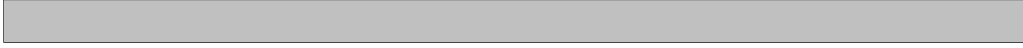


상부구조(S1-S3)

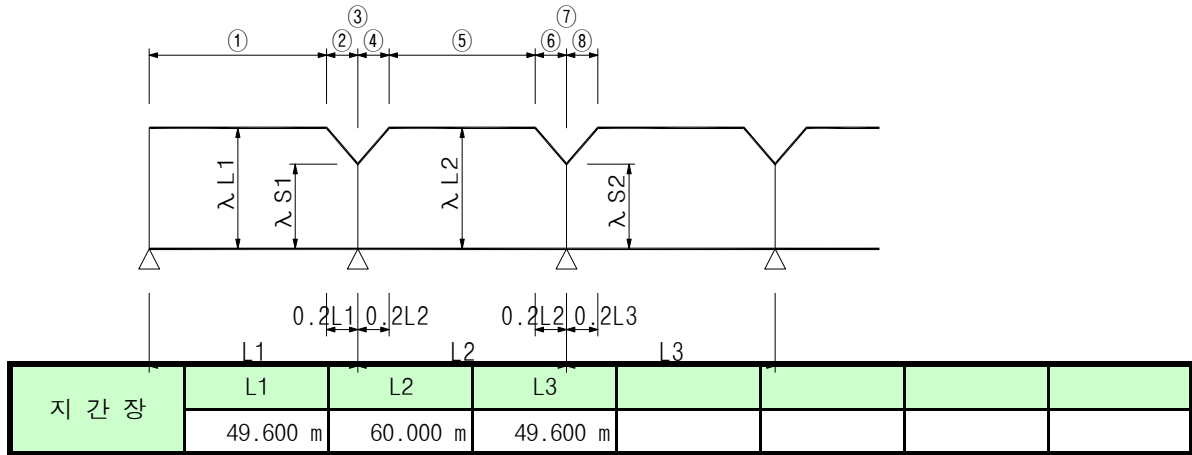


■ 플랜지 및 바닥판의 유효폭 계산

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

1) 플랜지 유효폭

(도.설.해 3.8.3.4)



▪ 등가 지간장 산정식

- 연속거더

- ① λ_{L1} (지간 중앙부) : $l = 0.8 \cdot L_1$
- ⑤ λ_{L2} (지간 중앙부) : $l = 0.6 \cdot L_2$
- ③ λ_{S1} (중간지점) : $l = 0.2 \cdot (L_1 + L_2)$
- ⑦ λ_{S2} (중간지점) : $l = 0.2 \cdot (L_2 + L_3)$

②④⑥⑧ 양단의 유효폭을 사용하여 직선적으로 변화한다.

▪ 유효폭 산정식

(도.설.해 3.8.3.4)

- 지간 중앙부 유효폭 산정식

- $b/l < 0.05$, $\lambda = b$
- $0.05 < b/l < 0.30$, $\lambda = \{1.1 - 2(b/l)\} \times b$
- $b/l > 0.30$, $\lambda = 0.15 \times l$

- 지점부 유효폭 산정식

- $b/l < 0.02$, $\lambda = b$
- $0.02 < b/l < 0.30$, $\lambda = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \times b$
- $b/l > 0.30$, $\lambda = 0.15 \times l$

- 플랜지 돌출폭

- b = 각 위치별 상부플랜지 폭 / 2 를 적용

- 플랜지 유효폭

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

[G1]

(단위 : m)

위치	단면 번호	능가 지간장 (l)	복부간격(2b)		플랜지 돌출폭(be)		b / l		λ_L or λ_S		강재 플랜지 유효폭	
			상 부	하 부	상 부	하 부	상 부	하 부	상 부	하 부	상 부	하 부
C1(A1)	1	39.680	2.500	2.500	0.100	0.100	0.032	0.032	1.250	1.250	2.700	2.700
C2	2	39.680	2.500	2.500	0.100	0.100	0.032	0.032	1.250	1.250	2.700	2.700
C3	2	39.680	2.500	2.500	0.100	0.100	0.032	0.032	1.250	1.250	2.700	2.700
0.20L	2	39.680	2.500	2.500	0.100	0.100	0.032	0.032	1.250	1.250	2.700	2.700
C4	2	39.680	2.500	2.500	0.100	0.100	0.032	0.032	1.250	1.250	2.700	2.700
C5	2	39.680	2.500	2.500	0.100	0.100	0.032	0.032	1.250	1.250	2.700	2.700
C6	2	39.680	2.500	2.500	0.100	0.100	0.032	0.032	1.250	1.250	2.700	2.700
C7	2	39.680	2.500	2.500	0.100	0.100	0.032	0.032	1.250	1.250	2.700	2.700
C8	2	39.680	2.500	2.500	0.100	0.100	0.032	0.032	1.250	1.250	2.700	2.700
C9	3	39.680	2.500	2.500	0.100	0.100	0.032	0.032	1.250	1.250	2.700	2.700
0.20L	3	39.680	2.500	2.500	0.100	0.100	0.032	0.032	1.250	1.250	2.700	2.700
C10	4	직선변화							1.183	1.183	2.566	2.566
C11(P1)	4	21.920	2.500	2.500	0.100	0.100	0.057	0.057	1.115	1.115	2.430	2.430
C12	4	직선변화							1.171	1.171	2.543	2.543
C13	3	직선변화							1.228	1.228	2.655	2.655
0.20L	3	36.000	2.500	2.500	0.100	0.100	0.035	0.035	1.250	1.250	2.700	2.700
C14	2	36.000	2.500	2.500	0.100	0.100	0.035	0.035	1.250	1.250	2.700	2.700
C15	2	36.000	2.500	2.500	0.100	0.100	0.035	0.035	1.250	1.250	2.700	2.700
C16	2	36.000	2.500	2.500	0.100	0.100	0.035	0.035	1.250	1.250	2.700	2.700
C17	2	36.000	2.500	2.500	0.100	0.100	0.035	0.035	1.250	1.250	2.700	2.700
C18	2	36.000	2.500	2.500	0.100	0.100	0.035	0.035	1.250	1.250	2.700	2.700
C19	2	36.000	2.500	2.500	0.100	0.100	0.035	0.035	1.250	1.250	2.700	2.700
C20	2	36.000	2.500	2.500	0.100	0.100	0.035	0.035	1.250	1.250	2.700	2.700
0.20L	2	36.000	2.500	2.500	0.100	0.100	0.035	0.035	1.250	1.250	2.700	2.700
C21	3	직선변화							1.228	1.228	2.655	2.655
C22	4	직선변화							1.171	1.171	2.543	2.543
C23(P2)	4	21.920	2.500	2.500	0.100	0.100	0.057	0.057	1.115	1.115	2.430	2.430
C24	4	직선변화							1.183	1.183	2.566	2.566
0.20L	4	39.680	2.500	2.500	0.100	0.100	0.032	0.032	1.250	1.250	2.700	2.700
C25	3	39.680	2.500	2.500	0.100	0.100	0.032	0.032	1.250	1.250	2.700	2.700
C26	2	39.680	2.500	2.500	0.100	0.100	0.032	0.032	1.250	1.250	2.700	2.700
C27	2	39.680	2.500	2.500	0.100	0.100	0.032	0.032	1.250	1.250	2.700	2.700
C28	2	39.680	2.500	2.500	0.100	0.100	0.032	0.032	1.250	1.250	2.700	2.700
C29	2	39.680	2.500	2.500	0.100	0.100	0.032	0.032	1.250	1.250	2.700	2.700
C30	2	39.680	2.500	2.500	0.100	0.100	0.032	0.032	1.250	1.250	2.700	2.700
C31	2	39.680	2.500	2.500	0.100	0.100	0.032	0.032	1.250	1.250	2.700	2.700
C32	2	39.680	2.500	2.500	0.100	0.100	0.032	0.032	1.250	1.250	2.700	2.700
C33(A2)	1	39.680	2.500	2.500	0.100	0.100	0.032	0.032	1.250	1.250	2.700	2.700

[G2]

(단위 : m)

위치	단면 번호	능가 지간장 (l)	복부간격(2b)		플랜지 돌출폭(be)		b / l		λ_L or λ_S		강재 플랜지 유효폭	
			상 부	하 부	상 부	하 부	상 부	하 부	상 부	하 부	상 부	하 부
C1(A1)	1	39.680	2.500	2.500	0.100	0.100	0.032	0.032	1.250	1.250	2.700	2.700
C2	2	39.680	2.500	2.500	0.100	0.100	0.032	0.032	1.250	1.250	2.700	2.700
C3	2	39.680	2.500	2.500	0.100	0.100	0.032	0.032	1.250	1.250	2.700	2.700
0.20L	2	39.680	2.500	2.500	0.100	0.100	0.032	0.032	1.250	1.250	2.700	2.700
C4	2	39.680	2.500	2.500	0.100	0.100	0.032	0.032	1.250	1.250	2.700	2.700
C5	2	39.680	2.500	2.500	0.100	0.100	0.032	0.032	1.250	1.250	2.700	2.700
C6	2	39.680	2.500	2.500	0.100	0.100	0.032	0.032	1.250	1.250	2.700	2.700
C7	2	39.680	2.500	2.500	0.100	0.100	0.032	0.032	1.250	1.250	2.700	2.700
C8	2	39.680	2.500	2.500	0.100	0.100	0.032	0.032	1.250	1.250	2.700	2.700
C9	3	39.680	2.500	2.500	0.100	0.100	0.032	0.032	1.250	1.250	2.700	2.700
0.20L	3	39.680	2.500	2.500	0.100	0.100	0.032	0.032	1.250	1.250	2.700	2.700
C10	4	직선변화							1.183	1.183	2.566	2.566
C11(P1)	4	21.920	2.500	2.500	0.100	0.100	0.057	0.057	1.115	1.115	2.430	2.430
C12	4	직선변화							1.171	1.171	2.543	2.543
C13	3	직선변화							1.228	1.228	2.655	2.655
0.20L	3	36.000	2.500	2.500	0.100	0.100	0.035	0.035	1.250	1.250	2.700	2.700
C14	2	36.000	2.500	2.500	0.100	0.100	0.035	0.035	1.250	1.250	2.700	2.700
C15	2	36.000	2.500	2.500	0.100	0.100	0.035	0.035	1.250	1.250	2.700	2.700
C16	2	36.000	2.500	2.500	0.100	0.100	0.035	0.035	1.250	1.250	2.700	2.700
C17	2	36.000	2.500	2.500	0.100	0.100	0.035	0.035	1.250	1.250	2.700	2.700
C18	2	36.000	2.500	2.500	0.100	0.100	0.035	0.035	1.250	1.250	2.700	2.700
C19	2	36.000	2.500	2.500	0.100	0.100	0.035	0.035	1.250	1.250	2.700	2.700
C20	2	36.000	2.500	2.500	0.100	0.100	0.035	0.035	1.250	1.250	2.700	2.700
0.20L	2	36.000	2.500	2.500	0.100	0.100	0.035	0.035	1.250	1.250	2.700	2.700
C21	3	직선변화							1.228	1.228	2.655	2.655
C22	4	직선변화							1.171	1.171	2.543	2.543
C23(P2)	4	21.920	2.500	2.500	0.100	0.100	0.057	0.057	1.115	1.115	2.430	2.430
C24	4	직선변화							1.183	1.183	2.566	2.566
0.20L	4	39.680	2.500	2.500	0.100	0.100	0.032	0.032	1.250	1.250	2.700	2.700
C25	3	39.680	2.500	2.500	0.100	0.100	0.032	0.032	1.250	1.250	2.700	2.700
C26	2	39.680	2.500	2.500	0.100	0.100	0.032	0.032	1.250	1.250	2.700	2.700
C27	2	39.680	2.500	2.500	0.100	0.100	0.032	0.032	1.250	1.250	2.700	2.700
C28	2	39.680	2.500	2.500	0.100	0.100	0.032	0.032	1.250	1.250	2.700	2.700
C29	2	39.680	2.500	2.500	0.100	0.100	0.032	0.032	1.250	1.250	2.700	2.700
C30	2	39.680	2.500	2.500	0.100	0.100	0.032	0.032	1.250	1.250	2.700	2.700
C31	2	39.680	2.500	2.500	0.100	0.100	0.032	0.032	1.250	1.250	2.700	2.700
C32	2	39.680	2.500	2.500	0.100	0.100	0.032	0.032	1.250	1.250	2.700	2.700
C33(A2)	1	39.680	2.500	2.500	0.100	0.100	0.032	0.032	1.250	1.250	2.700	2.700

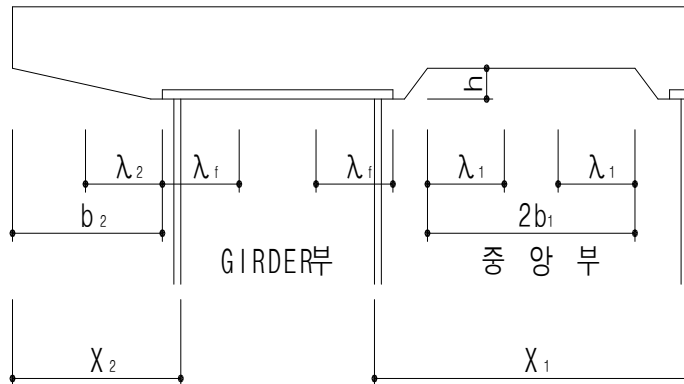
2) 바닥판 유효폭

(도.설.해 3.8.3.4, 3.9.2.4)

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

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

(1) 좌측 캔틸레버부 (G1)



X1 : 인접 거더의 복부 사이의 간격
X2 : 외측거더복부에서 캔틸레버 끝단거리
h : 현치 높이
be : 복부판내측에서 상부플랜지 끝단거리
 $2b_1 = X_1 - 2(be + h)$
 $b_2 = X_2 - be$

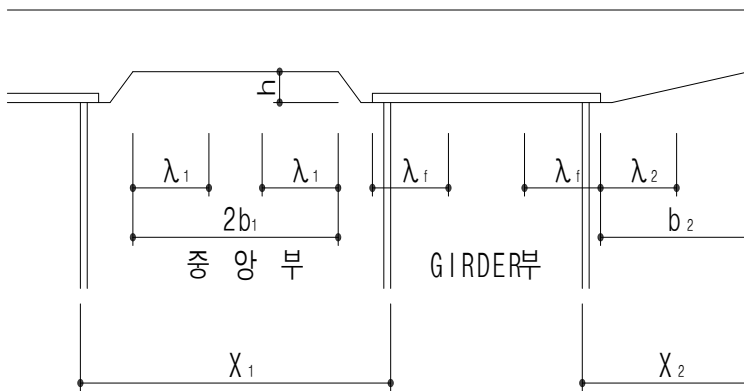
[G1]

(단위 : m)

위치	단면 번호	등가 지간 장	플랜 지 유효	현치 높이 (h)	X ₁	X ₂	X ₃	플랜 지 돌출	b ₁ / l	b ₂ / l	b ₃ / l	λ ₁	λ ₂	λ ₃	B
C1(A1)	1	39.680	2.700	0.023	4.800	1.173	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.243	1.073	0.000	6.039
C2	2	39.680	2.700	0.023	4.800	1.173	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.243	1.073	0.000	6.039
C3	2	39.680	2.700	0.023	4.800	1.173	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.243	1.073	0.000	6.039
0.20L	2	39.680	2.700	0.023	4.800	1.173	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.243	1.073	0.000	6.039
C4	2	39.680	2.700	0.023	4.800	1.173	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.243	1.073	0.000	6.039
C5	2	39.680	2.700	0.023	4.800	1.173	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.243	1.073	0.000	6.039
C6	2	39.680	2.700	0.023	4.800	1.173	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.243	1.073	0.000	6.039
C7	2	39.680	2.700	0.023	4.800	1.173	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.243	1.073	0.000	6.039
C8	2	39.680	2.700	0.023	4.800	1.173	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.243	1.073	0.000	6.039
C9	3	39.680	2.700	0.023	4.800	1.173	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.243	1.073	0.000	6.039
0.20L	3	39.680	2.700	0.023	4.800	1.173	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.243	1.073	0.000	6.039
C10	4	직선변화										2.007	1.027	0.000	5.624
C11(P1)	4	21.920	2.430	0.023	4.800	1.173	0.000	0.100	0.104	0.049	0.000	1.767	0.981	0.000	5.202
C12	4	직선변화										1.955	1.019	0.000	5.540
C13	3	직선변화										2.142	1.058	0.000	5.877
0.20L	3	36.000	2.700	0.023	4.800	1.173	0.000	0.100	0.063	0.030	0.000	2.217	1.073	0.000	6.013
C14	2	36.000	2.700	0.023	4.800	1.173	0.000	0.100	0.063	0.030	0.000	2.217	1.073	0.000	6.013
C15	2	36.000	2.700	0.023	4.800	1.173	0.000	0.100	0.063	0.030	0.000	2.217	1.073	0.000	6.013
C16	2	36.000	2.700	0.023	4.800	1.173	0.000	0.100	0.063	0.030	0.000	2.217	1.073	0.000	6.013
C17	2	36.000	2.700	0.023	4.800	1.173	0.000	0.100	0.063	0.030	0.000	2.217	1.073	0.000	6.013
C18	2	36.000	2.700	0.023	4.800	1.173	0.000	0.100	0.063	0.030	0.000	2.217	1.073	0.000	6.013
C19	2	36.000	2.700	0.023	4.800	1.173	0.000	0.100	0.063	0.030	0.000	2.217	1.073	0.000	6.013
C20	2	36.000	2.700	0.023	4.800	1.173	0.000	0.100	0.063	0.030	0.000	2.217	1.073	0.000	6.013
0.20L	2	36.000	2.700	0.023	4.800	1.173	0.000	0.100	0.063	0.030	0.000	2.217	1.073	0.000	6.013
C21	3	직선변화										2.142	1.058	0.000	5.877

C22	4	직선변화										1.955	1.019	0.000	5.540
C23(P2)	4	21.920	2.430	0.023	4.800	1.173	0.000	0.100	0.104	0.049	0.000	1.767	0.981	0.000	5.202
C24	4	직선변화										2.007	1.027	0.000	5.624
0.20L	4	39.680	2.700	0.023	4.800	1.173	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.243	1.073	0.000	6.039
C25	3	39.680	2.700	0.023	4.800	1.173	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.243	1.073	0.000	6.039
C26	2	39.680	2.700	0.023	4.800	1.173	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.243	1.073	0.000	6.039
C27	2	39.680	2.700	0.023	4.800	1.173	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.243	1.073	0.000	6.039
C28	2	39.680	2.700	0.023	4.800	1.173	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.243	1.073	0.000	6.039
C29	2	39.680	2.700	0.023	4.800	1.173	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.243	1.073	0.000	6.039
C30	2	39.680	2.700	0.023	4.800	1.173	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.243	1.073	0.000	6.039
C31	2	39.680	2.700	0.023	4.800	1.173	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.243	1.073	0.000	6.039
C32	2	39.680	2.700	0.023	4.800	1.173	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.243	1.073	0.000	6.039
C33(A2)	1	39.680	2.700	0.023	4.800	1.173	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.243	1.073	0.000	6.039

(2) 우측 캔틸레버부 (G2)



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

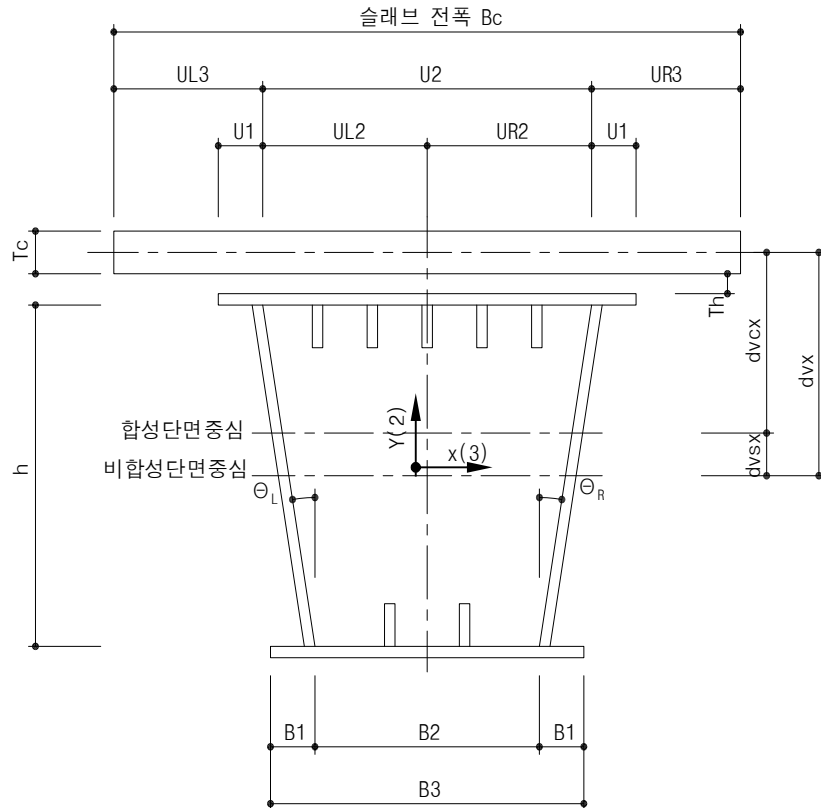
[G2]

(단위 : m)

위치	단면 번호	등가 지간 장	플랜 지 유효	현치 높이 (h)	X_1	X_2	X_3	플랜 지 돌출	b_1 / l	b_2 / l	b_3 / l	λ_1	λ_2	λ_3	B
C1(A1)	1	39.680	2.700	0.023	4.800	1.172	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.243	1.072	0.000	6.038
C2	2	39.680	2.700	0.023	4.800	1.172	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.243	1.072	0.000	6.038
C3	2	39.680	2.700	0.023	4.800	1.172	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.243	1.072	0.000	6.038
0.20L	2	39.680	2.700	0.023	4.800	1.172	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.243	1.072	0.000	6.038
C4	2	39.680	2.700	0.023	4.800	1.172	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.243	1.072	0.000	6.038
C5	2	39.680	2.700	0.023	4.800	1.172	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.243	1.072	0.000	6.038
C6	2	39.680	2.700	0.023	4.800	1.172	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.243	1.072	0.000	6.038
C7	2	39.680	2.700	0.023	4.800	1.172	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.243	1.072	0.000	6.038
C8	2	39.680	2.700	0.023	4.800	1.172	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.243	1.072	0.000	6.038
C9	3	39.680	2.700	0.023	4.800	1.172	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.243	1.072	0.000	6.038
0.20L	3	39.680	2.700	0.023	4.800	1.172	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.243	1.072	0.000	6.038
C10	4	직선변화										2.007	1.026	0.000	5.623
C11(P1)	4	21.920	2.430	0.023	4.800	1.172	0.000	0.100	0.104	0.049	0.000	1.767	0.980	0.000	5.201
C12	4	직선변화										1.955	1.018	0.000	5.539
C13	3	직선변화										2.142	1.057	0.000	5.877

0.20L	3	36.000	2.700	0.023	4.800	1.172	0.000	0.100	0.063	0.030	0.000	2.217	1.072	0.000	6.012
C14	2	36.000	2.700	0.023	4.800	1.172	0.000	0.100	0.063	0.030	0.000	2.217	1.072	0.000	6.012
C15	2	36.000	2.700	0.023	4.800	1.172	0.000	0.100	0.063	0.030	0.000	2.217	1.072	0.000	6.012
C16	2	36.000	2.700	0.023	4.800	1.172	0.000	0.100	0.063	0.030	0.000	2.217	1.072	0.000	6.012
C17	2	36.000	2.700	0.023	4.800	1.172	0.000	0.100	0.063	0.030	0.000	2.217	1.072	0.000	6.012
C18	2	36.000	2.700	0.023	4.800	1.172	0.000	0.100	0.063	0.030	0.000	2.217	1.072	0.000	6.012
C19	2	36.000	2.700	0.023	4.800	1.172	0.000	0.100	0.063	0.030	0.000	2.217	1.072	0.000	6.012
C20	2	36.000	2.700	0.023	4.800	1.172	0.000	0.100	0.063	0.030	0.000	2.217	1.072	0.000	6.012
0.20L	2	36.000	2.700	0.023	4.800	1.172	0.000	0.100	0.063	0.030	0.000	2.217	1.072	0.000	6.012
C21	3	직선변화										2.142	1.057	0.000	5.877
C22	4	직선변화										1.955	1.018	0.000	5.539
C23(P2)	4	21.920	2.430	0.023	4.800	1.172	0.000	0.100	0.104	0.049	0.000	1.767	0.980	0.000	5.201
C24	4	직선변화										2.007	1.026	0.000	5.623
0.20L	4	39.680	2.700	0.023	4.800	1.172	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.243	1.072	0.000	6.038
C25	3	39.680	2.700	0.023	4.800	1.172	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.243	1.072	0.000	6.038
C26	2	39.680	2.700	0.023	4.800	1.172	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.243	1.072	0.000	6.038
C27	2	39.680	2.700	0.023	4.800	1.172	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.243	1.072	0.000	6.038
C28	2	39.680	2.700	0.023	4.800	1.172	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.243	1.072	0.000	6.038
C29	2	39.680	2.700	0.023	4.800	1.172	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.243	1.072	0.000	6.038
C30	2	39.680	2.700	0.023	4.800	1.172	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.243	1.072	0.000	6.038
C31	2	39.680	2.700	0.023	4.800	1.172	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.243	1.072	0.000	6.038
C32	2	39.680	2.700	0.023	4.800	1.172	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.243	1.072	0.000	6.038
C33(A2)	1	39.680	2.700	0.023	4.800	1.172	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.243	1.072	0.000	6.038

■ 단면제정수 산정(합성전)



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

B_c : 바닥판 콘크리트의 폭

T_c : 바닥판 콘크리트의 두께

Th : 바닥판 콘크리트의 현치 높이

N : 강재와 콘크리트의 탄성계수비 ($N = E_s / E_c$)

A_c : 바닥판 콘크리트의 단면적

Av : 합성후 (강재 + 바닥판 콘크리트)의 환산 단면적

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

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

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

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

(합성전 및 합성후 단면에서의 도심축 이동량)

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

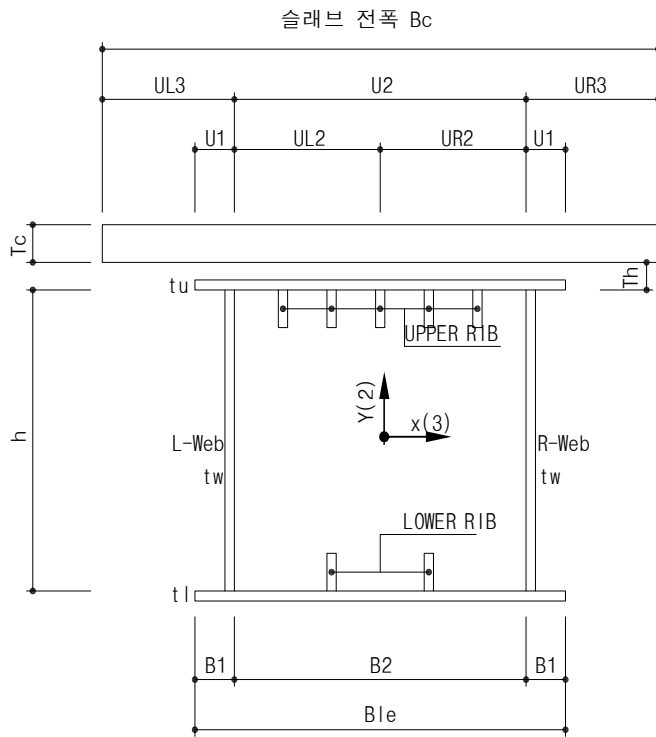
I_{22} : 합성전 강재단면의 2축 방향(횡방향) 단면2차 모멘트

I_{r33} : 합성후 단면의 3축 방향(종방향) 단면2차 모멘트

I_{r22} : 합성후 단면의 2축 방향(횡방향) 단면2차 모멘트

Θ_L : 좌측 복부판과 연직선이 이루는 각도

Θ_R : 우측 복부판과 연직선이 이루는 각도



$$B_c = 6,073.0 \text{ mm}$$

$$U_1 = 100.0 \text{ mm}$$

$$U_2 = 2,500.0 \text{ mm}$$

$$UL_2 = 1,250.0 \text{ mm}$$

$$UR_2 = 1,250.0 \text{ mm}$$

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

$$UL_3 = 1,173.0 \text{ mm}$$

$$UR_3 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$B_1 = 100.0 \text{ mm}$$

$$B_2 = 2,500.0 \text{ mm}$$

$$B_3 = 2,700.0 \text{ mm}$$

$$T_c = 450.0 \text{ mm}$$

$$T_h = 23.0 \text{ mm}$$

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

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구분	규격	As(mm ²)	Y(mm)	As·Y(mm ³)	As·Y ² (mm ⁴)	Ixo(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2,700.0 × 12.0	32,400.0	1,406.0	4.555E+07	6.405E+10	3.888E+05
UPPER RIB	4 - 180.0 × 14.0	10,080.0	1,310.0	1.320E+07	1.730E+10	2.722E+07
L - WEB	1 - 2,800.0 × 12.0	33,600.0	-	-	-	2.195E+10
R - WEB	1 - 2,800.0 × 12.0	33,600.0	-	-	-	2.195E+10
LOWER RIB	2 - 180.0 × 14.0	5,040.0	-1,310.0	-6.602E+06	8.649E+09	1.361E+07
LOWER FL.	1 - 2,700.0 × 12.0	32,400.0	-1,406.0	-4.555E+07	6.405E+10	3.888E+05
합계		147,120.0	-	6.602E+06	1.540E+11	4.395E+10

Y(2)축 방향

구분	규격	As(mm ²)	X(mm)	As·X(mm ³)	As·X ² (mm ⁴)	Iyo(mm ⁴)
L-UPPER FL.	1 - 2,700.0 × 12.0	32,400.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	1.968E+10
R-UPPER FL.	0 - 0.0 × 0.0	0.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
UPPER RIB	4 - 180.0 × 14.0	10,080.0	0.0	0.000E+00	3.150E+09	1.646E+05
L - WEB	1 - 2,800.0 × 12.0	33,600.0	-1,256.0	-4.220E+07	5.301E+10	4.032E+05
R - WEB	1 - 2,800.0 × 12.0	33,600.0	1,256.0	4.220E+07	5.301E+10	4.032E+05
LOWER RIB	2 - 180.0 × 14.0	5,040.0	0.0	0.000E+00	8.722E+08	8.232E+04
LOWER FL.	1 - 2,700.0 × 12.0	32,400.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	1.968E+10
합계		147,120.0	-	0.000E+00	1.100E+11	3.937E+10

① 합성전 단면

$$I_x' = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 154,046,404,800.0 + 43,945,601,600.0 = 1.980E+11 \text{ mm}^4$$

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = 6,602,400.0 / 147,120.0 = 44.9 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2 = 197,992,006,400.0 - 147,120.0 \times 44.9^2 = 1.977E+11 \text{ mm}^4$$

$$I_y' = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 110,032,621,440.0 + 39,367,053,360.0 = 1.494E+11 \text{ mm}^4$$

$$\delta_x = \sum A_s X / \sum A_s = 0.0 / 147,120.0 = 0.0 \text{ mm}$$

$$I_{22} = I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2 = 149,399,674,800.0 - 147,120.0 \times 0.0^2 = 1.494E+11 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

$$Bu = U2 + tw/2 \times 2ea = 2,500.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,512.0 \text{ mm}$$

$$Bl = B2 + tw/2 \times 2ea = 2,500.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,512.0 \text{ mm}$$

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

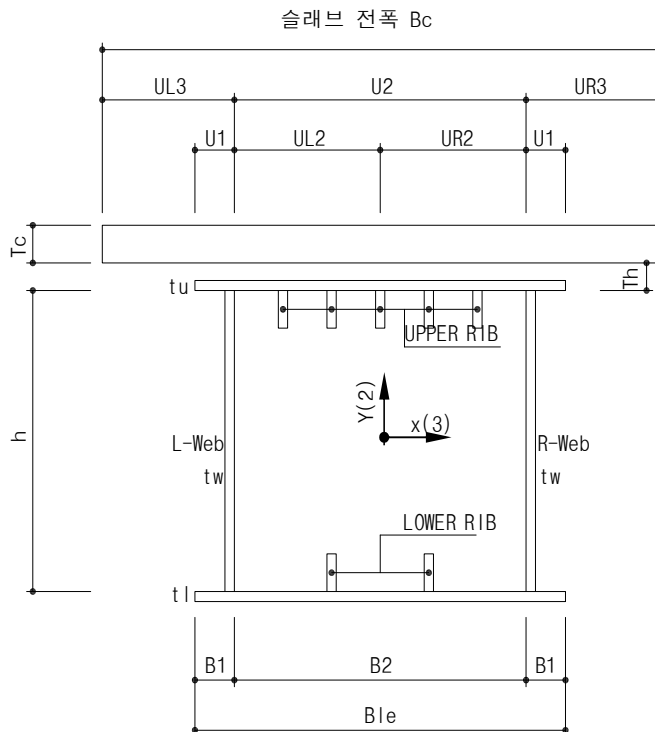
$$F = (Bu+Bl)/2 \times H = (2,512.0 + 2,512.0) / 2 \times 2,812.0 = 7.064E+06 \text{ mm}^2$$

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

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

$$= 4 \times 7,063,744.0^2 / \{ (2,812.0 + 2,812.0) / 12.0 + 2,512.0 / 12.0 + 2,512.0 / 12.0 \} = 2.249E+11 \text{ mm}^4$$

◎ FRAME SECTION NAME 2 < G1 >



$$Bc = 6,073.0 \text{ mm}$$

$$U1 = 100.0 \text{ mm}$$

$$U2 = 2,500.0 \text{ mm}$$

$$UL2 = 1,250.0 \text{ mm}$$

$$UR2 = 1,250.0 \text{ mm}$$

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

$$UL3 = 1,173.0 \text{ mm}$$

$$UR3 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$B1 = 100.0 \text{ mm}$$

$$B2 = 2,500.0 \text{ mm}$$

$$B3 = 2,700.0 \text{ mm}$$

$$Tc = 250.0 \text{ mm}$$

$$Th = 23.0 \text{ mm}$$

$$h = 3,000.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 2,700.0 × 12.0	32,400.0	1,506.0	4.879E+07	7.348E+10	3.888E+05
UPPER RIB	4 - 180.0 × 14.0	10,080.0	1,410.0	1.421E+07	2.004E+10	2.722E+07
L - WEB	1 - 3,000.0 × 12.0	36,000.0	-	-	-	2.700E+10
R - WEB	1 - 3,000.0 × 12.0	36,000.0	-	-	-	2.700E+10
LOWER RIB	2 - 180.0 × 14.0	5,040.0	-1,410.0	-7.106E+06	1.002E+10	1.361E+07
LOWER FL.	1 - 2,700.0 × 12.0	32,400.0	-1,506.0	-4.879E+07	7.348E+10	3.888E+05
합 계		151,920.0	-	7.106E+06	1.770E+11	5.404E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
L-UPPER FL.	1 - 2,700.0 × 12.0	32,400.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	1.968E+10
R-UPPER FL.	0 - 0.0 × 0.0	0.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
UPPER RIB	4 - 180.0 × 14.0	10,080.0	0.0	0.000E+00	3.150E+09	1.646E+05
L - WEB	1 - 3,000.0 × 12.0	36,000.0	-1,256.0	-4.522E+07	5.679E+10	4.320E+05
R - WEB	1 - 3,000.0 × 12.0	36,000.0	1,256.0	4.522E+07	5.679E+10	4.320E+05
LOWER RIB	2 - 180.0 × 14.0	5,040.0	0.0	0.000E+00	8.722E+08	8.232E+04
LOWER FL.	1 - 2,700.0 × 12.0	32,400.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	1.968E+10
합 계		151,920.0	-	0.000E+00	1.176E+11	3.937E+10

① 합성전 단면

$$I_x' = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 177,028,804,800.0 + 54,041,601,600.0 = 2.311E+11 \text{ mm}^4$$

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = 7,106,400.0 / 151,920.0 = 46.8 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2 = 231,070,406,400.0 - 151,920.0 \times 46.8^2 = 2.307E+11 \text{ mm}^4$$

$$I_y' = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 117,604,794,240.0 + 39,367,110,960.0 = 1.570E+11 \text{ mm}^4$$

$$\delta_x = \sum A_s X / \sum A_s = 0.0 / 151,920.0 = 0.0 \text{ mm}$$

$$I_{22} = I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2 = 156,971,905,200.0 - 151,920.0 \times 0.0^2 = 1.570E+11 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

$$Bu = U/2 + tw/2 \times 2ea = 2,500.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,512.0 \text{ mm}$$

$$Bl = B/2 + tw/2 \times 2ea = 2,500.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,512.0 \text{ mm}$$

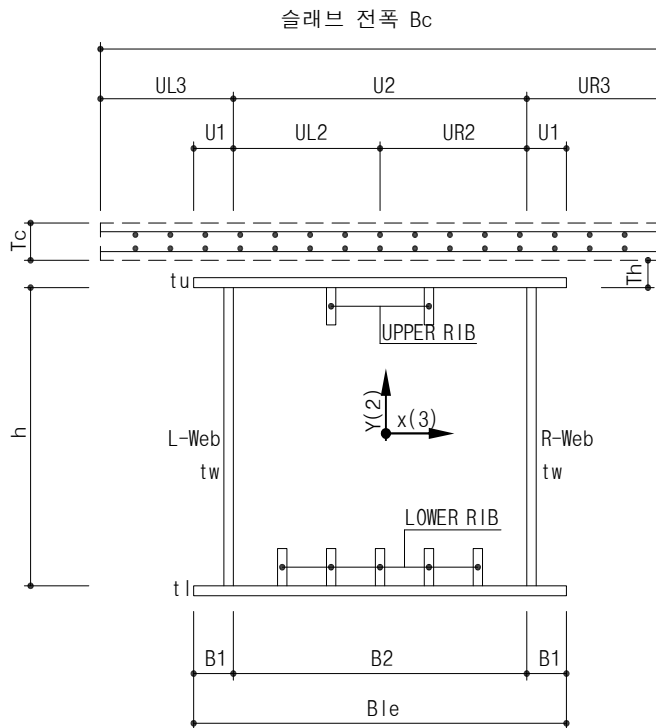
$$H = h + tu/2 + tl/2 = 3,000.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 3,012.0 \text{ mm}$$

$$F = (Bu+Bl)/2 \times H = (2,512.0 + 2,512.0) / 2 \times 3,012.0 = 7.566E+06 \text{ mm}^2$$

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

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

$$= 4 \times 7,566,144.0^2 / \{ (3,012.0 + 3,012.0) / 12.0 + 2,512.0 / 12.0 + 2,512.0 / 12.0 \} = 2.487E+11 \text{ mm}^4$$



$$Bc = 6,073.0 \text{ mm}$$

$$U1 = 100.0 \text{ mm}$$

$$U2 = 2,500.0 \text{ mm}$$

$$UL2 = 1,250.0 \text{ mm}$$

$$UR2 = 1,250.0 \text{ mm}$$

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

$$UL3 = 1,173.0 \text{ mm}$$

$$UR3 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$B1 = 100.0 \text{ mm}$$

$$B2 = 2,500.0 \text{ mm}$$

$$B3 = 2,700.0 \text{ mm}$$

$$Tc = 250.0 \text{ mm}$$

$$Th = 23.0 \text{ mm}$$

$$h = 3,000.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구분	규격	As(mm ²)	Y(mm)	As·Y(mm ³)	As·Y ² (mm ⁴)	I _{xo} (mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2,700.0 × 12.0	32,400.0	1,506.0	4.879E+07	7.348E+10	3.888E+05
UPPER RIB	2 - 180.0 × 14.0	5,040.0	1,410.0	7.106E+06	1.002E+10	1.361E+07
L - WEB	1 - 3,000.0 × 12.0	36,000.0	-	-	-	2.700E+10
R - WEB	1 - 3,000.0 × 12.0	36,000.0	-	-	-	2.700E+10
LOWER RIB	4 - 180.0 × 14.0	10,080.0	-1,410.0	-1.421E+07	2.004E+10	2.722E+07
LOWER FL.	1 - 2,700.0 × 12.0	32,400.0	-1,506.0	-4.879E+07	7.348E+10	3.888E+05
합계		151,920.0	-	-7.106E+06	1.770E+11	5.404E+10

Y(2)축 방향

구분	규격	As(mm ²)	X(mm)	As·X(mm ³)	As·X ² (mm ⁴)	I _{yo} (mm ⁴)
L-UPPER FL.	1 - 2,700.0 × 12.0	32,400.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	1.968E+10
R-UPPER FL.	0 - 0.0 × 0.0	0.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
UPPER RIB	2 - 180.0 × 14.0	5,040.0	0.0	0.000E+00	3.150E+09	8.232E+04
L - WEB	1 - 3,000.0 × 12.0	36,000.0	-1,256.0	-4.522E+07	5.679E+10	4.320E+05
R - WEB	1 - 3,000.0 × 12.0	36,000.0	1,256.0	4.522E+07	5.679E+10	4.320E+05
LOWER RIB	4 - 180.0 × 14.0	10,080.0	0.0	0.000E+00	3.150E+09	1.646E+05
LOWER FL.	1 - 2,700.0 × 12.0	32,400.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	1.968E+10
합계		151,920.0	-	0.000E+00	1.199E+11	3.937E+10

① 합성전 단면

$$I_x' = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 177,028,804,800.0 + 54,041,601,600.0 = 2.311\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -7,106,400.0 / 151,920.0 = -46.8 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2 = 231,070,406,400.0 - 151,920.0 \times -46.8^2 = 2.307\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

$$I_y' = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 119,882,592,000.0 + 39,367,110,960.0 = 1.592\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

$$\delta_x = \sum A_s X / \sum A_s = 0.0 / 151,920.0 = 0.0 \text{ mm}$$

$$I_{22} = I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2 = 159,249,702,960.0 - 151,920.0 \times 0.0^2 = 1.592\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

$$Bu = U2 + tw/2 \times 2ea = 2,500.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,512.0 \text{ mm}$$

$$Bl = B2 + tw/2 \times 2ea = 2,500.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,512.0 \text{ mm}$$

$$H = h + tu/2 + tl/2 = 3,000.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 3,012.0 \text{ mm}$$

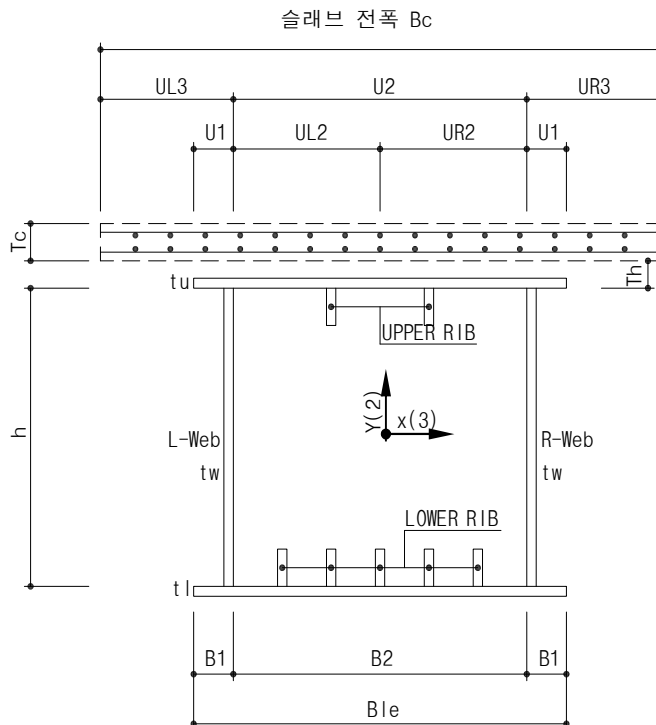
$$F = (Bu+Bl)/2 \times H = (2,512.0 + 2,512.0) / 2 \times 3,012.0 = 7.566\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

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

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

$$= 4 \times 7,566,144.0^2 / \{ (3,012.0 + 3,012.0) / 12.0 + 2,512.0 / 12.0 + 2,512.0 / 12.0 \} = 2.487\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

◎ FRAME SECTION NAME 4 < G1 >



$$Bc = 6,073.0 \text{ mm}$$

$$U1 = 100.0 \text{ mm}$$

$$U2 = 2,500.0 \text{ mm}$$

$$UL2 = 1,250.0 \text{ mm}$$

$$UR2 = 1,250.0 \text{ mm}$$

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

$$UL3 = 1,173.0 \text{ mm}$$

$$UR3 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$B1 = 100.0 \text{ mm}$$

$$B2 = 2,500.0 \text{ mm}$$

$$B3 = 2,700.0 \text{ mm}$$

$$Tc = 250.0 \text{ mm}$$

$$Th = 23.0 \text{ mm}$$

$$h = 3,000.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 2,700.0 × 18.0	48,600.0	1,509.0	7.334E+07	1.107E+11	1.312E+06
UPPER RIB	2 - 180.0 × 14.0	5,040.0	1,410.0	7.106E+06	1.002E+10	1.361E+07
L - WEB	1 - 3,000.0 × 12.0	36,000.0	-	-	-	2.700E+10
R - WEB	1 - 3,000.0 × 12.0	36,000.0	-	-	-	2.700E+10
LOWER RIB	4 - 180.0 × 14.0	10,080.0	-1,410.0	-1.421E+07	2.004E+10	2.722E+07
LOWER FL.	1 - 2,700.0 × 20.0	54,000.0	-1,510.0	-8.154E+07	1.231E+11	1.800E+06
합 계		189,720.0	-	-1.531E+07	2.639E+11	5.404E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
L-UPPER FL.	1 - 2,700.0 × 18.0	48,600.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	2.952E+10
R-UPPER FL.	0 - 0.0 × 0.0	0.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
UPPER RIB	2 - 180.0 × 14.0	5,040.0	0.0	0.000E+00	8.722E+08	8.232E+04
L - WEB	1 - 3,000.0 × 12.0	36,000.0	-1,256.0	-4.522E+07	5.679E+10	4.320E+05
R - WEB	1 - 3,000.0 × 12.0	36,000.0	1,256.0	4.522E+07	5.679E+10	4.320E+05
LOWER RIB	4 - 180.0 × 14.0	10,080.0	0.0	0.000E+00	3.150E+09	1.646E+05
LOWER FL.	1 - 2,700.0 × 20.0	54,000.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	3.281E+10
합 계		189,720.0	-	0.000E+00	1.176E+11	6.233E+10

① 합성전 단면

$$I_x' = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 263,851,608,600.0 + 54,043,936,200.0 = 3.179E+11 \text{ mm}^4$$

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -15,309,000.0 / 189,720.0 = -80.7 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2 = 317,895,544,800.0 - 189,720.0 \times (-80.7)^2 = 3.167E+11 \text{ mm}^4$$

$$I_y' = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 117,604,794,240.0 + 62,330,610,960.0 = 1.799E+11 \text{ mm}^4$$

$$\delta_x = \sum A_s X / \sum A_s = 0.0 / 189,720.0 = 0.0 \text{ mm}$$

$$I_{22} = I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2 = 179,935,405,200.0 - 189,720.0 \times 0.0^2 = 1.799E+11 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

$$Bu = U/2 + tw/2 \times 2ea = 2,500.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,512.0 \text{ mm}$$

$$Bl = B/2 + tw/2 \times 2ea = 2,500.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,512.0 \text{ mm}$$

$$H = h + tu/2 + tl/2 = 3,000.0 + 18.0 / 2 + 20.0 / 2 = 3,019.0 \text{ mm}$$

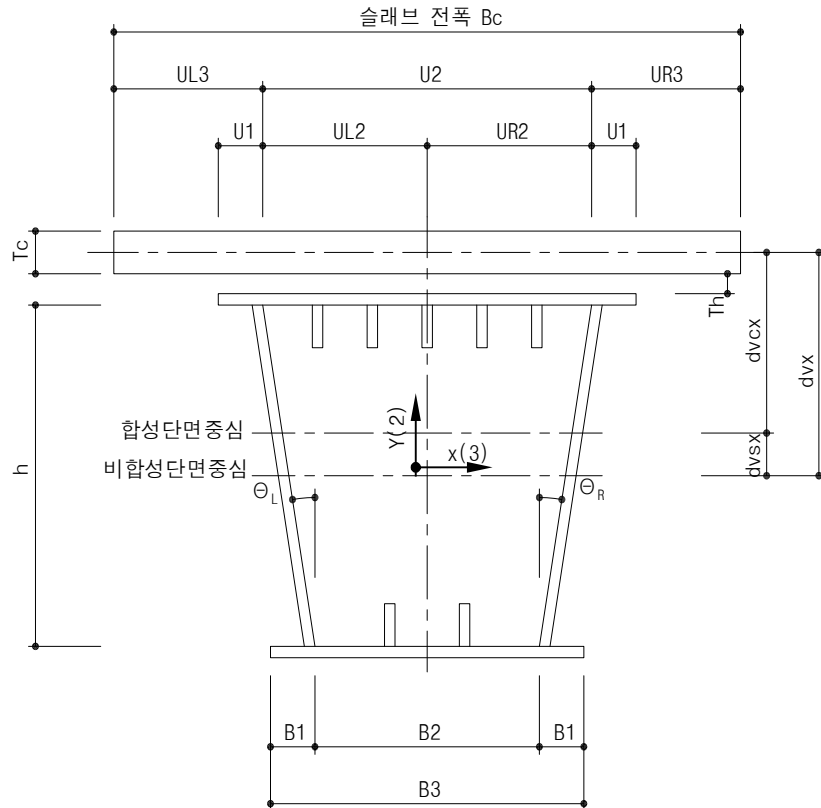
$$F = (Bu+Bl)/2 \times H = (2,512.0 + 2,512.0) / 2 \times 3,019.0 = 7.584E+06 \text{ mm}^2$$

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

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

$$= 4 \times 7,583,728.0^2 / \{ (3,019.0 + 3,019.0) / 12.0 + 2,512.0 / 18.0 + 2,512.0 / 20.0 \} = 2.994E+11 \text{ mm}^4$$

■ 단면제정수 산정(합성후)



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

B_c : 바닥판 콘크리트의 폭

T_c : 바닥판 콘크리트의 두께

Th : 바닥판 콘크리트의 현치 높이

N : 강재와 콘크리트의 탄성계수비 ($N = E_s / E_c$)

A_c : 바닥판 콘크리트의 단면적

A_v : 합성후 (강재 + 바닥판 콘크리트)의 환산 단면적

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

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

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

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

(합성전 및 합성후 단면에서의 도심축 이동량)

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

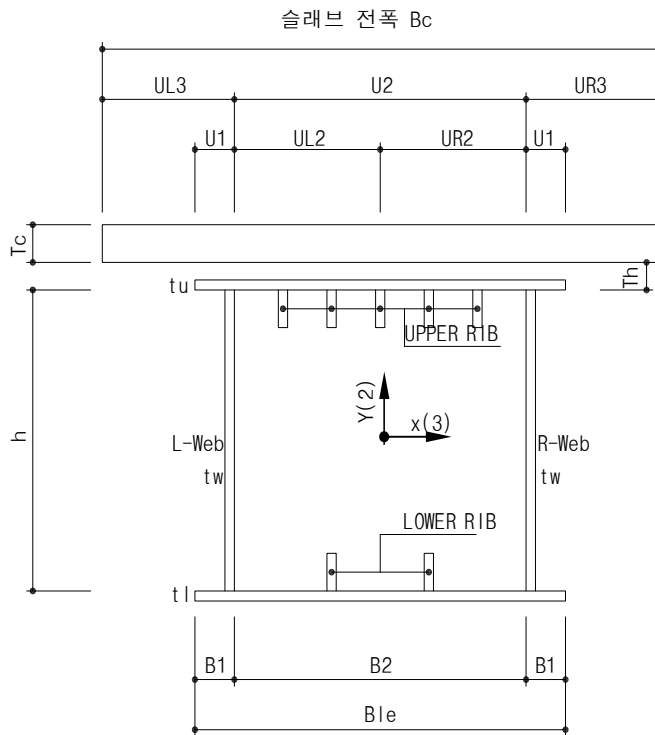
I_{22} : 합성전 강재단면의 2축 방향(횡방향) 단면2차 모멘트

I_{v33} : 합성후 단면의 3축 방향(종방향) 단면2차 모멘트

I_{v22} : 합성후 단면의 2축 방향(횡방향) 단면2차 모멘트

Θ_L : 좌측 복부판과 연직선이 이루는 각도

Θ_R : 우측 복부판과 연직선이 이루는 각도



$$Bc = 6,073.0 \text{ mm}$$

$$U1 = 100.0 \text{ mm}$$

$$U2 = 2,500.0 \text{ mm}$$

$$UL2 = 1,250.0 \text{ mm}$$

$$UR2 = 1,250.0 \text{ mm}$$

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

$$UL3 = 1,173.0 \text{ mm}$$

$$UR3 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$B1 = 100.0 \text{ mm}$$

$$B2 = 2,500.0 \text{ mm}$$

$$B3 = 2,700.0 \text{ mm}$$

$$Tc = 450.0 \text{ mm}$$

$$Th = 23.0 \text{ mm}$$

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

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	As · Y(mm ³)	As · Y ² (mm ⁴)	I _{xo} (mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2,700.0 × 12.0	32,400.0	1,406.0	4.555E+07	6.405E+10	3.888E+05
UPPER RIB	4 - 180.0 × 14.0	10,080.0	1,310.0	1.320E+07	1.730E+10	2.722E+07
L - WEB	1 - 2,800.0 × 12.0	33,600.0	-	-	-	2.195E+10
R - WEB	1 - 2,800.0 × 12.0	33,600.0	-	-	-	2.195E+10
LOWER RIB	2 - 180.0 × 14.0	5,040.0	-1,310.0	-6.602E+06	8.649E+09	1.361E+07
LOWER FL.	1 - 2,700.0 × 12.0	32,400.0	-1,406.0	-4.555E+07	6.405E+10	3.888E+05
합 계		147,120.0	-	6.602E+06	1.540E+11	4.395E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	As(mm ²)	X(mm)	As · X(mm ³)	As · X ² (mm ⁴)	I _{yo} (mm ⁴)
L-UPPER FL.	1 - 2,700.0 × 12.0	32,400.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	1.968E+10
R-UPPER FL.	0 - 0.0 × 0.0	0.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
UPPER RIB	4 - 180.0 × 14.0	10,080.0	0.0	0.000E+00	3.150E+09	1.646E+05
L - WEB	1 - 2,800.0 × 12.0	33,600.0	-1,256.0	-4.220E+07	5.301E+10	4.032E+05
R - WEB	1 - 2,800.0 × 12.0	33,600.0	1,256.0	4.220E+07	5.301E+10	4.032E+05
LOWER RIB	2 - 180.0 × 14.0	5,040.0	0.0	0.000E+00	8.722E+08	8.232E+04
LOWER FL.	1 - 2,700.0 × 12.0	32,400.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	1.968E+10
합 계		147,120.0	-	0.000E+00	1.100E+11	3.937E+10

① 합성후 단면

$$Ac = Bc \times Tc = 6,073.0 \times 450.0 = 2.733E+06 \text{ mm}^2$$

$$Av = \sum As + Ac / N = 147,120.0 + 2,732,850.0 / 7.0 = 5.375E+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = Bc \times Tc^3 / 12 = 6,073.0 \times 450.0^3 / 12 = 4.612E+10 \text{ mm}^4$$

$$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + Tc/2 = 2,800.0 / 2 - 44.9 + 23.0 + 450.0 / 2 = 1,603.1 \text{ mm}$$

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum As / Av = 1,603.1 \times 147,120.0 / 537,527.1 = 438.8 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,603.1 - 438.8 = 1,164.4 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v33} &= I_{33} + I_{cx} / n + \sum As \cdot d_{vsx}^2 + Ac / n \cdot d_{vcx}^2 \\ &= 197,695,706,197.7 + 46,116,843,750.0 / 7.0 + 147,120.0 \times 1,164.4^2 \\ &\quad + 2,732,850.0 / 7.0 \times 438.8^2 = 4.789E+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = Tc \times Bc^3 / 12 = 450.0 \times 6,073.0^3 / 12 = 8.399E+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-Bc/2 = 1,250.0 + 2,400.0 - 0.0 - 6,073.0 / 2 = 613.5 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum As / Av = 613.5 \times 147,120.0 / 537,527.1 = 167.9 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 613.5 - 167.9 = 445.6 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v22} &= I_{22} + I_{cy} / n + \sum As \cdot d_{vsy}^2 + Ac / n \cdot d_{vcy}^2 \\ &= 149,399,674,800.0 + 8,399,261,663,137.5 / 7.0 + 147,120.0 \times 445.6^2 \\ &\quad + 2,732,850.0 / 7.0 \times 167.9^2 = 1.390E+12 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

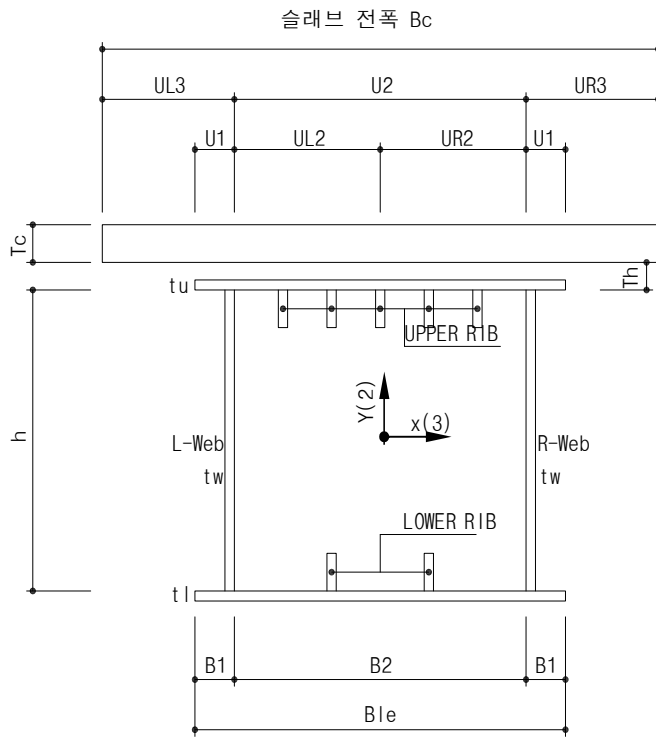
※ 합성 단면의 K값 산정시 Con'c SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$tcu = tu + Tc / n = 12.0 + 450.0 / 7.0 = 76.3 \text{ mm}$$

$$H = h + tcu/2 + tl/2 = 2,800.0 + 76.3 / 2 + 12.0 / 2 = 2,844.1 \text{ mm}$$

$$F = (Bu+Bl) / 2 \times H = (2,512.0 + 2,512.0) / 2 \times 2,844.1 = 7.144E+06 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t) \\ &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tcu + Bl / tl \} \\ &= 4 \times 7,144,486.9^2 / \{ (2,844.1 + 2,844.1) / 12.0 + 2,512.0 / 76.3 \\ &\quad + 2,512.0 / 12.0 \} = 2.850E+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$



$$Bc = 6,073.0 \text{ mm}$$

$$U1 = 100.0 \text{ mm}$$

$$U2 = 2,500.0 \text{ mm}$$

$$UL2 = 1,250.0 \text{ mm}$$

$$UR2 = 1,250.0 \text{ mm}$$

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

$$UL3 = 1,173.0 \text{ mm}$$

$$UR3 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$B1 = 100.0 \text{ mm}$$

$$B2 = 2,500.0 \text{ mm}$$

$$B3 = 2,700.0 \text{ mm}$$

$$Tc = 250.0 \text{ mm}$$

$$Th = 23.0 \text{ mm}$$

$$h = 3,000.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	As · Y(mm ³)	As · Y ² (mm ⁴)	I _{xo} (mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2,700.0 × 12.0	32,400.0	1,506.0	4.879E+07	7.348E+10	3.888E+05
UPPER RIB	4 - 180.0 × 14.0	10,080.0	1,410.0	1.421E+07	2.004E+10	2.722E+07
L - WEB	1 - 3,000.0 × 12.0	36,000.0	-	-	-	2.700E+10
R - WEB	1 - 3,000.0 × 12.0	36,000.0	-	-	-	2.700E+10
LOWER RIB	2 - 180.0 × 14.0	5,040.0	-1,410.0	-7.106E+06	1.002E+10	1.361E+07
LOWER FL.	1 - 2,700.0 × 12.0	32,400.0	-1,506.0	-4.879E+07	7.348E+10	3.888E+05
합 계		151,920.0	-	7.106E+06	1.770E+11	5.404E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	As(mm ²)	X(mm)	As · X(mm ³)	As · X ² (mm ⁴)	I _{yo} (mm ⁴)
L-UPPER FL.	1 - 2,700.0 × 12.0	32,400.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	1.968E+10
R-UPPER FL.	0 - 0.0 × 0.0	0.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
UPPER RIB	4 - 180.0 × 14.0	10,080.0	0.0	0.000E+00	3.150E+09	1.646E+05
L - WEB	1 - 3,000.0 × 12.0	36,000.0	-1,256.0	-4.522E+07	5.679E+10	4.320E+05
R - WEB	1 - 3,000.0 × 12.0	36,000.0	1,256.0	4.522E+07	5.679E+10	4.320E+05
LOWER RIB	2 - 180.0 × 14.0	5,040.0	0.0	0.000E+00	8.722E+08	8.232E+04
LOWER FL.	1 - 2,700.0 × 12.0	32,400.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	1.968E+10
합 계		151,920.0	-	0.000E+00	1.176E+11	3.937E+10

① 합성후 단면

$$Ac = Bc \times Tc = 6,073.0 \times 250.0 = 1.518E+06 \text{ mm}^2$$

$$Av = \sum As + Ac / N = 151,920.0 + 1,518,250.0 / 7.0 = 3.688E+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = Bc \times Tc^3 / 12 = 6,073.0 \times 250.0^3 / 12 = 7.908E+09 \text{ mm}^4$$

$$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + Tc/2 = 3,000.0 / 2 - 46.8 + 23.0 + 250.0 / 2 = 1,601.2 \text{ mm}$$

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum As / Av = 1,601.2 \times 151,920.0 / 368,812.9 = 659.6 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,601.2 - 659.6 = 941.7 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v33} &= I_{33} + I_{cx} / n + \sum As \cdot d_{vsx}^2 + Ac / n \cdot d_{vcx}^2 \\ &= 230,737,988,542.2 + 7,907,552,083.3 / 7.0 + 151,920.0 \times 941.7^2 \\ &\quad + 1,518,250.0 / 7.0 \times 659.6^2 = 4.609E+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = Tc \times Bc^3 / 12 = 250.0 \times 6,073.0^3 / 12 = 4.666E+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-Bc/2 = 1,250.0 + 2,400.0 - 0.0 - 6,073.0 / 2 = 613.5 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum As / Av = 613.5 \times 151,920.0 / 368,812.9 = 252.7 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 613.5 - 252.7 = 360.8 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v22} &= I_{22} + I_{cy} / n + \sum As \cdot d_{vsy}^2 + Ac / n \cdot d_{vcy}^2 \\ &= 156,971,905,200.0 + 4,666,256,479,520.8 / 7.0 + 151,920.0 \times 360.8^2 \\ &\quad + 1,518,250.0 / 7.0 \times 252.7^2 = 8.572E+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$tcu = tu + Tc / n = 12.0 + 250.0 / 7.0 = 47.7 \text{ mm}$$

$$H = h + tcu/2 + tl/2 = 3,000.0 + 47.7 / 2 + 12.0 / 2 = 3,029.9 \text{ mm}$$

$$F = (Bu+Bl) / 2 \times H = (2,512.0 + 2,512.0) / 2 \times 3,029.9 = 7.611E+06 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t) \\ &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tcu + Bl / tl \} \\ &= 4 \times 7,611,001.1^2 / \{ (3,029.9 + 3,029.9) / 12.0 + 2,512.0 / 47.7 \\ &\quad + 2,512.0 / 12.0 \} = 3.021E+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

① 합성후 단면

$$Ac = Bc \times Tc = 6,073.0 \times 250.0 = 1.518E+06 \text{ mm}^2$$

$$Av = \sum As + Ac / N = 151,920.0 + 1,518,250.0 / 7.0 = 3.688E+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = Bc \times Tc^3 / 12 = 6,073.0 \times 250.0^3 / 12 = 7.908E+09 \text{ mm}^4$$

$$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + Tc/2 = 3,000.0 / 2 - -46.8 + 23.0 + 250.0 / 2 = 1,694.8 \text{ mm}$$

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum As / Av = 1,694.8 \times 151,920.0 / 368,812.9 = 698.1 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,694.8 - 698.1 = 996.7 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v33} &= I_{33} + I_{cx} / n + \sum As \cdot d_{vsx}^2 + Ac / n \cdot d_{vcx}^2 \\ &= 230,737,988,542.2 + 7,907,552,083.3 / 7.0 + 151,920.0 \times 996.7^2 \\ &\quad + 1,518,250.0 / 7.0 \times 698.1^2 = 4.885E+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = Tc \times Bc^3 / 12 = 250.0 \times 6,073.0^3 / 12 = 4.666E+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-Bc/2 = 1,250.0 + 2,400.0 - 0.0 - 6,073.0 / 2 = 613.5 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum As / Av = 613.5 \times 151,920.0 / 368,812.9 = 252.7 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 613.5 - 252.7 = 360.8 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v22} &= I_{22} + I_{cy} / n + \sum As \cdot d_{vsy}^2 + Ac / n \cdot d_{vcy}^2 \\ &= 159,249,702,960.0 + 4,666,256,479,520.8 / 7.0 + 151,920.0 \times 360.8^2 \\ &\quad + 1,518,250.0 / 7.0 \times 252.7^2 = 8.595E+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

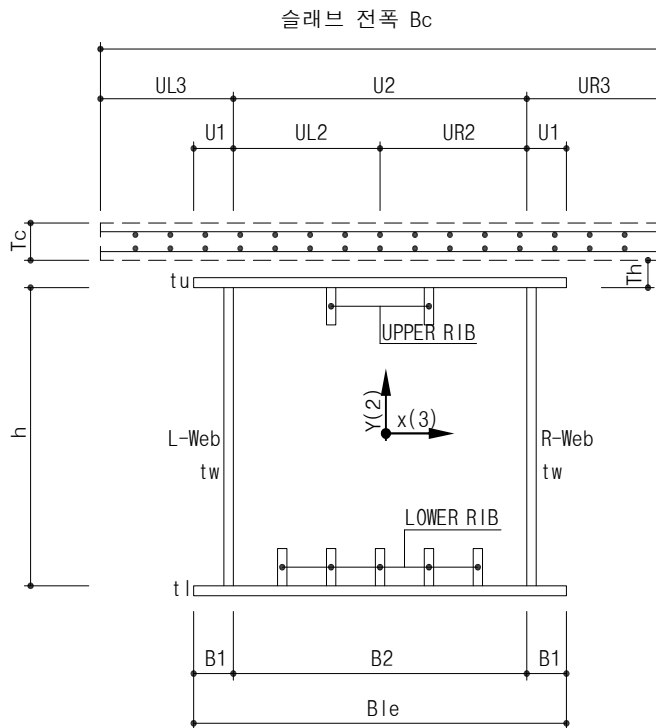
※ 합성 단면의 K값 산정시 Con'c SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$tcu = tu + Tc / n = 12.0 + 250.0 / 7.0 = 47.7 \text{ mm}$$

$$H = h + tcu/2 + tl/2 = 3,000.0 + 47.7 / 2 + 12.0 / 2 = 3,029.9 \text{ mm}$$

$$F = (Bu+Bl) / 2 \times H = (2,512.0 + 2,512.0) / 2 \times 3,029.9 = 7.611E+06 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t) \\ &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tcu + Bl / tl \} \\ &= 4 \times 7,611,001.1^2 / \{ (3,029.9 + 3,029.9) / 12.0 + 2,512.0 / 47.7 \\ &\quad + 2,512.0 / 12.0 \} = 3.021E+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$



$$B_c = 6,073.0 \text{ mm}$$

$$U_1 = 100.0 \text{ mm}$$

$$U_2 = 2,500.0 \text{ mm}$$

$$UL_2 = 1,250.0 \text{ mm}$$

$$UR_2 = 1,250.0 \text{ mm}$$

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

$$UL_3 = 1,173.0 \text{ mm}$$

$$UR_3 = 2,400.0 \text{ mm}$$

$$B_1 = 100.0 \text{ mm}$$

$$B_2 = 2,500.0 \text{ mm}$$

$$B_3 = 2,700.0 \text{ mm}$$

$$T_c = 250.0 \text{ mm}$$

$$T_h = 23.0 \text{ mm}$$

$$h = 3,000.0 \text{ mm}$$

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구분	규격	As(mm ²)	Y(mm)	As·Y(mm ³)	As·Y ² (mm ⁴)	Ixo(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2,700.0 × 18.0	48,600.0	1,509.0	7.334E+07	1.107E+11	1.312E+06
UPPER RIB	2 - 180.0 × 14.0	5,040.0	1,410.0	7.106E+06	1.002E+10	1.361E+07
L - WEB	1 - 3,000.0 × 12.0	36,000.0	-	-	-	2.700E+10
R - WEB	1 - 3,000.0 × 12.0	36,000.0	-	-	-	2.700E+10
LOWER RIB	4 - 180.0 × 14.0	10,080.0	-1,410.0	-1.421E+07	2.004E+10	2.722E+07
LOWER FL.	1 - 2,700.0 × 20.0	54,000.0	-1,510.0	-8.154E+07	1.231E+11	1.800E+06
합계		189,720.0	-	-1.531E+07	2.639E+11	5.404E+10

Y(2)축 방향

구분	규격	As(mm ²)	X(mm)	As·X(mm ³)	As·X ² (mm ⁴)	Iyo(mm ⁴)
L-UPPER FL.	1 - 2,700.0 × 18.0	48,600.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	2.952E+10
R-UPPER FL.	0 - 0.0 × 0.0	0.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
UPPER RIB	2 - 180.0 × 14.0	5,040.0	0.0	0.000E+00	8.722E+08	8.232E+04
L - WEB	1 - 3,000.0 × 12.0	36,000.0	-1,256.0	-4.522E+07	5.679E+10	4.320E+05
R - WEB	1 - 3,000.0 × 12.0	36,000.0	1,256.0	4.522E+07	5.679E+10	4.320E+05
LOWER RIB	4 - 180.0 × 14.0	10,080.0	0.0	0.000E+00	3.150E+09	1.646E+05
LOWER FL.	1 - 2,700.0 × 20.0	54,000.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	3.281E+10
합계		189,720.0	-	0.000E+00	1.176E+11	6.233E+10

① 합성후 단면

$$A_c = B_c \times T_c = 6,073.0 \times 250.0 = 1.518\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$A_v = \sum A_s + A_c / N = 189,720.0 + 1,518,250.0 / 7.0 = 4.066\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = B_c \times T_c^3 / 12 = 6,073.0 \times 250.0^3 / 12 = 7.908\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

$$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + T_c/2 = 3,000.0 / 2 - -80.7 + 23.0 + 250.0 / 2 = 1,728.7 \text{ mm}$$

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum A_s / A_v = 1,728.7 \times 189,720.0 / 406,612.9 = 806.6 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,728.7 - 806.6 = 922.1 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v33} &= I_{33} + I_{cx} / n + \sum A_s \cdot d_{vsx}^2 + A_c / n \cdot d_{vcx}^2 \\ &= 316,660,221,792.4 + 7,907,552,083.3 / 7.0 + 189,720.0 \times 922.1^2 \\ &\quad + 1,518,250.0 / 7.0 \times 806.6^2 = 6.202\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = T_c \times B_c^3 / 12 = 250.0 \times 6,073.0^3 / 12 = 4.666\text{E}+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-B_c/2 = 1,250.0 + 2,400.0 - 0.0 - 6,073.0 / 2 = 613.5 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum A_s / A_v = 613.5 \times 189,720.0 / 406,612.9 = 286.3 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 613.5 - 286.3 = 327.2 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v22} &= I_{22} + I_{cy} / n + \sum A_s \cdot d_{vsy}^2 + A_c / n \cdot d_{vcy}^2 \\ &= 179,935,405,200.0 + 4,666,256,479,520.8 / 7.0 + 189,720.0 \times 327.2^2 \\ &\quad + 1,518,250.0 / 7.0 \times 286.3^2 = 8.846\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

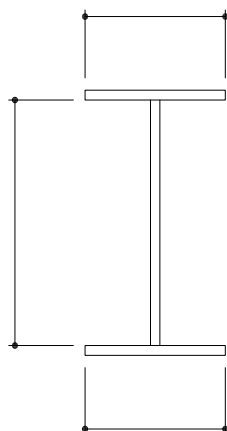
$$tcu = tu + T_c / n = 18.0 + 250.0 / 7.0 = 53.7 \text{ mm}$$

$$H = h + tcu/2 + tl/2 = 3,000.0 + 53.7 / 2 + 20.0 / 2 = 3,036.9 \text{ mm}$$

$$F = (Bu+Bl) / 2 \times H = (2,512.0 + 2,512.0) / 2 \times 3,036.9 = 7.629\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t) \\ &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tcu + Bl / tl \} \\ &= 4 \times 7,628,585.1^2 / \{ (3,036.9 + 3,036.9) / 12.0 + 2,512.0 / 53.7 \\ &\quad + 2,512.0 / 20.0 \} = 3.431\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

◎ 가로보 단면 < 1 >



bu	=	300.0	mm
bl	=	300.0	mm
H	=	1,300.0	mm
tu	=	12.0	mm
tw	=	10.0	mm
tl	=	12.0	mm

X(3)축 방향

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	656.0	2.362E+06	1.549E+09	4.320E+04
WEB	1 - 1,300.0 × 10.0	13,000.0	-	-	-	1.831E+09
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-656.0	-2.362E+06	1.549E+09	4.320E+04
합 계		20,200.0	-	0.000E+00	3.098E+09	1.831E+09

Y(2)축 방향

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
WEB	1 - 1,300.0 × 10.0	13,000.0	-	-	-	1.083E+05
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
합 계		20,200.0	-	-	-	5.411E+07

$$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 3,098,419,200.0 + 1,830,919,733.3 = 4.929\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 0.0 + 54,108,333.3 = 5.411\text{E}+07 \text{ mm}^4$$

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

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

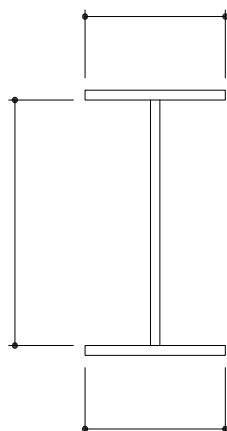
- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

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

$$= (300.0 \times 12.0^3 + 1,300.0 \times 10.0^3 + 300.0 \times 12.0^3) / 3 = 7.789\text{E}+05 \text{ mm}^4$$

◎ 세로보 단면 < 1 >



bu =	300.0	mm
bl =	300.0	mm
H =	800.0	mm
tu =	12.0	mm
tw =	10.0	mm
tl =	12.0	mm

X(3)축 방향

구 분	구 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	406.0	1.462E+06	5.934E+08	4.320E+04
WEB	1 - 800.0 × 10.0	8,000.0	-	-	-	4.267E+08
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-406.0	-1.462E+06	5.934E+08	4.320E+04
합 계		15,200.0	-	0.000E+00	1.187E+09	4.268E+08

Y(2)축 방향

구 분	구 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
WEB	1 - 800.0 × 10.0	8,000.0	-	-	-	6.667E+04
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
합 계		15,200.0	-	-	-	5.407E+07

$$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 1,186,819,200.0 + 426,753,066.7 = 1.614\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 0.0 + 54,066,666.7 = 5.407\text{E}+07 \text{ mm}^4$$

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

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

- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

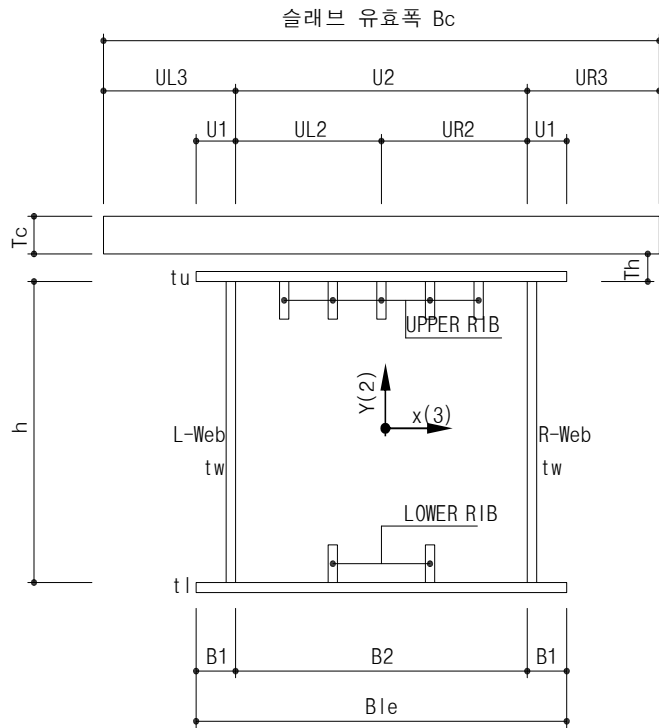
$$K = \sum (b \times t^3) / 3$$

$$= (300.0 \times 12.0^3 + 800.0 \times 10.0^3 + 300.0 \times 12.0^3) / 3 = 6.123\text{E}+05 \text{ mm}^4$$

■ 단 면 검 토(정보멘트)

[G1 : 단면 - S1 중앙부]

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM490B

Bc = 6,039.4 mm

UL3 = 1,173.0 mm

UR3 = 2,366.4 mm

U1 = 100.0 mm

UL2 = 1,250.0 mm

UR2 = 1,250.0 mm

상부 플랜지 유효폭

Bue = 2,700.0 mm

하부 플랜지 유효폭

Ble = 2,700.0 mm

B1 = 100.0 mm

B2 = 2,500.0 mm

Tc = 250.0 mm

Th = 23.0 mm

h = 3,000.0 mm

$\Theta_L = 0.000^\circ$

$\Theta_R = 0.000^\circ$

구	분	단 위	입력 Data
E_s	: 강재 탄성계수	MPa	205,000.0
E_c	: 콘크리트의 탄성계수	MPa	28,693.4
ϵ_s	: 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율	-	0.000270
α	: 강재 및 콘크리트의 선팽창계수	-	0.000012
ϕ_2	: 건조수축에 의한 크리이프계수	-	4.0
n	: 강과 콘크리트의 탄성계수비	-	7.0
Δt	: 강과 콘크리트의 온도차	℃	10.0
M_s	: 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	10,187.482
M_{sc}	: 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	2,728.399
M_w	: 풍하중에 의한 모멘트	kN·m	0.000
M_v	: (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	6,940.746
V_s	: 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	104.124
V_{sc}	: 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	32.579
V_w	: 풍하중에 의한 전단력	kN	0.000
V_v	: (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	334.329
M_{st}	: 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	100.465

M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	44.841
M_{wt} : 풍하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	0.000
M_{vt} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	500.674

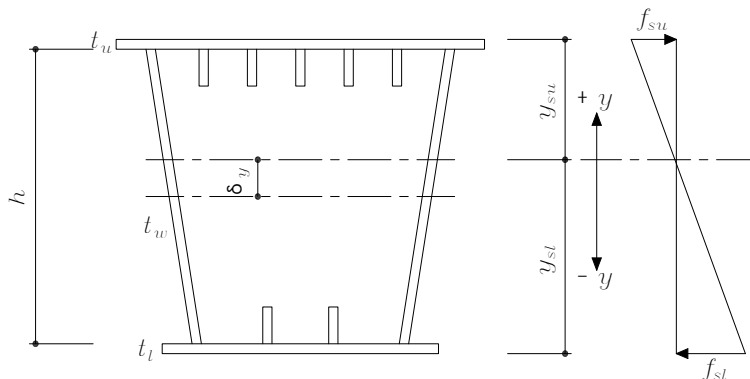
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

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 - 2,700.0 × 12.0	32,400.0	1,506.0	4.879E+07	7.348E+10	3.888E+05
UPPER RIB	4 - 180.0 × 14.0	10,080.0	1,410.0	1.421E+07	2.004E+10	2.722E+07
L - WEB	1 - 3,000.0 × 12.0	36,000.0	-	-	-	2.700E+10
R - WEB	1 - 3,000.0 × 12.0	36,000.0	-	-	-	2.700E+10
LOWER RIB	2 - 180.0 × 14.0	5,040.0	-1,410.0	-7.106E+06	1.002E+10	1.361E+07
LOWER FL.	1 - 2,700.0 × 12.0	32,400.0	-1,506.0	-4.879E+07	7.348E+10	3.888E+05
강재 단면 합계		151,920.0	-	7.106E+06	1.770E+11	5.404E+10
RC. SLAB	1 - 6,039.4 × 250.0	1,509,843.2	1,648.0	2.488E+09	4.101E+12	7.864E+09
SLAB 단면 합계		1,509,843.2	-	2.488E+09	4.101E+12	7.864E+09
※ $A_s = 151,920.0 \text{ mm}^2$ $A_{c1} = 1,509,843.2 \text{ mm}^2$						

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

▪ 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = 7,106,400.0 / 151,920.0 = 46.777 \text{ mm}$$

▪ 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 3,000.0 / 2 + 12.0 - 46.777 = 1,465.223 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 3,000.0 / 2 + 12.0 + 46.777 \} = -1,558.777 \text{ mm}$$

▪ 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 54,041,601,600.0 + 177,028,804,800.0 - 151,920.0 \times 46.777^2 = 2.307E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = 10,187.482 \times 1,465.2 / 230,737,988,542.2 = 64.692 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = 10,187.482 \times -1,558.8 / 230,737,988,542.2 = -68.823 \text{ MPa}$$

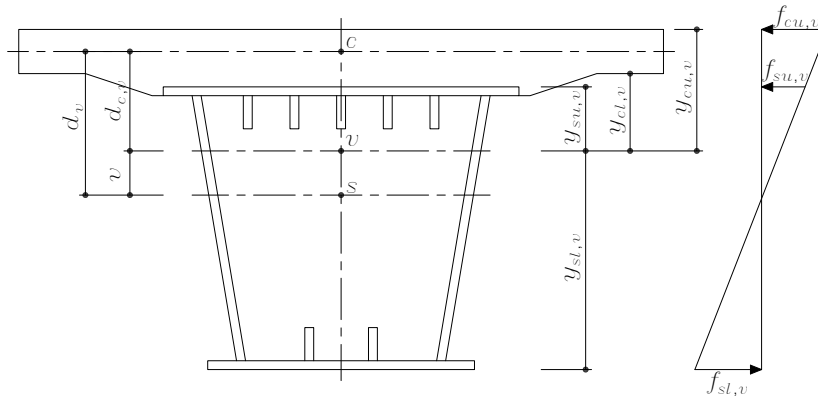
▪ 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = 7.566E+06 \text{ mm}^2$$

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

$$= 104.124 / 72,000.0 + 100.465 / (2 \times 7,566,144.0 \times 12.0) = 1.999 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,509,843.2 / 7.0 = 215,691.9 \text{ mm}^2$$

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 7,863,766,840.5 / 7.0 = 1.123E+09 \text{ mm}^4$$

▪ 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_{cn1} = 151,920.0 + 215,691.9 = 367,611.9 \text{ mm}^2$$

▪ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + T_c / 2 = 1,465.2 - 12.0 + 23.0 + 250.0 / 2 = 1,601.2 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_{cn1} \times d_v / A_v = 215,691.9 \times 1,601.2 / 367,611.9 = 939.5 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v} = d_v - v = 1,601.2 - 939.5 = 661.7 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = I_s + A_s \cdot v^2 + I_{cn1} + A_{cn1} \cdot d_{c,v}^2$$

$$= 230,737,988,542.2 + 151,920.0 \times 939.5^2 + 1,123,395,262.9 + 215,691.9 \times 661.7^2 = 4.604E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 1,465.2 - 939.5 = 525.7 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -1,558.8 - 939.5 = -2,498.3 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 콘크리트 바닥판 상·하연까지의 거리

$$y_{cu,v} = d_{c,v} + T_c / 2 = 661.7 + 250.0 / 2 = 786.7 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v} = y_{cu,v} - T_c = 786.7 - 250.0 = 536.7 \text{ mm}$$

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v = 2,728.399 \times 525.7 / 460,401,646,114.1 = 3.116 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v = 2,728.399 \times -2,498.3 / 460,401,646,114.1 = -14.805 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 2,728.399 \times 786.7 / (460,401,646,114.1 \times 7.0) = 0.666 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 2,728.399 \times 536.7 / (460,401,646,114.1 \times 7.0) = 0.454 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$F_v = 7.611\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

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

$$= 32.579 / 72,000.0 + 44.841 / (2 \times 7,611,001.1 \times 12.0) = 0.698 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v = 6,940.746 \times 525.7 / 460,401,646,114.1 = 7.926 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v = 6,940.746 \times -2,498.3 / 460,401,646,114.1 = -37.663 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 6,940.746 \times 786.7 / (460,401,646,114.1 \times 7.0) = 1.694 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 6,940.746 \times 536.7 / (460,401,646,114.1 \times 7.0) = 1.156 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

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

$$= 334.329 / 72,000.0 + 500.674 / (2 \times 7,611,001.1 \times 12.0) = 7.384 \text{ MPa}$$

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

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_v = 0.000 \times 525.7 / 460,401,646,114.1 = 0.000 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_v = 0.000 \times -2,498.3 / 460,401,646,114.1 = 0.000 \text{ MPa}$$

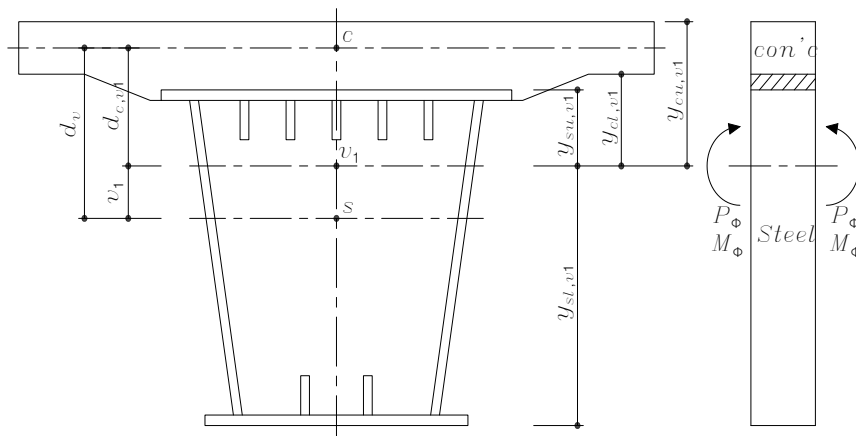
$$f_{cu,v} = M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 0.000 \times 786.7 / (460,401,646,114.1 \times 7.0) = 0.000 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 0.000 \times 536.7 / (460,401,646,114.1 \times 7.0) = 0.000 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

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

$$= 0.000 / 72,000.0 + 0.000 / (2 \times 7,611,001.1 \times 12.0) = 0.000 \text{ MPa}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = 0.530 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$\begin{aligned}
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 2.0/2) = 14.000 \\
A_{v1} &= A_s + A_{c1}/n_1 = 151,920.0 + 1,509,843.2 / 14.0 = 2.598\text{E}+05 \text{ mm}^2 \\
v_1 &= (A_{c1}/n_1) \times d_v / A_{v1} = (1,509,843.2/14.0) \times 1,601.2 / 259,765.9 = 664.8 \text{ mm} \\
d_{c,v1} &= d_v - v_1 = 1,601.2 - 664.8 = 936.4 \text{ mm} \\
I_{v1} &= (I_s + A_s \cdot v_1^2) + (I_c/n_1 + A_c/n_1 \cdot d_{c,v1}^2) \\
&= (230,737,988,542.2 + 151,920.0 \times 664.8^2) + (7,863,766,840.5/14.0 \\
&\quad + 1,509,843.2/14.0 \times 936.4^2) = 3.930\text{E}+11 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

▪ 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$\begin{aligned}
y_{su,v1} &= y_{su} - v_1 = 1,465.2 - 664.8 = 800.4 \text{ mm} \\
y_{sl,v1} &= y_{sl} - v_1 = -1,558.8 - 664.8 = -2,223.6 \text{ mm}
\end{aligned}$$

▪ 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$\begin{aligned}
y_{cu,v1} &= d_{c,v1} + T_c / 2 = 936.4 + 250.0 / 2 = 1,061.4 \text{ mm} \\
y_{cl,v1} &= y_{cu,v1} - T_c = 1,061.4 - 250.0 = 811.4 \text{ mm}
\end{aligned}$$

▪ 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$\begin{aligned}
N_c &= M_{sc} \cdot d_{c,v} \cdot A_{c1} / (n \cdot I_v) \\
&= 2,728.4 \times 661.7 \times 1,509,843.2 / (7.0 \times 460,401,646,114.1) = 8.458\text{E}+05 \text{ N}
\end{aligned}$$

▪ 강재보와 결함으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 845,827.9 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = 8.458\text{E}+05 \text{ N}$$

▪ P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = 845,827.9 \times 936.4 = 7.921\text{E}+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

▪ 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 28,693.4 / (1 + 2.0 / 2) = 14,346.700 \text{ MPa}$$

▪ 2차 고정하중에 의한 합성단면에서 콘크리트 바닥판 상·하연 응력

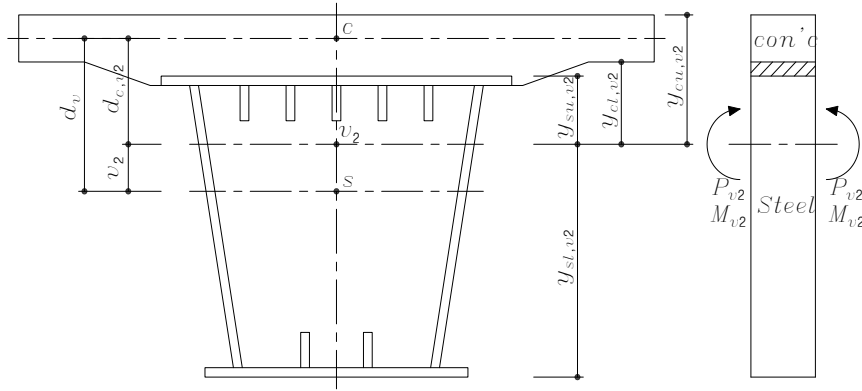
$$\begin{aligned}
f_{cu,v} &= M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 2,728.399 \times 786.7 / (460,401,646,114.1 \times 7.0) = 0.666 \text{ MPa} \\
f_{cl,v} &= M_{sc} \cdot y_{sl,v} / (I_v \cdot n) = 2,728.399 \times 536.7 / (460,401,646,114.1 \times 7.0) = 0.454 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

▪ 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

$$\begin{aligned}
f_{cu,v1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cu,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu,v} \cdot \phi_1 / E_c \\
&= (1/14.0) \times (845,827.9/259,765.9 + 0.530 \times 792,075,302.4 \times 1,061.4/393,010,871,603.7) \\
&\quad - 14,346.7 \times 0.666 \times 2.0/28,693.4 = -0.353 \text{ MPa} \\
f_{cl,v1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cl,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl,v} \cdot \phi_1 / E_c \\
&= (1/14.0) \times (845,827.9/259,765.9 + 0.530 \times 792,075,302.4 \times 811.4/393,010,871,603.7) \\
&\quad - 14,346.7 \times 0.454 \times 2.0/28,693.4 = -0.160 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned}
f_{su,v1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v1} / I_{v1} \\
&= 845,827.9/259,765.9 + 0.530 \times 792,075,302.4 \times 800.4/393,010,871,603.7 = 4.110 \text{ MPa} \\
f_{sl,v1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v1} / I_{v1} \\
&= 845,827.9/259,765.9 + 0.530 \times 792,075,302.4 \times -2,223.6/393,010,871,603.7 = 0.883 \text{ MPa}
\end{aligned}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 ϕ_2 는 $\phi_2 = 2 \cdot \phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 151,920.0 + 1,509,843.2 / 21.0 = 2.238E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2} = (1,509,843.2/21.0) \times 1,601.2 / 223,817.3 = 514.4 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,601.2 - 514.4 = 1,086.9 \text{ mm}$$

$$I_{v2} = (I_s + A_s \cdot v_2^2) + (I_c/n_2 + A_c/n_2 \cdot d_{c,v2}^2) = (230,737,988,542.2 + 151,920.0 \times 514.4^2) + (7,863,766,840.5/21.0 + 1,509,843.2/21.0 \times 1,086.9^2) = 3.562E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v2} = y_{su} - v_2 = 1,465.2 - 514.4 = 950.9 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v2} = y_{sl} - v_2 = -1,558.8 - 514.4 = -2,073.1 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v2} = d_{c,v2} + T_c / 2 = 1,086.9 + 250.0 / 2 = 1,211.9 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v2} = y_{cu,v2} - T_c = 1,211.9 - 250.0 = 961.9 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,509,843.2 / 21.0 = 3.980E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 3,979,515.4 \times 1,211.9 = 4.325E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{c2} = E_s / n_2 = 205,000.0 / 21.0 = 9,761.905 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{cu,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = (1/21.0) \times (3,979,515.4/223,817.3 + 0.530 \times 4,325,170,622.6 \times 1,211.9/356,235,517,649.0) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.418 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{cl,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = (1/21.0) \times (3,979,515.4/223,817.3 + 0.530 \times 4,325,170,622.6 \times 1,211.9/356,235,517,649.0) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.495 \text{ MPa}$$

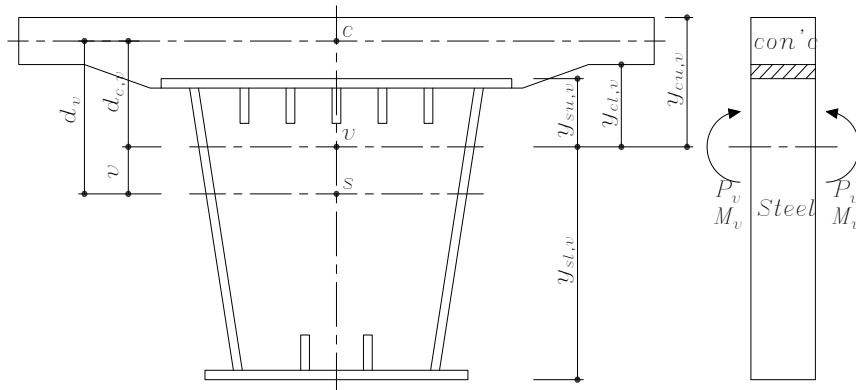
- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v2}/I_{v2}$$

$$= 3,979,515.4/223,817.3 + 0.530 \times 4,325,170,622.6 \times 950.9/356,235,517,649.0 = 23.894 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v2}/I_{v2}$$

$$= 3,979,515.4/223,817.3 + 0.530 \times 4,325,170,622.6 \times -2,073.1/356,235,517,649.0 = 4.450 \text{ MPa}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10℃를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,509,843.2 / 7.0 = 5.306E+06 \text{ N}$$

P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 5,306,020.5 \times 661.7 = 3.511E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,t} = 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cu,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t$$

$$= (1/7.0) \times (5,306,020.5/367,611.9 + 0.530 \times 3,511,123,269.4 \times 786.7/460,401,646,114.1) - 28,693.4 \times 0.000120 = -0.927 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,t} = 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cl,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t$$

$$= (1/7.0) \times (5,306,020.5/367,611.9 + 0.530 \times 3,511,123,269.4 \times 536.7/460,401,646,114.1) - 28,693.4 \times 0.000120 = -1.072 \text{ MPa}$$

강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_v$$

$$= 5,306,020.5/367,611.9 + 0.530 \times 3,511,123,269.4 \times 525.7/460,401,646,114.1 = 16.557 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_v$$

$$= 5,306,020.5/367,611.9 + 0.530 \times 3,511,123,269.4 \times -2,498.3/460,401,646,114.1 = 4.344 \text{ MPa}$$

(8) 전단 및 비틀림

풍하중 비재하시의 전단응력

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

$$= 471.032/72,000.0 + 100.465/182,664,027.4 + 545.515/182,664,027.4 = 10.079 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 10.1 \text{ MPa} \leq u_a = 110.0 \text{ MPa} \dots \dots 0.K !!$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0.0$)
 f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)
 i : 응력구배계수
 n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490B 사용) (도.설.해 3.3.2)

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

- 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490B 사용) (도.설.해 3.4.2.3)

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

- 철근 콘크리트의 허용응력 (도.설.해 3.9.3.1)

$$f_{ca} = 0.40 \quad f_{ck} = 10.800 \text{ MPa} \quad (f_{ck} = 27.0 \text{ MPa 사용 })$$

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

- 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력 (도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	64.692	-68.823	190.000	190.000
1+2+3	2.360	1.610	10.800	10.800	75.733	-121.290	190.000	190.000
1+2+3+5	2.008	1.450	10.800	10.800	79.844	-120.408	218.500	190.000
1+2+3+5+6	0.590	-0.044	10.800	1.890	103.738	-115.958	218.500	190.000
1+2+3+5+6+7	-0.337	-1.116	2.174	2.174	120.295	-111.614	247.000	218.500
1+2+3+5+6-7	1.517	1.027	12.420	12.420	87.181	-120.301	247.000	218.500

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.116	0.131	0.008	0.008	0.124	0.140	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.159	0.408	0.008	0.008	0.167	0.416	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.134	0.402	0.008	0.008	0.142	0.410	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.225	0.372	0.008	0.008	0.234	0.381	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.237	0.261	0.008	0.008	0.246	0.269	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.125	0.303	0.008	0.008	0.133	0.312	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{120.295}{247.000} \right)^2 + \left(\frac{10.079}{110.000} \right)^2 = 0.237 + 0.008 = 0.246 \leq 1.2 \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{-121.290}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{10.079}{110.000} \right)^2 = 0.408 + 0.008 = 0.416 \leq 1.2 \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 압축(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 99.0 / 16.0 = 6.2 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2,500.0 / (49 \times 1.0 \times 5) = 10.2 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

$$(\text{합성형 스테드 설치시}) \quad t_{min} = 10.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

- 인장(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100.0 / 16.0 = 6.3 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 2 단] (도.설.기 3.8.4.1)

$$t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 3,000.0 / (310 \times 1.200) = 8.1 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(190.0 / 64.692)} = 1.71 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

(도.설.기 3.9.3.2)

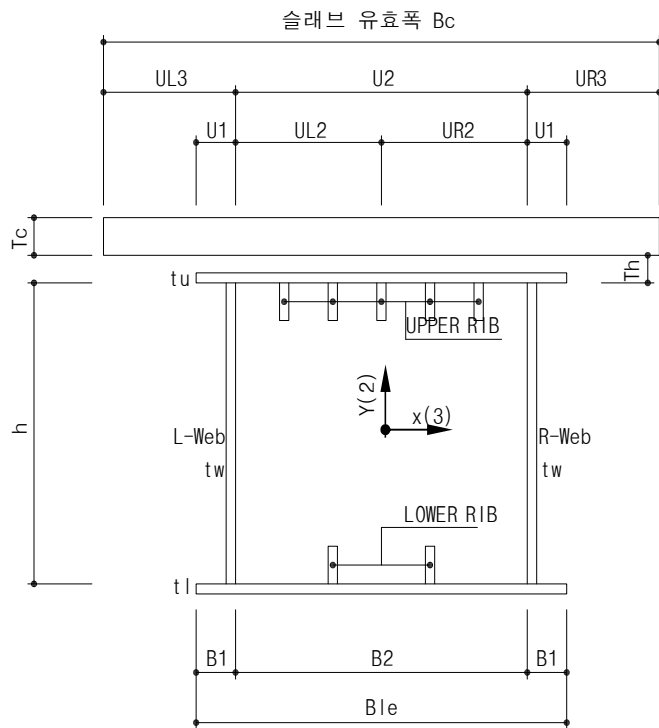
- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.

- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	84.100	-89.470	315.000	0.K !!
1+2+3	4.509	3.076	16.200	0.K !!	105.190	-189.691	315.000	0.K !!
1+2+3+7	5.436	4.147	16.200	0.K !!	121.747	-194.034	315.000	0.K !!
1+2+3+5	4.156	2.916	16.200	0.K !!	109.300	-188.808	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6	2.738	1.421	16.200	0.K !!	133.194	-184.358	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	1.811	0.350	16.200	0.K !!	149.751	-180.014	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	3.665	2.493	16.200	0.K !!	116.637	-188.702	315.000	0.K !!

[G1 : 단면 - S2 중앙부]

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM490B

Bc = 6,012.7 mm

UL3 = 1,173.0 mm

UR3 = 2,339.7 mm

U1 = 100.0 mm

UL2 = 1,250.0 mm

UR2 = 1,250.0 mm

상부 플랜지 유효폭

Bue = 2,700.0 mm

하부 플랜지 유효폭

Ble = 2,700.0 mm

B1 = 100.0 mm

B2 = 2,500.0 mm

Tc = 250.0 mm

Th = 23.0 mm

h = 3,000.0 mm

$\Theta_L = 0.000^\circ$

$\Theta_R = 0.000^\circ$

구 분	단 위	입력 Data
E_s : 강재 탄성계수	MPa	205,000.0
E_c : 콘크리트의 탄성계수	MPa	28,693.4
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율	-	0.000270
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수	-	0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수	-	4.0

n : 강과 콘크리트의 탄성계수비	-	7.0
Δt : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10.0
M_s : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	7,833.801
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	2,083.361
M_w : 풍하중에 의한 모멘트	kN·m	0.000
M_v : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	6,818.009
V_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-25.763
V_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-11.085
V_w : 풍하중에 의한 전단력	kN	0.000
V_v : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	-367.722
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-32.304
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-45.695
M_{wt} : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN·m	0.000
M_{vt} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-465.392

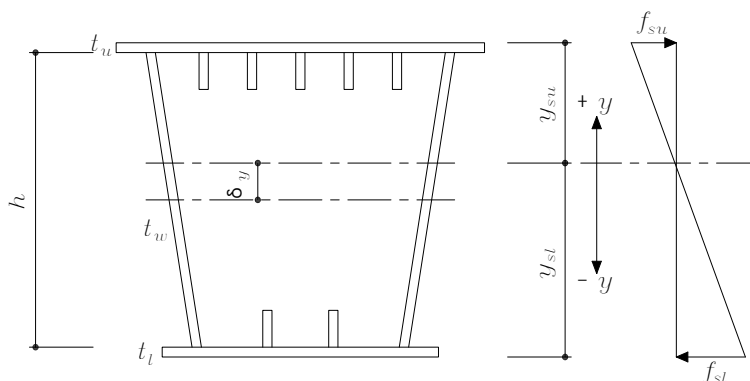
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

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 - 2,700.0 × 12.0	32,400.0	1,506.0	4.879E+07	7.348E+10	3.888E+05
UPPER RIB	4 - 180.0 × 14.0	10,080.0	1,410.0	1.421E+07	2.004E+10	2.722E+07
L - WEB	1 - 3,000.0 × 12.0	36,000.0	-	-	-	2.700E+10
R - WEB	1 - 3,000.0 × 12.0	36,000.0	-	-	-	2.700E+10
LOWER RIB	2 - 180.0 × 14.0	5,040.0	-1,410.0	-7.106E+06	1.002E+10	1.361E+07
LOWER FL.	1 - 2,700.0 × 12.0	32,400.0	-1,506.0	-4.879E+07	7.348E+10	3.888E+05
강재 단면 합계		151,920.0	-	7.106E+06	1.770E+11	5.404E+10
RC. SLAB	1 - 6,012.7 × 250.0	1,503,164.9	1,648.0	2.477E+09	4.082E+12	7.829E+09
SLAB 단면 합계		1,503,164.9	-	2.477E+09	4.082E+12	7.829E+09
※ $A_s = 151,920.0 \text{ mm}^2$ $A_{c1} = 1,503,164.9 \text{ mm}^2$						

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = 7,106,400.0 / 151,920.0 = 46.777 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 3,000.0 / 2 + 12.0 - 46.777 = 1,465.223 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 3,000.0 / 2 + 12.0 + 46.777 \} = -1,558.777 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{x0} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 54,041,601,600.0 + 177,028,804,800.0 - 151,920.0 \times 46.777^2 = 2.307\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토 (도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = 7,833.801 \times 1,465.2 / 230,737,988,542.2 = 49.746 \text{ MPa}$$

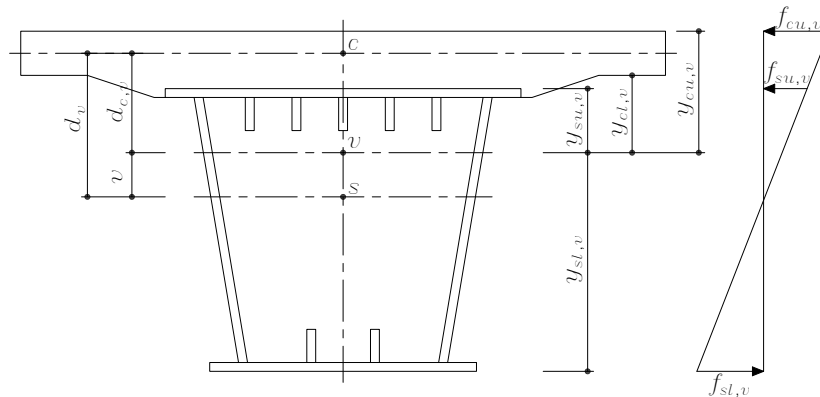
$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = 7,833.801 \times -1,558.8 / 230,737,988,542.2 = -52.922 \text{ MPa}$$

- 부재의 전단응력 검토 (도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = 7.566\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

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

$$= 25.763 / 72,000.0 + 32.304 / (2 \times 7,566,144.0 \times 12.0) = 0.536 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,503,164.9 / 7.0 = 214,737.8 \text{ mm}^2$$

- 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 7,828,983,724.0 / 7.0 = 1.118\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

- 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_{cn1} = 151,920.0 + 214,737.8 = 366,657.8 \text{ mm}^2$$

- 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 1,465.2 - 12.0 + 23.0 + 250.0/2 = 1,601.2 \text{ mm}$$

- 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_{cn1} \times d_v / A_v = 214,737.8 \times 1,601.2 / 366,657.8 = 937.8 \text{ mm}$$

- 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v} = d_v - v = 1,601.2 - 937.8 = 663.4 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = I_s + A_s \cdot v^2 + I_{cn1} + A_{cn1} \cdot d_{c,v}^2$$

$$= 230,737,988,542.2 + 151,920.0 \times 937.8^2 + 1,118,426,246.3 + 214,737.8 \times 663.4^2 = 4.600\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 1,465.2 - 937.8 = 527.4 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -1,558.8 - 937.8 = -2,496.6 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 콘크리트 바닥판 상·하연까지의 거리

$$y_{cu,v} = d_{c,v} + T_c / 2 = 663.4 + 250.0 / 2 = 788.4 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v} = y_{cu,v} - T_c = 788.4 - 250.0 = 538.4 \text{ mm}$$

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v = 2,083.361 \times 527.4 / 459,977,830,915.0 = 2.389 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v = 2,083.361 \times -2,496.6 / 459,977,830,915.0 = -11.308 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 2,083.361 \times 788.4 / (459,977,830,915.0 \times 7.0) = 0.510 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 2,083.361 \times 538.4 / (459,977,830,915.0 \times 7.0) = 0.348 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$F_v = 7.611\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{scl} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 11.085 / 72,000.0 + 45.695 / (2 \times 7,611,001.1 \times 12.0) = 0.404 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v = 6,818.009 \times 527.4 / 459,977,830,915.0 = 7.818 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v = 6,818.009 \times -2,496.6 / 459,977,830,915.0 = -37.005 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 6,818.009 \times 788.4 / (459,977,830,915.0 \times 7.0) = 1.670 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 6,818.009 \times 538.4 / (459,977,830,915.0 \times 7.0) = 1.140 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 367.722 / 72,000.0 + 465.392 / (2 \times 7,611,001.1 \times 12.0) = 7.655 \text{ MPa}$$

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

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_v = 0.000 \times 527.4 / 459,977,830,915.0 = 0.000 \text{ MPa}$$

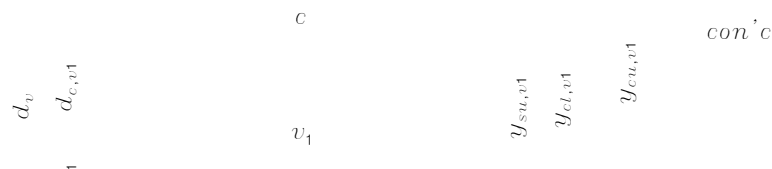
$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_v = 0.000 \times -2,496.6 / 459,977,830,915.0 = 0.000 \text{ MPa}$$

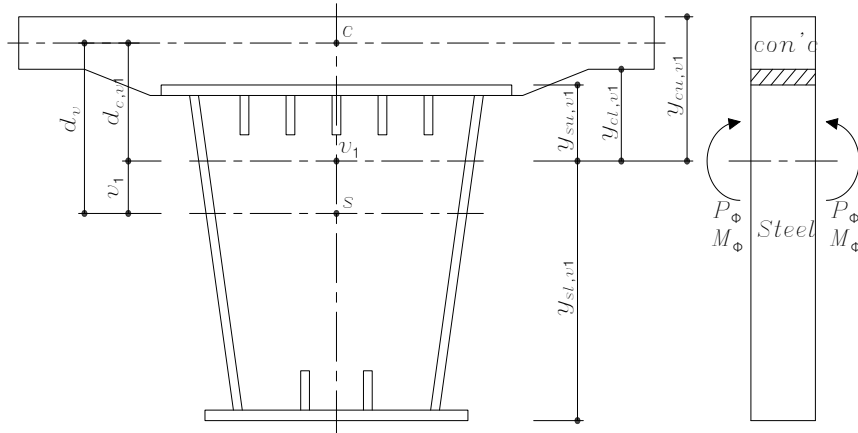
$$f_{cu,v} = M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 0.000 \times 788.4 / (459,977,830,915.0 \times 7.0) = 0.000 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 0.000 \times 538.4 / (459,977,830,915.0 \times 7.0) = 0.000 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$u = V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 0.000 / 72,000.0 + 0.000 / (2 \times 7,611,001.1 \times 12.0) = 0.000 \text{ MPa}$$





(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = -0.190 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 7.0 \times (1 + 2.0 / 2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_{c1} / n_1 = 151,920.0 + 1,503,164.9 / 14.0 = 2.593E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_{c1} / n_1) \times d_v / A_{v1} = (1,503,164.9 / 14.0) \times 1,601.2 / 259,288.9 = 663.1 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v - v_1 = 1,601.2 - 663.1 = 938.2 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v_1^2) + (I_c / n_1 + A_c / n_1 \cdot d_{c,v1}^2) \\ = (230,737,988,542.2 + 151,920.0 \times 663.1^2) + (7,828,983,724.0 / 14.0 + 1,503,164.9 / 14.0 \times 938.2^2) = 3.926E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v1} = y_{su} - v_1 = 1,465.2 - 663.1 = 802.2 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v1} = y_{sl} - v_1 = -1,558.8 - 663.1 = -2,221.8 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v1} = d_{c,v1} + T_c / 2 = 938.2 + 250.0 / 2 = 1,063.2 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v1} = y_{cu,v1} - T_c = 1,063.2 - 250.0 = 813.2 \text{ mm}$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v} \cdot A_{c1} / (n \cdot I_v) \\ = 2,083.4 \times 663.4 \times 1,503,164.9 / (7.0 \times 459,977,830,915.0) = 6.453E+05 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 645,270.7 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = 6.453E+05 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = 645,270.7 \times 938.2 = 6.054E+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 28,693.4 / (1 + 2.0 / 2) = 14,346.700 \text{ MPa}$$

- 2차 고정하중에 의한 합성단면에서 콘크리트 바닥판 상·하연 응력

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 2,083.361 \times 788.4 / (459,977,830,915.0 \times 7.0) = 0.510 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / (I_v \cdot n) = 2,083.361 \times 538.4 / (459,977,830,915.0 \times 7.0) = 0.348 \text{ MPa}$$

▪ 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

$$f_{cu,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cu,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu,v} \cdot \phi_1 / E_c$$

$$= (1/14.0) \times (645,270.7/259,288.9 + -0.190 \times 605,375,278.1 \times 1,063.2/392,589,295,532.9)$$

$$- 14,346.7 \times 0.510 \times 2.0/28,693.4 = -0.355 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cl,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl,v} \cdot \phi_1 / E_c$$

$$= (1/14.0) \times (645,270.7/259,288.9 + -0.190 \times 605,375,278.1 \times 813.2/392,589,295,532.9)$$

$$- 14,346.7 \times 0.348 \times 2.0/28,693.4 = -0.188 \text{ MPa}$$

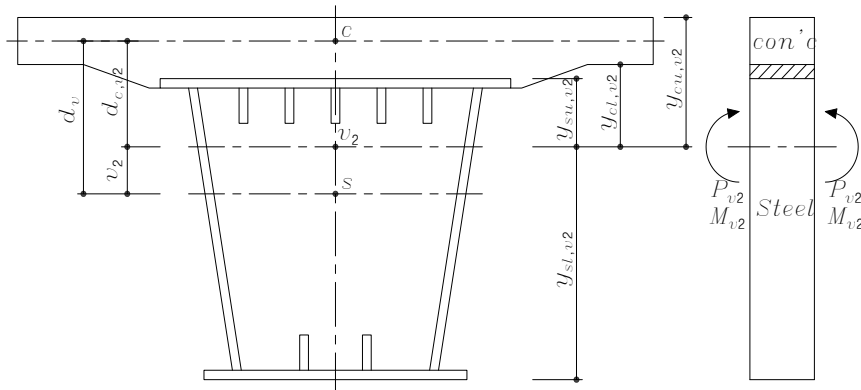
▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v1} / I_{v1}$$

$$= 645,270.7/259,288.9 + -0.190 \times 605,375,278.1 \times 802.2/392,589,295,532.9 = 2.253 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v1} / I_{v1}$$

$$= 645,270.7/259,288.9 + -0.190 \times 605,375,278.1 \times -2,221.8/392,589,295,532.9 = 3.141 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

▪ 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수

ϕ_2 는 $\phi_2 = 2 \cdot \phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{i2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 151,920.0 + 1,503,164.9 / 21.0 = 2.235E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{i2} = (1,503,164.9/21.0) \times 1,601.2 / 223,499.3 = 512.8 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,601.2 - 512.8 = 1,088.4 \text{ mm}$$

$$I_{i2} = (I_s + A_s \cdot v_2^2) + (I_{c1}/n_2 + A_{c1}/n_2 \cdot d_{c,v2}^2)$$

$$= (230,737,988,542.2 + 151,920.0 \times 512.8^2) + (7,828,983,724.0/21.0 + 1,503,164.9/21.0 \times 1,088.4^2) = 3.559E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v2} = y_{su} - v_2 = 1,465.2 - 512.8 = 952.4 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v2} = y_{sl} - v_2 = -1,558.8 - 512.8 = -2,071.6 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v2} = d_{c,v2} + T_c / 2 = 1,088.4 + 250.0 / 2 = 1,213.4 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v2} = y_{cu,v2} - T_c = 1,213.4 - 250.0 = 963.4 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,503,164.9 / 21.0 = 3.962\text{E}+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 3,961,913.1 \times 1,213.4 = 4.312\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{c2} = E_s / n_2 = 205,000.0 / 21.0 = 9,761.905 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

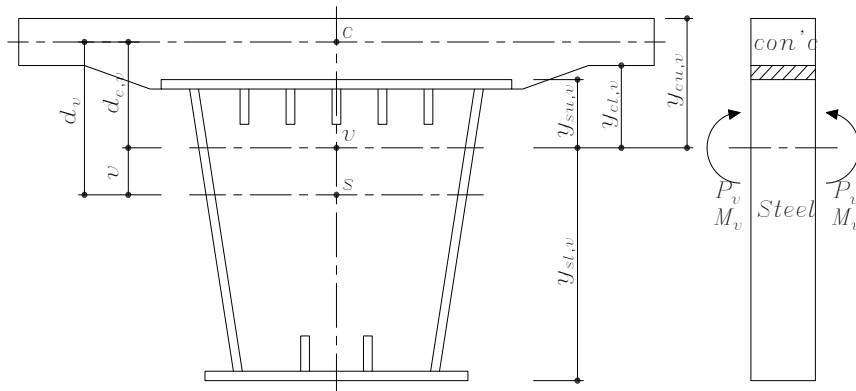
$$\begin{aligned} f_{cu,v2} &= 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{cu,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ &= (1/21.0) \times (3,961,913.1/223,499.3 + -0.190 \times 4,312,166,533.7 \times 1,213.4/355,857,665,410.4) \\ &\quad - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.925 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{cl,v2} &= 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{cl,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ &= (1/21.0) \times (3,961,913.1/223,499.3 + -0.190 \times 4,312,166,533.7 \times 1,213.4/355,857,665,410.4) \\ &\quad - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.897 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v2}/I_{v2} \\ &= 3,961,913.1/223,499.3 + -0.190 \times 4,312,166,533.7 \times 952.4/355,857,665,410.4 = 15.529 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v2}/I_{v2} \\ &= 3,961,913.1/223,499.3 + -0.190 \times 4,312,166,533.7 \times -2,071.6/355,857,665,410.4 = 22.506 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10℃를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

- 온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,503,164.9 / 7.0 = 5.283\text{E}+06 \text{ N}$$

- P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 5,282,550.8 \times 663.4 = 3.505\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$\begin{aligned} f_{cu,t} &= 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cu,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t \\ &= (1/7.0) \times (5,282,550.8/366,657.8 + -0.190 \times 3,504,688,426.9 \times 788.4/459,977,830,915.0) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & - 28,693.4 \times 0.000120 & = & -1.548 \text{ MPa} \\
 f_{cl,t} &= 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cl,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t \\
 &= (1/7.0) \times (5,282,550.8/366,657.8 + -0.190 \times 3,504,688,426.9 \times 538.4/459,977,830,915.0) \\
 & - 28,693.4 \times 0.000120 & = & -1.497 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned}
 f_{su,v2} &= P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_v \\
 &= 5,282,550.8/366,657.8 + -0.190 \times 3,504,688,426.9 \times 527.4/459,977,830,915.0 & = & 13.642 \text{ MPa} \\
 f_{sl,v2} &= P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_v \\
 &= 5,282,550.8/366,657.8 + -0.190 \times 3,504,688,426.9 \times -2,496.6/459,977,830,915.0 & = & 18.029 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

▪ 풍하중 비재하시의 전단응력

$$\begin{aligned}
 u &= (V_s + V_{sc} + V_v)/A_w + M_{st}/(2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 \cdot F_v \cdot t_w) \\
 &= 404.570/72,000.0 + 32.304/182,664,027.4 + 511.087/182,664,027.4 & = & 8.594 \text{ MPa} \\
 \text{※ } u &= 8.6 \text{ MPa} \leq u_a = 110.0 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!
 \end{aligned}$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0.0$)
 f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)
 i : 응력구배계수
 n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

▪ 인장 (하부)플랜지의 허용응력

(SM490B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

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

▪ 압축 (상부)플랜지의 허용응력

(SM490B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

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

▪ 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	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	49.746	-52.922	190.000	190.000
1+2+3	2.180	1.489	10.800	10.800	59.953	-101.235	190.000	190.000
1+2+3+5	1.825	1.301	10.800	10.800	62.206	-98.094	218.500	190.000
1+2+3+5+6	-0.100	-0.597	1.890	1.890	77.735	-75.588	218.500	190.000
1+2+3+5+6+7	-1.648	-2.093	2.174	2.174	91.378	-57.559	247.000	218.500
1+2+3+5+6-7	1.449	0.900	12.420	12.420	64.093	-93.617	247.000	218.500

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.069	0.078	0.006	0.006	0.075	0.084	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.100	0.284	0.006	0.006	0.106	0.290	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.081	0.267	0.006	0.006	0.087	0.273	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.127	0.158	0.006	0.006	0.133	0.164	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.137	0.069	0.006	0.006	0.143	0.075	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.067	0.184	0.006	0.006	0.073	0.190	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \quad \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{91.378}{247.000} \right)^2 + \left(\frac{8.594}{110.000} \right)^2 = 0.137 + 0.006 = 0.143 \leq 1.2 \quad \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{-101.235}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{8.594}{110.000} \right)^2 = 0.284 + 0.006 = 0.290 \leq 1.2 \quad \dots\dots 0.K !!$$

(11) 판의 최소두께 검토

▪ 압축(상부) 플랜지

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 99.0 / 16.0 = 6.2 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

$$t_{min} = b/(49 \cdot i \cdot n) = 2,500.0 / (49 \times 1.0 \times 5) = 10.2 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

$$(\text{합성형 스테드 설치시}) \quad t_{min} = 10.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

▪ 인장(하부) 플랜지

(도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 100.0 / 16.0 = 6.3 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

▪ 복 부 판

[수평보강재 사용단수 2 단]

(도.설.기 3.8.4.1)

$$t_{min} = b/(310 \times 1.200) = 3,000.0 / (310 \times 1.200) = 8.1 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190.0 / 49.746)} = 1.95 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

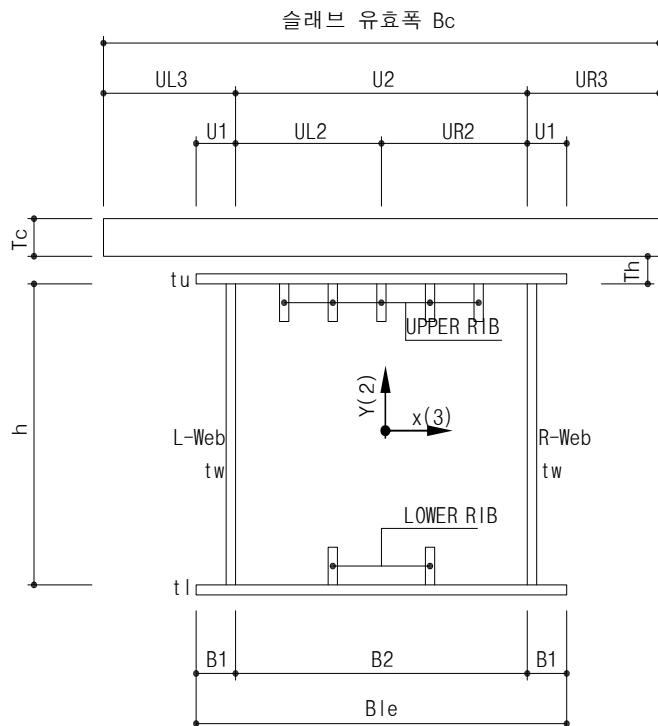
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크립의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	64.670	-68.799	315.000	0.K !!
1+2+3	4.253	2.904	16.200	0.K !!	84.584	-163.060	315.000	0.K !!
1+2+3+7	5.801	4.401	16.200	0.K !!	98.226	-181.089	315.000	0.K !!
1+2+3+5	3.898	2.717	16.200	0.K !!	86.837	-159.919	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6	1.973	0.819	16.200	0.K !!	102.367	-137.412	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.425	-0.677	16.200	0.K !!	116.009	-119.383	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	3.522	2.316	16.200	0.K !!	88.724	-155.441	315.000	0.K !!

[G1 : 단면 - S3 중앙부]

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM490B

$B_c = 6,039.4 \text{ mm}$

$UL3 = 1,173.0 \text{ mm}$

$UR3 = 2,366.4 \text{ mm}$

$U1 = 100.0 \text{ mm}$

$UL2 = 1,250.0 \text{ mm}$

$UR2 = 1,250.0 \text{ mm}$

상부 플랜지 유효폭

$B_{ue} = 2,700.0 \text{ mm}$

하부 플랜지 유효폭

$B_{le} = 2,700.0 \text{ mm}$

$B1 = 100.0 \text{ mm}$

$B2 = 2,500.0 \text{ mm}$

$T_c = 250.0 \text{ mm}$

$Th = 23.0 \text{ mm}$

$h = 3,000.0 \text{ mm}$

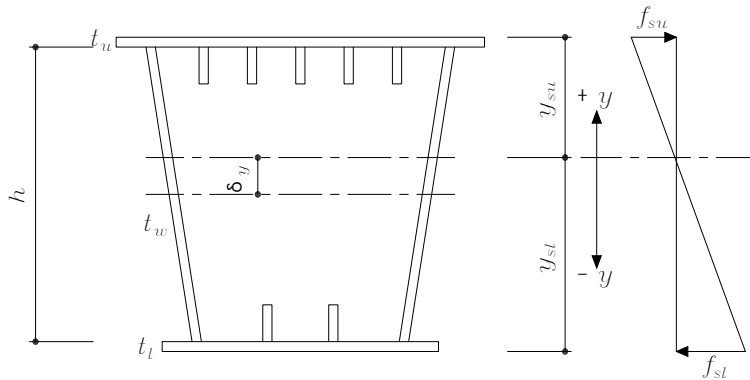
$\Theta_L = 0.000^\circ$

$\Theta_R = 0.000^\circ$

구 분	단 위	입력 Data
E_s : 강재 탄성계수	MPa	205,000.0
E_c : 콘크리트의 탄성계수	MPa	28,693.4
ε_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율	-	0.000270
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수	-	0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수	-	4.0
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비	-	7.0
Δt : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10.0
M_s : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	10,177.097
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	2,728.328
M_w : 풍하중에 의한 모멘트	kN·m	0.000
M_v : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	6,940.528
V_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-103.531
V_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-32.578
V_w : 풍하중에 의한 전단력	kN	0.000
V_v : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	-334.316
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-101.926
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-44.819
M_{wt} : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN·m	0.000
M_{vt} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-499.820

X(3)축 방향 단면 제원

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

▪ 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = 7,106,400.0 / 151,920.0 = 46.777 \text{ mm}$$

▪ 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 3,000.0 / 2 + 12.0 - 46.777 = 1,465.223 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 3,000.0 / 2 + 12.0 + 46.777 \} = -1,558.777 \text{ mm}$$

▪ 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 54,041,601,600.0 + 177,028,804,800.0 - 151,920.0 \times 46.777^2 = 2.307\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

▪ 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = 10,177.097 \times 1,465.2 / 230,737,988,542.2 = 64.626 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = 10,177.097 \times -1,558.8 / 230,737,988,542.2 = -68.753 \text{ MPa}$$

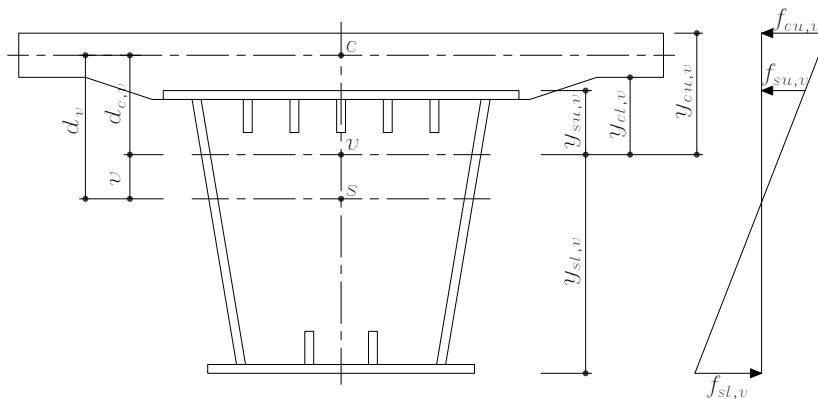
▪ 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = 7.566\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

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

$$= 103.531 / 72,000.0 + 101.926 / (2 \times 7,566,144.0 \times 12.0) = 1.999 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,509,843.2 / 7.0 = 215,691.9 \text{ mm}^2$$

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 7,863,766,840.5 / 7.0 = 1.123\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

▪ 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_{cn1} = 151,920.0 + 215,691.9 = 367,611.9 \text{ mm}^2$$

▪ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 1,465.2 - 12.0 + 23.0 + 250.0/2 = 1,601.2 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_{cn1} \times d_v / A_v = 215,691.9 \times 1,601.2 / 367,611.9 = 939.5 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v} = d_v - v = 1,601.2 - 939.5 = 661.7 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = I_s + A_s \cdot v^2 + I_{cn1} + A_{cn1} \cdot d_{c,v}^2 \\ = 230,737,988,542.2 + 151,920.0 \times 939.5^2 + 1,123,395,262.9 + 215,691.9 \times 661.7^2 = 4.604 \text{E}+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성 단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 1,465.2 - 939.5 = 525.7 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -1,558.8 - 939.5 = -2,498.3 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면 도심에서 콘크리트 바닥판 상·하연까지의 거리

$$y_{cu,v} = d_{c,v} + T_c / 2 = 661.7 + 250.0 / 2 = 786.7 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v} = y_{cu,v} - T_c = 786.7 - 250.0 = 536.7 \text{ mm}$$

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v = 2,728.328 \times 525.7 / 460,401,646,114.1 = 3.115 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v = 2,728.328 \times -2,498.3 / 460,401,646,114.1 = -14.805 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 2,728.328 \times 786.7 / (460,401,646,114.1 \times 7.0) = 0.666 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 2,728.328 \times 536.7 / (460,401,646,114.1 \times 7.0) = 0.454 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$F_v = 7.611 \text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{scl} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 32.578 / 72,000.0 + 44.819 / (2 \times 7,611,001.1 \times 12.0) = 0.698 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v = 6,940.528 \times 525.7 / 460,401,646,114.1 = 7.925 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v = 6,940.528 \times -2,498.3 / 460,401,646,114.1 = -37.661 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 6,940.528 \times 786.7 / (460,401,646,114.1 \times 7.0) = 1.694 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 6,940.528 \times 536.7 / (460,401,646,114.1 \times 7.0) = 1.156 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 334.316 / 72,000.0 + 499.820 / (2 \times 7,611,001.1 \times 12.0) = 7.380 \text{ MPa}$$

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

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_v = 0.000 \times 525.7 / 460,401,646,114.1 = 0.000 \text{ MPa}$$

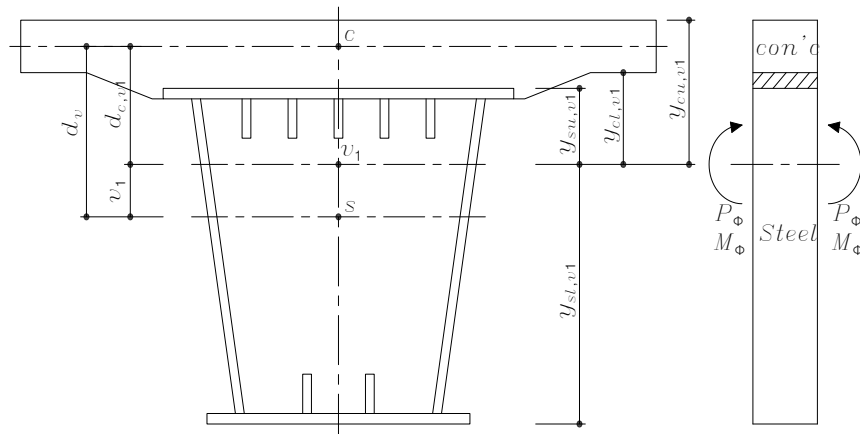
$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_v = 0.000 \times -2,498.3 / 460,401,646,114.1 = 0.000 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 0.000 \times 786.7 / (460,401,646,114.1 \times 7.0) = 0.000 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 0.000 \times 536.7 / (460,401,646,114.1 \times 7.0) = 0.000 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$v = V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 0.000 / 72,000.0 + 0.000 / (2 \times 7,611,001.1 \times 12.0) = 0.000 \text{ MPa}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = 0.530 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 7.0 \times (1 + 2.0 / 2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_{c1} / n_1 = 151,920.0 + 1,509,843.2 / 14.0 = 2.598E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_{c1} / n_1) \times d_v / A_{v1} = (1,509,843.2 / 14.0) \times 1,601.2 / 259,765.9 = 664.8 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v - v_1 = 1,601.2 - 664.8 = 936.4 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v_1^2) + (I_c / n_1 + A_c / n_1 \cdot d_{c,v1}^2)$$

$$= (230,737,988,542.2 + 151,920.0 \times 664.8^2) + (7,863,766,840.5 / 14.0 + 1,509,843.2 / 14.0 \times 936.4^2) = 3.930E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v1} = y_{su} - v_1 = 1,465.2 - 664.8 = 800.4 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v1} = y_{sl} - v_1 = -1,558.8 - 664.8 = -2,223.6 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v1} = d_{c,v1} + T_c / 2 = 936.4 + 250.0 / 2 = 1,061.4 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v1} = y_{cu,v1} - T_c = 1,061.4 - 250.0 = 811.4 \text{ mm}$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v} \cdot A_{c1} / (n \cdot I_v)$$

$$= 2,728.3 \times 661.7 \times 1,509,843.2 / (7.0 \times 460,401,646,114.1) = 8.458E+05 \text{ N}$$

- 강재보와 결함으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 845,805.8 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = 8.458E+05 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = 845,805.8 \times 936.4 = 7.921\text{E}+08 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 28,693.4 / (1 + 2.0 / 2) = 14,346.700 \text{ MPa}$$

- 2차 고정하중에 의한 합성단면에서 콘크리트 바닥판 상·하면 응력

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 2,728.328 \times 786.7 / (460,401,646,114.1 \times 7.0) = 0.666 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / (I_v \cdot n) = 2,728.328 \times 536.7 / (460,401,646,114.1 \times 7.0) = 0.454 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

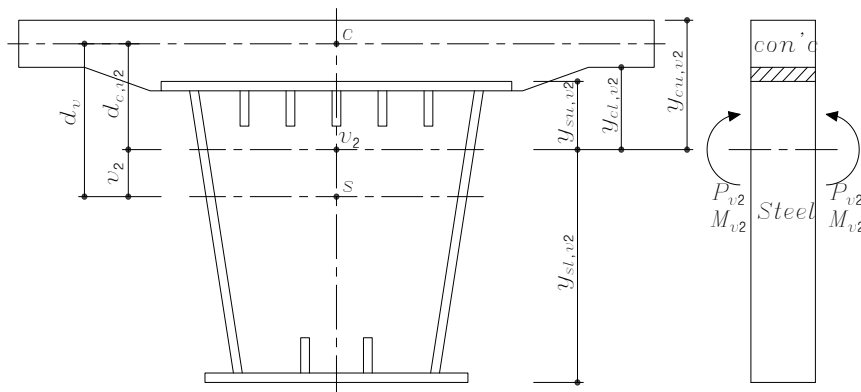
$$\begin{aligned} f_{cu,v1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cu,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu,v} \cdot \phi_1 / E_c \\ &= (1/14.0) \times (845,805.8/259,765.9 + 0.530 \times 792,054,690.5 \times 1,061.4/393,010,871,603.7) \\ &\quad - 14,346.7 \times 0.666 \times 2.0/28,693.4 = -0.353 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{cl,v1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cl,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl,v} \cdot \phi_1 / E_c \\ &= (1/14.0) \times (845,805.8/259,765.9 + 0.530 \times 792,054,690.5 \times 811.4/393,010,871,603.7) \\ &\quad - 14,346.7 \times 0.454 \times 2.0/28,693.4 = -0.160 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v1} / I_{v1} \\ &= 845,805.8/259,765.9 + 0.530 \times 792,054,690.5 \times 800.4/393,010,871,603.7 = 4.110 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v1} / I_{v1} \\ &= 845,805.8/259,765.9 + 0.530 \times 792,054,690.5 \times -2,223.6/393,010,871,603.7 = 0.883 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 ϕ_2 는 $\phi_2 = 2 \cdot \phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 151,920.0 + 1,509,843.2 / 21.0 = 2.238\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2} = (1,509,843.2/21.0) \times 1,601.2 / 223,817.3 = 514.4 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,601.2 - 514.4 = 1,086.9 \text{ mm}$$

$$I_{v2} = (I_s + A_s \cdot v_2^2) + (I_c/n_2 + A_c/n_2 \cdot d_{c,v2}^2)$$

$$\begin{aligned} &= (230,737,988,542.2 + 151,920.0 \times 514.4^2) + (7,863,766,840.5/21.0 \\ &\quad + 1,509,843.2/21.0 \times 1,086.9^2) = 3.562\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v2} = y_{su} - v_2 = 1,465.2 - 514.4 = 950.9 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v2} = y_{sl} - v_2 = -1,558.8 - 514.4 = -2,073.1 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v2} = d_{c,v2} + T_c / 2 = 1,086.9 + 250.0 / 2 = 1,211.9 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v2} = y_{cu,v2} - T_c = 1,211.9 - 250.0 = 961.9 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1} / n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,509,843.2 / 21.0 = 3.980\text{E}+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 3,979,515.4 \times 1,211.9 = 4.325\text{E}+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{c2} = E_s / n_2 = 205,000.0 / 21.0 = 9,761.905 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

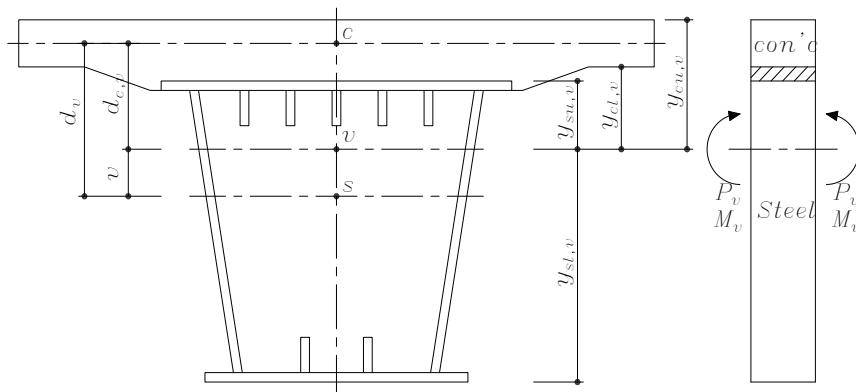
$$\begin{aligned} f_{cu,v2} &= 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{cu,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ &= (1/21.0) \times (3,979,515.4/223,817.3 + 0.530 \times 4,325,170,622.6 \times 1,211.9/356,235,517,649.0) \\ &\quad - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.418 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{cl,v2} &= 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{cl,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ &= (1/21.0) \times (3,979,515.4/223,817.3 + 0.530 \times 4,325,170,622.6 \times 1,211.9/356,235,517,649.0) \\ &\quad - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.495 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v2}/I_{v2} \\ &= 3,979,515.4/223,817.3 + 0.530 \times 4,325,170,622.6 \times 950.9/356,235,517,649.0 = 23.894 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v2}/I_{v2} \\ &= 3,979,515.4/223,817.3 + 0.530 \times 4,325,170,622.6 \times -2,073.1/356,235,517,649.0 = 4.449 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10℃를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

- 온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1} / n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,509,843.2 / 7.0 = 5.306E+06 \text{ N}$$

- P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 5,306,020.5 \times 661.7 = 3.511E+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$\begin{aligned} f_{cu,t} &= 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cu,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t \\ &= (1/7.0) \times (5,306,020.5/367,611.9 + 0.530 \times 3,511,123,269.4 \times 786.7/460,401,646,114.1) \\ &\quad - 28,693.4 \times 0.000120 = -0.927 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{cl,t} &= 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cl,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t \\ &= (1/7.0) \times (5,306,020.5/367,611.9 + 0.530 \times 3,511,123,269.4 \times 536.7/460,401,646,114.1) \\ &\quad - 28,693.4 \times 0.000120 = -1.072 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_v \\ &= 5,306,020.5/367,611.9 + 0.530 \times 3,511,123,269.4 \times 525.7/460,401,646,114.1 = 16.557 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_v \\ &= 5,306,020.5/367,611.9 + 0.530 \times 3,511,123,269.4 \times -2,498.3/460,401,646,114.1 = 4.343 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$\begin{aligned} u &= (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 470.426/72,000.0 + 101.926/182,664,027.4 + 544.639/182,664,027.4 = 10.073 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\ast u = 10.1 \text{ MPa} \leq u_a = 110.0 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0.0$)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (하부)플랜지의 허용응력

(SM490B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

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

- 압축 (상부)플랜지의 허용응력

(SM490B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

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

- 철근 콘크리트의 허용응력 (도.설.해 3.9.3.1)

$$f_{ca} = 0.40 f_{ck} = 10.800 \text{ MPa} \quad (f_{ck} = 27.0 \text{ MPa 사용 })$$

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

- 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력 (도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	64.626	-68.753	190.000	190.000
1+2+3	2.360	1.610	10.800	10.800	75.667	-121.219	190.000	190.000
1+2+3+5	2.008	1.450	10.800	10.800	79.777	-120.336	218.500	190.000
1+2+3+5+6	0.590	-0.044	10.800	1.890	103.672	-115.887	218.500	190.000
1+2+3+5+6+7	-0.338	-1.116	2.174	2.174	120.229	-111.543	247.000	218.500
1+2+3+5+6-7	1.517	1.027	12.420	12.420	87.115	-120.230	247.000	218.500

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

- (10) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.116	0.131	0.008	0.008	0.124	0.139	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.159	0.407	0.008	0.008	0.167	0.415	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.133	0.401	0.008	0.008	0.142	0.410	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.225	0.372	0.008	0.008	0.234	0.380	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.237	0.261	0.008	0.008	0.245	0.269	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.124	0.303	0.008	0.008	0.133	0.311	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \quad \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{120.229}{247.000} \right)^2 + \left(\frac{10.073}{110.000} \right)^2 = 0.237 + 0.008 = 0.245 \leq 1.2 \quad \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{-121.219}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{10.073}{110.000} \right)^2 = 0.407 + 0.008 = 0.415 \leq 1.2 \quad \dots\dots 0.K !!$$

- (11) 판의 최소두께 검토

- 압축(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 99.0 / 16.0 = 6.2 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

$$t_{min} = b/(49 \cdot i \cdot n) = 2,500.0 / (49 \times 1.0 \times 5) = 10.2 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

$$(\text{합성형 스티드 설치시}) \quad t_{min} = 10.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

- 인장(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 100.0 / 16.0 = 6.3 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

▪ 복 부 판 [수평보강재 사용단수 2 단] (도.설.기 3.8.4.1)

$$t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 3,000.0 / (310 \times 1.200) = 8.1 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(190.0 / 64.626)} = 1.71 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

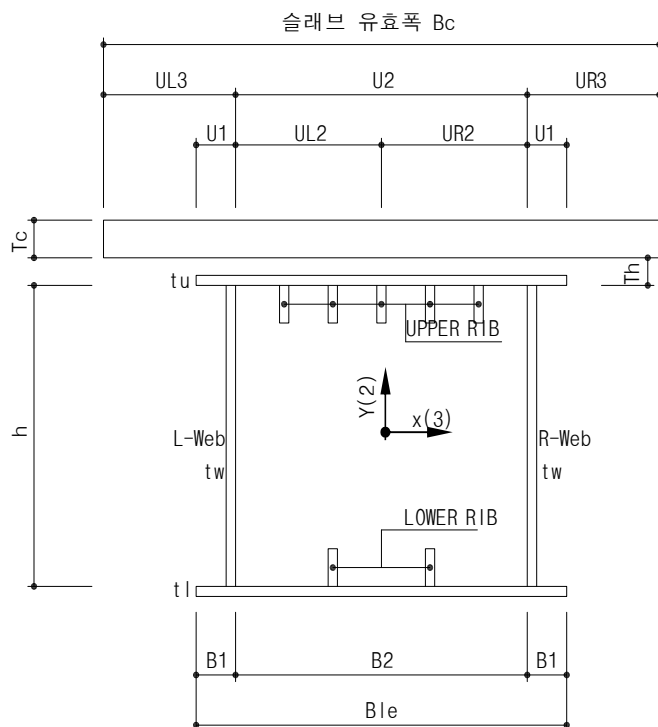
(12) 항복에 대한 안전도 검사 (도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	84.014	-89.378	315.000	0.K !!
1+2+3	4.508	3.076	16.200	0.K !!	105.103	-189.596	315.000	0.K !!
1+2+3+7	5.436	4.147	16.200	0.K !!	121.661	-193.940	315.000	0.K !!
1+2+3+5	4.156	2.916	16.200	0.K !!	109.214	-188.714	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6	2.738	1.421	16.200	0.K !!	133.108	-184.264	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	1.811	0.350	16.200	0.K !!	149.665	-179.921	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	3.665	2.493	16.200	0.K !!	116.551	-188.608	315.000	0.K !!

[G2 : 단면 - S1 중앙부]

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM490B

$$Bc = 6,038.4 \text{ mm}$$

$$UL3 = 2,366.4 \text{ mm}$$

$$UR3 = 1,172.0 \text{ mm}$$

$$U1 = 100.0 \text{ mm}$$

$$UL2 = 1,250.0 \text{ mm}$$

$$UR2 = 1,250.0 \text{ mm}$$

상부 플랜지 유효폭

$$Bue = 2,700.0 \text{ mm}$$

하부 플랜지 유효폭

$$Ble = 2,700.0 \text{ mm}$$

$$B1 = 100.0 \text{ mm}$$

$$B2 = 2,500.0 \text{ mm}$$

$$Tc = 250.0 \text{ mm}$$

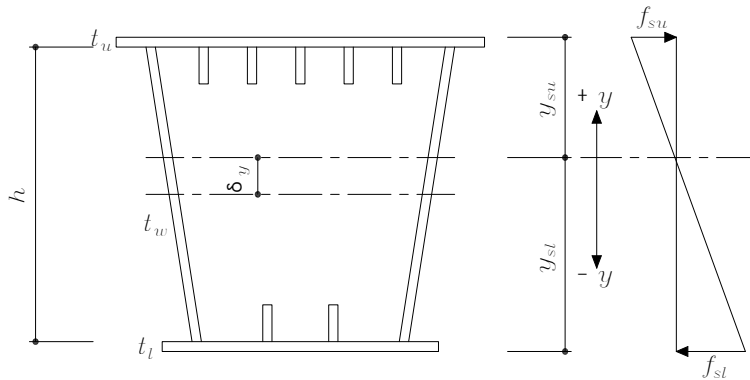
$$Th = 23.0 \text{ mm}$$

$$h = 3,000.0 \text{ mm}$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

▪ 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = 7,106,400.0 / 151,920.0 = 46.777 \text{ mm}$$

▪ 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 3,000.0 / 2 + 12.0 - 46.777 = 1,465.223 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 3,000.0 / 2 + 12.0 + 46.777 \} = -1,558.777 \text{ mm}$$

▪ 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 54,041,601,600.0 + 177,028,804,800.0 - 151,920.0 \times 46.777^2 = 2.307\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

▪ 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = 10,265.262 \times 1,465.2 / 230,737,988,542.2 = 65.186 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = 10,265.262 \times -1,558.8 / 230,737,988,542.2 = -69.348 \text{ MPa}$$

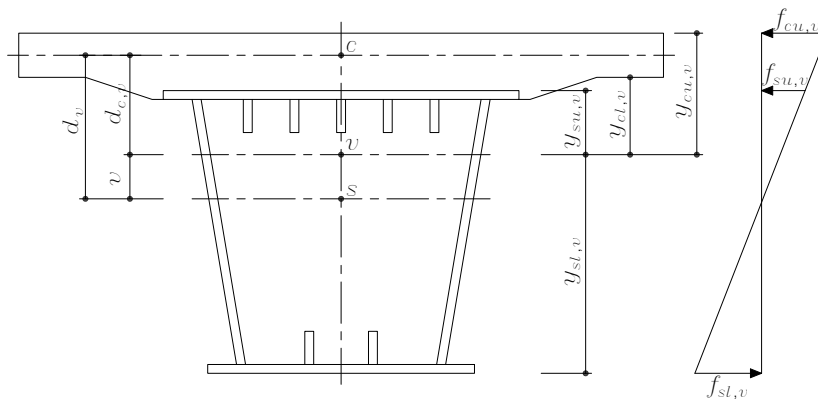
▪ 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = 7.566\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

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

$$= 102.593 / 72,000.0 + 50.678 / (2 \times 7,566,144.0 \times 12.0) = 1.704 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,509,593.2 / 7.0 = 215,656.2 \text{ mm}^2$$

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 7,862,464,757.1 / 7.0 = 1.123\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

▪ 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_{cn1} = 151,920.0 + 215,656.2 = 367,576.2 \text{ mm}^2$$

▪ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 1,465.2 - 12.0 + 23.0 + 250.0/2 = 1,601.2 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_{cn1} \times d_v / A_v = 215,656.2 \times 1,601.2 / 367,576.2 = 939.4 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v} = d_v - v = 1,601.2 - 939.4 = 661.8 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = I_s + A_s \cdot v^2 + I_{cn1} + A_{cn1} \cdot d_{c,v}^2 = 230,737,988,542.2 + 151,920.0 \times 939.4^2 + 1,123,209,251.0 + 215,656.2 \times 661.8^2 = 4.604\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 1,465.2 - 939.4 = 525.8 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -1,558.8 - 939.4 = -2,498.2 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 콘크리트 바닥판 상·하연까지의 거리

$$y_{cu,v} = d_{c,v} + T_c / 2 = 661.8 + 250.0 / 2 = 786.8 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v} = y_{cu,v} - T_c = 786.8 - 250.0 = 536.8 \text{ mm}$$

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v = 2,979.733 \times 525.8 / 460,385,820,040.2 = 3.403 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v = 2,979.733 \times -2,498.2 / 460,385,820,040.2 = -16.169 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 2,979.733 \times 786.8 / (460,385,820,040.2 \times 7.0) = 0.727 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 2,979.733 \times 536.8 / (460,385,820,040.2 \times 7.0) = 0.496 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$F_v = 7.611\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc}/A_w + M_{sct}/(2 \cdot F_v \cdot t_w) = 26.675 / 72,000.0 + 28.918 / (2 \times 7,611,001.1 \times 12.0) = 0.529 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v = 6,935.010 \times 525.8 / 460,385,820,040.2 = 7.920 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v = 6,935.010 \times -2,498.2 / 460,385,820,040.2 = -37.632 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 6,935.010 \times 786.8 / (460,385,820,040.2 \times 7.0) = 1.693 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 6,935.010 \times 536.8 / (460,385,820,040.2 \times 7.0) = 1.155 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$u = V_v/A_w + M_{vt}/(2 \cdot F_v \cdot t_w) = 330.035 / 72,000.0 + 481.486 / (2 \times 7,611,001.1 \times 12.0) = 7.220 \text{ MPa}$$

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

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_v = 0.000 \times 525.8 / 460,385,820,040.2 = 0.000 \text{ MPa}$$

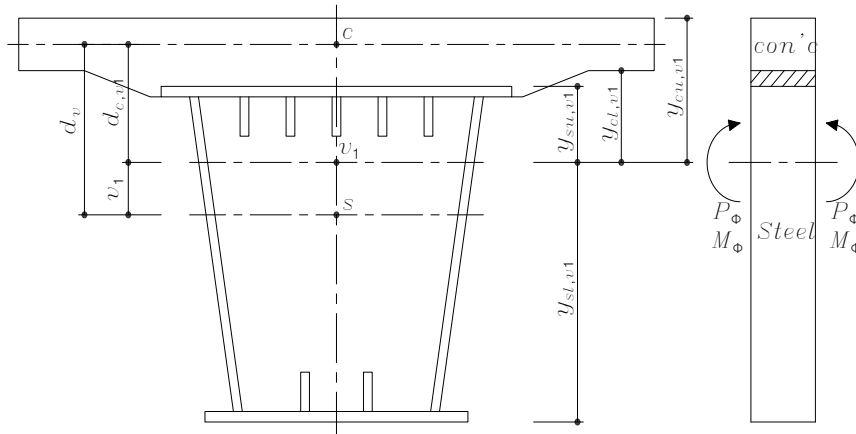
$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_v = 0.000 \times -2,498.2 / 460,385,820,040.2 = 0.000 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 0.000 \times 786.8 / (460,385,820,040.2 \times 7.0) = 0.000 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 0.000 \times 536.8 / (460,385,820,040.2 \times 7.0) = 0.000 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$v = V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 0.000 / 72,000.0 + 0.000 / (2 \times 7,611,001.1 \times 12.0) = 0.000 \text{ MPa}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = 0.530 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 7.0 \times (1 + 2.0 / 2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_{c1} / n_1 = 151,920.0 + 1,509,593.2 / 14.0 = 2.597\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_{c1} / n_1) \times d_v / A_{v1} = (1,509,593.2 / 14.0) \times 1,601.2 / 259,748.1 = 664.7 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v - v_1 = 1,601.2 - 664.7 = 936.5 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v_1^2) + (I_c / n_1 + A_c / n_1 \cdot d_{c,v1}^2)$$

$$= (230,737,988,542.2 + 151,920.0 \times 664.7^2) + (7,862,464,757.1 / 14.0 + 1,509,593.2 / 14.0 \times 936.5^2) = 3.930\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v1} = y_{su} - v_1 = 1,465.2 - 664.7 = 800.5 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v1} = y_{sl} - v_1 = -1,558.8 - 664.7 = -2,223.5 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v1} = d_{c,v1} + T_c / 2 = 936.5 + 250.0 / 2 = 1,061.5 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v1} = y_{cu,v1} - T_c = 1,061.5 - 250.0 = 811.5 \text{ mm}$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v} \cdot A_{c1} / (n \cdot I_v)$$

$$= 2,979.7 \times 661.8 \times 1,509,593.2 / (7.0 \times 460,385,820,040.2) = 9.237\text{E}+05 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 923,712.2 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = 9.237\text{E}+05 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = 923,712.2 \times 936.5 = 8.651\text{E}+08 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 28,693.4 / (1 + 2.0 / 2) = 14,346.700 \text{ MPa}$$

- 2차 고정하중에 의한 합성단면에서 콘크리트 바닥판 상·하면 응력

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 2,979.733 \times 786.8 / (460,385,820,040.2 \times 7.0) = 0.727 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / (I_v \cdot n) = 2,979.733 \times 536.8 / (460,385,820,040.2 \times 7.0) = 0.496 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

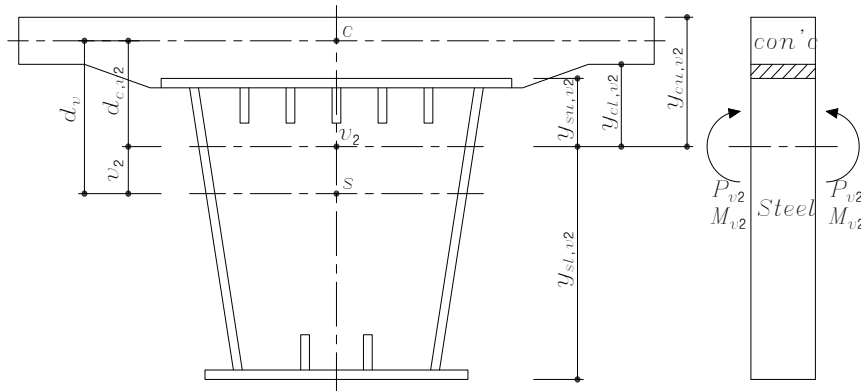
$$\begin{aligned} f_{cu,v1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cu,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu,v} \cdot \phi_1 / E_c \\ &= (1/14.0) \times (923,712.2/259,748.1 + 0.530 \times 865,069,507.0 \times 1,061.5/392,995,117,911.0) \\ &\quad - 14,346.7 \times 0.727 \times 2.0/28,693.4 = -0.385 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{cl,v1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cl,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl,v} \cdot \phi_1 / E_c \\ &= (1/14.0) \times (923,712.2/259,748.1 + 0.530 \times 865,069,507.0 \times 811.5/392,995,117,911.0) \\ &\quad - 14,346.7 \times 0.496 \times 2.0/28,693.4 = -0.175 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v1} / I_{v1} \\ &= 923,712.2/259,748.1 + 0.530 \times 865,069,507.0 \times 800.5/392,995,117,911.0 = 4.489 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v1} / I_{v1} \\ &= 923,712.2/259,748.1 + 0.530 \times 865,069,507.0 \times -2,223.5/392,995,117,911.0 = 0.964 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 ϕ_2 는 $\phi_2 = 2 \cdot \phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 151,920.0 + 1,509,593.2 / 21.0 = 2.238\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2} = (1,509,593.2/21.0) \times 1,601.2 / 223,805.4 = 514.3 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,601.2 - 514.3 = 1,086.9 \text{ mm}$$

$$I_{v2} = (I_s + A_s \cdot v_2^2) + (I_c/n_2 + A_c/n_2 \cdot d_{c,v2}^2)$$

$$\begin{aligned} &= (230,737,988,542.2 + 151,920.0 \times 514.3^2) + (7,862,464,757.1/21.0 \\ &\quad + 1,509,593.2/21.0 \times 1,086.9^2) = 3.562\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v2} = y_{su} - v_2 = 1,465.2 - 514.3 = 950.9 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v2} = y_{sl} - v_2 = -1,558.8 - 514.3 = -2,073.1 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v2} = d_{c,v2} + T_c / 2 = 1,086.9 + 250.0 / 2 = 1,211.9 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v2} = y_{cu,v2} - T_c = 1,211.9 - 250.0 = 961.9 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1} / n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,509,593.2 / 21.0 = 3.979\text{E}+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 3,978,856.5 \times 1,211.9 = 4.325\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{c2} = E_s / n_2 = 205,000.0 / 21.0 = 9,761.905 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

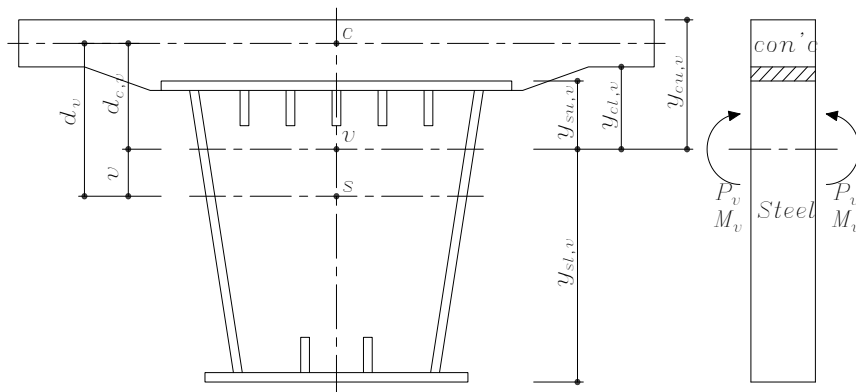
$$\begin{aligned} f_{cu,v2} &= 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{cu,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ &= (1/21.0) \times (3,978,856.5/223,805.4 + 0.530 \times 4,324,684,488.8 \times 1,211.9/356,221,392,258.0) \\ &\quad - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.418 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{cl,v2} &= 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{cl,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ &= (1/21.0) \times (3,978,856.5/223,805.4 + 0.530 \times 4,324,684,488.8 \times 1,211.9/356,221,392,258.0) \\ &\quad - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.495 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v2}/I_{v2} \\ &= 3,978,856.5/223,805.4 + 0.530 \times 4,324,684,488.8 \times 950.9/356,221,392,258.0 = 23.892 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v2}/I_{v2} \\ &= 3,978,856.5/223,805.4 + 0.530 \times 4,324,684,488.8 \times -2,073.1/356,221,392,258.0 = 4.450 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10℃를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

- 온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1} / n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,509,593.2 / 7.0 = 5.305E+06 \text{ N}$$

- P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 5,305,141.9 \times 661.8 = 3.511E+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$\begin{aligned} f_{cu,t} &= 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cu,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t \\ &= (1/7.0) \times (5,305,141.9/367,576.2 + 0.530 \times 3,510,882,987.0 \times 786.8/460,385,820,040.2) \\ &\quad - 28,693.4 \times 0.000120 = -0.927 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{cl,t} &= 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cl,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t \\ &= (1/7.0) \times (5,305,141.9/367,576.2 + 0.530 \times 3,510,882,987.0 \times 536.8/460,385,820,040.2) \\ &\quad - 28,693.4 \times 0.000120 = -1.072 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_v \\ &= 5,305,141.9/367,576.2 + 0.530 \times 3,510,882,987.0 \times 525.8/460,385,820,040.2 = 16.556 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_v \\ &= 5,305,141.9/367,576.2 + 0.530 \times 3,510,882,987.0 \times -2,498.2/460,385,820,040.2 = 4.344 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$\begin{aligned} u &= (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 459.303/72,000.0 + 50.678/182,664,027.4 + 510.404/182,664,027.4 = 9.451 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\ast u = 9.5 \text{ MPa} \leq u_a = 110.0 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0.0$)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (하부)플랜지의 허용응력

(SM490B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

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

- 압축 (상부)플랜지의 허용응력

(SM490B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

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

- 철근 콘크리트의 허용응력 (도.설.해 3.9.3.1)

$$f_{ca} = 0.40 \quad f_{ck} = 10.800 \text{ MPa} \quad (f_{ck} = 27.0 \text{ MPa 사용})$$

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

- 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력 (도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	65.186	-69.348	190.000	190.000
1+2+3	2.421	1.651	10.800	10.800	76.509	-123.149	190.000	190.000
1+2+3+5	2.036	1.477	10.800	10.800	80.999	-122.185	218.500	190.000
1+2+3+5+6	0.617	-0.018	10.800	1.890	104.890	-117.735	218.500	190.000
1+2+3+5+6+7	-0.310	-1.090	2.174	2.174	121.447	-113.391	247.000	218.500
1+2+3+5+6-7	1.545	1.054	12.420	12.420	88.334	-122.079	247.000	218.500

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

- (10) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.118	0.133	0.007	0.007	0.125	0.141	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.162	0.420	0.007	0.007	0.170	0.427	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.137	0.414	0.007	0.007	0.145	0.421	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.230	0.384	0.007	0.007	0.238	0.391	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.242	0.269	0.007	0.007	0.249	0.277	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.128	0.312	0.007	0.007	0.135	0.320	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \quad \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{121.447}{247.000}\right)^2 + \left(\frac{9.451}{110.000}\right)^2 = 0.242 + 0.007 = 0.249 \leq 1.2 \quad \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{-123.149}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{9.451}{110.000}\right)^2 = 0.420 + 0.007 = 0.427 \leq 1.2 \quad \dots\dots 0.K !!$$

- (11) 판의 최소두께 검토

- 압축(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 99.0 / 16.0 = 6.2 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

$$t_{min} = b/(49 \cdot i \cdot n) = 2,500.0 / (49 \times 1.0 \times 5) = 10.2 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

$$(\text{합성형 스티드 설치시}) \quad t_{min} = 10.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

- 인장(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 100.0 / 16.0 = 6.3 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 2 단] (도.설.기 3.8.4.1)

$$t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 3,000.0 / (310 \times 1.200) = 8.1 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(190.0 / 65.186)} = 1.71 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

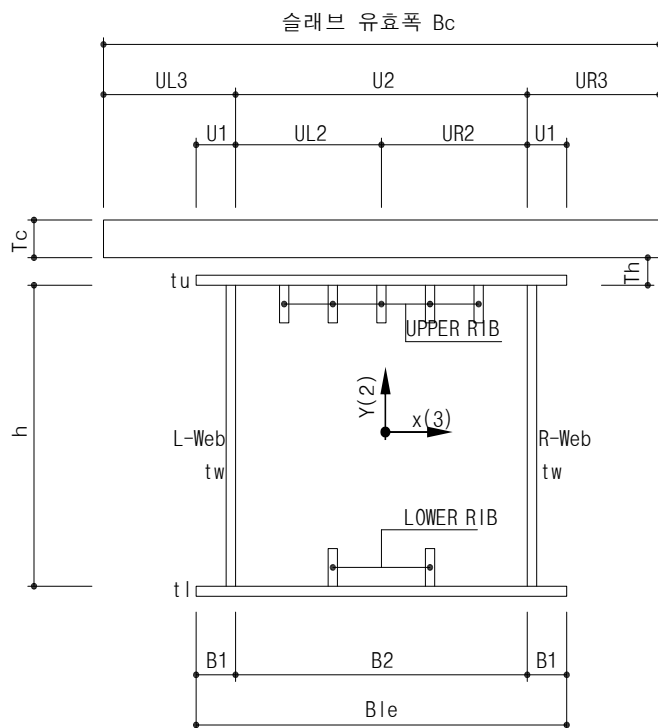
- (12) 항복에 대한 안전도 검사 (도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	84.742	-90.153	315.000	0.K !!
1+2+3	4.586	3.129	16.200	0.K !!	106.194	-192.081	315.000	0.K !!
1+2+3+7	5.513	4.200	16.200	0.K !!	122.750	-196.425	315.000	0.K !!
1+2+3+5	4.201	2.954	16.200	0.K !!	110.684	-191.116	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6	2.783	1.459	16.200	0.K !!	134.575	-186.666	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	1.855	0.388	16.200	0.K !!	151.131	-182.322	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	3.710	2.531	16.200	0.K !!	118.019	-191.010	315.000	0.K !!

[G2 : 단면 - S2 중앙부]

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM490B

$$B_c = 6,011.7 \text{ mm}$$

$$UL3 = 2,339.7 \text{ mm}$$

$$UR3 = 1,172.0 \text{ mm}$$

$$U1 = 100.0 \text{ mm}$$

$$UL2 = 1,250.0 \text{ mm}$$

$$UR2 = 1,250.0 \text{ mm}$$

상부 플랜지 유효폭

$$B_{ue} = 2,700.0 \text{ mm}$$

하부 플랜지 유효폭

$$B_{le} = 2,700.0 \text{ mm}$$

$$B1 = 100.0 \text{ mm}$$

$$B2 = 2,500.0 \text{ mm}$$

$$T_c = 250.0 \text{ mm}$$

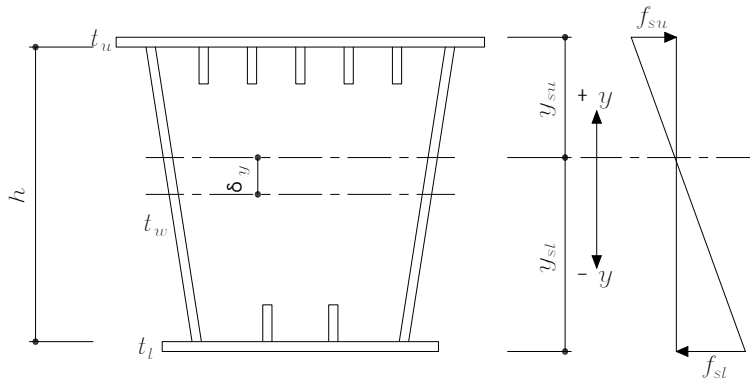
$$Th = 23.0 \text{ mm}$$

$$h = 3,000.0 \text{ mm}$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

▪ 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = 7,106,400.0 / 151,920.0 = 46.777 \text{ mm}$$

▪ 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 3,000.0 / 2 + 12.0 - 46.777 = 1,465.223 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 3,000.0 / 2 + 12.0 + 46.777 \} = -1,558.777 \text{ mm}$$

▪ 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 54,041,601,600.0 + 177,028,804,800.0 - 151,920.0 \times 46.777^2 = 2.307\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

▪ 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = 7,906.291 \times 1,465.2 / 230,737,988,542.2 = 50.206 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = 7,906.291 \times -1,558.8 / 230,737,988,542.2 = -53.412 \text{ MPa}$$

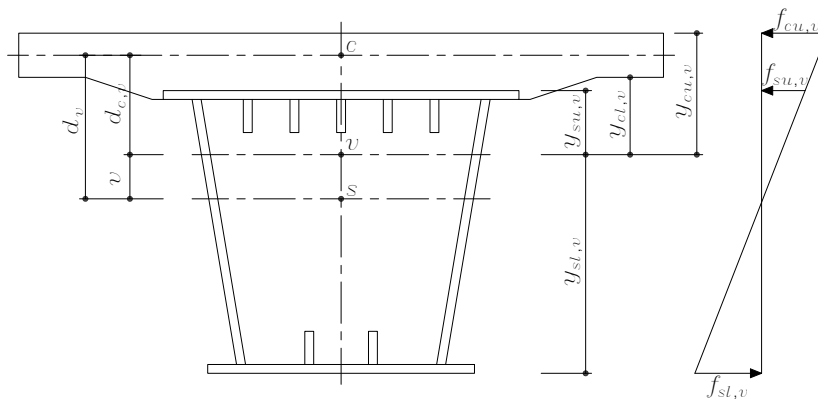
▪ 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = 7.566\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

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

$$= 24.301 / 72,000.0 + 10.351 / (2 \times 7,566,144.0 \times 12.0) = 0.395 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,502,914.9 / 7.0 = 214,702.1 \text{ mm}^2$$

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 7,827,681,640.6 / 7.0 = 1.118\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

▪ 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_{cn1} = 151,920.0 + 214,702.1 = 366,622.1 \text{ mm}^2$$

▪ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 1,465.2 - 12.0 + 23.0 + 250.0/2 = 1,601.2 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_{cn1} \times d_v / A_v = 214,702.1 \times 1,601.2 / 366,622.1 = 937.7 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v} = d_v - v = 1,601.2 - 937.7 = 663.5 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = I_s + A_s \cdot v^2 + I_{cn1} + A_{cn1} \cdot d_{c,v}^2 = 230,737,988,542.2 + 151,920.0 \times 937.7^2 + 1,118,240,234.4 + 214,702.1 \times 663.5^2 = 4.600\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 1,465.2 - 937.7 = 527.5 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -1,558.8 - 937.7 = -2,496.5 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 콘크리트 바닥판 상·하연까지의 거리

$$y_{cu,v} = d_{c,v} + T_c / 2 = 663.5 + 250.0 / 2 = 788.5 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v} = y_{cu,v} - T_c = 788.5 - 250.0 = 538.5 \text{ mm}$$

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v = 2,331.794 \times 527.5 / 459,961,923,339.7 = 2.674 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v = 2,331.794 \times -2,496.5 / 459,961,923,339.7 = -12.656 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 2,331.794 \times 788.5 / (459,961,923,339.7 \times 7.0) = 0.571 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 2,331.794 \times 538.5 / (459,961,923,339.7 \times 7.0) = 0.390 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$F_v = 7.611\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc}/A_w + M_{scl}/(2 \cdot F_v \cdot t_w) = 5.170 / 72,000.0 + 19.424 / (2 \times 7,611,001.1 \times 12.0) = 0.178 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v = 6,808.503 \times 527.5 / 459,961,923,339.7 = 7.808 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v = 6,808.503 \times -2,496.5 / 459,961,923,339.7 = -36.954 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 6,808.503 \times 788.5 / (459,961,923,339.7 \times 7.0) = 1.667 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 6,808.503 \times 538.5 / (459,961,923,339.7 \times 7.0) = 1.139 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$u = V_v/A_w + M_{vt}/(2 \cdot F_v \cdot t_w) = 363.694 / 72,000.0 + 456.387 / (2 \times 7,611,001.1 \times 12.0) = 7.550 \text{ MPa}$$

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

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_v = 0.000 \times 527.5 / 459,961,923,339.7 = 0.000 \text{ MPa}$$

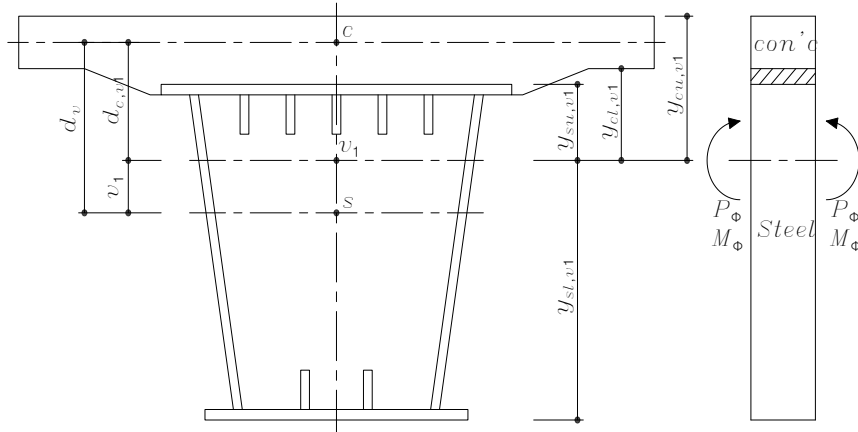
$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_v = 0.000 \times -2,496.5 / 459,961,923,339.7 = 0.000 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 0.000 \times 788.5 / (459,961,923,339.7 \times 7.0) = 0.000 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 0.000 \times 538.5 / (459,961,923,339.7 \times 7.0) = 0.000 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$v = V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 0.000 / 72,000.0 + 0.000 / (2 \times 7,611,001.1 \times 12.0) = 0.000 \text{ MPa}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = -0.190 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 7.0 \times (1 + 2.0 / 2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_{c1} / n_1 = 151,920.0 + 1,502,914.9 / 14.0 = 2.593E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_{c1} / n_1) \times d_v / A_{v1} = (1,502,914.9 / 14.0) \times 1,601.2 / 259,271.1 = 663.0 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v - v_1 = 1,601.2 - 663.0 = 938.2 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v_1^2) + (I_c / n_1 + A_c / n_1 \cdot d_{c,v1}^2)$$

$$= (230,737,988,542.2 + 151,920.0 \times 663.0^2) + (7,827,681,640.6 / 14.0 + 1,502,914.9 / 14.0 \times 938.2^2) = 3.926E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v1} = y_{su} - v_1 = 1,465.2 - 663.0 = 802.2 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v1} = y_{sl} - v_1 = -1,558.8 - 663.0 = -2,221.8 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v1} = d_{c,v1} + T_c / 2 = 938.2 + 250.0 / 2 = 1,063.2 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v1} = y_{cu,v1} - T_c = 1,063.2 - 250.0 = 813.2 \text{ mm}$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v} \cdot A_{c1} / (n \cdot I_v)$$

$$= 2,331.8 \times 663.5 \times 1,502,914.9 / (7.0 \times 459,961,923,339.7) = 7.222E+05 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 722,192.0 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = 7.222E+05 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = 722,192.0 \times 938.2 = 6.776\text{E}+08 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 28,693.4 / (1 + 2.0 / 2) = 14,346.700 \text{ MPa}$$

- 2차 고정하중에 의한 합성단면에서 콘크리트 바닥판 상·하면 응력

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 2,331.794 \times 788.5 / (459,961,923,339.7 \times 7.0) = 0.571 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / (I_v \cdot n) = 2,331.794 \times 538.5 / (459,961,923,339.7 \times 7.0) = 0.390 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

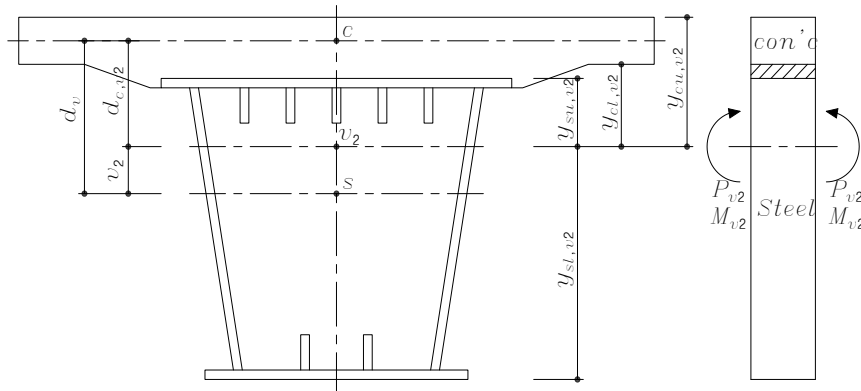
$$\begin{aligned} f_{cu,v1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cu,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu,v} \cdot \phi_1 / E_c \\ &= (1/14.0) \times (722,192.0/259,271.1 + -0.190 \times 677,587,414.5 \times 1,063.2/392,573,484,161.8) \\ &\quad - 14,346.7 \times 0.571 \times 2.0/28,693.4 = -0.397 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{cl,v1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cl,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl,v} \cdot \phi_1 / E_c \\ &= (1/14.0) \times (722,192.0/259,271.1 + -0.190 \times 677,587,414.5 \times 813.2/392,573,484,161.8) \\ &\quad - 14,346.7 \times 0.390 \times 2.0/28,693.4 = -0.210 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v1} / I_{v1} \\ &= 722,192.0/259,271.1 + -0.190 \times 677,587,414.5 \times 802.2/392,573,484,161.8 = 2.522 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v1} / I_{v1} \\ &= 722,192.0/259,271.1 + -0.190 \times 677,587,414.5 \times -2,221.8/392,573,484,161.8 = 3.516 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 ϕ_2 는 $\phi_2 = 2 \cdot \phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 151,920.0 + 1,502,914.9 / 21.0 = 2.235\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2} = (1,502,914.9/21.0) \times 1,601.2 / 223,487.4 = 512.8 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,601.2 - 512.8 = 1,088.5 \text{ mm}$$

$$I_{v2} = (I_s + A_s \cdot v_2^2) + (I_c/n_2 + A_c/n_2 \cdot d_{c,v2}^2)$$

$$\begin{aligned} &= (230,737,988,542.2 + 151,920.0 \times 512.8^2) + (7,827,681,640.6/21.0 \\ &\quad + 1,502,914.9/21.0 \times 1,088.5^2) = 3.558\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v2} = y_{su} - v_2 = 1,465.2 - 512.8 = 952.5 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v2} = y_{sl} - v_2 = -1,558.8 - 512.8 = -2,071.5 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v2} = d_{c,v2} + T_c / 2 = 1,088.5 + 250.0 / 2 = 1,213.5 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v2} = y_{cu,v2} - T_c = 1,213.5 - 250.0 = 963.5 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1} / n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,502,914.9 / 21.0 = 3.961\text{E}+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 3,961,254.2 \times 1,213.5 = 4.312\text{E}+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{c2} = E_s / n_2 = 205,000.0 / 21.0 = 9,761.905 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

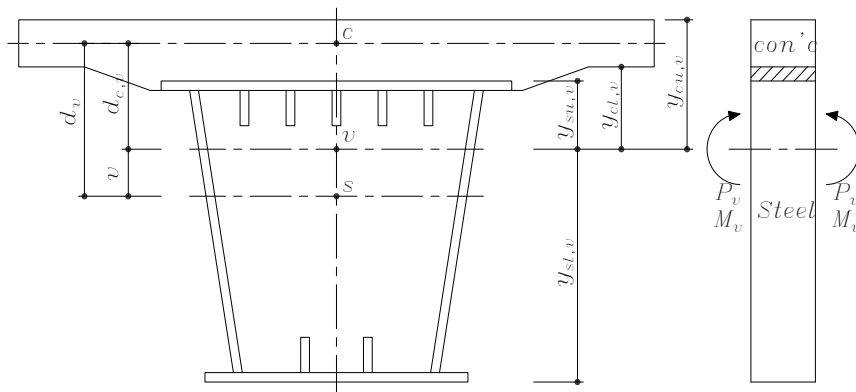
$$\begin{aligned} f_{cu,v2} &= 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{cu,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ &= (1/21.0) \times (3,961,254.2/223,487.4 + -0.190 \times 4,311,679,015.4 \times 1,213.5/355,843,499,968.3) \\ &\quad - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.925 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{cl,v2} &= 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{cl,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ &= (1/21.0) \times (3,961,254.2/223,487.4 + -0.190 \times 4,311,679,015.4 \times 1,213.5/355,843,499,968.3) \\ &\quad - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.898 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v2}/I_{v2} \\ &= 3,961,254.2/223,487.4 + -0.190 \times 4,311,679,015.4 \times 952.5/355,843,499,968.3 = 15.527 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v2}/I_{v2} \\ &= 3,961,254.2/223,487.4 + -0.190 \times 4,311,679,015.4 \times -2,071.5/355,843,499,968.3 = 22.504 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10℃를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

- 온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1} / n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,502,914.9 / 7.0 = 5.282E+06 \text{ N}$$

- P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 5,281,672.3 \times 663.5 = 3.504E+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,t} = 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cu,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t$$

$$= (1/7.0) \times (5,281,672.3/366,622.1 + -0.190 \times 3,504,446,892.5 \times 788.5/459,961,923,339.7) - 28,693.4 \times 0.000120 = -1.549 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,t} = 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cl,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t$$

$$= (1/7.0) \times (5,281,672.3/366,622.1 + -0.190 \times 3,504,446,892.5 \times 538.5/459,961,923,339.7) - 28,693.4 \times 0.000120 = -1.497 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_v$$

$$= 5,281,672.3/366,622.1 + -0.190 \times 3,504,446,892.5 \times 527.5/459,961,923,339.7 = 13.641 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_v$$

$$= 5,281,672.3/366,622.1 + -0.190 \times 3,504,446,892.5 \times -2,496.5/459,961,923,339.7 = 18.028 \text{ MPa}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

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

$$= 393.165/72,000.0 + 10.351/182,664,027.4 + 475.811/182,664,027.4 = 8.122 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 8.1 \text{ MPa} \leq u_a = 110.0 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0.0$)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (하부)플랜지의 허용응력

(SM490B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

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

- 압축 (상부)플랜지의 허용응력

(SM490B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

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

- 철근 콘크리트의 허용응력 (도.설.해 3.9.3.1)

$$f_{ca} = 0.40 \quad f_{ck} = 10.800 \text{ MPa} \quad (f_{ck} = 27.0 \text{ MPa 사용})$$

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

- 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력 (도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	50.206	-53.412	190.000	190.000
1+2+3	2.238	1.529	10.800	10.800	60.689	-103.022	190.000	190.000
1+2+3+5	1.841	1.319	10.800	10.800	63.211	-99.506	218.500	190.000
1+2+3+5+6	-0.084	-0.579	1.890	1.890	78.738	-77.002	218.500	190.000
1+2+3+5+6+7	-1.632	-2.076	2.174	2.174	92.379	-58.974	247.000	218.500
1+2+3+5+6-7	1.465	0.918	12.420	12.420	65.097	-95.030	247.000	218.500

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

- (10) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.070	0.079	0.005	0.005	0.075	0.084	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.102	0.294	0.005	0.005	0.107	0.299	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.084	0.274	0.005	0.005	0.089	0.280	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.130	0.164	0.005	0.005	0.135	0.170	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.140	0.073	0.005	0.005	0.145	0.078	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.069	0.189	0.005	0.005	0.075	0.195	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \quad \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{92.379}{247.000}\right)^2 + \left(\frac{8.122}{110.000}\right)^2 = 0.140 + 0.005 = 0.145 \leq 1.2 \quad \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{-103.022}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{8.122}{110.000}\right)^2 = 0.294 + 0.005 = 0.299 \leq 1.2 \quad \dots\dots 0.K !!$$

- (11) 판의 최소두께 검토

- 압축(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 99.0 / 16.0 = 6.2 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

$$t_{min} = b/(49 \cdot i \cdot n) = 2,500.0 / (49 \times 1.0 \times 5) = 10.2 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

$$(\text{합성형 스테드 설치시}) \quad t_{min} = 10.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

- 인장(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 100.0 / 16.0 = 6.3 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 2 단] (도.설.기 3.8.4.1)

$$t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 3,000.0 / (310 \times 1.200) = 8.1 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(190.0 / 50.206)} = 1.95 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

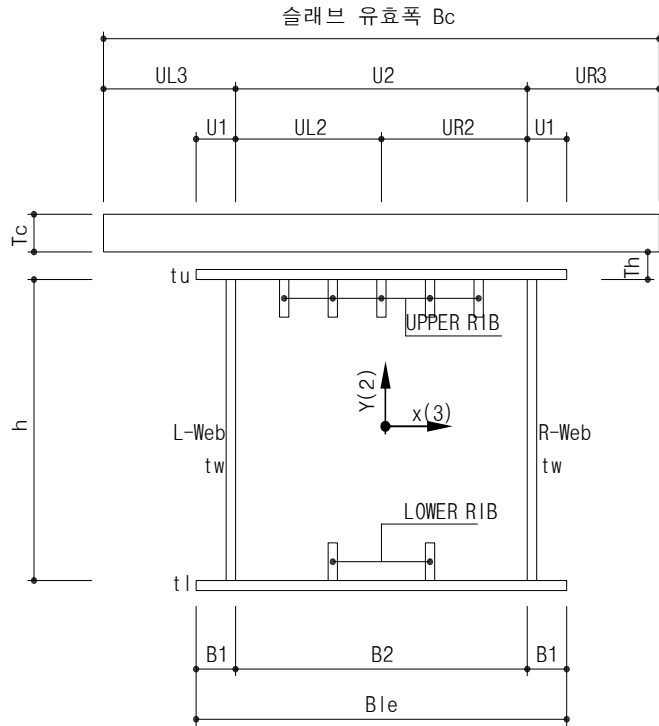
- (12) 항복에 대한 안전도 검사 (도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	65.268	-69.435	315.000	0.K !!
1+2+3	4.327	2.955	16.200	0.K !!	85.533	-165.339	315.000	0.K !!
1+2+3+7	5.876	4.452	16.200	0.K !!	99.174	-183.367	315.000	0.K !!
1+2+3+5	3.930	2.745	16.200	0.K !!	88.054	-161.823	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6	2.005	0.848	16.200	0.K !!	103.582	-139.320	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.457	-0.649	16.200	0.K !!	117.223	-121.292	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	3.554	2.344	16.200	0.K !!	89.941	-157.347	315.000	0.K !!

[G2 : 단면 - S3 중앙부]

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM490B	
Bc =	6,038.4 mm
UL3 =	2,366.4 mm
UR3 =	1,172.0 mm
U1 =	100.0 mm
UL2 =	1,250.0 mm
UR2 =	1,250.0 mm
상부 플랜지 유효폭	
Bue =	2,700.0 mm
하부 플랜지 유효폭	
Ble =	2,700.0 mm
B1 =	100.0 mm
B2 =	2,500.0 mm
Tc =	250.0 mm
Th =	23.0 mm
h =	3,000.0 mm
Θ_L =	0.000 °
Θ_R =	0.000 °

구	분	단 위	입력 Data
E_s :	강재 탄성계수	MPa	205,000.0
E_c :	콘크리트의 탄성계수	MPa	28,693.4
ϵ_s :	바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율	-	0.000270
α :	강재 및 콘크리트의 선팽창계수	-	0.000012
ϕ_2 :	건조수축에 의한 크리이프계수	-	4.0
n :	강과 콘크리트의 탄성계수비	-	7.0
Δt :	강과 콘크리트의 온도차	℃	10.0
M_s :	합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	10,254.833
M_{sc} :	합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	2,979.552
M_w :	풍하중에 의한 모멘트	kN·m	0.000
M_v :	(활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	6,934.775
V_s :	합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-101.991
V_{sc} :	합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-26.663
V_w :	풍하중에 의한 전단력	kN	0.000
V_v :	(활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	-330.042
M_{st} :	합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	52.224

M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-28.879
M_{wt} : 풍하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	0.000
M_{vt} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	480.710

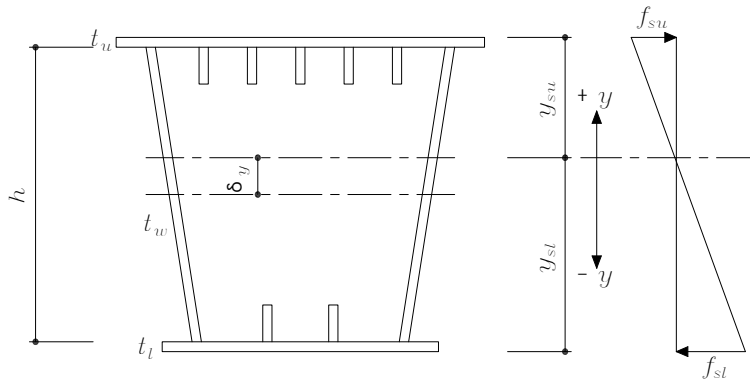
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

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 - 2,700.0 × 12.0	32,400.0	1,506.0	4.879E+07	7.348E+10	3.888E+05
UPPER RIB	4 - 180.0 × 14.0	10,080.0	1,410.0	1.421E+07	2.004E+10	2.722E+07
L - WEB	1 - 3,000.0 × 12.0	36,000.0	-	-	-	2.700E+10
R - WEB	1 - 3,000.0 × 12.0	36,000.0	-	-	-	2.700E+10
LOWER RIB	2 - 180.0 × 14.0	5,040.0	-1,410.0	-7.106E+06	1.002E+10	1.361E+07
LOWER FL.	1 - 2,700.0 × 12.0	32,400.0	-1,506.0	-4.879E+07	7.348E+10	3.888E+05
강재 단면 합계		151,920.0	-	7.106E+06	1.770E+11	5.404E+10
RC. SLAB	1 - 6,038.4 × 250.0	1,509,593.2	1,648.0	2.488E+09	4.100E+12	7.862E+09
SLAB 단면 합계		1,509,593.2	-	2.488E+09	4.100E+12	7.862E+09
※ $A_s = 151,920.0 \text{ mm}^2$ $A_{c1} = 1,509,593.2 \text{ mm}^2$						

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

▪ 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = 7,106,400.0 / 151,920.0 = 46.777 \text{ mm}$$

▪ 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 3,000.0 / 2 + 12.0 - 46.777 = 1,465.223 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 3,000.0 / 2 + 12.0 + 46.777 \} = -1,558.777 \text{ mm}$$

▪ 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 54,041,601,600.0 + 177,028,804,800.0 - 151,920.0 \times 46.777^2 = 2.307E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = 10,254.833 \times 1,465.2 / 230,737,988,542.2 = 65.120 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = 10,254.833 \times -1,558.8 / 230,737,988,542.2 = -69.278 \text{ MPa}$$

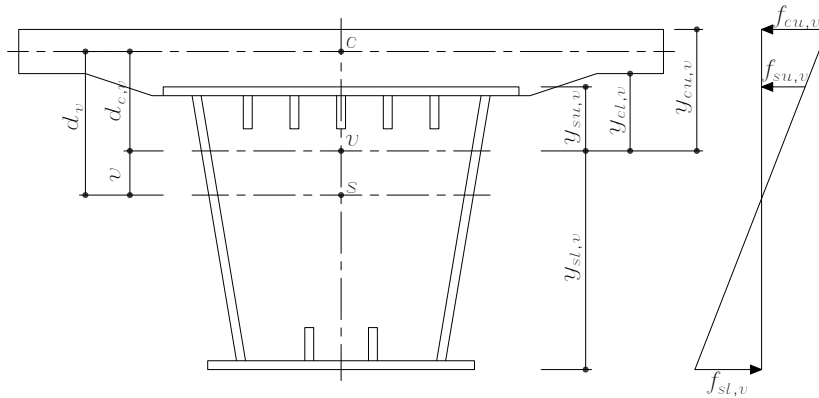
▪ 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = 7.566 \times 10^6 \text{ mm}^2$$

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

$$= 101.991 / 72,000.0 + 52.224 / (2 \times 7,566,144.0 \times 12.0) = 1.704 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,509,593.2 / 7.0 = 215,656.2 \text{ mm}^2$$

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 7,862,464,757.1 / 7.0 = 1.123 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

▪ 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_{cn1} = 151,920.0 + 215,656.2 = 367,576.2 \text{ mm}^2$$

▪ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + T_c / 2 = 1,465.2 - 12.0 + 23.0 + 250.0 / 2 = 1,601.2 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_{cn1} \times d_v / A_v = 215,656.2 \times 1,601.2 / 367,576.2 = 939.4 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v} = d_v - v = 1,601.2 - 939.4 = 661.8 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = I_s + A_s \cdot v^2 + I_{cn1} + A_{cn1} \cdot d_{c,v}^2$$

$$= 230,737,988,542.2 + 151,920.0 \times 939.4^2 + 1,123,209,251.0 + 215,656.2 \times 661.8^2 = 4.604 \times 10^{11} \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 1,465.2 - 939.4 = 525.8 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -1,558.8 - 939.4 = -2,498.2 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 콘크리트 바닥판 상·하연까지의 거리

$$y_{cu,v} = d_{c,v} + T_c / 2 = 661.8 + 250.0 / 2 = 786.8 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v} = y_{cu,v} - T_c = 786.8 - 250.0 = 536.8 \text{ mm}$$

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v = 2,979.552 \times 525.8 / 460,385,820,040.2 = 3.403 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v = 2,979.552 \times -2,498.2 / 460,385,820,040.2 = -16.168 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 2,979.552 \times 786.8 / (460,385,820,040.2 \times 7.0) = 0.727 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 2,979.552 \times 536.8 / (460,385,820,040.2 \times 7.0) = 0.496 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$F_v = 7.611\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

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

$$= 26.663 / 72,000.0 + 28.879 / (2 \times 7,611,001.1 \times 12.0) = 0.528 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v = 6,934.775 \times 525.8 / 460,385,820,040.2 = 7.920 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v = 6,934.775 \times -2,498.2 / 460,385,820,040.2 = -37.630 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 6,934.775 \times 786.8 / (460,385,820,040.2 \times 7.0) = 1.693 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 6,934.775 \times 536.8 / (460,385,820,040.2 \times 7.0) = 1.155 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

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

$$= 330.042 / 72,000.0 + 480.710 / (2 \times 7,611,001.1 \times 12.0) = 7.216 \text{ MPa}$$

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

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_v = 0.000 \times 525.8 / 460,385,820,040.2 = 0.000 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_v = 0.000 \times -2,498.2 / 460,385,820,040.2 = 0.000 \text{ MPa}$$

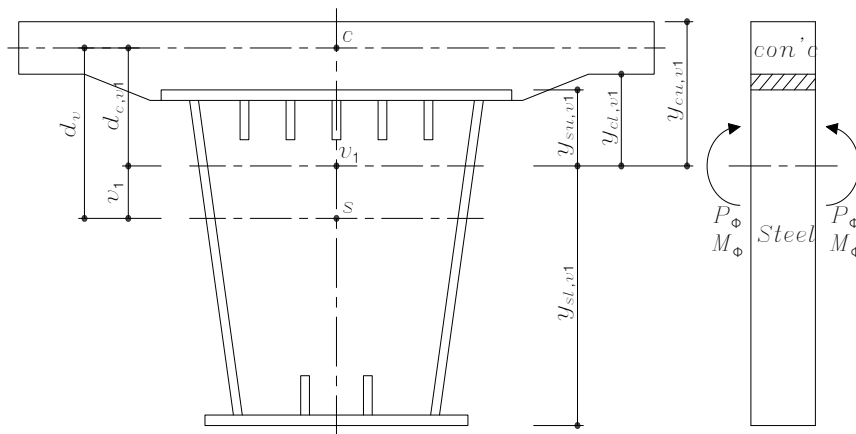
$$f_{cu,v} = M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 0.000 \times 786.8 / (460,385,820,040.2 \times 7.0) = 0.000 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 0.000 \times 536.8 / (460,385,820,040.2 \times 7.0) = 0.000 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

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

$$= 0.000 / 72,000.0 + 0.000 / (2 \times 7,611,001.1 \times 12.0) = 0.000 \text{ MPa}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = 0.530 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$\begin{aligned}
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 2.0/2) = 14.000 \\
A_{v1} &= A_s + A_{c1}/n_1 = 151,920.0 + 1,509,593.2 / 14.0 = 2.597\text{E}+05 \text{ mm}^2 \\
v_1 &= (A_{c1}/n_1) \times d_v / A_{v1} = (1,509,593.2/14.0) \times 1,601.2 / 259,748.1 = 664.7 \text{ mm} \\
d_{c,v1} &= d_v - v_1 = 1,601.2 - 664.7 = 936.5 \text{ mm} \\
I_{v1} &= (I_s + A_s \cdot v_1^2) + (I_c/n_1 + A_c/n_1 \cdot d_{c,v1}^2) \\
&= (230,737,988,542.2 + 151,920.0 \times 664.7^2) + (7,862,464,757.1/14.0 \\
&\quad + 1,509,593.2/14.0 \times 936.5^2) = 3.930\text{E}+11 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

▪ 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$\begin{aligned}
y_{su,v1} &= y_{su} - v_1 = 1,465.2 - 664.7 = 800.5 \text{ mm} \\
y_{sl,v1} &= y_{sl} - v_1 = -1,558.8 - 664.7 = -2,223.5 \text{ mm}
\end{aligned}$$

▪ 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$\begin{aligned}
y_{cu,v1} &= d_{c,v1} + T_c / 2 = 936.5 + 250.0 / 2 = 1,061.5 \text{ mm} \\
y_{cl,v1} &= y_{cu,v1} - T_c = 1,061.5 - 250.0 = 811.5 \text{ mm}
\end{aligned}$$

▪ 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$\begin{aligned}
N_c &= M_{sc} \cdot d_{c,v} \cdot A_{c1} / (n \cdot I_v) \\
&= 2,979.6 \times 661.8 \times 1,509,593.2 / (7.0 \times 460,385,820,040.2) = 9.237\text{E}+05 \text{ N}
\end{aligned}$$

▪ 강재보와 결함으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 923,656.0 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = 9.237\text{E}+05 \text{ N}$$

▪ P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = 923,656.0 \times 936.5 = 8.650\text{E}+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

▪ 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 28,693.4 / (1 + 2.0 / 2) = 14,346.700 \text{ MPa}$$

▪ 2차 고정하중에 의한 합성단면에서 콘크리트 바닥판 상·하연 응력

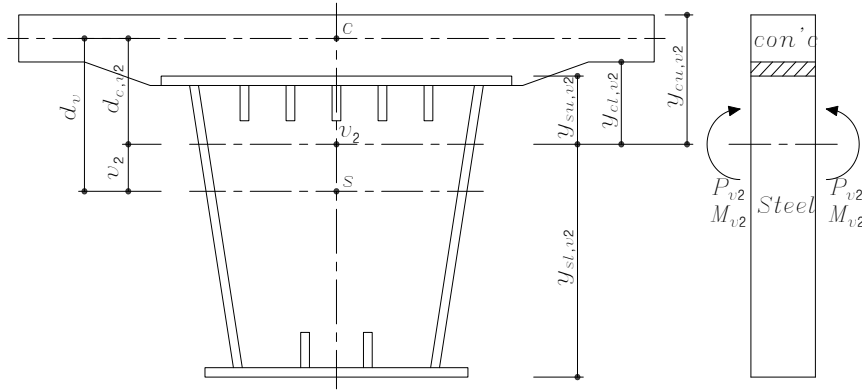
$$\begin{aligned}
f_{cu,v} &= M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 2,979.552 \times 786.8 / (460,385,820,040.2 \times 7.0) = 0.727 \text{ MPa} \\
f_{cl,v} &= M_{sc} \cdot y_{sl,v} / (I_v \cdot n) = 2,979.552 \times 536.8 / (460,385,820,040.2 \times 7.0) = 0.496 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

▪ 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

$$\begin{aligned}
f_{cu,v1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi/A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cu,v1}/I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu,v} \cdot \phi_1/E_c \\
&= (1/14.0) \times (923,656.0/259,748.1 + 0.530 \times 865,016,959.5 \times 1,061.5/392,995,117,911.0) \\
&\quad - 14,346.7 \times 0.727 \times 2.0/28,693.4 = -0.385 \text{ MPa} \\
f_{cl,v1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi/A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cl,v1}/I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl,v} \cdot \phi_1/E_c \\
&= (1/14.0) \times (923,656.0/259,748.1 + 0.530 \times 865,016,959.5 \times 811.5/392,995,117,911.0) \\
&\quad - 14,346.7 \times 0.496 \times 2.0/28,693.4 = -0.175 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned}
f_{su,v1} &= P_\phi/A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v1}/I_{v1} \\
&= 923,656.0/259,748.1 + 0.530 \times 865,016,959.5 \times 800.5/392,995,117,911.0 = 4.489 \text{ MPa} \\
f_{sl,v1} &= P_\phi/A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v1}/I_{v1} \\
&= 923,656.0/259,748.1 + 0.530 \times 865,016,959.5 \times -2,223.5/392,995,117,911.0 = 0.964 \text{ MPa}
\end{aligned}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 ϕ_2 는 $\phi_2 = 2 \cdot \phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 151,920.0 + 1,509,593.2 / 21.0 = 2.238E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2} = (1,509,593.2/21.0) \times 1,601.2 / 223,805.4 = 514.3 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,601.2 - 514.3 = 1,086.9 \text{ mm}$$

$$I_{v2} = (I_s + A_s \cdot v_2^2) + (I_c/n_2 + A_c/n_2 \cdot d_{c,v2}^2) = (230,737,988,542.2 + 151,920.0 \times 514.3^2) + (7,862,464,757.1/21.0 + 1,509,593.2/21.0 \times 1,086.9^2) = 3.562E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v2} = y_{su} - v_2 = 1,465.2 - 514.3 = 950.9 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v2} = y_{sl} - v_2 = -1,558.8 - 514.3 = -2,073.1 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v2} = d_{c,v2} + T_c / 2 = 1,086.9 + 250.0 / 2 = 1,211.9 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v2} = y_{cu,v2} - T_c = 1,211.9 - 250.0 = 961.9 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,509,593.2 / 21.0 = 3.979E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 3,978,856.5 \times 1,211.9 = 4.325E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{c2} = E_s / n_2 = 205,000.0 / 21.0 = 9,761.905 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{cu,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = (1/21.0) \times (3,978,856.5/223,805.4 + 0.530 \times 4,324,684,488.8 \times 1,211.9/356,221,392,258.0) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.418 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{cl,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s = (1/21.0) \times (3,978,856.5/223,805.4 + 0.530 \times 4,324,684,488.8 \times 1,211.9/356,221,392,258.0) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.495 \text{ MPa}$$

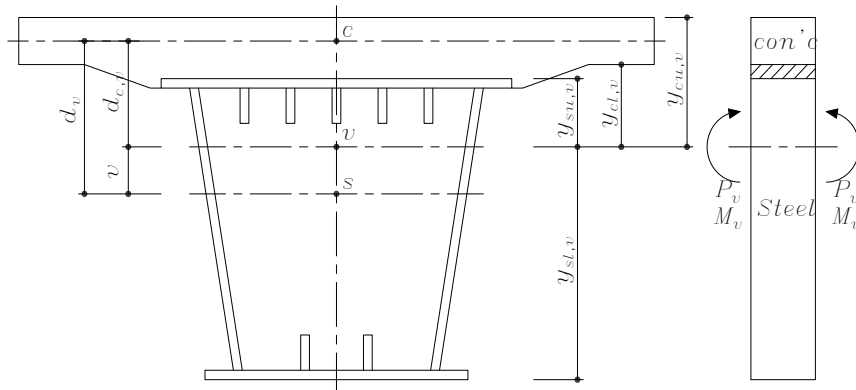
- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v2}/I_{v2}$$

$$= 3,978,856.5/223,805.4 + 0.530 \times 4,324,684,488.8 \times 950.9/356,221,392,258.0 = 23.892 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v2}/I_{v2}$$

$$= 3,978,856.5/223,805.4 + 0.530 \times 4,324,684,488.8 \times -2,073.1/356,221,392,258.0 = 4.449 \text{ MPa}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10℃를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,509,593.2 / 7.0 = 5.305E+06 \text{ N}$$

P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 5,305,141.9 \times 661.8 = 3.511E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{cu,t} = 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cu,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t$$

$$= (1/7.0) \times (5,305,141.9/367,576.2 + 0.530 \times 3,510,882,987.0 \times 786.8/460,385,820,040.2) - 28,693.4 \times 0.000120 = -0.927 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,t} = 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cl,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t$$

$$= (1/7.0) \times (5,305,141.9/367,576.2 + 0.530 \times 3,510,882,987.0 \times 536.8/460,385,820,040.2) - 28,693.4 \times 0.000120 = -1.072 \text{ MPa}$$

강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_v$$

$$= 5,305,141.9/367,576.2 + 0.530 \times 3,510,882,987.0 \times 525.8/460,385,820,040.2 = 16.556 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_v$$

$$= 5,305,141.9/367,576.2 + 0.530 \times 3,510,882,987.0 \times -2,498.2/460,385,820,040.2 = 4.343 \text{ MPa}$$

(8) 전단 및 비틀림

풍하중 비재하시의 전단응력

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

$$= 458.695/72,000.0 + 52.224/182,664,027.4 + 509.589/182,664,027.4 = 9.446 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 9.4 \text{ MPa} \leq u_a = 110.0 \text{ MPa} \dots \dots 0.K !!$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0.0$)
 f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)
 i : 응력구배계수
 n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490B 사용) (도.설.해 3.3.2)

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

- 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490B 사용) (도.설.해 3.4.2.3)

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

- 철근 콘크리트의 허용응력 (도.설.해 3.9.3.1)

$$f_{ca} = 0.40 \quad f_{ck} = 10.800 \text{ MPa} \quad (f_{ck} = 27.0 \text{ MPa 사용 })$$

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

- 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력 (도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	65.120	-69.278	190.000	190.000
1+2+3	2.420	1.651	10.800	10.800	76.443	-123.076	190.000	190.000
1+2+3+5	2.035	1.477	10.800	10.800	80.932	-122.112	218.500	190.000
1+2+3+5+6	0.617	-0.018	10.800	1.890	104.824	-117.663	218.500	190.000
1+2+3+5+6+7	-0.310	-1.090	2.174	2.174	121.380	-113.319	247.000	218.500
1+2+3+5+6-7	1.545	1.054	12.420	12.420	88.267	-122.006	247.000	218.500

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.117	0.133	0.007	0.007	0.125	0.140	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.162	0.420	0.007	0.007	0.169	0.427	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.137	0.413	0.007	0.007	0.145	0.420	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.230	0.384	0.007	0.007	0.238	0.391	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.241	0.269	0.007	0.007	0.249	0.276	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.128	0.312	0.007	0.007	0.135	0.319	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{121.380}{247.000} \right)^2 + \left(\frac{9.446}{110.000} \right)^2 = 0.241 + 0.007 = 0.249 \leq 1.2 \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{-123.076}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{9.446}{110.000} \right)^2 = 0.420 + 0.007 = 0.427 \leq 1.2 \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 압축(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 99.0 / 16.0 = 6.2 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2,500.0 / (49 \times 1.0 \times 5) = 10.2 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

$$(\text{합성형 스테드 설치시}) \quad t_{min} = 10.0 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

- 인장(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100.0 / 16.0 = 6.3 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 2 단] (도.설.기 3.8.4.1)

$$t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 3,000.0 / (310 \times 1.200) = 8.1 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(190.0 / 65.120)} = 1.71 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.

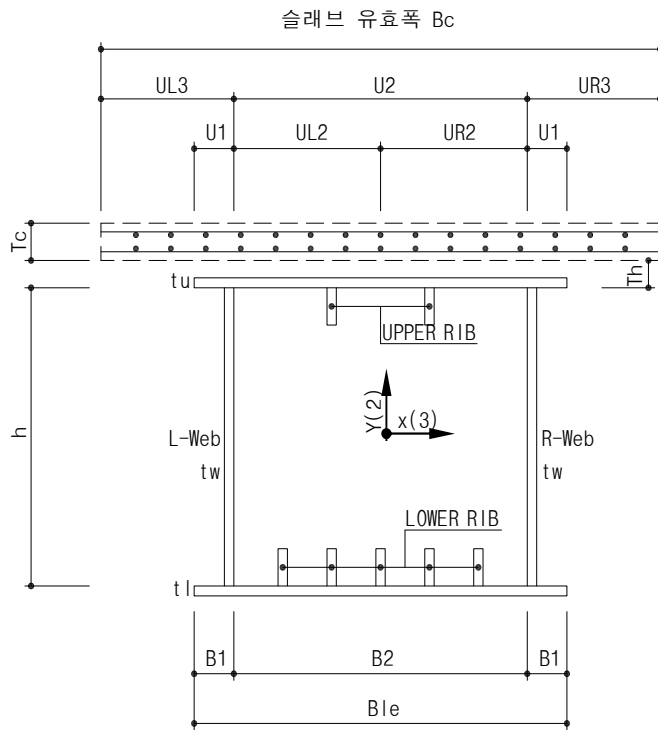
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력 (MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력 (MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	84.656	-90.061	315.000	0.K !!
1+2+3	4.586	3.129	16.200	0.K !!	106.107	-191.985	315.000	0.K !!
1+2+3+7	5.513	4.200	16.200	0.K !!	122.664	-196.328	315.000	0.K !!
1+2+3+5	4.201	2.954	16.200	0.K !!	110.596	-191.021	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6	2.783	1.459	16.200	0.K !!	134.488	-186.571	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	1.855	0.388	16.200	0.K !!	151.045	-182.228	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	3.710	2.531	16.200	0.K !!	117.932	-190.915	315.000	0.K !!

■ 단 면 검 토(부모멘트)

[G1 : 단 면 - S1-S2 지점부]

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM490B

Bc = 5,201.5 mm

U1 = 100.0 mm

UL2 = 1,250.0 mm

UR2 = 1,250.0 mm

상부 플랜지 유효폭

Bue = 2,430.4 mm

하부 플랜지 유효폭

Ble = 2,430.4 mm

B1 = 100.0 mm

B2 = 2,500.0 mm

Tc = 250.0 mm

Th = 23.0 mm

h = 3,000.0 mm

$\Theta_L = 0.000^\circ$

$\Theta_R = 0.000^\circ$

구 분	단 위	입력 Data
E_s : 강재 탄성계수	MPa	205,000.0
E_c : 콘크리트의 탄성계수	MPa	28,693.4
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율	-	0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수	-	0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수	-	4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비	-	7
Δt : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
M_s : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	-19,518.627
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	-5,042.033
M_w : 풍하중에 의한 모멘트	kN·m	0.000
M_v : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	-9,899.454
V_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	1,894.737
V_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	475.631
V_w : 풍하중에 의한 전단력	kN	0.000
V_v : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	1,031.468
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	391.209
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-40.318
M_{wt} : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN·m	0.000
M_{vt} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	1,236.143
t_{cu}, t_{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

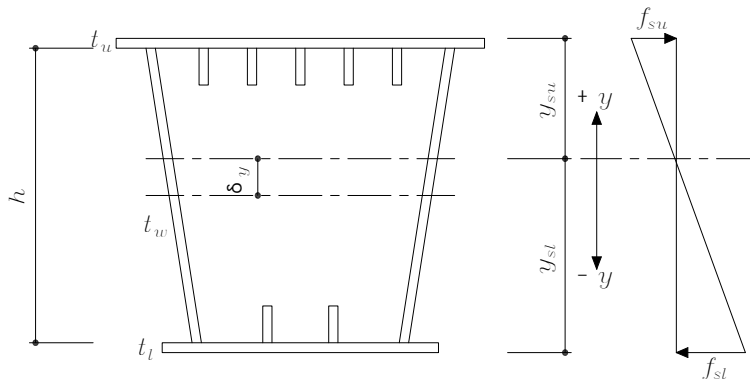
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

X(3)축 방향 단면 제원

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 2,430.4 × 18.0	43,746.8	1,509.0	6.601E+07	9.962E+10	1.181E+06
UPPER RIB	2 - 180.0 × 14.0	5,040.0	1,410.0	7.106E+06	1.002E+10	1.361E+07
L - WEB	1 - 3,000.0 × 12.0	36,000.0	-	-	-	2.700E+10
R - WEB	1 - 3,000.0 × 12.0	36,000.0	-	-	-	2.700E+10
LOWER RIB	4 - 180.0 × 14.0	10,080.0	-1,410.0	-1.421E+07	2.004E+10	2.722E+07
LOWER FL.	1 - 2,430.4 × 20.0	48,607.6	-1,510.0	-7.340E+07	1.108E+11	1.620E+06
강재 단면 합계		179,474.4	-	-1.449E+07	2.405E+11	5.404E+10
UPPER RE-Bar (A_{ru})		16,108.1	1,713.0	27,593,242.7	47,267,224,762.2	-
LOWER RE-Bar (A_{rl})		16,108.1	1,563.0	25,177,021.8	39,351,685,084.6	-
RE-Bar 합계		32,216.3		5.277E+07	8.662E+10	-
RC. SLAB	1 - 5,201.5 × 250.0	1,300,385.8	1,648.0	2.143E+09	3.532E+12	6.773E+09
※ $A_s = 179,474.4 \text{ mm}^2$ $A_{c1} = 1,300,385.8 \text{ mm}^2$ $A_r = 32,216.3 \text{ mm}^2$						

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

▪ 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -14,489,893.4 / 179,474.4 = -80.735 \text{ mm}$$

▪ 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 3,000.0 / 2 + 18.0 - -80.735 = 1,598.735 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 3,000.0 / 2 + 20.0 + -80.735 \} = -1,439.265 \text{ mm}$$

▪ 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 54,043,625,417.6 + 240,505,327,967.8 - 179,474.4 \times -80.735^2 = 2.934E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 플랜지 응력 검토 (도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = -19,518.627 \times 1,598.7 / 293,379,109,783.8 = -106.364 \text{ MPa}$$

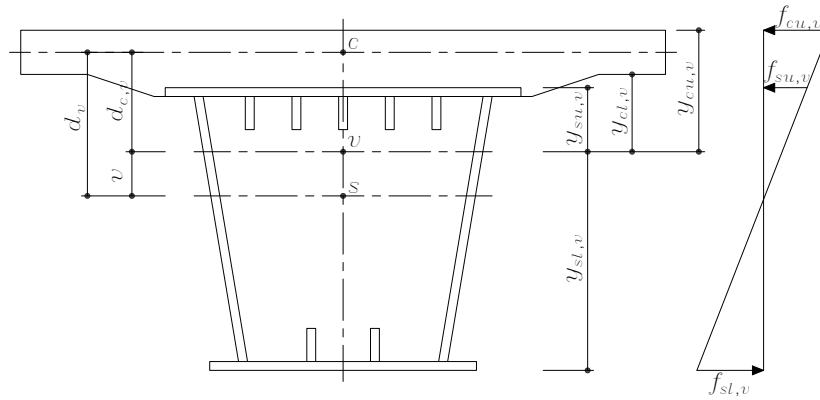
$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = -19,518.627 \times -1,439.3 / 293,379,109,783.8 = 95.755 \text{ MPa}$$

▪ 부재의 전단응력 검토 (도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 7.177E+06 \text{ mm}^2$$

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

$$= 1,894.737 / 72,000.0 + 391.209 / (2 \times 7,176,736.1 \times 12.0) = 28.587 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

▪ 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_r = 179,474.4 + 32,216.3 = 211,690.7 \text{ mm}^2$$

▪ 강재도심선에서 철근 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r = 1,598.7 - 18.0 + 23.0 + 40.0 + (250.0 - 60.0 - 40.0) \times 16,108.1 / 32,216.3 = 1,718.7 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_r \times d_v / A_v = 32,216.3 \times 1,718.7 / 211,690.7 = 261.6 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{r,v} = d_v - v = 1,718.7 - 261.6 = 1,457.2 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{rv} = I_s + A_s \cdot v^2 + I_r + A_r \cdot d_{r,v}^2 = 293,379,109,783.8 + 179,474.4 \times 261.6^2 + 0.0 + 32,216.3 \times 1,457.2^2 = 3.741\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 1,598.7 - 261.6 = 1,337.2 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -1,439.3 - 261.6 = -1,700.8 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 바닥판 주철근 상·하연까지의 거리

$$y_{ru,v} = d_{r,v} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{rl} / A_r = 1,457.2 + (250.0 - 60.0 - 40.0) \times 16,108.1 / 32,216.3 = 1,532.2 \text{ mm}$$

$$y_{rl,v} = d_{r,v} - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r = 1,457.2 - (250.0 - 60.0 - 40.0) \times 16,108.1 / 32,216.3 = 1,382.2 \text{ mm}$$

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -5,042.033 \times 1,337.2 / 374,064,345,491.1 = -18.024 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -5,042.033 \times -1,700.8 / 374,064,345,491.1 = 22.926 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_{sc} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -5,042.033 \times 1,532.2 / 374,064,345,491.1 = -20.652 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_{sc} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -5,042.033 \times 1,382.2 / 374,064,345,491.1 = -18.630 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$F_v = b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + T1/2) = 7.219\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

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

$$= 475.631 / 72,000.0 + 40.318 / (2 \times 7,219,185.9 \times 12.0) = 6.839 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

■ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -9,899.454 \times 1,337.2 / 374,064,345,491.1 = -35.388 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -9,899.454 \times -1,700.8 / 374,064,345,491.1 = 45.012 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_v \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -9,899.454 \times 1,532.2 / 374,064,345,491.1 = -40.548 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_v \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -9,899.454 \times 1,382.2 / 374,064,345,491.1 = -36.578 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

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

$$= 1,031.468 / 72,000.0 + 1,236.143 / (2 \times 7,219,185.9 \times 12.0) = 21.461 \text{ MPa}$$

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

■ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_{rv} = 0.000 \times 1,337.2 / 374,064,345,491.1 = 0.000 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = 0.000 \times -1,700.8 / 374,064,345,491.1 = 0.000 \text{ MPa}$$

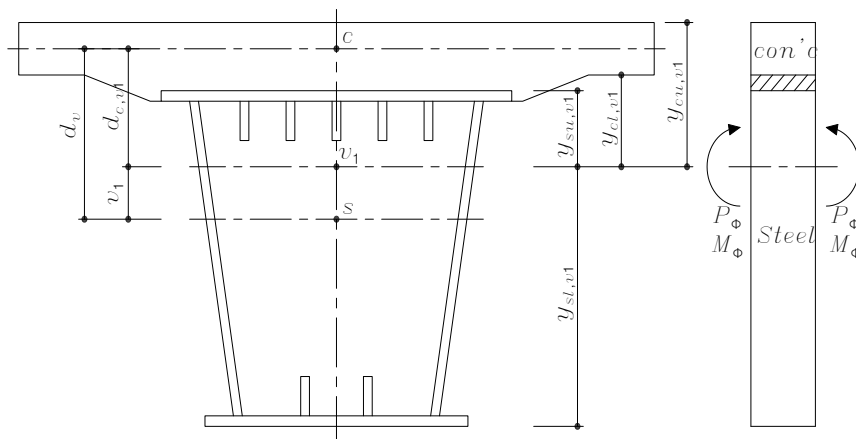
$$f_{ru,v} = M_w \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = 0.000 \times 1,532.2 / 374,064,345,491.1 = 0.000 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_w \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = 0.000 \times 1,382.2 / 374,064,345,491.1 = 0.000 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

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

$$= 0.000 / 72,000.0 + 0.000 / (2 \times 7,219,185.9 \times 12.0) = 0.000 \text{ MPa}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

■ 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,300,385.8 / 7.0 = 185,769.4 \text{ mm}^2$$

■ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 6,772,842,863.9 / 7.0 = 9.675\text{E}+08 \text{ mm}^4$$

■ 합성 단면적

$$A_v' = A_s + A_{cn1} = 179,474.4 + 185,769.4 = 365,243.8 \text{ mm}^2$$

■ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v' = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 1,598.7 - 18.0 + 23.0 + 250.0/2 = 1,728.7 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v' = A_{cn1} \times d_{v'} / A_v' = 185,769.4 \times 1,728.7 / 365,243.8 = 879.3 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v'} = d_{v'} - v' = 1,728.7 - 879.3 = 849.5 \text{ mm}$$

▪ 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 Φ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\Phi_1 = 2.0$$

$$k = -0.190 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \Phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 2.0/2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_{c1}/n_1 = 179,474.4 + 1,300,385.8 / 14.0 = 2.724\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_{c1}/n_1) \times d_{v'} / A_{v1} = (1,300,385.8/14.0) \times 1,728.7 / 272,359.1 = 589.6 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_{v'} - v_1 = 1,728.7 - 589.6 = 1,139.2 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v'^2) + (I_c/n_1 + A_c/n_1 \cdot d_{c,v}^2) \\ = (293,379,109,783.8 + 179,474.4 \times 879.3^2) + (6,772,842,863.9/7.0 + 1,300,385.8/7.0 \times 849.5^2) = 4.996\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

▪ 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v'} \cdot A_{c1} / (n \cdot I_{v1}) \\ = -5,042.0 \times 849.5 \times 1,300,385.8 / (7.0 \times 499,641,357,323.0) = -1.592\text{E}+06 \text{ N}$$

▪ 강재보와 결함으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\Phi = N_c \cdot 2 \cdot \Phi_1 / (2 + \Phi_1) = -1,592,464.1 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = -1.592\text{E}+06 \text{ N}$$

▪ P_Φ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\Phi = P_\Phi \times d_{c,v1} = -1,592,464.1 \times 1,139.2 = -1.814\text{E}+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

▪ 바닥판 철근 응력 변화량

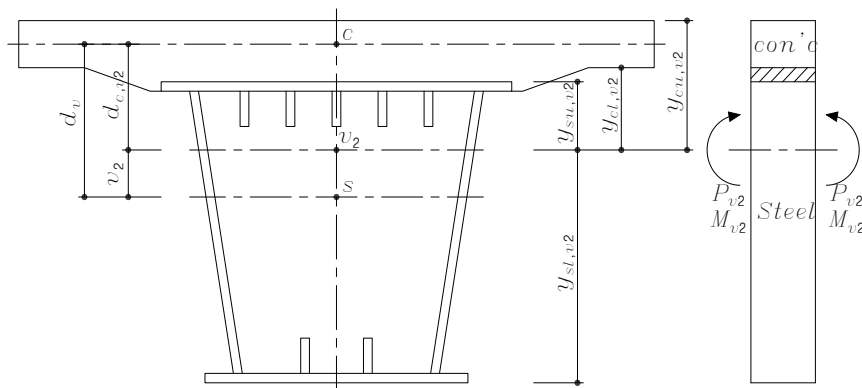
$$f_{ru,v1} = P_\Phi / A_v + k \cdot M_\Phi \cdot y_{ru,v} / I_{rv} \\ = -1,592,464.1/211,690.7 + -0.190 \times -1,814,089,614.2 \times 1,532.2/374,064,345,491.1 = -6.108 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v1} = P_\Phi / A_v + k \cdot M_\Phi \cdot y_{rl,v} / I_{rv} \\ = -1,592,464.1/211,690.7 + -0.190 \times -1,814,089,614.2 \times 1,382.2/374,064,345,491.1 = -6.246 \text{ MPa}$$

▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\Phi / A_v + k \cdot M_\Phi \cdot y_{su,v} / I_{rv} \\ = -1,592,464.1/211,690.7 + -0.190 \times -1,814,089,614.2 \times 1,337.2/374,064,345,491.1 = -6.288 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\Phi / A_v + k \cdot M_\Phi \cdot y_{sl,v} / I_{rv} \\ = -1,592,464.1/211,690.7 + -0.190 \times -1,814,089,614.2 \times -1,700.8/374,064,345,491.1 = -9.093 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ε_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 Φ_2 는 $\Phi_2 = 2 \cdot \Phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\Phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \Phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 179,474.4 + 1,300,385.8 / 21.0 = 2.414E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2} = (1,300,385.8/21.0) \times 1,728.7 / 241,397.6 = 443.5 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,728.7 - 443.5 = 1,285.3 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \varepsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,300,385.8 / 21.0 = 3.427E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 3,427,445.5 \times 1,285.3 = 4.405E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

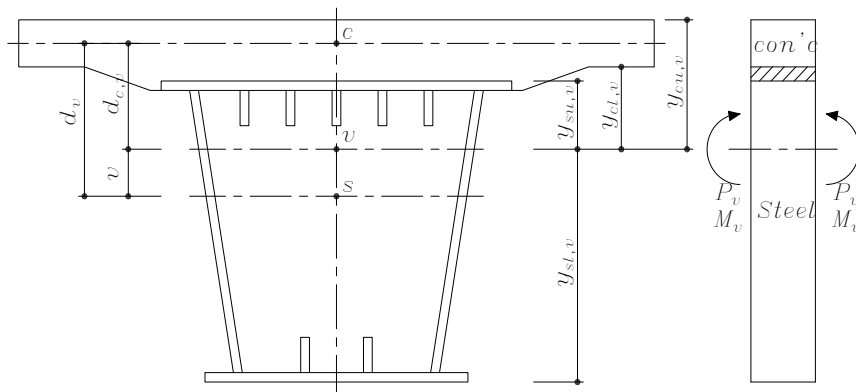
$$f_{ru,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{ru,v}/I_{rv} = 3,427,445.5/211,690.7 + -0.190 \times 4,405,231,290.4 \times 1,532.2/374,064,345,491.1 = 12.755 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} = 3,427,445.5/211,690.7 + -0.190 \times 4,405,231,290.4 \times 1,382.2/374,064,345,491.1 = 13.092 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v}/I_{rv} = 3,427,445.5/211,690.7 + -0.190 \times 4,405,231,290.4 \times 1,337.2/374,064,345,491.1 = 13.193 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v}/I_{rv} = 3,427,445.5/211,690.7 + -0.190 \times 4,405,231,290.4 \times -1,700.8/374,064,345,491.1 = 20.004 \text{ MPa}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

- 온도 변형률

$$\varepsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,300,385.8 / 7.0 = 4.570E+06 \text{ N}$$

- P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 4,569,927.3 \times 849.5 = 3.882E+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{ru,t} &= P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{ru,v}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t \\ &= 4,569,927.3/211,690.7 + -0.190 \times 3,882,017,073.0 \times 1,532.2/374,064,345,491.1 \\ &\quad - 205,000.0 \times 0.000120 = -6.040 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{rl,t} &= P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t \\ &= 4,569,927.3/211,690.7 + -0.190 \times 3,882,017,073.0 \times 1,382.2/374,064,345,491.1 \\ &\quad - 205,000.0 \times 0.000120 = -5.743 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_{rv} \\ &= 4,569,927.3/211,690.7 + 0.190 \times 3,882,017,073.0 \times 1,337.2/374,064,345,491.1 = 18.946 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_{rv} \\ &= 4,569,927.3/211,690.7 + -0.190 \times 3,882,017,073.0 \times -1,700.8/374,064,345,491.1 = 24.948 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$\begin{aligned} u &= (V_s + V_{sc} + V_v)/A_w + M_{st}/(2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sc} + M_{vt})/(2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 3,401.837/72,000.0 + 391.209/172,241,665.7 + 1,276.461/173,260,461.3 = 56.886 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\ast u = 56.9 \text{ MPa} \leq u_a = 110.0 \text{ MPa} \dots 0.K !!$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0.0$)
 f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)
 i : 응력구배계수
 n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (상부)플랜지의 허용응력

(SM490B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

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

- 압축 (하부)플랜지의 허용응력

(SM490B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$t_l \geq b / 24 \cdot i \cdot n = 2,500.0 / (24 \times 1.000 \times 5) = 20.8 \text{ mm}$$

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

$$b / 24 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 49 \cdot i \cdot n = 2,500.0 / (49 \times 1.000 \times 5) = 10.2 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 190.0 - 3.9[b/(t_l \cdot i \cdot n) - 24] = 190.0 - 3.9\{2,500.0/(20.0 \times 1.0 \times 5) - 24\} = 186.1 \text{ MPa}$$

$$b / 49 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 80 \cdot i \cdot n = 2,500.0 / (80 \times 1.000 \times 5) = 6.3 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000\{(t_l \cdot i \cdot n)/b\}^2 = 220,000.0 \times \{(20.0 \times 1.0 \times 5.0/2,500.0)\}^2 = 352.0 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 20.0 \text{ mm} : \therefore f_{ca} = 186.1 \text{ MPa}$$

▪ 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

하 중 조 합	RE-BAR				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	-106.364	95.755	190.000	186.100
1+2+3	-61.200	-55.209	160.000	160.000	-159.776	163.692	190.000	186.100
1+2+3+5	-67.308	-61.455	160.000	160.000	-166.064	154.599	190.000	186.100
1+2+3+5+6	-54.553	-48.364	160.000	160.000	-152.871	174.604	190.000	186.100
1+2+3+5+6+7	-60.593	-54.107	184.000	184.000	-133.926	199.552	218.500	214.015
1+2+3+5+6-7	-48.513	-42.620	184.000	184.000	-171.817	149.655	218.500	214.015

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.313	0.265	0.267	0.267	0.581	0.532	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.707	0.774	0.267	0.267	0.975	1.041	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.764	0.690	0.267	0.267	1.031	0.958	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.647	0.880	0.267	0.267	0.915	1.148	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.376	0.869	0.267	0.267	0.643	1.137	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.618	0.489	0.267	0.267	0.886	0.756	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \quad \dots \quad 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{-166.064}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{56.886}{110.000} \right)^2 = 0.764 + 0.267 = 1.031 \leq 1.2 \quad \dots \quad 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{174.604}{186.100} \right)^2 + \left(\frac{56.886}{110.000} \right)^2 = 0.880 + 0.267 = 1.148 \leq 1.2 \quad \dots \quad 0.K !!$$

(11) 판의 최소두께 검토

▪ 인장(상부) 플랜지

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 88.0 / 16.0 = 6.3 \leq t_{use} = 18.0 \text{ mm} \quad \dots \quad 0.K !!$$

$$(\text{합성형 스테드 설치시}) \quad t_{min} = 10.0 \leq t_{use} = 18.0 \text{ mm} \quad \dots \quad 0.K !!$$

▪ 압축(하부) 플랜지

(도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100.0 / 16.0 = 6.3 \leq t_{use} = 20.0 \text{ mm} \quad \dots \quad 0.K !!$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2,500.0 / (49 \times 1.0 \times 5.0) = 10.2 \leq t_{use} = 20.0 \text{ mm} \quad \dots \quad 0.K !!$$

▪ 복 부 판 [수평보강재 사용단수 2 단]

(도.설.기 3.8.4.1, 3.8.4.2)

$$t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 3,000.0 / (310 \times 1.200) = 8.1 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots \quad 0.K !!$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(190.0 / 95.755)} = 1.41 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

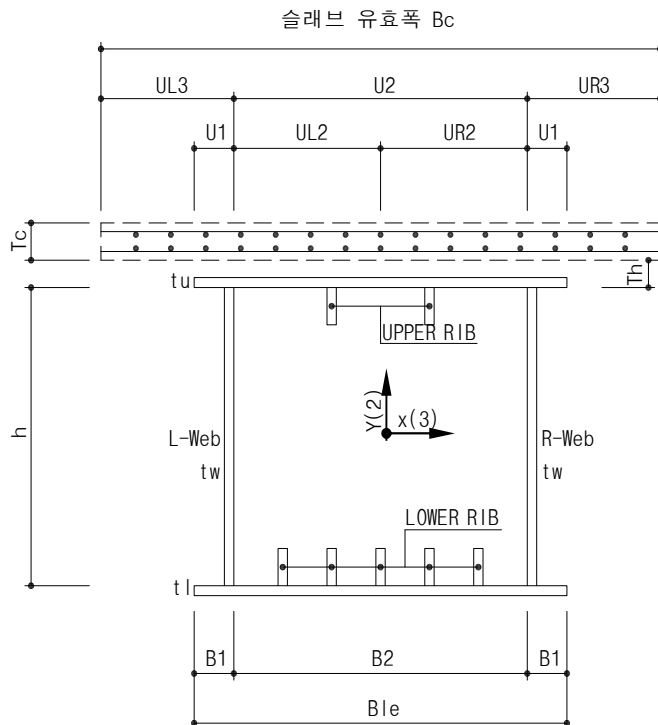
(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Rebar				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	-138.274	124.481	315.000	0.K !!
1+2+3	-114.026	-102.863	240.000	0.K !!	-237.788	251.060	315.000	0.K !!
1+2+3+7	-120.066	-108.606	240.000	0.K !!	-256.734	276.008	315.000	0.K !!
1+2+3+5	-120.134	-109.110	240.000	0.K !!	-244.076	241.967	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6	-107.379	-96.018	240.000	0.K !!	-230.883	261.971	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	-113.419	-101.761	240.000	0.K !!	-211.938	286.920	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	-101.339	-90.275	240.000	0.K !!	-249.829	237.023	315.000	0.K !!

[G1 : 단 면 - S2-S3 지점부]

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM490B

Bc = 5,201.5 mm

U1 = 100.0 mm

UL2 = 1,250.0 mm

UR2 = 1,250.0 mm

상부 플랜지 유효폭

Bue = 2,430.4 mm

하부 플랜지 유효폭

Ble = 2,430.4 mm

B1 = 100.0 mm

B2 = 2,500.0 mm

Tc = 250.0 mm

Th = 23.0 mm

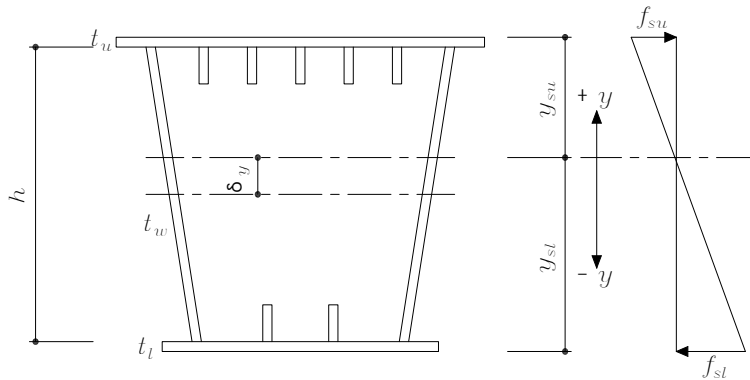
h = 3,000.0 mm

$\Theta_L = 0.000^\circ$

$\Theta_R = 0.000^\circ$

구 분	단 위	입력 Data
E_s : 강재 탄성계수	MPa	205,000.0
E_c : 콘크리트의 탄성계수	MPa	28,693.4
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율	-	0.00027

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

▪ 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -14,489,893.4 / 179,474.4 = -80.735 \text{ mm}$$

▪ 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 3,000.0 / 2 + 18.0 - -80.735 = 1,598.735 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 3,000.0 / 2 + 20.0 + -80.735 \} = -1,439.265 \text{ mm}$$

▪ 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 54,043,625,417.6 + 240,505,327,967.8 - 179,474.4 \times -80.735^2 = 2.934\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

▪ 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = -19,510.702 \times 1,598.7 / 293,379,109,783.8 = -106.321 \text{ MPa}$$

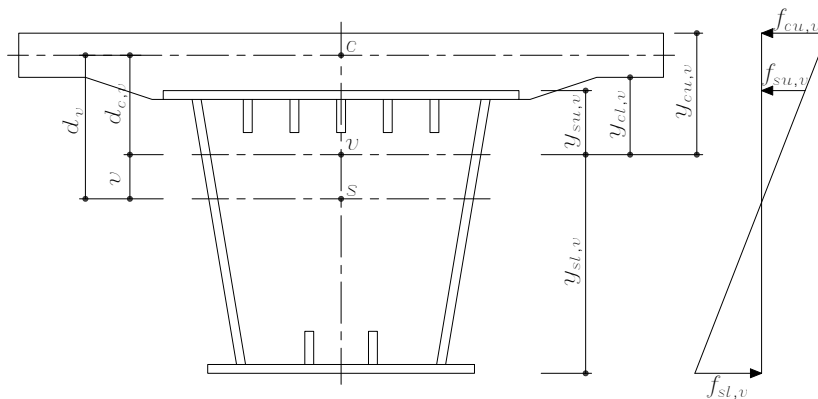
$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = -19,510.702 \times -1,439.3 / 293,379,109,783.8 = 95.716 \text{ MPa}$$

▪ 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 7.177\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) = 1,894.043 / 72,000.0 + 394.362 / (2 \times 7,176,736.1 \times 12.0) = 28.596 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

▪ 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_r = 179,474.4 + 32,216.3 = 211,690.7 \text{ mm}^2$$

- 강재도심선에서 철근 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 1,598.7 - 18.0 + 23.0 + 40.0 + (250.0 - 60.0 - 40.0) \times 16,108.1 / 32,216.3 = 1,718.7 \text{ mm}$$

- 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_r \times d_v / A_v = 32,216.3 \times 1,718.7 / 211,690.7 = 261.6 \text{ mm}$$

- 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{r,v} = d_v - v = 1,718.7 - 261.6 = 1,457.2 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{rv} = I_s + A_s \cdot v^2 + I_r + A_r \cdot d_{r,v}^2$$

$$= 293,379,109,783.8 + 179,474.4 \times 261.6^2 + 0.0 + 32,216.3 \times 1,457.2^2 = 3.741\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 1,598.7 - 261.6 = 1,337.2 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -1,439.3 - 261.6 = -1,700.8 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 주철근 상·하연까지의 거리

$$y_{ru,v} = d_{r,v} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{rl} / A_r$$

$$= 1,457.2 + (250.0 - 60.0 - 40.0) \times 16,108.1 / 32,216.3 = 1,532.2 \text{ mm}$$

$$y_{rl,v} = d_{r,v} - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 1,457.2 - (250.0 - 60.0 - 40.0) \times 16,108.1 / 32,216.3 = 1,382.2 \text{ mm}$$

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -5,041.822 \times 1,337.2 / 374,064,345,491.1 = -18.023 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -5,041.822 \times -1,700.8 / 374,064,345,491.1 = 22.925 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_{sc} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -5,041.822 \times 1,532.2 / 374,064,345,491.1 = -20.651 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_{sc} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -5,041.822 \times 1,382.2 / 374,064,345,491.1 = -18.630 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$F_v = b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + TI/2) = 7.219\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

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

$$= 475.611 / 72,000.0 + 39.557 / (2 \times 7,219,185.9 \times 12.0) = 6.834 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -9,899.901 \times 1,337.2 / 374,064,345,491.1 = -35.389 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -9,899.901 \times -1,700.8 / 374,064,345,491.1 = 45.014 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_v \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -9,899.901 \times 1,532.2 / 374,064,345,491.1 = -40.550 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_v \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -9,899.901 \times 1,382.2 / 374,064,345,491.1 = -36.580 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

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

$$= 1,030.895 / 72,000.0 + 1,233.719 / (2 \times 7,219,185.9 \times 12.0) = 21.439 \text{ MPa}$$

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

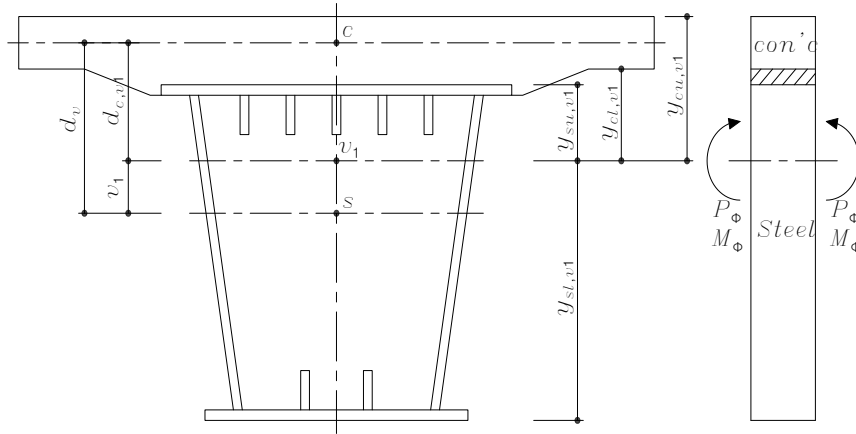
- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_{rv} = 0.000 \times 1,337.2 / 374,064,345,491.1 = 0.000 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}
 f_{sl,v} &= M_w \cdot y_{sl,v} / I_{rv} &= 0.000 \times -1,700.8 / 374,064,345,491.1 &= 0.000 \text{ MPa} \\
 f_{ru,v} &= M_w \cdot y_{ru,v} / I_{rv} &= 0.000 \times 1,532.2 / 374,064,345,491.1 &= 0.000 \text{ MPa} \\
 f_{rl,v} &= M_w \cdot y_{rl,v} / I_{rv} &= 0.000 \times 1,382.2 / 374,064,345,491.1 &= 0.000 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

▪ 전단응력 검토

$$\begin{aligned}
 u &= V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\
 &= 0.000 / 72,000.0 + 0.000 / (2 \times 7,219,185.9 \times 12.0) &= 0.000 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,300,385.8 / 7.0 = 185,769.4 \text{ mm}^2$$

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 6,772,842,863.9 / 7.0 = 9.675\text{E}+08 \text{ mm}^4$$

▪ 합성 단면적

$$A_v' = A_s + A_{cn1} = 179,474.4 + 185,769.4 = 365,243.8 \text{ mm}^2$$

▪ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v' = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 1,598.7 - 18.0 + 23.0 + 250.0/2 = 1,728.7 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v' = A_{cn1} \times d_v' / A_v' = 185,769.4 \times 1,728.7 / 365,243.8 = 879.3 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v}' = d_v' - v' = 1,728.7 - 879.3 = 849.5 \text{ mm}$$

▪ 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = -0.190 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 2.0/2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_{c1}/n_1 = 179,474.4 + 1,300,385.8 / 14.0 = 2.724\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_{c1}/n_1) \times d_v' / A_{v1} = (1,300,385.8/14.0) \times 1,728.7 / 272,359.1 = 589.6 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v' - v_1 = 1,728.7 - 589.6 = 1,139.2 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v'^2) + (I_c/n_1 + A_c/n_1 \cdot d_{c,v}'^2)$$

$$\begin{aligned}
 &= (293,379,109,783.8 + 179,474.4 \times 879.3^2) + (6,772,842,863.9/7.0 \\
 &\quad + 1,300,385.8/7.0 \times 849.5^2) &= 4.996\text{E}+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v} / A_{c1} (n \cdot I_{v1})$$

$$= -5,041.8 \times 849.5 \times 1,300,385.8 / (7.0 \times 499,641,357,323.0) = -1.592E+06 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -1,592,397.4 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = -1.592E+06 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = -1,592,397.4 \times 1,139.2 = -1.814E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

$$f_{ru,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{ru,v} / I_{rv}$$

$$= -1,592,397.4 / 211,690.7 + -0.190 \times -1,814,013,697.8 \times 1,532.2 / 374,064,345,491.1 = -6.108 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{rl,v} / I_{rv}$$

$$= -1,592,397.4 / 211,690.7 + -0.190 \times -1,814,013,697.8 \times 1,382.2 / 374,064,345,491.1 = -6.246 \text{ MPa}$$

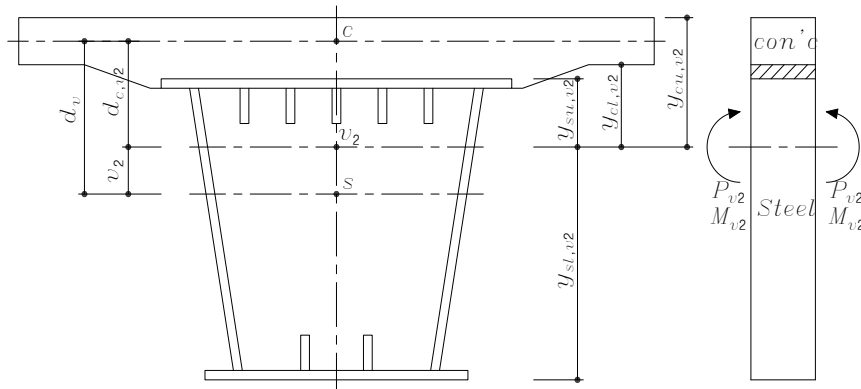
- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v} / I_{rv}$$

$$= -1,592,397.4 / 211,690.7 + -0.190 \times -1,814,013,697.8 \times 1,337.2 / 374,064,345,491.1 = -6.288 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v} / I_{rv}$$

$$= -1,592,397.4 / 211,690.7 + -0.190 \times -1,814,013,697.8 \times -1,700.8 / 374,064,345,491.1 = -9.093 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수

ϕ_2 는 $\phi_2 = 2 \cdot \phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 7.0 \times (1 + 4.0 / 2) = 21.000$$

$$A_{v2} = A_s + A_{c1} / n_2 = 179,474.4 + 1,300,385.8 / 21.0 = 2.414E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1} / n_2) \times d_v / A_{v2} = (1,300,385.8 / 21.0) \times 1,728.7 / 241,397.6 = 443.5 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,728.7 - 443.5 = 1,285.3 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1} / n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,300,385.8 / 21.0 = 3.427E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 3,427,445.5 \times 1,285.3 = 4.405E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

$$f_{ru,v2} = P_{v2} / A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{ru,v} / I_{rv}$$

$$= 3,427,445.5 / 211,690.7 + -0.190 \times 4,405,231,290.4 \times 1,532.2 / 374,064,345,491.1$$

$$f_{rl,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} = 12.755 \text{ MPa}$$

$$= 3,427,445.5/211,690.7 + -0.190 \times 4,405,231,290.4 \times 1,382.2/374,064,345,491.1$$

$$= 13.092 \text{ MPa}$$

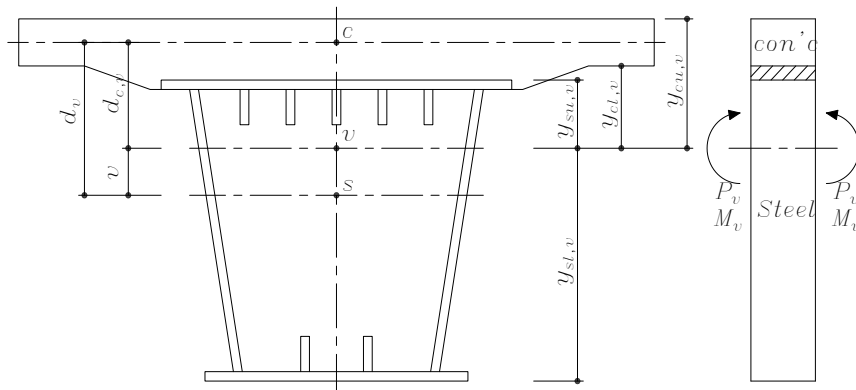
▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v}/I_{rv}$$

$$= 3,427,445.5/211,690.7 + -0.190 \times 4,405,231,290.4 \times 1,337.2/374,064,345,491.1 = 13.193 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v}/I_{rv}$$

$$= 3,427,445.5/211,690.7 + -0.190 \times 4,405,231,290.4 \times -1,700.8/374,064,345,491.1 = 20.004 \text{ MPa}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10℃를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

▪ 온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

▪ 바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,300,385.8 / 7.0 = 4.570E+06 \text{ N}$$

▪ P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 4,569,927.3 \times 849.5 = 3.882E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

▪ 바닥판 철근 응력 변화량

$$f_{ru,t} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{ru,v}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t$$

$$= 4,569,927.3/211,690.7 + -0.190 \times 3,882,017,073.0 \times 1,532.2/374,064,345,491.1 - 205,000.0 \times 0.000120 = -6.040 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,t} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t$$

$$= 4,569,927.3/211,690.7 + -0.190 \times 3,882,017,073.0 \times 1,382.2/374,064,345,491.1 - 205,000.0 \times 0.000120 = -5.743 \text{ MPa}$$

▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_{rv}$$

$$= 4,569,927.3/211,690.7 + -0.190 \times 3,882,017,073.0 \times 1,337.2/374,064,345,491.1 = 18.946 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_{rv}$$

$$= 4,569,927.3/211,690.7 + -0.190 \times 3,882,017,073.0 \times -1,700.8/374,064,345,491.1 = 24.948 \text{ MPa}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

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

$$= 3,400.548 / 72,000.0 + 394.362 / 172,241,665.7 + 1,273.276 / 173,260,461.3 = 56.868 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 56.9 \text{ MPa} \leq u_a = 110.0 \text{ MPa} \quad \dots\dots 0.K !!$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0.0$)
 f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)
 i : 응력구배계수
 n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (상부)플랜지의 허용응력

(SM490B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

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

- 압축 (하부)플랜지의 허용응력

(SM490B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$t_l \geq b / 24 \cdot i \cdot n = 2,500.0 / (24 \times 1.000 \times 5) = 20.8 \text{ mm}$$

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

$$b / 24 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 49 \cdot i \cdot n = 2,500.0 / (49 \times 1.000 \times 5) = 10.2 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 190.0 - 3.9 \{ b / (t_l \cdot i \cdot n) - 24 \} = 190.0 - 3.9 \{ 2,500.0 / (20.0 \times 1.0 \times 5) - 24 \} = 186.1 \text{ MPa}$$

$$b / 49 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 80 \cdot i \cdot n = 2,500.0 / (80 \times 1.000 \times 5) = 6.3 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000 \{ (t_l \cdot i \cdot n) / b \}^2 = 220,000.0 \times \{ (20.0 \times 1.0 \times 5.0 / 2,500.0) \}^2 = 352.0 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 20.0 \text{ mm} : \therefore f_{ca} = 186.1 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

하 중 조 합	RE-BAR				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	-106.321	95.716	190.000	186.100
1+2+3	-61.201	-55.210	160.000	160.000	-159.733	163.654	190.000	186.100
1+2+3+5	-67.309	-61.456	160.000	160.000	-166.021	154.562	190.000	186.100
1+2+3+5+6	-54.554	-48.364	160.000	160.000	-152.829	174.566	190.000	186.100
1+2+3+5+6+7	-60.593	-54.107	184.000	184.000	-133.883	199.515	218.500	214.015
1+2+3+5+6+7	-48.514	-42.621	184.000	184.000	-171.774	149.618	218.500	214.015

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.313	0.265	0.267	0.267	0.580	0.532	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.707	0.773	0.267	0.267	0.974	1.041	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.764	0.690	0.267	0.267	1.031	0.957	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.647	0.880	0.267	0.267	0.914	1.147	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.375	0.869	0.267	0.267	0.643	1.136	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.618	0.489	0.267	0.267	0.885	0.756	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{-166.021}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{56.868}{110.000} \right) = 0.764 + 0.267 = 1.031 \leq 1.2 \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{174.566}{186.100} \right)^2 + \left(\frac{56.868}{110.000} \right) = 0.880 + 0.267 = 1.147 \leq 1.2 \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

(11) 판의 최소두께 검토

- 인장(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 88.0 / 16.0 = 6.3 \leq t_{use} = 18.0 \text{ mm} \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

$$(\text{합성형 스테드 설치시}) \quad t_{min} = 10.0 \leq t_{use} = 18.0 \text{ mm} \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

- 압축(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100.0 / 16.0 = 6.3 \leq t_{use} = 20.0 \text{ mm} \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2,500.0 / (49 \times 1.0 \times 5.0) = 10.2 \leq t_{use} = 20.0 \text{ mm} \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 2 단] (도.설.기 3.8.4.1, 3.8.4.2)

$$t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 3,000.0 / (310 \times 1.200) = 8.1 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190.0 / 95.716)} = 1.41 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

(도.설.기 3.9.3.2)

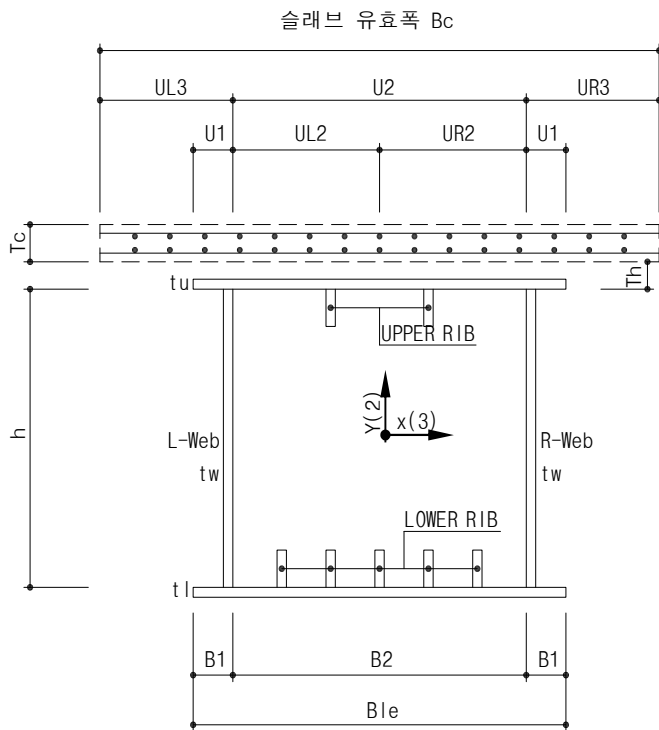
- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.

- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Rebar				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력 (MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력 (MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	-138.218	124.431	315.000	0.K !!
1+2+3	-114.029	-102.866	240.000	0.K !!	-237.734	251.013	315.000	0.K !!
1+2+3+7	-120.069	-108.609	240.000	0.K !!	-256.680	275.961	315.000	0.K !!
1+2+3+5	-120.137	-109.112	240.000	0.K !!	-244.022	241.920	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6	-107.382	-96.020	240.000	0.K !!	-230.829	261.924	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	-113.421	-101.763	240.000	0.K !!	-211.884	286.873	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	-101.342	-90.277	240.000	0.K !!	-249.775	236.976	315.000	0.K !!

[G2 : 단 면 - S1-S2 지점부]

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM490B

$$B_c = 5,200.8 \text{ mm}$$

U1 = 100.0 mm

UL2 = 1,250.0 mm

$$UR2 = 1,250.0 \text{ mm}$$

상부 플랜지 유효폭

Bue = 2,430.4 mm

하부 플랜지 유효폭

$$B_{le} = 2,430.4 \text{ mm}$$

B1 = 100.0 mm

B2 = 2,500.0 mm

$$T_C = 250.0 \text{ mm}$$

Th = 23.0 mm

$$h = 3.000.0 \text{ mm}$$
$$\Theta_1 = 0.000^\circ$$
$$\Theta_p = 0.000^\circ$$

구 분	단 위	입력 Data
E_s : 강재 탄성계수	MPa	205,000.0
E_c : 콘크리트의 탄성계수	MPa	28,693.4
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율	-	0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수	-	0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수	-	4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비	-	7
Δt : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
M_s : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	-19,732.437
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	-5,866.696

M_w : 풍하중에 의한 모멘트	kN·m	0.000
M_v : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	-9,794.551
V_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	1,913.700
V_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	570.514
V_w : 풍하중에 의한 전단력	kN	0.000
V_v : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	1,013.119
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-283.264
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	309.524
M_{wt} : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN·m	0.000
M_{vt} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-1,243.500
t_{cu}, t_{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

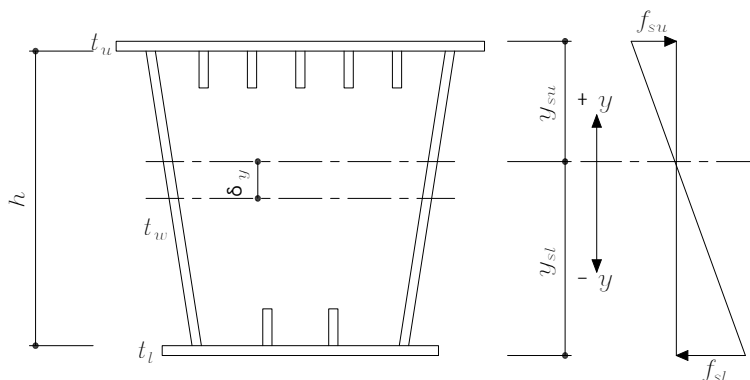
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

X(3)축 방향 단면 제원

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 2,430.4 × 18.0	43,746.8	1,509.0	6.601E+07	9.962E+10	1.181E+06
UPPER RIB	2 - 180.0 × 14.0	5,040.0	1,410.0	7.106E+06	1.002E+10	1.361E+07
L - WEB	1 - 3,000.0 × 12.0	36,000.0	-	-	-	2.700E+10
R - WEB	1 - 3,000.0 × 12.0	36,000.0	-	-	-	2.700E+10
LOWER RIB	4 - 180.0 × 14.0	10,080.0	-1,410.0	-1.421E+07	2.004E+10	2.722E+07
LOWER FL.	1 - 2,430.4 × 20.0	48,607.6	-1,510.0	-7.340E+07	1.108E+11	1.620E+06
강재 단면 합계		179,474.4	-	-1.449E+07	2.405E+11	5.404E+10
UPPER RE-Bar (A_{ru})		16,105.7	1,713.0	27,589,109.3	47,260,144,238.4	-
LOWER RE-Bar (A_{rl})		16,105.7	1,563.0	25,173,250.3	39,345,790,290.8	-
RE-Bar 합계		32,211.5	-	5.276E+07	8.661E+10	-
RC. SLAB	1 - 5,200.8 × 250.0	1,300,191.0	1,648.0	2.143E+09	3.531E+12	6.772E+09
※ $A_s = 179,474.4 \text{ mm}^2$ $A_{c1} = 1,300,191.0 \text{ mm}^2$ $A_r = 32,211.5 \text{ mm}^2$						

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -14,489,893.4 / 179,474.4 = -80.735 \text{ mm}$$

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 3,000.0 / 2 + 18.0 - -80.735 = 1,598.735 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 3,000.0 / 2 + 20.0 + -80.735 \} = -1,439.265 \text{ mm}$$

- 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 54,043,625,417.6 + 240,505,327,967.8 - 179,474.4 \times -80.735^2 = 2.934\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 플랜지 응력 검토 (도.설.해 3.8.2.1)

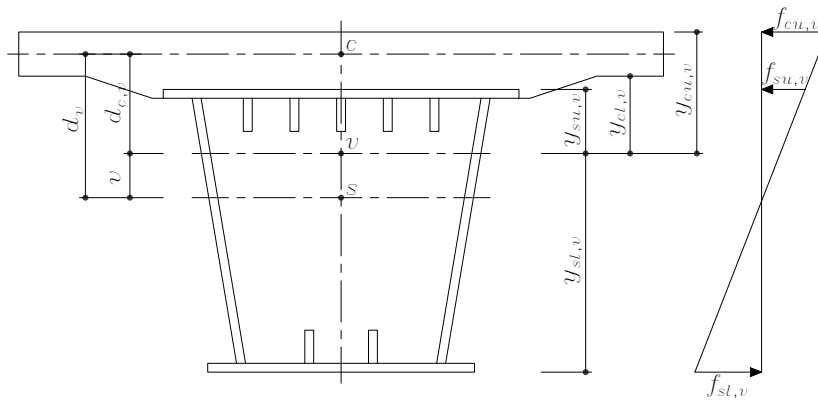
$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = -19,732.437 \times 1,598.7 / 293,379,109,783.8 = -107.530 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = -19,732.437 \times -1,439.3 / 293,379,109,783.8 = 96.804 \text{ MPa}$$

- 부재의 전단응력 검토 (도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 7.177\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$U = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) = 1,913.700 / 72,000.0 + 283.264 / (2 \times 7,176,736.1 \times 12.0) = 28.224 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_r = 179,474.4 + 32,211.5 = 211,685.9 \text{ mm}^2$$

- 강재도심선에서 철근 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r = 1,598.7 - 18.0 + 23.0 + 40.0 + (250.0 - 60.0 - 40.0) \times 16,105.7 / 32,211.5 = 1,718.7 \text{ mm}$$

- 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_r \times d_v / A_v = 32,211.5 \times 1,718.7 / 211,685.9 = 261.5 \text{ mm}$$

- 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{r,v} = d_v - v = 1,718.7 - 261.5 = 1,457.2 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{rv} = I_s + A_s \cdot v^2 + I_r + A_r \cdot d_{r,v}^2 = 293,379,109,783.8 + 179,474.4 \times 261.5^2 + 0.0 + 32,211.5 \times 1,457.2^2 = 3.741\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 1,598.7 - 261.5 = 1,337.2 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -1,439.3 - 261.5 = -1,700.8 \text{ mm}$$

- $$\begin{aligned} y_{ru,v} &= d_{r,v} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{rl} / A_r \\ &= 1,457.2 + (250.0 - 60.0 - 40.0) \times 16,105.7 / 32,211.5 &= 1,532.2 \text{ mm} \\ y_{rl,v} &= d_{r,v} - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r \\ &= 1,457.2 - (250.0 - 60.0 - 40.0) \times 16,105.7 / 32,211.5 &= 1,382.2 \text{ mm} \end{aligned}$$

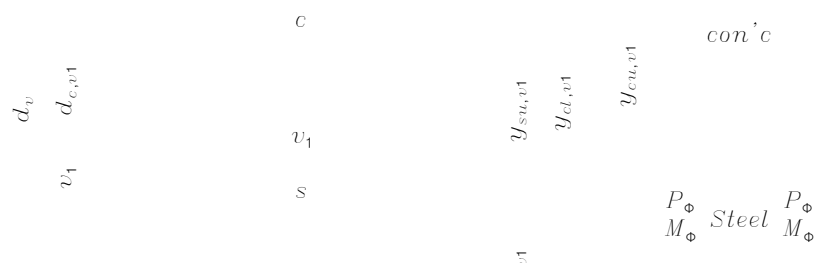
$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_{rv}$	$= -5,866.696 \times 1,337.2 / 374,054,098,177.1$	$=$	-20.973	MPa
$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_{rv}$	$= -5,866.696 \times -1,700.8 / 374,054,098,177.1$	$=$	26.675	MPa
$f_{ru,v} = M_{sc} \cdot y_{ru,v} / I_{rv}$	$= -5,866.696 \times 1,532.2 / 374,054,098,177.1$	$=$	-24.031	MPa
$f_{rl,v} = M_{sc} \cdot y_{rl,v} / I_{rv}$	$= -5,866.696 \times 1,382.2 / 374,054,098,177.1$	$=$	-21.679	MPa

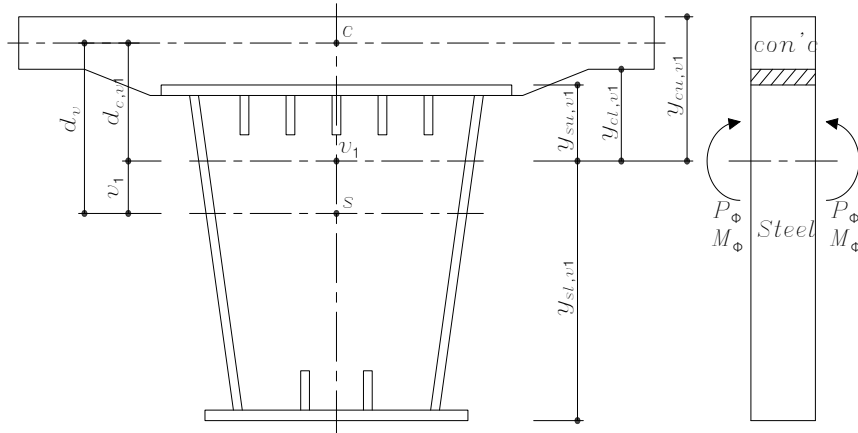
$$\begin{aligned} F_v &= b \cdot h \cdot v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + TI/2) &= 7.219E+06 \text{ mm}^2 \\ u &= V_{sc} / A_w + M_{sc} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 570.514 / 72,000.0 + 309.524 / (2 \times 7,219,185.9 \times 12.0) &= 9.710 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_{rv}$	$= -9,794.551 \times 1,337.2 / 374,054,098,177.1$	$=$	-35.014	MPa
$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_{rv}$	$= -9,794.551 \times -1,700.8 / 374,054,098,177.1$	$=$	44.535	MPa
$f_{ru,v} = M_v \cdot y_{ru,v} / I_{rv}$	$= -9,794.551 \times 1,532.2 / 374,054,098,177.1$	$=$	-40.120	MPa
$f_{rl,v} = M_v \cdot y_{rl,v} / I_{rv}$	$= -9,794.551 \times 1,382.2 / 374,054,098,177.1$	$=$	-36.193	MPa

$$\begin{aligned} \sigma_v &= V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 1,013.119 / 72,000.0 + 1,243.500 / (2 \times 7,219,185.9 \times 12.0) = 21.248 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_{rv}$	$= 0.000 \times 1,337.2 / 374,054,098,177.1$	$=$	0.000 MPa
$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_{rv}$	$= 0.000 \times -1,700.8 / 374,054,098,177.1$	$=$	0.000 MPa
$f_{ru,v} = M_w \cdot y_{ru,v} / I_{rv}$	$= 0.000 \times 1,532.2 / 374,054,098,177.1$	$=$	0.000 MPa
$f_{rl,v} = M_w \cdot y_{rl,v} / I_{rv}$	$= 0.000 \times 1,382.2 / 374,054,098,177.1$	$=$	0.000 MPa

$$\sigma_v = V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 0.000 / 72.000.0 + 0.000 / (2 \times 7.219.185.9 \times 12.0) = 0.000 \text{ MPa}$$




(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,300,191.0 / 7.0 = 185,741.6 \text{ mm}^2$$

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 6,771,828,307.2 / 7.0 = 9.674\text{E}+08 \text{ mm}^4$$

▪ 합성 단면적

$$A_v' = A_s + A_{cn1} = 179,474.4 + 185,741.6 = 365,216.0 \text{ mm}^2$$

▪ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v' = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 1,598.7 - 18.0 + 23.0 + 250.0/2 = 1,728.7 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v' = A_{cn1} \times d_v' / A_v' = 185,741.6 \times 1,728.7 / 365,216.0 = 879.2 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v}' = d_v' - v' = 1,728.7 - 879.2 = 849.5 \text{ mm}$$

▪ 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\phi_1 = 2.0$$

$$k = -0.190 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 2.0/2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_{c1}/n_1 = 179,474.4 + 1,300,191.0 / 14.0 = 2.723\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_{c1}/n_1) \times d_v' / A_{v1} = (1,300,191.0/14.0) \times 1,728.7 / 272,345.2 = 589.5 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v' - v_1 = 1,728.7 - 589.5 = 1,139.2 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v'^2) + (I_c/n_1 + A_c/n_1 \cdot d_{c,v}'^2)$$

$$= (293,379,109,783.8 + 179,474.4 \times 879.2^2) + (6,771,828,307.2/7.0 + 1,300,191.0/7.0 \times 849.5^2) = 4.996\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

▪ 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v}' \cdot A_{c1} / (n \cdot I_{v1}) = -5,866.7 \times 849.5 \times 1,300,191.0 / (7.0 \times 499,621,030,084.5) = -1.853\text{E}+06 \text{ N}$$

▪ 강재보와 결함으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -1,852,862.7 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = -1.853\text{E}+06 \text{ N}$$

▪ P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = -1,852,862.7 \times 1,139.2 = -2.111\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

▪ 바닥판 철근 응력 변화량

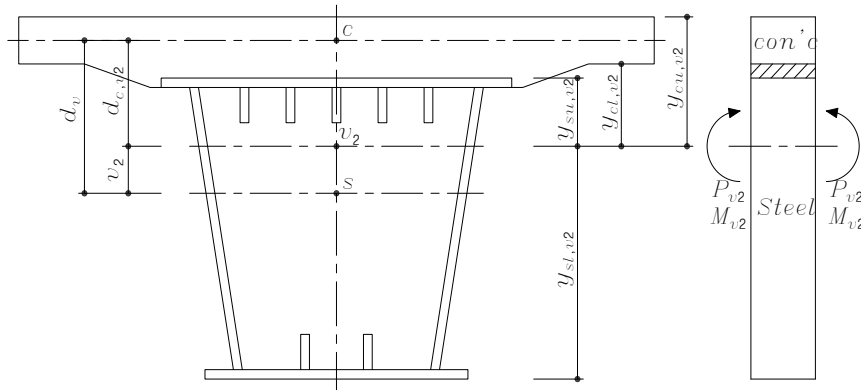
$$f_{ru,v1} = P_{\phi}/A_v + k \cdot M_{\phi} \cdot y_{ru,v}/I_{rv} \\ = -1,852,862.7/211,685.9 + -0.190 \times -2,110,836,147.9 \times 1,532.2/374,054,098,177.1 = -7.107 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v1} = P_{\phi}/A_v + k \cdot M_{\phi} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} \\ = -1,852,862.7/211,685.9 + -0.190 \times -2,110,836,147.9 \times 1,382.2/374,054,098,177.1 = -7.268 \text{ MPa}$$

▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_{\phi}/A_v + k \cdot M_{\phi} \cdot y_{su,v}/I_{rv} \\ = -1,852,862.7/211,685.9 + -0.190 \times -2,110,836,147.9 \times 1,337.2/374,054,098,177.1 = -7.316 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_{\phi}/A_v + k \cdot M_{\phi} \cdot y_{sl,v}/I_{rv} \\ = -1,852,862.7/211,685.9 + -0.190 \times -2,110,836,147.9 \times -1,700.8/374,054,098,177.1 = -10.580 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

▪ 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수

ϕ_2 는 $\phi_2 = 2 \cdot \phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{i2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 179,474.4 + 1,300,191.0 / 21.0 = 2.414E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{i2} = (1,300,191.0/21.0) \times 1,728.7 / 241,388.3 = 443.4 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,728.7 - 443.4 = 1,285.3 \text{ mm}$$

▪ 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{i2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,300,191.0 / 21.0 = 3.427E+06 \text{ N}$$

▪ P_{i2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{i2} = P_{i2} \times d_{c,v2} = 3,426,932.1 \times 1,285.3 = 4.405E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

▪ 바닥판 철근 응력 변화량

$$f_{ru,v2} = P_{i2}/A_v + k \cdot M_{i2} \cdot y_{ru,v}/I_{rv} \\ = 3,426,932.1/211,685.9 + -0.190 \times 4,404,740,653.3 \times 1,532.2/374,054,098,177.1 = 12.753 \text{ MPa}$$

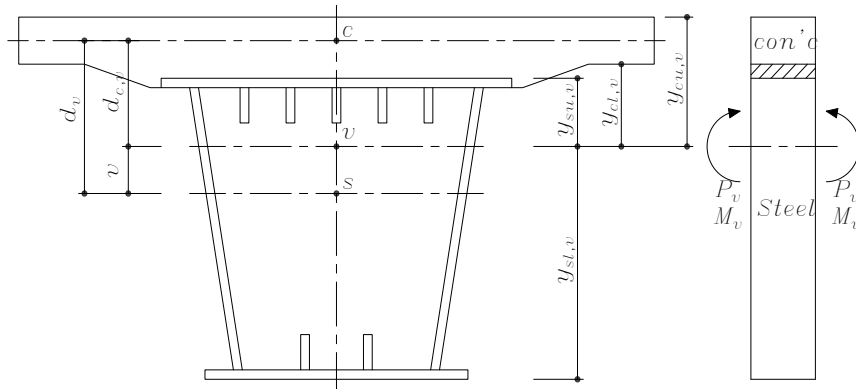
$$f_{rl,v2} = P_{i2}/A_v + k \cdot M_{i2} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} \\ = 3,426,932.1/211,685.9 + -0.190 \times 4,404,740,653.3 \times 1,382.2/374,054,098,177.1 = 13.090 \text{ MPa}$$

▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{i2}/A_v + k \cdot M_{i2} \cdot y_{su,v}/I_{rv} \\ = 3,426,932.1/211,685.9 + -0.190 \times 4,404,740,653.3 \times 1,337.2/374,054,098,177.1 = 13.191 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v}/I_{rv}$$

$$= 3,426,932.1/211,685.9 + -0.190 \times 4,404,740,653.3 \times -1,700.8/374,054,098,177.1 = \mathbf{20.002 \text{ MPa}}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향 (도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10℃를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팅창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

온도 변형률

$$\varepsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \varepsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,300,191.0 / 7.0 = 4.569E+06 \text{ N}$$

P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 4,569,242.8 \times 849.5 = 3.882E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

바닥판 철근 응력 변화량

$$f_{ru,t} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{ru,v}/I_{rv} - E_s \cdot \varepsilon_t$$

$$= 4,569,242.8/211,685.9 + -0.190 \times 3,881,731,303.7 \times 1,532.2/374,054,098,177.1 - 205,000.0 \times 0.000120 = \mathbf{-6.042 \text{ MPa}}$$

$$f_{rl,t} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} - E_s \cdot \varepsilon_t$$

$$= 4,569,242.8/211,685.9 + -0.190 \times 3,881,731,303.7 \times 1,382.2/374,054,098,177.1 - 205,000.0 \times 0.000120 = \mathbf{-5.746 \text{ MPa}}$$

강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_{rv}$$

$$= 4,569,242.8/211,685.9 + -0.190 \times 3,881,731,303.7 \times 1,337.2/374,054,098,177.1 = \mathbf{18.943 \text{ MPa}}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_{rv}$$

$$= 4,569,242.8/211,685.9 + -0.190 \times 3,881,731,303.7 \times -1,700.8/374,054,098,177.1 = \mathbf{24.946 \text{ MPa}}$$

(8) 전단 및 비틀림

풍하중 비재하시의 전단응력

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

$$= 3,497.332/72,000.0 + 283.264/172,241,665.7 + 1,553.024/173,260,461.3 = 59.182 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{\ast u = 59.2 \text{ MPa} \leq u_a = 110.0 \text{ MPa} \dots \dots 0.K !!}$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0.0$) f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다) i : 응력구배계수 n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

▪ 인장 (상부)플랜지의 허용응력

(SM490B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

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

▪ 압축 (하부)플랜지의 허용응력

(SM490B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$t_l \geq b / 24 \cdot i \cdot n = 2,500.0 / (24 \times 1.000 \times 5) = 20.8 \text{ mm}$$

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

$$b / 24 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 49 \cdot i \cdot n = 2,500.0 / (49 \times 1.000 \times 5) = 10.2 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 190.0 - 3.9 \cdot [b / (t_l \cdot i \cdot n) - 24] = 190.0 - 3.9 \{ 2,500.0 / (20.0 \times 1.0 \times 5) - 24 \} = 186.1 \text{ MPa}$$

$$b / 49 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 80 \cdot i \cdot n = 2,500.0 / (80 \times 1.000 \times 5) = 6.3 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000 \{ (t_l \cdot i \cdot n) / b \}^2 = 220,000.0 \times \{ (20.0 \times 1.0 \times 5.0 / 2,500.0) \}^2 = 352.0 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 20.0 \text{ mm} : \therefore f_{ca} = 186.1 \text{ MPa}$$

▪ 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

하 중 조 합	RE-BAR				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	-107.530	96.804	190.000	186.100
1+2+3	-64.152	-57.871	160.000	160.000	-163.517	168.014	190.000	186.100
1+2+3+5	-71.258	-65.139	160.000	160.000	-170.833	157.434	190.000	186.100
1+2+3+5+6	-58.505	-52.049	160.000	160.000	-157.642	177.436	190.000	186.100
1+2+3+5+6+7	-64.547	-57.795	184.000	184.000	-138.699	202.382	218.500	214.015
1+2+3+5+6-7	-52.462	-46.303	184.000	184.000	-176.585	152.491	218.500	214.015

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 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	0.320	0.271	0.289	0.289	0.610	0.560	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.741	0.815	0.289	0.289	1.030	1.105	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.808	0.716	0.289	0.289	1.098	1.005	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.688	0.909	0.289	0.289	0.978	1.199	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.403	0.894	0.289	0.289	0.692	1.184	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.653	0.508	0.289	0.289	0.943	0.797	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \quad \dots\dots 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{-170.833}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{59.182}{110.000}\right) = 0.808 + 0.289 = 1.098 \leq 1.2 \quad \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{177.436}{186.100}\right)^2 + \left(\frac{59.182}{110.000}\right) = 0.909 + 0.289 = 1.199 \leq 1.2 \quad \dots\dots 0.K !!$$

(11) 판의 최소두께 검토

▪ 인장(상부) 플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 88.0 / 16.0 = 6.3 \leq t_{use} = 18.0 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

$$(\text{합성형 스테드 설치시}) \quad t_{min} = 10.0 \leq t_{use} = 18.0 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

▪ 압축(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭}/16 = 100.0 / 16.0 = 6.3 \leq t_{use} = 20.0 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2,500.0 / (49 \times 1.0 \times 5.0) = 10.2 \leq t_{use} = 20.0 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

▪ 복 부 판 [수평보강재 사용단수 2 단] (도.설.기 3.8.4.1, 3.8.4.2)

$$t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 3,000.0 / (310 \times 1.200) = 8.1 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190.0 / 96.804)} = 1.40 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

(도.설.기 3.9.3.2)

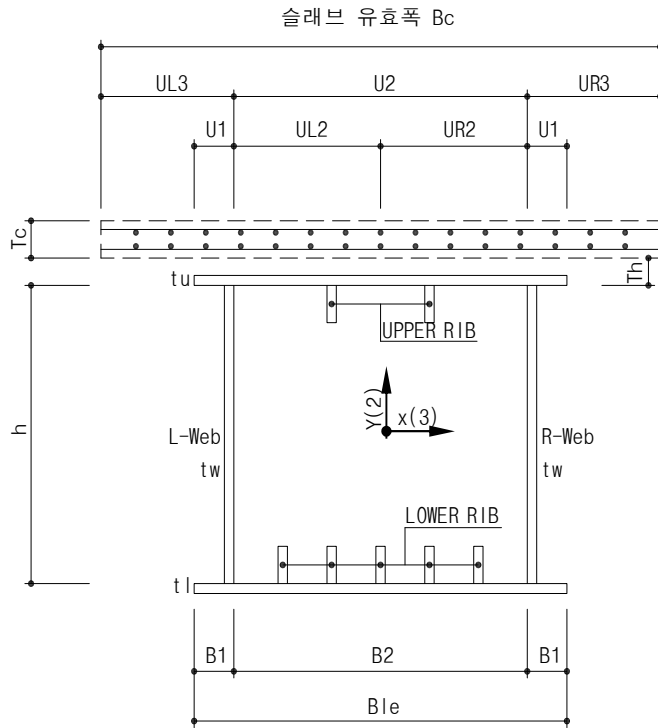
▪ 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.

▪ 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Rebar				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	-139.788	125.845	315.000	0.K !!
1+2+3	-117.500	-105.997	240.000	0.K !!	-242.334	256.274	315.000	0.K !!
1+2+3+7	-123.542	-111.743	240.000	0.K !!	-261.277	281.219	315.000	0.K !!
1+2+3+5	-124.606	-113.264	240.000	0.K !!	-249.650	245.693	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6	-111.853	-100.175	240.000	0.K !!	-236.460	265.695	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	-117.895	-105.921	240.000	0.K !!	-217.517	290.641	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	-105.810	-94.429	240.000	0.K !!	-255.402	240.750	315.000	0.K !!

[G2 : 단 면 - S2-S3 지점부]

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM490B

Bc = 5,200.8 mm

U1 = 100.0 mm

UL2 = 1,250.0 mm

UR2 = 1,250.0 mm

상부 플랜지 유효폭

Bue = 2,430.4 mm

하부 플랜지 유효폭

Ble = 2,430.4 mm

B1 = 100.0 mm

B2 = 2,500.0 mm

Tc = 250.0 mm

Th = 23.0 mm

h = 3,000.0 mm

$\Theta_L = 0.000^\circ$

$\Theta_R = 0.000^\circ$

구 분	단 위	입력 Data
E_s : 강재 탄성계수	MPa	205,000.0
E_c : 콘크리트의 탄성계수	MPa	28,693.4
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율	-	0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수	-	0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수	-	4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비	-	7
Δt : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
M_s : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	-19,724.759
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	-5,866.519
M_w : 풍하중에 의한 모멘트	kN·m	0.000
M_v : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	-9,794.165
V_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1,913.261
V_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-570.552
V_w : 풍하중에 의한 전단력	kN	0.000
V_v : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	-1,012.706
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	285.510
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-308.848
M_{wt} : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN·m	0.000
M_{vt} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	1,240.760
t_{cu}, t_{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

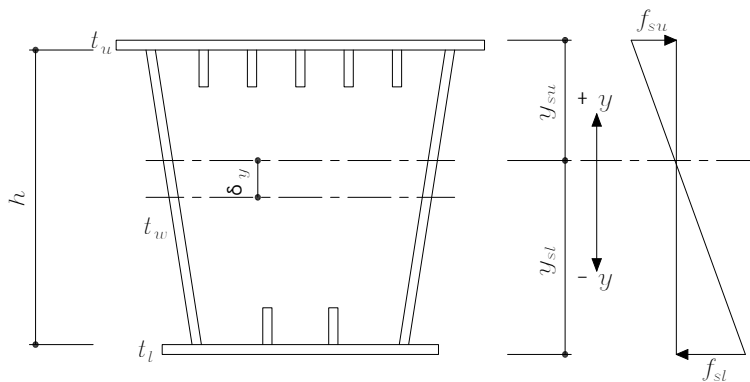
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

X(3)축 방향 단면 제원

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 2,430.4 × 18.0	43,746.8	1,509.0	6.601E+07	9.962E+10	1.181E+06
UPPER RIB	2 - 180.0 × 14.0	5,040.0	1,410.0	7.106E+06	1.002E+10	1.361E+07
L - WEB	1 - 3,000.0 × 12.0	36,000.0	-	-	-	2.700E+10
R - WEB	1 - 3,000.0 × 12.0	36,000.0	-	-	-	2.700E+10
LOWER RIB	4 - 180.0 × 14.0	10,080.0	-1,410.0	-1.421E+07	2.004E+10	2.722E+07
LOWER FL.	1 - 2,430.4 × 20.0	48,607.6	-1,510.0	-7.340E+07	1.108E+11	1.620E+06
강재 단면 합계		179,474.4	-	-1.449E+07	2.405E+11	5.404E+10
UPPER RE-Bar (A_{ru})		16,105.7	1,713.0	27,589,109.3	47,260,144,238.4	-
LOWER RE-Bar (A_{rl})		16,105.7	1,563.0	25,173,250.3	39,345,790,290.8	-
RE-Bar 합계		32,211.5		5.276E+07	8.661E+10	-
RC. SLAB	1 - 5,200.8 × 250.0	1,300,191.0	1,648.0	2.143E+09	3.531E+12	6.772E+09
※ $A_s = 179,474.4 \text{ mm}^2$ $A_{c1} = 1,300,191.0 \text{ mm}^2$ $A_r = 32,211.5 \text{ mm}^2$						

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

▪ 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -14,489,893.4 / 179,474.4 = -80.735 \text{ mm}$$

▪ 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 3,000.0 / 2 + 18.0 - -80.735 = 1,598.735 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 3,000.0 / 2 + 20.0 + -80.735 \} = -1,439.265 \text{ mm}$$

▪ 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 54,043,625,417.6 + 240,505,327,967.8 - 179,474.4 \times -80.735^2 = 2.934E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = -19,724.759 \times 1,598.7 / 293,379,109,783.8 = -107.488 \text{ MPa}$$

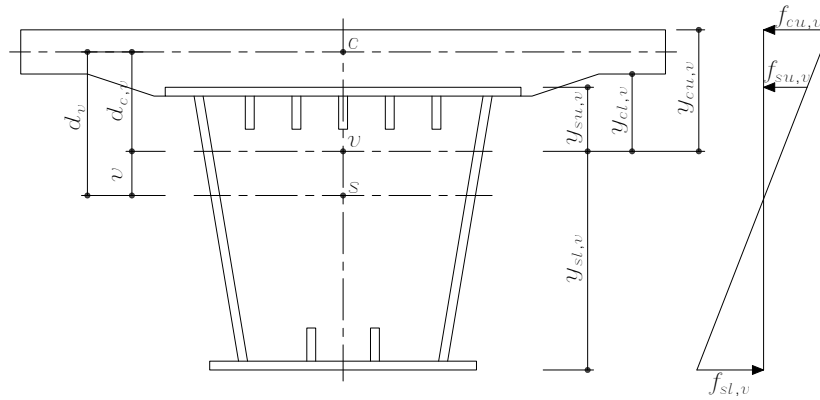
$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = -19,724.759 \times -1,439.3 / 293,379,109,783.8 = 96.766 \text{ MPa}$$

▪ 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 7.177E+06 \text{ mm}^2$$

$$\tau = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) = 1,913.261 / 72,000.0 + 285.510 / (2 \times 7,176,736.1 \times 12.0) = 28.231 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

▪ 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_r = 179,474.4 + 32,211.5 = 211,685.9 \text{ mm}^2$$

▪ 강재도심선에서 철근 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r = 1,598.7 - 18.0 + 23.0 + 40.0 + (250.0 - 60.0 - 40.0) \times 16,105.7 / 32,211.5 = 1,718.7 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_r \times d_v / A_v = 32,211.5 \times 1,718.7 / 211,685.9 = 261.5 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{r,v} = d_v - v = 1,718.7 - 261.5 = 1,457.2 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{rv} = I_s + A_s \cdot v^2 + I_r + A_r \cdot d_{r,v}^2 = 293,379,109,783.8 + 179,474.4 \times 261.5^2 + 0.0 + 32,211.5 \times 1,457.2^2 = 3.741\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 1,598.7 - 261.5 = 1,337.2 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -1,439.3 - 261.5 = -1,700.8 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 바닥판 주철근 상·하연까지의 거리

$$y_{ru,v} = d_{r,v} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{rl} / A_r = 1,457.2 + (250.0 - 60.0 - 40.0) \times 16,105.7 / 32,211.5 = 1,532.2 \text{ mm}$$

$$y_{rl,v} = d_{r,v} - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r = 1,457.2 - (250.0 - 60.0 - 40.0) \times 16,105.7 / 32,211.5 = 1,382.2 \text{ mm}$$

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -5,866.519 \times 1,337.2 / 374,054,098,177.1 = -20.972 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -5,866.519 \times -1,700.8 / 374,054,098,177.1 = 26.675 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_{sc} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -5,866.519 \times 1,532.2 / 374,054,098,177.1 = -24.030 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_{sc} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -5,866.519 \times 1,382.2 / 374,054,098,177.1 = -21.678 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$F_v = b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 7.219\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 570.552 / 72,000.0 + 308.848 / (2 \times 7,219,185.9 \times 12.0) = 9.707 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

■ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -9,794.165 \times 1,337.2 / 374,054,098,177.1 = -35.013 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -9,794.165 \times -1,700.8 / 374,054,098,177.1 = 44.533 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_v \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -9,794.165 \times 1,532.2 / 374,054,098,177.1 = -40.119 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_v \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -9,794.165 \times 1,382.2 / 374,054,098,177.1 = -36.191 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$\begin{aligned} u &= V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 1,012.706 / 72,000.0 + 1,240.760 / (2 \times 7,219,185.9 \times 12.0) = 21.227 \text{ MPa} \end{aligned}$$

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

■ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_{rv} = 0.000 \times 1,337.2 / 374,054,098,177.1 = 0.000 \text{ MPa}$$

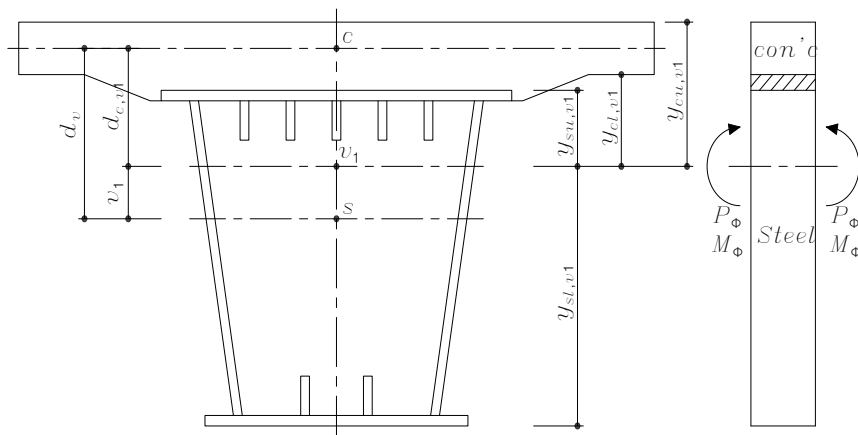
$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = 0.000 \times -1,700.8 / 374,054,098,177.1 = 0.000 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_w \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = 0.000 \times 1,532.2 / 374,054,098,177.1 = 0.000 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_w \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = 0.000 \times 1,382.2 / 374,054,098,177.1 = 0.000 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$\begin{aligned} u &= V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 0.000 / 72,000.0 + 0.000 / (2 \times 7,219,185.9 \times 12.0) = 0.000 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

■ 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,300,191.0 / 7.0 = 185,741.6 \text{ mm}^2$$

■ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 6,771,828,307.2 / 7.0 = 9.674\text{E}+08 \text{ mm}^4$$

■ 합성 단면적

$$A_v' = A_s + A_{cn1} = 179,474.4 + 185,741.6 = 365,216.0 \text{ mm}^2$$

■ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$$d_v' = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2 = 1,598.7 - 18.0 + 23.0 + 250.0/2 = 1,728.7 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v' = A_{cn1} \times d_{v'} / A_{v'} = 185,741.6 \times 1,728.7 / 365,216.0 = 879.2 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v'} = d_{v'} - v' = 1,728.7 - 879.2 = 849.5 \text{ mm}$$

▪ 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 Φ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\Phi_1 = 2.0$$

$$k = -0.190 \quad \text{※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려}$$

$$n_1 = n \cdot (1 + \Phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 2.0/2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_{c1}/n_1 = 179,474.4 + 1,300,191.0 / 14.0 = 2.723\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_{c1}/n_1) \times d_{v'} / A_{v1} = (1,300,191.0/14.0) \times 1,728.7 / 272,345.2 = 589.5 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_{v'} - v_1 = 1,728.7 - 589.5 = 1,139.2 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v'^2) + (I_c/n_1 + A_c/n_1 \cdot d_{c,v}^2) \\ = (293,379,109,783.8 + 179,474.4 \times 879.2^2) + (6,771,828,307.2/7.0 + 1,300,191.0/7.0 \times 849.5^2) = 4.996\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

▪ 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v'} \cdot A_{c1} / (n \cdot I_{v1}) \\ = -5,866.5 \times 849.5 \times 1,300,191.0 / (7.0 \times 499,621,030,084.5) = -1.853\text{E}+06 \text{ N}$$

▪ 강재보와 결함으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\Phi = N_c \cdot 2 \cdot \Phi_1 / (2 + \Phi_1) = -1,852,806.8 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = -1.853\text{E}+06 \text{ N}$$

▪ P_Φ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\Phi = P_\Phi \times d_{c,v1} = -1,852,806.8 \times 1,139.2 = -2.111\text{E}+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

▪ 바닥판 철근 응력 변화량

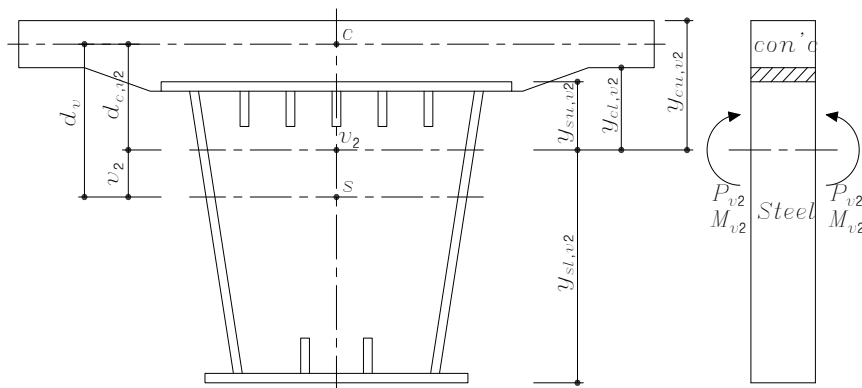
$$f_{ru,v1} = P_\Phi / A_v + k \cdot M_\Phi \cdot y_{ru,v} / I_{rv} \\ = -1,852,806.8 / 211,685.9 + -0.190 \times -2,110,772,463.3 \times 1,532.2 / 374,054,098,177.1 = -7.106 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v1} = P_\Phi / A_v + k \cdot M_\Phi \cdot y_{rl,v} / I_{rv} \\ = -1,852,806.8 / 211,685.9 + -0.190 \times -2,110,772,463.3 \times 1,382.2 / 374,054,098,177.1 = -7.268 \text{ MPa}$$

▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\Phi / A_v + k \cdot M_\Phi \cdot y_{su,v} / I_{rv} \\ = -1,852,806.8 / 211,685.9 + -0.190 \times -2,110,772,463.3 \times 1,337.2 / 374,054,098,177.1 = -7.316 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\Phi / A_v + k \cdot M_\Phi \cdot y_{sl,v} / I_{rv} \\ = -1,852,806.8 / 211,685.9 + -0.190 \times -2,110,772,463.3 \times -1,700.8 / 374,054,098,177.1 = -10.580 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ε_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수 Φ_2 는 $\Phi_2 = 2 \cdot \Phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

$$\Phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \Phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 179,474.4 + 1,300,191.0 / 21.0 = 2.414E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2} = (1,300,191.0/21.0) \times 1,728.7 / 241,388.3 = 443.4 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,728.7 - 443.4 = 1,285.3 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \varepsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,300,191.0 / 21.0 = 3.427E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 3,426,932.1 \times 1,285.3 = 4.405E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

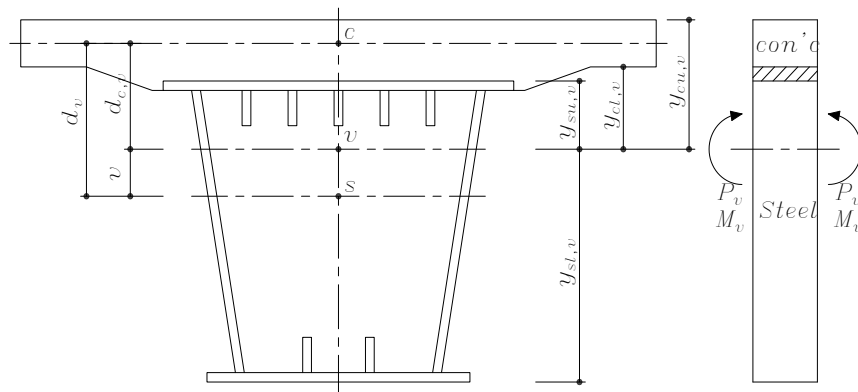
$$f_{ru,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{ru,v}/I_{rv} = 3,426,932.1/211,685.9 + -0.190 \times 4,404,740,653.3 \times 1,532.2/374,054,098,177.1 = 12.753 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} = 3,426,932.1/211,685.9 + -0.190 \times 4,404,740,653.3 \times 1,382.2/374,054,098,177.1 = 13.090 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v}/I_{rv} = 3,426,932.1/211,685.9 + -0.190 \times 4,404,740,653.3 \times 1,337.2/374,054,098,177.1 = 13.191 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v}/I_{rv} = 3,426,932.1/211,685.9 + -0.190 \times 4,404,740,653.3 \times -1,700.8/374,054,098,177.1 = 20.002 \text{ MPa}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10°C 를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

- 온도 변형률

$$\varepsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,300,191.0 / 7.0 = 4.569E+06 \text{ N}$$

- P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 4,569,242.8 \times 849.5 = 3.882E+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{ru,t} &= P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{ru,v}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t \\ &= 4,569,242.8/211,685.9 + -0.190 \times 3,881,731,303.7 \times 1,532.2/374,054,098,177.1 \\ &\quad - 205,000.0 \times 0.000120 = -6.042 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{rl,t} &= P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t \\ &= 4,569,242.8/211,685.9 + -0.190 \times 3,881,731,303.7 \times 1,382.2/374,054,098,177.1 \\ &\quad - 205,000.0 \times 0.000120 = -5.746 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_{rv} \\ &= 4,569,242.8/211,685.9 + 0.190 \times 3,881,731,303.7 \times 1,337.2/374,054,098,177.1 = 18.943 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_{rv} \\ &= 4,569,242.8/211,685.9 + 0.190 \times 3,881,731,303.7 \times -1,700.8/374,054,098,177.1 = 24.946 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$\begin{aligned} u &= (V_s + V_{sc} + V_v)/A_w + M_{st}/(2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sc} + M_{vt})/(2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 3,496.519/72,000.0 + 285.510/172,241,665.7 + 1,549.608/173,260,461.3 = 59.164 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\ast u = 59.2 \text{ MPa} \leq u_a = 110.0 \text{ MPa} \dots 0.K !!$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0.0$)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 수

- 인장 (상부)플랜지의 허용응력

(SM490B 사용)

(도.설.해 3.3.2)

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

- 압축 (하부)플랜지의 허용응력

(SM490B 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$t_l \geq b / 24 \cdot i \cdot n = 2,500.0 / (24 \times 1.000 \times 5) = 20.8 \text{ mm}$$

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

$$b / 24 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 49 \cdot i \cdot n = 2,500.0 / (49 \times 1.000 \times 5) = 10.2 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 190.0 - 3.9[b/(t_l \cdot i \cdot n) - 24] = 190.0 - 3.9\{2,500.0/(20.0 \times 1.0 \times 5) - 24\} = 186.1 \text{ MPa}$$

$$b / 49 \cdot i \cdot n > t_l \geq b / 80 \cdot i \cdot n = 2,500.0 / (80 \times 1.000 \times 5) = 6.3 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000\{(t_l \cdot i \cdot n)/b\}^2 = 220,000.0 \times \{(20.0 \times 1.0 \times 5.0/2,500.0)\}^2 = 352.0 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = 20.0 \text{ mm} : \therefore f_{ca} = 186.1 \text{ MPa}$$

▪ 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

하 중 조 합	RE-BAR				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	-107.488	96.766	190.000	186.100
1+2+3	-64.149	-57.869	160.000	160.000	-163.473	167.974	190.000	186.100
1+2+3+5	-71.256	-65.137	160.000	160.000	-170.789	157.394	190.000	186.100
1+2+3+5+6	-58.502	-52.047	160.000	160.000	-157.598	177.396	190.000	186.100
1+2+3+5+6+7	-64.545	-57.793	184.000	184.000	-138.655	202.342	218.500	214.015
1+2+3+5+6-7	-52.460	-46.301	184.000	184.000	-176.541	152.451	218.500	214.015

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.320	0.270	0.289	0.289	0.609	0.560	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.740	0.815	0.289	0.289	1.030	1.104	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.808	0.715	0.289	0.289	1.097	1.005	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.688	0.909	0.289	0.289	0.977	1.198	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.403	0.894	0.289	0.289	0.692	1.183	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.653	0.507	0.289	0.289	0.942	0.797	0.K !!	0.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \quad \dots \quad 0.K !!$$

[상 연]

$$\left(\frac{-170.789}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{59.164}{110.000} \right) = 0.808 + 0.289 = 1.097 \leq 1.2 \quad \dots \quad 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{177.396}{186.100} \right)^2 + \left(\frac{59.164}{110.000} \right) = 0.909 + 0.289 = 1.198 \leq 1.2 \quad \dots \quad 0.K !!$$

(11) 판의 최소두께 검토

▪ 인장(상부) 플랜지

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 88.0 / 16.0 = 6.3 \leq t_{use} = 18.0 \text{ mm} \quad \dots \quad 0.K !!$$

$$(\text{합성형 스테드 설치시}) \quad t_{min} = 10.0 \leq t_{use} = 18.0 \text{ mm} \quad \dots \quad 0.K !!$$

▪ 압축(하부) 플랜지

(도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100.0 / 16.0 = 6.3 \leq t_{use} = 20.0 \text{ mm} \quad \dots \quad 0.K !!$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2,500.0 / (49 \times 1.0 \times 5.0) = 10.2 \leq t_{use} = 20.0 \text{ mm} \quad \dots \quad 0.K !!$$

▪ 복 부 판 [수평보강재 사용단수 2 단]

(도.설.기 3.8.4.1, 3.8.4.2)

$$t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 3,000.0 / (310 \times 1.200) = 8.1 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \quad \dots \quad 0.K !!$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(190.0 / 96.766)} = 1.40 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Rebar				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	-139.734	125.796	315.000	0.K !!
1+2+3	-117.495	-105.993	240.000	0.K !!	-242.276	256.220	315.000	0.K !!
1+2+3+7	-123.538	-111.739	240.000	0.K !!	-261.219	281.165	315.000	0.K !!
1+2+3+5	-124.602	-113.260	240.000	0.K !!	-249.592	245.640	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6	-111.848	-100.170	240.000	0.K !!	-236.401	265.642	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	-117.891	-105.916	240.000	0.K !!	-217.458	290.587	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	-105.806	-94.424	240.000	0.K !!	-255.344	240.696	315.000	0.K !!