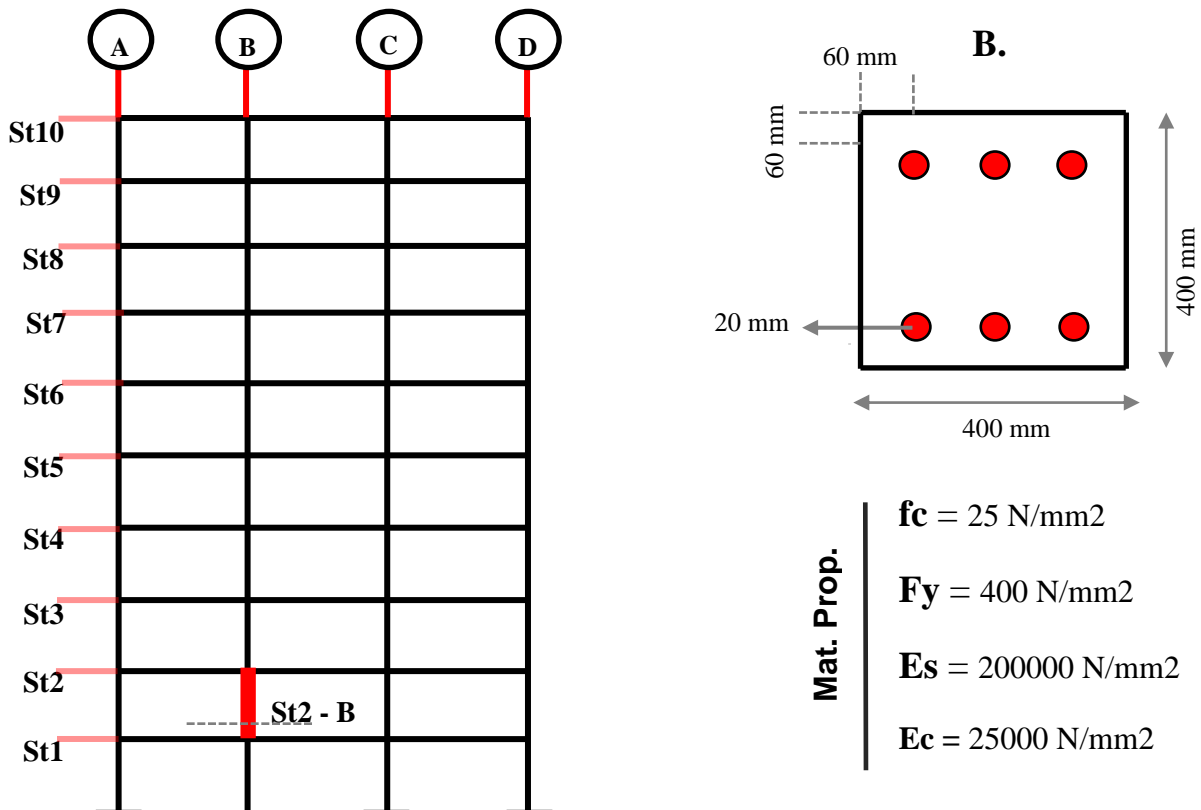


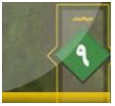
مثال شماره ۳,۱,۶

۱. توضیحات مسئله

در این مثال طراحی خمشی ستون با مقطع B تحت خمش دو محوره مد نظر بوده است. این ستون حول محور ۲ و ۳ خود مهارشده است. در تحلیل سازه اثرات تغییر مکان‌های بزرگ در نظر گرفته شده است. طراحی بر اساس ترکیب بار Cmb4 انجام شده است. در این ترکیب بار نتایج تحلیل به گونه‌ای است که لنگر حول دو محور اصلی ستون ایجاد می‌شود. طراحی در ایستگاه 0.00 صورت گرفته است. هدف از طرح این مثال بررسی صحت نتایج طراحی ستون تحت اثر خمش دو محوره است. در اشکال پیش رو محل ستون، نوع مقطع و مصالح به کار رفته نشان داده شده است به علاوه نتایج طراحی ستون‌ها با مبحث نهم با نتایج طراحی SAP 2000 در آئین‌نامه طراحی CSA-A23.3-94 و با در نظر گرفتن ضریب جزء بتن برابر ۰,۶۵ از یک سو و با نتایج طراحی تقریبی به روش مک‌گرگور^۱ (این روش برای طراحی ستون‌هایی است که آرماتور در سرتاسر آن چیده شده باشد) از سوی دیگر مقایسه شده است. در این مثال اثر حداقل خروج از محوریت ستون در نظر گرفته شده است.



¹ James G. Mac Gregor, 1973.



طراحی خمشی مهار شده حول دو راستای اصلی تحت خمشت دو محور با شکل پذیر می شود در
 ایستگاه طراحی (0.000m) در ترکیب بار (Cmb4) در مصالح طراحی (B) (با نظیر نشان مدارک فرد
 از صورت سون).

j) $M_2 = 0.00$
 $M_3 = -5403934.07 \text{ N}\cdot\text{mm}$
 $P = -2017218.81 \text{ N}$

i) $M_2 = 0.00$
 $M_3 = 7051377.90 \text{ N}\cdot\text{mm}$
 $P = -2017218.81 \text{ N}$

j) $M_2 = 58163516.77 \text{ N}\cdot\text{mm}$
 $M_3 = -81257790 \text{ N}\cdot\text{mm}$
 $P = 19816.54 \text{ N}$

i) $M_2 = 73183914.79 \text{ N}\cdot\text{mm}$
 $M_3 = 81816485.85 \text{ N}\cdot\text{mm}$
 $P = 19816.54 \text{ N}$

Nonsway Loads (2D+2L)

Sway Loads (0.3Ex + 0.3Ey)

j) $M_2 = 58163516.77 \text{ N}\cdot\text{mm}$
 $M_3 = -86661724 \text{ N}\cdot\text{mm}$
 $P = -1997402.27 \text{ N}$

i) $M_2 = 73183914.79 \text{ N}\cdot\text{mm}$
 $M_3 = 88867863.75 \text{ N}\cdot\text{mm}$
 $P = -1997402.27 \text{ N}$

$M_{S3} = 81816485.85 \text{ N}\cdot\text{mm}$
 $M_{b3} = 7051377.90 \text{ N}\cdot\text{mm}$
 $M_{min3} = 1997402.27 \times (15 + 0.03 \times 90) = 53929861.2$

$M_{S2} = 73183914.79 \text{ N}\cdot\text{mm}$
 $M_{b2} = 0.00$
 $M_{min2} = 1997402.27 \times (15 + 0.03 \times 90) = 53929861.2$

(Cmb4)

Determination of S_b

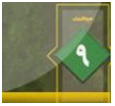
Double curvature bending
 in 3 direction.

single curvature bending
 in 3 direction.

$(M_{13})_3 = -86661724 \text{ N}\cdot\text{mm}$
 $(M_{23})_3 = 88867863.75 \text{ N}\cdot\text{mm}$

$(M_{12})_2 = 58163516.77 \text{ N}\cdot\text{mm}$
 $(M_{22})_2 = 73183914.79 \text{ N}\cdot\text{mm}$
 $(M_{13})_3 = -86661724 \text{ N}\cdot\text{mm}$
 $(M_{23})_3 = 88867863.75 \text{ N}\cdot\text{mm}$

$(M_{12})_2 = 58163516.77 \text{ N}\cdot\text{mm}$
 $(M_{22})_2 = 73183914.79 \text{ N}\cdot\text{mm}$



$$\left| \begin{array}{l} k_2 = 1 \\ k_3 = 1 \end{array} \right. , \left| \begin{array}{l} u_2 = 3000 \text{ mm} \\ u_3 = 3000 \text{ mm} \end{array} \right. , \left| \begin{array}{l} r_2 = 0.3 \times 400 = 120 \text{ mm} \\ r_3 = 0.3 \times 400 = 120 \text{ mm} \end{array} \right. , \left| \begin{array}{l} \lambda_2 = \frac{1 \times 3000}{120} = 25 \\ \lambda_3 = \frac{1 \times 3000}{120} = 25 \end{array} \right.$$

$$\left| \begin{array}{l} \mu < \lambda_2 < 100 \rightarrow \boxed{0.4} \\ \mu < \lambda_3 < 100 \rightarrow \boxed{0.4} \end{array} \right. , \left| \begin{array}{l} C_{m2} = 0.6 + 0.4 \left(\frac{58163516.77}{73183914.79} \right) = 0.9179 \\ C_{m3} = 0.6 + 0.4 \left(\frac{-86661724}{68867863.75} \right) = 0.21 < 0.4 \rightarrow C_{m3} = \boxed{0.4} \end{array} \right.$$

β_d calculation?

$$N_D = -1008606.84 \text{ N} \quad \left| \rightarrow \beta_d = \frac{-1008606.84}{-1997402.27} = 0.5045 \right|$$

$$N(C_{mD}) = -1997402.27 \text{ N}$$

$$\left| \begin{array}{l} I_{g2} = \frac{400 \times 400^3}{12} = 2133333333.33 \text{ mm}^4 \\ I_{g3} = \frac{400 \times 400^3}{12} = 2133333333.33 \text{ mm}^4 \end{array} \right. , E_c = 24000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

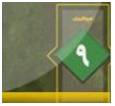
$$E_{e2} = E_{e3} = \frac{0.4 E_c I_g}{1 + \beta_d} = \frac{0.4 \times 24000 \times 2133333333.33}{1 + 0.5045} = 1.4179683172 \text{ E13}$$

$$N_{c2} = N_{c3} = \frac{\pi^2 E_e}{(k l_u)^2} = \frac{\pi^2 \times 1.4179683172 \text{ E13}}{(1 \times 3000)^2} = 15549671.3 \text{ N}$$

$$0.75 N_c = 11662253.4 \text{ N} > |N_D| = 1997402.27 \rightarrow \boxed{0.4}$$

$$\delta_{b2} = \frac{C_{m2}}{1 - \frac{\mu}{0.75 \times N_{c2}}} = \frac{0.9179}{1 - \frac{1997402.27}{0.75 \times 15549671.3}} = 1.1076$$

$$\delta_{b3} = \frac{C_{m3}}{1 - \frac{\mu}{0.75 \times N_{c3}}} = \frac{0.4}{1 - \frac{1997402.27}{0.75 \times 15549671.3}} = 0.483 < 1 \rightarrow \delta_{b3} = 1$$



$$M_{C2} = S_{b2} (M_{D2} + S_{S2} M_{S2}) = 1.176 (0 + 1 \times 73183914.79) = 81058504.02 \text{ N.m}$$

$$M_{C3} = S_{b3} (M_{D3} + S_{S3} M_{S3}) = 1 \times (7051377.9 + 1 \times 81816486.85) = 88867863.75 \text{ N.m}$$

$$\left. \begin{aligned} M_{2DES} &= 81058504.02 \text{ N.m} \\ M_{3DES} &= 88867863.75 \text{ N.m} \\ N_{UDES} &= -1997402.27 \text{ N} \end{aligned} \right\}$$

Design:

Method of James G. MacGregor, 1973.

Ref: Reinforced concrete structures vol. 1,

Darood Mostafinejad. Ph.D. Arkan Nezh Publication.

$$\left. \begin{aligned} 3 \rightarrow x \\ 2 \rightarrow y \end{aligned} \right\} \rightarrow \left\{ \begin{aligned} e_x &= \frac{M_{DES3}}{N_U} = \frac{88867863.75}{1997402.27} = 44.49 \text{ mm} \\ e_y &= \frac{M_{DES2}}{N_U} = \frac{81058504.02}{1997402.27} = 40.58 \text{ mm} \end{aligned} \right\}$$

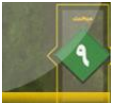
$$\frac{e_x}{x} = \frac{44.49}{400} = 0.111225 \quad \frac{e_y}{y} = \frac{40.58}{400} = 0.10145 \rightarrow$$

$$e_{ox} = 44.49 + \frac{\alpha \times 40.58}{400} \times 400 \Rightarrow e_{ox} = 44.49 + 40.58 \alpha$$

$$\frac{N_{UDES}}{\alpha f_c A_g} = \frac{1997402.27}{0.65 \times 25 \times 400^2} = 0.768 > 0.4 \rightarrow$$

$$\alpha = \left(1.3 - \frac{1997402.27}{0.65 \times 25 \times 400^2} \right) \times \frac{0.85 \times 400 + 280}{700} = 0.471 < 0.5 \rightarrow$$

$$\alpha = 0.5$$



$$e_{0R} = 44.49 + \frac{40.68}{2} = 64.78 \text{ mm}$$

$$M_{Des} = N_{Des} \times e_{0R} = 1997402.27 \times 64.78 = 129391719 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$\frac{|N_{Des}|}{A_g} = \frac{1997402.27}{400^2} = 12.484$$

$$\frac{|M_{Des}|}{A_g \times h} = \frac{129391719}{400^2 \times 400} = 2.022$$

$$\delta = \frac{400 - 120}{400} = 0.7$$

→ RC Diagram

ρ ≈ 1.1 %

% ρ	مبحث 9	SAP2000	McGregor, 1977
	1.487%	1.916%	1.1 %

(CSA-A23.3-94), φ_C = 0.65

