

▶ 동대구JCT3교 P2 P - M 상관분석

1) 검토 제목 : 동대구JCT3교 P2

2) 설계조건

설계 기준강도 : $f_{ck} = 24 \text{ MPa}$, $f_y = 300 \text{ MPa}$
재료 탄성계수 : $E_c = 25790 \text{ MPa}$, $E_s = 200000 \text{ MPa}$
강도 감소계수 : $\phi_c = 0.70$, $\phi_f = 0.85$

3) 원형단면 검토조건

직 경 (Diameter) : 3500.00 mm
철근 피복두께(d') : 148.39 mm
비지지 길이 (L_u) : 9500.00 mm
유효길이계수 (K_x) : 2.00
유효길이계수 (K_y) : 2.00
횡방향 철근 형태 : 띠 철근

4) 사용 강재량

(1) 사용 철근량

- 1단 철근 : $D29 \times 95ea = 61028.0 \text{ mm}^2$ ($d_c = 100.0 \text{ mm}$)
- 2단 철근 : $D29 \times 89ea = 57173.6 \text{ mm}^2$ ($d_c = 200.0 \text{ mm}$)
- 총 사용 철근량 : $A_{st} = 118201.6 \text{ mm}^2$

5) 공칭 강도 검토

(1) Load Case 1

① 작용하중

계수축하중 : $P_u = 29837.293 \text{ KN}$

계수모멘트(Y) : $M_{uy} = 1467.683 \text{ KN}\cdot\text{m}$
 $M_{uy.ns} = 0.000 \text{ KN}\cdot\text{m}$
 $M_{uy.s} = 1467.683 \text{ KN}\cdot\text{m}$

X축 세장비 : $\lambda_x = 21.7$

Y축 세장비 : $\lambda_y = 21.7$

지속 계수하중비 : $\beta_{dx} = 0.000$

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

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

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

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

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

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

$$Y\text{축 확대모멘트} : \delta_{Muy} = 1467.683 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{합성 확대모멘트} : \delta_{Mu} = 1467.683 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

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

$$\text{최 소 편 심} : e_{\min} = 315.81 \text{ mm}$$

$$\text{작 용 편 심} : e = 49.19 \text{ mm}$$

② 평형상태 계산

$$\text{중립축 } x = \epsilon_{cu} / (\epsilon_{cu} + \epsilon_{yd}) \times d = 2234.409 \text{ mm}$$

$$P_b = C_c + C_s + T_t = 108757.828 + 15995.955 + -9198.521 = 115555.262 \text{ KN}$$

$$M_b = M_c + M_s + M_t = 72071.618 + 16485.984 + 12590.273 = 101147.869 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{평 형 편 심} : e_b = 875.32 \text{ mm}$$

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

$$\text{강 도 감 소 계 수} : \phi = 0.7028$$

$$\text{평 형 축 하 중} : \phi P_b = 81208.92 \text{ KN}$$

$$\text{평 형 모 멘 트} : \phi M_b = 71083.82 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

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

③ 단면강도 검토

$$\text{사용철근비} : P_{used} = 1.229 \%$$

$$\alpha P_n = \alpha \times \{0.85 f_{ck} (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}\} = 183456.137 \text{ KN}$$

$$M_n = \alpha P_n \times e_{\min} = 57937.932 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{강도 감 소 계 수} : \phi = 0.700$$

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

$$\text{설계축하중강도} : \alpha \phi P_n = 128419.294 \text{ KN} \geq P_u = 29837.293 \text{ KN} \therefore \text{O.K}$$

$$\text{설 계 휨 강 도} : \phi M_n = 40556.551 \text{ KN}\cdot\text{m} \geq M_u = 1467.683 \text{ KN}\cdot\text{m} \therefore \text{O.K}$$

(2) Load Case 2

① 작용하중

$$\text{계수축하중} : P_u = 21042.908 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned} \text{계수모멘트(Y)} : M_{uy} &= 22151.340 \text{ KN}\cdot\text{m} \\ M_{uy.ns} &= 0.000 \text{ KN}\cdot\text{m} \\ M_{uy.s} &= 22151.340 \text{ KN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$$\text{X축 세장비} : \lambda_x = 21.7$$

$$\text{Y축 세장비} : \lambda_y = 21.7$$

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

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

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

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

$$\text{Y축 확대모멘트} : \delta M_{uy} = 22151.340 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{합성 확대모멘트} : \delta M_u = 22151.340 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

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

$$\text{최 소 편 심} : e_{\min} = 315.81 \text{ mm}$$

$$\text{작 용 편 심} : e = 1052.67 \text{ mm}$$

② 평형상태 계산

$$\text{중립축 } x = \epsilon_{cu} / (\epsilon_{cu} + \epsilon_{yd}) \times d = 2234.409 \text{ mm}$$

$$P_b = C_c + C_s + T_t = 108757.828 + 15995.955 + -9198.521 = 115555.262 \text{ KN}$$

$$M_b = M_c + M_s + M_t = 72071.618 + 16485.984 + 12590.273 = 101147.869 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{평 형 편 심} : e_b = 875.32 \text{ mm}$$

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

$$\text{강 도 감 소 계 수} : \phi = 0.7028$$

$$\text{평 형 축 하 중} : \phi P_b = 81208.92 \text{ KN}$$

$$\text{평 형 모 멘 트} : \phi M_b = 71083.82 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

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

③ 단면강도 검토

중립축을 가정하여 Trial & Error Method로 검토한다.

중립축 $x = 2026.067 \text{ mm}$ 로 가정하면...

$$e' = M_n/P_n = 1052.675 \text{ mm} \quad \therefore \quad e = 1052.675 \text{ mm} \quad \text{----> say O.K.}$$

$$\text{사용철근비} : \rho_{used} = 1.229 \%$$

$$\text{계수축력 } P_u < 0.1 \cdot f_{ck} \cdot A_g = 23090.706 \text{ KN} \quad \text{이므로..}$$

$$\text{순인장변형률 } \epsilon_t = 0.002034 < 0.004 \quad \dots \therefore \text{취성파괴}$$

$$P_n = C_c + C_s + T_t = 96127.855 + 14950.398 + -11804.813 = 99273.440 \text{ KN}$$

$$M_n = M_c + M_s + M_t = 72837.629 + 16378.151 + 15286.924 = 104502.698 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{최외단 철근의 순인장변형률 } \epsilon_t = 0.00203$$

$$\epsilon_y = 0.0015 < \epsilon_t = 0.00203 < 0.005 \quad \text{-----> 변화구간단면}$$

$$\epsilon_y < \epsilon_t < 0.005 \quad \text{이므로 } 0.70 \sim 0.85 \text{ 사이에서 강도감소계수를 보간한다.}$$

$$\text{강도 감소 계수} : \phi = 0.723$$

$$\text{설계축하중강도} : \phi P_n = 71763.566 \text{ KN} \geq P_u = 21042.908 \text{ KN} \quad \therefore \text{O.K}$$

$$\text{설 계 휨 강 도} : \phi M_n = 75543.733 \text{ KN}\cdot\text{m} \geq M_u = 22151.340 \text{ KN}\cdot\text{m} \quad \therefore \text{O.K}$$

(3) Load Case 3

① 작용하중

$$\text{계수축하중} : P_u = 26360.437 \text{ KN}$$

$$\text{계수모멘트(Y)} : M_{uy} = 11829.715 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{uy.s} = 11829.715 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{X축 세장비} : \lambda_x = 21.7$$

$$\text{Y축 세장비} : \lambda_y = 21.7$$

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

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

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

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

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 : $\delta M_{uy} = 11829.715 \text{ KN}\cdot\text{m}$
합성 확대모멘트 : $\delta M_u = 11829.715 \text{ KN}\cdot\text{m}$
중립축 회전각 : $\theta_{rot} = 90.000^\circ$

최 소 편 심 : $e_{min} = 315.81 \text{ mm}$
작 용 편 심 : $e = 448.77 \text{ mm}$

② 평형상태 계산

중립축 $x = \epsilon_{cu} / (\epsilon_{cu} + \epsilon_{yd}) \times d = 2234.409 \text{ mm}$

$P_b = C_c + C_s + T_t = 108757.828 + 15995.955 + -9198.521 = 115555.262 \text{ KN}$
 $M_b = M_c + M_s + M_t = 72071.618 + 16485.984 + 12590.273 = 101147.869 \text{ KN}\cdot\text{m}$

평 형 편 심 : $e_b = 875.32 \text{ mm}$
최외단철근변형률 : $\epsilon_t = 0.0016$
강 도 감 소 계 수 : $\phi = 0.7028$
평 형 축 하 중 : $\phi P_b = 81208.92 \text{ KN}$
평 형 모 멘 트 : $\phi M_b = 71083.82 \text{ KN}\cdot\text{m}$

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

③ 단면강도 검토

중립축을 가정하여 Trial & Error Method로 검토한다.

중립축 $x = 2894.045 \text{ mm}$ 로 가정하면...

$e' = M_n/P_n = 448.768 \text{ mm} \approx e = 448.768 \text{ mm} \rightarrow \text{say O.K.}$

사용철근비 : $P_{used} = 1.229 \%$

$P_n = C_c + C_s + T_t = 147372.933 + 19399.423 + -1830.297 = 164942.059 \text{ KN}$
 $M_n = M_c + M_s + M_t = 55635.979 + 15612.981 + 2771.792 = 74020.751 \text{ KN}\cdot\text{m}$

최외단 철근의 순인장변형률 $\epsilon_t = 0.00052$
 $\epsilon_t = 0.00052 \leq \epsilon_y = 0.0015 \rightarrow$ 압축지배단면

강도 감 소 계 수 : $\phi = 0.700$
설계축하중강도 : $\phi P_n = 115459.439 \text{ KN} \geq P_u = 26360.437 \text{ KN} \therefore \text{O.K}$

$$\text{설 계 휨 강 도} : \phi M_n = 51814.525 \text{ KN}\cdot\text{m} \geq M_u = 11829.715 \text{ KN}\cdot\text{m} \therefore \text{O.K}$$

(4) Load Case 4

① 작용하중

$$\text{계수축하중} : P_u = 26360.437 \text{ KN}$$

$$\text{계수모멘트(Y)} : M_{uy} = 1393.400 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{uy.s} = 1393.400 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{X축 세장비} : \lambda_x = 21.7$$

$$\text{Y축 세장비} : \lambda_y = 21.7$$

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

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

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

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

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

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

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

$$\text{Y축 확대모멘트} : \delta M_{uy} = 1393.400 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{합성 확대모멘트} : \delta M_u = 1393.400 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

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

$$\text{최 소 편 심} : e_{\min} = 315.81 \text{ mm}$$

$$\text{작 용 편 심} : e = 52.86 \text{ mm}$$

② 평형상태 계산

$$\text{중립축 } x = \epsilon_{cu} / (\epsilon_{cu} + \epsilon_{yd}) \times d = 2234.409 \text{ mm}$$

$$P_b = C_c + C_s + T_t = 108757.828 + 15995.955 + -9198.521 = 115555.262 \text{ KN}$$

$$M_b = M_c + M_s + M_t = 72071.618 + 16485.984 + 12590.273 = 101147.869 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{평 형 편 심} : e_b = 875.32 \text{ mm}$$

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

$$\text{강 도 감 소 계 수} : \phi = 0.7028$$

$$\text{평 형 축 하 중} : \phi P_b = 81208.92 \text{ KN}$$

평 형 모 멘 트 : $\phi M_b = 71083.82 \text{ KN}\cdot\text{m}$

$\therefore e \leq e_{\min} \rightarrow$ 최소편심 구간

③ 단면강도 검토

사용철근비 : $P_{used} = 1.229 \%$

$\alpha P_n = \alpha \times \{0.85 f_{ck} (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}\} = 183456.137 \text{ KN}$

$M_n = \alpha P_n \times e_{\min} = 57937.932 \text{ KN}\cdot\text{m}$

강도 감소 계수 : $\phi = 0.700$

축력 감소 계수 : $\alpha = 0.800$

설계축하중강도 : $\alpha \phi P_n = 128419.294 \text{ KN} \geq P_u = 26360.437 \text{ KN} \therefore \text{O.K}$

설 계 휨 강 도 : $\phi M_n = 40556.551 \text{ KN}\cdot\text{m} \geq M_u = 1393.400 \text{ KN}\cdot\text{m} \therefore \text{O.K}$

(5) Load Case 5

① 작용하중

계수축하중 : $P_u = 26360.437 \text{ KN}$

계수모멘트(Y) : $M_{uy} = 1393.400 \text{ KN}\cdot\text{m}$

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

$M_{uy.s} = 1393.400 \text{ KN}\cdot\text{m}$

X축 세장비 : $\lambda_x = 21.7$

Y축 세장비 : $\lambda_y = 21.7$

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 : $\delta M_{uy} = 1393.400 \text{ KN}\cdot\text{m}$

합성 확대모멘트 : $\delta M_u = 1393.400 \text{ KN}\cdot\text{m}$

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

$$\begin{aligned}\text{최 소 편 심 : } e_{\min} &= 315.81 \text{ mm} \\ \text{작 용 편 심 : } e &= 52.86 \text{ mm}\end{aligned}$$

② 평형상태 계산

$$\text{중립축 } x = \varepsilon_{cu} / (\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{yd}) \times d = 2234.409 \text{ mm}$$

$$P_b = C_c + C_s + T_t = 108757.828 + 15995.955 + -9198.521 = 115555.262 \text{ KN}$$

$$M_b = M_c + M_s + M_t = 72071.618 + 16485.984 + 12590.273 = 101147.869 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{평 형 편 심 : } e_b = 875.32 \text{ mm}$$

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

$$\text{강 도 감 소 계 수 : } \phi = 0.7028$$

$$\text{평 형 축 하 중 : } \phi P_b = 81208.92 \text{ KN}$$

$$\text{평 형 모 멘 트 : } \phi M_b = 71083.82 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

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

③ 단면강도 검토

$$\text{사용철근비 : } P_{used} = 1.229 \%$$

$$\alpha P_n = \alpha \times \{0.85 f_{ck} \times (A_g - A_{st}) + f_y \times A_{st}\} = 183456.137 \text{ KN}$$

$$M_n = \alpha P_n \times e_{\min} = 57937.932 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{강도 감 소 계 수 : } \phi = 0.700$$

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

$$\text{설계축하중강도 : } \alpha \phi P_n = 128419.294 \text{ KN} \geq P_u = 26360.437 \text{ KN} \quad \therefore \text{O.K}$$

$$\text{설 계 휨 강 도 : } \phi M_n = 40556.551 \text{ KN}\cdot\text{m} \geq M_u = 1393.400 \text{ KN}\cdot\text{m} \quad \therefore \text{O.K}$$

(6) Load Case 6

① 작용하중

$$\text{계수축하중 : } P_u = 20233.565 \text{ KN}$$

$$\text{계수모멘트(Y) : } M_{uy} = 21299.365 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{uy.s} = 21299.365 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{X축 세장비 : } \lambda_x = 21.7$$

$$\text{Y축 세장비 : } \lambda_y = 21.7$$

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 : $\delta M_{uy} = 21299.365 \text{ KN}\cdot\text{m}$
합성 확대모멘트 : $\delta M_u = 21299.365 \text{ KN}\cdot\text{m}$
중립축 회전각 : $\theta_{rot} = 90.000^\circ$

최 소 편 심 : $e_{min} = 315.81 \text{ mm}$
작 용 편 심 : $e = 1052.67 \text{ mm}$

② 평형상태 계산

중립축 $x = \epsilon_{cu} / (\epsilon_{cu} + \epsilon_{yd}) \times d = 2234.409 \text{ mm}$

$P_b = C_c + C_s + T_t = 108757.828 + 15995.955 + -9198.521 = 115555.262 \text{ KN}$
 $M_b = M_c + M_s + M_t = 72071.618 + 16485.984 + 12590.273 = 101147.869 \text{ KN}\cdot\text{m}$

평 형 편 심 : $e_b = 875.32 \text{ mm}$
최외단철근변형률 : $\epsilon_t = 0.0016$
강 도 감 소 계 수 : $\phi = 0.7028$
평 형 축 하 중 : $\phi P_b = 81208.92 \text{ KN}$
평 형 모 멘 트 : $\phi M_b = 71083.82 \text{ KN}\cdot\text{m}$

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

③ 단면강도 검토

중립축을 가정하여 Trial & Error Method로 검토한다.

중립축 $x = 2026.067 \text{ mm}$ 로 가정하면...

$e' = M_n/P_n = 1052.675 \text{ mm} \quad \therefore \quad e = 1052.675 \text{ mm} \text{ ----> say O.K.}$

사용철근비 : $P_{used} = 1.229 \%$

계수축력 $P_u < 0.1 \cdot f_{ck} \cdot A_g = 23090.706 \text{ KN}$ 이므로..
순인장변형률 $\epsilon_t = 0.002034 < 0.004 \quad \dots \therefore$ 취성파괴

$$P_n = C_c + C_s + T_t = 96127.855 + 14950.398 + -11804.813 = 99273.440 \text{ KN}$$

$$M_n = M_c + M_s + M_t = 72837.629 + 16378.151 + 15286.924 = 104502.698 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

최외단 철근의 순인장변형률 $\epsilon_t = 0.00203$

$$\epsilon_y = 0.0015 < \epsilon_t = 0.00203 < 0.005 \text{ -----> 변화구간단면}$$

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

$$\text{강도 감소 계수 : } \phi = 0.723$$

$$\text{설계축하중강도 : } \phi P_n = 71763.566 \text{ KN} \geq P_u = 20233.565 \text{ KN} \therefore \text{O.K}$$

$$\text{설 계 휨 강 도 : } \phi M_n = 75543.733 \text{ KN}\cdot\text{m} \geq M_u = 21299.365 \text{ KN}\cdot\text{m} \therefore \text{O.K}$$

(7) Load Case 7

① 작용하중

$$\text{계수축하중 : } P_u = 20233.565 \text{ KN}$$

$$\text{계수모멘트(Y) : } M_{uy} = 20299.365 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{uy.s} = 20299.365 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{X축 세장비 : } \lambda_x = 21.7$$

$$\text{Y축 세장비 : } \lambda_y = 21.7$$

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

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

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

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

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

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

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

$$\text{Y축 확대모멘트 : } \delta M_{uy} = 20299.365 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{합성 확대모멘트 : } \delta M_u = 20299.365 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

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

$$\text{최 소 편 심 : } e_{min} = 315.81 \text{ mm}$$

$$\text{작 용 편 심 : } e = 1003.25 \text{ mm}$$

② 평형상태 계산

$$\text{중립축 } x = \epsilon_{cu} / (\epsilon_{cu} + \epsilon_{yd}) \times d = 2234.409 \text{ mm}$$

$$P_b = C_c + C_s + T_t = 108757.828 + 15995.955 + -9198.521 = 115555.262 \text{ KN}$$

$$M_b = M_c + M_s + M_t = 72071.618 + 16485.984 + 12590.273 = 101147.869 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{평 형 편 심 : } e_b = 875.32 \text{ mm}$$

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

$$\text{강 도 감 소 계 수 : } \phi = 0.7028$$

$$\text{평 형 축 하 중 : } \phi P_b = 81208.92 \text{ KN}$$

$$\text{평 형 모 멘 트 : } \phi M_b = 71083.82 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

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

③ 단면강도 검토

중립축을 가정하여 Trial & Error Method로 검토한다.

중립축 $x = 2083.113 \text{ mm}$ 로 가정하면...

$$e' = M_n/P_n = 1003.252 \text{ mm} \quad \therefore e = 1003.252 \text{ mm} \text{ ----> say O.K.}$$

$$\text{사용철근비 : } P_{used} = 1.229 \%$$

$$\text{계수축력 } P_u < 0.1 \cdot f_{ck} \cdot A_g = 23090.706 \text{ KN} \quad \text{이므로..}$$

$$\text{순인장변형률 } \epsilon_t = 0.001896 < 0.004 \quad \dots \therefore \text{취성파괴}$$

$$P_n = C_c + C_s + T_t = 99589.561 + 15235.834 + -11171.807 = 103653.587 \text{ KN}$$

$$M_n = M_c + M_s + M_t = 72850.084 + 16423.490 + 14717.104 = 103990.675 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{최외단 철근의 순인장변형률 } \epsilon_t = 0.0019$$

$$\epsilon_y = 0.0015 < \epsilon_t = 0.0019 < 0.005 \text{ -----> 변화구간단면}$$

$$\epsilon_y < \epsilon_t < 0.005 \text{ 이므로 } 0.70 \sim 0.85 \text{ 사이에서 강도감소계수를 보간한다.}$$

$$\text{강도 감 소 계 수 : } \phi = 0.717$$

$$\text{설계축하중강도 : } \phi P_n = 74317.516 \text{ KN} \geq P_u = 20233.565 \text{ KN} \quad \therefore \text{O.K}$$

$$\text{설 계 휨 강 도 : } \phi M_n = 74559.201 \text{ KN}\cdot\text{m} \geq M_u = 20299.365 \text{ KN}\cdot\text{m} \quad \therefore \text{O.K}$$

(8) Load Case 8

① 작용하중

$$\text{계수축하중 : } P_u = 25346.574 \text{ KN}$$

계수모멘트(Y) : $M_{uy} = 11374.206 \text{ KN}\cdot\text{m}$
 $M_{uy.ns} = 0.000 \text{ KN}\cdot\text{m}$
 $M_{uy.s} = 11374.206 \text{ KN}\cdot\text{m}$

X축 세장비 : $\lambda_x = 21.7$
Y축 세장비 : $\lambda_y = 21.7$

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 : $\delta M_{uy} = 11374.206 \text{ KN}\cdot\text{m}$
합성 확대모멘트 : $\delta M_u = 11374.206 \text{ KN}\cdot\text{m}$
중립축 회전각 : $\theta_{rot} = 90.000^\circ$

최 소 편 심 : $e_{min} = 315.81 \text{ mm}$
작 용 편 심 : $e = 448.75 \text{ mm}$

② 평형상태 계산

중립축 $x = \epsilon_{cu} / (\epsilon_{cu} + \epsilon_{yd}) \times d = 2234.409 \text{ mm}$

$P_b = C_c + C_s + T_t = 108757.828 + 15995.955 + -9198.521 = 115555.262 \text{ KN}$
 $M_b = M_c + M_s + M_t = 72071.618 + 16485.984 + 12590.273 = 101147.869 \text{ KN}\cdot\text{m}$

평 형 편 심 : $e_b = 875.32 \text{ mm}$
최외단철근변형률 : $\epsilon_t = 0.0016$
강 도 감 소 계 수 : $\phi = 0.7028$
평 형 축 하 중 : $\phi P_b = 81208.92 \text{ KN}$
평 형 모 멘 트 : $\phi M_b = 71083.82 \text{ KN}\cdot\text{m}$

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

③ 단면강도 검토

중립축을 가정하여 Trial & Error Method로 검토한다.

중립축 $x = 2894.087 \text{ mm}$ 로 가정하면...

$$e' = M_n/P_n = 448.747 \text{ mm} \quad \therefore \quad e = 448.747 \text{ mm} \quad \text{----> say O.K.}$$

$$\text{사용철근비} : P_{used} = 1.229 \%$$

$$P_n = C_c + C_s + T_t = 147375.264 + 19399.653 + -1830.019 = 164944.899 \text{ KN}$$

$$M_n = M_c + M_s + M_t = 55634.324 + 15612.857 + 2771.386 = 74018.566 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{최외단 철근의 순인장변형률 } \epsilon_t = 0.00052$$

$$\epsilon_t = 0.00052 \leq \epsilon_y = 0.0015 \quad \text{-----> 압축지배단면}$$

$$\text{강도 감소 계수} : \phi = 0.700$$

$$\text{설계축하중강도} : \phi P_n = 115461.427 \text{ KN} \geq P_u = 25346.574 \text{ KN} \quad \therefore \text{O.K}$$

$$\text{설 계 휨 강 도} : \phi M_n = 51812.995 \text{ KN}\cdot\text{m} \geq M_u = 11374.206 \text{ KN}\cdot\text{m} \quad \therefore \text{O.K}$$

(9) Load Case 9

① 작용하중

$$\text{계수축하중} : P_u = 25346.574 \text{ KN}$$

$$\text{계수모멘트(Y)} : M_{uy} = 11374.206 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{uy.s} = 11374.206 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{X축 세장비} : \lambda_x = 21.7$$

$$\text{Y축 세장비} : \lambda_y = 21.7$$

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

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

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

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

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

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

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

$$\text{Y축 확대모멘트} : \delta M_{uy} = 11374.206 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{합성 확대모멘트} : \delta M_u = 11374.206 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

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

$$\text{최 소 편 심} : e_{min} = 315.81 \text{ mm}$$

$$\text{작 용 편 심 : } e = 448.75 \text{ mm}$$

② 평형상태 계산

$$\text{중립축 } x = \epsilon_{cu} / (\epsilon_{cu} + \epsilon_{yd}) \times d = 2234.409 \text{ mm}$$

$$P_b = C_c + C_s + T_t = 108757.828 + 15995.955 + -9198.521 = 115555.262 \text{ KN}$$

$$M_b = M_c + M_s + M_t = 72071.618 + 16485.984 + 12590.273 = 101147.869 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{평 형 편 심 : } e_b = 875.32 \text{ mm}$$

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

$$\text{강 도 감 소 계 수 : } \phi = 0.7028$$

$$\text{평 형 축 하 중 : } \phi P_b = 81208.92 \text{ KN}$$

$$\text{평 형 모 멘 트 : } \phi M_b = 71083.82 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

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

③ 단면강도 검토

중립축을 가정하여 Trial & Error Method로 검토한다.

$$\text{중립축 } x = 2894.087 \text{ mm 로 가정하면...}$$

$$e' = M_n/P_n = 448.747 \text{ mm} \quad \therefore e = 448.747 \text{ mm} \text{ ----> say O.K.}$$

$$\text{사용철근비 : } P_{used} = 1.229 \%$$

$$P_n = C_c + C_s + T_t = 147375.264 + 19399.653 + -1830.019 = 164944.899 \text{ KN}$$

$$M_n = M_c + M_s + M_t = 55634.324 + 15612.857 + 2771.386 = 74018.566 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{최외단 철근의 순인장변형률 } \epsilon_t = 0.00052$$

$$\epsilon_t = 0.00052 \leq \epsilon_y = 0.0015 \text{ -----> 압축지배단면}$$

$$\text{강도 감 소 계 수 : } \phi = 0.700$$

$$\text{설계축하중강도 : } \phi P_n = 115461.427 \text{ KN} \geq P_u = 25346.574 \text{ KN} \quad \therefore \text{O.K}$$

$$\text{설 계 휨 강 도 : } \phi M_n = 51812.995 \text{ KN}\cdot\text{m} \geq M_u = 11374.206 \text{ KN}\cdot\text{m} \quad \therefore \text{O.K}$$