 = 1,248.7 \text{ mm}$$

$$y_{rl,v} = d_{r,v} - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 1,178.7 - (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,358.6 / 24,717.2 = 1,108.7 \text{ mm}$$

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -3,813.250 \times 1,032.7 / 172,650,144,185.2 = -22.808 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -3,813.250 \times -1,192.3 / 172,650,144,185.2 = 26.335 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_{sc} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -3,813.250 \times 1,248.7 / 172,650,144,185.2 = -27.579 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_{sc} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -3,813.250 \times 1,108.7 / 172,650,144,185.2 = -24.487 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$F_v = b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + TI/2) = 5.231E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{scl} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 362.351 / 52,632.0 + 108.895 / (2 \times 5,230,580.0 \times 12.0) = 7.752 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -5,863.120 \times 1,032.7 / 172,650,144,185.2 = -35.069 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -5,863.120 \times -1,192.3 / 172,650,144,185.2 = 40.491 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_v \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -5,863.120 \times 1,248.7 / 172,650,144,185.2 = -42.404 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_v \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -5,863.120 \times 1,108.7 / 172,650,144,185.2 = -37.650 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 742.153 / 52,632.0 + 685.793 / (2 \times 5,230,580.0 \times 12.0) = 19.564 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -298.080 \times 1,032.7 / 172,650,144,185.2 = -1.783 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -298.080 \times -1,192.3 / 172,650,144,185.2 = 2.059 \text{ MPa}$$

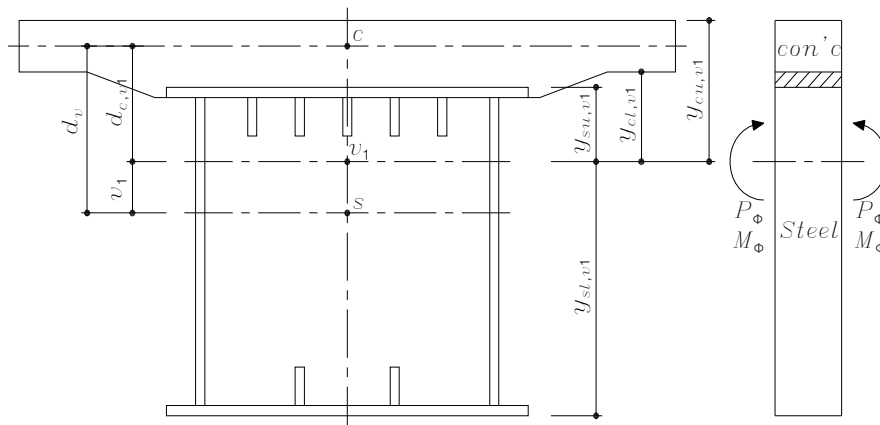
$$f_{ru,v} = M_w \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -298.080 \times 1,248.7 / 172,650,144,185.2 = -0.308 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_w \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -298.080 \times 1,108.7 / 172,650,144,185.2 = -0.273 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$u = V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 100.550 / 52,632.0 + 240.813 / (2 \times 5,230,580.0 \times 12.0) = 3.829 \text{ MPa}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

■ 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,035,273.6 / 7.0 = 147,896.2 \text{ mm}^2$$

■ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 4,969,313,280.0 / 7.0 = 7.099E+08 \text{ mm}^4$$

■ 합성 단면적

$$A_v' = A_s + A_{cn1} = 147,819.4 + 147,896.2 = 295,715.6 \text{ mm}^2$$

■ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v' = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 1,229.8 - 14.0 + 50.0 + 240.0/2 = 1,385.8 \text{ mm}$$

■ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v' = A_{cn1} \times d_v' / A_v' = 147,896.2 \times 1,385.8 / 295,715.6 = 693.1 \text{ mm}$$

■ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v}' = d_v' - v' = 1,385.8 - 693.1 = 692.7 \text{ mm}$$

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = -0.165 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 2.0/2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_{c1}/n_1 = 147,819.4 + 1,035,273.6 / 14.0 = 2.218\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_{c1}/n_1) \times d_v' / A_{v1} = (1,035,273.6/14.0) \times 1,385.8 / 221,767.5 = 462.1 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v' - v_1 = 1,385.8 - 462.1 = 923.7 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v'^2) + (I_c/n_1 + A_c/n_1 \cdot d_{c,v}'^2) \\ = (132,569,829,771.6 + 147,819.4 \times 693.1^2) + (4,969,313,280.0/7.0 + 1,035,273.6/7.0 \times 692.7^2) = 2.394\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v}' \cdot A_{c1} / (n \cdot I_{v1}) \\ = -3,813.3 \times 692.7 \times 1,035,273.6 / (7.0 \times 239,409,210,066.7) = -1.632\text{E}+06 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -1,631,755.7 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = -1.632\text{E}+06 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = -1,631,755.7 \times 923.7 = -1.507\text{E}+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

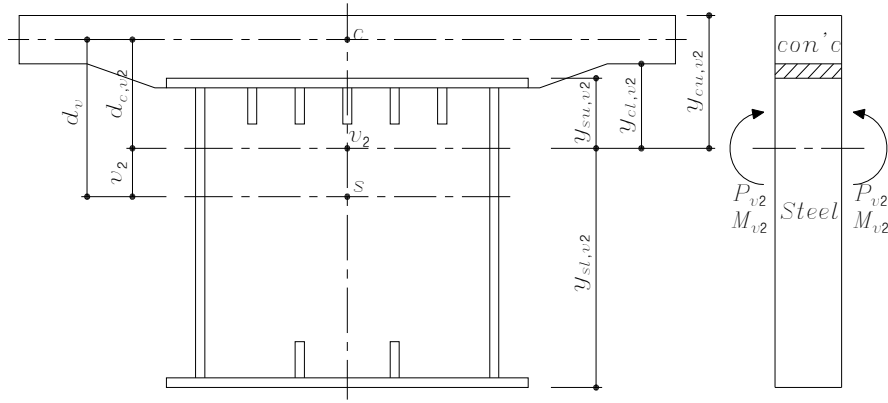
$$f_{ru,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{ru,v} / I_{rv} \\ = -1,631,755.7/172,536.5 + -0.165 \times -1,507,214,655.4 \times 1,248.7/172,650,144,185.2 = -7.657 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{rl,v} / I_{rv} \\ = -1,631,755.7/172,536.5 + -0.165 \times -1,507,214,655.4 \times 1,108.7/172,650,144,185.2 = -7.859 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v} / I_{rv} \\ = -1,631,755.7/172,536.5 + -0.165 \times -1,507,214,655.4 \times 1,032.7/172,650,144,185.2 = -7.969 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v} / I_{rv} \\ = -1,631,755.7/172,536.5 + -0.165 \times -1,507,214,655.4 \times -1,192.3/172,650,144,185.2 = -11.177 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 ϕ_2 는 $\phi_2 = 2 \cdot \phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 147,819.4 + 1,035,273.6 / 21.0 = 1.971E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2} = (1,035,273.6/21.0) \times 1,385.8 / 197,118.1 = 346.6 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,385.8 - 346.6 = 1,039.2 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,035,273.6 / 21.0 = 2.729E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,728,685.4 \times 1,039.2 = 2.836E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

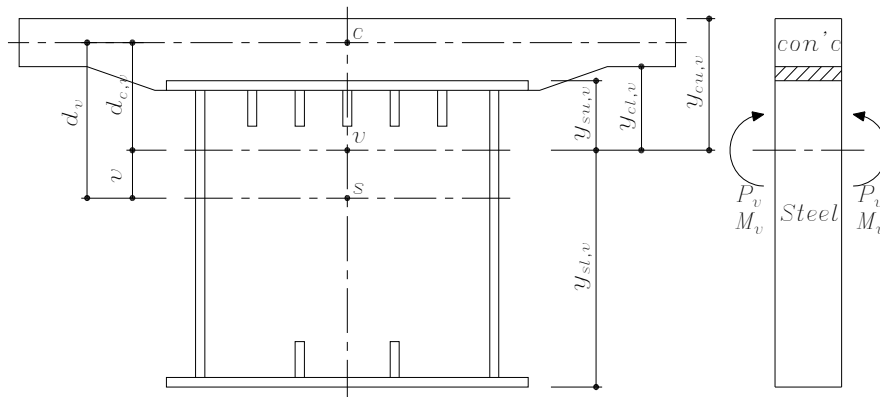
$$\begin{aligned} f_{ru,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{ru,v}/I_{rv} \\ &= 2,728,685.4/172,536.5 + -0.165 \times 2,835,598,811.4 \times 1,248.7/172,650,144,185.2 \\ &= 12.428 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{rl,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} \\ &= 2,728,685.4/172,536.5 + -0.165 \times 2,835,598,811.4 \times 1,108.7/172,650,144,185.2 \\ &= 12.808 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v}/I_{rv} \\ &= 2,728,685.4/172,536.5 + -0.165 \times 2,835,598,811.4 \times 1,032.7/172,650,144,185.2 \\ &= 13.014 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v}/I_{rv} \\ &= 2,728,685.4/172,536.5 + -0.165 \times 2,835,598,811.4 \times -1,192.3/172,650,144,185.2 \\ &= 19.049 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팅창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1} / n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,035,273.6 / 7.0 = 3.638\text{E}+06 \text{ N}$$

P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 3,638,247.2 \times 692.7 = 2.520\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

바닥판 철근 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{ru,t} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t \\ &= 3,638,247.2 / 172,536.5 + -0.165 \times 2,520,204,682.2 \times 1,248.7 / 172,650,144,185.2 \\ &\quad - 205,000.0 \times 0.000120 = -6.523 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{rl,t} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t \\ &= 3,638,247.2 / 172,536.5 + -0.165 \times 2,520,204,682.2 \times 1,108.7 / 172,650,144,185.2 \\ &\quad - 205,000.0 \times 0.000120 = -6.186 \text{ MPa} \end{aligned}$$

강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v} / I_{rv} \\ &= 3,638,247.2 / 172,536.5 + -0.165 \times 2,520,204,682.2 \times 1,032.7 / 172,650,144,185.2 = 18.597 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} \\ &= 3,638,247.2 / 172,536.5 + -0.165 \times 2,520,204,682.2 \times -1,192.3 / 172,650,144,185.2 = 23.961 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 2,126.064 / 52,632.0 + 155.013 / 124,567,200.0 + 794.688 / 125,533,920.0 = 47.970 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 48.0 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,484.461 / 52,632.0 + 155.013 / 124,567,200.0 + 349.708 / 125,533,920.0 = 32.235 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 32.2 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 활하중 재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 2,176.339 / 52,632.0 + 155.013 / 124,567,200.0 + 915.095 / 125,533,920.0 = 49.884 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 49.9 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$t_l \geq b / 23 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 23 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 46 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7[b / (t_l \cdot i \cdot n) - 23] = 215.0 - 4.7\{2,400.0 / (18.0 \times 1.0 \times 6) - 23\} = 218.7 \text{ MPa}$$

$$b / 46 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 80 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.0 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000\{(t_l \cdot i \cdot n) / b\}^2 = 220,000.0 \times \{(18.0 \times 1.0 \times 6.0 / 2,400.0)^2\} = 445.5 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 18.0 \text{ mm} : \therefore f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$$

(SD 400 사용)

$$f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$$

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	RE-BAR				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	-81.493	65.953	215.000	215.000
1+2+3	-69.983	-62.137	160.000	160.000	-139.370	132.778	215.000	215.000
1+2+3+5	-77.640	-69.996	160.000	160.000	-147.339	121.602	215.000	215.000
1+2+3+5+6	-65.212	-57.188	160.000	160.000	-134.325	140.651	215.000	215.000
1+2+3+5+6+7	-71.735	-63.374	184.000	184.000	-115.727	164.612	247.250	247.250
1+2+3+5+6-7	-58.689	-51.002	184.000	184.000	-152.922	116.690	247.250	247.250
1+2+4	-27.887	-24.760	192.000	192.000	-106.084	94.346	258.000	258.000
1+2+3+0.5×4	-70.137	-62.273	200.000	200.000	-140.261	133.807	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5	-77.794	-70.132	200.000	200.000	-148.230	122.631	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6	-65.366	-57.324	200.000	200.000	-135.216	141.680	268.750	268.750
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-71.889	-63.510	216.000	216.000	-116.619	165.641	290.250	290.250
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-58.843	-51.138	216.000	216.000	-153.813	117.719	290.250	290.250

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.144	0.094	0.147	0.147	0.291	0.241	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.420	0.381	0.147	0.147	0.567	0.529	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.470	0.320	0.147	0.147	0.617	0.467	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.390	0.428	0.147	0.147	0.538	0.575	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.219	0.443	0.147	0.147	0.366	0.591	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.383	0.223	0.147	0.147	0.530	0.370	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.169	0.134	0.046	0.046	0.215	0.180	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.272	0.248	0.102	0.102	0.374	0.350	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.304	0.208	0.102	0.102	0.406	0.310	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.253	0.278	0.102	0.102	0.355	0.380	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.161	0.326	0.102	0.102	0.263	0.428	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.281	0.164	0.102	0.102	0.383	0.266	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{-147.339}{215.000} \right)^2 + \left(\frac{47.970}{125.000} \right) = 0.470 + 0.147 = 0.617 \leq 1.2 \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{164.612}{247.250} \right)^2 + \left(\frac{47.970}{125.000} \right) = 0.443 + 0.147 = 0.591 \leq 1.2 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 인장(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 108.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 14.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$(\text{합성형 스테드 설치시}) \quad t_{min} = \mathbf{10.0} \leq t_{use} = 14.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 압축(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 18.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b / (46 \cdot i \cdot n) = \mathbf{2,400.0} / (46 \times 1.0 \times 6.0) = 8.7 \leq t_{use} = 18.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1, 3.8.4.2)

$$t_{min} = b / (206 \times 1.200) = \mathbf{2,193.0} / (206 \times 1.200) = \mathbf{8.9} \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 65.953)} = 1.81 \geq \mathbf{1.20} \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

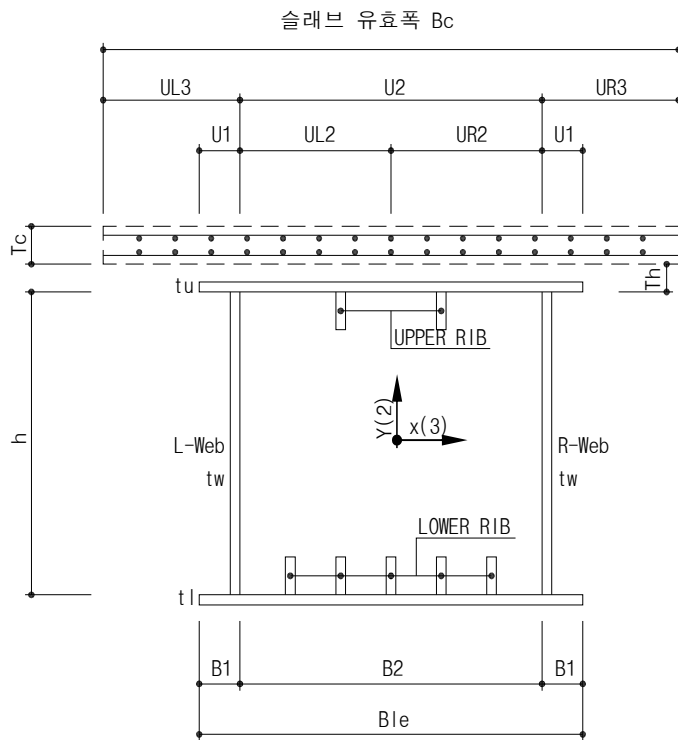
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Rebar				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	-105.941	85.738	355.000	0.K !!
1+2+3	-127.021	-112.780	240.000	0.K !!	-210.990	207.029	355.000	0.K !!
1+2+3+7	-133.545	-118.966	240.000	0.K !!	-229.587	230.990	355.000	0.K !!
1+2+3+5	-134.679	-120.639	240.000	0.K !!	-218.958	195.852	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6	-122.250	-107.831	240.000	0.K !!	-205.944	214.902	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	-128.774	-114.017	240.000	0.K !!	-187.347	238.863	355.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	-115.727	-101.645	240.000	0.K !!	-224.541	190.940	355.000	0.K !!
1+2+4	-36.160	-32.106	240.000	0.K !!	-137.374	122.032	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4	-127.175	-112.917	240.000	0.K !!	-211.881	208.058	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+7	-133.699	-119.102	240.000	0.K !!	-193.284	232.019	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	-134.833	-120.776	240.000	0.K !!	-219.850	196.882	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	-122.404	-107.968	240.000	0.K !!	-206.836	215.931	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-128.928	-114.154	240.000	0.K !!	-188.238	239.892	355.000	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-115.881	-101.782	240.000	0.K !!	-225.433	191.970	355.000	0.K !!

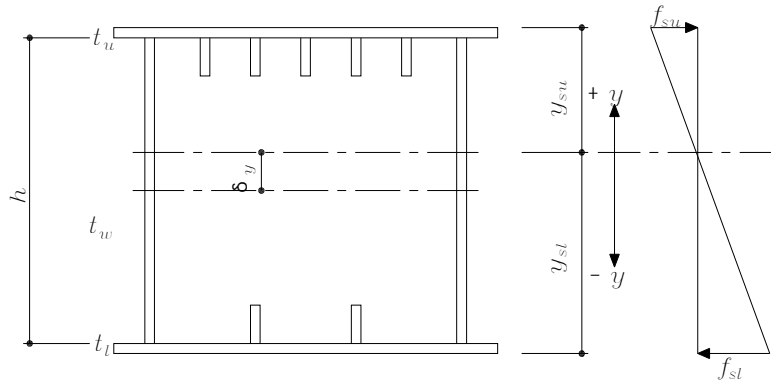
[G1 : SPLICE - 18] : 절점 31 로 부터 이격거리 3.120 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종:	SM520B
B_c =	4,500.0 mm
U_1 =	120.0 mm
UL_2 =	1,200.0 mm
UR_2 =	1,200.0 mm
상부 플랜지 유효폭	
B_{ue} =	2,640.0 mm
하부 플랜지 유효폭	
B_{le} =	2,640.0 mm
B_1 =	120.0 mm
B_2 =	2,400.0 mm
T_c =	240.0 mm
T_h =	50.0 mm
h =	1,802.0 mm
Θ_L =	0.000 °
Θ_R =	0.000 °

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -9,662,400.0 / 138,168.0 = -69.932 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 1,802.0 / 2 + 12.0 - -69.932 = 982.932 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 1,802.0 / 2 + 16.0 + -69.932 \} = -847.068 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 11,743,579,496.0 + 75,291,425,760.0 - 138,168.0 \times -69.932^2 = 8.636E+10 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = -1,414.370 \times 982.9 / 86,359,291,821.9 = -16.098 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = -1,414.370 \times -847.1 / 86,359,291,821.9 = 13.873 \text{ MPa}$$

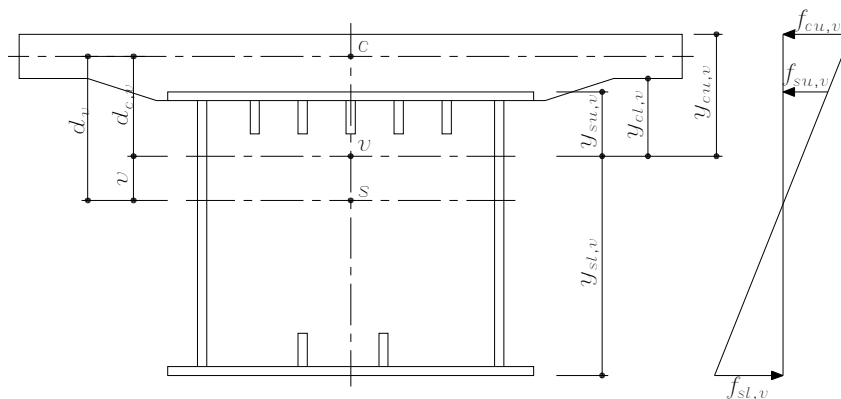
- 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 4.380E+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 644.598 / 43,248.0 + 122.647 / (2 \times 4,380,190.0 \times 12.0) = 16.071 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_r = 138,168.0 + 25,785.0 = 163,953.0 \text{ mm}^2$$

- 강재도심선에서 철근 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 982.9 - 12.0 + 50.0 + 40.0 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,892.5 / 25,785.0 = 1,130.9 \text{ mm}$$

- 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_r \times d_v / A_v = 25,785.0 \times 1,130.9 / 163,953.0 = 177.9 \text{ mm}$$

- 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{r,v} = d_v - v = 1,130.9 - 177.9 = 953.1 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{rv} = I_s + A_s \cdot v^2 + I_r + A_r \cdot d_{r,v}^2$$

$$= 86,359,291,821.9 + 138,168.0 \times 177.9^2 + 0.0 + 25,785.0 \times 953.1^2 = 1.142\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 982.9 - 177.9 = 805.1 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -847.1 - 177.9 = -1,024.9 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 주철근 상·하연까지의 거리

$$y_{ru,v} = d_{r,v} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{rl} / A_r$$

$$= 953.1 + (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,892.5 / 25,785.0 = 1,023.1 \text{ mm}$$

$$y_{rl,v} = d_{r,v} - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 953.1 - (240.0 - 60.0 - 40.0) \times 12,892.5 / 25,785.0 = 883.1 \text{ mm}$$

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -880.756 \times 805.1 / 114,151,843,474.9 = -6.212 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -880.756 \times -1,024.9 / 114,151,843,474.9 = 7.908 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_{sc} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -880.756 \times 1,023.1 / 114,151,843,474.9 = -7.894 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_{sc} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -880.756 \times 883.1 / 114,151,843,474.9 = -6.813 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$F_v = b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 4.422\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{scl} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 269.949 / 43,248.0 + 6.855 / (2 \times 4,421,540.0 \times 12.0) = 6.306 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -3,939.280 \times 805.1 / 114,151,843,474.9 = -27.782 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -3,939.280 \times -1,024.9 / 114,151,843,474.9 = 35.369 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_v \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -3,939.280 \times 1,023.1 / 114,151,843,474.9 = -35.305 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_v \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -3,939.280 \times 883.1 / 114,151,843,474.9 = -30.474 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 485.031 / 43,248.0 + 526.714 / (2 \times 4,421,540.0 \times 12.0) = 16.179 \text{ MPa}$$

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

■ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -43.467 \times 805.1 / 114,151,843,474.9 = -0.307 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -43.467 \times -1,024.9 / 114,151,843,474.9 = 0.390 \text{ MPa}$$

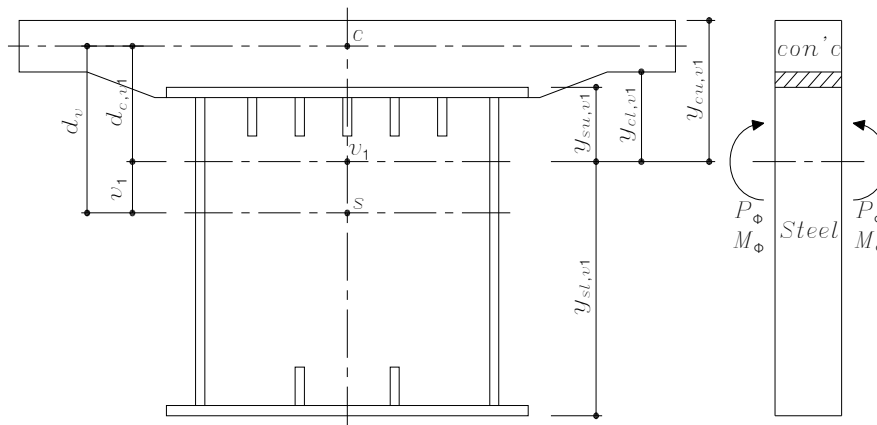
$$f_{ru,v} = M_w \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -43.467 \times 1,023.1 / 114,151,843,474.9 = -0.056 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_w \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -43.467 \times 883.1 / 114,151,843,474.9 = -0.048 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$u = V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 7.832 / 43,248.0 + 39.655 / (2 \times 4,421,540.0 \times 12.0) = 0.555 \text{ MPa}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

■ 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,080,000.0 / 7.0 = 154,285.7 \text{ mm}^2$$

■ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 5,184,000,000.0 / 7.0 = 7.406E+08 \text{ mm}^4$$

■ 합성 단면적

$$A_v' = A_s + A_{cn1} = 138,168.0 + 154,285.7 = 292,453.7 \text{ mm}^2$$

■ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v' = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 982.9 - 12.0 + 50.0 + 240.0/2 = 1,140.9 \text{ mm}$$

■ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v' = A_{cn1} \times d_v' / A_v' = 154,285.7 \times 1,140.9 / 292,453.7 = 601.9 \text{ mm}$$

■ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v}' = d_v' - v' = 1,140.9 - 601.9 = 539.0 \text{ mm}$$

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = 0.125 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 2.0/2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_{c1}/n_1 = 138,168.0 + 1,080,000.0 / 14.0 = 2.153\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_{c1}/n_1) \times d_v' / A_{v1} = (1,080,000.0/14.0) \times 1,140.9 / 215,310.9 = 408.8 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v' - v_1 = 1,140.9 - 408.8 = 732.2 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v'^2) + (I_c/n_1 + A_c/n_1 \cdot d_{c,v}'^2) \\ = (86,359,291,821.9 + 138,168.0 \times 601.9^2) + (5,184,000,000.0/7.0 + 1,080,000.0/7.0 \times 539.0^2) = 1.592\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v}' \cdot A_{c1} / (n \cdot I_{v1}) \\ = -880.8 \times 539.0 \times 1,080,000.0 / (7.0 \times 159,200,353,214.5) = -4.601\text{E}+05 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -460,095.0 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = -4.601\text{E}+05 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = -460,095.0 \times 732.2 = -3.369\text{E}+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

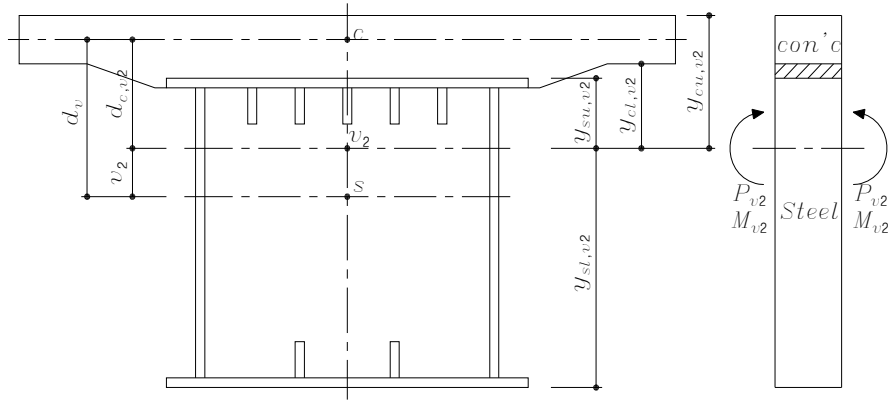
$$f_{ru,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{ru,v} / I_{rv} \\ = -460,095.0/163,953.0 + 0.125 \times -336,859,567.9 \times 1,023.1/114,151,843,474.9 = -3.185 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{rl,v} / I_{rv} \\ = -460,095.0/163,953.0 + 0.125 \times -336,859,567.9 \times 883.1/114,151,843,474.9 = -3.133 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v} / I_{rv} \\ = -460,095.0/163,953.0 + 0.125 \times -336,859,567.9 \times 805.1/114,151,843,474.9 = -3.104 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v} / I_{rv} \\ = -460,095.0/163,953.0 + 0.125 \times -336,859,567.9 \times -1,024.9/114,151,843,474.9 = -2.427 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 ϕ_2 는 $\phi_2 = 2 \cdot \phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 138,168.0 + 1,080,000.0 / 21.0 = 1.896E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2} = (1,080,000.0/21.0) \times 1,140.9 / 189,596.6 = 309.5 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,140.9 - 309.5 = 831.5 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,080,000.0 / 21.0 = 2.847E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 2,846,571.4 \times 831.5 = 2.367E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

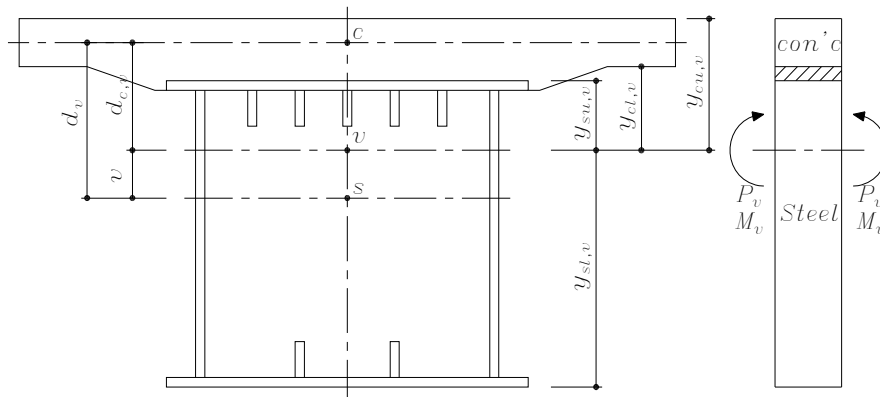
$$f_{ru,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{ru,v}/I_{rv} = 2,846,571.4/163,953.0 + 0.125 \times 2,366,785,698.2 \times 1,023.1/114,151,843,474.9 = 20.024 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} = 2,846,571.4/163,953.0 + 0.125 \times 2,366,785,698.2 \times 883.1/114,151,843,474.9 = 19.660 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v}/I_{rv} = 2,846,571.4/163,953.0 + 0.125 \times 2,366,785,698.2 \times 805.1/114,151,843,474.9 = 19.457 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v}/I_{rv} = 2,846,571.4/163,953.0 + 0.125 \times 2,366,785,698.2 \times -1,024.9/114,151,843,474.9 = 14.696 \text{ MPa}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1} / n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,080,000.0 / 7.0 = 3.795\text{E}+06 \text{ N}$$

P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 3,795,428.6 \times 539.0 = 2.046\text{E}+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

바닥판 철근 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{ru,t} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t \\ &= 3,795,428.6 / 163,953.0 + 0.125 \times 2,045,836,916.0 \times 1,023.1 / 114,151,843,474.9 \\ &\quad - 205,000.0 \times 0.000120 = 0.850 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{rl,t} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t \\ &= 3,795,428.6 / 163,953.0 + 0.125 \times 2,045,836,916.0 \times 883.1 / 114,151,843,474.9 \\ &\quad - 205,000.0 \times 0.000120 = 0.535 \text{ MPa} \end{aligned}$$

강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v} / I_{rv} \\ &= 3,795,428.6 / 163,953.0 + 0.125 \times 2,045,836,916.0 \times 805.1 / 114,151,843,474.9 = 24.960 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} \\ &= 3,795,428.6 / 163,953.0 + 0.125 \times 2,045,836,916.0 \times -1,024.9 / 114,151,843,474.9 = 20.844 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,399.578 / 43,248.0 + 122.647 / 105,124,560.0 + 533.569 / 106,116,960.0 = 38.556 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 38.6 \text{ MPa} \leq u_a = 125.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 922.379 / 43,248.0 + 122.647 / 105,124,560.0 + 46.510 / 106,116,960.0 = 22.933 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 22.9 \text{ MPa} \leq 1.2 u_a = 150.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 활하중 재하시

$$u = (V_s + V_{sc} + V_w / 2 + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{wt} / 2 + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 1,403.494 / 43,248.0 + 122.647 / 105,124,560.0 + 553.397 / 106,116,960.0 = 38.834 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 38.8 \text{ MPa} \leq 1.25 u_a = 156.3 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)
 f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)
 i : 응력구배계수
 n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (상부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 215.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (하부)플랜지의 허용응력

(SM520B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$t_l \geq b / 23 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (23 \times 1.000 \times 6) = 17.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa}$$

$$b / 23 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 46 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (46 \times 1.000 \times 6) = 8.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 - 4.7[b / (t_l \cdot i \cdot n) - 23] = 215.0 - 4.7\{2,400.0 / (16.0 \times 1.0 \times 6) - 23\} = 205.6 \text{ MPa}$$

$$b / 46 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 80 \cdot i \cdot n = 2,400.0 / (80 \times 1.000 \times 6) = 5.0 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000\{(t_l \cdot i \cdot n) / b\}^2 = 220,000.0 \times \{(16.0 \times 1.0 \times 6.0 / 2,400.0)^2\} = 352.0 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 16.0 \text{ mm} : \therefore f_{ca} = 205.6 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$$

(SD 400 사용)

$$f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$$

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	RE-BAR				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	-16.098	13.873	215.000	205.600
1+2+3	-43.199	-37.287	160.000	160.000	-50.092	57.151	215.000	205.600
1+2+3+5	-46.384	-40.421	160.000	160.000	-53.196	54.724	215.000	205.600
1+2+3+5+6	-26.360	-20.761	160.000	160.000	-33.740	69.419	215.000	205.600
1+2+3+5+6+7	-25.510	-20.226	184.000	184.000	-8.780	90.264	247.250	236.440
1+2+3+5+6-7	-27.210	-21.297	184.000	184.000	-58.700	48.575	247.250	236.440
1+2+4	-7.949	-6.861	192.000	192.000	-22.616	22.171	258.000	246.720
1+2+3+0.5×4	-43.227	-37.311	200.000	200.000	-50.245	57.346	268.750	257.000
1+2+3+0.5×4+5	-46.412	-40.445	200.000	200.000	-53.350	54.919	268.750	257.000
1+2+3+0.5×4+5+6	-26.388	-20.785	200.000	200.000	-33.893	69.614	268.750	257.000
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-25.538	-20.250	216.000	216.000	-8.933	90.459	290.250	277.560
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-27.238	-21.321	216.000	216.000	-58.853	48.770	290.250	277.560

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.006	0.005	0.095	0.095	0.101	0.100	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.054	0.077	0.095	0.095	0.149	0.172	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.061	0.071	0.095	0.095	0.156	0.166	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.025	0.114	0.095	0.095	0.120	0.209	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.001	0.146	0.095	0.095	0.096	0.241	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.056	0.042	0.095	0.095	0.152	0.137	0.K !!	0.K !!
1+2+4	0.008	0.008	0.023	0.023	0.031	0.031	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4	0.035	0.050	0.062	0.062	0.097	0.112	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.039	0.046	0.062	0.062	0.101	0.107	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.016	0.073	0.062	0.062	0.078	0.135	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.001	0.106	0.062	0.062	0.063	0.168	0.K !!	0.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.041	0.031	0.062	0.062	0.103	0.093	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{-53.196}{215.000} \right)^2 + \left(\frac{38.556}{125.000} \right) = 0.061 + 0.095 = 0.156 \leq 1.2 \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{90.264}{236.440} \right)^2 + \left(\frac{38.556}{125.000} \right) = 0.146 + 0.095 = 0.241 \leq 1.2 \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 인장(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 108.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$(\text{합성형 스테드 설치시}) \quad t_{min} = \mathbf{10.0} \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 압축(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 16.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{min} = b / (46 \cdot i \cdot n) = \mathbf{2,400.0} / (46 \times 1.0 \times 6.0) = 8.7 \leq t_{use} = 16.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (도.설.기 3.8.4.1, 3.8.4.2)

$$t_{min} = b / (206 \times 1.200) = \mathbf{1,802.0} / (206 \times 1.200) = \mathbf{7.3} \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(215.0 / 13.873)} = 3.94 \geq \mathbf{1.20} \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

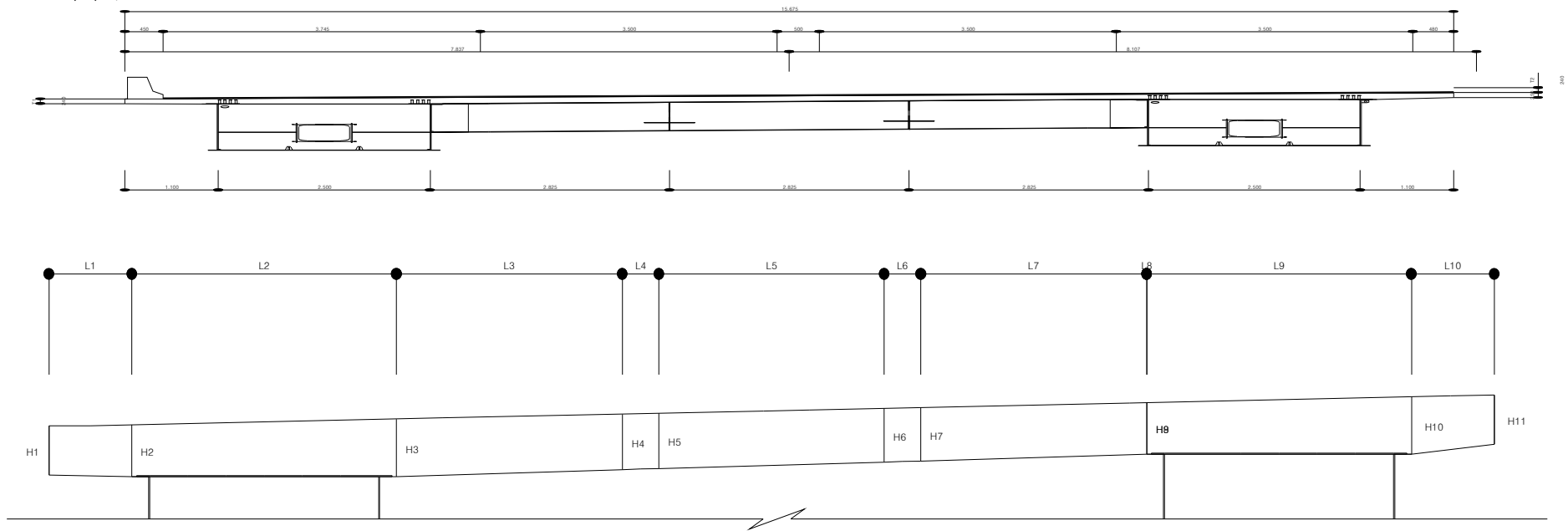
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

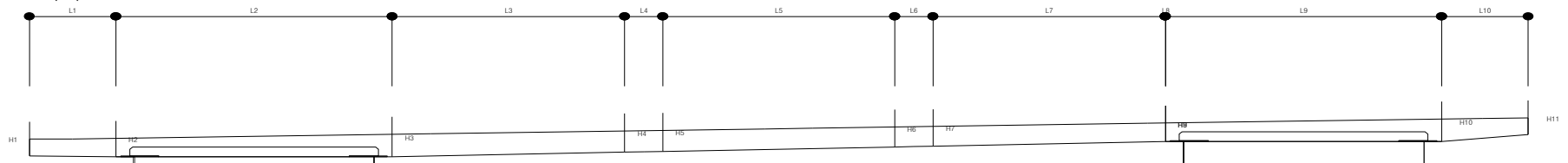
하 중 조 합	Rebar				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	-20.928	18.035	$\mathbf{355.000}$	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3	-86.168	-74.377	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-88.735	104.360	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
$\mathbf{1+2+3+7}$	$\mathbf{-87.018}$	$\mathbf{-74.912}$	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	$\mathbf{-113.695}$	$\mathbf{125.204}$	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+5	-89.353	-77.510	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-91.839	101.933	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+5+6	-69.329	-57.850	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-72.382	116.628	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+5+6+7	-68.479	-57.315	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-47.422	137.473	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+5+6-7	-70.180	-58.386	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-97.342	95.784	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+4	-10.317	-8.906	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-29.309	28.706	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+0.5×4	-86.196	-74.401	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-88.888	104.555	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+0.5×4+7	-85.346	-73.865	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-63.928	125.399	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+0.5×4+5	-89.381	-77.534	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-91.992	102.128	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+0.5×4+5+6	-69.357	-57.874	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-72.536	116.824	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+0.5×4+5+6+7	-68.507	-57.339	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-47.576	137.668	355.000	$\mathbf{0.K !!}$
1+2+3+0.5×4+5+6-7	-70.207	-58.410	240.000	$\mathbf{0.K !!}$	-97.496	95.979	355.000	$\mathbf{0.K !!}$

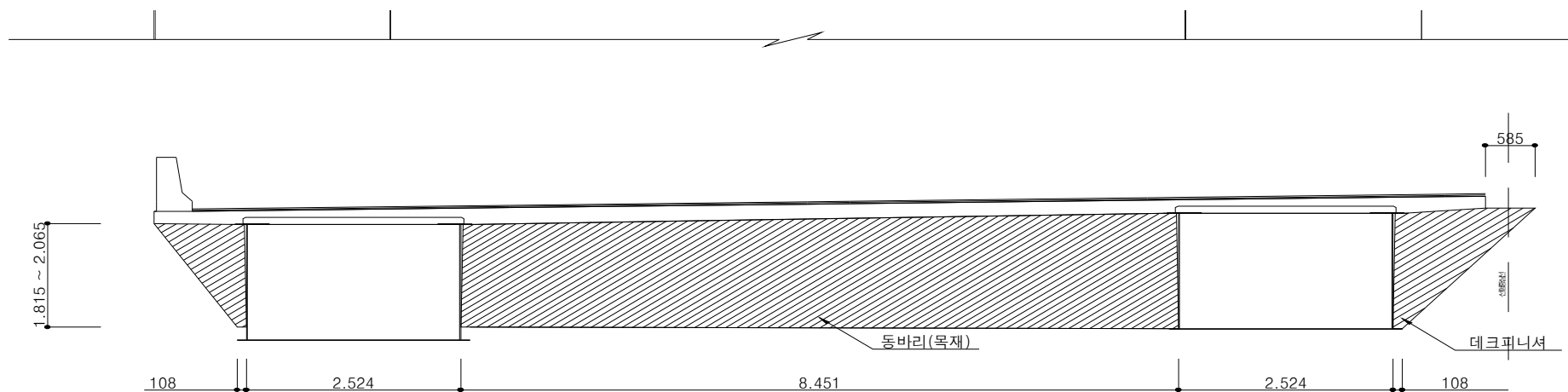
4.9 단면 요약도

< 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				
2,463.57	2,936.75	548.931	730.224	825.554	81.77	-67.26	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)

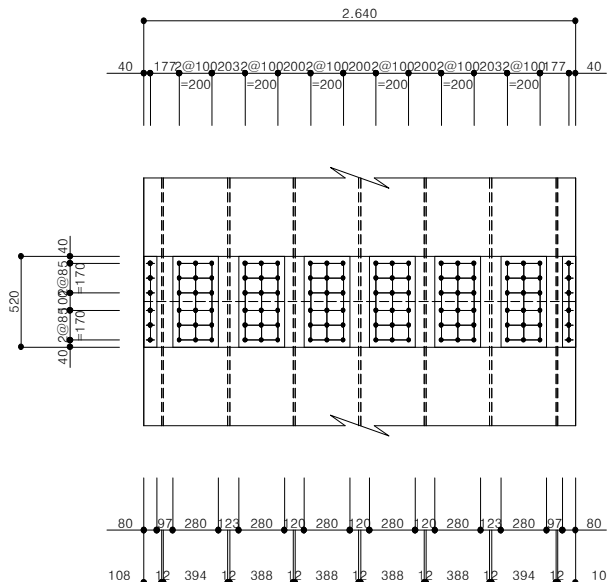
(1) 압축부 플랜지의 이음 : (상부 플랜지)

(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)

$$f_s = 81.8 \text{ MPa}$$

$$f_{s(min)} = 0.75 \times 215.0 = 161.3 \text{ MPa} \quad \therefore \text{이음부의 설계응력 (} f_u \text{) } f_s' = 161.3 \text{ MPa 적용}$$



모재두께 = 12 mm

모재길이 = 2,640 mm

① 필요 BOLT수의 결정

$$n_{req} = A_s \times f_s' / \rho_{sa} = 31,680.0 \times 161.3 / 126,000.0 = 41ea \Rightarrow n_t = 60ea \dots 0.K !!$$

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})

$$2 \text{ PL} - 80.0 \times 10.0 \times 520.0 = 1,600.0$$

$$6 \text{ PL} - 280.0 \times 10.0 \times 520.0 = 16,800.0$$

$$1 \text{ PL} - 2,640.0 \times 10.0 \times 520.0 = 26,400.0$$

$$\Sigma = 44,800.0 \text{ mm}^2 \geq A_{req} \dots 0.K !!$$

- 이음판의 응력

$$f_s = A_s \times f_s' / A_{use} = 31,680.0 \times 161.3 / 44,800.0 = 114.0 \text{ MPa} \leq f_{sa} \dots 0.K !!$$

③ BOLT의 응력검토

(도.설.해 3.5.3.5)

- 축방향력 또는 전단력을 받는 판을 연결하는 경우의 BOLT 응력검토

$$\rho_p = P / n_t = 31,680.0 \times 161.3 / 60.0 = 85,140.0 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots 0.K !!$$

- 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

$$Q_s = 2,640.0 \times 12.0 \times (874.6 - 6.0) = 2.752E+07 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2,640.0 \times 12.0 \times (292.0 - 6.0) = 9.060E+06 \text{ mm}^3$$

$$I_s = 7.211E+10 \text{ mm}^4 \text{ (합성전 부재 총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트)}$$

$$I_v = 1.445E+11 \text{ mm}^4 \text{ (합성후 부재 총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트)}$$

$$p = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 BOLT수} = 2,640.0 / 20ea = 132.0 \text{ mm (볼트의 피치)}$$

$$n = 3ea \text{ (접합선에 직각방향의 볼트의 수)}$$

$$\rho_h = (V_s \cdot Q_s / I_s + V_v \cdot Q_v / I_v) \times p / n$$

$$= (548.9 \times 27,517,659.8 / 72,105,900,000.0 + 730.2$$

$$\times 9,059,973.1 / 144,537,000,000.0) \times (132.0 / 3.0) = 11,231.4 \text{ N/ea}$$

- 축방향력, 휨모멘트 및 전단력이 함께 작용하는 판을 연결할 경우의 BOLT 식

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{7.249E+09 + 1.261E+08} = 85,877.6 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots 0.K !!$$

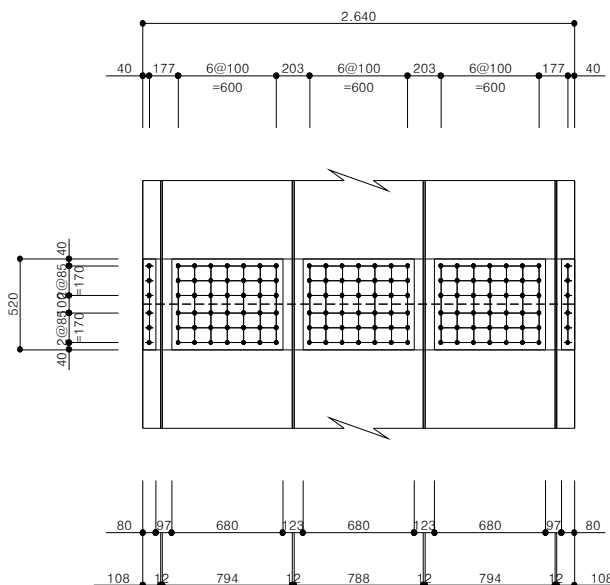
(2) 인장부 플랜지의 이음 : (하부 플랜지)

(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)

$$f_s = 67.3 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 215.0 = 161.3 \text{ MPa} \therefore \text{이음부의 설계응력 (} f_l \text{)} = 161.3 \text{ MPa 적용}$$



$$\text{모재두께} = 12 \text{ mm}$$

$$\text{모재길이} = 2,640 \text{ mm}$$

① 필요 BOLT수의 결정

$$n_{req} = A_s \times f_s' / \rho_{sa} = 31,680.0 \times 161.3 / 126,000.0 = 41ea \Rightarrow n_t = 69ea \dots 0.K !!$$

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}

$$2 \text{ PL} - 80.0 \times 10.0 \times 520.0 = 1,600.0$$

$$3 \text{ PL} - 680.0 \times 10.0 \times 520.0 = 20,400.0$$

$$1 \text{ PL} - 2,640.0 \times 10.0 \times 520.0 = 26,400.0$$

$$\Sigma = 48,400.0 \text{ mm}^2$$

- 이음판의 순단면적 (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제) (18 도.설.해 3.5.3.7)

$$A_n = 48,400.0 - 25.0 \times 10.0 \times 23.0 \text{열} \times 2ea = 36,900.0 \text{ mm}^2 \geq A_{req} \dots 0.K !!$$

- 이음판의 응력

$$f_s = A_s \times f_s' / A_n = 31,680.0 \times 161.3 / 36,900.0 = 138.4 \text{ MPa} \leq f_{sa} \dots 0.K !!$$

- ③ BOLT의 응력검토 (18 도.설.해 3.5.3.5)

- 축방향력 또는 전단력을 받는 판을 연결하는 경우의 BOLT 응력검토

$$\rho_p = P / n_t = 31,680.0 \times 161.3 / 69.0 = 74,034.8 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots 0.K !!$$

- 휨에 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

$$Q_s = 2,640.0 \times 12.0 \times (949.4 - 6.0) = 2.989E+07 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2,640.0 \times 12.0 \times (1,532.0 - 6.0) = 4.834E+07 \text{ mm}^3$$

$$I_s = 7.211E+10 \text{ mm}^4 \text{ (합성전 부재 총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트)}$$

$$I_v = 1.445E+11 \text{ mm}^4 \text{ (합성후 부재 총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트)}$$

$$p = \text{플랜지전폭/횡방향1열BOLT수} = 2,640.0 / 23ea = 114.8 \text{ mm (볼트의 피치)}$$

$$n = 3ea \text{ (접합선에 직각방향의 볼트의 수)}$$

$$\begin{aligned} \rho_h &= (V_s \cdot Q_s / I_s + V_v \cdot Q_v / I_v) \times p / n \\ &= (548.9 \times 29,886,500.2 / 72,105,900,000.0 + 730.2 \\ &\quad \times 48,344,186.9 / 144,537,000,000.0) \times (114.8 / 3.0) = 18,050.1 \text{ N/ea} \end{aligned}$$

- 축방향력, 휨모멘트 및 전단력이 함께 작용하는 판을 연결할 경우의 BOLT 식

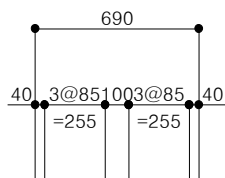
$$\rho = \sqrt{(\rho_p)^2 + (\rho_h)^2} = \sqrt{5.481E+09 + 3.258E+08} = 76,203.4 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots 0.K !!$$

- ④ 모재의 응력검토

$$A_{sn} = 12.0 \times (2,640.0 - 25.0 \times 23.0) = 24,780.0 \text{ mm}^2$$

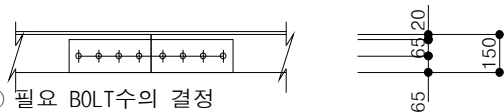
$$f_l = A_s \times f_s' / A_{sn} = 31,680.0 \times 161.3 / 24,780.0 = 206.2 \text{ MPa} \leq f_{sa} \dots 0.K !!$$

(3) 압축부 RIB 이음 : (상부 플랜지)



RIB 폭 = 150 mm

RIB 두께 = 12 mm



- ① 필요 BOLT수의 결정

$$n_{req} = A_s \times f_s' / \rho_{sa} = 1,800.0 \times 161.3 / 126,000.0 = 3ea \Rightarrow n = 4ea \dots 0.K !!$$

- ② 이음판의 결정

- 필요 단면적 산정

$$A_{req} = A_s \times f_s' / f_{sa} = 1,800.0 \times 161.3 / 215.0 = 1,350.0 \text{ mm}^2$$

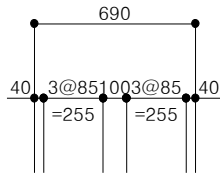
- 사용 이음판 전단면적 A_{use}

$$2 \text{ PL} - 130.0 \times 12.0 \times 690.0 = 3,120.0 \text{ mm}^2 \geq A_{req} \dots 0.K !!$$

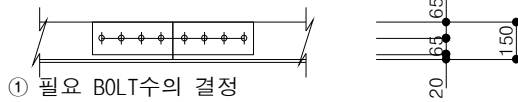
- 이음판의 응력

$$f_s = A_s \times f_s' / A_{use} = 1,800.0 \times 161.3 / 3,120.0 = 93.0 \text{ MPa} \leq f_{sa} \dots 0.K !!$$

(4) 인장부 RIB 이음 : (하부 플랜지)



RIB 폭 = 150 mm
RIB 두께 = 12 mm



① 필요 BOLT수의 결정

$$n_{req} = A_s \times f_s' / \rho_{sa} = 1,800.0 \times 161.3 / 126,000.0 = 3ea \Rightarrow n = 4ea \dots 0.K !!$$

② 이음판의 결정

- 필요 단면적 산정

$$A_{req} = A_s \times f_s' / f_a = 1,800.0 \times 161.3 / 215.0 = 1,350.0 \text{ mm}^2$$

- 사용 이음판 전단면적 (A_{use})

$$2 \text{ PL} - 130.0 \times 12.0 \times 690.0 = 3,120.0 \text{ mm}^2$$

- 이음판의 순단면적 (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제) (도.설.해 3.5.3.7)

$$A_n = 3,120.0 - 25.0 \times 12.0 \times 2ea = 2,520.0 \text{ mm}^2 \geq A_{req} \dots 0.K !!$$

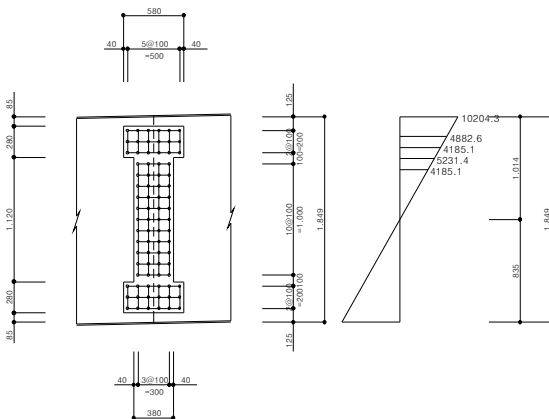
- 이음판의 응력

$$f_s = A_s \times f_s' / A_n = 1,800.0 \times 161.3 / 2,520.0 = 115.2 \text{ MPa} \leq f_{sa} \dots 0.K !!$$

(5) WEB 연결부의 계산 : (좌측 WEB)

① BOLT의 응력계산

- 힘에 의한 BOLT의 응력



Box 평균 높이 = 1,800 mm

Box 계산 높이 = 1,849 mm

WEB 두께 = 12 mm

중립축에서 연단까지 거리 h_o = 925 mm

$$f_1 = f_u = 161.25 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 175) / h_o = 130.78 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 275) / h_o = 113.35 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 375) / h_o = 95.91 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 475) / h_o = 78.47 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 575) / h_o = 61.03 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 } \rho_p = (161.250 + 130.784) / 2 \times 174.7 \times 12.0 / 3ea = 102,043.1 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots 0.K !!$$

$$\text{제2열 } \rho_p = (130.784 + 113.346) / 2 \times 100.0 \times 12.0 / 3ea = 48,826.0 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots 0.K !!$$

$$\text{제3열 } \rho_p = (113.346 + 95.908) / 2 \times 100.0 \times 12.0 / 3ea = 41,850.9 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots 0.K !!$$

$$\text{제4열 } \rho_p = (95.908 + 78.470) / 2 \times 100.0 \times 12.0 / 2ea = 52,313.6 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots 0.K !!$$

$$\text{제5열 } \rho_p = (78.470 + 61.032) / 2 \times 100.0 \times 12.0 / 2ea = 41,850.9 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots 0.K !!$$

- 전단력에 의한 BOLT의 응력 (18 도.설.해 3.8.2.3)

$$\therefore \text{전단응력 } \sigma = V / A_w + M_t / (2 \cdot F \cdot t_w) \quad [\text{비틀림 모멘트 고려시}]$$

$$- \text{한쪽 복부판이 부담하는 전단력} : (V_s + V_v) / 2 = (548.9 + 730.2) / 2 = 639,577.5 \text{ N}$$

$$- \text{비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력} : M_t / (2 \cdot b) = 825.6 / (2 \times 2412) = 171,134.7 \text{ N}$$

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = (639,577.5 + 171,134.7) / 40ea = 20,267.8 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots 0.K !!$$

- 합성 응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(102,043.1^2 + 20,267.8^2)} = 104,036.5 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots 0.K !!$$

② 이음판의 응력계산

- 복부판의 단면2차 모멘트

- 합성전 단면2차 모멘트

$$I_{sw}' = (12.0 \times 1,849.4^3) / 12 + 12.0 \times 1,849.4 \times (900.0 - 949.4)^2 = 6.380E+09 \text{ mm}^4$$

- 합성후 단면2차 모멘트

$$I_{vw}' = (12.0 \times 1,849.4^3) / 12 + 12.0 \times 1,849.4 \times (1,532.0 - 900.0)^2 = 1.519E+10 \text{ mm}^4$$

- 복부판에 작용하는 모멘트

- 복부에 작용하는 합성전 고정하중에 의한 모멘트

$$M_{sw} = M_s \times I_{sw}' / I_s = 2,463.6 \times 6,379,802,222.9 / 72,105,900,000.0 = 218.0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- 복부에 작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트

$$M_{vw} = M_v \times I_{vw}' / I_v = 2,936.8 \times 15,190,553,363.5 / 144,537,000,000.0 = 308.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- 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 × 10.0	11,200.0	700.0	7.840E+06	5.488E+09	7.317E+07
2 - 1,120.0 × 10.0	22,400.0	-	-	-	2.342E+09
합계	33,600.0	700.0	7.840E+06	5.488E+09	2.415E+09

$$I = I_o + AY^2 = 2,414,720,000.0 + 5,488,000,000.0 = 7.903E+09 \text{ mm}^4$$

- 합성전 단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

$$I_{sw} = 7,902,720,000.0 + 33,600.0 \times (900.0 - 949.4)^2 = 7.985E+09 \text{ mm}^4$$

- 합성후 단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

$$I_{vw} = 7,902,720,000.0 + 33,600.0 \times (1,532.0 - 900.0)^2 = 2.132E+10 \text{ mm}^4$$

- 이음판의 응력 검토

- 합성전 단면의 중립축에서 이음판 상·하연까지의 거리

$$y_{su} = 874.6 \text{ mm} \quad y_{sl} = 949.4 \text{ mm}$$

- 합성후 단면의 중립축에서 이음판 상·하연까지의 거리

$$y_{su,v} = 292.0 \text{ mm} \quad y_{sl,v} = 1,532.0 \text{ mm}$$

- 이음판의 상연 응력 검토

$$\begin{aligned} f_u &= (M_{sw} \cdot y_{su}) / I_{sw} + (M_{vw} \cdot y_{su,v}) / I_{vw} \\ &= (218.0 \times 874.6) / 7,984,672,945.8 + (308.6 \times 292.0) / 21,324,045,935.0 \\ &= 23.876 + 4.226 = 28.102 \text{ MPa} \leq f_{sa} = 215.000 \text{ MPa} \dots 0.K !! \end{aligned}$$

- 이음판의 하연 응력 검토

$$\begin{aligned} f_l &= (M_{sw} \cdot y_{sl}) / I_{sw} + (M_{vw} \cdot y_{sl,v}) / I_{vw} \\ &= (218.0 \times 949.4) / 7,984,672,945.8 + (308.6 \times 1,532.0) / 21,324,045,935.0 \\ &= 25.917 + 22.175 = 48.092 \text{ MPa} \leq f_{sa} = 215.000 \text{ MPa} \dots 0.K !! \end{aligned}$$

$$M_{vw} = M_v \times I_{vw} / I_v = 2,936.8 \times 13,755,814,357.5 / 144,537,000,000.0 = 279.5 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

• 복부 이음판의 단면2차모멘트

구 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
4 - 280.0 × 10.0	11,200.0	650.0	7.280E+06	4.732E+09	7.317E+07
2 - 1,020.0 × 10.0	20,400.0	-	-	-	1.769E+09
합 계	31,600.0	650.0	7.280E+06	4.732E+09	1.842E+09

$$I = I_o + AY^2 = 1,841,853,333.3 + 4,732,000,000.0 = 6.574\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

- 합성전 단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

$$I_{sw} = 6,573,853,333.3 + 31,600.0 \times (900.0 - 949.4)^2 = 6.651\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

- 합성후 단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

$$I_{vw} = 6,573,853,333.3 + 31,600.0 \times (1,532.0 - 900.0)^2 = 1.920\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

• 이음판의 응력 검토

- 합성전 단면의 중립축에서 이음판 상·하연까지의 거리

$$y_{su} = 874.6 \text{ mm} \quad y_{sl} = 949.4 \text{ mm}$$

- 합성후 단면의 중립축에서 이음판 상·하연까지의 거리

$$y_{su,v} = 292.0 \text{ mm} \quad y_{sl,v} = 1,532.0 \text{ mm}$$

- 이음판의 상연 응력 검토

$$\begin{aligned} f_u &= (M_{sw} \cdot y_{su}) / I_{sw} + (M_{vw} \cdot y_{su,v}) / I_{vw} \\ &= (185.0 \times 874.6) / 6,650,928,127.6 + (279.5 \times 292.0) / 19,196,290,819.8 \\ &= 24.333 + 4.251 = 28.585 \text{ MPa} \leq f_{sa} = 215.000 \text{ MPa} \quad \dots 0.K !! \end{aligned}$$

- 이음판의 하연 응력 검토

$$\begin{aligned} f_l &= (M_{sw} \cdot y_{sl}) / I_{sw} + (M_{vw} \cdot y_{sl,v}) / I_{vw} \\ &= (185.0 \times 949.4) / 6,650,928,127.6 + (279.5 \times 1,532.0) / 19,196,290,819.8 \\ &= 26.414 + 22.306 = 48.720 \text{ MPa} \leq f_{sa} = 215.000 \text{ MPa} \quad \dots 0.K !! \end{aligned}$$

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	2,463.57	2,936.75	548.93	730.22	825.55	81.77	-67.26	215.0	126,000
SP2	5,229.08	5,923.86	208.45	480.61	634.63	121.32	-131.22	215.0	126,000
SP3	4,583.94	5,739.91	317.47	607.31	389.48	105.47	-120.92	215.0	126,000
SP4	1,702.62	3,510.29	603.24	730.84	766.27	57.79	-52.92	215.0	126,000
SP5	-2,936.54	-4,770.99	877.92	1,018.09	798.27	-75.31	125.90	215.0	126,000
SP6	-3,739.74	-5,262.75	622.10	908.18	603.15	-98.36	143.24	215.0	126,000
SP7	-695.58	-2,833.64	349.43	618.07	549.53	-36.68	87.72	215.0	126,000
SP8	94.20	-3,430.49	223.71	496.99	374.09	-30.75	79.46	215.0	126,000
SP9	-2,863.12	-5,607.61	565.76	788.25	473.82	-82.32	119.50	215.0	126,000
SP10	-7,271.18	-8,887.40	839.99	1,022.22	1,055.87	-140.67	151.85	215.0	126,000
SP11	-6,273.52	-7,939.89	1,065.14	1,170.33	1,419.80	-125.08	138.49	215.0	126,000
SP12	2,445.54	3,829.74	645.26	789.33	1,448.30	67.61	-59.11	215.0	126,000
SP13	6,330.14	6,802.71	253.75	511.00	868.34	110.82	-153.30	215.0	126,000
SP14	6,542.78	6,943.77	221.25	524.08	590.06	112.55	-157.55	215.0	126,000
SP15	2,139.00	3,888.79	658.16	834.28	1,319.94	58.70	-51.87	215.0	126,000
SP16	-8,263.00	-8,959.02	1,139.05	1,205.49	1,275.81	-138.44	160.22	215.0	126,000
SP17	-8,785.09	-9,825.41	1,021.56	1,104.50	949.70	-147.34	164.59	215.0	126,000
SP18	-1,414.37	-4,841.77	644.60	754.98	642.51	-53.20	90.29	215.0	126,000
SP19	2,440.35	5,004.65	238.94	475.85	367.41	76.53	-75.69	215.0	126,000
SP20	2,126.09	3,196.52	289.82	626.61	664.75	76.94	-64.50	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^{-1}	구분			A_{req}	A_{use}	판정	f_{sa}	f_s	판정
SP1	81.77	161.25	161.25	압축	12	2,640	23,760.0	44,800.0	0.K	215.0	114.0	0.K
SP2	121.32	161.25	161.25	압축	12	2,640	23,760.0	44,800.0	0.K	215.0	114.0	0.K
SP3	105.47	161.25	161.25	압축	12	2,640	23,760.0	44,800.0	0.K	215.0	114.0	0.K
SP4	57.79	161.25	161.25	압축	12	2,640	23,760.0	44,800.0	0.K	215.0	114.0	0.K
SP5	75.31	161.25	161.25	인장	12	2,640	23,760.0	34,800.0	0.K	215.0	146.8	0.K
SP6	98.36	161.25	161.25	인장	12	2,640	23,760.0	36,900.0	0.K	215.0	138.4	0.K
SP7	36.68	161.25	161.25	인장	12	2,640	23,760.0	34,800.0	0.K	215.0	146.8	0.K
SP8	30.75	161.25	161.25	인장	12	2,640	23,760.0	34,800.0	0.K	215.0	146.8	0.K
SP9	82.32	161.25	161.25	인장	12	2,640	23,760.0	36,900.0	0.K	215.0	138.4	0.K
SP10	140.67	161.25	161.25	인장	12	2,640	23,760.0	36,900.0	0.K	215.0	138.4	0.K
SP11	125.08	161.25	161.25	인장	12	2,640	23,760.0	36,900.0	0.K	215.0	138.4	0.K
SP12	67.61	161.25	161.25	압축	12	2,640	23,760.0	44,800.0	0.K	215.0	114.0	0.K
SP13	110.82	161.25	161.25	압축	12	2,640	23,760.0	44,800.0	0.K	215.0	114.0	0.K
SP14	112.55	161.25	161.25	압축	12	2,640	23,760.0	44,800.0	0.K	215.0	114.0	0.K
SP15	58.70	161.25	161.25	압축	12	2,640	23,760.0	44,800.0	0.K	215.0	114.0	0.K
SP16	138.44	161.25	161.25	인장	14	2,640	27,720.0	36,900.0	0.K	215.0	161.5	0.K
SP17	147.34	161.25	161.25	인장	14	2,640	27,720.0	36,900.0	0.K	215.0	161.5	0.K
SP18	53.20	161.25	161.25	인장	12	2,640	23,760.0	34,800.0	0.K	215.0	146.8	0.K
SP19	76.53	161.25	161.25	압축	12	2,640	23,760.0	44,800.0	0.K	215.0	114.0	0.K
SP20	76.94	161.25	161.25	압축	12	2,640	23,760.0	44,800.0	0.K	215.0	114.0	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_{treq}	n_{tuse}	판정	n					
SP1	M22	F13T	41	60	0.K	3	2.75E+07	9.06E+06	7.21E+10	1.45E+11	132.00
SP2	M22	F13T	41	60	0.K	3	2.75E+07	9.06E+06	7.21E+10	1.45E+11	132.00
SP3	M22	F13T	41	60	0.K	3	2.75E+07	9.06E+06	7.21E+10	1.45E+11	132.00
SP4	M22	F13T	41	60	0.K	3	2.87E+07	1.01E+07	7.80E+10	1.59E+11	132.00
SP5	M22	F13T	41	60	0.K	3	2.98E+07	2.43E+07	7.74E+10	1.01E+11	132.00
SP6	M22	F13T	41	69	0.K	3	3.12E+07	2.53E+07	7.25E+10	9.83E+10	114.78
SP7	M22	F13T	41	60	0.K	3	2.87E+07	2.31E+07	7.80E+10	1.02E+11	132.00
SP8	M22	F13T	41	60	0.K	3	2.87E+07	2.31E+07	7.80E+10	1.02E+11	132.00
SP9	M22	F13T	41	69	0.K	3	3.19E+07	2.58E+07	8.15E+10	1.10E+11	114.78
SP10	M22	F13T	41	69	0.K	3	3.90E+07	3.23E+07	1.20E+11	1.60E+11	114.78
SP11	M22	F13T	41	69	0.K	3	3.90E+07	3.23E+07	1.18E+11	1.58E+11	114.78
SP12	M22	F13T	41	60	0.K	3	2.99E+07	1.10E+07	8.22E+10	1.70E+11	132.00
SP13	M22	F13T	41	60	0.K	3	2.73E+07	9.12E+06	7.35E+10	1.46E+11	132.00
SP14	M22	F13T	41	60	0.K	3	2.73E+07	9.12E+06	7.35E+10	1.46E+11	132.00
SP15	M22	F13T	41	60	0.K	3	3.09E+07	1.19E+07	8.62E+10	1.82E+11	132.00
SP16	M22	F13T	48	69	0.K	3	4.52E+07	3.79E+07	1.31E+11	1.70E+11	114.78
SP17	M22	F13T	48	69	0.K	3	4.52E+07	3.79E+07	1.33E+11	1.73E+11	114.78
SP18	M22	F13T	41	60	0.K	3	3.09E+07	2.53E+07	8.64E+10	1.14E+11	132.00
SP19	M22	F13T	41	60	0.K	3	2.87E+07	1.01E+07	7.80E+10	1.59E+11	132.00
SP20	M22	F13T	41	60	0.K	3	2.75E+07	9.06E+06	7.21E+10	1.45E+11	132.00

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	8.51E+04	1.12E+04	8.59E+04	0.K	-	-	-	-
SP2	1.26E+05	8.51E+04	4.83E+03	8.53E+04	0.K	-	-	-	-
SP3	1.26E+05	8.51E+04	7.01E+03	8.54E+04	0.K	-	-	-	-
SP4	1.26E+05	8.51E+04	1.18E+04	8.60E+04	0.K	-	-	-	-
SP5	1.26E+05	8.51E+04	2.56E+04	8.89E+04	0.K	2.57E+04	215.0	198.9	0.K
SP6	1.26E+05	7.40E+04	1.92E+04	7.65E+04	0.K	2.48E+04	215.0	206.2	0.K
SP7	1.26E+05	8.51E+04	1.18E+04	8.60E+04	0.K	2.57E+04	215.0	198.9	0.K
SP8	1.26E+05	8.51E+04	8.56E+03	8.56E+04	0.K	2.57E+04	215.0	198.9	0.K
SP9	1.26E+05	7.40E+04	1.55E+04	7.56E+04	0.K	2.48E+04	215.0	206.2	0.K
SP10	1.26E+05	7.40E+04	1.83E+04	7.63E+04	0.K	2.48E+04	215.0	206.2	0.K
SP11	1.26E+05	7.40E+04	2.26E+04	7.74E+04	0.K	2.48E+04	215.0	206.2	0.K
SP12	1.26E+05	8.51E+04	1.26E+04	8.61E+04	0.K	-	-	-	-
SP13	1.26E+05	8.51E+04	5.56E+03	8.53E+04	0.K	-	-	-	-
SP14	1.26E+05	8.51E+04	5.07E+03	8.53E+04	0.K	-	-	-	-
SP15	1.26E+05	8.51E+04	1.28E+04	8.61E+04	0.K	-	-	-	-
SP16	1.26E+05	8.64E+04	2.54E+04	9.00E+04	0.K	2.89E+04	215.0	206.2	0.K
SP17	1.26E+05	8.64E+04	2.26E+04	8.93E+04	0.K	2.89E+04	215.0	206.2	0.K
SP18	1.26E+05	8.51E+04	1.75E+04	8.69E+04	0.K	2.57E+04	215.0	198.9	0.K
SP19	1.26E+05	8.51E+04	5.21E+03	8.53E+04	0.K	-	-	-	-
SP20	1.26E+05	8.51E+04	6.59E+03	8.54E+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	150.0	3	4	0.K	1,350.0	3,120.0	0.K	215.0	93.0	0.K
SP2	12.0	150.0	3	4	0.K	1,350.0	3,120.0	0.K	215.0	93.0	0.K
SP3	12.0	150.0	3	4	0.K	1,350.0	3,120.0	0.K	215.0	93.0	0.K
SP4	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	3,120.0	0.K	215.0	108.5	0.K
SP5	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	2,520.0	0.K	215.0	134.4	0.K
SP6	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	2,520.0	0.K	215.0	134.4	0.K
SP7	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	2,520.0	0.K	215.0	134.4	0.K
SP8	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	2,520.0	0.K	215.0	134.4	0.K
SP9	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	2,520.0	0.K	215.0	134.4	0.K
SP10	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	2,520.0	0.K	215.0	134.4	0.K
SP11	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	2,520.0	0.K	215.0	134.4	0.K
SP12	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	3,120.0	0.K	215.0	108.5	0.K
SP13	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	3,120.0	0.K	215.0	108.5	0.K
SP14	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	3,120.0	0.K	215.0	108.5	0.K
SP15	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	3,120.0	0.K	215.0	108.5	0.K
SP16	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	2,520.0	0.K	215.0	134.4	0.K
SP17	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	2,520.0	0.K	215.0	134.4	0.K
SP18	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	2,520.0	0.K	215.0	134.4	0.K
SP19	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	3,120.0	0.K	215.0	108.5	0.K
SP20	12.0	150.0	3	4	0.K	1,350.0	3,120.0	0.K	215.0	93.0	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^1	구분			A_{req}	A_{use}	판정	f_{sa}	f_s	판정
SP1	67.26	161.25	161.25	인장	12	2,640	23,760.0	36,900.0	0.K	215.0	138.4	0.K
SP2	131.22	161.25	161.25	인장	12	2,640	23,760.0	36,900.0	0.K	215.0	138.4	0.K
SP3	120.92	161.25	161.25	인장	12	2,640	23,760.0	36,900.0	0.K	215.0	138.4	0.K
SP4	52.92	161.25	161.25	인장	12	2,640	23,760.0	34,800.0	0.K	215.0	146.8	0.K
SP5	125.90	161.25	161.25	압축	14	2,640	27,720.0	44,800.0	0.K	215.0	133.0	0.K
SP6	143.24	161.25	161.25	압축	14	2,640	27,720.0	44,800.0	0.K	215.0	133.0	0.K
SP7	87.72	161.25	161.25	압축	12	2,640	23,760.0	44,800.0	0.K	215.0	114.0	0.K
SP8	79.46	161.25	161.25	압축	12	2,640	23,760.0	44,800.0	0.K	215.0	114.0	0.K
SP9	119.50	161.25	161.25	압축	14	2,640	27,720.0	44,800.0	0.K	215.0	133.0	0.K
SP10	151.85	161.25	161.25	압축	16	2,640	31,680.0	44,800.0	0.K	215.0	152.0	0.K
SP11	138.49	161.25	161.25	압축	16	2,640	31,680.0	44,800.0	0.K	215.0	152.0	0.K
SP12	59.11	161.25	161.25	인장	14	2,640	27,720.0	34,800.0	0.K	215.0	171.3	0.K
SP13	153.30	161.25	161.25	인장	12	2,640	23,760.0	36,900.0	0.K	215.0	138.4	0.K
SP14	157.55	161.25	161.25	인장	12	2,640	23,760.0	36,900.0	0.K	215.0	138.4	0.K
SP15	51.87	161.25	161.25	인장	16	2,640	31,680.0	41,760.0	0.K	215.0	163.1	0.K
SP16	160.22	161.25	161.25	압축	18	2,640	35,640.0	44,800.0	0.K	215.0	171.0	0.K
SP17	164.59	161.25	164.59	압축	18	2,640	36,378.0	44,800.0	0.K	215.0	174.6	0.K
SP18	90.29	161.25	161.25	압축	16	2,640	31,680.0	44,800.0	0.K	215.0	152.0	0.K
SP19	75.69	161.25	161.25	인장	12	2,640	23,760.0	34,800.0	0.K	215.0	146.8	0.K
SP20	64.50	161.25	161.25	인장	12	2,640	23,760.0	36,900.0	0.K	215.0	138.4	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	2.99E+07	4.83E+07	7.21E+10	1.45E+11	114.78
SP2	M22	F13T	41	46	0.K	2	2.99E+07	4.83E+07	7.21E+10	1.45E+11	114.78
SP3	M22	F13T	41	46	0.K	2	2.99E+07	4.83E+07	7.21E+10	1.45E+11	114.78
SP4	M22	F13T	41	60	0.K	3	2.87E+07	4.73E+07	7.80E+10	1.59E+11	132.00
SP5	M22	F13T	48	60	0.K	3	3.22E+07	3.86E+07	7.74E+10	1.01E+11	132.00
SP6	M22	F13T	48	60	0.K	3	3.06E+07	3.75E+07	7.25E+10	9.83E+10	132.00
SP7	M22	F13T	41	60	0.K	3	2.87E+07	3.43E+07	7.80E+10	1.02E+11	132.00
SP8	M22	F13T	41	60	0.K	3	2.87E+07	3.43E+07	7.80E+10	1.02E+11	132.00
SP9	M22	F13T	48	60	0.K	3	3.14E+07	3.86E+07	8.15E+10	1.10E+11	132.00
SP10	M22	F13T	55	80	0.K	4	4.13E+07	5.01E+07	1.20E+11	1.60E+11	132.00
SP11	M22	F13T	55	80	0.K	4	4.13E+07	5.01E+07	1.18E+11	1.58E+11	132.00
SP12	M22	F13T	48	60	0.K	3	3.22E+07	5.42E+07	8.22E+10	1.70E+11	132.00
SP13	M22	F13T	41	46	0.K	2	3.01E+07	4.83E+07	7.35E+10	1.46E+11	114.78
SP14	M22	F13T	41	46	0.K	2	3.01E+07	4.83E+07	7.35E+10	1.46E+11	114.78
SP15	M22	F13T	55	80	0.K	4	3.54E+07	6.08E+07	8.62E+10	1.82E+11	132.00
SP16	M22	F13T	61	80	0.K	4	4.69E+07	5.62E+07	1.31E+11	1.70E+11	132.00
SP17	M22	F13T	63	80	0.K	4	4.69E+07	5.62E+07	1.33E+11	1.73E+11	132.00
SP18	M22	F13T	55	80	0.K	4	3.54E+07	4.30E+07	8.64E+10	1.14E+11	132.00
SP19	M22	F13T	41	60	0.K	3	2.87E+07	4.73E+07	7.80E+10	1.59E+11	132.00
SP20	M22	F13T	41	46	0.K	2	2.99E+07	4.83E+07	7.21E+10	1.45E+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	1.81E+04	7.62E+04	0.K	24,780.00	215.0	206.2	0.K
SP2	1.26E+05	1.11E+05	1.42E+04	1.12E+05	0.K	24,780.00	215.0	206.2	0.K
SP3	1.26E+05	1.11E+05	1.92E+04	1.13E+05	0.K	24,780.00	215.0	206.2	0.K
SP4	1.26E+05	8.51E+04	1.93E+04	8.73E+04	0.K	25,680.00	215.0	198.9	0.K
SP5	1.26E+05	9.93E+04	3.31E+04	1.05E+05	0.K	-	-	-	-
SP6	1.26E+05	9.93E+04	2.68E+04	1.03E+05	0.K	-	-	-	-
SP7	1.26E+05	8.51E+04	1.48E+04	8.64E+04	0.K	-	-	-	-
SP8	1.26E+05	8.51E+04	1.10E+04	8.58E+04	0.K	-	-	-	-
SP9	1.26E+05	9.93E+04	2.17E+04	1.02E+05	0.K	-	-	-	-
SP10	1.26E+05	8.51E+04	2.01E+04	8.75E+04	0.K	-	-	-	-
SP11	1.26E+05	8.51E+04	2.45E+04	8.86E+04	0.K	-	-	-	-
SP12	1.26E+05	9.93E+04	2.22E+04	1.02E+05	0.K	29,960.00	215.0	198.9	0.K
SP13	1.26E+05	1.11E+05	1.57E+04	1.12E+05	0.K	24,780.00	215.0	206.2	0.K
SP14	1.26E+05	1.11E+05	1.52E+04	1.12E+05	0.K	24,780.00	215.0	206.2	0.K
SP15	1.26E+05	8.51E+04	1.81E+04	8.71E+04	0.K	34,240.00	215.0	198.9	0.K
SP16	1.26E+05	9.58E+04	2.67E+04	9.94E+04	0.K	-	-	-	-
SP17	1.26E+05	9.78E+04	2.38E+04	1.01E+05	0.K	-	-	-	-
SP18	1.26E+05	8.51E+04	1.81E+04	8.70E+04	0.K	-	-	-	-
SP19	1.26E+05	8.51E+04	1.01E+04	8.57E+04	0.K	25,680.00	215.0	198.9	0.K
SP20	1.26E+05	1.11E+05	1.89E+04	1.13E+05	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	150.0	3	4	0.K	1,350.0	2,520.0	0.K	215.0	115.2	0.K
SP2	12.0	150.0	3	4	0.K	1,350.0	2,520.0	0.K	215.0	115.2	0.K
SP3	12.0	150.0	3	4	0.K	1,350.0	2,520.0	0.K	215.0	115.2	0.K
SP4	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	2,520.0	0.K	215.0	134.4	0.K
SP5	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	3,120.0	0.K	215.0	108.5	0.K
SP6	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	3,120.0	0.K	215.0	108.5	0.K
SP7	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	3,120.0	0.K	215.0	108.5	0.K
SP8	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	3,120.0	0.K	215.0	108.5	0.K
SP9	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	3,120.0	0.K	215.0	108.5	0.K
SP10	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	3,120.0	0.K	215.0	108.5	0.K
SP11	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	3,120.0	0.K	215.0	108.5	0.K
SP12	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	2,520.0	0.K	215.0	134.4	0.K
SP13	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	2,520.0	0.K	215.0	134.4	0.K
SP14	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	2,520.0	0.K	215.0	134.4	0.K
SP15	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	2,520.0	0.K	215.0	134.4	0.K
SP16	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	3,120.0	0.K	215.0	108.5	0.K
SP17	14.0	150.0	3	4	0.K	1,607.6	3,120.0	0.K	215.0	110.8	0.K
SP18	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	3,120.0	0.K	215.0	108.5	0.K
SP19	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	2,520.0	0.K	215.0	134.4	0.K
SP20	12.0	150.0	3	4	0.K	1,350.0	2,520.0	0.K	215.0	115.2	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	1,800	1,849	12	925	161.25	130.78	113.35	95.91	78.47	61.03
SP2	1,800	1,859	12	929	161.25	130.13	112.78	95.43	78.08	60.73
SP3	1,800	1,876	12	938	161.25	128.96	111.76	94.57	77.37	60.18
SP4	1,800	1,882	12	941	161.25	137.08	119.94	102.81	85.67	68.54
SP5	1,800	1,892	12	946	161.25	136.37	119.32	102.27	85.23	68.18
SP6	1,800	1,896	12	948	161.25	136.08	119.07	102.06	85.05	68.04
SP7	1,800	1,896	12	948	161.25	136.08	119.07	102.06	85.05	68.04
SP8	1,800	1,896	12	948	161.25	136.08	119.07	102.06	85.05	68.04
SP9	1,844	1,940	12	970	161.25	133.02	116.39	99.76	83.14	66.51
SP10	2,193	2,289	12	1,145	161.25	140.88	126.79	112.70	98.62	84.53
SP11	2,193	2,289	12	1,145	161.25	140.88	126.79	112.70	98.61	84.53
SP12	1,800	1,896	12	948	161.25	136.08	119.07	102.06	85.05	68.04
SP13	1,800	1,896	12	948	161.25	136.08	119.07	102.06	85.05	68.04
SP14	1,800	1,896	12	948	161.25	136.08	119.07	102.06	85.05	68.04
SP15	1,800	1,896	12	948	161.25	136.08	119.07	102.06	85.05	68.04
SP16	2,193	2,289	12	1,145	161.25	140.88	126.79	112.70	98.62	84.53
SP17	2,193	2,289	12	1,156	164.59	144.00	129.77	115.54	101.30	87.07
SP18	1,802	1,898	12	949	161.25	135.95	118.96	101.96	84.97	67.98
SP19	1,800	1,896	12	948	161.25	136.08	119.07	102.06	85.05	68.04
SP20	1,800	1,896	12	948	161.25	136.08	119.07	102.06	85.05	68.04

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	40	3	3	3	2	2	126,000	102,043	48,826	41,851	52,314	41,851	0.K
SP2	40	3	3	3	2	2	126,000	104,540	48,580	41,640	52,050	41,640	0.K
SP3	40	3	3	3	2	2	126,000	109,003	48,144	41,267	51,583	41,267	0.K
SP4	42	3	3	3	2	2	126,000	84,173	51,404	44,550	56,544	46,264	0.K
SP5	42	3	3	3	2	2	126,000	86,894	51,137	44,319	56,251	46,024	0.K
SP6	42	3	3	3	2	2	126,000	88,008	51,028	44,225	56,131	45,926	0.K
SP7	42	3	3	3	2	2	126,000	88,008	51,028	44,225	56,131	45,926	0.K
SP8	42	3	3	3	2	2	126,000	88,008	51,028	44,225	56,131	45,926	0.K
SP9	42	3	3	3	2	2	126,000	99,936	49,881	43,230	54,869	44,893	0.K
SP10	50	3	3	3	2	2	126,000	87,369	53,535	47,899	63,396	54,943	0.K
SP11	50	3	3	3	2	2	126,000	87,388	53,533	47,898	63,394	54,942	0.K
SP12	42	3	3	3	2	2	126,000	88,008	51,028	44,225	56,131	45,926	0.K
SP13	42	3	3	3	2	2	126,000	88,008	51,028	44,225	56,131	45,926	0.K
SP14	42	3	3	3	2	2	126,000	88,008	51,028	44,225	56,131	45,926	0.K
SP15	42	3	3	3	2	2	126,000	88,008	51,028	44,225	56,131	45,926	0.K
SP16	50	3	3	3	2	2	126,000	87,369	53,535	47,899	63,396	54,943	0.K
SP17	50	3	3	3	2	2	126,000	89,258	54,755	49,062	65,052	56,512	0.K
SP18	42	3	3	3	2	2	126,000	88,490	50,982	44,184	56,080	45,883	0.K
SP19	42	3	3	3	2	2	126,000	88,008	51,028	44,225	56,131	45,926	0.K
SP20	42	3	3	3	2	2	126,000	88,008	51,028	44,225	56,131	45,926	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}^1	I_{vw}^1	M_{sw}	M_{vw}
SP1	126,000.00	102,043.13	20,267.81	104,036.46	0.K	6.38E+09	1.52E+10	2.18E+08	3.09E+08
SP2	126,000.00	104,540.28	11,902.20	105,215.65	0.K	6.48E+09	1.53E+10	4.70E+08	6.28E+08
SP3	126,000.00	109,003.43	13,578.19	109,845.87	0.K	6.65E+09	1.56E+10	4.23E+08	6.19E+08
SP4	126,000.00	84,173.04	19,663.91	86,439.40	0.K	6.67E+09	1.47E+10	1.46E+08	3.26E+08
SP5	126,000.00	86,894.34	26,511.49	90,848.69	0.K	6.78E+09	7.30E+09	2.57E+08	3.43E+08
SP6	126,000.00	88,008.48	21,194.59	90,524.60	0.K	6.91E+09	7.16E+09	3.57E+08	3.83E+08
SP7	126,000.00	88,008.48	14,230.20	89,151.51	0.K	6.82E+09	7.64E+09	6.08E+07	2.12E+08
SP8	126,000.00	88,008.48	10,426.11	88,623.90	0.K	6.82E+09	7.64E+09	8.23E+06	2.57E+08
SP9	126,000.00	99,936.35	18,457.71	101,626.58	0.K	7.40E+09	7.68E+09	2.60E+08	3.90E+08
SP10	126,000.00	87,369.43	22,999.64	90,346.01	0.K	1.23E+10	1.23E+10	7.48E+08	6.81E+08
SP11	126,000.00	87,387.62	28,241.10	91,837.66	0.K	1.23E+10	1.23E+10	6.55E+08	6.17E+08
SP12	126,000.00	88,008.48	24,226.73	91,282.13	0.K	6.83E+09	1.43E+10	2.03E+08	3.21E+08
SP13	126,000.00	88,008.48	13,389.99	89,021.26	0.K	6.88E+09	1.58E+10	5.93E+08	7.39E+08
SP14	126,000.00	88,008.48	11,785.34	88,794.07	0.K	6.88E+09	1.58E+10	6.13E+08	7.54E+08
SP15	126,000.00	88,008.48	24,281.95	91,296.80	0.K	6.88E+09	1.36E+10	1.71E+08	2.92E+08
SP16	126,000.00	87,369.43	28,734.83	91,973.41	0.K	1.23E+10	1.22E+10	7.77E+08	6.46E+08
SP17	126,000.00	89,258.16	25,198.00	92,746.75	0.K	1.23E+10	1.22E+10	8.14E+08	6.97E+08
SP18	126,000.00	88,490.35	19,832.82	90,685.63	0.K	6.90E+09	7.19E+09	1.13E+08	3.05E+08
SP19	126,000.00	88,008.48	10,322.75	88,611.80	0.K	6.82E+09	1.49E+10	2.13E+08	4.71E+08
SP20	126,000.00	88,008.48	14,190.84	89,145.23	0.K	6.87E+09	1.59E+10	2.03E+08	3.52E+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	7.98E+09	2.03E+10	874.61	949.39	291.98	291.98	2.15E+02	2.83E+01	3.04E+01	0.K
SP2	7.98E+09	2.03E+10	874.61	949.39	291.98	291.98	2.15E+02	6.05E+01	6.49E+01	0.K
SP3	7.98E+09	2.03E+10	874.61	949.39	291.98	291.98	2.15E+02	5.52E+01	5.92E+01	0.K
SP4	9.40E+09	2.11E+10	912.00	912.00	326.27	326.27	2.15E+02	1.92E+01	1.92E+01	0.K
SP5	9.41E+09	9.97E+09	946.72	879.28	773.81	773.81	2.15E+02	5.25E+01	5.07E+01	0.K
SP6	9.55E+09	9.73E+09	991.61	834.39	803.81	803.81	2.15E+02	6.87E+01	6.28E+01	0.K
SP7	9.40E+09	1.04E+10	912.00	912.00	733.76	733.76	2.15E+02	2.09E+01	2.09E+01	0.K
SP8	9.40E+09	1.04E+10	912.00	912.00	733.76	733.76	2.15E+02	1.89E+01	1.89E+01	0.K
SP9	9.56E+09	9.78E+09	1,014.51	855.49	819.08	819.08	2.15E+02	6.03E+01	5.60E+01	0.K
SP10	1.78E+10	1.75E+10	1,236.31	984.69	1,025.74	1,025.74	2.15E+02	9.19E+01	8.13E+01	0.K
SP11	1.78E+10	1.75E+10	1,235.99	985.01	1,026.78	1,026.78	2.15E+02	8.17E+01	7.25E+01	0.K
SP12	9.42E+09	2.00E+10	948.29	877.71	353.83	353.83	2.15E+02	2.61E+01	2.46E+01	0.K
SP13	9.51E+09	2.25E+10	869.14	954.86	294.02	294.02	2.15E+02	6.39E+01	6.92E+01	0.K
SP14	9.51E+09	2.25E+10	869.14	954.86	294.02	294.02	2.15E+02	6.59E+01	7.14E+01	0.K
SP15	9.50E+09	1.90E+10	981.88	846.12	380.43	380.43	2.15E+02	2.35E+01	2.11E+01	0.K
SP16	1.77E+10	1.74E+10	1,229.52	995.48	1,033.65	1,033.65	2.15E+02	9.22E+01	8.19E+01	0.K
SP17	1.77E+10	1.74E+10	1,229.76	995.25	1,032.67	1,032.67	2.15E+02	9.77E+01	8.70E+01	0.K
SP18	9.50E+09	9.73E+09	982.93	847.07	805.07	805.07	2.15E+02	3.69E+01	3.53E+01	0.K
SP19	9.40E+09	2.11E+10	912.00	912.00	326.27	326.27	2.15E+02	2.80E+01	2.80E+01	0.K
SP20	9.49E+09	2.26E+10	874.61	949.39	291.98	291.98	2.15E+02	2.32E+01	2.48E+01	0.K

구 분	규 격	A_s (mm ²)	Y (mm)	$A_s \cdot Y$ (mm ³)	$A_s \cdot Y^2$ (mm ⁴)	I_{xo} (mm ⁴)	I (mm ⁴)
SP1	4 - 280.0 × 10	11,200.0	700.0	7.84E+06	5.49E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,120.0 × 10	22,400.0	-	-	-	2.34E+09	-
	합 계	33,600.0	700.0	7.84E+06	5.49E+09	2.41E+09	7.90E+09
SP2	4 - 280.0 × 10	11,200.0	700.0	7.84E+06	5.49E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,120.0 × 10	22,400.0	-	-	-	2.34E+09	-
	합 계	33,600.0	700.0	7.84E+06	5.49E+09	2.41E+09	7.90E+09
SP3	4 - 280.0 × 10	11,200.0	700.0	7.84E+06	5.49E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,120.0 × 10	22,400.0	-	-	-	2.34E+09	-
	합 계	33,600.0	700.0	7.84E+06	5.49E+09	2.41E+09	7.90E+09
SP4	4 - 280.0 × 10	11,200.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,220.0 × 10	24,400.0	-	-	-	3.03E+09	-
	합 계	35,600.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	3.10E+09	9.40E+09
SP5	4 - 280.0 × 10	11,200.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,220.0 × 10	24,400.0	-	-	-	3.03E+09	-
	합 계	35,600.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	3.10E+09	9.40E+09
SP6	4 - 280.0 × 10	11,200.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,220.0 × 10	24,400.0	-	-	-	3.03E+09	-
	합 계	35,600.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	3.10E+09	9.40E+09
SP7	4 - 280.0 × 10	11,200.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,220.0 × 10	24,400.0	-	-	-	3.03E+09	-
	합 계	35,600.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	3.10E+09	9.40E+09

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$	$I(\text{mm}^4)$
SP8	4 - 280.0 × 10	11,200.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,220.0 × 10	24,400.0	-	-	-	3.03E+09	-
	합 계	35,600.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	3.10E+09	9.40E+09
SP9	4 - 280.0 × 10	11,200.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,220.0 × 10	24,400.0	-	-	-	3.03E+09	-
	합 계	35,600.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	3.10E+09	9.40E+09
SP10	4 - 280.0 × 10	11,200.0	950.0	1.06E+07	1.01E+10	7.32E+07	-
	2 - 1,620.0 × 10	32,400.0	-	-	-	7.09E+09	-
	합 계	43,600.0	950.0	1.06E+07	1.01E+10	7.16E+09	1.73E+10
SP11	4 - 280.0 × 10	11,200.0	950.0	1.06E+07	1.01E+10	7.32E+07	-
	2 - 1,620.0 × 10	32,400.0	-	-	-	7.09E+09	-
	합 계	43,600.0	950.0	1.06E+07	1.01E+10	7.16E+09	1.73E+10
SP12	4 - 280.0 × 10	11,200.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,220.0 × 10	24,400.0	-	-	-	3.03E+09	-
	합 계	35,600.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	3.10E+09	9.40E+09
SP13	4 - 280.0 × 10	11,200.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,220.0 × 10	24,400.0	-	-	-	3.03E+09	-
	합 계	35,600.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	3.10E+09	9.40E+09
SP14	4 - 280.0 × 10	11,200.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,220.0 × 10	24,400.0	-	-	-	3.03E+09	-
	합 계	35,600.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	3.10E+09	9.40E+09
SP15	4 - 280.0 × 10	11,200.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,220.0 × 10	24,400.0	-	-	-	3.03E+09	-
	합 계	35,600.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	3.10E+09	9.40E+09
SP16	4 - 280.0 × 10	11,200.0	950.0	1.06E+07	1.01E+10	7.32E+07	-
	2 - 1,620.0 × 10	32,400.0	-	-	-	7.09E+09	-
	합 계	43,600.0	950.0	1.06E+07	1.01E+10	7.16E+09	1.73E+10
SP17	4 - 280.0 × 10	11,200.0	950.0	1.06E+07	1.01E+10	7.32E+07	-
	2 - 1,620.0 × 10	32,400.0	-	-	-	7.09E+09	-
	합 계	43,600.0	950.0	1.06E+07	1.01E+10	7.16E+09	1.73E+10
SP18	4 - 280.0 × 10	11,200.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,220.0 × 10	24,400.0	-	-	-	3.03E+09	-
	합 계	35,600.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	3.10E+09	9.40E+09
SP19	4 - 280.0 × 10	11,200.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,220.0 × 10	24,400.0	-	-	-	3.03E+09	-
	합 계	35,600.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	3.10E+09	9.40E+09
SP20	4 - 280.0 × 10	11,200.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,220.0 × 10	24,400.0	-	-	-	3.03E+09	-
	합 계	35,600.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	3.10E+09	9.40E+09

• 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	1,800	1,751	12	875	161.25	129.06	110.64	92.22	73.80	55.37
SP2	1,800	1,741	12	871	161.25	128.02	109.50	90.98	72.46	53.94
SP3	1,800	1,724	12	862	161.25	126.13	107.42	88.72	70.02	51.32
SP4	1,800	1,718	12	859	161.25	134.77	115.99	97.22	78.44	59.67
SP5	1,800	1,708	12	854	161.25	133.69	114.80	95.92	77.04	58.16
SP6	1,800	1,704	12	852	161.25	133.24	114.31	95.39	76.46	57.54
SP7	1,800	1,704	12	852	161.25	133.24	114.31	95.39	76.46	57.54
SP8	1,800	1,704	12	852	161.25	133.24	114.31	95.39	76.46	57.54
SP9	1,844	1,748	12	874	161.25	129.91	111.46	93.01	74.55	56.10
SP10	2,193	2,097	12	1,049	161.25	139.02	123.64	108.26	92.88	77.50
SP11	2,193	2,097	12	1,049	161.25	139.01	123.63	108.26	92.88	77.50
SP12	1,800	1,704	12	852	161.25	133.24	114.31	95.39	76.46	57.54
SP13	1,800	1,704	12	852	161.25	133.24	114.31	95.39	76.46	57.54
SP14	1,800	1,704	12	852	161.25	133.24	114.31	95.39	76.46	57.54
SP15	1,800	1,704	12	852	161.25	133.24	114.31	95.39	76.46	57.54
SP16	2,193	2,097	12	1,049	161.25	139.02	123.64	108.26	92.88	77.50
SP17	2,193	2,097	12	1,059	164.59	142.12	126.58	111.05	95.51	79.97
SP18	1,802	1,706	12	853	161.25	133.10	114.20	95.29	76.38	57.48
SP19	1,800	1,704	12	852	161.25	133.24	114.31	95.39	76.46	57.54
SP20	1,800	1,704	12	852	161.25	133.24	114.31	95.39	76.46	57.54

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	38	3	3	3	2	2	126,000	101,442	47,941	40,572	49,805	38,751	0.K
SP2	38	3	3	3	2	2	126,000	103,786	47,505	40,097	49,032	37,919	0.K
SP3	38	3	3	3	2	2	126,000	107,940	46,710	39,229	47,623	36,402	0.K
SP4	38	3	3	3	2	2	126,000	83,521	50,151	42,642	52,699	41,435	0.K
SP5	38	3	3	3	2	2	126,000	86,112	49,698	42,146	51,890	40,561	0.K
SP6	38	3	3	3	2	2	126,000	87,169	49,511	41,940	51,555	40,199	0.K
SP7	38	3	3	3	2	2	126,000	87,169	49,511	41,940	51,555	40,199	0.K
SP8	38	3	3	3	2	2	126,000	87,169	49,511	41,940	51,555	40,199	0.K
SP9	38	3	3	3	2	2	126,000	98,883	48,275	40,893	50,268	39,196	0.K
SP10	46	3	3	3	2	2	126,000	86,830	52,531	46,379	60,343	51,116	0.K
SP11	46	3	3	3	2	2	126,000	86,848	52,529	46,378	60,341	51,114	0.K
SP12	38	3	3	3	2	2	126,000	87,169	49,511	41,940	51,555	40,199	0.K
SP13	38	3	3	3	2	2	126,000	87,169	49,511	41,940	51,555	40,199	0.K
SP14	38	3	3	3	2	2	126,000	87,169	49,511	41,940	51,555	40,199	0.K
SP15	38	3	3	3	2	2	126,000	87,169	49,511	41,940	51,555	40,199	0.K
SP16	46	3	3	3	2	2	126,000	86,830	52,531	46,379	60,343	51,116	0.K
SP17	46	3	3	3	2	2	126,000	88,713	53,741	47,526	61,967	52,645	0.K
SP18	38	3	3	3	2	2	126,000	87,642	49,460	41,897	51,502	40,158	0.K
SP19	38	3	3	3	2	2	126,000	87,169	49,511	41,940	51,555	40,199	0.K
SP20	38	3	3	3	2	2	126,000	87,169	49,511	41,940	51,555	40,199	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	101,442.07	21,334.53	103,661.26	0.K	5.42E+09	1.38E+10	1.85E+08	2.79E+08
SP2	126,000.00	103,786.34	12,528.63	104,539.81	0.K	5.33E+09	1.36E+10	3.87E+08	5.58E+08
SP3	126,000.00	107,939.94	14,292.84	108,882.12	0.K	5.18E+09	1.34E+10	3.29E+08	5.32E+08
SP4	126,000.00	83,520.73	21,733.80	86,302.20	0.K	5.07E+09	1.24E+10	1.11E+08	2.75E+08
SP5	126,000.00	86,111.93	29,302.17	90,960.88	0.K	4.99E+09	5.46E+09	1.89E+08	2.57E+08
SP6	126,000.00	87,168.87	23,425.60	90,261.68	0.K	5.04E+09	5.25E+09	2.60E+08	2.81E+08
SP7	126,000.00	87,168.87	15,728.11	88,576.44	0.K	4.95E+09	5.69E+09	4.41E+07	1.58E+08
SP8	126,000.00	87,168.87	11,523.60	87,927.28	0.K	4.95E+09	5.69E+09	5.98E+06	1.91E+08
SP9	126,000.00	98,882.92	20,400.63	100,965.43	0.K	5.43E+09	5.69E+09	1.91E+08	2.89E+08
SP10	126,000.00	86,830.15	24,999.61	90,357.37	0.K	9.54E+09	9.47E+09	5.78E+08	5.26E+08
SP11	126,000.00	86,848.13	30,696.85	92,113.48	0.K	9.54E+09	9.46E+09	5.06E+08	4.76E+08
SP12	126,000.00	87,168.87	26,776.91	91,188.90	0.K	4.96E+09	1.16E+10	1.47E+08	2.62E+08
SP13	126,000.00	87,168.87	14,799.47	88,416.27	0.K	5.01E+09	1.31E+10	4.32E+08	6.09E+08
SP14	126,000.00	87,168.87	13,025.90	88,136.75	0.K	5.01E+09	1.31E+10	4.46E+08	6.22E+08
SP15	126,000.00	87,168.87	26,837.94	91,206.84	0.K	5.01E+09	1.11E+10	1.24E+08	2.37E+08
SP16	126,000.00	86,830.15	31,233.51	92,276.79	0.K	9.48E+09	9.45E+09	6.00E+08	4.98E+08
SP17	126,000.00	88,713.09	27,389.13	92,844.90	0.K	9.48E+09	9.46E+09	6.28E+08	5.38E+08
SP18	126,000.00	87,642.46	21,920.49	90,342.18	0.K	5.02E+09	5.28E+09	8.23E+07	2.24E+08
SP19	126,000.00	87,168.87	11,409.36	87,912.38	0.K	4.95E+09	1.23E+10	1.55E+08	3.86E+08
SP20	126,000.00	87,168.87	15,684.62	88,568.73	0.K	5.00E+09	1.31E+10	1.47E+08	2.90E+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	6.65E+09	1.83E+10	874.61	949.39	291.98	291.98	2.15E+02	2.88E+01	3.09E+01	0.K
SP2	6.65E+09	1.83E+10	874.61	949.39	291.98	291.98	2.15E+02	5.98E+01	6.41E+01	0.K
SP3	6.65E+09	1.83E+10	874.61	949.39	291.98	291.98	2.15E+02	5.18E+01	5.55E+01	0.K
SP4	6.58E+09	1.70E+10	912.00	912.00	326.27	326.27	2.15E+02	2.06E+01	2.06E+01	0.K
SP5	6.59E+09	7.08E+09	946.72	879.28	773.81	773.81	2.15E+02	5.53E+01	5.33E+01	0.K
SP6	6.71E+09	6.87E+09	991.61	834.39	803.81	803.81	2.15E+02	7.13E+01	6.52E+01	0.K
SP7	6.58E+09	7.45E+09	912.00	912.00	733.76	733.76	2.15E+02	2.17E+01	2.17E+01	0.K
SP8	6.58E+09	7.45E+09	912.00	912.00	733.76	733.76	2.15E+02	1.97E+01	1.97E+01	0.K
SP9	6.71E+09	6.91E+09	1,014.51	855.49	819.08	819.08	2.15E+02	6.31E+01	5.86E+01	0.K
SP10	1.34E+10	1.31E+10	1,236.31	984.69	1,025.74	1,025.74	2.15E+02	9.43E+01	8.34E+01	0.K
SP11	1.34E+10	1.31E+10	1,235.99	985.01	1,026.78	1,026.78	2.15E+02	8.38E+01	7.44E+01	0.K
SP12	6.59E+09	1.60E+10	948.29	877.71	353.83	353.83	2.15E+02	2.70E+01	2.54E+01	0.K
SP13	6.67E+09	1.82E+10	869.14	954.86	294.02	294.02	2.15E+02	6.61E+01	7.16E+01	0.K
SP14	6.67E+09	1.82E+10	869.14	954.86	294.02	294.02	2.15E+02	6.82E+01	7.39E+01	0.K
SP15	6.67E+09	1.51E+10	981.88	846.12	380.43	380.43	2.15E+02	2.43E+01	2.18E+01	0.K
SP16	1.33E+10	1.31E+10	1,229.52	995.48	1,033.65	1,033.65	2.15E+02	9.46E+01	8.41E+01	0.K
SP17	1.33E+10	1.31E+10	1,229.76	995.25	1,032.67	1,032.67	2.15E+02	1.00E+02	8.93E+01	0.K
SP18	6.67E+09	6.86E+09	982.93	847.07	805.07	805.07	2.15E+02	3.84E+01	3.67E+01	0.K
SP19	6.58E+09	1.70E+10	912.00	912.00	326.27	326.27	2.15E+02	2.89E+01	2.89E+01	0.K
SP20	6.65E+09	1.83E+10	874.61	949.39	291.98	291.98	2.15E+02	2.40E+01	2.57E+01	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 × 10	11,200.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,020.0 × 10	20,400.0	-	-	-	1.77E+09	-
	합 계	31,600.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	1.84E+09	6.57E+09
SP2	4 - 280.0 × 10	11,200.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,020.0 × 10	20,400.0	-	-	-	1.77E+09	-
	합 계	31,600.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	1.84E+09	6.57E+09
SP3	4 - 280.0 × 10	11,200.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,020.0 × 10	20,400.0	-	-	-	1.77E+09	-
	합 계	31,600.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	1.84E+09	6.57E+09
SP4	4 - 280.0 × 10	11,200.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,020.0 × 10	20,400.0	-	-	-	1.77E+09	-
	합 계	31,600.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	1.84E+09	6.57E+09
SP5	4 - 280.0 × 10	11,200.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,020.0 × 10	20,400.0	-	-	-	1.77E+09	-
	합 계	31,600.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	1.84E+09	6.57E+09
SP6	4 - 280.0 × 10	11,200.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,020.0 × 10	20,400.0	-	-	-	1.77E+09	-
	합 계	31,600.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	1.84E+09	6.57E+09
SP7	4 - 280.0 × 10	11,200.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,020.0 × 10	20,400.0	-	-	-	1.77E+09	-
	합 계	31,600.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	1.84E+09	6.57E+09
SP8	4 - 280.0 × 10	11,200.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,020.0 × 10	20,400.0	-	-	-	1.77E+09	-
	합 계	31,600.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	1.84E+09	6.57E+09
SP9	4 - 280.0 × 10	11,200.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,020.0 × 10	20,400.0	-	-	-	1.77E+09	-
	합 계	31,600.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	1.84E+09	6.57E+09
SP10	4 - 280.0 × 10	11,200.0	850.0	9.52E+06	8.09E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,420.0 × 10	28,400.0	-	-	-	4.77E+09	-
	합 계	39,600.0	850.0	9.52E+06	8.09E+09	4.85E+09	1.29E+10
SP11	4 - 280.0 × 10	11,200.0	850.0	9.52E+06	8.09E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,420.0 × 10	28,400.0	-	-	-	4.77E+09	-
	합 계	39,600.0	850.0	9.52E+06	8.09E+09	4.85E+09	1.29E+10
SP12	4 - 280.0 × 10	11,200.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,020.0 × 10	20,400.0	-	-	-	1.77E+09	-
	합 계	31,600.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	1.84E+09	6.57E+09
SP13	4 - 280.0 × 10	11,200.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,020.0 × 10	20,400.0	-	-	-	1.77E+09	-
	합 계	31,600.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	1.84E+09	6.57E+09
SP14	4 - 280.0 × 10	11,200.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,020.0 × 10	20,400.0	-	-	-	1.77E+09	-
	합 계	31,600.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	1.84E+09	6.57E+09

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$	$I(\text{mm}^4)$
SP15	4 - 280.0 × 10	11,200.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,020.0 × 10	20,400.0	-	-	-	1.77E+09	-
	합 계	31,600.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	1.84E+09	6.57E+09
SP16	4 - 280.0 × 10	11,200.0	850.0	9.52E+06	8.09E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,420.0 × 10	28,400.0	-	-	-	4.77E+09	-
	합 계	39,600.0	850.0	9.52E+06	8.09E+09	4.85E+09	1.29E+10
SP17	4 - 280.0 × 10	11,200.0	850.0	9.52E+06	8.09E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,420.0 × 10	28,400.0	-	-	-	4.77E+09	-
	합 계	39,600.0	850.0	9.52E+06	8.09E+09	4.85E+09	1.29E+10
SP18	4 - 280.0 × 10	11,200.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,020.0 × 10	20,400.0	-	-	-	1.77E+09	-
	합 계	31,600.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	1.84E+09	6.57E+09
SP19	4 - 280.0 × 10	11,200.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,020.0 × 10	20,400.0	-	-	-	1.77E+09	-
	합 계	31,600.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	1.84E+09	6.57E+09
SP20	4 - 280.0 × 10	11,200.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,020.0 × 10	20,400.0	-	-	-	1.77E+09	-
	합 계	31,600.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	1.84E+09	6.57E+09

- 검토요약표

[illegible]

[G - 2]

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	2,366.27	2,898.04	537.45	739.91	873.06	81.08	-65.83	215.0	126,000
SP2	5,179.88	5,913.25	215.70	484.74	658.43	121.05	-130.58	215.0	126,000
SP3	4,551.36	5,705.61	321.16	607.45	445.98	105.38	-120.13	215.0	126,000
SP4	1,695.04	3,522.69	618.09	752.38	935.53	58.29	-52.87	215.0	126,000
SP5	-2,966.28	-4,730.66	924.36	1,129.27	910.39	-75.50	127.14	215.0	126,000
SP6	-3,762.15	-5,141.34	663.46	1,018.52	636.87	-97.54	143.42	215.0	126,000
SP7	-684.14	-2,634.52	361.33	638.10	560.35	-34.52	87.40	215.0	126,000
SP8	92.74	3,254.61	228.38	490.70	443.15	36.57	-31.77	215.0	126,000
SP9	-2,835.95	-5,413.01	575.17	790.10	516.92	-79.31	118.89	215.0	126,000
SP10	-7,257.41	-8,523.74	898.53	1,183.25	1,088.16	-138.29	150.58	215.0	126,000
SP11	-6,126.48	-7,570.14	1,164.46	1,360.98	1,608.25	-120.94	135.83	215.0	126,000
SP12	2,430.89	3,930.03	638.82	780.22	1,607.16	68.27	-59.68	215.0	126,000
SP13	6,236.89	6,758.81	262.03	504.83	962.59	109.70	-151.59	215.0	126,000
SP14	6,476.37	6,880.57	219.17	522.35	606.18	111.68	-156.01	215.0	126,000
SP15	2,132.73	3,973.99	665.49	824.64	1,371.87	59.43	-52.43	215.0	126,000
SP16	-8,127.36	-8,652.75	1,264.85	1,422.39	1,482.42	-135.01	158.47	215.0	126,000
SP17	-8,759.43	-9,442.56	1,117.21	1,286.78	959.92	-144.98	163.59	215.0	126,000
SP18	-1,385.42	-4,643.79	655.59	754.08	755.44	-50.17	89.52	215.0	126,000
SP19	2,410.60	5,006.98	241.41	466.65	422.46	76.67	-75.05	215.0	126,000
SP20	2,069.52	3,143.63	297.36	640.72	637.31	76.80	-63.28	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^{-1}	구분			A_{req}	A_{use}	판정	f_{sa}	f_s	판정
SP1	81.08	161.25	161.25	압축	12	2,640	23,760.0	44,800.0	0.K	215.0	114.0	0.K
SP2	121.05	161.25	161.25	압축	12	2,640	23,760.0	44,800.0	0.K	215.0	114.0	0.K
SP3	105.38	161.25	161.25	압축	12	2,640	23,760.0	44,800.0	0.K	215.0	114.0	0.K
SP4	58.29	161.25	161.25	압축	12	2,640	23,760.0	44,800.0	0.K	215.0	114.0	0.K
SP5	75.50	161.25	161.25	인장	12	2,640	23,760.0	34,800.0	0.K	215.0	146.8	0.K
SP6	97.54	161.25	161.25	인장	12	2,640	23,760.0	36,900.0	0.K	215.0	138.4	0.K
SP7	34.52	161.25	161.25	인장	12	2,640	23,760.0	34,800.0	0.K	215.0	146.8	0.K
SP8	36.57	161.25	161.25	압축	12	2,640	23,760.0	44,800.0	0.K	215.0	114.0	0.K
SP9	79.31	161.25	161.25	인장	12	2,640	23,760.0	36,900.0	0.K	215.0	138.4	0.K
SP10	138.29	161.25	161.25	인장	12	2,640	23,760.0	36,900.0	0.K	215.0	138.4	0.K
SP11	120.94	161.25	161.25	인장	12	2,640	23,760.0	36,900.0	0.K	215.0	138.4	0.K
SP12	68.27	161.25	161.25	압축	12	2,640	23,760.0	44,800.0	0.K	215.0	114.0	0.K
SP13	109.70	161.25	161.25	압축	12	2,640	23,760.0	44,800.0	0.K	215.0	114.0	0.K
SP14	111.68	161.25	161.25	압축	12	2,640	23,760.0	44,800.0	0.K	215.0	114.0	0.K
SP15	59.43	161.25	161.25	압축	12	2,640	23,760.0	44,800.0	0.K	215.0	114.0	0.K
SP16	135.01	161.25	161.25	인장	14	2,640	27,720.0	36,900.0	0.K	215.0	161.5	0.K
SP17	144.98	161.25	161.25	인장	14	2,640	27,720.0	36,900.0	0.K	215.0	161.5	0.K
SP18	50.17	161.25	161.25	인장	12	2,640	23,760.0	34,800.0	0.K	215.0	146.8	0.K
SP19	76.67	161.25	161.25	압축	12	2,640	23,760.0	44,800.0	0.K	215.0	114.0	0.K
SP20	76.80	161.25	161.25	압축	12	2,640	23,760.0	44,800.0	0.K	215.0	114.0	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_{treq}	n_{tuse}	판정	n					
SP1	M22	F13T	41	60	0.K	3	2.75E+07	8.76E+06	7.21E+10	1.46E+11	132.00
SP2	M22	F13T	41	60	0.K	3	2.75E+07	8.76E+06	7.21E+10	1.46E+11	132.00
SP3	M22	F13T	41	60	0.K	3	2.75E+07	8.76E+06	7.21E+10	1.46E+11	132.00
SP4	M22	F13T	41	60	0.K	3	2.87E+07	9.84E+06	7.80E+10	1.60E+11	132.00
SP5	M22	F13T	41	60	0.K	3	2.98E+07	2.42E+07	7.74E+10	1.02E+11	132.00
SP6	M22	F13T	41	69	0.K	3	3.12E+07	2.51E+07	7.25E+10	9.90E+10	114.78
SP7	M22	F13T	41	60	0.K	3	2.87E+07	2.29E+07	7.80E+10	1.03E+11	132.00
SP8	M22	F13T	41	60	0.K	3	2.87E+07	9.84E+06	7.80E+10	1.60E+11	132.00
SP9	M22	F13T	41	69	0.K	3	3.19E+07	2.56E+07	8.15E+10	1.11E+11	114.78
SP10	M22	F13T	41	69	0.K	3	3.90E+07	3.21E+07	1.20E+11	1.61E+11	114.78
SP11	M22	F13T	41	69	0.K	3	3.90E+07	3.21E+07	1.18E+11	1.59E+11	114.78
SP12	M22	F13T	41	60	0.K	3	2.99E+07	1.07E+07	8.22E+10	1.72E+11	132.00
SP13	M22	F13T	41	60	0.K	3	2.73E+07	8.83E+06	7.35E+10	1.47E+11	132.00
SP14	M22	F13T	41	60	0.K	3	2.73E+07	8.83E+06	7.35E+10	1.47E+11	132.00
SP15	M22	F13T	41	60	0.K	3	3.09E+07	1.15E+07	8.62E+10	1.83E+11	132.00
SP16	M22	F13T	48	69	0.K	3	4.52E+07	3.77E+07	1.31E+11	1.71E+11	114.78
SP17	M22	F13T	48	69	0.K	3	4.52E+07	3.77E+07	1.33E+11	1.74E+11	114.78
SP18	M22	F13T	41	60	0.K	3	3.09E+07	2.51E+07	8.64E+10	1.15E+11	132.00
SP19	M22	F13T	41	60	0.K	3	2.87E+07	9.84E+06	7.80E+10	1.60E+11	132.00
SP20	M22	F13T	41	60	0.K	3	2.75E+07	8.76E+06	7.21E+10	1.46E+11	132.00

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	8.51E+04	1.10E+04	8.58E+04	0.K	-	-	-	-
SP2	1.26E+05	8.51E+04	4.90E+03	8.53E+04	0.K	-	-	-	-
SP3	1.26E+05	8.51E+04	7.00E+03	8.54E+04	0.K	-	-	-	-
SP4	1.26E+05	8.51E+04	1.20E+04	8.60E+04	0.K	-	-	-	-
SP5	1.26E+05	8.51E+04	2.74E+04	8.94E+04	0.K	2.57E+04	215.0	198.9	0.K
SP6	1.26E+05	7.40E+04	2.08E+04	7.69E+04	0.K	2.48E+04	215.0	206.2	0.K
SP7	1.26E+05	8.51E+04	1.21E+04	8.60E+04	0.K	2.57E+04	215.0	198.9	0.K
SP8	1.26E+05	8.51E+04	5.02E+03	8.53E+04	0.K	-	-	-	-
SP9	1.26E+05	7.40E+04	1.56E+04	7.57E+04	0.K	2.48E+04	215.0	206.2	0.K
SP10	1.26E+05	7.40E+04	2.02E+04	7.67E+04	0.K	2.48E+04	215.0	206.2	0.K
SP11	1.26E+05	7.40E+04	2.52E+04	7.82E+04	0.K	2.48E+04	215.0	206.2	0.K
SP12	1.26E+05	8.51E+04	1.23E+04	8.60E+04	0.K	-	-	-	-
SP13	1.26E+05	8.51E+04	5.62E+03	8.53E+04	0.K	-	-	-	-
SP14	1.26E+05	8.51E+04	4.97E+03	8.53E+04	0.K	-	-	-	-
SP15	1.26E+05	8.51E+04	1.28E+04	8.61E+04	0.K	-	-	-	-
SP16	1.26E+05	8.64E+04	2.88E+04	9.10E+04	0.K	2.89E+04	215.0	206.2	0.K
SP17	1.26E+05	8.64E+04	2.52E+04	9.00E+04	0.K	2.89E+04	215.0	206.2	0.K
SP18	1.26E+05	8.51E+04	1.76E+04	8.69E+04	0.K	2.57E+04	215.0	198.9	0.K
SP19	1.26E+05	8.51E+04	5.17E+03	8.53E+04	0.K	-	-	-	-
SP20	1.26E+05	8.51E+04	6.69E+03	8.54E+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	150.0	3	4	0.K	1,350.0	3,120.0	0.K	215.0	93.0	0.K
SP2	12.0	150.0	3	4	0.K	1,350.0	3,120.0	0.K	215.0	93.0	0.K
SP3	12.0	150.0	3	4	0.K	1,350.0	3,120.0	0.K	215.0	93.0	0.K
SP4	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	3,120.0	0.K	215.0	108.5	0.K
SP5	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	2,520.0	0.K	215.0	134.4	0.K
SP6	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	2,520.0	0.K	215.0	134.4	0.K
SP7	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	2,520.0	0.K	215.0	134.4	0.K
SP8	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	3,120.0	0.K	215.0	108.5	0.K
SP9	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	2,520.0	0.K	215.0	134.4	0.K
SP10	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	2,520.0	0.K	215.0	134.4	0.K
SP11	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	2,520.0	0.K	215.0	134.4	0.K
SP12	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	3,120.0	0.K	215.0	108.5	0.K
SP13	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	3,120.0	0.K	215.0	108.5	0.K
SP14	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	3,120.0	0.K	215.0	108.5	0.K
SP15	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	3,120.0	0.K	215.0	108.5	0.K
SP16	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	2,520.0	0.K	215.0	134.4	0.K
SP17	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	2,520.0	0.K	215.0	134.4	0.K
SP18	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	2,520.0	0.K	215.0	134.4	0.K
SP19	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	3,120.0	0.K	215.0	108.5	0.K
SP20	12.0	150.0	3	4	0.K	1,350.0	3,120.0	0.K	215.0	93.0	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^1	구분			A_{req}	A_{use}	판정	f_{sa}	f_s	판정
SP1	65.83	161.25	161.25	인장	12	2,640	23,760.0	36,900.0	0.K	215.0	138.4	0.K
SP2	130.58	161.25	161.25	인장	12	2,640	23,760.0	36,900.0	0.K	215.0	138.4	0.K
SP3	120.13	161.25	161.25	인장	12	2,640	23,760.0	36,900.0	0.K	215.0	138.4	0.K
SP4	52.87	161.25	161.25	인장	12	2,640	23,760.0	34,800.0	0.K	215.0	146.8	0.K
SP5	127.14	161.25	161.25	압축	14	2,640	27,720.0	44,800.0	0.K	215.0	133.0	0.K
SP6	143.42	161.25	161.25	압축	14	2,640	27,720.0	44,800.0	0.K	215.0	133.0	0.K
SP7	87.40	161.25	161.25	압축	12	2,640	23,760.0	44,800.0	0.K	215.0	114.0	0.K
SP8	31.77	161.25	161.25	인장	12	2,640	23,760.0	34,800.0	0.K	215.0	146.8	0.K
SP9	118.89	161.25	161.25	압축	14	2,640	27,720.0	44,800.0	0.K	215.0	133.0	0.K
SP10	150.58	161.25	161.25	압축	16	2,640	31,680.0	44,800.0	0.K	215.0	152.0	0.K
SP11	135.83	161.25	161.25	압축	16	2,640	31,680.0	44,800.0	0.K	215.0	152.0	0.K
SP12	59.68	161.25	161.25	인장	14	2,640	27,720.0	34,800.0	0.K	215.0	171.3	0.K
SP13	151.59	161.25	161.25	인장	12	2,640	23,760.0	36,900.0	0.K	215.0	138.4	0.K
SP14	156.01	161.25	161.25	인장	12	2,640	23,760.0	36,900.0	0.K	215.0	138.4	0.K
SP15	52.43	161.25	161.25	인장	16	2,640	31,680.0	41,760.0	0.K	215.0	163.1	0.K
SP16	158.47	161.25	161.25	압축	18	2,640	35,640.0	44,800.0	0.K	215.0	171.0	0.K
SP17	163.59	161.25	163.59	압축	18	2,640	36,157.0	44,800.0	0.K	215.0	173.5	0.K
SP18	89.52	161.25	161.25	압축	16	2,640	31,680.0	44,800.0	0.K	215.0	152.0	0.K
SP19	75.05	161.25	161.25	인장	12	2,640	23,760.0	34,800.0	0.K	215.0	146.8	0.K
SP20	63.28	161.25	161.25	인장	12	2,640	23,760.0	36,900.0	0.K	215.0	138.4	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	2.99E+07	4.86E+07	7.21E+10	1.46E+11	114.78
SP2	M22	F13T	41	46	0.K	2	2.99E+07	4.86E+07	7.21E+10	1.46E+11	114.78
SP3	M22	F13T	41	46	0.K	2	2.99E+07	4.86E+07	7.21E+10	1.46E+11	114.78
SP4	M22	F13T	41	60	0.K	3	2.87E+07	4.76E+07	7.80E+10	1.60E+11	132.00
SP5	M22	F13T	48	60	0.K	3	3.22E+07	3.88E+07	7.74E+10	1.02E+11	132.00
SP6	M22	F13T	48	60	0.K	3	3.06E+07	3.77E+07	7.25E+10	9.90E+10	132.00
SP7	M22	F13T	41	60	0.K	3	2.87E+07	3.45E+07	7.80E+10	1.03E+11	132.00
SP8	M22	F13T	41	60	0.K	3	2.87E+07	4.76E+07	7.80E+10	1.60E+11	132.00
SP9	M22	F13T	48	60	0.K	3	3.14E+07	3.88E+07	8.15E+10	1.11E+11	132.00
SP10	M22	F13T	55	80	0.K	4	4.13E+07	5.04E+07	1.20E+11	1.61E+11	132.00
SP11	M22	F13T	55	80	0.K	4	4.13E+07	5.04E+07	1.18E+11	1.59E+11	132.00
SP12	M22	F13T	48	60	0.K	3	3.22E+07	5.45E+07	8.22E+10	1.72E+11	132.00
SP13	M22	F13T	41	46	0.K	2	3.01E+07	4.86E+07	7.35E+10	1.47E+11	114.78
SP14	M22	F13T	41	46	0.K	2	3.01E+07	4.86E+07	7.35E+10	1.47E+11	114.78
SP15	M22	F13T	55	80	0.K	4	3.54E+07	6.13E+07	8.62E+10	1.83E+11	132.00
SP16	M22	F13T	61	80	0.K	4	4.69E+07	5.65E+07	1.31E+11	1.71E+11	132.00
SP17	M22	F13T	62	80	0.K	4	4.69E+07	5.65E+07	1.33E+11	1.74E+11	132.00
SP18	M22	F13T	55	80	0.K	4	3.54E+07	4.32E+07	8.64E+10	1.15E+11	132.00
SP19	M22	F13T	41	60	0.K	3	2.87E+07	4.76E+07	7.80E+10	1.60E+11	132.00
SP20	M22	F13T	41	46	0.K	2	2.99E+07	4.86E+07	7.21E+10	1.46E+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	1.80E+04	7.62E+04	0.K	24,780.00	215.0	206.2	0.K
SP2	1.26E+05	1.11E+05	1.44E+04	1.12E+05	0.K	24,780.00	215.0	206.2	0.K
SP3	1.26E+05	1.11E+05	1.93E+04	1.13E+05	0.K	24,780.00	215.0	206.2	0.K
SP4	1.26E+05	8.51E+04	1.98E+04	8.74E+04	0.K	25,680.00	215.0	198.9	0.K
SP5	1.26E+05	9.93E+04	3.58E+04	1.06E+05	0.K	-	-	-	-
SP6	1.26E+05	9.93E+04	2.94E+04	1.04E+05	0.K	-	-	-	-
SP7	1.26E+05	8.51E+04	1.53E+04	8.65E+04	0.K	-	-	-	-
SP8	1.26E+05	8.51E+04	1.01E+04	8.57E+04	0.K	25,680.00	215.0	198.9	0.K
SP9	1.26E+05	9.93E+04	2.19E+04	1.02E+05	0.K	-	-	-	-
SP10	1.26E+05	8.51E+04	2.24E+04	8.80E+04	0.K	-	-	-	-
SP11	1.26E+05	8.51E+04	2.76E+04	8.95E+04	0.K	-	-	-	-
SP12	1.26E+05	9.93E+04	2.19E+04	1.02E+05	0.K	29,960.00	215.0	198.9	0.K
SP13	1.26E+05	1.11E+05	1.57E+04	1.12E+05	0.K	24,780.00	215.0	206.2	0.K
SP14	1.26E+05	1.11E+05	1.50E+04	1.12E+05	0.K	24,780.00	215.0	206.2	0.K
SP15	1.26E+05	8.51E+04	1.81E+04	8.70E+04	0.K	34,240.00	215.0	198.9	0.K
SP16	1.26E+05	9.58E+04	3.05E+04	1.01E+05	0.K	-	-	-	-
SP17	1.26E+05	9.72E+04	2.68E+04	1.01E+05	0.K	-	-	-	-
SP18	1.26E+05	8.51E+04	1.82E+04	8.71E+04	0.K	-	-	-	-
SP19	1.26E+05	8.51E+04	1.00E+04	8.57E+04	0.K	25,680.00	215.0	198.9	0.K
SP20	1.26E+05	1.11E+05	1.93E+04	1.13E+05	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	150.0	3	4	0.K	1,350.0	2,520.0	0.K	215.0	115.2	0.K
SP2	12.0	150.0	3	4	0.K	1,350.0	2,520.0	0.K	215.0	115.2	0.K
SP3	12.0	150.0	3	4	0.K	1,350.0	2,520.0	0.K	215.0	115.2	0.K
SP4	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	2,520.0	0.K	215.0	134.4	0.K
SP5	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	3,120.0	0.K	215.0	108.5	0.K
SP6	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	3,120.0	0.K	215.0	108.5	0.K
SP7	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	3,120.0	0.K	215.0	108.5	0.K
SP8	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	2,520.0	0.K	215.0	134.4	0.K
SP9	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	3,120.0	0.K	215.0	108.5	0.K
SP10	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	3,120.0	0.K	215.0	108.5	0.K
SP11	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	3,120.0	0.K	215.0	108.5	0.K
SP12	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	2,520.0	0.K	215.0	134.4	0.K
SP13	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	2,520.0	0.K	215.0	134.4	0.K
SP14	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	2,520.0	0.K	215.0	134.4	0.K
SP15	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	2,520.0	0.K	215.0	134.4	0.K
SP16	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	3,120.0	0.K	215.0	108.5	0.K
SP17	14.0	150.0	3	4	0.K	1,597.8	3,120.0	0.K	215.0	110.1	0.K
SP18	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	3,120.0	0.K	215.0	108.5	0.K
SP19	14.0	150.0	3	4	0.K	1,575.0	2,520.0	0.K	215.0	134.4	0.K
SP20	12.0	150.0	3	4	0.K	1,350.0	2,520.0	0.K	215.0	115.2	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	1,800	1,849	12	925	161.25	130.78	113.35	95.91	78.47	61.03
SP2	1,800	1,859	12	929	161.25	130.13	112.78	95.43	78.08	60.73
SP3	1,800	1,876	12	938	161.25	128.96	111.76	94.57	77.37	60.18
SP4	1,800	1,882	12	941	161.25	137.08	119.94	102.81	85.67	68.54
SP5	1,800	1,892	12	946	161.25	136.37	119.32	102.27	85.23	68.18
SP6	1,800	1,896	12	948	161.25	136.08	119.07	102.06	85.05	68.04
SP7	1,800	1,896	12	948	161.25	136.08	119.07	102.06	85.05	68.04
SP8	1,800	1,896	12	948	161.25	136.08	119.07	102.06	85.05	68.04
SP9	1,844	1,940	12	970	161.25	133.02	116.39	99.76	83.13	66.51
SP10	2,193	2,289	12	1,145	161.25	140.88	126.79	112.70	98.61	84.53
SP11	2,193	2,289	12	1,145	161.25	140.88	126.79	112.70	98.62	84.53
SP12	1,800	1,896	12	948	161.25	136.08	119.07	102.06	85.05	68.04
SP13	1,800	1,896	12	948	161.25	136.08	119.07	102.06	85.05	68.04
SP14	1,800	1,896	12	948	161.25	136.08	119.07	102.06	85.05	68.04
SP15	1,800	1,896	12	948	161.25	136.08	119.07	102.06	85.05	68.04
SP16	2,193	2,289	12	1,145	161.25	140.88	126.79	112.70	98.61	84.53
SP17	2,193	2,289	12	1,153	163.59	143.07	128.88	114.69	100.50	86.31
SP18	1,802	1,898	12	949	161.25	135.95	118.96	101.96	84.97	67.98
SP19	1,800	1,896	12	948	161.25	136.08	119.07	102.06	85.05	68.04
SP20	1,800	1,896	12	948	161.25	136.08	119.07	102.06	85.05	68.04

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	40	3	3	3	2	2	126,000	102,043	48,826	41,851	52,314	41,851	0.K
SP2	40	3	3	3	2	2	126,000	104,540	48,580	41,640	52,050	41,640	0.K
SP3	40	3	3	3	2	2	126,000	109,003	48,144	41,267	51,583	41,267	0.K
SP4	42	3	3	3	2	2	126,000	84,173	51,404	44,550	56,544	46,264	0.K
SP5	42	3	3	3	2	2	126,000	86,894	51,137	44,319	56,251	46,024	0.K
SP6	42	3	3	3	2	2	126,000	88,008	51,028	44,225	56,131	45,926	0.K
SP7	42	3	3	3	2	2	126,000	88,008	51,028	44,225	56,131	45,926	0.K
SP8	42	3	3	3	2	2	126,000	88,008	51,028	44,225	56,131	45,926	0.K
SP9	42	3	3	3	2	2	126,000	99,940	49,881	43,230	54,869	44,893	0.K
SP10	50	3	3	3	2	2	126,000	87,382	53,533	47,898	63,395	54,942	0.K
SP11	50	3	3	3	2	2	126,000	87,374	53,534	47,899	63,396	54,943	0.K
SP12	42	3	3	3	2	2	126,000	88,008	51,028	44,225	56,131	45,926	0.K
SP13	42	3	3	3	2	2	126,000	88,008	51,028	44,225	56,131	45,926	0.K
SP14	42	3	3	3	2	2	126,000	88,008	51,028	44,225	56,131	45,926	0.K
SP15	42	3	3	3	2	2	126,000	88,008	51,028	44,225	56,131	45,926	0.K
SP16	50	3	3	3	2	2	126,000	87,382	53,533	47,898	63,395	54,942	0.K
SP17	50	3	3	3	2	2	126,000	88,684	54,390	48,714	64,557	56,043	0.K
SP18	42	3	3	3	2	2	126,000	88,490	50,982	44,184	56,080	45,883	0.K
SP19	42	3	3	3	2	2	126,000	88,008	51,028	44,225	56,131	45,926	0.K
SP20	42	3	3	3	2	2	126,000	88,008	51,028	44,225	56,131	45,926	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}^1	I_{vw}^1	M_{sw}	M_{vw}
SP1	126,000.00	102,043.13	20,491.51	104,080.27	0.K	6.38E+09	1.55E+10	2.09E+08	3.07E+08
SP2	126,000.00	104,540.28	12,167.73	105,246.02	0.K	6.48E+09	1.56E+10	4.65E+08	6.33E+08
SP3	126,000.00	109,003.43	13,918.83	109,888.50	0.K	6.65E+09	1.59E+10	4.20E+08	6.21E+08
SP4	126,000.00	84,173.04	20,932.49	86,736.79	0.K	6.67E+09	1.50E+10	1.45E+08	3.30E+08
SP5	126,000.00	86,894.34	28,941.36	91,587.27	0.K	6.78E+09	7.33E+09	2.60E+08	3.40E+08
SP6	126,000.00	88,008.48	23,166.87	91,006.57	0.K	6.91E+09	7.19E+09	3.59E+08	3.73E+08
SP7	126,000.00	88,008.48	14,663.59	89,221.71	0.K	6.82E+09	7.69E+09	5.98E+07	1.97E+08
SP8	126,000.00	88,008.48	10,747.68	88,662.31	0.K	6.82E+09	1.52E+10	8.11E+06	3.09E+08
SP9	126,000.00	99,940.18	18,804.43	101,693.88	0.K	7.40E+09	7.72E+09	2.58E+08	3.75E+08
SP10	126,000.00	87,382.49	25,329.28	90,979.52	0.K	1.23E+10	1.23E+10	7.47E+08	6.50E+08
SP11	126,000.00	87,373.96	31,922.10	93,022.74	0.K	1.23E+10	1.23E+10	6.39E+08	5.86E+08
SP12	126,000.00	88,008.48	24,825.67	91,442.91	0.K	6.83E+09	1.45E+10	2.02E+08	3.32E+08
SP13	126,000.00	88,008.48	13,880.24	89,096.32	0.K	6.88E+09	1.61E+10	5.84E+08	7.41E+08
SP14	126,000.00	88,008.48	11,819.52	88,798.61	0.K	6.88E+09	1.61E+10	6.07E+08	7.54E+08
SP15	126,000.00	88,008.48	24,510.72	91,357.91	0.K	6.88E+09	1.39E+10	1.70E+08	3.01E+08
SP16	126,000.00	87,382.49	33,018.42	93,412.61	0.K	1.23E+10	1.23E+10	7.64E+08	6.21E+08
SP17	126,000.00	88,684.09	28,019.66	93,005.21	0.K	1.23E+10	1.23E+10	8.11E+08	6.67E+08
SP18	126,000.00	88,489.77	20,510.32	90,835.63	0.K	6.90E+09	7.22E+09	1.11E+08	2.91E+08
SP19	126,000.00	88,008.48	10,514.29	88,634.32	0.K	6.82E+09	1.52E+10	2.11E+08	4.76E+08
SP20	126,000.00	88,008.48	14,313.09	89,164.78	0.K	6.87E+09	1.62E+10	1.97E+08	3.49E+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	7.98E+09	2.07E+10	874.61	949.39	282.59	282.59	2.15E+02	2.71E+01	2.91E+01	0.K
SP2	7.98E+09	2.07E+10	874.61	949.39	282.59	282.59	2.15E+02	5.96E+01	6.40E+01	0.K
SP3	7.98E+09	2.07E+10	874.61	949.39	282.59	282.59	2.15E+02	5.45E+01	5.84E+01	0.K
SP4	9.40E+09	2.15E+10	912.00	912.00	316.46	316.46	2.15E+02	1.89E+01	1.89E+01	0.K
SP5	9.41E+09	1.00E+10	946.72	879.28	768.89	768.89	2.15E+02	5.22E+01	5.04E+01	0.K
SP6	9.55E+09	9.77E+09	991.61	834.39	798.51	798.51	2.15E+02	6.78E+01	6.19E+01	0.K
SP7	9.40E+09	1.05E+10	912.00	912.00	728.20	728.20	2.15E+02	1.95E+01	1.95E+01	0.K
SP8	9.40E+09	2.15E+10	912.00	912.00	316.46	316.46	2.15E+02	5.33E+00	5.33E+00	0.K
SP9	9.56E+09	9.82E+09	1,014.51	855.49	812.98	812.98	2.15E+02	5.84E+01	5.41E+01	0.K
SP10	1.78E+10	1.75E+10	1,236.31	984.69	1,019.43	1,019.43	2.15E+02	8.96E+01	7.91E+01	0.K
SP11	1.78E+10	1.75E+10	1,235.99	985.01	1,020.67	1,020.67	2.15E+02	7.85E+01	6.95E+01	0.K
SP12	9.42E+09	2.04E+10	948.29	877.71	343.65	343.65	2.15E+02	2.59E+01	2.44E+01	0.K
SP13	9.51E+09	2.29E+10	869.14	954.86	284.65	284.65	2.15E+02	6.26E+01	6.79E+01	0.K
SP14	9.51E+09	2.29E+10	869.14	954.86	284.65	284.65	2.15E+02	6.49E+01	7.03E+01	0.K
SP15	9.50E+09	1.94E+10	981.88	846.12	369.91	369.91	2.15E+02	2.33E+01	2.09E+01	0.K
SP16	1.77E+10	1.75E+10	1,229.52	995.48	1,027.87	1,027.87	2.15E+02	8.96E+01	7.95E+01	0.K
SP17	1.77E+10	1.75E+10	1,229.76	995.25	1,026.69	1,026.69	2.15E+02	9.55E+01	8.48E+01	0.K
SP18	9.50E+09	9.77E+09	982.93	847.07	799.44	799.44	2.15E+02	3.53E+01	3.37E+01	0.K
SP19	9.40E+09	2.15E+10	912.00	912.00	316.46	316.46	2.15E+02	2.74E+01	2.74E+01	0.K
SP20	9.49E+09	2.30E+10	874.61	949.39	282.59	282.59	2.15E+02	2.25E+01	2.40E+01	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 × 10	11,200.0	700.0	7.84E+06	5.49E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,120.0 × 10	22,400.0	-	-	-	2.34E+09	-
	합 계	33,600.0	700.0	7.84E+06	5.49E+09	2.41E+09	7.90E+09
SP2	4 - 280.0 × 10	11,200.0	700.0	7.84E+06	5.49E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,120.0 × 10	22,400.0	-	-	-	2.34E+09	-
	합 계	33,600.0	700.0	7.84E+06	5.49E+09	2.41E+09	7.90E+09
SP3	4 - 280.0 × 10	11,200.0	700.0	7.84E+06	5.49E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,120.0 × 10	22,400.0	-	-	-	2.34E+09	-
	합 계	33,600.0	700.0	7.84E+06	5.49E+09	2.41E+09	7.90E+09
SP4	4 - 280.0 × 10	11,200.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,220.0 × 10	24,400.0	-	-	-	3.03E+09	-
	합 계	35,600.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	3.10E+09	9.40E+09
SP5	4 - 280.0 × 10	11,200.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,220.0 × 10	24,400.0	-	-	-	3.03E+09	-
	합 계	35,600.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	3.10E+09	9.40E+09
SP6	4 - 280.0 × 10	11,200.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,220.0 × 10	24,400.0	-	-	-	3.03E+09	-
	합 계	35,600.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	3.10E+09	9.40E+09
SP7	4 - 280.0 × 10	11,200.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,220.0 × 10	24,400.0	-	-	-	3.03E+09	-
	합 계	35,600.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	3.10E+09	9.40E+09

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$	$I(\text{mm}^4)$
SP8	4 - 280.0 × 10	11,200.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,220.0 × 10	24,400.0	-	-	-	3.03E+09	-
	합 계	35,600.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	3.10E+09	9.40E+09
SP9	4 - 280.0 × 10	11,200.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,220.0 × 10	24,400.0	-	-	-	3.03E+09	-
	합 계	35,600.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	3.10E+09	9.40E+09
SP10	4 - 280.0 × 10	11,200.0	950.0	1.06E+07	1.01E+10	7.32E+07	-
	2 - 1,620.0 × 10	32,400.0	-	-	-	7.09E+09	-
	합 계	43,600.0	950.0	1.06E+07	1.01E+10	7.16E+09	1.73E+10
SP11	4 - 280.0 × 10	11,200.0	950.0	1.06E+07	1.01E+10	7.32E+07	-
	2 - 1,620.0 × 10	32,400.0	-	-	-	7.09E+09	-
	합 계	43,600.0	950.0	1.06E+07	1.01E+10	7.16E+09	1.73E+10
SP12	4 - 280.0 × 10	11,200.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,220.0 × 10	24,400.0	-	-	-	3.03E+09	-
	합 계	35,600.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	3.10E+09	9.40E+09
SP13	4 - 280.0 × 10	11,200.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,220.0 × 10	24,400.0	-	-	-	3.03E+09	-
	합 계	35,600.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	3.10E+09	9.40E+09
SP14	4 - 280.0 × 10	11,200.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,220.0 × 10	24,400.0	-	-	-	3.03E+09	-
	합 계	35,600.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	3.10E+09	9.40E+09
SP15	4 - 280.0 × 10	11,200.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,220.0 × 10	24,400.0	-	-	-	3.03E+09	-
	합 계	35,600.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	3.10E+09	9.40E+09
SP16	4 - 280.0 × 10	11,200.0	950.0	1.06E+07	1.01E+10	7.32E+07	-
	2 - 1,620.0 × 10	32,400.0	-	-	-	7.09E+09	-
	합 계	43,600.0	950.0	1.06E+07	1.01E+10	7.16E+09	1.73E+10
SP17	4 - 280.0 × 10	11,200.0	950.0	1.06E+07	1.01E+10	7.32E+07	-
	2 - 1,620.0 × 10	32,400.0	-	-	-	7.09E+09	-
	합 계	43,600.0	950.0	1.06E+07	1.01E+10	7.16E+09	1.73E+10
SP18	4 - 280.0 × 10	11,200.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,220.0 × 10	24,400.0	-	-	-	3.03E+09	-
	합 계	35,600.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	3.10E+09	9.40E+09
SP19	4 - 280.0 × 10	11,200.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,220.0 × 10	24,400.0	-	-	-	3.03E+09	-
	합 계	35,600.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	3.10E+09	9.40E+09
SP20	4 - 280.0 × 10	11,200.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,220.0 × 10	24,400.0	-	-	-	3.03E+09	-
	합 계	35,600.0	750.0	8.40E+06	6.30E+09	3.10E+09	9.40E+09

• 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	1,800	1,751	12	875	161.25	129.06	110.64	92.22	73.80	55.37
SP2	1,800	1,741	12	871	161.25	128.02	109.50	90.98	72.46	53.94
SP3	1,800	1,724	12	862	161.25	126.13	107.42	88.72	70.02	51.32
SP4	1,800	1,718	12	859	161.25	134.77	115.99	97.22	78.44	59.67
SP5	1,800	1,708	12	854	161.25	133.69	114.80	95.92	77.04	58.16
SP6	1,800	1,704	12	852	161.25	133.24	114.31	95.39	76.46	57.54
SP7	1,800	1,704	12	852	161.25	133.24	114.31	95.39	76.46	57.54
SP8	1,800	1,704	12	852	161.25	133.24	114.31	95.39	76.46	57.54
SP9	1,844	1,748	12	874	161.25	129.91	111.46	93.01	74.55	56.10
SP10	2,193	2,097	12	1,049	161.25	139.01	123.63	108.26	92.88	77.50
SP11	2,193	2,097	12	1,049	161.25	139.01	123.64	108.26	92.88	77.50
SP12	1,800	1,704	12	852	161.25	133.24	114.31	95.39	76.46	57.54
SP13	1,800	1,704	12	852	161.25	133.24	114.31	95.39	76.46	57.54
SP14	1,800	1,704	12	852	161.25	133.24	114.31	95.39	76.46	57.54
SP15	1,800	1,704	12	852	161.25	133.24	114.31	95.39	76.46	57.54
SP16	2,193	2,097	12	1,049	161.25	139.01	123.63	108.26	92.88	77.50
SP17	2,193	2,097	12	1,056	163.59	141.19	125.70	110.21	94.72	79.24
SP18	1,802	1,706	12	853	161.25	133.10	114.20	95.29	76.38	57.48
SP19	1,800	1,704	12	852	161.25	133.24	114.31	95.39	76.46	57.54
SP20	1,800	1,704	12	852	161.25	133.24	114.31	95.39	76.46	57.54

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	38	3	3	3	2	2	126,000	101,442	47,941	40,572	49,805	38,751	0.K
SP2	38	3	3	3	2	2	126,000	103,786	47,505	40,097	49,032	37,919	0.K
SP3	38	3	3	3	2	2	126,000	107,940	46,710	39,229	47,623	36,402	0.K
SP4	38	3	3	3	2	2	126,000	83,521	50,151	42,642	52,699	41,435	0.K
SP5	38	3	3	3	2	2	126,000	86,112	49,698	42,146	51,890	40,561	0.K
SP6	38	3	3	3	2	2	126,000	87,169	49,511	41,940	51,555	40,199	0.K
SP7	38	3	3	3	2	2	126,000	87,169	49,511	41,940	51,555	40,199	0.K
SP8	38	3	3	3	2	2	126,000	87,169	49,511	41,940	51,555	40,199	0.K
SP9	38	3	3	3	2	2	126,000	98,887	48,275	40,893	50,268	39,196	0.K
SP10	46	3	3	3	2	2	126,000	86,843	52,529	46,378	60,341	51,115	0.K
SP11	46	3	3	3	2	2	126,000	86,835	52,530	46,379	60,342	51,115	0.K
SP12	38	3	3	3	2	2	126,000	87,169	49,511	41,940	51,555	40,199	0.K
SP13	38	3	3	3	2	2	126,000	87,169	49,511	41,940	51,555	40,199	0.K
SP14	38	3	3	3	2	2	126,000	87,169	49,511	41,940	51,555	40,199	0.K
SP15	38	3	3	3	2	2	126,000	87,169	49,511	41,940	51,555	40,199	0.K
SP16	46	3	3	3	2	2	126,000	86,843	52,529	46,378	60,341	51,115	0.K
SP17	46	3	3	3	2	2	126,000	88,141	53,379	47,183	61,481	52,188	0.K
SP18	38	3	3	3	2	2	126,000	87,642	49,460	41,897	51,502	40,158	0.K
SP19	38	3	3	3	2	2	126,000	87,169	49,511	41,940	51,555	40,199	0.K
SP20	38	3	3	3	2	2	126,000	87,169	49,511	41,940	51,555	40,199	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	101,442.07	21,570.01	103,709.98	0.K	5.42E+09	1.40E+10	1.78E+08	2.79E+08
SP2	126,000.00	103,786.34	12,808.14	104,573.67	0.K	5.33E+09	1.39E+10	3.83E+08	5.63E+08
SP3	126,000.00	107,939.94	14,651.40	108,929.77	0.K	5.18E+09	1.36E+10	3.27E+08	5.34E+08
SP4	126,000.00	83,520.73	23,135.91	86,665.92	0.K	5.07E+09	1.27E+10	1.10E+08	2.79E+08
SP5	126,000.00	86,111.93	31,987.82	91,861.22	0.K	4.99E+09	5.49E+09	1.91E+08	2.54E+08
SP6	126,000.00	87,168.87	25,605.49	90,851.82	0.K	5.04E+09	5.28E+09	2.61E+08	2.74E+08
SP7	126,000.00	87,168.87	16,207.13	88,662.75	0.K	4.95E+09	5.73E+09	4.34E+07	1.47E+08
SP8	126,000.00	87,168.87	11,879.01	87,974.56	0.K	4.95E+09	1.25E+10	5.89E+06	2.54E+08
SP9	126,000.00	98,886.68	20,783.85	101,047.23	0.K	5.43E+09	5.72E+09	1.89E+08	2.78E+08
SP10	126,000.00	86,843.06	27,531.83	91,102.79	0.K	9.54E+09	9.50E+09	5.77E+08	5.02E+08
SP11	126,000.00	86,834.63	34,697.94	93,510.42	0.K	9.54E+09	9.49E+09	4.94E+08	4.52E+08
SP12	126,000.00	87,168.87	27,438.90	91,385.48	0.K	4.96E+09	1.19E+10	1.47E+08	2.72E+08
SP13	126,000.00	87,168.87	15,341.32	88,508.58	0.K	5.01E+09	1.33E+10	4.25E+08	6.12E+08
SP14	126,000.00	87,168.87	13,063.68	88,142.34	0.K	5.01E+09	1.33E+10	4.41E+08	6.23E+08
SP15	126,000.00	87,168.87	27,090.80	91,281.56	0.K	5.01E+09	1.13E+10	1.24E+08	2.45E+08
SP16	126,000.00	86,843.06	35,889.59	93,966.91	0.K	9.48E+09	9.48E+09	5.90E+08	4.79E+08
SP17	126,000.00	88,140.84	30,456.15	93,254.41	0.K	9.48E+09	9.48E+09	6.27E+08	5.15E+08
SP18	126,000.00	87,641.88	22,669.30	90,526.22	0.K	5.02E+09	5.31E+09	8.06E+07	2.14E+08
SP19	126,000.00	87,168.87	11,621.05	87,940.10	0.K	4.95E+09	1.25E+10	1.53E+08	3.91E+08
SP20	126,000.00	87,168.87	15,819.73	88,592.76	0.K	5.00E+09	1.34E+10	1.43E+08	2.88E+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	6.65E+09	1.86E+10	874.61	949.39	282.59	282.59	2.15E+02	2.76E+01	2.96E+01	0.K
SP2	6.65E+09	1.86E+10	874.61	949.39	282.59	282.59	2.15E+02	5.89E+01	6.32E+01	0.K
SP3	6.65E+09	1.86E+10	874.61	949.39	282.59	282.59	2.15E+02	5.11E+01	5.48E+01	0.K
SP4	6.58E+09	1.73E+10	912.00	912.00	316.46	316.46	2.15E+02	2.04E+01	2.04E+01	0.K
SP5	6.59E+09	7.12E+09	946.72	879.28	768.89	768.89	2.15E+02	5.50E+01	5.30E+01	0.K
SP6	6.71E+09	6.90E+09	991.61	834.39	798.51	798.51	2.15E+02	7.04E+01	6.42E+01	0.K
SP7	6.58E+09	7.51E+09	912.00	912.00	728.20	728.20	2.15E+02	2.03E+01	2.03E+01	0.K
SP8	6.58E+09	1.73E+10	912.00	912.00	316.46	316.46	2.15E+02	5.45E+00	5.45E+00	0.K
SP9	6.71E+09	6.95E+09	1,014.51	855.49	812.98	812.98	2.15E+02	6.11E+01	5.66E+01	0.K
SP10	1.34E+10	1.32E+10	1,236.31	984.69	1,019.43	1,019.43	2.15E+02	9.20E+01	8.12E+01	0.K
SP11	1.34E+10	1.32E+10	1,235.99	985.01	1,020.67	1,020.67	2.15E+02	8.05E+01	7.13E+01	0.K
SP12	6.59E+09	1.64E+10	948.29	877.71	343.65	343.65	2.15E+02	2.68E+01	2.52E+01	0.K
SP13	6.67E+09	1.85E+10	869.14	954.86	284.65	284.65	2.15E+02	6.48E+01	7.03E+01	0.K
SP14	6.67E+09	1.85E+10	869.14	954.86	284.65	284.65	2.15E+02	6.71E+01	7.28E+01	0.K
SP15	6.67E+09	1.55E+10	981.88	846.12	369.91	369.91	2.15E+02	2.41E+01	2.16E+01	0.K
SP16	1.33E+10	1.31E+10	1,229.52	995.48	1,027.87	1,027.87	2.15E+02	9.20E+01	8.16E+01	0.K
SP17	1.33E+10	1.31E+10	1,229.76	995.25	1,026.69	1,026.69	2.15E+02	9.80E+01	8.70E+01	0.K
SP18	6.67E+09	6.90E+09	982.93	847.07	799.44	799.44	2.15E+02	3.67E+01	3.51E+01	0.K
SP19	6.58E+09	1.73E+10	912.00	912.00	316.46	316.46	2.15E+02	2.83E+01	2.83E+01	0.K
SP20	6.65E+09	1.86E+10	874.61	949.39	282.59	282.59	2.15E+02	2.32E+01	2.48E+01	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 × 10	11,200.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,020.0 × 10	20,400.0	-	-	-	1.77E+09	-
	합 계	31,600.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	1.84E+09	6.57E+09
SP2	4 - 280.0 × 10	11,200.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,020.0 × 10	20,400.0	-	-	-	1.77E+09	-
	합 계	31,600.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	1.84E+09	6.57E+09
SP3	4 - 280.0 × 10	11,200.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,020.0 × 10	20,400.0	-	-	-	1.77E+09	-
	합 계	31,600.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	1.84E+09	6.57E+09
SP4	4 - 280.0 × 10	11,200.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,020.0 × 10	20,400.0	-	-	-	1.77E+09	-
	합 계	31,600.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	1.84E+09	6.57E+09
SP5	4 - 280.0 × 10	11,200.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,020.0 × 10	20,400.0	-	-	-	1.77E+09	-
	합 계	31,600.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	1.84E+09	6.57E+09
SP6	4 - 280.0 × 10	11,200.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,020.0 × 10	20,400.0	-	-	-	1.77E+09	-
	합 계	31,600.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	1.84E+09	6.57E+09
SP7	4 - 280.0 × 10	11,200.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,020.0 × 10	20,400.0	-	-	-	1.77E+09	-
	합 계	31,600.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	1.84E+09	6.57E+09
SP8	4 - 280.0 × 10	11,200.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,020.0 × 10	20,400.0	-	-	-	1.77E+09	-
	합 계	31,600.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	1.84E+09	6.57E+09
SP9	4 - 280.0 × 10	11,200.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,020.0 × 10	20,400.0	-	-	-	1.77E+09	-
	합 계	31,600.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	1.84E+09	6.57E+09
SP10	4 - 280.0 × 10	11,200.0	850.0	9.52E+06	8.09E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,420.0 × 10	28,400.0	-	-	-	4.77E+09	-
	합 계	39,600.0	850.0	9.52E+06	8.09E+09	4.85E+09	1.29E+10
SP11	4 - 280.0 × 10	11,200.0	850.0	9.52E+06	8.09E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,420.0 × 10	28,400.0	-	-	-	4.77E+09	-
	합 계	39,600.0	850.0	9.52E+06	8.09E+09	4.85E+09	1.29E+10
SP12	4 - 280.0 × 10	11,200.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,020.0 × 10	20,400.0	-	-	-	1.77E+09	-
	합 계	31,600.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	1.84E+09	6.57E+09
SP13	4 - 280.0 × 10	11,200.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,020.0 × 10	20,400.0	-	-	-	1.77E+09	-
	합 계	31,600.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	1.84E+09	6.57E+09
SP14	4 - 280.0 × 10	11,200.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,020.0 × 10	20,400.0	-	-	-	1.77E+09	-
	합 계	31,600.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	1.84E+09	6.57E+09

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$	$I(\text{mm}^4)$
SP15	4 - 280.0 × 10	11,200.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,020.0 × 10	20,400.0	-	-	-	1.77E+09	-
	합 계	31,600.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	1.84E+09	6.57E+09
SP16	4 - 280.0 × 10	11,200.0	850.0	9.52E+06	8.09E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,420.0 × 10	28,400.0	-	-	-	4.77E+09	-
	합 계	39,600.0	850.0	9.52E+06	8.09E+09	4.85E+09	1.29E+10
SP17	4 - 280.0 × 10	11,200.0	850.0	9.52E+06	8.09E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,420.0 × 10	28,400.0	-	-	-	4.77E+09	-
	합 계	39,600.0	850.0	9.52E+06	8.09E+09	4.85E+09	1.29E+10
SP18	4 - 280.0 × 10	11,200.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,020.0 × 10	20,400.0	-	-	-	1.77E+09	-
	합 계	31,600.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	1.84E+09	6.57E+09
SP19	4 - 280.0 × 10	11,200.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,020.0 × 10	20,400.0	-	-	-	1.77E+09	-
	합 계	31,600.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	1.84E+09	6.57E+09
SP20	4 - 280.0 × 10	11,200.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	7.32E+07	-
	2 - 1,020.0 × 10	20,400.0	-	-	-	1.77E+09	-
	합 계	31,600.0	650.0	7.28E+06	4.73E+09	1.84E+09	6.57E+09

- 검토요약표

[illegible]

5.2 용접부의 검토

주요부재의 응력을 전단하는 필릿용접의 치수는 최소치수 이상, 용접부의 얇은 쪽 모재 두께 미만으로 한다.

(도.설 2010, 3.5.2.4)

$t_1 > S \geq 6mm (t_2 \leq 20mm)$	t_1 : 얇은 쪽의 모재의 두께(mm)
$t_1 > S \geq 8mm (t_2 > 20mm)$	t_2 : 두꺼운 쪽의 모재의 두께(mm)
	S : 치수(mm)

1) 플랜지와 복부판의 용접부 검토

(1) 필릿용접 치수 검토

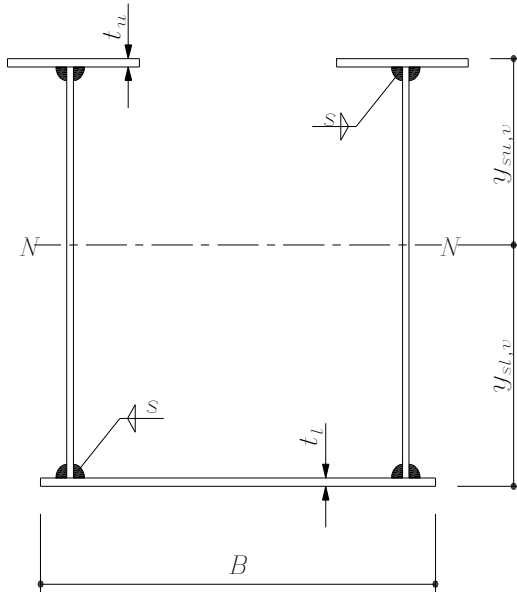
t_u : 상부 플랜지 t_l : 하부 플랜지 t_w : 복부판 (단위 : mm)

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	12.0	12.0	12.0	6.0	12.0	6.0	0.K	6.0	12.0	6.0	0.K	
단면 - 2	12.0	12.0	12.0	6.0	12.0	6.0	0.K	6.0	12.0	6.0	0.K	
단면 - 3	12.0	12.0	12.0	6.0	12.0	6.0	0.K	6.0	12.0	6.0	0.K	
단면 - 4	12.0	12.0	12.0	6.0	12.0	6.0	0.K	6.0	12.0	6.0	0.K	
단면 - 5	12.0	14.0	12.0	6.0	12.0	6.0	0.K	6.0	12.0	6.0	0.K	
단면 - 6	12.0	14.0	12.0	6.0	12.0	6.0	0.K	6.0	12.0	6.0	0.K	
단면 - 7	12.0	14.0	12.0	6.0	12.0	6.0	0.K	6.0	12.0	6.0	0.K	
단면 - 8	12.0	16.0	12.0	6.0	12.0	6.0	0.K	6.0	12.0	6.0	0.K	
단면 - 9	12.0	16.0	14.0	6.0	12.0	6.0	0.K	6.0	14.0	6.0	0.K	
단면 - 10	12.0	14.0	12.0	6.0	12.0	6.0	0.K	6.0	12.0	6.0	0.K	
단면 - 11	12.0	12.0	12.0	6.0	12.0	6.0	0.K	6.0	12.0	6.0	0.K	
단면 - 12	12.0	12.0	12.0	6.0	12.0	6.0	0.K	6.0	12.0	6.0	0.K	
단면 - 13	12.0	16.0	12.0	6.0	12.0	6.0	0.K	6.0	12.0	6.0	0.K	
단면 - 14	12.0	16.0	12.0	6.0	12.0	6.0	0.K	6.0	12.0	6.0	0.K	
단면 - 15	14.0	18.0	12.0	6.0	12.0	6.0	0.K	6.0	12.0	6.0	0.K	
단면 - 16	14.0	18.0	14.0	6.0	14.0	6.0	0.K	6.0	14.0	6.0	0.K	

(2) 용접부의 응력 검토

용접부에 작용하는 전단응력 (용접강도로표 준시방서 P26)

$$\sigma = (V \cdot Q) / (I_v \cdot \sum a) < \sigma_a$$



여기서,

σ : 전단 응력 (MPa)

σ_a : 허용전단 응력 (MPa) (도.설.해 3.3.2.1)

V : 총 작용 전단력 (N)

Q : 용접선 외측 플랜지의 총단면의 중립축에 관한 단면1차모멘트(mm^3)

$$Q = A(\text{mm}^2) \cdot y(\text{mm})$$

$$(y = y_{su,v(0)} - t_{u(0)}/2)$$

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 상부 플랜지와 복부판

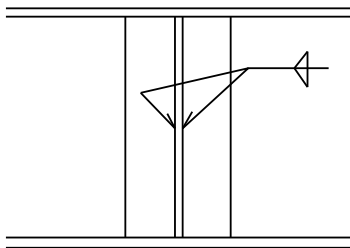
구 분	V_{max} kN	t_u mm	B mm	A mm^2	$y_{su,v}$ mm	Q mm^3	I_v mm^4	s mm	$\sum a$ mm	σ MPa	σ_a MPa	비고
단면-1	1,741.7	12	2,640.0	31,680.0	40	1.08E+06	1.48E+11	6	17	0.8	125.0	0.K
단면-2	1,417.4	12	2,640.0	31,680.0	292	9.06E+06	1.45E+11	6	17	5.2	125.0	0.K
단면-3	1,354.5	12	800.0	9,600.0	300	2.82E+06	1.44E+11	6	17	1.6	125.0	0.K
단면-4	1,735.3	12	2,640.0	31,680.0	326	1.01E+07	1.59E+11	6	17	6.5	125.0	0.K
단면-5	2,114.4	12	2,640.0	31,680.0	772	2.43E+07	1.04E+11	6	17	29.1	125.0	0.K
단면-6	2,359.1	12	2,640.0	31,680.0	808	2.54E+07	9.39E+10	6	17	37.6	125.0	0.K
단면-7	1,424.4	12	2,640.0	31,680.0	828	2.60E+07	1.13E+11	6	17	19.4	125.0	0.K
단면-8	2,465.3	12	2,640.0	31,680.0	1,001	3.15E+07	1.53E+11	6	17	29.8	125.0	0.K
단면-9	2,957.7	12	2,640.0	31,680.0	1,184	3.73E+07	2.07E+11	6	17	31.4	125.0	0.K
단면-10	1,843.8	12	2,640.0	31,680.0	800	2.51E+07	1.15E+11	6	17	23.8	125.0	0.K
단면-11	1,408.3	12	800.0	9,600.0	303	2.85E+06	1.46E+11	6	17	1.6	125.0	0.K
단면-12	847.6	12	2,640.0	31,680.0	294	9.12E+06	1.46E+11	6	17	3.1	125.0	0.K
단면-13	1,551.2	12	2,640.0	31,680.0	380	1.19E+07	1.82E+11	6	17	6.0	125.0	0.K
단면-14	1,970.8	12	2,640.0	31,680.0	864	2.72E+07	1.17E+11	6	17	27.0	125.0	0.K
단면-15	2,626.4	14	2,640.0	36,960.0	1,009	3.70E+07	1.63E+11	6	17	35.2	125.0	0.K
단면-16	3,125.7	14	2,640.0	36,960.0	1,190	4.37E+07	2.22E+11	6	17	36.3	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	1,741.7	12	2,640.0	31,680.0	1,584	5.00E+07	1.48E+11	6	17	34.7	125.0	0.K
단면-2	1,417.4	12	2,640.0	31,680.0	1,532	4.83E+07	1.45E+11	6	17	27.9	125.0	0.K
단면-3	1,354.5	12	2,640.0	31,680.0	1,524	4.81E+07	1.44E+11	6	17	26.6	125.0	0.K
단면-4	1,735.3	12	2,640.0	31,680.0	1,498	4.73E+07	1.59E+11	6	17	30.5	125.0	0.K
단면-5	2,114.4	14	2,640.0	36,960.0	1,054	3.87E+07	1.04E+11	6	17	46.3	125.0	0.K
단면-6	2,359.1	14	2,640.0	36,960.0	1,018	3.74E+07	9.39E+10	6	17	55.3	125.0	0.K
단면-7	1,424.4	14	2,640.0	36,960.0	1,061	3.90E+07	1.13E+11	6	17	29.0	125.0	0.K
단면-8	2,465.3	16	2,640.0	42,240.0	1,169	4.91E+07	1.53E+11	6	17	46.5	125.0	0.K
단면-9	2,957.7	16	2,640.0	42,240.0	1,344	5.64E+07	2.07E+11	6	17	47.6	125.0	0.K
단면-10	1,843.8	14	2,640.0	36,960.0	1,089	4.00E+07	1.15E+11	6	17	37.9	125.0	0.K
단면-11	1,408.3	12	2,640.0	31,680.0	1,521	4.80E+07	1.46E+11	6	17	27.4	125.0	0.K
단면-12	847.6	12	2,640.0	31,680.0	1,530	4.83E+07	1.46E+11	6	17	16.5	125.0	0.K
단면-13	1,551.2	16	2,640.0	42,240.0	1,448	6.08E+07	1.82E+11	6	17	30.6	125.0	0.K
단면-14	1,970.8	16	2,640.0	42,240.0	1,027	4.30E+07	1.17E+11	6	17	42.7	125.0	0.K
단면-15	2,626.4	18	2,640.0	47,520.0	1,165	5.50E+07	1.63E+11	6	17	52.3	125.0	0.K
단면-16	3,125.7	18	2,640.0	47,520.0	1,342	6.34E+07	2.22E+11	6	17	52.6	125.0	0.K

2) 지점부 보강재 용접부 검토

(1) 교 대 부



$$R_{max} = 1,943.800 \text{ kN}$$

$$\text{필릿용접 치수 } s = 6.0 \text{ mm}$$

$$\text{사용 보강재 } 4 \text{ PL} - 240 \times 20 \times 1,600$$

$$\text{용접 목 두께 } a = s / \sqrt{2} = 4.24 \text{ mm}$$

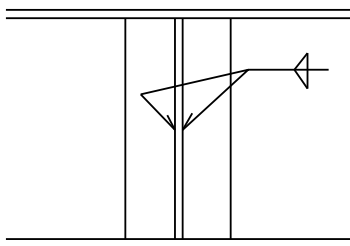
전단 응력

$$U = P / (\Sigma a \cdot l)$$

$$= 1,943.8 / 8 \text{ ea} \times 4.24 \times 1,600$$

$$= 35.794 \text{ MPa} \leq U_a = 125 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

(2) 교 각 부



$$R_{max} = 6,161.130 \text{ kN}$$

$$\text{필릿용접 치수 } s = 8.0 \text{ mm}$$

$$\text{사용 보강재 } 4 \text{ PL} - 240 \times 24 \times 2,500$$

$$\text{용접 목 두께 } a = s / \sqrt{2} = 5.66 \text{ mm}$$

전단 응력

$$U = P / (\Sigma a \cdot l)$$

$$= 6,161.1 / 8 \text{ ea} \times 5.66 \times 2,500$$

$$= 54.457 \text{ MPa} \leq U_a = 125 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

6. 보강재의 설계

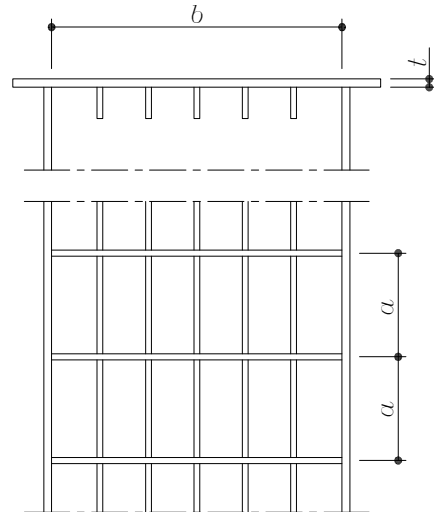
6.1 보강재의 설계

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 1.949 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	:	$t = 12$ mm	
사용 리브의 폭	:	$b_{vr} = 150$ mm	
리브의 최소두께	:	$b_{vr}/16 = 150 / 16 = 9.38$ mm	$\leq t_{vr} = 12$ mm 사용 O.K !!
리브1개의 사용단면적	:	$A_{l(Use)} = b_{vr} \times t_{vr} = 12.0 \times 150.0$	= 1,800.0 mm ²
리브1개의 단면2차모멘트	:	$I_{l(Use)} = t_{vr} \cdot b_{vr}^3 / 3 = 12 \times 150^3 / 3$	= 1.350E+07 mm ⁴
종방향 리브1개의 강비	:	$r_l = (I_l / b \cdot t^3) / 10.92 = 13,500,000 / (2,400 \times 12^3 / 10.92)$	= 35.547
보강판의 형상비	:	$\alpha = a / b = 1,250 / 2,400$	= 0.521
한계 형상비	:	$\alpha_o = \sqrt[4]{1+n r_l} = \sqrt[4]{1+6 \times 35.547}$	= 3.826
종방향 리브1개의 단면적비	:	$\delta_l = A_l / b \cdot t = 1,800 / (2,400 \times 12)$	= 0.063
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

$$r_l^* = 4\alpha^2 n (1+n\delta_l) - (\alpha^2 + 1)^2 / n$$

$$= 8.682$$

$$I_{l(req)} = b \cdot t^3 \cdot r_l^* / 10.92 = 3.297E+06 \text{ mm}^4 \leq I_{l(Use)} = 1.350E+07 \text{ mm}^4 \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

$$A_{l(req)} = b \cdot t / 10 \cdot n = 480.0 \text{ mm}^2 \leq A_{l(Use)} = 1,800.0 \text{ mm}^2 \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

▪ 종방향 보강재의 압축응력 검토

(도.설.해 3.4.2.2)

$$b_{vr} / 10.5 = 14.3 \geq t_{vr} = 12.0$$

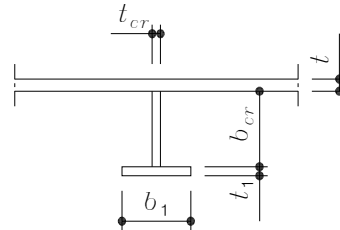
$$\Rightarrow f_{ca} = 215.0 \text{ MPa} \geq f_c = 66.8 \text{ MPa} \quad \dots\dots 0.K !!$$

$$b_{vr} / 16.0 = 9.4 < t_{vr} = 12.0 \leq b_{vr} / 10.5 = 14.3$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 24,000 (t_{vr}/b_{vr})^2 = 153.6 \text{ MPa} \geq f_c = 66.8 \text{ MPa} \quad \dots\dots 0.K !!$$

(2) 횡방향 리브의 설계 (SM400 사용)

횡방향 리브의 폭 : $b_{cr} = 300 \text{ mm}$
 횡방향 리브의 두께 : $t_{cr} = 12 \text{ mm}$
 횡방향 리브 보강재 폭 : $b_1 = 100 \text{ mm}$
 횡방향 리브 보강재 두께 : $t_1 = 12 \text{ mm}$



리브의 필요단면2차 모멘트

$$I_{t(req)} = b \cdot t^3 / 10.92 \cdot \{(1 + n \cdot r^*) / 4 \alpha^3\} = 3.568E+07 \text{ mm}^4$$

사용 리브의 단면2차 모멘트

$$I_{t(use)} = t_{cr} \cdot b_{cr}^3 / 3 + b_1 \cdot t_1^3 / 12 + A_1 \cdot y^2$$

$$= 12 \times 300^3 / 3 + 100 \times 12^3 / 12 + 1,200 \times 306^2 = 2.204E+08 \text{ mm}^4 \geq I_{t(req)} \quad \dots\dots 0.K !!$$

6.1.2 WEB 보강재

(1) 수직 보강재의 설계 (SM400 사용)

수평 보강재 사용 단수 : $n = 1$
 복부판의 연섬유 압축응력 : $f = 66.8 \text{ MPa}$
 복부판의 전단응력 : $v = 45.0 \text{ MPa}$
 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 : $b = 1,600.0 \text{ mm}$
 복부판의 두께 : $t = 12.0 \text{ mm}$

▪ 수직 보강재 간격 검토

(도.설.해 3.8.5.1)

$$a / b = 1,250.0 / 1,600.0 = 0.781 \leq 1.500 \quad \dots\dots 0.K !!$$

- 수평 보강재 1단을 사용할 경우

$$a / b > 0.80 \quad [b / 100 \cdot t]^4 [\{f / 950\}^2 + \{v / (127 + 61(b/a)^2)\}^2] \leq 1$$

$$a / b \leq 0.80 \quad [b / 100 \cdot t]^4 [\{f / 950\}^2 + \{v / (95 + 81(b/a)^2)\}^2] \leq 1$$

$$a / b \leq 0.80 \quad \text{이므로} \Rightarrow 0.139 \leq 1 \quad \dots\dots 0.K !!$$

▪ 수직 보강재의 강도검토

(도.설.해 3.8.5.2)

- 필요 강도

$$I_{(req)} = b \cdot t^3 \cdot r / 10.92 = 1,600.0 \times 12.0^3 \times 13.107 / 10.92 = 3.319E+06 \text{ mm}^4$$

- 수직 보강재의 소요강비

$$r = 8.0 [b/a]^2 = 8.0 \times (1,600.0 / 1,250.0)^2 = 13.107$$

- 사용 강도

$$I_{(use)} = \frac{1}{3} \times 12.0 \times 150.0^3 + 0.0 \times 0.0^3 / 12 + 0.0 \times 150.0^2 = 1.350E+07 \text{ mm}^4$$

$$I_{(use)} = 1.350E+07 \text{ mm}^4 \geq I_{(req)} = 3.319E+06 \text{ mm}^4 \quad \dots\dots 0.K !!$$

▪ 수직보강재 최소 폭 및 두께 검토 (도.설.해 3.8.5.2)

$$b_{vs(req)} = 1,600.0 / 30 + 50\text{mm} = 103.333 \text{ mm} \leq b_{vs(use)} = 150.000 \text{ mm} \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$t_{vs(req)} = 150.0 / 13 = 11.538 \text{ mm} \leq t_{vs(use)} = 12.000 \text{ mm} \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

(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 : $b = 1,600.0 \text{ mm}$

복부판의 두께 : $t = 12.0 \text{ mm}$

사용 수평 보강재의 폭 : $b_{hs} = 150.0 \text{ mm}$

사용 수평 보강재의 두께 : $t_{hs} = 12.0 \text{ mm} \geq t_{min} = b / 16 = 9.375 \text{ mm} \dots\dots \mathbf{0.K !!}$

▪ 수평 보강재의 강도검토

- 필요 강도

$$I_{(req)} = b \cdot t^3 \cdot r / 10.92 = 1,600.0 \times 12.0^3 \times 23.438 / 10.92 = 5.934\text{E}+06 \text{ mm}^4$$

- 수평 보강재의 소요강비

$$r = 30.0[a/b] = 30.0 \times (1,250.0 / 1,600.0) = 23.438$$

- 사용 강도

$$I_{(use)} = \frac{1}{8} \times 12.0 \times 150.0^3 \times 1ea = 1.350\text{E}+07 \text{ mm}^4$$

$$I_{(use)} = 1.350\text{E}+07 \text{ mm}^4 \geq I_{(req)} = 5.934\text{E}+06 \text{ mm}^4 \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

▪ 수평보강재의 설치위치 (도.설.해 3.8.6.1)

수평보강재 1단을 사용할 경우에는 0.2b 부근에 배치한다.

압축측 플랜지로 부터 $0.2b = 0.2 \times 1,600 = 320.0\text{mm}$

종방향 리브의 설계

[G - 1]

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	12	150	9	12	0.K	480	1,800	0.K	1.000	17.391	2
단면-2	6	1,250	2,400	12	150	9	12	0.K	480	1,800	0.K	1.000	17.391	4
단면-4	6	1,250	2,400	12	150	9	14	0.K	480	2,100	0.K	1.000	17.391	34
단면-5	6	1,250	2,400	12	150	9	14	0.K	480	2,100	0.K	1.000	17.391	20
단면-6	6	1,250	2,400	14	150	9	14	0.K	560	2,100	0.K	1.000	17.391	9
단면-7	6	1,250	2,400	14	150	9	14	0.K	560	2,100	0.K	1.000	17.391	15
단면-8	6	1,250	2,400	16	150	9	14	0.K	640	2,100	0.K	1.000	17.391	16
단면-9	6	1,250	2,400	16	150	9	14	0.K	640	2,100	0.K	1.000	17.391	17
단면-10	6	1,250	2,400	14	150	9	14	0.K	560	2,100	0.K	1.000	17.391	19
단면-12	6	1,250	2,400	12	150	9	14	0.K	480	2,100	0.K	1.000	17.391	24
단면-13	6	1,250	2,400	12	150	9	14	0.K	480	2,100	0.K	1.000	17.391	26
단면-16	6	1,250	2,400	18	150	9	14	0.K	720	2,100	0.K	1.000	17.391	29

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	35.547	0.521	3.826	0.063	8.682	3.30E+06	1.35E+07	0.K	66.8	153.6	0.K	2
단면-2	35.547	0.521	3.826	0.063	8.682	3.30E+06	1.35E+07	0.K	123.0	153.6	0.K	4
단면-4	41.471	0.521	3.976	0.073	9.089	3.45E+06	1.58E+07	0.K	79.0	209.1	0.K	34
단면-5	41.471	0.521	3.976	0.073	9.089	3.45E+06	1.58E+07	0.K	82.2	209.1	0.K	20
단면-6	26.116	0.521	3.544	0.063	8.682	5.24E+06	1.58E+07	0.K	165.1	209.1	0.K	9
단면-7	26.116	0.521	3.544	0.063	8.682	5.24E+06	1.58E+07	0.K	131.3	209.1	0.K	15
단면-8	17.496	0.521	3.208	0.055	8.377	7.54E+06	1.58E+07	0.K	136.1	209.1	0.K	16
단면-9	17.496	0.521	3.208	0.055	8.377	7.54E+06	1.58E+07	0.K	148.2	209.1	0.K	17
단면-10	26.116	0.521	3.544	0.063	8.682	5.24E+06	1.58E+07	0.K	-23.0	209.1	0.K	19
단면-12	41.471	0.521	3.976	0.073	9.089	3.45E+06	1.58E+07	0.K	114.6	209.1	0.K	24
단면-13	41.471	0.521	3.976	0.073	9.089	3.45E+06	1.58E+07	0.K	64.4	209.1	0.K	26
단면-16	12.288	0.521	2.940	0.049	7.581	9.72E+06	1.58E+07	0.K	181.7	209.1	0.K	29

[G - 2]

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	12	150	9	12	0.K	480	1,800	0.K	1.000	17.391	39
단면-2	6	1,250	2,400	12	150	9	12	0.K	480	1,800	0.K	1.000	17.391	41
단면-4	6	1,250	2,400	12	150	9	14	0.K	480	2,100	0.K	1.000	17.391	71
단면-5	6	1,250	2,400	14	150	9	14	0.K	560	2,100	0.K	1.000	17.391	45
단면-6	6	1,250	2,400	14	150	9	14	0.K	560	2,100	0.K	1.000	17.391	46
단면-7	6	1,250	2,400	14	150	9	14	0.K	560	2,100	0.K	1.000	17.391	52
단면-8	6	1,250	2,400	16	150	9	14	0.K	640	2,100	0.K	1.000	17.391	53
단면-9	6	1,250	2,400	16	150	9	14	0.K	640	2,100	0.K	1.000	17.391	54
단면-10	6	1,250	2,400	14	150	9	14	0.K	560	2,100	0.K	1.000	17.391	56
단면-12	6	1,250	2,400	12	150	9	14	0.K	480	2,100	0.K	1.000	17.391	61
단면-13	6	1,250	2,400	12	150	9	14	0.K	480	2,100	0.K	1.000	17.391	63
단면-16	6	1,250	2,400	18	150	9	14	0.K	720	2,100	0.K	1.000	17.391	66

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	35.547	0.521	3.826	0.063	8.682	3.30E+06	1.35E+07	0.K	66.4	153.6	0.K	39
단면-2	35.547	0.521	3.826	0.063	8.682	3.30E+06	1.35E+07	0.K	122.8	153.6	0.K	41
단면-4	41.471	0.521	3.976	0.073	9.089	3.45E+06	1.58E+07	0.K	79.0	209.1	0.K	71
단면-5	26.116	0.521	3.544	0.063	8.682	5.24E+06	1.58E+07	0.K	115.2	209.1	0.K	45
단면-6	26.116	0.521	3.544	0.063	8.682	5.24E+06	1.58E+07	0.K	174.1	209.1	0.K	46
단면-7	26.116	0.521	3.544	0.063	8.682	5.24E+06	1.58E+07	0.K	130.9	209.1	0.K	52
단면-8	17.496	0.521	3.208	0.055	8.377	7.54E+06	1.58E+07	0.K	154.9	209.1	0.K	53
단면-9	17.496	0.521	3.208	0.055	8.377	7.54E+06	1.58E+07	0.K	149.8	209.1	0.K	54
단면-10	26.116	0.521	3.544	0.063	8.682	5.24E+06	1.58E+07	0.K	-24.4	209.1	0.K	56
단면-12	41.471	0.521	3.976	0.073	9.089	3.45E+06	1.58E+07	0.K	113.7	209.1	0.K	61
단면-13	41.471	0.521	3.976	0.073	9.089	3.45E+06	1.58E+07	0.K	65.0	209.1	0.K	63
단면-16	12.288	0.521	2.940	0.049	7.581	9.72E+06	1.58E+07	0.K	184.5	209.1	0.K	66

횡방향 리브의 설계

[G - 1]

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	12	0.521	8.682	300	12	100	12	3.57E+07	2.20E+08	0.K	2
단면-2	6	2,400	12	0.521	8.682	300	12	100	12	3.57E+07	2.20E+08	0.K	4
단면-4	6	2,400	12	0.521	9.089	300	12	100	12	3.73E+07	2.20E+08	0.K	34
단면-6	6	2,400	14	0.521	8.682	300	12	100	12	5.67E+07	2.20E+08	0.K	9
단면-7	6	2,400	14	0.521	8.682	300	12	100	12	5.67E+07	2.20E+08	0.K	15
단면-8	6	2,400	16	0.521	8.377	350	12	200	16	8.17E+07	5.82E+08	0.K	16
단면-9	6	2,400	16	0.521	8.377	350	12	200	16	8.17E+07	5.82E+08	0.K	17
단면-10	6	2,400	14	0.521	8.682	300	12	100	12	5.67E+07	2.20E+08	0.K	19
단면-12	6	2,400	12	0.521	9.089	300	12	100	12	3.73E+07	2.20E+08	0.K	24
단면-13	6	2,400	12	0.521	9.089	300	12	100	12	3.73E+07	2.20E+08	0.K	26
단면-16	6	2,400	18	0.521	7.581	350	12	200	16	1.05E+08	5.82E+08	0.K	29

[G - 2]

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	12	0.521	8.682	300	12	100	12	3.57E+07	2.20E+08	0.K	39
단면-2	6	2,400	12	0.521	8.682	300	12	100	12	3.57E+07	2.20E+08	0.K	41
단면-4	6	2,400	12	0.521	9.089	300	12	100	12	3.73E+07	2.20E+08	0.K	71
단면-5	6	2,400	14	0.521	8.682	300	12	100	12	5.67E+07	2.20E+08	0.K	45
단면-6	6	2,400	14	0.521	8.682	300	12	100	12	5.67E+07	2.20E+08	0.K	46
단면-7	6	2,400	14	0.521	8.682	300	12	100	12	5.67E+07	2.20E+08	0.K	52
단면-8	6	2,400	16	0.521	8.377	350	12	200	16	8.17E+07	5.82E+08	0.K	53
단면-9	6	2,400	16	0.521	8.377	350	12	200	16	8.17E+07	5.82E+08	0.K	54
단면-10	6	2,400	14	0.521	8.682	300	12	100	12	5.67E+07	2.20E+08	0.K	56
단면-12	6	2,400	12	0.521	9.089	300	12	100	12	3.73E+07	2.20E+08	0.K	61
단면-13	6	2,400	12	0.521	9.089	300	12	100	12	3.73E+07	2.20E+08	0.K	63
단면-16	6	2,400	18	0.521	7.581	350	12	200	16	1.05E+08	5.82E+08	0.K	66

수직보강재의 설계

[G - 1]

구분	n	f	u	a	b	t	최소폭검토(b_{us})			최소두께검토(t_{us})			b_{us2}	t_{us2}	절점
							필요	사용	판정	필요	사용	판정			
단면-1	1	66.8	45.0	1,250	1,690	12	106.3	150	0.K	11.5	12	0.K	0	0	2
단면-2	1	123.0	20.5	1,250	1,800	12	110.0	150	0.K	11.5	12	0.K	0	0	4
단면-3	1	121.1	12.1	1,250	1,800	12	110.0	150	0.K	11.5	12	0.K	0	0	4
단면-4	1	79.0	18.6	1,250	1,800	12	110.0	150	0.K	11.5	12	0.K	0	0	34
단면-5	1	82.2	42.1	1,250	1,800	12	110.0	150	0.K	11.5	12	0.K	0	0	20
단면-6	1	165.1	56.5	1,250	1,800	12	110.0	200	0.K	15.4	16	0.K	0	0	9
단면-7	1	131.3	37.7	1,250	1,912	12	113.7	200	0.K	15.4	16	0.K	0	0	15
단면-8	1	136.1	43.8	1,250	2,248	12	124.9	200	0.K	15.4	16	0.K	0	0	16
단면-9	1	148.2	37.2	1,250	2,500	14	133.3	200	0.K	15.4	16	0.K	0	0	17
단면-10	1	-23.0	53.2	1,250	1,828	12	110.9	150	0.K	11.5	12	0.K	0	0	19
단면-11	1	125.4	12.6	1,250	1,800	12	110.0	150	0.K	11.5	12	0.K	0	0	23
단면-12	1	114.6	21.3	1,250	1,800	12	110.0	150	0.K	11.5	12	0.K	0	0	24
단면-13	1	64.4	45.6	1,250	1,800	12	110.0	150	0.K	11.5	12	0.K	0	0	26
단면-16	1	181.7	46.1	1,250	2,500	14	133.3	200	0.K	15.4	16	0.K	0	0	29

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	0.740	0.K	1.000	0.154	0.K	14.623	3.911E+06	1.350E+07	0.K	2
단면-2	1.500	0.694	0.K	1.000	0.116	0.K	16.589	4.725E+06	1.350E+07	0.K	4
단면-3	1.500	0.694	0.K	1.000	0.093	0.K	16.589	4.725E+06	1.350E+07	0.K	4
단면-4	1.500	0.694	0.K	1.000	0.060	0.K	16.589	4.725E+06	1.350E+07	0.K	34
단면-5	1.500	0.694	0.K	1.000	0.168	0.K	16.589	4.725E+06	1.350E+07	0.K	20
단면-6	1.500	0.694	0.K	1.000	0.386	0.K	16.589	4.725E+06	4.267E+07	0.K	9
단면-7	1.500	0.654	0.K	1.000	0.236	0.K	18.712	5.661E+06	4.267E+07	0.K	15
단면-8	1.500	0.556	0.K	1.000	0.438	0.K	25.862	9.198E+06	4.267E+07	0.K	16
단면-9	1.500	0.500	0.K	1.000	0.328	0.K	32.001	2.010E+07	4.267E+07	0.K	17
단면-10	1.500	0.684	0.K	1.000	0.215	0.K	17.107	4.948E+06	1.350E+07	0.K	19
단면-11	1.500	0.694	0.K	1.000	0.100	0.K	16.589	4.725E+06	1.350E+07	0.K	23
단면-12	1.500	0.694	0.K	1.000	0.107	0.K	16.589	4.725E+06	1.350E+07	0.K	24
단면-13	1.500	0.694	0.K	1.000	0.176	0.K	16.589	4.725E+06	1.350E+07	0.K	26
단면-16	1.500	0.500	0.K	1.000	0.495	0.K	32.001	2.010E+07	4.267E+07	0.K	29

[G - 2]

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	66.4	45.8	1,250	1,690	12	106.3	150	0.K	11.5	12	0.K	0	0	39
단면-2	1	122.8	21.1	1,250	1,800	12	110.0	150	0.K	11.5	12	0.K	0	0	41
단면-3	1	120.5	12.4	1,250	1,800	12	110.0	150	0.K	11.5	12	0.K	0	0	41
단면-4	1	79.0	19.1	1,250	1,800	12	110.0	150	0.K	11.5	12	0.K	0	0	71
단면-5	1	115.2	55.2	1,250	1,800	12	110.0	150	0.K	11.5	12	0.K	0	0	45
단면-6	1	174.1	49.9	1,250	1,800	12	110.0	200	0.K	15.4	16	0.K	0	0	46
단면-7	1	130.9	39.7	1,250	1,912	12	113.7	200	0.K	15.4	16	0.K	0	0	52
단면-8	1	154.9	48.3	1,250	2,247	12	124.9	200	0.K	15.4	16	0.K	0	0	53
단면-9	1	149.8	41.1	1,250	2,500	14	133.3	200	0.K	15.4	16	0.K	0	0	54
단면-10	1	-24.4	53.6	1,250	1,828	12	110.9	150	0.K	11.5	12	0.K	0	0	56
단면-11	1	124.2	13.2	1,250	1,800	12	110.0	150	0.K	11.5	12	0.K	0	0	60
단면-12	1	113.7	21.5	1,250	1,800	12	110.0	150	0.K	11.5	12	0.K	0	0	61
단면-13	1	65.0	46.2	1,250	1,800	12	110.0	150	0.K	11.5	12	0.K	0	0	63
단면-16	1	184.5	52.0	1,250	2,500	14	133.3	200	0.K	15.4	16	0.K	0	0	66

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	0.740	0.K	1.000	0.159	0.K	14.623	3.911E+06	1.350E+07	0.K	39
단면-2	1.500	0.694	0.K	1.000	0.117	0.K	16.589	4.725E+06	1.350E+07	0.K	41
단면-3	1.500	0.694	0.K	1.000	0.093	0.K	16.589	4.725E+06	1.350E+07	0.K	41
단면-4	1.500	0.694	0.K	1.000	0.062	0.K	16.589	4.725E+06	1.350E+07	0.K	71
단면-5	1.500	0.694	0.K	1.000	0.297	0.K	16.589	4.725E+06	1.350E+07	0.K	45
단면-6	1.500	0.694	0.K	1.000	0.352	0.K	16.589	4.725E+06	4.267E+07	0.K	46
단면-7	1.500	0.654	0.K	1.000	0.248	0.K	18.712	5.661E+06	4.267E+07	0.K	52
단면-8	1.500	0.556	0.K	1.000	0.552	0.K	25.862	9.198E+06	4.267E+07	0.K	53
단면-9	1.500	0.500	0.K	1.000	0.351	0.K	32.000	2.010E+07	4.267E+07	0.K	54
단면-10	1.500	0.684	0.K	1.000	0.219	0.K	17.107	4.948E+06	1.350E+07	0.K	56
단면-11	1.500	0.694	0.K	1.000	0.099	0.K	16.589	4.725E+06	1.350E+07	0.K	60
단면-12	1.500	0.694	0.K	1.000	0.106	0.K	16.589	4.725E+06	1.350E+07	0.K	61
단면-13	1.500	0.694	0.K	1.000	0.180	0.K	16.589	4.725E+06	1.350E+07	0.K	63
단면-16	1.500	0.500	0.K	1.000	0.540	0.K	32.000	2.010E+07	4.267E+07	0.K	66

수평보강재의 설계

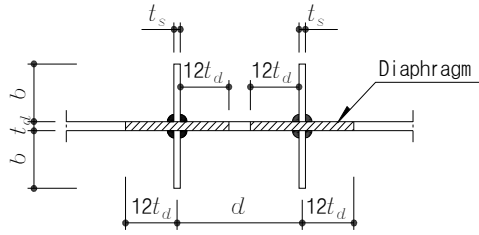
[G - 1]

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	1,600	12	1	150	9.4	12	0.K	23.438	5.934E+06	1.350E+07	0.K	2
단면-2	1,250	1,800	12	1	150	9.4	12	0.K	20.833	5.934E+06	1.350E+07	0.K	4
단면-3	1,250	1,800	12	1	150	9.4	12	0.K	20.833	5.934E+06	1.350E+07	0.K	4
단면-4	1,250	1,800	12	1	150	9.4	12	0.K	20.833	5.934E+06	1.350E+07	0.K	34
단면-5	1,250	1,800	12	1	150	9.4	12	0.K	20.833	5.934E+06	1.350E+07	0.K	20
단면-6	1,250	1,800	12	1	150	9.4	12	0.K	20.833	5.934E+06	1.350E+07	0.K	9
단면-7	1,250	1,863	12	1	150	9.4	12	0.K	20.131	5.934E+06	1.350E+07	0.K	15
단면-8	1,250	2,142	12	1	150	9.4	12	0.K	17.503	5.934E+06	1.350E+07	0.K	16
단면-9	1,250	2,500	14	1	150	9.4	12	0.K	15.000	9.423E+06	1.350E+07	0.K	17
단면-10	1,250	1,863	12	1	150	9.4	12	0.K	20.131	5.934E+06	1.350E+07	0.K	19
단면-11	1,250	1,800	12	1	150	9.4	12	0.K	20.833	5.934E+06	1.350E+07	0.K	23
단면-12	1,250	1,800	12	1	150	9.4	12	0.K	20.833	5.934E+06	1.350E+07	0.K	24
단면-13	1,250	1,800	12	1	150	9.4	12	0.K	20.833	5.934E+06	1.350E+07	0.K	26
단면-16	1,250	2,500	14	1	150	9.4	12	0.K	15.000	9.423E+06	1.350E+07	0.K	29

[G - 2]

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	1,600	12	1	150	9.4	12	0.K	23.438	5.934E+06	1.350E+07	0.K	39
단면-2	1,250	1,800	12	1	150	9.4	12	0.K	20.833	5.934E+06	1.350E+07	0.K	41
단면-3	1,250	1,800	12	1	150	9.4	12	0.K	20.833	5.934E+06	1.350E+07	0.K	41
단면-4	1,250	1,800	12	1	150	9.4	12	0.K	20.833	5.934E+06	1.350E+07	0.K	71
단면-5	1,250	1,800	12	1	150	9.4	12	0.K	20.833	5.934E+06	1.350E+07	0.K	45
단면-6	1,250	1,800	12	1	150	9.4	12	0.K	20.833	5.934E+06	1.350E+07	0.K	46
단면-7	1,250	1,863	12	1	150	9.4	12	0.K	20.131	5.934E+06	1.350E+07	0.K	52
단면-8	1,250	2,142	12	1	150	9.4	12	0.K	17.503	5.934E+06	1.350E+07	0.K	53
단면-9	1,250	2,500	14	1	150	9.4	12	0.K	15.000	9.423E+06	1.350E+07	0.K	54
단면-10	1,250	1,863	12	1	150	9.4	12	0.K	20.131	5.934E+06	1.350E+07	0.K	56
단면-11	1,250	1,800	12	1	150	9.4	12	0.K	20.833	5.934E+06	1.350E+07	0.K	60
단면-12	1,250	1,800	12	1	150	9.4	12	0.K	20.833	5.934E+06	1.350E+07	0.K	61
단면-13	1,250	1,800	12	1	150	9.4	12	0.K	20.833	5.934E+06	1.350E+07	0.K	63
단면-16	1,250	2,500	14	1	150	9.4	12	0.K	15.000	9.423E+06	1.350E+07	0.K	66

6.2 지점부 보강재 (교각부)



사용 강종 : (SM520B 사용)

최대 지점반력 : $R_{max} = 3,736.0$ kN (절점 76 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	1,800.0	$b / 16 = 15.0$	20.0	0.K	26.0	200.0	2ea	97.2°	7.2°	824.0

(도.설 3.4.2.2, 3.8.7.2)

보강재 단면적 : $A_s = 240.0 \times 20 \times 4 = 19,200.0 \text{ mm}^2$

유효 단면적 : $A_e = 19,200.0 + 824.0 \times 26.0 = 40,624.0 \text{ mm}^2 > 1.7 \cdot A_s = 32,640.0 \text{ mm}^2$

$\therefore A_e = 32,640.0 \text{ mm}^2$ (도.설 3.8.7.1)

Diaphragm 중심선 둘레의 단면2차 모멘트

$$\begin{aligned}
 I &= B_e \cdot t_d^3 / 12 + [t_s \cdot b / 12 \times \{(b \cdot \cos \Theta)^2 + (t_s \cdot \sin \Theta)^2\} + t_s \cdot b \times (b / 2 \cdot \cos \Theta + t_d / 2)^2] \times 2 \cdot n \\
 &= 824.0 \times 26.0^3 / 12 + [20.0 \times 240.0 / 12 \times \{ (240.0 \times \cos 7.2) ^2 + (20.0 \times \sin 7.2) ^2 \} \\
 &\quad + 20.0 \times 240.0 \times (240.0 / 2 \times \cos 7.2 + 26.0 / 2) ^2] \times 2 \times 2.0 = 4.268\text{E}+08 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

단면2차 반경

$$r = \sqrt{I / A_e} = \sqrt{(426,808,132.6 / 32,640.0)} = 114.351 \text{ mm}$$

유효 좌굴 길이

$$l_e = l / 2 = 1,800.0 / 2 = 900.0 \text{ mm}$$

허용 축방향 압축응력

$$l_e / r = 7.870 \leq 15.1 \quad (\text{도.설 3.3.2.1})$$

$\Rightarrow f_{cag} = 215.0 \text{ MPa}$: 국부좌굴 미 고려시

$$15.1 \geq l_e / r = 7.870 \leq 75.5$$

$\Rightarrow f_{cag} = 215.0 - 1.6 (l_e / r - 15.1) = 226.2 \text{ MPa}$: 국부좌굴 미 고려시

$$75.5 \geq l_e / r = 7.870$$

$\Rightarrow f_{cag} = 1.20\text{E}+06 / \{ 4,400.0 + (l_e / r)^2 \} = 268.941$: 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

$$\therefore f_{ca} = f_{cag} \cdot f_{cal} / f_{cao} = 215.0 \times 166.7 / 215.0 = 166.7 \text{ MPa} \quad (\text{허용 축방향 압축응력})$$

$$f_c = R_{max} / A_e = 3,736.0 / 32,640.0 = 114.5 \text{ MPa} \leq f_{ca} \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

[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						
P6	240.0	1,600.0	15.0	20.0	0.K	16.0	200.0	2	100.6 °	10.6 °	584.0
P7	240.0	1,800.0	15.0	20.0	0.K	26.0	200.0	2	97.2 °	7.2 °	824.0
P8	240.0	2,500.0	15.0	24.0	0.K	26.0	200.0	2	90.0 °	0.0 °	824.0
P9	240.0	2,500.0	15.0	24.0	0.K	26.0	200.0	2	79.3 °	10.7 °	824.0
A2	240.0	1,600.0	15.0	20.0	0.K	16.0	200.0	2	73.3 °	16.7 °	584.0

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						
P6	19,200.0	28,544.0	32,640.0	28,544.0	3.938E+08	117.5	800.0	215.0	166.7	215.0
P7	19,200.0	40,624.0	32,640.0	32,640.0	4.268E+08	114.4	900.0	215.0	166.7	215.0
P8	23,040.0	44,464.0	39,168.0	39,168.0	5.194E+08	115.2	1,250.0	215.0	215.0	215.0
P9	23,040.0	44,464.0	39,168.0	39,168.0	5.028E+08	113.3	1,250.0	215.0	215.0	215.0
A2	19,200.0	28,544.0	32,640.0	28,544.0	3.750E+08	114.6	800.0	215.0	166.7	215.0

지점	절점	R_{max} (kN)	허용 축방향 압축응력(MPa)		
			작용	허용	판정
P6	1	1,943.8	68.1	166.7	0.K
P7	9	3,736.0	114.5	166.7	0.K
P8	17	4,670.6	119.2	215.0	0.K
P9	29	5,036.9	128.6	215.0	0.K
A2	37	1,577.8	55.3	166.7	0.K

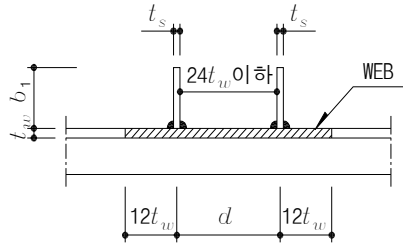
[G - 2] (SM520B 사용)

지점	b (mm)	l (mm)	t_s (mm)			t_d (mm)	d (mm)	n (ea)	α	Θ	B_e (mm)
			필요	사용	판정						
P6	240.0	1,600.0	15.0	20.0	0.K	16.0	200.0	2	97.3 °	7.3 °	584.0
P7	240.0	1,800.0	15.0	20.0	0.K	26.0	200.0	2	90.5 °	0.5 °	824.0
P8	240.0	2,500.0	15.0	24.0	0.K	26.0	200.0	2	90.0 °	0.0 °	824.0
P9	240.0	2,500.0	15.0	24.0	0.K	26.0	200.0	2	83.7 °	6.3 °	824.0
A2	240.0	1,600.0	15.0	20.0	0.K	16.0	200.0	2	75.9 °	14.1 °	584.0

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						
P6	19,200.0	28,544.0	32,640.0	28,544.0	4.007E+08	118.5	800.0	215.0	166.7	215.0
P7	19,200.0	40,624.0	32,640.0	32,640.0	4.330E+08	115.2	900.0	215.0	166.7	215.0
P8	23,040.0	44,464.0	39,168.0	39,168.0	5.194E+08	115.2	1,250.0	215.0	215.0	215.0
P9	23,040.0	44,464.0	39,168.0	39,168.0	5.135E+08	114.5	1,250.0	215.0	215.0	215.0
A2	19,200.0	28,544.0	32,640.0	28,544.0	3.840E+08	116.0	800.0	215.0	166.7	215.0

지점	절점	R_{max} (kN)	허용 축방향 압축응력(MPa)		
			작용	허용	판정
P6	38	1,697.2	59.5	166.7	0.K
P7	46	4,294.9	131.6	166.7	0.K
P8	54	5,630.4	143.7	215.0	0.K
P9	66	6,161.1	157.3	215.0	0.K
A2	74	1,479.6	51.8	166.7	0.K

6.3 JACK UP용 보강재 (교각부)



사용 강종 : (SM520B 사용) (절점 76 사용)

최대 지점반력 : $R_d = 2,327.1$ kN $R_l = 1,397.3$ kN

▪ JACK UP용 보강재 제원 (단위 : mm)

폭		길이 (l)	두 개 (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
150.0	0.0	1,100.0	$b_1 / 16 = 9.4$	$b_2 / 16 = 0.0$	20	0	O.K	12	200.0	2ea	488.0

(도.설 3.4.2.2, 3.8.7.2)

교좌받침 1개소당 Jack UP 장치 설치 개소 : $J_n = 4$ 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 : $P = (2,327.1 + 1.5 \times 1,397.3) / 4 = 1,105.8$ kN

보강재 단면적 : $A_s = 150.0 \times 20 \times 2 + 0.0 \times 0.0 \times 2.0 = 6,000.0$ mm²

유효 단면적 : $A_e = 6,000.0 + 488.0 \times 12.0 = 11,856.0$ mm² > $1.7 \cdot A_s = 10,200.0$ mm²

$\therefore A_e = 10,200.0$ mm² (도.설 3.8.7.1)

중립축의 위치

$$Y_o = \sum(A \cdot y) / \sum A_e$$

$$= [2.0 \times \{ 0.0 \times 0.0 + 3,000.0 \times 87.0 \} + 5,856.0 \times 6.0] / 10,200.0 = 54.621 \text{ mm}$$

Diaphragm 중심선 둘레의 단면2차 모멘트

$$I = 488.0 \times 12.0^3 / 12 + 5,856.0 \times 48.621^2 + (0.0 \times 0.0^3 / 12 + 0.0 \times 54.621^2$$

$$+ 20.0 \times 150.0^3 / 12 + 3,000.0 \times 32.379^2) \times 2.0 = 3.145E+07 \text{ mm}^4$$

단면2차 반경

$$r = \sqrt{I / A_e} = \sqrt{(31,454,295.4 / 10,200.0)} = 55.532 \text{ mm}$$

유효 좌굴 길이

$$l_e = l / 2 = 1,100.0 / 2 = 550.0 \text{ mm}$$

허용 축방향 압축응력(25% 할증 적용)

$$l_e / r = 9.904 \leq 15.1 \quad (\text{도.설 3.3.2.1})$$

$\Rightarrow f_{cag} = 268.8$ MPa : 국부좌굴 미 고려시

$$15.1 \geq l_e / r = 9.904 \leq 75.5 \quad (\text{도.설 3.3.2.1})$$

$\Rightarrow f_{cag} = 215.0 - 1.6 (l_e / r - 15.1) = 278.8$ MPa : 국부좌굴 미 고려시

$$75.5 \geq l_e / r = 9.904$$

$\Rightarrow f_{cag} = 1.20E+06 / \{ 4,400.0 + (l_e / r)^2 \} = 333.475$: 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

$$\therefore f_{ca} = f_{cag} \cdot f_{cal} / f_{cao} = 268.8 \times 268.8 / 268.8 = 268.8 \text{ MPa (허용 축방향 압축응력)}$$

$$f_c = R_{max} / A_e = 1,105.8 / 10,200.0 = 108.4 \text{ MPa} \leq f_{ca} \dots\dots 0.K !!$$

[G - 1] (SM520B 사용)

지점	폭(mm)		l (mm)	t _s (mm)					t _w (mm)	d (mm)	n (ea)	J _n (ea)	B _e (mm)
	b ₁	b ₂		필요		t _{s1}	t _{s2}	판정					
P6	150.0	0.0	900.0	9.4	0.0	20.0	0.0	0.K	12	200.0	2	2	488.0
P7	150.0	0.0	1,100.0	9.4	0.0	20.0	0.0	0.K	12	200.0	2	4	488.0
P8	150.0	0.0	1,250.0	9.4	0.0	20.0	0.0	0.K	14	200.0	2	4	536.0
P9	150.0	0.0	1,250.0	9.4	0.0	20.0	0.0	0.K	14	200.0	2	4	536.0
A2	150.0	0.0	900.0	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							
P6	6,000.0	11,856	10,200	10,200	54.6	3.145E+07	55.5	450.0	268.8	268.8	268.8
P7	6,000.0	11,856	10,200	10,200	54.6	3.145E+07	55.5	550.0	268.8	268.8	268.8
P8	6,000.0	13,504	10,200	10,200	57.5	3.646E+07	59.8	625.0	268.8	268.8	268.8
P9	6,000.0	13,504	10,200	10,200	57.5	3.646E+07	59.8	625.0	268.8	268.8	268.8
A2	6,000.0	11,856	10,200	10,200	54.6	3.145E+07	55.5	450.0	268.8	268.8	268.8

지점	절점	R _d (kN)	R _l (kN)	P (kN)	허용 축방향 압축응력(MPa)		
					작용	허용	판정
P6	1	1,147.2	775.6	1,155.3	113.3	268.8	0.K
P7	9	2,327.1	1,397.3	1,105.8	108.4	268.8	0.K
P8	17	2,972.2	1,677.5	1,372.1	134.5	268.8	0.K
P9	29	3,301.9	1,697.7	1,462.1	143.3	268.8	0.K
A2	37	796.9	763.8	971.3	95.2	268.8	0.K

[G - 2] (SM520B 사용)

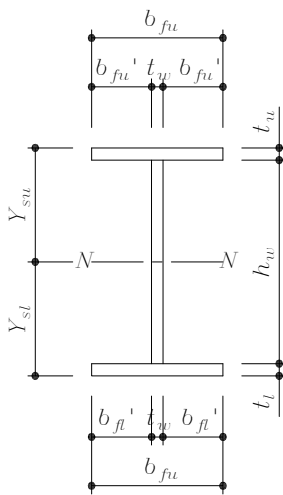
지점	폭(mm)		l (mm)	t _s (mm)					t _w (mm)	d (mm)	n (ea)	J _n (ea)	B _e (mm)
	b ₁	b ₂		필요		t _{s1}	t _{s2}	판정					
P6	150.0	0.0	900.0	9.4	0.0	20.0	0.0	0.K	12	200.0	2	2	488.0
P7	150.0	0.0	1,100.0	9.4	0.0	20.0	0.0	0.K	12	200.0	2	4	488.0
P8	150.0	0.0	1,250.0	9.4	0.0	20.0	0.0	0.K	14	200.0	2	4	536.0
P9	150.0	0.0	1,250.0	9.4	0.0	20.0	0.0	0.K	14	200.0	2	4	536.0
A2	150.0	0.0	900.0	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							
P6	6,000.0	11,856	10,200	10,200	54.6	3.145E+07	55.5	450.0	268.8	268.8	268.8
P7	6,000.0	11,856	10,200	10,200	54.6	3.145E+07	55.5	550.0	268.8	268.8	268.8
P8	6,000.0	13,504	10,200	10,200	57.5	3.646E+07	59.8	625.0	268.8	268.8	268.8
P9	6,000.0	13,504	10,200	10,200	57.5	3.646E+07	59.8	625.0	268.8	268.8	268.8
A2	6,000.0	11,856	10,200	10,200	54.6	3.145E+07	55.5	450.0	268.8	268.8	268.8

지점	절점	R_d (kN)	R_l (kN)	P (kN)	허용 축방향 압축응력(MPa)		
					작용	허용	판정
P6	38	982.0	695.9	1,012.9	99.3	268.8	0.K
P7	46	2,814.7	1,396.5	1,227.3	120.3	268.8	0.K
P8	54	3,769.0	1,765.7	1,604.4	157.3	268.8	0.K
P9	66	4,279.6	1,805.9	1,747.1	171.3	268.8	0.K
A2	74	778.8	680.0	899.4	88.2	268.8	0.K

7.1 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	1,000.0	12.0	12.0	12.0

가로보간격(전) : $B_f = 0.0$ mm 가로보지간 : $L = 2,200.1$ mm

가로보간격(후) : $B_r = 4,423.2$ 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
$h_w / 150 = 6.7$	12	0.K	$b_{fu}' / 16 = 9.0$	12	0.K	$b_{fl}' / 16 = 9.0$	12	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	1.4271	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 × 12.0	3,600.0	506.0	1.822E+06	9.217E+08	4.320E+04
WEB	1 - 1,000.0 × 12.0	12,000.0	-	-	-	1.000E+09
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-506.0	-1.822E+06	9.217E+08	4.320E+04
합계		19,200.0	-	0.000E+00	1.843E+09	1.000E+09

$$I_x' = \sum A_s \cdot Y^2 + \sum I_{xo} = 1,843,459,200.0 + 1,000,086,400.0 = 2.844E+09 \text{ mm}^4$$

$$\delta_y = \sum A_s \cdot Y / \sum A_s = 0.0 / 19,200.0 = 0.000 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2 = 2,843,545,600.0 - 19,200.0 \times 0.0^2 = 2.844E+09 \text{ mm}^4$$

$$y_{su} = h_w / 2 + t_{fu} - \delta_y = 1,000.0/2 + 12.00 - 0.0 = 512.000 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = h_w / 2 + t_{fl} + \delta_y = 1,000.0/2 + 12.00 - 0.0 = 512.000 \text{ mm}$$

1) 관용해석

(1) 작용 하중 산정

① 고정 하중

슬래브 : $W_c = 0.240 \times 25.000 = 6.000 \text{ kN/m}$

포장 : $W_a = 0.050 \times 23.500 = 1.175 \text{ kN/m}$

$\Sigma = 7.175 \text{ kN/m}$

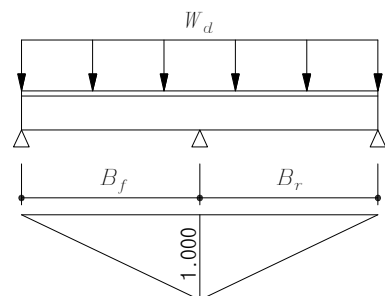
강재 자중 : $W_s = 0.019 \times 78.500 = 1.507 \text{ kN/m}$

강재 할증 : $W_{ds} = 1.507 \times 1.4271 = 2.151 \text{ kN/m}$

영향선 면적 : $(0.000 + 4.423) \times 1.00/2 = 2.212 \text{ m}^2$

고정 하중 : $W_d = 7.175 \times 2.212$

$+ 2.151 \times 1.000 = 18.019 \text{ kN/m}$



② 활 하 중

⇒ 차륜하중 (DB-24) 재하시

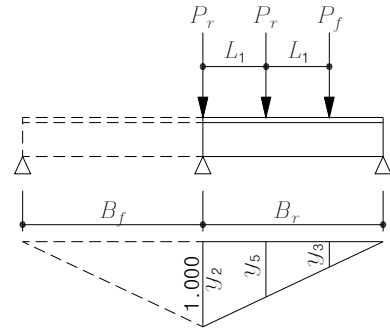
활하중 작용 거리 및 영향선 증거

$$\begin{aligned}
 x_1 &= 0.0 \text{ mm} \Rightarrow y_1 = 0.000 \\
 x_4 &= 0.0 \text{ mm} \Rightarrow y_4 = 0.000 \\
 x_2 &= 0.0 \text{ mm} \Rightarrow y_2 = 1.000 \\
 x_5 &= 0.0 \text{ mm} \Rightarrow y_5 = 0.000 \\
 x_3 &= 223.2 \text{ mm} \Rightarrow y_3 = 0.050 \\
 \hline
 \Sigma y &= 1.050
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \therefore P_{sl} &= 24.000 \times 0.050 + 96.000 \times (1.000 + 0.000) \\
 &= 97.211 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

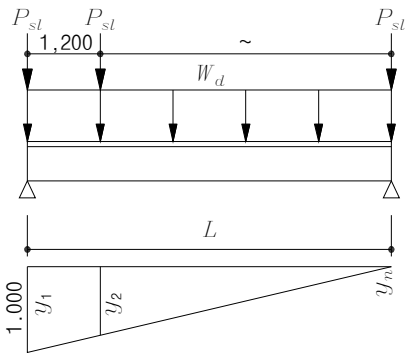
충격 계수

$$i = 15 / (40 + 4.423) = 0.338 > 0.300 \therefore i = 0.300$$



(2) 전단력 산정

⇒ 차륜하중 (DB-24) 재하시



▪ 최대 재하가능한 윤하중 수 $n = 2$

▪ 가로보 지간장 : $A = 2.200 \times 1.000 / 2 = 1.100 \text{ m}^2$

▪ 고정하중에 의한 전단력

$$V_d = W_d \times A = 18.019 \times 1.100 = 19.822 \text{ kN}$$

▪ 가로보 끝단에서 윤하중까지의 거리 및 증거

$$\begin{aligned}
 x_1 &= 0.0 \text{ mm} \Rightarrow y_1 = 1.000 \\
 x_2 &= 1,200.0 \text{ mm} \Rightarrow y_2 = 0.455 \\
 x_3 &= - \text{ mm} \Rightarrow y_3 = - \\
 x_4 &= - \text{ mm} \Rightarrow y_4 = - \\
 x_5 &= - \text{ mm} \Rightarrow y_5 = - \\
 \hline
 \Sigma y &= 1.455
 \end{aligned}$$

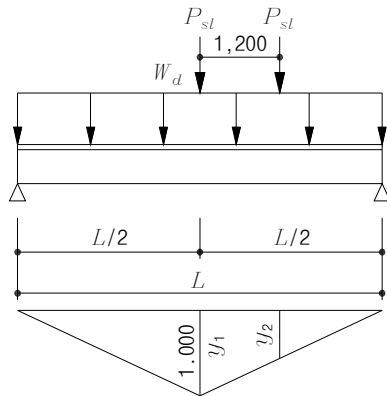
▪ 활하중에 의한 전단력(충격계수 포함)

$$V_{l+i} = P_{sl} \times (1+i) \times \Sigma y = 97.211 \times (1 + 0.300) \times 1.455 = 183.821 \text{ kN}$$

$$\therefore V_t = V_d + V_{l+i} = 19.822 + 183.821 = 203.643 \text{ kN}$$

(3) 모멘트 산정

⇒ 차륜하중 (DB-24) 재하시



▪ 최대 재하가능한 윤하중 수 $n = 1$

▪ 영향선 면적 : $A = 2.200 \times 1.000 / 2 = 1.100 \text{ m}^2$

▪ 고정하중에 의한 모멘트

$$M_d = W_d \times A \times L / 4$$

$$= 18.019 \times 1.100 \times 2.200 / 4 = 10.903 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

▪ 가로보 중앙에서 윤하중까지의 거리 및 증거

$$x_1 = 0.0 \text{ mm} \Rightarrow y_1 = 1.000$$

$$x_2 = - \text{mm} \Rightarrow y_2 = -$$

$$x_3 = - \text{mm} \Rightarrow y_3 = -$$

$$\Sigma y = 1.000$$

▪ 활하중에 의한 모멘트(충격계수 포함)

$$M_{I+i} = P_{sl} \times (1+i) \times \Sigma y \times L / 4 = 97.211 \times (1+0.300) \times 1.000 \times 2.200 / 4 = 69.510 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\therefore M_t = M_d + M_{I+i} = 10.903 + 69.510 = 80.412 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

2) 격자 해석

[3D Frame 해석결과]

구 분	단위	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	지점침하	합 계
		강재자중	슬래브 자중				
모 멘 트	kN·m	-53.352	-48.919	-77.285	-296.743	-3.445	-479.745
전 단 력	kN	-54.734	-41.194	4.976	-291.867	-3.030	-385.848

Frame 해석결과 : $V_{max} = 385.848 \text{ kN}$, $M_{max} = 479.745 \text{ kN} \cdot \text{m}$ (OutPut 참조)- 부재번호 73

3) 결 과 비 교

관용해석에서 나온 부재력과 Frame 해석에서 나온 부재력 중 불리한 값을 설계에 적용함.

계산적용부재력 : $V_{max} = 385.848 \text{ kN}$, $M_{max} = 479.745 \text{ kN} \cdot \text{m}$

4) 단 면 검 토

▪ 자유돌출판의 압축부 국부좌굴에 대한 허용응력

(도.설 해 3.4.2.2 표3.4.4)

- 상부 플랜지

$$b_{fu}' / 12.9 = 11.2 \text{ mm} \leq t_{fu} = 12.0 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \textcircled{1} f_{ca} = 140.0 \text{ MPa}$$

$$b_{fu}' / 16.0 = 9.0 \text{ mm} \leq t_{fu} = 12.0 \text{ mm} \geq b_{fu}' / 12.9 = 11.2 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \textcircled{1} f_{ca} = 24,000 (t_{fu}/b_{fu}')^2 = 166.7 \text{ MPa}$$

- 하부 플랜지

$$b_{fl}' / 12.9 = 11.2 \text{ mm} \leq t_{fl} = 12.0 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \textcircled{1} f_{ca} = 140.0 \text{ MPa}$$

$$b_{fl}' / 16.0 = 9.0 \text{ mm} \leq t_{fl} = 12.0 \text{ mm} \geq b_{fl}' / 12.9 = 11.2 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \textcircled{1} f_{ca} = 24,000 (t_{fl}/b_{fl}')^2 = 166.7 \text{ MPa}$$

▪ 허용 휨 압축응력

(도.설 해 3.3.2.1 표3.3.4)

- 상부 플랜지

A_w : 복부판의 총단면적 (mm ²)	⇒	12,000.0 mm ²	$A_w/A_c = 3.333 > 2.0$
A_c : 압축플랜지 총단면적 (mm ²)	⇒	3,600.0 mm ²	
L : 압축플랜지의 고정점간 거리 (mm)	⇒	2,200.1 mm	
b_{fu} : 압축플랜지 폭 (mm)	⇒	300.0 mm	
$K = \sqrt{3 + (A_w/2A_c)}$	⇒	2.160	

$$9.3/K = 4.3 < L / b_{fu} = 2,200.1 / 300.0 = 7.3$$

$$\Rightarrow ② \quad f_{ca} = 140.0 \text{ MPa}$$

$$9.3/K = 4.3 < L / b_{fu} = 2,200.1 / 300.0 = 7.3 \leq 30.0$$

$$\Rightarrow ② \quad f_{ca} = 140.0 - 1.24 (K \cdot L / b_{fu} - 9.3) = 140.0 - 1.24 \times (2.160 \times 2,200.1 / 300.0 - 9.3) = 131.9 \text{ MPa}$$

- 하부 플랜지

A_w : 복부판의 총단면적 (mm ²)	⇒	12,000.0 mm ²	$A_w/A_c = 3.333 > 2.0$
A_c : 압축플랜지 총단면적 (mm ²)	⇒	3,600.0 mm ²	
L : 압축플랜지의 고정점간 거리 (mm)	⇒	2,200.1 mm	
b_{fl} : 압축플랜지 폭 (mm)	⇒	300.0 mm	
$K = \sqrt{3 + (A_w/2A_c)}$	⇒	2.160	

$$9.3/K = 4.3 < L / b_{fl} = 2,200.1 / 300.0 = 7.3$$

$$\Rightarrow ② \quad f_{ca} = 140.0 \text{ MPa}$$

$$9.3/K = 4.3 < L / b_{fl} = 2,200.1 / 300.0 = 7.3 \leq 30.0$$

$$\Rightarrow ② \quad f_{ca} = 140.0 - 1.24 (K \cdot L / b_{fl} - 9.3) = 140.0 - 1.24 \times (2.160 \times 2,200.1 / 300.0 - 9.3) = 131.9 \text{ MPa}$$

∴ ②에 허용응력 값이 ①에 허용응력 값보다 작은 경우에는 허용 휨 압축응력에 대한 허용응력을 사용한

$$f_{ca} = 131.9 \text{ MPa} \quad , \quad f_{ta} = 140.0 \text{ MPa} \quad (\text{상부 플랜지}) \quad (\text{도.설 해 3.3.2.1 표3.3.1})$$

$$u_a = 80.0 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 해 3.3.2.1 표3.3.5})$$

∴ ②에 허용응력 값이 ①에 허용응력 값보다 작은 경우에는 허용 휨 압축응력에 대한 허용응력을 사용한

$$f_{ca} = 131.9 \text{ MPa} \quad , \quad f_{ta} = 140.0 \text{ MPa} \quad (\text{하부 플랜지}) \quad (\text{도.설 해 3.3.2.1 표3.3.1})$$

$$u_a = 80.0 \text{ MPa} \quad (\text{도.설 해 3.3.2.1 표3.3.5})$$

▪ 응력 검토

$$u = V_u / A_w = 385,848.4 / (1,000.0 \times 12.0)$$

$$u = 32.154 \text{ MPa} \leq u_a = 80.0 \text{ MPa} \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

$$f_u = M_u \cdot y_{su} / I_{33} = 479,744,890.0 \times 512.0 / 2,843,545,600.0$$

$$f_u = 86.381 \text{ MPa} \leq f_{ca} = 131.9 \text{ MPa} \quad (\text{상부 플랜지 압축인 경우}) \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

$$f_u = 86.381 \text{ MPa} \leq f_{ta} = 140.0 \text{ MPa} \quad (\text{상부 플랜지 인장인 경우}) \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

$$f_l = M_u \cdot y_{sl} / I_{33} = 479,744,890.0 \times 512.0 / 2,843,545,600.0$$

$$f_l = 86.381 \text{ MPa} \leq f_{ta} = 140.0 \text{ MPa} \quad (\text{하부 플랜지 인장인 경우}) \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

$$f_l = 86.381 \text{ MPa} \leq f_{ca} = 131.9 \text{ MPa} \quad (\text{하부 플랜지 압축인 경우}) \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

▪ 합성응력 검토

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{v}{v_a} \right)^2 \leq 1.2 \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

[상부 플랜지 인장, 하부 플랜지 압축]

$$\left(\frac{86.381}{131.887} \right)^2 + \left(\frac{32.154}{80.000} \right)^2 = 0.429 + 0.162 = 0.591 \leq 1.2 \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

[상부 플랜지 압축, 하부 플랜지 인장]

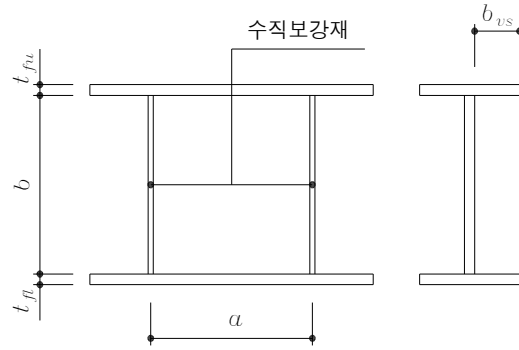
$$\left(\frac{86.381}{131.887} \right)^2 + \left(\frac{32.154}{80.000} \right)^2 = 0.429 + 0.162 = 0.591 \leq 1.2 \quad \dots\dots 0.K !!$$

[수직보강재를 생략할 수 있는 플랜지 순간격의 최대치] (도.설 해 3.8.5.1 표3.8.5)

71 $t_w = 852.0 \text{ mm} < h_w = 1,000.0 \text{ mm}$ 수직보강재 필요

5) 수직 보강재의 설계 (SM400B 사용)

- 수평 보강재 사용 단수 : $n = 0$
 복부판의 연섬유 압축응력 : $f = 86.381 \text{ MPa}$
 복부판의 전단응력 : $v = 32.154 \text{ MPa}$
 사용 수직 보강재의 폭 : $b_{vs} = 120.0 \text{ mm}$
 사용 수직 보강재의 두께 : $t_{vs} = 10.0 \text{ mm}$
 사용 수직 보강재의 간격 : $a = 1,100.0 \text{ mm}$
 상·하 양 플랜지의 순간격 : $b = 1,000.0 \text{ mm}$
 복부판의 두께 : $t = 12.0 \text{ mm}$



- 수직보강재 간격 검토

$$a / b = 1,100.0 / 1,000.0 = 1.100 \leq 1.500 \quad \dots\dots 0.K !!$$

- 수평 보강재를 사용하지 않을 경우

$$a / b > 1.00 \quad [b/100 \cdot t]^4 [\{f/365\}^2 + \{v/(81+61(b/a)^2)\}^2] \leq 1$$

$$a / b \leq 1.00 \quad [b/100 \cdot t]^4 [\{f/365\}^2 + \{v/(61+81(b/a)^2)\}^2] \leq 1$$

$$a / b > 1.00 \quad \text{이므로} \Rightarrow 0.056 \leq 1 \quad \dots\dots 0.K !!$$

- 수직 보강재의 강도검토

(도.설.해 3.8.5.2)

· 필요 강도

$$I_{(req)} = b \cdot t^3 \cdot r / 10.92 = 1,000.0 \times 12.0^3 \times 6.612 / 10.92 = 1.046E+06 \text{ mm}^4$$

· 수직 보강재의 소요강비

$$r = 8.0[b/a]^2 = 8.0 \times (1,000.0 / 1,100.0)^2 = 6.612$$

· 사용 강도

$$I_{(use)} = \frac{1}{3} \times 10.0 \times 120.0^3 \times 2ea = 1.152E+07 \text{ mm}^4$$

$$I_{(use)} = 1.152E+07 \text{ mm}^4 \geq I_{(req)} = 1.046E+06 \text{ mm}^4 \quad \dots\dots 0.K !!$$

- 수직보강재 최소 폭 및 두께 검토

(도.설.해 3.8.5.2)

$$b_{vs(req)} = 1,000.0 / 30 + 50 \text{ mm} = 83.333 \text{ mm} \leq b_{vs(use)} = 120.000 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

$$t_{vs(req)} = 120.0 / 13 = 9.231 \text{ mm} \leq t_{vs(use)} = 10.000 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

■ 공통 입력 사항

사용강재	단 위 중 량 (kN/m³)			강재 활용	차륜하중 (kN)		차륜하중제원 (mm)	
	콘크리트	포장	강재		P_r	P_f	L_1	B_1
SM400B	25.00	23.50	78.50	1.42708	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	1,000.0	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1CR02	300.0	144.0	300.0	144.0	1,100.0	12.0	12.0	12.0	3.557E+09	562.0	562.0
1CR03	300.0	144.0	300.0	144.0	1,100.0	12.0	12.0	12.0	3.557E+09	562.0	562.0
1CR04	300.0	144.0	300.0	144.0	1,100.0	12.0	12.0	12.0	3.557E+09	562.0	562.0
1CR05	300.0	144.0	300.0	144.0	1,100.0	12.0	12.0	12.0	3.557E+09	562.0	562.0
1CR06	300.0	144.0	300.0	144.0	1,100.0	12.0	12.0	12.0	3.557E+09	562.0	562.0
1CR07	300.0	144.0	300.0	144.0	1,100.0	12.0	12.0	12.0	3.557E+09	562.0	562.0
1CR08	300.0	144.0	300.0	144.0	1,100.0	12.0	12.0	12.0	3.557E+09	562.0	562.0
1CR09	300.0	144.0	300.0	144.0	1,100.0	12.0	12.0	12.0	3.557E+09	562.0	562.0
1CR10	300.0	144.0	300.0	144.0	1,100.0	12.0	12.0	12.0	3.557E+09	562.0	562.0
1CR11	300.0	144.0	300.0	144.0	1,100.0	12.0	12.0	12.0	3.557E+09	562.0	562.0
1CR12	300.0	144.0	300.0	144.0	1,100.0	12.0	12.0	12.0	3.557E+09	562.0	562.0
1CR13	300.0	144.0	300.0	144.0	1,100.0	12.0	12.0	12.0	3.557E+09	562.0	562.0
1CR14	300.0	144.0	300.0	144.0	1,100.0	12.0	12.0	12.0	3.557E+09	562.0	562.0
1CR15	300.0	144.0	300.0	144.0	1,100.0	12.0	12.0	12.0	3.557E+09	562.0	562.0
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	1,500.0	12.0	12.0	12.0	7.490E+09	762.0	762.0
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	1,100.0	12.0	12.0	12.0	3.557E+09	562.0	562.0
1CR20	300.0	144.0	300.0	144.0	1,100.0	12.0	12.0	12.0	3.557E+09	562.0	562.0
1CR21	300.0	144.0	300.0	144.0	1,100.0	12.0	12.0	12.0	3.557E+09	562.0	562.0
1CR22	300.0	144.0	300.0	144.0	1,100.0	12.0	12.0	12.0	3.557E+09	562.0	562.0
1CR23	300.0	144.0	300.0	144.0	1,100.0	12.0	12.0	12.0	3.557E+09	562.0	562.0
1CR24	300.0	144.0	300.0	144.0	1,100.0	12.0	12.0	12.0	3.557E+09	562.0	562.0
1CR25	300.0	144.0	300.0	144.0	1,100.0	12.0	12.0	12.0	3.557E+09	562.0	562.0
1CR26	300.0	144.0	300.0	144.0	1,100.0	12.0	12.0	12.0	3.557E+09	562.0	562.0
1CR27	300.0	144.0	300.0	144.0	1,100.0	12.0	12.0	12.0	3.557E+09	562.0	562.0
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	1,500.0	12.0	12.0	12.0	7.490E+09	762.0	762.0
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	1,100.0	12.0	12.0	12.0	3.557E+09	562.0	562.0
1CR32	300.0	144.0	300.0	144.0	1,100.0	12.0	12.0	12.0	3.557E+09	562.0	562.0
1CR33	300.0	144.0	300.0	144.0	1,100.0	12.0	12.0	12.0	3.557E+09	562.0	562.0
1CR34	300.0	144.0	300.0	144.0	1,100.0	12.0	12.0	12.0	3.557E+09	562.0	562.0
1CR35	300.0	144.0	300.0	144.0	1,100.0	12.0	12.0	12.0	3.557E+09	562.0	562.0
1CR36	300.0	144.0	300.0	144.0	1,100.0	12.0	12.0	12.0	3.557E+09	562.0	562.0
1CR37	300.0	144.0	300.0	144.0	1,000.0	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0

▪ 기타 제원

(단위:mm)

구 분	바닥판두께 t_s	포장두께 t_p	가로보 간격		가로보지간 L	비 고
			B_f	B_r		
1CR01	240.0	50.0	0.0	4,423.2	2,200.1	
1CR02	240.0	50.0	4,423.2	5,000.0	2,200.0	
1CR03	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,200.0	
1CR04	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,200.0	
1CR05	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,200.0	
1CR06	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,200.0	
1CR07	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,200.0	
1CR08	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,200.0	
1CR09	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,200.0	
1CR10	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,200.0	
1CR11	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,200.0	
1CR12	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,200.0	
1CR13	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,200.0	
1CR14	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,200.0	
1CR15	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,200.0	
1CR16	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,200.0	
1CR17	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,200.0	
1CR18	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,200.0	
1CR19	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,200.0	
1CR20	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,200.0	
1CR21	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,200.0	
1CR22	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,200.0	
1CR23	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,200.0	
1CR24	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,200.0	
1CR25	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,200.0	
1CR26	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,200.0	
1CR27	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,200.0	
1CR28	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,200.0	
1CR29	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,200.0	
1CR30	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,200.0	
1CR31	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,200.0	
1CR32	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,200.0	
1CR33	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,200.0	
1CR34	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,200.0	
1CR35	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,200.0	
1CR36	240.0	50.0	5,000.0	4,450.0	2,200.0	
1CR37	240.0	50.0	4,450.0	0.0	2,200.0	

- 부재 검토

(단위 : mm)

[illegible]

1) 관 용 해 석

▪ 작용 하중 산정

구 분	활하중 작용거리					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	223.2	0.000	0.000	1.000	0.000	0.050	
1CR02	223.2	0.0	0.0	0.0	800.0	0.050	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	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR11	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR12	800.0	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	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR25	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR26	800.0	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	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR35	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR36	800.0	0.0	0.0	0.0	250.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.056	
1CR37	250.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.056	0.000	1.000	0.000	0.000	

구 분	고 정 하 중 (kN/m)					활 하 중 (kN)			
	슬래브	포 장	강재자중	영향선면적	W_d	P_f'	P_r'	충격계수	P_{st}
1CR01	6.000	1.175	2.151	2.212	18.019	24.000	96.000	0.300	97.211
1CR02	6.000	1.175	2.285	4.712	36.091	24.000	96.000	0.300	112.571
1CR03	6.000	1.175	2.285	5.000	38.160	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR04	6.000	1.175	2.285	5.000	38.160	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR05	6.000	1.175	2.285	5.000	38.160	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR06	6.000	1.175	2.285	5.000	38.160	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR07	6.000	1.175	2.285	5.000	38.160	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR08	6.000	1.175	2.285	5.000	38.160	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR09	6.000	1.175	2.285	5.000	38.160	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR10	6.000	1.175	2.285	5.000	38.160	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR11	6.000	1.175	2.285	5.000	38.160	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR12	6.000	1.175	2.285	5.000	38.160	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR13	6.000	1.175	2.285	5.000	38.160	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR14	6.000	1.175	2.285	5.000	38.160	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR15	6.000	1.175	2.285	5.000	38.160	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR16	6.000	1.175	2.554	5.000	38.429	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR17	6.000	1.175	2.823	5.000	38.698	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR18	6.000	1.175	2.554	5.000	38.429	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR19	6.000	1.175	2.285	5.000	38.160	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR20	6.000	1.175	2.285	5.000	38.160	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR21	6.000	1.175	2.285	5.000	38.160	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR22	6.000	1.175	2.285	5.000	38.160	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR23	6.000	1.175	2.285	5.000	38.160	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR24	6.000	1.175	2.285	5.000	38.160	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR25	6.000	1.175	2.285	5.000	38.160	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR26	6.000	1.175	2.285	5.000	38.160	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR27	6.000	1.175	2.285	5.000	38.160	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR28	6.000	1.175	2.554	5.000	38.429	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR29	6.000	1.175	2.823	5.000	38.698	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR30	6.000	1.175	2.554	5.000	38.429	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR31	6.000	1.175	2.285	5.000	38.160	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR32	6.000	1.175	2.285	5.000	38.160	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR33	6.000	1.175	2.285	5.000	38.160	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR34	6.000	1.175	2.285	5.000	38.160	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR35	6.000	1.175	2.285	5.000	38.160	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR36	6.000	1.175	2.285	4.725	36.187	24.000	96.000	0.300	105.233
1CR37	6.000	1.175	2.151	2.225	18.115	24.000	96.000	0.300	97.348

■ 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	-	-	-	1.000	0.455	-	-	-	
1CR02	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.455	-	-	-	
1CR03	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.455	-	-	-	
1CR04	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.455	-	-	-	
1CR05	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.455	-	-	-	
1CR06	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.455	-	-	-	
1CR07	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.455	-	-	-	
1CR08	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.455	-	-	-	
1CR09	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.455	-	-	-	
1CR10	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.455	-	-	-	
1CR11	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.455	-	-	-	
1CR12	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.455	-	-	-	
1CR13	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.455	-	-	-	
1CR14	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.455	-	-	-	
1CR15	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.455	-	-	-	
1CR16	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.455	-	-	-	
1CR17	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.455	-	-	-	
1CR18	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.455	-	-	-	
1CR19	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.455	-	-	-	
1CR20	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.455	-	-	-	
1CR21	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.455	-	-	-	
1CR22	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.455	-	-	-	
1CR23	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.455	-	-	-	
1CR24	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.455	-	-	-	
1CR25	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.455	-	-	-	
1CR26	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.455	-	-	-	
1CR27	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.455	-	-	-	
1CR28	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.455	-	-	-	
1CR29	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.455	-	-	-	
1CR30	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.455	-	-	-	
1CR31	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.455	-	-	-	
1CR32	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.455	-	-	-	
1CR33	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.455	-	-	-	
1CR34	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.455	-	-	-	
1CR35	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.455	-	-	-	
1CR36	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.455	-	-	-	
1CR37	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.455	-	-	-	

구 분	윤하중 하중수 n	영향선면적 A	종거합 Σy	고정하중 V_d	활하중 V_{l+i}	V_t	비 고
1CR01	2.0	1.100	1.455	19.822	183.821	203.643	
1CR02	2.0	1.100	1.455	39.700	212.862	252.562	
1CR03	2.0	1.100	1.455	41.976	217.833	259.809	
1CR04	2.0	1.100	1.455	41.976	217.833	259.809	
1CR05	2.0	1.100	1.455	41.976	217.833	259.809	
1CR06	2.0	1.100	1.455	41.976	217.833	259.809	
1CR07	2.0	1.100	1.455	41.976	217.833	259.809	
1CR08	2.0	1.100	1.455	41.976	217.832	259.809	
1CR09	2.0	1.100	1.455	41.976	217.833	259.809	
1CR10	2.0	1.100	1.455	41.976	217.833	259.809	
1CR11	2.0	1.100	1.455	41.976	217.833	259.809	
1CR12	2.0	1.100	1.455	41.976	217.833	259.809	
1CR13	2.0	1.100	1.455	41.976	217.833	259.809	
1CR14	2.0	1.100	1.455	41.976	217.833	259.809	
1CR15	2.0	1.100	1.455	41.976	217.833	259.809	
1CR16	2.0	1.100	1.455	42.272	217.832	260.104	
1CR17	2.0	1.100	1.455	42.568	217.833	260.401	
1CR18	2.0	1.100	1.455	42.272	217.833	260.105	
1CR19	2.0	1.100	1.455	41.976	217.833	259.809	
1CR20	2.0	1.100	1.455	41.976	217.833	259.809	
1CR21	2.0	1.100	1.455	41.976	217.833	259.809	
1CR22	2.0	1.100	1.455	41.976	217.833	259.809	
1CR23	2.0	1.100	1.455	41.976	217.833	259.809	
1CR24	2.0	1.100	1.455	41.976	217.833	259.809	
1CR25	2.0	1.100	1.455	41.976	217.833	259.809	
1CR26	2.0	1.100	1.455	41.976	217.833	259.809	
1CR27	2.0	1.100	1.455	41.976	217.833	259.809	
1CR28	2.0	1.100	1.455	42.272	217.832	260.104	
1CR29	2.0	1.100	1.455	42.568	217.833	260.401	
1CR30	2.0	1.100	1.455	42.272	217.833	260.105	
1CR31	2.0	1.100	1.455	41.976	217.833	259.809	
1CR32	2.0	1.100	1.455	41.976	217.833	259.809	
1CR33	2.0	1.100	1.455	41.976	217.833	259.809	
1CR34	2.0	1.100	1.455	41.976	217.833	259.809	
1CR35	2.0	1.100	1.455	41.976	217.833	259.809	
1CR36	2.0	1.100	1.455	39.806	198.986	238.792	
1CR37	2.0	1.100	1.455	19.927	184.077	204.003	

■ 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	-	-	-	-	1.000	-	-	-	-	
1CR02	0.0	-	-	-	-	1.000	-	-	-	-	
1CR03	0.0	-	-	-	-	1.000	-	-	-	-	
1CR04	0.0	-	-	-	-	1.000	-	-	-	-	
1CR05	0.0	-	-	-	-	1.000	-	-	-	-	
1CR06	0.0	-	-	-	-	1.000	-	-	-	-	
1CR07	0.0	-	-	-	-	1.000	-	-	-	-	
1CR08	0.0	-	-	-	-	1.000	-	-	-	-	
1CR09	0.0	-	-	-	-	1.000	-	-	-	-	
1CR10	0.0	-	-	-	-	1.000	-	-	-	-	
1CR11	0.0	-	-	-	-	1.000	-	-	-	-	
1CR12	0.0	-	-	-	-	1.000	-	-	-	-	
1CR13	0.0	-	-	-	-	1.000	-	-	-	-	
1CR14	0.0	-	-	-	-	1.000	-	-	-	-	
1CR15	0.0	-	-	-	-	1.000	-	-	-	-	
1CR16	0.0	-	-	-	-	1.000	-	-	-	-	
1CR17	0.0	-	-	-	-	1.000	-	-	-	-	
1CR18	0.0	-	-	-	-	1.000	-	-	-	-	
1CR19	0.0	-	-	-	-	1.000	-	-	-	-	
1CR20	0.0	-	-	-	-	1.000	-	-	-	-	
1CR21	0.0	-	-	-	-	1.000	-	-	-	-	
1CR22	0.0	-	-	-	-	1.000	-	-	-	-	
1CR23	0.0	-	-	-	-	1.000	-	-	-	-	
1CR24	0.0	-	-	-	-	1.000	-	-	-	-	
1CR25	0.0	-	-	-	-	1.000	-	-	-	-	
1CR26	0.0	-	-	-	-	1.000	-	-	-	-	
1CR27	0.0	-	-	-	-	1.000	-	-	-	-	
1CR28	0.0	-	-	-	-	1.000	-	-	-	-	
1CR29	0.0	-	-	-	-	1.000	-	-	-	-	
1CR30	0.0	-	-	-	-	1.000	-	-	-	-	
1CR31	0.0	-	-	-	-	1.000	-	-	-	-	
1CR32	0.0	-	-	-	-	1.000	-	-	-	-	
1CR33	0.0	-	-	-	-	1.000	-	-	-	-	
1CR34	0.0	-	-	-	-	1.000	-	-	-	-	
1CR35	0.0	-	-	-	-	1.000	-	-	-	-	
1CR36	0.0	-	-	-	-	1.000	-	-	-	-	
1CR37	0.0	-	-	-	-	1.000	-	-	-	-	

구 분	n	영향선면적 A	증거합 Σy	고정하중 M_d	활하중 M_{l+i}	M_t	비 고
1CR01	1.0	1.100	1.000	10.903	69.510	80.412	
1CR02	1.0	1.100	1.000	21.835	80.488	102.323	
1CR03	1.0	1.100	1.000	23.087	82.368	105.455	
1CR04	1.0	1.100	1.000	23.087	82.368	105.455	
1CR05	1.0	1.100	1.000	23.087	82.368	105.455	
1CR06	1.0	1.100	1.000	23.087	82.368	105.455	
1CR07	1.0	1.100	1.000	23.087	82.368	105.455	
1CR08	1.0	1.100	1.000	23.087	82.368	105.455	
1CR09	1.0	1.100	1.000	23.087	82.368	105.455	
1CR10	1.0	1.100	1.000	23.087	82.368	105.455	
1CR11	1.0	1.100	1.000	23.087	82.368	105.455	
1CR12	1.0	1.100	1.000	23.087	82.368	105.455	
1CR13	1.0	1.100	1.000	23.087	82.368	105.455	
1CR14	1.0	1.100	1.000	23.087	82.368	105.455	
1CR15	1.0	1.100	1.000	23.087	82.368	105.455	
1CR16	1.0	1.100	1.000	23.250	82.368	105.618	
1CR17	1.0	1.100	1.000	23.412	82.368	105.780	
1CR18	1.0	1.100	1.000	23.250	82.368	105.618	
1CR19	1.0	1.100	1.000	23.087	82.368	105.455	
1CR20	1.0	1.100	1.000	23.087	82.368	105.455	
1CR21	1.0	1.100	1.000	23.087	82.368	105.455	
1CR22	1.0	1.100	1.000	23.087	82.368	105.455	
1CR23	1.0	1.100	1.000	23.087	82.368	105.455	
1CR24	1.0	1.100	1.000	23.087	82.368	105.455	
1CR25	1.0	1.100	1.000	23.087	82.368	105.455	
1CR26	1.0	1.100	1.000	23.087	82.368	105.455	
1CR27	1.0	1.100	1.000	23.087	82.368	105.455	
1CR28	1.0	1.100	1.000	23.250	82.368	105.618	
1CR29	1.0	1.100	1.000	23.412	82.368	105.780	
1CR30	1.0	1.100	1.000	23.250	82.368	105.618	
1CR31	1.0	1.100	1.000	23.087	82.368	105.455	
1CR32	1.0	1.100	1.000	23.087	82.368	105.455	
1CR33	1.0	1.100	1.000	23.087	82.368	105.455	
1CR34	1.0	1.100	1.000	23.087	82.368	105.455	
1CR35	1.0	1.100	1.000	23.087	82.368	105.455	
1CR36	1.0	1.100	1.000	21.893	75.242	97.135	
1CR37	1.0	1.100	1.000	10.960	69.604	80.564	

2) 격 자 해 석

▪ 격자해석에 의한 전단력 해석결과

(단위:kN)

구 분	단위	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	지점침하	V_t	부재 번호
		강재자중	슬래브 자중					
1CR01	kN	-54.734	-41.194	4.976	-291.867	-3.030	385.848	73
1CR02	kN	-10.340	-6.172	2.218	-90.248	-0.639	105.180	74
1CR03	kN	4.917	1.423	-2.803	150.565	0.128	154.230	75
1CR04	kN	5.229	1.356	-4.720	149.075	0.174	151.113	76
1CR05	kN	-0.894	-0.543	-5.278	-139.009	-0.129	145.852	77
1CR06	kN	-1.046	-0.472	-4.033	-135.238	-0.491	141.281	78
1CR07	kN	4.619	2.861	4.750	121.488	2.243	135.960	79
1CR08	kN	6.989	12.820	31.838	123.488	8.163	183.298	80
1CR09	kN	11.871	29.492	63.762	218.800	15.091	339.016	81
1CR10	kN	6.519	12.730	31.769	125.666	8.103	184.787	82
1CR11	kN	4.424	3.662	5.121	122.519	2.237	137.962	83
1CR12	kN	4.136	1.819	-3.041	135.602	0.341	138.857	84
1CR13	kN	4.266	1.695	-3.951	134.795	0.227	137.031	85
1CR14	kN	4.756	2.383	-1.190	129.862	0.868	136.679	86
1CR15	kN	4.590	4.790	8.177	112.851	2.797	133.206	87
1CR16	kN	5.575	17.437	41.417	161.421	9.971	235.821	88
1CR17	kN	24.570	57.549	105.102	351.392	20.965	559.579	89
1CR18	kN	19.098	28.849	49.613	155.851	9.226	262.636	90
1CR19	kN	7.387	7.278	9.814	111.906	2.754	139.139	91
1CR20	kN	-3.964	-2.398	-2.064	-126.604	-1.538	136.568	92
1CR21	kN	-2.621	-1.712	-4.852	-135.355	-0.262	144.801	93
1CR22	kN	5.068	1.845	-4.907	140.957	0.032	142.995	94
1CR23	kN	-0.941	-0.196	-4.844	-137.361	-0.020	143.362	95
1CR24	kN	5.617	2.216	-5.415	139.905	0.091	142.415	96
1CR25	kN	-0.979	-0.138	-4.746	-135.050	-0.150	141.063	97
1CR26	kN	-4.727	-3.063	-1.182	-126.131	-1.442	136.545	98
1CR27	kN	7.598	7.626	11.597	111.904	2.703	141.427	99
1CR28	kN	23.116	34.251	54.809	160.005	9.087	281.267	100
1CR29	kN	37.227	72.568	117.125	356.978	18.843	602.741	101
1CR30	kN	12.887	25.882	49.399	168.879	8.424	265.471	102
1CR31	kN	5.928	6.287	11.017	109.665	2.616	135.514	103
1CR32	kN	4.862	2.483	-0.327	127.664	0.885	135.566	104
1CR33	kN	-1.104	0.225	-4.337	-133.581	-0.315	139.112	105
1CR34	kN	4.287	1.467	-5.134	146.849	0.229	147.698	106
1CR35	kN	4.762	1.856	-2.975	148.967	0.190	152.800	107
1CR36	kN	-4.218	-3.853	6.218	-94.022	-1.009	96.885	108
1CR37	kN	-18.774	-26.758	20.951	-281.707	-5.091	311.380	109

■ 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	-53.352	-48.919	-77.285	-296.743	-3.445	479.745	73
1CR02	kN·m	-3.883	-12.077	-107.393	-75.161	-0.793	199.308	74
1CR03	kN·m	1.771	-7.492	-111.709	-154.672	-0.098	272.200	75
1CR04	kN·m	1.126	-7.854	-112.517	-154.254	-0.158	273.656	76
1CR05	kN·m	2.140	-6.977	-113.637	-149.622	-0.152	268.248	77
1CR06	kN·m	2.270	-7.076	-116.010	-145.655	-0.288	266.759	78
1CR07	kN·m	1.714	-9.650	-126.307	-125.500	-2.543	262.285	79
1CR08	kN·m	-0.591	-20.463	-156.918	-94.983	-9.234	282.188	80
1CR09	kN·m	-5.688	-38.817	-192.535	-189.314	-17.015	443.370	81
1CR10	kN·m	0.455	-20.031	-155.490	-99.159	-9.207	283.432	82
1CR11	kN·m	2.804	-9.982	-123.886	-130.532	-2.584	264.180	83
1CR12	kN·m	3.123	-7.919	-112.506	-147.267	-0.400	264.969	84
1CR13	kN·m	3.026	-7.505	-108.419	-148.351	-0.338	261.587	85
1CR14	kN·m	2.560	-7.658	-107.027	-144.823	-1.130	258.078	86
1CR15	kN·m	2.745	-9.518	-111.144	-129.529	-3.375	250.821	87
1CR16	kN·m	4.429	-24.671	-185.747	-136.354	-11.651	353.993	88
1CR17	kN·m	-13.423	-71.198	-306.734	-275.915	-24.191	691.461	89
1CR18	kN·m	-11.240	-37.820	-195.104	-133.207	-10.724	388.096	90
1CR19	kN·m	-1.433	-13.057	-113.334	-126.437	-3.187	257.448	91
1CR20	kN·m	4.839	-4.659	-106.559	-141.123	-1.017	248.519	92
1CR21	kN·m	2.682	-6.503	-107.618	-149.934	-0.165	261.538	93
1CR22	kN·m	-0.661	-10.089	-109.929	-151.326	-0.075	272.080	94
1CR23	kN·m	0.351	-8.945	-110.678	-151.297	-0.082	270.651	95
1CR24	kN·m	-1.067	-10.279	-109.149	-150.057	-0.041	270.592	96
1CR25	kN·m	1.194	-7.922	-107.308	-150.367	-0.114	264.516	97
1CR26	kN·m	6.064	-3.595	-107.161	-141.133	-0.980	246.805	98
1CR27	kN·m	-1.418	-13.288	-115.114	-126.062	-3.235	259.116	99
1CR28	kN·m	-15.743	-44.114	-201.089	-141.548	-10.705	413.199	100
1CR29	kN·m	-28.249	-89.155	-320.915	-286.072	-22.003	746.393	101
1CR30	kN·m	-4.114	-34.677	-194.592	-137.160	-9.990	380.532	102
1CR31	kN·m	0.965	-11.455	-113.585	-124.791	-3.167	252.032	103
1CR32	kN·m	2.008	-8.030	-106.559	-140.969	-1.105	254.654	104
1CR33	kN·m	2.809	-7.100	-105.251	-147.872	-0.293	257.707	105
1CR34	kN·m	2.297	-7.707	-105.563	-156.575	-0.262	267.809	106
1CR35	kN·m	1.844	-7.916	-106.852	-156.581	-0.220	269.725	107
1CR36	kN·m	6.533	-1.829	-113.369	-72.360	-1.257	182.282	108
1CR37	kN·m	-14.168	-33.071	-57.468	-284.659	-5.673	395.040	109

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	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	$9.3/K < L/bfu \leq 30.0 = 131.887$ MPa	
1CR02	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	$9.3/K < L/bfu \leq 30.0 = 131.540$ MPa	
1CR03	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	$9.3/K < L/bfu \leq 30.0 = 131.540$ MPa	
1CR04	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	$9.3/K < L/bfu \leq 30.0 = 131.540$ MPa	
1CR05	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	$9.3/K < L/bfu \leq 30.0 = 131.540$ MPa	
1CR06	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	$9.3/K < L/bfu \leq 30.0 = 131.540$ MPa	
1CR07	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	$9.3/K < L/bfu \leq 30.0 = 131.540$ MPa	
1CR08	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	$9.3/K < L/bfu \leq 30.0 = 131.540$ MPa	
1CR09	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	$9.3/K < L/bfu \leq 30.0 = 131.540$ MPa	
1CR10	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	$9.3/K < L/bfu \leq 30.0 = 131.540$ MPa	
1CR11	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	$9.3/K < L/bfu \leq 30.0 = 131.540$ MPa	
1CR12	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	$9.3/K < L/bfu \leq 30.0 = 131.540$ MPa	
1CR13	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	$9.3/K < L/bfu \leq 30.0 = 131.540$ MPa	
1CR14	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	$9.3/K < L/bfu \leq 30.0 = 131.540$ MPa	
1CR15	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	$9.3/K < L/bfu \leq 30.0 = 131.540$ MPa	
1CR16	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	$9.3/K < L/bfu \leq 30.0 = 130.863$ MPa	
1CR17	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	$9.3/K < L/bfu \leq 30.0 = 130.206$ MPa	
1CR18	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	$9.3/K < L/bfu \leq 30.0 = 130.863$ MPa	
1CR19	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	$9.3/K < L/bfu \leq 30.0 = 131.540$ MPa	
1CR20	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	$9.3/K < L/bfu \leq 30.0 = 131.540$ MPa	
1CR21	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	$9.3/K < L/bfu \leq 30.0 = 131.540$ MPa	
1CR22	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	$9.3/K < L/bfu \leq 30.0 = 131.540$ MPa	
1CR23	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	$9.3/K < L/bfu \leq 30.0 = 131.540$ MPa	
1CR24	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	$9.3/K < L/bfu \leq 30.0 = 131.540$ MPa	
1CR25	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	$9.3/K < L/bfu \leq 30.0 = 131.540$ MPa	
1CR26	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	$9.3/K < L/bfu \leq 30.0 = 131.540$ MPa	
1CR27	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	$9.3/K < L/bfu \leq 30.0 = 131.540$ MPa	
1CR28	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	$9.3/K < L/bfu \leq 30.0 = 130.863$ MPa	
1CR29	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	$9.3/K < L/bfu \leq 30.0 = 130.206$ MPa	
1CR30	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	$9.3/K < L/bfu \leq 30.0 = 130.863$ MPa	
1CR31	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	$9.3/K < L/bfu \leq 30.0 = 131.540$ MPa	
1CR32	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	$9.3/K < L/bfu \leq 30.0 = 131.540$ MPa	
1CR33	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	$9.3/K < L/bfu \leq 30.0 = 131.540$ MPa	
1CR34	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	$9.3/K < L/bfu \leq 30.0 = 131.540$ MPa	
1CR35	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	$9.3/K < L/bfu \leq 30.0 = 131.540$ MPa	
1CR36	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	$9.3/K < L/bfu \leq 30.0 = 131.540$ MPa	
1CR37	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	$9.3/K < L/bfu \leq 30.0 = 131.888$ MPa	

구 분	하 부 플 랜 지					비 고
	A_w	A_c	A_w/A_c	K	f_{ca}	
1CR01	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 131.887 MPa	
1CR02	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 131.540 MPa	
1CR03	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 131.540 MPa	
1CR04	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 131.540 MPa	
1CR05	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 131.540 MPa	
1CR06	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 131.540 MPa	
1CR07	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 131.540 MPa	
1CR08	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 131.540 MPa	
1CR09	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 131.540 MPa	
1CR10	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 131.540 MPa	
1CR11	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 131.540 MPa	
1CR12	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 131.540 MPa	
1CR13	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 131.540 MPa	
1CR14	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 131.540 MPa	
1CR15	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 131.540 MPa	
1CR16	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 130.863 MPa	
1CR17	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 130.206 MPa	
1CR18	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 130.863 MPa	
1CR19	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 131.540 MPa	
1CR20	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 131.540 MPa	
1CR21	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 131.540 MPa	
1CR22	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 131.540 MPa	
1CR23	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 131.540 MPa	
1CR24	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 131.540 MPa	
1CR25	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 131.540 MPa	
1CR26	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 131.540 MPa	
1CR27	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 131.540 MPa	
1CR28	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 130.863 MPa	
1CR29	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 130.206 MPa	
1CR30	15,600.0	3,600.0	4.333	2.273	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 130.863 MPa	
1CR31	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 131.540 MPa	
1CR32	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 131.540 MPa	
1CR33	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 131.540 MPa	
1CR34	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 131.540 MPa	
1CR35	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 131.540 MPa	
1CR36	13,200.0	3,600.0	3.667	2.198	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 131.540 MPa	
1CR37	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < L/bf l ≤ 30.0 = 131.888 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	385.85	479.74	131.89	140.00	80.00	131.89	140.00	80.00	
1CR02	252.56	199.31	131.54	140.00	80.00	131.54	140.00	80.00	
1CR03	259.81	272.20	131.54	140.00	80.00	131.54	140.00	80.00	
1CR04	259.81	273.66	131.54	140.00	80.00	131.54	140.00	80.00	
1CR05	259.81	268.25	131.54	140.00	80.00	131.54	140.00	80.00	
1CR06	259.81	266.76	131.54	140.00	80.00	131.54	140.00	80.00	
1CR07	259.81	262.29	131.54	140.00	80.00	131.54	140.00	80.00	
1CR08	259.81	282.19	131.54	140.00	80.00	131.54	140.00	80.00	
1CR09	339.02	443.37	131.54	140.00	80.00	131.54	140.00	80.00	
1CR10	259.81	283.43	131.54	140.00	80.00	131.54	140.00	80.00	
1CR11	259.81	264.18	131.54	140.00	80.00	131.54	140.00	80.00	
1CR12	259.81	264.97	131.54	140.00	80.00	131.54	140.00	80.00	
1CR13	259.81	261.59	131.54	140.00	80.00	131.54	140.00	80.00	
1CR14	259.81	258.08	131.54	140.00	80.00	131.54	140.00	80.00	
1CR15	259.81	250.82	131.54	140.00	80.00	131.54	140.00	80.00	
1CR16	260.10	353.99	130.86	140.00	80.00	130.86	140.00	80.00	
1CR17	559.58	691.46	130.21	140.00	80.00	130.21	140.00	80.00	
1CR18	262.64	388.10	130.86	140.00	80.00	130.86	140.00	80.00	
1CR19	259.81	257.45	131.54	140.00	80.00	131.54	140.00	80.00	
1CR20	259.81	248.52	131.54	140.00	80.00	131.54	140.00	80.00	
1CR21	259.81	261.54	131.54	140.00	80.00	131.54	140.00	80.00	
1CR22	259.81	272.08	131.54	140.00	80.00	131.54	140.00	80.00	
1CR23	259.81	270.65	131.54	140.00	80.00	131.54	140.00	80.00	
1CR24	259.81	270.59	131.54	140.00	80.00	131.54	140.00	80.00	
1CR25	259.81	264.52	131.54	140.00	80.00	131.54	140.00	80.00	
1CR26	259.81	246.80	131.54	140.00	80.00	131.54	140.00	80.00	
1CR27	259.81	259.12	131.54	140.00	80.00	131.54	140.00	80.00	
1CR28	281.27	413.20	130.86	140.00	80.00	130.86	140.00	80.00	
1CR29	602.74	746.39	130.21	140.00	80.00	130.21	140.00	80.00	
1CR30	265.47	380.53	130.86	140.00	80.00	130.86	140.00	80.00	
1CR31	259.81	252.03	131.54	140.00	80.00	131.54	140.00	80.00	
1CR32	259.81	254.65	131.54	140.00	80.00	131.54	140.00	80.00	
1CR33	259.81	257.71	131.54	140.00	80.00	131.54	140.00	80.00	
1CR34	259.81	267.81	131.54	140.00	80.00	131.54	140.00	80.00	
1CR35	259.81	269.72	131.54	140.00	80.00	131.54	140.00	80.00	
1CR36	238.79	182.28	131.54	140.00	80.00	131.54	140.00	80.00	
1CR37	311.38	395.04	131.89	140.00	80.00	131.89	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	32.15	80.00	0.K	86.38	131.89	140.00	0.K	86.38	131.89	140.00	0.K
1CR02	19.13	80.00	0.K	31.49	131.54	140.00	0.K	31.49	131.54	140.00	0.K
1CR03	19.68	80.00	0.K	43.01	131.54	140.00	0.K	43.01	131.54	140.00	0.K
1CR04	19.68	80.00	0.K	43.24	131.54	140.00	0.K	43.24	131.54	140.00	0.K
1CR05	19.68	80.00	0.K	42.38	131.54	140.00	0.K	42.38	131.54	140.00	0.K
1CR06	19.68	80.00	0.K	42.15	131.54	140.00	0.K	42.15	131.54	140.00	0.K
1CR07	19.68	80.00	0.K	41.44	131.54	140.00	0.K	41.44	131.54	140.00	0.K
1CR08	19.68	80.00	0.K	44.59	131.54	140.00	0.K	44.59	131.54	140.00	0.K
1CR09	25.68	80.00	0.K	70.05	131.54	140.00	0.K	70.05	131.54	140.00	0.K
1CR10	19.68	80.00	0.K	44.78	131.54	140.00	0.K	44.78	131.54	140.00	0.K
1CR11	19.68	80.00	0.K	41.74	131.54	140.00	0.K	41.74	131.54	140.00	0.K
1CR12	19.68	80.00	0.K	41.87	131.54	140.00	0.K	41.87	131.54	140.00	0.K
1CR13	19.68	80.00	0.K	41.33	131.54	140.00	0.K	41.33	131.54	140.00	0.K
1CR14	19.68	80.00	0.K	40.78	131.54	140.00	0.K	40.78	131.54	140.00	0.K
1CR15	19.68	80.00	0.K	39.63	131.54	140.00	0.K	39.63	131.54	140.00	0.K
1CR16	16.67	80.00	0.K	44.25	130.86	140.00	0.K	44.25	130.86	140.00	0.K
1CR17	31.09	80.00	0.K	70.34	130.21	140.00	0.K	70.34	130.21	140.00	0.K
1CR18	16.84	80.00	0.K	48.52	130.86	140.00	0.K	48.52	130.86	140.00	0.K
1CR19	19.68	80.00	0.K	40.68	131.54	140.00	0.K	40.68	131.54	140.00	0.K
1CR20	19.68	80.00	0.K	39.27	131.54	140.00	0.K	39.27	131.54	140.00	0.K
1CR21	19.68	80.00	0.K	41.32	131.54	140.00	0.K	41.32	131.54	140.00	0.K
1CR22	19.68	80.00	0.K	42.99	131.54	140.00	0.K	42.99	131.54	140.00	0.K
1CR23	19.68	80.00	0.K	42.76	131.54	140.00	0.K	42.76	131.54	140.00	0.K
1CR24	19.68	80.00	0.K	42.75	131.54	140.00	0.K	42.75	131.54	140.00	0.K
1CR25	19.68	80.00	0.K	41.79	131.54	140.00	0.K	41.79	131.54	140.00	0.K
1CR26	19.68	80.00	0.K	39.00	131.54	140.00	0.K	39.00	131.54	140.00	0.K
1CR27	19.68	80.00	0.K	40.94	131.54	140.00	0.K	40.94	131.54	140.00	0.K
1CR28	18.03	80.00	0.K	51.65	130.86	140.00	0.K	51.65	130.86	140.00	0.K
1CR29	33.49	80.00	0.K	75.93	130.21	140.00	0.K	75.93	130.21	140.00	0.K
1CR30	17.02	80.00	0.K	47.57	130.86	140.00	0.K	47.57	130.86	140.00	0.K
1CR31	19.68	80.00	0.K	39.82	131.54	140.00	0.K	39.82	131.54	140.00	0.K
1CR32	19.68	80.00	0.K	40.24	131.54	140.00	0.K	40.24	131.54	140.00	0.K
1CR33	19.68	80.00	0.K	40.72	131.54	140.00	0.K	40.72	131.54	140.00	0.K
1CR34	19.68	80.00	0.K	42.31	131.54	140.00	0.K	42.31	131.54	140.00	0.K
1CR35	19.68	80.00	0.K	42.62	131.54	140.00	0.K	42.62	131.54	140.00	0.K
1CR36	18.09	80.00	0.K	28.80	131.54	140.00	0.K	28.80	131.54	140.00	0.K
1CR37	25.95	80.00	0.K	71.13	131.89	140.00	0.K	71.13	131.89	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	0.429	0.162	0.591	1.2	0.K	0.429	0.162	0.591	1.2	0.K
1CR02	0.057	0.057	0.115	1.2	0.K	0.057	0.057	0.115	1.2	0.K
1CR03	0.107	0.061	0.167	1.2	0.K	0.107	0.061	0.167	1.2	0.K
1CR04	0.108	0.061	0.169	1.2	0.K	0.108	0.061	0.169	1.2	0.K
1CR05	0.104	0.061	0.164	1.2	0.K	0.104	0.061	0.164	1.2	0.K
1CR06	0.103	0.061	0.163	1.2	0.K	0.103	0.061	0.163	1.2	0.K
1CR07	0.099	0.061	0.160	1.2	0.K	0.099	0.061	0.160	1.2	0.K
1CR08	0.115	0.061	0.175	1.2	0.K	0.115	0.061	0.175	1.2	0.K
1CR09	0.284	0.103	0.387	1.2	0.K	0.284	0.103	0.387	1.2	0.K
1CR10	0.116	0.061	0.176	1.2	0.K	0.116	0.061	0.176	1.2	0.K
1CR11	0.101	0.061	0.161	1.2	0.K	0.101	0.061	0.161	1.2	0.K
1CR12	0.101	0.061	0.162	1.2	0.K	0.101	0.061	0.162	1.2	0.K
1CR13	0.099	0.061	0.159	1.2	0.K	0.099	0.061	0.159	1.2	0.K
1CR14	0.096	0.061	0.157	1.2	0.K	0.096	0.061	0.157	1.2	0.K
1CR15	0.091	0.061	0.151	1.2	0.K	0.091	0.061	0.151	1.2	0.K
1CR16	0.114	0.043	0.158	1.2	0.K	0.114	0.043	0.158	1.2	0.K
1CR17	0.292	0.151	0.443	1.2	0.K	0.292	0.151	0.443	1.2	0.K
1CR18	0.137	0.044	0.182	1.2	0.K	0.137	0.044	0.182	1.2	0.K
1CR19	0.096	0.061	0.156	1.2	0.K	0.096	0.061	0.156	1.2	0.K
1CR20	0.089	0.061	0.150	1.2	0.K	0.089	0.061	0.150	1.2	0.K
1CR21	0.099	0.061	0.159	1.2	0.K	0.099	0.061	0.159	1.2	0.K
1CR22	0.107	0.061	0.167	1.2	0.K	0.107	0.061	0.167	1.2	0.K
1CR23	0.106	0.061	0.166	1.2	0.K	0.106	0.061	0.166	1.2	0.K
1CR24	0.106	0.061	0.166	1.2	0.K	0.106	0.061	0.166	1.2	0.K
1CR25	0.101	0.061	0.161	1.2	0.K	0.101	0.061	0.161	1.2	0.K
1CR26	0.088	0.061	0.148	1.2	0.K	0.088	0.061	0.148	1.2	0.K
1CR27	0.097	0.061	0.157	1.2	0.K	0.097	0.061	0.157	1.2	0.K
1CR28	0.156	0.051	0.207	1.2	0.K	0.156	0.051	0.207	1.2	0.K
1CR29	0.340	0.175	0.515	1.2	0.K	0.340	0.175	0.515	1.2	0.K
1CR30	0.132	0.045	0.177	1.2	0.K	0.132	0.045	0.177	1.2	0.K
1CR31	0.092	0.061	0.152	1.2	0.K	0.092	0.061	0.152	1.2	0.K
1CR32	0.094	0.061	0.154	1.2	0.K	0.094	0.061	0.154	1.2	0.K
1CR33	0.096	0.061	0.156	1.2	0.K	0.096	0.061	0.156	1.2	0.K
1CR34	0.103	0.061	0.164	1.2	0.K	0.103	0.061	0.164	1.2	0.K
1CR35	0.105	0.061	0.166	1.2	0.K	0.105	0.061	0.166	1.2	0.K
1CR36	0.048	0.051	0.099	1.2	0.K	0.048	0.051	0.099	1.2	0.K
1CR37	0.291	0.105	0.396	1.2	0.K	0.291	0.105	0.396	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	1,000.0	852.0	필 요	0	86.381	32.154	120.0	10.0	1,100.0	1,000.0	12.0
1CR02	1,100.0	852.0	필 요	0	31.491	19.133	120.0	10.0	1,100.0	1,100.0	12.0
1CR03	1,100.0	852.0	필 요	0	43.009	19.683	120.0	10.0	1,100.0	1,100.0	12.0
1CR04	1,100.0	852.0	필 요	0	43.239	19.683	120.0	10.0	1,100.0	1,100.0	12.0
1CR05	1,100.0	852.0	필 요	0	42.384	19.683	120.0	10.0	1,100.0	1,100.0	12.0
1CR06	1,100.0	852.0	필 요	0	42.149	19.683	120.0	10.0	1,100.0	1,100.0	12.0
1CR07	1,100.0	852.0	필 요	0	41.442	19.683	120.0	10.0	1,100.0	1,100.0	12.0
1CR08	1,100.0	852.0	필 요	0	44.587	19.682	120.0	10.0	1,100.0	1,100.0	12.0
1CR09	1,100.0	852.0	필 요	0	70.054	25.683	120.0	10.0	1,100.0	1,100.0	12.0
1CR10	1,100.0	852.0	필 요	0	44.783	19.683	120.0	10.0	1,100.0	1,100.0	12.0
1CR11	1,100.0	852.0	필 요	0	41.742	19.683	120.0	10.0	1,100.0	1,100.0	12.0
1CR12	1,100.0	852.0	필 요	0	41.866	19.683	120.0	10.0	1,100.0	1,100.0	12.0
1CR13	1,100.0	852.0	필 요	0	41.332	19.683	120.0	10.0	1,100.0	1,100.0	12.0
1CR14	1,100.0	852.0	필 요	0	40.777	19.683	120.0	10.0	1,100.0	1,100.0	12.0
1CR15	1,100.0	852.0	필 요	0	39.631	19.683	120.0	10.0	1,100.0	1,100.0	12.0
1CR16	1,300.0	852.0	필 요	0	44.253	16.673	120.0	10.0	1,100.0	1,300.0	12.0
1CR17	1,500.0	852.0	필 요	0	70.345	31.088	120.0	10.0	1,100.0	1,500.0	12.0
1CR18	1,300.0	852.0	필 요	0	48.516	16.836	120.0	10.0	1,100.0	1,300.0	12.0
1CR19	1,100.0	852.0	필 요	0	40.678	19.683	120.0	10.0	1,100.0	1,100.0	12.0
1CR20	1,100.0	852.0	필 요	0	39.267	19.683	120.0	10.0	1,100.0	1,100.0	12.0
1CR21	1,100.0	852.0	필 요	0	41.324	19.683	120.0	10.0	1,100.0	1,100.0	12.0
1CR22	1,100.0	852.0	필 요	0	42.990	19.683	120.0	10.0	1,100.0	1,100.0	12.0
1CR23	1,100.0	852.0	필 요	0	42.764	19.683	120.0	10.0	1,100.0	1,100.0	12.0
1CR24	1,100.0	852.0	필 요	0	42.755	19.683	120.0	10.0	1,100.0	1,100.0	12.0
1CR25	1,100.0	852.0	필 요	0	41.795	19.683	120.0	10.0	1,100.0	1,100.0	12.0
1CR26	1,100.0	852.0	필 요	0	38.996	19.683	120.0	10.0	1,100.0	1,100.0	12.0
1CR27	1,100.0	852.0	필 요	0	40.941	19.683	120.0	10.0	1,100.0	1,100.0	12.0
1CR28	1,300.0	852.0	필 요	0	51.655	18.030	120.0	10.0	1,100.0	1,300.0	12.0
1CR29	1,500.0	852.0	필 요	0	75.933	33.486	120.0	10.0	1,100.0	1,500.0	12.0
1CR30	1,300.0	852.0	필 요	0	47.571	17.017	120.0	10.0	1,100.0	1,300.0	12.0
1CR31	1,100.0	852.0	필 요	0	39.822	19.683	120.0	10.0	1,100.0	1,100.0	12.0
1CR32	1,100.0	852.0	필 요	0	40.236	19.683	120.0	10.0	1,100.0	1,100.0	12.0
1CR33	1,100.0	852.0	필 요	0	40.719	19.683	120.0	10.0	1,100.0	1,100.0	12.0
1CR34	1,100.0	852.0	필 요	0	42.315	19.683	120.0	10.0	1,100.0	1,100.0	12.0
1CR35	1,100.0	852.0	필 요	0	42.618	19.683	120.0	10.0	1,100.0	1,100.0	12.0
1CR36	1,100.0	852.0	필 요	0	28.801	18.090	120.0	10.0	1,100.0	1,100.0	12.0
1CR37	1,000.0	852.0	필 요	0	71.130	25.948	120.0	10.0	1,100.0	1,000.0	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	1.100	1.500	0.K	0.056	1.000	0.K	1.046E+06	1.152E+07	0.K	
1CR02	1.000	3.000	0.K	0.018	1.000	0.K	1.393E+06	1.152E+07	0.K	
1CR03	1.000	3.000	0.K	0.023	1.000	0.K	1.393E+06	1.152E+07	0.K	
1CR04	1.000	3.000	0.K	0.023	1.000	0.K	1.393E+06	1.152E+07	0.K	
1CR05	1.000	3.000	0.K	0.023	1.000	0.K	1.393E+06	1.152E+07	0.K	
1CR06	1.000	3.000	0.K	0.023	1.000	0.K	1.393E+06	1.152E+07	0.K	
1CR07	1.000	3.000	0.K	0.023	1.000	0.K	1.393E+06	1.152E+07	0.K	
1CR08	1.000	3.000	0.K	0.024	1.000	0.K	1.393E+06	1.152E+07	0.K	
1CR09	1.000	1.500	0.K	0.049	1.000	0.K	1.393E+06	1.152E+07	0.K	
1CR10	1.000	3.000	0.K	0.024	1.000	0.K	1.393E+06	1.152E+07	0.K	
1CR11	1.000	3.000	0.K	0.023	1.000	0.K	1.393E+06	1.152E+07	0.K	
1CR12	1.000	3.000	0.K	0.023	1.000	0.K	1.393E+06	1.152E+07	0.K	
1CR13	1.000	3.000	0.K	0.023	1.000	0.K	1.393E+06	1.152E+07	0.K	
1CR14	1.000	3.000	0.K	0.022	1.000	0.K	1.393E+06	1.152E+07	0.K	
1CR15	1.000	3.000	0.K	0.022	1.000	0.K	1.393E+06	1.152E+07	0.K	
1CR16	0.846	3.000	0.K	0.033	1.000	0.K	2.299E+06	1.152E+07	0.K	
1CR17	0.733	1.500	0.K	0.143	1.000	0.K	3.531E+06	1.152E+07	0.K	
1CR18	0.846	3.000	0.K	0.037	1.000	0.K	2.299E+06	1.152E+07	0.K	
1CR19	1.000	3.000	0.K	0.022	1.000	0.K	1.393E+06	1.152E+07	0.K	
1CR20	1.000	3.000	0.K	0.022	1.000	0.K	1.393E+06	1.152E+07	0.K	
1CR21	1.000	3.000	0.K	0.023	1.000	0.K	1.393E+06	1.152E+07	0.K	
1CR22	1.000	3.000	0.K	0.023	1.000	0.K	1.393E+06	1.152E+07	0.K	
1CR23	1.000	3.000	0.K	0.023	1.000	0.K	1.393E+06	1.152E+07	0.K	
1CR24	1.000	3.000	0.K	0.023	1.000	0.K	1.393E+06	1.152E+07	0.K	
1CR25	1.000	3.000	0.K	0.023	1.000	0.K	1.393E+06	1.152E+07	0.K	
1CR26	1.000	3.000	0.K	0.022	1.000	0.K	1.393E+06	1.152E+07	0.K	
1CR27	1.000	3.000	0.K	0.022	1.000	0.K	1.393E+06	1.152E+07	0.K	
1CR28	0.846	3.000	0.K	0.042	1.000	0.K	2.299E+06	1.152E+07	0.K	
1CR29	0.733	1.500	0.K	0.167	1.000	0.K	3.531E+06	1.152E+07	0.K	
1CR30	0.846	3.000	0.K	0.037	1.000	0.K	2.299E+06	1.152E+07	0.K	
1CR31	1.000	3.000	0.K	0.022	1.000	0.K	1.393E+06	1.152E+07	0.K	
1CR32	1.000	3.000	0.K	0.022	1.000	0.K	1.393E+06	1.152E+07	0.K	
1CR33	1.000	3.000	0.K	0.022	1.000	0.K	1.393E+06	1.152E+07	0.K	
1CR34	1.000	3.000	0.K	0.023	1.000	0.K	1.393E+06	1.152E+07	0.K	
1CR35	1.000	3.000	0.K	0.023	1.000	0.K	1.393E+06	1.152E+07	0.K	
1CR36	1.000	3.000	0.K	0.016	1.000	0.K	1.393E+06	1.152E+07	0.K	
1CR37	1.100	1.500	0.K	0.037	1.000	0.K	1.046E+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	83.333	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR02	86.667	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR03	86.667	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR04	86.667	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR05	86.667	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR06	86.667	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR07	86.667	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR08	86.667	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR09	86.667	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR10	86.667	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR11	86.667	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR12	86.667	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR13	86.667	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR14	86.667	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR15	86.667	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR16	93.333	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR17	100.000	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR18	93.333	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR19	86.667	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR20	86.667	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR21	86.667	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR22	86.667	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR23	86.667	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR24	86.667	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR25	86.667	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR26	86.667	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR27	86.667	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR28	93.333	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR29	100.000	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR30	93.333	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR31	86.667	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR32	86.667	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR33	86.667	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR34	86.667	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR35	86.667	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR36	86.667	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	
1CR37	83.333	120.000	0.K	9.231	10.000	0.K	

7.2 가로보의 연결

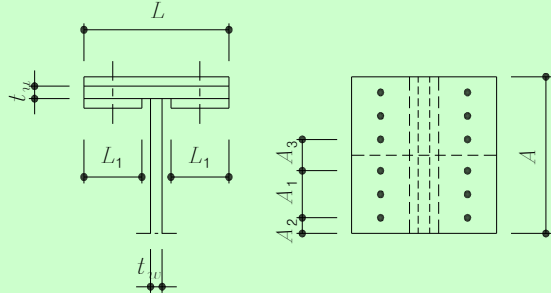
[1CR01]

(강종 : SM400B)

(가로보 계산 참조)

모멘트 $M(\text{kN})$	전단력 $V(\text{kN})$	상부FL.응력 $f_u(\text{MPa})$		하부FL.응력 $f_l(\text{MPa})$		허용휨인장응력 $f_{sa}(\text{MPa})$	단면2차모멘트 $I(\text{mm}^4)$
		인장	압축	압축	인장		
479.75	385.85	86.381	86.381	86.381	86.381	140.00	2.844E+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)



$t_u = 12.0 \text{ mm}$
 $t_w = 12.0 \text{ mm}$
 $L = 300.0 \text{ mm}$
 $L_1 = 124.0 \text{ mm}$
 $A = 505.0 \text{ mm}$
 $A_1 = 2 @ 85 \text{ mm}$
 $= 170.0 \text{ mm}$
 $A_2 = 40.0 \text{ mm}$
 $A_3 = 85.0 \text{ mm}$

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)

$$f_s = 86.4 \text{ MPa}$$

$$f_{s(min)} = 0.75 \times 140.0 = 105.0 \text{ MPa} \quad \therefore \text{이음부의 설계응력 } (f_u) \quad f_s' = 105.0 \text{ MPa 적용}$$

① 필요 BOLT수의 결정

$$n_{req} = A_s \times f_s' / \rho_{sa} = 3,600.0 \times 105.0 / 96,000.0 = 3.9ea \Rightarrow n_t = 6.0ea \dots\dots 0.K !!$$

② 이음판의 결정

- 필요 단면적 산정

$$A_{req} = A_s \times f_s' / f_{sa} = 3,600.0 = 3,600.0 \text{ mm}^2$$

- 사용 이음판 전단면적

$$A_{use} = 1 \text{ PL} - 300.0 \times 10.0 \times 505.0 = 3,000.0$$

$$2 \text{ PL} - 124.0 \times 10.0 \times 505.0 = 2,480.0$$

$$\Sigma = 5,480.0 \text{ mm}^2 \geq A_{req} \dots\dots 0.K !!$$

- 이음판의 응력

$$f_s = A_s \times f_s' / A_{use} = 3,600.0 \times 105.0 / 5,480.0 = 69.0 \text{ MPa} \leq f_{sa} \dots\dots 0.K !!$$

③ BOLT의 응력검토

- 축방향력 또는 전단력을 받는 판을 연결하는 경우의 BOLT 응력검토

$$\rho_p = P / n_t = 3,600.0 \times 105.0 / 6.0 = 63,000.0 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots\dots 0.K !!$$

- 휨에 의한 전단력을 받는 판을 수평방향으로 연결하는 BOLT의 응력검토

Q : 합성전 및 합성후의 부재 총단면의 중립축에 대한 전단력을 계산하는 접합선

외측의 단면1차 모멘트

$$Q = 300.0 \times 12.0 \times (512.0 - 6.0) = 1.822E+06 \text{ mm}^3$$

$$I = 2.844E+09 \text{ mm}^4 \quad [\text{총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트}]$$

$$p = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 BOLT수} = 300.0 / 2.0ea = 150.0 \text{ mm} \quad [\text{볼트의 피치}]$$

$$n = 3.0ea \quad [\text{접합선의 직각방향의 볼트의 수}]$$

$$\rho_h = V \cdot Q / I \times p / n$$

$$= 385.848^3 \times 1,821,600.0 / 2,843,550,000.0 \times 150.0 / 3.0 = 12,358.9 \text{ N/ea}$$

- 축방향력, 휨모멘트 및 전단력이 함께 작용하는 판을 연결할 경우의 BOLT 식

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{3.969E+09 + 1.527E+08} = 64,200.8 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \quad \dots\dots 0.K !!$$

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)

$$f_s = 86.4 \text{ MPa}$$

$$f_{s(min)} = 0.75 \times 140.0 = 105.0 \text{ MPa} \quad \therefore \text{이음부의 설계응력 } (f_u) \quad f_s' = 105.0 \text{ MPa 적용}$$

① 필요 BOLT수의 결정

$$n_{req} = A_s \times f_s' / \rho_{sa} = 3,600.0 \times 105.0 / 96,000.0 = 3.9ea \Rightarrow n_t = 6.0ea \quad \dots\dots 0.K !!$$

② 이음판의 결정

- 필요 단면적 산정

$$A_{req} = A_s \times f_s' / f_{sa} = 3,600.0 = 3,600.0 \text{ mm}^2$$

- 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)

$$A_n = 5,480.0 - 25.0 \times 10.0 \times 2.0 \text{열} \times 2.0ea = 4,480.0 \text{ mm}^2 \geq A_{req} \quad \dots\dots 0.K !!$$

- 이음판의 응력

$$f_s = A_s \times f_s' / A_n = 3,600.0 \times 105.0 / 4,480.0 = 84.4 \text{ MPa} \leq f_{sa} \quad \dots\dots 0.K !!$$

③ BOLT의 응력검토

- 축방향력 또는 전단력을 받는 판을 연결하는 경우의 BOLT 응력검토

$$\rho_p = P / n_t = 3,600.0 \times 105.0 / 6.0 = 63,000.0 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \quad \dots\dots 0.K !!$$

- 휨에 의한 전단력을 받는 판을 수평방향으로 연결하는 BOLT의 응력검토

Q : 합성전 및 합성후의 부재 총단면의 중립축에 대한 전단력을 계산하는 접합선

외측의 단면1차 모멘트

$$Q = 300.0 \times 12.0 \times (512.0 - 6.0) = 1.822E+06 \text{ mm}^3$$

$$I = 2.844E+09 \text{ mm}^4 \quad [\text{총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트}]$$

$$p = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 BOLT수} = 300.0 / 2.0ea = 150.0 \text{ mm} \quad [\text{볼트의 피치}]$$

$$n = 3.0ea \quad [\text{접합선의 직각방향의 볼트의 수}]$$

$$\rho_h = V \cdot Q / I \times p / n$$

$$= 385.848^3 \times 1,821,600.0 / 2,843,550,000.0 \times 150.0 / 3.0 = 12,358.9 \text{ N/ea}$$

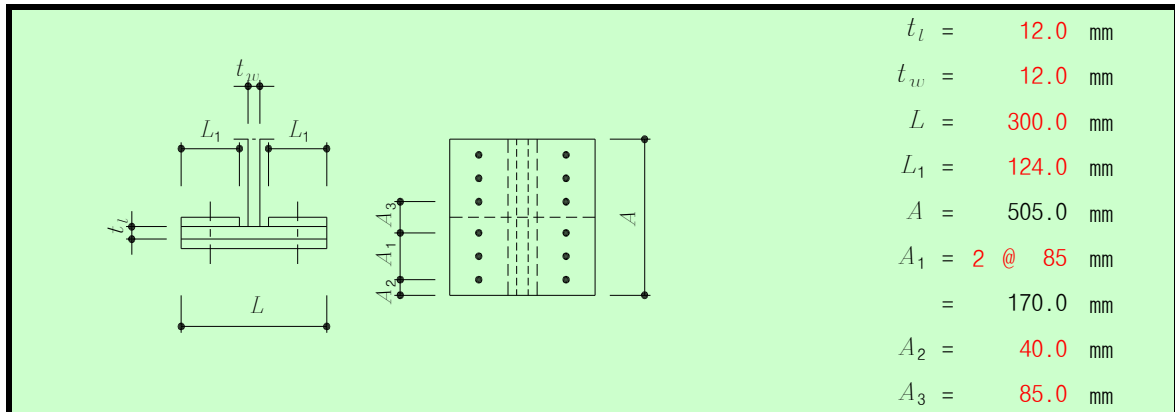
- 축방향력, 휨모멘트 및 전단력이 함께 작용하는 판을 연결할 경우의 BOLT 식

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{3.969E+09 + 1.527E+08} = 64,200.8 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \quad \dots\dots 0.K !!$$

④ 모재의 응력검토

$$A_{sn} = 12.0 \times (300.0 - 25.0 \times 2.0) = 3,000.0 \text{ mm}^2$$

$$f_u = A_s \times f_s' / A_{sn} = 3,600.0 \times 105.0 / 3,000.0 = 126.0 \text{ MPa} \leq f_{sa} \quad \dots\dots 0.K !!$$



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)

$$f_s = 86.4 \text{ MPa}$$

$$f_{s(min)} = 0.75 \times 140.0 = 105.0 \text{ MPa} \quad \therefore \text{이음부의 설계응력 } (f_t) \quad f_s' = 105.0 \text{ MPa 적용}$$

① 필요 BOLT수의 결정

$$n_{req} = A_s \times f_s' / \rho_{sa} = 3,600.0 \times 105.0 / 96,000.0 = 3.9ea \Rightarrow n_t = 6.0ea \quad \dots\dots 0.K !!$$

② 이음판의 결정

- 필요 단면적 산정

$$A_{req} = A_s \times f_s' / f_{sa} = 3,600.0 = 3,600.0 \text{ mm}^2$$

- 사용 이음판 전단면적

$$A_{use} = 1 \text{ PL} - 300.0 \times 10.0 \times 505.0 = 3,000.0$$

$$2 \text{ PL} - 124.0 \times 10.0 \times 505.0 = 2,480.0$$

$$\Sigma = 5,480.0 \text{ mm}^2 \geq A_{req} \quad \dots\dots 0.K !!$$

- 이음판의 응력

$$f_s = A_s \times f_s' / A_{use} = 3,600.0 \times 105.0 / 5,480.0 = 69.0 \text{ MPa} \leq f_{sa} \quad \dots\dots 0.K !!$$

③ BOLT의 응력검토

- 축방향력 또는 전단력을 받는 판을 연결하는 경우의 BOLT 응력검토

$$\rho_p = P / n_t = 3,600.0 \times 105.0 / 6.0 = 63,000.0 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \quad \dots\dots 0.K !!$$

- 휨에 의한 전단력을 받는 판을 수평방향으로 연결하는 BOLT의 응력검토

Q : 합성전 및 합성후의 부재 총단면의 중립축에 대한 전단력을 계산하는 접합선

외측의 단면1차 모멘트

$$Q = 300.0 \times 12.0 \times (512.0 - 6.0) = 1.822E+06 \text{ mm}^3$$

$$I = 2.844E+09 \text{ mm}^4 \quad [\text{총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트}]$$

$$p = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 BOLT수} = 300.0 / 2.0ea = 150.0 \text{ mm} \quad [\text{볼트의 피치}]$$

$$n = 3.0ea \quad [\text{접합선의 직각방향의 볼트의 수}]$$

$$\rho_h = V \cdot Q / I \times p / n$$

$$= 385.848^3 \times 1,821,600.0 / 2,843,550,000.0 \times 150.0 / 3.0 = 12,358.9 \text{ N/ea}$$

- 축방향력, 휨모멘트 및 전단력이 함께 작용하는 판을 연결할 경우의 BOLT 식

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{3.969E+09 + 1.527E+08} = 64,200.8 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \quad \dots\dots 0.K !!$$

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)

$$f_s = 86.4 \text{ MPa}$$

$$f_{s(min)} = 0.75 \times 140.0 = 105.0 \text{ MPa} \quad \therefore \text{이음부의 설계응력 } (f_t) \quad f_s' = 105.0 \text{ MPa 적용}$$

① 필요 BOLT수의 결정

$$n_{req} = A_s \times f_s' / \rho_{sa} = 3,600.0 \times 105.0 / 96,000.0 = 3.9ea \Rightarrow n_t = 6.0ea \quad \dots\dots 0.K !!$$

② 이음판의 결정

- 필요 단면적 산정

$$A_{req} = A_s \times f_s' / f_{sa} = 3,600.0 = 3,600.0 \text{ mm}^2$$

- 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)

$$A_n = 5,480.0 - 25.0 \times 10.0 \times 2.0 \times 2.0ea = 4,480.0 \text{ mm}^2 \geq A_{req} \quad \dots\dots 0.K !!$$

- 이음판의 응력

$$f_s = A_s \times f_s' / A_n = 3,600.0 \times 105.0 / 4,480.0 = 84.4 \text{ MPa} \leq f_{sa} \quad \dots\dots 0.K !!$$

③ BOLT의 응력검토

- 축방향력 또는 전단력을 받는 판을 연결하는 경우의 BOLT 응력검토

$$\rho_p = P / n_t = 3,600.0 \times 105.0 / 6.0 = 63,000.0 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \quad \dots\dots 0.K !!$$

- 휨에 의한 전단력을 받는 판을 수평방향으로 연결하는 BOLT의 응력검토

Q : 합성전 및 합성후의 부재 총단면의 중립축에 대한 전단력을 계산하는 접합선

외측의 단면1차 모멘트

$$Q = 300.0 \times 12.0 \times (512.0 - 6.0) = 1.822E+06 \text{ mm}^3$$

$$I = 2.844E+09 \text{ mm}^4 \quad [\text{총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트}]$$

$$p = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 BOLT수} = 300.0 / 2.0ea = 150.0 \text{ mm} \quad [\text{볼트의 피치}]$$

$$n = 3.0ea \quad [\text{접합선의 직각방향의 볼트의 수}]$$

$$\rho_h = V \cdot Q / I \times p / n$$

$$= 385.848^3 \times 1,821,600.0 / 2,843,550,000.0 \times 150.0 / 3.0 = 12,358.9 \text{ N/ea}$$

- 축방향력, 휨모멘트 및 전단력이 함께 작용하는 판을 연결할 경우의 BOLT 식

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{3.969\text{E}+09 + 1.527\text{E}+08} = 64,200.8 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \quad \dots\dots 0.K !!$$

④ 모재의 응력검토

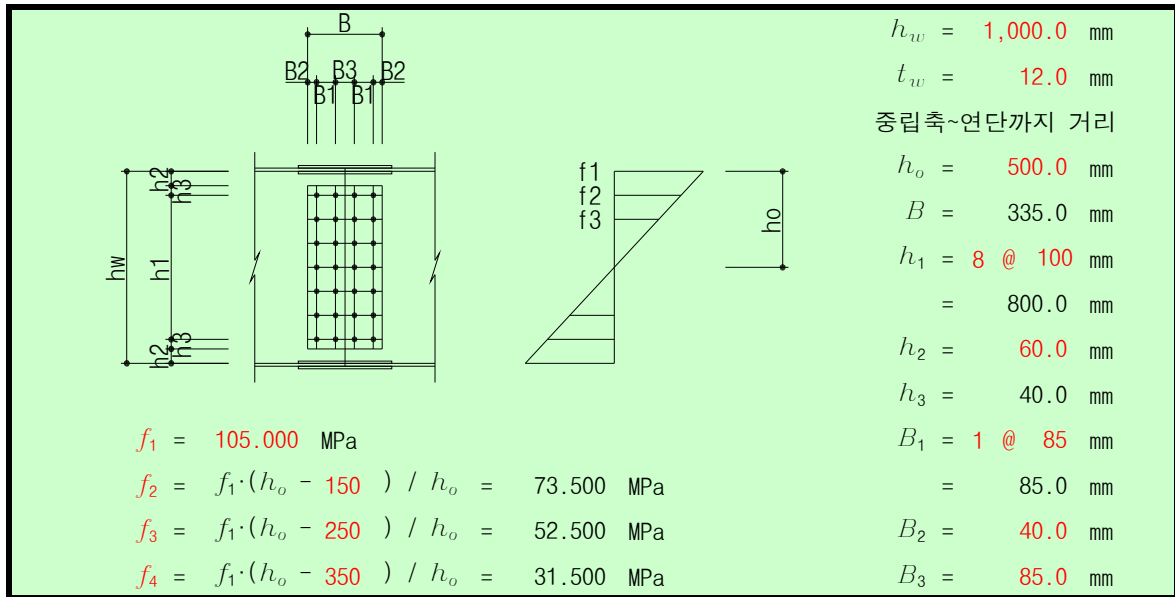
$$A_{sn} = 12.0 \times (300.0 - 25.0 \times 2.0) = 3,000.0 \text{ mm}^2$$

$$f_u = A_s \times f_s' / A_{sn} = 3,600.0 \times 105.0 / 3,000.0 = 126.0 \text{ MPa} \leq f_{sa} \quad \dots\dots 0.K !!$$

5) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

- 힘에 의한 BOLT의 응력



$$\text{제1열 } \rho_p = (105.00 + 73.500) / 2 \times 150.0 \times 12.0 / 2 = 8.03\text{E}+04 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \quad \dots\dots 0.K !!$$

- 전단력에 의한 볼트의 응력

$$\rho_s = 385.848 / 18.0\text{ea} = 2.14\text{E}+04 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \quad \dots\dots 0.K !!$$

- 합성 응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{6.452\text{E}+09 + 4.595\text{E}+08} = 8.31\text{E}+04 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \quad \dots\dots 0.K !!$$

② 이음판의 응력계산

- 복부판의 단면2차 모멘트

$$I_w = 12.0 \times 1,000.0^3 / 12 = 1.00\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

- 가로보 중립축에서 이음판 상연까지의 거리

$$y_{su} = 1,000.0 / 2 - 60.0 = 440.0 \text{ mm}$$

- 가로보 이음판의 단면2차모멘트

구 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
2 - 880.0 × 12.0	21,120.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	1.363E+09
합 계	21,120.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	1.363E+09

$$I_s = I_{xo} + AY^2 = 1,362,944,000.0 + 0.0 = 1.36\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

- 가로보 복부판이 담당하는 휨모멘트

$$M_w = M \cdot I_w / I = 479.745 \times 0.001000 / 0.002844 = 168.713 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- 가로보 이음판의 응력검토

$$f_w = M_w \cdot y_{su} / I_s = 168.713 \times 440.0 / 1,362,944,000.0 = 54.466 \text{ MPa} \leq f_{sa} \quad \dots\dots 0.K !!$$

▪ 공통 입력 사항 (강종 및 사용 BOLT 제원)

사용강재	볼 트 제 원	볼트 허용 응력 (N)
SM400B	H.T.B M22 F 10T	96,000.0

▪ 작용 단면력 및 응력

구 분	모멘트 $M(kN)$	전단력 $V(kN)$	상부FL.응력 $f_u(MPa)$		하부FL.응력 $f_l(MPa)$		f_{sa} (MPa)	I (mm ⁴)
			인장	압축	압축	인장		
1CR01	479.75	385.85	86.381	86.381	86.381	86.381	140.00	2.844E+09
1CR02	199.31	252.56	31.491	31.491	31.491	31.491	140.00	3.557E+09
1CR03	272.20	259.81	43.009	43.009	43.009	43.009	140.00	3.557E+09
1CR04	273.66	259.81	43.239	43.239	43.239	43.239	140.00	3.557E+09
1CR05	268.25	259.81	42.385	42.385	42.385	42.385	140.00	3.557E+09
1CR06	266.76	259.81	42.149	42.149	42.149	42.149	140.00	3.557E+09
1CR07	262.29	259.81	41.442	41.442	41.442	41.442	140.00	3.557E+09
1CR08	282.19	259.81	44.587	44.587	44.587	44.587	140.00	3.557E+09
1CR09	443.37	339.02	70.054	70.054	70.054	70.054	140.00	3.557E+09
1CR10	283.43	259.81	44.783	44.783	44.783	44.783	140.00	3.557E+09
1CR11	264.18	259.81	41.742	41.742	41.742	41.742	140.00	3.557E+09
1CR12	264.97	259.81	41.866	41.866	41.866	41.866	140.00	3.557E+09
1CR13	261.59	259.81	41.332	41.332	41.332	41.332	140.00	3.557E+09
1CR14	258.08	259.81	40.777	40.777	40.777	40.777	140.00	3.557E+09
1CR15	250.82	259.81	39.631	39.631	39.631	39.631	140.00	3.557E+09
1CR16	353.99	260.11	44.253	44.253	44.253	44.253	140.00	5.296E+09
1CR17	691.46	559.58	70.345	70.345	70.345	70.345	140.00	7.490E+09
1CR18	388.10	262.64	48.517	48.517	48.517	48.517	140.00	5.296E+09
1CR19	257.45	259.81	40.678	40.678	40.678	40.678	140.00	3.557E+09
1CR20	248.52	259.81	39.267	39.267	39.267	39.267	140.00	3.557E+09
1CR21	261.54	259.81	41.324	41.324	41.324	41.324	140.00	3.557E+09
1CR22	272.08	259.81	42.990	42.990	42.990	42.990	140.00	3.557E+09
1CR23	270.65	259.81	42.764	42.764	42.764	42.764	140.00	3.557E+09
1CR24	270.59	259.81	42.755	42.755	42.755	42.755	140.00	3.557E+09
1CR25	264.52	259.81	41.795	41.795	41.795	41.795	140.00	3.557E+09
1CR26	246.81	259.81	38.996	38.996	38.996	38.996	140.00	3.557E+09
1CR27	259.12	259.81	40.942	40.942	40.942	40.942	140.00	3.557E+09
1CR28	413.20	281.27	51.655	51.655	51.655	51.655	140.00	5.296E+09
1CR29	746.39	602.74	75.933	75.933	75.933	75.933	140.00	7.490E+09
1CR30	380.53	265.47	47.571	47.571	47.571	47.571	140.00	5.296E+09
1CR31	252.03	259.81	39.822	39.822	39.822	39.822	140.00	3.557E+09
1CR32	254.66	259.81	40.237	40.237	40.237	40.237	140.00	3.557E+09
1CR33	257.71	259.81	40.719	40.719	40.719	40.719	140.00	3.557E+09
1CR34	267.81	259.81	42.315	42.315	42.315	42.315	140.00	3.557E+09
1CR35	269.73	259.81	42.618	42.618	42.618	42.618	140.00	3.557E+09
1CR36	182.28	238.79	28.801	28.801	28.801	28.801	140.00	3.557E+09
1CR37	395.04	311.38	71.130	71.130	71.130	71.130	140.00	2.844E+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	12.0	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	12.0	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	12.0	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	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR36	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR37	12.0	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	86.4	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR02	31.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR03	43.0	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR04	43.2	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR05	42.4	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR06	42.1	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR07	41.4	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR08	44.6	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR09	70.1	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR10	44.8	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR11	41.7	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR12	41.9	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR13	41.3	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR14	40.8	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR15	39.6	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR16	44.3	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR17	70.3	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR18	48.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR19	40.7	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR20	39.3	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR21	41.3	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR22	43.0	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR23	42.8	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR24	42.8	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR25	41.8	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR26	39.0	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR27	40.9	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR28	51.7	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR29	75.9	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR30	47.6	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR31	39.8	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR32	40.2	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR33	40.7	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR34	42.3	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR35	42.6	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR36	28.8	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR37	71.1	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	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	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	12,358.9	64,200.8	0.K
1CR02	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,106.4	63,399.5	0.K
1CR03	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR04	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR05	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR06	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR07	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR08	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR09	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	9,538.9	63,718.1	0.K
1CR10	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR11	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR12	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR13	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR14	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR15	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR16	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	5,799.9	63,266.4	0.K
1CR17	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,166.4	63,815.0	0.K
1CR18	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	5,856.3	63,271.6	0.K
1CR19	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR20	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR21	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR22	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR23	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR24	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR25	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR26	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR27	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR28	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	6,271.8	63,311.4	0.K
1CR29	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,950.5	63,944.6	0.K
1CR30	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	5,919.5	63,277.5	0.K
1CR31	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR32	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR33	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR34	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR35	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR36	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	6,718.9	63,357.3	0.K
1CR37	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	9,973.6	63,784.6	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	86.4	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR02	31.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR03	43.0	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR04	43.2	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR05	42.4	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR06	42.1	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR07	41.4	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR08	44.6	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR09	70.1	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR10	44.8	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR11	41.7	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR12	41.9	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR13	41.3	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR14	40.8	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR15	39.6	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR16	44.3	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR17	70.3	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR18	48.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR19	40.7	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR20	39.3	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR21	41.3	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR22	43.0	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR23	42.8	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR24	42.8	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR25	41.8	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR26	39.0	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR27	40.9	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR28	51.7	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR29	75.9	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR30	47.6	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR31	39.8	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR32	40.2	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR33	40.7	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR34	42.3	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR35	42.6	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR36	28.8	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR37	71.1	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	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	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	12,358.9	64,200.8	0.K
1CR02	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,106.4	63,399.5	0.K
1CR03	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR04	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR05	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR06	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR07	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR08	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR09	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	9,538.9	63,718.1	0.K
1CR10	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR11	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR12	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR13	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR14	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR15	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR16	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	5,799.9	63,266.4	0.K
1CR17	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,166.4	63,815.0	0.K
1CR18	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	5,856.3	63,271.6	0.K
1CR19	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR20	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR21	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR22	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR23	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR24	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR25	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR26	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR27	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR28	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	6,271.8	63,311.4	0.K
1CR29	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,950.5	63,944.6	0.K
1CR30	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	5,919.5	63,277.5	0.K
1CR31	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR32	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR33	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR34	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR35	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR36	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	6,718.9	63,357.3	0.K
1CR37	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	9,973.6	63,784.6	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	12.0	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	12.0	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	12.0	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	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR36	12.0	12.0	300.0	124.0	505.0	2 @ 85 = 170.0	40.0	85.0
1CR37	12.0	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	86.4	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR02	31.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR03	43.0	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR04	43.2	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR05	42.4	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR06	42.1	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR07	41.4	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR08	44.6	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR09	70.1	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR10	44.8	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR11	41.7	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR12	41.9	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR13	41.3	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR14	40.8	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR15	39.6	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR16	44.3	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR17	70.3	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR18	48.5	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR19	40.7	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR20	39.3	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR21	41.3	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR22	43.0	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR23	42.8	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR24	42.8	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR25	41.8	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR26	39.0	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR27	40.9	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR28	51.7	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR29	75.9	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR30	47.6	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR31	39.8	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR32	40.2	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR33	40.7	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR34	42.3	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR35	42.6	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR36	28.8	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	0.K	
1CR37	71.1	105.0	105.0	3,600.0	5,480.0	140.0	69.0	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	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	12,358.9	64,200.8	0.K
1CR02	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,106.4	63,399.5	0.K
1CR03	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR04	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR05	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR06	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR07	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR08	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR09	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	9,538.9	63,718.1	0.K
1CR10	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR11	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR12	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR13	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR14	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR15	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR16	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	5,799.9	63,266.4	0.K
1CR17	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,166.4	63,815.0	0.K
1CR18	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	5,856.3	63,271.6	0.K
1CR19	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR20	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR21	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR22	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR23	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR24	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR25	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR26	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR27	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR28	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	6,271.8	63,311.4	0.K
1CR29	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,950.5	63,944.6	0.K
1CR30	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	5,919.5	63,277.5	0.K
1CR31	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR32	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR33	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR34	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR35	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR36	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	6,718.9	63,357.3	0.K
1CR37	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	9,973.6	63,784.6	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	86.4	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR02	31.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR03	43.0	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR04	43.2	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR05	42.4	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR06	42.1	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR07	41.4	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR08	44.6	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR09	70.1	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR10	44.8	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR11	41.7	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR12	41.9	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR13	41.3	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR14	40.8	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR15	39.6	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR16	44.3	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR17	70.3	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR18	48.5	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR19	40.7	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR20	39.3	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR21	41.3	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR22	43.0	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR23	42.8	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR24	42.8	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR25	41.8	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR26	39.0	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR27	40.9	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR28	51.7	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR29	75.9	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR30	47.6	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR31	39.8	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR32	40.2	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR33	40.7	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR34	42.3	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR35	42.6	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR36	28.8	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	126.0	0.K
1CR37	71.1	105.0	105.0	3,000.0	3,600.0	4,480.0	0.K	140.0	84.4	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	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	12,358.9	64,200.8	0.K
1CR02	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,106.4	63,399.5	0.K
1CR03	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR04	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR05	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR06	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR07	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR08	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR09	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	9,538.9	63,718.1	0.K
1CR10	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR11	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR12	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR13	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR14	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR15	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR16	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	5,799.9	63,266.4	0.K
1CR17	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,166.4	63,815.0	0.K
1CR18	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	5,856.3	63,271.6	0.K
1CR19	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR20	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR21	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR22	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR23	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR24	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR25	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR26	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR27	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR28	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	6,271.8	63,311.4	0.K
1CR29	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	10,950.5	63,944.6	0.K
1CR30	2.362E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	5,919.5	63,277.5	0.K
1CR31	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR32	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR33	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR34	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR35	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	7,310.3	63,422.7	0.K
1CR36	2.002E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	6,718.9	63,357.3	0.K
1CR37	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	0.K	96,000.0	63,000.0	9,973.6	63,784.6	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	1,000.0	12.0	12.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.36E+09	140.0	54.5	0.K
1CR02	1,100.0	12.0	12.0	550.0	1.33E+09	490.0	1.88E+09	140.0	19.4	0.K
1CR03	1,100.0	12.0	12.0	550.0	1.33E+09	490.0	1.88E+09	140.0	26.5	0.K
1CR04	1,100.0	12.0	12.0	550.0	1.33E+09	490.0	1.88E+09	140.0	26.7	0.K
1CR05	1,100.0	12.0	12.0	550.0	1.33E+09	490.0	1.88E+09	140.0	26.1	0.K
1CR06	1,100.0	12.0	12.0	550.0	1.33E+09	490.0	1.88E+09	140.0	26.0	0.K
1CR07	1,100.0	12.0	12.0	550.0	1.33E+09	490.0	1.88E+09	140.0	25.5	0.K
1CR08	1,100.0	12.0	12.0	550.0	1.33E+09	490.0	1.88E+09	140.0	27.5	0.K
1CR09	1,100.0	12.0	12.0	550.0	1.33E+09	490.0	1.88E+09	140.0	43.2	0.K
1CR10	1,100.0	12.0	12.0	550.0	1.33E+09	490.0	1.88E+09	140.0	27.6	0.K
1CR11	1,100.0	12.0	12.0	550.0	1.33E+09	490.0	1.88E+09	140.0	25.7	0.K
1CR12	1,100.0	12.0	12.0	550.0	1.33E+09	490.0	1.88E+09	140.0	25.8	0.K
1CR13	1,100.0	12.0	12.0	550.0	1.33E+09	490.0	1.88E+09	140.0	25.5	0.K
1CR14	1,100.0	12.0	12.0	550.0	1.33E+09	490.0	1.88E+09	140.0	25.1	0.K
1CR15	1,100.0	12.0	12.0	550.0	1.33E+09	490.0	1.88E+09	140.0	24.4	0.K
1CR16	1,300.0	12.0	12.0	650.0	2.20E+09	590.0	3.29E+09	140.0	26.4	0.K
1CR17	1,500.0	12.0	12.0	750.0	3.38E+09	690.0	5.26E+09	140.0	40.9	0.K
1CR18	1,300.0	12.0	12.0	650.0	2.20E+09	590.0	3.29E+09	140.0	28.9	0.K
1CR19	1,100.0	12.0	12.0	550.0	1.33E+09	490.0	1.88E+09	140.0	25.1	0.K
1CR20	1,100.0	12.0	12.0	550.0	1.33E+09	490.0	1.88E+09	140.0	24.2	0.K
1CR21	1,100.0	12.0	12.0	550.0	1.33E+09	490.0	1.88E+09	140.0	25.5	0.K
1CR22	1,100.0	12.0	12.0	550.0	1.33E+09	490.0	1.88E+09	140.0	26.5	0.K
1CR23	1,100.0	12.0	12.0	550.0	1.33E+09	490.0	1.88E+09	140.0	26.4	0.K
1CR24	1,100.0	12.0	12.0	550.0	1.33E+09	490.0	1.88E+09	140.0	26.4	0.K
1CR25	1,100.0	12.0	12.0	550.0	1.33E+09	490.0	1.88E+09	140.0	25.8	0.K
1CR26	1,100.0	12.0	12.0	550.0	1.33E+09	490.0	1.88E+09	140.0	24.0	0.K
1CR27	1,100.0	12.0	12.0	550.0	1.33E+09	490.0	1.88E+09	140.0	25.2	0.K
1CR28	1,300.0	12.0	12.0	650.0	2.20E+09	590.0	3.29E+09	140.0	30.8	0.K
1CR29	1,500.0	12.0	12.0	750.0	3.38E+09	690.0	5.26E+09	140.0	44.2	0.K
1CR30	1,300.0	12.0	12.0	650.0	2.20E+09	590.0	3.29E+09	140.0	28.3	0.K
1CR31	1,100.0	12.0	12.0	550.0	1.33E+09	490.0	1.88E+09	140.0	24.6	0.K
1CR32	1,100.0	12.0	12.0	550.0	1.33E+09	490.0	1.88E+09	140.0	24.8	0.K
1CR33	1,100.0	12.0	12.0	550.0	1.33E+09	490.0	1.88E+09	140.0	25.1	0.K
1CR34	1,100.0	12.0	12.0	550.0	1.33E+09	490.0	1.88E+09	140.0	26.1	0.K
1CR35	1,100.0	12.0	12.0	550.0	1.33E+09	490.0	1.88E+09	140.0	26.3	0.K
1CR36	1,100.0	12.0	12.0	550.0	1.33E+09	490.0	1.88E+09	140.0	17.8	0.K
1CR37	1,000.0	12.0	12.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.36E+09	140.0	44.8	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	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR02	9 @ 100 = 900.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR03	9 @ 100 = 900.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR04	9 @ 100 = 900.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR05	9 @ 100 = 900.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR06	9 @ 100 = 900.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR07	9 @ 100 = 900.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR08	9 @ 100 = 900.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR09	9 @ 100 = 900.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR10	9 @ 100 = 900.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR11	9 @ 100 = 900.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR12	9 @ 100 = 900.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR13	9 @ 100 = 900.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR14	9 @ 100 = 900.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR15	9 @ 100 = 900.0	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	13 @ 100 = 1,300.0	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	9 @ 100 = 900.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR20	9 @ 100 = 900.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR21	9 @ 100 = 900.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR22	9 @ 100 = 900.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR23	9 @ 100 = 900.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR24	9 @ 100 = 900.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR25	9 @ 100 = 900.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR26	9 @ 100 = 900.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR27	9 @ 100 = 900.0	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	13 @ 100 = 1,300.0	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	9 @ 100 = 900.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR32	9 @ 100 = 900.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR33	9 @ 100 = 900.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR34	9 @ 100 = 900.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR35	9 @ 100 = 900.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR36	9 @ 100 = 900.0	60.0	40.0	1 @ 85 = 85.0	40.0	85.0	
1CR37	8 @ 100 = 800.0	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	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	2.14E+04	8.31E+04	0.K
1CR02	105.0	76.4	57.3	38.2	9.60E+04	8.16E+04	1.26E+04	8.26E+04	0.K
1CR03	105.0	76.4	57.3	38.2	9.60E+04	8.16E+04	1.30E+04	8.26E+04	0.K
1CR04	105.0	76.4	57.3	38.2	9.60E+04	8.16E+04	1.30E+04	8.26E+04	0.K
1CR05	105.0	76.4	57.3	38.2	9.60E+04	8.16E+04	1.30E+04	8.26E+04	0.K
1CR06	105.0	76.4	57.3	38.2	9.60E+04	8.16E+04	1.30E+04	8.26E+04	0.K
1CR07	105.0	76.4	57.3	38.2	9.60E+04	8.16E+04	1.30E+04	8.26E+04	0.K
1CR08	105.0	76.4	57.3	38.2	9.60E+04	8.16E+04	1.30E+04	8.26E+04	0.K
1CR09	105.0	76.4	57.3	38.2	9.60E+04	8.16E+04	1.70E+04	8.34E+04	0.K
1CR10	105.0	76.4	57.3	38.2	9.60E+04	8.16E+04	1.30E+04	8.26E+04	0.K
1CR11	105.0	76.4	57.3	38.2	9.60E+04	8.16E+04	1.30E+04	8.26E+04	0.K
1CR12	105.0	76.4	57.3	38.2	9.60E+04	8.16E+04	1.30E+04	8.26E+04	0.K
1CR13	105.0	76.4	57.3	38.2	9.60E+04	8.16E+04	1.30E+04	8.26E+04	0.K
1CR14	105.0	76.4	57.3	38.2	9.60E+04	8.16E+04	1.30E+04	8.26E+04	0.K
1CR15	105.0	76.4	57.3	38.2	9.60E+04	8.16E+04	1.30E+04	8.26E+04	0.K
1CR16	105.0	80.8	64.6	48.5	9.60E+04	8.36E+04	1.08E+04	8.43E+04	0.K
1CR17	105.0	84.0	70.0	56.0	9.60E+04	8.51E+04	2.00E+04	8.74E+04	0.K
1CR18	105.0	80.8	64.6	48.5	9.60E+04	8.36E+04	1.09E+04	8.43E+04	0.K
1CR19	105.0	76.4	57.3	38.2	9.60E+04	8.16E+04	1.30E+04	8.26E+04	0.K
1CR20	105.0	76.4	57.3	38.2	9.60E+04	8.16E+04	1.30E+04	8.26E+04	0.K
1CR21	105.0	76.4	57.3	38.2	9.60E+04	8.16E+04	1.30E+04	8.26E+04	0.K
1CR22	105.0	76.4	57.3	38.2	9.60E+04	8.16E+04	1.30E+04	8.26E+04	0.K
1CR23	105.0	76.4	57.3	38.2	9.60E+04	8.16E+04	1.30E+04	8.26E+04	0.K
1CR24	105.0	76.4	57.3	38.2	9.60E+04	8.16E+04	1.30E+04	8.26E+04	0.K
1CR25	105.0	76.4	57.3	38.2	9.60E+04	8.16E+04	1.30E+04	8.26E+04	0.K
1CR26	105.0	76.4	57.3	38.2	9.60E+04	8.16E+04	1.30E+04	8.26E+04	0.K
1CR27	105.0	76.4	57.3	38.2	9.60E+04	8.16E+04	1.30E+04	8.26E+04	0.K
1CR28	105.0	80.8	64.6	48.5	9.60E+04	8.36E+04	1.17E+04	8.44E+04	0.K
1CR29	105.0	84.0	70.0	56.0	9.60E+04	8.51E+04	2.15E+04	8.77E+04	0.K
1CR30	105.0	80.8	64.6	48.5	9.60E+04	8.36E+04	1.11E+04	8.43E+04	0.K
1CR31	105.0	76.4	57.3	38.2	9.60E+04	8.16E+04	1.30E+04	8.26E+04	0.K
1CR32	105.0	76.4	57.3	38.2	9.60E+04	8.16E+04	1.30E+04	8.26E+04	0.K
1CR33	105.0	76.4	57.3	38.2	9.60E+04	8.16E+04	1.30E+04	8.26E+04	0.K
1CR34	105.0	76.4	57.3	38.2	9.60E+04	8.16E+04	1.30E+04	8.26E+04	0.K
1CR35	105.0	76.4	57.3	38.2	9.60E+04	8.16E+04	1.30E+04	8.26E+04	0.K
1CR36	105.0	76.4	57.3	38.2	9.60E+04	8.16E+04	1.19E+04	8.25E+04	0.K
1CR37	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.73E+04	8.22E+04	0.K

8. DIAPHRAGM의 설계

8.1 중간 DIAPHRAGM (일반부)

(절점 67)

(도.설.해 3.8.9.2)

- Diaphragm의 한계간격

$L \leq 50.0\text{m}$ 의 경우 : $L_D < 6.0\text{m}$

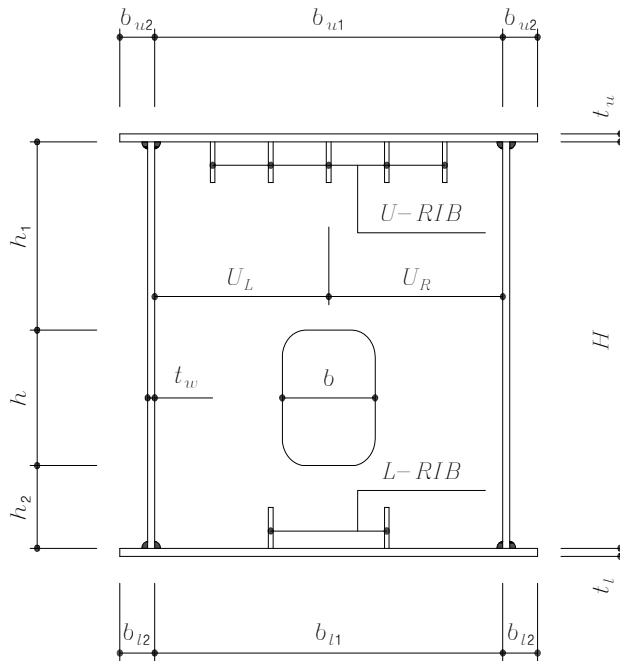
$L > 50.0\text{m}$ 의 경우 : $L_D \leq (0.14L - 1.0)\text{m}$

단, $L_D \leq 20.0\text{m}$

여기서, L_D : 중간 DIAPHRAGM의 간격(m) [5.000 m]

L : 교량의 지간길이(m) [39.450 m]

$L = 39.450\text{ m} \leq 50.000\text{ m} \Rightarrow L_D = 5.000\text{ m} < L_{Dreq} = 6.000\text{ m} \cdots \cdots \text{O.K !!}$



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	=	500.0	mm
H	=	2,142.5	mm
h	=	700.0	mm
h_1	=	1,042.5	mm
h_2	=	400.0	mm
Θ_L	=	0.000	°
Θ_L	=	0.000	°

Diaphragm 두께 : $t_D = 10.0\text{ mm}$ 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 × 14.0	36,960.0	-	-	-	2.147E+10
보강판	0 - 0.0 × 0.0	0.0	-	-	-	0.000E+00
UPPER RIB	2 - 150.0 × 14.0	4,200.0	-	-	-	7.875E+06
L - WEB	1 - 2,142.5 × 12.0	25,709.4	-	-	-	3.085E+05
R - WEB	1 - 2,142.5 × 12.0	25,709.4	-	-	-	3.085E+05
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-	-	-	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 18.0	47,520.0	-	-	-	2.760E+10
합 계		150,598.8	-	-	-	4.909E+10

- Diaphragm의 개구율

$$\rho = \sqrt{(A' / A)} = \sqrt{[(500.0 \times 700.0) / \{(2,400.0 + 2,400.0) / 2 \times 2,142.5\}]} = 0.261$$

$$0.4 \geq \rho = 0.261$$

$\Rightarrow$ **충복판 형식 적용**

- 상부플랜지의 총단면적

$$F_u = 36,960.0 + 0.0 + 4,200.0 = 4.116\text{E}+04\text{ mm}^2$$

- 하부플랜지의 총단면적 (리브 포함)

$$F_l = 10,500.0 + 47,520.0 = 5.802\text{E}+04\text{ mm}^2$$

- 복부 1개의 단면적

$$F_h = 25,709.4 = 2.571\text{E}+04 \text{ mm}^2$$

- 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

$$I_u = 21,466,368,000.0 + 7.88\text{E}+06 + 672,000,000 = 2.214624\text{E}+10 \text{ mm}^2$$

- 리브를 포함하는 하부플랜지의 수직축 단면2차모멘트

$$I_l = 27,599,616,000.0 + 19,687,500.00(+ ##### = 3.098\text{E}+10 \text{ mm}^2$$

- 변형함수

$$\alpha_1 = \{e / (e+f)\} \cdot \{(B_u+B_l)/4\} \cdot H$$

$$= \{28,346,592.2 / (28,346,592.2 + 24,684,461.0)\} \times \{(2,412.0 + 2,412.0) / 4\} \times 2,142.5 = 1.381\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$\alpha_2 = \{f / (e+f)\} \cdot \{(B_u+B_l)/4\} \cdot H$$

$$= \{24,684,461.0 / (28,346,592.2 + 24,684,461.0)\} \times \{(2,412.0 + 2,412.0) / 4\} \times 2,142.5 = 1.203\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

여기서, $e = (I_l / B_l) + \{(B_u + 2B_l) \cdot F_h / 12\}$

$$= (30,979,303,500.0 / 2,412.0) + \{(2,412.0 + 2 \times 2,412.0) \times 25,709.4 / 12\} = 2.835\text{E}+07 \text{ mm}^3$$

$$f = (I_u / B_u) + \{(2B_u + B_l) \cdot F_h / 12\}$$

$$= (22,146,243,000.0 / 2,412.0) + \{(2 \times 2,412.0 + 2,412.0) \times 25,709.4 / 12\} = 2.468\text{E}+07 \text{ mm}^3$$

- 박스거더의 단면형상에 대한 상수

$$I_{DW} = 1/3 \cdot \{\alpha_1^2 \cdot F_u \cdot (1 + 2 \cdot b_1 / B_u)^2 + \alpha_2^2 \cdot F_l \cdot (1 + 2 \cdot b_2 / B_l)^2 + 2 \cdot (\alpha_1^2 - \alpha_1 \cdot \alpha_2 + \alpha_2^2) \cdot F_h\}$$

$$(1/3) \cdot \{1,381,111.1^2 \times 41,160.0 \times (1 + 2 \times 108.0 / 2,412.0)^2 +$$

$$1,202,683.6^2 \times 58,020.0 \times (1 + 2 \times 108.0 / 2,412.0)^2 + 2 \times (1,381,111.1^2$$

$$- 1,381,111.1 \times 1,202,683.6 + 1,202,683.6^2) \times 25,709.4\} = 9.329\text{E}+16 \text{ mm}^6$$

- Diaphragm의 필요강도

$$K_{req} = 20 \cdot E \cdot I_{DW} / L_{Dreq}^3 = 20 \times 205,000.0 \times 93,291,767,234,196,000.0 / 6,000.0^3 = 1.771\text{E}+12 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- Diaphragm의 강도 검토

$$K_{use} = 4 \cdot G \cdot A \cdot t_D = 4 \times 79,000.0 \times \{(2,400.0 + 2,400.0) / 2 \times 2,142.5\} \times 10.0 = 1.625\text{E}+13 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\therefore K_{use} = 1.625\text{E}+13 \text{ N} \cdot \text{mm} \geq K_{req} = 1.771\text{E}+12 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

8.1 중간 DIAPHRAGM (교대부)

(절점 37)

(도.설.해 3.8.9.2)

- Diaphragm의 한계간격

$L \leq 50.0\text{m}$ 의 경우 : $L_D < 6.0\text{m}$

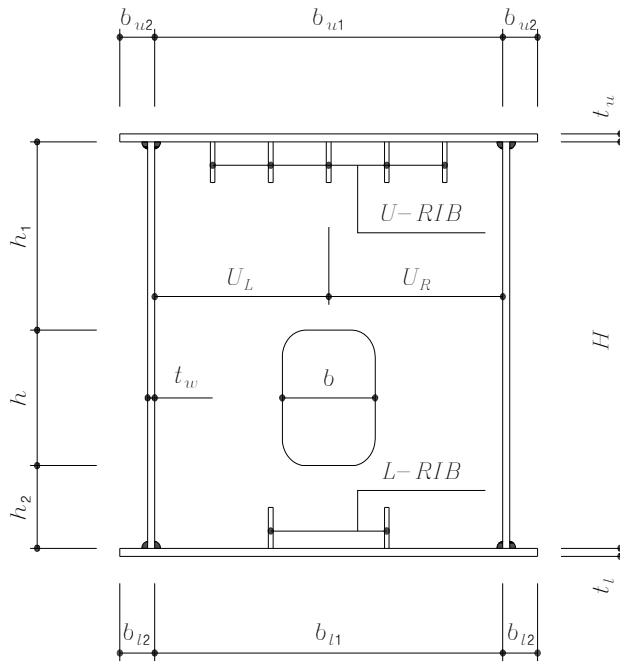
$L > 50.0\text{m}$ 의 경우 : $L_D \leq (0.14L - 1.0)\text{m}$

단, $L_D \leq 20.0\text{m}$

여기서, L_D : 중간 DIAPHRAGM의 간격(m) [4.450 m]

L : 교량의 지간길이(m) [39.450 m]

$L = 39.450\text{ m} \leq 50.000\text{ m} \Rightarrow L_D = 4.450\text{ m} < L_{Dreq} = 6.000\text{ m} \cdots \cdots \text{O.K !!}$



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	=	500.0	mm
H	=	1,600.0	mm
h	=	700.0	mm
h_1	=	500.0	mm
h_2	=	400.0	mm
Θ_L	=	0.000	°
Θ_L	=	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 × 12.0	31,680.0	-	-	-	1.840E+10
보강판	0 - 0.0 × 0.0	0.0	-	-	-	0.000E+00
UPPER RIB	5 - 150.0 × 12.0	9,000.0	-	-	-	1.688E+07
L - WEB	1 - 1,600.0 × 12.0	19,200.0	-	-	-	2.304E+05
R - WEB	1 - 1,600.0 × 12.0	19,200.0	-	-	-	2.304E+05
LOWER RIB	2 - 150.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	-	-	-	1.840E+10
합 계		114,360.0	-	-	-	3.682E+10

- Diaphragm의 개구율

$$\rho = \sqrt{A' / A} = \sqrt{[(500.0 \times 700.0) / \{(2,400.0 + 2,400.0) / 2 \times 1,600.0\}]} = 0.302$$

$$0.4 \geq \rho = 0.302$$

⇒ **충복판 형식 적용**

- 상부플랜지의 총단면적

$$F_u = 31,680.0 + 0.0 + 9,000.0 = 4.068\text{E}+04\text{ mm}^2$$

- 하부플랜지의 총단면적 (리브 포함)

$$F_l = 3,600.0 + 31,680.0 = 3.528\text{E}+04\text{ mm}^2$$

- 복부 1개의 단면적

$$F_h = 19,200.0 = 1.920E+04 \text{ mm}^2$$

- 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

$$I_u = 18,399,744,000.0 + 1.69E+07 + ##### = 2.129662E+10 \text{ mm}^2$$

- 리브를 포함하는 하부플랜지의 수직축 단면2차모멘트

$$I_l = 18,399,744,000.0 + 6,750,000.000 + 576,000,000 = 1.898E+10 \text{ mm}^2$$

- 변형함수

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \{e / (e+f)\} \cdot \{(B_u+B_l)/4\} \cdot H \\ &= \{19,447,622.4 / (19,447,622.4 + 20,407,044.0)\} \times \{(2,412.0 + 2,412.0) / 4\} \times 1,600.0 = 9.416E+05 \text{ mm}^2 \\ \alpha_2 &= \{f / (e+f)\} \cdot \{(B_u+B_l)/4\} \cdot H \\ &= \{20,407,044.0 / (19,447,622.4 + 20,407,044.0)\} \times \{(2,412.0 + 2,412.0) / 4\} \times 1,600.0 = 9.880E+05 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

여기서, $e = (I_l / B_l) + \{(B_u + 2B_l) \cdot F_h / 12\}$

$$= (18,982,494,000.0 / 2,412.0) + \{(2,412.0 + 2 \times 2,412.0) \times 19,200.0 / 12\} = 1.945E+07 \text{ mm}^3$$

$$f = (I_u / B_u) + \{(2B_u + B_l) \cdot F_h / 12\}$$

$$= (21,296,619,000.0 / 2,412.0) + \{(2 \times 2,412.0 + 2,412.0) \times 19,200.0 / 12\} = 2.041E+07 \text{ mm}^3$$

- 박스거더의 단면형상에 대한 상수

$$\begin{aligned} I_{DW} &= 1/3 \cdot \{\alpha_1^2 \cdot F_u \cdot (1 + 2 \cdot b_1 / B_u)^2 + \alpha_2^2 \cdot F_l \cdot (1 + 2 \cdot b_2 / B_l)^2 + 2 \cdot (\alpha_1^2 - \alpha_1 \cdot \alpha_2 + \alpha_2^2) \cdot F_h\} \\ &= (1/3) \cdot \{941,574.4^2 \times 40,680.0 \times (1 + 2 \times 108.0 / 2,412.0)^2 + \\ &\quad 988,025.6^2 \times 35,280.0 \times (1 + 2 \times 108.0 / 2,412.0)^2 + 2 \times (941,574.4^2 \\ &\quad - 941,574.4 \times 988,025.6 + 988,025.6^2) \times 19,200.0\} = 3.984E+16 \text{ mm}^6 \end{aligned}$$

- Diaphragm의 필요강도

$$K_{req} = 20 \cdot E \cdot I_{DW} / L_{Dreq}^3 = 20 \times 205,000.0 \times 39,835,046,597,631,000.0 / 6,000.0^3 = 7.561E+11 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- Diaphragm의 강도 검토

$$K_{use} = 4 \cdot G \cdot A \cdot t_D = 4 \times 79,000.0 \times \{(2,400.0 + 2,400.0) / 2 \times 1,600.0\} \times 16.0 = 1.942E+13 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\therefore K_{use} = 1.942E+13 \text{ N} \cdot \text{mm} \geq K_{req} = 7.561E+11 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad \dots \quad \mathbf{O.K !!}$$

8.1 중간 DIAPHRAGM (교각부)

(절점 29)

(도.설.해 3.8.9.2)

- Diaphragm의 한계간격

$L \leq 50.0\text{m}$ 의 경우 : $L_D < 6.0\text{m}$

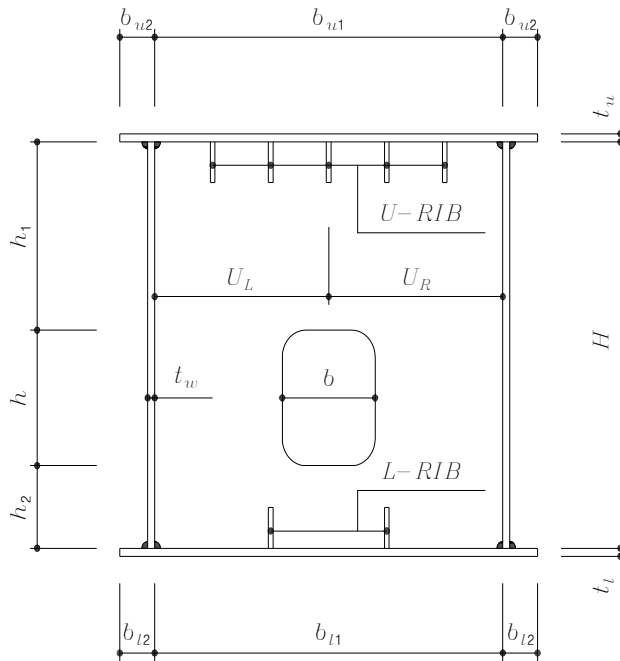
$L > 50.0\text{m}$ 의 경우 : $L_D \leq (0.14L - 1.0)\text{m}$

단, $L_D \leq 20.0\text{m}$

여기서, L_D : 중간 DIAPHRAGM의 간격(m) [5.000 m]

L : 교량의 지간길이(m) [39.450 m]

$L = 39.450 \text{ m} \leq 50.000 \text{ m} \Rightarrow L_D = 5.000 \text{ m} < L_{Dreq} = 6.000 \text{ m} \cdots \cdots \text{O.K !!}$



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	=	500.0	mm
H	=	2,500.0	mm
h	=	700.0	mm
h_1	=	1,400.0	mm
h_2	=	400.0	mm
Θ_L	=	0.000	°
Θ_L	=	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 × 14.0	36,960.0	-	-	-	2.147E+10
보강판	0 - 0.0 × 0.0	0.0	-	-	-	0.000E+00
UPPER RIB	2 - 150.0 × 14.0	4,200.0	-	-	-	7.875E+06
L - WEB	1 - 2,500.0 × 14.0	35,000.0	-	-	-	5.717E+05
R - WEB	1 - 2,500.0 × 14.0	35,000.0	-	-	-	5.717E+05
LOWER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	-	-	-	1.969E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 18.0	47,520.0	-	-	-	2.760E+10
합 계		169,180.0	-	-	-	4.909E+10

- Diaphragm의 개구율

$$\rho = \sqrt{(A' / A)} = \sqrt{[(500.0 \times 700.0) / \{(2,400.0 + 2,400.0) / 2 \times 2,500.0\}]} = 0.242$$

$$0.4 \geq \rho = 0.242$$

$\Rightarrow$ **충복판 형식 적용**

- 상부플랜지의 총단면적

$$F_u = 36,960.0 + 0.0 + 4,200.0 = 4.116\text{E}+04 \text{ mm}^2$$

- 하부플랜지의 총단면적 (리브 포함)

$$F_l = 10,500.0 + 47,520.0 = 5.802\text{E}+04 \text{ mm}^2$$

- 복부 1개의 단면적

$$F_h = 35,000.0 = 3.500E+04 \text{ mm}^2$$

- 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

$$I_u = 21,466,368,000.0 + 7.88E+06 + 672,000,000 = 2.214624E+10 \text{ mm}^2$$

- 리브를 포함하는 하부플랜지의 수직축 단면2차모멘트

$$I_l = 27,599,616,000.0 + 19,687,500.00(+ ##### = 3.098E+10 \text{ mm}^2$$

- 변형함수

$$\alpha_1 = \{e / (e+f)\} \cdot \{(B_u+B_l)/4\} \cdot H$$

$$= \{33,955,682.9 / (33,955,682.9 + 30,296,585.7)\} \times \{(2,414.0 + 2,414.0) / 4\} \times 2,500.0 = 1.595E+06 \text{ mm}^2$$

$$\alpha_2 = \{f / (e+f)\} \cdot \{(B_u+B_l)/4\} \cdot H$$

$$= \{30,296,585.7 / (33,955,682.9 + 30,296,585.7)\} \times \{(2,414.0 + 2,414.0) / 4\} \times 2,500.0 = 1.423E+06 \text{ mm}^2$$

여기서, $e = (I_l / B_l) + \{(B_u + 2B_l) \cdot F_h / 12\}$

$$= (30,979,303,500.0 / 2,414.0) + \{(2,414.0 + 2 \times 2,414.0) \times 35,000.0 / 12\} = 3.396E+07 \text{ mm}^3$$

$$f = (I_u / B_u) + \{(2B_u + B_l) \cdot F_h / 12\}$$

$$= (22,146,243,000.0 / 2,414.0) + \{(2 \times 2,414.0 + 2,414.0) \times 35,000.0 / 12\} = 3.030E+07 \text{ mm}^3$$

- 박스거더의 단면형상에 대한 상수

$$I_{DW} = 1/3 \cdot \{ \alpha_1^2 \cdot F_u \cdot (1 + 2 \cdot b_1 / B_u)^2 + \alpha_2^2 \cdot F_l \cdot (1 + 2 \cdot b_2 / B_l)^2 + 2 \cdot (\alpha_1^2 - \alpha_1 \cdot \alpha_2 + \alpha_2^2) \cdot F_h \}$$

$$(1/3) \cdot \{ 1,594,671.7^2 \times 41,160.0 \times (1 + 2 \times 106.0 / 2,414.0)^2 +$$

$$1,422,828.3^2 \times 58,020.0 \times (1 + 2 \times 106.0 / 2,414.0)^2 + 2 \times (1,594,671.7^2$$

$$- 1,594,671.7 \times 1,422,828.3 + 1,422,828.3^2) \times 35,000.0 \} = 1.412E+17 \text{ mm}^6$$

- Diaphragm의 필요강도

$$K_{req} = 20 \cdot E \cdot I_{DW} / L_{Dreq}^3 = 20 \times 205,000.0 \times 141,249,400,827,704,000.0 / 6,000.0^3 = 2.681E+12 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

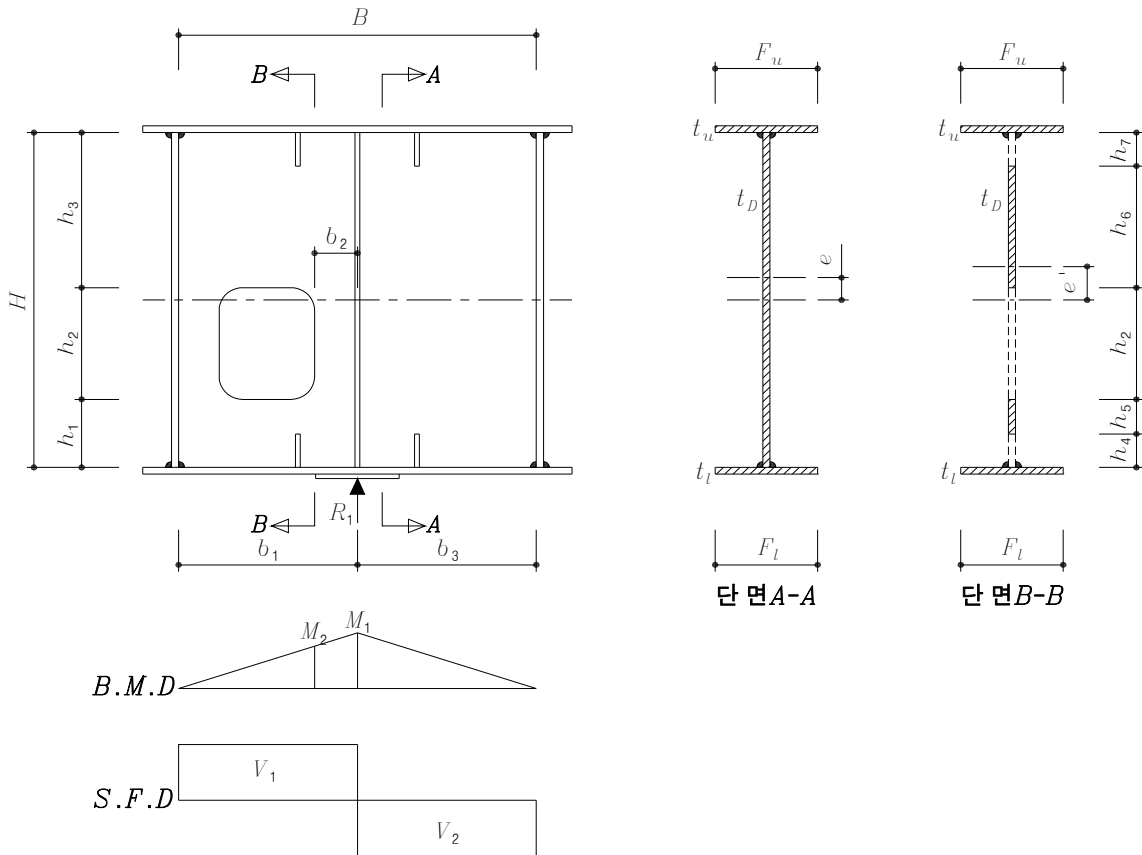
- Diaphragm의 강도 검토

$$K_{use} = 4 \cdot G \cdot A \cdot t_D = 4 \times 79,000.0 \times \{(2,400.0 + 2,400.0) / 2 \times 2,500.0\} \times 26.0 = 4.930E+13 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\therefore K_{use} = 4.930E+13 \text{ N} \cdot \text{mm} \geq K_{req} = 2.681E+12 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad \dots \quad \mathbf{O.K !!}$$

8.2 지점부 DIAPHRAGM 응력검토

(1) 교대부-1슈 (절점 1)



(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	1,600	400	700	500	150	250	350	150	1,200	405	1,200

t_u	t_D	t_l	F_u	F_l	$R_1(\text{kN})$	$R_2(\text{kN})$	$M_1(\text{kN}\cdot\text{m})$	$M_2(\text{kN}\cdot\text{m})$	$V_1(\text{kN})$	$V_2(\text{kN})$
12	16	12	288	288	1,943.800	0.000	1,166.3	772.7	971.9	-971.9

▪ 단면 A-A 응력검토

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{x0}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 288.0 × 12.0	3,456.0	806.0	2.786E+06	2.245E+09	4.147E+04
Diaphragm	1 - 1,600.0 × 16.0	25,600.0	-	-	-	5.461E+09
LOWER FL.	1 - 288.0 × 12.0	3,456.0	-806.0	-2.786E+06	2.245E+09	4.147E+04
합 계		32,512.0	0.0	0.000E+00	4.490E+09	5.461E+09

$$e = \Sigma A_s \cdot Y / \Sigma A_s = 0.0 / 32,512.0 = 0.000 \text{ mm}$$

$$I_{33} = \Sigma I_{x0} + \Sigma A \cdot Y^2 - \Sigma A \cdot e^2 = 5,461,416,277.3 + 4,490,284,032.0 - 32,512.0 \times 0.0^2 = 9.952\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

- 응력 계산

$$f_l = (1,166.280 / 9,951,700,309.3) \times (1,600.0/2 + 12.0 + 0.0) = 95.162 \text{ MPa}$$

$$\therefore f_l = 95.162 \text{ MPa} \leq f_a = 215.000 \text{ MPa} \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

$$u = 971.9 / 25,600.0 = 37.965 \text{ MPa}$$

$$\therefore u = 37.965 \text{ MPa} \leq u_a = 125.000 \text{ MPa} \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 2축 응력상태의 검토

(도.설.해 3.8.2.5)

$f_v = 68.098 \text{ MPa}$ 수직응력 [지점부 보강재 검토 참조]

$$\left(\frac{f_v}{f_a} \right)^2 - \left(\frac{f_v}{f_a} \right) \cdot \left(\frac{f_l}{f_a} \right) + \left(\frac{f_l}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{v}{v_a} \right)^2$$

$$(68.10/215.0)^2 - (68.10/215.0) \times (95.16/215.0) + (95.16/215.0)^2 + (37.96/125.0)^2 = 0.248$$

$$\therefore \text{2축 응력} = 0.248 \leq 1.200 \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

▪ 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 - 288.0 × 12.0	3,456.0	806.0	2.786E+06	2.245E+09	4.147E+04
Diaphragm	1 - 350.0 × 16.0	5,600.0	475.0	2.660E+06	1.264E+09	5.717E+07
Diaphragm	1 - 250.0 × 16.0	4,000.0	-525.0	-2.100E+06	1.103E+09	2.083E+07
LOWER FL.	1 - 288.0 × 12.0	3,456.0	-806.0	-2.786E+06	2.245E+09	4.147E+04
합 계		16,512.0	-50.0	5.600E+05	6.856E+09	7.808E+07

$$e = \Sigma A_s \cdot Y / \Sigma A_s = 560,000.0 / 16,512.0 = 33.915 \text{ mm}$$

$$I_{33} = \Sigma I_{xo} + \Sigma A \cdot Y^2 - \Sigma A \cdot e^2 = 78,082,944.0 + 6,856,284,032.0 - 16,512.0 \times 33.9^2 = 6.915E+09 \text{ mm}^4$$

- 응력 계산

$$f_l = (772.661 / 6,915,374,727.9) \times (1,600.0/2 + 12.0 + 33.9) = 94.515 \text{ MPa}$$

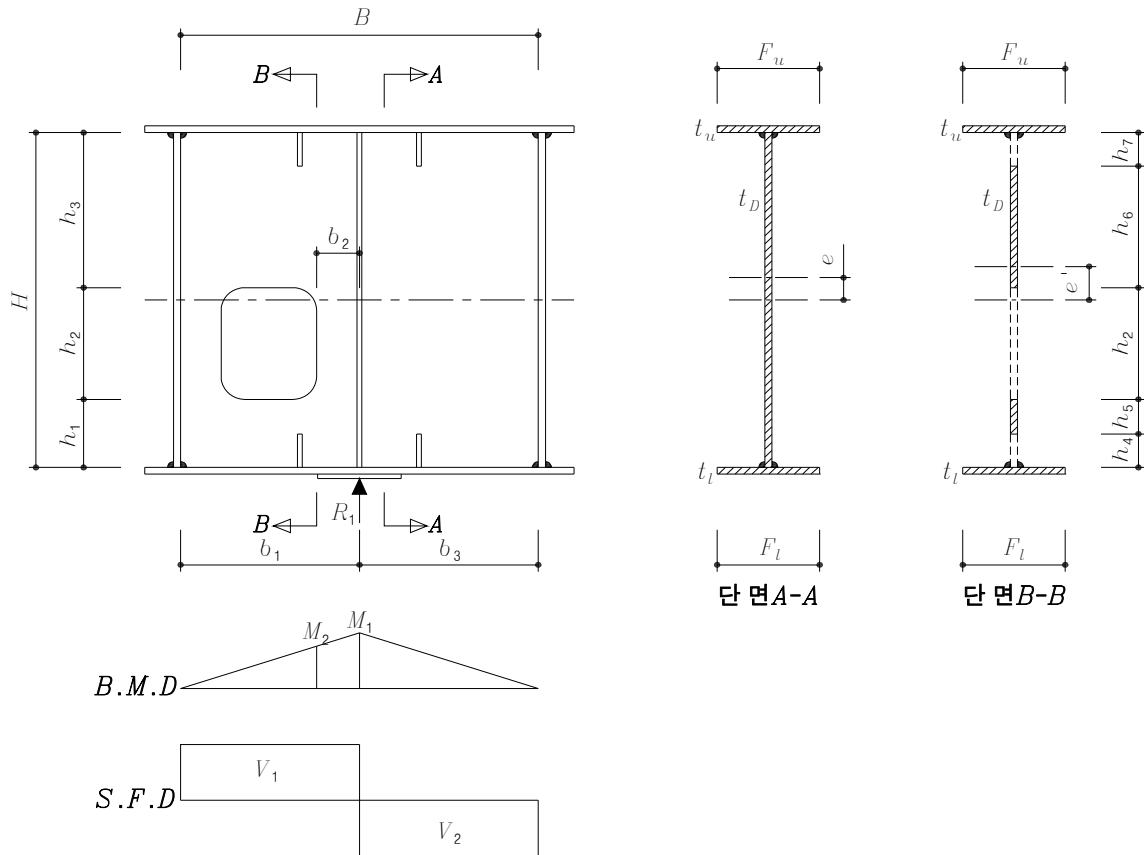
$$\therefore f_l = 94.515 \text{ MPa} \leq f_a = 215.000 \text{ MPa} \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

$$u = 971.900 / (5,600.0 + 4,000.0) = 101.240 \text{ MPa}$$

$$\therefore u = 101.240 \text{ MPa} \leq u_a = 125.000 \text{ MPa} \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

8.2 지점부 DIAPHRAGM 응력검토

(2) 교각부-1슈 (절점 66)



(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	2,500	400	700	1,400	0	400	1,250	150	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)
14	26	18	336	432	6,161.130	0.000	3,696.7	2,479.9	3,080.6	-3,080.6

▪ 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 - 336.0 × 14.0	4,704.0	1,257.0	5.913E+06	7.433E+09	7.683E+04
Diaphragm	1 - 2,500.0 × 26.0	65,000.0	-	-	-	3.385E+10
LOWER FL.	1 - 432.0 × 18.0	7,776.0	-1,259.0	-9.790E+06	1.233E+10	2.100E+05
합 계		77,480.0	-2.0	-3.877E+06	1.976E+10	3.385E+10

$$e = \frac{\sum A_s \cdot Y}{\sum A_s} = \frac{-3,877,056.0}{77,480.0} = -50.039 \text{ mm}$$

$$I_{33} = \sum I_{xo} + \sum A \cdot Y^2 - \sum A \cdot e^2 = 33,854,453,450.7 + 19,758,140,352.0 - 77,480.0 \times (-50.0)^2 = 5.342E+10 \text{ mm}^4$$

- 응력 계산

$$f_l = (3,696.678 / 53,418,588,082.1) \times (2,500.0/2 + 14.0 + -50.0) = 84.009 \text{ MPa}$$

$$\therefore f_l = 84.009 \text{ MPa} \leq f_a = 215.000 \text{ MPa} \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

$$u = 3,080.6 / 65,000.0 = 47.393 \text{ MPa}$$

$$\therefore u = 47.393 \text{ MPa} \leq u_a = 125.000 \text{ MPa} \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

- 2축 응력상태의 검토

(도.설.해 3.8.2.5)

$f_v = 157.300 \text{ MPa}$ 수직응력 [지점부 보강재 검토 참조]

$$\left(\frac{f_v}{f_a} \right)^2 - \left(\frac{f_v}{f_a} \right) \cdot \left(\frac{f_l}{f_a} \right) + \left(\frac{f_l}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{v}{v_a} \right)^2$$

$$(157.30/215.0)^2 - (157.30/215.0) \times (84.01/215.0) + (84.01/215.0)^2 + (47.39/125.0)^2 = 0.546$$

$$\therefore \text{2축 응력} = 0.546 \leq 1.200 \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

▪ 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 - 336.0 × 14.0	4,704.0	1,257.0	5.913E+06	7.433E+09	7.683E+04
Diaphragm	1 - 1,250.0 × 26.0	32,500.0	475.0	1.544E+07	7.333E+09	4.232E+09
Diaphragm	1 - 400.0 × 26.0	10,400.0	-1,050.0	-1.092E+07	1.147E+10	1.387E+08
LOWER FL.	1 - 432.0 × 18.0	7,776.0	-1,259.0	-9.790E+06	1.233E+10	2.100E+05
합 계		55,380.0	-577.0	6.404E+05	3.856E+10	4.371E+09

$$e = \Sigma A_s \cdot Y / \Sigma A_s = 640,444.0 / 55,380.0 = 11.565 \text{ mm}$$

$$I_{33} = \Sigma I_{xo} + \Sigma A \cdot Y^2 - \Sigma A \cdot e^2 = 4,370,724,284.0 + 38,556,952,852.0 - 55,380.0 \times 11.6^2 = 4.292E+10 \text{ mm}^4$$

- 응력 계산

$$f_l = (2,479.855 / 42,920,270,698.3) \times (2,500.0/2 + 18.0 + 11.6) = 73.931 \text{ MPa}$$

$$\therefore f_l = 73.931 \text{ MPa} \leq f_a = 215.000 \text{ MPa} \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

$$u = 3,080.565 / (32,500.0 + 10,400.0) = 71.808 \text{ MPa}$$

$$\therefore u = 71.808 \text{ MPa} \leq u_a = 125.000 \text{ MPa} \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

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				강 도 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	350000.0	5141879.9	0.26	충복판식	1.771E+14	1.625E+15	0.K
	G2	6000.0	5000.0	0.K	350000.0	5141884.5	0.26	충복판식	1.771E+14	1.625E+15	0.K
P6	G1	6000.0	4447.4	0.K	350000.0	3840000.0	0.30	충복판식	7.561E+13	1.942E+15	0.K
	G2	6000.0	4398.8	0.K	350000.0	3840000.0	0.30	충복판식	7.561E+13	1.942E+15	0.K
P7	G1	6000.0	5000.0	0.K	350000.0	4320000.0	0.28	충복판식	1.053E+14	3.549E+15	0.K
	G2	6000.0	5000.0	0.K	350000.0	4320000.0	0.28	충복판식	1.053E+14	3.549E+15	0.K
P8	G1	6000.0	5000.0	0.K	350000.0	6000000.0	0.24	충복판식	2.500E+14	4.930E+15	0.K
	G2	6000.0	5000.0	0.K	350000.0	6000000.0	0.24	충복판식	2.500E+14	4.930E+15	0.K
P9	G1	6000.0	5000.0	0.K	350000.0	6000000.0	0.24	충복판식	2.681E+14	4.930E+15	0.K
	G2	6000.0	5000.0	0.K	350000.0	6000000.0	0.24	충복판식	2.681E+14	4.930E+15	0.K
A2	G1	6000.0	4450.0	0.K	350000.0	3840000.0	0.30	충복판식	7.561E+13	1.942E+15	0.K
	G2	6000.0	4450.0	0.K	350000.0	3840000.0	0.30	충복판식	7.561E+13	1.942E+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
P6	G1	95.2	94.5	215.0	0.K	38.0	101.2	125.0	0.K	0.25	1.2	0.K
	G2	83.1	195.8	215.0	0.K	33.1	88.4	125.0	0.K	0.19	1.2	0.K
P7	G1	103.4	79.7	215.0	0.K	39.9	75.6	125.0	0.K	0.36	1.2	0.K
	G2	118.9	92.8	215.0	0.K	45.9	86.9	125.0	0.K	0.48	1.2	0.K
P8	G1	69.8	62.4	215.0	0.K	35.9	54.4	125.0	0.K	0.32	1.2	0.K
	G2	84.1	76.1	215.0	0.K	43.3	65.6	125.0	0.K	0.46	1.2	0.K
P9	G1	68.7	59.7	215.0	0.K	38.7	58.7	125.0	0.K	0.36	1.2	0.K
	G2	84.0	73.9	215.0	0.K	47.4	71.8	125.0	0.K	0.55	1.2	0.K
A2	G1	77.2	76.7	215.0	0.K	30.8	82.2	125.0	0.K	0.16	1.2	0.K
	G2	72.4	72.8	215.0	0.K	28.9	77.1	125.0	0.K	0.14	1.2	0.K

9. 전단연결재의 설계

9.1 강재와 Half-Deck 콘크리트 (STUD)

1) 합성전 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_{vh} = 설계 대상 단면의 Half-Deck과 주거더 사이의 수평전단력 범위 (N/mm)

$$S_{vh} = \frac{V_h \cdot Q_{vch}}{I_{vh}}$$

V_h = 합성전 하중에 의한 수직전단력 (kN)
 Q_{vch} = Half-Deck 콘크리트의 환산단면의 합성단면 중립축에 대한 단면1차모멘트 (mm^3)

$$Q_{vch} = \frac{A_{ch}}{n_h} \cdot d_{vh}$$

A_{ch} = Half-Deck 콘크리트의 단면적 (mm^2)
 I_{vh} = 강재와 Half-Deck의 단면2차모멘트 (mm^4)
 d_{vh} = 합성전 단면의 도심에서 Half-Deck 콘크리트 도심까지의 거리 (mm)

※ V_h : 합성전 고정하중(강재+Half-Deck)에 의한 수직전단력, V_d : 잔여 바닥판 하중에 의한 수직 전단력

절점	단면 TYPE	A_{ch}/n_h (mm^2)	d_{vh} (mm)	Q_{vch} (mm^3)	I_{vh} (mm^4)	V_h (kN)	V_d (kN)	V_h+V_d (kN)	S_{v1} (N/mm)
3	3	51,130.0	781.7	3.997E+07	9.148E+10	132.7	152.7	285.4	124.7
4	3	51,130.0	781.7	3.997E+07	9.148E+10	47.6	30.4	78.1	34.1
5	3	51,130.0	781.7	3.997E+07	9.148E+10	45.3	81.7	127.1	55.5
21	11	51,130.0	786.1	4.019E+07	9.210E+10	165.3	216.7	382.1	166.7
22	11	51,130.0	786.1	4.019E+07	9.210E+10	79.8	95.0	174.8	76.3
23	11	51,130.0	786.1	4.019E+07	9.210E+10	13.5	17.0	30.5	13.3
25	11	51,130.0	786.1	4.019E+07	9.210E+10	213.6	250.6	464.1	202.5
34	3	51,130.0	781.7	3.997E+07	9.148E+10	63.9	39.5	103.4	45.2
35	3	51,130.0	781.7	3.997E+07	9.148E+10	29.0	72.6	101.6	44.4
40	3	51,130.0	781.7	3.997E+07	9.148E+10	136.2	156.8	293.0	128.0
41	3	51,130.0	781.7	3.997E+07	9.148E+10	46.8	30.8	77.6	33.9
42	3	51,130.0	781.7	3.997E+07	9.148E+10	44.6	83.3	127.9	55.9
58	11	51,130.0	786.1	4.019E+07	9.210E+10	168.0	221.1	389.1	169.8
59	11	51,130.0	786.1	4.019E+07	9.210E+10	79.6	96.8	176.4	77.0
60	11	51,130.0	786.1	4.019E+07	9.210E+10	11.0	16.0	27.0	11.8
62	11	51,130.0	786.1	4.019E+07	9.210E+10	215.2	254.2	469.4	204.8
71	3	51,130.0	781.7	3.997E+07	9.148E+10	62.6	38.7	101.3	44.3
72	3	51,130.0	781.7	3.997E+07	9.148E+10	28.0	74.6	102.6	44.8

2) 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 Half-Deck과 주거더 사이의 수평전단력 범위 (N/mm)

V = 합성후 하중에 의한 수직전단력[활하중 포함] (kN)

Q_{vc} = 콘크리트의 환산단면의 합성단면 중립축에 대한 단면1차모멘트 (mm³)

A_c = 바닥판 콘크리트의 단면적 (mm²)

A_{ch} = Half-Deck 콘크리트의 단면적 (mm²)

I_v = 합성단면의 단면2차모멘트 (mm⁴)

d_{v2c} = 합성단면의 도심에서 바닥판콘크리트 도심까지의 거리 (mm)

d_{v2h} = 합성단면의 도심에서 Half-Deck 콘크리트 도심까지의 거리 (mm)

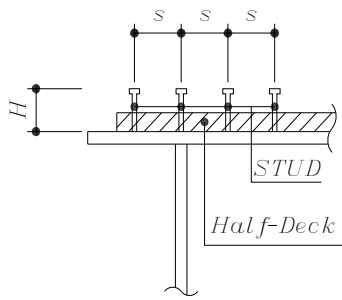
$$S_v = \frac{V \cdot Q_{vc}}{I_v}$$

$$Q_{vc} = \frac{A_{ch}}{n_h} \cdot d_{vh} + \frac{A_c}{n} \cdot d_{vc}$$

※ V_d : 합성후 고정하중에 의한 수직전단력, V_a : 합성후 고정하중에 의한 수직전단력을 제외한 전단력 (충격계수를 포함한 활하중 포함)

절점	단면 TYPE	A_{ch}/n_h (mm ²)	d_{v2h} (mm)	A_c/n (mm ²)	d_{v2c} (mm)	Q_{vc} (mm ³)	I_{v2} (mm ⁴)	V_{d2} (kN)	V_a (kN)	$V_{d2}+V_a$ (kN)	S_{v2} (N/mm)
3	3	51,130.0	362.6	122,140.0	477.7	7.688E+07	1.443E+11	124.7	459.1	583.8	311.1
4	3	51,130.0	362.6	122,140.0	477.7	7.688E+07	1.443E+11	34.3	391.5	425.8	226.9
5	3	51,130.0	362.6	122,140.0	477.7	7.688E+07	1.443E+11	63.2	411.8	475.1	253.1
21	11	51,130.0	365.9	122,140.0	481.0	7.745E+07	1.455E+11	169.6	496.6	666.2	354.6
22	11	51,130.0	365.9	122,140.0	481.0	7.745E+07	1.455E+11	77.2	446.9	524.1	278.9
23	11	51,130.0	365.9	122,140.0	481.0	7.745E+07	1.455E+11	19.9	386.9	406.9	216.6
25	11	51,130.0	365.9	122,140.0	481.0	7.745E+07	1.455E+11	204.9	498.6	703.5	374.4
34	3	51,130.0	362.6	122,140.0	477.7	7.688E+07	1.443E+11	57.5	353.3	410.7	218.9
35	3	51,130.0	362.6	122,140.0	477.7	7.688E+07	1.443E+11	38.1	458.4	496.5	264.5
40	3	51,130.0	352.6	127,970.0	466.8	7.777E+07	1.455E+11	128.4	456.1	584.5	312.4
41	3	51,130.0	352.6	127,970.0	466.8	7.777E+07	1.455E+11	35.0	385.8	420.8	224.9
42	3	51,130.0	352.6	127,970.0	466.8	7.777E+07	1.455E+11	62.9	410.5	473.4	253.0
58	11	51,130.0	355.9	127,970.0	470.0	7.835E+07	1.468E+11	168.4	497.6	666.0	355.5
59	11	51,130.0	355.9	127,970.0	470.0	7.835E+07	1.468E+11	76.7	438.7	515.4	275.1
60	11	51,130.0	355.9	127,970.0	470.0	7.835E+07	1.468E+11	19.9	384.4	404.4	215.9
62	11	51,130.0	355.9	127,970.0	470.0	7.835E+07	1.468E+11	203.0	491.2	694.3	370.6
71	3	51,130.0	352.6	127,970.0	466.8	7.777E+07	1.455E+11	56.6	344.6	401.1	214.4
72	3	51,130.0	352.6	127,970.0	466.8	7.777E+07	1.455E+11	40.5	457.6	498.1	266.2

3) STUD의 설계



$s_{min} = 75.0 \text{ mm}$ (s : STUD의 횡방향 최소간격)

$d = 25.0 \text{ mm}$ (d : STUD의 직경)

$n = 8.0 \text{ 본}$ (n : STUD의 횡방향 개수)

구 분	H(mm)	D(mm)	h(mm)	비 고
단 부	190.0	128.0	62.0	H : STUD 전체높이 D : Half-Deck의 높이
일반부	190.0	128.0	62.0	h : STUD 유효높이

▪ STUD의 허용전단력

(도.설.해 3.9.5.6)

※ 전단연결재의 허용전단력은 다음 식으로 계산하고 바닥판 콘크리트와 강재 주거더의 플랜지 사이의 부착력은 무시한다.

- Half-Deck만 적용시

· 단부

$$D/d = 128.0 / 25.0 = 5.120 < 5.50$$

$$Q_a = 1.74 \times dD \times \sqrt{f_{ck}} = 0.0 \text{ N/본} \quad \because f_{ck} = 50.0 \text{ MPa}$$

$$\Sigma Q_a = 0.0 \times 8.0 = 0.0 \text{ N}$$

여기서, Q_a : 전단연결재의 허용전단력(N)

D : 스테드의 전 높이로서 Half-Deck 콘크리트 타설 높이로 한다. (mm)

d : 스테드의 줄기의 지름으로서 19mm, 22mm, 25mm로 한다. (mm)

f_{ck} : 콘크리트의 설계기준강도 (MPa)

· 일반부

$$D/d = 128.0 / 25.0 = 5.120 < 5.50$$

$$Q_a = 1.74 \times dD \times \sqrt{f_{ck}} = 39,371.7 \text{ N/본}$$

$$\Sigma Q_a = 39,371.7 \times 8.0 = 314,973.6 \text{ N}$$

- Half-Deck과 바닥판의 합성작용시

· 단부

$$H/d = 190.0 / 25.0 = 7.600 \geq 5.50$$

$$Q_a = 9.50 \times d^2 \times \sqrt{f_{ck}} = 0.0 \text{ N/본} \quad \because f_{ck} = 27.0 \text{ MPa}$$

$$\Sigma Q_a = 0.0 \times 8.0 = 0.0 \text{ N}$$

· 일반부

$$H/d = 190.0 / 25.0 = 7.600 \geq 5.50$$

$$Q_a = 9.50 \times d^2 \times \sqrt{f_{ck}} = 30,852.2 \text{ N/본}$$

$$\Sigma Q_a = 30,852.2 \times 8.0 = 246,817.2 \text{ N}$$

4) 하중조합 및 STUD의 배치

- STUD의 배치간격

$$d_o = \sum Q_a / S \quad (S : \text{수평전단력})$$

- Half-Deck 작용시

절점	하 중 조 합 (N/mm)					소요 간격 d _o	배치 간격	비 고
	S _v (S _{v1})	S _{sh}	S _{th}	S _v +S _{th}	S _{sh} +S _{th}			
3	124.7	0.0	0.0	124.7	0.0	2525.9mm	300.0mm	0.K !!
4	34.1	0.0	0.0	34.1	0.0	9233.5mm	300.0mm	0.K !!
5	55.5	0.0	0.0	55.5	0.0	5672.5mm	300.0mm	0.K !!
21	166.7	0.0	0.0	166.7	0.0	1888.9mm	300.0mm	0.K !!
22	76.3	0.0	0.0	76.3	0.0	4129.3mm	300.0mm	0.K !!
23	13.3	0.0	0.0	13.3	0.0	23643.8mm	300.0mm	0.K !!
25	202.5	0.0	0.0	202.5	0.0	1555.1mm	300.0mm	0.K !!
34	45.2	0.0	0.0	45.2	0.0	6969.9mm	300.0mm	0.K !!
35	44.4	0.0	0.0	44.4	0.0	7092.0mm	300.0mm	0.K !!
40	128.0	0.0	0.0	128.0	0.0	2460.1mm	300.0mm	0.K !!
41	33.9	0.0	0.0	33.9	0.0	9290.4mm	300.0mm	0.K !!
42	55.9	0.0	0.0	55.9	0.0	5635.2mm	300.0mm	0.K !!
58	169.8	0.0	0.0	169.8	0.0	1854.8mm	300.0mm	0.K !!
59	77.0	0.0	0.0	77.0	0.0	4092.2mm	300.0mm	0.K !!
60	11.8	0.0	0.0	11.8	0.0	26771.4mm	300.0mm	0.K !!
62	204.8	0.0	0.0	204.8	0.0	1537.6mm	300.0mm	0.K !!
71	44.3	0.0	0.0	44.3	0.0	7117.6mm	300.0mm	0.K !!
72	44.8	0.0	0.0	44.8	0.0	7026.4mm	300.0mm	0.K !!

▪ Half-Deck과 바닥판의 합성작용시

절점	하 중 조 합 (N/mm)					소요 간격 d_o	배치 간격	비 고
	$S_v(S_{v1}+S_{v2})$	S_s	S_t	S_v+S_t	S_s+S_t			
3	435.7	0.0	0.0	435.7	0.0	566.4mm	300.0mm	0.K !!
4	261.0	0.0	0.0	261.0	0.0	945.7mm	300.0mm	0.K !!
5	308.7	0.0	0.0	308.7	0.0	799.6mm	300.0mm	0.K !!
21	521.3	0.0	0.0	521.3	0.0	473.4mm	300.0mm	0.K !!
22	355.2	0.0	0.0	355.2	0.0	694.8mm	300.0mm	0.K !!
23	229.9	0.0	0.0	229.9	0.0	1073.7mm	300.0mm	0.K !!
25	577.0	0.0	0.0	577.0	0.0	427.8mm	300.0mm	0.K !!
34	264.1	0.0	0.0	264.1	0.0	934.7mm	300.0mm	0.K !!
35	309.0	0.0	0.0	309.0	0.0	798.9mm	300.0mm	0.K !!
40	440.4	0.0	0.0	440.4	0.0	560.4mm	300.0mm	0.K !!
41	258.8	0.0	0.0	258.8	0.0	953.7mm	300.0mm	0.K !!
42	308.9	0.0	0.0	308.9	0.0	799.1mm	300.0mm	0.K !!
58	525.3	0.0	0.0	525.3	0.0	469.8mm	300.0mm	0.K !!
59	352.1	0.0	0.0	352.1	0.0	701.0mm	300.0mm	0.K !!
60	227.6	0.0	0.0	227.6	0.0	1084.3mm	300.0mm	0.K !!
62	575.4	0.0	0.0	575.4	0.0	428.9mm	300.0mm	0.K !!
71	258.6	0.0	0.0	258.6	0.0	954.3mm	300.0mm	0.K !!
72	311.0	0.0	0.0	311.0	0.0	793.6mm	300.0mm	0.K !!

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 않도록 한다.

다만, 연속교의 내부지점부의 경우 높은 인장응력이 발생되는 곳의 전단연결재 설치를 피하기 위해 이 간격을 넓힐 수도 있다.

최대 간격 $\Rightarrow$ 바닥판 두께의 3배 = $240.0 \times 3 = 720.0 \text{ mm}$ 또는 $600.0 \text{ mm} \Rightarrow 600.0 \text{ mm}$ 적용
적용 최대 간격 = $300.0 \text{ mm} \leq 600.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$

▪ STUD의 최소간격

- 교축방향 : $5 \cdot d = 125.0 \text{ mm}$ 또는 $100.0 \text{ mm} \leq 300.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$

- 교축직각방향 : $d+30 = 55.0 \text{ mm} \leq 75.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$

- 최소연단순간격 : $25.0 \text{ mm} \leq 40.0 - 12.5 = 27.5 \text{ mm} \dots\dots 0.K !!$

6) 전단연결재의 피로설계

(도.설.해 3.9.5.9)

▪ 수평전단력 범위

여기서, S_r = 설계 대상 단면의 Half-Deck과 주거더 사이의 수평전단력 범위 (N/mm)

V_r = 충격을 포함하는 활하중에 대한 전단력의 범위 (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	I_v (mm^4)	Q_{vc} (mm^3)	V_r (N)	S_r (N/mm)	n	$\sum Z_r$ (N)	소요 간격 d_o	배치 간격	비 고	
3	1.443E+11	7.688E+07	5.948E+05	317.0	8.0	1.950E+05	615.2mm	300.0mm	0.K !!	
4	1.443E+11	7.688E+07	6.042E+05	321.9	8.0	1.950E+05	605.7mm	300.0mm	0.K !!	
5	1.443E+11	7.688E+07	6.156E+05	328.0	8.0	1.950E+05	594.4mm	300.0mm	0.K !!	
21	1.455E+11	7.745E+07	6.453E+05	343.5	8.0	1.950E+05	567.7mm	300.0mm	0.K !!	
22	1.455E+11	7.745E+07	6.391E+05	340.1	8.0	1.950E+05	573.3mm	300.0mm	0.K !!	
23	1.455E+11	7.745E+07	6.376E+05	339.4	8.0	1.950E+05	574.6mm	300.0mm	0.K !!	
25	1.455E+11	7.745E+07	6.483E+05	345.1	8.0	1.950E+05	565.1mm	300.0mm	0.K !!	
34	1.443E+11	7.688E+07	6.139E+05	327.1	8.0	1.950E+05	596.1mm	300.0mm	0.K !!	
35	1.443E+11	7.688E+07	6.258E+05	333.5	8.0	1.950E+05	584.7mm	300.0mm	0.K !!	
40	1.455E+11	7.777E+07	5.929E+05	316.9	8.0	1.950E+05	615.4mm	300.0mm	0.K !!	
41	1.455E+11	7.777E+07	6.008E+05	321.1	8.0	1.950E+05	607.4mm	300.0mm	0.K !!	
42	1.455E+11	7.777E+07	6.117E+05	326.9	8.0	1.950E+05	596.5mm	300.0mm	0.K !!	
58	1.468E+11	7.835E+07	6.386E+05	340.9	8.0	1.950E+05	572.0mm	300.0mm	0.K !!	
59	1.468E+11	7.835E+07	6.331E+05	338.0	8.0	1.950E+05	577.0mm	300.0mm	0.K !!	
60	1.468E+11	7.835E+07	6.317E+05	337.2	8.0	1.950E+05	578.3mm	300.0mm	0.K !!	
62	1.468E+11	7.835E+07	6.413E+05	342.3	8.0	1.950E+05	569.6mm	300.0mm	0.K !!	
71	1.455E+11	7.777E+07	6.122E+05	327.2	8.0	1.950E+05	596.0mm	300.0mm	0.K !!	
72	1.455E+11	7.777E+07	6.285E+05	335.9	8.0	1.950E+05	580.5mm	300.0mm	0.K !!	

※ 피로설계에 의한 위치별 전단연결재 간격 검토 (DL하중에 대한 검토)

절점	I_v (mm ⁴)	Q_{vc} (mm ³)	V_r (N)	S_r (N/mm)	n	ΣZ_r (N)	소요 간격 d_o	배치 간격	비 고	
3	1.443E+11	7.688E+07	5.255E+05	280.0	8.0	3.700E+05	1321.4mm	300.0mm	0.K !!	
4	1.443E+11	7.688E+07	5.158E+05	274.8	8.0	3.700E+05	1346.3mm	300.0mm	0.K !!	
5	1.443E+11	7.688E+07	5.274E+05	281.0	8.0	3.700E+05	1316.5mm	300.0mm	0.K !!	
21	1.455E+11	7.745E+07	6.275E+05	334.0	8.0	3.700E+05	1107.8mm	300.0mm	0.K !!	
22	1.455E+11	7.745E+07	6.025E+05	320.7	8.0	3.700E+05	1153.7mm	300.0mm	0.K !!	
23	1.455E+11	7.745E+07	5.961E+05	317.2	8.0	3.700E+05	1166.3mm	300.0mm	0.K !!	
25	1.455E+11	7.745E+07	6.376E+05	339.4	8.0	3.700E+05	1090.3mm	300.0mm	0.K !!	
34	1.443E+11	7.688E+07	5.727E+05	305.2	8.0	3.700E+05	1212.4mm	300.0mm	0.K !!	
35	1.443E+11	7.688E+07	5.978E+05	318.5	8.0	3.700E+05	1161.6mm	300.0mm	0.K !!	
40	1.455E+11	7.777E+07	5.240E+05	280.0	8.0	3.700E+05	1321.3mm	300.0mm	0.K !!	
41	1.455E+11	7.777E+07	5.107E+05	272.9	8.0	3.700E+05	1355.6mm	300.0mm	0.K !!	
42	1.455E+11	7.777E+07	5.213E+05	278.6	8.0	3.700E+05	1328.1mm	300.0mm	0.K !!	
58	1.468E+11	7.835E+07	6.172E+05	329.5	8.0	3.700E+05	1123.1mm	300.0mm	0.K !!	
59	1.468E+11	7.835E+07	5.939E+05	317.0	8.0	3.700E+05	1167.2mm	300.0mm	0.K !!	
60	1.468E+11	7.835E+07	5.876E+05	313.7	8.0	3.700E+05	1179.6mm	300.0mm	0.K !!	
62	1.468E+11	7.835E+07	6.266E+05	334.5	8.0	3.700E+05	1106.2mm	300.0mm	0.K !!	
71	1.455E+11	7.777E+07	5.697E+05	304.4	8.0	3.700E+05	1215.3mm	300.0mm	0.K !!	
72	1.455E+11	7.777E+07	6.045E+05	323.1	8.0	3.700E+05	1145.2mm	300.0mm	0.K !!	

7) 전단연결재의 극한강도검토

(도.설.해 3.9.5.10)

- 전단연결재의 극한강도

$$\begin{aligned}
 V_u &= 0.4 \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_c} \\
 &= 0.4 \times 25.0^2 \times \sqrt{27.0 \times 27,804.0} \\
 &= 216,608.5 \text{ N} > A_{sc} f_u = \pi/4 \cdot d^2 \cdot f_u = 490.9 \times 410.0 = 201,258.3 \text{ N}
 \end{aligned}$$

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.

$$\begin{aligned}
 P_1 &= A_s \cdot f_y & \text{여기서, } A_s &: \text{뿔개판을 포함하는 강재 단면의 총면적(mm}^2\text{)} \\
 & & f_y &: \text{사용된 강재의 최소 공칭항복응력(MPa)} \quad [325.0 \text{ MPa}] \\
 & & f_{ck} &: \text{콘크리트의 28일 압축강도(MPa)} \\
 P_2 &= 0.85 \cdot f_{ck} \cdot b \cdot t_s & b &: \text{슬래브의 유효폭(mm)} \\
 & & t_s &: \text{콘크리트 슬래브의 두께(mm)} \quad [240.0 \text{ mm}]
 \end{aligned}$$

▪ 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	4,500.0	88,080.0	0.0	2.863E+07	2.479E+07	0.000E+00	145	-	770	0.K
5 ~ 9	4,500.0	88,080.0	25,785.0	2.863E+07	2.479E+07	1.031E+07	-	60	693	0.K
9 ~ 13	4,500.0	127,560.0	25,785.0	4.146E+07	2.479E+07	1.031E+07	-	60	715	0.K
13 ~ 17	4,500.0	127,560.0	25,785.0	4.146E+07	2.479E+07	1.031E+07	-	60	704	0.K
17 ~ 23	4,500.0	88,680.0	25,785.0	2.882E+07	2.479E+07	1.031E+07	-	60	1,089	0.K
23 ~ 29	4,500.0	88,680.0	25,785.0	2.882E+07	2.479E+07	1.031E+07	-	60	1,067	0.K
29 ~ 34	4,500.0	88,080.0	25,785.0	2.863E+07	2.479E+07	1.031E+07	-	60	891	0.K
34 ~ 37	4,500.0	88,080.0	0.0	2.863E+07	2.479E+07	0.000E+00	145	-	572	0.K
38 ~ 41	4,500.0	88,080.0	0.0	2.863E+07	2.479E+07	0.000E+00	145	-	583	0.K
41 ~ 46	4,500.0	88,080.0	25,785.0	2.863E+07	2.479E+07	1.031E+07	-	60	891	0.K
46 ~ 50	4,500.0	127,560.0	25,785.0	4.146E+07	2.479E+07	1.031E+07	-	60	715	0.K
50 ~ 54	4,500.0	127,560.0	25,785.0	4.146E+07	2.479E+07	1.031E+07	-	60	704	0.K
54 ~ 60	4,500.0	88,680.0	25,785.0	2.882E+07	2.479E+07	1.031E+07	-	60	1,089	0.K
60 ~ 66	4,500.0	88,680.0	25,785.0	2.882E+07	2.479E+07	1.031E+07	-	60	1,067	0.K
66 ~ 71	4,500.0	88,080.0	25,785.0	2.863E+07	2.479E+07	1.031E+07	-	60	891	0.K
71 ~ 74	4,500.0	88,080.0	0.0	2.863E+07	2.479E+07	0.000E+00	145	-	572	0.K

9.2 Half-DECK과 바닥판 콘크리트 (STUD+LATTICE BAR)

※ Lattice bar에 의한 Half-Deck과 바닥판의 연결은 무시하고, STUD에 의한 영향만 고려함. (안전측 설계)

1) 합성후 하중에 의한 수평 전단력

※ 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 Half-DECK과 바닥판 사이의 수평전단력(N/mm)

$$S_v = \frac{V \cdot Q_c}{I_v}$$

V = 합성후 하중에 의한 수직전단력 (kN)

Q_c = 바닥판 콘크리트의 환산단면 중립축에 대한 단면1차모멘트 (mm^3)

$$Q_c = \frac{A_c}{n_c} \cdot d_v$$

A_c = Half-Deck 상면에서 바닥판 상면까지의 콘크리트의 단면적 (mm^2)

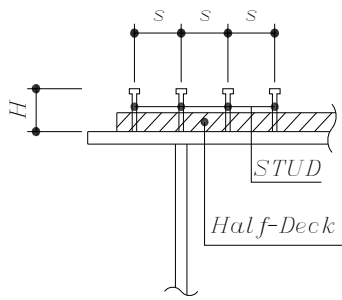
I_v = 합성 단면의 단면2차모멘트 (mm^4)

d_v = 2차합성단면의 도심에서 A_c 도심까지의 거리 (mm)

※ V : 합성후 고정하중에 의한 수직전단력, V_d : 잔여 바닥판 하중에 의한 수직 전단력(충격활하중 포함)

절점	단면 TYPE	A_c/n_c (mm^2)	d_{vc} (mm)	Q_c (mm^3)	I_v (mm^4)	V (kN)	V_d (kN)	$V+V_d$ (kN)	S_{v1} (N/mm)
3	3	122,140.0	477.7	5.834E+07	1.443E+11	124.7	459.1	583.8	236.0
4	3	122,140.0	477.7	5.834E+07	1.443E+11	34.3	391.5	425.8	172.2
5	3	122,140.0	477.7	5.834E+07	1.443E+11	63.2	411.8	475.1	192.1
21	11	122,140.0	481.0	5.875E+07	1.455E+11	169.6	496.6	666.2	268.9
22	11	122,140.0	481.0	5.875E+07	1.455E+11	77.2	446.9	524.1	211.6
23	11	122,140.0	481.0	5.875E+07	1.455E+11	19.9	386.9	406.9	164.2
25	11	122,140.0	481.0	5.875E+07	1.455E+11	204.9	498.6	703.5	284.0
34	3	122,140.0	477.7	5.834E+07	1.443E+11	57.5	353.3	410.7	166.1
35	3	122,140.0	477.7	5.834E+07	1.443E+11	38.1	458.4	496.5	200.7
40	3	127,970.0	466.8	5.974E+07	1.455E+11	128.4	456.1	584.5	239.9
41	3	127,970.0	466.8	5.974E+07	1.455E+11	35.0	385.8	420.8	172.7
42	3	127,970.0	466.8	5.974E+07	1.455E+11	62.9	410.5	473.4	194.3
58	11	127,970.0	470.0	6.015E+07	1.468E+11	168.4	497.6	666.0	272.9
59	11	127,970.0	470.0	6.015E+07	1.468E+11	76.7	438.7	515.4	211.2
60	11	127,970.0	470.0	6.015E+07	1.468E+11	19.9	384.4	404.4	165.7
62	11	127,970.0	470.0	6.015E+07	1.468E+11	203.0	491.2	694.3	284.5
71	3	127,970.0	466.8	5.974E+07	1.455E+11	56.6	344.6	401.1	164.7
72	3	127,970.0	466.8	5.974E+07	1.455E+11	40.5	457.6	498.1	204.5

2) STUD의 설계



$$s_{min} = 75.0 \text{ mm} \quad (s : \text{STUD의 횡방향 최소간격})$$

$$d = 25.0 \text{ mm} \quad (d : \text{STUD의 직경})$$

$$n = 8.0 \text{ 본} \quad (n : \text{STUD의 횡방향 개수})$$

구 분	H(mm)	D(mm)	h(mm)	비 고
단 부	190.0	128.0	62.0	H : STUD 전체높이 D : Half-Deck의 높이
일반부	190.0	128.0	62.0	h : STUD 유효높이

STUD의 허용전단력

(도.설.해 3.9.5.6)

※ 전단연결재의 허용전단력은 다음 식으로 계산하고 바닥판 콘크리트와 강재 주거더의 플랜지 사이의 부착력은 무시한다.

- Half-Deck만 적용시

· 단부

$$h/d = 62.0 / 25.0 = 2.480 < 5.50$$

$$Q_a = 1.74 \times dh \times \sqrt{f_{ck}} = 0.0 \text{ N/본} \quad \because f_{ck} = 27.0 \text{ MPa}$$

$$\Sigma Q_a = 0.0 \times 8.0 = 0.0 \text{ N}$$

여기서, Q_a : 전단연결재의 허용전단력(N)

H : 스테드의 전 높이로서 150mm 정도를 표준으로 한다. (mm)

d : 스테드의 줄기의 지름으로서 19mm, 22mm, 25mm로 한다. (mm)

f_{ck} : 콘크리트의 설계기준강도 (MPa)

· 일반부

$$h/d = 62.0 / 25.0 = 2.480 < 5.50$$

$$Q_a = 1.74 \times dh \times \sqrt{f_{ck}} = 14,014.0 \text{ N/본}$$

$$\Sigma Q_a = 14,014.0 \times 8.0 = 112,112.2 \text{ N}$$

3) 하중조합 및 STUD의 배치

▪ STUD의 배치간격

$$d_o = \sum Q_a / S \quad (S : \text{수평전단력})$$

절점	하 중 조 합 (N/mm)					소요 간격 d _o	배치 간격	비 고
	S _v (S _{va})	S _s	S _t	S _v +S _{th}	S _{sh} +S _{th}			
3	236.0	0.0	0.0	236.0	0.0	475.0mm	300.0mm	0.K !!
4	172.2	0.0	0.0	172.2	0.0	651.2mm	300.0mm	0.K !!
5	192.1	0.0	0.0	192.1	0.0	583.6mm	300.0mm	0.K !!
21	268.9	0.0	0.0	268.9	0.0	416.9mm	300.0mm	0.K !!
22	211.6	0.0	0.0	211.6	0.0	529.9mm	300.0mm	0.K !!
23	164.2	0.0	0.0	164.2	0.0	682.6mm	300.0mm	0.K !!
25	284.0	0.0	0.0	284.0	0.0	394.8mm	300.0mm	0.K !!
34	166.1	0.0	0.0	166.1	0.0	675.0mm	300.0mm	0.K !!
35	200.7	0.0	0.0	200.7	0.0	558.5mm	300.0mm	0.K !!
40	239.9	0.0	0.0	239.9	0.0	467.2mm	300.0mm	0.K !!
41	172.7	0.0	0.0	172.7	0.0	649.0mm	300.0mm	0.K !!
42	194.3	0.0	0.0	194.3	0.0	576.9mm	300.0mm	0.K !!
58	272.9	0.0	0.0	272.9	0.0	410.7mm	300.0mm	0.K !!
59	211.2	0.0	0.0	211.2	0.0	530.8mm	300.0mm	0.K !!
60	165.7	0.0	0.0	165.7	0.0	676.5mm	300.0mm	0.K !!
62	284.5	0.0	0.0	284.5	0.0	394.0mm	300.0mm	0.K !!
71	164.7	0.0	0.0	164.7	0.0	680.8mm	300.0mm	0.K !!
72	204.5	0.0	0.0	204.5	0.0	548.3mm	300.0mm	0.K !!

4) 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 않도록 한다.

다만, 연속교의 내부지점부의 경우 높은 인장응력이 발생하는 곳의 전단연결재 설치를 피하기 위해 이 간격을 넓힐 수도 있다.

$$\begin{aligned} \text{최대 간격} \Rightarrow \text{바닥판 두께의 3배} &= 240.0 \times 3 = 720.0 \text{ mm 또는 } 600.0 \text{ mm} \Rightarrow 600.0 \text{ mm 적용} \\ \text{적용 최대 간격} &= 300.0 \text{ mm} \leq 600.0 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !! \end{aligned}$$

▪ STUD의 최소간격

- 교축방향 : $5 \cdot d = 125.0 \text{ mm}$ 또는 $100.0 \text{ mm} \leq 300.0 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$
- 교축직각방향 : $d+30 = 55.0 \text{ mm} \leq 75.0 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$
- 최소연단순간격 : $25.0 \text{ mm} \leq 40.0 - 12.5 = 27.5 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$

5) 전단연결재의 피로설계

(도.설.해 3.9.5.9)

▪ 수평전단력 범위

여기서, S_r = 설계 대상 단면의 Half-Deck과 주거더 사이의 수평전단력 범위 (N/mm)
 V_r = 충격을 포함하는 활하중에 대한 전단력의 범위 (N)
 Q = 정모멘트부 콘크리트의 환산단면 또는 부모멘트부 철근면적의 합성
 단면 중립축에 대한 단면1차모멘트 (mm^3)
 A_c = 바닥판 콘크리트의 단면적 (mm^2)
 I_v = 합성단면의 단면2차모멘트 (mm^4)
 d_{vc} = 합성단면의 도심에서 바닥판 콘크리트 도심까지의 거리 (mm)

$$S_r = \frac{V_r \cdot Q}{I_v}$$

▪ 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	I_v (mm^4)	Q_c (mm^3)	V_r (N)	S_r (N/mm)	n	$\sum Z_r$ (N)	소요 간격 d_o	배치 간격	비 고
3	1.443E+11	5.834E+07	5.948E+05	240.5	8.0	1.950E+05	810.8mm	300.0mm	0.K !!
4	1.443E+11	5.834E+07	6.042E+05	244.3	8.0	1.950E+05	798.2mm	300.0mm	0.K !!
5	1.443E+11	5.834E+07	6.156E+05	248.9	8.0	1.950E+05	783.3mm	300.0mm	0.K !!
21	1.455E+11	5.875E+07	6.453E+05	260.5	8.0	1.950E+05	748.6mm	300.0mm	0.K !!
22	1.455E+11	5.875E+07	6.391E+05	258.0	8.0	1.950E+05	755.9mm	300.0mm	0.K !!
23	1.455E+11	5.875E+07	6.376E+05	257.4	8.0	1.950E+05	757.6mm	300.0mm	0.K !!
25	1.455E+11	5.875E+07	6.483E+05	261.7	8.0	1.950E+05	745.1mm	300.0mm	0.K !!
34	1.443E+11	5.834E+07	6.139E+05	248.2	8.0	1.950E+05	785.5mm	300.0mm	0.K !!
35	1.443E+11	5.834E+07	6.258E+05	253.1	8.0	1.950E+05	770.6mm	300.0mm	0.K !!
40	1.455E+11	5.974E+07	5.929E+05	243.4	8.0	1.950E+05	801.2mm	300.0mm	0.K !!
41	1.455E+11	5.974E+07	6.008E+05	246.6	8.0	1.950E+05	790.7mm	300.0mm	0.K !!
42	1.455E+11	5.974E+07	6.117E+05	251.1	8.0	1.950E+05	776.5mm	300.0mm	0.K !!
58	1.468E+11	6.015E+07	6.386E+05	261.7	8.0	1.950E+05	745.1mm	300.0mm	0.K !!
59	1.468E+11	6.015E+07	6.331E+05	259.5	8.0	1.950E+05	751.5mm	300.0mm	0.K !!
60	1.468E+11	6.015E+07	6.317E+05	258.9	8.0	1.950E+05	753.2mm	300.0mm	0.K !!
62	1.468E+11	6.015E+07	6.413E+05	262.8	8.0	1.950E+05	741.9mm	300.0mm	0.K !!
71	1.455E+11	5.974E+07	6.122E+05	251.3	8.0	1.950E+05	775.9mm	300.0mm	0.K !!
72	1.455E+11	5.974E+07	6.285E+05	258.0	8.0	1.950E+05	755.7mm	300.0mm	0.K !!

※ 피로설계에 의한 위치별 전단연결재 간격 검토 (DL하중에 대한 검토)

절점	I_v (mm ⁴)	Q_c (mm ³)	V_r (N)	S_r (N/mm)	n	ΣZ_r (N)	소요 간격 d_o	배치 간격	비 고
3	1.443E+11	5.834E+07	5.255E+05	212.5	8.0	3.700E+05	1741.4mm	300.0mm	0.K !!
4	1.443E+11	5.834E+07	5.158E+05	208.5	8.0	3.700E+05	1774.2mm	300.0mm	0.K !!
5	1.443E+11	5.834E+07	5.274E+05	213.3	8.0	3.700E+05	1734.9mm	300.0mm	0.K !!
21	1.455E+11	5.875E+07	6.275E+05	253.3	8.0	3.700E+05	1460.6mm	300.0mm	0.K !!
22	1.455E+11	5.875E+07	6.025E+05	243.2	8.0	3.700E+05	1521.2mm	300.0mm	0.K !!
23	1.455E+11	5.875E+07	5.961E+05	240.6	8.0	3.700E+05	1537.7mm	300.0mm	0.K !!
25	1.455E+11	5.875E+07	6.376E+05	257.4	8.0	3.700E+05	1437.5mm	300.0mm	0.K !!
34	1.443E+11	5.834E+07	5.727E+05	231.6	8.0	3.700E+05	1597.7mm	300.0mm	0.K !!
35	1.443E+11	5.834E+07	5.978E+05	241.7	8.0	3.700E+05	1530.7mm	300.0mm	0.K !!
40	1.455E+11	5.974E+07	5.240E+05	215.1	8.0	3.700E+05	1720.1mm	300.0mm	0.K !!
41	1.455E+11	5.974E+07	5.107E+05	209.7	8.0	3.700E+05	1764.8mm	300.0mm	0.K !!
42	1.455E+11	5.974E+07	5.213E+05	214.0	8.0	3.700E+05	1728.9mm	300.0mm	0.K !!
58	1.468E+11	6.015E+07	6.172E+05	252.9	8.0	3.700E+05	1462.8mm	300.0mm	0.K !!
59	1.468E+11	6.015E+07	5.939E+05	243.4	8.0	3.700E+05	1520.3mm	300.0mm	0.K !!
60	1.468E+11	6.015E+07	5.876E+05	240.8	8.0	3.700E+05	1536.5mm	300.0mm	0.K !!
62	1.468E+11	6.015E+07	6.266E+05	256.8	8.0	3.700E+05	1440.9mm	300.0mm	0.K !!
71	1.455E+11	5.974E+07	5.697E+05	233.9	8.0	3.700E+05	1582.2mm	300.0mm	0.K !!
72	1.455E+11	5.974E+07	6.045E+05	248.2	8.0	3.700E+05	1490.9mm	300.0mm	0.K !!

6) 전단연결재의 극한강도검토

(도.설.해 3.9.5.10)

- 전단연결재의 극한강도

$$\begin{aligned}
 V_u &= 0.4 \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_c} \\
 &= 0.4 \times 25.0^2 \times \sqrt{27.0 \times 27,804.0} \\
 &= 216,608.5 \text{ N} > A_{sc} f_u = \pi/4 \cdot d^2 \cdot f_u = 490.9 \times 410.0 = 201,258.3 \text{ N}
 \end{aligned}$$

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.

$$\begin{aligned}
 P_1 &= A_s \cdot f_y & \text{여기서, } A_s &: \text{뿔개판을 포함하는 강재 단면의 총면적(mm}^2\text{)} \\
 & & f_y &: \text{사용된 강재의 최소 공칭항복응력(MPa)} \quad [355.0 \text{ MPa}] \\
 & & f_{ck} &: \text{콘크리트의 28일 압축강도(MPa)} \\
 P_2 &= 0.85 \cdot f_{ck} \cdot b \cdot t_s & b &: \text{슬래브의 유효폭(mm)} \\
 & & t_s &: \text{콘크리트 슬래브의 두께(mm)} \quad [240.0 \text{ mm}]
 \end{aligned}$$

▪ 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	4,500.0	88,080.0	0.0	3.127E+07	2.479E+07	0.000E+00	145	-	770	0.K
5 ~ 9	4,500.0	88,080.0	25,785.0	3.127E+07	2.479E+07	1.031E+07	-	60	693	0.K
9 ~ 13	4,500.0	127,560.0	25,785.0	4.528E+07	2.479E+07	1.031E+07	-	60	715	0.K
13 ~ 17	4,500.0	127,560.0	25,785.0	4.528E+07	2.479E+07	1.031E+07	-	60	704	0.K
17 ~ 23	4,500.0	88,680.0	25,785.0	3.148E+07	2.479E+07	1.031E+07	-	60	1,089	0.K
23 ~ 29	4,500.0	88,680.0	25,785.0	3.148E+07	2.479E+07	1.031E+07	-	60	1,067	0.K
29 ~ 34	4,500.0	88,080.0	25,785.0	3.127E+07	2.479E+07	1.031E+07	-	60	891	0.K
34 ~ 37	4,500.0	88,080.0	0.0	3.127E+07	2.479E+07	0.000E+00	145	-	572	0.K
38 ~ 41	4,500.0	88,080.0	0.0	3.127E+07	2.479E+07	0.000E+00	145	-	583	0.K
41 ~ 46	4,500.0	88,080.0	25,785.0	3.127E+07	2.479E+07	1.031E+07	-	60	891	0.K
46 ~ 50	4,500.0	127,560.0	25,785.0	4.528E+07	2.479E+07	1.031E+07	-	60	715	0.K
50 ~ 54	4,500.0	127,560.0	25,785.0	4.528E+07	2.479E+07	1.031E+07	-	60	704	0.K
54 ~ 60	4,500.0	88,680.0	25,785.0	3.148E+07	2.479E+07	1.031E+07	-	60	1,089	0.K
60 ~ 66	4,500.0	88,680.0	25,785.0	3.148E+07	2.479E+07	1.031E+07	-	60	1,067	0.K
66 ~ 71	4,500.0	88,080.0	25,785.0	3.127E+07	2.479E+07	1.031E+07	-	60	891	0.K
71 ~ 74	4,500.0	88,080.0	0.0	3.127E+07	2.479E+07	0.000E+00	145	-	572	0.K

9.3 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} = 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)

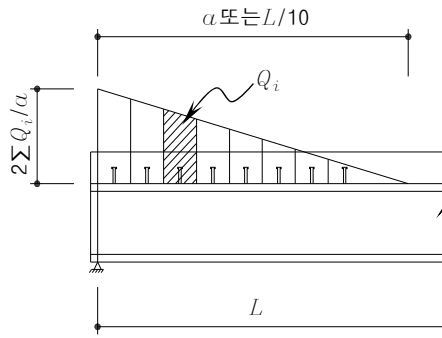
※ V_d : 합성후 고정하중에 의한 수직전단력, V_A : 합성후 고정하중에 의한 수직전단력을 제외한 전단력 (충격계수를 포함한 활하중 포함)

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	282,860.0	298.2	8.435E+07	1.478E+11	287.9	685.8	973.7	555.7
2	2	154,290.0	450.0	6.943E+07	1.445E+11	212.2	519.2	731.4	351.3
6	2	154,290.0	450.0	6.943E+07	1.445E+11	154.7	483.7	638.4	306.7
7	4	154,290.0	484.3	7.472E+07	1.587E+11	242.2	556.9	799.1	376.2
8	5	154,290.0	511.8	7.897E+07	1.703E+11	324.9	630.3	955.1	442.8
9	6	154,290.0	517.8	7.989E+07	1.699E+11	380.3	800.6	1,181.0	555.5
10	6	154,290.0	517.8	7.989E+07	1.699E+11	204.0	629.4	833.4	392.0
11	4	154,290.0	484.3	7.472E+07	1.587E+11	121.7	535.8	657.5	309.6
12	4	154,290.0	484.3	7.472E+07	1.587E+11	34.3	454.2	488.5	230.0
13	4	154,290.0	484.3	7.472E+07	1.587E+11	60.2	420.5	480.6	226.3
14	4	154,290.0	484.3	7.472E+07	1.587E+11	148.8	494.3	643.1	302.8
15	7	154,290.0	536.4	8.275E+07	1.819E+11	236.3	582.4	818.7	372.4
16	8	154,290.0	650.7	1.004E+08	2.560E+11	315.5	695.8	1,011.4	396.6
17	9	154,290.0	786.2	1.213E+08	3.597E+11	462.3	932.6	1,394.9	470.3
18	8	154,290.0	650.7	1.004E+08	2.560E+11	424.5	758.4	1,182.8	463.9
19	10	154,290.0	530.0	8.177E+07	1.824E+11	346.7	650.2	996.9	446.8
20	5	154,290.0	511.8	7.897E+07	1.703E+11	259.3	550.8	810.0	375.5
24	12	154,290.0	452.0	6.974E+07	1.459E+11	112.8	444.9	557.6	266.6
26	13	154,290.0	538.4	8.307E+07	1.816E+11	293.5	560.5	854.1	390.7
27	14	154,290.0	564.1	8.703E+07	1.937E+11	381.0	661.1	1,042.0	468.1
28	15	154,290.0	671.2	1.036E+08	2.720E+11	456.8	769.2	1,226.0	466.8
29	16	154,290.0	806.9	1.245E+08	3.808E+11	489.2	941.2	1,430.4	467.7
30	15	154,290.0	671.2	1.036E+08	2.720E+11	401.0	695.7	1,096.8	417.6
31	14	154,290.0	564.1	8.703E+07	1.937E+11	324.6	580.6	905.2	406.6
32	13	154,290.0	538.4	8.307E+07	1.816E+11	237.2	491.9	729.1	333.5
33	4	154,290.0	484.3	7.472E+07	1.587E+11	149.3	413.0	562.2	264.7

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)
36	2	154,290.0	450.0	6.943E+07	1.445E+11	125.6	526.4	652.0	313.2
37	1	282,860.0	298.2	8.435E+07	1.478E+11	197.2	685.2	882.4	503.6
38	1	293,540.0	290.4	8.524E+07	1.489E+11	313.1	675.9	989.0	566.2
39	2	160,110.0	440.6	7.054E+07	1.457E+11	226.2	541.0	767.2	371.4
43	2	160,110.0	440.6	7.054E+07	1.457E+11	155.2	481.1	636.3	308.0
44	4	160,110.0	474.5	7.597E+07	1.601E+11	253.2	539.3	792.5	376.1
45	5	160,110.0	501.7	8.032E+07	1.719E+11	382.1	651.9	1,034.1	483.3
46	6	160,110.0	507.3	8.122E+07	1.714E+11	478.8	815.2	1,294.0	613.1
47	6	160,110.0	507.3	8.122E+07	1.714E+11	261.9	659.9	921.7	436.7
48	4	160,110.0	474.5	7.597E+07	1.601E+11	133.3	516.1	649.5	308.2
49	4	160,110.0	474.5	7.597E+07	1.601E+11	34.7	448.1	482.8	229.2
50	4	160,110.0	474.5	7.597E+07	1.601E+11	62.0	407.5	469.5	222.8
51	4	160,110.0	474.5	7.597E+07	1.601E+11	154.6	473.9	628.5	298.3
52	7	160,110.0	525.5	8.414E+07	1.836E+11	258.2	550.7	809.0	370.8
53	8	160,110.0	638.1	1.022E+08	2.584E+11	396.4	755.0	1,151.4	455.2
54	9	160,110.0	771.8	1.236E+08	3.633E+11	607.0	979.0	1,586.1	539.5
55	8	160,110.0	638.1	1.022E+08	2.584E+11	510.4	819.4	1,329.9	525.7
56	10	160,110.0	519.5	8.318E+07	1.841E+11	364.2	609.9	974.1	440.2
57	5	160,110.0	501.7	8.032E+07	1.719E+11	260.1	551.4	811.5	379.3
61	12	160,110.0	442.7	7.087E+07	1.470E+11	111.7	434.9	546.6	263.4
63	13	160,110.0	527.9	8.452E+07	1.833E+11	294.9	559.2	854.1	393.9
64	14	160,110.0	552.9	8.852E+07	1.956E+11	402.0	622.8	1,024.7	463.8
65	15	160,110.0	658.6	1.055E+08	2.746E+11	553.7	837.6	1,391.3	534.2
66	16	160,110.0	792.6	1.269E+08	3.845E+11	650.3	998.5	1,648.7	544.2
67	15	160,110.0	658.6	1.055E+08	2.746E+11	494.2	761.1	1,255.3	482.0
68	14	160,110.0	552.9	8.852E+07	1.956E+11	348.0	544.9	892.9	404.1
69	13	160,110.0	527.9	8.452E+07	1.833E+11	240.7	473.8	714.5	329.5
70	4	160,110.0	474.5	7.597E+07	1.601E+11	148.3	404.6	553.0	262.5
73	2	160,110.0	440.6	7.054E+07	1.457E+11	141.0	537.0	678.0	328.2
74	1	293,540.0	290.4	8.524E+07	1.489E+11	227.6	671.8	899.4	514.9

2) 건조수축 및 온도차에 의한 수평전단력

(도.설.해 3.9.5.3)



$$\begin{aligned} \text{주거더 간격 } a &= 2.200 \text{ m (시점부)} \\ L / 10 &= 180.300 / 10 = 18.030 \text{ m} \\ \therefore \text{전단 분포폭} &= 2.200 \text{ m (시점부)} \\ \text{주거더 간격 } a &= 2.200 \text{ m (종점부)} \\ L / 10 &= 180.300 / 10 = 18.030 \text{ m} \\ \therefore \text{전단 분포폭} &= 2.200 \text{ m (종점부)} \end{aligned}$$

※ L을 취하는 방법 : (1) 단순합성거더의 경우 L : 지간

(2) 연속합성거더의 경우 L : 지간의 합계

▪ 건조수축에 의한 전단력(GIRDER 계산 단면 TYPE -1 참조) (시점부)

$$\begin{aligned} n_2 &= n \cdot (1 + \phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 4.0 / 2) = 21.0 \\ A_s &= 114,360.0 \text{ mm}^2 \quad I_s = 5.587\text{E}+10 \text{ mm}^4 \\ A_c &= 1,980,000.0 \text{ mm}^2 \quad I_c = 3.194\text{E}+10 \text{ mm}^4 \\ d &= 1,035.8 \text{ mm} \quad (\text{강재도심과 Con'c중심간 거리}) \\ p_2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c / n_2 = 205,000 \times 0.00027 \times 1,980,000 / 21.0 = 5.219\text{E}+06 \text{ N} \\ E_s &= 205,000.0 \text{ MPa} \quad (\text{강재의 탄성계수}) \\ \epsilon_s &= 0.000270 \quad (\text{콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율}) \end{aligned}$$

$$F_2 = \frac{1}{1 + \frac{A_c}{n_2 \cdot A_s} + \frac{A_c \cdot d^2}{I_c + n_2 \cdot I_s}}$$

$$F_2 = 1 + [1 + \{1,980,000 / (21 \times 114,360)\} + \{(1,980,000 \times 1,036^2) / (31,944,000,000 + 21.0 \times 55,866,171,178)\}] = 0.279$$

$$N_{cs} = p_2 \cdot F_2 = 5,218,714.3 \times 0.279 = 1.455\text{E}+06 \text{ N}$$

$$S_s = 2 \cdot N_{cs} / a = 2 \times 1,454,871.4 / 2.200 = 1,322.6 \text{ N/mm}$$

▪ 건조수축에 의한 전단력(GIRDER 계산 단면 TYPE -1 참조) (종점부)

$$\begin{aligned} n_2 &= n \cdot (1 + \phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 4.0 / 2) = 21.0 \\ A_s &= 114,360.0 \text{ mm}^2 \quad I_s = 5.587\text{E}+10 \text{ mm}^4 \\ A_c &= 2,054,800.0 \text{ mm}^2 \quad I_c = 3.315\text{E}+10 \text{ mm}^4 \\ d &= 1,035.8 \text{ mm} \quad (\text{강재도심과 Con'c중심간 거리}) \\ p_2 &= E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c / n_2 = 205,000 \times 0.00027 \times 2,054,800 / 21.0 = 5.416\text{E}+06 \text{ N} \\ E_s &= 205,000.0 \text{ MPa} \quad (\text{강재의 탄성계수}) \\ \epsilon_s &= 0.000270 \quad (\text{콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율}) \end{aligned}$$

$$F_2 = \frac{1}{1 + \frac{A_c}{n_2 \cdot A_s} + \frac{A_c \cdot d^2}{I_c + n_2 \cdot I_s}}$$

$$F_2 = 1 + [1 + \{2,054,800 / (21 \times 114,360)\} + \{(2,054,800 \times 1,036^2) / (33,150,773,333 + 21.0 \times 55,866,171,178)\}] = 0.272$$

$$N_{cs} = p_2 \cdot F_2 = 5,415,865.7 \times 0.272 = 1.471\text{E}+06 \text{ N}$$

$$S_s = 2 \cdot N_{cs} / a = 2 \times 1,470,517.5 / 2.200 = 1,336.8 \text{ N/mm}$$

▪ 온도차에 의한 전단력 (시점부)

$$n = 7.0$$

$$A_s = 114,360.0 \text{ mm}^2 \quad I_s = 5.587\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

$$A_c = 1,980,000.0 \text{ mm}^2 \quad I_c = 3.194\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

$$d = 1,035.8 \text{ mm} \quad (\text{강재도심과 Con'c중심간 거리})$$

$$p_1 = E_s \cdot \alpha \cdot \Delta t \cdot A_c / n = 205,000 \times 0.000012 \times 10.0 \times 1,980,000 / 7.0 = 6.958\text{E}+06 \text{ N}$$

$$E_s = 205,000.0 \text{ MPa} \quad (\text{강재의 탄성계수})$$

$$\alpha = 0.000012 \quad (\text{강재 및 콘크리트의 선팅창계수})$$

$$\Delta t = 10.0 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{바닥판 콘크리트와 강재와의 온도차})$$

$$F_1 = \frac{1}{1 + \frac{A_c}{n \cdot A_s} + \frac{A_c \cdot d^2}{I_c + n \cdot I_s}}$$

$$F_1 = 1 + [1 + \{1,980,000 / (7 \times 114,360)\} + \{(1,980,000 \times 1,036^2) / (31,944,000,000 + 7.0 \times 55,866,171,178)\}] = 0.118$$

$$N_{cs} = p_1 \cdot F_2 = 6,958,285.7 \times 0.118 = 8.191\text{E}+05 \text{ N}$$

$$S_t = 2 \cdot N_{cs} / a = 2 \times 819,106.0 / 2.200 = 744.6 \text{ N/mm}$$

▪ 온도차에 의한 전단력 (중점부)

$$n = 7.0$$

$$A_s = 114,360.0 \text{ mm}^2 \quad I_s = 5.587\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

$$A_c = 2,054,800.0 \text{ mm}^2 \quad I_c = 3.315\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

$$d = 1,035.8 \text{ mm} \quad (\text{강재도심과 Con'c중심간 거리})$$

$$p_1 = E_s \cdot \alpha \cdot \Delta t \cdot A_c / n = 205,000 \times 0.000012 \times 10.0 \times 2,054,800 / 7.0 = 7.221\text{E}+06 \text{ N}$$

$$E_s = 205,000.0 \text{ MPa} \quad (\text{강재의 탄성계수})$$

$$\alpha = 0.000012 \quad (\text{강재 및 콘크리트의 선팅창계수})$$

$$\Delta t = 10.0 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{바닥판 콘크리트와 강재와의 온도차})$$

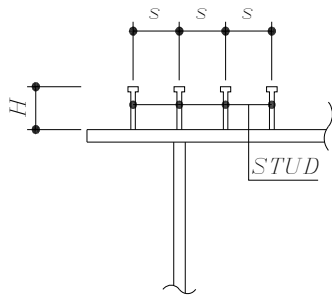
$$F_1 = \frac{1}{1 + \frac{A_c}{n \cdot A_s} + \frac{A_c \cdot d^2}{I_c + n \cdot I_s}}$$

$$F_1 = 1 + [1 + \{2,054,800 / (7 \times 114,360)\} + \{(2,054,800 \times 1,036^2) / (33,150,773,333 + 7.0 \times 55,866,171,178)\}] = 0.114$$

$$N_{cs} = p_1 \cdot F_2 = 7,221,154.3 \times 0.114 = 8.240\text{E}+05 \text{ N}$$

$$S_t = 2 \cdot N_{cs} / a = 2 \times 824,022.7 / 2.200 = 749.1 \text{ N/mm}$$

3) STUD의 설계



$$\begin{aligned}
 s_{min} &= 75.0 \text{ mm} \quad (s : \text{STUD의 횡방향 최소간격}) \\
 d &= 25.0 \text{ mm} \quad (d : \text{STUD의 직경}) \\
 H &= 190.0 \text{ mm} \quad (H : \text{STUD의 전높이}) \\
 n &= 11 \text{ 본} \quad (n : \text{STUD의 횡방향 개수})
 \end{aligned}$$

STUD의 허용전단력

(도.설.해 3.9.5.6)

※ 전단연결재의 허용전단력은 다음 식으로 계산하고 바닥판 콘크리트와 강재 주거더의 플랜지 사이의 부착력은 무시한다.

$$\begin{aligned}
 H/d &= 190.0 / 25.0 = 7.600 \geq 5.50 \\
 Q_a &= 9.50 \times d^2 \times \sqrt{f_{ck}} = 30,852.2 \text{ N/본} \quad \because f_{ck} = 27.0 \text{ MPa} \\
 \Sigma Q_a &= 30,852.2 \times 11.0 = 339,373.7 \text{ N}
 \end{aligned}$$

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	555.7	1,322.6	744.6	1,300.3	2,067.3	164.2mm	150.0mm	0.K !!	P6
2	351.3	0.0	0.0	351.3	0.0	966.0mm	300.0mm	0.K !!	
6	306.7	0.0	0.0	306.7	0.0	1106.7mm	300.0mm	0.K !!	
7	376.2	0.0	0.0	376.2	0.0	902.0mm	300.0mm	0.K !!	
8	442.8	0.0	0.0	442.8	0.0	766.4mm	300.0mm	0.K !!	
9	555.5	0.0	0.0	555.5	0.0	611.0mm	300.0mm	0.K !!	P7
10	392.0	0.0	0.0	392.0	0.0	865.8mm	300.0mm	0.K !!	
11	309.6	0.0	0.0	309.6	0.0	1096.3mm	300.0mm	0.K !!	
12	230.0	0.0	0.0	230.0	0.0	1475.6mm	300.0mm	0.K !!	
13	226.3	0.0	0.0	226.3	0.0	1499.7mm	300.0mm	0.K !!	
14	302.8	0.0	0.0	302.8	0.0	1120.8mm	300.0mm	0.K !!	
15	372.4	0.0	0.0	372.4	0.0	911.2mm	300.0mm	0.K !!	
16	396.6	0.0	0.0	396.6	0.0	855.6mm	300.0mm	0.K !!	
17	470.3	0.0	0.0	470.3	0.0	721.6mm	300.0mm	0.K !!	P8
18	463.9	0.0	0.0	463.9	0.0	731.6mm	300.0mm	0.K !!	
19	446.8	0.0	0.0	446.8	0.0	759.5mm	300.0mm	0.K !!	
20	375.5	0.0	0.0	375.5	0.0	903.7mm	300.0mm	0.K !!	
24	266.6	0.0	0.0	266.6	0.0	1272.9mm	300.0mm	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				
26	390.7	0.0	0.0	390.7	0.0	868.5mm	300.0mm	0.K !!	
27	468.1	0.0	0.0	468.1	0.0	725.0mm	300.0mm	0.K !!	
28	466.8	0.0	0.0	466.8	0.0	727.1mm	300.0mm	0.K !!	
29	467.7	0.0	0.0	467.7	0.0	725.6mm	300.0mm	0.K !!	P9
30	417.6	0.0	0.0	417.6	0.0	812.8mm	300.0mm	0.K !!	
31	406.6	0.0	0.0	406.6	0.0	834.6mm	300.0mm	0.K !!	
32	333.5	0.0	0.0	333.5	0.0	1017.5mm	300.0mm	0.K !!	
33	264.7	0.0	0.0	264.7	0.0	1282.0mm	300.0mm	0.K !!	
36	313.2	0.0	0.0	313.2	0.0	1083.7mm	300.0mm	0.K !!	
37	503.6	0.0	0.0	503.6	0.0	673.9mm	150.0mm	0.K !!	A2
38	566.2	0.0	0.0	566.2	0.0	599.4mm	150.0mm	0.K !!	P6
39	371.4	0.0	0.0	371.4	0.0	913.7mm	300.0mm	0.K !!	
43	308.0	0.0	0.0	308.0	0.0	1101.8mm	300.0mm	0.K !!	
44	376.1	0.0	0.0	376.1	0.0	902.3mm	300.0mm	0.K !!	
45	483.3	0.0	0.0	483.3	0.0	702.2mm	300.0mm	0.K !!	
46	613.1	0.0	0.0	613.1	0.0	553.5mm	300.0mm	0.K !!	P7
47	436.7	0.0	0.0	436.7	0.0	777.1mm	300.0mm	0.K !!	
48	308.2	0.0	0.0	308.2	0.0	1101.0mm	300.0mm	0.K !!	
49	229.2	0.0	0.0	229.2	0.0	1481.0mm	300.0mm	0.K !!	
50	222.8	0.0	0.0	222.8	0.0	1523.2mm	300.0mm	0.K !!	
51	298.3	0.0	0.0	298.3	0.0	1137.7mm	300.0mm	0.K !!	
52	370.8	0.0	0.0	370.8	0.0	915.3mm	300.0mm	0.K !!	
53	455.2	0.0	0.0	455.2	0.0	745.6mm	300.0mm	0.K !!	
54	539.5	0.0	0.0	539.5	0.0	629.1mm	300.0mm	0.K !!	P8
55	525.7	0.0	0.0	525.7	0.0	645.6mm	300.0mm	0.K !!	
56	440.2	0.0	0.0	440.2	0.0	771.0mm	300.0mm	0.K !!	
57	379.3	0.0	0.0	379.3	0.0	894.8mm	300.0mm	0.K !!	
61	263.4	0.0	0.0	263.4	0.0	1288.2mm	300.0mm	0.K !!	
63	393.9	0.0	0.0	393.9	0.0	861.6mm	300.0mm	0.K !!	
64	463.8	0.0	0.0	463.8	0.0	731.7mm	300.0mm	0.K !!	
65	534.2	0.0	0.0	534.2	0.0	635.3mm	300.0mm	0.K !!	
66	544.2	0.0	0.0	544.2	0.0	623.7mm	300.0mm	0.K !!	P9
67	482.0	0.0	0.0	482.0	0.0	704.1mm	300.0mm	0.K !!	
68	404.1	0.0	0.0	404.1	0.0	839.8mm	300.0mm	0.K !!	
69	329.5	0.0	0.0	329.5	0.0	1029.9mm	300.0mm	0.K !!	
70	262.5	0.0	0.0	262.5	0.0	1293.1mm	300.0mm	0.K !!	
73	328.2	0.0	0.0	328.2	0.0	1034.0mm	300.0mm	0.K !!	
74	514.9	1,336.8	749.1	1,264.0	2,085.9	162.7mm	150.0mm	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 않도록 한다.

다만, 연속교의 내부지점부의 경우 높은 인장응력이 발생하는 곳의 전단연결재 설치를 피하기 위해 이 간격을 넓힐 수도 있다.

최대 간격 $\Rightarrow$ 바닥판 두께의 3배 $= 440.0 \times 3 = 1,320.0 \text{ mm}$ 또는 $600.0 \text{ mm} \Rightarrow 600.0 \text{ mm}$ 적용

적용 최대 간격 $= 300.0 \text{ mm} \leq 600.0 \text{ mm} \dots\dots \text{O.K !!}$

▪ STUD의 최소간격

- 교축방향 : $5 \cdot d = 125.0 \text{ mm}$ 또는 $100.0 \text{ mm} \leq 150.0 \text{ mm} \dots\dots \text{O.K !!}$

- 교축직각방향 : $d+30 = 55.0 \text{ mm} \leq 75.0 \text{ mm} \dots\dots \text{O.K !!}$

- 최소연단순간격 : $25.0 \text{ mm} \leq 135.0 - 12.5 = 122.5 \text{ mm} \dots\dots \text{O.K !!}$

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)

A_c = 바닥판 콘크리트의 단면적 (mm^2)

I_v = 합성단면의 단면2차모멘트 (mm^4)

d_{vc} = 합성단면의 도심에서 바닥판 콘크리트 도심까지의 거리 (mm)

$$S_r = \frac{V_r \cdot Q}{I_v}$$

▪ 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	282,860.0	298.2	8.435E+07	1.478E+11	6.981E+05	398.4	11	2.681E+05	673.0mm	150.0mm	0.K
2	154,290.0	450.0	6.943E+07	1.445E+11	5.999E+05	288.2	11	2.681E+05	930.4mm	300.0mm	0.K
6	154,290.0	450.0	6.943E+07	1.445E+11	6.323E+05	303.7	11	2.681E+05	882.8mm	300.0mm	0.K
7	154,290.0	484.3	7.472E+07	1.587E+11	6.523E+05	307.1	11	2.681E+05	873.0mm	300.0mm	0.K
8	154,290.0	511.8	7.897E+07	1.703E+11	6.626E+05	307.2	11	2.681E+05	872.8mm	300.0mm	0.K
9	154,290.0	517.8	7.989E+07	1.699E+11	8.114E+05	381.6	11	2.681E+05	702.6mm	300.0mm	0.K
10	154,290.0	517.8	7.989E+07	1.699E+11	6.941E+05	326.5	11	2.681E+05	821.3mm	300.0mm	0.K
11	154,290.0	484.3	7.472E+07	1.587E+11	6.416E+05	302.1	11	2.681E+05	887.6mm	300.0mm	0.K
12	154,290.0	484.3	7.472E+07	1.587E+11	6.148E+05	289.5	11	2.681E+05	926.3mm	300.0mm	0.K
13	154,290.0	484.3	7.472E+07	1.587E+11	6.074E+05	286.0	11	2.681E+05	937.6mm	300.0mm	0.K
14	154,290.0	484.3	7.472E+07	1.587E+11	6.253E+05	294.4	11	2.681E+05	910.8mm	300.0mm	0.K
15	154,290.0	536.4	8.275E+07	1.819E+11	6.429E+05	292.5	11	2.681E+05	916.8mm	300.0mm	0.K
16	154,290.0	650.7	1.004E+08	2.560E+11	6.519E+05	255.7	11	2.681E+05	1048.7mm	300.0mm	0.K
17	154,290.0	786.2	1.213E+08	3.597E+11	7.875E+05	265.5	11	2.681E+05	1009.8mm	300.0mm	0.K
18	154,290.0	650.7	1.004E+08	2.560E+11	7.001E+05	274.6	11	2.681E+05	976.6mm	300.0mm	0.K
19	154,290.0	530.0	8.177E+07	1.824E+11	6.819E+05	305.6	11	2.681E+05	877.3mm	300.0mm	0.K
20	154,290.0	511.8	7.897E+07	1.703E+11	6.578E+05	305.0	11	2.681E+05	879.2mm	300.0mm	0.K
24	154,290.0	452.0	6.974E+07	1.459E+11	6.409E+05	306.4	11	2.681E+05	875.0mm	300.0mm	0.K
26	154,290.0	538.4	8.307E+07	1.816E+11	6.667E+05	305.0	11	2.681E+05	879.0mm	300.0mm	0.K
27	154,290.0	564.1	8.703E+07	1.937E+11	6.780E+05	304.6	11	2.681E+05	880.4mm	300.0mm	0.K
28	154,290.0	671.2	1.036E+08	2.720E+11	6.791E+05	258.5	11	2.681E+05	1037.0mm	300.0mm	0.K
29	154,290.0	806.9	1.245E+08	3.808E+11	7.625E+05	249.3	11	2.681E+05	1075.5mm	300.0mm	0.K
30	154,290.0	671.2	1.036E+08	2.720E+11	6.675E+05	254.1	11	2.681E+05	1055.1mm	300.0mm	0.K
31	154,290.0	564.1	8.703E+07	1.937E+11	6.430E+05	288.8	11	2.681E+05	928.3mm	300.0mm	0.K
32	154,290.0	538.4	8.307E+07	1.816E+11	6.266E+05	286.7	11	2.681E+05	935.3mm	300.0mm	0.K
33	154,290.0	484.3	7.472E+07	1.587E+11	6.136E+05	288.9	11	2.681E+05	928.1mm	300.0mm	0.K
36	154,290.0	450.0	6.943E+07	1.445E+11	6.208E+05	298.2	11	2.681E+05	899.2mm	300.0mm	0.K
37	282,860.0	298.2	8.435E+07	1.478E+11	7.528E+05	429.7	11	2.681E+05	624.0mm	150.0mm	0.K
38	293,540.0	290.4	8.524E+07	1.489E+11	6.864E+05	393.0	11	2.681E+05	682.3mm	150.0mm	0.K
39	160,110.0	440.6	7.054E+07	1.457E+11	6.029E+05	291.9	11	2.681E+05	918.6mm	300.0mm	0.K
43	160,110.0	440.6	7.054E+07	1.457E+11	6.293E+05	304.7	11	2.681E+05	880.1mm	300.0mm	0.K
44	160,110.0	474.5	7.597E+07	1.601E+11	6.508E+05	308.9	11	2.681E+05	868.1mm	300.0mm	0.K
45	160,110.0	501.7	8.032E+07	1.719E+11	6.678E+05	312.1	11	2.681E+05	859.2mm	300.0mm	0.K
46	160,110.0	507.3	8.122E+07	1.714E+11	8.041E+05	381.0	11	2.681E+05	703.7mm	300.0mm	0.K
47	160,110.0	507.3	8.122E+07	1.714E+11	6.884E+05	326.2	11	2.681E+05	822.0mm	300.0mm	0.K
48	160,110.0	474.5	7.597E+07	1.601E+11	6.361E+05	301.9	11	2.681E+05	888.1mm	300.0mm	0.K
49	160,110.0	474.5	7.597E+07	1.601E+11	6.103E+05	289.6	11	2.681E+05	925.7mm	300.0mm	0.K
50	160,110.0	474.5	7.597E+07	1.601E+11	5.999E+05	284.7	11	2.681E+05	941.7mm	300.0mm	0.K
51	160,110.0	474.5	7.597E+07	1.601E+11	6.171E+05	292.9	11	2.681E+05	915.5mm	300.0mm	0.K
52	160,110.0	525.5	8.414E+07	1.836E+11	6.367E+05	291.8	11	2.681E+05	918.8mm	300.0mm	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
53	160,110.0	638.1	1.022E+08	2.584E+11	6.564E+05	259.5	11	2.681E+05	1033.4mm	300.0mm	0.K
54	160,110.0	771.8	1.236E+08	3.633E+11	8.022E+05	272.9	11	2.681E+05	982.7mm	300.0mm	0.K
55	160,110.0	638.1	1.022E+08	2.584E+11	6.971E+05	275.6	11	2.681E+05	973.0mm	300.0mm	0.K
56	160,110.0	519.5	8.318E+07	1.841E+11	6.736E+05	304.4	11	2.681E+05	880.8mm	300.0mm	0.K
57	160,110.0	501.7	8.032E+07	1.719E+11	6.513E+05	304.4	11	2.681E+05	880.9mm	300.0mm	0.K
61	160,110.0	442.7	7.087E+07	1.470E+11	6.342E+05	305.7	11	2.681E+05	877.2mm	300.0mm	0.K
63	160,110.0	527.9	8.452E+07	1.833E+11	6.597E+05	304.3	11	2.681E+05	881.2mm	300.0mm	0.K
64	160,110.0	552.9	8.852E+07	1.956E+11	6.754E+05	305.7	11	2.681E+05	877.1mm	300.0mm	0.K
65	160,110.0	658.6	1.055E+08	2.746E+11	6.967E+05	267.5	11	2.681E+05	1002.3mm	300.0mm	0.K
66	160,110.0	792.6	1.269E+08	3.845E+11	7.614E+05	251.3	11	2.681E+05	1067.0mm	300.0mm	0.K
67	160,110.0	658.6	1.055E+08	2.746E+11	6.617E+05	254.1	11	2.681E+05	1055.2mm	300.0mm	0.K
68	160,110.0	552.9	8.852E+07	1.956E+11	6.344E+05	287.2	11	2.681E+05	933.7mm	300.0mm	0.K
69	160,110.0	527.9	8.452E+07	1.833E+11	6.193E+05	285.6	11	2.681E+05	938.7mm	300.0mm	0.K
70	160,110.0	474.5	7.597E+07	1.601E+11	6.069E+05	288.1	11	2.681E+05	930.8mm	300.0mm	0.K
73	160,110.0	440.6	7.054E+07	1.457E+11	6.025E+05	291.7	11	2.681E+05	919.3mm	300.0mm	0.K
74	293,540.0	290.4	8.524E+07	1.489E+11	7.273E+05	416.4	11	2.681E+05	644.0mm	150.0mm	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	282,860.0	298.2	8.435E+07	1.478E+11	6.664E+05	380.3	11	5.088E+05	1337.6mm	150.0mm	0.K
2	154,290.0	450.0	6.943E+07	1.445E+11	5.640E+05	270.9	11	5.088E+05	1878.0mm	300.0mm	0.K
6	154,290.0	450.0	6.943E+07	1.445E+11	5.618E+05	269.8	11	5.088E+05	1885.3mm	300.0mm	0.K
7	154,290.0	484.3	7.472E+07	1.587E+11	6.216E+05	292.7	11	5.088E+05	1738.2mm	300.0mm	0.K
8	154,290.0	511.8	7.897E+07	1.703E+11	7.209E+05	334.2	11	5.088E+05	1522.2mm	300.0mm	0.K
9	154,290.0	517.8	7.989E+07	1.699E+11	9.309E+05	437.8	11	5.088E+05	1162.0mm	300.0mm	0.K
10	154,290.0	517.8	7.989E+07	1.699E+11	7.706E+05	362.5	11	5.088E+05	1403.6mm	300.0mm	0.K
11	154,290.0	484.3	7.472E+07	1.587E+11	7.017E+05	330.4	11	5.088E+05	1539.8mm	300.0mm	0.K
12	154,290.0	484.3	7.472E+07	1.587E+11	6.616E+05	311.5	11	5.088E+05	1633.1mm	300.0mm	0.K
13	154,290.0	484.3	7.472E+07	1.587E+11	6.536E+05	307.8	11	5.088E+05	1653.1mm	300.0mm	0.K
14	154,290.0	484.3	7.472E+07	1.587E+11	6.754E+05	318.0	11	5.088E+05	1599.7mm	300.0mm	0.K
15	154,290.0	536.4	8.275E+07	1.819E+11	7.252E+05	329.9	11	5.088E+05	1542.1mm	300.0mm	0.K
16	154,290.0	650.7	1.004E+08	2.560E+11	8.191E+05	321.3	11	5.088E+05	1583.6mm	300.0mm	0.K
17	154,290.0	786.2	1.213E+08	3.597E+11	9.660E+05	325.7	11	5.088E+05	1562.0mm	300.0mm	0.K
18	154,290.0	650.7	1.004E+08	2.560E+11	8.099E+05	317.6	11	5.088E+05	1601.7mm	300.0mm	0.K
19	154,290.0	530.0	8.177E+07	1.824E+11	7.330E+05	328.5	11	5.088E+05	1548.5mm	300.0mm	0.K
20	154,290.0	511.8	7.897E+07	1.703E+11	6.694E+05	310.3	11	5.088E+05	1639.3mm	300.0mm	0.K
24	154,290.0	452.0	6.974E+07	1.459E+11	6.085E+05	290.9	11	5.088E+05	1748.6mm	300.0mm	0.K
26	154,290.0	538.4	8.307E+07	1.816E+11	6.865E+05	314.1	11	5.088E+05	1619.8mm	300.0mm	0.K
27	154,290.0	564.1	8.703E+07	1.937E+11	7.497E+05	336.8	11	5.088E+05	1510.7mm	300.0mm	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	ΣZ_r (N)	소요 간격 d_o	배치 간격	비고
28	154,290.0	671.2	1.036E+08	2.720E+11	8.508E+05	323.9	11	5.088E+05	1570.6mm	300.0mm	0.K
29	154,290.0	806.9	1.245E+08	3.808E+11	8.896E+05	290.9	11	5.088E+05	1749.0mm	300.0mm	0.K
30	154,290.0	671.2	1.036E+08	2.720E+11	7.196E+05	274.0	11	5.088E+05	1856.9mm	300.0mm	0.K
31	154,290.0	564.1	8.703E+07	1.937E+11	6.449E+05	289.7	11	5.088E+05	1756.2mm	300.0mm	0.K
32	154,290.0	538.4	8.307E+07	1.816E+11	5.988E+05	273.9	11	5.088E+05	1857.2mm	300.0mm	0.K
33	154,290.0	484.3	7.472E+07	1.587E+11	5.750E+05	270.7	11	5.088E+05	1879.2mm	300.0mm	0.K
36	154,290.0	450.0	6.943E+07	1.445E+11	6.672E+05	320.5	11	5.088E+05	1587.4mm	300.0mm	0.K
37	282,860.0	298.2	8.435E+07	1.478E+11	7.474E+05	426.6	11	5.088E+05	1192.6mm	150.0mm	0.K
38	293,540.0	290.4	8.524E+07	1.489E+11	6.452E+05	369.4	11	5.088E+05	1377.3mm	150.0mm	0.K
39	160,110.0	440.6	7.054E+07	1.457E+11	5.697E+05	275.8	11	5.088E+05	1844.7mm	300.0mm	0.K
43	160,110.0	440.6	7.054E+07	1.457E+11	5.556E+05	268.9	11	5.088E+05	1891.6mm	300.0mm	0.K
44	160,110.0	474.5	7.597E+07	1.601E+11	6.176E+05	293.1	11	5.088E+05	1735.7mm	300.0mm	0.K
45	160,110.0	501.7	8.032E+07	1.719E+11	7.261E+05	339.4	11	5.088E+05	1499.1mm	300.0mm	0.K
46	160,110.0	507.3	8.122E+07	1.714E+11	9.319E+05	441.5	11	5.088E+05	1152.2mm	300.0mm	0.K
47	160,110.0	507.3	8.122E+07	1.714E+11	7.605E+05	360.3	11	5.088E+05	1411.9mm	300.0mm	0.K
48	160,110.0	474.5	7.597E+07	1.601E+11	6.884E+05	326.7	11	5.088E+05	1557.1mm	300.0mm	0.K
49	160,110.0	474.5	7.597E+07	1.601E+11	6.491E+05	308.1	11	5.088E+05	1651.4mm	300.0mm	0.K
50	160,110.0	474.5	7.597E+07	1.601E+11	6.410E+05	304.2	11	5.088E+05	1672.2mm	300.0mm	0.K
51	160,110.0	474.5	7.597E+07	1.601E+11	6.657E+05	315.9	11	5.088E+05	1610.3mm	300.0mm	0.K
52	160,110.0	525.5	8.414E+07	1.836E+11	7.257E+05	332.6	11	5.088E+05	1529.5mm	300.0mm	0.K
53	160,110.0	638.1	1.022E+08	2.584E+11	8.534E+05	337.3	11	5.088E+05	1508.2mm	300.0mm	0.K
54	160,110.0	771.8	1.236E+08	3.633E+11	1.025E+06	348.7	11	5.088E+05	1459.2mm	300.0mm	0.K
55	160,110.0	638.1	1.022E+08	2.584E+11	8.101E+05	320.2	11	5.088E+05	1588.7mm	300.0mm	0.K
56	160,110.0	519.5	8.318E+07	1.841E+11	7.201E+05	325.4	11	5.088E+05	1563.5mm	300.0mm	0.K
57	160,110.0	501.7	8.032E+07	1.719E+11	6.577E+05	307.4	11	5.088E+05	1655.1mm	300.0mm	0.K
61	160,110.0	442.7	7.087E+07	1.470E+11	5.984E+05	288.4	11	5.088E+05	1764.1mm	300.0mm	0.K
63	160,110.0	527.9	8.452E+07	1.833E+11	6.764E+05	311.9	11	5.088E+05	1630.9mm	300.0mm	0.K
64	160,110.0	552.9	8.852E+07	1.956E+11	7.521E+05	340.4	11	5.088E+05	1494.6mm	300.0mm	0.K
65	160,110.0	658.6	1.055E+08	2.746E+11	9.117E+05	350.1	11	5.088E+05	1453.3mm	300.0mm	0.K
66	160,110.0	792.6	1.269E+08	3.845E+11	9.153E+05	302.1	11	5.088E+05	1684.2mm	300.0mm	0.K
67	160,110.0	658.6	1.055E+08	2.746E+11	7.228E+05	277.5	11	5.088E+05	1833.1mm	300.0mm	0.K
68	160,110.0	552.9	8.852E+07	1.956E+11	6.376E+05	288.6	11	5.088E+05	1762.9mm	300.0mm	0.K
69	160,110.0	527.9	8.452E+07	1.833E+11	5.889E+05	271.6	11	5.088E+05	1873.1mm	300.0mm	0.K
70	160,110.0	474.5	7.597E+07	1.601E+11	5.649E+05	268.1	11	5.088E+05	1897.4mm	300.0mm	0.K
73	160,110.0	440.6	7.054E+07	1.457E+11	6.305E+05	305.2	11	5.088E+05	1666.8mm	300.0mm	0.K
74	293,540.0	290.4	8.524E+07	1.489E+11	7.073E+05	404.9	11	5.088E+05	1256.3mm	150.0mm	0.K

7) 전단연결재의 극한강도검토

(도.설.해 3.9.5.10)

- 전단연결재의 극한강도

$$\begin{aligned}
 V_u &= 0.4 \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_c} \\
 &= 0.4 \times 25.0^2 \times \sqrt{27.0 \times 27,804.0} \\
 &= 216,608.5 \text{ N} > A_{sc} f_u = \pi/4 \cdot d^2 \cdot f_u = 490.9 \times 410.0 = 201,258.3 \text{ N}
 \end{aligned}$$

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.

$$\begin{aligned}
 P_1 &= A_s \cdot f_y & \text{여기서, } A_s &: \text{뿔개판을 포함하는 강재 단면의 총면적(mm}^2\text{)} \\
 & & f_y &: \text{사용된 강재의 최소 공칭항복응력(MPa) [325.0 MPa]} \\
 P_2 &= 0.85 \cdot f_{ck} \cdot b \cdot t_s & f_{ck} &: \text{콘크리트의 28일 압축강도(MPa)} \\
 & & b &: \text{슬래브의 유효폭(mm)} \\
 & & t_s &: \text{콘크리트 슬래브의 두께(mm) [240.0 mm]}
 \end{aligned}$$

- 최대 부모멘트부의 슬래브에 작용하는 힘

$$\begin{aligned}
 P_3 &= A_r \cdot f'_y & \text{여기서, } A_r &= \text{내부지점부 유효 슬래브 폭 내에 설치된 종방향 철근의} \\
 & & & \text{총단면적(mm}^2\text{)} \\
 & & f'_y &= \text{철근의 최소 항복응력(MPa) [400.0 MPa]}
 \end{aligned}$$

- 전단연결재 필요개수

$$\begin{aligned}
 N_1 &= P / (\Phi V_u) & \text{여기서, } N_1 &: \text{최대 정모멘트부와 인접한 교대 지점부 사이의} \\
 & & & \text{전단연결재 개수} \\
 & & P &: \text{슬래브에 작용하는 힘 } P_1 \text{ 또는 } P_2 \text{ 중 작은 값(N)} \\
 & & \Phi &: \text{감소계수 [0.85]} \\
 N_2 &= (P + P_3) / (\Phi V_u) & N_2 &: \text{최대 정모멘트부와 인접한 최대부모멘트부 사이의} \\
 & & & \text{전단연결재 개수}
 \end{aligned}$$

※ 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)	필요개수		설치 개수	비고
							N_1	N_2		
1 ~ 5	4,500.0	88,080.0	0.0	2.863E+07	2.479E+07	0.000E+00	145	-	770	0.K
5 ~ 9	4,500.0	88,080.0	25,785.0	2.863E+07	2.479E+07	1.031E+07	-	205	693	0.K
9 ~ 13	4,500.0	127,560.0	25,785.0	4.146E+07	2.479E+07	1.031E+07	-	205	715	0.K
13 ~ 17	4,500.0	127,560.0	25,785.0	4.146E+07	2.479E+07	1.031E+07	-	205	704	0.K
17 ~ 23	4,500.0	88,680.0	25,785.0	2.882E+07	2.479E+07	1.031E+07	-	205	1,089	0.K
23 ~ 29	4,500.0	88,680.0	25,785.0	2.882E+07	2.479E+07	1.031E+07	-	205	1,067	0.K
29 ~ 34	4,500.0	88,080.0	25,785.0	2.863E+07	2.479E+07	1.031E+07	-	205	891	0.K
34 ~ 37	4,500.0	88,080.0	0.0	2.863E+07	2.479E+07	0.000E+00	145	-	572	0.K
38 ~ 41	4,500.0	88,080.0	0.0	2.863E+07	2.479E+07	0.000E+00	145	-	583	0.K
41 ~ 46	4,500.0	88,080.0	25,785.0	2.863E+07	2.479E+07	1.031E+07	-	205	891	0.K
46 ~ 50	4,500.0	127,560.0	25,785.0	4.146E+07	2.479E+07	1.031E+07	-	205	715	0.K
50 ~ 54	4,500.0	127,560.0	25,785.0	4.146E+07	2.479E+07	1.031E+07	-	205	704	0.K
54 ~ 60	4,500.0	88,680.0	25,785.0	2.882E+07	2.479E+07	1.031E+07	-	205	1,089	0.K
60 ~ 66	4,500.0	88,680.0	25,785.0	2.882E+07	2.479E+07	1.031E+07	-	205	1,067	0.K
66 ~ 71	4,500.0	88,080.0	25,785.0	2.863E+07	2.479E+07	1.031E+07	-	205	891	0.K
71 ~ 74	4,500.0	88,080.0	0.0	2.863E+07	2.479E+07	0.000E+00	145	-	572	0.K

※ b , A_s , A_r 값은 구간내에서 가장 큰 값을 사용합니다.

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 fsr (MPa)

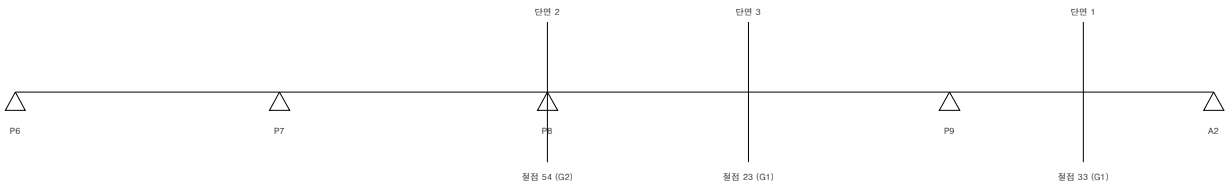
응 력 범 주	다재하 경로구조				단재하 경로구조			
	10 만회	50 만회	200 만회	200 만회이상	10 만회	50 만회	200 만회	200 만회이상
A	442	260	168	168	351	203	168	168
B	344	203	126	112	274	161	112	112
B'	274	161	101	84	218	126	77	77
C	250	147	91	70	196	112	70	63
				84*			84*	77*
D	196	112	70	49	154	91	56	35
E	154	91	56	31	119	70	42	16
E'	112	64	40	18	84	49	28	9
F	105	84	63	56	84	63	49	42

주 : * 는 거더 복부판과 플랜지의 수직보강재 용접의 경우

다) 피로조사위치 및 응력범주의 설정

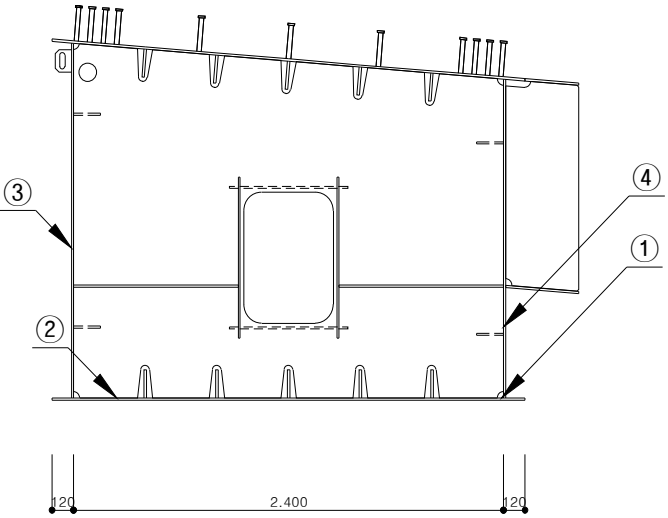
활하중에 의한 모멘트의 변동범위가 큰 단면에서 인장응력 및 교번응력이 발생하는 상세부에 대하여 피로검토를 수행 한다.

- 피로조사 단면위치



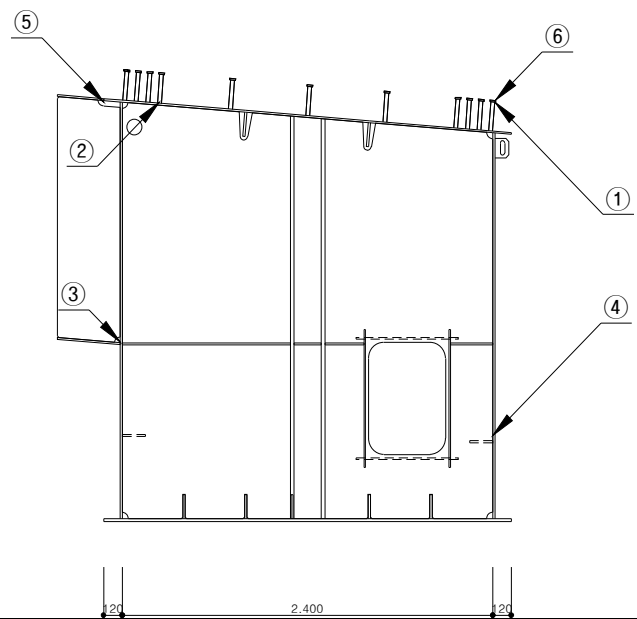
본 교량은 **주간선도로**에 속하는 **단재하경로** 구조로서 트럭하중 2백만회 와 차선하중 50만회 에 대하여 검토 하는 것으로 한다.

단면 I



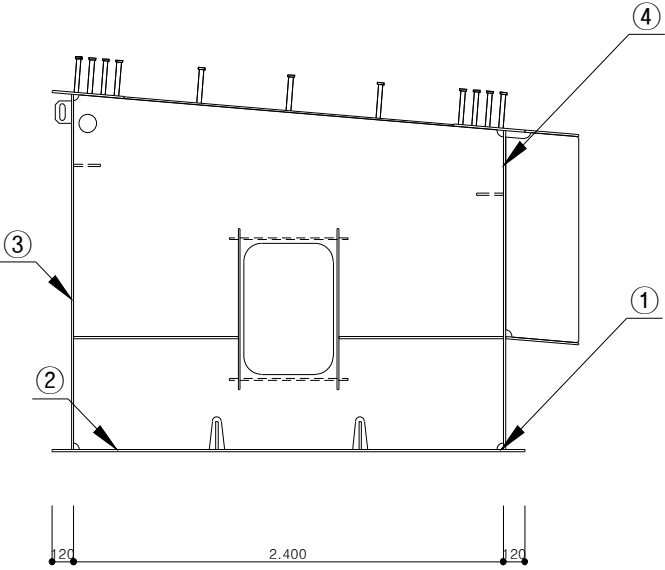
구분	상세	응력범주	fsr (MPa)		비고
			DB 하중	DL 하중	
①	플랜지와 복부판의 연속 필릿 용접부	B	112	161	
②	인장측 플랜지와 다이어프램의 필릿 용접부	C	70	112	
③	복부판에 부착된 가로보 연결용 거셋판 용접 끝부분	E	42	70	
④	수평보강재 용접 끝부분	E	42	70	

단면 II



구분	상세	응력 범주	fsr (MPa)		비고
			DB 하중	DL 하중	
①	플랜지와 복부판의 연속 필릿 용접부	B	112	161	전단피로검토
		F	49	63	
②	인장측 플랜지와 다이어프램의 필릿 용접부	C	70	112	
③	복부판에 부착된 가로보 연결용 거셋판 용접 끝부분	E	42	70	
④	수평보강재 용접 끝부분	E	42	70	
⑤	인장측 플랜지에 부착된 가로보 거셋판 용접 끝부분	E	42	70	
⑥	스터드에 인접한 인장측 플랜지부	C	70	112	

단면 III



구분	상세	응력 범주	fsr (MPa)		비고
			DB 하중	DL 하중	
①	플랜지와 복부판의 연속 필릿 용접부	B	112	161	
②	인장측 플랜지와 다이어프램의 필릿 용접부	C	70	112	
③	복부판에 부착된 가로보 연결용 거셋판 용접 끝부분	E	42	70	
④	수평보강재 용접 끝부분	E	42	70	

라) 설계피로응력

· 휨모멘트에 대한 피로검토

여기서, Δf: 설계피로응력범위 (최대응력과 최소응력의 차)

$$\Delta f = \frac{\Delta M}{I_v} y$$

ΔM = Mmax - Mmin (4.4 라.피로하중 작용범위 참조)

Iv : 합성후 단면의 단면2차 모멘트

y : 합성후 단면 도심으로부터의 거리

단면 I

구분	ΔM (kN · m)		Iv (mm ⁴)	y (mm)	Δf (MPa)		응 력 범 주	fsr (MPa)		비 고
	DB 하중	DL 하중			DB 하중	DL 하중		DB 하중	DL 하중	
①	5495.574	6244.987	1.587E+11	1473.7	51.035	57.994	B	112	161	O.K.
②				1473.7	51.035	57.994	C	70	112	O.K.
③				779.7	27.001	30.683	E	42	70	O.K.
④				33.7	1.167	1.326	E	42	70	O.K.

단면 II

구분	ΔM (kN · m)		Iv (mm ⁴)	y (mm)	Δf (MPa)		응 력 범 주	fsr (MPa)		비 고
	DB 하중	DL 하중			DB 하중	DL 하중		DB 하중	DL 하중	
①	4689.192	8420.314	2.081E+11	1177.8	26.537	47.653	B	112	161	O.K.
②				1177.8	26.537	47.653	C	70	112	O.K.
③				328.2	7.395	13.279	E	42	70	O.K.
④				822.2	18.525	33.265	E	42	70	O.K.
⑤				1183.8	26.672	47.895	E	42	70	O.K.
⑥				1189.8	26.808	48.138	C	70	112	O.K.

단면 III

구분	ΔM (kN · m)		Iv (mm ⁴)	y (mm)	Δf (MPa)		응 력 범 주	fsr (MPa)		비 고
	DB 하중	DL 하중			DB 하중	DL 하중		DB 하중	DL 하중	
①	4721.318	5547.228	1.455E+11	1496.8	48.561	57.056	B	112	161	O.K.
②				1496.8	48.561	57.056	C	70	112	O.K.
③				802.8	26.045	30.602	E	42	70	O.K.
④				56.8	1.843	2.165	E	42	70	O.K.

· 전단에 대한 피로검토 - 플랜지와 복부판의 필릿용접부에 대한 전단피로검토

이 부위의 피로상세범주는 "F" 이며, 검토 단면은 전단력이 가장 큰 절점 9 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

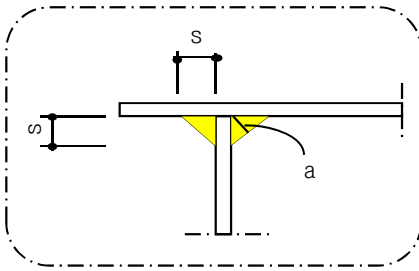
단면 1차 모멘트 ($\text{mm}^3 = A(\text{mm}^2) \cdot y(\text{mm})$)

$y = Y_{vsu}(I) - t_u(I)/2$

I_v : 합성후 단면의 단면2차 모멘트

Σa : 필릿 용접의 목두께의 합 ($\text{mm} = 4EA \times s / \sqrt{2}$)

s : 필릿 용접 치수 (mm)



- 상부 플랜지와 복부판

구분	ΔS (kN)	t_u (mm)	B (mm)	A (mm^2)	Y_{vsu} (mm)	Q (mm^3)	I_v (mm^4)	s (mm)	Σa (mm)	Δu (MPa)	u_{sr} (MPa)	비고
DB하중	811.393	12	2640	31680	808	2.539E+07	#####	6	17.0	12.9	49	OK
DL하중	930.879									14.8	63	OK

- 하부 플랜지와 복부판

구분	ΔS (kN)	t_l (mm)	B (mm)	A (mm^2)	Y_{vsl} (mm)	Q (mm^3)	I_v (mm^4)	s (mm)	Σa (mm)	Δu (MPa)	u_{sr} (MPa)	비고
DB하중	811.393	14	2640	36960	1018	3.738E+07	#####	6	17.0	19.0	49	OK
DL하중	930.879									21.8	63	OK

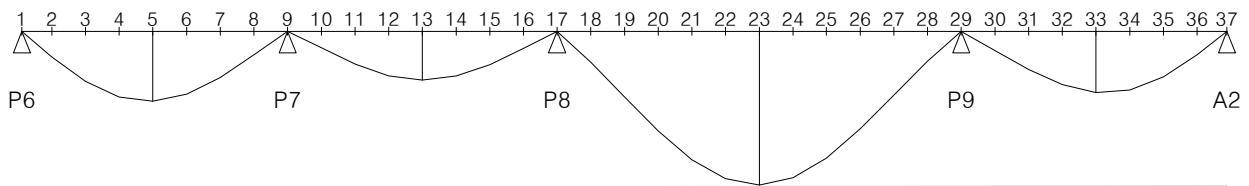
10.2 처짐 검토

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	-7.457	-14.443	-18.906	-20.176	-18.147	-13.327	-6.819	0.000	-4.710
절점NO.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
처 짐 량	-9.430	-12.860	-14.152	-12.950	-9.587	-4.934	0.000	-8.942	-18.933	-28.791
절점NO.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
처 짐 량	-37.107	-42.563	-44.382	-42.275	-36.584	-28.155	-18.383	-8.633	0.000	-5.617
절점NO.	31	32	33	34	35	36	37			
처 짐 량	-11.101	-15.415	-17.621	-16.914	-13.133	-6.839	0.000			



◆ 허용 처짐량

지간 길이 $L = 39.450 \text{ m}$

$$\delta_1 = 20.176 \text{ mm} < \delta_a = L^2 / 20000 = 39.5^2 \text{ m} / 20000 = 77.82 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

지간 길이 $L = 40.000 \text{ m}$

$$\delta_2 = 14.152 \text{ mm} < \delta_a = L^2 / 20000 = 40.0^2 \text{ m} / 20000 = 80.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

지간 길이 $L = 60.000 \text{ m}$

$$\delta_3 = 14.382 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 60.0 \text{ m} / 500 = 120.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

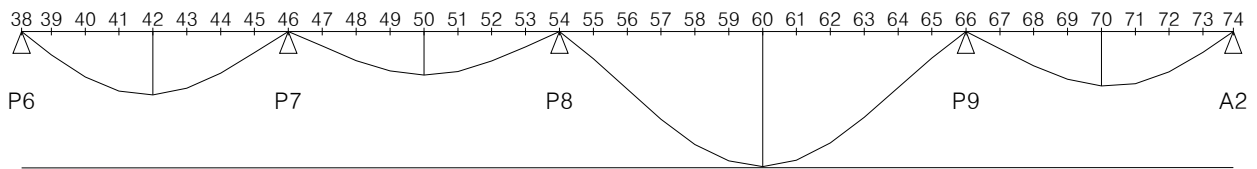
지간 길이 $L = 39.450 \text{ m}$

$$\delta_4 = 17.621 \text{ mm} < \delta_a = L^2 / 20000 = 39.5^2 \text{ m} / 20000 = 77.82 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

< Girder 2 >

(단위 : mm)

절점NO.	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
처 짐 량	0.000	-6.710	-13.070	-17.104	-18.203	-16.309	-11.930	-6.076	0.000	-4.154
절점NO.	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57
처 짐 량	-8.309	-11.340	-12.501	-11.486	-8.521	-4.378	0.000	-7.878	-16.632	-25.231
절점NO.	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67
처 짐 량	-32.468	-37.218	-38.790	-36.970	-32.013	-24.669	-16.141	-7.605	0.000	-4.991
절점NO.	68	69	70	71	72	73	74			
처 짐 량	-9.881	-13.719	-15.657	-15.011	-11.626	-6.035	0.000			



◆ 허용 처짐량

지간 길이 L = 39.450 m

$$\delta_1 = 18.203 \text{ mm} < \delta_a = L^2 / 20000 = 39.5^2 \text{ m} / 20000 = 77.82 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

지간 길이 L = 40.000 m

$$\delta_2 = 12.501 \text{ mm} < \delta_a = L^2 / 20000 = 40.0^2 \text{ m} / 20000 = 80.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

지간 길이 L = 60.000 m

$$\delta_3 = 38.790 \text{ mm} < \delta_a = L / 500 = 60.0 \text{ m} / 500 = 120.00 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

지간 길이 L = 39.450 m

$$\delta_4 = 15.657 \text{ mm} < \delta_a = L^2 / 20000 = 39.5^2 \text{ m} / 20000 = 77.82 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

11. 솟음 (CAMBER)

< Girder 1 >

(단 위 : mm)

제출 번호	합성전 고정하중			합성후 고정 하중	종곡선 보정량	편경사 보정량	숫음량				비고
	Steel	Half Deck	Concrete				공장 제작시	현장 거치시	1차 고정하중 재하시	2차 고정하중 재하시	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)~(4) 합계	(5)-(1) -(2)	(6)-(3)	(7)-(4)			
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	P6	
2	8.600	3.640	9.660	4.340	0.000	0.000	26.240	14.000	4.340	0.000	
3	16.340	7.000	18.120	8.320	0.000	0.000	49.780	26.440	8.320	0.000	
4	21.140	9.170	23.040	10.680	0.000	0.000	64.030	33.720	10.680	0.000	
5	22.460	9.890	23.960	11.070	0.000	0.000	67.380	35.030	11.070	0.000	
6	20.160	9.070	20.870	9.570	0.000	0.000	59.670	30.440	9.570	0.000	
7	14.460	6.740	14.300	6.620	0.000	0.000	42.120	20.920	6.620	0.000	
8	6.970	3.480	6.330	3.090	0.000	0.000	19.870	9.420	3.090	0.000	
9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	P7
10	-4.370	-3.080	-1.900	-1.790	0.000	-0.138	-11.140	-3.690	-1.790	0.000	
11	-6.850	-5.530	-1.380	-2.680	0.000	-0.119	-16.440	-4.060	-2.680	0.000	
12	-8.450	-7.190	-0.830	-3.220	0.000	-0.099	-19.690	-4.050	-3.220	0.000	
13	-9.590	-7.940	-1.440	-3.670	0.000	-0.079	-22.640	-5.110	-3.670	0.000	
14	-10.110	-7.640	-3.190	-3.990	0.000	-0.059	-24.930	-7.180	-3.990	0.000	
15	-9.290	-6.170	-4.850	-3.800	0.000	-0.040	-24.110	-8.650	-3.800	0.000	
16	-6.120	-3.550	-4.370	-2.590	0.000	-0.020	-16.630	-6.960	-2.590	0.000	
17	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	P8
18	9.160	4.260	8.910	4.030	0.000	0.000	26.360	12.940	4.030	0.000	
19	20.450	8.970	21.150	9.160	0.000	0.000	59.730	30.310	9.160	0.000	
20	31.940	13.550	34.140	14.600	0.000	0.000	94.230	48.740	14.600	0.000	
21	41.410	17.250	45.070	19.310	0.000	0.000	123.040	64.380	19.310	0.000	
22	47.470	19.560	52.180	22.340	0.000	0.000	141.550	74.520	22.340	0.000	
23	49.340	20.170	54.480	23.160	0.000	0.000	147.150	77.640	23.160	0.000	
24	46.650	18.980	51.510	21.630	0.000	0.000	138.770	73.140	21.630	0.000	
25	39.350	16.010	43.240	18.040	0.000	0.000	116.640	61.280	18.040	0.000	
26	29.030	11.890	31.520	13.070	0.000	0.000	85.510	44.590	13.070	0.000	
27	17.590	7.380	18.560	7.770	0.000	0.000	51.300	26.330	7.770	0.000	
28	7.370	3.270	7.310	3.180	0.000	0.000	21.130	10.490	3.180	0.000	
29	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	P9
30	-3.840	-2.290	-2.430	-1.490	12.871	0.000	-10.050	-3.920	-1.490	0.000	
31	-4.380	-3.470	-0.680	-1.430	25.741	0.000	-9.960	-2.110	-1.430	0.000	
32	-2.550	-3.540	3.410	-0.320	36.231	0.000	-3.000	3.090	-0.320	0.000	
33	0.030	-2.840	7.270	1.060	40.671	0.000	5.520	8.330	1.060	0.000	
34	1.980	-1.840	9.020	2.010	39.018	0.000	11.170	11.030	2.010	0.000	
35	2.590	-0.950	8.140	2.100	31.274	0.000	11.880	10.240	2.100	0.000	
36	1.730	-0.350	4.720	1.260	17.438	0.000	7.360	5.980	1.260	0.000	
37	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	A2

- P6

① 온도변화에 의한 이동량

여기서, ΔT : 온도변화 - 콘크리트교 40 °C (도로설계요령 6.2.2)

- 강교 50 °C

α : 선팅창계수 - 콘크리트교 0.00001

- 강교 0.000012

L : 신축 GIRDER 의 길이 (m)

$$\Delta t = 40 \times 0.00001 \times 117.5 = 0.0470 \text{ m}$$

$$\Delta L_t = 50 \times 0.000012 \times 90 = 0.0540 \text{ m}$$

$\Delta L_{sh} = 0.1 \times L$ 여기서, L : 신축 GIRDER 의 길이 (m)

$$\Delta L_{sh} = 0.1 \times 117.5 = 0.012 \text{ m}$$

$\Delta L_{sh} = 0.2 \times L$ 여기서, L : 신축 GIRDER 의 길이 (m)

$$\Delta L_{sh} = 0.2 \times 117.5 = 0.024 \text{ m}$$

$$\Delta L_r = \sum (h_i \times \theta_i)$$

여기서, θ_i : 받침위의 보의 회전각 (강교 : 1/150, 콘크리트교 : 1/300)

$$h_i = \text{보의 중립축에서 받침의 회전중심까지 거리 (통상 보높이}(h)\text{의 } 2/3)$$

단순교에서는 보의 처짐에 의한 이동량을 2배로 계산

$$- h_i = \frac{2}{3} \times 1.8 = 1.200 \text{ m}$$

$$\Delta L_r = 1.200 \times 1 / 300 = 0.004 \text{ m} = 4.000 \text{ mm}$$

$$- h_i = \frac{2}{3} \times 1.8 = 1.200 \text{ m}$$

$$\Delta L_r = 1.200 \times 1 / 150 = 0.008 \text{ m} = 8.000 \text{ mm}$$

* 여유량 : 설치여유량($\pm 10\text{mm}$) + 부가여유량($\pm 20\text{mm}$) = 30 mm

구분	온도변화	건조수축	크리프	처짐량	여유량	총신축량	설계
PSC BEAM교	101.0	11.8	23.5	12.0	30.0	178.3	

< Girder 2 >

(단 위 : mm)

절점번호	합성전 고정하중			합성후 고정 하중	종곡선 보정량	편경사 보정량	숫음량				비고
	Steel	Half Deck	Concrete				공장 제작시	현장 거치시	1차 고정하중 재하시	2차 고정하중 재하시	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)~(4) 합계	(5)-(1) -(2)	(6)-(3)	(7)-(4)			
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
	8.120	3.440	9.220	4.260	0.000	0.000	25.040	13.480	4.260	0.000	P6
39	8.120	3.440	9.220	4.260	0.000	0.000	25.040	13.480	4.260	0.000	
40	15.530	6.650	17.370	8.180	0.000	0.000	47.730	25.550	8.180	0.000	
41	20.100	8.720	22.100	10.480	0.000	0.000	61.400	32.580	10.480	0.000	
42	21.330	9.390	22.940	10.850	0.000	0.000	64.510	33.790	10.850	0.000	
43	19.110	8.600	19.950	9.360	0.000	0.000	57.020	29.310	9.360	0.000	
44	13.680	6.380	13.660	6.470	0.000	0.000	40.190	20.130	6.470	0.000	
45	6.580	3.280	6.030	2.990	0.000	0.000	18.880	9.020	2.990	0.000	
46	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	P7
47	-4.120	-2.890	-1.780	-1.590	0.000	-2.685	-10.380	-3.370	-1.590	0.000	
48	-6.450	-5.170	-1.280	-2.290	0.000	-2.302	-15.190	-3.570	-2.290	0.000	
49	-7.960	-6.730	-0.760	-2.710	0.000	-1.918	-18.160	-3.470	-2.710	0.000	
50	-9.030	-7.430	-1.320	-3.110	0.000	-1.534	-20.890	-4.430	-3.110	0.000	
51	-9.520	-7.160	-2.950	-3.450	0.000	-1.151	-23.080	-6.400	-3.450	0.000	
52	-8.740	-5.800	-4.530	-3.360	0.000	-0.767	-22.430	-7.890	-3.360	0.000	
53	-5.760	-3.340	-4.090	-2.350	0.000	-0.384	-15.540	-6.440	-2.350	0.000	
54	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	P8
55	8.620	4.010	8.420	3.860	0.000	0.000	24.910	12.280	3.860	0.000	
56	19.170	8.410	19.930	8.790	0.000	0.000	56.300	28.720	8.790	0.000	
57	29.850	12.680	32.080	13.970	0.000	0.000	88.580	46.050	13.970	0.000	
58	38.660	16.120	42.290	18.420	0.000	0.000	115.490	60.710	18.420	0.000	
59	44.300	18.270	48.950	21.280	0.000	0.000	132.800	70.230	21.280	0.000	
60	46.060	18.840	51.110	22.050	0.000	0.000	138.060	73.160	22.050	0.000	
61	43.560	17.740	48.360	20.630	0.000	0.000	130.290	68.990	20.630	0.000	
62	36.780	14.980	40.640	17.250	0.000	0.000	109.650	57.890	17.250	0.000	
63	27.180	11.150	29.680	12.560	0.000	0.000	80.570	42.240	12.560	0.000	
64	16.520	6.940	17.550	7.510	0.000	0.000	48.520	25.060	7.510	0.000	
65	6.940	3.090	6.930	3.070	0.000	0.000	20.030	10.000	3.070	0.000	
66	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	P9
67	-3.610	-2.150	-2.260	-1.320	12.871	0.000	-9.340	-3.580	-1.320	0.000	
68	-4.130	-3.260	-0.580	-1.150	25.741	0.000	-9.120	-1.730	-1.150	0.000	
69	-2.430	-3.330	3.270	-0.020	36.231	0.000	-2.510	3.250	-0.020	0.000	
70	-0.020	-2.670	6.880	1.310	40.671	0.000	5.500	8.190	1.310	0.000	
71	1.800	-1.730	8.520	2.190	39.018	0.000	10.780	10.710	2.190	0.000	
72	2.380	-0.900	7.680	2.210	31.274	0.000	11.370	9.890	2.210	0.000	
73	1.590	-0.330	4.450	1.310	17.438	0.000	7.020	5.760	1.310	0.000	
74	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	A2