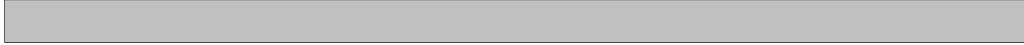


상부구조(S1-S3)

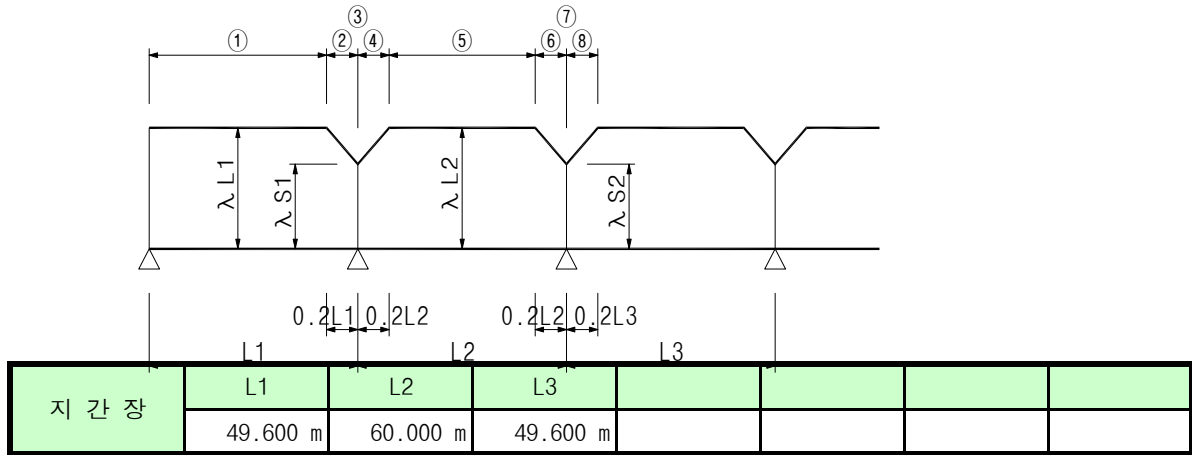


■ 플랜지 및 바닥판의 유효폭 계산

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

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

[G3]

(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

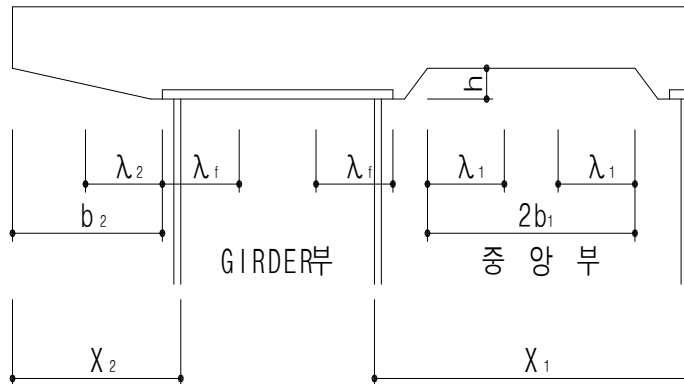
2) 바닥판 유효폭

(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 (G3)



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

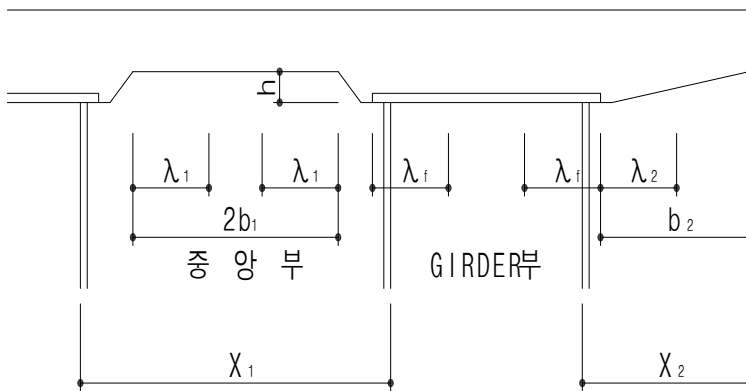
[G3]

(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	4.805	1.172	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.246	1.072	0.000	6.041
C2	2	39.680	2.700	0.023	4.805	1.172	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.246	1.072	0.000	6.041
C3	2	39.680	2.700	0.023	4.805	1.172	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.246	1.072	0.000	6.041
0.20L	2	39.680	2.700	0.023	4.805	1.172	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.246	1.072	0.000	6.041
C4	2	39.680	2.700	0.023	4.805	1.172	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.246	1.072	0.000	6.041
C5	2	39.680	2.700	0.023	4.805	1.172	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.246	1.072	0.000	6.041
C6	2	39.680	2.700	0.023	4.805	1.172	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.246	1.072	0.000	6.041
C7	2	39.680	2.700	0.023	4.805	1.172	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.246	1.072	0.000	6.041
C8	2	39.680	2.700	0.023	4.805	1.172	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.246	1.072	0.000	6.041
C9	3	39.680	2.700	0.023	4.805	1.172	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.246	1.072	0.000	6.041
0.20L	3	39.680	2.700	0.023	4.805	1.172	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.246	1.072	0.000	6.041
C10	4	직선변화										2.009	1.026	0.000	5.625
C11(P1)	4	21.920	2.430	0.023	4.805	1.172	0.000	0.100	0.104	0.049	0.000	1.769	0.980	0.000	5.202
C12	4	직선변화										1.956	1.018	0.000	5.540
C13	3	직선변화										2.144	1.057	0.000	5.878
0.20L	3	36.000	2.700	0.023	4.805	1.172	0.000	0.100	0.063	0.030	0.000	2.219	1.072	0.000	6.014
C14	2	36.000	2.700	0.023	4.805	1.172	0.000	0.100	0.063	0.030	0.000	2.219	1.072	0.000	6.014
C15	2	36.000	2.700	0.023	4.805	1.172	0.000	0.100	0.063	0.030	0.000	2.219	1.072	0.000	6.014
C16	2	36.000	2.700	0.023	4.805	1.172	0.000	0.100	0.063	0.030	0.000	2.219	1.072	0.000	6.014
C17	2	36.000	2.700	0.023	4.805	1.172	0.000	0.100	0.063	0.030	0.000	2.219	1.072	0.000	6.014
C18	2	36.000	2.700	0.023	4.805	1.172	0.000	0.100	0.063	0.030	0.000	2.219	1.072	0.000	6.014
C19	2	36.000	2.700	0.023	4.805	1.172	0.000	0.100	0.063	0.030	0.000	2.219	1.072	0.000	6.014
C20	2	36.000	2.700	0.023	4.805	1.172	0.000	0.100	0.063	0.030	0.000	2.219	1.072	0.000	6.014
0.20L	2	36.000	2.700	0.023	4.805	1.172	0.000	0.100	0.063	0.030	0.000	2.219	1.072	0.000	6.014
C21	3	직선변화										2.144	1.057	0.000	5.878

C22	4	직선변화										1.956	1.018	0.000	5.540
C23(P2)	4	21.920	2.430	0.023	4.805	1.172	0.000	0.100	0.104	0.049	0.000	1.769	0.980	0.000	5.202
C24	4	직선변화										2.009	1.026	0.000	5.625
0.20L	4	39.680	2.700	0.023	4.805	1.172	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.246	1.072	0.000	6.041
C25	3	39.680	2.700	0.023	4.805	1.172	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.246	1.072	0.000	6.041
C26	2	39.680	2.700	0.023	4.805	1.172	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.246	1.072	0.000	6.041
C27	2	39.680	2.700	0.023	4.805	1.172	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.246	1.072	0.000	6.041
C28	2	39.680	2.700	0.023	4.805	1.172	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.246	1.072	0.000	6.041
C29	2	39.680	2.700	0.023	4.805	1.172	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.246	1.072	0.000	6.041
C30	2	39.680	2.700	0.023	4.805	1.172	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.246	1.072	0.000	6.041
C31	2	39.680	2.700	0.023	4.805	1.172	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.246	1.072	0.000	6.041
C32	2	39.680	2.700	0.023	4.805	1.172	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.246	1.072	0.000	6.041
C33(A2)	1	39.680	2.700	0.023	4.805	1.172	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.246	1.072	0.000	6.041

(2) 우측 캔틸레버부 (G2)



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

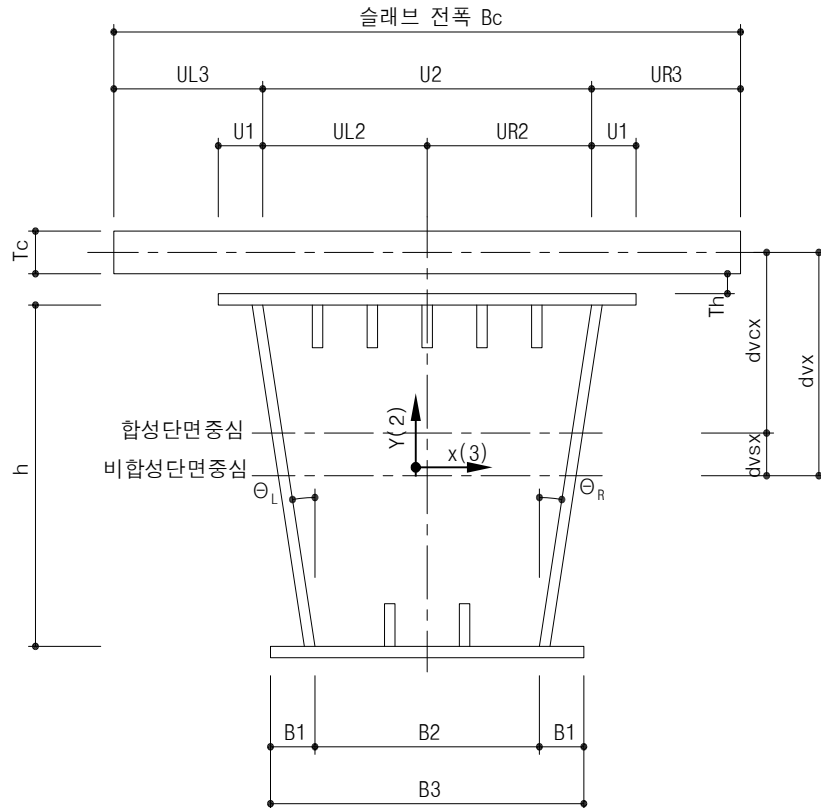
[G2]

(단위 : m)

위치	단면 번호	등가 지간 장	플랜 지 유효	현치 높이 (h)	X_1	X_2	X_3	플랜 지 돌출	b_1 / l	b_2 / l	b_3 / l	λ_1	λ_2	λ_3	B
C1(A1)	1	39.680	2.700	0.023	4.805	1.173	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.246	1.073	0.000	6.042
C2	2	39.680	2.700	0.023	4.805	1.173	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.246	1.073	0.000	6.042
C3	2	39.680	2.700	0.023	4.805	1.173	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.246	1.073	0.000	6.042
0.20L	2	39.680	2.700	0.023	4.805	1.173	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.246	1.073	0.000	6.042
C4	2	39.680	2.700	0.023	4.805	1.173	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.246	1.073	0.000	6.042
C5	2	39.680	2.700	0.023	4.805	1.173	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.246	1.073	0.000	6.042
C6	2	39.680	2.700	0.023	4.805	1.173	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.246	1.073	0.000	6.042
C7	2	39.680	2.700	0.023	4.805	1.173	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.246	1.073	0.000	6.042
C8	2	39.680	2.700	0.023	4.805	1.173	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.246	1.073	0.000	6.042
C9	3	39.680	2.700	0.023	4.805	1.173	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.246	1.073	0.000	6.042
0.20L	3	39.680	2.700	0.023	4.805	1.173	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.246	1.073	0.000	6.042
C10	4	직선변화										2.009	1.027	0.000	5.626
C11(P1)	4	21.920	2.430	0.023	4.805	1.173	0.000	0.100	0.104	0.049	0.000	1.769	0.981	0.000	5.203
C12	4	직선변화										1.956	1.019	0.000	5.541
C13	3	직선변화										2.144	1.058	0.000	5.879

0.20L	3	36.000	2.700	0.023	4.805	1.173	0.000	0.100	0.063	0.030	0.000	2.219	1.073	0.000	6.015
C14	2	36.000	2.700	0.023	4.805	1.173	0.000	0.100	0.063	0.030	0.000	2.219	1.073	0.000	6.015
C15	2	36.000	2.700	0.023	4.805	1.173	0.000	0.100	0.063	0.030	0.000	2.219	1.073	0.000	6.015
C16	2	36.000	2.700	0.023	4.805	1.173	0.000	0.100	0.063	0.030	0.000	2.219	1.073	0.000	6.015
C17	2	36.000	2.700	0.023	4.805	1.173	0.000	0.100	0.063	0.030	0.000	2.219	1.073	0.000	6.015
C18	2	36.000	2.700	0.023	4.805	1.173	0.000	0.100	0.063	0.030	0.000	2.219	1.073	0.000	6.015
C19	2	36.000	2.700	0.023	4.805	1.173	0.000	0.100	0.063	0.030	0.000	2.219	1.073	0.000	6.015
C20	2	36.000	2.700	0.023	4.805	1.173	0.000	0.100	0.063	0.030	0.000	2.219	1.073	0.000	6.015
0.20L	2	36.000	2.700	0.023	4.805	1.173	0.000	0.100	0.063	0.030	0.000	2.219	1.073	0.000	6.015
C21	3	직선변화										2.144	1.058	0.000	5.879
C22	4	직선변화										1.956	1.019	0.000	5.541
C23(P2)	4	21.920	2.430	0.023	4.805	1.173	0.000	0.100	0.104	0.049	0.000	1.769	0.981	0.000	5.203
C24	4	직선변화										2.009	1.027	0.000	5.626
0.20L	4	39.680	2.700	0.023	4.805	1.173	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.246	1.073	0.000	6.042
C25	3	39.680	2.700	0.023	4.805	1.173	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.246	1.073	0.000	6.042
C26	2	39.680	2.700	0.023	4.805	1.173	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.246	1.073	0.000	6.042
C27	2	39.680	2.700	0.023	4.805	1.173	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.246	1.073	0.000	6.042
C28	2	39.680	2.700	0.023	4.805	1.173	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.246	1.073	0.000	6.042
C29	2	39.680	2.700	0.023	4.805	1.173	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.246	1.073	0.000	6.042
C30	2	39.680	2.700	0.023	4.805	1.173	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.246	1.073	0.000	6.042
C31	2	39.680	2.700	0.023	4.805	1.173	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.246	1.073	0.000	6.042
C32	2	39.680	2.700	0.023	4.805	1.173	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.246	1.073	0.000	6.042
C33(A2)	1	39.680	2.700	0.023	4.805	1.173	0.000	0.100	0.057	0.027	0.000	2.246	1.073	0.000	6.042

■ 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

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

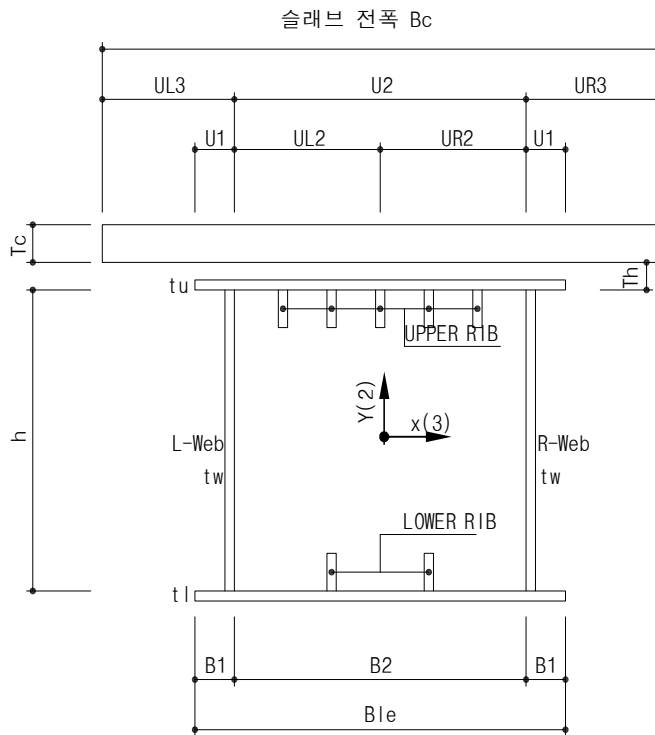
I_{22} : 합성전 강재단면의 2축 방향(횡방향) 단면2차 모멘트

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



$$B_c = 6,074.5 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

$$UL_3 = 1,172.0 \text{ mm}$$

$$UR_3 = 2,402.5 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

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

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

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)

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

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

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

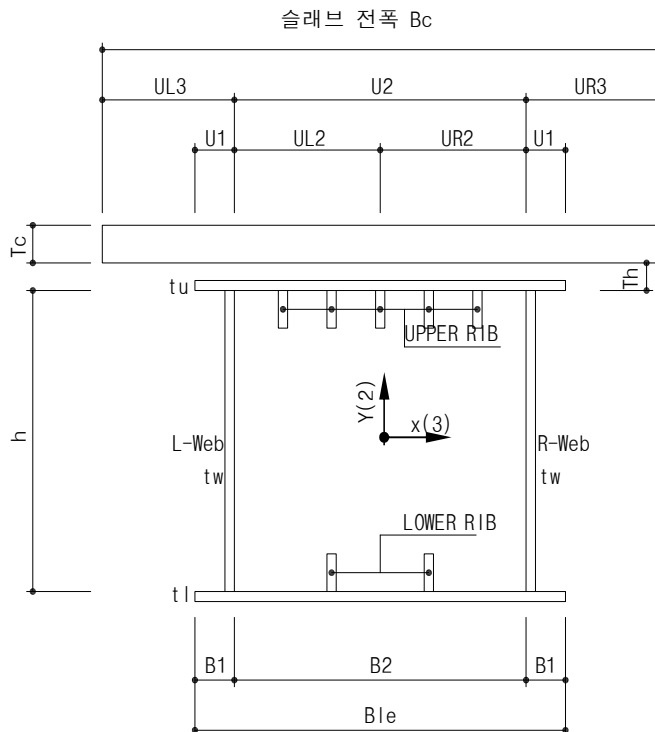
$$F = (Bu+Bl)/2 \times H = (2,512.0 + 2,512.0) / 2 \times 2,812.0 = 7.064E+06 \text{ mm}^2$$

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

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

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

◎ FRAME SECTION NAME 2 < G3 >



$$Bc = 6,074.5 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

$$UL3 = 1,172.0 \text{ mm}$$

$$UR3 = 2,402.5 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

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

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

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)

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

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

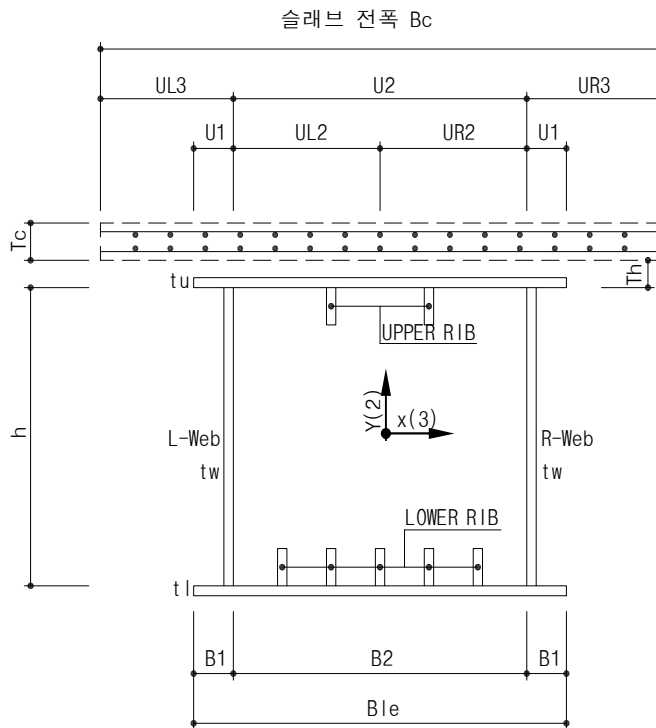
$$H = h + tu/2 + tl/2 = 3,000.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 3,012.0 \text{ mm}$$

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

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

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

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



$$Bc = 6,074.5 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

$$UL3 = 1,172.0 \text{ mm}$$

$$UR3 = 2,402.5 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

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

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

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)

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

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

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

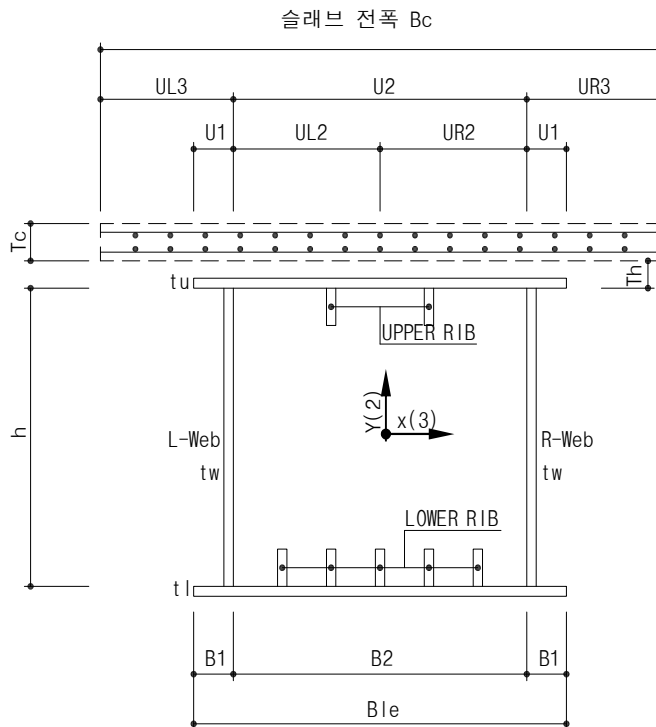
$$F = (Bu+Bl)/2 \times H = (2,512.0 + 2,512.0) / 2 \times 3,012.0 = 7.566\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

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

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

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

◎ FRAME SECTION NAME 4 < G3 >



$$Bc = 6,074.5 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

$$UL3 = 1,172.0 \text{ mm}$$

$$UR3 = 2,402.5 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

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

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

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)

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

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

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

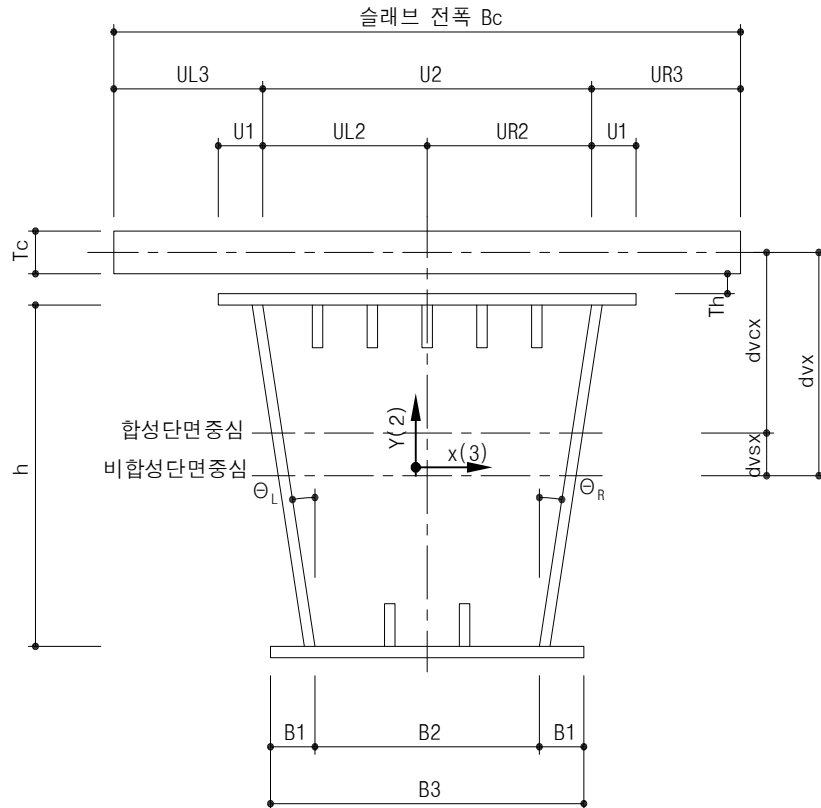
$$F = (Bu+Bl)/2 \times H = (2,512.0 + 2,512.0) / 2 \times 3,019.0 = 7.584E+06 \text{ mm}^2$$

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

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

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

■ 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

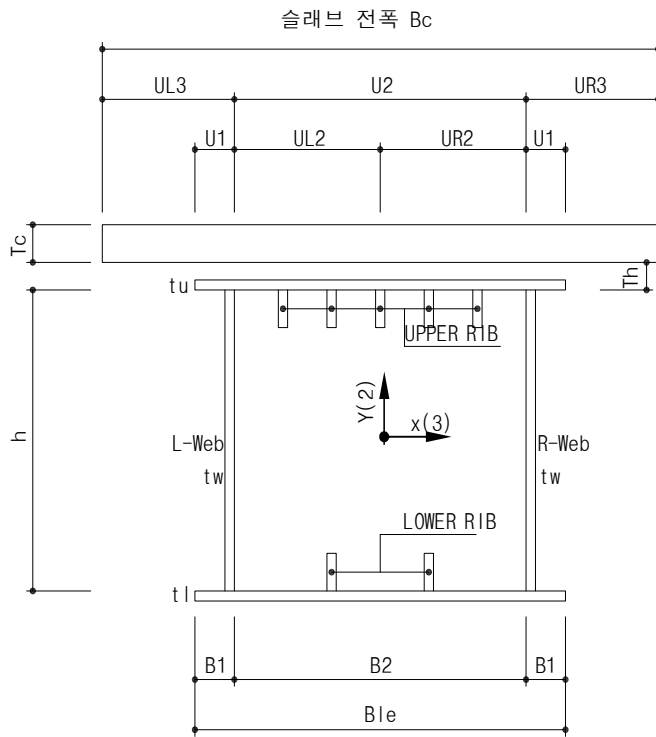
I_{22} : 합성전 강재단면의 2축 방향(횡방향) 단면2차 모멘트

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



$$Bc = 6,074.5 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

$$UL3 = 1,172.0 \text{ mm}$$

$$UR3 = 2,402.5 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

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

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

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

$$Ac = Bc \times Tc = 6,074.5 \times 450.0 = 2.734E+06 \text{ mm}^2$$

$$Av = \sum As + Ac / N = 147,120.0 + 2,733,525.0 / 7.0 = 5.376E+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = Bc \times Tc^3 / 12 = 6,074.5 \times 450.0^3 / 12 = 4.613E+10 \text{ mm}^4$$

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

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum As / Av = 1,603.1 \times 147,120.0 / 537,623.6 = 438.7 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,603.1 - 438.7 = 1,164.4 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v33} &= I_{33} + I_{cx} / n + \sum As \cdot d_{vsx}^2 + Ac / n \cdot d_{vcx}^2 \\ &= 197,695,706,197.7 + 46,128,234,375.0 / 7.0 + 147,120.0 \times 1,164.4^2 \\ &\quad + 2,733,525.0 / 7.0 \times 438.7^2 = 4.789E+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = Tc \times Bc^3 / 12 = 450.0 \times 6,074.5^3 / 12 = 8.405E+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-Bc/2 = 1,250.0 + 2,402.5 - 0.0 - 6,074.5 / 2 = 615.3 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum As / Av = 615.3 \times 147,120.0 / 537,623.6 = 168.4 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 615.3 - 168.4 = 446.9 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v22} &= I_{22} + I_{cy} / n + \sum As \cdot d_{vsy}^2 + Ac / n \cdot d_{vcy}^2 \\ &= 149,399,674,800.0 + 8,405,486,924,760.9 / 7.0 + 147,120.0 \times 446.9^2 \\ &\quad + 2,733,525.0 / 7.0 \times 168.4^2 = 1.391E+12 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

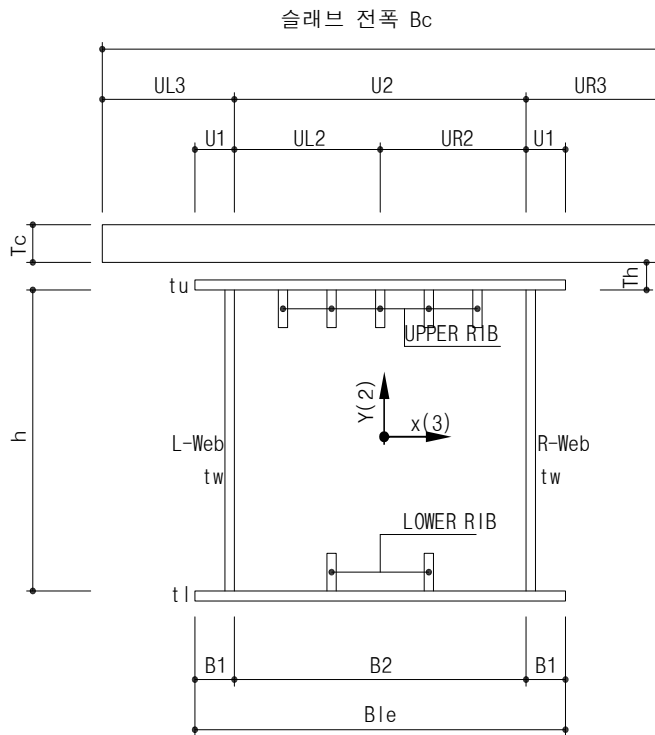
※ 합성 단면의 K값 산정시 Con'c SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

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

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

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

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



$$B_c = 6,074.5 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

$$UL_3 = 1,172.0 \text{ mm}$$

$$UR_3 = 2,402.5 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

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

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

X(3)축 방향

구 분	규 격	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	1,506.0	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)	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 - 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 합성 후 단면

$$\begin{aligned}
A_c &= B_c \times T_c &= 6,074.5 \times 250.0 &= 1.519\text{E}+06 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c / N &= 151,920.0 + 1,518,625.0 / 7.0 &= 3.689\text{E}+05 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

- X(3)축 방향

$$\begin{aligned}
I_{cx} &= B_c \times T_c^3 / 12 &= 6,074.5 \times 250.0^3 / 12 &= 7.910\text{E}+09 \text{ mm}^4 \\
d_{vx} &= h/2 - \delta_y + T_h + T_c/2 &= 3,000.0 / 2 - 46.8 + 23.0 + 250.0 / 2 &= 1,601.2 \text{ mm} \\
d_{vcx} &= d_{vx} \cdot \sum A_s / A_v &= 1,601.2 \times 151,920.0 / 368,866.4 &= 659.5 \text{ mm} \\
d_{vsx} &= d_{vx} - d_{vcx} &= 1,601.2 - 659.5 &= 941.7 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_{cx} / n + \sum A_s \cdot d_{vsx}^2 + A_c / n \cdot d_{vcx}^2 \\
&= 230,737,988,542.2 + 7,909,505,208.3 / 7.0 + 151,920.0 \times 941.7^2 \\
&\quad + 1,518,625.0 / 7.0 \times 659.5^2 &= 4.610\text{E}+11 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

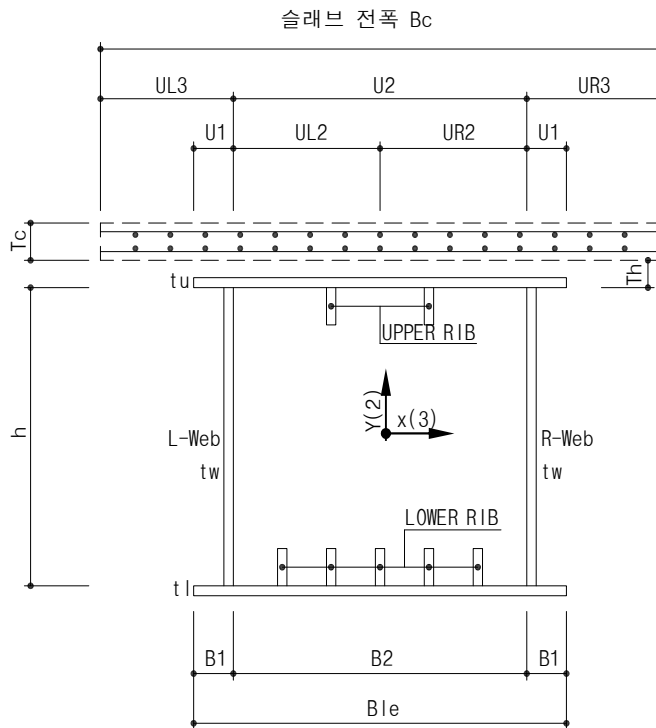
- Y(2)축 방향

$$\begin{aligned}
I_{cy} &= T_c \times B_c^3 / 12 &= 250.0 \times 6,074.5^3 / 12 &= 4.670\text{E}+12 \text{ mm}^4 \\
d_{vy} &= UR2+UR3- \delta_x - B_c/2 &= 1,250.0 + 2,402.5 - 0.0 - 6,074.5 / 2 &= 615.3 \text{ mm} \\
d_{vcy} &= d_{vy} \cdot \sum A_s / A_v &= 615.3 \times 151,920.0 / 368,866.4 &= 253.4 \text{ mm} \\
d_{vsy} &= d_{vy} - d_{vcy} &= 615.3 - 253.4 &= 361.9 \text{ mm} \\
I_{v22} &= I_{22} + I_{cy} / n + \sum A_s \cdot d_{vsy}^2 + A_c / n \cdot d_{vcy}^2 \\
&= 156,971,905,200.0 + 4,669,714,958,200.5 / 7.0 + 151,920.0 \times 361.9^2 \\
&\quad + 1,518,625.0 / 7.0 \times 253.4^2 &= 8.579\text{E}+11 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
t_{cu} &= t_u + T_c / n &= 12.0 + 250.0 / 7.0 &= 47.7 \text{ mm} \\
H &= h + t_{cu}/2 + t_l/2 &= 3,000.0 + 47.7 / 2 + 12.0 / 2 &= 3,029.9 \text{ mm} \\
F &= (B_u+B_l)/ 2 \times H &= (2,512.0 + 2,512.0) / 2 \times 3,029.9 &= 7.611\text{E}+06 \text{ mm}^2 \\
K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t) \\
&= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / t_w + B_u / t_{cu} + B_l / t_l \} \\
&= 4 \times 7,611,001.1^2 / \{ (3,029.9 + 3,029.9) / 12.0 + 2,512.0 / 47.7 \\
&\quad + 2,512.0 / 12.0 \} &= 3.021\text{E}+11 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$



$$Bc = 6,074.5 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

$$UL3 = 1,172.0 \text{ mm}$$

$$UR3 = 2,402.5 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

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

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

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 합성후 단면

$$Ac = Bc \times Tc = 6,074.5 \times 250.0 = 1.519E+06 \text{ mm}^2$$

$$Av = \sum As + Ac / N = 151,920.0 + 1,518,625.0 / 7.0 = 3.689E+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = Bc \times Tc^3 / 12 = 6,074.5 \times 250.0^3 / 12 = 7.910E+09 \text{ mm}^4$$

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

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum As / Av = 1,694.8 \times 151,920.0 / 368,866.4 = 698.0 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,694.8 - 698.0 = 996.8 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v33} &= I_{33} + I_{cx} / n + \sum As \cdot d_{vsx}^2 + Ac / n \cdot d_{vcx}^2 \\ &= 230,737,988,542.2 + 7,909,505,208.3 / 7.0 + 151,920.0 \times 996.8^2 \\ &\quad + 1,518,625.0 / 7.0 \times 698.0^2 = 4.885E+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = Tc \times Bc^3 / 12 = 250.0 \times 6,074.5^3 / 12 = 4.670E+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-Bc/2 = 1,250.0 + 2,402.5 - 0.0 - 6,074.5 / 2 = 615.3 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum As / Av = 615.3 \times 151,920.0 / 368,866.4 = 253.4 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 615.3 - 253.4 = 361.9 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v22} &= I_{22} + I_{cy} / n + \sum As \cdot d_{vsy}^2 + Ac / n \cdot d_{vcy}^2 \\ &= 159,249,702,960.0 + 4,669,714,958,200.5 / 7.0 + 151,920.0 \times 361.9^2 \\ &\quad + 1,518,625.0 / 7.0 \times 253.4^2 = 8.602E+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

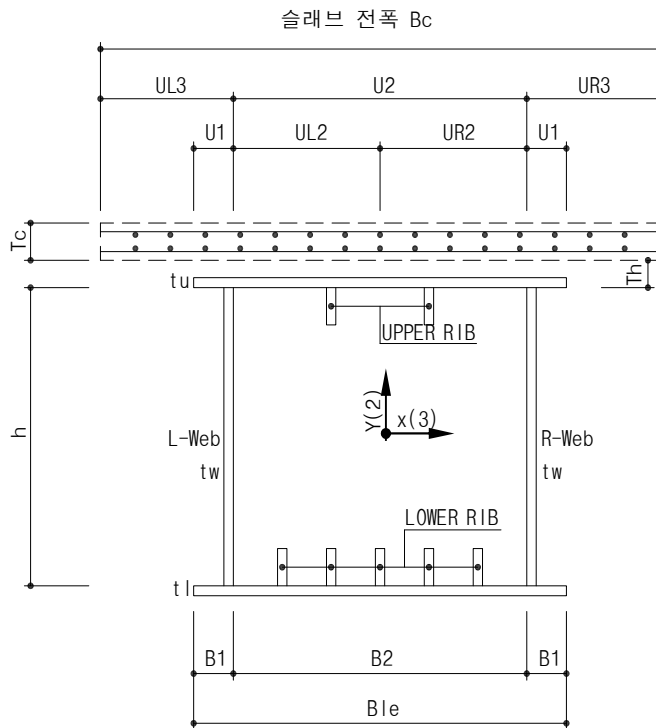
※ 합성 단면의 K값 산정시 Con'c SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

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

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

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

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



$$B_c = 6,074.5 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

$$UL_3 = 1,172.0 \text{ mm}$$

$$UR_3 = 2,402.5 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

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

$$n = 7.0$$

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

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

$$Ac = Bc \times Tc = 6,074.5 \times 250.0 = 1.519E+06 \text{ mm}^2$$

$$Av = \sum As + Ac / N = 189,720.0 + 1,518,625.0 / 7.0 = 4.067E+05 \text{ mm}^2$$

- X(3)축 방향

$$I_{cx} = Bc \times Tc^3 / 12 = 6,074.5 \times 250.0^3 / 12 = 7.910E+09 \text{ mm}^4$$

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

$$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum As / Av = 1,728.7 \times 189,720.0 / 406,666.4 = 806.5 \text{ mm}$$

$$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx} = 1,728.7 - 806.5 = 922.2 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v33} &= I_{33} + I_{cx} / n + \sum As \cdot d_{vsx}^2 + Ac / n \cdot d_{vcx}^2 \\ &= 316,660,221,792.4 + 7,909,505,208.3 / 7.0 + 189,720.0 \times 922.2^2 \\ &\quad + 1,518,625.0 / 7.0 \times 806.5^2 = 6.202E+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Y(2)축 방향

$$I_{cy} = Tc \times Bc^3 / 12 = 250.0 \times 6,074.5^3 / 12 = 4.670E+12 \text{ mm}^4$$

$$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-Bc/2 = 1,250.0 + 2,402.5 - 0.0 - 6,074.5 / 2 = 615.3 \text{ mm}$$

$$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum As / Av = 615.3 \times 189,720.0 / 406,666.4 = 287.0 \text{ mm}$$

$$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy} = 615.3 - 287.0 = 328.2 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{v22} &= I_{22} + I_{cy} / n + \sum As \cdot d_{vsy}^2 + Ac / n \cdot d_{vcy}^2 \\ &= 179,935,405,200.0 + 4,669,714,958,200.5 / 7.0 + 189,720.0 \times 328.2^2 \\ &\quad + 1,518,625.0 / 7.0 \times 287.0^2 = 8.853E+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

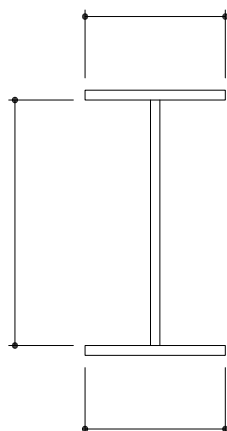
$$tcu = tu + Tc / n = 18.0 + 250.0 / 7.0 = 53.7 \text{ mm}$$

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

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

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

◎ 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

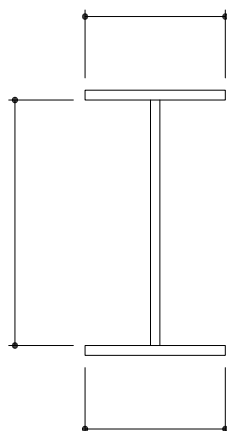
- 비틀림 강성

(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)

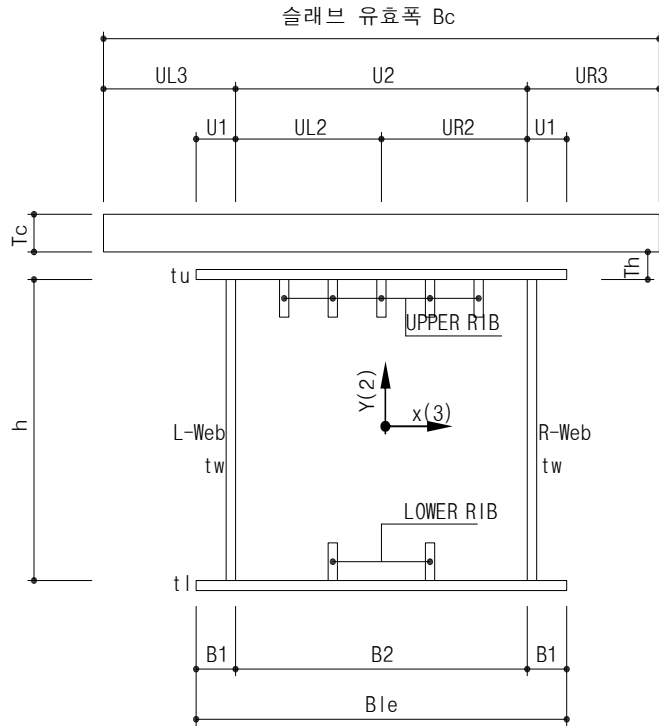
$$K = \sum (b \times t^3) / 3$$

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

■ 단 면 검 토(정보멘트)

[G3 : 단면 - S1 중앙부]

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM490B

Bc = 6,040.5 mm

UL3 = 1,172.0 mm

UR3 = 2,368.5 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	10,093.901
M_{sc}	: 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	2,933.271
M_w	: 풍하중에 의한 모멘트	kN·m	0.000
M_v	: (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	6,820.534
V_s	: 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	103.664
V_{sc}	: 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	26.178
V_w	: 풍하중에 의한 전단력	kN	0.000
V_v	: (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	328.135
M_{st}	: 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	102.041

M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-19.240
M_{wt} : 풍하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	0.000
M_{vt} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	503.305

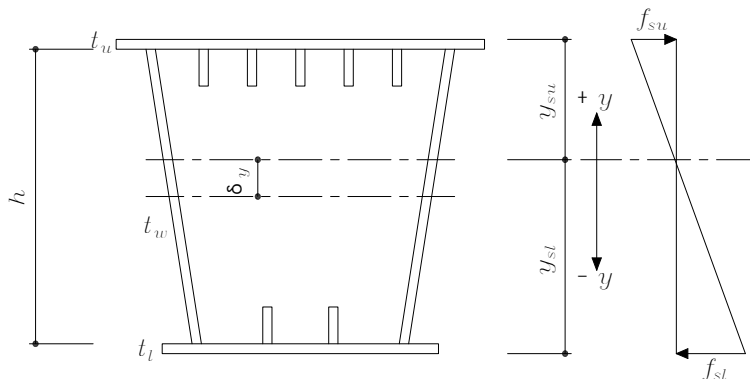
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

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 - 6,040.5 × 250.0	1,510,137.2	1,648.0	2.489E+09	4.101E+12	7.865E+09
SLAB 단면 합계		1,510,137.2	-	2.489E+09	4.101E+12	7.865E+09
※ $A_s = 151,920.0 \text{ mm}^2$ $A_{c1} = 1,510,137.2 \text{ mm}^2$						

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)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = 10,093.901 \times 1,465.2 / 230,737,988,542.2 = 64.098 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = 10,093.901 \times -1,558.8 / 230,737,988,542.2 = -68.191 \text{ MPa}$$

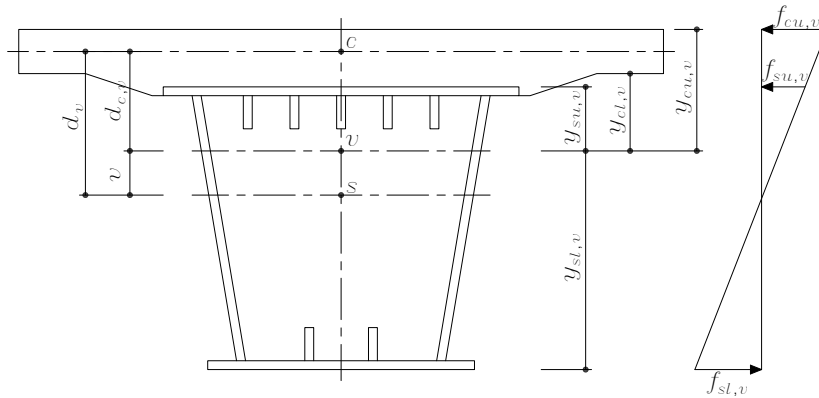
▪ 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = 7.566 \times 10^6 \text{ mm}^2$$

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

$$= 103.664 / 72,000.0 + 102.041 / (2 \times 7,566,144.0 \times 12.0) = 2.002 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,510,137.2 / 7.0 = 215,733.9 \text{ mm}^2$$

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 7,865,297,887.7 / 7.0 = 1.124 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

▪ 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_{cn1} = 151,920.0 + 215,733.9 = 367,653.9 \text{ mm}^2$$

▪ 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

$$v = A_{cn1} \times d_v / A_v = 215,733.9 \times 1,601.2 / 367,653.9 = 939.6 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v} = d_v - v = 1,601.2 - 939.6 = 661.6 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

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

$$= 230,737,988,542.2 + 151,920.0 \times 939.6^2 + 1,123,613,984.0 + 215,733.9 \times 661.6^2 = 4.604 \times 10^{11} \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 1,465.2 - 939.6 = 525.6 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -1,558.8 - 939.6 = -2,498.4 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 콘크리트 바닥판 상·하연까지의 거리

$$y_{cu,v} = d_{c,v} + T_c / 2 = 661.6 + 250.0 / 2 = 786.6 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v} = y_{cu,v} - T_c = 786.6 - 250.0 = 536.6 \text{ mm}$$

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v = 2,933.271 \times 525.6 / 460,420,251,225.1 = 3.349 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v = 2,933.271 \times -2,498.4 / 460,420,251,225.1 = -15.917 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 2,933.271 \times 786.6 / (460,420,251,225.1 \times 7.0) = 0.716 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 2,933.271 \times 536.6 / (460,420,251,225.1 \times 7.0) = 0.488 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

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

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

$$= 26.178 / 72,000.0 + 19.240 / (2 \times 7,611,001.1 \times 12.0) = 0.469 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v = 6,820.534 \times 525.6 / 460,420,251,225.1 = 7.787 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v = 6,820.534 \times -2,498.4 / 460,420,251,225.1 = -37.010 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 6,820.534 \times 786.6 / (460,420,251,225.1 \times 7.0) = 1.665 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 6,820.534 \times 536.6 / (460,420,251,225.1 \times 7.0) = 1.136 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

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

$$= 328.135 / 72,000.0 + 503.305 / (2 \times 7,611,001.1 \times 12.0) = 7.313 \text{ MPa}$$

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

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_v = 0.000 \times 525.6 / 460,420,251,225.1 = 0.000 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_v = 0.000 \times -2,498.4 / 460,420,251,225.1 = 0.000 \text{ MPa}$$

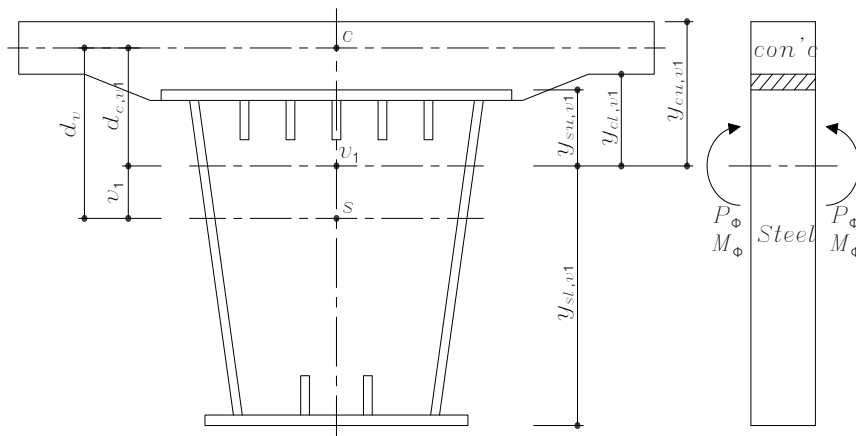
$$f_{cu,v} = M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 0.000 \times 786.6 / (460,420,251,225.1 \times 7.0) = 0.000 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 0.000 \times 536.6 / (460,420,251,225.1 \times 7.0) = 0.000 \text{ MPa}$$

▪ 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.

$$\phi_1 = 2.0$$

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

$$\begin{aligned}
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 2.0/2) = 14.000 \\
A_{v1} &= A_s + A_{c1}/n_1 = 151,920.0 + 1,510,137.2 / 14.0 = 2.598\text{E}+05 \text{ mm}^2 \\
v_1 &= (A_{c1}/n_1) \times d_v / A_{v1} = (1,510,137.2/14.0) \times 1,601.2 / 259,786.9 = 664.8 \text{ mm} \\
d_{c,v1} &= d_v - v_1 = 1,601.2 - 664.8 = 936.4 \text{ mm} \\
I_{v1} &= (I_s + A_s \cdot v_1^2) + (I_c/n_1 + A_c/n_1 \cdot d_{c,v1}^2) \\
&= (230,737,988,542.2 + 151,920.0 \times 664.8^2) + (7,865,297,887.7/14.0 \\
&\quad + 1,510,137.2/14.0 \times 936.4^2) = 3.930\text{E}+11 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

▪ 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

$$\begin{aligned}
N_c &= M_{sc} \cdot d_{c,v} \cdot A_{c1} / (n \cdot I_v) \\
&= 2,933.3 \times 661.6 \times 1,510,137.2 / (7.0 \times 460,420,251,225.1) = 9.094\text{E}+05 \text{ N}
\end{aligned}$$

▪ 강재보와 결함으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 909,376.4 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = 9.094\text{E}+05 \text{ N}$$

▪ P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = 909,376.4 \times 936.4 = 8.515\text{E}+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

▪ 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

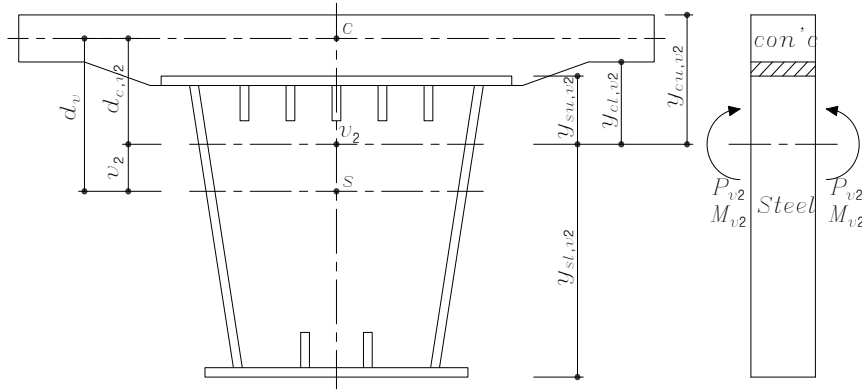
$$\begin{aligned}
f_{cu,v} &= M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 2,933.271 \times 786.6 / (460,420,251,225.1 \times 7.0) = 0.716 \text{ MPa} \\
f_{cl,v} &= M_{sc} \cdot y_{sl,v} / (I_v \cdot n) = 2,933.271 \times 536.6 / (460,420,251,225.1 \times 7.0) = 0.488 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

▪ 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

$$\begin{aligned}
f_{cu,v1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cu,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu,v} \cdot \phi_1 / E_c \\
&= (1/14.0) \times (909,376.4/259,786.9 + 0.530 \times 851,516,492.5 \times 1,061.4/393,029,392,738.7) \\
&\quad - 14,346.7 \times 0.716 \times 2.0/28,693.4 = -0.379 \text{ MPa} \\
f_{cl,v1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cl,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl,v} \cdot \phi_1 / E_c \\
&= (1/14.0) \times (909,376.4/259,786.9 + 0.530 \times 851,516,492.5 \times 811.4/393,029,392,738.7) \\
&\quad - 14,346.7 \times 0.488 \times 2.0/28,693.4 = -0.172 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned}
f_{su,v1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v1} / I_{v1} \\
&= 909,376.4/259,786.9 + 0.530 \times 851,516,492.5 \times 800.4/393,029,392,738.7 = 4.419 \text{ MPa} \\
f_{sl,v1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v1} / I_{v1} \\
&= 909,376.4/259,786.9 + 0.530 \times 851,516,492.5 \times -2,223.6/393,029,392,738.7 = 0.949 \text{ MPa}
\end{aligned}$$



(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.

$$\phi_2 = 4.0$$

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

$$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 151,920.0 + 1,510,137.2 / 21.0 = 2.238E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2} = (1,510,137.2/21.0) \times 1,601.2 / 223,831.3 = 514.4 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,601.2 - 514.4 = 1,086.8 \text{ mm}$$

$$I_{v2} = (I_s + A_s \cdot v_2^2) + (I_c/n_2 + A_c/n_2 \cdot d_{c,v2}^2) \\ = (230,737,988,542.2 + 151,920.0 \times 514.4^2) + (7,865,297,887.7/21.0 + 1,510,137.2/21.0 \times 1,086.8^2) = 3.563E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v2} = y_{su} - v_2 = 1,465.2 - 514.4 = 950.8 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v2} = y_{sl} - v_2 = -1,558.8 - 514.4 = -2,073.2 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v2} = d_{c,v2} + T_c / 2 = 1,086.8 + 250.0 / 2 = 1,211.8 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v2} = y_{cu,v2} - T_c = 1,211.8 - 250.0 = 961.8 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,510,137.2 / 21.0 = 3.980E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 3,980,290.2 \times 1,211.8 = 4.326E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

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

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

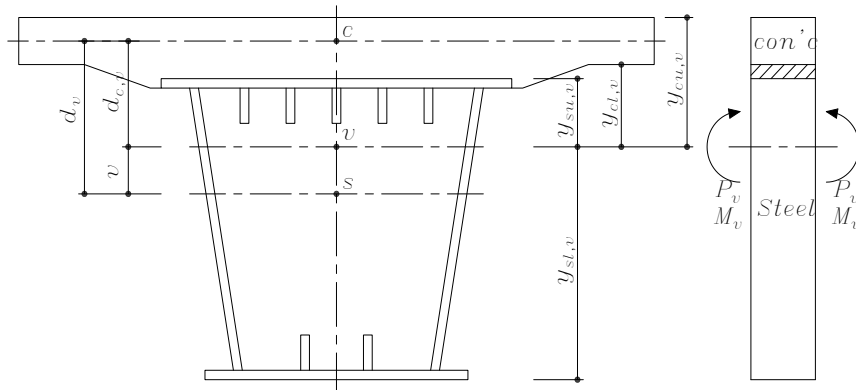
$$f_{cu,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{cu,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ = (1/21.0) \times (3,980,290.2/223,831.3 + 0.530 \times 4,325,742,174.1 \times 1,211.8/356,252,124,995.1) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.418 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{cl,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ = (1/21.0) \times (3,980,290.2/223,831.3 + 0.530 \times 4,325,742,174.1 \times 1,211.8/356,252,124,995.1) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.494 \text{ MPa}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

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

$$\begin{aligned}
&= 3,980,290.2/223,831.3 + 0.530 \times 4,325,742,174.1 \times 950.8/356,252,124,995.1 = \mathbf{23.897 \text{ MPa}} \\
f_{sl,v2} &= P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v2}/I_{v2} \\
&= 3,980,290.2/223,831.3 + 0.530 \times 4,325,742,174.1 \times -2,073.2/356,252,124,995.1 = \mathbf{4.450 \text{ MPa}}
\end{aligned}$$



(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

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,510,137.2 / 7.0 = 5.307E+06 \text{ N}$$

P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 5,307,053.6 \times 661.6 = 3.511E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$\begin{aligned}
f_{cu,t} &= 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cu,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t \\
&= (1/7.0) \times (5,307,053.6/367,653.9 + 0.530 \times 3,511,405,744.2 \times 786.6/460,420,251,225.1) \\
&\quad - 28,693.4 \times 0.000120 = \mathbf{-0.927 \text{ MPa}}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f_{cl,t} &= 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cl,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t \\
&= (1/7.0) \times (5,307,053.6/367,653.9 + 0.530 \times 3,511,405,744.2 \times 536.6/460,420,251,225.1) \\
&\quad - 28,693.4 \times 0.000120 = \mathbf{-1.071 \text{ MPa}}
\end{aligned}$$

강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned}
f_{su,v2} &= P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_v \\
&= 5,307,053.6/367,653.9 + 0.530 \times 3,511,405,744.2 \times 525.6/460,420,251,225.1 = \mathbf{16.558 \text{ MPa}}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f_{sl,v2} &= P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_v \\
&= 5,307,053.6/367,653.9 + 0.530 \times 3,511,405,744.2 \times -2,498.4/460,420,251,225.1 = \mathbf{4.343 \text{ MPa}}
\end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

풍하중 비재하시의 전단응력

$$\begin{aligned}
u &= (V_s + V_{sc} + V_v)/A_w + M_{st}/(2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 \cdot F_v \cdot t_w) \\
&= 457.977/72,000.0 + 102.041/182,664,027.4 + 522.545/182,664,027.4 = 9.780 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

$$\ast u = 9.8 \text{ MPa} \leq u_a = 110.0 \text{ MPa} \dots \dots 0.K !!$$

(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	-	-	-	-	64.098	-68.191	190.000	190.000
1+2+3	2.381	1.624	10.800	10.800	75.234	-121.117	190.000	190.000
1+2+3+5	2.002	1.452	10.800	10.800	79.652	-120.168	218.500	190.000
1+2+3+5+6	0.584	-0.042	10.800	1.890	103.550	-115.718	218.500	190.000
1+2+3+5+6+7	-0.343	-1.114	2.174	2.174	120.108	-111.375	247.000	218.500
1+2+3+5+6-7	1.511	1.029	12.420	12.420	86.991	-120.062	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	0.114	0.129	0.008	0.008	0.122	0.137	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.157	0.406	0.008	0.008	0.165	0.414	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.133	0.400	0.008	0.008	0.141	0.408	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.225	0.371	0.008	0.008	0.232	0.379	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.236	0.260	0.008	0.008	0.244	0.268	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.124	0.302	0.008	0.008	0.132	0.310	0.K !!	0.K !!

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

[상 연]

$$\left(\frac{120.108}{247.000} \right)^2 + \left(\frac{9.780}{110.000} \right)^2 = 0.236 + 0.008 = 0.244 \leq 1.2 \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{-121.117}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{9.780}{110.000} \right)^2 = 0.406 + 0.008 = 0.414 \leq 1.2 \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

(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)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190.0 / 64.098)} = 1.72 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

(도.설.기 3.9.3.2)

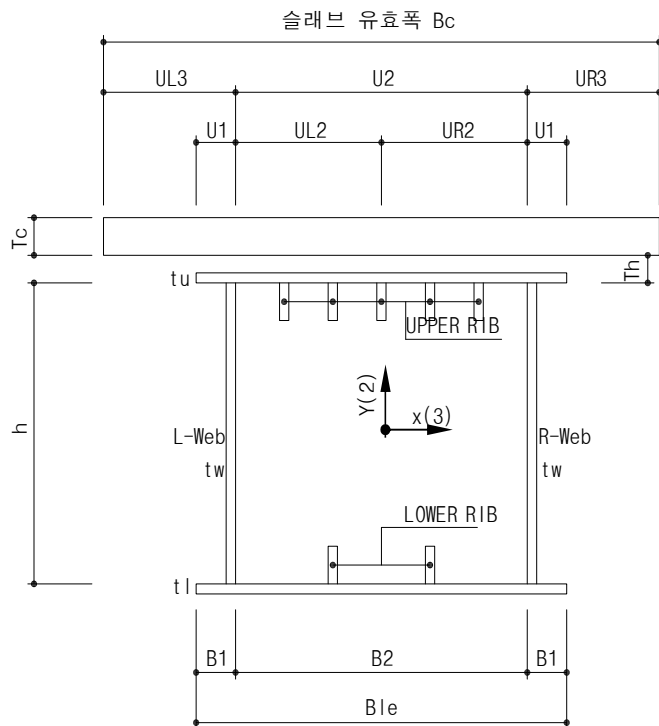
- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.

- 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	-	-	-	-	83.327	-88.648	315.000	0.K !!
1+2+3	4.510	3.077	16.200	0.K !!	104.422	-188.910	315.000	0.K !!
1+2+3+7	5.437	4.148	16.200	0.K !!	120.981	-193.254	315.000	0.K !!
1+2+3+5	4.131	2.905	16.200	0.K !!	108.841	-187.962	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6	2.713	1.410	16.200	0.K !!	132.738	-183.512	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	1.786	0.339	16.200	0.K !!	149.297	-179.169	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	3.640	2.482	16.200	0.K !!	116.180	-187.855	315.000	0.K !!

[G3 : 단면 - 2경간 중앙부]

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM490B	
Bc =	6,013.8 mm
UL3 =	1,172.0 mm
UR3 =	2,341.8 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	7,763.414
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	2,302.291
M_w : 풍하중에 의한 모멘트	kN·m	0.000
M_v : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	6,698.427
V_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-25.639
V_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-5.163
V_w : 풍하중에 의한 전단력	kN	0.000
V_v : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	-361.502
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	32.591
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	24.219
M_{wt} : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN·m	0.000
M_{vt} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	454.676

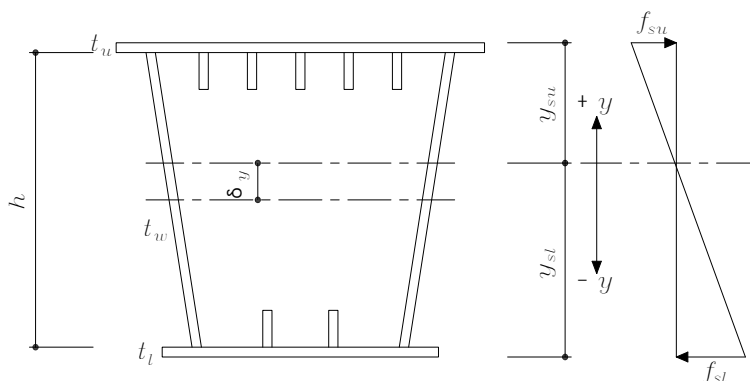
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

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 - 6,013.8 × 250.0	1,503,444.2	1,648.0	2.478E+09	4.083E+12	7.830E+09
SLAB 단면 합계		1,503,444.2	-	2.478E+09	4.083E+12	7.830E+09
※ $A_s = 151,920.0 \text{ mm}^2$ $A_{c1} = 1,503,444.2 \text{ mm}^2$						

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

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

- 플랜지 응력 검토 (도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = 7,763.414 \times 1,465.2 / 230,737,988,542.2 = 49.299 \text{ MPa}$$

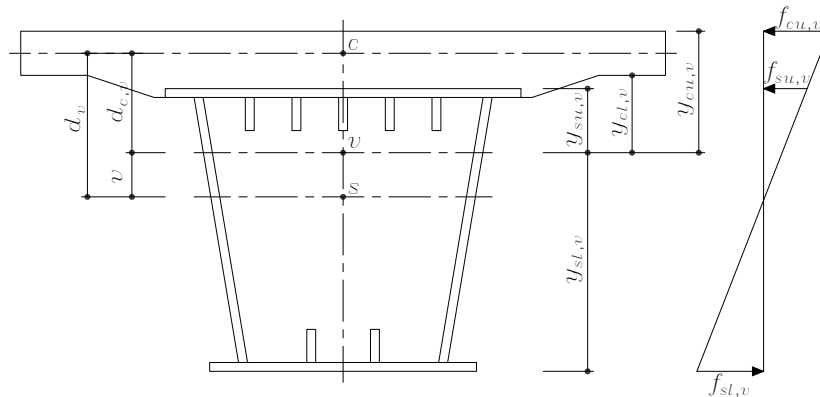
$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = 7,763.414 \times -1,558.8 / 230,737,988,542.2 = -52.447 \text{ MPa}$$

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

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

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

$$= 25.639 / 72,000.0 + 32.591 / (2 \times 7,566,144.0 \times 12.0) = 0.536 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,503,444.2 / 7.0 = 214,777.7 \text{ mm}^2$$

- 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 7,830,438,350.0 / 7.0 = 1.119\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

- 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_{cn1} = 151,920.0 + 214,777.7 = 366,697.7 \text{ mm}^2$$

- 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

$$v = A_{cn1} \times d_v / A_v = 214,777.7 \times 1,601.2 / 366,697.7 = 937.8 \text{ mm}$$

- 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

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

- 합성단면의 단면2차 모멘트

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

$$= 230,737,988,542.2 + 151,920.0 \times 937.8^2 + 1,118,634,050.0 + 214,777.7 \times 663.4^2 = 4.600\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

▪ 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

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v = 2,302.291 \times 527.4 / 459,995,598,485.3 = 2.640 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v = 2,302.291 \times -2,496.6 / 459,995,598,485.3 = -12.496 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 2,302.291 \times 788.4 / (459,995,598,485.3 \times 7.0) = 0.564 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 2,302.291 \times 538.4 / (459,995,598,485.3 \times 7.0) = 0.385 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

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

$$u = V_{sc} / A_w + M_{scl} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 5.163 / 72,000.0 + 24.219 / (2 \times 7,611,001.1 \times 12.0) = 0.204 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v = 6,698.427 \times 527.4 / 459,995,598,485.3 = 7.680 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v = 6,698.427 \times -2,496.6 / 459,995,598,485.3 = -36.356 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 6,698.427 \times 788.4 / (459,995,598,485.3 \times 7.0) = 1.640 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 6,698.427 \times 538.4 / (459,995,598,485.3 \times 7.0) = 1.120 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 361.502 / 72,000.0 + 454.676 / (2 \times 7,611,001.1 \times 12.0) = 7.510 \text{ MPa}$$

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

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_v = 0.000 \times 527.4 / 459,995,598,485.3 = 0.000 \text{ MPa}$$

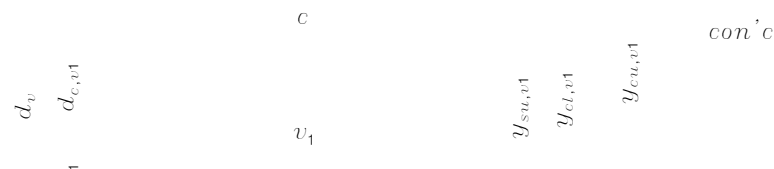
$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_v = 0.000 \times -2,496.6 / 459,995,598,485.3 = 0.000 \text{ MPa}$$

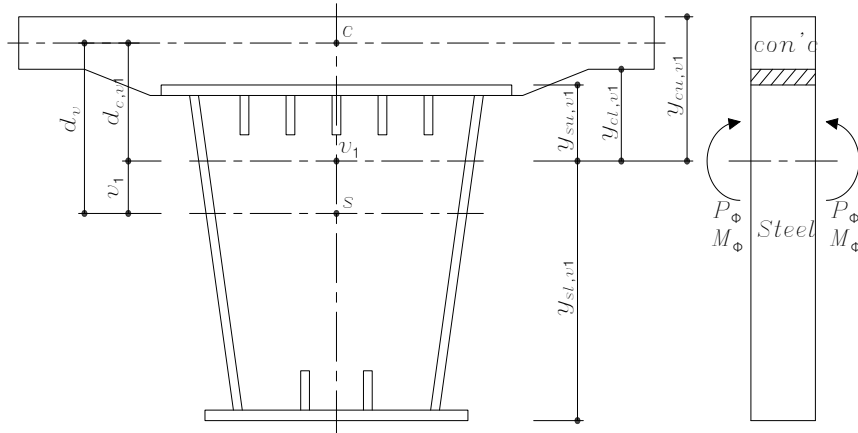
$$f_{cu,v} = M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 0.000 \times 788.4 / (459,995,598,485.3 \times 7.0) = 0.000 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 0.000 \times 538.4 / (459,995,598,485.3 \times 7.0) = 0.000 \text{ MPa}$$

▪ 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.

$$\phi_1 = 2.0$$

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

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

$$A_{v1} = A_s + A_{c1} / n_1 = 151,920.0 + 1,503,444.2 / 14.0 = 2.593E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_{c1} / n_1) \times d_v / A_{v1} = (1,503,444.2 / 14.0) \times 1,601.2 / 259,308.9 = 663.1 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v - v_1 = 1,601.2 - 663.1 = 938.1 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v_1^2) + (I_c / n_1 + A_c / n_1 \cdot d_{c,v1}^2) \\ = (230,737,988,542.2 + 151,920.0 \times 663.1^2) + (7,830,438,350.0 / 14.0 + 1,503,444.2 / 14.0 \times 938.1^2) = 3.926E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v1} = y_{su} - v_1 = 1,465.2 - 663.1 = 802.1 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v1} = y_{sl} - v_1 = -1,558.8 - 663.1 = -2,221.9 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v1} = d_{c,v1} + T_c / 2 = 938.1 + 250.0 / 2 = 1,063.1 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v1} = y_{cu,v1} - T_c = 1,063.1 - 250.0 = 813.1 \text{ mm}$$

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

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v} \cdot A_{c1} / (n \cdot I_v) \\ = 2,302.3 \times 663.4 \times 1,503,444.2 / (7.0 \times 459,995,598,485.3) = 7.131E+05 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_{\phi} = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 713,106.3 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = 7.131E+05 \text{ N}$$

- P_{ϕ} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{\phi} = P_{\phi} \times d_{c,v1} = 713,106.3 \times 938.1 = 6.690E+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 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

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 2,302.291 \times 788.4 / (459,995,598,485.3 \times 7.0) = 0.564 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / (I_v \cdot n) = 2,302.291 \times 538.4 / (459,995,598,485.3 \times 7.0) = 0.385 \text{ MPa}$$

▪ 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

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

$$= (1/14.0) \times (713,106.3/259,308.9 + -0.190 \times 668,965,326.9 \times 1,063.1/392,606,956,689.9)$$

$$- 14,346.7 \times 0.564 \times 2.0/28,693.4 = -0.392 \text{ MPa}$$

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

$$= (1/14.0) \times (713,106.3/259,308.9 + -0.190 \times 668,965,326.9 \times 813.1/392,606,956,689.9)$$

$$- 14,346.7 \times 0.385 \times 2.0/28,693.4 = -0.207 \text{ MPa}$$

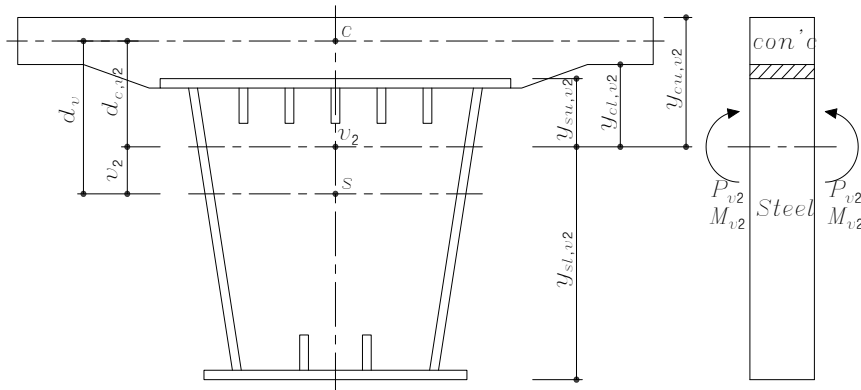
▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

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

$$= 713,106.3/259,308.9 + -0.190 \times 668,965,326.9 \times 802.1/392,606,956,689.9 = 2.490 \text{ MPa}$$

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

$$= 713,106.3/259,308.9 + -0.190 \times 668,965,326.9 \times -2,221.9/392,606,956,689.9 = 3.471 \text{ MPa}$$



(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.

$$\phi_2 = 4.0$$

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

$$A_{i2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 151,920.0 + 1,503,444.2 / 21.0 = 2.235E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{i2} = (1,503,444.2/21.0) \times 1,601.2 / 223,512.6 = 512.9 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,601.2 - 512.9 = 1,088.3 \text{ mm}$$

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

$$= (230,737,988,542.2 + 151,920.0 \times 512.9^2) + (7,830,438,350.0/21.0 + 1,503,444.2/21.0 \times 1,088.3^2) = 3.559E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v2} = y_{su} - v_2 = 1,465.2 - 512.9 = 952.3 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v2} = y_{sl} - v_2 = -1,558.8 - 512.9 = -2,071.7 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v2} = d_{c,v2} + T_c / 2 = 1,088.3 + 250.0 / 2 = 1,213.3 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v2} = y_{cu,v2} - T_c = 1,213.3 - 250.0 = 963.3 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \varepsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,503,444.2 / 21.0 = 3.963\text{E}+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 3,962,649.3 \times 1,213.3 = 4.313\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

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

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

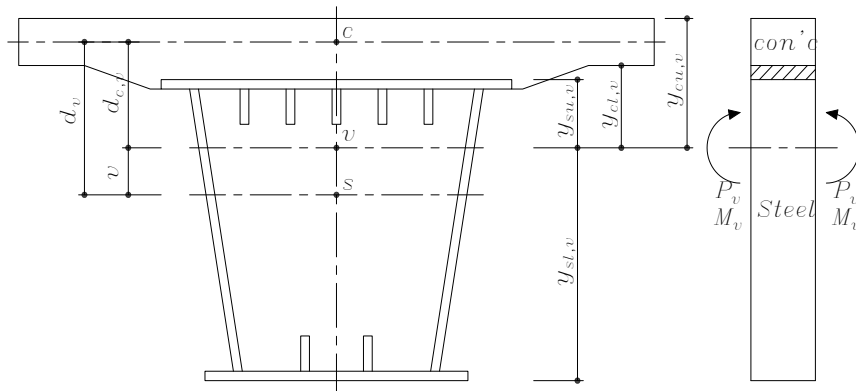
$$\begin{aligned} f_{cu,v2} &= 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{cu,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \varepsilon_s \\ &= (1/21.0) \times (3,962,649.3/223,512.6 + -0.190 \times 4,312,711,104.6 \times 1,213.3/355,873,488,596.7) \\ &\quad - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.925 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{cl,v2} &= 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{cl,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \varepsilon_s \\ &= (1/21.0) \times (3,962,649.3/223,512.6 + -0.190 \times 4,312,711,104.6 \times 1,213.3/355,873,488,596.7) \\ &\quad - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.897 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v2}/I_{v2} \\ &= 3,962,649.3/223,512.6 + -0.190 \times 4,312,711,104.6 \times 952.3/355,873,488,596.7 = 15.532 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v2}/I_{v2} \\ &= 3,962,649.3/223,512.6 + -0.190 \times 4,312,711,104.6 \times -2,071.7/355,873,488,596.7 = 22.509 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(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

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

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \varepsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,503,444.2 / 7.0 = 5.284\text{E}+06 \text{ N}$$

- P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 5,283,532.3 \times 663.4 = 3.505\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$\begin{aligned} f_{cu,t} &= 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cu,v}/I_v) - E_c \cdot \varepsilon_t \\ &= (1/7.0) \times (5,283,532.3/366,697.7 + -0.190 \times 3,504,958,202.2 \times 788.4/459,995,598,485.3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & - 28,693.4 \times 0.000120 & = & -1.548 \text{ MPa} \\
 f_{cl,t} &= 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cl,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t \\
 &= (1/7.0) \times (5,283,532.3/366,697.7 + -0.190 \times 3,504,958,202.2 \times 538.4/459,995,598,485.3) \\
 & - 28,693.4 \times 0.000120 & = & -1.496 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned}
 f_{su,v2} &= P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_v \\
 &= 5,283,532.3/366,697.7 + -0.190 \times 3,504,958,202.2 \times 527.4/459,995,598,485.3 & = & 13.643 \text{ MPa} \\
 f_{sl,v2} &= P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_v \\
 &= 5,283,532.3/366,697.7 + -0.190 \times 3,504,958,202.2 \times -2,496.6/459,995,598,485.3 & = & 18.030 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

▪ 풍하중 비재하시의 전단응력

$$\begin{aligned}
 u &= (V_s + V_{sc} + V_v)/A_w + M_{st}/(2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 \cdot F_v \cdot t_w) \\
 &= 392.304/72,000.0 + 32.591/182,664,027.4 + 478.895/182,664,027.4 & = & 8.249 \text{ MPa} \\
 \text{※ } u &= 8.2 \text{ MPa} \leq u_a = 110.0 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!
 \end{aligned}$$

(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	-	-	-	-	49.299	-52.447	190.000	190.000
1+2+3	2.204	1.505	10.800	10.800	59.618	-101.298	190.000	190.000
1+2+3+5	1.812	1.298	10.800	10.800	62.108	-97.827	218.500	190.000
1+2+3+5+6	-0.113	-0.600	1.890	1.890	77.640	-75.318	218.500	190.000
1+2+3+5+6+7	-1.661	-2.096	2.174	2.174	91.283	-57.288	247.000	218.500
1+2+3+5+6-7	1.435	0.897	12.420	12.420	63.996	-93.349	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	0.067	0.076	0.006	0.006	0.073	0.082	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.098	0.284	0.006	0.006	0.104	0.290	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.081	0.265	0.006	0.006	0.086	0.271	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.126	0.157	0.006	0.006	0.132	0.163	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.137	0.069	0.006	0.006	0.142	0.074	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.067	0.183	0.006	0.006	0.073	0.188	0.K !!	0.K !!

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

[상 연]

$$\left(\frac{91.283}{247.000} \right)^2 + \left(\frac{8.249}{110.000} \right)^2 = 0.137 + 0.006 = 0.142 \leq 1.2 \quad \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{-101.298}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{8.249}{110.000} \right)^2 = 0.284 + 0.006 = 0.290 \leq 1.2 \quad \dots\dots 0.K !!$$

(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)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190.0 / 49.299)} = 1.96 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

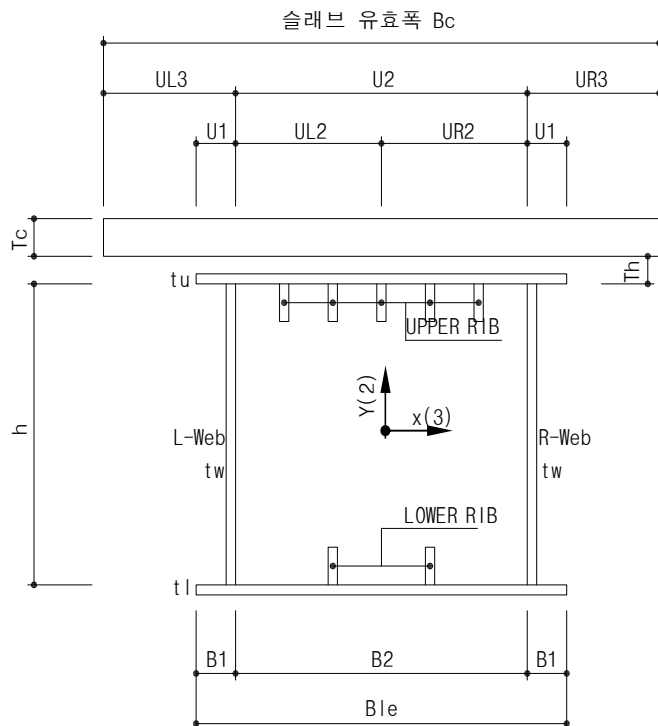
(도.설.기 3.9.3.2)

- 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	-	-	-	-	64.089	-68.181	315.000	0.K !!
1+2+3	4.259	2.908	16.200	0.K !!	84.031	-162.590	315.000	0.K !!
1+2+3+7	5.807	4.405	16.200	0.K !!	97.674	-180.620	315.000	0.K !!
1+2+3+5	3.867	2.701	16.200	0.K !!	86.521	-159.119	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6	1.942	0.804	16.200	0.K !!	102.053	-136.610	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.394	-0.693	16.200	0.K !!	115.696	-118.580	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	3.490	2.300	16.200	0.K !!	88.409	-154.640	315.000	0.K !!

[G3 : 단면 - 3경간 중앙부]

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM490B

Bc = 6,040.5 mm

UL3 = 1,172.0 mm

UR3 = 2,368.5 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

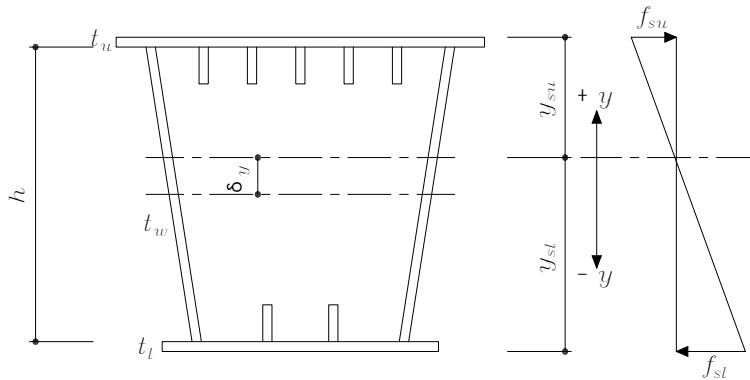
Th = 23.0 mm

h = 3,000.0 mm

$\Theta_L = 0.000^\circ$

$\Theta_R = 0.000^\circ$

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)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = 10,083.773 \times 1,465.2 / 230,737,988,542.2 = 64.034 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = 10,083.773 \times -1,558.8 / 230,737,988,542.2 = -68.122 \text{ MPa}$$

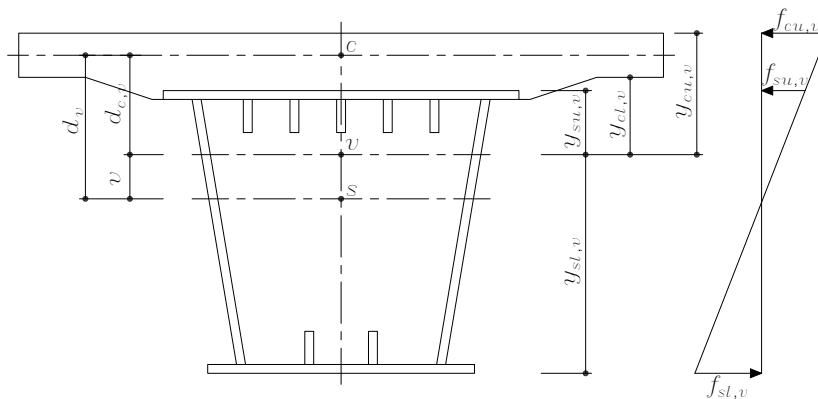
▪ 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

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

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

$$= 103.081 / 72,000.0 + 103.552 / (2 \times 7,566,144.0 \times 12.0) = 2.002 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,510,137.2 / 7.0 = 215,733.9 \text{ mm}^2$$

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 7,865,297,887.7 / 7.0 = 1.124\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

▪ 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_{cn1} = 151,920.0 + 215,733.9 = 367,653.9 \text{ mm}^2$$

▪ 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

$$v = A_{cn1} \times d_v / A_v = 215,733.9 \times 1,601.2 / 367,653.9 = 939.6 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v} = d_v - v = 1,601.2 - 939.6 = 661.6 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = I_s + A_s \cdot v^2 + I_{cn1} + A_{cn1} \cdot d_{c,v}^2 \\ = 230,737,988,542.2 + 151,920.0 \times 939.6^2 + 1,123,613,984.0 + 215,733.9 \times 661.6^2 = 4.604 \text{E}+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성 단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 1,465.2 - 939.6 = 525.6 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -1,558.8 - 939.6 = -2,498.4 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면 도심에서 콘크리트 바닥판 상·하연까지의 거리

$$y_{cu,v} = d_{c,v} + T_c / 2 = 661.6 + 250.0 / 2 = 786.6 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v} = y_{cu,v} - T_c = 786.6 - 250.0 = 536.6 \text{ mm}$$

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v = 2,933.251 \times 525.6 / 460,420,251,225.1 = 3.349 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v = 2,933.251 \times -2,498.4 / 460,420,251,225.1 = -15.917 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 2,933.251 \times 786.6 / (460,420,251,225.1 \times 7.0) = 0.716 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 2,933.251 \times 536.6 / (460,420,251,225.1 \times 7.0) = 0.488 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

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

$$u = V_{sc} / A_w + M_{scl} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 26.180 / 72,000.0 + 19.237 / (2 \times 7,611,001.1 \times 12.0) = 0.469 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v = 6,820.359 \times 525.6 / 460,420,251,225.1 = 7.787 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v = 6,820.359 \times -2,498.4 / 460,420,251,225.1 = -37.009 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 6,820.359 \times 786.6 / (460,420,251,225.1 \times 7.0) = 1.665 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 6,820.359 \times 536.6 / (460,420,251,225.1 \times 7.0) = 1.136 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 328.142 / 72,000.0 + 502.497 / (2 \times 7,611,001.1 \times 12.0) = 7.308 \text{ MPa}$$

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

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_v = 0.000 \times 525.6 / 460,420,251,225.1 = 0.000 \text{ MPa}$$

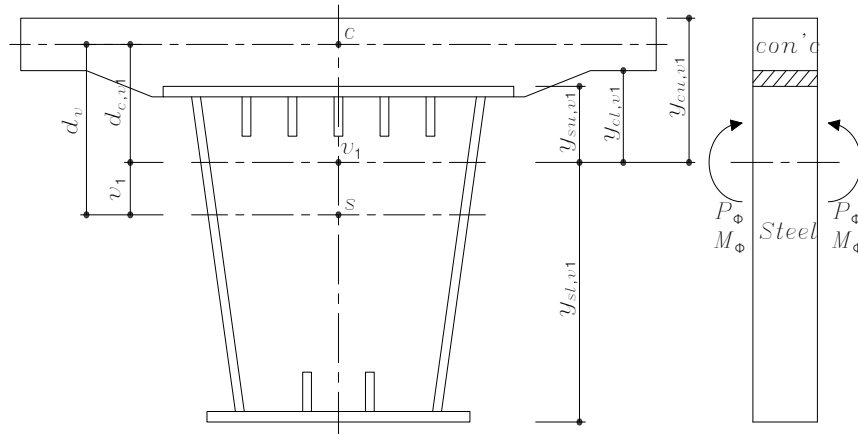
$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_v = 0.000 \times -2,498.4 / 460,420,251,225.1 = 0.000 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 0.000 \times 786.6 / (460,420,251,225.1 \times 7.0) = 0.000 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 0.000 \times 536.6 / (460,420,251,225.1 \times 7.0) = 0.000 \text{ MPa}$$

▪ 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.

$$\phi_1 = 2.0$$

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

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

$$A_{v1} = A_s + A_{c1} / n_1 = 151,920.0 + 1,510,137.2 / 14.0 = 2.598E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_{c1} / n_1) \times d_v / A_{v1} = (1,510,137.2 / 14.0) \times 1,601.2 / 259,786.9 = 664.8 \text{ mm}$$

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

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

$$= (230,737,988,542.2 + 151,920.0 \times 664.8^2) + (7,865,297,887.7 / 14.0 + 1,510,137.2 / 14.0 \times 936.4^2) = 3.930E+11 \text{ mm}^4$$

- 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

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

$$= 2,933.3 \times 661.6 \times 1,510,137.2 / (7.0 \times 460,420,251,225.1) = 9.094E+05 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 909,370.2 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = 9.094E+05 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = 909,370.2 \times 936.4 = 8.515\text{E}+08 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 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

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 2,933.251 \times 786.6 / (460,420,251,225.1 \times 7.0) = 0.716 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / (I_v \cdot n) = 2,933.251 \times 536.6 / (460,420,251,225.1 \times 7.0) = 0.488 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

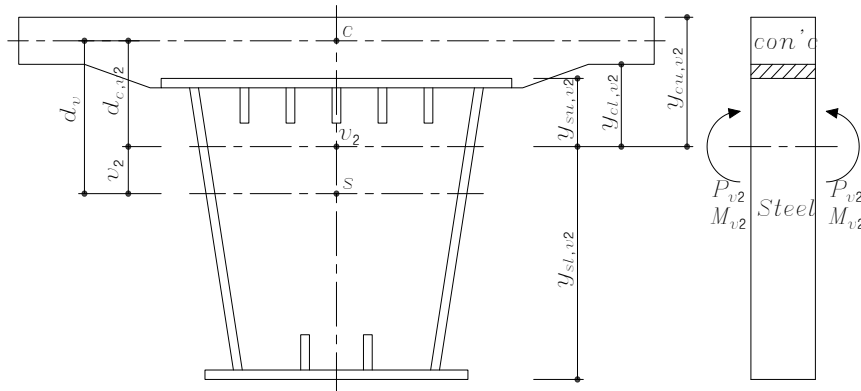
$$\begin{aligned} f_{cu,v1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cu,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu,v} \cdot \phi_1 / E_c \\ &= (1/14.0) \times (909,370.2/259,786.9 + 0.530 \times 851,510,686.6 \times 1,061.4/393,029,392,738.7) \\ &\quad - 14,346.7 \times 0.716 \times 2.0/28,693.4 = -0.379 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{cl,v1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cl,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl,v} \cdot \phi_1 / E_c \\ &= (1/14.0) \times (909,370.2/259,786.9 + 0.530 \times 851,510,686.6 \times 811.4/393,029,392,738.7) \\ &\quad - 14,346.7 \times 0.488 \times 2.0/28,693.4 = -0.172 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v1} / I_{v1} \\ &= 909,370.2/259,786.9 + 0.530 \times 851,510,686.6 \times 800.4/393,029,392,738.7 = 4.419 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v1} / I_{v1} \\ &= 909,370.2/259,786.9 + 0.530 \times 851,510,686.6 \times -2,223.6/393,029,392,738.7 = 0.949 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(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.

$$\phi_2 = 4.0$$

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

$$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 151,920.0 + 1,510,137.2 / 21.0 = 2.238\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2} = (1,510,137.2/21.0) \times 1,601.2 / 223,831.3 = 514.4 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,601.2 - 514.4 = 1,086.8 \text{ mm}$$

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

$$\begin{aligned} &= (230,737,988,542.2 + 151,920.0 \times 514.4^2) + (7,865,297,887.7/21.0 \\ &\quad + 1,510,137.2/21.0 \times 1,086.8^2) = 3.563\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v2} = y_{su} - v_2 = 1,465.2 - 514.4 = 950.8 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v2} = y_{sl} - v_2 = -1,558.8 - 514.4 = -2,073.2 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v2} = d_{c,v2} + T_c / 2 = 1,086.8 + 250.0 / 2 = 1,211.8 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v2} = y_{cu,v2} - T_c = 1,211.8 - 250.0 = 961.8 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1} / n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,510,137.2 / 21.0 = 3.980\text{E}+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 3,980,290.2 \times 1,211.8 = 4.326\text{E}+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

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

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

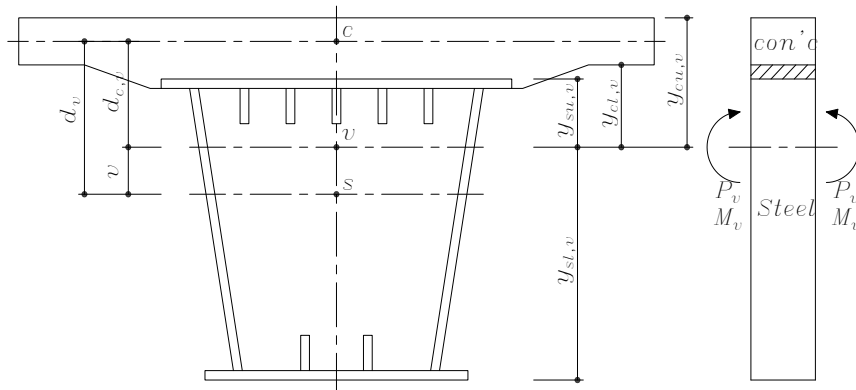
$$\begin{aligned} f_{cu,v2} &= 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{cu,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ &= (1/21.0) \times (3,980,290.2/223,831.3 + 0.530 \times 4,325,742,174.1 \times 1,211.8/356,252,124,995.1) \\ &\quad - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.418 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{cl,v2} &= 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{cl,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ &= (1/21.0) \times (3,980,290.2/223,831.3 + 0.530 \times 4,325,742,174.1 \times 1,211.8/356,252,124,995.1) \\ &\quad - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.494 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v2}/I_{v2} \\ &= 3,980,290.2/223,831.3 + 0.530 \times 4,325,742,174.1 \times 950.8/356,252,124,995.1 = 23.897 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v2}/I_{v2} \\ &= 3,980,290.2/223,831.3 + 0.530 \times 4,325,742,174.1 \times -2,073.2/356,252,124,995.1 = 4.450 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(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

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,510,137.2 / 7.0 = 5.307E+06 \text{ N}$$

- P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 5,307,053.6 \times 661.6 = 3.511E+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$\begin{aligned} f_{cu,t} &= 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cu,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t \\ &= (1/7.0) \times (5,307,053.6/367,653.9 + 0.530 \times 3,511,405,744.2 \times 786.6/460,420,251,225.1) \\ &\quad - 28,693.4 \times 0.000120 = -0.927 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{cl,t} &= 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cl,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t \\ &= (1/7.0) \times (5,307,053.6/367,653.9 + 0.530 \times 3,511,405,744.2 \times 536.6/460,420,251,225.1) \\ &\quad - 28,693.4 \times 0.000120 = -1.071 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_v \\ &= 5,307,053.6/367,653.9 + 0.530 \times 3,511,405,744.2 \times 525.6/460,420,251,225.1 = 16.558 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_v \\ &= 5,307,053.6/367,653.9 + 0.530 \times 3,511,405,744.2 \times -2,498.4/460,420,251,225.1 = 4.343 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$\begin{aligned} u &= (V_s + V_{sc} + V_v)/A_w + M_{st}/(2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 457.402/72,000.0 + 103.552/182,664,027.4 + 521.734/182,664,027.4 = 9.776 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\ast u = 9.8 \text{ MPa} \leq u_a = 110.0 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

(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	-	-	-	-	64.034	-68.122	190.000	190.000
1+2+3	2.381	1.624	10.800	10.800	75.169	-121.048	190.000	190.000
1+2+3+5	2.002	1.452	10.800	10.800	79.588	-120.099	218.500	190.000
1+2+3+5+6	0.584	-0.042	10.800	1.890	103.485	-115.649	218.500	190.000
1+2+3+5+6+7	-0.343	-1.114	2.174	2.174	120.043	-111.306	247.000	218.500
1+2+3+5+6-7	1.511	1.029	12.420	12.420	86.927	-119.992	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	0.114	0.129	0.008	0.008	0.121	0.136	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.157	0.406	0.008	0.008	0.164	0.414	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.133	0.400	0.008	0.008	0.141	0.407	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.224	0.370	0.008	0.008	0.232	0.378	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.236	0.259	0.008	0.008	0.244	0.267	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.124	0.302	0.008	0.008	0.132	0.309	0.K !!	0.K !!

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

[상 연]

$$\left(\frac{120.043}{247.000} \right)^2 + \left(\frac{9.776}{110.000} \right)^2 = 0.236 + 0.008 = 0.244 \leq 1.2 \quad \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{-121.048}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{9.776}{110.000} \right)^2 = 0.406 + 0.008 = 0.414 \leq 1.2 \quad \dots\dots 0.K !!$$

- (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)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190.0 / 64.034)} = 1.72 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

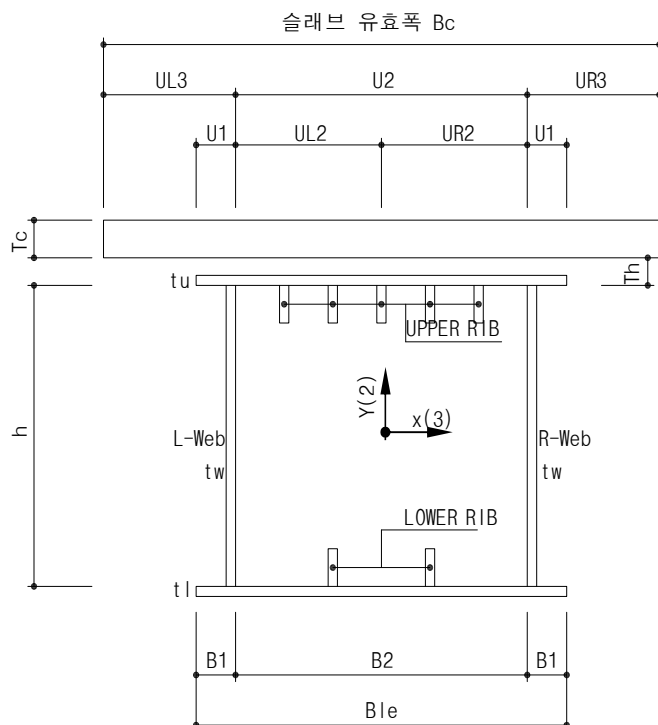
- (12) 항복에 대한 안전도 검사 (도.설.기 3.9.3.2)

- 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	-	-	-	-	83.244	-88.559	315.000	0.K !!
1+2+3	4.510	3.077	16.200	0.K !!	104.338	-188.819	315.000	0.K !!
1+2+3+7	5.437	4.148	16.200	0.K !!	120.896	-193.163	315.000	0.K !!
1+2+3+5	4.131	2.905	16.200	0.K !!	108.757	-187.870	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6	2.713	1.410	16.200	0.K !!	132.654	-183.421	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	1.786	0.339	16.200	0.K !!	149.212	-179.077	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	3.640	2.482	16.200	0.K !!	116.096	-187.764	315.000	0.K !!

[G2 : 단면 - 1경간 중앙부]

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM490B

$$Bc = 6,041.5 \text{ mm}$$

$$UL3 = 2,368.5 \text{ mm}$$

$$UR3 = 1,173.0 \text{ mm}$$

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

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

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

상부 플랜지 유효폭

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

하부 플랜지 유효폭

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

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

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

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

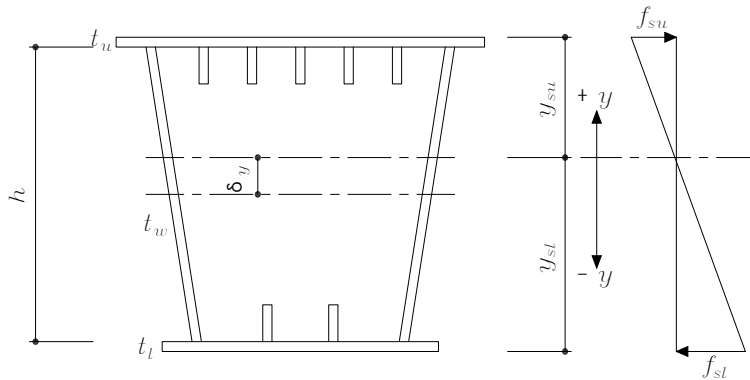
$$Th = 23.0 \text{ mm}$$

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

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

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)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = 10,172.583 \times 1,465.2 / 230,737,988,542.2 = 64.598 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = 10,172.583 \times -1,558.8 / 230,737,988,542.2 = -68.722 \text{ MPa}$$

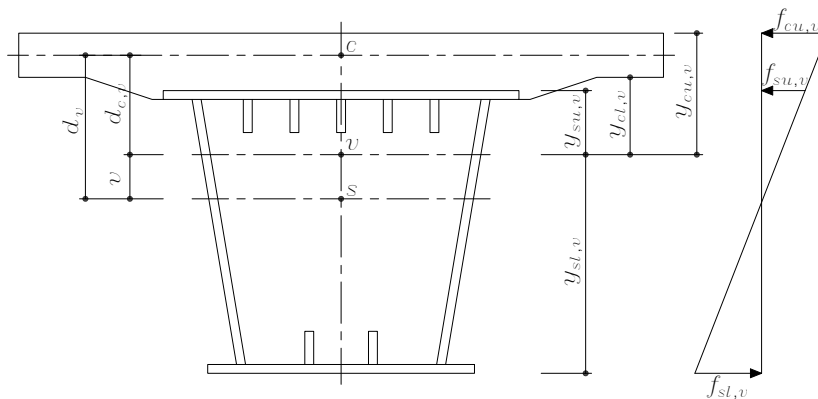
▪ 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

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

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

$$= 102.081 / 72,000.0 + 51.412 / (2 \times 7,566,144.0 \times 12.0) = 1.701 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,510,387.2 / 7.0 = 215,769.6 \text{ mm}^2$$

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 7,866,599,971.0 / 7.0 = 1.124\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

▪ 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_{cn1} = 151,920.0 + 215,769.6 = 367,689.6 \text{ mm}^2$$

▪ 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

$$v = A_{cn1} \times d_v / A_v = 215,769.6 \times 1,601.2 / 367,689.6 = 939.6 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v} = d_v - v = 1,601.2 - 939.6 = 661.6 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = I_s + A_s \cdot v^2 + I_{cn1} + A_{cn1} \cdot d_{c,v}^2 \\ = 230,737,988,542.2 + 151,920.0 \times 939.6^2 + 1,123,799,995.9 + 215,769.6 \times 661.6^2 = 4.604\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 1,465.2 - 939.6 = 525.6 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -1,558.8 - 939.6 = -2,498.4 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 콘크리트 바닥판 상·하연까지의 거리

$$y_{cu,v} = d_{c,v} + T_c / 2 = 661.6 + 250.0 / 2 = 786.6 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v} = y_{cu,v} - T_c = 786.6 - 250.0 = 536.6 \text{ mm}$$

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v = 2,716.746 \times 525.6 / 460,436,070,688.5 = 3.101 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v = 2,716.746 \times -2,498.4 / 460,436,070,688.5 = -14.742 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 2,716.746 \times 786.6 / (460,436,070,688.5 \times 7.0) = 0.663 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 2,716.746 \times 536.6 / (460,436,070,688.5 \times 7.0) = 0.452 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

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

$$u = V_{sc}/A_w + M_{scl}/(2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 32.459 / 72,000.0 + 35.617 / (2 \times 7,611,001.1 \times 12.0) = 0.646 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v = 6,938.748 \times 525.6 / 460,436,070,688.5 = 7.921 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v = 6,938.748 \times -2,498.4 / 460,436,070,688.5 = -37.651 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 6,938.748 \times 786.6 / (460,436,070,688.5 \times 7.0) = 1.693 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 6,938.748 \times 536.6 / (460,436,070,688.5 \times 7.0) = 1.155 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$u = V_v/A_w + M_{vt}/(2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 334.489 / 72,000.0 + 475.789 / (2 \times 7,611,001.1 \times 12.0) = 7.250 \text{ MPa}$$

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

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_v = 0.000 \times 525.6 / 460,436,070,688.5 = 0.000 \text{ MPa}$$

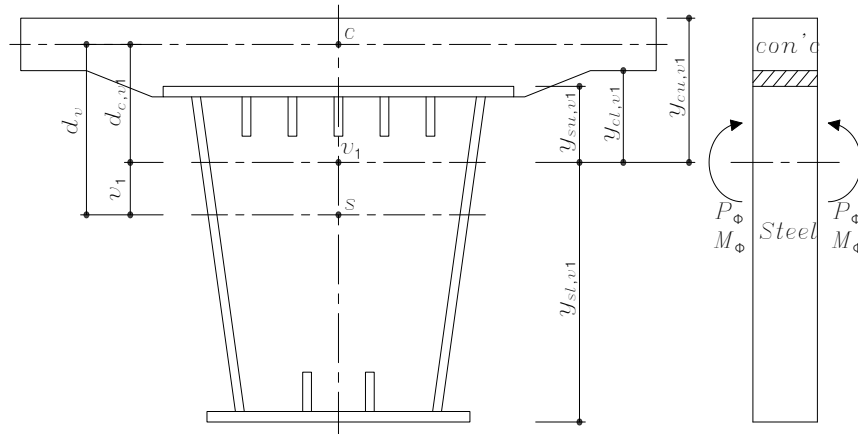
$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_v = 0.000 \times -2,498.4 / 460,436,070,688.5 = 0.000 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 0.000 \times 786.6 / (460,436,070,688.5 \times 7.0) = 0.000 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 0.000 \times 536.6 / (460,436,070,688.5 \times 7.0) = 0.000 \text{ MPa}$$

▪ 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.

$$\phi_1 = 2.0$$

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

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

$$A_{v1} = A_s + A_{c1} / n_1 = 151,920.0 + 1,510,387.2 / 14.0 = 2.598E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_{c1} / n_1) \times d_v / A_{v1} = (1,510,387.2 / 14.0) \times 1,601.2 / 259,804.8 = 664.9 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v - v_1 = 1,601.2 - 664.9 = 936.3 \text{ mm}$$

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

$$= (230,737,988,542.2 + 151,920.0 \times 664.9^2) + (7,866,599,971.0 / 14.0 + 1,510,387.2 / 14.0 \times 936.3^2) = 3.930E+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v1} = y_{su} - v_1 = 1,465.2 - 664.9 = 800.3 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v1} = y_{sl} - v_1 = -1,558.8 - 664.9 = -2,223.7 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v1} = d_{c,v1} + T_c / 2 = 936.3 + 250.0 / 2 = 1,061.3 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v1} = y_{cu,v1} - T_c = 1,061.3 - 250.0 = 811.3 \text{ mm}$$

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

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

$$= 2,716.7 \times 661.6 \times 1,510,387.2 / (7.0 \times 460,436,070,688.5) = 8.423E+05 \text{ N}$$

- 강재보와 결함으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 842,277.7 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = 8.423E+05 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = 842,277.7 \times 936.3 = 7.886\text{E}+08 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 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

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 2,716.746 \times 786.6 / (460,436,070,688.5 \times 7.0) = 0.663 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / (I_v \cdot n) = 2,716.746 \times 536.6 / (460,436,070,688.5 \times 7.0) = 0.452 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

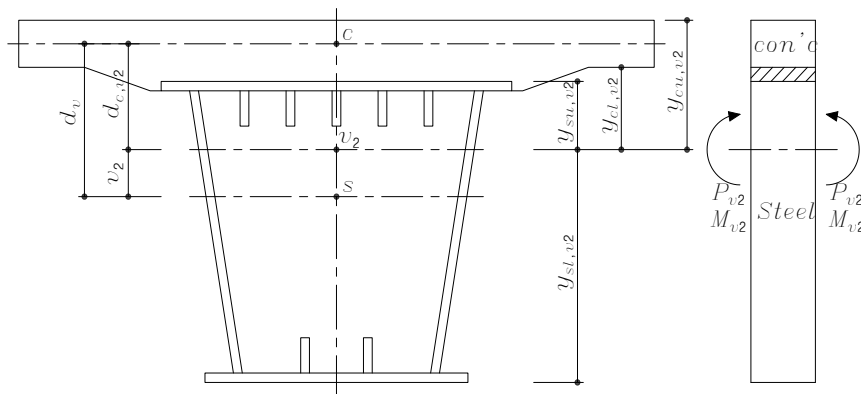
$$\begin{aligned} f_{cu,v1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cu,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu,v} \cdot \phi_1 / E_c \\ &= (1/14.0) \times (842,277.7/259,804.8 + 0.530 \times 788,632,814.1 \times 1,061.3/393,045,141,747.5) \\ &\quad - 14,346.7 \times 0.663 \times 2.0/28,693.4 = -0.351 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{cl,v1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cl,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl,v} \cdot \phi_1 / E_c \\ &= (1/14.0) \times (842,277.7/259,804.8 + 0.530 \times 788,632,814.1 \times 811.3/393,045,141,747.5) \\ &\quad - 14,346.7 \times 0.452 \times 2.0/28,693.4 = -0.159 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v1} / I_{v1} \\ &= 842,277.7/259,804.8 + 0.530 \times 788,632,814.1 \times 800.3/393,045,141,747.5 = 4.092 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v1} / I_{v1} \\ &= 842,277.7/259,804.8 + 0.530 \times 788,632,814.1 \times -2,223.7/393,045,141,747.5 = 0.879 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(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.

$$\phi_2 = 4.0$$

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

$$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 151,920.0 + 1,510,387.2 / 21.0 = 2.238\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2} = (1,510,387.2/21.0) \times 1,601.2 / 223,843.2 = 514.5 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,601.2 - 514.5 = 1,086.7 \text{ mm}$$

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

$$\begin{aligned} &= (230,737,988,542.2 + 151,920.0 \times 514.5^2) + (7,866,599,971.0/21.0 \\ &\quad + 1,510,387.2/21.0 \times 1,086.7^2) = 3.563\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v2} = y_{su} - v_2 = 1,465.2 - 514.5 = 950.7 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v2} = y_{sl} - v_2 = -1,558.8 - 514.5 = -2,073.3 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v2} = d_{c,v2} + T_c / 2 = 1,086.7 + 250.0 / 2 = 1,211.7 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v2} = y_{cu,v2} - T_c = 1,211.7 - 250.0 = 961.7 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1} / n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,510,387.2 / 21.0 = 3.981\text{E}+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 3,980,949.1 \times 1,211.7 = 4.326\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

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

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

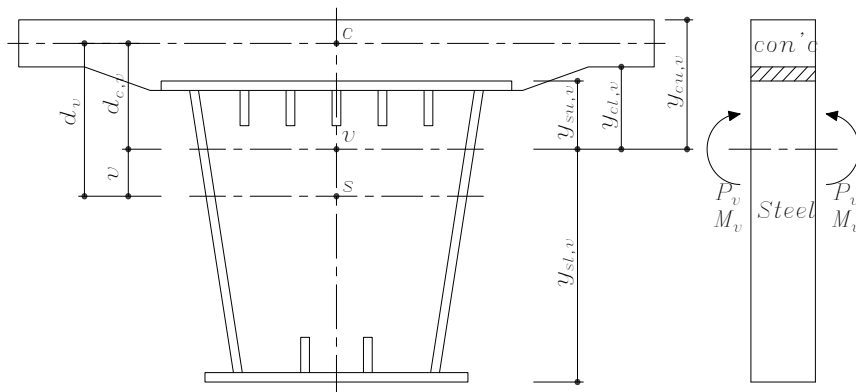
$$\begin{aligned} f_{cu,v2} &= 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{cu,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ &= (1/21.0) \times (3,980,949.1/223,843.2 + 0.530 \times 4,326,228,195.4 \times 1,211.7/356,266,247,131.4) \\ &\quad - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.418 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{cl,v2} &= 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{cl,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ &= (1/21.0) \times (3,980,949.1/223,843.2 + 0.530 \times 4,326,228,195.4 \times 1,211.7/356,266,247,131.4) \\ &\quad - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.494 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v2}/I_{v2} \\ &= 3,980,949.1/223,843.2 + 0.530 \times 4,326,228,195.4 \times 950.7/356,266,247,131.4 = 23.899 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v2}/I_{v2} \\ &= 3,980,949.1/223,843.2 + 0.530 \times 4,326,228,195.4 \times -2,073.3/356,266,247,131.4 = 4.451 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(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

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1} / n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,510,387.2 / 7.0 = 5.308E+06 \text{ N}$$

- P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 5,307,932.1 \times 661.6 = 3.512E+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$\begin{aligned} f_{cu,t} &= 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cu,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t \\ &= (1/7.0) \times (5,307,932.1/367,689.6 + 0.530 \times 3,511,645,925.0 \times 786.6/460,436,070,688.5) \\ &\quad - 28,693.4 \times 0.000120 = -0.927 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{cl,t} &= 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cl,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t \\ &= (1/7.0) \times (5,307,932.1/367,689.6 + 0.530 \times 3,511,645,925.0 \times 536.6/460,436,070,688.5) \\ &\quad - 28,693.4 \times 0.000120 = -1.071 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_v \\ &= 5,307,932.1/367,689.6 + 0.530 \times 3,511,645,925.0 \times 525.6/460,436,070,688.5 = 16.559 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_v \\ &= 5,307,932.1/367,689.6 + 0.530 \times 3,511,645,925.0 \times -2,498.4/460,436,070,688.5 = 4.344 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$\begin{aligned} u &= (V_s + V_{sc} + V_v) / A_{vw} + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 469.029/72,000.0 + 51.412/182,664,027.4 + 511.406/182,664,027.4 = 9.595 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\ast u = 9.6 \text{ MPa} \leq u_a = 110.0 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

(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	-	-	-	-	64.598	-68.722	190.000	190.000
1+2+3	2.356	1.607	10.800	10.800	75.619	-121.115	190.000	190.000
1+2+3+5	2.006	1.448	10.800	10.800	79.712	-120.236	218.500	190.000
1+2+3+5+6	0.588	-0.046	10.800	1.890	103.610	-115.785	218.500	190.000
1+2+3+5+6+7	-0.339	-1.117	2.174	2.174	120.169	-111.440	247.000	218.500
1+2+3+5+6-7	1.515	1.025	12.420	12.420	87.052	-120.129	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	0.123	0.138	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.158	0.406	0.008	0.008	0.166	0.414	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.133	0.400	0.008	0.008	0.141	0.408	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.225	0.371	0.008	0.008	0.232	0.379	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.237	0.260	0.008	0.008	0.244	0.268	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.124	0.302	0.008	0.008	0.132	0.310	0.K !!	0.K !!

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

[상 연]

$$\left(\frac{120.169}{247.000} \right)^2 + \left(\frac{9.595}{110.000} \right)^2 = 0.237 + 0.008 = 0.244 \leq 1.2 \quad \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{-121.115}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{9.595}{110.000} \right)^2 = 0.406 + 0.008 = 0.414 \leq 1.2 \quad \dots\dots 0.K !!$$

- (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)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(190.0 / 64.598)} = 1.72 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

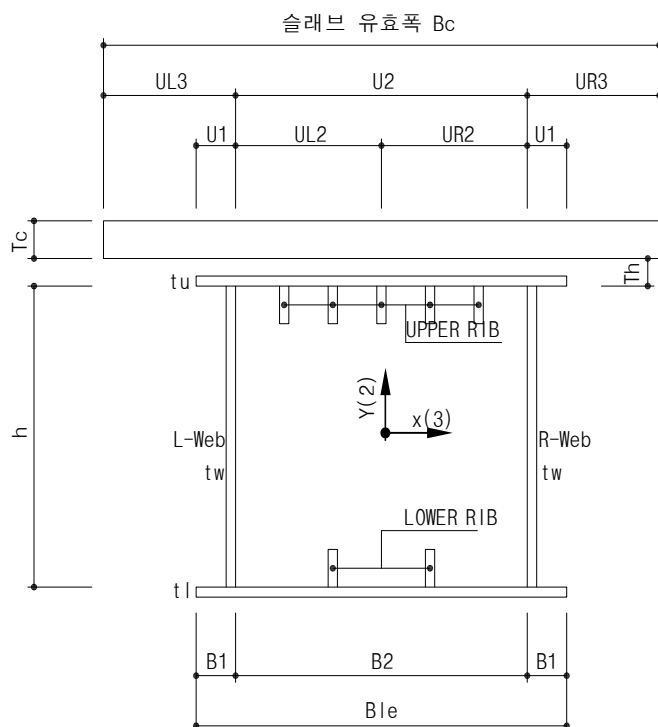
- (12) 항복에 대한 안전도 검사 (도.설.기 3.9.3.2)

- 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	-	-	-	-	83.977	-89.339	315.000	0.K !!
1+2+3	4.503	3.072	16.200	0.K !!	105.037	-189.452	315.000	0.K !!
1+2+3+7	5.430	4.143	16.200	0.K !!	121.596	-193.797	315.000	0.K !!
1+2+3+5	4.152	2.912	16.200	0.K !!	109.130	-188.573	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6	2.734	1.418	16.200	0.K !!	133.029	-184.122	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	1.807	0.347	16.200	0.K !!	149.587	-179.778	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	3.661	2.489	16.200	0.K !!	116.470	-188.467	315.000	0.K !!

[G2 : 단면 - 2경간 중앙부]

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM490B

$$Bc = 6,014.8 \text{ mm}$$

$$UL3 = 2,341.8 \text{ mm}$$

$$UR3 = 1,173.0 \text{ mm}$$

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

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

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

상부 플랜지 유효폭

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

하부 플랜지 유효폭

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

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

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

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

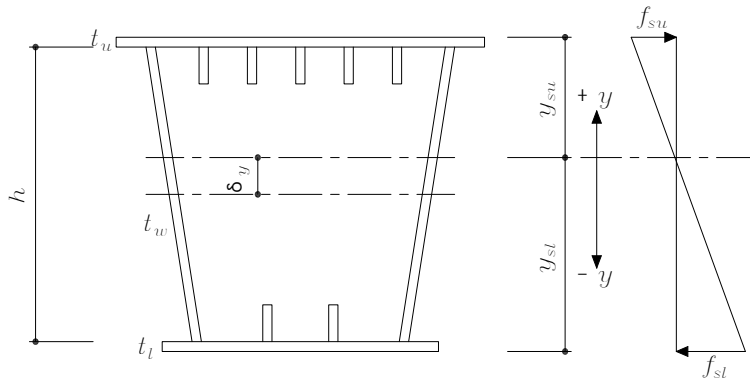
$$Th = 23.0 \text{ mm}$$

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

$$\Theta_L = 0.000^\circ$$

$$\Theta_R = 0.000^\circ$$

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

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

▪ 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = 7,837.178 \times 1,465.2 / 230,737,988,542.2 = 49.767 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = 7,837.178 \times -1,558.8 / 230,737,988,542.2 = -52.945 \text{ MPa}$$

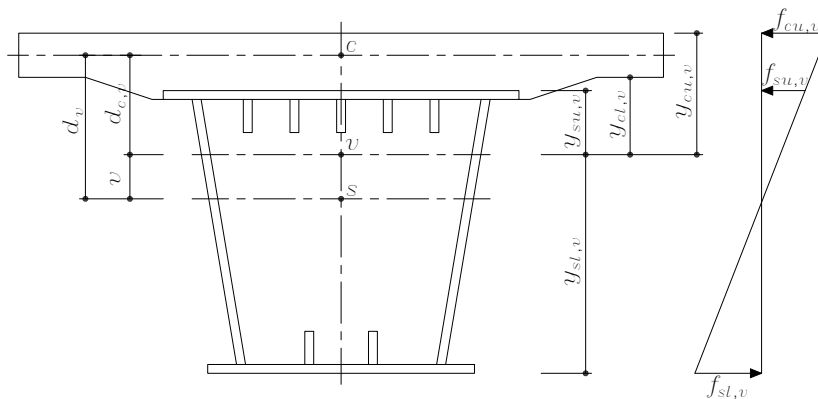
▪ 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

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

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

$$= 24.280 / 72,000.0 + 9.092 / (2 \times 7,566,144.0 \times 12.0) = 0.387 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,503,694.2 / 7.0 = 214,813.5 \text{ mm}^2$$

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 7,831,740,433.3 / 7.0 = 1.119E+09 \text{ mm}^4$$

▪ 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_{cn1} = 151,920.0 + 214,813.5 = 366,733.5 \text{ mm}^2$$

▪ 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

$$v = A_{cn1} \times d_v / A_v = 214,813.5 \times 1,601.2 / 366,733.5 = 937.9 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v} = d_v - v = 1,601.2 - 937.9 = 663.3 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = I_s + A_s \cdot v^2 + I_{cn1} + A_{cn1} \cdot d_{c,v}^2 \\ = 230,737,988,542.2 + 151,920.0 \times 937.9^2 + 1,118,820,061.9 + 214,813.5 \times 663.3^2 = 4.600\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 1,465.2 - 937.9 = 527.3 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -1,558.8 - 937.9 = -2,496.7 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 콘크리트 바닥판 상·하연까지의 거리

$$y_{cu,v} = d_{c,v} + T_c / 2 = 663.3 + 250.0 / 2 = 788.3 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v} = y_{cu,v} - T_c = 788.3 - 250.0 = 538.3 \text{ mm}$$

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v = 2,076.255 \times 527.3 / 460,011,499,578.0 = 2.380 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v = 2,076.255 \times -2,496.7 / 460,011,499,578.0 = -11.269 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 2,076.255 \times 788.3 / (460,011,499,578.0 \times 7.0) = 0.508 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 2,076.255 \times 538.3 / (460,011,499,578.0 \times 7.0) = 0.347 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

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

$$u = V_{sc} / A_w + M_{scl} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 11.024 / 72,000.0 + 40.354 / (2 \times 7,611,001.1 \times 12.0) = 0.374 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v = 6,813.449 \times 527.3 / 460,011,499,578.0 = 7.810 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v = 6,813.449 \times -2,496.7 / 460,011,499,578.0 = -36.980 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 6,813.449 \times 788.3 / (460,011,499,578.0 \times 7.0) = 1.668 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 6,813.449 \times 538.3 / (460,011,499,578.0 \times 7.0) = 1.139 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ = 367.948 / 72,000.0 + 461.997 / (2 \times 7,611,001.1 \times 12.0) = 7.640 \text{ MPa}$$

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

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_v = 0.000 \times 527.3 / 460,011,499,578.0 = 0.000 \text{ MPa}$$

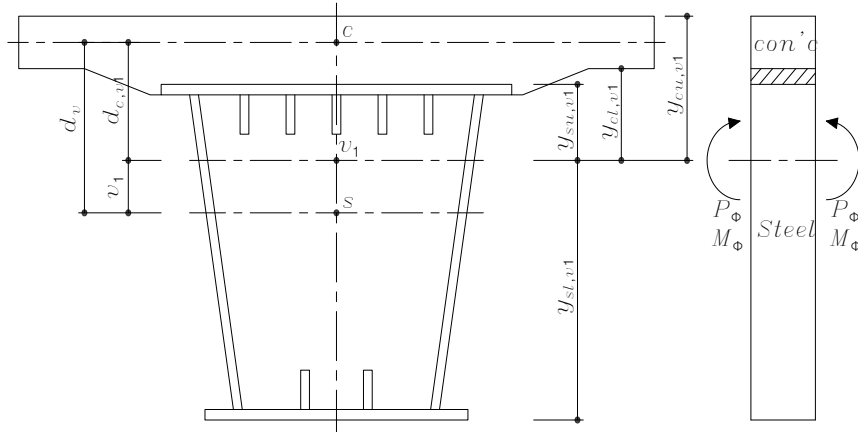
$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_v = 0.000 \times -2,496.7 / 460,011,499,578.0 = 0.000 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 0.000 \times 788.3 / (460,011,499,578.0 \times 7.0) = 0.000 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 0.000 \times 538.3 / (460,011,499,578.0 \times 7.0) = 0.000 \text{ MPa}$$

▪ 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.

$$\phi_1 = 2.0$$

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

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

$$A_{v1} = A_s + A_{c1} / n_1 = 151,920.0 + 1,503,694.2 / 14.0 = 2.593\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_{c1} / n_1) \times d_v / A_{v1} = (1,503,694.2 / 14.0) \times 1,601.2 / 259,326.7 = 663.2 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v - v_1 = 1,601.2 - 663.2 = 938.0 \text{ mm}$$

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

$$= (230,737,988,542.2 + 151,920.0 \times 663.2^2) + (7,831,740,433.3 / 14.0 + 1,503,694.2 / 14.0 \times 938.0^2) = 3.926\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v1} = y_{su} - v_1 = 1,465.2 - 663.2 = 802.0 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v1} = y_{sl} - v_1 = -1,558.8 - 663.2 = -2,222.0 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v1} = d_{c,v1} + T_c / 2 = 938.0 + 250.0 / 2 = 1,063.0 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v1} = y_{cu,v1} - T_c = 1,063.0 - 250.0 = 813.0 \text{ mm}$$

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

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

$$= 2,076.3 \times 663.3 \times 1,503,694.2 / (7.0 \times 460,011,499,578.0) = 6.431\text{E}+05 \text{ N}$$

- 강재보와 결함으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 643,116.5 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = 6.431\text{E}+05 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = 643,116.5 \times 938.0 = 6.033\text{E}+08 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 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

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 2,076.255 \times 788.3 / (460,011,499,578.0 \times 7.0) = 0.508 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / (I_v \cdot n) = 2,076.255 \times 538.3 / (460,011,499,578.0 \times 7.0) = 0.347 \text{ MPa}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

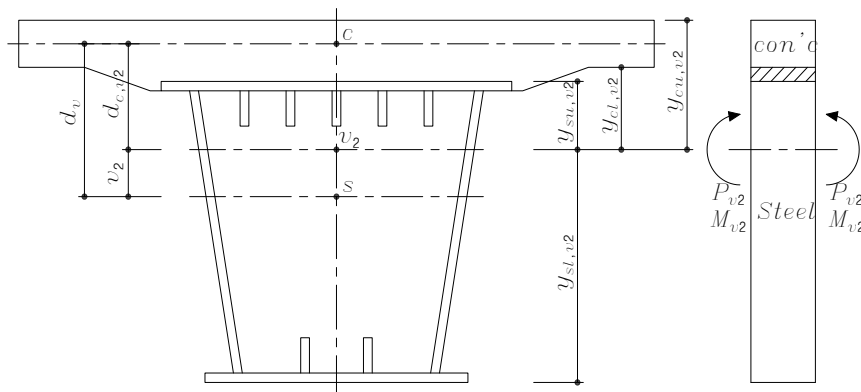
$$\begin{aligned} f_{cu,v1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cu,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu,v} \cdot \phi_1 / E_c \\ &= (1/14.0) \times (643,116.5/259,326.7 + -0.190 \times 603,266,320.6 \times 1,063.0/392,622,763,478.2) \\ &\quad - 14,346.7 \times 0.508 \times 2.0/28,693.4 = -0.353 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{cl,v1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cl,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl,v} \cdot \phi_1 / E_c \\ &= (1/14.0) \times (643,116.5/259,326.7 + -0.190 \times 603,266,320.6 \times 813.0/392,622,763,478.2) \\ &\quad - 14,346.7 \times 0.347 \times 2.0/28,693.4 = -0.187 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v1} / I_{v1} \\ &= 643,116.5/259,326.7 + -0.190 \times 603,266,320.6 \times 802.0/392,622,763,478.2 = 2.245 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v1} &= P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v1} / I_{v1} \\ &= 643,116.5/259,326.7 + -0.190 \times 603,266,320.6 \times -2,222.0/392,622,763,478.2 = 3.130 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(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.

$$\phi_2 = 4.0$$

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

$$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 151,920.0 + 1,503,694.2 / 21.0 = 2.235\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2} = (1,503,694.2/21.0) \times 1,601.2 / 223,524.5 = 512.9 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,601.2 - 512.9 = 1,088.3 \text{ mm}$$

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

$$\begin{aligned} &= (230,737,988,542.2 + 151,920.0 \times 512.9^2) + (7,831,740,433.3/21.0 \\ &\quad + 1,503,694.2/21.0 \times 1,088.3^2) = 3.559\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v2} = y_{su} - v_2 = 1,465.2 - 512.9 = 952.3 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v2} = y_{sl} - v_2 = -1,558.8 - 512.9 = -2,071.7 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{cu,v2} = d_{c,v2} + T_c / 2 = 1,088.3 + 250.0 / 2 = 1,213.3 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v2} = y_{cu,v2} - T_c = 1,213.3 - 250.0 = 963.3 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1} / n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,503,694.2 / 21.0 = 3.963\text{E}+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 3,963,308.2 \times 1,213.3 = 4.313\text{E}+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

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

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

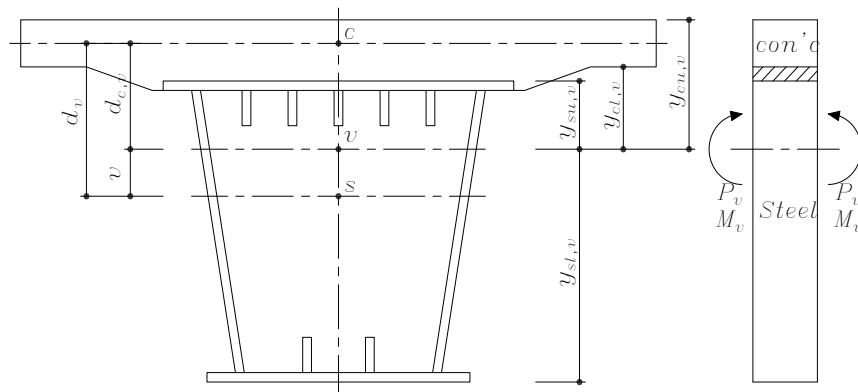
$$\begin{aligned} f_{cu,v2} &= 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{cu,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ &= (1/21.0) \times (3,963,308.2/223,524.5 + -0.190 \times 4,313,198,512.9 \times 1,213.3/355,887,650,858.4) \\ &\quad - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.925 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{cl,v2} &= 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{cl,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s \\ &= (1/21.0) \times (3,963,308.2/223,524.5 + -0.190 \times 4,313,198,512.9 \times 1,213.3/355,887,650,858.4) \\ &\quad - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.897 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v2}/I_{v2} \\ &= 3,963,308.2/223,524.5 + -0.190 \times 4,313,198,512.9 \times 952.3/355,887,650,858.4 = 15.534 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v2}/I_{v2} \\ &= 3,963,308.2/223,524.5 + -0.190 \times 4,313,198,512.9 \times -2,071.7/355,887,650,858.4 = 22.511 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(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

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,503,694.2 / 7.0 = 5.284E+06 \text{ N}$$

- P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 5,284,410.9 \times 663.3 = 3.505E+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$\begin{aligned} f_{cu,t} &= 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cu,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t \\ &= (1/7.0) \times (5,284,410.9/366,733.5 + -0.190 \times 3,505,199,637.0 \times 788.3/460,011,499,578.0) \\ &\quad - 28,693.4 \times 0.000120 = -1.548 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{cl,t} &= 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cl,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t \\ &= (1/7.0) \times (5,284,410.9/366,733.5 + -0.190 \times 3,505,199,637.0 \times 538.3/460,011,499,578.0) \\ &\quad - 28,693.4 \times 0.000120 = -1.496 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_v \\ &= 5,284,410.9/366,733.5 + -0.190 \times 3,505,199,637.0 \times 527.3/460,011,499,578.0 = 13.644 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_v \\ &= 5,284,410.9/366,733.5 + -0.190 \times 3,505,199,637.0 \times -2,496.7/460,011,499,578.0 = 18.032 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$\begin{aligned} u &= (V_s + V_{sc} + V_v)/A_{vw} + M_{st}/(2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 403.252/72,000.0 + 9.092/182,664,027.4 + 502.351/182,664,027.4 = 8.401 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\ast u = 8.4 \text{ MPa} \leq u_a = 110.0 \text{ MPa} \dots\dots 0.K !!$$

(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	-	-	-	-	49.767	-52.945	190.000	190.000
1+2+3	2.176	1.486	10.800	10.800	59.958	-101.193	190.000	190.000
1+2+3+5	1.823	1.299	10.800	10.800	62.203	-98.063	218.500	190.000
1+2+3+5+6	-0.102	-0.598	1.890	1.890	77.736	-75.552	218.500	190.000
1+2+3+5+6+7	-1.650	-2.094	2.174	2.174	91.381	-57.521	247.000	218.500
1+2+3+5+6-7	1.446	0.898	12.420	12.420	64.092	-93.584	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	0.074	0.083	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.100	0.284	0.006	0.006	0.105	0.289	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.081	0.266	0.006	0.006	0.087	0.272	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.127	0.158	0.006	0.006	0.132	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	0.183	0.006	0.006	0.073	0.189	0.K !!	0.K !!

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

[상 연]

$$\left(\frac{91.381}{247.000}\right)^2 + \left(\frac{8.401}{110.000}\right)^2 = 0.137 + 0.006 = 0.143 \leq 1.2 \quad \dots \quad 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{-101.193}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{8.401}{110.000}\right)^2 = 0.284 + 0.006 = 0.289 \leq 1.2 \quad \dots \quad 0.K !!$$

- (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)

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

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

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

- 인장(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

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

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

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

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(190.0 / 49.767)} = 1.95 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

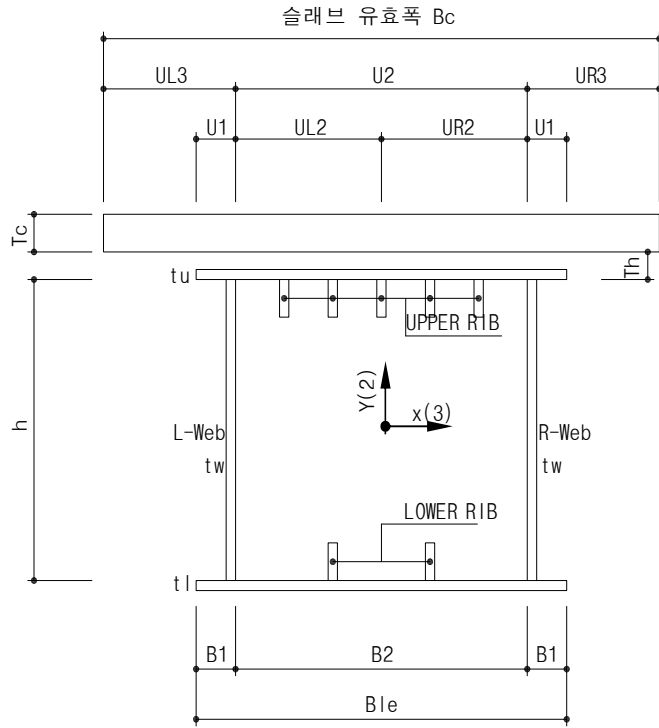
- (12) 항복에 대한 안전도 검사 (도.설.기 3.9.3.2)

- 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	-	-	-	-	64.698	-68.828	315.000	0.K !!
1+2+3	4.247	2.900	16.200	0.K !!	84.584	-162.984	315.000	0.K !!
1+2+3+7	5.795	4.396	16.200	0.K !!	98.228	-181.016	315.000	0.K !!
1+2+3+5	3.894	2.713	16.200	0.K !!	86.829	-159.854	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6	1.969	0.816	16.200	0.K !!	102.362	-137.343	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.421	-0.680	16.200	0.K !!	116.007	-119.311	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	3.517	2.312	16.200	0.K !!	88.718	-155.374	315.000	0.K !!

[G2 : 단면 - 3경간 중앙부]

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM490B

Bc = 6,041.5 mm

UL3 = 2,368.5 mm

UR3 = 1,173.0 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

$\Theta_L = 0.000^\circ$

$\Theta_R = 0.000^\circ$

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	10,162.367
M_{sc}	: 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	2,716.704
M_w	: 풍하중에 의한 모멘트	kN·m	0.000
M_v	: (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	6,938.608
V_s	: 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-101.530
V_{sc}	: 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-32.464
V_w	: 풍하중에 의한 전단력	kN	0.000
V_v	: (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	-334.505
M_{st}	: 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	51.006

M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	35.184
M_{wt} : 풍하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	0.000
M_{vt} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	474.682

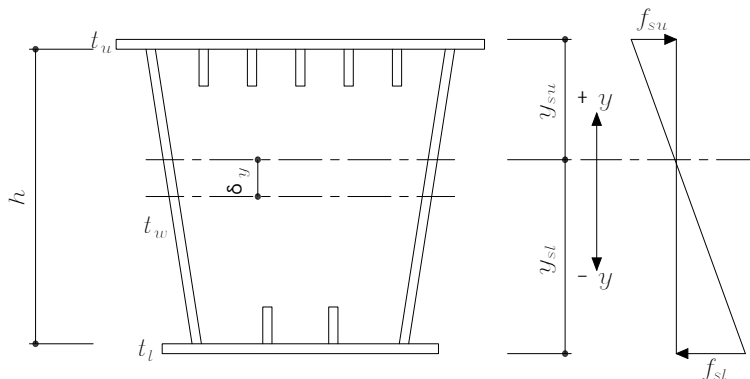
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

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 - 6,041.5 × 250.0	1,510,387.2	1,648.0	2.489E+09	4.102E+12	7.867E+09
SLAB 단면 합계		1,510,387.2	-	2.489E+09	4.102E+12	7.867E+09
※ $A_s = 151,920.0 \text{ mm}^2$ $A_{c1} = 1,510,387.2 \text{ mm}^2$						

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)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = 10,162.367 \times 1,465.2 / 230,737,988,542.2 = 64.533 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = 10,162.367 \times -1,558.8 / 230,737,988,542.2 = -68.653 \text{ MPa}$$

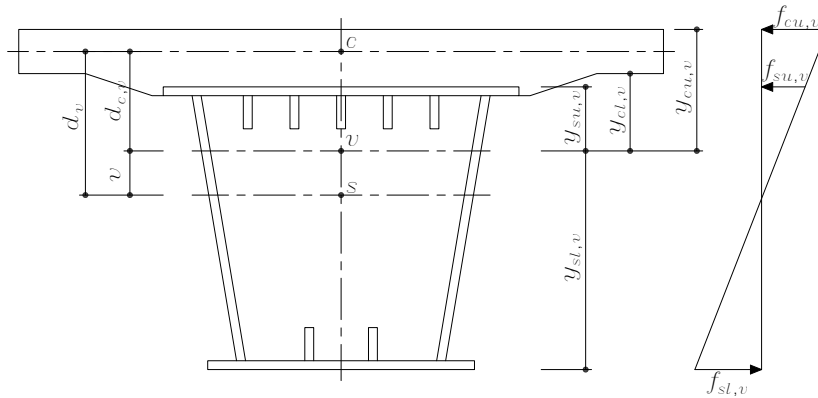
▪ 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

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

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

$$= 101.530 / 72,000.0 + 51.006 / (2 \times 7,566,144.0 \times 12.0) = 1.691 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,510,387.2 / 7.0 = 215,769.6 \text{ mm}^2$$

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 7,866,599,971.0 / 7.0 = 1.124E+09 \text{ mm}^4$$

▪ 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_{cn1} = 151,920.0 + 215,769.6 = 367,689.6 \text{ mm}^2$$

▪ 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

$$v = A_{cn1} \times d_v / A_v = 215,769.6 \times 1,601.2 / 367,689.6 = 939.6 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v} = d_v - v = 1,601.2 - 939.6 = 661.6 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

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

$$= 230,737,988,542.2 + 151,920.0 \times 939.6^2 + 1,123,799,995.9 + 215,769.6 \times 661.6^2 = 4.604E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 1,465.2 - 939.6 = 525.6 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -1,558.8 - 939.6 = -2,498.4 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 콘크리트 바닥판 상·하연까지의 거리

$$y_{cu,v} = d_{c,v} + T_c / 2 = 661.6 + 250.0 / 2 = 786.6 \text{ mm}$$

$$y_{cl,v} = y_{cu,v} - T_c = 786.6 - 250.0 = 536.6 \text{ mm}$$

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v = 2,716.704 \times 525.6 / 460,436,070,688.5 = 3.101 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v = 2,716.704 \times -2,498.4 / 460,436,070,688.5 = -14.741 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 2,716.704 \times 786.6 / (460,436,070,688.5 \times 7.0) = 0.663 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 2,716.704 \times 536.6 / (460,436,070,688.5 \times 7.0) = 0.452 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

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

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

$$= 32.464 / 72,000.0 + 35.184 / (2 \times 7,611,001.1 \times 12.0) = 0.644 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v = 6,938.608 \times 525.6 / 460,436,070,688.5 = 7.920 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v = 6,938.608 \times -2,498.4 / 460,436,070,688.5 = -37.650 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 6,938.608 \times 786.6 / (460,436,070,688.5 \times 7.0) = 1.693 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 6,938.608 \times 536.6 / (460,436,070,688.5 \times 7.0) = 1.155 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

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

$$= 334.505 / 72,000.0 + 474.682 / (2 \times 7,611,001.1 \times 12.0) = 7.245 \text{ MPa}$$

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

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_v = 0.000 \times 525.6 / 460,436,070,688.5 = 0.000 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_v = 0.000 \times -2,498.4 / 460,436,070,688.5 = 0.000 \text{ MPa}$$

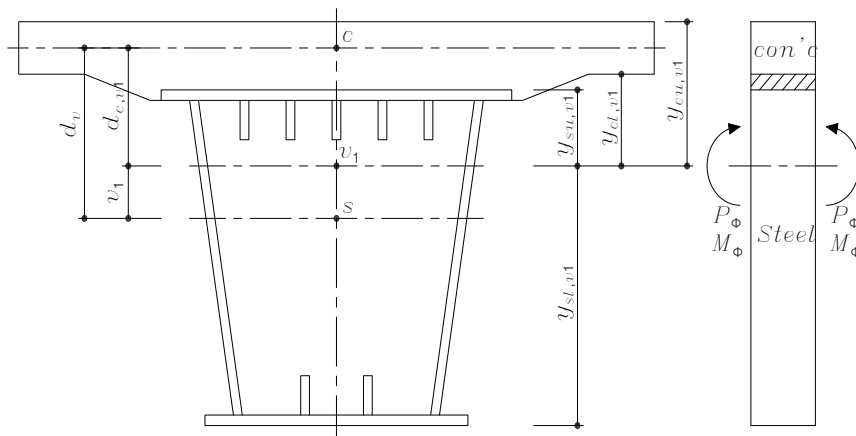
$$f_{cu,v} = M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 0.000 \times 786.6 / (460,436,070,688.5 \times 7.0) = 0.000 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 0.000 \times 536.6 / (460,436,070,688.5 \times 7.0) = 0.000 \text{ MPa}$$

▪ 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.

$$\phi_1 = 2.0$$

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

$$\begin{aligned}
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 2.0/2) = 14.000 \\
A_{v1} &= A_s + A_{c1}/n_1 = 151,920.0 + 1,510,387.2 / 14.0 = 2.598\text{E}+05 \text{ mm}^2 \\
v_1 &= (A_{c1}/n_1) \times d_v / A_{v1} = (1,510,387.2/14.0) \times 1,601.2 / 259,804.8 = 664.9 \text{ mm} \\
d_{c,v1} &= d_v - v_1 = 1,601.2 - 664.9 = 936.3 \text{ mm} \\
I_{v1} &= (I_s + A_s \cdot v_1^2) + (I_c/n_1 + A_c/n_1 \cdot d_{c,v1}^2) \\
&= (230,737,988,542.2 + 151,920.0 \times 664.9^2) + (7,866,599,971.0/14.0 \\
&\quad + 1,510,387.2/14.0 \times 936.3^2) = 3.930\text{E}+11 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

▪ 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$\begin{aligned}
y_{su,v1} &= y_{su} - v_1 = 1,465.2 - 664.9 = 800.3 \text{ mm} \\
y_{sl,v1} &= y_{sl} - v_1 = -1,558.8 - 664.9 = -2,223.7 \text{ mm}
\end{aligned}$$

▪ 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$\begin{aligned}
y_{cu,v1} &= d_{c,v1} + T_c / 2 = 936.3 + 250.0 / 2 = 1,061.3 \text{ mm} \\
y_{cl,v1} &= y_{cu,v1} - T_c = 1,061.3 - 250.0 = 811.3 \text{ mm}
\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
N_c &= M_{sc} \cdot d_{c,v} \cdot A_{c1} / (n \cdot I_v) \\
&= 2,716.7 \times 661.6 \times 1,510,387.2 / (7.0 \times 460,436,070,688.5) = 8.423\text{E}+05 \text{ N}
\end{aligned}$$

▪ 강재보와 결함으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 842,264.7 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = 8.423\text{E}+05 \text{ N}$$

▪ P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = 842,264.7 \times 936.3 = 7.886\text{E}+08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

▪ 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

$$\begin{aligned}
f_{cu,v} &= M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 2,716.704 \times 786.6 / (460,436,070,688.5 \times 7.0) = 0.663 \text{ MPa} \\
f_{cl,v} &= M_{sc} \cdot y_{sl,v} / (I_v \cdot n) = 2,716.704 \times 536.6 / (460,436,070,688.5 \times 7.0) = 0.452 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

▪ 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

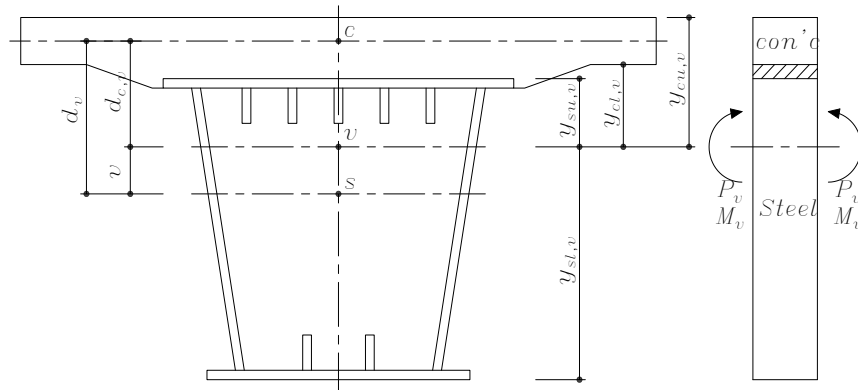
$$\begin{aligned}
f_{cu,v1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi/A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cu,v1}/I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu,v} \cdot \phi_1/E_c \\
&= (1/14.0) \times (842,264.7/259,804.8 + 0.530 \times 788,620,622.1 \times 1,061.3/393,045,141,747.5) \\
&\quad - 14,346.7 \times 0.663 \times 2.0/28,693.4 = -0.351 \text{ MPa} \\
f_{cl,v1} &= 1/n_1 \cdot (P_\phi/A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cl,v1}/I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl,v} \cdot \phi_1/E_c \\
&= (1/14.0) \times (842,264.7/259,804.8 + 0.530 \times 788,620,622.1 \times 811.3/393,045,141,747.5) \\
&\quad - 14,346.7 \times 0.452 \times 2.0/28,693.4 = -0.159 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned}
f_{su,v1} &= P_\phi/A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,v1}/I_{v1} \\
&= 842,264.7/259,804.8 + 0.530 \times 788,620,622.1 \times 800.3/393,045,141,747.5 = 4.092 \text{ MPa} \\
f_{sl,v1} &= P_\phi/A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot y_{sl,v1}/I_{v1} \\
&= 842,264.7/259,804.8 + 0.530 \times 788,620,622.1 \times -2,223.7/393,045,141,747.5 = 0.879 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 &= 3,980,949.1/223,843.2 + 0.530 \times 4,326,228,195.4 \times 950.7/356,266,247,131.4 = \mathbf{23.899 \text{ MPa}} \\
 f_{sl,v2} &= P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v2}/I_{v2} \\
 &= 3,980,949.1/223,843.2 + 0.530 \times 4,326,228,195.4 \times -2,073.3/356,266,247,131.4 = \mathbf{4.451 \text{ MPa}}
 \end{aligned}$$



(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

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,510,387.2 / 7.0 = 5.308E+06 \text{ N}$$

P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 5,307,932.1 \times 661.6 = 3.512E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$\begin{aligned}
 f_{cu,t} &= 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cu,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t \\
 &= (1/7.0) \times (5,307,932.1/367,689.6 + 0.530 \times 3,511,645,925.0 \times 786.6/460,436,070,688.5) \\
 &\quad - 28,693.4 \times 0.000120 = \mathbf{-0.927 \text{ MPa}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_{cl,t} &= 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cl,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t \\
 &= (1/7.0) \times (5,307,932.1/367,689.6 + 0.530 \times 3,511,645,925.0 \times 536.6/460,436,070,688.5) \\
 &\quad - 28,693.4 \times 0.000120 = \mathbf{-1.071 \text{ MPa}}
 \end{aligned}$$

강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned}
 f_{su,v2} &= P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_v \\
 &= 5,307,932.1/367,689.6 + 0.530 \times 3,511,645,925.0 \times 525.6/460,436,070,688.5 = \mathbf{16.559 \text{ MPa}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_{sl,v2} &= P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_v \\
 &= 5,307,932.1/367,689.6 + 0.530 \times 3,511,645,925.0 \times -2,498.4/460,436,070,688.5 = \mathbf{4.344 \text{ MPa}}
 \end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

풍하중 비재하시의 전단응력

$$\begin{aligned}
 u &= (V_s + V_{sc} + V_v)/A_w + M_{st}/(2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 \cdot F_v \cdot t_w) \\
 &= 468.498/72,000.0 + 51.006/182,664,027.4 + 509.866/182,664,027.4 = 9.577 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\ast u = 9.6 \text{ MPa} \leq u_a = 110.0 \text{ MPa} \dots \dots 0.K !!$$

(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	-	-	-	-	64.533	-68.653	190.000	190.000
1+2+3	2.356	1.607	10.800	10.800	75.554	-121.045	190.000	190.000
1+2+3+5	2.005	1.448	10.800	10.800	79.646	-120.166	218.500	190.000
1+2+3+5+6	0.588	-0.046	10.800	1.890	103.545	-115.715	218.500	190.000
1+2+3+5+6+7	-0.339	-1.117	2.174	2.174	120.104	-111.370	247.000	218.500
1+2+3+5+6-7	1.515	1.025	12.420	12.420	86.986	-120.059	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	0.115	0.131	0.008	0.008	0.123	0.138	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.158	0.406	0.008	0.008	0.166	0.413	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.133	0.400	0.008	0.008	0.140	0.408	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.225	0.371	0.008	0.008	0.232	0.378	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.236	0.260	0.008	0.008	0.244	0.267	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.124	0.302	0.008	0.008	0.132	0.309	0.K !!	0.K !!

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

[상 연]

$$\left(\frac{120.104}{247.000} \right)^2 + \left(\frac{9.577}{110.000} \right)^2 = 0.236 + 0.008 = 0.244 \leq 1.2 \quad \dots \quad 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{-121.045}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{9.577}{110.000} \right)^2 = 0.406 + 0.008 = 0.413 \leq 1.2 \quad \dots \quad 0.K !!$$

(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)

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

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

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

- 인장(하부) 플랜지 (도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

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

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

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190.0 / 64.533)} = 1.72 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(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.

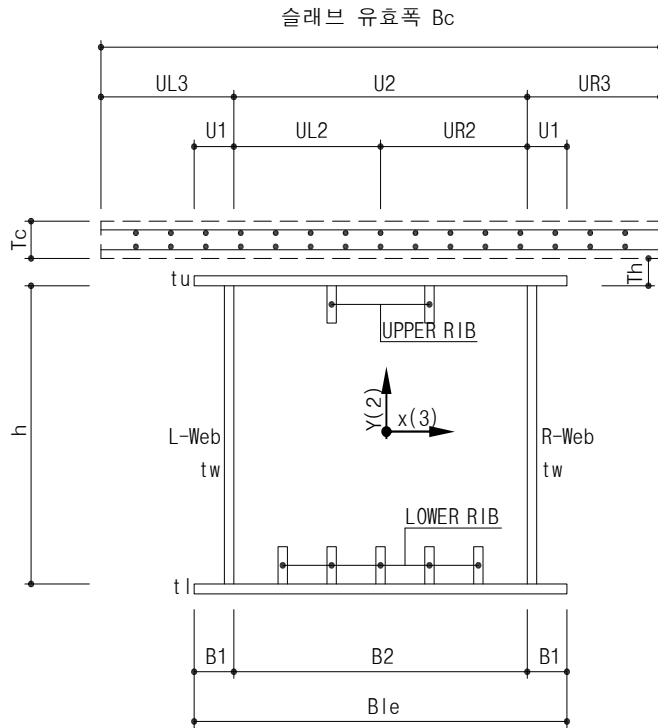
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

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	-	-	-	-	83.892	-89.249	315.000	0.K !!
1+2+3	4.503	3.072	16.200	0.K !!	104.953	-189.361	315.000	0.K !!
1+2+3+7	5.430	4.143	16.200	0.K !!	121.511	-193.705	315.000	0.K !!
1+2+3+5	4.152	2.912	16.200	0.K !!	109.045	-188.482	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6	2.734	1.418	16.200	0.K !!	132.944	-184.031	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	1.807	0.347	16.200	0.K !!	149.503	-179.686	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	3.661	2.489	16.200	0.K !!	116.385	-188.375	315.000	0.K !!

■ 단 면 검 토(부모멘트)

[G3 : 단 면 - S1-S2 지점부]

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM490B

Bc = 5,202.1 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 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	-19,341.055
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	-5,761.826
M_w : 풍하중에 의한 모멘트	kN·m	0.000
M_v : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	-9,651.328
V_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	1,887.048
V_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	566.216
V_w : 풍하중에 의한 전단력	kN	0.000
V_v : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	1,007.805
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	393.016
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-302.971
M_{wt} : 풍하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	0.000
M_{vt} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	1,266.751
t_{cu}, t_{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

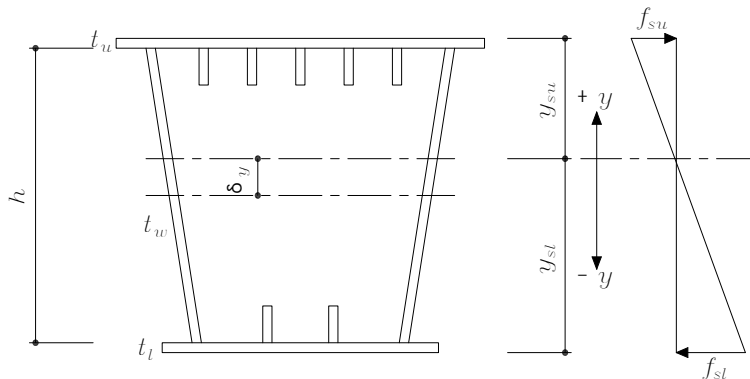
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

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})		16,109.9	1,713.0	27,596,279.4	47,272,426,670.7	-
LOWER RE-Bar (A_{rl})		16,109.9	1,563.0	25,179,792.6	39,356,015,862.8	-
RE-Bar 합계		32,219.8		5.278E+07	8.663E+10	-
RC. SLAB	1 - 5,202.1 × 250.0	1,300,528.9	1,648.0	2.143E+09	3.532E+12	6.774E+09
※ $A_s = 179,474.4 \text{ mm}^2$ $A_{c1} = 1,300,528.9 \text{ mm}^2$ $A_r = 32,219.8 \text{ mm}^2$						

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)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = -19,341.055 \times 1,598.7 / 293,379,109,783.8 = -105.397 \text{ MPa}$$

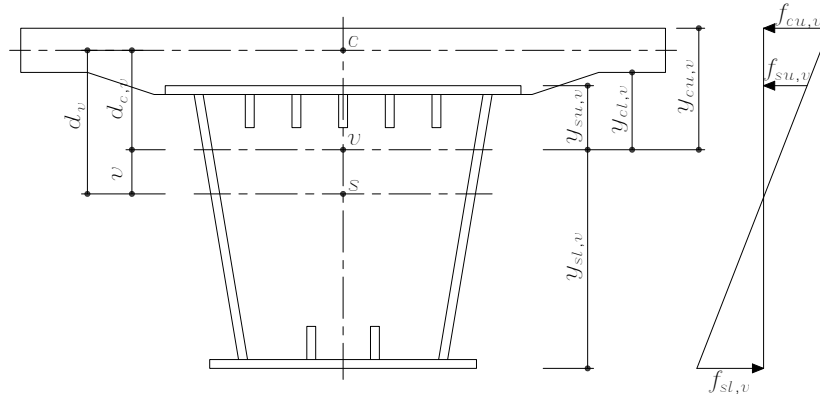
$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = -19,341.055 \times -1,439.3 / 293,379,109,783.8 = 94.884 \text{ MPa}$$

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

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 7.177E+06 \text{ mm}^2$$

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

$$= 1,887.048 / 72,000.0 + 393.016 / (2 \times 7,176,736.1 \times 12.0) = 28.491 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

▪ 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_r = 179,474.4 + 32,219.8 = 211,694.3 \text{ mm}^2$$

▪ 강재도심선에서 철근 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r = 1,598.7 - 18.0 + 23.0 + 40.0 + (250.0 - 60.0 - 40.0) \times 16,109.9 / 32,219.8 = 1,718.7 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_r \times d_v / A_v = 32,219.8 \times 1,718.7 / 211,694.3 = 261.6 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{r,v} = d_v - v = 1,718.7 - 261.6 = 1,457.1 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{rv} = I_s + A_s \cdot v^2 + I_r + A_r \cdot d_{r,v}^2 = 293,379,109,783.8 + 179,474.4 \times 261.6^2 + 0.0 + 32,219.8 \times 1,457.1^2 = 3.741\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 1,598.7 - 261.6 = 1,337.1 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -1,439.3 - 261.6 = -1,700.9 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 바닥판 주철근 상·하연까지의 거리

$$y_{ru,v} = d_{r,v} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{rl} / A_r = 1,457.1 + (250.0 - 60.0 - 40.0) \times 16,109.9 / 32,219.8 = 1,532.1 \text{ mm}$$

$$y_{rl,v} = d_{r,v} - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r = 1,457.1 - (250.0 - 60.0 - 40.0) \times 16,109.9 / 32,219.8 = 1,382.1 \text{ mm}$$

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -5,761.826 \times 1,337.1 / 374,071,873,674.4 = -20.596 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -5,761.826 \times -1,700.9 / 374,071,873,674.4 = 26.198 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_{sc} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -5,761.826 \times 1,532.1 / 374,071,873,674.4 = -23.600 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_{sc} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -5,761.826 \times 1,382.1 / 374,071,873,674.4 = -21.289 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$F_v = b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + T1/2) = 7.219\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

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

$$= 566.216 / 72,000.0 + 302.971 / (2 \times 7,219,185.9 \times 12.0) = 9.613 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

■ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -9,651.328 \times 1,337.1 / 374,071,873,674.4 = -34.499 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -9,651.328 \times -1,700.9 / 374,071,873,674.4 = 43.883 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_v \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -9,651.328 \times 1,532.1 / 374,071,873,674.4 = -39.530 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_v \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -9,651.328 \times 1,382.1 / 374,071,873,674.4 = -35.660 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

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

$$= 1,007.805 / 72,000.0 + 1,266.751 / (2 \times 7,219,185.9 \times 12.0) = 21.309 \text{ MPa}$$

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

■ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_{rv} = 0.000 \times 1,337.1 / 374,071,873,674.4 = 0.000 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = 0.000 \times -1,700.9 / 374,071,873,674.4 = 0.000 \text{ MPa}$$

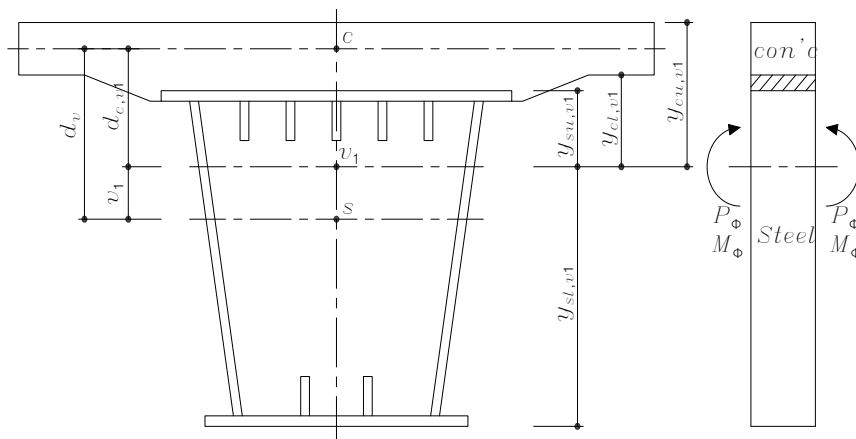
$$f_{ru,v} = M_w \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = 0.000 \times 1,532.1 / 374,071,873,674.4 = 0.000 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_w \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = 0.000 \times 1,382.1 / 374,071,873,674.4 = 0.000 \text{ MPa}$$

■ 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

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,300,528.9 / 7.0 = 185,789.8 \text{ mm}^2$$

■ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 6,773,588,236.9 / 7.0 = 9.677\text{E}+08 \text{ mm}^4$$

■ 합성 단면적

$$A_v' = A_s + A_{cn1} = 179,474.4 + 185,789.8 = 365,264.3 \text{ mm}^2$$

■ 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

$$v' = A_{cn1} \times d_{v'} / A_v' = 185,789.8 \times 1,728.7 / 365,264.3 = 879.3 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v'} = d_{v'} - v' = 1,728.7 - 879.3 = 849.4 \text{ mm}$$

▪ 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 Φ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\Phi_1 = 2.0$$

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

$$n_1 = n \cdot (1 + \Phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 2.0/2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_{c1}/n_1 = 179,474.4 + 1,300,528.9 / 14.0 = 2.724\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_{c1}/n_1) \times d_{v'} / A_{v1} = (1,300,528.9/14.0) \times 1,728.7 / 272,369.4 = 589.6 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_{v'} - v_1 = 1,728.7 - 589.6 = 1,139.1 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v'^2) + (I_c/n_1 + A_c/n_1 \cdot d_{c,v}^2) \\ = (293,379,109,783.8 + 179,474.4 \times 879.3^2) + (6,773,588,236.9/7.0 + 1,300,528.9/7.0 \times 849.4^2) = 4.997\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

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

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v'} \cdot A_{c1} / (n \cdot I_{v1}) \\ = -5,761.8 \times 849.4 \times 1,300,528.9 / (7.0 \times 499,656,289,821.6) = -1.820\text{E}+06 \text{ N}$$

▪ 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\Phi = N_c \cdot 2 \cdot \Phi_1 / (2 + \Phi_1) = -1,819,845.8 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = -1.820\text{E}+06 \text{ N}$$

▪ P_Φ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\Phi = P_\Phi \times d_{c,v1} = -1,819,845.8 \times 1,139.1 = -2.073\text{E}+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

▪ 바닥판 철근 응력 변화량

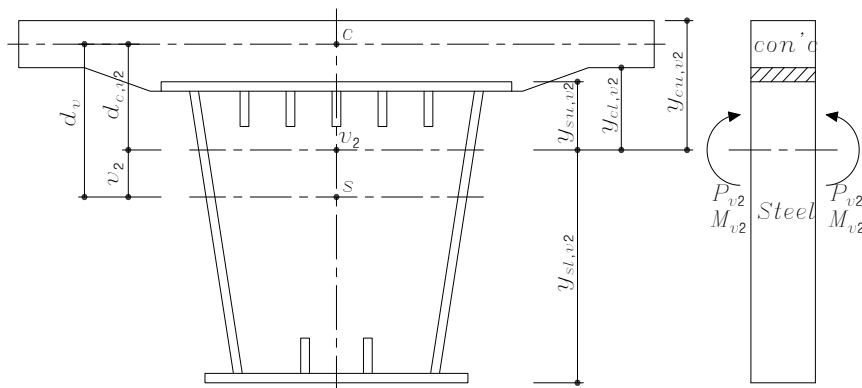
$$f_{ru,v1} = P_\Phi / A_v + k \cdot M_\Phi \cdot y_{ru,v} / I_{rv} \\ = -1,819,845.8 / 211,694.3 + -0.190 \times -2,073,038,639.4 \times 1,532.1 / 374,071,873,674.4 = -6.980 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v1} = P_\Phi / A_v + k \cdot M_\Phi \cdot y_{rl,v} / I_{rv} \\ = -1,819,845.8 / 211,694.3 + -0.190 \times -2,073,038,639.4 \times 1,382.1 / 374,071,873,674.4 = -7.138 \text{ MPa}$$

▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\Phi / A_v + k \cdot M_\Phi \cdot y_{su,v} / I_{rv} \\ = -1,819,845.8 / 211,694.3 + -0.190 \times -2,073,038,639.4 \times 1,337.1 / 374,071,873,674.4 = -7.186 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\Phi / A_v + k \cdot M_\Phi \cdot y_{sl,v} / I_{rv} \\ = -1,819,845.8 / 211,694.3 + -0.190 \times -2,073,038,639.4 \times -1,700.9 / 374,071,873,674.4 = -10.391 \text{ MPa}$$



(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.

$$\Phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \Phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 179,474.4 + 1,300,528.9 / 21.0 = 2.414E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2} = (1,300,528.9/21.0) \times 1,728.7 / 241,404.4 = 443.5 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,728.7 - 443.5 = 1,285.2 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \varepsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,300,528.9 / 21.0 = 3.428E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 3,427,822.7 \times 1,285.2 = 4.406E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

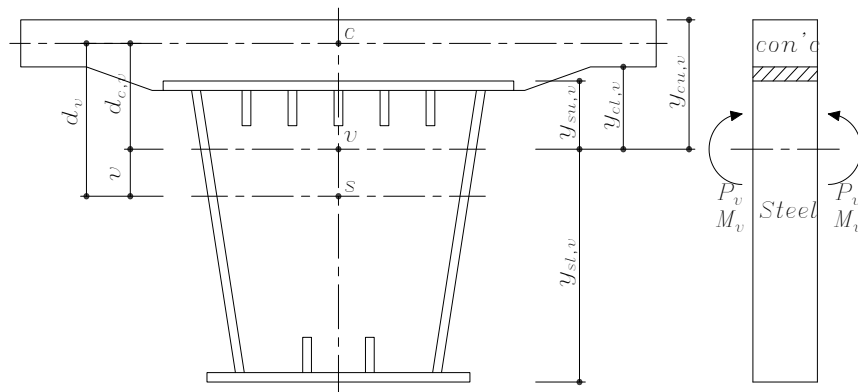
$$\begin{aligned} f_{ru,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{ru,v}/I_{rv} \\ &= 3,427,822.7/211,694.3 + -0.190 \times 4,405,591,726.9 \times 1,532.1/374,071,873,674.4 \\ &= 12.757 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{rl,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} \\ &= 3,427,822.7/211,694.3 + -0.190 \times 4,405,591,726.9 \times 1,382.1/374,071,873,674.4 \\ &= 13.093 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v}/I_{rv} \\ &= 3,427,822.7/211,694.3 + -0.190 \times 4,405,591,726.9 \times 1,337.1/374,071,873,674.4 \\ &= 13.194 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v}/I_{rv} \\ &= 3,427,822.7/211,694.3 + -0.190 \times 4,405,591,726.9 \times -1,700.9/374,071,873,674.4 \\ &= 20.006 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

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

- 온도 변형률

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

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,300,528.9 / 7.0 = 4.570E+06 \text{ N}$$

- P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 4,570,430.3 \times 849.4 = 3.882E+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{ru,t} &= P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{ru,v}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t \\ &= 4,570,430.3/211,694.3 + -0.190 \times 3,882,226,993.8 \times 1,532.1/374,071,873,674.4 \\ &\quad - 205,000.0 \times 0.000120 = -6.038 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{rl,t} &= P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t \\ &= 4,570,430.3/211,694.3 + -0.190 \times 3,882,226,993.8 \times 1,382.1/374,071,873,674.4 \\ &\quad - 205,000.0 \times 0.000120 = -5.741 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_{rv} \\ &= 4,570,430.3/211,694.3 + -0.190 \times 3,882,226,993.8 \times 1,337.1/374,071,873,674.4 = 18.948 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_{rv} \\ &= 4,570,430.3/211,694.3 + -0.190 \times 3,882,226,993.8 \times -1,700.9/374,071,873,674.4 = 24.951 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$\begin{aligned} u &= (V_s + V_{sc} + V_v)/A_w + M_{st}/(2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sc} + M_{vt})/(2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 3,461.069/72,000.0 + 393.016/172,241,665.7 + 1,569.722/173,260,461.3 = 59.412 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\ast u = 59.4 \text{ MPa} \leq u_a = 110.0 \text{ MPa} \dots 0.K !!$$

(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	-	-	-	-	-105.397	94.884	190.000	186.100
1+2+3	-63.130	-56.949	160.000	160.000	-160.492	164.965	190.000	186.100
1+2+3+5	-70.110	-64.088	160.000	160.000	-167.678	154.574	190.000	186.100
1+2+3+5+6	-57.353	-50.995	160.000	160.000	-154.484	174.580	190.000	186.100
1+2+3+5+6+7	-63.391	-56.736	184.000	184.000	-135.536	199.531	218.500	214.015
1+2+3+5+6-7	-51.316	-45.253	184.000	184.000	-173.431	149.630	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	0.308	0.260	0.292	0.292	0.599	0.552	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.714	0.786	0.292	0.292	1.005	1.077	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.779	0.690	0.292	0.292	1.071	0.982	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.661	0.880	0.292	0.292	0.953	1.172	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.385	0.869	0.292	0.292	0.676	1.161	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.630	0.489	0.292	0.292	0.922	0.781	0.K !!	0.K !!

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

[상 연]

$$\left(\frac{-167.678}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{59.412}{110.000} \right)^2 = 0.779 + 0.292 = 1.071 \leq 1.2 \quad \dots \quad 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{174.580}{186.100} \right)^2 + \left(\frac{59.412}{110.000} \right)^2 = 0.880 + 0.292 = 1.172 \leq 1.2 \quad \dots \quad 0.K !!$$

(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)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(190.0 / 94.884)} = 1.42 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

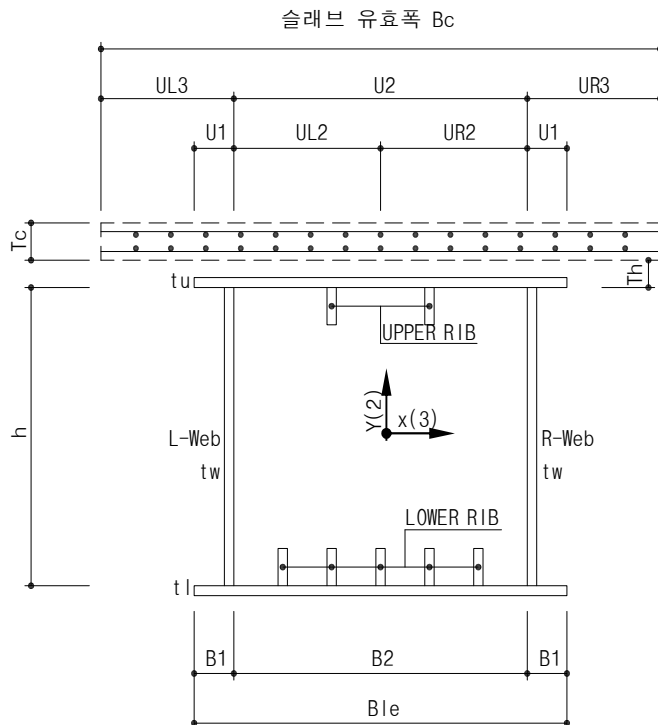
(도.설.기 3.9.3.2)

- 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	-	-	-	-	-137.016	123.349	315.000	0.K !!
1+2+3	-115.670	-104.346	240.000	0.K !!	-237.964	251.756	315.000	0.K !!
1+2+3+7	-121.708	-110.087	240.000	0.K !!	-256.912	276.706	315.000	0.K !!
1+2+3+5	-122.650	-111.484	240.000	0.K !!	-245.150	241.365	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6	-109.893	-98.391	240.000	0.K !!	-231.956	261.371	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	-115.931	-104.132	240.000	0.K !!	-213.008	286.321	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	-103.855	-92.649	240.000	0.K !!	-250.904	236.420	315.000	0.K !!

[G3 : 단 면 - S2-S3 지점부]

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM490B

Bc = 5,202.1 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

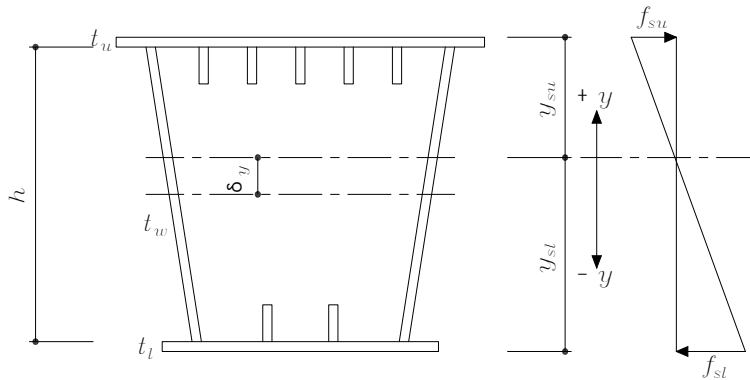
h = 3,000.0 mm

$\Theta_L = 0.000^\circ$

$\Theta_R = 0.000^\circ$

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)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = -19,333.727 \times 1,598.7 / 293,379,109,783.8 = -105.357 \text{ MPa}$$

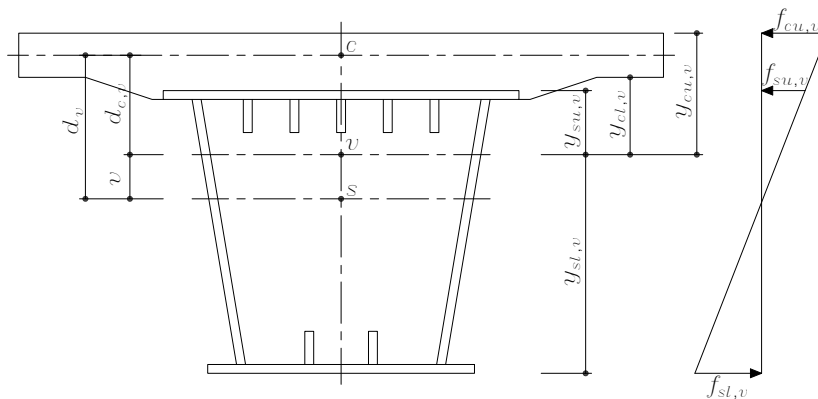
$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = -19,333.727 \times -1,439.3 / 293,379,109,783.8 = 94.848 \text{ MPa}$$

▪ 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 7.177\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) = 1,886.496 / 72,000.0 + 394.248 / (2 \times 7,176,736.1 \times 12.0) = 28.490 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

▪ 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_r = 179,474.4 + 32,219.8 = 211,694.3 \text{ mm}^2$$

- 강재도심선에서 철근 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 1,598.7 - 18.0 + 23.0 + 40.0 + (250.0 - 60.0 - 40.0) \times 16,109.9 / 32,219.8 = 1,718.7 \text{ mm}$$

- 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_r \times d_v / A_v = 32,219.8 \times 1,718.7 / 211,694.3 = 261.6 \text{ mm}$$

- 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{r,v} = d_v - v = 1,718.7 - 261.6 = 1,457.1 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{rv} = I_s + A_s \cdot v^2 + I_r + A_r \cdot d_{r,v}^2$$

$$= 293,379,109,783.8 + 179,474.4 \times 261.6^2 + 0.0 + 32,219.8 \times 1,457.1^2 = 3.741\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 1,598.7 - 261.6 = 1,337.1 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -1,439.3 - 261.6 = -1,700.9 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 주철근 상·하연까지의 거리

$$y_{ru,v} = d_{r,v} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{rl} / A_r$$

$$= 1,457.1 + (250.0 - 60.0 - 40.0) \times 16,109.9 / 32,219.8 = 1,532.1 \text{ mm}$$

$$y_{rl,v} = d_{r,v} - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 1,457.1 - (250.0 - 60.0 - 40.0) \times 16,109.9 / 32,219.8 = 1,382.1 \text{ mm}$$

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -5,762.049 \times 1,337.1 / 374,071,873,674.4 = -20.597 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -5,762.049 \times -1,700.9 / 374,071,873,674.4 = 26.199 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_{sc} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -5,762.049 \times 1,532.1 / 374,071,873,674.4 = -23.601 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_{sc} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -5,762.049 \times 1,382.1 / 374,071,873,674.4 = -21.290 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$F_v = b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + TI/2) = 7.219\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

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

$$= 566.198 / 72,000.0 + 302.601 / (2 \times 7,219,185.9 \times 12.0) = 9.610 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -9,651.665 \times 1,337.1 / 374,071,873,674.4 = -34.500 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -9,651.665 \times -1,700.9 / 374,071,873,674.4 = 43.885 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_v \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -9,651.665 \times 1,532.1 / 374,071,873,674.4 = -39.532 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_v \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -9,651.665 \times 1,382.1 / 374,071,873,674.4 = -35.662 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

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

$$= 1,007.286 / 72,000.0 + 1,264.041 / (2 \times 7,219,185.9 \times 12.0) = 21.286 \text{ MPa}$$

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

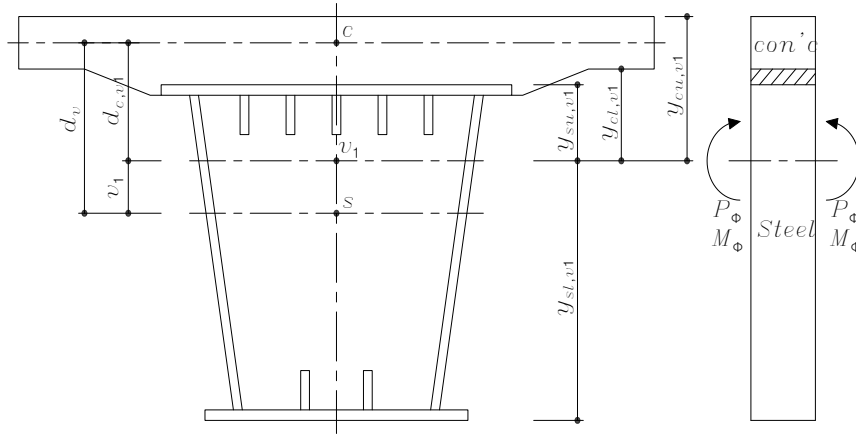
- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_{rv} = 0.000 \times 1,337.1 / 374,071,873,674.4 = 0.000 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}
 f_{sl,v} &= M_w \cdot y_{sl,v} / I_{rv} &= 0.000 \times -1,700.9 / 374,071,873,674.4 &= 0.000 \text{ MPa} \\
 f_{ru,v} &= M_w \cdot y_{ru,v} / I_{rv} &= 0.000 \times 1,532.1 / 374,071,873,674.4 &= 0.000 \text{ MPa} \\
 f_{rl,v} &= M_w \cdot y_{rl,v} / I_{rv} &= 0.000 \times 1,382.1 / 374,071,873,674.4 &= 0.000 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

▪ 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

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,300,528.9 / 7.0 = 185,789.8 \text{ mm}^2$$

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 6,773,588,236.9 / 7.0 = 9.677\text{E}+08 \text{ mm}^4$$

▪ 합성 단면적

$$A_v' = A_s + A_{cn1} = 179,474.4 + 185,789.8 = 365,264.3 \text{ mm}^2$$

▪ 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

$$v' = A_{cn1} \times d_v' / A_v' = 185,789.8 \times 1,728.7 / 365,264.3 = 879.3 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v}' = d_v' - v' = 1,728.7 - 879.3 = 849.4 \text{ mm}$$

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

$$\phi_1 = 2.0$$

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

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

$$A_{v1} = A_s + A_{c1}/n_1 = 179,474.4 + 1,300,528.9 / 14.0 = 2.724\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_{c1}/n_1) \times d_v' / A_{v1} = (1,300,528.9/14.0) \times 1,728.7 / 272,369.4 = 589.6 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v' - v_1 = 1,728.7 - 589.6 = 1,139.1 \text{ mm}$$

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

$$\begin{aligned}
 &= (293,379,109,783.8 + 179,474.4 \times 879.3^2) + (6,773,588,236.9/7.0 \\
 &\quad + 1,300,528.9/7.0 \times 849.4^2) &= 4.997\text{E}+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

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

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v} / A_{c1} (n \cdot I_{v1})$$

$$= -5,762.0 \times 849.4 \times 1,300,528.9 / (7.0 \times 499,656,289,821.6) = -1.820E+06 \text{ N}$$

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -1,819,916.3 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = -1.820E+06 \text{ N}$$

- P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = -1,819,916.3 \times 1,139.1 = -2.073E+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

$$f_{ru,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{ru,v} / I_{rv}$$

$$= -1,819,916.3 / 211,694.3 + -0.190 \times -2,073,118,872.2 \times 1,532.1 / 374,071,873,674.4 = -6.980 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot y_{rl,v} / I_{rv}$$

$$= -1,819,916.3 / 211,694.3 + -0.190 \times -2,073,118,872.2 \times 1,382.1 / 374,071,873,674.4 = -7.139 \text{ MPa}$$

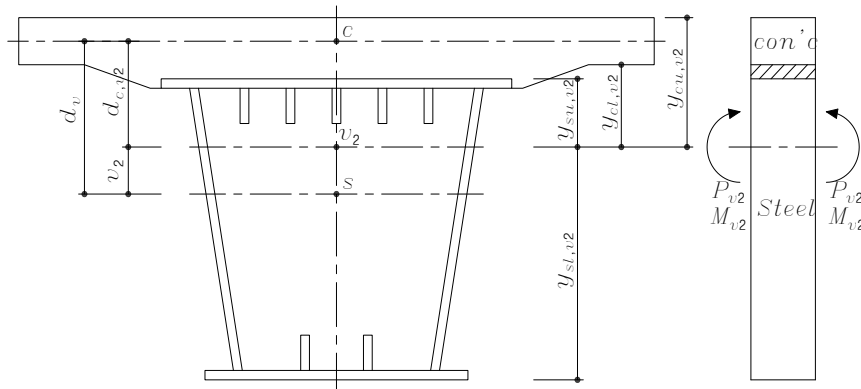
- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

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

$$= -1,819,916.3 / 211,694.3 + -0.190 \times -2,073,118,872.2 \times 1,337.1 / 374,071,873,674.4 = -7.186 \text{ MPa}$$

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

$$= -1,819,916.3 / 211,694.3 + -0.190 \times -2,073,118,872.2 \times -1,700.9 / 374,071,873,674.4 = -10.392 \text{ MPa}$$



(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.

$$\phi_2 = 4.0$$

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

$$A_{v2} = A_s + A_{c1} / n_2 = 179,474.4 + 1,300,528.9 / 21.0 = 2.414E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1} / n_2) \times d_v / A_{v2} = (1,300,528.9 / 21.0) \times 1,728.7 / 241,404.4 = 443.5 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,728.7 - 443.5 = 1,285.2 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1} / n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,300,528.9 / 21.0 = 3.428E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 3,427,822.7 \times 1,285.2 = 4.406E+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

$$f_{ru,v2} = P_{v2} / A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{ru,v} / I_{rv}$$

$$= 3,427,822.7 / 211,694.3 + -0.190 \times 4,405,591,726.9 \times 1,532.1 / 374,071,873,674.4$$

$$f_{rl,v2} = P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} = 12.757 \text{ MPa}$$

$$= 3,427,822.7/211,694.3 + -0.190 \times 4,405,591,726.9 \times 1,382.1/374,071,873,674.4$$

$$= 13.093 \text{ MPa}$$

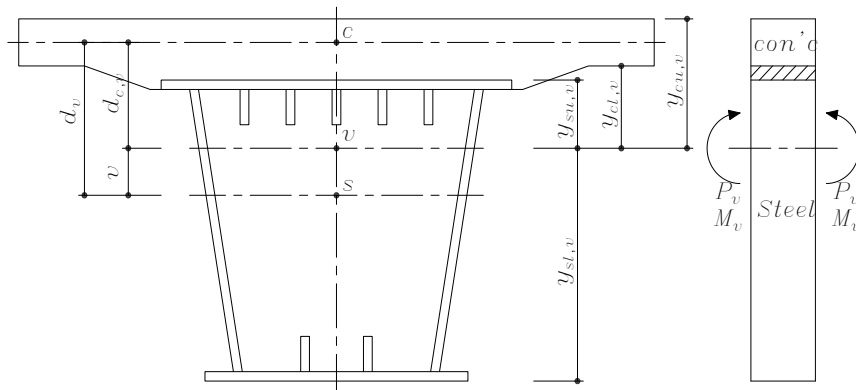
▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

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

$$= 3,427,822.7/211,694.3 + -0.190 \times 4,405,591,726.9 \times 1,337.1/374,071,873,674.4 = 13.194 \text{ MPa}$$

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

$$= 3,427,822.7/211,694.3 + -0.190 \times 4,405,591,726.9 \times -1,700.9/374,071,873,674.4 = 20.006 \text{ MPa}$$



(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

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,300,528.9 / 7.0 = 4.570E+06 \text{ N}$$

▪ P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 4,570,430.3 \times 849.4 = 3.882E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

▪ 바닥판 철근 응력 변화량

$$f_{ru,t} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{ru,v}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t$$

$$= 4,570,430.3/211,694.3 + -0.190 \times 3,882,226,993.8 \times 1,532.1/374,071,873,674.4 - 205,000.0 \times 0.000120 = -6.038 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,t} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t$$

$$= 4,570,430.3/211,694.3 + -0.190 \times 3,882,226,993.8 \times 1,382.1/374,071,873,674.4 - 205,000.0 \times 0.000120 = -5.741 \text{ MPa}$$

▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

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

$$= 4,570,430.3/211,694.3 + -0.190 \times 3,882,226,993.8 \times 1,337.1/374,071,873,674.4 = 18.948 \text{ MPa}$$

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

$$= 4,570,430.3/211,694.3 + -0.190 \times 3,882,226,993.8 \times -1,700.9/374,071,873,674.4 = 24.951 \text{ MPa}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

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

$$= 3,459.980 / 72,000.0 + 394.248 / 172,241,665.7 + 1,566.642 / 173,260,461.3 = 59.386 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 59.4 \text{ MPa} \leq u_a = 110.0 \text{ MPa} \quad \dots\dots 0.K !!$$

(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	-	-	-	-	-105.357	94.848	190.000	186.100
1+2+3	-63.132	-56.952	160.000	160.000	-160.454	164.932	190.000	186.100
1+2+3+5	-70.113	-64.090	160.000	160.000	-167.640	154.540	190.000	186.100
1+2+3+5+6	-57.356	-50.997	160.000	160.000	-154.446	174.547	190.000	186.100
1+2+3+5+6+7	-63.393	-56.738	184.000	184.000	-135.498	199.497	218.500	214.015
1+2+3+5+6-7	-51.318	-45.256	184.000	184.000	-173.394	149.596	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	0.307	0.260	0.291	0.291	0.599	0.551	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.713	0.785	0.291	0.291	1.005	1.077	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.778	0.690	0.291	0.291	1.070	0.981	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.661	0.880	0.291	0.291	0.952	1.171	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.385	0.869	0.291	0.291	0.676	1.160	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.630	0.489	0.291	0.291	0.921	0.780	0.K !!	0.K !!

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

[상 연]

$$\left(\frac{-167.640}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{59.386}{110.000} \right) = 0.778 + 0.291 = 1.070 \leq 1.2 \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{174.547}{186.100} \right)^2 + \left(\frac{59.386}{110.000} \right) = 0.880 + 0.291 = 1.171 \leq 1.2 \quad \cdots \cdots 0.K !!$$

(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)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(190.0 / 94.848)} = 1.42 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

(도.설.기 3.9.3.2)

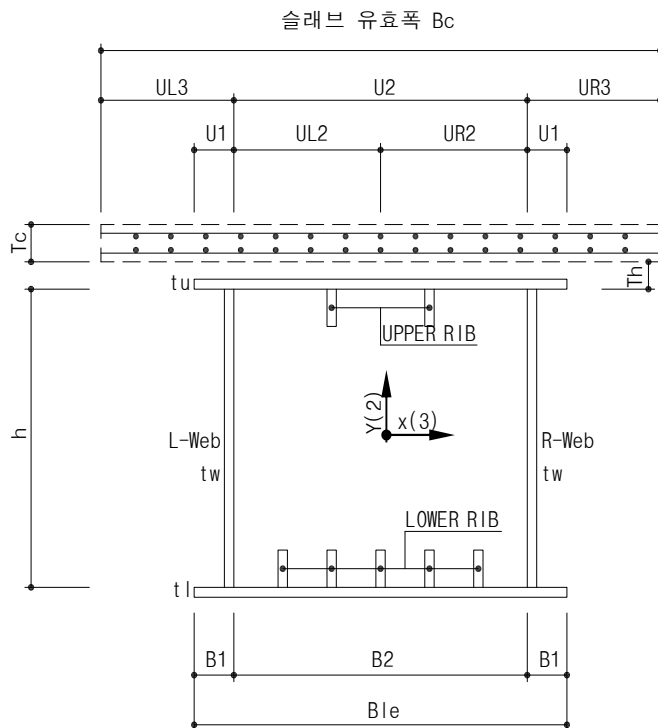
- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.

- 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	-	-	-	-	-136.964	123.302	315.000	0.K !!
1+2+3	-115.674	-104.349	240.000	0.K !!	-237.916	251.714	315.000	0.K !!
1+2+3+7	-121.712	-110.091	240.000	0.K !!	-256.864	276.664	315.000	0.K !!
1+2+3+5	-122.654	-111.488	240.000	0.K !!	-245.102	241.322	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6	-109.898	-98.395	240.000	0.K !!	-231.908	261.328	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	-115.935	-104.136	240.000	0.K !!	-212.960	286.279	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	-103.860	-92.653	240.000	0.K !!	-250.856	236.378	315.000	0.K !!

[G2 : 단 면 - S1-S2 지점부]

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM490B	
Bc =	5,202.9 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
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	-	0.00027
α :	강재 및 콘크리트의 선팽창계수	-	0.000012
ϕ_2 :	건조수축에 의한 크리이프계수	-	4
n :	강과 콘크리트의 탄성계수비	-	7
Δt :	강과 콘크리트의 온도차	°C	10
M_s :	합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	-19,556.538
M_{sc} :	합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	-5,020.061

M_w : 풍하중에 의한 모멘트	kN·m	0.000
M_v : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	-9,878.834
V_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	1,906.283
V_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	474.254
V_w : 풍하중에 의한 전단력	kN	0.000
V_v : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	1,030.249
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-283.940
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	45.669
M_{wt} : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN·m	0.000
M_{vt} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-1,207.774
t_{cu}, t_{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

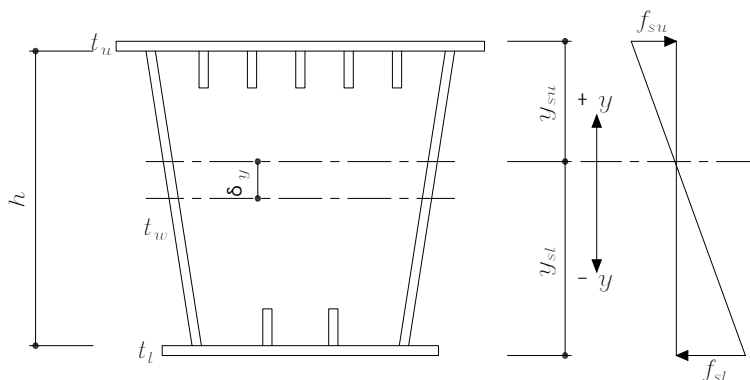
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

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})		16,112.3	1,713.0	27,600,412.8	47,279,507,194.5	-
LOWER RE-Bar (A_{rl})		16,112.3	1,563.0	25,183,564.1	39,361,910,656.6	-
RE-Bar 합계		32,224.7	-	5.278E+07	8.664E+10	-
RC. SLAB	1 - 5,202.9 × 250.0	1,300,723.7	1,648.0	2.144E+09	3.533E+12	6.775E+09
※ $A_s = 179,474.4 \text{ mm}^2$ $A_{c1} = 1,300,723.7 \text{ mm}^2$ $A_r = 32,224.7 \text{ mm}^2$						

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -14,489,893.4 / 179,474.4 = -80.735 \text{ mm}$$

- 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)

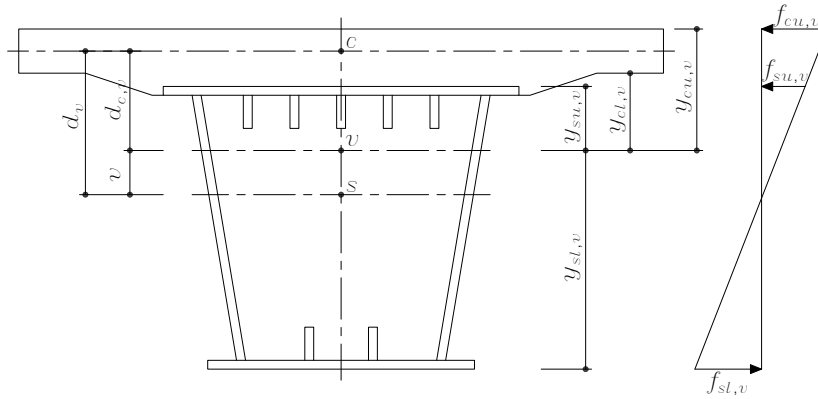
$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = -19,556.538 \times 1,598.7 / 293,379,109,783.8 = -106.571 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = -19,556.538 \times -1,439.3 / 293,379,109,783.8 = 95.941 \text{ MPa}$$

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

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 7.177\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$U = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) = 1,906.283 / 72,000.0 + 283.940 / (2 \times 7,176,736.1 \times 12.0) = 28.125 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

- 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_r = 179,474.4 + 32,224.7 = 211,699.1 \text{ mm}^2$$

- 강재도심선에서 철근 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r = 1,598.7 - 18.0 + 23.0 + 40.0 + (250.0 - 60.0 - 40.0) \times 16,112.3 / 32,224.7 = 1,718.7 \text{ mm}$$

- 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_r \times d_v / A_v = 32,224.7 \times 1,718.7 / 211,699.1 = 261.6 \text{ mm}$$

- 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{r,v} = d_v - v = 1,718.7 - 261.6 = 1,457.1 \text{ mm}$$

- 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{rv} = I_s + A_s \cdot v^2 + I_r + A_r \cdot d_{r,v}^2 = 293,379,109,783.8 + 179,474.4 \times 261.6^2 + 0.0 + 32,224.7 \times 1,457.1^2 = 3.741\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

- 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 1,598.7 - 261.6 = 1,337.1 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -1,439.3 - 261.6 = -1,700.9 \text{ mm}$$

- 합성단면 도심에서 바닥판 주철근 상·하연까지의 거리

$$y_{ru,v} = d_{r,v} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{rl} / A_r$$

$$= 1,457.1 + (250.0 - 60.0 - 40.0) \times 16,112.3 / 32,224.7 = 1,532.1 \text{ mm}$$

$$y_{rl,v} = d_{r,v} - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r$$

$$= 1,457.1 - (250.0 - 60.0 - 40.0) \times 16,112.3 / 32,224.7 = 1,382.1 \text{ mm}$$

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -5,020.061 \times 1,337.1 / 374,082,120,178.0 = -17.944 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -5,020.061 \times -1,700.9 / 374,082,120,178.0 = 22.825 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_{sc} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -5,020.061 \times 1,532.1 / 374,082,120,178.0 = -20.560 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_{sc} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -5,020.061 \times 1,382.1 / 374,082,120,178.0 = -18.547 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

$$F_v = b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 7.219E+06 \text{ mm}^2$$

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

$$= 474.254 / 72,000.0 + 45.669 / (2 \times 7,219,185.9 \times 12.0) = 6.850 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -9,878.834 \times 1,337.1 / 374,082,120,178.0 = -35.311 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -9,878.834 \times -1,700.9 / 374,082,120,178.0 = 44.917 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_v \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -9,878.834 \times 1,532.1 / 374,082,120,178.0 = -40.460 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_v \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -9,878.834 \times 1,382.1 / 374,082,120,178.0 = -36.499 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

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

$$= 1,030.249 / 72,000.0 + 1,207.774 / (2 \times 7,219,185.9 \times 12.0) = 21.280 \text{ MPa}$$

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

- 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_{rv} = 0.000 \times 1,337.1 / 374,082,120,178.0 = 0.000 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = 0.000 \times -1,700.9 / 374,082,120,178.0 = 0.000 \text{ MPa}$$

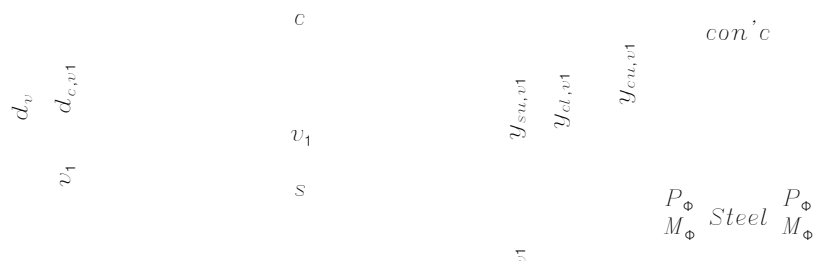
$$f_{ru,v} = M_w \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = 0.000 \times 1,532.1 / 374,082,120,178.0 = 0.000 \text{ MPa}$$

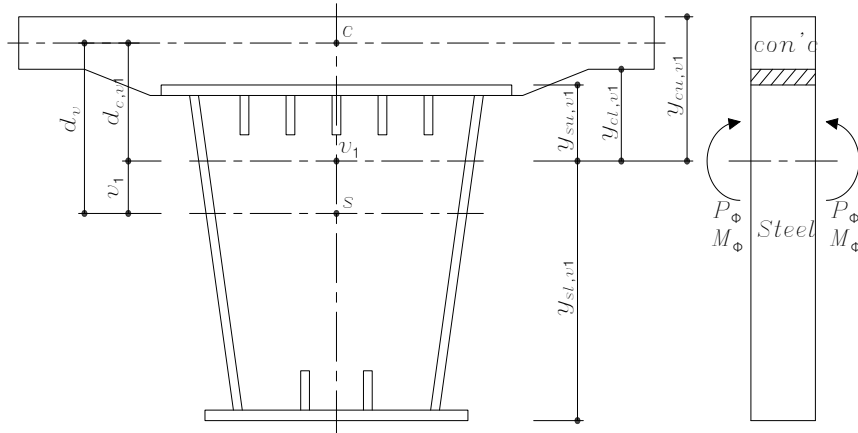
$$f_{rl,v} = M_w \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = 0.000 \times 1,382.1 / 374,082,120,178.0 = 0.000 \text{ MPa}$$

- 전단응력 검토

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

$$= 0.000 / 72,000.0 + 0.000 / (2 \times 7,219,185.9 \times 12.0) = 0.000 \text{ MPa}$$





(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(도.설.해 3.9.2.6)

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면적

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,300,723.7 / 7.0 = 185,817.7 \text{ mm}^2$$

▪ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 6,774,602,793.6 / 7.0 = 9.678E+08 \text{ mm}^4$$

▪ 합성 단면적

$$A_v' = A_s + A_{cn1} = 179,474.4 + 185,817.7 = 365,292.1 \text{ mm}^2$$

▪ 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

$$v' = A_{cn1} \times d_v' / A_v' = 185,817.7 \times 1,728.7 / 365,292.1 = 879.4 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v}' = d_v' - v' = 1,728.7 - 879.4 = 849.4 \text{ mm}$$

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

$$\phi_1 = 2.0$$

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

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

$$A_{v1} = A_s + A_{c1}/n_1 = 179,474.4 + 1,300,723.7 / 14.0 = 2.724E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_{c1}/n_1) \times d_v' / A_{v1} = (1,300,723.7/14.0) \times 1,728.7 / 272,383.3 = 589.7 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_v' - v_1 = 1,728.7 - 589.7 = 1,139.1 \text{ mm}$$

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

$$= (293,379,109,783.8 + 179,474.4 \times 879.4^2) + (6,774,602,793.6/7.0 + 1,300,723.7/7.0 \times 849.4^2) = 4.997E+11 \text{ mm}^4$$

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

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v}' \cdot A_{c1} / (n \cdot I_{v1})$$

$$= -5,020.1 \times 849.4 \times 1,300,723.7 / (7.0 \times 499,676,613,010.8) = -1.586E+06 \text{ N}$$

▪ 강재보와 결함으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -1,585,615.0 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = -1.586E+06 \text{ N}$$

▪ P_ϕ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\phi = P_\phi \times d_{c,v1} = -1,585,615.0 \times 1,139.1 = -1.806E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

▪ 바닥판 철근 응력 변화량

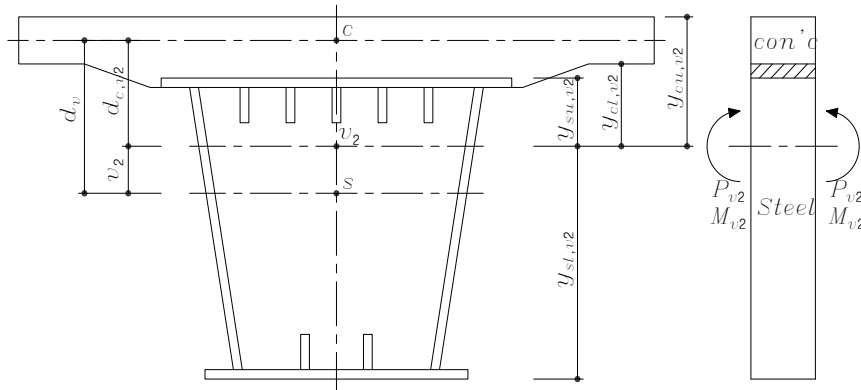
$$f_{ru,v1} = P_{\phi}/A_v + k \cdot M_{\phi} \cdot y_{ru,v}/I_{rv} \\ = -1,585,615.0/211,699.1 + -0.190 \times -1,806,127,318.1 \times 1,532.1/374,082,120,178.0 = -6.082 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v1} = P_{\phi}/A_v + k \cdot M_{\phi} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} \\ = -1,585,615.0/211,699.1 + -0.190 \times -1,806,127,318.1 \times 1,382.1/374,082,120,178.0 = -6.219 \text{ MPa}$$

▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_{\phi}/A_v + k \cdot M_{\phi} \cdot y_{su,v}/I_{rv} \\ = -1,585,615.0/211,699.1 + -0.190 \times -1,806,127,318.1 \times 1,337.1/374,082,120,178.0 = -6.261 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_{\phi}/A_v + k \cdot M_{\phi} \cdot y_{sl,v}/I_{rv} \\ = -1,585,615.0/211,699.1 + -0.190 \times -1,806,127,318.1 \times -1,700.9/374,082,120,178.0 = -9.053 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향

(도.설.해 3.9.2.8)

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

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

$$\phi_2 = 4.0$$

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

$$A_{i2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 179,474.4 + 1,300,723.7 / 21.0 = 2.414E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{i2} = (1,300,723.7/21.0) \times 1,728.7 / 241,413.7 = 443.5 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,728.7 - 443.5 = 1,285.2 \text{ mm}$$

▪ 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{i2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,300,723.7 / 21.0 = 3.428E+06 \text{ N}$$

▪ P_{i2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{i2} = P_{i2} \times d_{c,v2} = 3,428,336.1 \times 1,285.2 = 4.406E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

▪ 바닥판 철근 응력 변화량

$$f_{ru,v2} = P_{i2}/A_v + k \cdot M_{i2} \cdot y_{ru,v}/I_{rv} \\ = 3,428,336.1/211,699.1 + -0.190 \times 4,406,082,298.7 \times 1,532.1/374,082,120,178.0 \\ = 12.759 \text{ MPa}$$

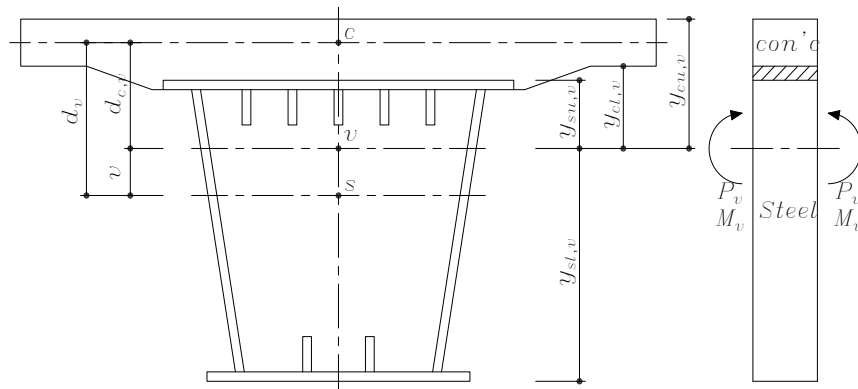
$$f_{rl,v2} = P_{i2}/A_v + k \cdot M_{i2} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} \\ = 3,428,336.1/211,699.1 + -0.190 \times 4,406,082,298.7 \times 1,382.1/374,082,120,178.0 \\ = 13.095 \text{ MPa}$$

▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v2} = P_{i2}/A_v + k \cdot M_{i2} \cdot y_{su,v}/I_{rv} \\ = 3,428,336.1/211,699.1 + -0.190 \times 4,406,082,298.7 \times 1,337.1/374,082,120,178.0 = 13.196 \text{ MPa}$$

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

$$= 3,428,336.1/211,699.1 + -0.190 \times 4,406,082,298.7 \times -1,700.9/374,082,120,178.0 = \mathbf{20.009 \text{ MPa}}$$



(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

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,300,723.7 / 7.0 = 4.571\text{E}+06 \text{ N}$$

P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 4,571,114.8 \times 849.4 = 3.883\text{E}+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

바닥판 철근 응력 변화량

$$f_{ru,t} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{ru,v}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t$$

$$= 4,571,114.8/211,699.1 + -0.190 \times 3,882,512,687.5 \times 1,532.1/374,082,120,178.0 - 205,000.0 \times 0.000120 = \mathbf{-6.035 \text{ MPa}}$$

$$f_{rl,t} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t$$

$$= 4,571,114.8/211,699.1 + -0.190 \times 3,882,512,687.5 \times 1,382.1/374,082,120,178.0 - 205,000.0 \times 0.000120 = \mathbf{-5.739 \text{ MPa}}$$

강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

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

$$= 4,571,114.8/211,699.1 + -0.190 \times 3,882,512,687.5 \times 1,337.1/374,082,120,178.0 = \mathbf{18.950 \text{ MPa}}$$

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

$$= 4,571,114.8/211,699.1 + -0.190 \times 3,882,512,687.5 \times -1,700.9/374,082,120,178.0 = \mathbf{24.954 \text{ MPa}}$$

(8) 전단 및 비틀림

풍하중 비재하시의 전단응력

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

$$= 3,410.786/72,000.0 + 283.940/172,241,665.7 + 1,253.443/173,260,461.3 = 56.255 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{\ast u = 56.3 \text{ MPa} \leq u_a = 110.0 \text{ MPa} \dots \text{O.K !!}}$$

(9) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

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

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

▪ 인장 (상부)플랜지의 허용응력

(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	-	-	-	-	-106.571	95.941	190.000	186.100
1+2+3	-61.021	-55.047	160.000	160.000	-159.825	163.684	190.000	186.100
1+2+3+5	-67.102	-61.266	160.000	160.000	-166.086	154.630	190.000	186.100
1+2+3+5+6	-54.344	-48.171	160.000	160.000	-152.890	174.639	190.000	186.100
1+2+3+5+6+7	-60.379	-53.910	184.000	184.000	-133.940	199.592	218.500	214.015
1+2+3+5+6-7	-48.309	-42.432	184.000	184.000	-171.841	149.685	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	0.315	0.266	0.262	0.262	0.576	0.527	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.708	0.774	0.262	0.262	0.969	1.035	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.764	0.690	0.262	0.262	1.026	0.952	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.648	0.881	0.262	0.262	0.909	1.142	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.376	0.870	0.262	0.262	0.637	1.131	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.619	0.489	0.262	0.262	0.880	0.751	0.K !!	0.K !!

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

[상 연]

$$\left(\frac{-166.086}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{56.255}{110.000}\right) = 0.764 + 0.262 = 1.026 \leq 1.2 \quad \dots\dots 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{174.639}{186.100}\right)^2 + \left(\frac{56.255}{110.000}\right) = 0.881 + 0.262 = 1.142 \leq 1.2 \quad \dots\dots 0.K !!$$

(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)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190.0 / 95.941)} = 1.41 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 항복에 대한 안전도 검사

(도.설.기 3.9.3.2)

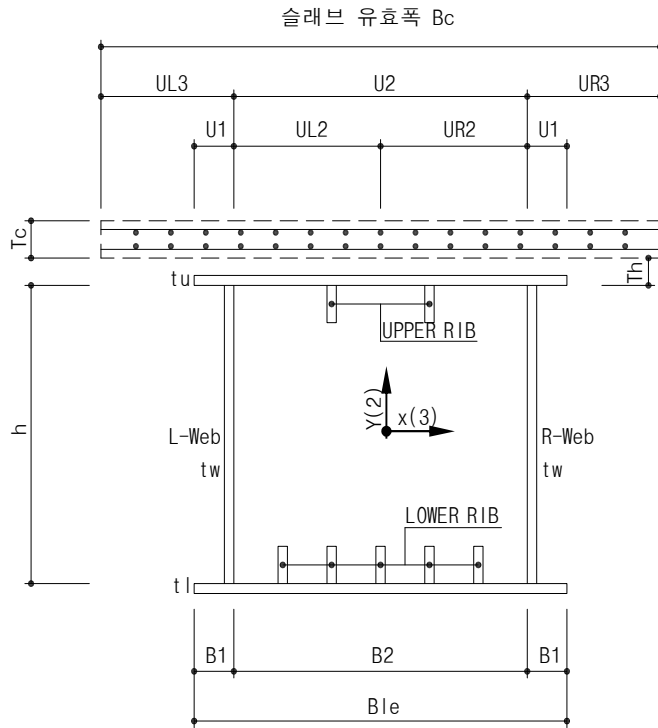
▪ 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.

▪ 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	-	-	-	-	-138.542	124.723	315.000	0.K !!
1+2+3	-113.718	-102.585	240.000	0.K !!	-237.787	250.969	315.000	0.K !!
1+2+3+7	-119.753	-108.323	240.000	0.K !!	-256.737	275.922	315.000	0.K !!
1+2+3+5	-119.800	-108.804	240.000	0.K !!	-244.048	241.915	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6	-107.041	-95.709	240.000	0.K !!	-230.852	261.924	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	-113.076	-101.448	240.000	0.K !!	-211.902	286.877	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	-101.006	-89.971	240.000	0.K !!	-249.802	236.970	315.000	0.K !!

[G2 : 단 면 - S2-S3 지점부]

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: SM490B	
Bc =	5,202.9 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
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	-	0.00027
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	-19,549.735
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	-5,020.492
M_w : 풍하중에 의한 모멘트	kN·m	0.000
M_v : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	-9,879.014
V_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1,905.761
V_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-474.303
V_w : 풍하중에 의한 전단력	kN	0.000
V_v : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	-1,029.794
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	286.162
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-45.098
M_{wt} : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN·m	0.000
M_{vt} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	1,205.620
t_{cu}, t_{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

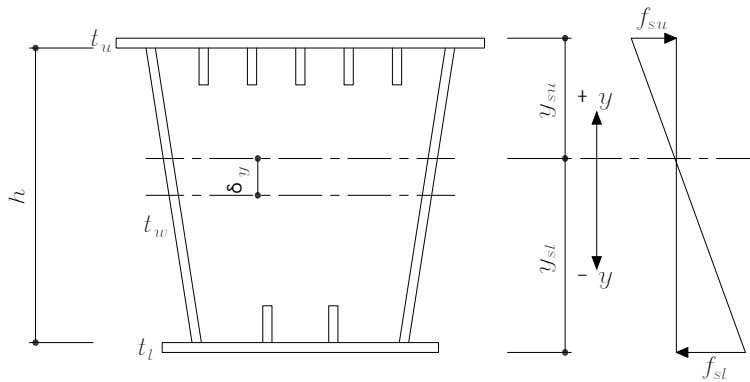
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

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})		16,112.3	1,713.0	27,600,412.8	47,279,507,194.5	-
LOWER RE-Bar (A_{rl})		16,112.3	1,563.0	25,183,564.1	39,361,910,656.6	-
RE-Bar 합계		32,224.7	-	5.278E+07	8.664E+10	-
RC. SLAB	1 - 5,202.9 × 250.0	1,300,723.7	1,648.0	2.144E+09	3.533E+12	6.775E+09
※ $A_s = 179,474.4 \text{ mm}^2$ $A_{c1} = 1,300,723.7 \text{ mm}^2$ $A_r = 32,224.7 \text{ mm}^2$						

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -14,489,893.4 / 179,474.4 = -80.735 \text{ mm}$$

- 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)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = -19,549.735 \times 1,598.7 / 293,379,109,783.8 = -106.534 \text{ MPa}$$

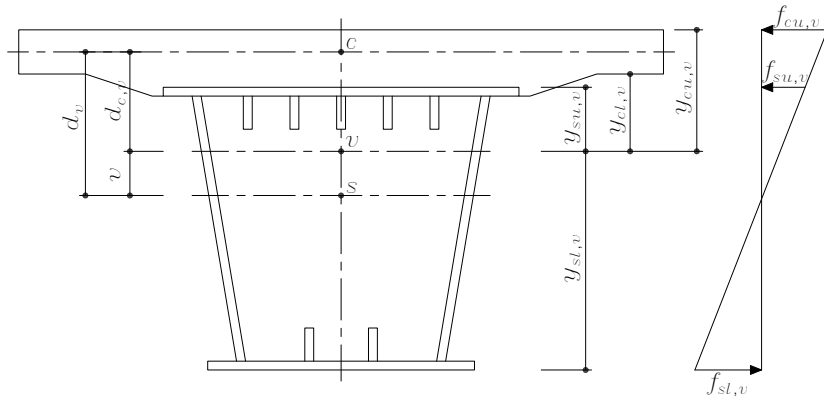
$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = -19,549.735 \times -1,439.3 / 293,379,109,783.8 = 95.907 \text{ MPa}$$

- 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 7.177E+06 \text{ mm}^2$$

$$\tau = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) = 1,905.761 / 72,000.0 + 286.162 / (2 \times 7,176,736.1 \times 12.0) = 28.130 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

▪ 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_r = 179,474.4 + 32,224.7 = 211,699.1 \text{ mm}^2$$

▪ 강재도심선에서 철근 도심까지의 거리

$$d_v = y_{su} - t_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r = 1,598.7 - 18.0 + 23.0 + 40.0 + (250.0 - 60.0 - 40.0) \times 16,112.3 / 32,224.7 = 1,718.7 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면의 도심축 이동량

$$v = A_r \times d_v / A_v = 32,224.7 \times 1,718.7 / 211,699.1 = 261.6 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{r,v} = d_v - v = 1,718.7 - 261.6 = 1,457.1 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_{rv} = I_s + A_s \cdot v^2 + I_r + A_r \cdot d_{r,v}^2 = 293,379,109,783.8 + 179,474.4 \times 261.6^2 + 0.0 + 32,224.7 \times 1,457.1^2 = 3.741\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 1,598.7 - 261.6 = 1,337.1 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -1,439.3 - 261.6 = -1,700.9 \text{ mm}$$

▪ 합성단면 도심에서 바닥판 주철근 상·하연까지의 거리

$$y_{ru,v} = d_{r,v} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{rl} / A_r = 1,457.1 + (250.0 - 60.0 - 40.0) \times 16,112.3 / 32,224.7 = 1,532.1 \text{ mm}$$

$$y_{rl,v} = d_{r,v} - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \times A_{ru} / A_r = 1,457.1 - (250.0 - 60.0 - 40.0) \times 16,112.3 / 32,224.7 = 1,382.1 \text{ mm}$$

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -5,020.492 \times 1,337.1 / 374,082,120,178.0 = -17.945 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -5,020.492 \times -1,700.9 / 374,082,120,178.0 = 22.827 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_{sc} \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -5,020.492 \times 1,532.1 / 374,082,120,178.0 = -20.562 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_{sc} \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -5,020.492 \times 1,382.1 / 374,082,120,178.0 = -18.549 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$F_v = b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 7.219\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 474.303 / 72,000.0 + 45.098 / (2 \times 7,219,185.9 \times 12.0) = 6.848 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

■ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_{rv} = -9,879.014 \times 1,337.1 / 374,082,120,178.0 = -35.311 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = -9,879.014 \times -1,700.9 / 374,082,120,178.0 = 44.918 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_v \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = -9,879.014 \times 1,532.1 / 374,082,120,178.0 = -40.461 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_v \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = -9,879.014 \times 1,382.1 / 374,082,120,178.0 = -36.500 \text{ MPa}$$

■ 전단응력 검토

$$\begin{aligned} u &= V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 1,029.794 / 72,000.0 + 1,205.620 / (2 \times 7,219,185.9 \times 12.0) = 21.261 \text{ MPa} \end{aligned}$$

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

■ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_{rv} = 0.000 \times 1,337.1 / 374,082,120,178.0 = 0.000 \text{ MPa}$$

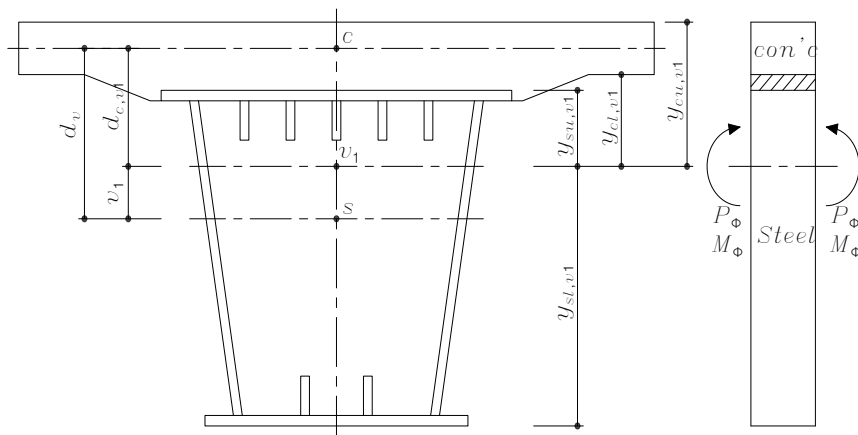
$$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_{rv} = 0.000 \times -1,700.9 / 374,082,120,178.0 = 0.000 \text{ MPa}$$

$$f_{ru,v} = M_w \cdot y_{ru,v} / I_{rv} = 0.000 \times 1,532.1 / 374,082,120,178.0 = 0.000 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v} = M_w \cdot y_{rl,v} / I_{rv} = 0.000 \times 1,382.1 / 374,082,120,178.0 = 0.000 \text{ MPa}$$

■ 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

$$A_{cn1} = A_{c1} / n = 1,300,723.7 / 7.0 = 185,817.7 \text{ mm}^2$$

■ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$$I_{cn1} = I_{c1} / n = 6,774,602,793.6 / 7.0 = 9.678E+08 \text{ mm}^4$$

■ 합성 단면적

$$A_v' = A_s + A_{cn1} = 179,474.4 + 185,817.7 = 365,292.1 \text{ mm}^2$$

■ 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

$$v' = A_{cn1} \times d_{v'} / A_{v'} = 185,817.7 \times 1,728.7 / 365,292.1 = 879.4 \text{ mm}$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v'} = d_{v'} - v' = 1,728.7 - 879.4 = 849.4 \text{ mm}$$

▪ 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 Φ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

$$\Phi_1 = 2.0$$

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

$$n_1 = n \cdot (1 + \Phi_1/2) = 7.0 \times (1 + 2.0/2) = 14.000$$

$$A_{v1} = A_s + A_{c1}/n_1 = 179,474.4 + 1,300,723.7 / 14.0 = 2.724\text{E}+05 \text{ mm}^2$$

$$v_1 = (A_{c1}/n_1) \times d_{v'} / A_{v1} = (1,300,723.7/14.0) \times 1,728.7 / 272,383.3 = 589.7 \text{ mm}$$

$$d_{c,v1} = d_{v'} - v_1 = 1,728.7 - 589.7 = 1,139.1 \text{ mm}$$

$$I_{v1} = (I_s + A_s \cdot v'^2) + (I_c/n_1 + A_c/n_1 \cdot d_{c,v'}^2) \\ = (293,379,109,783.8 + 179,474.4 \times 879.4^2) + (6,774,602,793.6/7.0 + 1,300,723.7/7.0 \times 849.4^2) = 4.997\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

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

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v'} \cdot A_{c1} / (n \cdot I_{v1}) \\ = -5,020.5 \times 849.4 \times 1,300,723.7 / (7.0 \times 499,676,613,010.8) = -1.586\text{E}+06 \text{ N}$$

▪ 강재보와 결함으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_\Phi = N_c \cdot 2 \cdot \Phi_1 / (2 + \Phi_1) = -1,585,751.1 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = -1.586\text{E}+06 \text{ N}$$

▪ P_Φ 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_\Phi = P_\Phi \times d_{c,v1} = -1,585,751.1 \times 1,139.1 = -1.806\text{E}+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

▪ 바닥판 철근 응력 변화량

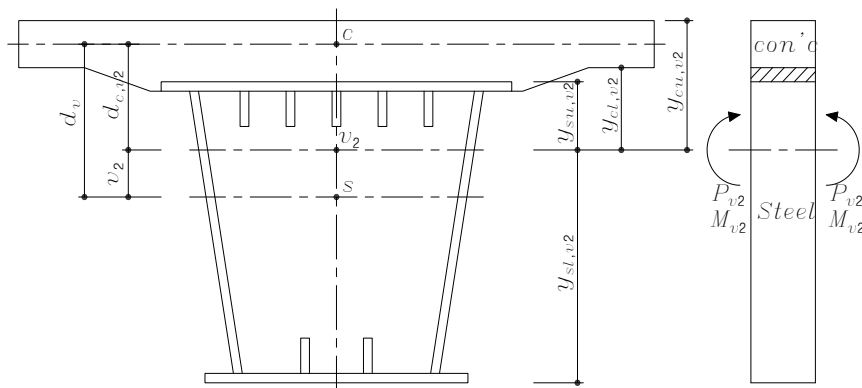
$$f_{ru,v1} = P_\Phi / A_v + k \cdot M_\Phi \cdot y_{ru,v} / I_{rv} \\ = -1,585,751.1/211,699.1 + -0.190 \times -1,806,282,384.1 \times 1,532.1/374,082,120,178.0 = -6.082 \text{ MPa}$$

$$f_{rl,v1} = P_\Phi / A_v + k \cdot M_\Phi \cdot y_{rl,v} / I_{rv} \\ = -1,585,751.1/211,699.1 + -0.190 \times -1,806,282,384.1 \times 1,382.1/374,082,120,178.0 = -6.220 \text{ MPa}$$

▪ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{su,v1} = P_\Phi / A_v + k \cdot M_\Phi \cdot y_{su,v} / I_{rv} \\ = -1,585,751.1/211,699.1 + -0.190 \times -1,806,282,384.1 \times 1,337.1/374,082,120,178.0 = -6.261 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v1} = P_\Phi / A_v + k \cdot M_\Phi \cdot y_{sl,v} / I_{rv} \\ = -1,585,751.1/211,699.1 + -0.190 \times -1,806,282,384.1 \times -1,700.9/374,082,120,178.0 = -9.054 \text{ MPa}$$



(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.

$$\Phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \Phi_2/2) = 7.0 \times (1 + 4.0/2) = 21.000$$

$$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2 = 179,474.4 + 1,300,723.7 / 21.0 = 2.414E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2} = (1,300,723.7/21.0) \times 1,728.7 / 241,413.7 = 443.5 \text{ mm}$$

$$d_{c,v2} = d_v - v_2 = 1,728.7 - 443.5 = 1,285.2 \text{ mm}$$

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,300,723.7 / 21.0 = 3.428E+06 \text{ N}$$

- P_{v2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2} = 3,428,336.1 \times 1,285.2 = 4.406E+09 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

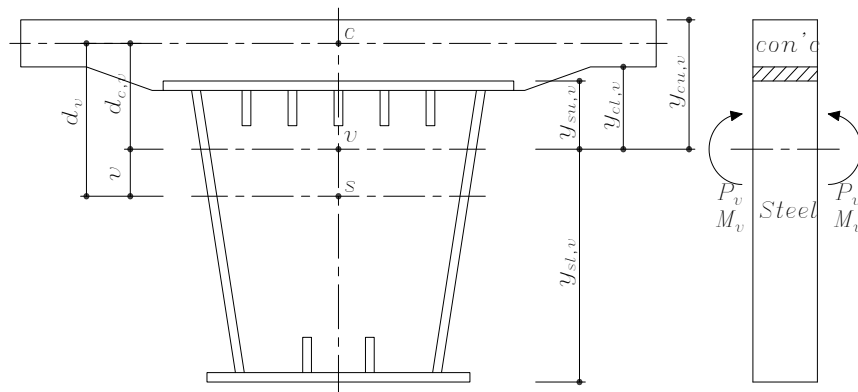
$$\begin{aligned} f_{ru,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{ru,v}/I_{rv} \\ &= 3,428,336.1/211,699.1 + -0.190 \times 4,406,082,298.7 \times 1,532.1/374,082,120,178.0 \\ &= 12.759 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{rl,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} \\ &= 3,428,336.1/211,699.1 + -0.190 \times 4,406,082,298.7 \times 1,382.1/374,082,120,178.0 \\ &= 13.095 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v}/I_{rv} \\ &= 3,428,336.1/211,699.1 + -0.190 \times 4,406,082,298.7 \times 1,337.1/374,082,120,178.0 \\ &= 13.196 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v2}/A_v + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v}/I_{rv} \\ &= 3,428,336.1/211,699.1 + -0.190 \times 4,406,082,298.7 \times -1,700.9/374,082,120,178.0 \\ &= 20.009 \text{ MPa} \end{aligned}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향

(도.설.해 3.9.2.7)

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

- 온도 변형률

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

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{v1} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1}/n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,300,723.7 / 7.0 = 4.571E+06 \text{ N}$$

- P_{v1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v} = 4,571,114.8 \times 849.4 = 3.883E+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- 바닥판 철근 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{ru,t} &= P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{ru,v}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t \\ &= 4,571,114.8/211,699.1 + -0.190 \times 3,882,512,687.5 \times 1,532.1/374,082,120,178.0 \\ &\quad - 205,000.0 \times 0.000120 = -6.035 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{rl,t} &= P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{rl,v}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t \\ &= 4,571,114.8/211,699.1 + -0.190 \times 3,882,512,687.5 \times 1,382.1/374,082,120,178.0 \\ &\quad - 205,000.0 \times 0.000120 = -5.739 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$\begin{aligned} f_{su,v2} &= P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{su,v}/I_{rv} \\ &= 4,571,114.8/211,699.1 + 0.190 \times 3,882,512,687.5 \times 1,337.1/374,082,120,178.0 = 18.950 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sl,v2} &= P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_{rv} \\ &= 4,571,114.8/211,699.1 + -0.190 \times 3,882,512,687.5 \times -1,700.9/374,082,120,178.0 = 24.954 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(8) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$\begin{aligned} u &= (V_s + V_{sc} + V_v)/A_w + M_{st}/(2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 \cdot F_v \cdot t_w) \\ &= 3,409.858/72,000.0 + 286.162/172,241,665.7 + 1,250.718/173,260,461.3 = 56.239 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\ast u = 56.2 \text{ MPa} \leq u_a = 110.0 \text{ MPa} \dots 0.K !!$$

(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 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	-	-	-	-	-106.534	95.907	190.000	186.100
1+2+3	-61.023	-55.049	160.000	160.000	-159.790	163.653	190.000	186.100
1+2+3+5	-67.105	-61.269	160.000	160.000	-166.052	154.599	190.000	186.100
1+2+3+5+6	-54.347	-48.174	160.000	160.000	-152.856	174.607	190.000	186.100
1+2+3+5+6+7	-60.382	-53.912	184.000	184.000	-133.906	199.561	218.500	214.015
1+2+3+5+6-7	-48.312	-42.435	184.000	184.000	-171.806	149.654	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	0.314	0.266	0.261	0.261	0.576	0.527	0.K !!	0.K !!
1+2+3	0.707	0.773	0.261	0.261	0.969	1.035	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5	0.764	0.690	0.261	0.261	1.025	0.952	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6	0.647	0.880	0.261	0.261	0.909	1.142	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6+7	0.376	0.869	0.261	0.261	0.637	1.131	0.K !!	0.K !!
1+2+3+5+6-7	0.618	0.489	0.261	0.261	0.880	0.750	0.K !!	0.K !!

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

[상 연]

$$\left(\frac{-166.052}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{56.239}{110.000} \right) = 0.764 + 0.261 = 1.025 \leq 1.2 \quad \dots \quad 0.K !!$$

[하 연]

$$\left(\frac{174.607}{186.100} \right)^2 + \left(\frac{56.239}{110.000} \right) = 0.880 + 0.261 = 1.142 \leq 1.2 \quad \dots \quad 0.K !!$$

(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)

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

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(190.0 / 95.907)} = 1.41 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200 \text{ 적용}$$

- (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	-	-	-	-	-138.494	124.680	315.000	0.K !!
1+2+3	-113.722	-102.588	240.000	0.K !!	-237.742	250.929	315.000	0.K !!
1+2+3+7	-119.757	-108.327	240.000	0.K !!	-256.693	275.883	315.000	0.K !!
1+2+3+5	-119.804	-108.808	240.000	0.K !!	-244.004	241.875	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6	-107.046	-95.713	240.000	0.K !!	-230.808	261.884	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6+7	-113.081	-101.452	240.000	0.K !!	-211.857	286.837	315.000	0.K !!
1+2+3+5+6-7	-101.011	-89.975	240.000	0.K !!	-249.758	236.930	315.000	0.K !!