

가천교 구조계산서

목 차

1. 설계조건
2. 바닥판 설계
3. G1 외측 - S3경간 최대정모멘트
4. G1 외측 - P2 최대부모멘트
5. G2 내측 - S3경간 최대정모멘트
6. G2 내측 - P2 최대부모멘트

1. 설 계 조 건

1) 교 량 제 원

- (1) 교 량 명 : 범안대교
- (2) 교 량 등 급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
- (3) 교 량 형 식 : 강상형교
- (4) 교 량 연 장 : $50.0+2@60.0 + 2@60.0 = 290.0M$
- (5) 교 량 폭 원 : B = 18.549~25.944 m
- (6) Girder 제 원 : B = 2.400 m H = 2.400 m
- (7) 사용재료 및 물리적 특성치

① 강 재

▪ 사 용 재 료

주 부 재	SM490(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)								
㉠ 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.

■ 국부좌굴을 고려하지 않는 허용 축방향 압축응력 (MPa)

(도.설.해 3.3.2.1)

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 490	SM490Y	SM 570
-----	--------	--------	--------	--------

판두께 (mm)		SM 400 SMA400	SM 490 [SM490C-TMC]	SM 520 SMA490 [SM520C-TMC]	SM 570 SMA570 SM570C-TMC]
$\frac{A_w}{A_c} \leq 2$	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	$130 - 2.21(\frac{l}{b} - 4.9) :$ $4.9 < \frac{l}{b} \leq 30$	$175 - 3.48(\frac{l}{b} - 4.1) :$ $4.1 < \frac{l}{b} \leq 30$	$195 : \frac{l}{b} \leq 3.9$ $195 - 4.07(\frac{l}{b} - 3.9) :$ $3.9 < \frac{l}{b} \leq 27$	$250 : \frac{l}{b} \leq 3.5$ $250 - 5.94(\frac{l}{b} - 3.5) :$ $3.5 < \frac{l}{b} \leq 25$
	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) 하 중 조 건

(1) 고 정 하 중

(도.설.해 2.1.2)

① 강 재 : 78.500 kN/m³

② 포장 콘크리트 : 23.000 kN/m³

(2) 활 하 중

(도.설.해 2.1.3)

① 설계 차선수 산정

$W_c = 14.450 \text{ m}$, $N = 4$ 차로

$W = 3.000 \text{ m}$

∴ 설계 차로폭 3.000m마다 4차로 연속으로 재하

② 1등급 교량으로서 DB-24 및 DL-24 하중을 적용한다.

▪ DB-24 하중

- 전륜하중 : $P_f = 24.000 \text{ kN}$

- 후륜하중 : $P_r = 96.000 \text{ kN}$

▪ DL-24 하중

- 차로당 등분포 하중 : $W_l = 12.700 \text{ kN/m}$

- 모멘트 계산시 집중하중 : $P_m = 108.000 \text{ kN}$

- 전단력 계산시 집중하중 : $P_s = 156.000 \text{ kN}$

③ 충격 계 수

▪ 1 지간

$i = 15 / (40 + L) = 0.1500 < 0.300 \therefore i = 0.150$

3) 설 계 방 법

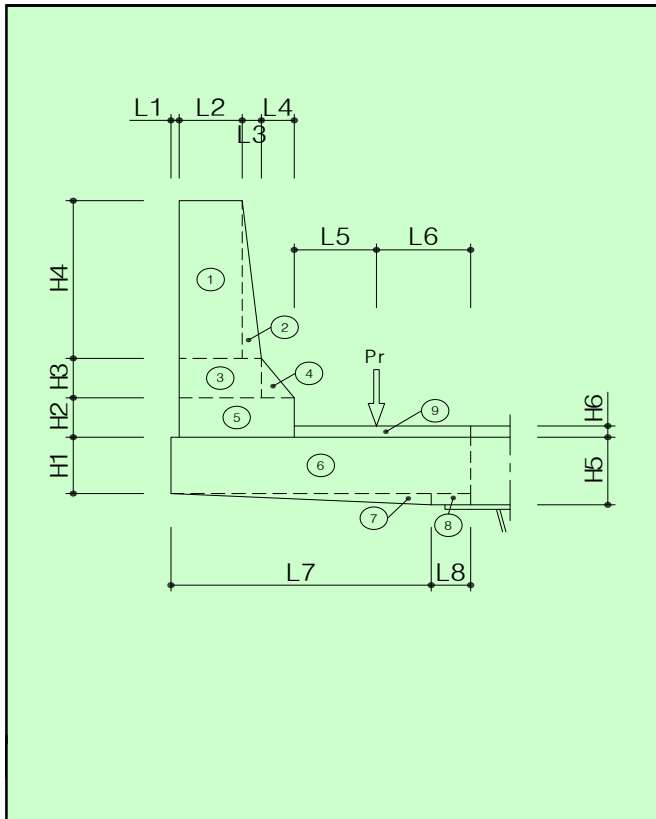
- (1) Steel Box Girder : 허용응력 설계법

4) 참 고 문 헌

- (1) 도로교 설계기준 (2010)
- (2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
- (3) 콘크리트 구조 설계기준 (2012)
- (4) 도로설계 편람 (2008)
- (5) 도로설계 요령 (2001)
- (6) 강구조 편람 (1995)
- (7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

2. 바닥판 설계

2.1 캔틸레버부



H1	0.250 m	L1	0.030 m
H2	0.205 m	L2	0.230 m
H3	0.175 m	L3	0.070 m
H4	0.700 m	L4	0.120 m
H5	0.300 m	L5	0.300 m
H6	0.080 m	L6	0.500 m
H7	0.000 m	L7	1.250 m
R	∞	L8	0.000 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		23.000 kN/m ³	
DB 1후륜 하중 (Pr)		96.000 kN	
탱크 총 중량			
탱크궤도 길이			
탱크하중 작용점(L5)			
트레일러 1후륜 하중			
트레일러하중 작용점(L5)			

(1) 고정 하중

NO.	산 식	작용하중(kN)	작용거리(m)	모멘트(kN·m)
1	$0.230 \times 0.700 \times 25.000$	4.025	1.105	4.448
2	$\frac{1}{2} \times 0.070 \times 0.700 \times 25.000$	0.613	0.967	0.592
3	$0.300 \times 0.175 \times 25.000$	1.313	1.070	1.404
4	$\frac{1}{2} \times 0.120 \times 0.175 \times 25.000$	0.263	0.880	0.231
5	$0.420 \times 0.205 \times 25.000$	2.153	1.010	2.174
6	$1.250 \times 0.250 \times 25.000$	7.813	0.625	4.883
7	$\frac{1}{2} \times 1.250 \times 0.050 \times 25.000$	0.781	0.417	0.326
8	$0.000 \times 0.050 \times 25.000$	0.000	0.000	0.000
9	$0.800 \times 0.080 \times 23.000$	1.472	0.400	0.589
TOTAL		18.431		14.646

(2) 활 하중 (DB-24 : Pr = 96 kN)

■ 윤하중 분포폭

(도.설 3.6.1.4)

$$E = 0.8 \cdot X + 1.14 = 0.8 \times 0.500 + 1.14 = 1.540 \text{ m} \quad \text{여기서, } X = 0.500 \text{ m}$$

■ 충격 계수

$$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.500) = 0.370 > 0.300 \quad i = 0.300$$

■ 작용 모멘트

$$Ml + i = (96.00 / 1.540) \times 0.500 \times (1 + 0.30) = 40.519 \text{ kN·m/m}$$

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.

$$H = (60.000 / 60)^2 \times 7.5 + 2.5 = 10.000 \text{ kN/m} \quad \text{작용높이 } h = 1.230 \text{ m}$$

$$M_{co} = 10.000 \times 1.230 = 12.300 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

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

$$H = 10.000 = 10.000 \text{ kN/m} \quad \text{작용높이 } h = 1.230 \text{ m}$$

$$M_{co} = 10.000 \times 1.230 = 12.300 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

③ 곡선반경 R > 200m 이므로 ①과 ②에 의해 계산된 값중에서 큰 값을 적용

$$M_{co} = 12.300 = 12.300 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

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

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

$$M_w = 3.000 \times (1.000 / 2 + 0.08 + 0.30 / 2) = 2.190 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

(5) 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	14.646	40.519	0.000	12.300	0.000	2.190	0.000

(6) 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

(7) 계산 적용 모멘트 산정

CASE	단위	M_D	M_{L+i}	M_{CO}	M_W	M_{CF}	소 계
CASE 1	kN·m	19.040	87.117			0.000	106.157
CASE 2	"	19.040	52.675	15.990		0.000	87.705
CASE 3	"	19.040	52.675		1.424	0.000	73.139
CASE 4	"	17.575		14.760	2.628		34.963
CASE 5	"	19.040			2.847		21.887
최대 계수 모멘트							106.157
CASE 6	"	14.646	40.519		0.657	0.000	55.823
CASE 7	"	14.646	40.519	0.000		0.000	55.166
최대 사용 모멘트							55.823

(8) 캔틸레버판 단부 설계 (도.설.해 4.7.6.4)

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

(9) 바닥판의 최소 두께 ($X = 0.50 > 0.25$ 인 경우) (도.설.해 3.6.1.5)

$$h_{\min} = (80 \cdot L + 230) = (80 \times 0.500 + 230) = 270.0 \text{ mm} > 220.0 \text{ mm} \quad \therefore h_{\text{req}} = 270.0 \text{ mm}$$

$$h_{\text{use}} = 300.0 \text{ mm} > h_{\text{req}} = 270.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

(10) 단 면 검 토

▶ 입 력 자 료

콘크리트 설계기준강도	$f_{ck} = 27$ MPa	철근의 항복강도	$f_y = 400$ MPa
설 계 모 멘 트	$M_u = 106.157$ kN-m	휨강도 감소계수	$\phi_f = 0.85$
부 재 높 이	$h = 300$ mm	부 재 폭	$b = 1,000$ mm
인 장 피 복	$d' = 60$ mm	유효 높이	$d = 240$ mm

① 휨철근량 산정

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_{ck} b} \quad (1)$$

$$A_s = \frac{M_u}{\phi f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)} \quad (2)$$

$$(1), (2) \text{에 의해 요구철근량} \quad \text{Req. } A_s = \frac{d - \sqrt{d^2 - \frac{4M_u}{1.445 f_{ck} b}}}{\frac{2f_y}{1.7f_{ck} b}} = 1,369 \text{ mm}^2$$

$$\text{균형철근비} \quad P_b = 0.85 k_1 \frac{f_{ck}}{f_y} \frac{600}{600 + f_y} = 0.02926$$

$$\text{최대철근비} \quad P_{max} = 0.75 \times P_b = 0.02195$$

$$\text{최소철근비} \quad P_{min} = 1.4 / f_y = 0.00350$$

$$\text{최소철근량} \quad A_{smin} = P_{min} \times b \times d = 840 \text{ mm}^2$$

$$\text{최소철근량} \quad A_{smin} = \frac{0.25 \sqrt{f_{ck}}}{f_y} b d = 779 \text{ mm}^2 \quad \left. \begin{array}{l} \therefore \text{최소철근량 } A_s = 840 \text{ mm}^2 \\ \text{(두값중 큰값 적용)} \\ \text{----- (도.기 4.3.6.1)} \end{array} \right\}$$

$$\text{해석요구량} \quad \text{Req. } A_s = 1,369 \text{ mm}^2 > \text{최소철근량} \quad A_{smin} = 840 \text{ mm}^2$$

$$\text{그러므로 요구되는 철근량} \quad \text{Req. } A_s = 1,369 \text{ mm}^2$$

사용철근량	Use $A_s =$	H16 @ 125	=	1,589 mm ²
		0 @ 200	=	0 mm ²
Total Use A_s			=	1,589 mm ²

∴ O.K

$$\text{사용철근비} \quad \text{Use } P = 1,589 / (1000 \times 240) = 0.00662, \quad a = 28 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = \phi A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 122.08 \text{ kN-m}$$

$$\text{그러므로,} \quad \phi M_n = 122.08 \text{ kN-m} > M_u = 106.16 \text{ kN-m} \quad \therefore \text{O.K}$$

2.2 중 앙 부

슬래브 두께 : $T = 250.0 \text{ mm}$
포장 두께 : $t_3 = 80.0 \text{ mm}$
지간 : $B = 2,200.0 \text{ mm}$

(1) 바닥판 두께의 검토

$$h_{\min} = (40 \cdot L + 130) = (40 \times 2.200 + 130) = 218.0 \text{ mm} < 220.0 \text{ mm} \quad \therefore h_{\text{req}} = 220.0 \text{ mm}$$

$$h_{\text{use}} = 250.0 \text{ mm} > h_{\text{req}} = 220.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \text{O.K. !!}$$

(2) 설계하중에 의한 단면력

■ 고정 하중

철근콘크리트	: 0.250 m	×	25.000 kN/m ³	=	6.250 kN/m ³
포장콘크리트	: 0.080 m	×	23.000 kN/m ³	=	1.840 kN/m ³
			Σ	=	8.090 kN/m ³

계산지간 L : 2.2 m 바닥판 지점의 수 n : 8

$$M_d = (1/10) \cdot Wd \cdot L^2 = (1/10) \times 8.090 \times 2.200^2 = 3.916 \text{ kN/m}^3 \quad (\text{☞ 도.설 4.7.5.4})$$

- 활 하 중 (DB-24 : $P_r = 96 \text{ kN}$)

- 총 격 계 수 (도.설.해 2.1.4)

$$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 2.200) = 0.355 > 0.300 \quad i = 0.300$$

- 작용 모멘트

$$M_{l+i} = (2.20+0.6) \times 96.0/9.6 \times (1+0.300) = 36.400 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \quad (\text{도.설.해 3.6.1.4})$$

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

$$M_{I+I} = 36.400 \times 0.8 = 29.120 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

(4) 작용 모멘트

구 분	고정하중(M_D)	활하중(M_{L+i})	군중하중(M_{L+i})	충돌하중(M_{Co})	난간충돌하중(M_{Co})	풍하중(M_W)	원심하중(M_{CF})
모 멘 트	3.916	29.120					0.000

(5) 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		0.00	0.00	사용모멘트

(6) 계산 적용 모멘트 산정

[illegible]

(7) 단 면 검 토

▶ 입 력 자 료

콘크리트 설계기준강도	$f_{ck} = 27$ MPa	철근의 항복강도	$f_y = 400$ MPa
설 계 모 멘 트	$M_u = 67.698$ kN-m	휨강도 감소계수	$\phi_f = 0.85$
부 재 높 이	$h = 250$ mm	부 재 폭	$b = 1,000$ mm
인 장 피 복	$d' = 40$ mm	유효 높이	$d = 210$ mm

① 휨철근량 산정

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_{ck} b} \quad (1)$$

$$A_s = \frac{M_u}{\phi f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)} \quad (2)$$

(1), (2)에 의해 요구철근량 $Req. A_s = \frac{d - \sqrt{d^2 - \frac{4M_u}{1.445 f_{ck} b}}}{\frac{2f_y}{1.7f_{ck} b}} = 989 \text{ mm}^2$

균형철근비 $P_b = 0.85k_1 \frac{f_{ck}}{f_y} \frac{600}{600 + f_y} = 0.02926$

최대철근비 $P_{max} = 0.75 \times P_b = 0.02195$

최소철근비 $P_{min} = 1.4 / f_y = 0.00350$

최소철근량 $A_{s_{min}} = P_{min} \times b \times d = 735 \text{ mm}^2$

최소철근량 $A_{s_{min}} = \frac{0.25 \sqrt{f_{ck}}}{f_y} bd = 682 \text{ mm}^2$ } $\therefore$ 최소철근량 $A_s = 735 \text{ mm}^2$
(두값중 큰값 적용) ----- (도.기 4.3.6.1)

해석요구량 $Req. A_s = 989 \text{ mm}^2 > \text{최소철근량 } A_{s_{min}} = 735 \text{ mm}^2$

그러므로 요구되는 철근량 $Req. A_s = 989 \text{ mm}^2$

사용철근량	Use $A_s =$	H16 @ 125	=	1,589 mm^2
		0 @ 125	=	0 mm^2
Total Use A_s			=	1,589 mm^2

$\therefore$ O.K

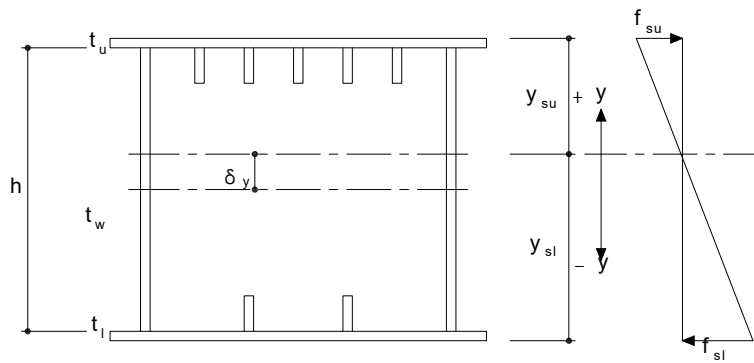
사용철근비 $Use P = 1,589 / (1000 \times 210) = 0.00757$, $a = 28 \text{ mm}$

$\phi M_n = \phi A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 105.88 \text{ kN-m}$

그러므로, $\phi M_n = 105.88 \text{ kN-m} > M_u = 67.70 \text{ kN-m} \therefore$ O.K

[illegible]

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

▪ 도심축 이동량

$$\delta_y = \frac{\sum A_s Y}{\sum A_s} = -15,781,700.0 / 191,700.0 = -82.325 \text{ mm}$$

▪ 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 2,200.0 / 2 + 20.0 - -82.325 = 1,202.325 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 2,200.0 / 2 + 28.0 + -82.325 \} = -1,045.675 \text{ mm}$$

▪ 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 21,328,927,100.0 + 170,330,021,300.0 - 191,700.0 \times -82.325^2 = 1.904E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = 13,863.900 \times 1,202.3 / 190,359,720,153.3 = 87.565 \text{ MPa}$$

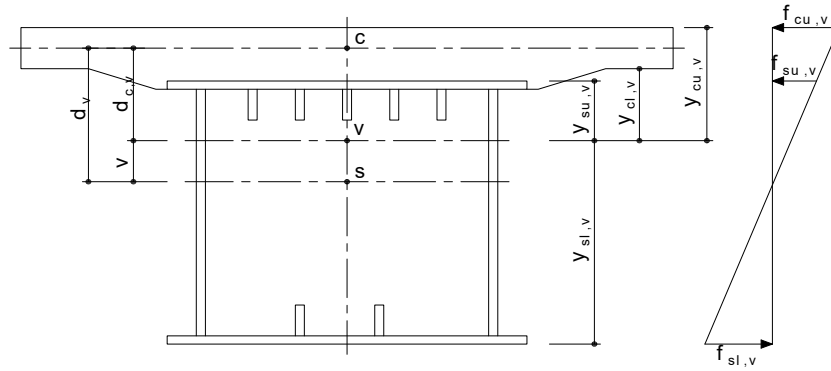
$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = 13,863.900 \times -1,045.7 / 190,359,720,153.3 = -76.157 \text{ MPa}$$

▪ 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = 5.810E+06 \text{ mm}^2$$

$$U = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) = 120.790 / 52,800.0 + 0.000 / (2 \times 5,810,256.0 \times 12.0) = 2.288 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

합성 단면적

$$A_v = A_s + A_{cn1} = 191,700.0 + 0.0 = 191,700.0 \text{ mm}^2$$

합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v} = d_v - v = 1,352.3 - 0.0 = 1,352.3 \text{ mm}$$

합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = I_s + A_s \cdot v^2 + I_{cn1} + A_{cn1} \cdot d_{c,v}^2 = 190,359,720,153.3 + 191,700.0 \times 0.0^2 + 814,464,000.0 + 0.0 \times 1,352.3^2 = 1.912E+11 \text{ mm}^4$$

합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 1,202.3 - 0.0 = 1,202.3 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -1,045.7 - 0.0 = -1,045.7 \text{ mm}$$

응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v = 2,928.580 \times 1,202.3 / 191,174,184,153.3 = 18.418 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v = 2,928.580 \times -1,045.7 / 191,174,184,153.3 = -16.019 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 2,928.580 \times 1,472.3 / (191,174,184,153.3 \times 8.0) = 2.819 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 2,928.580 \times 1,232.3 / (191,174,184,153.3 \times 8.0) = 2.360 \text{ MPa}$$

전단응력 검토

$$F_v = 5.889E+06 \text{ mm}^2$$

$$U = V_{sc} / A_w + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 97.750 / 52,800.0 + 0.000 / (2 \times 5,889,204.6 \times 12.0) = 1.851 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v = 5,893.800 \times 1,202.3 / 191,174,184,153.3 = 37.067 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v = 5,893.800 \times -1,045.7 / 191,174,184,153.3 = -32.238 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 5,893.800 \times 1,472.3 / (191,174,184,153.3 \times 8.0) = 5.674 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 5,893.800 \times 1,232.3 / (191,174,184,153.3 \times 8.0) = 4.749 \text{ MPa}$$

전단응력 검토

$$U = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 257.650 / 52,800.0 + 216.520 / (2 \times 5,889,204.6 \times 12.0) = 6.412 \text{ MPa}$$

(4) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 476.190 / 52,800.0 + 0.000 / 141,340,909.7 + 216.520 / 141,340,909.7 = 10.551 \text{ MPa}$$

※ $u = 10.6 \text{ MPa} \leq u_a = 110.0 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$

(5) 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

(SM490 사용)

(도.설.해 3.3.2)

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

- 압축 (상부)플랜지의 허용응력

(SM490 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$b / 22.0 \cdot i \cdot n = 18.2 \text{ mm} \leq t_u = 20 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 190.0 \text{ MPa}$$

$$b / 44.0 \cdot i \cdot n = 9.1 \text{ mm} \leq t_u = 20 \text{ mm} \geq b / 22.0 \cdot i \cdot n = 18.2 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 190.0 - 5.2 \{b / (t_u \cdot i \cdot n) - 22.0\} = 200.4 \text{ MPa}$$

$$b / 80.0 \cdot i \cdot n = 5.0 \text{ mm} \leq t_u = 20 \text{ mm} \geq b / 44.0 \cdot i \cdot n = 9.1 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000 \{(t_u \cdot i \cdot n) / b\}^2 = 550.0 \text{ MPa}$$

$$f_{ca} = 190.0 \text{ MPa} \text{ (합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면, \pi 형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우)}$$

$$\therefore f_{ca} = 190.0 \text{ MPa}$$

- 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	Steel				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	-	-	-	-	87.565	-76.157	190.000	190.000
1+2	-	-	-	-	105.984	-92.175	190.000	190.000
3	-	-	-	-	37.067	-32.238	190.000	190.000
1+2+3	-	-	-	-	143.051	-124.413	190.000	190.000

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(6) 합성응력의 검토

(도.설.해 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(u/u_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.212	0.161	0.009	0.009	0.222	0.170	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.567	0.429	0.009	0.009	0.576	0.438	0.K !!	0.K !!

(7) 변형률 산출

- 상연 변형률 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$\epsilon_u = f_u / E_s = 143.051 / 210000 = 6.812E-04$$

$$\epsilon_l = f_l / E_s = 124.413 / 210000 = 5.924E-04$$

(8) 항복에 대한 안전도 검사

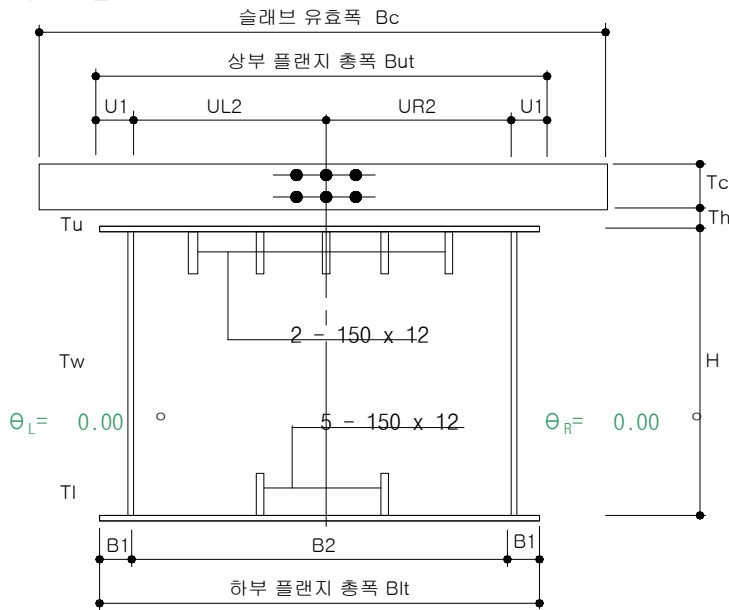
(도.설.기 3.9.3.2)

- 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	Steel				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력 (MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력 (MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	113.835	-99.003	320.000	0.K !!
1+2+3	-	-	-	-	217.473	-189.139	320.000	0.K !!

4. G1 외측 - P2 최대부모멘트

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 3.000 m

Bc = 4.911 m

UL2= 1.200 , UR2= 1.200 m

B2 = 2.400 m

But= 2.600 , Blt= 2.600 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 3.357 , Ble= 3.357 m

Tc = 0.240 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.030 m

Tl = 0.030 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 12 mm , 150 x 12 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강 의 탄성계수	MPa	200000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26701
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-23,764.900
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-6,100.060
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN · m	0.000
Mv : (활하중 + 지정침하)에 의한 모멘트	kN · m	-8,740.110
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	2,046.610
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	645.760
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	0.000
Sv : (활하중 + 지정침하)에 의한 전단력	kN	866.840
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	47.670
Msc : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-49.560
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	0.000
Mvt : (활하중 + 지정침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	712.450
tcl, tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	70 , 50

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

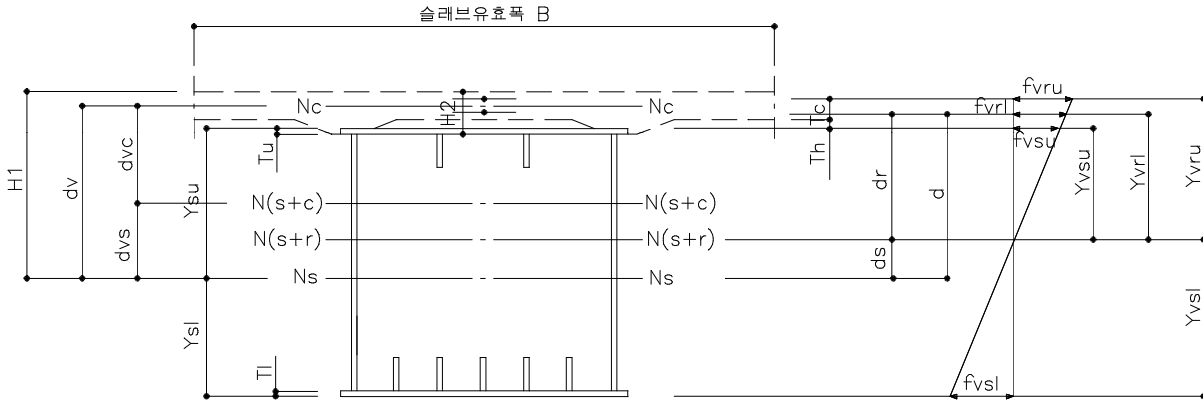
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	3357.0	30.0	100710	1515.0	152575650	231152109750	7553250
2 - UPPER RIB	12.0	150.0	3600	1425.0	5130000	7310250000	6750000
1 - L_WEB	12.0	3000.0	36000	0.0	0	0	27000000000
1 - R_WEB	12.0	3000.0	36000	0.0	0	0	27000000000
5 - LOWER RIB	12.0	150.0	9000	-1425.0	-12825000	18275625000	16875000
1 - LOWER FLANGE	3357.0	30.0	100710	-1515.0	-152575650	231152109750	7553250
강단면 합계			286020		-7695000	487890094500	54038731500
UPPER RE-BAR	-	-	12673.7	1720.0	21798685	37493737994	-
LOWER RE-BAR	-	-	3096.5	1600.0	4954400	7927040000	-
RE-BAR 합계			15770		26753085	487890094500	-
1 - RC SLAB	4911.0	240.0	1178640	1670.0	1968328800	3287109096000	5657472000

$$* A_s = 286020 \text{ mm}^2, A_c = 1178640 \text{ mm}^2, A_r = 15770 \text{ mm}^2$$

2) 응력 검토



(1) 합 성 전

$$|s'| = A_s \cdot Y^2 + \sum |s| = 487890094500 + 54038731500 = 541928826000 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = \frac{-7695000}{286020} = -26.904 \text{ mm}$$

$$I_s = I_{s'} - A_s \cdot \delta s^2 = 541928826000 - 286020 \times -26.904^2 = 541721801928 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 3000.0 / 2 + 30.0 - -26.904 = 1556.904 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1556.904 - 3060.000 = -1503.096 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 7308360 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = -68.300 \text{ MPa}$$

$$f_{sI} = M_s \cdot Y_{sI} / I_s = 65.940 \text{ MPa}$$

$$U = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 28.697 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}A_v &= A_s + A_r = 301790 \text{ mm}^2 \\d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1723.341 \text{ mm} \\d_r &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1633.288 \text{ mm} \\d_s &= d - d_r = 90.054 \text{ mm} \\Y_{vru} &= d_r + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl}/A_r = 1656.850 \text{ mm} \\Y_{vrl} &= d_r - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1536.850 \text{ mm} \\Y_{vsu} &= Y_{vrl} - t_{cl} - T_h + T_u = 1466.850 \text{ mm} \\Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1593.150 \text{ mm} \\I_{rv} &= I_s + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 586110249272 \text{ mm}^4 \\F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 7344540.0 \text{ mm}^2 \\f_{vru} &= M_{sc} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -17.244 \text{ MPa} \\f_{vrl} &= M_{sc} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -15.995 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -15.267 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 16.581 \text{ MPa} \\u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 9.250 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}f_{vru} &= M_v \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -24.707 \text{ MPa} \\f_{vrl} &= M_v \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -22.918 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -21.874 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 23.757 \text{ MPa} \\u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 16.081 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(4) 풍 하 중 - 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용

$$\begin{aligned}f_{vru} &= M_w \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 0.000 \text{ MPa} \\f_{vrl} &= M_w \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 0.000 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_w \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 0.000 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_w \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 0.000 \text{ MPa} \\u &= S_w / A(\text{Web}) + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 0.000 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(5) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}A_{vc} &= A_s + A_c/n = 433350 \text{ mm}^2 \\d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1696.904 \text{ mm} \\d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 1119.992 \text{ mm} \\d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 576.912 \text{ mm} \\n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 359685 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 1349.371 \text{ mm} \quad K = -0.248 \\d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 347.533 \text{ mm} \\I_{cv} &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 822432311970 \text{ mm}^4 \\N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{cv}) = -1223883 \text{ N} \\P_{\phi} &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -1223883 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -1651471973 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fvru1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvru / Irv = -2.898 \text{ MPa} \\
fvrl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvrl / Irv = -2.981 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsu / Irv = -3.030 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsl / Irv = -5.169 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 건조수축

$$\begin{aligned}
n2 &= n \cdot (1 + \phi 2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\
Av2 &= As + Ac/n2 = 335130 \text{ mm}^2 \\
dc2 &= dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 1448.239 \text{ mm} \\
ds2 &= dv - dc2 = 248.665 \text{ mm} \\
P2 &= Es \cdot \epsilon s \cdot Ac/n2 = 2651940 \text{ N} \\
Mv2 &= P2 \cdot dc2 = 3840643440 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
fvru2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvru / Irv = 6.095 \text{ MPa} \\
fvrl2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvrl / Irv = 6.290 \text{ MPa} \\
fvsu2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvsu / Irv = 6.404 \text{ MPa} \\
fvsl2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvsl / Irv = 11.376 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= Es \cdot \epsilon t \cdot Ac/n = 3535920 \text{ N} \\
Mvt &= P1 \cdot dvc = 3960201026 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ert &= Es \cdot \epsilon t = 24.000 \text{ MPa} \\
frut &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvru / Irv - Es \cdot \epsilon t = -15.060 \text{ MPa} \\
frlt &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvrl / Irv - Es \cdot \epsilon t = -14.859 \text{ MPa} \\
fsut &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsu / Irv = 9.259 \text{ MPa} \\
fslt &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsl / Irv = 14.386 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (Ss + Ssc + Sv) / Aw + (Mst / (2 F Tw) + (Msct + Mvt) / (2 FvTw)) = 53.466 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

· 활하중 비재하시

$$u = (Ss + Ssc + Sw) / Aw + (Mst / (2 F Tw) + (Msct + Mwt) / (2 FvTw)) = 37.403 \text{ MPa} < 1.2 u_a = 132 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

· 활하중 재하시

$$u = (Ss + Ssc + Sw + 2Sv) / Aw + (Mst / (2 F Tw) + (Msct + Mwt / 2 + Mvt) / (2 FvTw)) = 53.466 \text{ MPa} < 1.25 u_a = 137.5 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(5) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0 / 1)^2 + 0.130 \times (0.0 / 1) + 1.0 = 1.000
\end{aligned}$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$f_{ta} = 190 \text{ MPa}$$

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2400}{24 \times 1.000 \times 6} = 16.667 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2400}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.333 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{t_l \cdot i \cdot n} - 24 \right) = 231.600$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2400}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.000 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \frac{t_l \cdot i \cdot n}{b} \right\} = 1237.500 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 30.000 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$$

$$f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$$

(SD40 사용)

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	(kgf/cm ²)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-68.300	65.940	190.000	190.000
1+2	-17.244	-15.995	160.000	-83.567	82.521	190.000	190.000
1+2+3	-41.951	-38.913	160.000	-105.440	106.278	190.000	190.000
1+2+3+5	-44.849	-41.894	160.000	-108.471	101.109	190.000	190.000
1+2+3+5+6	-38.754	-35.604	160.000	-102.067	112.485	190.000	190.000
1+2+3+5+6+7	-53.814	-50.463	184.000	-92.809	126.872	218.500	218.500
1+2+3+5+6-7	-23.694	-20.746	184.000	-111.326	98.099	218.500	218.500
1+2+4	-17.244	-15.995	200.000	-83.567	82.521	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4	-41.951	-38.913	200.000	-105.440	106.278	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5	-44.849	-41.894	200.000	-108.471	101.109	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6	-38.754	-35.604	200.000	-102.067	112.485	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-53.814	-50.463	216.000	-92.809	126.872	256.500	256.500
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	-23.694	-20.746	216.000	-111.326	98.099	256.500	256.500

주) 압축응력은 정(+) 이장응력은 부(-)로 하여음

허용응력이 한계 (도.설 3.9.3.1 참조)

(6) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{-108.471}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{53.466}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.326 + 0.236 = 0.562 < 1.2 \quad 0.K.$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{112.485}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{53.466}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.350 + 0.236 = 0.587 < 1.2 \quad 0.K.$$

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

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

$$+ (\text{크리프응력 변화량}) + (\text{건조수축응력변화량}) + (\text{온도차응력변화량}) \text{의 조합 중에서}$$

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

- 풍하중 재하시

· 활하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 1.3 \times \text{풍하중에 의한 응력}$$

$$+ (\text{크리프응력 변화량}) + (\text{건조수축응력변화량}) + (\text{온도차응력변화량}) \text{의 조합 중에서}$$

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

· 활하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력}$$

$$+ 1.3 \times 1/2 \text{ 활하중 비재하시의 풍하중 응력} + \text{크리프 응력} + \text{건조수축 응력} + \text{온도차 응력}$$

의 조합 중에서 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times -17.244 + 2.15 \times -24.707 + (-2.898) + (6.095) + (15.06)$$

$$= -87.400 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -17.244 + 2.15 \times -24.707 + (15.06)$$

$$= -90.597 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

- 풍하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times -17.244 + 1.3 \times 0 + (-2.898) + (6.095) + (15.06)$$

$$= -34.280 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -17.244 + 2.15 \times -24.707 + 1.3 (1/2 \times 0) + (-2.898) + (6.095) + (15.06)$$

$$= -87.400 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})$$

② 강재주형 상판

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (-68.3 + -15.267) + 2.15 \times -21.874 + (-3.03) + (6.404) + (9.259)$$

$$= -161.551 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-68.3 + -15.267) + 2.15 \times -21.874 + (9.259)$$

$$= -164.924 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-68.3 + -15.267) + 1.3 \times 0 + (-3.03) + (6.404) + (9.259) \\ &= -114.522 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시}) \\ \Sigma f &= 1.3 \times (-68.3 + -15.267) + 2.15 \times -21.874 + 1.3 (1/2 \times 0) + (-3.03) + (6.404) + (9.259) \\ &= -161.551 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (65.94 + 16.581) + 2.15 \times 23.757 + (-5.169) + (11.376) + (-14.386) \\ &= 178.948 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \\ \Sigma f &= 1.3 \times (65.94 + 16.581) + 2.15 \times 23.757 + (-14.386) \\ &= 172.741 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

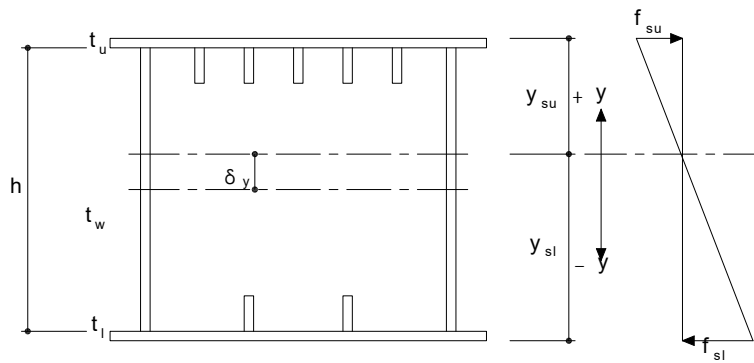
- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (65.94 + 16.581) + 1.3 \times 0 + (-5.169) + (11.376) + (-14.386) \\ &= 127.871 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시}) \\ \Sigma f &= 1.3 \times (65.94 + 16.581) + 2.15 \times 23.757 + 1.3 (1/2 \times 0) + (-5.169) + (11.376) + (-14.386) \\ &= 178.948 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

1) 단면가정 및 설계조건

[illegible]

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

▪ 도심축 이동량

$$\delta_y = \frac{\sum A_s Y}{\sum A_s} = -15,781,700.0 / 191,700.0 = -82.325 \text{ mm}$$

▪ 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 2,200.0 / 2 + 20.0 - 82.325 = 1,202.325 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 2,200.0 / 2 + 28.0 + -82.325 \} = -1,045.675 \text{ mm}$$

▪ 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 21,328,927,100.0 + 170,330,021,300.0 - 191,700.0 \times -82.325^2 = 1.904E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = 13,836.100 \times 1,202.3 / 190,359,720,153.3 = 87.390 \text{ MPa}$$

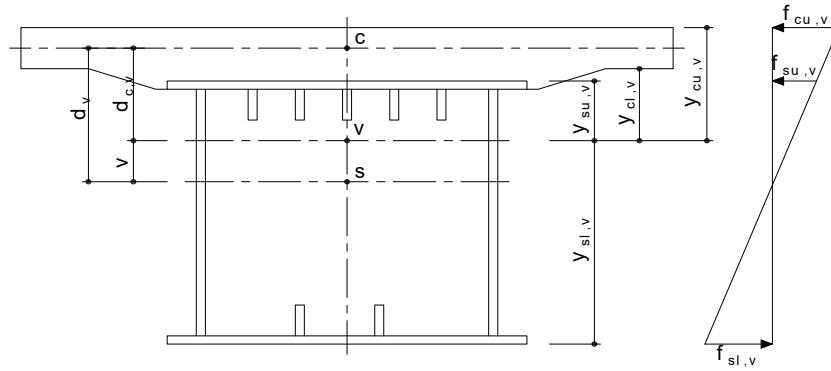
$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = 13,836.100 \times -1,045.7 / 190,359,720,153.3 = -76.004 \text{ MPa}$$

▪ 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = 5.810E+06 \text{ mm}^2$$

$$U = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) = 124.180 / 52,800.0 + 0.000 / (2 \times 5,810,256.0 \times 12.0) = 2.352 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

▪ 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_{cn1} = 191,700.0 + 0.0 = 191,700.0 \text{ mm}^2$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v} = d_v - v = 1,352.3 - 0.0 = 1,352.3 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = I_s + A_s \cdot v^2 + I_{cn1} + A_{cn1} \cdot d_{c,v}^2 = 190,359,720,153.3 + 191,700.0 \times 0.0^2 + 814,464,000.0 + 0.0 \times 1,352.3^2 = 1.912E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 1,202.3 - 0.0 = 1,202.3 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -1,045.7 - 0.0 = -1,045.7 \text{ mm}$$

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v = 2,717.090 \times 1,202.3 / 191,174,184,153.3 = 17.088 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v = 2,717.090 \times -1,045.7 / 191,174,184,153.3 = -14.862 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 2,717.090 \times 1,472.3 / (191,174,184,153.3 \times 8.0) = 2.616 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 2,717.090 \times 1,232.3 / (191,174,184,153.3 \times 8.0) = 2.189 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$F_v = 5.889E+06 \text{ mm}^2$$

$$U = V_{sc} / A_w + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 93.250 / 52,800.0 + 0.000 / (2 \times 5,889,204.6 \times 12.0) = 1.766 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v = 5,834.770 \times 1,202.3 / 191,174,184,153.3 = 36.696 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v = 5,834.770 \times -1,045.7 / 191,174,184,153.3 = -31.915 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 5,834.770 \times 1,472.3 / (191,174,184,153.3 \times 8.0) = 5.617 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 5,834.770 \times 1,232.3 / (191,174,184,153.3 \times 8.0) = 4.701 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$U = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 258.190 / 52,800.0 + 252.300 / (2 \times 5,889,204.6 \times 12.0) = 6.675 \text{ MPa}$$

(4) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 475.620 / 52,800.0 + 0.000 / 141,340,909.7 + 252.300 / 141,340,909.7 = 10.793 \text{ MPa}$$

※ $u = 10.8 \text{ MPa} \leq u_a = 110.0 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$

(5) 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

(SM490 사용)

(도.설.해 3.3.2)

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

- 압축 (상부)플랜지의 허용응력

(SM490 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$b / 22.0 \cdot i \cdot n = 18.2 \text{ mm} \leq t_u = 20 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 190.0 \text{ MPa}$$

$$b / 44.0 \cdot i \cdot n = 9.1 \text{ mm} \leq t_u = 20 \text{ mm} \geq b / 22.0 \cdot i \cdot n = 18.2 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 190.0 - 5.2 \{b / (t_u \cdot i \cdot n) - 22.0\} = 200.4 \text{ MPa}$$

$$b / 80.0 \cdot i \cdot n = 5.0 \text{ mm} \leq t_u = 20 \text{ mm} \geq b / 44.0 \cdot i \cdot n = 9.1 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000 \{(t_u \cdot i \cdot n) / b\}^2 = 550.0 \text{ MPa}$$

$$f_{ca} = 190.0 \text{ MPa} \text{ (합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면, \pi 형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우)}$$

$$\therefore f_{ca} = 190.0 \text{ MPa}$$

- 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	Steel				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	-	-	-	-	87.390	-76.004	190.000	190.000
1+2	-	-	-	-	104.478	-90.866	190.000	190.000
3	-	-	-	-	36.696	-31.915	190.000	190.000
1+2+3	-	-	-	-	141.174	-122.780	190.000	190.000

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(6) 합성응력의 검토

(도.설.해 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(u/u_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.212	0.160	0.010	0.010	0.221	0.170	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.552	0.418	0.010	0.010	0.562	0.427	0.K !!	0.K !!

(7) 변형률 산출

- 상연 변형률 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$\epsilon_u = f_u / E_s = 141.174 / 210000 = 6.723E-04$$

$$\epsilon_l = f_l / E_s = 122.780 / 210000 = 5.847E-04$$

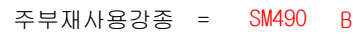
(8) 항복에 대한 안전도 검사

(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	Steel				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력 (MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력 (MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	113.607	-98.805	320.000	0.K !!
1+2+3	-	-	-	-	214.717	-186.742	320.000	0.K !!

1) 단면가정 및 설계조건


$$B1 = 0.100 \text{ m}$$

위 입력 DATA

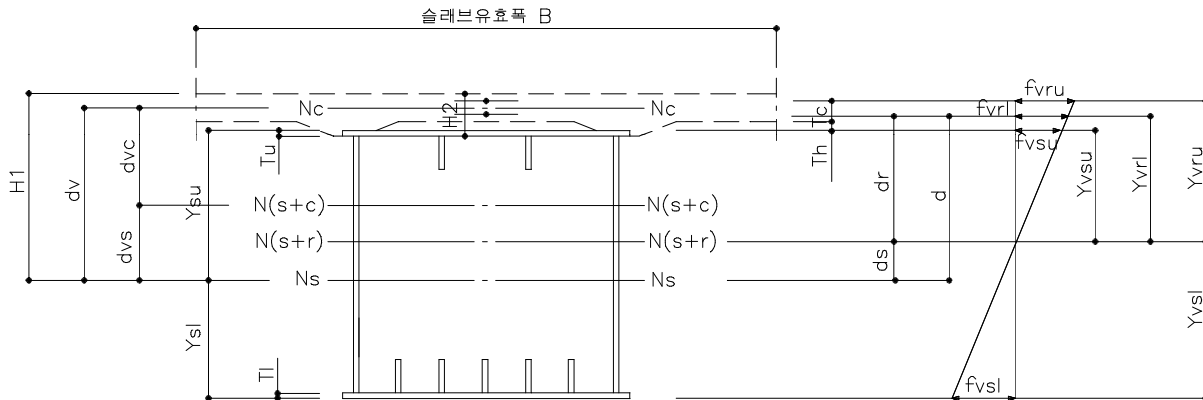
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2357.0	30.0	70710	1515.0	107125650	162295359750	5303250
2 - UPPER RIB	12.0	150.0	3600	1425.0	5130000	7310250000	6750000
1 - L_WEB	12.0	3000.0	36000	0.0	0	0	270000000000
1 - R_WEB	12.0	3000.0	36000	0.0	0	0	270000000000
5 - LOWER RIB	12.0	150.0	9000	-1425.0	-12825000	18275625000	16875000
1 - LOWER FLANGE	2357.0	30.0	70710	-1515.0	-107125650	162295359750	5303250
강단면 합계			226020		-7695000	350176594500	54034231500
UPPER RE-BAR	-	-	3096.5	1720.0	5325980	9160685600	-
LOWER RE-BAR	-	-	3096.5	1600.0	4954400	7927040000	-
RE-BAR 합계			6193		10280380	350176594500	-
1 - RC SLAB	5114.0	240.0	1227360	1670.0	2049691200	3422984304000	5891328000

* As = 226020 mm² , Ac = 1227360 mm² , Ar = 6193 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 350176594500 + 54034231500 = 404210826000 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = -7695000 / 226020 = -34.046 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 404210826000 - 226020 \times (-34.046)^2 = 403948844649 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s = 3000.0 / 2 + 30.0 - (-34.046) = 1564.046 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1564.046 - 3060.000 = -1495.954 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 7308360 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = -89.936 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 86.021 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 27.277 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}A_v &= A_s + A_r = 232213 \text{ mm}^2 \\d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1694.046 \text{ mm} \\d_r &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1648.866 \text{ mm} \\d_s &= d - d_r = 45.179 \text{ mm} \\Y_{vru} &= d_r + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl}/A_r = 1708.866 \text{ mm} \\Y_{vrl} &= d_r - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1588.866 \text{ mm} \\Y_{vsu} &= Y_{vrl} - t_{cl} - T_h + T_u = 1518.866 \text{ mm} \\Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1541.134 \text{ mm} \\I_{rv} &= I_s + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 421247472065 \text{ mm}^4 \\F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 7344540.0 \text{ mm}^2 \\f_{vru} &= M_{sc} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -17.121 \text{ MPa} \\f_{vrl} &= M_{sc} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -15.919 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -15.218 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 15.441 \text{ MPa} \\u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 4.761 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}f_{vru} &= M_v \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -34.660 \text{ MPa} \\f_{vrl} &= M_v \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -32.226 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -30.806 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 31.258 \text{ MPa} \\u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 16.421 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(4) 풍 하 중 - 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용

$$\begin{aligned}f_{vru} &= M_w \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 0.000 \text{ MPa} \\f_{vrl} &= M_w \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 0.000 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_w \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 0.000 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_w \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 0.000 \text{ MPa} \\u &= S_w / A(\text{Web}) + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 0.000 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(5) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}A_{vc} &= A_s + A_c/n = 379440 \text{ mm}^2 \\d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1704.046 \text{ mm} \\d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 1015.044 \text{ mm} \\d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 689.001 \text{ mm} \\n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 302730 \text{ mm}^2 \\d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 1272.251 \text{ mm} \\d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 431.795 \text{ mm} \\I_{cv} &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 670053041256 \text{ mm}^4 \\N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{cv}) = -980898 \text{ N} \\P_{\phi} &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -980898 \text{ N}\end{aligned}$$

2차 부정정력으로 인한 영향 고려
K = -0.248

$$\begin{aligned}
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -1247947691 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fvru1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvru / Irv = -2.969 \text{ MPa} \\
fvrl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvrl / Irv = -3.057 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsu / Irv = -3.108 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av + k \cdot M\phi \cdot Yvsl / Irv = -5.356 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(6) 건조수축

$$\begin{aligned}
n2 &= n \cdot (1 + \phi 2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\
Av2 &= As + Ac/n2 = 277160 \text{ mm}^2 \\
dc2 &= dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 1389.625 \text{ mm} \\
ds2 &= dv - dc2 = 314.421 \text{ mm} \\
P2 &= Es \cdot \epsilon s \cdot Ac/n2 = 2761560 \text{ N} \\
Mv2 &= P2 \cdot dc2 = 3837532167 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
fvru2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvru / Irv = 8.032 \text{ MPa} \\
fvrl2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvrl / Irv = 8.303 \text{ MPa} \\
fvsu2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvsu / Irv = 8.461 \text{ MPa} \\
fvsl2 &= P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvsl / Irv = 15.374 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(7) 온도차

$$\begin{aligned}
\epsilon t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
P1 &= Es \cdot \epsilon t \cdot Ac/n = 3682080 \text{ N} \\
Mvt &= P1 \cdot dvc = 3737474227 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ert &= Es \cdot \epsilon t = 24.000 \text{ MPa} \\
frut &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvru / Irv - Es \cdot \epsilon t = -11.904 \text{ MPa} \\
frlt &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvrl / Irv - Es \cdot \epsilon t = -11.640 \text{ MPa} \\
fsut &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsu / Irv = 12.514 \text{ MPa} \\
fslt &= P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsl / Irv = 19.248 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (Ss + Ssc + Sv) / Aw + (Mst / (2 F Tw) + (Msct + Mvt) / (2 FvTw)) = 48.460 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

· 활하중 비재하시

$$u = (Ss + Ssc + Sw) / Aw + (Mst / (2 F Tw) + (Msct + Mwt) / (2 FvTw)) = 32.038 \text{ MPa} < 1.2 u_a = 132 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

· 활하중 재하시

$$u = (Ss + Ssc + Sw + 2Sv) / Aw + (Mst / (2 F Tw) + (Msct + Mwt / 2 + Mvt) / (2 FvTw)) = 48.460 \text{ MPa} < 1.25 u_a = 137.5 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(5) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
i &= 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0 \\
&= 0.650 \times (0.0 / 1)^2 + 0.130 \times (0.0 / 1) + 1.0 = 1.000
\end{aligned}$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$f_{ta} = 190 \text{ MPa}$$

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2400}{24 \times 1.000 \times 6} = 16.667 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2400}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.333 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{t_l \cdot i \cdot n} - 24 \right) = 231.600$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2400}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.000 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \frac{t_l \cdot i \cdot n}{b} \right\} = 1237.500 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 30.000 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$$

$$f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$$

(SD40 사용)

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	(kgf/cm ²)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-89.936	86.021	190.000	190.000
1+2	-17.121	-15.919	160.000	-105.154	101.462	190.000	190.000
1+2+3	-51.781	-48.145	160.000	-135.960	132.719	190.000	190.000
1+2+3+5	-54.750	-51.202	160.000	-139.068	127.363	190.000	190.000
1+2+3+5+6	-46.718	-42.899	160.000	-130.608	142.737	190.000	190.000
1+2+3+5+6+7	-58.622	-54.539	184.000	-118.093	161.985	218.500	218.500
1+2+3+5+6-7	-34.815	-31.259	184.000	-143.122	123.490	218.500	218.500
1+2+4	-17.121	-15.919	200.000	-105.154	101.462	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4	-51.781	-48.145	200.000	-135.960	132.719	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5	-54.750	-51.202	200.000	-139.068	127.363	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6	-46.718	-42.899	200.000	-130.608	142.737	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-58.622	-54.539	216.000	-118.093	161.985	256.500	256.500
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	-34.815	-31.259	216.000	-143.122	123.490	256.500	256.500

주) 압축응력은 정(+) 이장응력은 부(-)로 하여음

허용응력이 한계 (도.설 3.9.3.1 참조)

(6) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{-139.068}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{48.460}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.536 + 0.194 = 0.730 < 1.2 \quad 0.K.$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u}{u_a}\right)^2 = \left(\frac{142.737}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{48.460}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.564 + 0.194 = 0.758 < 1.2 \quad 0.K.$$

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

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$$

$$+ (\text{크리프응력 변화량}) + (\text{건조수축응력변화량}) + (\text{온도차응력변화량}) \text{의 조합 중에서}$$

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

- 풍하중 재하시

· 활하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 1.3 \times \text{풍하중에 의한 응력}$$

$$+ (\text{크리프응력 변화량}) + (\text{건조수축응력변화량}) + (\text{온도차응력변화량}) \text{의 조합 중에서}$$

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

· 활하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력}$$

$$+ 1.3 \times 1/2 \text{ 활하중 비재하시의 풍하중 응력} + \text{크리프 응력} + \text{건조수축 응력} + \text{온도차 응력}$$

의 조합 중에서 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times -17.121 + 2.15 \times -34.66 + (-2.969) + (8.032) + (11.904)$$

$$= -103.617 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -17.121 + 2.15 \times -34.66 + (11.904)$$

$$= -108.680 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

- 풍하중 재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times -17.121 + 1.3 \times 0 + (-2.969) + (8.032) + (11.904)$$

$$= -29.098 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -17.121 + 2.15 \times -34.66 + 1.3 (1/2 \times 0) + (-2.969) + (8.032) + (11.904)$$

$$= -103.617 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})$$

② 강재주형 상판

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times (-89.936 + -15.218) + 2.15 \times -30.806 + (-3.108) + (8.461) + (12.514)$$

$$= -210.095 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-89.936 + -15.218) + 2.15 \times -30.806 + (12.514)$$

$$= -215.448 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-89.936 + -15.218) + 1.3 \times 0 + (-3.108) + (8.461) + (12.514) \\ &= -143.862 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시}) \\ \Sigma f &= 1.3 \times (-89.936 + -15.218) + 2.15 \times -30.806 + 1.3 (1/2 \times 0) + (-3.108) + (8.461) + (12.514) \\ &= -210.095 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (86.021 + 15.441) + 2.15 \times 31.258 + (-5.356) + (15.374) + (-19.248) \\ &= 228.370 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시}) \\ \Sigma f &= 1.3 \times (86.021 + 15.441) + 2.15 \times 31.258 + (-19.248) \\ &= 218.352 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (86.021 + 15.441) + 1.3 \times 0 + (-5.356) + (15.374) + (-19.248) \\ &= 161.165 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시}) \\ \Sigma f &= 1.3 \times (86.021 + 15.441) + 2.15 \times 31.258 + 1.3 (1/2 \times 0) + (-5.356) + (15.374) + (-19.248) \\ &= 228.370 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$