

▶ 동대구IC고가교 P2 P - M 상관분석

1) 검토 제목 : 동대구IC고가교 P2

2) 설계조건

설계 기준강도 : $f_{ck} = 24 \text{ MPa}$, $f_y = 300 \text{ MPa}$
재료 탄성계수 : $E_c = 29230 \text{ MPa}$, $E_s = 200000 \text{ MPa}$
강도 감소계수 : $\phi_c = 0.70$, $\phi_f = 0.85$

3) 원형단면 검토조건

직 경 (Diameter) : 3000.00 mm
철근 피복두께(d') : 148.26 mm
비지지 길이 (L_u) : 5900.00 mm
유효길이계수 (K_x) : 2.00
유효길이계수 (K_y) : 2.00
횡방향 철근 형태 : 띠 철근

4) 사용 강재량

(1) 사용 철근량

- 1단 철근 : $D32 \times 88ea = 69889.6 \text{ mm}^2$ ($d_c = 100.0 \text{ mm}$)
- 2단 철근 : $D32 \times 82ea = 65124.4 \text{ mm}^2$ ($d_c = 200.0 \text{ mm}$)
- 총 사용 철근량 : $A_{st} = 135014.0 \text{ mm}^2$

5) 공칭 강도 검토

(1) Load Case 1

① 작용하중

계수축하중 : $P_u = 26725.559 \text{ KN}$

계수모멘트(Y) : $M_{uy} = 446.591 \text{ KN}\cdot\text{m}$
 $M_{uy.ns} = 0.000 \text{ KN}\cdot\text{m}$
 $M_{uy.s} = 446.591 \text{ KN}\cdot\text{m}$

X축 세장비 : $\lambda_x = 15.7$

Y축 세장비 : $\lambda_y = 15.7$

지속 계수하중비 : $\beta_{dx} = 0.000$

$$: \beta_{dy} = 0.000$$

$$X\text{축 확대계수} : \delta_{x.ns} = 1.000$$

$$: \delta_{x.s} = 1.000$$

$$Y\text{축 확대계수} : \delta_{y.ns} = 1.000$$

$$: \delta_{y.s} = 1.000$$

$$X\text{축 확대모멘트} : \delta_{Mux} = 0.000 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$Y\text{축 확대모멘트} : \delta_{Muy} = 446.591 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{합성 확대모멘트} : \delta_{Mu} = 446.591 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{중립축 회전각} : \theta_{rot} = 90.000^\circ$$

$$\text{최 소 편 심} : e_{\min} = 271.37 \text{ mm}$$

$$\text{작 용 편 심} : e = 16.71 \text{ mm}$$

② 평형상태 계산

$$\text{중립축 } x = \epsilon_{cu} / (\epsilon_{cu} + \epsilon_{yd}) \times d = 1901.163 \text{ mm}$$

$$P_b = C_c + C_s + T_t = 79175.628 + 18159.809 + -10537.985 = 86797.452 \text{ KN}$$

$$M_b = M_c + M_s + M_t = 45475.003 + 15878.741 + 12161.477 = 73515.220 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{평 형 편 심} : e_b = 846.97 \text{ mm}$$

$$\text{최외단철근변형률} : \epsilon_t = 0.0016$$

$$\text{강 도 감 소 계 수} : \phi = 0.7033$$

$$\text{평 형 축 하 중} : \phi P_b = 61041.47 \text{ KN}$$

$$\text{평 형 모 멘 트} : \phi M_b = 51700.56 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\therefore e \leq e_{\min} \text{ ----> 최소편심 구간}$$

③ 단면강도 검토

$$\text{사용철근비} : P_{used} = 1.910 \%$$

$$\alpha P_n = \alpha \times \{0.85 f_{ck} (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}\} = 145559.216 \text{ KN}$$

$$M_n = \alpha P_n \times e_{\min} = 39500.959 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{강도 감 소 계 수} : \phi = 0.700$$

$$\text{축력 감 소 계 수} : \alpha = 0.800$$

$$\text{설계축하중강도} : \alpha \phi P_n = 101891.449 \text{ KN} \geq P_u = 26725.559 \text{ KN} \therefore \text{O.K}$$

$$\text{설 계 휨 강 도} : \phi M_n = 27650.672 \text{ KN}\cdot\text{m} \geq M_u = 446.591 \text{ KN}\cdot\text{m} \therefore \text{O.K}$$

(2) Load Case 2

① 작용하중

$$\text{계수축하중} : P_u = 20172.043 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned} \text{계수모멘트(Y)} : M_{uy} &= 37500.884 \text{ KN}\cdot\text{m} \\ M_{uy.ns} &= 0.000 \text{ KN}\cdot\text{m} \\ M_{uy.s} &= 37500.884 \text{ KN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$$\text{X축 세장비} : \lambda_x = 15.7$$

$$\text{Y축 세장비} : \lambda_y = 15.7$$

$$\begin{aligned} \text{지속 계수하중비} : \beta_{dx} &= 0.000 \\ &: \beta_{dy} = 0.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{X축 확대계수} : \delta_{x.ns} &= 1.000 \\ &: \delta_{x.s} = 1.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Y축 확대계수} : \delta_{y.ns} &= 1.000 \\ &: \delta_{y.s} = 1.000 \end{aligned}$$

$$\text{X축 확대모멘트} : \delta M_{ux} = 0.000 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{Y축 확대모멘트} : \delta M_{uy} = 37500.884 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{합성 확대모멘트} : \delta M_u = 37500.884 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{중립축 회전각} : \theta_{rot} = 90.000^\circ$$

$$\text{최 소 편 심} : e_{\min} = 271.37 \text{ mm}$$

$$\text{작 용 편 심} : e = 1859.05 \text{ mm}$$

② 평형상태 계산

$$\text{중립축 } x = \epsilon_{cu} / (\epsilon_{cu} + \epsilon_{yd}) \times d = 1901.163 \text{ mm}$$

$$P_b = C_c + C_s + T_t = 79175.628 + 18159.809 + -10537.985 = 86797.452 \text{ KN}$$

$$M_b = M_c + M_s + M_t = 45475.003 + 15878.741 + 12161.477 = 73515.220 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{평 형 편 심} : e_b = 846.97 \text{ mm}$$

$$\text{최외단철근변형률} : \epsilon_t = 0.0016$$

$$\text{강 도 감 소 계 수} : \phi = 0.7033$$

$$\text{평 형 축 하 중} : \phi P_b = 61041.47 \text{ KN}$$

$$\text{평 형 모 멘 트} : \phi M_b = 51700.56 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\therefore e_b < e \text{ ----> 인장지배 구간}$$

③ 단면강도 검토

중립축을 가정하여 Trial & Error Method로 검토한다.

중립축 $x = 1232.631 \text{ mm}$ 로 가정하면...

$$e' = M_n/P_n = 1859.052 \text{ mm} \quad \therefore \quad e = 1859.052 \text{ mm} \quad \text{----> say O.K.}$$

$$\text{사용철근비} : P_{used} = 1.910 \%$$

$$P_n = C_c + C_s + T_t = 44834.560 + 13495.114 + -19856.245 = 38473.428 \text{ KN}$$

$$M_n = M_c + M_s + M_t = 39772.176 + 14487.093 + 17264.831 = 71524.100 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

최외단 철근의 순인장변형률 $\epsilon_t = 0.00406$

$$\epsilon_y = 0.0015 < \epsilon_t = 0.00406 < 0.005 \quad \text{-----> 변화구간단면}$$

$\epsilon_y < \epsilon_t < 0.005$ 이므로 0.70 ~ 0.85 사이에서 강도감소계수를 보간한다.

$$\text{강도 감소 계수} : \phi = 0.810$$

$$\text{설계축하중강도} : \phi P_n = 31149.305 \text{ KN} \geq P_u = 20172.043 \text{ KN} \quad \therefore \text{O.K}$$

$$\text{설 계 휨 강 도} : \phi M_n = 57908.175 \text{ KN}\cdot\text{m} \geq M_u = 37500.884 \text{ KN}\cdot\text{m} \quad \therefore \text{O.K}$$

(3) Load Case 3

① 작용하중

$$\text{계수축하중} : P_u = 24134.634 \text{ KN}$$

$$\text{계수모멘트(Y)} : M_{uy} = 19023.954 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$M_{uy.ns} = 0.000 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$M_{uy.s} = 19023.954 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{X축 세장비} : \lambda_x = 15.7$$

$$\text{Y축 세장비} : \lambda_y = 15.7$$

$$\text{지속 계수하중비} : \beta_{dx} = 0.000$$

$$: \beta_{dy} = 0.000$$

$$\text{X축 확대계수} : \delta_{x.ns} = 1.000$$

$$: \delta_{x.s} = 1.000$$

$$\text{Y축 확대계수} : \delta_{y.ns} = 1.000$$

$$: \delta_{y.s} = 1.000$$

X축 최대모멘트 : $\delta M_{ux} = 0.000 \text{ KN}\cdot\text{m}$
Y축 최대모멘트 : $\delta M_{uy} = 19023.954 \text{ KN}\cdot\text{m}$
합성 최대모멘트 : $\delta M_u = 19023.954 \text{ KN}\cdot\text{m}$
중립축 회전각 : $\theta_{rot} = 90.000^\circ$

최 소 편 심 : $e_{min} = 271.37 \text{ mm}$
작 용 편 심 : $e = 788.24 \text{ mm}$

② 평형상태 계산

중립축 $x = \epsilon_{cu} / (\epsilon_{cu} + \epsilon_{yd}) \times d = 1901.163 \text{ mm}$

$P_b = C_c + C_s + T_t = 79175.628 + 18159.809 + -10537.985 = 86797.452 \text{ KN}$
 $M_b = M_c + M_s + M_t = 45475.003 + 15878.741 + 12161.477 = 73515.220 \text{ KN}\cdot\text{m}$

평 형 편 심 : $e_b = 846.97 \text{ mm}$
최외단철근변형률 : $\epsilon_t = 0.0016$
강 도 감 소 계 수 : $\phi = 0.7033$
평 형 축 하 중 : $\phi P_b = 61041.47 \text{ KN}$
평 형 모 멘 트 : $\phi M_b = 51700.56 \text{ KN}\cdot\text{m}$

$\therefore e_{min} < e < e_b \rightarrow$ 압축지배 구간

③ 단면강도 검토

중립축을 가정하여 Trial & Error Method로 검토한다.

중립축 $x = 1956.935 \text{ mm}$ 로 가정하면...
 $e' = M_n/P_n = 788.243 \text{ mm} \approx e = 788.243 \text{ mm} \rightarrow \text{say O.K.}$

사용철근비 : $P_{used} = 1.910 \%$

$P_n = C_c + C_s + T_t = 82063.880 + 18544.927 + -9385.736 = 91223.071 \text{ KN}$
 $M_n = M_c + M_s + M_t = 45071.571 + 15878.112 + 10956.265 = 71905.947 \text{ KN}\cdot\text{m}$

최외단 철근의 순인장변형률 $\epsilon_t = 0.00145$
 $\epsilon_t = 0.00145 \leq \epsilon_y = 0.0015 \rightarrow$ 압축지배단면

강도 감 소 계 수 : $\phi = 0.700$
설 계 축 하 중 강도 : $\phi P_n = 63856.149 \text{ KN} \geq P_u = 24134.634 \text{ KN} \therefore \text{O.K.}$
설 계 휨 강 도 : $\phi M_n = 50334.162 \text{ KN}\cdot\text{m} \geq M_u = 19023.954 \text{ KN}\cdot\text{m} \therefore \text{O.K.}$

(4) Load Case 4

① 작용하중

$$\text{계수축하중} : P_u = 24134.634 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned} \text{계수모멘트(Y)} : M_{uy} &= 314.662 \text{ KN}\cdot\text{m} \\ M_{uy.ns} &= 0.000 \text{ KN}\cdot\text{m} \\ M_{uy.s} &= 314.662 \text{ KN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$$\text{X축 세장비} : \lambda_x = 15.7$$

$$\text{Y축 세장비} : \lambda_y = 15.7$$

$$\begin{aligned} \text{지속 계수하중비} : \beta_{dx} &= 0.000 \\ &: \beta_{dy} = 0.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{X축 확대계수} : \delta_{x.ns} &= 1.000 \\ &: \delta_{x.s} = 1.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Y축 확대계수} : \delta_{y.ns} &= 1.000 \\ &: \delta_{y.s} = 1.000 \end{aligned}$$

$$\text{X축 확대모멘트} : \delta M_{ux} = 0.000 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{Y축 확대모멘트} : \delta M_{uy} = 314.662 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{합성 확대모멘트} : \delta M_u = 314.662 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{중립축 회전각} : \theta_{rot} = 90.000^\circ$$

$$\text{최 소 편 심} : e_{min} = 271.37 \text{ mm}$$

$$\text{작 용 편 심} : e = 13.04 \text{ mm}$$

② 평형상태 계산

$$\text{중립축 } x = \epsilon_{cu} / (\epsilon_{cu} + \epsilon_{yd}) \times d = 1901.163 \text{ mm}$$

$$P_b = C_c + C_s + T_t = 79175.628 + 18159.809 + -10537.985 = 86797.452 \text{ KN}$$

$$M_b = M_c + M_s + M_t = 45475.003 + 15878.741 + 12161.477 = 73515.220 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{평 형 편 심} : e_b = 846.97 \text{ mm}$$

$$\text{최외단철근변형률} : \epsilon_t = 0.0016$$

$$\text{강 도 감 소 계 수} : \phi = 0.7033$$

$$\text{평 형 축 하 중} : \phi P_b = 61041.47 \text{ KN}$$

$$\text{평 형 모 멘 트} : \phi M_b = 51700.56 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\therefore e \leq e_{min} \text{ ----> 최소편심 구간}$$

③ 단면강도 검토

$$\text{사용철근비} : P_{used} = 1.910 \%$$

$$\alpha P_n = \alpha \times \{0.85 f_{ck} (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}\} = 145559.216 \text{ KN}$$

$$M_n = \alpha P_n \times e_{min} = 39500.959 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{강도 감소 계수} : \phi = 0.700$$

$$\text{축력 감소 계수} : \alpha = 0.800$$

$$\text{설계축하중강도} : \alpha \phi P_n = 101891.449 \text{ KN} \geq P_u = 24134.634 \text{ KN} \quad \therefore \text{O.K}$$

$$\text{설 계 휨 강 도} : \phi M_n = 27650.672 \text{ KN}\cdot\text{m} \geq M_u = 314.662 \text{ KN}\cdot\text{m} \quad \therefore \text{O.K}$$

(5) Load Case 5

① 작용하중

$$\text{계수축하중} : P_u = 24134.634 \text{ KN}$$

$$\text{계수모멘트(Y)} : M_{uy} = 314.662 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$M_{uy.ns} = 0.000 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$M_{uy.s} = 314.662 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{X축 세장비} : \lambda_x = 15.7$$

$$\text{Y축 세장비} : \lambda_y = 15.7$$

$$\text{지속 계수하중비} : \beta_{dx} = 0.000$$

$$\beta_{dy} = 0.000$$

$$\text{X축 확대계수} : \delta_{x.ns} = 1.000$$

$$\delta_{x.s} = 1.000$$

$$\text{Y축 확대계수} : \delta_{y.ns} = 1.000$$

$$\delta_{y.s} = 1.000$$

$$\text{X축 확대모멘트} : \delta M_{ux} = 0.000 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{Y축 확대모멘트} : \delta M_{uy} = 314.662 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{합성 확대모멘트} : \delta M_u = 314.662 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{중립축 회전각} : \theta_{rot} = 90.000^\circ$$

$$\text{최 소 편 심} : e_{min} = 271.37 \text{ mm}$$

$$\text{작 용 편 심} : e = 13.04 \text{ mm}$$

② 평형상태 계산

$$\text{중립축 } x = \varepsilon_{cu} / (\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{yd}) \times d = 1901.163 \text{ mm}$$

$$P_b = C_c + C_s + T_t = 79175.628 + 18159.809 + -10537.985 = 86797.452 \text{ KN}$$

$$M_b = M_c + M_s + M_t = 45475.003 + 15878.741 + 12161.477 = 73515.220 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{평 형 편 심 : } e_b = 846.97 \text{ mm}$$

$$\text{최외단철근변형률 : } \varepsilon_t = 0.0016$$

$$\text{강 도 감 소 계 수 : } \phi = 0.7033$$

$$\text{평 형 축 하 중 : } \phi P_b = 61041.47 \text{ KN}$$

$$\text{평 형 모 멘 트 : } \phi M_b = 51700.56 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\therefore e \leq e_{\min} \text{ ----> 최소편심 구간}$$

③ 단면강도 검토

$$\text{사용철근비 : } P_{used} = 1.910 \%$$

$$\alpha P_n = \alpha \times \{0.85 f_{ck} (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}\} = 145559.216 \text{ KN}$$

$$M_n = \alpha P_n \times e_{\min} = 39500.959 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{강도 감 소 계 수 : } \phi = 0.700$$

$$\text{축력 감 소 계 수 : } \alpha = 0.800$$

$$\text{설계축하중강도 : } \alpha \phi P_n = 101891.449 \text{ KN} \geq P_u = 24134.634 \text{ KN} \therefore \text{O.K}$$

$$\text{설 계 휨 강 도 : } \phi M_n = 27650.672 \text{ KN}\cdot\text{m} \geq M_u = 314.662 \text{ KN}\cdot\text{m} \therefore \text{O.K}$$

(6) Load Case 6

① 작용하중

$$\text{계수축하중 : } P_u = 19396.195 \text{ KN}$$

$$\text{계수모멘트(Y) : } M_{uy} = 36058.543 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$M_{uy,ns} = 0.000 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$M_{uy,s} = 36058.543 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{X축 세장비 : } \lambda_x = 15.7$$

$$\text{Y축 세장비 : } \lambda_y = 15.7$$

$$\text{지속 계수하중비 : } \beta_{dx} = 0.000$$

$$\text{ : } \beta_{dy} = 0.000$$

X축 확대계수 : $\delta x.ns = 1.000$
 : $\delta x.s = 1.000$
 Y축 확대계수 : $\delta y.ns = 1.000$
 : $\delta y.s = 1.000$

X축 확대모멘트 : $\delta Mux = 0.000 \text{ KN}\cdot\text{m}$
 Y축 확대모멘트 : $\delta Muy = 36058.543 \text{ KN}\cdot\text{m}$
 합성 확대모멘트 : $\delta Mu = 36058.543 \text{ KN}\cdot\text{m}$
 중립축 회전각 : $\theta_{rot} = 90.000^\circ$

최 소 편 심 : $e_{min} = 271.37 \text{ mm}$
 작 용 편 심 : $e = 1859.05 \text{ mm}$

② 평형상태 계산

중립축 $x = \epsilon_{cu} / (\epsilon_{cu} + \epsilon_{yd}) \times d = 1901.163 \text{ mm}$

$P_b = C_c + C_s + T_t = 79175.628 + 18159.809 + -10537.985 = 86797.452 \text{ KN}$
 $M_b = M_c + M_s + M_t = 45475.003 + 15878.741 + 12161.477 = 73515.220 \text{ KN}\cdot\text{m}$

평 형 편 심 : $e_b = 846.97 \text{ mm}$
 최외단철근변형률 : $\epsilon_t = 0.0016$
 강 도 감 소 계 수 : $\phi = 0.7033$
 평 형 축 하 중 : $\phi P_b = 61041.47 \text{ KN}$
 평 형 모 멘 트 : $\phi M_b = 51700.56 \text{ KN}\cdot\text{m}$

$\therefore e_b < e \text{ ----> 인장지배 구간}$

③ 단면강도 검토

중립축을 가정하여 Trial & Error Method로 검토한다.

중립축 $x = 1232.631 \text{ mm}$ 로 가정하면...

$e' = M_n/P_n = 1859.052 \text{ mm} \quad \therefore \quad e = 1859.052 \text{ mm} \text{ ----> say O.K.}$

사용철근비 : $P_{used} = 1.910 \%$

$P_n = C_c + C_s + T_t = 44834.560 + 13495.114 + -19856.245 = 38473.428 \text{ KN}$
 $M_n = M_c + M_s + M_t = 39772.176 + 14487.093 + 17264.831 = 71524.100 \text{ KN}\cdot\text{m}$

최외단 철근의 순인장변형률 $\epsilon_t = 0.00406$

$\epsilon_y = 0.0015 < \epsilon_t = 0.00406 < 0.005 \text{ -----> 변화구간단면}$

$\epsilon_y < \epsilon_t < 0.005$ 이므로 0.70 ~ 0.85 사이에서 강도감소계수를 보간한다.

강도 감소 계수 : $\phi = 0.810$

설계축하중강도 : $\phi P_n = 31149.305 \text{ KN} \geq P_u = 19396.195 \text{ KN} \therefore \text{O.K}$

설 계 휨 강 도 : $\phi M_n = 57908.175 \text{ KN}\cdot\text{m} \geq M_u = 36058.543 \text{ KN}\cdot\text{m} \therefore \text{O.K}$

(7) Load Case 7

① 작용하중

계수축하중 : $P_u = 19396.195 \text{ KN}$

계수모멘트(Y) : $M_{uy} = 36058.543 \text{ KN}\cdot\text{m}$

$M_{uy.ns} = 0.000 \text{ KN}\cdot\text{m}$

$M_{uy.s} = 36058.543 \text{ KN}\cdot\text{m}$

X축 세장비 : $\lambda_x = 15.7$

Y축 세장비 : $\lambda_y = 15.7$

지속 계수하중비 : $\beta_{dx} = 0.000$

: $\beta_{dy} = 0.000$

X축 확대계수 : $\delta_{x.ns} = 1.000$

: $\delta_{x.s} = 1.000$

Y축 확대계수 : $\delta_{y.ns} = 1.000$

: $\delta_{y.s} = 1.000$

X축 확대모멘트 : $\delta M_{ux} = 0.000 \text{ KN}\cdot\text{m}$

Y축 확대모멘트 : $\delta M_{uy} = 36058.543 \text{ KN}\cdot\text{m}$

합성 확대모멘트 : $\delta M_u = 36058.543 \text{ KN}\cdot\text{m}$

중립축 회전각 : $\theta_{rot} = 90.000^\circ$

최 소 편 심 : $e_{min} = 271.37 \text{ mm}$

작 용 편 심 : $e = 1859.05 \text{ mm}$

② 평형상태 계산

중립축 $x = \epsilon_{cu} / (\epsilon_{cu} + \epsilon_{yd}) \times d = 1901.163 \text{ mm}$

$P_b = C_c + C_s + T_t = 79175.628 + 18159.809 + -10537.985 = 86797.452 \text{ KN}$

$M_b = M_c + M_s + M_t = 45475.003 + 15878.741 + 12161.477 = 73515.220 \text{ KN}\cdot\text{m}$

평 형 편 심 : $e_b = 846.97 \text{ mm}$
 최외단철근변형률 : $\epsilon_t = 0.0016$
 강 도 감 소 계 수 : $\phi = 0.7033$
 평 형 축 하 중 : $\phi P_b = 61041.47 \text{ KN}$
 평 형 모 멘 트 : $\phi M_b = 51700.56 \text{ KN}\cdot\text{m}$

$\therefore e_b < e_{\text{----}} \rightarrow$ 인장지배 구간

③ 단면강도 검토

중립축을 가정하여 Trial & Error Method로 검토한다.

중립축 $x = 1232.631 \text{ mm}$ 로 가정하면...

$e' = M_n/P_n = 1859.052 \text{ mm} \quad \therefore e = 1859.052 \text{ mm} \quad \text{----} \rightarrow \text{say O.K.}$

사용철근비 : $P_{used} = 1.910 \%$

$P_n = C_c + C_s + T_t = 44834.560 + 13495.114 + -19856.245 = 38473.428 \text{ KN}$

$M_n = M_c + M_s + M_t = 39772.176 + 14487.093 + 17264.831 = 71524.100 \text{ KN}\cdot\text{m}$

최외단 철근의 순인장변형률 $\epsilon_t = 0.00406$

$\epsilon_y = 0.0015 < \epsilon_t = 0.00406 < 0.005 \quad \text{-----} \rightarrow$ 변화구간단면

$\epsilon_y < \epsilon_t < 0.005$ 이므로 0.70 ~ 0.85 사이에서 강도감소계수를 보간한다.

강도 감소 계수 : $\phi = 0.810$

설계축하중강도 : $\phi P_n = 31149.305 \text{ KN} \geq P_u = 19396.195 \text{ KN} \quad \therefore \text{O.K}$

설 계 휨 강 도 : $\phi M_n = 57908.175 \text{ KN}\cdot\text{m} \geq M_u = 36058.543 \text{ KN}\cdot\text{m} \quad \therefore \text{O.K}$

(8) Load Case 8

① 작용하중

계수축하중 : $P_u = 23203.379 \text{ KN}$

계수모멘트(Y) : $M_{uy} = 18292.263 \text{ KN}\cdot\text{m}$

$M_{uy,ns} = 0.000 \text{ KN}\cdot\text{m}$

$M_{uy,s} = 18292.263 \text{ KN}\cdot\text{m}$

X축 세장비 : $\lambda_x = 15.7$

Y축 세장비 : $\lambda_y = 15.7$

지속 계수하중비 : $\beta_{dx} = 0.000$

$$: \beta_{dy} = 0.000$$

$$\text{X축 확대계수} : \delta_{x.ns} = 1.000$$

$$: \delta_{x.s} = 1.000$$

$$\text{Y축 확대계수} : \delta_{y.ns} = 1.000$$

$$: \delta_{y.s} = 1.000$$

$$\text{X축 확대모멘트} : \delta_{Mux} = 0.000 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{Y축 확대모멘트} : \delta_{Muy} = 18292.263 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{합성 확대모멘트} : \delta_{Mu} = 18292.263 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{중립축 회전각} : \theta_{rot} = 90.000^\circ$$

$$\text{최 소 편 심} : e_{min} = 271.37 \text{ mm}$$

$$\text{작 용 편 심} : e = 788.34 \text{ mm}$$

② 평형상태 계산

$$\text{중립축 } x = \epsilon_{cu} / (\epsilon_{cu} + \epsilon_{yd}) \times d = 1901.163 \text{ mm}$$

$$P_b = C_c + C_s + T_t = 79175.628 + 18159.809 + -10537.985 = 86797.452 \text{ KN}$$

$$M_b = M_c + M_s + M_t = 45475.003 + 15878.741 + 12161.477 = 73515.220 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{평 형 편 심} : e_b = 846.97 \text{ mm}$$

$$\text{최외단철근변형률} : \epsilon_t = 0.0016$$

$$\text{강 도 감 소 계 수} : \phi = 0.7033$$

$$\text{평 형 축 하 중} : \phi P_b = 61041.47 \text{ KN}$$

$$\text{평 형 모 멘 트} : \phi M_b = 51700.56 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\therefore e_{min} < e < e_b \text{ ----> 압축지배 구간}$$

③ 단면강도 검토

중립축을 가정하여 Trial & Error Method로 검토한다.

중립축 $x = 1956.836 \text{ mm}$ 로 가정하면...

$$e' = M_n/P_n = 788.344 \text{ mm} \quad \therefore \quad e = 788.345 \text{ mm} \text{ ----> say O.K.}$$

$$\text{사용철근비} : P_{used} = 1.910 \%$$

$$P_n = C_c + C_s + T_t = 82058.766 + 18544.262 + -9387.825 = 91215.204 \text{ KN}$$

$$M_n = M_c + M_s + M_t = 45072.406 + 15878.113 + 10958.485 = 71909.003 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{최외단 철근의 순인장변형률 } \epsilon_t = 0.00145$$

$$\epsilon_t = 0.00145 \leq \epsilon_y = 0.0015 \rightarrow \text{압축지배단면}$$

$$\text{강도 감소 계수 : } \phi = 0.700$$

$$\text{설계축하중강도 : } \phi P_n = 63850.642 \text{ KN} \geq P_u = 23203.379 \text{ KN} \therefore \text{O.K}$$

$$\text{설 계 휨 강 도 : } \phi M_n = 50336.301 \text{ KN}\cdot\text{m} \geq M_u = 18292.263 \text{ KN}\cdot\text{m} \therefore \text{O.K}$$

(9) Load Case 9

① 작용하중

$$\text{계수축하중 : } P_u = 23203.379 \text{ KN}$$

$$\text{계수모멘트(Y) : } M_{uy} = 18292.263 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$M_{uy.ns} = 0.000 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$M_{uy.s} = 18292.263 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{X축 세장비 : } \lambda_x = 15.7$$

$$\text{Y축 세장비 : } \lambda_y = 15.7$$

$$\text{지속 계수하중비 : } \beta_{dx} = 0.000$$

$$\beta_{dy} = 0.000$$

$$\text{X축 확대계수 : } \delta_{x.ns} = 1.000$$

$$\delta_{x.s} = 1.000$$

$$\text{Y축 확대계수 : } \delta_{y.ns} = 1.000$$

$$\delta_{y.s} = 1.000$$

$$\text{X축 확대모멘트 : } \delta M_{ux} = 0.000 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{Y축 확대모멘트 : } \delta M_{uy} = 18292.263 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{합성 확대모멘트 : } \delta M_u = 18292.263 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{중립축 회전각 : } \theta_{rot} = 90.000^\circ$$

$$\text{최 소 편 심 : } e_{min} = 271.37 \text{ mm}$$

$$\text{작 용 편 심 : } e = 788.34 \text{ mm}$$

② 평형상태 계산

$$\text{중립축 } x = \epsilon_{cu} / (\epsilon_{cu} + \epsilon_{yd}) \times d = 1901.163 \text{ mm}$$

$$P_b = C_c + C_s + T_t = 79175.628 + 18159.809 + -10537.985 = 86797.452 \text{ KN}$$

$$M_b = M_c + M_s + M_t = 45475.003 + 15878.741 + 12161.477 = 73515.220 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

평 형 편 심 : $e_b = 846.97 \text{ mm}$
 최외단철근변형률 : $\epsilon_t = 0.0016$
 강 도 감 소 계 수 : $\phi = 0.7033$
 평 형 축 하 중 : $\phi P_b = 61041.47 \text{ KN}$
 평 형 모 멘 트 : $\phi M_b = 51700.56 \text{ KN}\cdot\text{m}$

$\therefore e_{\min} < e < e_b \rightarrow$ 압축지배 구간

③ 단면강도 검토

중립축을 가정하여 Trial & Error Method로 검토한다.

중립축 $x = 1956.836 \text{ mm}$ 로 가정하면...

$e' = M_n/P_n = 788.344 \text{ mm} \approx e = 788.345 \text{ mm} \rightarrow \text{say O.K.}$

사용철근비 : $P_{used} = 1.910 \%$

$P_n = C_c + C_s + T_t = 82058.766 + 18544.262 + -9387.825 = 91215.204 \text{ KN}$

$M_n = M_c + M_s + M_t = 45072.406 + 15878.113 + 10958.485 = 71909.003 \text{ KN}\cdot\text{m}$

최외단 철근의 순인장변형률 $\epsilon_t = 0.00145$

$\epsilon_t = 0.00145 \leq \epsilon_y = 0.0015 \rightarrow$ 압축지배단면

강도 감소 계수 : $\phi = 0.700$

설계축하중강도 : $\phi P_n = 63850.642 \text{ KN} \geq P_u = 23203.379 \text{ KN} \therefore \text{O.K}$

설 계 휨 강 도 : $\phi M_n = 50336.301 \text{ KN}\cdot\text{m} \geq M_u = 18292.263 \text{ KN}\cdot\text{m} \therefore \text{O.K}$