

연호고가교 구조계산서

목 차

1. 설계조건
2. 바닥판 설계
3. G1 외측 - S1경간 최대정모멘트
4. G1 외측 - P3 최대부모멘트
5. G2 내측 - S1경간 최대정모멘트
6. G2 내측 - P3 최대부모멘트

1. 설 계 조 건

1) 교 량 제 원

- (1) 교 량 명 : 연호고가교
 (2) 교 량 등 급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
 (3) 교 량 형 식 : 강상형교
 (4) 교 량 연 장 : 3@50.0+60.0+4@50.0=410.0M
 (5) 교 량 폭 원 : B = 14.450 m
 (6) Girder 제원 : B = 2.400 m H = 1.900~2.700 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, π 형 단면과 같이
횡자굴이 일어나기 어려운 경우 휨 압축응력 적용

▪ 항복 응력 (MPa)

(도.설.해 3.2.5)

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

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

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

※ TMC 강재일 경우에는 일반강재에 40이하 값을 사용함

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

▪ ㉔ 이외의 허용 휨 압축 응력 (MPa)

(도.설.해 3.3.2.1)

강 종 판두께 (mm)		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490 [SM490C-TMC]	SM490Y 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	$130 - 2.21(\frac{l}{b} - 4.9) :$ $4.9 < \frac{l}{b} \leq 30$	$175 - 3.48(\frac{l}{b} - 4.1) :$ $4.1 < \frac{l}{b} \leq 30$	$195 : \frac{l}{b} \leq 3.9$ $195 - 4.07(\frac{l}{b} - 3.9) :$ $3.9 < \frac{l}{b} \leq 27$	$250 : \frac{l}{b} \leq 3.5$ $250 - 5.94(\frac{l}{b} - 3.5) :$ $3.5 < \frac{l}{b} \leq 25$
$\frac{A_w}{A_c} > 2$	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 판두께 (mm)		HSB500	HSB600	HSB800	비 고
$\frac{A_w}{A_c} \leq 2$	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 나사호칭	F 8 T	F 10 T	S 10 T	F 13 T	S 13 T
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 총 격 계 수

▪ 1 지간

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

3) 설 계 방 법

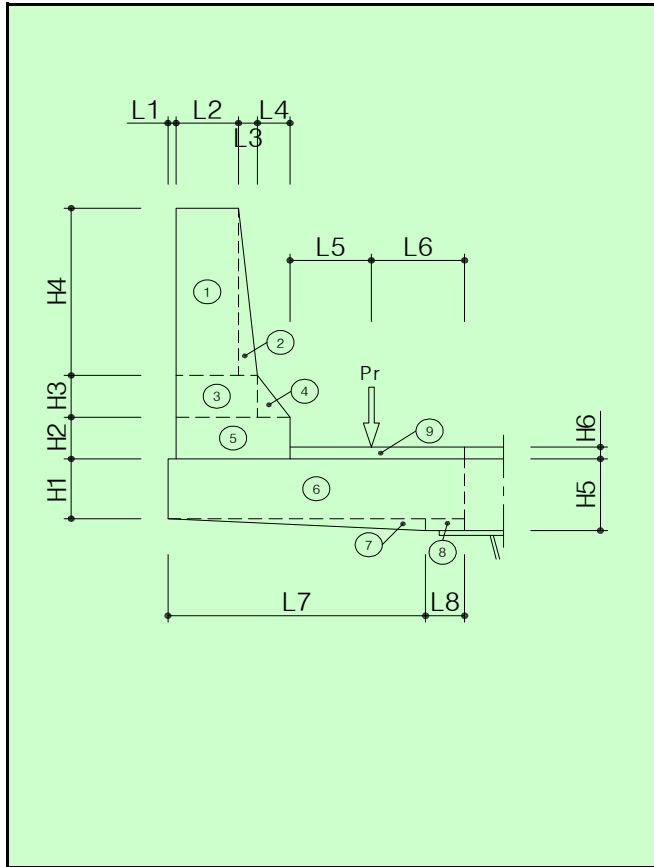
- (1) Steel Box Girder : 허용응력 설계법

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	0.390 m
H7	0.000 m	L7	1.000 m
R	∞	L8	0.140 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	0.995	4.005
2	$\frac{1}{2} \times 0.070 \times 0.700 \times 25.000$	0.613	0.857	0.525
3	$0.300 \times 0.175 \times 25.000$	1.313	0.960	1.260
4	$\frac{1}{2} \times 0.120 \times 0.175 \times 25.000$	0.263	0.770	0.202
5	$0.420 \times 0.205 \times 25.000$	2.153	0.900	1.937
6	$1.140 \times 0.250 \times 25.000$	7.125	0.570	4.061
7	$\frac{1}{2} \times 1.000 \times 0.050 \times 25.000$	0.625	0.473	0.296
8	$0.140 \times 0.050 \times 25.000$	0.175	0.070	0.012
9	$0.690 \times 0.080 \times 23.000$	1.270	0.345	0.438
TOTAL		17.560		12.736

(2) 활 하중 (DB-24 : Pr = 96 kN)

▪ 유효하중 분포폭

(도.설 3.6.1.4)

$$E = 0.8 \cdot X + 1.14 = 0.8 \times 0.390 + 1.14 = 1.452 \text{ m} \quad \text{여기서, } X = 0.390 \text{ m}$$

▪ 충격 계수

$$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.390) = 0.371 > 0.300 \quad i = 0.300$$

▪ 작용 모멘트

$$Ml+i = (96.00 / 1.452) \times 0.390 \times (1 + 0.30) = 33.521 \text{ kN·m/m}$$

(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.

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

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

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	12.736	33.521	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_{C0}	M_W	M_{CF}	소 계
CASE 1	kN·m	16.557	72.069			0.000	88.627
CASE 2	"	16.557	43.577	15.990		0.000	76.124
CASE 3	"	16.557	43.577		1.424	0.000	61.558
CASE 4	"	15.284		14.760	2.628		32.672
CASE 5	"	16.557			2.847		19.404
최대 계수 모멘트							88.627
CASE 6	"	12.736	33.521		0.657	0.000	46.914
CASE 7	"	12.736	33.521	0.000		0.000	46.257
최대 사용 모멘트							46.914

(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 ($X = 0.39 > 0.25$ 인 경우)

(도.설.해 3.6.1.5)

$$h_{\min} = (80 \cdot L + 230) = (80 \times 0.390 + 230) = 261.2 \text{ mm} > 220.0 \text{ mm} \quad \therefore h_{\text{req}} = 261.2 \text{ mm}$$

$$h_{\text{use}} = 300.0 \text{ mm} > h_{\text{req}} = 261.2 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

(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	$M_u = 88.627$ kN-m	휨 강 도 감 소 계 수	$\phi_f = 0.85$
부 재 높 이	$h = 300$ mm	부 재 폭	$b = 1,000$ mm
인 장 피 복	$d' = 60$ mm	유효 높 이	$d = 240$ mm

① 휨철근량 산정

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_{ck} b}$$

(1)

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

(2)

$$(1), (2) \text{에 의해 요구철근량} \quad \text{Req. } A_s = \frac{d - \sqrt{d^2 - \frac{4M_u}{1.445 f_{ck} b}}}{\frac{2f_y}{1.7f_{ck} b}} = 1,133 \text{ mm}^2$$

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

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

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

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

$$\text{최소철근량} \quad A_{s \min} = \frac{0.25 \sqrt{f_{ck}}}{f_y} b d = 779 \text{ mm}^2$$

$$\left. \begin{array}{l} \therefore \text{최소철근량 } A_s = 840 \text{ mm}^2 \\ \text{(두값중 큰값 적용)} \\ \text{----- (도.기 4.3.6.1)} \end{array} \right\}$$

$$\text{해석요구량} \quad \text{Req. } A_s = 1,133 \text{ mm}^2 > \text{최소철근량} \quad A_{s \min} = 840 \text{ mm}^2$$

$$\text{그러므로 요구되는 철근량} \quad \text{Req. } A_s = 1,133 \text{ mm}^2$$

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

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

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

$$\text{그러므로,} \quad \phi M_n = 122.08 \text{ kN-m} > M_u = 88.63 \text{ kN-m} \quad \therefore \text{O.K}$$

2.2 중 앙 부

슬래브 두께 :	T	=	250.0	mm
포장 두께 :	t_3	=	80.0	mm
지간 :	B	=	2,600.0	mm

(1) 바닥판 두께의 검토

$$h_{min} = (40 \cdot L + 130) = (40 \times 2.600 + 130) = 234.0 \text{ mm} > 220.0 \text{ mm} \quad \therefore h_{req} = 234.0 \text{ mm}$$

$$h_{use} = 250.0 \text{ mm} > h_{req} = 234.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

(2) 설계하중에 의한 단면력

- 고정 하 중

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 : 2.6 m 바닥판 지점의 수 n : 6

$$M_d = (1/10) \cdot Wd \cdot L^2 = (1/10) \times 8.090 \times 2.600^2 = 5.469 \text{ kN/m}^3 \quad (\text{☞ 도.설 4.7.5.4})$$

- **활 하 중** (DB-24 : Pr = 96 kN)

- 총 격 계 수 (도.설.해 2.1.4)

$$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 2.600) = 0.352 > 0.300 \quad i = 0.300$$

- 작용 모멘트

$$M_{l+i} = (2.60+0.6) \times 96.0/9.6 \times (1+0.300) = 41.600 \text{ kN}\cdot\text{m/m} \quad (\text{도.설.해 3.6.1.4})$$

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

$$M_{l+i} = 41.600 \times 0.8 = 33.280 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

(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	5.469	33.280					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	$M_u = 78.661$ 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 $Req. A_s = \frac{d - \sqrt{d^2 - \frac{4M_u}{1.445 f_{ck} b}}}{2 f_y} = 1,157 \text{ mm}^2$

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

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

해석요구량 $Req. A_s = 1,157 \text{ mm}^2 >$ 최소철근량 $A_{s_{min}} = 735 \text{ mm}^2$

그러므로 요구되는 철근량 $Req. A_s = 1,157 \text{ mm}^2$

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

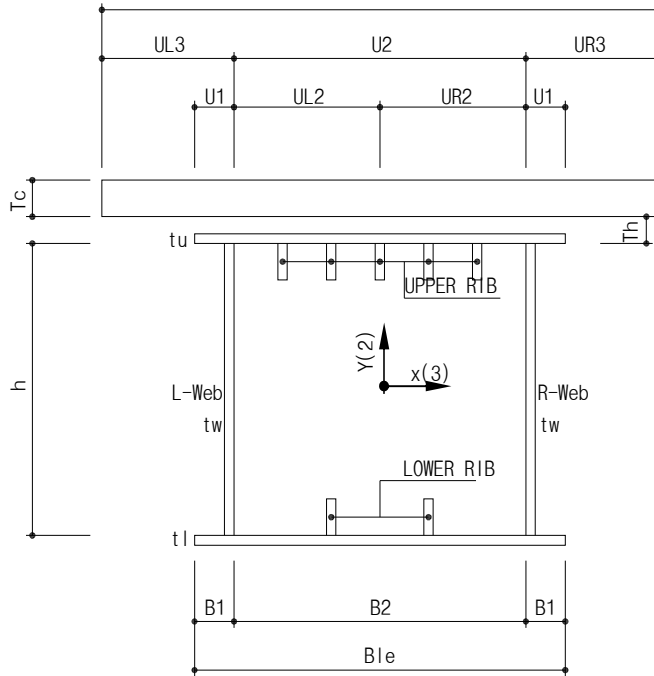
사용철근비 $Use P = 1,589 / (1000 \times 210) = 0.00757$, $a = 28 \text{ mm}$

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

그러므로, $\phi M_n = 105.88 \text{ kN-m} > M_u = 78.66 \text{ kN-m} \therefore$ O.K

3. G1 외측 - S1경간 최대정모멘트

1) 단면가정 및 설계조건



구 분	단 위	입력 Data
M_s : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	7,269.310
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	2,048.010
M_v : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	4,538.460
V_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	182.760
V_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	113.890
V_v : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	172.250
M_{vt} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	167.320

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

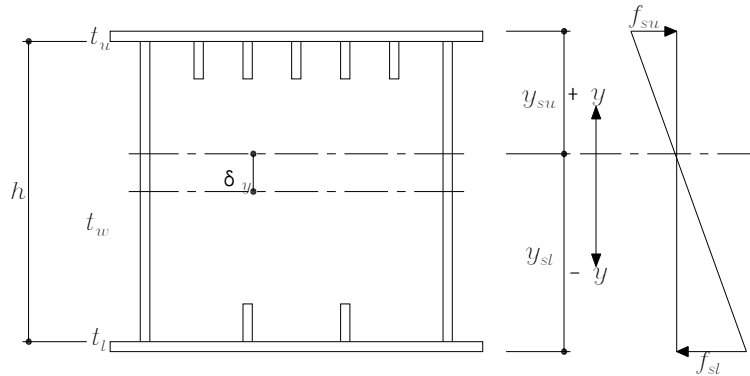
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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 - 2,600.0 × 14.0	36,400.0	957.0	3.483E+07	3.334E+10	5.945E+05
UPPER RIB	5 - 150.0 × 12.0	10,500.0	1,075.0	1.129E+07	1.213E+10	1.969E+07
L - WEB	1 - 1,900.0 × 12.0	22,800.0	-	-	-	6.859E+09
R - WEB	1 - 1,900.0 × 12.0	22,800.0	-	-	-	6.859E+09
LOWER RIB	2 - 150.0 × 12.0	3,600.0	-875.0	-3.150E+06	2.756E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2,600.0 × 20.0	52,000.0	-960.0	-4.992E+07	4.792E+10	1.733E+06
강재 단면 합계		148,100.0	-	-6.948E+06	9.615E+10	1.375E+10
RC. SLAB	1 - 4,740.0 × 240.0	1,137,600.0	1,120.0	1.274E+09	1.427E+12	5.460E+09

SLAB 단면 합계	1,137,600.0	-	1.274E+09	1.427E+12	5.460E+09
※ $A_s = 148,100.0 \text{ mm}^2$ $A_{c1} = 1,137,600.0 \text{ mm}^2$					

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

▪ 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -6,947,700.0 / 148,100.0 = -46.912 \text{ mm}$$

▪ 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 1,900.0 / 2 + 14.0 - -46.912 = 1,010.912 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 1,900.0 / 2 + 20.0 + -46.912 \} = -923.088 \text{ mm}$$

▪ 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 13,746,765,366.7 + 96,150,416,100.0 - 148,100.0 \times -46.912^2 = 1.096E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = 7,269.310 \times 1,010.9 / 109,571,249,425.5 = 67.067 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = 7,269.310 \times -923.1 / 109,571,249,425.5 = -61.241 \text{ MPa}$$

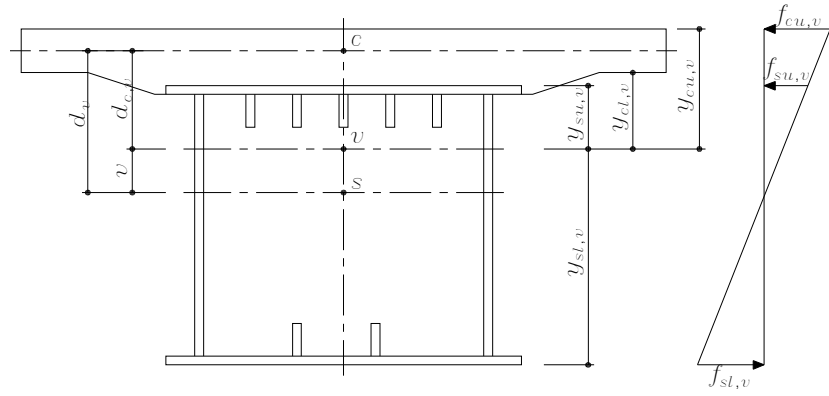
▪ 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

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

$$v = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 182.760 / 45,600.0 + 0.000 / (2 \times 5,810,256.0 \times 12.0) = 4.008 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

▪ 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_{cn1} = 148,100.0 + 0.0 = 148,100.0 \text{ mm}^2$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v} = d_v - v = 1,166.9 - 0.0 = 1,166.9 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = I_s + A_s \cdot v^2 + I_{cn1} + A_{cn1} \cdot d_{c,v}^2 = 109,571,249,425.5 + 148,100.0 \times 0.0^2 + 682,560,000.0 + 0.0 \times 1,166.9^2 = 1.103\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 1,010.9 - 0.0 = 1,010.9 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -923.1 - 0.0 = -923.1 \text{ mm}$$

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v = 2,048.010 \times 1,010.9 / 110,253,809,425.5 = 18.778 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v = 2,048.010 \times -923.1 / 110,253,809,425.5 = -17.147 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 2,048.010 \times 1,286.9 / (110,253,809,425.5 \times 8.0) = 2.988 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 2,048.010 \times 1,046.9 / (110,253,809,425.5 \times 8.0) = 2.431 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

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

$$u = V_{sc} / A_w + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 113.890 / 45,600.0 + 0.000 / (2 \times 5,889,204.6 \times 12.0) = 2.498 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v = 4,538.460 \times 1,010.9 / 110,253,809,425.5 = 41.613 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v = 4,538.460 \times -923.1 / 110,253,809,425.5 = -37.998 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 4,538.460 \times 1,286.9 / (110,253,809,425.5 \times 8.0) = 6.622 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 4,538.460 \times 1,046.9 / (110,253,809,425.5 \times 8.0) = 5.387 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 172.250 / 45,600.0 + 167.320 / (2 \times 5,889,204.6 \times 12.0) = 4.961 \text{ MPa}$$

(4) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

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

$$= 468.900 / 45,600.0 + 0.000 / 141,340,909.7 + 167.320 / 141,340,909.7 = 11.467 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 11.5 \text{ MPa} \leq u_a = 110.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(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)

$$b / 22.0 \cdot i \cdot n = 18.2 \text{ mm} > t_u = 14 \text{ mm}$$

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

$$b / 44.0 \cdot i \cdot n = 9.1 \text{ mm} \leq t_u = 14 \text{ mm} < b / 22.0 \cdot i \cdot n = 18.2 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 190.0 - 5.2 \{b/(t_u \cdot i \cdot n) - 22.0\} = 155.8 \text{ MPa}$$

$$b / 80.0 \cdot i \cdot n = 5.0 \text{ mm} \leq t_u = 14 \text{ mm} \geq b / 44.0 \cdot i \cdot n = 9.1 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000 \{(t_u \cdot i \cdot n)/b\}^2 = 269.5 \text{ MPa}$$

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

$$\therefore f_{ca} = 155.8 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1)

$$f_{ca} = 0.40 \quad f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$$

($f_{ck} = 27.0 \text{ MPa}$ 사용)

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

- 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	-	-	-	-	67.067	-61.241	155.829	190.000
1+2	-	-	-	-	85.845	-78.387	155.829	190.000
3	-	-	-	-	41.613	-37.998	155.829	190.000
1+2+3	-	-	-	-	127.458	-116.385	155.829	190.000

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(6) 합성응력의 검토

(도.설 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	0.185	0.104	0.011	0.011	0.196	0.115	O.K !!	O.K !!
1+2+3	0.669	0.375	0.011	0.011	0.680	0.386	O.K !!	O.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)

$$\epsilon_u = f_u / E_s = 127.458 / 210000 = 6.069E-04$$

$$\epsilon_l = f_l / E_s = 116.385 / 210000 = 5.542E-04$$

(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.

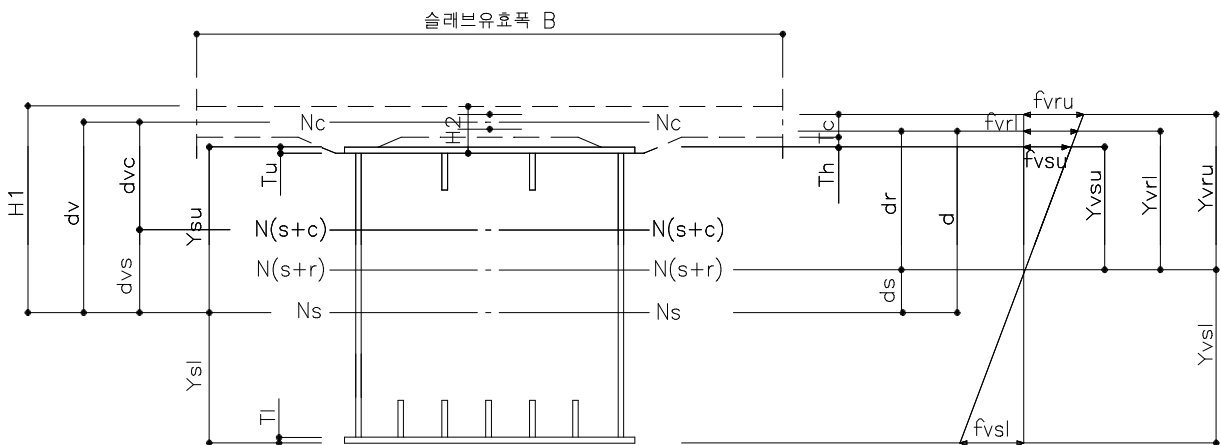
하 중 조 합	Steel				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력 (MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력 (MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	87.187	-79.613	320.000	0.K !!
1+2+3	-	-	-	-	201.067	-183.599	320.000	0.K !!

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	2322.0	28.0	65016	1364.0	88681824	120962007936	4247712
2 - UPPER RIB	12.0	150.0	3600	1275.0	4590000	5852250000	6750000
1 - L_WEB	12.0	2700.0	32400	0.0	0	0	19683000000
1 - R_WEB	12.0	2700.0	32400	0.0	0	0	19683000000
5 - LOWER RIB	12.0	150.0	9000	-1275.0	-11475000	14630625000	16875000
1 - LOWER FLANGE	2322.0	28.0	65016	-1364.0	-88681824	120962007936	4247712
강단면 합계			207432		-6885000	262406890872	39398120424
UPPER RE-BAR	-	-	10825.9	1570.0	16996658	26684752694	-
LOWER RE-BAR	-	-	3096.5	1450.0	4489925	6510391250	-
RE-BAR 합계			13922		21486583	262406890872	-
1 - RC SLAB	4195.0	240.0	1006800	1520.0	1530336000	2326110720000	4832640000

$$* A_s = 207432 \text{ mm}^2, A_c = 1006800 \text{ mm}^2, A_r = 13922 \text{ mm}^2$$

2) 응력 검토



(1) 합 성 전

$$|s|^1 = A_s \cdot \gamma^2 + \sum |s| = 262406890872 + 39398120424 = 301805011296 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = \frac{-6885000}{207432} = -33.192 \text{ mm}$$

$$I_s = I_{s'} - A_s \cdot \delta s^2 = 301805011296 - 207432 \times -33.192^2 = 301576487129 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 2700.0 / 2 + 28.0 - -33.192 = 1411.192 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1411.192 - 2756.000 = -1344.808 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6579936 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = -64.004 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_{sl} \cdot Y_{sl} / I_{sl} = 60.994 \text{ MPa}$$

$$U = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 24.198 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}A_v &= A_s + A_r = 221354 \text{ mm}^2 \\d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1576.502 \text{ mm} \\d_r &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1477.346 \text{ mm} \\d_s &= d - d_r = 99.156 \text{ mm} \\Y_{vru} &= d_r + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl}/A_r = 1504.035 \text{ mm} \\Y_{vrl} &= d_r - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1384.035 \text{ mm} \\Y_{vsu} &= Y_{vrl} - t_{cl} - T_h + T_u = 1312.035 \text{ mm} \\Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1443.965 \text{ mm} \\I_{rv} &= I_s + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 334002293427 \text{ mm}^4 \\F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6616116.0 \text{ mm}^2 \\f_{vru} &= M_{sc} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -20.279 \text{ MPa} \\f_{vrl} &= M_{sc} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -18.661 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -17.690 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 19.469 \text{ MPa} \\u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 8.244 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}f_{vru} &= M_v \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -36.350 \text{ MPa} \\f_{vrl} &= M_v \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -33.450 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -31.710 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 34.898 \text{ MPa} \\u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 17.315 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(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

$$\begin{aligned}A_{vc} &= A_s + A_{c/n} = 333282 \text{ mm}^2 \\d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1553.192 \text{ mm} \\d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_{c/n} + A_s) = 966.694 \text{ mm} \\d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 586.498 \text{ mm} \\n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\A_{v1} &= A_s + A_{c/n_1} = 270357 \text{ mm}^2 \\d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_{c/n_1} + A_s) = 1191.690 \text{ mm}\end{aligned}$$

2차 부정정력으로 인한 영향 고려
K = #####

$$ds1 = dv - dc1 = 361.502 \text{ mm}$$

$$I_{cv} = I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 491139393184 \text{ mm}^4$$

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{cv}) = -1115511 \text{ N}$$

$$P\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -1115511 \text{ N}$$

$$M\phi = P\phi \cdot dc1 = -1329343495 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 13351 \text{ MPa}$$

$$f_{vru1} = P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vru} / I_{rv} = -3.447 \text{ MPa}$$

$$f_{vrl1} = P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = -3.574 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu1} = P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -3.650 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl1} = P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -6.568 \text{ MPa}$$

(6) 건조축

$$n2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$A_{v2} = A_s + A_c/n2 = 249382 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1291.920 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 261.271 \text{ mm}$$

$$P2 = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 2265300 \text{ N}$$

$$M_{v2} = P2 \cdot dc2 = 2926586799 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$f_{vru2} = P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru} / I_{rv} = 6.728 \text{ MPa}$$

$$f_{vrl2} = P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = 7.008 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu2} = P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = 7.176 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl2} = P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 13.599 \text{ MPa}$$

(7) 온도차

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

$$P1 = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 3020400 \text{ N}$$

$$M_{vt} = P1 \cdot d_{vc} = 2919801926 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{rt} = E_s \cdot \epsilon_t = 24.000 \text{ MPa}$$

$$f_{rut} = P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -13.852 \text{ MPa}$$

$$f_{rlt} = P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -13.573 \text{ MPa}$$

$$f_{sut} = P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = 10.594 \text{ MPa}$$

$$f_{slt} = P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 17.003 \text{ MPa}$$

(4) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v) / A_w + (M_{st} / (2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 F_v T_w)) = 47.755 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

· 활하중 비재하시

$$u = (S_s + S_{sc} + S_w) / A_w + (M_{st} / (2 F T_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 F_v T_w)) = 30.440 \text{ MPa} < 1.2 u_a = 132 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

· 활하중 재하시

$$u = (S_s + S_{sc} + S_w / 2 + S_v) / A_w + (M_{st} / (2F \cdot T_w) + (M_{sc} + M_w / 2 + M_v) / (2F_v T_w)) = 47.755 \text{ MPa} < 1.25 u_a = 137.5 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

(5) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

$$= 0.650 \times (0.0/1)^2 + 0.130 \times (0.0/1) + 1.0 = 1.000$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

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

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_l \cdot i \cdot n) \cdot 24} \right) = 227.886$$

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

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \{ (t_l \cdot i \cdot n) / b \} = 1078.000 \text{ MPa}$$

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

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

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	(kgf/cm ²)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-64.004	60.994	190.000	190.000
1+2	-20.279	-18.661	160.000	-81.695	80.463	190.000	190.000
1+2+3	-56.629	-52.111	160.000	-113.404	115.361	190.000	190.000
1+2+3+5	-60.076	-55.685	160.000	-117.055	108.793	190.000	190.000

1+2+3+5+6	-53.348	-48.677	160.000	-109.879	122.392	190.000	190.000
1+2+3+5+6+7	-67.200	-62.250	184.000	-99.285	139.395	218.500	218.500
1+2+3+5+6-7	-39.496	-35.104	184.000	-120.473	105.389	218.500	218.500
1+2+4	-20.279	-18.661	200.000	-81.695	80.463	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4	-56.629	-52.111	200.000	-113.404	115.361	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5	-60.076	-55.685	200.000	-117.055	108.793	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6	-53.348	-48.677	200.000	-109.879	122.392	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-67.200	-62.250	216.000	-99.285	139.395	256.500	256.500
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	-39.496	-35.104	216.000	-120.473	105.389	256.500	256.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(6) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} + \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-117.055}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{47.755}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.380 + 0.188 = 0.568 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} + \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{122.392}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{47.755}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.415 + 0.188 = 0.603 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

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

- 풍하중 비재하시

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

- 풍하중 재하시

· 활하중 비재하시

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

$$\Sigma f = 1.3 \times -20.279 + 2.15 \times -36.35 + (-3.447) + (6.728) + (13.852)$$

$$= -115.086 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times -20.279 + 2.15 \times -36.35 + (13.852) \\ &= -118.368 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times -20.279 + 1.3 \times 0 + (-3.447) + (6.728) + (13.852) \\ &= -36.934 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times -20.279 + 2.15 \times -36.35 + 1.3 (1/2 \times 0) + (-3.447) + (6.728) + (13.852) \\ &= -115.086 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

② 강재주형 상판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-64.004 + -17.69) + 2.15 \times -31.71 + (-3.65) + (7.176) + (10.594) \\ &= -181.448 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-64.004 + -17.69) + 2.15 \times -31.71 + (10.594) \\ &= -184.973 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-64.004 + -17.69) + 1.3 \times 0 + (-3.65) + (7.176) + (10.594) \\ &= -113.272 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-64.004 + -17.69) + 2.15 \times -31.71 + 1.3 (1/2 \times 0) + (-3.65) + (7.176) + (10.594) \\ &= -181.448 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (60.994 + 19.469) + 2.15 \times 34.898 + (-6.568) + (13.599) + (-17.003) \\ &= 203.667 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (60.994 + 19.469) + 2.15 \times 34.898 + (-17.003) \\ &= 196.636 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

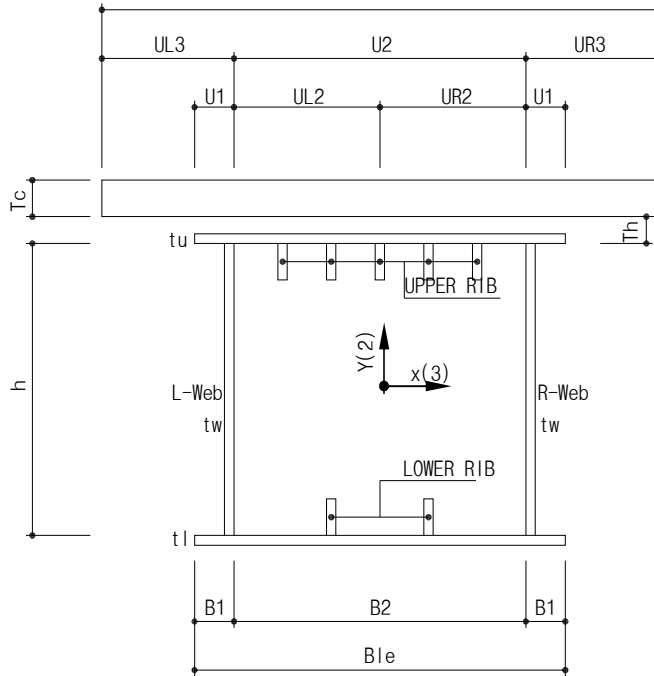
- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (60.994 + 19.469) + 1.3 \times 0 + (-6.568) + (13.599) + (-17.003) \\ &= 128.635 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (60.994 + 19.469) + 2.15 \times 34.898 + 1.3 (1/2 \times 0) + (-6.568) + (13.599) + (-17.003) \\ &= 203.667 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

5. G2 내측 - S1경간 최대정모멘트

1) 단면가정 및 설계조건



구 분	단 위	입력 Data
M_s : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	7,318.750
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	1,892.880
M_v : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	4,687.320
V_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	219.100
V_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	112.570
V_v : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	185.670
M_{vt} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	168.570

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

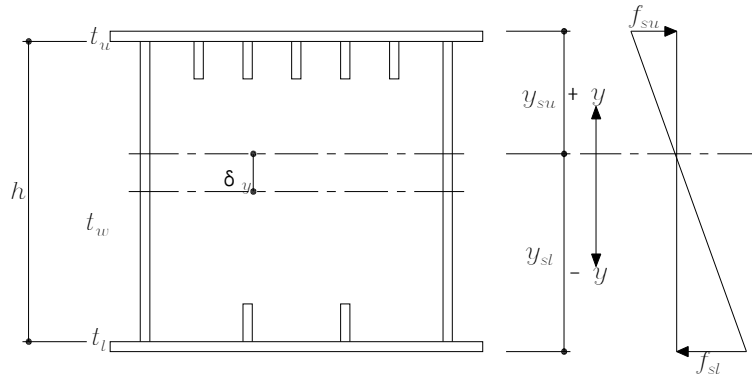
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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 - 2,600.0 × 14.0	36,400.0	957.0	3.483E+07	3.334E+10	5.945E+05
UPPER RIB	5 - 150.0 × 12.0	10,500.0	1,075.0	1.129E+07	1.213E+10	1.969E+07
L - WEB	1 - 1,900.0 × 12.0	22,800.0	-	-	-	6.859E+09
R - WEB	1 - 1,900.0 × 12.0	22,800.0	-	-	-	6.859E+09
LOWER RIB	2 - 150.0 × 12.0	3,600.0	-875.0	-3.150E+06	2.756E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2,600.0 × 20.0	52,000.0	-960.0	-4.992E+07	4.792E+10	1.733E+06
강재 단면 합계		148,100.0	-	-6.948E+06	9.615E+10	1.375E+10
RC. SLAB	1 - 5,000.0 × 240.0	1,200,000.0	1,120.0	1.344E+09	1.505E+12	5.760E+09

SLAB 단면 합계	1,200,000.0	-	1.344E+09	1.505E+12	5.760E+09
※ $A_s = 148,100.0 \text{ mm}^2$ $A_{c1} = 1,200,000.0 \text{ mm}^2$					

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

▪ 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -6,947,700.0 / 148,100.0 = -46.912 \text{ mm}$$

▪ 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 1,900.0 / 2 + 14.0 - -46.912 = 1,010.912 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 1,900.0 / 2 + 20.0 + -46.912 \} = -923.088 \text{ mm}$$

▪ 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 13,746,765,366.7 + 96,150,416,100.0 - 148,100.0 \times -46.912^2 = 1.096E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = 7,318.750 \times 1,010.9 / 109,571,249,425.5 = 67.523 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = 7,318.750 \times -923.1 / 109,571,249,425.5 = -61.657 \text{ MPa}$$

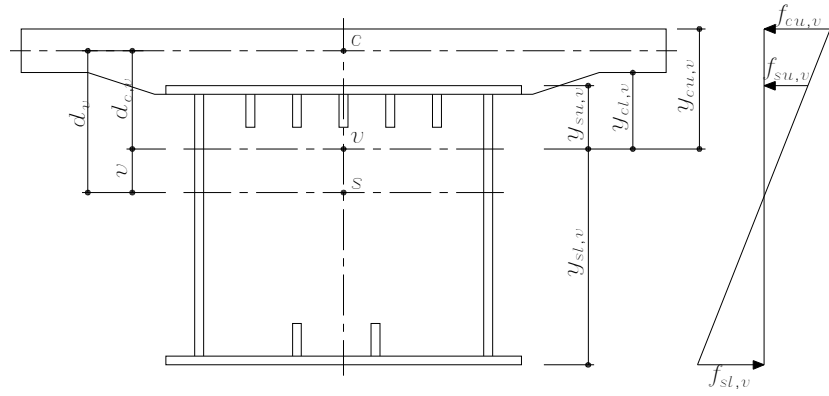
▪ 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

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

$$v = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 219.100 / 45,600.0 + 0.000 / (2 \times 5,810,256.0 \times 12.0) = 4.805 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

▪ 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_{cn1} = 148,100.0 + 0.0 = 148,100.0 \text{ mm}^2$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v} = d_v - v = 1,166.9 - 0.0 = 1,166.9 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = I_s + A_s \cdot v^2 + I_{cn1} + A_{cn1} \cdot d_{c,v}^2 = 109,571,249,425.5 + 148,100.0 \times 0.0^2 + 720,000,000.0 + 0.0 \times 1,166.9^2 = 1.103\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 1,010.9 - 0.0 = 1,010.9 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -923.1 - 0.0 = -923.1 \text{ mm}$$

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v = 1,892.880 \times 1,010.9 / 110,291,249,425.5 = 17.350 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v = 1,892.880 \times -923.1 / 110,291,249,425.5 = -15.843 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 1,892.880 \times 1,286.9 / (110,291,249,425.5 \times 8.0) = 2.761 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 1,892.880 \times 1,046.9 / (110,291,249,425.5 \times 8.0) = 2.246 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

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

$$u = V_{sc} / A_w + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 112.570 / 45,600.0 + 0.000 / (2 \times 5,889,204.6 \times 12.0) = 2.469 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v = 4,687.320 \times 1,010.9 / 110,291,249,425.5 = 42.963 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v = 4,687.320 \times -923.1 / 110,291,249,425.5 = -39.231 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 4,687.320 \times 1,286.9 / (110,291,249,425.5 \times 8.0) = 6.837 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 4,687.320 \times 1,046.9 / (110,291,249,425.5 \times 8.0) = 5.562 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 185.670 / 45,600.0 + 168.570 / (2 \times 5,889,204.6 \times 12.0) = 5.264 \text{ MPa}$$

(4) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

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

$$= 517.340 / 45,600.0 + 0.000 / 141,340,909.7 + 168.570 / 141,340,909.7 = 12.538 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 12.5 \text{ MPa} \leq u_a = 110.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(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)

$$b / 22.0 \cdot i \cdot n = 18.2 \text{ mm} > t_u = 14 \text{ mm}$$

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

$$b / 44.0 \cdot i \cdot n = 9.1 \text{ mm} \leq t_u = 14 \text{ mm} < b / 22.0 \cdot i \cdot n = 18.2 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 190.0 - 5.2 \{b/(t_u \cdot i \cdot n) - 22.0\} = 155.8 \text{ MPa}$$

$$b / 80.0 \cdot i \cdot n = 5.0 \text{ mm} \leq t_u = 14 \text{ mm} \geq b / 44.0 \cdot i \cdot n = 9.1 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000 \{(t_u \cdot i \cdot n)/b\}^2 = 269.5 \text{ MPa}$$

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

$$\therefore f_{ca} = 155.8 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1)

$$f_{ca} = 0.40 \quad f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$$

($f_{ck} = 27.0 \text{ MPa}$ 사용)

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

- 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	-	-	-	-	67.523	-61.657	155.829	190.000
1+2	-	-	-	-	84.873	-77.500	155.829	190.000
3	-	-	-	-	42.963	-39.231	155.829	190.000
1+2+3	-	-	-	-	127.836	-116.730	155.829	190.000

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(6) 합성응력의 검토

(도.설 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	0.188	0.105	0.013	0.013	0.201	0.118	O.K !!	O.K !!
1+2+3	0.673	0.377	0.013	0.013	0.686	0.390	O.K !!	O.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)

$$\epsilon_u = f_u / E_s = 127.836 / 210000 = 6.087E-04$$

$$\epsilon_l = f_l / E_s = 116.730 / 210000 = 5.559E-04$$

(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	-	-	-	-	87.780	-80.154	320.000	0.K !!
1+2+3	-	-	-	-	202.706	-185.096	320.000	0.K !!

1) 단면가정 및 설계조건

H = 2.700 m
Bc = 4.386 m
UL2= 1.200 , UR2= 1.200 m
B2 = 2.400 m
But= 2.600 , Blt= 2.600 m
상하 플랜지 유효폭
Bue= 2.322 , Ble= 2.322 m
Tc = 0.240 m
Th = 0.050 m
Tu = 0.028 m
Tl = 0.028 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.100 m
B1 = 0.100 m

Technical drawing of a column cross-section showing dimensions and reinforcement details. The drawing includes the following labels and dimensions:

- Top Dimensions:**
 - B_c : Total width of the column.
 - B_{ut} : Width of the upper flange.
 - U_1 : Distance from the outer edge to the center of the top reinforcement bars.
 - U_{L2} : Distance between the two top reinforcement bars on the left side.
 - U_{R2} : Distance between the two top reinforcement bars on the right side.
- Reinforcement Details:**
 - Top reinforcement: 6 bars (3 on each side of the center).
 - Bottom reinforcement: 5 bars (3 in the center, 2 on each side).
 - Bar size: 150×12 mm.
- Vertical Dimensions:**
 - T_u : Thickness of the upper flange.
 - T_w : Web thickness.
 - T_h : Thickness of the lower flange.
 - H : Total height of the column.
- Horizontal Dimensions (Bottom):**
 - B_1 : Distance from the outer edge to the center of the bottom reinforcement bars.
 - B_2 : Distance between the two bottom reinforcement bars in the center.
 - B_{lt} : Width of the lower flange.
- Angles:**
 - $\theta_L = 0.00$ (Left side angle)
 - $\theta_R = 0.00$ (Right side angle)

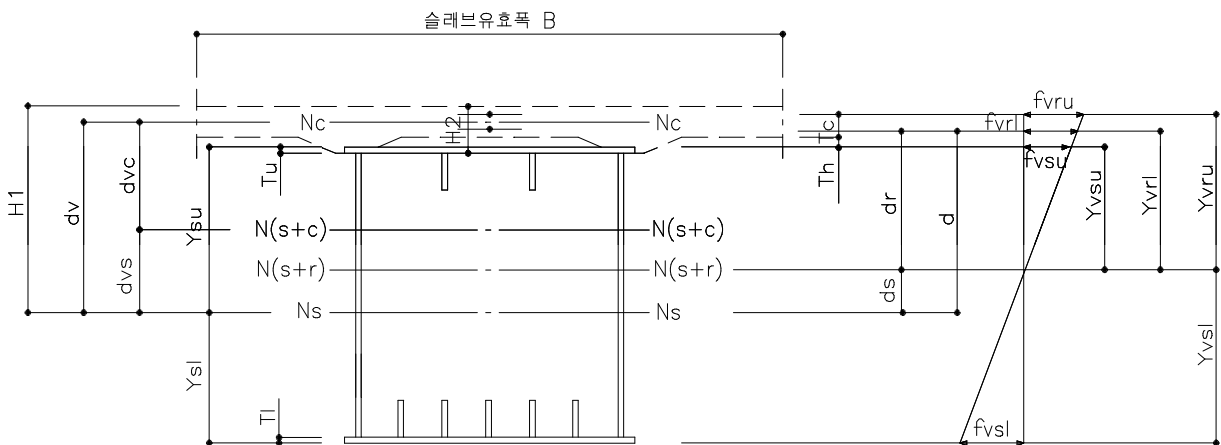
< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2322.0	28.0	65016	1364.0	88681824	120962007936	4247712
2 - UPPER RIB	12.0	150.0	3600	1275.0	4590000	5852250000	6750000
1 - L_WEB	12.0	2700.0	32400	0.0	0	0	19683000000
1 - R_WEB	12.0	2700.0	32400	0.0	0	0	19683000000
5 - LOWER RIB	12.0	150.0	9000	-1275.0	-11475000	14630625000	16875000
1 - LOWER FLANGE	2322.0	28.0	65016	-1364.0	-88681824	120962007936	4247712
강단면 합계			207432		-6885000	262406890872	39398120424
UPPER RE-BAR	-	-	3096.5	1570.0	4861505	7632562850	-
LOWER RE-BAR	-	-	3096.5	1450.0	4489925	6510391250	-
RE-BAR 합계			6193		9351430	262406890872	-
1 - RC SLAB	4386.0	240.0	1052640	1520.0	1600012800	2432019456000	5052672000

* $A_s = 207432 \text{ mm}^2$, $A_c = 1052640 \text{ mm}^2$, $A_r = 6193 \text{ mm}^2$

2) 응력 검토



(1) 합 성 전

$$|s|^1 = A_s \cdot \gamma^2 + \sum |s| = 262406890872 + 39398120424 = 301805011296 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = \frac{-6885000}{207432} = -33.192 \text{ mm}$$

$$I_s = I_{s'} - A_s \cdot \delta s^2 = 301805011296 - 207432 \times -33.192^2 = 301576487129 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 2700.0 / 2 + 28.0 - -33.192 = 1411.192 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1411.192 - 2756.000 = -1344.808 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + TI/2) = 6579936 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = -65.632 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 62.544 \text{ MPa}$$

$$U = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 21.229 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}A_v &= A_s + A_r = 213625 \text{ mm}^2 \\d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1543.192 \text{ mm} \\d_r &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1498.454 \text{ mm} \\d_s &= d - d_r = 44.737 \text{ mm} \\Y_{vru} &= d_r + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl}/A_r = 1558.454 \text{ mm} \\Y_{vrl} &= d_r - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1438.454 \text{ mm} \\Y_{vsu} &= Y_{vrl} - t_{cl} - T_h + T_u = 1366.454 \text{ mm} \\Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1389.546 \text{ mm} \\I_{rv} &= I_s + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 315897194168 \text{ mm}^4 \\F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6616116.0 \text{ mm}^2 \\f_{vru} &= M_{sc} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -17.630 \text{ MPa} \\f_{vrl} &= M_{sc} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -16.273 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -15.458 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 15.720 \text{ MPa} \\u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 5.284 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}f_{vru} &= M_v \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -41.140 \text{ MPa} \\f_{vrl} &= M_v \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -37.972 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -36.071 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 36.681 \text{ MPa} \\u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 18.806 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(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

$$\begin{aligned}A_{vc} &= A_s + A_c/n = 339012 \text{ mm}^2 \\d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1553.192 \text{ mm} \\d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 950.355 \text{ mm} \\d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 602.837 \text{ mm} \\n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 273222 \text{ mm}^2 \\d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 1179.194 \text{ mm}\end{aligned}$$

2차 부정정력으로 인한 영향 고려
K = #####

$$ds1 = dv - dc1 = 373.998 \text{ mm}$$

$$I_{cv} = I_s + I_c/n + A_s \cdot dvs^2 + A_c/n \cdot dvc^2 = 496431059450 \text{ mm}^4$$

$$N_c = M_{sc} \cdot dvc \cdot A_c / (n \cdot I_{cv}) = -900181 \text{ N}$$

$$P\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -900181 \text{ N}$$

$$M\phi = P\phi \cdot dc1 = -1061487798 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ec1 = E_c / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa}$$

$$f_{vru1} = P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vru} / I_{rv} = -2.821 \text{ MPa}$$

$$f_{vrl1} = P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = -2.928 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu1} = P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -2.992 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl1} = P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -5.456 \text{ MPa}$$

(6) 건조수축

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

$$A_{v2} = A_s + A_c/n2 = 251292 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1282.101 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 271.091 \text{ mm}$$

$$P2 = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 2368440 \text{ N}$$

$$M_{v2} = P2 \cdot dc2 = 3036578496 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$f_{vru2} = P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru} / I_{rv} = 7.102 \text{ MPa}$$

$$f_{vrl2} = P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = 7.409 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu2} = P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = 7.593 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl2} = P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 14.640 \text{ MPa}$$

(7) 온도차

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

$$P1 = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 3157920 \text{ N}$$

$$M_{vt} = P1 \cdot dvc = 3001144044 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{rt} = E_s \cdot \epsilon_t = 24.000 \text{ MPa}$$

$$f_{rut} = P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -13.156 \text{ MPa}$$

$$f_{rlt} = P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -12.853 \text{ MPa}$$

$$f_{sut} = P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = 11.329 \text{ MPa}$$

$$f_{slt} = P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 18.294 \text{ MPa}$$

(4) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v) / A_w + (M_{st} / (2 F Tw) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 F_v Tw)) = 45.319 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

· 활하중 비재하시

$$u = (S_s + S_{sc} + S_w) / A_w + (M_{st} / (2 F Tw) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 F_v Tw)) = 26.513 \text{ MPa} < 1.2 u_a = 132 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

· 활하중 재하시

$$u = (S_s + S_{sc} + S_w / 2 + S_v) / A_w + (M_{st} / (2F \cdot T_w) + (M_{sc} + M_w / 2 + M_v) / (2F_v T_w)) = 45.319 \text{ MPa} < 1.25 u_a = 137.5 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

(5) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

$$= 0.650 \times (0.0 / 1)^2 + 0.130 \times (0.0 / 1) + 1.0 = 1.000$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

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

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

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{t_l \cdot i \cdot n} - 24 \right) = 227.886$$

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

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ (t_l \cdot i \cdot n) / b \right\} = 1078.000 \text{ MPa}$$

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

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

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	(kgf/cm ²)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-65.632	62.544	190.000	190.000
1+2	-17.630	-16.273	160.000	-81.090	78.264	190.000	190.000
1+2+3	-58.770	-54.245	160.000	-117.162	114.945	190.000	190.000
1+2+3+5	-61.591	-57.173	160.000	-120.154	109.489	190.000	190.000

1+2+3+5+6	-54.489	-49.764	160.000	-112.561	124.129	190.000	190.000
1+2+3+5+6+7	-67.645	-62.617	184.000	-101.232	142.423	218.500	218.500
1+2+3+5+6-7	-41.333	-36.912	184.000	-123.890	105.835	218.500	218.500
1+2+4	-17.630	-16.273	200.000	-81.090	78.264	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4	-58.770	-54.245	200.000	-117.162	114.945	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5	-61.591	-57.173	200.000	-120.154	109.489	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6	-54.489	-49.764	200.000	-112.561	124.129	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-67.645	-62.617	216.000	-101.232	142.423	256.500	256.500
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	-41.333	-36.912	216.000	-123.890	105.835	256.500	256.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(6) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} + \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-120.154}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{45.319}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.400 + 0.170 = 0.570 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} + \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{124.129}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{45.319}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.427 + 0.170 = 0.597 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

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

- 풍하중 비재하시

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

- 풍하중 재하시

· 활하중 비재하시

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

· 활하중 재하시

$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력}$
 + $1.3 \times 1/2$ 활하중 비재하시의 풍하중 응력 + 크리프 응력 + 건조수축 응력 + 온도차 응력
 의 조합 중에서 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times -17.63 + 2.15 \times -41.14 + (-2.821) + (7.102) + (13.156)$$

$$= -120.245 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times -17.63 + 2.15 \times -41.14 + (13.156) \\ &= -124.526 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times -17.63 + 1.3 \times 0 + (-2.821) + (7.102) + (13.156) \\ &= -31.794 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times -17.63 + 2.15 \times -41.14 + 1.3 (1/2 \times 0) + (-2.821) + (7.102) + (13.156) \\ &= -120.245 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

② 강재주형 상판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-65.632 + -15.458) + 2.15 \times -36.071 + (-2.992) + (7.593) + (11.329) \\ &= -189.700 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-65.632 + -15.458) + 2.15 \times -36.071 + (11.329) \\ &= -194.300 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-65.632 + -15.458) + 1.3 \times 0 + (-2.992) + (7.593) + (11.329) \\ &= -112.146 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-65.632 + -15.458) + 2.15 \times -36.071 + 1.3 (1/2 \times 0) + (-2.992) + (7.593) + (11.329) \\ &= -189.700 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (62.544 + 15.72) + 2.15 \times 36.681 + (-5.456) + (14.64) + (-18.294) \\ &= 208.085 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (62.544 + 15.72) + 2.15 \times 36.681 + (-18.294) \\ &= 198.901 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (62.544 + 15.72) + 1.3 \times 0 + (-5.456) + (14.64) + (-18.294) \\ &= 129.221 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (62.544 + 15.72) + 2.15 \times 36.681 + 1.3 (1/2 \times 0) + (-5.456) + (14.64) + (-18.294) \\ &= 208.085 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$