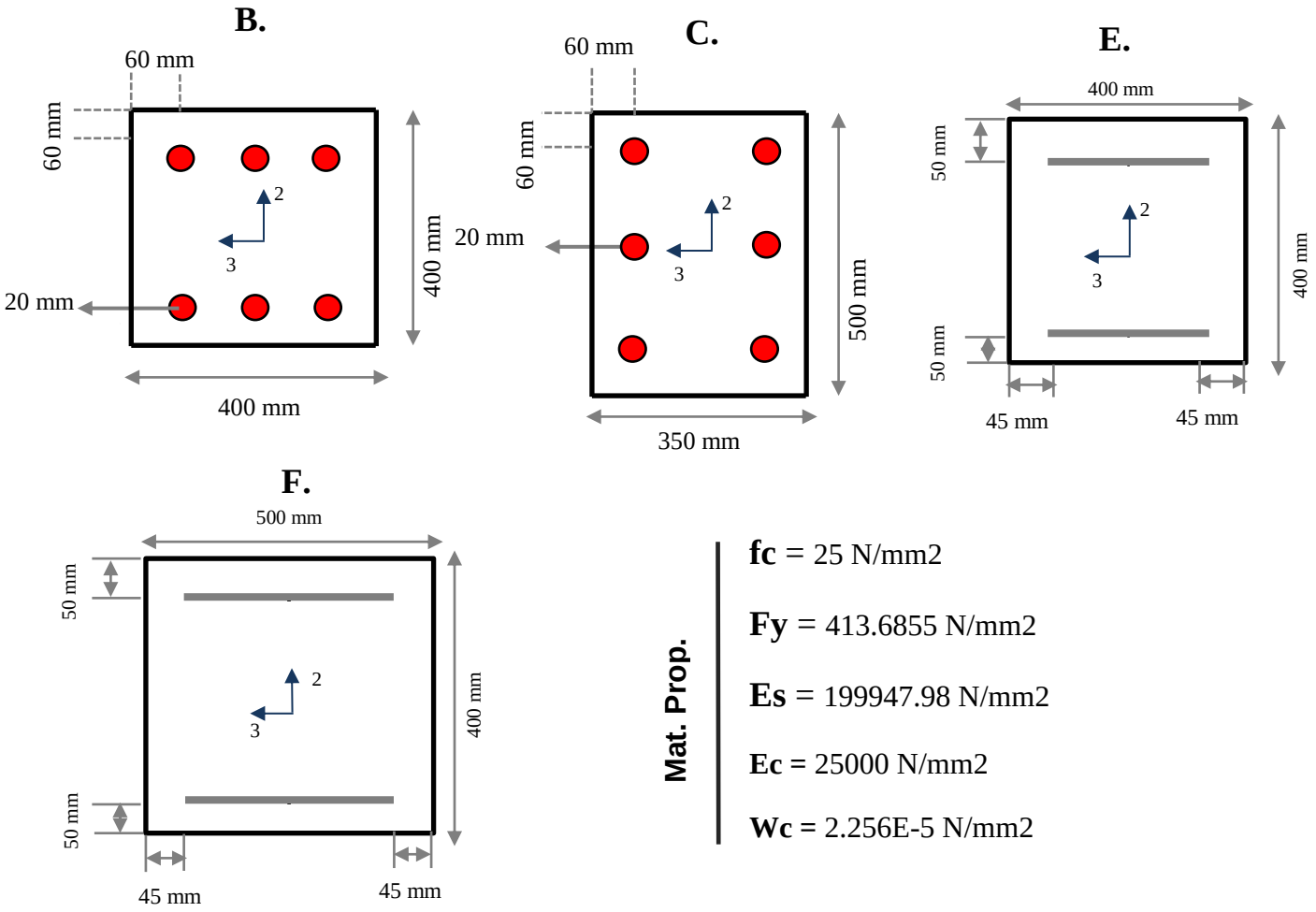
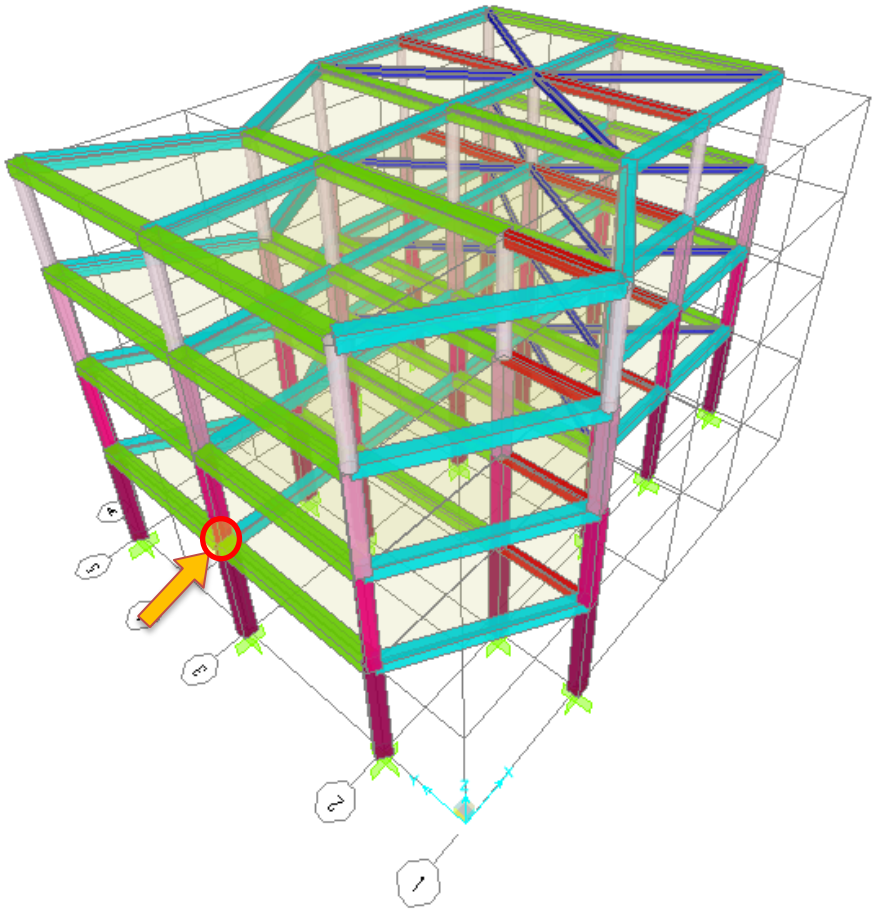
مثال شمارهٔ ۵,۲

۱. توضیحات مسئله

در این مثال کنترل تیر قوی به ستون ضعیف و همچنین کنترل برش در چشمهٔ اتصال شمارهٔ ۲۸ صورت گرفته است. موقعیت این چشمه در شکل ۲ نشان داده شده است. شکل پذیری سازه از نوع زیاد بوده و تحت دو ترکیب بار Cmb1 و Cmb2 طراحی شده است. در این چشمه از پائین ستون C و از بالا ستون B به آن متصل شده و تیرها با مقطع E و F نیز به صورت افقی به این چشمه، اتصال دارند. هدف از حل این مثال طراحی چشمه‌ای است که در هر دو راستا نیاز به کنترل داشته و از سه جهت محصورشده است.



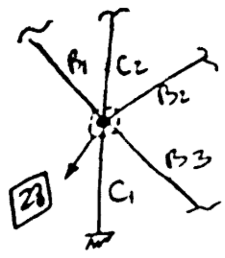
شکل۱. مقاطع و مصالح به کار رفته در قاب خمشی

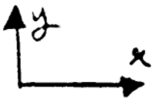


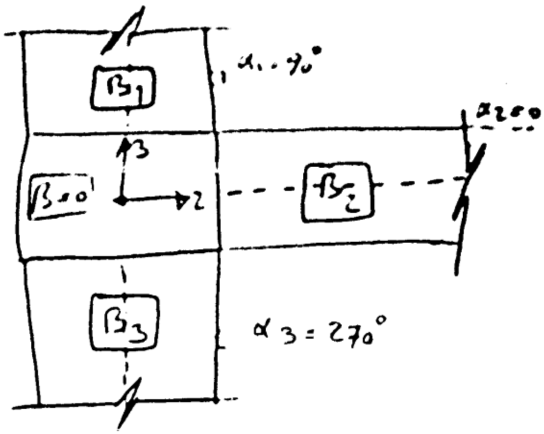
شکل۲. موقعیت چشمهٔ اتصال در نمای سه بعدی ساختمان

کنترل ضوابط اتصال شماره 23 قاب خمشی با شکل پذیری زیاد با توجه به ترکیب بار (CMB1, CMB2)

Geometry :



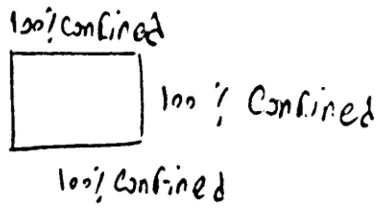




$\theta_i = (\alpha_i - \beta)$

Beam	α°	β°	θ	$\cos\theta$	$\sin\theta$	B	D
B1	90.00	0.00	90.00	0.00	1.00	500	400
B2	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	400	400
B3	270.00	0.00	270.00	0.00	-1.00	500	400

Confinement :



Summation of End Moments :

Beam	ASBot	ASTop	M_P^+	M_P^-	M_{Pr}^+	M_{Pr}^-
B1	501.12	1002.24	70441178.20	136650918.90	87390310.64	168169000.14
B2	579.67	1159.34	80391791.27	153706069.88	99383877.74	187709141.94
B3	528.88	1057.76	74249631.40	143726032.28	92038076.98	176747771.29

Cos θ1 ≥ 0 and Cos θ2 ≥ 0 and Cos θ3 < 0 , [sin θ1 ≥ 0 , sin θ2 ≥ 0 , sin θ3 < 0]

MP3_CW = MP1+ |Cos θ1| + MP2+ |Cos θ2| + MP3− |Cos θ3| = 70141178.20 x0 + 80391791.27 x1 + 143726032.28 x0 = 80391791.27 N.mm

MP3_CCW = MP1− |Cos θ1| + MP2− |Cos θ2| + MP3+ |Cos θ3| = 136650918.90 x0 + 153706069.88 x1 + 74219631.40 x0 = 153706069.88 N.mm

MPr3_CW = MPr1+ |Cos θ1| + MPr2+ |Cos θ2| + MPr3− |Cos θ3| = 87390310.64 x0 + 99383877.74 x1 + 176711771.29 x0 = 99383877.74 N.mm

MPr3_CCW = MPr1− |Cos θ1| + MPr2− |Cos θ2| + MPr3+ |Cos θ3| = 168169000.19 x0 + 187709141.94 x1 + 92038096.98 x0 = 187709141.94 N.mm

MP2_CW = MP1+ |Sin θ1| + MP2+ |Sin θ2| + MP3− |Sin θ3| = 70141173.20 x1 + 80391791.27 x0 + 143726032.28 x|−1| = 214167210.40 N.mm

MP2_CCW = MP1− |Sin θ1| + MP2− |Sin θ2| + MP3+ |Sin θ3| = 136650918.90 x1 + 153706069.88 x0 + 74219631.40 x|−1| = 210870550.30 N.mm

MPr2_CW = MPr1+ |Sin θ1| + MPr2+ |Sin θ2| − MPr3− |Sin θ3| = 87390310.64 x1 + 99383877.74 x0 + 176711771.29 x|−1| = 264102081.80

MPr2_CCW = MPr1− |Sin θ1| + MPr2− |Sin θ2| + MPr3+ |Sin θ3| = 168169000.19 x1 + 187709141.94 x0 + 92038096.98 x|−1| = 260207097.10 N.mm

Summary of End Moments (N.mm)

Circuit	MP-CW	MP-CCW	MPr-CW	MPr-CCW
3	80391791.27	153706069.88	99383877.74	187709141.94
2	214167210.40	210870550.30	264102081.80	260207097.10

End Moments of Columns: (N.mm)

(minimum of All Combos):

Direction	MP-CW-below	MP-CCW-below	MP-CW-Top	MP-CCW-Top
3	2634267781.25	2634267781.25	1629487762.27	1629487762.27
2	2127514 17.94	2127514 17.94	1611334 65.30	1611334 65.30

Calculation of Column to Beam Capacities:

$MP_{3Col\_CW} = MP_3^{+}(below) + MP_3^{+}(Top) = 2634267781.25 + 1629487762.27 =$
4263755543.53 N.mm

$MP_{3Col\_CCW} = MP_3^{-}(below) + MP_3^{-}(Top) = 2634267781.25 + 1629487762.27 =$
4263755543.53 N.mm

$MP_{2Col\_CW} = MP_2^{+}(below) + MP_2^{+}(Top) = 2127514 17.94 + 1611334 65.30 =$
$3738848832 4$ N.mm

$MP_{2Col\_CCW} = MP_2^{-}(below) + MP_2^{-}(Top) = 2127514 17.94 + 1611334 65.30 =$
$3738848832 4$ N.mm

$CtoBRatio_{3-CW} = \frac{MP_{3Col\_CW}}{MP_{3CCW}} = \frac{4263755543.53}{1537060669.88} = 2.774$

$CtoBRatio_{3-CCW} = \frac{MP_{3Col\_CCW}}{MP_{3CW}} = \frac{4263755543.53}{803917 91.27} = 5.303$

$CtoBRatio_{2-CW} = \frac{MP_{2Col\_CW}}{MP_{2CCW}} = \frac{3738848832.4}{2108705503.0} = 1.773$

$CtoBRatio_{2-CCW} = \frac{MP_{2Col\_CCW}}{MP_{2CW}} = \frac{3738848832.4}{2141672104.0} = 1.746$

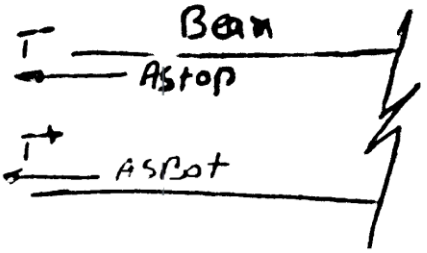
$\min(CtoBRatio_{3-CW}, CtoBRatio_{3-CCW}) = 2.774 > 1.2 \rightarrow$ O.K

$\min(CtoBRatio_{2-CW}, CtoBRatio_{2-CCW}) = 1.746 > 1.2 \rightarrow$ O.K

Calculation of tension forces in rebars:

$T_{yi} = Asti \times 1.25 \times Fy$

Beam	T+	T-
B1	259131.77	518263.55
B2	299751.96	599503.91
B3	273486.60	546973.19



summation of tension forces in major direction:

[$\cos\theta_2 = 1 > 0$] → formulations are:

$T_{2\text{-front-cw}} = T_2^+ \times |\cos\theta_2| = 299751.96 \times 1 = 299751.96\ N$

$T_{2\text{-back-cw}} = 0$

$T_{2\text{-front-ccw}} = T_2^- \times |\cos\theta_2| = 599503.91\ N$

$T_{2\text{-back-ccw}} = 0$

$(T+C)_{2\text{-cw}} = T_{2\text{Front-cw}} + T_{2\text{back-cw}} = 299751.96 + 0 = 299751.96\ N$

$(T+C)_{2\text{-ccw}} = T_{2\text{front-ccw}} + T_{2\text{back-ccw}} = 599503.91 + 0 = 599503.9\ N$

summation of tension forces in minor direction:

[$\sin\theta_1 > 0$, $\sin\theta_3 < 0$] → formulations are:

$T_{3\text{-front-cw}} = T_1^+ \times |\sin\theta_1| = 259131.77 \times 1 = 259131.77\ N$

$T_{3\text{-back-cw}} = T_3^- \times |\sin\theta_3| = 546973.19 \times |-1| = 546973.19\ N$

$T_{3\text{-front-ccw}} = T_1^- \times |\sin\theta_1| = 518263.55 \times 1 = 518263.55\ N$

$T_{3\text{-back-ccw}} = T_3^+ \times |\sin\theta_3| = 273486.60 \times |-1| = 273486.60\ N$

$(T+C)_{3-CW} = T_{3Front-CW} + T_{3back-CW} = 306253.00 + 547783.31 =$ **853733.31 N**

$(T+C)_{3-CCW} = T_{3Front-CCW} + T_{3back-CCW} = 518853.67 + 306250.00 =$ **825103.67 N**

$$VPr_{2-CW} = \frac{MPr_{3-CW}}{\frac{H_1}{2} + \frac{H_2}{2}} = \frac{99193377.37}{\frac{4000}{2} + \frac{3500}{2}} = 26451.57 N$$

$$VPr_{2-CCW} = \frac{MPr_{3-CCW}}{\frac{H_1}{2} + \frac{H_2}{2}} = \frac{187372982.51}{\frac{4000}{2} + \frac{3500}{2}} = 49966.13 N$$

$$VPr_{3-CW} = \frac{MPr_{2-CW}}{\frac{H_1}{2} + \frac{H_2}{2}} = \frac{27943302.88}{\frac{4000}{2} + \frac{3500}{2}} = 74515.47 N$$

$$VPr_{3-CCW} = \frac{MPr_{2-CCW}}{\frac{H_1}{2} + \frac{H_2}{2}} = \frac{27091562.87}{\frac{4000}{2} + \frac{3500}{2}} = 72244.16 N$$

$(T+C-VPr)_{2-CW} = (T+C)_{2CW} - VPr_{2CW} = 299143.61 - 26451.57 =$ **272692.04 N**

$(T+C-VPr)_{2-CCW} = (T+C)_{2CCW} - VPr_{2CCW} = 598287.22 - 49966.13 =$ **548321.09 N**

$(T+C-VPr)_{3-CW} = (T+C)_{3CW} - VPr_{3CW} = 853733.31 - 74515.47 =$ **779217.84 N**

$(T+C-VPr)_{3-CCW} = (T+C)_{3CCW} - VPr_{3CCW} = 825103.67 - 72244.16 =$ **752859.51 N**

$(T+C-V)_{2\,max} = max[(T+C-VPr)_{2CW}, (T+C-VPr)_{2CCW}] =$ **548321.09 N**

$(T+C-V)_{3\,Max} = max[(T+C-VPr)_{3CW}, (T+C-VPr)_{3CCW}] =$ **779217.8 N**

confined direction Number-3 → $f_{c,joint} = 9 \times 0.24\sqrt{25} = 9\ N/mm^2$

$A_{j2} = A_{j3} = 400 \times 500 = 200000\ mm^2$,

$V_{r2} = V_{r3} = 9 \times 200000 = 1800000\ N$

$Ratio_2 = \frac{549448.14}{1800000} = 0.305 < 1 \rightarrow$ O.K

$Ratio_3 = \frac{722361.59}{1800000} = 0.401 < 1 \rightarrow$ O.K