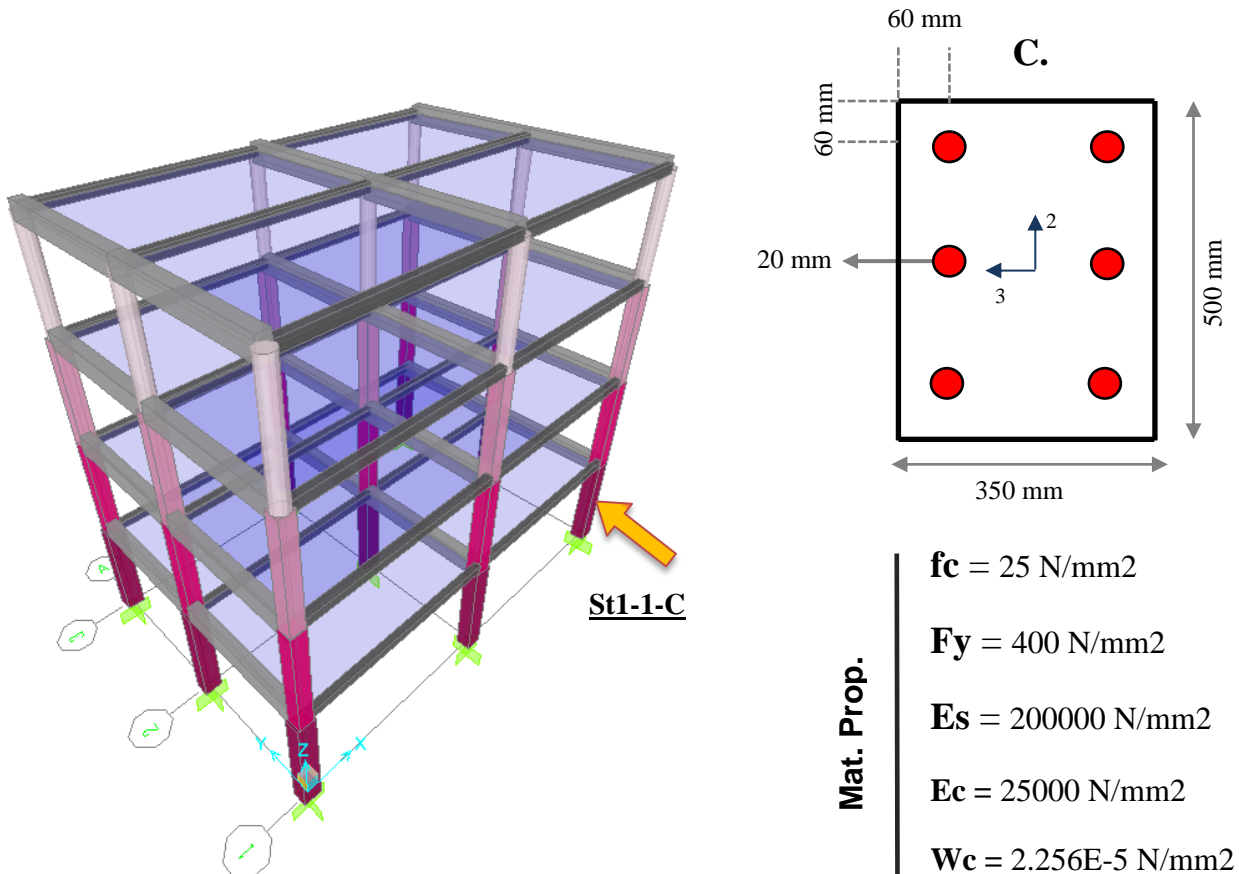


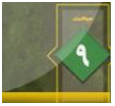


مثال شماره ۴,۲,۲

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 شکل پذیر زیاد 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 [زیر] در ترتیب بار [Cmb₂] و با توجه به دو ترتیب بار [Cmb₁, Cmb₂] در مقطع طراحی [C] در ارتفاع طراحی [3000mm].

$$\begin{array}{l}
 \text{(J)} \\
 \left. \begin{array}{l}
 V_{u2} = 19719.32 \text{ N} \\
 N_{u3} = 41025.59 \text{ N} \\
 N_u = -5679.67 \text{ N}
 \end{array} \right\} \begin{array}{l}
 V_{g2} = 7169.77 \text{ N} \\
 V_{g3} = -2351.68 \text{ N}
 \end{array} \\
 \text{(I)} \quad |U = 16068297.66 \text{ N.mm}
 \end{array}$$

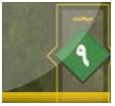
Determination of End Capacities:

MPr₃ \rightarrow Curve Degree = 0° (Interpolated)

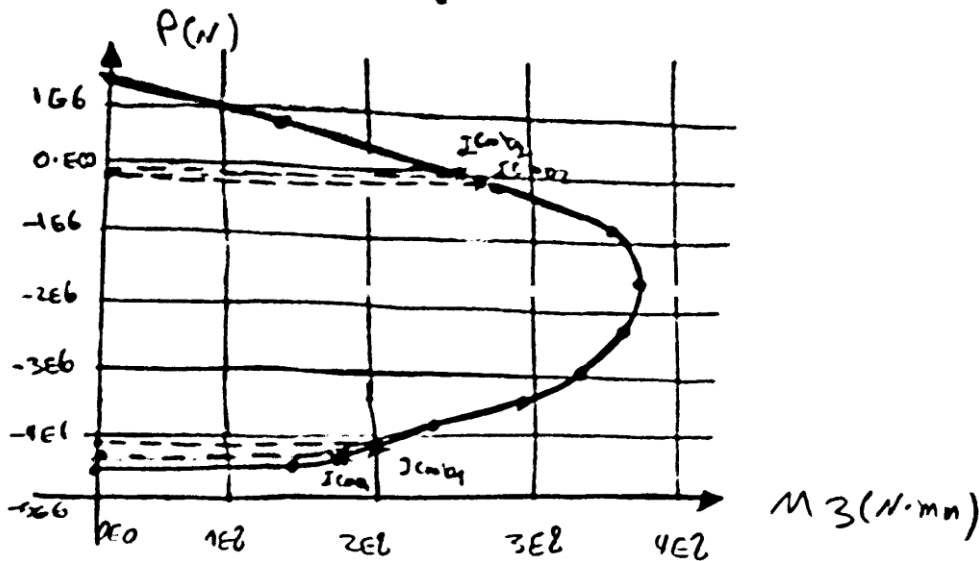
	Nu	NA	NB	MA(3)	MB(3)	MPr ₃
I-Cmb ₁	-380348.45	-52274.15	-786758.09	261878921.2	343414810	298298757.05
J-Cmb ₁	-366815.27	-52274.15	-786758.09	261878921.2	343414810	296796421.46
I-Cmb ₂	-19212.85	603726.59	-52274.15	146330809.4	261878721.2	256055329.43
J-Cmb ₂	-5679.67	603726.59	-52274.15	146330809.4	261878921.2	253671595.82

MPr₂ \rightarrow Curve Degree = 90° (Interpolated)

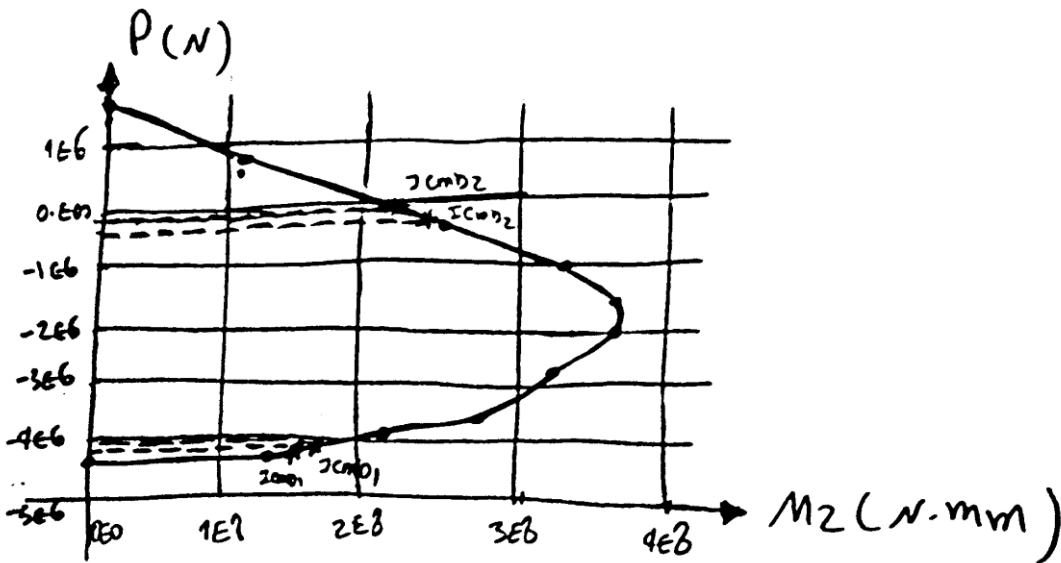
	Nu	NA	NB	MA(2)	MB(2)	MPr ₂
I-Cmb ₁	-380348.45	-37474.25	-974321.67	251035819	320417144.1	251683174.07
J-Cmb ₁	-366815.27	610641.93	-37474.25	112361698.3	251035819	249918571.85
I-Cmb ₂	-19212.85	610641.93	-37474.25	112361698.3	251035819	201000724.47
J-Cmb ₂	-5679.67	610641.93	-37474.25	112361698.3	251035819	199096299.44



P-M₃ curve in 3°:

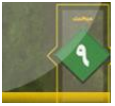


P-M₂ curve in 9°:



$MP_{3max(I)} = 298298757.05 \text{ N.mm}$	$MP_{2max(I)} = 251683174.07 \text{ N.mm}$
$MP_{3max(J)} = 296796421.46 \text{ N.mm}$	$MP_{2max(J)} = 249918571.85 \text{ N.mm}$

because of symmetry MP negative - MP positive



Determination of V_{Pr} :

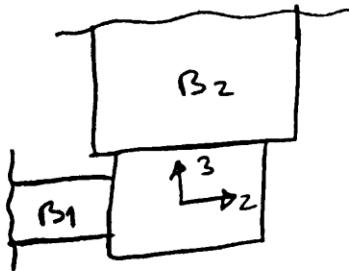
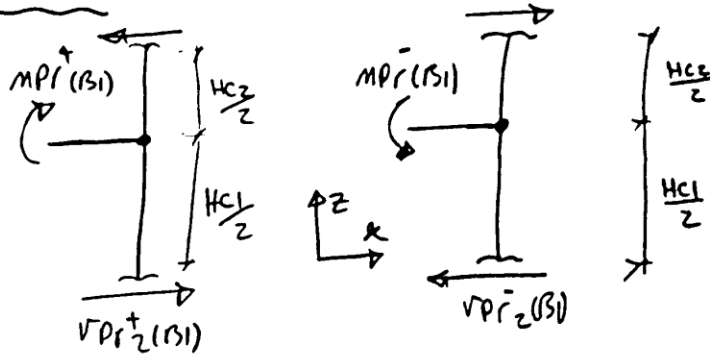
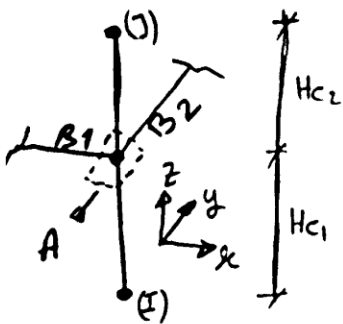
$$V_{Pr3} = \frac{M_{Pr2}(I) + M_{Pr2}(J)}{L_n} = \frac{251683174.07 + 245915571.85}{3000} = 167200.58$$

$$V_{Pr2} = \frac{M_{Pr3}(I) + M_{Pr3}(J)}{L_n} = \frac{298295767.05 + 276796421.46}{3000} = 198365.06$$

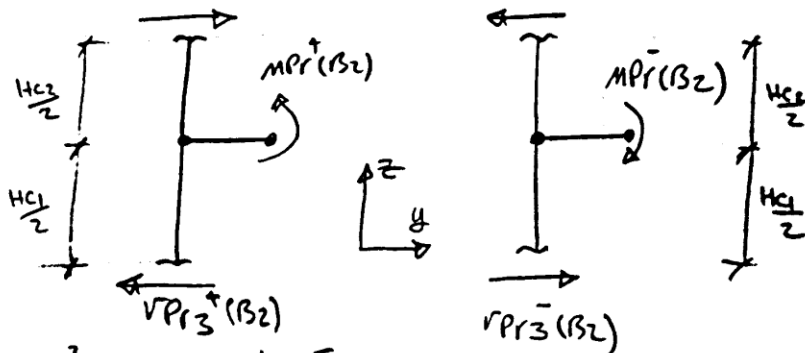
$$V_{(Pr+g)_2} = 198365.06 + 7169.77 = 205534.83$$

$$V_{(Pr+g)_3} = 167200.58 + |-2351.68| = 169552.26$$

if Hinges are in Beams?

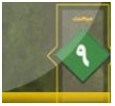


Plan(A)



$$\begin{cases} A_{sTop}(B1) = 258.23 \text{ mm}^2 \\ A_{sBot}(B1) = 291.11 \text{ mm}^2 \\ d_1 = 50 \text{ mm} \\ d_2 = 50 \text{ mm} \end{cases}$$

$$\begin{cases} A_{sTop}(B2) = 861.28 \text{ mm}^2 \\ A_{sBot}(B2) = 698.39 \text{ mm}^2 \\ d_1 = 50 \text{ mm} \\ d_2 = 50 \text{ mm} \end{cases}$$

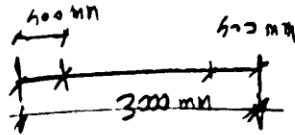


$$\begin{array}{l}
 M_{Pr}^+(B_1) = 27318318.41 \text{ N}\cdot\text{mm} \\
 M_{Pr}^-(B_1) = 49258443.32 \text{ N}\cdot\text{mm} \\
 M_{Pr}^+(B_2) = 151813243.12 \text{ N}\cdot\text{mm} \\
 M_{Pr}^-(B_2) = 184142767.71 \text{ N}\cdot\text{mm} \\
 V_{Pr}^+(B_1) = 9106.11 \text{ N} \\
 V_{Pr}^-(B_1) = 16352.81 \text{ N} \\
 V_{Pr}^+(B_2) = 50604.41 \text{ N} \\
 V_{Pr}^-(B_2) = 61380.92 \text{ N}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 V_{Pr2}(\text{Beam}) = \max(9106.11, 16352.81) = 16352.81 \text{ N} \\
 V_{Pr3}(\text{Beam}) = \max(50604.41, 61380.92) = 61380.92 \text{ N}
 \end{array}$$

$$V_{Des}(2) = \max \left\{ \begin{array}{l} \min[V_{Pr+g}{}_2, V_{Pr2}(\text{Beam})] = [9106.11, 16352.81] \\ \checkmark \\ V_{u2} = 19719.32 \end{array} \right.$$

$$V_{Des}(3) = \max \left\{ \begin{array}{l} \min[V_{Pr+g}{}_3, V_{Pr3}(\text{Beam})] = [50604.41, 61380.92] \\ \checkmark \\ V_{u3} = 41025.59 \end{array} \right.$$

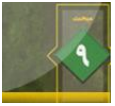


$$l_0 = \text{min} \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{6} \times 3000 = 500 \text{ mm} \checkmark \\ \max(400, 1000) = 1000 \text{ mm} \\ 450 \text{ mm} \end{array} \right. \rightarrow l_0 = 500 \text{ mm}$$

Station of Design = 3000 mm \rightarrow IS in Hinge

$$|V_u = 5679.67| < 0.075 \times 0.65 \times 25 \times 400 \times 500 \text{ And is in Hinge } \rightarrow$$

$$\begin{array}{l}
 V_{P2} = 16352.81 > \frac{V_{u2}}{2} = \frac{19719.32}{2} = 9859.66 \rightarrow \underline{V_{C2} = 0} \\
 \checkmark \\
 V_{P3} = 61380.9 > \frac{V_{u3}}{2} = \frac{41025.59}{2} = 20512.80 \rightarrow \underline{V_{C3} = 0}
 \end{array}$$



$$\begin{aligned} V_{r2max} &= 0.25 \times 0.65 \times 25 \times 176000 = 715000 \text{ N} \\ V_{r3max} &= 0.25 \times 0.65 \times 25 \times 170000 = 690625 \text{ N} \end{aligned}$$

Determination of vertical rebar %

$$\begin{aligned} V_{Des2} &= 19719.32 < V_{r2max} = 715000 \rightarrow 0.0 \quad \left[\frac{V_{Des2} \sqrt{c_2}}{Z} \right] \\ V_{Des3} &= 61380.92 < V_{r3max} = 690625 \rightarrow 0.0 \quad \left[\frac{V_{Des3} \sqrt{c_3}}{Z} \right] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{\frac{V}{S}}(2) &= \frac{19719.32 - 0}{0.85 \times 413.6855 \times 440} = 0.127 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \\ A_{\frac{V}{S}}(3) &= \frac{61380.92 - 0}{0.85 \times 413.6855 \times 340} = 0.513 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \end{aligned}$$

Torsion Design

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

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

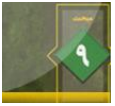
$$A_o = 0.85 \times 134400 = 114240 \text{ mm}^2$$

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

$$T_{cr} = \left(\frac{(400 \times 500)^2}{1800} \right) \times 0.65 = 1444444.4 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$C_2 = \sqrt{\left(\frac{19719.32}{176000} \right)^2 + \left(\frac{16068297.66 \times 1480}{1.7 \times 134400 \times 2} \right)^2} = 0.782 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$C_3 = \sqrt{\left(\frac{61380.92}{17000} \right)^2 + \left(\frac{16068297.66 \times 1480}{1.7 \times 134400 \times 2} \right)^2} = 0.849 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$



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

$$\max(Z_2, Z_3) = 0.849 < Z_{max} = 4.063 \rightarrow \boxed{0.849}$$

$$A_t/s = 16068297.66 / [2 \times 0.85 \times 11424 \times 413.6855] = \underline{0.2 \frac{mm^2}{mm}}$$

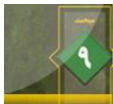
$$A_l = 0.2 \times 1480 = \underline{296 mm^2}$$

$$\left(\frac{A_v}{s}\right)_{min2} = \left[\frac{0.35 \times 400}{413.6855} - 2 \times 0.2 \right] = -0.062 < 0 \rightarrow \left(\frac{A_v}{s}\right)_{min2} = 0$$

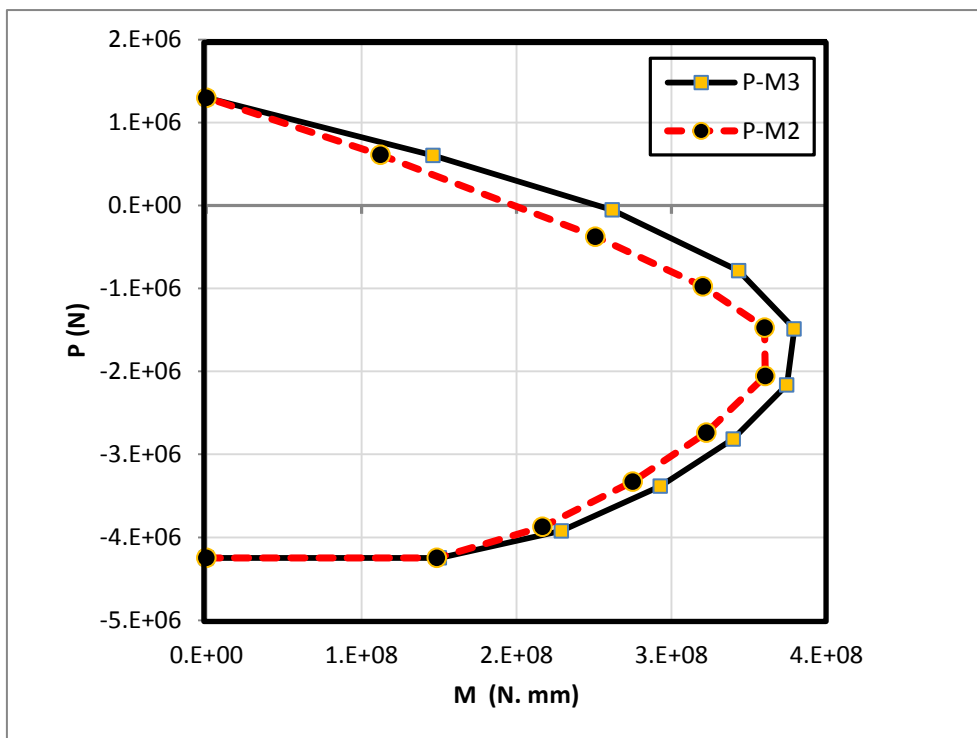
$$\left(\frac{A_v}{s}\right)_{min3} = \left[\frac{0.35 \times 500}{413.6855} - 2 \times 0.2 \right] = 0.02 \frac{mm^2}{m}$$

$$\rightarrow \left(\frac{A_v}{s}\right)_{min} = \underline{0.02 \frac{mm^2}{mm}}$$

$$\left[\left(\frac{A_v}{s}\right)_2 \text{ and } \left(\frac{A_v}{s}\right)_3 \right] > 0.02 \frac{mm^2}{mm} \quad \checkmark$$



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