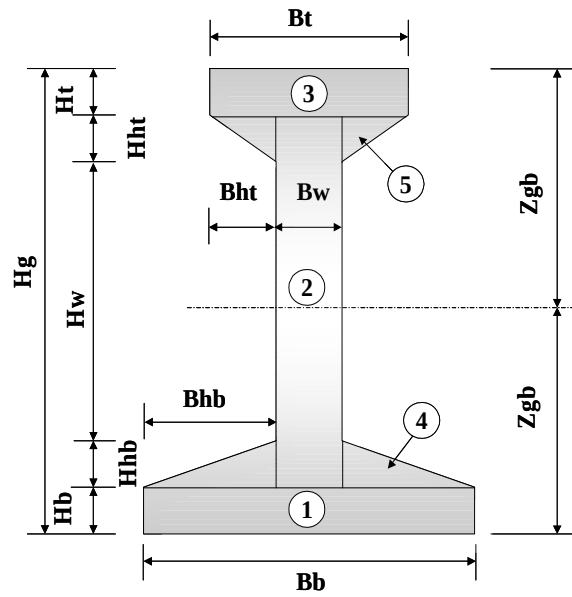


5. 단 면 성 질

5.1 총 단 면

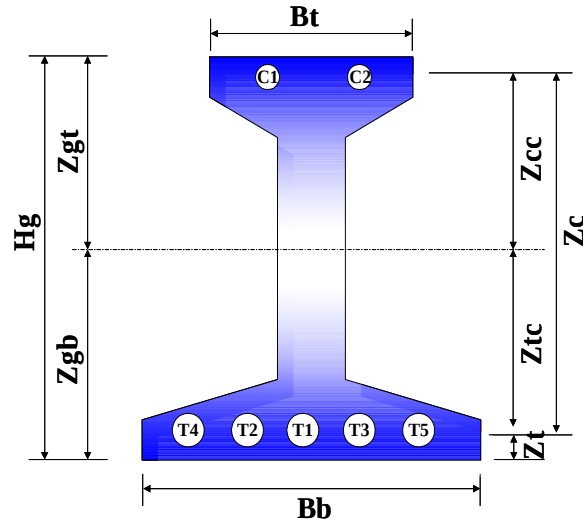


< 단위 : m >

요 소	B × H	A	z	A × z	A × z ²	Io
① 하부플랜지	1.100 × 0.300	0.33000	0.150	0.04950	0.00743	0.002475
② 복 부	0.200 × 2.100	0.42000	1.350	0.56700	0.76545	0.154350
③ 상부플랜지	0.800 × 0.200	0.16000	2.500	0.40000	1.00000	0.000533
④ 하부현치	0.450 × 0.200	0.09000	0.367	0.03300	0.01210	0.000200
⑤ 상부현치	0.300 × 0.150	0.04500	2.350	0.10575	0.24851	0.000056
Σ 합 계		1.04500	1.106	1.15525	2.03349	0.157615

- 거더하단에서 중립축까지의 거리(zgb) = $\sum (A \times z) / \sum A = -1.105502 \text{ m}$
- 거더상단에서 중립축까지의 거리(zgt) = $H_g - Z_{gb} = 1.494498 \text{ m}$
- 중립축에 대한 단면 2차모멘트(Iyy) = $\sum I_o + \sum (A \times z^2) - \sum A \times z_{gb} = 0.913970 \text{ m}^4$

5.2 순 단 면



▷ PS 강봉 쉬스

< 단위 : m >

번호	직경(mm)	A	z	$A \times z$	$A \times z^2$	I_o
C1	55	0.00238	2.475	0.00588	0.01455	4.492E-07
C2	55	0.00238	2.475	0.00588	0.01455	4.492E-07
Σ		0.00475	2.475	0.01176	0.02911	8.984E-07

- 쉬스 도심에 대한 단면 2차모멘트(I_{yy}) = $\sum I_o + \sum (A \times z^2) - \sum A \times z_c^2$: 0.000001 m⁴

▷ PS 강연선 쉬스

< 단위 : m >

번호	직경(mm)	A	z	$A \times z$	$A \times z^2$	I_o
T1	70	0.00385	0.115	0.00044	0.00005	1.179E-06
T2	90	0.00636	0.125	0.00080	0.00010	3.221E-06
T3	90	0.00636	0.125	0.00080	0.00010	3.221E-06
T4	90	0.00636	0.125	0.00080	0.00010	3.221E-06
T5	90	0.00636	0.125	0.00080	0.00010	3.221E-06
Σ		0.02930	0.124	0.00362	0.00045	1.406E-05

- 쉬스 도심에 대한 단면 2차모멘트(I_{yy}) = $\sum I_o + \sum (A \times z^2) - \sum A \times z_t^2$: 0.000014 m⁴

▷ 순단면

< 단위 : m >

요 소	A	z	$A \times z$	$A \times z^2$	I_o
총 단 면	1.04500	1.106	1.15525	1.27713	0.913970
PS 강봉 쉬스	-0.00475	2.475	-0.01176	-0.02911	-0.000001
PS 강연선 쉬스	-0.02930	0.124	-0.00362	-0.00045	-0.000014
Σ	1.01095	1.128	1.13987	1.24758	0.913955

- 거더하단에서 중립축까지의 거리(z_{gb}) = $\sum (A \times z) / \sum A$ = -1.127517 m

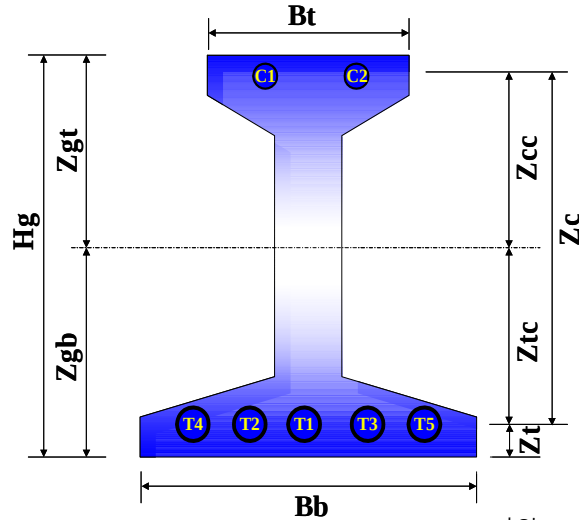
- 거더상단에서 중립축까지의 거리(z_{gt}) = $H_g - Z_{gb}$ = 1.472483 m

- PS 강봉 쉬스 도심에서 중립축까지의 거리(z_{cc}) = $z_c - z_{gb}$ = 1.347483 m

- PS 강연선 쉬스 도심에서 중립축까지의 거리(z_{tc}) = $z_{gb} - z_t$ = -1.003830 m

- 중립축에 대한 단면 2차모멘트(I_{yy}) = $\sum I_o + \sum (A \times y^2) - \sum A \times z_{gb}^2$: 0.876314 m⁴

5.3 PS강재 환산단면



▷ PS 강봉

< 단위 : m >

번호	직경(mm)	A	z	A×z	A×z ²	lo
C1	40	0.00126	2.475	0.00311	0.00770	1.257E-07
C2	40	0.00126	2.475	0.00311	0.00770	1.257E-07
Σ		0.00251	2.475	0.00622	0.01540	2.513E-07

- PS 강봉 도심에 대한 단면 2차모멘트(I_{yy}) = $\Sigma lo + \Sigma(A \times z^2) - \Sigma A \times zc^2 = 2.513E-07 \text{ m}^4$

▷ PS 강연선

< 단위 : m >

번호	가닥수	A	y	A×z	A×z ²	lo
T1	7	0.00097	0.115	0.00011	0.00001	7.501E-08
T2	16	0.00222	0.125	0.00028	0.00003	3.919E-07
T3	16	0.00222	0.125	0.00028	0.00003	3.919E-07
T4	16	0.00222	0.125	0.00028	0.00003	3.919E-07
T5	16	0.00222	0.125	0.00028	0.00003	3.919E-07
Σ		0.00985	0.124	0.00122	0.00015	1.643E-06

- PS 강연선 도심에 대한 단면 2차모멘트(I_{yy}) = $\Sigma lo + \Sigma(A \times z^2) - \Sigma A \times zt^2 = 1.7302E-06 \text{ m}^4$

▷ 단면의 합성

< 단위 : m >

요 소	n	A	z	A×z	A×z ²	lo
순 단 면	1.000	1.01095	1.128	1.13987	1.28522	0.876314
PS 강봉	6.474	0.01628	2.475	0.04028	0.09970	1.627E-06
PS 강연선	6.474	0.06375	0.124	0.00791	0.00098	1.120E-05
Σ		1.09098	1.089	1.18805	1.38590	0.876327

- 거더하단에서 중립축까지의 거리(z_{gb}) = $\Sigma(A \times z) / \Sigma A = -1.088977 \text{ m}$

- 거더상단에서 중립축까지의 거리(z_{gt}) = $H_g - Z_{gb} = 1.511023 \text{ m}$

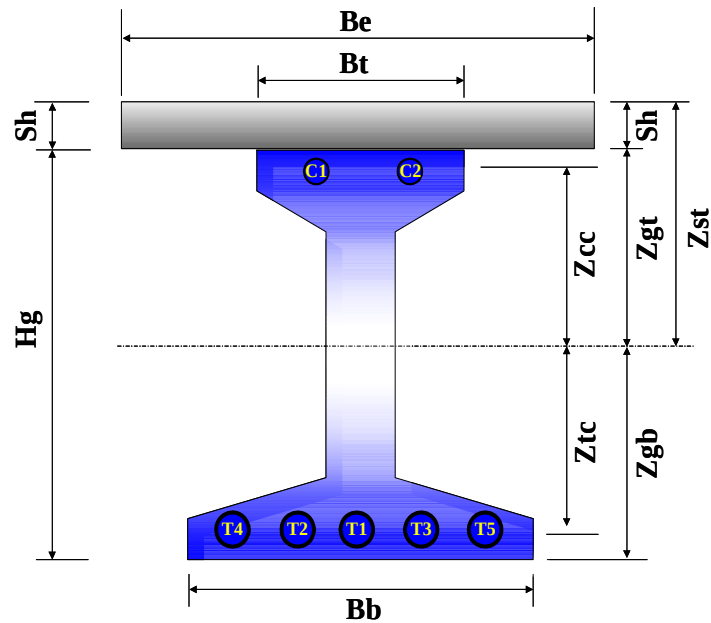
- PS 강봉 도심에서 중립축까지의 거리(z_{cc}) = $z_c - z_{gb} = 1.386023 \text{ m}$

- PS 강연선 도심에서 중립축까지의 거리(z_{tc}) = $z_{gb} - z_t = -0.964963 \text{ m}$

- 중립축에 대한 단면 2차모멘트(I_{yy}) = $\Sigma lo + \Sigma(A \times y^2) - \Sigma A \times z_{gb}^2 = 0.968459 \text{ m}^4$

5.4 바닥판 합성단면

5.4.1 G1 거더



- 유효폭 산정(도로교 설계기준 4.2.2.6)

※ b1 = 복부폭을 포함한 바닥판 캔틸레버 길이 = 1.415 m

거더 경간의 1/12 + b1 = 5.498 m

6 × 바닥판 두께 + b1 = 2.855 m

인접거더와의 순경간의 1/2 + b1 = 2.690 m

압축플랜지의 유효폭(최소값) = 2.690 m

< 단위 : m >

요 소	n	A	z	A×z	A×z ²	lo
PS강재 환산단면	1.000	1.09098	1.089	1.18805	1.29376	0.968459
바닥판	0.900	0.58104	2.720	1.58043	4.29877	0.002789
Σ		1.67202	1.656	2.76848	5.59253	0.971248

- 거더하단에서 중립축까지의 거리(zgb) = $\sum(A \times z) / \sum A = -1.655769$ m

- 거더상단에서 중립축까지의 거리(zgt) = $H_g - Z_{gb} = 0.944231$ m

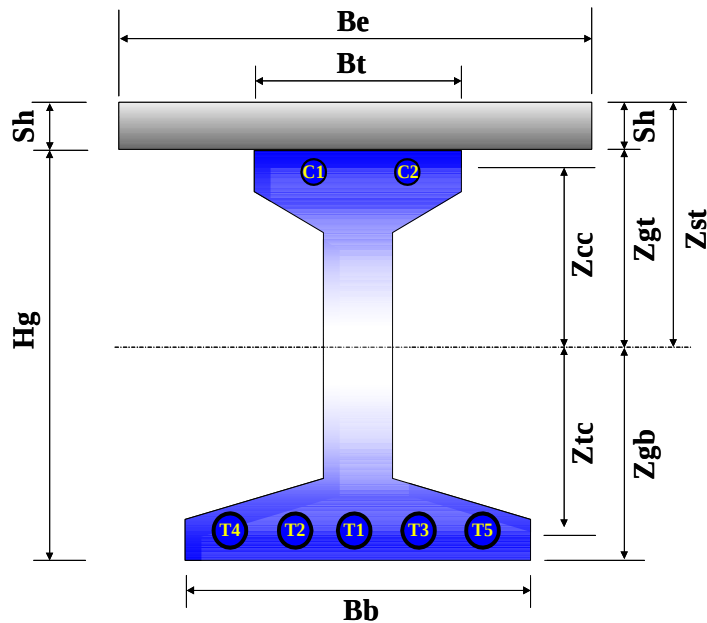
- PS 강봉 도심에서 중립축까지의 거리(zcc) = $z_c - z_{gb} = 0.819231$ m

- PS 강연선 도심에서 중립축까지의 거리(ztc) = $z_{gb} - z_t = -1.531755$ m

- 바닥판 상연에서 중립축까지의 거리(zst) = $z_{gt} + sh = 1.184231$ m

- 중립축에 대한 단면 2차모멘트(Iyy) = $\sum I_o + \sum(A \times y^2) - \sum A \times z_{gb}^2 = 1.979809$ m⁴

5.4.2 G2~G8 거더



- 유효폭 산정(도로교 설계기준 4.2.2.6)

$$\text{거더 경간의 } 1/4 = 12.25 \text{ m}$$

$$12 \times \text{바닥판 두께} + \text{복부폭} = 3.080 \text{ m}$$

$$\text{양쪽 바닥판의 중심간 거리} = 2.750 \text{ m}$$

$$\text{압축플랜지의 유효폭(최소값)} = 2.750 \text{ m}$$

< 단위 : m >

요 소	n	A	z	A × z	A × z ²	lo
PS강재 환산단면	1.000	1.09098	1.089	1.18805	1.29376	0.968459
바닥판	0.900	0.59400	2.720	1.61568	4.39465	0.002851
Σ		1.68498	1.664	2.80373	5.68841	0.971311

$$\text{- 거더하단에서 중립축까지의 거리(zgb)} = \Sigma(A \times z) / \Sigma A = -1.663955 \text{ m}$$

$$\text{- 거더상단에서 중립축까지의 거리(zgt)} = H_g - Z_{gb} = 0.936045 \text{ m}$$

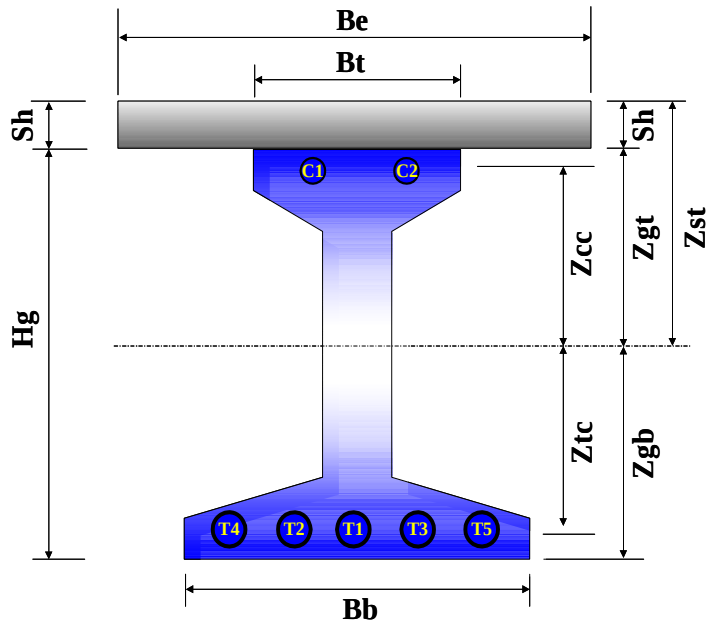
$$\text{- PS 강봉 도심에서 중립축까지의 거리(zcc)} = z_c - z_{gb} = 0.811045 \text{ m}$$

$$\text{- PS 강연선 도심에서 중립축까지의 거리(ztc)} = z_{gb} - z_t = -1.539941 \text{ m}$$

$$\text{- 바닥판 상연에서 중립축까지의 거리(zst)} = z_{gt} + sh = 1.176045 \text{ m}$$

$$\text{- 중립축에 대한 단면 2차모멘트(Iyy)} = \Sigma lo + \Sigma(A \times y^2) - \Sigma A \times z_{gb} = 1.994437 \text{ m}^4$$

5.4.3 G9 거더



- 유효폭 산정(도로교 설계기준 4.2.2.6)

※ b_1 = 복부폭을 포함한 바닥판 캔틸레버 길이 = 1.425 m

거더 경간의 $1/12 + b_1$ = 5.508 m

$6 \times$ 바닥판 두께 + b_1 = 2.865 m

인접거더와의 순경간의 $1/2 + b_1$ = 2.700 m

압축플랜지의 유효폭(최소값) = 2.700 m

< 단위 : m >

요 소	n	A	z	$A \times z$	$A \times z^2$	I_o
PS강재 환산단면	1.000	1.09098	1.089	1.18805	1.29376	0.968459
바닥판	0.900	0.58320	2.720	1.58630	4.31475	0.002799
Σ		1.67418	1.657	2.77436	5.60851	0.971259

- 거더하단에서 중립축까지의 거리(z_{gb}) = $\Sigma(A \times z) / \Sigma A$ = -1.657142 m

- 거더상단에서 중립축까지의 거리(z_{gt}) = $H_g - Z_{gb}$ = 0.942858 m

- PS 강봉 도심에서 중립축까지의 거리(z_{cc}) = $z_c - z_{gb}$ = 0.817858 m

- PS 강연선 도심에서 중립축까지의 거리(z_{tc}) = $z_{gb} - z_t$ = -1.533128 m

- 바닥판 상연에서 중립축까지의 거리(z_{st}) = $z_{gt} + sh$ = 1.182858 m

- 중립축에 대한 단면 2차모멘트(I_{yy}) = $\Sigma I_o + \Sigma(A \times y^2) - \Sigma A \times z_{gb}^2$ 1.982263 m⁴

5.5 단면성질 요약

5.5.1 G1 거더

< 단위 : m >

구 분	A	l _{yy}	z _{st}	z _{gt}	z _{gb}	z _{cc}	z _{tc}
총 단 면	1.04500	0.913970		1.494	-1.106		
순 단 면	1.01095	0.876314		1.472	-1.128	1.347	-1.004
PS강재 환산단면	1.09098	0.968459		1.511	-1.089	1.386	-0.965
바닥판 합성단면	1.67202	1.979809	1.184	0.944	-1.656	0.819	-1.532

5.5.2 G2~G8 거더

< 단위 : m >

구 분	A	l _{yy}	z _{st}	z _{gt}	z _{gb}	z _{cc}	z _{tc}
총 단 면	1.04500	0.913970		1.494	-1.106		
순 단 면	1.01095	0.876314		1.472	-1.128	1.347	-1.004
PS강재 환산단면	1.09098	0.968459		1.511	-1.089	1.386	-0.965
바닥판 합성단면	1.68498	1.994437	1.176	0.936	-1.664	0.811	-1.540

5.5.3 G9 거더

< 단위 : m >

구 분	A	l _{yy}	z _{st}	z _{gt}	z _{gb}	z _{cc}	z _{tc}
총 단 면	1.04500	0.913970		1.494	-1.106		
순 단 면	1.01095	0.876314		1.472	-1.128	1.347	-1.004
PS강재 환산단면	1.09098	0.968459		1.511	-1.089	1.386	-0.965
바닥판 합성단면	1.67418	1.982263	1.183	0.943	-1.657	0.818	-1.533

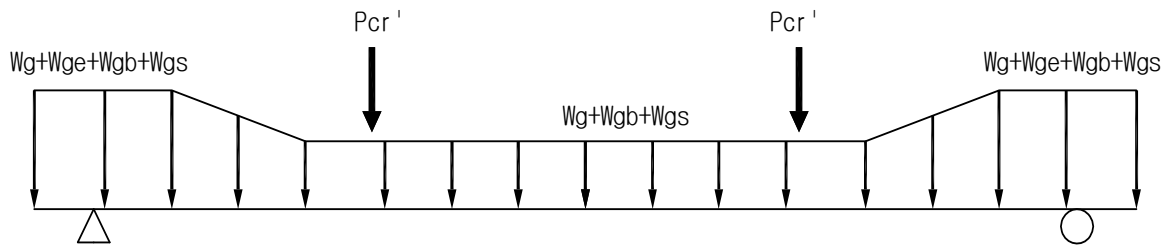
6. 설 계 하 중

6.1 거 더 자 중

6.1.1 하중산정 (모든거더에 대해 동일하게 작용)

구 분	산 출 근 거
거더본체 (Wg)	$A_{net} \times w_{gc} = 1.011 \times 25000 = 25274 \text{ N/m}$
단부보강 (Wge)	$A_{var} \times w_{gc} = 1.135 \times 25000 = 28375 \text{ N/m}$
가 로 보 (Pcr')	$A_{var} \times L_{cr} \times w_{gc} \times e_a = 1.135 \times 1 \times 25000 \times 1 \text{ EA} = 17025 \text{ N}$
강 봉 (Wgb)	$w_{1cm} \times C_{ea} = 102.1 \times 2 \text{ EA} = 204 \text{ N/m}$
T1 강연선 (Wgs1)	$w_{1tm} \times T_{ea} = 11.01 \times 7 \text{ EA} = 77 \text{ N/m}$
T2~T5 강연선 (Wgs2)	$w_{2tm} \times T_{ea} = 11.01 \times 4 \text{ EA} \times 16 \text{ EA} = 705 \text{ N/m}$

6.1.2 모델링 (저항단면 : 순단면)



6.2 합성전 고정하중

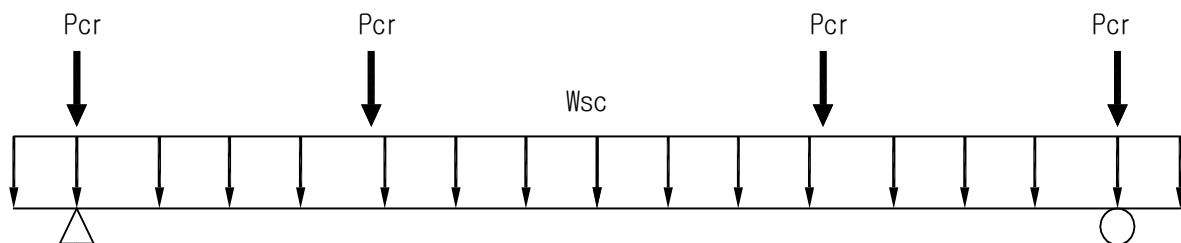
6.2.1 바닥판 콘크리트(Wsc)

- (1) G1 거더 : $0.240 \times 2.690 \times 25000 = 16140 \text{ N/m}$
- (2) G2~G8 거더 : $0.240 \times 2.750 \times 25000 = 16500 \text{ N/m}$
- (3) G9 거더 : $0.240 \times 2.700 \times 25000 = 16200 \text{ N/m}$

6.2.2 가로보 콘크리트(Pcr)

- (1) G1 거더 : $0.300 \times 2.233 \times 1.38 \times 25000 = 23031 \text{ N}$
- (2) G2~G8 거더 : $0.300 \times 2.233 \times 2.75 \times 25000 = 46063 \text{ N}$
- (3) G9 거더 : $0.300 \times 2.233 \times 1.38 \times 25000 = 23031 \text{ N}$

6.2.3 모델링 (저항단면 : PS강재 환산단면)



6.3. 합성후 고정하중(AL단계)

(1) 좌측 캔틸레버 하중

- 방호벽(좌) : $A \times w = 0.501 \times 25000 = 12513 \text{ N/m}$

(2) 우측 캔틸레버 하중

- 방호벽(우) : $A \times w = 0.501 \times 25000 = 12513 \text{ N/m}$

(3) 중앙부 하중

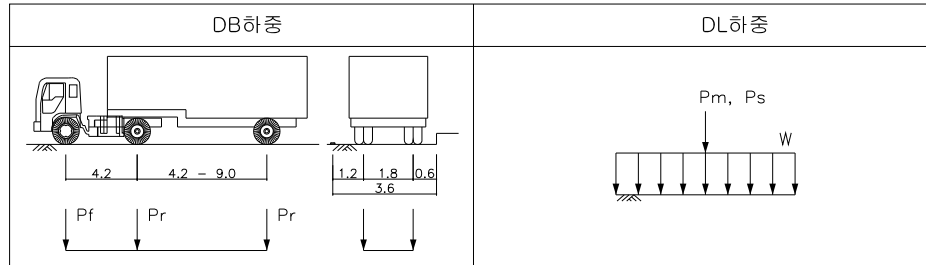
- 콘크리트포장 : $t \times w = 0.050 \times 23500 = 1175 \text{ N/m}^2$

(4) 기타 하중

	위치	하중크기
1) 방음벽(좌)	0.230m	2000N/m
2) 방음벽(우)	24.410m	2000N/m
3) 종분대	12.320m	10540N/m
4) 내측풍하중1	22.800m	-4980N/m
5) 내측풍하중2	26.020m	4980N/m

6.4. 활하중(LL단계)

- (1) 차 로 수 : 6 차로
- (2) 차 로 폭 : 3 m
- (3) 적용하중(1등급)



- 1) DB24 : DBr = 96.00 kN
DBf = 24.00 kN
- 2) DL24 : DLw = 12.70 kN/m
: DLm = 108.00 kN
: DLs = 156.00 kN

7. 하중 횡분배계수의 산정

▶ 직교 이방성 판이론에 기초한 Guyon-Massonnet Method에 의해 하중의 횡방향 분배계수를 산정한다

7.1. 분배요소의 강성 및 단면계수요약(평균치)

	주거더(g)	바닥판(s)
단면2차모멘트(I)	1.999383	0.001152
탄 성 계 수 (E)	30008	26702
전단 탄성계수(G)	12857	11440
비틀림 상수 (J)	0.026958	0.003911
요소 중심간격(V)	2.750	1.000

7.2. 격자구조의 휨강성 및 비틀림 영향계수

7.2.1. 휨강성 영향계수(Θ)

- (1) 교량폭의 1/2 ; $B_b = 12.320\text{m}$
- (2) 거더의 평균지간 ; $L = 49.000\text{m}$
- (3) 주거더의 휨강성 ; $C_x = E_g \times I_g / V_g = 21817.242$
- (4) 바닥판의 휨강성 ; $C_y = E_s \times I_s / V_s = 30.760$
- (5) 휨강성 영향계수 ; $\Theta = (B_b / L) \times \sqrt[4]{ (C_x / C_y) } = 1.298$

7.2.2. 비틀림강성 영향계수(α)

- (1) 주거더의 비틀림강성 ; $D_x = G_g \times J_g / V_g = 126.033$
- (2) 바닥판의 비틀림강성 ; $D_y = G_s \times J_s / V_s = 44.743$
- (3) 비틀림 영향계수 ; $\alpha = (D_x + D_y) / 2\sqrt{ (C_x \times C_y) } = 0.104$

7.3. Y.Guyon & C.Massonnet Method

7.3.1. a=0일 때의 영향선 종거(K0)

$$K0 = 2 \times \lambda \times B_b \times [A] \times [B] \times [C]$$

$$[A] = \begin{bmatrix} \cos(\lambda \cdot y) \cdot \cosh(\lambda \cdot y) \\ \cos(\lambda \cdot y) \cdot \sinh(\lambda \cdot y) \\ \sin(\lambda \cdot y) \cdot \cosh(\lambda \cdot y) \\ \sin(\lambda \cdot y) \cdot \sinh(\lambda \cdot y) \end{bmatrix}, [C] = \begin{bmatrix} \cos(\lambda \cdot e) \cdot \sinh(\lambda \cdot e) - \sin(\lambda \cdot e) \cdot \cosh(\lambda \cdot e) \\ \sin(\lambda \cdot e) \cdot \sinh(\lambda \cdot e) - \cos(\lambda \cdot e) \cdot \cosh(\lambda \cdot e) \\ \sin(\lambda \cdot e) \cdot \sinh(\lambda \cdot e) + \cos(\lambda \cdot e) \cdot \cosh(\lambda \cdot e) \\ -\cos(\lambda \cdot e) \cdot \sinh(\lambda \cdot e) - \sin(\lambda \cdot e) \cdot \cosh(\lambda \cdot e) \end{bmatrix}$$

$$[B] = \begin{bmatrix} \pm \frac{1}{2} & \frac{-\cosh^2(\lambda \cdot B_b)}{Y_o} & \frac{\cos^2(\lambda \cdot B_b)}{Y_o} & 0 \\ \frac{-\sinh^2(\lambda \cdot B_b)}{X_o} & \pm \frac{1}{2} & 0 & \frac{-\cos^2(\lambda \cdot B_b)}{X_o} \\ \frac{-\sin^2(\lambda \cdot B_b)}{X_o} & 0 & \pm \frac{1}{2} & \frac{-\cosh^2(\lambda \cdot B_b)}{X_o} \\ 0 & \frac{\sin^2(\lambda \cdot B_b)}{Y_o} & \frac{-\sinh^2(\lambda \cdot B_b)}{Y_o} & \pm \frac{1}{2} \end{bmatrix}$$

$$\lambda : \frac{\pi \cdot \theta}{\sqrt{2} \cdot B_b}, B_b : \text{저항폭의 } \frac{1}{2} \text{ (m)}$$

y : 저항폭 중심에서 분배계수를 구하는 점까지의 거리 (m)

e : 저항폭 중심에서 영향선 값을 구하는 점까지의 거리 (m)

$$X_o : 2 \cdot \{ \sinh(\lambda \cdot B_b) \cdot \cosh(\lambda \cdot B_b) - \sin(\lambda \cdot B_b) \cdot \cos(\lambda \cdot B_b) \}$$

$$Y_o : 2 \cdot \{ \sinh(\lambda \cdot B_b) \cdot \cosh(\lambda \cdot B_b) + \sin(\lambda \cdot B_b) \cdot \cos(\lambda \cdot B_b) \}$$

· 매트릭스 $[B]$ 에서 $\pm$ 의 부호는, $y < e$ 일 때 $+$ 를, $y \geq e$ 일 때 $-$ 를 취한다.

7.3.2. a=1일 때의 영향선 종거(K1)

$$K1 = 1/2 \times \sigma \times B_b \times [D] \times [E] \times [F]$$

$$[D] = \begin{bmatrix} \cosh(\sigma \cdot y) \\ \sinh(\sigma \cdot y) \\ (\sigma \cdot y) \cdot \cosh(\sigma \cdot y) \\ (\sigma \cdot y) \cdot \sinh(\sigma \cdot y) \end{bmatrix}, [F] = \begin{bmatrix} \sinh(\sigma \cdot e) - (\sigma \cdot e) \cdot \cosh(\sigma \cdot e) \\ -\cosh(\sigma \cdot e) - (\sigma \cdot e) \cdot \sinh(\sigma \cdot e) \\ \cosh(\sigma \cdot e) \\ -\sinh(\sigma \cdot e) \end{bmatrix}$$

$$[E] = \begin{bmatrix} \pm 1 & \frac{2+3 \cdot \sinh^2(\sigma \cdot B_b)}{X_1} & \frac{-2-(\sigma \cdot B_b)}{X_1} & 0 \\ \frac{2-3 \cdot \cosh^2(\sigma \cdot B_b)}{Y_1} & \pm 1 & 0 & \frac{-2-(\sigma \cdot B_b)}{Y_1} \\ -\frac{1}{Y_1} & 0 & \pm 1 & \frac{-2-3 \cdot \sinh^2(\sigma \cdot B_b)}{Y_1} \\ 0 & -\frac{1}{X_1} & \frac{-2+3 \cdot \sinh^2(\sigma \cdot B_b)}{X_1} & \pm 1 \end{bmatrix}$$

$$\sigma : \sqrt{2} \cdot \lambda$$

$$X_1 : (\sigma \cdot B_b) - 3 \cdot \sinh(\sigma \cdot B_b) \cdot (\sigma \cdot B_b)$$

$$Y_1 : (\sigma \cdot B_b) + 3 \cdot \sinh(\sigma \cdot B_b) \cdot (\sigma \cdot B_b)$$

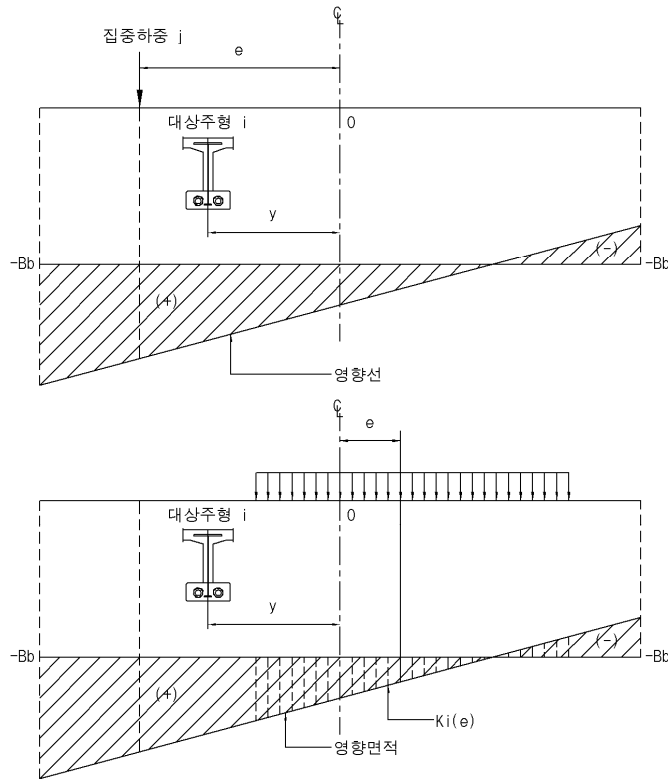
· 매트릭스 $[E]$ 에서 $\pm$ 의 부호는, $y < e$ 일 때 $-$ 를, $y \geq e$ 일 때 $+$ 를 취한다.

y, e 는 저항폭중심에서 좌측에 있을 때는 $-$, 우측에 있을 때는 $+$ 의 값으로 한다.

7.3.3. 임의의 a에 대한 영향선 종거(Ka)

$$K_a = K_0 + (K_1 - K_0) \times \sqrt{(\alpha)}$$

7.3.4. 하중분배계수



집중하중

$$K_{ai} = K_{aij} / N_g$$

분포하중

$$K_{ai} = \int \frac{K_{ai}(e)}{N_g} \cdot de$$

7.4. 횡방향 등분점에 대한 영향선 종거

	거더 위치 (m)	G1 11.005	G2 8.255	G3 5.505	G4 2.755	G5 0.005	G6 -2.745	G7 -5.495	G8 -8.245	G9 -10.995	합계 (∑)
-1.00 × Bb	-12.320	0.006	0.003	-0.005	-0.020	-0.038	-0.037	0.039	0.282	0.769	1.000
-0.75 × Bb	-9.240	0.002	-0.003	-0.006	-0.005	0.014	0.070	0.183	0.334	0.410	1.000
-0.50 × Bb	-6.160	-0.004	-0.006	0.000	0.026	0.090	0.197	0.298	0.260	0.138	1.000
-0.25 × Bb	-3.080	-0.013	0.000	0.032	0.100	0.208	0.297	0.240	0.122	0.015	1.000
0.00 × Bb	0.000	-0.016	0.034	0.112	0.221	0.296	0.222	0.113	0.035	-0.016	1.000
0.25 × Bb	3.080	0.014	0.121	0.239	0.297	0.208	0.100	0.032	0.000	-0.013	1.000
0.50 × Bb	6.160	0.138	0.259	0.299	0.197	0.090	0.026	0.000	-0.006	-0.004	1.000
0.75 × Bb	9.240	0.410	0.334	0.184	0.071	0.014	-0.005	-0.006	-0.003	0.002	1.000
1.00 × Bb	12.320	0.768	0.282	0.040	-0.036	-0.038	-0.020	-0.005	0.002	0.006	1.000

7.5. 합성후 고정하중에 대한 하중 분배계수

	거더 위치(m)	G1 11.005	G2 8.255	G3 5.505	G4 2.755	G5 0.005	G6 -2.745	G7 -5.495	G8 -8.245	G9 -10.995	합계 (Σ)
방호벽(좌)	12.047	0.737	0.287	0.052	-0.027	-0.033	-0.018	-0.005	0.002	0.006	1.000
방호벽(우)	-12.047	0.006	0.002	-0.005	-0.018	-0.033	-0.027	0.052	0.287	0.737	1.000
콘크리트포장	0.000	2.273	2.556	2.707	2.767	2.781	2.768	2.709	2.559	2.279	23.400
방음벽(좌)	12.090	0.741	0.286	0.050	-0.029	-0.034	-0.019	-0.005	0.002	0.006	1.000
방음벽(우)	-12.090	0.006	0.002	-0.005	-0.019	-0.034	-0.029	0.050	0.286	0.742	1.000
중분대	0.000	-0.016	0.034	0.112	0.221	0.296	0.222	0.113	0.035	-0.016	1.000
내측풍하중1	-10.480	0.004	-0.001	-0.006	-0.011	-0.008	0.026	0.125	0.317	0.555	1.000
내측풍하중2	-13.700	0.008	0.005	-0.004	-0.026	-0.060	-0.085	-0.026	0.255	0.933	1.000

7.6. 활하중에 대한 하중 분배계수

7.6.1. 차로별 영향선 종거

(1) DB하중

	거더 위치(m)	G1 11.005	G2 8.255	G3 5.505	G4 2.755	G5 0.005	G6 -2.745	G7 -5.495	G8 -8.245	G9 -10.995	합계 (Σ)
DB1	10.200	1.044	0.639	0.277	0.073	-0.005	-0.019	-0.012	-0.002	0.006	2.000
DB2	7.200	0.438	0.594	0.531	0.306	0.124	0.028	-0.006	-0.010	-0.004	2.000
DB3	4.200	0.100	0.339	0.550	0.537	0.326	0.139	0.035	-0.006	-0.019	2.000
DB4	-1.805	-0.031	0.023	0.121	0.296	0.508	0.557	0.371	0.161	-0.005	2.000
DB5	-4.805	-0.016	-0.009	0.022	0.109	0.278	0.498	0.575	0.394	0.148	2.000
DB6	-7.805	-0.001	-0.009	-0.009	0.015	0.092	0.255	0.488	0.627	0.542	2.000

(2) DL하중

	거더 위치(m)	G1 11.005	G2 8.255	G3 5.505	G4 2.755	G5 0.005	G6 -2.745	G7 -5.495	G8 -8.245	G9 -10.995	합계 (Σ)
DL1	10.200	0.521	0.322	0.138	0.036	-0.003	-0.010	-0.006	-0.001	0.003	1.000
DL2	7.200	0.212	0.303	0.271	0.152	0.060	0.013	-0.004	-0.005	-0.002	1.000
DL3	4.200	0.045	0.168	0.281	0.274	0.162	0.067	0.016	-0.004	-0.010	1.000
DL4	-1.805	-0.016	0.010	0.058	0.146	0.258	0.286	0.185	0.078	-0.005	1.000
DL5	-4.805	-0.008	-0.005	0.009	0.052	0.138	0.253	0.297	0.196	0.068	1.000
DL6	-7.805	-0.001	-0.005	-0.005	0.006	0.044	0.127	0.247	0.322	0.264	1.000

7.6.2. 하중조합에 따른 하중 분배계수

(1) DB하중

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	합계
DB1	1.044	0.639	0.277	0.073	-0.005	-0.019	-0.012	-0.002	0.006	2.000
DB2	0.438	0.594	0.531	0.306	0.124	0.028	-0.006	-0.010	-0.004	2.000
DB3	0.100	0.339	0.550	0.537	0.326	0.139	0.035	-0.006	-0.019	2.000
DB4	-0.031	0.023	0.121	0.296	0.508	0.557	0.371	0.161	-0.005	2.000
DB5	-0.016	-0.009	0.022	0.109	0.278	0.498	0.575	0.394	0.148	2.000
DB6	-0.001	-0.009	-0.009	0.015	0.092	0.255	0.488	0.627	0.542	2.000
DB12	1.481	1.233	0.808	0.379	0.119	0.009	-0.018	-0.012	0.003	4.000
DB13	1.144	0.978	0.827	0.610	0.321	0.119	0.023	-0.008	-0.013	4.000
DB14	1.012	0.661	0.398	0.369	0.503	0.537	0.359	0.159	0.001	4.000
DB15	1.028	0.630	0.299	0.182	0.273	0.479	0.563	0.392	0.154	4.000
DB16	1.042	0.630	0.268	0.088	0.087	0.236	0.476	0.625	0.548	4.000
DB22	0.876	1.188	1.062	0.612	0.247	0.056	-0.012	-0.020	-0.008	4.000
DB24	0.407	0.617	0.652	0.601	0.631	0.585	0.365	0.151	-0.009	4.000
DB25	0.422	0.585	0.553	0.414	0.402	0.526	0.569	0.384	0.144	4.000
DB26	0.436	0.585	0.522	0.321	0.216	0.283	0.482	0.617	0.538	4.000
DB34	0.069	0.362	0.671	0.832	0.833	0.695	0.406	0.155	-0.025	4.000
DB35	0.084	0.330	0.572	0.645	0.604	0.637	0.611	0.388	0.128	4.000
DB36	0.099	0.330	0.541	0.551	0.418	0.394	0.523	0.621	0.523	4.000
DB45	-0.047	0.014	0.143	0.404	0.786	1.055	0.946	0.556	0.142	4.000
DB46	-0.033	0.014	0.112	0.310	0.600	0.812	0.859	0.789	0.537	4.000
DB56	-0.017	-0.018	0.013	0.123	0.371	0.754	1.063	1.021	0.690	4.000
DB123	1.423	1.415	1.222	0.824	0.400	0.133	0.015	-0.016	-0.015	5.400
DB124	1.305	1.130	0.836	0.607	0.564	0.509	0.318	0.134	-0.003	5.400
DB125	1.319	1.102	0.747	0.439	0.357	0.456	0.501	0.344	0.135	5.400
DB126	1.332	1.102	0.719	0.354	0.190	0.237	0.423	0.553	0.490	5.400
DB134	1.001	0.901	0.853	0.815	0.746	0.609	0.355	0.138	-0.016	5.400
DB135	1.015	0.872	0.764	0.646	0.539	0.556	0.539	0.347	0.121	5.400
DB136	1.028	0.872	0.736	0.562	0.372	0.337	0.460	0.557	0.476	5.400
DB145	0.897	0.587	0.378	0.430	0.703	0.932	0.841	0.498	0.134	5.400
DB146	0.910	0.587	0.350	0.345	0.536	0.713	0.762	0.708	0.489	5.400
DB156	0.924	0.559	0.261	0.177	0.329	0.661	0.946	0.917	0.626	5.400
DB234	0.456	0.860	1.082	1.024	0.861	0.651	0.360	0.131	-0.026	5.400
DB235	0.470	0.832	0.992	0.856	0.655	0.599	0.544	0.340	0.112	5.400
DB236	0.483	0.832	0.964	0.771	0.487	0.380	0.466	0.550	0.467	5.400
DB245	0.352	0.547	0.607	0.639	0.819	0.975	0.846	0.491	0.125	5.400
DB246	0.365	0.547	0.579	0.555	0.651	0.756	0.768	0.701	0.479	5.400
DB256	0.378	0.519	0.489	0.386	0.445	0.703	0.952	0.910	0.617	5.400
DB345	0.048	0.318	0.624	0.847	1.001	1.075	0.884	0.495	0.111	5.400
DB346	0.061	0.318	0.596	0.762	0.833	0.856	0.805	0.704	0.466	5.400
DB356	0.074	0.289	0.506	0.594	0.627	0.803	0.989	0.914	0.603	5.400
DB456	-0.044	0.004	0.121	0.377	0.791	1.179	1.291	1.064	0.616	5.400
DB1234	1.163	1.196	1.109	0.908	0.714	0.528	0.291	0.107	-0.017	6.000
DB1235	1.174	1.173	1.035	0.768	0.542	0.484	0.444	0.282	0.098	6.000
DB1236	1.185	1.172	1.011	0.698	0.402	0.302	0.379	0.457	0.394	6.000
DB1245	1.076	0.935	0.713	0.587	0.679	0.798	0.696	0.407	0.109	6.000
DB1246	1.087	0.935	0.690	0.517	0.539	0.615	0.631	0.582	0.404	6.000
DB1256	1.098	0.911	0.616	0.377	0.367	0.572	0.784	0.757	0.519	6.000
DB1345	0.822	0.744	0.727	0.760	0.830	0.881	0.727	0.410	0.097	6.000

DB1346	0.833	0.744	0.704	0.690	0.691	0.699	0.662	0.585	0.393	6.000
DB1356	0.845	0.720	0.630	0.550	0.518	0.655	0.815	0.760	0.508	6.000
DB1456	0.746	0.483	0.308	0.369	0.655	0.968	1.067	0.885	0.518	6.000
DB2345	0.368	0.710	0.918	0.935	0.927	0.916	0.732	0.405	0.089	6.000
DB2346	0.379	0.710	0.895	0.865	0.787	0.734	0.666	0.579	0.385	6.000
DB2356	0.390	0.687	0.820	0.724	0.615	0.690	0.819	0.754	0.500	6.000
DB2456	0.292	0.449	0.499	0.544	0.752	1.004	1.071	0.879	0.510	6.000
DB3456	0.039	0.258	0.513	0.717	0.903	1.087	1.102	0.883	0.499	6.000
DB12345	1.151	1.189	1.126	0.990	0.923	0.902	0.723	0.403	0.094	7.500
DB12346	1.162	1.189	1.102	0.919	0.783	0.719	0.657	0.578	0.390	7.500
DB12356	1.173	1.166	1.028	0.779	0.611	0.676	0.810	0.752	0.505	7.500
DB12456	1.075	0.928	0.707	0.598	0.748	0.989	1.062	0.878	0.515	7.500
DB13456	0.821	0.737	0.721	0.771	0.899	1.072	1.093	0.881	0.504	7.500
DB23456	0.367	0.704	0.911	0.946	0.996	1.108	1.098	0.875	0.496	7.500
DB123456	1.150	1.183	1.119	1.001	0.992	1.093	1.089	0.873	0.501	9.000

(2) DL하중

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	합계
DL1	0.521	0.322	0.138	0.036	-0.003	-0.010	-0.006	-0.001	0.003	1.000
DL2	0.212	0.303	0.271	0.152	0.060	0.013	-0.004	-0.005	-0.002	1.000
DL3	0.045	0.168	0.281	0.274	0.162	0.067	0.016	-0.004	-0.010	1.000
DL4	-0.016	0.010	0.058	0.146	0.258	0.286	0.185	0.078	-0.005	1.000
DL5	-0.008	-0.005	0.009	0.052	0.138	0.253	0.297	0.196	0.068	1.000
DL6	-0.001	-0.005	-0.005	0.006	0.044	0.127	0.247	0.322	0.264	1.000
DL12	0.733	0.625	0.409	0.188	0.057	0.003	-0.010	-0.006	0.001	2.000
DL13	0.566	0.490	0.420	0.310	0.159	0.057	0.010	-0.005	-0.006	2.000
DL14	0.505	0.332	0.197	0.182	0.255	0.276	0.179	0.077	-0.002	2.000
DL15	0.513	0.317	0.148	0.088	0.134	0.243	0.291	0.195	0.072	2.000
DL16	0.520	0.317	0.133	0.042	0.041	0.116	0.241	0.321	0.267	2.000
DL22	0.424	0.606	0.541	0.305	0.120	0.025	-0.008	-0.011	-0.004	2.000
DL24	0.196	0.313	0.329	0.299	0.318	0.299	0.181	0.073	-0.007	2.000
DL25	0.204	0.298	0.280	0.204	0.197	0.265	0.293	0.191	0.066	2.000
DL26	0.212	0.299	0.266	0.159	0.104	0.139	0.243	0.317	0.262	2.000
DL34	0.029	0.178	0.339	0.420	0.420	0.353	0.201	0.074	-0.015	2.000
DL35	0.037	0.163	0.291	0.326	0.299	0.320	0.313	0.192	0.059	2.000
DL36	0.044	0.163	0.276	0.280	0.206	0.194	0.263	0.318	0.255	2.000
DL45	-0.024	0.005	0.068	0.198	0.396	0.539	0.482	0.274	0.063	2.000
DL46	-0.017	0.005	0.053	0.152	0.302	0.413	0.432	0.400	0.259	2.000
DL56	-0.008	-0.010	0.004	0.058	0.182	0.379	0.544	0.518	0.332	2.000
DL123	0.700	0.714	0.621	0.416	0.197	0.063	0.005	-0.009	-0.007	2.700
DL124	0.645	0.571	0.420	0.301	0.283	0.260	0.158	0.064	-0.004	2.700
DL125	0.653	0.558	0.377	0.216	0.175	0.230	0.258	0.171	0.063	2.700
DL126	0.659	0.559	0.364	0.175	0.091	0.116	0.213	0.284	0.239	2.700
DL134	0.495	0.450	0.430	0.411	0.375	0.309	0.175	0.066	-0.011	2.700
DL135	0.502	0.437	0.386	0.326	0.267	0.279	0.276	0.172	0.056	2.700
DL136	0.509	0.437	0.373	0.285	0.183	0.165	0.231	0.285	0.232	2.700
DL145	0.447	0.294	0.185	0.211	0.353	0.476	0.428	0.246	0.059	2.700
DL146	0.454	0.294	0.172	0.169	0.269	0.362	0.383	0.359	0.236	2.700
DL156	0.461	0.281	0.129	0.085	0.161	0.332	0.484	0.465	0.302	2.700
DL234	0.217	0.433	0.549	0.515	0.432	0.329	0.178	0.062	-0.015	2.700
DL235	0.224	0.420	0.505	0.431	0.323	0.299	0.278	0.168	0.051	2.700

DL236	0.231	0.420	0.492	0.389	0.240	0.185	0.233	0.282	0.227	2.700
DL245	0.169	0.277	0.304	0.315	0.410	0.496	0.430	0.242	0.055	2.700
DL246	0.176	0.277	0.291	0.274	0.326	0.383	0.385	0.355	0.231	2.700
DL256	0.183	0.264	0.248	0.189	0.218	0.353	0.486	0.462	0.297	2.700
DL345	0.019	0.155	0.314	0.425	0.502	0.545	0.448	0.243	0.048	2.700
DL346	0.026	0.156	0.301	0.384	0.418	0.432	0.403	0.357	0.224	2.700
DL356	0.033	0.143	0.257	0.299	0.309	0.402	0.504	0.463	0.290	2.700
DL456	-0.022	0.000	0.056	0.184	0.396	0.599	0.656	0.537	0.294	2.700
DL1234	0.572	0.602	0.561	0.456	0.358	0.267	0.143	0.051	-0.010	3.000
DL1235	0.578	0.591	0.525	0.386	0.267	0.242	0.227	0.139	0.045	3.000
DL1236	0.583	0.592	0.514	0.351	0.197	0.147	0.190	0.234	0.192	3.000
DL1245	0.532	0.472	0.358	0.290	0.339	0.406	0.354	0.201	0.048	3.000
DL1246	0.537	0.473	0.347	0.255	0.269	0.311	0.317	0.295	0.195	3.000
DL1256	0.544	0.462	0.310	0.185	0.179	0.286	0.400	0.384	0.250	3.000
DL1345	0.407	0.371	0.366	0.381	0.416	0.447	0.369	0.202	0.042	3.000
DL1346	0.412	0.371	0.355	0.347	0.346	0.352	0.331	0.296	0.189	3.000
DL1356	0.418	0.360	0.318	0.276	0.256	0.327	0.415	0.385	0.245	3.000
DL1456	0.372	0.242	0.151	0.180	0.328	0.492	0.542	0.446	0.248	3.000
DL2345	0.175	0.357	0.465	0.469	0.463	0.464	0.371	0.199	0.039	3.000
DL2346	0.180	0.357	0.454	0.434	0.393	0.369	0.333	0.293	0.185	3.000
DL2356	0.187	0.346	0.417	0.364	0.303	0.344	0.417	0.382	0.241	3.000
DL2456	0.141	0.227	0.250	0.268	0.375	0.508	0.544	0.443	0.244	3.000
DL3456	0.015	0.126	0.258	0.359	0.451	0.549	0.559	0.444	0.238	3.000
DL12345	0.566	0.598	0.568	0.495	0.461	0.456	0.366	0.198	0.041	3.750
DL12346	0.571	0.599	0.558	0.461	0.391	0.362	0.328	0.292	0.188	3.750
DL12356	0.577	0.588	0.521	0.390	0.301	0.337	0.412	0.381	0.243	3.750
DL12456	0.532	0.469	0.354	0.294	0.373	0.501	0.539	0.442	0.246	3.750
DL13456	0.406	0.368	0.362	0.386	0.449	0.542	0.554	0.444	0.240	3.750
DL23456	0.175	0.353	0.461	0.473	0.496	0.559	0.556	0.440	0.237	3.750
DL123456	0.565	0.595	0.565	0.500	0.494	0.551	0.551	0.440	0.239	4.500

8. 설계 단면력 집계

8.1 시간중양부의 휨모멘트 집계(kN · m)

구 분	G1	G2~G8	G9	저 항 단 면	비 고
거더 자중	8215.5	8215.5	8215.5	순 단 면	
합성전 고정하중	5124.5	5514.7	5142.5	PS강재 환산단면	
합성후 고정하중	2679.6	2365.8	2499.2	바닥판 합성단면	
DB 활하중	2966.8	3545.3	4228.9		
DL 활하중	3297.6	3762.4	4549.3		
균중하중	0.0	0.0	0.0		
MAX	3297.6	3762.4	4549.3		
합 계	19317.2	19858.4	20406.5		

8.2 시간지점부의 전단력 집계(kN)

구 분	G1	G2~G8	G9	저 항 단 면	비 고
거더 자중	725.9	725.9	725.9	순 단 면	
합성전 고정하중	407.0	427.3	408.4	PS강재 환산단면	
합성후 고정하중	292.0	192.6	246.2	바닥판 합성단면	
DB 활하중	232.3	424.2	421.2		
DL 활하중	242.9	413.1	430.5		
균중하중	0.0	0.0	0.0		
MAX	242.9	424.2	430.5		
합 계	1667.7	1770.0	1811.1		

8.3 반력종합

8.3.1 S1 시점측(단위:kN)

위 치		G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	비 고
자 중		750.492	750.492	750.492	750.492	750.492	750.492	750.492	750.492	750.492	
거푸집		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
합성전		437.240	480.769	480.769	480.769	480.769	480.769	480.769	480.769	438.737	
합성후		284.132	190.401	149.324	135.087	132.832	130.557	145.226	199.002	306.588	-
		283.859	193.064	154.032	142.999	144.655	145.951	159.355	196.559	252.675	내측풍하중
		191.313	191.059	175.177	164.957	158.857	151.994	160.800	201.764	277.227	외측풍하중
ADD		1471.864	1421.662	1380.585	1366.348	1364.093	1361.818	1376.487	1430.263	1495.817	-
		1471.591	1424.325	1385.293	1374.260	1375.916	1377.212	1390.616	1427.820	1441.904	내측풍하중
		1379.045	1422.320	1406.438	1396.218	1390.118	1383.255	1392.061	1433.025	1466.456	외측풍하중
우 측 편 재 하	DB1	1.670	0.854	2.228	6.442	13.833	43.597	104.639	196.400	275.898	
	DB2	0.433	3.608	8.071	21.526	50.097	98.502	154.778	173.621	141.523	
	DB3	2.270	9.677	24.120	55.005	101.339	150.283	154.623	108.737	55.308	
	DB4	20.891	63.343	112.476	154.761	143.503	94.684	50.103	20.473	6.984	
	DB5	69.329	122.813	160.678	142.216	89.857	46.439	19.431	7.116	1.872	
	DB6	167.204	181.489	146.184	86.802	41.248	16.547	6.577	2.238	0.359	
	DB12	1.018	3.913	9.681	23.330	62.286	141.657	259.123	369.874	417.330	
	DB13	1.963	9.553	22.845	56.487	113.328	193.335	258.926	304.979	331.042	
	DB14	20.443	62.577	111.041	156.136	155.413	137.397	153.672	215.426	275.508	
	DB15	70.319	122.329	159.446	143.656	101.727	89.170	123.141	200.716	273.587	
	DB16	168.199	181.045	144.948	88.182	52.994	59.208	108.527	196.147	275.180	
	DB22	0.868	7.217	16.144	43.073	100.195	196.983	309.554	347.241	283.045	
	DB24	20.552	64.327	118.738	175.904	193.352	192.759	204.138	192.782	141.222	
	DB25	68.113	123.686	166.916	163.325	139.647	144.529	173.544	178.020	139.242	
	DB26	166.023	182.431	152.446	107.856	90.919	114.570	158.953	173.453	140.838	
	DB34	22.704	71.457	136.300	209.588	244.728	244.637	204.014	127.912	55.061	
	DB35	66.697	130.266	184.134	196.857	190.994	196.351	173.373	113.070	52.995	
	DB36	164.584	189.008	169.662	141.388	142.266	166.412	158.761	108.502	54.588	
	DB45	88.789	185.912	273.019	296.887	233.269	140.963	69.278	25.568	8.454	
	DB46	186.613	244.584	258.486	241.385	184.535	110.862	54.337	20.408	6.727	
	DB56	236.482	304.296	306.822	228.928	130.958	62.779	23.924	9.116	2.026	
	DB123	2.029	11.696	26.549	70.095	146.987	262.575	372.284	430.728	425.283	
	DB124	18.131	57.318	105.666	159.630	184.798	212.211	277.591	350.121	375.258	
	DB125	62.312	110.972	149.176	148.364	136.469	168.814	250.090	336.872	373.494	
	DB126	150.408	163.826	136.138	98.430	92.623	141.844	236.930	332.755	374.933	
	DB134	20.072	63.755	121.477	189.934	231.027	258.896	277.473	291.746	297.716	
	DB135	61.031	116.892	164.673	178.529	182.669	215.443	249.908	278.404	295.891	
	DB136	149.128	169.749	151.638	128.621	138.828	188.498	236.772	274.287	297.310	
	DB145	80.668	166.752	244.487	268.456	220.649	165.164	155.247	197.904	246.025	
	DB146	168.768	219.630	231.453	218.527	176.807	138.218	142.111	193.787	247.444	
	DB156	213.647	273.392	275.007	207.287	128.480	94.806	114.622	180.556	245.719	
	DB234	20.295	65.335	128.438	207.735	265.184	308.730	322.895	271.353	176.863	
	DB235	59.058	118.118	171.399	196.236	216.809	265.277	295.291	257.982	174.966	
	DB236	147.159	170.997	158.367	146.328	172.967	238.311	282.155	253.868	176.407	
	DB245	78.699	168.001	251.216	286.166	254.790	214.999	200.630	177.482	125.100	
	DB246	166.795	220.854	238.177	236.231	210.923	188.029	187.492	173.366	126.541	
	DB256	211.676	274.619	281.753	224.993	162.597	144.617	160.001	160.132	124.793	

우 측 편 재 하	DB345	77.418	173.921	266.714	316.333	300.993	261.652	200.471	119.013	47.477	
	DB346	165.515	226.778	253.679	266.424	257.151	234.687	187.338	114.922	48.922	
	DB356	210.393	280.540	297.233	255.184	208.823	191.272	159.844	101.665	47.170	
	DB456	230.290	330.624	377.237	345.194	246.862	141.423	66.181	22.962	7.404	
	DB1234	16.612	53.983	106.044	174.197	229.956	289.544	347.298	373.304	354.168	
	DB1235	50.064	98.146	141.957	164.666	189.652	253.348	324.310	362.182	352.629	
	DB1236	123.483	142.198	131.099	123.077	153.128	230.871	313.368	358.767	353.821	
	DB1245	66.428	139.698	208.464	239.592	221.313	211.443	245.438	295.101	311.079	
	DB1246	139.847	183.750	197.604	197.999	184.764	188.960	234.469	291.659	312.265	
	DB1256	177.249	228.568	233.903	188.639	144.496	152.809	211.580	280.652	310.829	
	DB1345	65.360	144.633	221.378	264.747	259.824	250.325	245.299	246.378	246.396	
	DB1346	138.780	188.685	210.518	223.154	223.276	227.844	234.333	242.959	247.586	
	DB1356	176.182	233.503	246.816	213.795	183.007	191.691	211.442	231.929	246.146	
	DB1456	192.545	275.054	313.322	288.717	214.643	149.780	132.543	164.840	204.571	
	DB2345	63.703	145.658	227.002	279.494	288.263	291.822	283.094	229.362	145.627	
	DB2346	137.120	189.707	216.121	237.901	251.716	269.363	272.149	225.926	146.816	
	DB2356	174.525	234.527	252.440	228.541	211.446	233.188	249.236	214.914	145.377	
	DB2456	190.888	276.079	318.947	303.466	243.085	191.301	170.361	147.810	103.824	
	DB3456	189.821	281.013	331.860	328.620	281.595	230.162	170.224	99.108	39.145	
	DB12345	64.545	145.380	226.105	280.637	297.249	324.101	361.346	376.555	352.455	
	DB12346	137.964	189.432	215.246	239.046	260.703	301.642	350.382	373.138	353.646	
	DB12356	175.364	234.229	251.564	229.685	220.433	265.466	327.489	362.106	352.205	
	DB12456	191.728	275.781	318.070	304.609	252.071	223.579	248.592	295.019	310.631	
	DB13456	190.661	280.716	330.982	329.763	290.580	262.438	248.452	246.294	245.947	
	DB23456	189.025	281.741	336.587	344.511	319.021	303.960	286.273	229.287	145.205	
	DB123456	189.869	281.467	335.713	345.655	328.007	336.236	364.501	376.473	352.007	
	DL1	1.642	1.047	2.794	8.202	17.768	48.494	106.862	192.653	278.438	
	DL2	0.464	4.494	10.227	24.359	51.468	95.829	147.670	168.364	147.908	
	DL3	2.715	12.246	26.840	56.110	97.448	141.318	145.821	106.695	61.938	
	DL4	26.650	65.327	107.665	145.739	134.740	91.402	51.426	23.486	8.680	
	DL5	76.612	119.818	151.989	133.769	86.900	47.927	22.132	8.934	2.221	
	DL6	174.558	175.479	139.887	85.467	43.114	19.328	8.303	2.748	0.373	
	DL12	1.047	4.823	12.184	28.419	67.381	143.698	254.081	360.803	426.222	
	DL13	2.241	12.000	26.291	59.751	113.133	189.029	252.183	299.122	340.158	
	DL14	25.802	64.429	106.828	149.262	150.320	138.691	156.816	214.198	279.663	
	DL15	77.312	119.265	151.426	137.341	102.416	95.233	127.733	198.587	276.414	
	DL16	175.319	175.062	139.389	88.963	58.463	66.495	112.352	192.971	277.510	
	DL22	0.930	8.990	20.455	48.747	102.900	191.651	295.301	336.720	295.810	
	DL24	26.054	67.288	115.896	169.593	185.856	186.678	198.079	190.105	149.244	
	DL25	75.226	121.642	160.195	157.542	137.926	143.189	168.939	174.425	145.920	
	DL26	173.227	177.431	148.120	109.159	93.970	114.450	153.563	168.819	147.060	
	DL34	28.687	75.857	134.080	201.590	232.061	232.282	196.315	128.456	63.351	
	DL35	74.282	129.476	177.926	189.341	184.092	188.774	167.048	112.629	59.898	
	DL36	172.285	185.270	165.856	140.996	140.141	160.038	151.668	107.013	60.993	
	DL45	100.564	184.568	259.280	279.310	221.492	139.080	73.152	30.363	10.276	
	DL46	198.449	240.230	247.157	230.886	177.508	110.198	57.362	23.996	8.173	
	DL56	251.099	295.291	291.818	219.105	129.803	66.952	28.445	11.343	2.295	

우 측 편 재 하	DL123	2.233	14.611	31.533	75.548	148.009	256.309	359.837	420.742	439.208	
	DL124	22.903	59.922	103.736	155.881	181.366	210.952	273.997	344.277	384.674	
	DL125	68.497	109.147	143.773	145.106	138.221	171.809	247.772	330.207	381.731	
	DL126	156.730	159.343	132.935	101.594	98.692	145.952	233.947	325.144	382.762	
	DL134	25.264	67.608	120.082	184.680	222.934	251.982	272.375	288.784	307.356	
	DL135	67.648	116.174	159.713	173.730	179.758	212.830	246.070	274.584	304.302	
	DL136	155.893	166.409	148.883	130.226	140.238	186.984	232.290	269.568	305.349	
	DL145	91.015	165.473	232.727	254.591	213.354	167.592	160.320	198.251	250.003	
	DL146	179.212	215.692	221.880	211.037	173.785	141.728	146.489	193.214	250.999	
	DL156	226.537	265.241	262.140	200.365	130.701	102.650	120.316	179.202	248.115	
	DL234	25.486	70.172	128.221	202.958	254.913	295.180	309.524	267.102	190.027	
	DL235	65.763	118.307	167.589	191.929	211.720	256.003	283.164	252.831	186.859	
	DL236	154.006	168.537	156.751	148.383	172.190	230.146	269.344	247.807	187.901	
	DL245	89.128	167.601	240.595	272.746	245.304	210.722	197.406	176.492	132.558	
	DL246	177.324	217.820	229.750	229.197	205.741	184.896	183.581	171.460	133.557	
	DL256	224.652	267.373	270.013	218.558	162.654	145.780	157.398	157.404	130.659	
	DL345	88.296	174.673	256.579	301.382	286.850	251.750	195.712	120.909	55.139	
	DL346	176.478	224.850	245.694	257.855	247.278	225.885	181.882	115.844	56.170	
	DL356	223.820	274.446	285.997	247.193	204.199	186.809	155.704	101.821	53.241	
	DL456	247.471	324.016	359.210	328.140	237.855	142.119	71.231	27.823	8.859	
	DL1234	20.789	57.966	106.368	171.843	224.154	281.752	337.702	366.881	366.975	
	DL1235	55.481	98.314	139.347	162.706	188.177	249.105	315.759	355.056	364.428	
	DL1236	129.002	140.148	130.314	126.434	155.242	227.557	304.234	350.844	365.240	
	DL1245	74.939	139.361	200.155	230.041	216.143	211.397	244.269	291.421	319.122	
	DL1246	148.426	181.224	191.124	193.774	183.214	189.858	232.789	287.227	319.984	
	DL1256	187.870	222.509	224.665	184.891	147.282	157.270	210.961	275.542	317.591	
	DL1345	74.216	145.255	213.458	253.923	250.787	245.592	242.889	245.129	254.623	
	DL1346	147.737	187.089	204.426	217.651	217.850	224.041	231.364	240.889	255.469	
	DL1356	187.190	228.408	237.969	208.737	181.919	191.456	209.572	229.208	253.081	
	DL1456	206.668	269.505	298.827	276.121	209.899	153.760	138.092	165.615	207.785	
	DL2345	72.660	147.027	220.038	269.043	277.396	281.545	273.806	226.986	156.779	
	DL2346	146.175	188.853	210.967	232.766	244.457	259.996	262.287	222.785	157.636	
	DL2356	185.636	230.184	244.554	223.893	208.531	227.409	240.455	211.089	155.198	
	DL2456	205.063	271.265	305.368	291.268	236.505	189.709	168.973	147.466	109.936	
	DL3456	204.371	277.125	318.665	315.109	271.139	223.894	167.584	101.133	45.427	
	DL12345	73.359	146.761	219.706	271.829	289.155	317.341	353.582	371.311	365.417	
	DL12346	146.834	188.586	210.668	235.555	256.220	295.795	342.063	367.110	366.274	
	DL12356	186.289	229.910	244.216	226.676	220.290	263.208	320.236	355.425	363.881	
	DL12456	205.748	270.956	305.024	294.011	248.256	225.502	248.752	291.801	318.620	
	DL13456	205.070	276.860	318.333	317.896	282.900	259.694	247.366	245.498	254.075	
	DL23456	203.468	278.622	324.907	333.014	309.509	295.647	278.284	227.355	156.232	
	DL123456	204.156	278.317	324.569	335.796	321.268	331.449	358.072	371.730	364.926	
좌 측 편 재 하	DB1	278.413	192.841	103.977	43.495	13.659	6.348	2.222	0.674	1.653	
	DB2	143.173	172.666	154.411	98.448	49.825	21.274	8.022	2.944	0.503	
	DB3	55.873	109.433	154.476	150.439	101.118	54.629	24.033	8.536	2.471	
	DB4	6.708	21.833	50.188	95.055	143.600	154.510	112.471	62.010	20.837	
	DB5	1.698	8.166	19.495	46.779	90.085	142.097	160.858	122.365	68.564	

좌 측 편 재 하	DB6	0.311	2.801	6.615	16.777	41.513	86.869	146.604	182.886	165.339	
	DB12	421.486	365.341	258.096	141.495	61.873	22.991	9.633	3.072	1.045	
	DB13	334.102	302.088	258.094	193.358	112.965	56.042	22.786	8.241	2.158	
	DB14	277.670	213.323	153.103	137.656	155.345	155.819	111.030	61.090	20.504	
	DB15	275.873	198.236	122.555	89.401	101.813	143.446	159.629	121.726	69.525	
	DB16	277.609	193.138	107.911	59.312	53.100	88.180	145.394	182.298	166.333	
	DB22	286.349	345.353	308.806	196.900	99.673	42.572	16.047	5.891	1.007	
	DB24	142.503	193.303	203.864	193.097	193.177	175.425	118.702	62.324	20.598	
	DB25	140.671	178.169	173.254	144.818	139.625	162.958	167.067	122.597	67.461	
	DB26	142.408	173.072	158.612	114.752	90.914	107.694	152.833	183.169	164.269	
	DB34	55.262	130.085	203.957	245.164	244.608	208.990	136.234	69.015	22.879	
	DB35	53.340	114.874	173.301	196.849	191.027	196.370	184.245	128.632	66.186	
	DB36	55.077	109.777	158.659	166.783	142.317	141.107	170.014	189.227	162.998	
	DB45	7.983	27.950	69.432	141.674	233.596	296.522	273.206	184.131	88.121	
	DB46	6.376	22.294	54.461	111.441	184.855	241.223	258.909	244.647	184.828	
	DB56	1.797	10.722	24.004	63.351	131.454	228.879	307.446	305.257	233.884	
	DB123	429.504	427.275	371.235	262.561	146.426	69.465	26.459	9.922	2.270	
	DB124	378.674	347.368	276.734	212.397	184.487	159.104	105.632	55.371	18.169	
	DB125	377.023	333.766	249.224	168.962	136.316	147.958	149.299	109.834	61.705	
	DB126	378.592	329.176	236.042	141.884	92.474	98.214	136.482	164.368	148.820	
	DB134	300.138	290.452	276.831	259.249	230.772	189.305	121.394	61.370	20.217	
	DB135	298.431	276.803	249.242	215.801	182.555	178.022	164.746	115.285	60.553	
	DB136	300.002	272.217	236.085	188.728	138.738	128.283	151.953	169.803	147.689	
	DB145	247.748	196.977	154.817	165.707	220.811	268.063	244.644	165.023	80.053	
	DB146	249.318	192.389	141.637	138.652	176.972	218.321	231.847	219.537	167.166	
	DB156	247.708	178.822	114.118	95.219	128.780	207.175	275.568	274.101	211.281	
	DB234	178.499	272.447	322.498	309.161	264.818	206.969	128.329	62.549	20.536	
	DB235	176.737	258.752	294.890	265.691	216.584	195.592	171.463	116.052	58.686	
	DB236	178.302	254.139	281.706	238.612	172.761	145.828	158.647	170.589	145.823	
	DB245	126.052	178.923	200.441	215.594	254.836	285.609	251.358	165.789	78.185	
	DB246	127.624	174.336	187.282	188.517	210.994	235.865	238.539	220.299	165.295	
	DB256	126.010	160.748	159.763	145.108	162.807	224.743	282.265	274.888	209.416	
	DB345	47.463	121.964	200.485	262.439	301.101	315.700	266.812	171.246	77.057	
	DB346	49.027	117.351	187.299	235.357	257.255	265.932	253.989	225.755	164.166	
	DB356	47.419	103.787	159.803	191.928	209.068	254.810	297.715	280.343	208.287	
	DB456	6.914	25.591	66.344	142.286	247.385	344.951	377.800	330.288	228.033	
	DB1234	357.428	371.525	346.479	289.815	229.551	173.502	105.947	51.512	16.804	
	DB1235	355.987	360.134	323.473	253.592	189.358	164.061	141.990	96.319	49.728	
	DB1236	357.283	356.304	312.494	231.029	152.822	122.590	131.327	141.736	122.327	
	DB1245	313.759	293.632	244.781	211.858	221.225	239.094	208.583	137.750	65.972	
	DB1246	315.055	289.803	233.803	189.297	184.711	197.625	197.902	183.188	138.574	
	DB1256	313.709	278.475	210.869	153.114	144.549	188.349	234.346	228.661	175.349	
	DB1345	248.249	246.134	244.795	250.872	259.774	264.153	221.459	142.300	65.036	
	DB1346	249.545	242.304	233.816	228.308	223.236	222.680	210.774	187.715	137.633	
	DB1356	248.206	231.004	210.910	192.133	183.103	213.430	247.222	233.210	174.391	
	DB1456	205.975	164.498	132.193	150.394	214.964	288.438	313.790	274.636	190.632	
	DB2345	146.846	231.095	282.831	292.445	288.128	278.770	227.038	142.937	63.463	

좌 측 편 재 하	DB2346	148.142	227.266	271.853	269.884	251.594	237.321	216.358	188.376	136.065	
	DB2356	146.802	215.965	248.946	233.707	211.457	228.048	252.804	233.850	172.841	
	DB2456	104.568	149.437	170.228	191.968	243.320	303.079	319.376	275.301	189.087	
	DB3456	39.064	101.965	170.268	230.987	281.873	328.139	332.271	279.828	188.126	
	DB12345	355.530	375.602	360.571	324.641	297.017	279.845	226.165	142.529	64.293	
	DB12346	356.849	371.776	349.595	302.081	260.483	238.396	215.484	187.968	136.895	
	DB12356	355.509	360.472	326.684	265.878	220.322	229.119	251.928	233.441	173.670	
	DB12456	313.280	293.969	247.971	224.164	252.188	304.152	318.499	274.888	189.893	
	DB13456	247.772	246.474	248.008	263.180	290.738	329.210	331.373	279.416	188.953	
	DB23456	146.368	231.436	286.045	304.756	319.095	343.852	336.959	280.081	187.408	
	DB123456	355.050	375.937	363.758	336.924	327.958	344.921	336.081	279.667	188.214	
	DL1	284.009	186.740	105.849	48.338	17.583	8.105	2.784	0.822	1.609	
	DL2	150.906	166.623	146.972	95.583	51.036	24.027	10.189	3.653	0.554	
	DL3	62.721	107.573	145.715	141.403	96.957	55.515	26.725	10.791	2.988	
	DL4	8.264	25.238	51.588	92.107	135.040	145.284	107.447	63.568	26.725	
	DL5	1.988	10.273	22.217	48.468	87.413	133.803	152.211	119.309	75.444	
	DL6	0.309	3.461	8.327	19.599	43.528	85.703	140.703	177.956	171.031	
	DL12	434.793	353.169	252.417	143.299	66.777	28.010	12.160	3.749	1.063	
	DL13	346.484	294.046	251.059	188.908	112.428	59.089	26.194	10.326	2.502	
	DL14	284.671	210.193	155.999	139.198	150.439	148.714	106.626	62.446	25.877	
	DL15	281.642	194.072	126.828	95.610	102.758	137.321	151.669	118.575	76.124	
	DL16	283.005	187.736	111.386	66.609	58.663	89.130	140.177	177.318	171.757	
	DL22	301.821	333.288	293.955	191.175	102.079	48.092	20.383	7.309	1.111	
	DL24	151.650	190.300	197.576	187.138	185.723	168.804	115.624	64.695	26.258	
	DL25	148.586	174.114	168.344	143.478	138.006	157.239	160.362	120.277	74.204	
	DL26	149.951	167.783	152.908	114.516	93.919	109.056	148.879	179.060	169.848	
	DL34	63.543	131.266	196.363	233.069	231.835	200.578	133.739	72.641	29.067	
	DL35	60.313	114.967	167.036	189.357	184.079	188.814	178.020	127.394	73.496	
	DL36	61.679	108.637	151.602	160.400	139.998	140.669	166.543	186.182	169.142	
	DL45	9.590	33.418	73.413	140.319	222.305	278.896	259.303	182.260	99.657	
	DL46	7.654	26.411	57.564	111.186	178.231	230.719	247.787	240.960	195.202	
	DL56	1.996	13.379	28.555	67.775	130.726	219.371	292.817	297.258	246.405	
	DL123	447.620	414.614	358.201	255.968	146.970	74.620	31.409	12.354	2.551	
	DL124	391.862	339.092	272.641	211.186	181.082	155.097	103.521	57.405	23.086	
	DL125	389.163	324.576	246.344	171.938	138.136	144.776	143.947	107.744	67.562	
	DL126	390.361	318.887	232.464	145.847	98.487	101.404	133.614	160.611	153.627	
	DL134	312.561	285.957	271.567	252.519	222.577	183.674	119.812	64.568	25.614	
	DL135	309.754	271.344	245.186	213.189	179.592	173.171	159.827	114.162	66.935	
	DL136	310.954	265.661	231.314	187.141	139.954	129.841	149.502	167.034	153.002	
	DL145	254.198	195.936	159.676	168.550	213.936	254.130	232.745	163.216	90.161	
	DL146	255.441	190.255	145.800	142.462	174.257	210.794	222.420	216.124	176.239	
	DL156	252.738	175.732	119.524	103.187	131.315	200.522	263.048	266.840	222.336	
	DL234	192.843	268.055	308.953	295.640	254.327	201.734	127.887	66.583	25.953	
	DL235	189.973	253.391	282.564	256.324	211.328	191.120	167.636	115.689	65.200	
	DL236	191.206	247.674	268.685	230.237	171.683	147.784	157.309	168.560	151.267	
	DL245	134.461	177.988	197.055	211.654	245.674	272.084	240.597	164.788	88.443	
	DL246	135.647	172.258	183.167	185.558	205.990	228.744	230.266	217.657	174.509	

좌 측 편 재 하	DL256	133.004	157.793	156.916	146.338	163.099	218.520	270.906	268.381	220.609	
	DL345	55.000	124.741	195.855	252.901	287.130	300.515	256.482	171.210	87.818	
	DL346	56.234	119.025	181.976	226.841	247.447	257.140	246.147	224.075	173.882	
	DL356	53.594	104.562	155.757	187.589	204.555	246.915	286.786	274.799	219.982	
	DL456	8.170	31.234	71.529	143.470	238.967	328.002	359.953	324.186	243.545	
	DL1234	373.573	363.262	336.482	282.013	223.521	170.779	106.095	54.799	21.169	
	DL1235	371.183	351.033	314.513	249.259	187.740	161.990	139.382	95.960	55.003	
	DL1236	372.175	346.316	302.953	227.523	154.684	125.838	130.785	140.046	126.726	
	DL1245	324.893	288.198	243.231	212.025	216.333	229.446	200.167	136.858	74.338	
	DL1246	325.919	283.450	231.670	190.285	183.271	193.287	191.532	180.938	146.056	
	DL1256	323.698	271.395	209.822	157.599	147.512	184.793	225.418	223.214	184.456	
	DL1345	258.694	243.848	242.269	246.427	250.879	253.135	213.389	142.216	73.831	
	DL1346	259.720	239.101	230.708	224.690	217.821	216.981	204.792	186.303	145.554	
	DL1356	257.481	227.000	208.815	191.994	182.056	208.484	238.677	228.579	183.954	
	DL1456	211.243	164.181	137.577	154.766	210.649	275.939	299.431	269.481	203.329	
	DL2345	158.904	228.883	273.424	282.331	277.312	268.088	219.926	143.527	72.413	
	DL2346	159.927	224.135	261.834	260.630	244.259	231.970	211.329	187.580	144.127	
	DL2356	157.692	212.037	239.974	227.901	208.520	223.433	245.173	229.846	182.519	
	DL2456	111.448	149.212	168.698	190.670	237.113	290.889	305.958	270.744	201.855	
	DL3456	45.248	104.863	167.737	225.074	271.663	314.583	319.218	276.109	201.354	
	DL12345	371.775	368.775	352.469	317.992	288.944	270.796	219.592	143.077	73.030	
	DL12346	372.795	364.021	340.871	296.249	255.880	234.636	210.987	187.124	144.743	
	DL12356	370.574	351.966	319.021	263.560	220.117	226.137	244.835	229.393	183.137	
	DL12456	324.272	289.091	247.734	226.322	248.707	293.595	305.626	270.302	202.518	
	DL13456	258.119	244.750	246.775	260.725	283.252	317.251	318.880	275.662	202.014	
	DL23456	158.280	229.777	277.898	296.666	309.723	332.237	325.377	276.924	200.536	
	DL123456	371.148	369.661	356.932	332.283	321.313	334.910	325.082	276.523	201.213	
ENV		447.620	427.275	377.237	345.655	328.007	344.951	377.800	430.728	439.208	
균 중		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
MAX(Σ)		1919.484	1851.600	1783.675	1741.873	1718.125	1728.206	1769.861	1863.753	1935.025	

8.3.2 S1 종점측(단위:kN)

위 치	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	비 고
자 중	750.492	750.492	750.492	750.492	750.492	750.492	750.492	750.492	750.492	
거푸집	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
합성전	437.240	480.769	480.769	480.769	480.769	480.769	480.769	480.769	438.737	
합성후	276.901	196.078	150.930	134.104	133.296	130.524	144.872	191.735	314.706	-
	301.391	198.485	147.034	131.296	134.257	135.245	150.376	190.499	284.564	내측풍하중
	187.125	192.569	176.850	163.960	159.550	152.138	160.590	196.264	284.099	외측풍하중
ADD	1464.633	1427.339	1382.191	1365.365	1364.557	1361.785	1376.133	1422.996	1503.935	-
	1489.123	1429.746	1378.295	1362.557	1365.518	1366.506	1381.637	1421.760	1473.793	내측풍하중
	1374.857	1423.830	1408.111	1395.221	1390.811	1383.399	1391.851	1427.525	1473.328	외측풍하중
우 측 편 재 하	DB1	1.653	0.667	2.231	6.308	13.711	43.189	104.079	192.729	278.666
	DB2	0.501	2.917	8.060	21.135	49.812	98.102	154.538	172.741	143.444
	DB3	2.461	8.477	24.070	54.371	101.039	150.113	154.796	109.574	56.124
	DB4	20.779	61.769	112.479	154.264	143.857	95.095	50.483	21.862	6.743
	DB5	68.301	122.077	160.992	142.055	90.396	46.806	19.670	8.163	1.708
	DB6	165.081	182.712	146.932	86.803	41.692	16.753	6.677	2.797	0.312
	DB12	1.066	3.042	9.677	22.809	61.865	140.841	258.319	365.303	422.009
	DB13	2.144	8.171	22.802	55.720	112.890	192.747	258.533	302.118	334.608
	DB14	20.332	60.824	111.050	155.509	155.626	137.393	153.493	213.242	277.977
	DB15	69.285	121.435	159.768	143.363	102.127	89.123	122.825	198.121	276.135
	DB16	166.071	182.115	145.702	88.051	53.301	59.004	108.068	193.001	277.858
	DB22	1.002	5.835	16.121	42.291	99.623	196.182	309.075	345.480	286.887
	DB24	20.539	62.076	118.723	175.018	193.415	192.771	204.284	193.414	142.854
	DB25	67.190	122.255	167.210	162.774	139.897	144.497	173.551	178.240	140.952
	DB26	164.005	182.964	153.172	107.467	91.075	114.381	158.818	173.123	142.678
	DB34	22.804	68.689	136.250	208.460	244.781	244.881	204.572	130.263	55.594
	DB35	65.906	128.258	184.386	196.066	191.233	196.549	173.791	115.010	53.601
	DB36	162.699	188.964	170.346	140.760	142.412	166.453	159.037	109.892	55.325
	DB45	87.661	183.577	273.334	296.230	234.164	141.742	69.902	27.995	8.029
	DB46	184.394	244.212	259.234	240.891	185.335	111.486	54.822	22.342	6.414
	DB56	233.336	304.788	307.883	228.770	131.943	63.357	24.264	10.717	1.811
	DB123	2.256	9.834	26.499	69.051	146.333	261.684	371.714	427.357	430.218
	DB124	18.115	55.130	105.656	158.712	184.730	211.846	277.214	347.363	379.202
	DB125	61.468	109.545	149.446	147.747	136.569	168.410	249.588	333.744	377.508
	DB126	148.580	164.167	136.797	97.960	92.638	141.298	236.301	329.131	379.065
	DB134	20.156	61.102	121.436	188.799	230.949	258.739	277.466	290.534	300.670
	DB135	60.306	114.946	164.906	177.697	182.759	215.245	249.776	276.822	298.912
	DB136	147.419	169.570	152.260	127.934	138.834	188.159	236.512	272.211	300.448
	DB145	79.650	164.510	244.779	267.750	221.327	165.494	155.309	196.929	248.065
	DB146	166.766	219.155	232.134	217.966	177.401	138.407	142.045	192.317	249.601
	DB156	210.814	273.690	275.970	207.027	129.242	94.956	114.432	178.716	247.948
	DB234	20.467	62.235	128.375	206.367	264.970	308.588	323.181	272.675	179.065
	DB235	58.433	115.689	171.607	195.172	216.763	265.094	295.451	258.935	177.232
	DB236	145.550	170.335	158.962	145.409	172.837	237.986	282.187	254.326	178.791
	DB245	77.780	165.275	251.483	285.226	255.333	215.343	200.984	179.042	126.385
	DB246	164.892	219.896	238.832	235.437	211.381	188.231	187.718	174.431	127.943
	DB256	208.942	274.435	282.690	224.501	163.223	144.780	160.103	160.826	126.267

우 측 편 재 하	DB345	76.618	170.677	266.944	315.178	301.526	262.202	201.195	122.121	47.768	
	DB346	163.731	225.300	254.297	265.414	257.600	235.096	187.933	117.535	49.331	
	DB356	207.779	279.836	298.133	254.475	209.440	191.642	160.316	103.907	47.651	
	DB456	227.371	329.625	378.193	344.606	248.068	142.316	66.837	25.636	6.958	
	DB1234	16.751	51.264	105.995	172.957	229.673	289.112	347.112	371.634	358.065	
	DB1235	49.533	96.005	142.135	163.679	189.510	252.882	324.020	360.204	356.581	
	DB1236	122.132	141.530	131.601	122.210	152.916	230.287	312.971	356.377	357.871	
	DB1245	65.652	137.311	208.692	238.709	221.660	211.417	245.308	293.628	314.213	
	DB1246	138.251	182.835	198.156	197.237	185.041	188.816	234.233	289.774	315.496	
	DB1256	174.960	228.297	234.689	188.128	144.913	152.632	211.241	278.458	314.121	
	DB1345	64.684	141.813	221.574	263.684	260.163	250.471	245.478	246.195	248.702	
	DB1346	137.283	187.337	211.038	222.212	223.545	227.872	234.405	242.364	249.990	
	DB1356	173.992	232.800	247.571	213.104	183.417	191.686	211.411	231.025	248.610	
	DB1456	190.112	274.104	314.126	288.131	215.542	150.215	132.673	164.441	206.217	
	DB2345	63.110	142.435	227.176	278.237	288.490	291.979	283.516	231.292	147.304	
	DB2346	135.706	187.957	216.619	236.765	251.873	269.402	272.465	227.442	148.591	
	DB2356	172.418	233.421	253.174	227.657	211.743	233.194	249.448	216.121	147.212	
	DB2456	188.537	274.726	319.730	302.686	243.872	191.748	170.735	149.523	104.841	
	DB3456	187.569	279.228	332.612	327.660	282.374	230.781	170.906	102.111	39.334	
	DB12345	63.941	142.041	226.285	279.279	297.371	323.945	361.344	375.711	356.196	
	DB12346	136.540	187.566	215.750	237.809	260.755	301.368	350.274	371.882	357.485	
	DB12356	173.248	233.007	252.302	228.700	220.625	265.160	327.278	360.541	356.104	
	DB12456	189.367	274.313	318.858	303.728	252.753	223.712	248.542	293.959	313.711	
	DB13456	188.399	278.814	331.740	328.702	291.254	262.744	248.710	246.525	248.199	
	DB23456	186.846	279.438	337.323	343.256	319.583	304.277	286.774	231.629	146.828	
	DB123456	187.679	279.047	336.453	344.300	328.464	336.240	364.578	376.043	355.694	
	DL1	1.609	0.813	2.796	8.054	17.653	47.977	106.064	186.568	284.317	
	DL2	0.551	3.618	10.237	23.867	51.070	95.170	147.208	166.644	151.207	
	DL3	2.976	10.713	26.794	55.234	96.921	140.962	146.123	107.664	62.996	
	DL4	26.653	63.335	107.572	144.945	135.375	92.063	51.950	25.259	8.312	
	DL5	75.184	118.990	152.432	133.651	87.746	48.425	22.422	10.267	2.000	
	DL6	170.747	177.737	141.080	85.528	43.715	19.571	8.407	3.457	0.312	
	DL12	1.105	3.716	12.217	27.796	66.833	142.513	252.816	352.970	435.387	
	DL13	2.488	10.239	26.265	58.729	112.455	188.144	251.681	293.969	347.071	
	DL14	25.807	62.207	106.754	148.327	150.802	138.827	156.532	210.042	285.024	
	DL15	75.861	118.244	151.887	137.080	103.111	95.204	127.234	193.893	281.962	
	DL16	171.487	177.134	140.599	88.882	58.913	66.225	111.668	187.552	283.271	
	DL22	1.105	7.237	20.475	47.763	102.104	190.333	294.377	333.281	302.409	
	DL24	26.187	64.430	115.795	168.307	186.088	186.682	198.137	190.349	152.039	
	DL25	73.941	119.924	160.628	156.932	138.372	143.027	168.780	174.131	148.898	
	DL26	169.562	178.808	149.302	108.728	94.170	114.048	153.218	167.800	150.253	
	DL34	28.983	72.331	133.930	199.928	232.165	232.591	197.137	131.392	63.912	
	DL35	73.222	126.997	178.306	188.356	184.410	188.915	167.652	115.029	60.636	
	DL36	168.845	185.885	166.986	140.190	140.214	159.938	152.086	108.689	61.945	
	DL45	99.190	181.677	259.629	278.400	222.974	140.236	73.981	33.469	9.656	
	DL46	194.699	240.432	248.256	230.159	178.744	111.115	58.004	26.463	7.711	
	DL56	245.868	296.728	293.453	219.052	131.249	67.709	28.840	13.370	2.010	

우 측 편 재 하	DL123	2.537	12.248	31.517	74.177	147.040	254.919	358.969	414.553	448.394	
	DL124	23.015	57.144	103.659	154.593	181.439	210.480	273.326	338.989	392.458	
	DL125	67.310	107.430	144.177	144.425	138.487	171.188	246.906	324.434	389.683	
	DL126	153.401	160.411	134.013	101.074	98.737	145.115	232.914	318.718	390.906	
	DL134	25.523	64.229	119.960	183.053	222.891	251.784	272.391	285.919	313.129	
	DL135	66.664	113.772	160.070	172.712	179.908	212.482	245.891	271.236	310.237	
	DL136	152.765	166.793	149.914	129.369	140.167	186.419	231.944	265.566	311.477	
	DL145	89.761	162.699	233.060	253.647	214.550	168.163	160.338	195.795	254.548	
	DL146	175.815	215.703	222.887	210.256	174.760	142.082	146.341	190.106	255.737	
	DL156	221.813	266.357	263.629	200.189	131.868	102.857	119.975	175.609	253.022	
	DL234	25.859	66.220	128.075	201.015	254.646	294.864	309.848	268.196	193.491	
	DL235	64.929	115.279	167.920	190.595	211.645	255.534	283.291	253.443	190.482	
	DL236	151.028	168.295	157.757	147.211	171.894	229.462	269.303	247.766	191.717	
	DL245	88.024	164.201	240.902	271.488	246.276	211.173	197.730	177.997	134.791	
	DL246	174.078	217.205	230.731	228.101	206.491	185.130	183.738	172.312	135.982	
	DL256	220.078	267.862	271.476	218.067	163.597	145.867	157.362	157.772	133.254	
	DL345	87.394	170.589	256.840	299.786	287.706	252.474	196.722	124.838	55.357	
	DL346	173.434	223.550	246.627	256.421	247.913	226.392	182.725	119.120	56.580	
	DL356	219.448	274.250	287.414	246.365	205.027	187.168	156.355	104.613	53.820	
	DL456	242.816	323.449	360.598	327.381	239.730	143.392	72.085	31.244	8.220	
	DL1234	21.094	54.502	106.258	170.115	223.818	281.092	337.368	363.203	374.251	
	DL1235	54.760	95.649	139.636	161.484	188.001	248.319	315.262	350.974	371.840	
	DL1236	126.496	139.803	131.165	125.348	154.882	226.590	303.598	346.220	372.811	
	DL1245	73.994	136.385	200.423	228.882	216.839	211.377	243.937	288.084	325.374	
	DL1246	145.696	180.569	191.954	192.750	183.726	189.657	232.317	283.347	326.398	
	DL1256	184.033	222.774	225.897	184.372	147.954	156.947	210.329	271.256	324.146	
	DL1345	73.439	141.708	213.687	252.483	251.387	245.799	243.128	243.812	259.196	
	DL1346	145.175	185.863	205.216	216.346	218.265	224.068	231.464	239.028	260.202	
	DL1356	183.521	228.103	239.162	207.937	182.495	191.359	209.512	226.944	257.956	
	DL1456	202.774	268.890	300.000	275.384	211.347	154.430	138.197	164.095	211.502	
	DL2345	72.008	142.958	220.246	267.341	277.809	281.652	274.301	228.969	159.426	
	DL2346	143.738	187.106	211.737	231.199	244.686	259.923	262.642	224.224	160.444	
	DL2356	182.092	229.358	245.725	222.831	208.920	227.213	240.650	212.125	158.146	
	DL2456	201.294	270.128	306.519	290.269	237.766	190.279	169.333	149.246	111.727	
	DL3456	200.771	275.417	319.777	313.829	272.304	224.691	168.515	104.933	45.537	
	DL12345	72.681	142.551	219.927	270.017	289.454	317.052	353.474	368.705	372.455	
	DL12346	144.372	186.695	211.450	233.878	256.335	295.325	341.817	363.960	373.473	
	DL12356	182.720	228.940	245.400	225.504	220.565	262.616	319.828	351.870	371.221	
	DL12456	201.954	269.677	306.187	292.902	249.403	225.676	248.509	288.989	324.802	
	DL13456	201.445	275.010	319.457	316.506	283.951	260.095	247.695	244.708	258.577	
	DL23456	199.968	276.250	326.010	331.361	310.373	295.948	278.868	229.865	158.808	
	DL123456	200.631	275.803	325.684	334.033	322.019	331.354	358.053	369.649	371.894	
좌 측 편 재 하	DB1	275.637	196.363	104.987	43.492	13.919	6.423	2.250	0.852	1.670	
	DB2	141.254	173.397	155.076	98.434	50.303	21.515	8.146	3.603	0.436	
	DB3	55.064	108.444	154.709	150.219	101.647	55.019	24.304	9.668	2.280	
	DB4	6.952	20.343	50.114	94.335	143.482	154.646	112.854	63.443	20.955	
	DB5	1.862	7.060	19.455	46.186	89.770	141.859	160.953	122.947	69.598	

좌 측 편 재 하	DB6	0.357	2.217	6.608	16.441	41.252	86.453	146.287	181.515	167.463	
	DB12	416.801	369.616	259.771	141.491	62.622	23.305	9.775	3.906	0.997	
	DB13	330.535	304.648	259.338	193.151	113.767	56.512	23.074	9.551	1.976	
	DB14	275.196	215.261	154.027	136.952	155.501	156.033	111.429	62.697	20.621	
	DB15	273.317	200.627	123.512	88.822	101.770	143.287	159.739	122.461	70.565	
	DB16	274.922	196.112	108.906	58.986	53.107	87.842	145.093	181.076	168.461	
	DB22	282.510	346.816	310.134	196.871	100.630	43.055	16.297	7.210	0.872	
	DB24	140.875	192.423	204.442	192.368	193.540	175.805	119.213	64.405	20.616	
	DB25	138.964	177.742	173.865	144.215	139.789	162.967	167.291	123.843	68.391	
	DB26	140.570	173.228	159.261	114.401	91.129	107.524	152.647	182.458	166.287	
	DB34	54.739	127.481	204.103	244.227	245.019	209.514	136.889	71.576	22.785	
	DB35	52.742	112.722	173.482	196.040	191.239	196.524	184.616	130.420	66.984	
	DB36	54.348	108.209	158.878	166.226	142.580	141.082	169.974	189.058	164.885	
	DB45	8.410	25.363	69.311	140.362	233.162	296.421	273.685	186.170	89.263	
	DB46	6.691	20.235	54.372	110.384	184.471	240.942	258.975	244.729	187.054	
	DB56	2.013	9.037	23.957	62.420	130.875	228.224	307.223	304.463	237.037	
	DB123	424.570	430.241	372.953	262.363	147.579	70.108	26.831	11.692	2.044	
	DB124	374.728	349.771	278.164	211.753	185.060	159.519	106.109	57.403	18.191	
	DB125	373.003	336.576	250.683	168.430	136.710	148.038	149.517	111.091	62.554	
	DB126	374.454	332.511	237.536	141.579	92.913	98.133	136.330	163.863	150.648	
	DB134	297.186	291.304	277.872	258.418	231.388	189.849	122.000	63.834	20.137	
	DB135	295.409	278.061	250.314	215.084	182.992	178.232	165.096	117.029	61.284	
	DB136	296.862	274.000	237.192	188.238	139.220	128.333	151.933	169.786	149.399	
	DB145	245.705	197.678	155.599	164.541	220.666	268.040	245.086	166.996	81.082	
	DB146	247.157	193.615	142.455	137.713	176.872	218.138	231.919	219.748	169.174	
	DB156	245.472	180.456	114.965	94.393	128.502	206.656	275.380	273.527	214.120	
	DB234	176.308	270.763	323.228	308.307	265.621	207.662	129.036	65.435	20.370	
	DB235	174.479	257.473	295.651	264.953	217.207	195.953	171.916	118.256	59.317	
	DB236	175.926	253.387	282.502	238.101	173.430	146.029	158.730	171.031	147.433	
	DB245	124.773	177.088	200.912	214.406	254.877	285.737	251.903	168.221	79.115	
	DB246	126.226	173.025	187.788	187.557	211.081	235.832	238.714	220.971	167.204	
	DB256	124.538	159.845	160.299	144.260	162.715	224.375	282.180	274.774	212.156	
	DB345	47.181	118.577	200.569	261.066	301.186	315.958	267.489	174.166	77.869	
	DB346	48.627	114.489	187.418	234.212	257.385	266.029	254.296	226.913	165.957	
	DB356	46.945	101.333	159.952	190.896	209.019	254.573	297.763	280.717	210.908	
	DB456	7.361	22.750	66.222	140.801	246.754	344.484	377.945	330.887	230.965	
	DB1234	353.534	372.783	347.845	289.113	230.425	174.141	106.551	54.049	16.670	
	DB1235	352.037	361.731	324.865	252.985	190.082	164.422	142.380	98.269	50.265	
	DB1236	353.234	358.339	313.916	230.613	153.585	122.817	131.409	142.218	123.680	
	DB1245	310.623	294.765	245.931	210.877	221.464	239.261	209.050	139.889	66.758	
	DB1246	311.821	291.373	234.983	188.506	184.988	197.657	198.061	183.860	140.175	
	DB1256	310.414	280.385	212.073	152.416	144.678	188.102	234.288	228.679	177.643	
	DB1345	245.945	245.974	245.623	249.737	260.049	264.428	222.037	144.846	65.723	
	DB1346	247.142	242.582	234.673	227.363	223.550	222.821	211.043	188.792	139.136	
	DB1356	245.742	231.621	211.792	191.281	183.267	213.292	247.275	233.634	176.586	
	DB1456	204.326	164.651	132.834	149.168	214.644	288.105	313.920	275.250	193.075	
	DB2345	145.178	228.822	283.400	291.293	288.559	279.171	227.701	145.867	64.067	

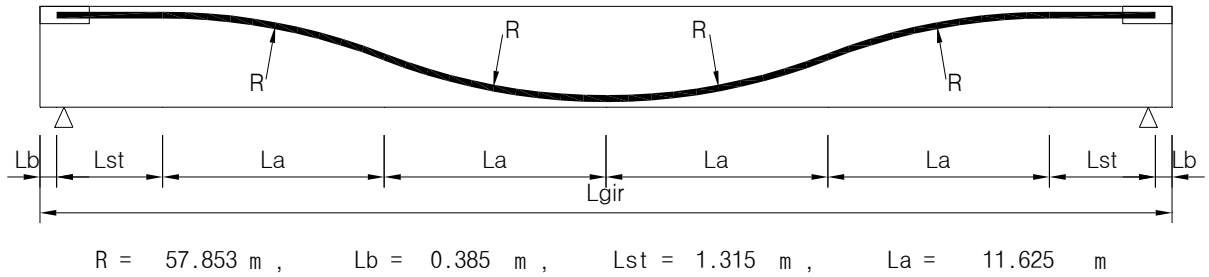
좌 측 편 재 하	DB2346	146.375	225.430	272.451	268.921	252.062	237.588	216.712	189.838	137.485	
	DB2356	144.974	214.468	249.568	232.837	211.777	228.036	252.942	234.658	174.953	
	DB2456	103.555	147.476	170.609	190.724	243.155	302.873	319.592	276.299	191.448	
	DB3456	38.883	98.711	170.326	229.589	281.744	328.041	332.596	281.232	190.388	
	DB12345	351.793	375.990	361.898	323.497	297.653	280.306	226.841	145.571	64.907	
	DB12346	353.014	372.603	350.951	301.127	261.157	238.723	215.852	189.542	138.325	
	DB12356	351.612	361.638	328.065	265.018	220.847	229.167	252.079	234.360	175.792	
	DB12456	310.198	294.671	249.110	222.930	252.228	304.005	318.728	275.998	192.264	
	DB13456	245.521	245.883	248.824	261.791	290.814	329.172	331.712	280.932	191.225	
	DB23456	144.754	228.731	286.602	303.349	319.327	343.940	337.384	281.981	189.598	
	DB123456	351.366	375.894	365.073	335.526	328.395	345.069	336.518	281.680	190.414	
	DL1	278.136	192.592	107.256	48.309	17.880	8.177	2.822	1.044	1.642	
	DL2	147.618	168.103	148.041	95.651	51.699	24.323	10.324	4.489	0.467	
	DL3	61.676	106.371	146.004	141.168	97.821	56.056	27.064	12.237	2.727	
	DL4	8.635	23.330	51.479	91.006	134.764	145.526	108.093	65.360	26.729	
	DL5	2.209	8.864	22.188	47.663	86.891	133.324	152.363	119.900	76.885	
	DL6	0.371	2.719	8.342	19.186	43.175	85.058	140.118	175.460	174.852	
	DL12	425.645	360.530	254.892	143.354	67.767	28.368	12.303	4.810	1.005	
	DL13	339.589	298.734	252.754	188.664	113.615	59.712	26.540	11.995	2.256	
	DL14	279.319	213.987	157.292	138.090	150.488	149.034	107.278	64.463	25.878	
	DL15	276.100	198.460	128.183	94.801	102.559	136.921	151.831	119.354	77.588	
	DL16	277.249	192.894	112.787	66.178	58.632	88.563	139.603	175.002	175.598	
	DL22	295.245	336.246	296.092	191.311	103.406	48.684	20.654	8.982	0.935	
	DL24	148.870	189.685	198.530	186.111	186.112	169.349	116.418	67.315	26.134	
	DL25	145.619	174.094	169.361	142.752	138.146	157.066	160.663	121.720	75.502	
	DL26	146.770	168.533	153.972	114.168	94.228	108.716	148.444	177.407	173.523	
	DL34	62.999	127.965	196.538	231.736	232.423	201.357	134.731	75.881	28.779	
	DL35	59.587	112.259	167.275	188.327	184.418	188.876	178.519	129.551	74.569	
	DL36	60.738	106.698	151.888	159.748	140.505	140.565	166.305	185.243	172.593	
	DL45	10.213	30.102	73.256	138.419	221.505	278.661	260.099	184.711	101.054	
	DL46	8.119	23.778	57.451	109.666	177.599	230.316	247.845	240.317	198.973	
	DL56	2.281	11.245	28.538	66.546	129.851	218.246	292.383	295.346	251.659	
	DL123	438.459	420.169	360.688	255.813	148.635	75.458	31.842	14.599	2.248	
	DL124	384.096	343.838	274.765	210.254	181.724	155.661	104.245	59.964	22.980	
	DL125	381.227	329.858	248.526	171.274	138.554	144.693	144.229	109.209	68.760	
	DL126	382.232	324.861	234.687	145.524	99.057	101.170	133.233	159.289	156.964	
	DL134	306.808	288.286	272.990	251.311	223.399	184.449	120.715	67.685	25.362	
	DL135	303.835	274.209	246.667	212.252	180.189	173.300	160.286	116.268	67.932	
	DL136	304.842	269.217	232.837	186.544	140.703	129.820	149.298	166.355	156.138	
	DL145	249.661	197.998	160.793	166.835	213.508	253.985	233.467	165.590	91.435	
	DL146	250.710	193.010	146.959	141.087	173.981	210.500	222.479	215.712	179.652	
	DL156	247.836	179.023	120.739	102.080	130.815	199.579	262.666	265.291	227.081	
	DL234	189.405	266.415	310.072	294.506	255.454	202.711	128.917	70.242	25.587	
	DL235	186.372	252.288	283.741	255.463	212.231	191.453	168.221	118.393	66.047	
	DL236	187.411	247.263	269.905	229.715	172.737	147.968	157.231	168.478	154.253	
	DL245	132.241	176.082	197.869	210.013	245.551	272.144	241.445	167.760	89.567	
	DL246	133.235	171.044	184.022	184.257	206.019	228.653	230.451	217.842	177.773	

좌 측 편 재 하	DL256	130.418	157.116	157.827	145.305	162.905	217.782	270.650	267.429	225.204	
	DL345	54.798	120.417	195.968	250.987	287.187	300.787	257.506	174.824	88.741	
	DL346	55.839	115.393	182.131	225.268	247.655	257.262	246.509	224.903	176.945	
	DL356	53.026	101.467	155.968	186.283	204.540	246.389	286.707	274.489	224.376	
	DL456	8.811	27.596	71.384	141.382	237.926	327.208	360.142	324.141	248.230	
	DL1234	366.320	366.314	338.470	281.060	224.704	171.655	106.961	58.015	20.870	
	DL1235	363.794	354.530	316.549	248.532	188.736	162.328	139.879	98.350	55.734	
	DL1236	364.625	350.389	305.024	227.081	155.807	126.051	130.729	140.115	129.240	
	DL1245	318.655	291.027	244.964	210.650	216.474	229.556	200.883	139.473	75.300	
	DL1246	319.520	286.857	233.437	189.194	183.539	193.272	191.695	181.231	148.800	
	DL1256	317.155	275.248	211.636	156.731	147.593	184.238	225.213	222.560	188.310	
	DL1345	254.137	244.662	243.418	244.824	251.169	253.422	214.252	145.366	74.625	
	DL1346	255.002	240.492	231.892	223.370	218.239	217.144	205.103	187.131	148.132	
	DL1356	252.620	228.837	210.045	190.898	182.287	208.106	238.620	228.459	187.641	
	DL1456	207.532	165.351	138.504	153.021	210.025	275.333	299.593	269.584	207.247	
	DL2345	156.279	226.391	274.321	280.791	277.857	268.545	220.893	147.174	73.083	
	DL2346	157.140	222.219	262.765	259.373	244.931	232.302	211.744	188.905	146.580	
	DL2356	154.762	210.568	240.952	226.867	209.005	223.225	245.220	230.224	186.081	
	DL2456	109.668	147.075	169.373	188.986	236.744	290.453	306.224	271.346	205.647	
	DL3456	45.150	100.710	167.828	223.163	271.443	314.324	319.632	277.246	204.979	
	DL12345	364.761	370.699	354.420	316.444	289.733	271.314	220.569	146.862	73.725	
	DL12346	365.620	366.523	342.856	294.984	256.796	235.029	211.411	188.587	147.220	
	DL12356	363.255	354.914	321.054	262.519	220.846	225.989	244.892	229.909	186.723	
	DL12456	318.105	291.371	249.462	224.631	248.582	293.219	305.901	271.041	206.335	
	DL13456	253.632	245.016	247.920	258.807	283.277	317.052	319.303	276.936	205.664	
	DL23456	155.726	226.735	278.791	294.810	310.002	332.208	325.905	278.697	204.061	
	DL123456	364.205	371.036	358.879	330.418	321.835	334.942	325.618	278.432	204.764	
ENV		438.459	430.241	378.193	344.606	328.464	345.069	377.945	427.357	448.394	
균 중		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
MAX(Σ)		1927.582	1859.987	1786.304	1739.827	1719.275	1728.468	1769.796	1854.882	1952.329	

9. 프리스트레스

9.1 마찰에 의한 손실

(1) 일체긴장 강연선(T1)



▷ 지간중양부의 접선변화각 누계

$$\alpha = 2 \cdot \sin^{-1}(La / R) = 0.405 \text{ rad}$$

▷ 지간중양부까지의 강선길이

$$x = Lst + \alpha \cdot R = 1.315 + 0.405 \times 57.853 = 24.724 \text{ m}$$

▷ 마찰손실량 산정

- 곡률마찰계수 (μ) = 0.250

- 파상마찰계수 (κ) = 0.005

$$\Delta Ppf = Po - Px = Po \cdot [1 - e^{-(\mu \alpha + \kappa x)}] = 277806 \text{ N}$$

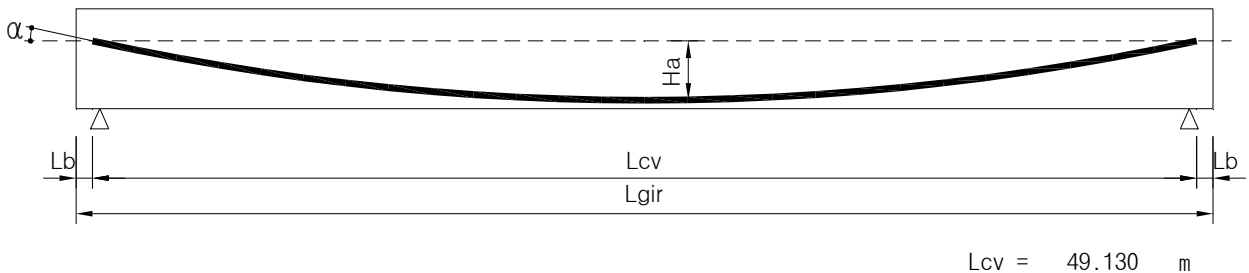
(2) 일체긴장 강봉 (C1, C2 압축 PS강봉은 직선으로 배치되어 있으므로 곡률마찰손실은 없다.)

- 지간중양부까지의 강봉길이(x) = 24.565 m

- 파상마찰계수 (κ) = 0.008

$$\Delta Ppf = Po - Px = Po \cdot [1 - e^{-\kappa x}] = 246213 \text{ N}$$

(3) 일반 강연선(T2 ~ T5)



▷ $y = a \cdot x^2$ 에서 $a = 4 \cdot Ha / Lcv^2$

▷ 지간중양부의 접선변화각 누계 (α) = $\tan^{-1}(a \times Lcv)$

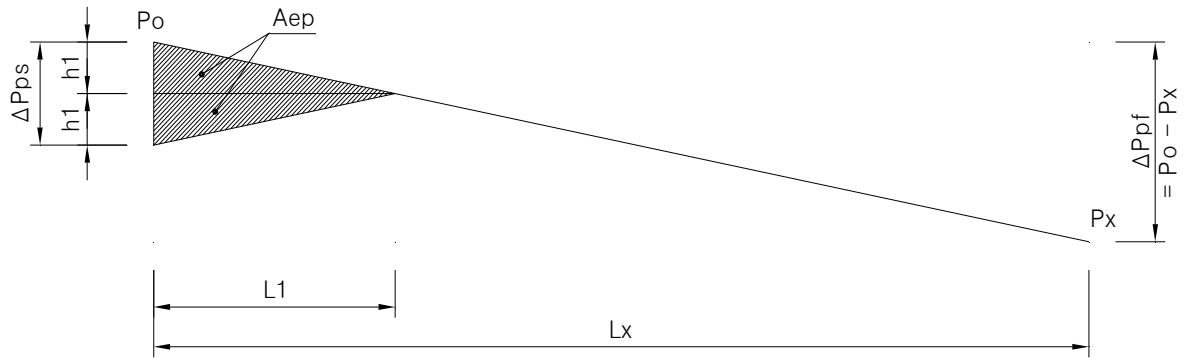
▷ 강선의 총길이(Lt) = $Lcv + \frac{8 Ha^2}{3 Lcv} - \frac{32 Ha^4}{5 Lcv^3}$

▷ 지간중양부까지의 강선길이(x) = $Lt / 2$

▷ 마찰손실량 (ΔPpf) = $Po - Px = Po \cdot [1 - e^{-(\mu \alpha + \kappa x)}]$

	Ha	a	α (rad)	Lt	x	μ	κ	ΔPpf
T2	1.625	0.002693	0.13154	49.273	24.636	0.250	0.005	469619
T3	1.125	0.001864	0.09134	49.199	24.599	0.250	0.005	441013
T4	0.625	0.001036	0.05084	49.151	24.576	0.250	0.005	412094
T5	0.125	0.000207	0.01018	49.131	24.565	0.250	0.005	382950

9.2 정착장치 활동에 의한 손실



- ▷ 정착장치 활동량 가정 : $\Delta \ell : 6 \text{ mm}$
- ▷ PS강재의 단위길이당 마찰손실력(p) = $\Delta P_{pf} / L_x$
- ▷ 정착장치 활동에 의한 손실발생 길이(L_1)

$$A_{ep} = \Delta \ell \cdot A_p \cdot E_p$$

$$h_1 = \Delta P_{pf} \times L_1 / L_x = p \times L_1$$

$$A_{ep} = h_1 \times L_1 = p \times L_1^2$$

$$L_1 = \sqrt{A_{ep} / p}$$

- ▷ 긴장단에서의 손실력(ΔP_{ps}) = $2 \cdot p \cdot L_1$

- ▷ 지간중앙부에서의 손실력(ΔP_{px})

$$L_x \leq L_1 \text{ 이면 } \Delta P_{px} = \Delta P_{ps} \cdot (1 - L_x / L_1)$$

$$L_x > L_1 \text{ 이면 } \Delta P_{px} = 0$$

단위	L_x	p	A_{ep}	L_1	ΔP_{ps}	ΔP_{px}
	m	N/m	N · m	m	N	N
C1	24.565	5011	1508400	17.349	173888	0
C2	24.565	5011	1508400	17.349	173888	0
T1	24.724	11236	1165080	10.183	228832	0
T2	24.636	19062	2663040	11.820	450611	0
T3	24.599	17928	2663040	12.188	437002	0
T4	24.576	16768	2663040	12.602	422634	0
T5	24.565	15589	2663040	13.070	407500	0

9.3 콘크리트의 탄성변형에 의한 손실

- ▶ 긴장순서는 T2 → T5 순으로 하고, 그 이후에 일체긴장 PS강재(C1, C2, T1)를 긴장하는 것으로 가정한다.
또한, 일체긴장 PS강재를 긴장할 때는 거더의 탄성변형이 발생하지 않으므로 계산에서 제외한다.

▶ $f_{cir} = \epsilon_c \cdot E_{ci}$, $\Delta f_{pe} = \epsilon_p \cdot E_{pt}$, $\epsilon_c = \epsilon_p$

▶ $\Delta f_{pe} = \epsilon_p \cdot E_{pt} = (E_{pt}/E_{ci}) \cdot f_{cir} = n \cdot f_{cir}$

$$f_{cir} = \sum f_{psi} + f_{sw} / N$$

$$(E_{pt} / E_{ci}) = n$$

$$f_{sw} = M_{sw} \cdot e / I_{net}$$

$$\sum f_{psi} = \begin{cases} \text{①강선 경우 : } f_{ps2} + f_{ps3} + f_{ps4} \cdots f_{psN} \\ \text{②강선 경우 : } f_{ps3} + f_{ps4} \cdots f_{psN} \\ \text{③강선 경우 : } f_{ps4} \cdots f_{psN} \\ \cdots \\ \text{④강선 경우 : } 0 \end{cases}$$

$$f_{psi} = P_r / A_{net} + P_r \cdot e^2 / I_{net}$$

- 긴장회수(N) = 4 회
- PS 강연선의 탄성계수(E_{pt}) = 200000 Mpa
- 프리스트레스 도입시 콘크리트 탄성계수(E_{ci}) = 29070 Mpa
- 탄성계수비(n) = 6.880042
- e : 순단면 도심에서 PS강재 중심까지의 편심
- $P_r = P_o - \Delta P_{pf} - \Delta P_{ps}$
- f_{cir} : 정착직후 자중과 프리스트레스에 의해 발생하는 PS강재 중심에서의 콘크리트 응력
- 순단면의 단면정수 : $A_{net} = 1.01095 \text{ m}^2$, $I_{net} = 0.87631 \text{ m}^4$
- 거더자중에 의한 지간 중앙부의 휨모멘트(M_{sw}) = 8215500 N·m

	P_o	ΔP_{pf}	ΔP_{px}	P_r	e	긴장 순서
T2	3250000	-469619	0	2780381	-1.002517	4
T3	3250000	-441013	0	2808987	-1.002517	1
T4	3250000	-412094	0	2837906	-1.002517	2
T5	3250000	-382950	0	2867050	-1.002517	3

	f_{psi}	$\sum f_{psi}$	f_{sw}/N	f_{cir}	Δf_{pe}	ΔP_{pe}
T3	6.000	18.125	-2.350	15.776	108.536	240.864
T4	6.062	12.063	-2.350	9.714	66.830	148.309
T5	6.124	5.939	-2.350	3.589	24.695	54.803
T2	5.939	0.000	-2.350	-2.350	-16.166	-35.875
Σ	24.125	36.127	-9.399	26.729	183.895	408.100

Δf_{pe} 의 평균치 : 45.974 MPa

ΔP_{pe} 의 평균치 : 102.025 kN

9.4 프리스트레싱에 의한 단면력 요약(지간중앙부)

▶ 순 긴장력 = 초기 긴장력 - 마찰에 의한 손실 - 정착장치 활동에 의한 손실 - 탄성변형에 의한 손실

	초기긴장력	마찰손실력	활동손실력	탄성손실력	순 긴장력	편심거리	휨모멘트
	Po (N)	Ppf (N)	Pps (N)	Ppe (N)	Pnet (N)	e (m)	M (N · m)
C1	-690000	123106	0	0	-566894	1.34748	-763880
C2	-690000	123106	0	0	-566894	1.34748	-763880
PS강봉 소계(압축)					-1133787	1.34748	-1527759
T1	1380000	-277806	0	0	1102194	-1.01252	-1115990
T2	3250000	-469619	0	35875	2816256	-1.00252	-2823344
T3	3250000	-441013	0	-240864	2568123	-1.00252	-2574586
T4	3250000	-412094	0	-148309	2689598	-1.00252	-2696366
T5	3250000	-382950	0	-54803	2812248	-1.00252	-2819325
PS강연선 소계(인장)					11988418	-1.00383	-12029610

10. 응력검토

10.1 G1거더 응력산출

▶ 하중단계별 휨모멘트 요약

		기호	Pnet	e	M	저항단면
			(kN)	(m)	(kN · m)	
거더 자중		sw			8215.50	순단면(net)
PS	강봉	gb	-1134	1.347	-1527.76	
	강선	gs	11988	-1.004	-12029.61	
합성전 고정하중		bl			5124.50	PS강재 환산단면(conv)
합성후 고정하중		al			2679.60	바닥판 합성단면(comp)
최대활하중		ll			3297.60	
균중하중		gj			0.00	

※ Pnet : 즉시손실을 고려한 순긴장력(도입긴장력)

10.1.1 자중에 의한 응력산정

$$f_{sw} = \frac{M_{sw}}{I_{net}} \cdot y = \frac{8216}{0.87631} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

	단위	바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
y	m			1.472	-1.128			
f _{sw}	MPa			13.805	-10.571			

10.1.2 프리스트레스 도입량 산정

▷ 거더에 축력을 작용시키는 강선의 순긴장력(Pn) = P_{C1} + P_{C2} + P_{T1} + P_{T2} + P_{T3} + P_{T4} + P_{T5} = 10855 kN

▷ PS강재의 응력산정식(강재기준으로 보면 Pnet와 반대방향으로 하중이 작용하므로)

$$f_{gb} = \frac{P_{net}}{A_{gb}} = \frac{1134}{0.002514} = 450.989 \text{ MPa}$$

$$f_{gs} = \frac{P_{net}}{A_{gs}} = \frac{-11988}{0.0098477} = -1217.383 \text{ MPa}$$

▷ 거더의 응력산정식

$$f_{ps} = \frac{P_n}{A_{net}} + \frac{M_{gb} + M_{gs}}{I_{net}} \cdot y = \frac{10855}{1.011} + \frac{-13557}{0.87631} \cdot y$$

	단위	바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
y	m			1.472	-1.128	1.347	-1.004	
f _{ps}	MPa			-12.044	28.181	450.989	-1217.383	

10.1.3 합성전 고정 하중에 의한 응력산정

$$f_{bl} = n \cdot \frac{M_{bl}}{I_{conv}} \cdot y = n \cdot \frac{5124.50}{0.96846} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

	단위	바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
n		0.9		1.000		6.474	6.474	
y	m	1.184	0.944	0.944	-1.656	0.819	-1.532	
f _{bl}	MPa	1.443	1.150	1.278	-2.241	7.178	-13.422	

10.1.4 합성후 고정 하중에 의한 응력산정

$$f_{al} = n \cdot \frac{M_{al}}{I_{comp}} \cdot y = n \cdot \frac{2679.60}{1.97981} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

	단위	바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
n		0.9		1.000		6.474	6.474	
y	m	1.184	0.944	0.944	-1.656	0.819	-1.532	
f _{al}	MPa	1.443	1.150	1.278	-2.241	7.178	-13.422	

10.1.5 활하중에 의한 응력산정

$$f_{ll} = n \cdot \frac{M_{ll} + M_{gj}}{I_{comp}} \cdot y = n \cdot \frac{3297.6 + 0}{1.97981} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

	단위	바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
n		0.9		1.000		6.474	6.474	
y	m	1.184	0.944	0.944	-1.656	0.819	-1.532	
f _{ll}	MPa	1.775	1.415	1.573	-2.758	8.834	-16.517	

10.1.6 건조수축에 의한 손실

※ 안전측의 계산을 위해 건조수축에 의한 일체긴장 강봉(C1,C2)의 영향은 무시한다.

$$\Delta f_{sh} = 0.80 \cdot (119 - 1.05 \cdot H_r) = 0.80 \cdot (119 - 1.05 \cdot 70) = 36.4 \text{ Mpa}$$

여기서, H_r 은 주위의 연간 평균 상대습도(%)로서 70%를 적용한다.

$$\Delta P_{sh} = \Delta f_{sh} \cdot A_{gs} = -36.4 \times 0.0098 = -358.46 \text{ kN}$$

$$f_{sh} = n \cdot \frac{\Delta P_{sh}}{A_{comp}} + n \cdot \frac{\Delta P_{sh} \times e}{I_{comp}} \cdot y = n \cdot \frac{-358.5}{1.672} + n \cdot \frac{549.1}{1.9798} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

	단위	바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
n		0.9		1.000		6.474	6.474	
y	m	1.184	0.944	0.944	-1.656	0.819	-1.532	
fsh	MPa	0.103	0.043	0.047	-0.674	0.083	4.138	

10.1.7 크리프에 의한 손실

$$\Delta f_{cr} = 12 \cdot f_{cir} - 7 \cdot f_{cds} = 12 \times 16.86 - 7 \times 7.18 = 152.020 \text{ Mpa}$$

$$f_{cir} = (f_{cgb} + f_{cgs}) + f_{csw} = f_{cps} + f_{csw} = 26.27 + -9.41 = 16.86 \text{ Mpa}$$

$$f_{cds} = f_{cbl} + f_{cal} = -5.11 + -2.07 = -7.18 \text{ Mpa}$$

$$f_{cps} = \frac{P_n}{A_{net}} + \frac{M_{gb} + M_{gs}}{I_{net}} \cdot y = \frac{10855}{1.011} + \frac{-13557}{0.87631} \cdot -1.004 = 26.267 \text{ MPa}$$

$$f_{csw} = \frac{M_{sw}}{I_{net}} \cdot y = \frac{8216}{0.87631} \cdot -1.004 = -9.411 \text{ MPa}$$

$$f_{cbl} = \frac{M_{bl}}{I_{conv}} \cdot y = \frac{5125}{0.96846} \cdot -0.965 = -5.106 \text{ MPa}$$

$$f_{cal} = \frac{M_{al}}{I_{comp}} \cdot y = \frac{2680}{1.97981} \cdot -1.532 = -2.073 \text{ MPa}$$

여기서, f_{cir} 은 정착직후 프리스트레스와 자중에 의해 발생하는 PS강선 중심에서의 콘크리트 응력

f_{cds} 는 긴장 이후의 모든 고정하중에 의해 발생하는 PS강선 중심에서의 콘크리트 응력

$$\Delta P_{cr} = \Delta f_{cr} \cdot A_{gs} = -152.020 \times 0.0098 = -1497.051 \text{ kN}$$

$$f_{cr} = n \cdot \frac{\Delta P_{cr}}{A_{comp}} + n \cdot \frac{\Delta P_{cr} \times e}{I_{comp}} \cdot y = n \cdot \frac{-1497.051}{1.6720} + n \cdot \frac{2293.116}{1.9798} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

	단위	바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
n		0.9		1.000		6.474	6.474	
y	m	1.184	0.944	0.944	-1.656	0.819	-1.532	
fcr	MPa	0.429	0.178	0.198	-2.813	0.346	17.282	

10.1.8 강봉의 릴렉세이션

$$\Delta f_{rgb} = (f_{ps} + f_{bl} + f_{al}) \times 3\%$$

$$= (450.99 + 47.48 + 7.18) \times 0.03 = 15.169 \text{ Mpa}$$

$$\Delta P_{rgb} = \Delta f_{rgb} \cdot A_{gb} = -15.169 \times 0.0025 = -38.136 \text{ kN}$$

$$f_{rgb} = n \cdot \frac{\Delta P_{rgb}}{A_{comp}} + n \cdot \frac{\Delta P_{rgb} \times e}{I_{comp}} \cdot y = n \cdot \frac{-38.136}{1.6720} + n \cdot \frac{-31.242}{1.9798} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

	단위	바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
n		0.9		1.000		6.474	6.474	
y	m	1.184	0.944	0.944	-1.656	0.819	-1.532	
f _{rgb}	MPa	-0.037	-0.034	-0.038	0.003	-0.231	0.009	

10.1.9 강선의 릴렉세이션

$$\Delta f_{rgs} = 35 - 0.07 \cdot \Delta f_{pf} - 0.1 \cdot \Delta f_{pe} - 0.05 \cdot (\Delta f_{sh} + \Delta f_{cr})$$

	A _{gs}	Δ f _{pf}	Δ f _{pe}	Δ f _{sh}	Δ f _{cr}	Δ f _{rgs}
T1	0.000971	286.132	0.000	36.400	152.020	5.550
T2	0.002219	211.616	16.166	36.400	152.020	9.149
T3	0.002219	198.726	-108.536	36.400	152.020	22.522
T4	0.002219	185.695	-66.830	36.400	152.020	19.263
T5	0.002219	172.5621	-24.695	36.400	152.020	15.969
Σ	0.009848	1054.732	-183.895	182.000	760.102	72.453
avg	0.001970	210.946	-36.779	36.400	152.020	14.491

$$\Delta P_{rgs} = \Delta f_{rgs} \cdot A_{gs} = -14.491 \times 0.0098 = -142.70 \text{ kN}$$

$$f_{rgs} = n \cdot \frac{\Delta P_{rgs}}{A_{comp}} + n \cdot \frac{\Delta P_{rgs} \times e}{I_{comp}} \cdot y = n \cdot \frac{-142.70}{1.6720} + n \cdot \frac{218.58}{1.9798} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

	단위	바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
n		0.9		1.000		6.474	6.474	
y	m	1.184	0.944	0.944	-1.656	0.819	-1.532	
f _{rgs}	MPa	0.041	0.017	0.019	-0.268	0.033	1.647	

10.1.10 2차응력검토

(1) 크리프에 의한 단면력 계산

$$\begin{aligned}
 m &= E_{c1} \times I_{c1} / (E_{c2} \times I_{c2}) \\
 &= 30891.0501 \times 9.6846E+11 / 27804.0636 \times 2788992000 = 385.797 \\
 B &= 1 + m = 1 + 385.797 = 386.797 \\
 C &= Y_1' - m \times Y_2 = 1.51102318 - 385.797 \times 0.12 = -44.785 \text{ m} \\
 F &= Y_1'^2 + \gamma_{c1}^2 + m \times \gamma_{c2}^2 + m \times Y_2^2 \\
 &= 2.283 + 0.888 + 385.797 \times 0.005 + 385.797 \times 0.014 \\
 &= 10.578 \\
 P &= (1383.68 + 1153.05082) / 2 \times (138.7 \times 71) \\
 &= 12490482 \text{ N} \\
 K &= \phi_{\infty} / (1 + \phi_{\infty}) = 0.792 \\
 K' &= \phi_t / (1 + \phi_{\infty}) = 0.500 \\
 \text{여기서, } \phi_{\infty} &= 3.800 \text{ (콘크리트 초기재령 ~ } T=\infty \text{까지의 크리프 계수)} \\
 \phi_t &= 2.400 \text{ (바닥판 합성후 ~ } T=\infty \text{까지의 크리프 계수)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_{\phi} &= - K' / (C^2 - BF) \\
 &\times [P \{ B (Y_1' \text{ ep3} - \gamma_{c1}^2) - C \text{ ep3} \} \\
 &+ Md1 \times (C - B Y_1')] \\
 &- K / (C^2 - BF) \times M_{d2} (C - B Y_1') \\
 &= -1673009.932 \text{ N} \\
 M_{\phi} &= - K' / (BF - C^2) \\
 &\times [P \{ C (Y_1' \text{ ep3} - \gamma_{c1}^2) - F \text{ ep3} \} \\
 &+ Md1 \times (F - C Y_1')] \\
 &- K / (BF - C^2) \times M_{d2} (F - C Y_1') \\
 &= -199234.558 \text{ N.m}
 \end{aligned}$$

(2) 건조수축에 의한 단면력 계산

$$\begin{aligned}
 N_s &= \epsilon_s E_{c1} I_{c1} \times (B / (BF - C^2)) \times (1 / (1 + \phi_{\infty})) \\
 &= 115571.901 \text{ N} \\
 M_s &= \epsilon_s E_{c1} I_{c1} \times (C / (C^2 - (BF))) \times (1 / (1 + \phi_{\infty})) \\
 &= 13381.291 \text{ N.m}
 \end{aligned}$$

(3) 크리프에 의한 2차 응력

$$f_{c2}' = - N_{\phi} / A_{c2} - ((M_{\phi} - N_{\phi} Y_2) Y_2' / I_{c2}) : \text{슬래브 상면응력}$$

$$= 2.814 \text{ MPa}$$

$$f_{c2} = - N_{\phi} / A_{c2} + ((M_{\phi} - N_{\phi} Y_2) Y_2 / I_{c2}) : \text{슬래브 하면응력}$$

$$= 2.945 \text{ MPa}$$

$$f_{c1}' = N_{\phi} / A_{c1} + ((M_{\phi} + N_{\phi} Y_1') Y_1' / I_{c1}) : \text{거더 상면응력}$$

$$= -5.789 \text{ MPa}$$

$$f_{c1} = N_{\phi} / A_{c1} - ((M_{\phi} + N_{\phi} Y_1') Y_1 / I_{c1}) : \text{거더 하면응력}$$

$$= 1.533 \text{ MPa}$$

(4) 건조수축에 의한 2차 응력

$$f_{s2}' = - N_s / A_{c2} - ((M_s - N_s Y_2) Y_2' / I_{c2}) : \text{슬래브 상면응력}$$

$$= -0.178 \text{ MPa}$$

$$f_{s2} = - N_s / A_{c2} + ((M_s - N_s Y_2) Y_2 / I_{c2}) : \text{슬래브 하면응력}$$

$$= -0.220 \text{ MPa}$$

$$f_{s1}' = N_s / A_{c1} + ((M_s + N_s Y_1') Y_1' / I_{c1}) : \text{거더 상면응력}$$

$$= 0.399 \text{ MPa}$$

$$f_{s1} = N_s / A_{c1} - ((M_s + N_s Y_1') Y_1 / I_{c1}) : \text{거더 하면응력}$$

$$= -0.105 \text{ MPa}$$

(5) 2차 응력 집계

	단위	바닥판		거더		PS 강재		비고
		상면	하면	상면	하면	강봉	강선	
y	m	0.12	-0.12	1.511	-1.089	1.386	-0.965	
f _{cr2}	MPa	2.814	2.945	-5.789	1.533	-5.310	1.358	
f _{sh2}	MPa	-0.178	-0.220	0.399	-0.105	0.366	-0.093	
f ₂	MPa	2.636	2.725	-5.389	1.428	-4.943	1.265	

(+) : 압축, (-) : 인장

10.2 G2~G8거더 응력산출

▶ 하중단계별 휨모멘트 요약

		기호	Pnet (kN)	e (m)	M (kN · m)	저항단면
거더 자중		sw			8215.50	순단면(net)
PS	강봉	gb	-1134	1.347	-1527.76	
	강선	gs	11988	-1.004	-12029.61	
합성전 고정하중		bl			5514.70	PS강재 환산단면(conv)
합성후 고정하중		al			2365.80	바닥판 합성단면(comp)
최대활하중		ll			3762.40	
균중하중		gj			0.00	

※ Pnet : 즉시손실을 고려한 순긴장력(도입긴장력)

10.2.1 자중에 의한 응력산정

$$f_{sw} = \frac{M_{sw}}{I_{net}} \cdot y = \frac{8215}{0.87631} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

	단위	바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
y	m			1.472	-1.128			
f _{sw}	MPa			13.805	-10.571			

10.2.2 프리스트레스 도입량 산정

▷ 거더에 축력을 작용시키는 강선의 순긴장력(P_n) = P_{C1} + P_{C2} + P_{T1} + P_{T2} + P_{T3} + P_{T4} + P_{T5} = 10855 kN

▷ PS강재의 응력산정식(강재기준으로 보면 Pnet와 반대방향으로 하중이 작용하므로)

$$f_{gb} = \frac{P_{net}}{A_{gb}} = \frac{1134}{0.002514} = 450.989 \text{ MPa}$$

$$f_{gs} = \frac{P_{net}}{A_{gs}} = \frac{-11988}{0.0098477} = -1217.383 \text{ MPa}$$

▷ 거더의 응력산정식

$$f_{ps} = \frac{P_n}{A_{net}} + \frac{M_{gb} + M_{gs}}{I_{net}} \cdot y = \frac{10855}{1.011} + \frac{-13557}{0.87631} \cdot y$$

	단위	바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
y	m			1.472	-1.128	1.347	-1.004	
f _{ps}	MPa			-12.044	28.181	450.989	-1217.383	

10.2.3 합성전 고정하중에 의한 응력산정

$$f_{bl} = n \cdot \frac{M_{bl}}{I_{conv}} \cdot y = n \cdot \frac{5514.70}{0.96846} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

	단위	바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
n				1.000		6.474	6.474	
y	m			1.511	-1.089	1.386	-0.965	
f _{bl}	MPa			8.604	-6.201	51.096	-35.573	

10.2.4 합성후 고정하중에 의한 응력산정

$$f_{al} = n \cdot \frac{M_{al}}{I_{comp}} \cdot y = n \cdot \frac{2365.80}{1.99444} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

	단위	바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
n		0.9		1.000		6.474	6.474	
y	m	1.176	0.936	0.936	-1.664	0.811	-1.540	
f _{al}	MPa	1.256	0.999	1.110	-1.974	6.228	-11.826	

10.2.5 활하중에 의한 응력산정(균중하중 포함)

$$f_{ll} = n \cdot \frac{M_{ll} + M_{gj}}{I_{comp}} \cdot y = n \cdot \frac{3762.4 + 0}{1.99444} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

	단위	바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
n		0.9		1.000		6.474	6.474	
y	m	1.176	0.936	0.936	-1.664	0.811	-1.540	
f _{ll}	MPa	1.997	1.589	1.766	-3.139	9.905	-18.807	

10.2.6 건조수축에 의한 손실

※ 안전측의 계산을 위해 건조수축에 의한 일체긴장 강봉(C1,C2)의 영향은 무시한다.

$$\Delta f_{sh} = 0.80 \cdot (119 - 1.05 \cdot Hr) = 0.80 \cdot (119 - 1.05 \cdot 70) = 36.4 \text{ Mpa}$$

여기서, Hr은 주위의 연간 평균 상대습도(%)로서 70%를 적용한다.

$$\Delta P_{sh} = \Delta f_{sh} \cdot A_{gs} = -36.4 \times 0.0098 = -358.46 \text{ kN}$$

$$f_{sh} = n \cdot \frac{\Delta P_{sh}}{A_{comp}} + n \cdot \frac{\Delta P_{sh} \times e}{I_{comp}} \cdot y = n \cdot \frac{-358.5}{1.685} + n \cdot \frac{549.1}{1.9944} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

	단위	바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
n		0.9		1.000		6.474	6.474	
y	m	1.176	0.936	0.936	-1.664	0.811	-1.540	
fsh	MPa	0.100	0.040	0.045	-0.671	0.068	4.122	

10.2.7 크리프에 의한 손실

$$\Delta f_{cr} = 12 \cdot f_{cir} - 7 \cdot f_{cd} = 12 \times 16.86 - 7 \times 7.31 = 151.092 \text{ Mpa}$$

$$f_{cir} = (f_{cgb} + f_{cgs}) + f_{csw} = f_{cps} + f_{csw} = 26 + -9.41 = 16.86 \text{ Mpa}$$

$$f_{cds} = f_{cbl} + f_{cal} = -5.49 + -1.82 = -7.31 \text{ Mpa}$$

$$f_{cps} = \frac{P_n}{A_{net}} + \frac{M_{gb} + M_{gs}}{I_{net}} \cdot y = \frac{10855}{1.011} + \frac{-13557}{0.87631} \cdot -1.004 = 26.267 \text{ MPa}$$

$$f_{csw} = \frac{M_{sw}}{I_{net}} \cdot y = \frac{8216}{0.87631} \cdot -1.004 = -9.411 \text{ MPa}$$

$$f_{cbl} = \frac{M_{bl}}{I_{conv}} \cdot y = \frac{5515}{0.96846} \cdot -0.965 = -5.495 \text{ MPa}$$

$$f_{cal} = \frac{M_{al}}{I_{comp}} \cdot y = \frac{2366}{1.99444} \cdot -1.532 = -1.817 \text{ MPa}$$

여기서, f_{cir}은 정착직후 프리스트레스와 자중에 의해 발생하는 PS강선 중심에서의 콘크리트 응력

f_{cds}는 긴장 이후의 모든 고정하중에 의해 발생하는 PS강선 중심에서의 콘크리트 응력

$$\Delta P_{cr} = \Delta f_{cr} \cdot A_{gs} = -151.092 \times 0.0098 = -1487.912 \text{ kN}$$

$$f_{cr} = n \cdot \frac{\Delta P_{cr}}{A_{comp}} + n \cdot \frac{\Delta P_{cr} \times e}{I_{comp}} \cdot y = n \cdot \frac{-1487.912}{1.6850} + n \cdot \frac{2279.117}{1.9944} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

	단위	바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
n		0.9		1.000		6.474	6.474	
y	m	1.176	0.936	0.936	-1.664	0.811	-1.540	
fcr	MPa	0.415	0.168	0.187	-2.785	0.283	17.109	

10.2.8 강봉의 릴렉сей션

$$\Delta f_{rgb} = (f_{ps} + f_{bl} + f_{al}) \times 3\%$$

$$= (450.99 + 51.10 + 6.23) \times 0.03 = 15.249 \text{ Mpa}$$

$$\Delta P_{rgb} = \Delta f_{rgb} \cdot A_{gb} = 15.249 \times 0.0025 = -38.337 \text{ kN}$$

$$f_{rgb} = n \cdot \frac{\Delta P_{rgb}}{A_{comp}} + n \cdot \frac{\Delta P_{rgb} \times e}{I_{comp}} \cdot y = n \cdot \frac{-38.337}{1.6850} + n \cdot \frac{-31.407}{1.9944} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

	단위	바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
n		0.9		1.000		6.474	6.474	
y	m	1.176	0.936	0.936	-1.664	0.811	-1.540	
f _{rgb}	MPa	-0.037	-0.034	-0.037	0.003	-0.230	0.010	

10.2.9 강선의 릴렉сей션

$$\Delta f_{rgs} = 35 - 0.07 \cdot \Delta f_{pf} - 0.1 \cdot \Delta f_{pe} - 0.05 \cdot (\Delta f_{sh} + \Delta f_{cr})$$

	A _{gs}	Δ f _{pf}	Δ f _{pe}	Δ f _{sh}	Δ f _{cr}	Δ f _{rgs}
T1	0.000971	286.132	0.000	36.400	151.092	5.596
T2	0.002219	211.616	16.166	36.400	151.092	9.196
T3	0.002219	198.726	-108.536	36.400	151.092	22.568
T4	0.002219	185.695	-66.830	36.400	151.092	19.310
T5	0.002219	172.562	-24.695	36.400	151.092	16.016
Σ	0.009848	1054.732	-183.895	182.000	755.462	72.685
avg	0.001970	210.946	-36.779	36.400	151.092	14.537

$$\Delta P_{rgs} = \Delta f_{rgs} \cdot A_{gs} = -14.537 \times 0.0098 = -143.16 \text{ kN}$$

$$f_{rgs} = n \cdot \frac{\Delta P_{rgs}}{A_{comp}} + n \cdot \frac{\Delta P_{rgs} \times e}{I_{comp}} \cdot y = n \cdot \frac{-143.16}{1.6850} + n \cdot \frac{219.28}{1.9944} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

	단위	바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
n		0.9		1.000		6.474	6.474	
y	m	1.176	0.936	0.936	-1.664	0.811	-1.540	
f _{rgs}	MPa	0.040	0.016	0.018	-0.268	0.027	1.646	

9.2.10 2차응력검토

(1) 크리프에 의한 단면력 계산

$$\begin{aligned}
 m &= E_{c1} \times I_{c1} / (E_{c2} \times I_{c2}) \\
 &= 30891.0501 \times 0.96845937 / 27804.0636 \times 0.00279936 = 384.368 \\
 B &= 1 + m = 1 + 384.368 = 385.368 \\
 C &= Y_1' - m \times Y_2 = 1.51102318 - 384.368 \times 0.12 = -44.613 \text{ m} \\
 F &= Y_1'^2 + \gamma_{c1}^2 + m \times \gamma_{c2}^2 + m \times Y_2^2 \\
 &= 2.283 + 0.888 + 384.368 \times 0.005 + 384.368 \times 0.014 \\
 &= 10.551 \\
 P &= (1383.68 + 1154.05294) / 2 \times 138.7 \times 71 = 12495416 \text{ N} \\
 K &= \phi_{\infty} / (1 + \phi_{\infty}) = 0.792 \\
 K' &= \phi_t / (1 + \phi_{\infty}) = 0.500 \\
 \text{여기서, } \phi_{\infty} &= 3.800 \text{ (콘크리트 초기재령 ~ } T=\infty \text{까지의 크리프 계수)} \\
 \phi_t &= 2.400 \text{ (바닥판 합성후 ~ } T=\infty \text{까지의 크리프 계수)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_{\phi} &= - K' / (C^2 - BF) \\
 &\times [P \{ B (Y_1' \epsilon_{p3} - \gamma_{c1}^2) - C \epsilon_{p3} \} \\
 &+ M_{d1} \times (C - B Y_1')] \\
 &- K / (C^2 - BF) \times M_{d2} (C - B Y_1') \\
 &= -1768132.612 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\phi} &= - K' / (BF - C^2) \\
 &\times [P \{ C (Y_1' \epsilon_{p3} - \gamma_{c1}^2) - F \epsilon_{p3} \} \\
 &+ M_{d1} \times (F - C Y_1')] \\
 &- K / (BF - C^2) \times M_{d2} (F - C Y_1') \\
 &= -211036.439 \text{ N.m}
 \end{aligned}$$

(2) 건조수축에 의한 단면력 계산

$$\begin{aligned}
 N_s &= \epsilon_s E_{c1} I_{c1} \times (B / (BF - C^2)) \times (1 / (1 + \phi_{\infty})) \\
 &= 115719.619 \text{ N} \\
 M_s &= \epsilon_s E_{c1} I_{c1} \times (C / (C^2 - (BF))) \times (1 / (1 + \phi_{\infty})) \\
 &= 13396.585 \text{ N.m}
 \end{aligned}$$

(3) 크리프에 의한 2차 응력

$$f_{c2}' = - N_{\phi} / A_{c2} - ((M_{\phi} - N_{\phi} Y_2) Y_2' / I_{c2}) : \text{슬래브 상연응력}$$

$$= 2.983 \text{ MPa}$$

$$f_{c2} = - N_{\phi} / A_{c2} + ((M_{\phi} - N_{\phi} Y_2) Y_2 / I_{c2}) : \text{슬래브 하연응력}$$

$$= 3.081 \text{ MPa}$$

$$f_{c1}' = N_{\phi} / A_{c1} + ((M_{\phi} + N_{\phi} Y_1') Y_1' / I_{c1}) : \text{거더 상연응력}$$

$$= -6.118 \text{ MPa}$$

$$f_{c1} = N_{\phi} / A_{c1} - ((M_{\phi} + N_{\phi} Y_1') Y_1 / I_{c1}) : \text{거더 하연응력}$$

$$= 1.621 \text{ MPa}$$

(4) 건조수축에 의한 2차 응력

$$f_{s2}' = - N_s / A_{c2} - ((M_s - N_s Y_2) Y_2' / I_{c2}) : \text{슬래브 상연응력}$$

$$= -0.177 \text{ MPa}$$

$$f_{s2} = - N_s / A_{c2} + ((M_s - N_s Y_2) Y_2 / I_{c2}) : \text{슬래브 하연응력}$$

$$= -0.219 \text{ MPa}$$

$$f_{s1}' = N_s / A_{c1} + ((M_s + N_s Y_1') Y_1' / I_{c1}) : \text{거더 상연응력}$$

$$= 0.400 \text{ MPa}$$

$$f_{s1} = N_s / A_{c1} - ((M_s + N_s Y_1') Y_1 / I_{c1}) : \text{거더 하연응력}$$

$$= -0.106 \text{ MPa}$$

(5) 2차 응력 집계

	단위	바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
y	m	0.12	-0.12	1.511	-1.089	1.386	-0.965	
f _{cr2}	MPa	2.983	3.081	-6.118	1.621	-5.612	1.436	
f _{sh2}	MPa	-0.177	-0.219	0.400	-0.106	0.367	-0.094	
f ₂	MPa	2.806	2.861	-5.719	1.515	-5.246	1.343	

10.3 G9거더 응력산출

▶ 하중단계별 휨모멘트 요약

		기호	Pnet (kN)	e (m)	M (kN · m)	저항단면
거더 자중		sw			8215.50	순단면(net)
PS	강봉	gb	-1134	1.347	-1527.76	
	강선	gs	11988	-1.004	-12029.61	
합성전 고정하중		bl			5142.50	PS강재 환산단면(conv)
합성후 고정하중		al			2499.20	바닥판 합성단면(comp)
최대활하중		ll			4549.30	
균중하중		gj			0	

※ Pnet : 즉시손실을 고려한 순긴장력(도입긴장력)

10.3.1 자중에 의한 응력산정

$$f_{sw} = \frac{M_{sw}}{I_{net}} \cdot y = \frac{8215}{0.87631} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

	단위	바닥판		거더		PS 강재		비고
		상면	하면	상면	하면	강봉	강선	
y	m			1.472	-1.128			
f _{sw}	MPa			13.805	-10.571			

10.3.2 프리스트레스 도입량 산정

▷ 거더에 축력을 작용시키는 강선의 순긴장력(P_n) = P_{C1} + P_{C2} + P_{T1} + P_{T2} + P_{T3} + P_{T4} + P_{T5} = 10855 kN

▷ PS강재의 응력산정식(강재기준으로 보면 Pnet와 반대방향으로 하중이 작용하므로)

$$f_{gb} = \frac{P_{net}}{A_{gb}} = \frac{1134}{0.002514} = 450.989 \text{ MPa}$$

$$f_{gs} = \frac{P_{net}}{A_{gs}} = \frac{-11988}{0.0098477} = -1217.383 \text{ MPa}$$

▷ 거더의 응력산정식

$$f_{ps} = \frac{P_n}{A_{net}} + \frac{M_{gb} + M_{gs}}{I_{net}} \cdot y = \frac{10855}{1.011} + \frac{-13557}{0.87631} \cdot y$$

	단위	바닥판		거더		PS 강재		비고
		상면	하면	상면	하면	강봉	강선	
y	m			1.472	-1.128	1.347	-1.004	
f _{ps}	MPa			-12.044	28.181	450.989	-1217.383	

10.3.3 합성전 고정하중에 의한 응력산정

$$f_{bl} = n \cdot \frac{M_{bl}}{I_{conv}} \cdot y = n \cdot \frac{5142.50}{0.96846} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

	단위	바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
n				1.000		6.474	6.474	
y	m			1.511	-1.089	1.386	-0.965	
f _{bl}	MPa			8.024	-5.782	47.647	-33.172	

10.3.4 합성후 고정하중에 의한 응력산정

$$f_{al} = n \cdot \frac{M_{al}}{I_{comp}} \cdot y = n \cdot \frac{2499.20}{1.98226} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

	단위	바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
n		0.9		1.000		6.474	6.474	
y	m	1.183	0.943	0.943	-1.657	0.818	-1.533	
f _{al}	MPa	1.342	1.070	1.189	-2.089	6.676	-12.514	

10.3.5 활하중에 의한 응력산정(균중하중 포함)

$$f_{ll} = n \cdot \frac{M_{ll} + M_{gj}}{I_{comp}} \cdot y = n \cdot \frac{4549.3 + 0}{1.98226} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

	단위	바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
n		0.9		1.000		6.474	6.474	
y	m	1.183	0.943	0.943	-1.657	0.818	-1.533	
f _{ll}	MPa	2.443	1.947	2.164	-3.803	12.152	-22.779	

10.3.6 건조수축에 의한 손실

※ 안전측의 계산을 위해 건조수축에 의한 일체긴장 강봉(C1,C2)의 영향은 무시한다.

$$\Delta f_{sh} = 0.80 \cdot (119 - 1.05 \cdot H_r) = 0.80 \cdot (119 - 1.05 \cdot 70) = 36.4 \text{ Mpa}$$

여기서, H_r 은 주위의 연간 평균 상대습도(%)로서 70%를 적용한다.

$$\Delta P_{sh} = \Delta f_{sh} \cdot A_{gs} = -36.4 \times 0.0098 = -358.46 \text{ kN}$$

$$f_{sh} = n \cdot \frac{\Delta P_{sh}}{A_{comp}} + n \cdot \frac{\Delta P_{sh} \times e}{I_{comp}} \cdot y = n \cdot \frac{-358.5}{1.6742} + n \cdot \frac{549.1}{1.9823} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

	단위	바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
n		0.9		1.000		6.474	6.474	
y	m	1.183	0.943	0.943	-1.657	0.818	-1.533	
fsh	MPa	0.102	0.042	0.047	-0.673	0.080	4.135	

10.3.7 크리프에 의한 손실

$$\Delta f_{cr} = 12 \cdot f_{cir} - 7 \cdot f_{cds} = 12 \times 16.86 - 7 \times 7.06 = 152.889 \text{ Mpa}$$

$$f_{cir} = (f_{cgb} + f_{cgs}) + f_{csw} = f_{cps} + f_{csw} = 26.27 + -9.41 = 16.86 \text{ Mpa}$$

$$f_{cds} = f_{cbl} + f_{cal} = -5.12 + -1.93 = -7.06 \text{ Mpa}$$

$$f_{cps} = \frac{P_n}{A_{net}} + \frac{M_{gb} + M_{gs}}{I_{net}} \cdot y = \frac{10855}{1.011} + \frac{-13557}{0.87631} \cdot -1.004 = 26.267 \text{ MPa}$$

$$f_{csw} = \frac{M_{sw}}{I_{net}} \cdot y = \frac{8216}{0.87631} \cdot -1.004 = -9.411 \text{ MPa}$$

$$f_{cbl} = \frac{M_{bl}}{I_{conv}} \cdot y = \frac{5143}{0.96846} \cdot -0.965 = -5.124 \text{ MPa}$$

$$f_{cal} = \frac{M_{al}}{I_{comp}} \cdot y = \frac{2499}{1.98226} \cdot -1.532 = -1.931 \text{ MPa}$$

여기서, f_{cir} 은 정착직후 프리스트레스와 자중에 의해 발생하는 PS강선 중심에서의 콘크리트 응력

f_{cds} 는 긴장 이후의 모든 고정하중에 의해 발생하는 PS강선 중심에서의 콘크리트 응력

$$\Delta P_{cr} = \Delta f_{cr} \cdot A_{gs} = -152.889 \times 0.0098 = -1505.601 \text{ kN}$$

$$f_{cr} = n \cdot \frac{\Delta P_{cr}}{A_{comp}} + n \cdot \frac{\Delta P_{cr} \times e}{I_{comp}} \cdot y = n \cdot \frac{-1505.601}{1.6742} + n \cdot \frac{2306.212}{1.9823} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

	단위	바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
n		0.9		1.000		6.474	6.474	
y	m	1.183	0.943	0.943	-1.657	0.818	-1.533	
fcr	MPa	0.429	0.178	0.198	-2.827	0.338	17.370	

10.3.8 강봉의 릴렉сей션

$$\Delta f_{rgb} = (f_{ps} + f_{bl} + f_{al}) \times 3\%$$

$$= (450.99 + 47.65 + 6.68) \times 0.03 = 15.159 \text{ Mpa}$$

$$\Delta P_{rgb} = \Delta f_{rgb} \cdot A_{gb} = 15.159 \times 0.0025 = -38.111 \text{ kN}$$

$$f_{rgb} = n \cdot \frac{\Delta P_{rgb}}{A_{comp}} + n \cdot \frac{\Delta P_{rgb} \times e}{I_{comp}} \cdot y = n \cdot \frac{-38.111}{1.6742} + n \cdot \frac{-31.221}{1.9823} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

	단위	바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
n		0.9		1.000		6.474	6.474	
y	m	1.183	0.943	0.943	-1.657	0.818	-1.533	
f _{rgb}	MPa	-0.037	-0.034	-0.038	0.003	-0.231	0.009	

10.3.9 강선의 릴렉сей션

$$\Delta f_{rgs} = 35 - 0.07 \cdot \Delta f_{pf} - 0.1 \cdot \Delta f_{pe} - 0.05 \cdot (\Delta f_{sh} + \Delta f_{cr})$$

	A _{gs}	Δ f _{pf}	Δ f _{pe}	Δ f _{sh}	Δ f _{cr}	Δ f _{rgs}
T1	0.000971	286.132	0.000	36.400	152.889	5.506
T2	0.002219	211.616	16.166	36.400	152.889	9.106
T3	0.002219	198.726	-108.536	36.400	152.889	22.478
T4	0.002219	185.695	-66.830	36.400	152.889	19.220
T5	0.002219	172.562	-24.695	36.400	152.889	15.926
Σ	0.009848	1054.732	-183.895	182.000	764.443	72.236
avg	0.001970	210.946	-36.779	36.400	152.889	14.447

$$\Delta P_{rgs} = \Delta f_{rgs} \cdot A_{gs} = -14.447 \times 0.0098 = -142.27 \text{ kN}$$

$$f_{rgs} = n \cdot \frac{\Delta P_{rgs}}{A_{comp}} + n \cdot \frac{\Delta P_{rgs} \times e}{I_{comp}} \cdot y = n \cdot \frac{-142.27}{1.6742} + n \cdot \frac{217.93}{1.9823} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

	단위	바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
n		0.9		1.000		6.474	6.474	
y	m	1.183	0.943	0.943	-1.657	0.818	-1.533	
f _{rgs}	MPa	0.041	0.017	0.019	-0.267	0.032	1.641	

9.2.10 2차응력검토

(1) 크리프에 의한 단면력 계산

$$\begin{aligned}
 m &= E_{c1} \times I_{c1} / (E_{c2} \times I_{c2}) \\
 &= 30891.0501 \times 0.96845937 / 27804.0636 \times 0.00279936 = 384.368 \\
 B &= 1 + m = 1 + 384.368 = 385.368 \\
 C &= Y_1' - m \times Y_2 = 1.51102318 - 384.368 \times 0.12 = -44.613 \text{ m} \\
 F &= Y_1'^2 + \gamma_{c1}^2 + m \times \gamma_{c2}^2 + m \times Y_2^2 \\
 &= 2.283 + 0.888 + 384.368 \times 0.005 + 384.368 \times 0.014 \\
 &= 10.551
 \end{aligned}$$

$$P = (1383.68 + 1152.11334) / 2 \times 138.7 \times 71 = 12485866 \text{ N}$$

$$K = \phi_{\infty} / (1 + \phi_{\infty}) = 0.792$$

$$K' = \phi_t / (1 + \phi_{\infty}) = 0.500$$

여기서, $\phi_{\infty} = 3.800$ (콘크리트 초기재령 ~ T=∞까지의 크리프 계수)
 $\phi_t = 2.400$ (바닥판 합성 후 ~ T=∞까지의 크리프 계수)

$$\begin{aligned}
 N_{\phi} &= - K' / (C^2 - BF) \\
 &\times [P \{ B (Y_1' \text{ ep}3 - \gamma_{c1}^2) - C \text{ ep}3 \} \\
 &+ M_{d1} \times (C - B Y_1')] \\
 &- K / (C^2 - BF) \times M_{d2} (C - B Y_1') \\
 &= -1679738.461 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\phi} &= - K' / (BF - C^2) \\
 &\times [P \{ C (Y_1' \text{ ep}3 - \gamma_{c1}^2) - F \text{ ep}3 \} \\
 &+ M_{d1} \times (F - C Y_1')] \\
 &- K / (BF - C^2) \times M_{d2} (F - C Y_1') \\
 &= -200050.600 \text{ N.m}
 \end{aligned}$$

(2) 건조수축에 의한 단면력 계산

$$\begin{aligned}
 N_s &= \varepsilon_s E_{c1} I_{c1} \times (B / (BF - C^2)) \times (1 / (1 + \phi_{\infty})) \\
 &= 115719.619 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_s &= \varepsilon_s E_{c1} I_{c1} \times (C / (C^2 - (BF))) \times (1 / (1 + \phi_{\infty})) \\
 &= 13396.585 \text{ N.m}
 \end{aligned}$$

(3) 크리프에 의한 2차 응력

$$f_{c2}' = - N_{\phi} / A_{c2} - ((M_{\phi} - N_{\phi} Y_2) Y_2' / I_{c2}) : \text{슬래브 상연응력}$$

$$= 2.815 \text{ MPa}$$

$$f_{c2} = - N_{\phi} / A_{c2} + ((M_{\phi} - N_{\phi} Y_2) Y_2 / I_{c2}) : \text{슬래브 하연응력}$$

$$= 2.945 \text{ MPa}$$

$$f_{c1}' = N_{\phi} / A_{c1} + ((M_{\phi} + N_{\phi} Y_1') Y_1' / I_{c1}) : \text{거더 상연응력}$$

$$= -5.812 \text{ MPa}$$

$$f_{c1} = N_{\phi} / A_{c1} - ((M_{\phi} + N_{\phi} Y_1') Y_1 / I_{c1}) : \text{거더 하연응력}$$

$$= 1.539 \text{ MPa}$$

(4) 건조수축에 의한 2차 응력

$$f_{s2}' = - N_s / A_{c2} - ((M_s - N_s Y_2) Y_2' / I_{c2}) : \text{슬래브 상연응력}$$

$$= -0.177 \text{ MPa}$$

$$f_{s2} = - N_s / A_{c2} + ((M_s - N_s Y_2) Y_2 / I_{c2}) : \text{슬래브 하연응력}$$

$$= -0.219 \text{ MPa}$$

$$f_{s1}' = N_s / A_{c1} + ((M_s + N_s Y_1') Y_1' / I_{c1}) : \text{거더 상연응력}$$

$$= 0.400 \text{ MPa}$$

$$f_{s1} = N_s / A_{c1} - ((M_s + N_s Y_1') Y_1 / I_{c1}) : \text{거더 하연응력}$$

$$= -0.106 \text{ MPa}$$

(5) 2차 응력 집계

	단위	바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
y	m	0.12	-0.12	1.511	-1.089	1.386	-0.965	
f _{cr2}	MPa	2.815	2.945	-5.812	1.539	-5.331	1.364	
f _{sh2}	MPa	-0.177	-0.219	0.400	-0.106	0.367	-0.094	
f ₂	MPa	2.638	2.726	-5.412	1.434	-4.964	1.270	

11.1 G1거더 응력산출

▷ 유효율 : 0.833

(+):압축, (-):인장

구 분		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
강선수	(EA)			7	16	16	16	16
P _{CT}	(kN)	-566.894	-566.894	1102.194	2816.256	2568.123	2689.598	± 2812.248
A _P	(m ²)	0.00126	0.00126	0.00097	0.00222	0.00222	0.00222	± 0.0022
f _{ps}	(MPa)	-450.989	-450.989	1135.229	1269.041	1157.229	1211.967	± 1267.235
응 력 검 토		± 777.00	± 777.00	± 1312.00	± 1312.00	± 1312.00	± 1312.00	± 1312.000
		0.K	0.K	0.K	0.K	0.K	0.K	0.K

11.2 G2~G8거더 응력산출

1) G2~G8거더 중앙부 응력검토

▷ 유효율 : 0.834

하중 단계		바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
1	fsw			13.805	-10.571	0.000	0.000	
2	fps			-12.044	28.181	450.989	-1217.383	
계				1.761	17.610	450.989	-1217.383	
응력 검토				-1.410	19.200	± 777.00	± 1312.00	
				0.K	0.K	0.K	0.K	
3	fbl	0.000	0.000	8.604	-6.201	51.096	-35.573	
4	fal	1.256	0.999	1.110	-1.974	6.228	-11.826	
5	fl l	1.997	1.589	1.766	-3.139	9.905	-18.807	
6	fsh	0.100	0.040	0.045	-0.671	0.068	4.122	
7	fcr	0.415	0.168	0.187	-2.785	0.283	17.109	
8	frgb	-0.037	-0.034	-0.037	0.003	-0.230	0.010	
9	frgs	0.040	0.016	0.018	-0.268	0.027	1.646	
10	f2	2.806	2.861	-5.719	1.515	-5.246	1.343	
계		6.575	5.641	7.735	4.092	513.122	-1259.359	
응력 검토		10.800	-2.598	18.000	-3.162	± 777.00	± 1312.00	
		0.K	0.K	0.K	0.K	0.K	0.K	

(+):압축, (-):인장

2) 내측거더 강선 응력검토(사용하중 상태)

구 분		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
강선수	(EA)			7	16	16	16	16
P _{CT}	(kN)	-566.894	-566.894	1102.194	2816.256	2568.123	2689.598	2812.248
A _p	(m ²)	0.00126	0.00126	0.00097	0.00222	0.00222	0.00222	0.00222
f _{ps}	(MPa)	-450.989	-450.989	1135.229	1269.041	1157.229	1211.967	1267.235
응 력 검 토		± 777.00	± 777.00	± 1312.00	± 1312.00	± 1312.00	± 1312.00	± 1312.00
		0.K	0.K	0.K	0.K	0.K	0.K	0.K

11.3 G9거더 응력산출

1) G9거더 중앙부 응력검토

▷ 유효율 : 0.833

하중 단계		바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
1	fsw			13.805	-10.571	0.000	0.000	
2	fps			-12.044	28.181	450.989	-1217.383	
계				1.761	17.610	450.989	-1217.383	
응력 검토				-1.410	19.200	± 777.00	± 1312.00	
				0.K	0.K	0.K	0.K	
3	fbl	0.000	0.000	8.024	-5.782	47.647	-33.172	
4	fal	1.342	1.070	1.189	-2.089	6.676	-12.514	
5	fil	2.443	1.947	2.164	-3.803	12.152	-22.779	
6	fsh	0.102	0.042	0.047	-0.673	0.080	4.135	
7	fcr	0.429	0.178	0.198	-2.827	0.338	17.370	
8	frgb	-0.037	-0.034	-0.038	0.003	-0.231	0.009	
9	frgs	0.041	0.017	0.019	-0.267	0.032	1.641	
10	f2	2.638	2.726	-5.412	1.434	-4.964	1.270	
계		6.958	5.946	7.951	3.605	512.719	-1261.422	
응력 검토		10.800	-2.598	18.000	-3.162	± 777.00	± 1312.00	
		0.K	0.K	0.K	0.K	0.K	0.K	

(+):압축, (-):인장

2) 내측거더 강선 응력검토(사용하중 상태)

구 분		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
강선수	(EA)			7	16	16	16	16
P _{CT}	(kN)	-566.894	-566.894	1102.194	2816.256	2568.123	2689.598	2812.248
A _p	(m ²)	0.00126	0.00126	0.00097	0.00222	0.00222	0.00222	0.00222
fps	(MPa)	-450.989	-450.989	1135.229	1269.041	1157.229	1211.967	1267.235
응 력 검 토		± 777.00	± 777.00	± 1312.00	± 1312.00	± 1312.00	± 1312.00	± 1312.00
		0.K	0.K	0.K	0.K	0.K	0.K	0.K

12. 처짐 검토

12.1 하중 단계별 처짐

▷ 최대처짐(δ) = 하중에 의한 처짐 + 프리스트레스에 의한 처짐

$$\delta = \frac{5 \times M \times L^2}{48 \times E \times I}$$

여기서, M : 경간 중앙부 최대 휨 모멘트(= P X e)
 L : 지간
 E : 거더의 탄성계수
 I : 단면 2차 모멘트(거더중앙부)
 P : 프리스트레스 힘 (도입 또는 유효 프리스트레스 kgf)
 e : (지점부에서의 편심거리, +하향)

(1) G1 거더 처짐

하 중	휨모멘트 M	탄성계수 E	단면2차모멘트 I	처 짐 δ
	(kN · m)	(MPa)	(m ⁴)	(mm)
거더 자중	8215.50	30891	0.8763	75.90
합성전 고정하중	5124.50	30891	0.9685	42.84
합성후 고정하중	1658.70	30891	1.9798	7.06
프리스트레스 도입직후	-13557.37	30891	0.8763	-125.26
프리스트레스 손실	2400.38	30891	1.9798	9.82
활하중	3297.60	30891	1.9798	13.49

(2) G2~G8 거더 처짐

하 중	휨모멘트 M	탄성계수 E	단면2차모멘트 I	처 짐 δ
	(kN · m)	(MPa)	(m ⁴)	(mm)
거더 자중	8215.50	30891	0.8763	75.90
합성전 고정하중	5514.70	30891	0.9685	46.10
합성후 고정하중	2365.80	30891	1.9944	10.00
프리스트레스 도입직후	-13557.37	30891	0.8763	-125.26
프리스트레스 손실	2400.38	30891	1.9798	9.82
활하중	3762.40	30891	1.9798	15.39

12.2 크리프에 의한 처짐

(1) 바닥판 타설전 Bicon 거더 크리프 계수 (Φ_b , $t' = 30$ 일, $t = 90$ 일, $RH = 70\%$)

$$\Phi_b(t-t') = \Phi_0 \times \beta_c(t-t')$$

$$\Phi_0 = \Phi_{RH} \times \beta(f_{cu}) \times \beta(t')$$

$$\Phi_{RH} = 1 + (1 - 0.01 \times RH) / 0.1 \times \sqrt[3]{h} = 1.47$$

$$\text{여기서, } h = 2 \times A_c \times E_A / u \times E_A$$

$$= (2 \times \text{거더단면적}(\text{mm}^2) \times \text{거더갯수}) / (\text{거더단면둘레}(\text{mm}) \times \text{거더갯수})$$

$$= 259.443 \text{ mm}$$

$$\beta(f_{cu}) = 16.8 / \sqrt{f_{cu}} = 2.425$$

$$\text{여기서, } f_{cu} = f_{ck} + 8 = 48$$

$$\beta(t') = 1 / \{ 0.1 + (t')^{0.2} \} = 1 / \{ 0.1 + (30)^{0.2} \} = 0.48$$

$$\beta_c(t-t') = [(t-t') / \{ \beta_u + (t-t') \}]^{0.3} = 0.48$$

$$\text{여기서, } \beta_H = 1.5 [1 + (0.012 RH)^{18}] h + 25(= 656 \text{ 일} < 1500 \text{ 일}$$

$$\Phi_0 = \Phi_{RH} \times \beta(f_{cu}) \times \beta(t')$$

$$= 1.47 \times 2.425 \times 0.482 = 1.718$$

$$\therefore \Phi_b(t, t') = \Phi_0 \times \beta_c(t-t')$$

$$= 1.718 \times 0.48 = 0.825$$

(2) 바닥판 타설후 Bicon 거더 크리프 계수 (Φ_b , $t' = 90$ 일, $t = 10000$ 일, $RH = 70\%$)

$$\Phi_t(t-t') = \Phi_0 \times \beta_c(t-t')$$

$$\Phi_0 = \Phi_{RH} \times \beta(f_{cu}) \times \beta(t')$$

$$\Phi_{RH} = 1 + (1 - 0.01 \times RH) / 0.1 \times \sqrt[3]{h} = 1.22$$

$$\text{여기서, } h = 2 \times A_c \times E_A / u \times E_A$$

$$= (2 \times \text{거더단면적}(\text{m}^2) \times \text{거더갯수}) / (\text{거더단면둘레}(\text{m}) \times \text{거더갯수})$$

$$= 259.443$$

$$\beta(f_{cu}) = 16.8 / \sqrt{f_{cu}} = 2.425$$

$$\text{여기서, } f_{cu} = f_{ck} + 8 = 48$$

$$\beta(t') = 1 / \{ 0.1 + (t')^{0.2} \} = 1 / \{ 0.1 + (90)^{0.2} \} = 0.39$$

$$\beta_c(t-t') = [(t-t') / \{ \beta_u + (t-t') \}]^{0.3} = 0.98$$

$$\text{여기서, } \beta_H = 1.5 [1 + (0.012 RH)^{18}] h + 25(= 656 \text{ 일} < 1500 \text{ 일}$$

$$\Phi_0 = \Phi_{RH} \times \beta(f_{cu}) \times \beta(t')$$

$$= 1.22 \times 2.425 \times 0.391 = 1.157$$

$$\therefore \Phi_t(t, t') = \Phi_0 \times \beta_c(t-t')$$

$$= 1.157 \times 0.98 = 1.134$$

(3) G1 거더

1) 바닥판 타설전에 생기는 처짐

$$\begin{aligned}\delta_{\phi 1} &= \Phi_b \times (\delta_{do} + \delta_{ps}) \quad (\Phi_b = 0.825) \\ &= 0.825 \times (75.90 + -125.26) = -40.72 \text{ mm}\end{aligned}$$

2) 바닥판 타설후에 생기는 처짐

$$\begin{aligned}\delta_{\phi 2} &= \Phi_t \times (\delta_{do} + \delta_{d1} + \delta_{d2} + \delta_{pe}) \quad (\Phi_t = 1.134) \\ &= 1.134 \times (75.90 + 42.84 + 7.06 + -115.44) \\ &= 11.76 \text{ mm}\end{aligned}$$

(4) G2~G8 거더

1) 바닥판 타설전에 생기는 처짐

$$\begin{aligned}\delta_{\phi 1} &= \Phi_b \times (\delta_{do} + \delta_{ps}) \quad (\Phi_b = 0.825) \\ &= 0.825 \times (75.90 + -125.26) = -40.72 \text{ mm}\end{aligned}$$

2) 바닥판 타설후에 생기는 처짐

$$\begin{aligned}\delta_{\phi 2} &= \Phi_t \times (\delta_{do} + \delta_{d1} + \delta_{d2} + \delta_{pe}) \quad (\Phi_t = 1.134) \\ &= 1.134 \times (75.90 + 46.10 + 10.00 + -115.44) \\ &= 18.78 \text{ mm}\end{aligned}$$

12.3 처짐의 합계

(단위:mm)

구 분	G1 거더	G2~G8 거더	비 고
프리스트레스 도입직후	-49.35	-49.35	$\delta_{do} + \delta_{ps}$
바닥판 타설 전	-90.07	-90.07	
바닥판 타설 후	-47.23	-43.97	$\delta_{do} + \delta_{ps} + \delta_{d1} + \delta_{\phi 1}$
고정하중 작용시	-18.60	-5.37	$\delta_{do} + \delta_{d1} + \delta_{d2} + \delta_{pe} + \delta_{\phi 1} + \delta_{\phi 2}$
활하중에 의한 처짐량	13.49	15.39	

12.4 활하중에 의한 처짐 검토

$$\triangleright \text{허용처짐}(\delta_a) = L / 800 = 49 / 800 = 61.25 \text{ mm}$$

(1) G1 거더

$$\delta_v = 13.49 < \delta_a = 61.25 \text{ ----- } \mathbf{O.K}$$

(2) G2~G8 거더

$$\delta_v = 15.39 < \delta_a = 61.25 \text{ ----- } \mathbf{O.K}$$

13. 휨강도의 검토

13.1 거더

1) 극한모멘트 (Factored Moment)

$$M_u = 1.3 MD + 2.15 ML = 27915320.0 \text{ N} \cdot \text{m}$$

2) 단면 제원

$$\begin{aligned} b &= 2750.0 \text{ mm} && (\text{압축 플랜지의 폭}) \\ d_p &= 2716.0 \text{ mm} \\ A_{p1} &= 0.0098477 \text{ m}^2 = 9847.7 \text{ mm}^2 && (\text{강연선 총면적}) \\ A_{p2} &= 0.002514 \text{ m}^2 = 2514 \text{ mm}^2 && (\text{강봉 총면적}) \\ F_{ck} &= 27 \text{ MPa} && (\text{슬래브 콘크리트 강도}) \\ F_{ck} &= 40 \text{ MPa} && (\text{빔 콘크리트 강도}) \\ F_{put} &= 1900 \text{ MPa} && (\text{극한인장강도}) \\ F_{pyt} &= 1600 \text{ MPa} && (\text{항복강도}) \\ F_{puc} &= 1050 \text{ MPa} && (\text{극한인장강도}) \\ F_{pyc} &= 950 \text{ MPa} && (\text{항복강도}) \end{aligned}$$

3) 계수 산정

$$\begin{aligned} r_{p1} &= 0.28 && (0.40\text{-응력제거강재}, 0.28\text{-저릴랙세이션강재}, 0.55\text{-강봉}) \\ \beta_1 &= 0.85 - [0.007 \times (F_{ck} - 28)] = 0.857 \\ \rho_{p1} &= A_p / (b \times d_p) = 0.001318 \end{aligned}$$

4) PS강재의 응력계산(F_{ps}) (도로교설계기준, 2010, p.4-127)

* 철근을 배치하지 않았거나, 배치했더라도 그 영향을 무시할 수 있는 경우

$$F_{ps} = F_{put} \times [1 - (r_{p1} / \beta_1) \times \rho_{p1} \times (F_{put} / F_{ck})] = 1842.4 \text{ MPa}$$

5) 해석단면 결정

$$\begin{aligned} a &= (A_p \times F_{ps}) / (0.85 \times F_{ck} \times b) = 287.5 \text{ mm} \\ \text{슬래브 두께 : } 240.0 \text{ mm} &< 287.5 \text{ mm} && \text{----- 플랜지단면} \end{aligned}$$

6) 최대 PS 강재량 검토

$$\begin{aligned} \text{강재지수}(q_p) &= \rho_p \times F_{ps} / F_{ck} = 0.090 \\ q_p (=0.09) &< 0.36 \times \beta_1 (=0.309) && \text{----- 0.K} \end{aligned}$$

7) 극한 저항 모멘트 검토

$$\begin{aligned} \Phi \cdot M_n &= \Phi [A_{pw} \times F_{ps} \times d_p \times (1 - 0.59 \times A_{pw} \times F_{ps} / (b_o \times d_p \times F_{ck})) \\ &\quad + 0.85 \times F_{ck} (b - b_o) \times t \times (d_p - 0.5 t)] = 58882.89 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ \Phi \cdot M_n (=58882.889) &> M_u (=27915.32) && \text{----- 0.K} \end{aligned}$$

8) 균열 모멘트 검토

$$\begin{aligned} 1.2 \cdot M_{cr} &= Z_{bo} \times (0.5 \times \sqrt{F_{ck} + f_{be}} - f_d) = -34183.653 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ f_{pe} &= 23.484 \text{ MPa} \\ f_d &= M_{d1} / Z_{bo} = -10.571 \text{ MPa} \\ Z_{bo} &= I_{co} / Y_{bo} = -0.777 \text{ m}^3 \\ 1.2 \cdot M_{cr} &(-34183.653) < \Phi \cdot M_n (=58882.889) && \text{----- 0.K} \end{aligned}$$

14. 전단 검토

14.1 수직 전단 검토 (단부)

14.1.1 G9 거더

▷ 전단력이 가장 크게 발생하는 지점부에서 검토

외측거더 지점부 단면력

구 분	V(kN)	M(kN · m)
자 중	725.88	5.54
합성전	406.95	1.63
합성후	291.97	23.54
활하중	242.90	26.20

(1) 극한전단력

$$V_u = 1.3 D + 2.15 (L + I) + 1.3CF + 1.7H + 1.3Q = 2374.5 \text{ kN}$$

(2) 콘크리트가 부담하는 전단강도 V_c (도로교설계기준, 2010, p.4-76)

- V_c 는 V_{ci} 또는 V_{cw} 중에서 작은 값으로 한다.

1) 전단강도 V_{ci} (휨 전단강도)

$$V_{ci} = 0.05 \times \sqrt{F_{ck}} \times b_w \times d + V_d + (V_i \times M_{cr}) / M_{max}$$

$$M_{cr} = Z_{bo} \times (0.5 \times \sqrt{F_{ck}} + f_{pe} - f_d) = 12493.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$f_{pe} = 23.484 \text{ MPa}$$

$$f_d = M_{d1} / Z_{bo} = 10.571 \text{ MPa}$$

$$Z_{bo} = I_{co} / Y_{bo} = 0.777 \text{ m}^3$$

$$M_{max} = 1.3 \times (M_{d2} + M_{d3}) + 2.15 \times M_I = 89.05 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$d = 2600 - (2475 + 1,750 + 1,250 + 750) / 4 = 1043.75 \text{ mm}$$

- d 를 $0.8H$ 보다 작게 취해서는 안된다.

$$1,043.75 \text{ mm} < 0.8 \times H = 2080 \text{ mm} \quad \therefore d = 2080.00 \text{ mm}$$

$$V_d = 725.88 \text{ kN}$$

$$V_i = 1.3 \times (V_{d2} + V_{d3}) + 2.15 \times V_I = 1430.83 \text{ kN}$$

- V_{ci} 는 $0.14 \sqrt{F_{ck}} \times b_w \times d$ 보다 작아서는 안된다.

$$V_{ci} = 201998.06 \text{ kN} > 0.14 \sqrt{f_{ck}} \times b_w \times d = 1473.37 \text{ kN}$$

$$\therefore V_{ci} = 201998.06 \text{ kN}$$

2) 전단강도 V_{cw} (복부 전단강도)

$$V_{cw} = (0.29 \times \sqrt{f_{ck}} + 0.3 \times f_{pc}) \times b_w \times d + V = 10597129 \text{ N} = 10597.13 \text{ kN}$$

$$f_{pc} = P_{e1} / A_c = 10309958 / 1010953 = 10.198 \text{ MPa}$$

$$V_p = P_{e2} \times \sin \Theta \text{ (} V_p \text{ : 수직분력)} = 9176171 \times 0.2675 = 2454181.99 \text{ N}$$

$$\therefore V_c = \min [V_{ci}, V_{cw}] = 10597.1 \text{ kN}$$

$$3) \phi V_c = 0.80 \times 10597.1 = 8477.7 \text{ kN}$$

$$1/2 \phi V_c = 4,238.852 \text{ kN}$$

$$\therefore V_u < 1/2 \phi V_c, \text{ 전단 철근 불필요}$$

14.2 수직 전단 검토 (0.85m ~ 4.85m)

14.2.1 G9 거더

▷ 검토 구간에서 전단력이 가장 크게 발생하는 지점에 대하여 전단 검토 시행

외측거더 지점부 단면력

구 분	V(kN)	M(kN · m)
자 중	695.79	385.42
합성전	398.07	219.74
합성후	283.79	134.80
활하중	239.06	128.68

(1) 극한전단력

$$V_u = 1.3 D + 2.15 (L + I) + 1.3CF + 1.7H + 1.3Q = 2304.9 \text{ kN}$$

(2) 콘크리트가 부담하는 전단강도 V_c (도로교설계기준, 2010, p.4-76)

- V_c 는 V_{ci} 또는 V_{cw} 중에서 작은 값으로 한다.

1) 전단강도 V_{ci} (휨 전단강도)

$$V_{ci} = 0.05 \times \sqrt{F_{ck}} \times b_w \times d + V_d + (V_i \times M_{cr}) / M_{max}$$

$$M_{cr} = Z_{bo} \times (0.5 \times \sqrt{F_{ck}} + f_{pe} - f_d) = 12493.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$f_{pe} = 23.484 \text{ MPa}$$

$$f_d = M_{d1} / Z_{bo} = 10.571 \text{ MPa}$$

$$Z_{bo} = I_{co} / Y_{bo} = 0.777 \text{ m}^3$$

$$M_{max} = 1.3 \times (M_{d2} + M_{d3}) + 2.15 \times M_I = 737.56 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$d = 2600 - (2475 + 1,750 + 1,250 + 750) / 4 = 1043.75 \text{ mm}$$

- d 를 $0.8H$ 보다 작게 취해서는 안된다.

$$1,043.75 \text{ mm} < 0.8 \times H = 2080 \text{ mm} \quad \therefore d = 2080.00 \text{ mm}$$

$$V_d = 695.79 \text{ kN}$$

$$V_i = 1.3 \times (V_{d2} + V_{d3}) + 2.15 \times V_I = 1400.40 \text{ kN}$$

- V_{ci} 는 $0.14 \sqrt{F_{ck}} \times b_w \times d$ 보다 작아서는 안된다.

$$V_{ci} = 24549.20 \text{ kN} > 0.14 \sqrt{f_{ck}} \times b_w \times d = 368.34 \text{ kN}$$

$$\therefore V_{ci} = 24549.20 \text{ kN}$$

2) 전단강도 V_{cw} (복부 전단강도)

$$V_{cw} = (0.29 \times \sqrt{f_{ck}} + 0.3 \times f_{pc}) \times b_w \times d + V = 4489918.77 \text{ N} = 4489.92 \text{ kN}$$

$$f_{pc} = P_{e1} / A_c = 10309958 / 1010953 = 10.198 \text{ MPa}$$

$$V_p = P_{e2} \times \sin \Theta \text{ (} V_p : \text{수직분력)} = 9176171 \times 0.2675 = 2454181.99 \text{ N}$$

$$\therefore V_c = \min [V_{ci}, V_{cw}] = 4489.9 \text{ kN}$$

3) $\phi V_c = 0.80 \times 4489.9 = 3591.9 \text{ kN}$

$$1/2 \phi V_c = 1,795.968 \text{ kN}$$

$$\therefore 1/2 \phi V_c < V_u < \phi V_c, \text{ 최소 전단 철근 배근}$$

4) 최소 전단철근 검토

$$\text{전단 철근 간격 } s = 200 \text{ mm (} 0.75H \text{ (=1950mm) 또는 600mm보다 커서는 안된다.)}$$

$$A_{vmin} = 0.0625 \times \sqrt{f_{ck}} \times b_w \times s / f_y = 210.819 \text{ mm}^2$$

$$A_{vmin} = 210.819 \text{ mm}^2 > 0.35 \times b_w \times s / f_y = 186.667 \text{ mm}^2 \text{ ----- } \mathbf{0.K}$$

$$A_{vll} = \text{Max}(A_v, A_{vmin}) = 210.819 \text{ mm}^2$$

$$A_{vuse} = \mathbf{D13} \times 2 \text{ EA} = 253.4 \text{ mm}^2 \text{ ----- } \mathbf{0.K}$$

14.3 수직 전단 검토 (4.85m ~ 중앙부)

14.3.1 G9 거더

▷ 검토 구간에서 전단력이 가장 크게 발생하는 지점에 대하여 전단 검토 시행

외측거더 지점부 단면력

구 분	V(kN)	M(kN · m)
자 중	403.42	5126.10
합성전	254.52	3136.00
합성후	150.77	2079.50
활하중	190.10	1732.70

(1) 극한전단력

$$V_u = 1.3 D + 2.15 (L + I) + 1.3CF + 1.7H + 1.3Q = 1460.0 \text{ kN}$$

(2) 콘크리트가 부담하는 전단강도 V_c (도로교설계기준, 2010, p.4-76)

- V_c 는 V_{ci} 또는 V_{cw} 중에서 작은 값으로 한다.

1) 전단강도 V_{ci} (휨 전단강도)

$$V_{ci} = 0.05 \times \sqrt{F_{ck}} \times b_w \times d + V_d + (V_i \times M_{cr}) / M_{max}$$

$$M_{cr} = Z_{bo} \times (0.5 \times \sqrt{F_{ck}} + f_{pe} - f_d) = 12493.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$f_{pe} = 23.484 \text{ MPa}$$

$$f_d = M_{d1} / Z_{bo} = 10.571 \text{ MPa}$$

$$Z_{bo} = I_{co} / Y_{bo} = 0.7772 \text{ m}^3$$

$$M_{max} = 1.3 \times (M_{d2} + M_{d3}) + 2.15 \times M_I = 10505.46 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$d = 2600 - (2475 + 1,750 + 1,250 + 750) / 4 = 1043.75 \text{ mm}$$

- d 를 $0.8H$ 보다 작게 취해서는 안된다.

$$1,043.75 \text{ mm} < 0.8 \times H = 2080 \text{ mm} \quad \therefore d = 2080.00 \text{ mm}$$

$$V_d = 403.42 \text{ kN}$$

$$V_i = 1.3 \times (V_{d2} + V_{d3}) + 2.15 \times V_I = 935.59 \text{ kN}$$

- V_{ci} 는 $0.14\sqrt{F_{ck}} \times b_w \times d$ 보다 작아서는 안된다.

$$V_{ci} = 1647.65 \text{ kN} > 0.14 \sqrt{f_{ck}} \times b_w \times d = 368.34 \text{ kN}$$

$$\therefore V_{ci} = 1647.65 \text{ kN}$$

2) 전단강도 V_{cw} (복부 전단강도)

$$V_{cw} = (0.29 \times \sqrt{f_{ck}} + 0.3 \times f_{pc}) \times b_w \times d + V = 4489918.77 \text{ N} = 4489.92 \text{ kN}$$

$$f_{pc} = P_{e1} / A_c = 10309958 / 1010953 = 10.198 \text{ MPa}$$

$$V_p = P_{e2} \times \sin \Theta \text{ (} V_p \text{ : 수직분력)} = 9176171 \times 0.2675 = 2454181.99 \text{ N}$$

$$\therefore V_c = \min [V_{ci}, V_{cw}] = 1647.6 \text{ kN}$$

3) $\phi V_c = 0.80 \times 1647.6 = 1318.1 \text{ kN}$

$$1/2 \phi V_c = 659.059 \text{ kN}$$

$\therefore V_u > \phi V_c$, 전단 보강철근 계산

4) 최소 전단철근 검토

전단 철근 간격 $s = 400 \text{ mm}$ ($0.75H$ ($=0mm$) 또는 $600mm$ 보다 커서는 안된다.)

$$A_{vmin} = 0.0625 \times \sqrt{f_{ck}} \times b_w \times s / f_y = 105.409 \text{ mm}^2$$

$$A_{vmin} = 105.409 \text{ mm}^2 > 0.35 \times b_w \times s / f_y = 93.333 \text{ mm}^2 \text{ ----- } \mathbf{0.K}$$

$$A_{vll} = \text{Max}(A_v, A_{vmin}) = 113.718 \text{ mm}^2$$

$$A_{vuse} = \mathbf{D13} \times 2 \text{ EA} = 253.4 \text{ mm}^2 \text{ ----- } \mathbf{0.K}$$

14.4 수평 전단 강도 검토(주거터와 바닥판 결합)

1) 온도에 의한 수평전단응력 검토

$$F_t = \frac{1}{1 + \frac{A_s}{n \cdot A_b} + \frac{A_s \cdot d_c^2}{I_s + n \cdot I_b}} = 0.074$$

여기서, A_s, I_s : 슬래브 단면적, 단면2차모멘트
 A_b, I_b : 거더의 단면적, 단면2차모멘트
 d_c : 거더단면중심 ~ 슬래브중심

$$P_t = E_b \cdot (A_s/n) \cdot \alpha \cdot \Delta T = 29000 \times 0.55 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 5 = 797500 \text{ N}$$

$$N_{ct} = F_t \cdot P_t = 0.074 \times 797500 = 59015 \text{ N}$$

$$v_t = 2 N_{ct} / a \cdot b = 2 \times 59015 / (2.75 \times 0.80) = 0.054 \text{ MPa}$$

여기서, a = 전단분포폭 (거더중심간격, 지간/10 중 작은 값)

2) 건조수축 의한 수평전단응력 검토

$$n_2 = n [1 + \phi_2 / 2] = 1.2 \times [1 + 4.0 / 2] = 3.60$$

$$F_s = \frac{1}{1 + \frac{A_s}{n_2 \cdot A_b} + \frac{A_s \cdot d_c^2}{I_s + n_2 \cdot I_b}} = 0.193$$

$$P_s = E_b \cdot A_s \cdot \epsilon_s / n_2 = 29000 \times 0.66 \times 18 \times 10^{-5} / 3.60 = 957000 \text{ N}$$

$$N_{cs} = F_s \cdot P_s = 0.193 \times 957000 = 184701 \text{ N}$$

$$v_s = 2 N_{cs} / a \cdot b = 2 \times 184701 / (2.75 \times 0.80) = 0.168 \text{ MPa}$$

3) 합성후 고정하중에 의해 접합면에 작용하는 전단응력

$$v_d = 1424.8 \times 1000 / (0.800 \times 2.272) = 0.784 \text{ MPa}$$

$d_p = 0.8 \times h$ 보다 작아서 안된다.

$$d_p = 2.840 - 0.700 = 2.140 \text{ m} \leq 0.8 \times 2.8 = 2.272 \text{ m}$$

$$d_p = 2.272 \text{ m}$$

4) 합성후 활하중에 의해 접합면에 작용하는 전단응력

$$v_l = \frac{242.9}{1000} \times \frac{1}{\{0.800 \times 2.272\}} = 0.134 \text{ MPa}$$

dp = 0.8 x h 보다 작아서 안된다.

$$dp = 2.840 - 0.700 = 2.140 \text{ m} \leq 0.8 \times 2.8 = 2.272 \text{ m}$$

$$dp = 2.272 \text{ m}$$

5) 하중 조합

$$\begin{aligned} \textcircled{1} \quad & 1.3 \times v_d + 2.15 \times v_l \\ &= 1.3 \times 0.784 + 2.15 \times 0.134 \\ &= 1.307 \text{ Mpa} \leq 0.8 \times 3.5 = 2.800 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{2} \quad & 1.3 \times v_d + 1.3 \times v_l + 1.3 \times v_t \\ &= 1.3 \times (0.784 + 0.134 + 0.054) \\ &= 1.264 \text{ Mpa} \leq 0.8 \times 3.5 = 2.800 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{3} \quad & 1.3 \times (v_t + v_s) \\ &= 1.3 \times (0.054 + 0.168) \\ &= 0.289 \text{ Mpa} \leq 0.8 \times 3.5 = 2.800 \text{ MPa} \end{aligned}$$

6) 전단연결재의 배치간격 결정

- 접촉면을 청결하고 부유물이 없게끔하며, 대략 6 mm 깊이로 표면을 일부러 거칠게 한 후 최소전단연결재 이상을 사용.

- 최대 전단철근 간격

$$a. \quad bw \times 4 = 0.8 \times 4 = 3.200 \quad m$$

$$b. \quad 0.600 \quad m$$

$$\ast \quad \text{전단철근 최대 간격 } s = 0.600 \quad m$$

① 단부 (4.55m)

$$\text{- 사용 철근량} \quad Use \quad Av = D \quad 13 \times 2 \quad ea = 0.000254 \quad m^2$$

- 해석에 의한 최소전단철근 간격

$$Req. \quad s = \frac{Av \times fy}{0.35 \times bv} = \frac{0.000254 \times 300}{0.35 \times 0.800} = 0.272 \quad m$$

$$\ast \quad \text{사용 전단철근 간격 } s = 0.200 \quad m \quad \ast \quad 0.K$$

② 중간 가로보부(19.95m)

$$\text{- 사용 철근량} \quad Use \quad Av = D \quad 16 \times 2 \quad ea = 0.000398 \quad m^2$$

- 해석에 의한 최소전단철근 간격

$$Req. \quad s = \frac{Av \times fy}{0.35 \times bv} = \frac{0.000398 \times 300}{0.35 \times 0.800} = 0.426 \quad m$$

$$\ast \quad \text{사용 전단철근 간격 } s = 0.400 \quad m \quad \ast \quad 0.K$$

③ 중앙부

$$\text{- 사용 철근량} \quad Use \quad Av = D \quad 16 \times 2 \quad ea = 0.000398 \quad m^2$$

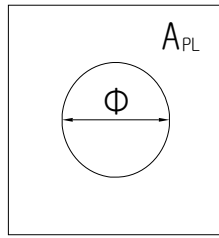
- 해석에 의한 최소전단철근 간격

$$Req. \quad s = \frac{Av \times fy}{0.35 \times bv} = \frac{0.000398 \times 300}{0.35 \times 0.800} = 0.426 \quad m$$

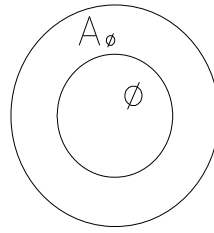
$$\ast \quad \text{사용 전단철근 간격 } s = 0.400 \quad m \quad \ast \quad 0.K$$

15. 정착부 설계

15.1 설계 조건



< 사각 정착판 제원 >



< 원형 정착판 제원 >

15.1.1 정착판 유효단면적

구 분	정착구제원	$A_{PL} (m^2)$	$A_{\Phi} (m^2)$	$\Phi (m)$	유효단면적(m^2)
T2	15.2/16연선	0.087	0.031	0.085	0.107
T3	15.2/16연선	0.087	0.031	0.085	0.107
T4	15.2/16연선	0.087	0.031	0.085	0.107
T5	15.2/16연선	0.087	0.031	0.085	0.107

15.1.2 정착구 긴장력

단위 : N

구 분	도입긴장력(P_o)	순긴장력(P_{net})	유효프리스트레스(P_e)
T2	3,250,000	2,816,256	2,344,940
T3	3,250,000	2,568,123	2,138,333
T4	3,250,000	2,689,598	2,239,478
T5	3,250,000	2,812,248	2,341,602

$$* \text{유효 프리스트레스}(P_e) = \text{초기프리스트레스}(P_i) \times \text{유효율}$$

15.2 지압 응력 검토

15.2.1 긴장재 검토

(1) 긴장재 정착 직후

$$f_{ap} = 0.7 \times f_{ci} \times \sqrt{((A_{b'} / A_b) - 0.2)} \leq 1.1 \times f_{ci}$$

- f_{ci} = 프리스트레스 도입시의 압축 강도 = 32 MPa
- $A_{b'}$ = 정착판의 도심과 일치하는 정착판의 닻은꼴은 부재단부에 가장 크게 그렸을때 그 도형의 면적
- A_b = 정착판의 면적

- 긴장구별 허용 지압 응력

구 분	정착구제원	$A_{b'}$	A_b	f_{api}	$1.1f_{ci}$	허용지압응력
T2	15.2/16연선	0.250	0.087	36.6	35.2	35.2
T3	15.2/16연선	0.250	0.087	36.6	35.2	35.2
T4	15.2/16연선	0.250	0.087	36.6	35.2	35.2
T5	15.2/16연선	0.250	0.087	36.6	35.2	35.2

- 작용 지압응력

$$f_b = \text{도입긴장력}(P_o) / A_e \quad (A_e : \text{정착판의 유효면적})$$

- 긴장구별 지압 응력 검토

구 분	정착구제원	Po	Ae	fb	허용지압응력	검 토
T2	15.2/16연선	3,250,000	0.107	30.3	35.2	0.K
T3	15.2/16연선	3,250,000	0.107	30.3	35.2	0.K
T4	15.2/16연선	3,250,000	0.107	30.3	35.2	0.K
T5	15.2/16연선	3,250,000	0.107	30.3	35.2	0.K

(2) 프리스트레스 손실 발생후

- 허용 지압 응력

$$f_{ap} = 0.5 \times f_{ck} \times \sqrt{(A_b' / A_b)} \leq 0.9 \times f_{ck}$$

$$\cdot f_{ck} = \text{설계 기준 강도} = 40 \text{ MPa}$$

- 긴장구별 허용 지압 응력

구 분	정착구제원	A _b '	A _b	f _{ap i}	0.9f _{ck}	허용지압응력
T2	15.2/16연선	0.250	0.087	33.9	36.0	33.9
T3	15.2/16연선	0.250	0.087	33.9	36.0	33.9
T4	15.2/16연선	0.250	0.087	33.9	36.0	33.9
T5	15.2/16연선	0.250	0.087	33.9	36.0	33.9

- 작용 지압응력

$$f_b = \text{도입긴장력}(P_o) / A_e \quad (A_e : \text{정착판의 유효면적})$$

- 긴장구별 지압 응력 검토

구 분	정착구제원	P _{net}	Ae	fb	허용지압응력	검 토
T2	15.2/16연선	2,816,256	0.107	26.3	33.9	0.K
T3	15.2/16연선	2,568,123	0.107	24.0	33.9	0.K
T4	15.2/16연선	2,689,598	0.107	25.1	33.9	0.K
T5	15.2/16연선	2,812,248	0.107	26.3	33.9	0.K

15.3 파열력에 대한 검토

(1) 정착구 Busting 철근 검토

$$\begin{aligned} a(\text{정착판 일변 길이}) &= 295 \text{ mm} \\ h(\text{정착단면의 치수}) &= 2600 \text{ mm} \\ \alpha(\text{radian}) &= \text{ave}(T_{n-1} \sim T_n) = 0.137706146 \\ \sum P_o(\text{도입긴장력}) &= 13000000 \text{ N} \end{aligned}$$

1) 파열력 산정

$$\begin{aligned} T_{\text{burst}} &= 0.25 \times \sum P_o \times \{ 1 - (a/h) \} + (0.5 \times \sum P_o \times \sin \alpha) \\ &= 0.25 \times 13000000 \times \{ 1 - (295 / 2600) \} \\ &\quad + 0.5 \times 13000000 \times \sin 0.13771 \\ &= 3038840.0 \text{ N} \end{aligned}$$

2) 보강철근량 산정

$$\begin{aligned} 1.2 T_{\text{burst}} &= \phi T_n = \phi A_s f_y \\ \text{Req'd } A_s &= 1.2 \times 3038839.95 / (0.8 \times 300.0) = 15194.2 \text{ mm}^2 \\ e &= 2600 / 2 - (250 \times 4 + 500 \times 2 + 500 \times 1) / 4 \\ &= 675 \text{ mm} \\ d_{\text{burst}} &= 0.5 \times (h - 2e) + 5e \times \sin 0.13771 \\ &= 0.5 \times (2600 - 2 \times 675) + 5 \times 675 \times \sin 0.13771 \\ &= 1233.3 \text{ mm} \end{aligned}$$

* 파열 보강 철근은 고려하는 면에 대해 2.5dburst의 거리에 걸쳐 단면의 해당 측방향 치수의 1.5배를 넘지 않게 긴장재 양측을 따라 재하면 앞에 분포되어야 한다. 파열 보강 철근의 도심은 설계에 적용된 거리 dburst와 일치해야 한다. 간격은 보강 철근 지름의 24배 또는 300mm 를 넘어서는 안된다.
(도로교설계기준, P323)

$$\begin{aligned} \text{배치 범위} &= 2.5 \times 1233.3 = 3083.25 \text{ mm} \\ \text{spacing} &= 150 \text{ mm} \\ \text{Used bar} &= D 19 (A = 286.5 \text{ mm}^2) - 12 ea \times 14 \text{ layer} = 48132.0 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

----- 0.K

15.4 활렬력에 대한 검토

1) 활렬력 산정

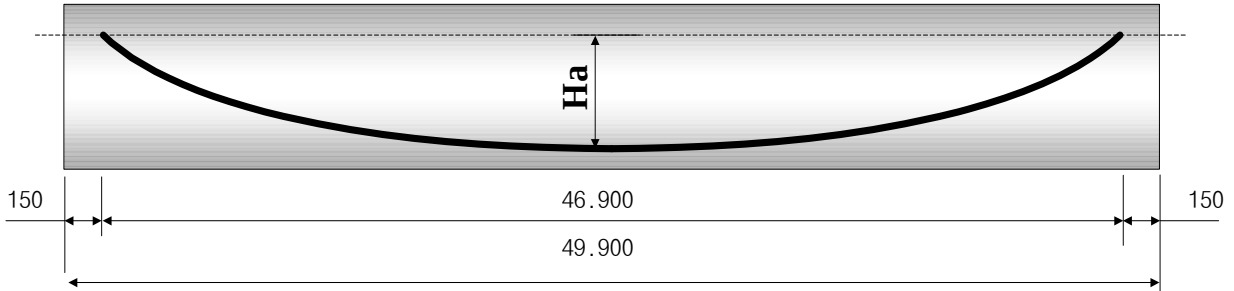
$$T_{\text{spall}} = 0.02 \times \sum P_o = 0.02 \times 3038839.950 = 60776.799 \text{ N}$$

2) 보강철근량 산정

$$\begin{aligned} f_s &= 0.6 \times f_y = 0.6 \times 300 = 180 \text{ MPa} \\ A_s &= T_{\text{spall}} / f_s = 60776.799 / 180 = 337.649 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

16. PS 강재의 신장량 검토

16.1 강봉 및 강선의 제원 (8. 프리스트레스 참조)



강선번호	Ap(m ²)	Ep(MPa)	Ha(m)	L(m)	α (radian)
C1	0.001257	200000	0.000	49.130	0.00000
C2	0.001257	200000	0.000	49.130	0.00000
T1	0.0009709	200000	2.360	49.449	0.40464
T2	0.0022192	200000	1.625	49.273	0.13154
T3	0.0022192	200000	1.125	49.199	0.09134
T4	0.0022192	200000	0.625	49.151	0.05084
T5	0.0022192	200000	0.125	49.131	0.01018

16.2 PS 강재의 신장률 (양단 동시 긴장시 한쪽 신장량임.)

(1) 신장률 (11. 정착부 설계 참조)

$$\Delta L = (P_o + P_{net}) \times (L_{ps}/2) / (A_p \times E_p)$$

강선번호	긴장순서	도입긴장력(Po)	순긴장력(Pnet)	Lps(m)	ΔL(mm)
C1	5	-690.00	-566.89	49.130	-122.815
C2	5	-690.00	-566.89	49.130	-122.815
T1	5	1380.00	1102.19	49.449	316.051
T2	4	3250.00	2816.26	49.273	336.723
T3	1	3250.00	2568.12	49.199	322.463
T4	2	3250.00	2689.60	49.151	328.878
T5	3	3250.00	2812.25	49.131	335.530

17. 신축이음의 설계 (복현삼교 A1, A2)

가) 신축량 계산 (BICON 거더교)

① 온도변화에 의한 이동량

$$\Delta L_t = \Delta T \times \alpha \times L \quad \text{--신축거더의 길이는 고정단으로부터의 거리(도로교 설계기준 2005 2.4.2.2)}$$

여기서, ΔT : 온도변화 (40 ℃) --콘크리트교의 경우 온도변화 40℃(도로설계요령 6.2.2)

α : 선팽창계수(0.00001) 강교:1.2*10⁻⁵ 콘크리트교:1.0*10⁻⁵

L : 신축 GIRDER 의 길이 (m)

$$\Delta L_t = 40 \times 0.00001 \times 50 = 0.0200 \text{ m}$$

② 건조 수축 신축량

$$\Delta L_{sh} = 0.1 \times L$$

여기서, L : 신축 GIRDER 의 길이 (m)

$$\Delta L_{sh} = 0.1 \times 50 = 0.005 \text{ m}$$

③ creep 신축량

$$\Delta L_{sh} = 0.2 \times L$$

여기서, L : 신축 GIRDER 의 길이 (m)

$$\Delta L_{sh} = 0.2 \times 50 = 0.010 \text{ m}$$

④ 신축 여유량

$$(20 \text{ mm} + 5.000 \text{ mm} + 10.000 \text{ mm}) \times 20 \% + 10.0 \text{ mm} = 17.0 \text{ mm}$$

* 포장 및 활하중에 의한 거더 단부의 회전 및 시공오차로 인한 신축변화량은 여유량을 예상하여 기본신축량의 20%에 일률적으로 10mm를 더하는 것으로 한다.

$$\therefore 20 \text{ mm} + 5.000 \text{ mm} + 10.000 \text{ mm} + 17.0 = 52.0 \text{ mm}$$

구분	온도변화	건조수축	크리프	여유량	총신축량	설계
	20.0	5.0	10.0	17.0	52.0	