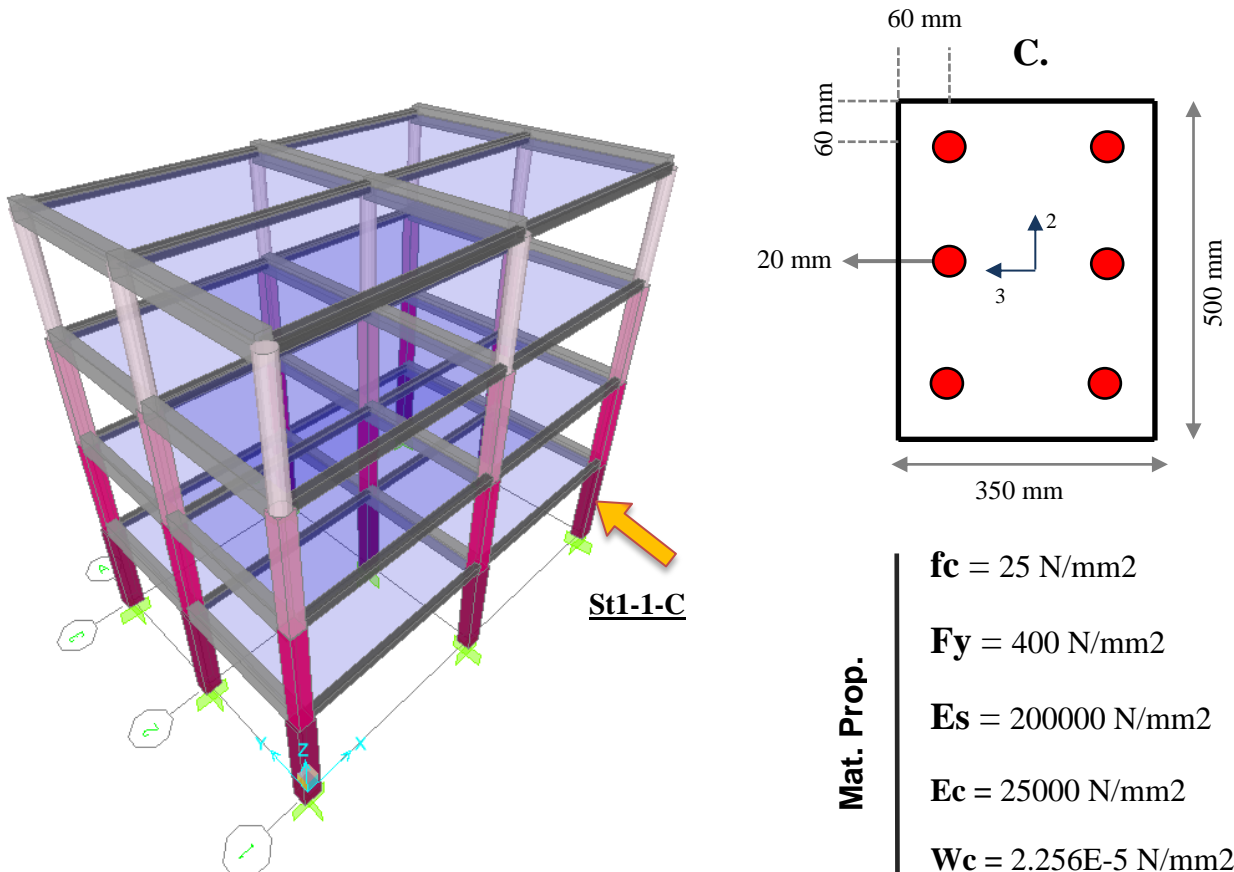
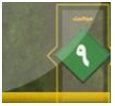


مثال شماره ۴,۲,۱

۱. توضیحات مسئله

در این مثال طراحی برشی ستون مستطیل شکل با نام مقطع C مد نظر بوده است. محل این ستون St1-1-C می باشد. این ستون در ایستگاه طراحی 3000 میلیمتر بررسی شده است. ستون حول محور ۲ و ۳ خود مهار نشده بوده و شکل پذیری آن از نوع متوسط است. در تحلیل سازه اثرات تغییر مکان های بزرگ در نظر گرفته شده است. طراحی ستون براساس دو ترکیب بار Cmb1 و Cmb2 انجام شده و در این مثال ترکیب بار Cmb2 مد نظر قرار گرفته است. هدف از طراحی این مثال بررسی صحت طراحی برشی ستون مستطیل شکلی است که در راستای محورهای اصلی خود دارای برش است. از سوی دیگر اثرات پیچش در ستون نیز مورد توجه بوده است. در اشکال ۱ محل ستون، نوع مقطع و مصالح به کار رفته در آن نشان داده شده است. صحت طراحی در این مثال با حل دستی کنترل شده است.





طراحی برشی ستون با شکل پذیری متوسط در ترتیب بار Cmn_2 و با توجه به دو ترتیب بار Cmn_1, Cmn_2 در مقطع طراحی C و در ارتفاع طراحی $3000mm$.

$$\begin{array}{l}
 (I) \\
 \left. \begin{array}{l}
 Vu_2 = 19719.32 \text{ N} \\
 Vu_3 = 41025.99 \text{ N} \\
 Vu = -5679.67 \text{ N} \\
 Tu = 16068297.66 \text{ N}\cdot\text{mm}
 \end{array} \right\} \begin{array}{l}
 Vu_2^* = 32266.88 \text{ N} \\
 Vu_3^* = 84402.86 \text{ N} \\
 Vu^* = 174888.13 \text{ N}
 \end{array} \left. \begin{array}{l}
 Vg_2 = 769.77 \text{ N} \\
 Vg_3 = -2361.68 \text{ N}
 \end{array} \right.
 \end{array}$$

Determination of End Capacities:

MP_3 : \rightarrow Curve Degree = 0°

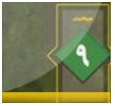
(Interpolated)

	N_u	N_A	N_B	$M_A(3)$	$M_B(3)$	MP_3
I- Cmn_1	-380348.45	-224553.09	-895891.53	248109375.70	323016021.6	26549272092
J- Cmn_1	-366815.27	-224553.09	-895891.53	248109375.70	323016021.60	263982774.85
I- Cmn_2	-19212.85	408880.65	-224553.09	133990571.50	248109375.70	211115478.53
J- Cmn_2	-5679.67	408880.65	-224553.09	133990571.50	248109375.70	208677354.03

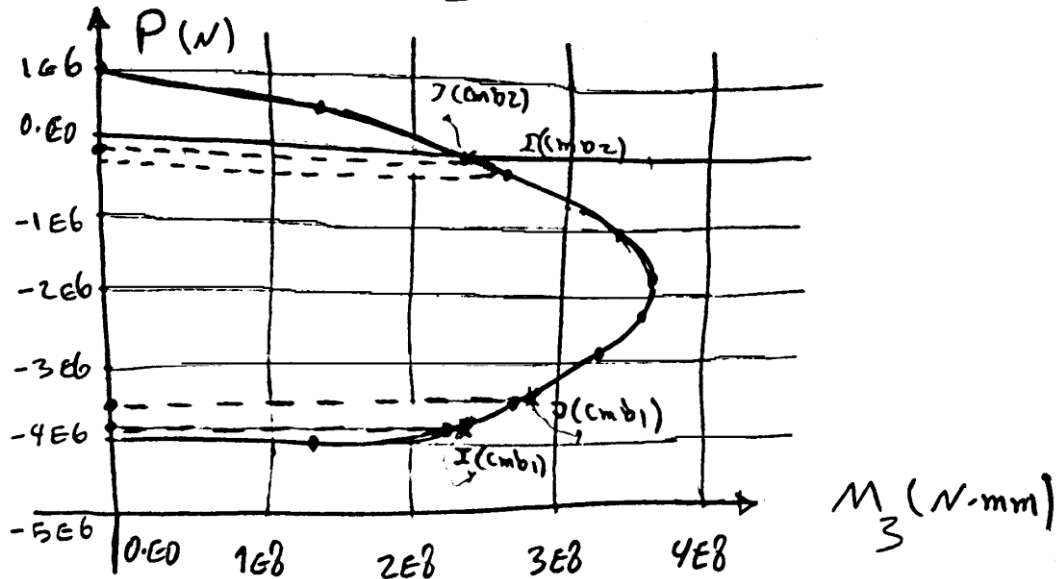
MP_2 : \rightarrow Curve Degree = 90°

(Interpolated)

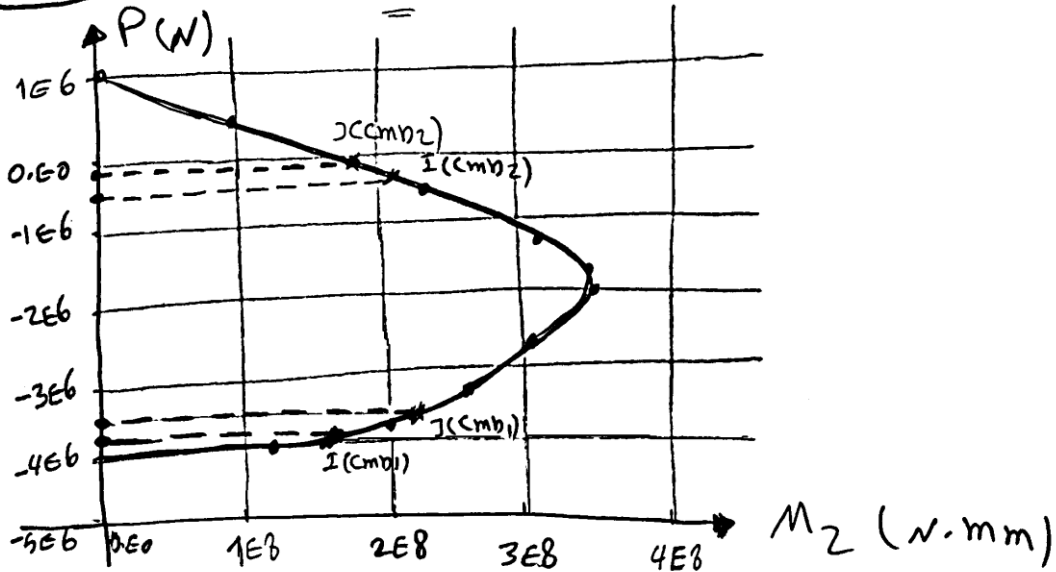
	N_u	N_A	N_B	$M_A(2)$	$M_B(2)$	MP_2
I- Cmn_1	-380348.45	480744.61	-504651.56	94176084.46	232850203.5	215357113.11
J- Cmn_1	-366815.27	480744.61	-504651.56	94176084.46	232850203.5	213452598.08
I- Cmn_2	-19212.85	480744.61	-504651.56	94176084.46	232850203.5	164534760.79
J- Cmn_2	-5679.67	480744.61	-504651.56	94176084.46	232850203.5	162630235.76



P-M₃ curve in 0° :



P-M₂ curve in 90° :



$M_{P3 \max}(I) = 266492720.92 \text{ N}\cdot\text{mm}$	$M_{P2 \max}(I) = 215357113.11 \text{ N}\cdot\text{mm}$
$M_{P3 \max}(J) = 263982714.85 \text{ N}\cdot\text{mm}$	$M_{P2 \max}(J) = 213452598.08 \text{ N}\cdot\text{mm}$

because of symmetry $M_{P \text{ negative}} = M_{P \text{ positive}}$.

Determination of \sqrt{P} :

$$\sqrt{P}_3 = \frac{MP_2(I) + MP_2(J)}{L_n} = \frac{215357113.11 + 213452598.08}{3000} = \underline{142936.57 \text{ N}}$$

$$\sqrt{P}_2 = \frac{MP_3(I) + MP_3(J)}{L_n} = \frac{265492720.92 + 263982714.85}{3000} = \underline{176491.81 \text{ N}}$$

$$\sqrt{(P+g)}_2 = 176491.81 + 7169.77 = \underline{183661.58 \text{ N}}$$

$$\sqrt{(P+g)}_3 = 142936.57 + 12351.68 = \underline{145288.25 \text{ N}}$$

$$\sqrt{Des}(2) = \max \begin{cases} \min(vu_2^*, \sqrt{(g+P)}_2) \\ vu_2 \end{cases} \Rightarrow \sqrt{Des}(2) = \max \begin{cases} \min(32268.88, 183661.58) \\ 19719.32 \end{cases}$$

$$\sqrt{Des}(3) = \max \begin{cases} \min(vu_3^*, \sqrt{(g+P)}_3) \\ vu_3 \end{cases} \Rightarrow \sqrt{Des}(3) = \max \begin{cases} \min(84402.86, 145288.25) \\ 41025.59 \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \sqrt{Des}_2 = \underline{32268.88 \text{ N}} \\ \sqrt{Des}_3 = \underline{84402.86 \text{ N}} \end{cases} \rightarrow \underline{N_{Des} = 174888.13 \text{ N}}$$

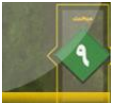
Determination of \sqrt{C} :

$$\sqrt{C} = 0.2 \times 0.6h \times \sqrt{25} \leq \underline{0.65}$$

$$c' = 40 + 10 + \frac{20}{2} = 60 \text{ mm} \rightarrow d_2 = 600 - 60 = \underline{440_2^{\text{mm}}}, d_3 = 400 - 60 = \underline{340_3^{\text{mm}}}$$

$$A_{C2} = 400 \times (600 - 60) = \underline{176000 \text{ mm}^2}$$

$$A_{C3} = 500 \times (400 - 60) = \underline{170000 \text{ mm}^2}$$



$$V_{r2max} = 0.25 \times 0.65 \times 25 \times 176000 = 715000 \text{ N}$$

$$V_{r3max} = 0.25 \times 0.65 \times 25 \times 170000 = 690625 \text{ N}$$

$$V_{c2max} = 1.75 \times 0.65 \times 176000 = 200200 \text{ N}$$

$$V_{c3max} = 1.75 \times 0.65 \times 170000 = 193375 \text{ N}$$

Nodes is Tension \rightarrow

$$V_{c2} = 0.65 \times \left(1 - \frac{174888.13}{3 \times 500 \times 400}\right) \times 176000 = 81054.65 \text{ N} \quad \gg 0 \rightarrow \text{OK}$$

$$V_{c3} = 0.65 \times \left(1 - \frac{174888.13}{3 \times 500 \times 400}\right) \times 170000 = 78291.43 \text{ N} \quad \gg 0 \rightarrow \text{OK}$$

$$V_{c2} = 81054.65 < V_{c2max} = 200200 \rightarrow \text{OK}$$

$$V_{c3} = 78291.43 < V_{c3max} = 193375 \rightarrow \text{OK}$$

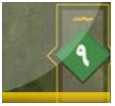
Determination of Vertical rebar ρ_v :

$$V_{des2} = 32268.88 < V_{r2max} = 715000 \rightarrow \text{OK}$$

$$V_{des3} = 84402.86 < V_{r3max} = 690625 \rightarrow \text{OK}$$

$$A_{r/s}(2) = \frac{32268.88 - 81054.65}{0.85 \times 413.6865 \times 400} < 0 \rightarrow A_{r/s}(2) = 0$$

$$A_{r/s}(3) = \frac{84402.86 - 78291.43}{0.85 \times 413.6865 \times 340} = 0.05111 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Torsion Design?

$$P_c = 2 \times (400 + 500) = 1800 \text{ mm}$$

$$A_{oh} = (400 - 80)(500 - 80) = 134400 \text{ mm}^2$$

$$A_o = 0.85 \times 134400 = 114240 \text{ mm}^2$$

$$P_h = 2 \times [500 - 80 + 400 - 80] = 1480 \text{ mm}$$

$$T_{er} = \left(\frac{400 \times 500}{1800} \right)^2 \times 0.65 = 14444444.4 \text{ N.mm}$$

$$\tau_3 = \sqrt{\left(\frac{84402.86}{170000} \right)^2 + \left(\frac{16068297.66 \times 1480}{1.7 \times 134400^2} \right)^2} = 0.911 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\tau_2 = \sqrt{\left(\frac{32268.88}{176000} \right)^2 + \left(\frac{16068297.66 \times 1480}{1.7 \times 134400^2} \right)^2} = 0.797 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\tau_{max} = 0.25 \times 0.65 \times 25 = 4.063 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

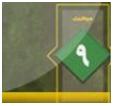
$$\max(\tau_2, \tau_3) = 0.911 < \tau_{max} = 4.063 \rightarrow \boxed{O.K}$$

$$\frac{A_v}{s} = 16068297.66 / [2 \times 0.85 \times 114240 \times 413.6855] = 0.2 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$$

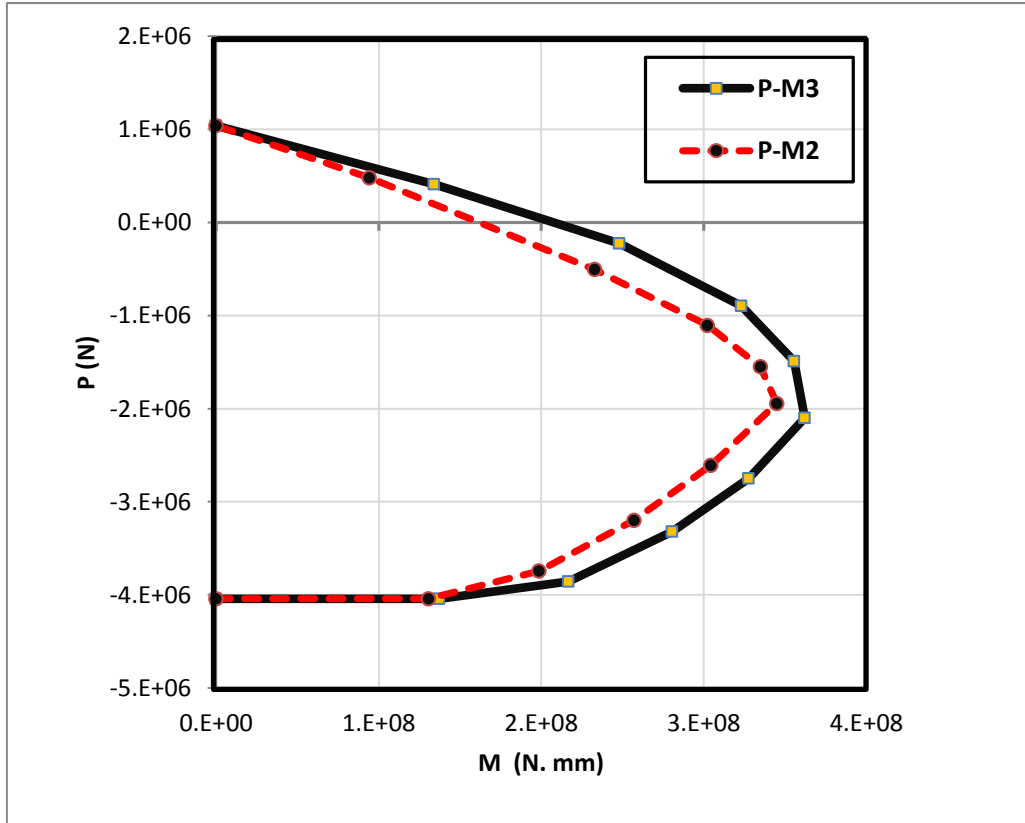
$$A_v = 0.2 \times 1480 \times 2 = 296 \text{ mm}^2$$

$$\left(\frac{A_v}{s} \right)_{\min 2} = \left[\frac{0.35 \times 400}{413.6855} - 2 \times 0.2 \right] = -0.062 < 0 \rightarrow \left(\frac{A_v}{s} \right)_{\min 2} = 0$$

$$\left(\frac{A_v}{s} \right)_{\min 3} = \left[\frac{0.35 \times 500}{413.6855} - 2 \times 0.2 \right] = 0.02 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \rightarrow \left[\frac{A_v}{s} \right]_{\min} = 0.02 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$$



منحنی اندرکنش ستون در زاویه صفر درجه و نود درجه در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲. منحنی اندرکنش ستون مستطیل شکل در محورهای اصلی