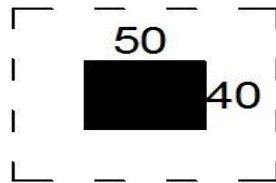


داده های مسئله به قرار زیر می باشد :

$$d = 500 \text{ mm}, \quad F_y = 300 \text{ N/mm}^2, \quad f_c = 21 \text{ N/mm}^2, \quad P_u = 2500 \text{ KN}, \quad Cx = 500 \text{ mm}, \quad cy = 400 \text{ mm}$$

این ستون یک ستون میانی از یک پی نواری می باشد (شکل زیر). این پی رو برای برش پانچ کنترل نمایید.



حل بر اساس مبحث نهم مقررات ملی چاپ ۱۳۸۸ :

تعیین نیروی برشی مقاوم بتن: طبق بند ۹-۱۲-۱۷-۲-۴ صفحه ۲۲۶ در صورتی که از آرماتور برشی برای پی استفاده نشود، V_c برابر با کمترین ۳ مقدار زیر می باشد:

$$b_s = 2 * (500 + 400 + 2 * 500) = 3800 \text{ mm}, \quad v_c = 0.2 * 65 * \sqrt{21} = 0.596 \rightarrow v_c b_s d = 0.596 * 3800 * 500 = 1132400 \text{ N}$$

$$V_c = \min \left\{ \begin{array}{l} (1 + \frac{2}{\beta_c}) v_c b_s d \\ (\frac{\alpha_s d}{b_s} + 1) v_c b_s d \\ 2 v_c b_s d \end{array} \right. \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} (1 + \frac{2}{\frac{500}{400}}) * 1132400 = 2944240 \\ (\frac{20 * 500}{3800} + 1) * 1132400 = 4112400 \\ 2 * 1132400 = 2264800 \end{array} \right. \rightarrow V_c = 2264800 \text{ N}$$

$$V_u = 2500 * 10^3 > V_c = 2264800 \text{ N} \text{ لذا مقاومت بتن به تنهایی جوابگوی برش پانچ نیست.}$$

برای کاهش برش پانچ چندین راه وجود دارد: ۱- استفاده از بتن با مقاومت بالاتر ۲- افزایش ضخامت پی ۳- افزایش محیط مقطع بحرانی با افزایش ابعاد ستون ۴- استفاده از آرماتور برشی.

در ایم مثال چون هدف ما در اینجا آموزش نحوه ی کنترل برش پانچ با استفاده از خاموت می باشد، از روش چهارم استفاده می کنیم.

مطابق قسمت (الف) بند ۹-۱۲-۱۷-۲-۵ صفحه ۲۲۶ در صورت استفاده از آرماتور برشی برای تامین مقاومت برشی مقدار V_c برابر با :

$$V_c = v_c b_s d = 0.596 * 3800 * 500 = 1132400 \text{ N}$$

$$V_r = 3 * 1132400 = 3397200 \text{ N} \text{ طبق قسمت (ب) بند همان بند حداکثر } V_r = 3 v_c b_s d \text{ محدود شده است و لذا}$$

$$V_u = 2500000 \leq V_r = 3397200 \text{ لذا شرط برقرار بوده و می توان تمام کمبود مقاومت برشی بتن را با فولاد برشی جبران کرد.}$$

نکته: این شرط بیان می کند که ما نمی توانیم ضخامت پی را از حدی کمتر در نظر گرفته و برای کمبود مقاومت از آرماتور برشی استفاده کنیم و همیشه باید یک حداقلی را برای ضخامت پی در نظر بگیریم.

محاسبات مربوط به آرماتور برشی:

$$V_u \leq V_r = V_c + V_s \rightarrow V_s \geq V_u - V_c = 250000 - 113240 = 136760 \text{ N}$$

طبق بند ۹-۱۲-۴-۱-۲ صفحه ۲۰۱ داریم:

$$V_s = 136760 = \phi_s A_s F_y \frac{d}{s} = 0.85 * 300 * 500 * \frac{A_s}{s} \rightarrow \frac{A_s}{s} = 10.73 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

اگر از $\phi 12$ به صورت تنگ بسته و در چهار طرف ستون استفاده کنیم داریم:

$$\phi 12 \equiv 113 \text{ mm}^2 \rightarrow A_s = 4 * 113 = 452 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_s}{s} = \frac{452}{s} = 10.73 \rightarrow s = 42 \text{ mm} \cong \text{use } \phi 12 @ 75 \text{ mm}$$

خاموت ها باید تا جایی ادامه پیدا کنند که $V_u < V_c$ باشد. اگر فاصله مقطع بحرانی برش منگنه ای بعد از آخرین خاموت قائم تا بر ستون با X نمایش داده شود (همانند شکل زیر) محیط برش منگنه ای جدید برابر است با:

$$b' = 2(400 + 300) + 4 * \sqrt{2}X = 1400 + 4\sqrt{2}X$$

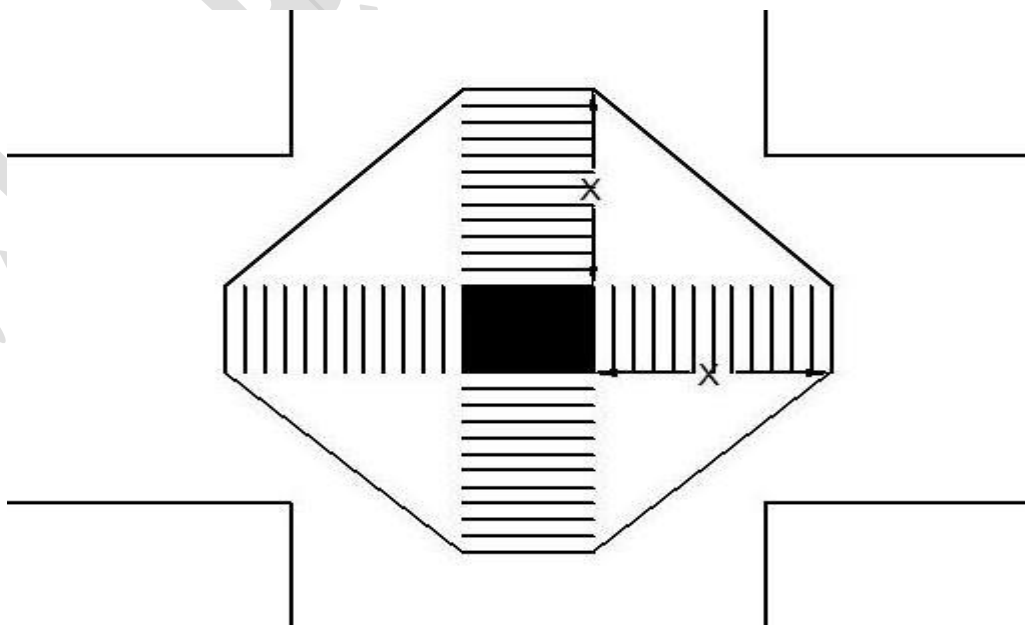
$$V_c = v_c b' d = 500 * 0.596 * (1400 + 4\sqrt{2}X) = 417200 + 1685X$$

$$V_u = 250000 \leq 417200 + 1685X \rightarrow X \geq 1236 \text{ mm}$$

$$n = \frac{1236}{75} = 16.5 \approx 17$$

تعداد خاموت در هر طرف تکیه گاه

در نهایت از $17\phi 12 @ 75 \text{ mm}$ در هر طرف ستون استفاده می کنیم.



لازم به توضیح می باشد که این خاموتها فقط برای مقابله با برش پانچ می باشد. سایر کنترل ها و طراحی ها به خواننده واگذار می شود.

در این مثال اگر می خواستیم بدون استفاده از آرماتور برشی و صرفا با استفاده از افزایش ضخامت پی کنترل برش منگنه ای را انجام دهیم باید ضخامت پی به اندازه زیر افزایش می یافت:

$$V_u = V_c \rightarrow 2500000 = 0.596 * 3800 d \rightarrow d = 1104 mm$$

یعنی ضخامت پی حدود $\frac{1104}{50} = 22.1$ برابر باید افزایش می یافت که در مقایسه با استفاده از آرماتور برشی غیر اقتصادی تر می باشد.

پایان

منابع:

- جلد دوم کتاب سازه های بتن آرمه تألیف دکتر مستوفی نژاد
- مبحث نهم مقررات ملی ساختمان چاپ ۱۳۸۸