باسمه تعالی

۸۷/۱/۳۱ و ۸۷/۲/۴

$V_c = .2 \phi_c \sqrt{f_c} b_w d$

برش ناشی از خمش $V = \frac{dM}{dx}$

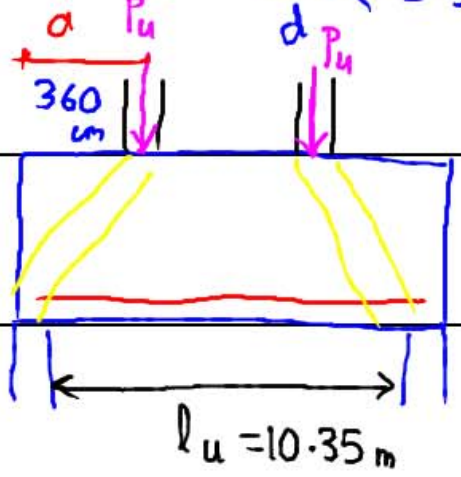
$\frac{a}{d} \geq 2.5$ تیر معمولی

$\frac{a}{d} \leq 2.5$ تیر عمیق

برش سوراخ کننده

برش اصطکاکی $V_r = \mu A_{sf} f_{yd}$

طراحی تیر عمیق ← از نظر برشی $\frac{a}{d} < 2.5$



$\frac{a}{d} = \frac{360}{340} = 1 < 2.5$

$\frac{l_u}{d} = \frac{1035}{340} = 3 < 5$

از نظر خمشی

$\frac{l_u}{d} < 2.5$ در دهانه پیوسته

$\frac{l_u}{d} < 1.25$ در دهانه ساده

طراحی خمشی ← طراحی تیر معمولی ($M_r \geq M_u$) (تیر مستطیلی، تیر T شکل، تیر با فلانژ فشاری)

کرنش خطی در مقطع (فرض برنولی)، $\varepsilon_{cu} = .003$

بلوک رینگی، معادلات تعادل، شکل پذیری $\frac{x}{d} \leq .6$

میلگرد حداقل $\rho = \frac{1.4}{f_y}$ ، جاگذاری میلگردها

طراحی برشی (مقطع بحرانی ، $V_u < V_{r_{max}} = 5V_c$ ، d

$V_r = V_c + V_s$ ، محاسبه V_c ، محاسبه V_s ، تعیین $\frac{A_v}{s}$ ،

S_{max} ، $\rho_{w,min}$

برش ناشی از خمش

انواع برش

برش سوراخ کننده (مقطع بحرانی ، ابعاد با مرکز β_c ، $\frac{d}{2}$

محل اعمال بار متمرکز نسبت به پی یا دال ، $2V_c$ ، α

برش اصطکاکی

$$V_r = \mu f_{yd} A_{vf} \leq 6.5 \varphi_c b d \leq .25 f_{cd} b d$$

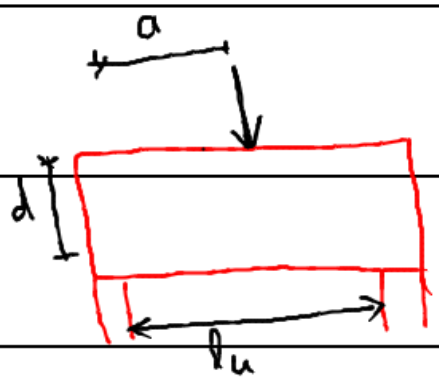
برش تیر عمیق

طراحی پی منفرد : ۱. ابعادی از روی فشار بار خاک

۲. ضخامت پی از روی — برش سوراخ کننده / برش خمشی

مهار میلگردهای ستون

۳. طراحی خمشی (میلگردهای طولی و عرضی سفره تحتانی)



$\frac{a}{d} < 2.5$ $\quad \frac{l_n}{d} < 5$ $\quad$ طراحی تیرعمیق

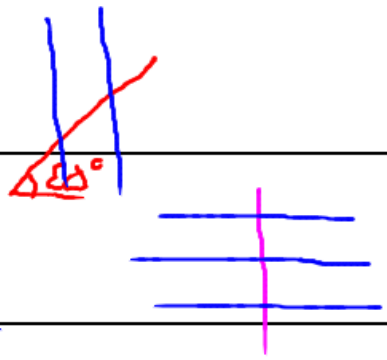
تیرعمیق

مکانیزم انتقال برش بتن: برش در بتن ترک‌نخورده، قفل و بست بین سنگدانه، عمل شاخ‌برشی، عمل قوسی (V_c)

مدل تیربتن مسلح در برش ← خرپا با المان‌های فشاری از بتن و المان‌های کششی از میلگرد

تیرعمیق MCFT ← $\theta = 45°$ $\quad \frac{l_n}{d} \geq 5$

تیرعمیق STM ← $\theta \geq 45°$



$$V_r = V_c + V_s \leq V_{r_{max}} = 5V_c$$

مقطع بحرانی: d $\quad .5a \;,\; .15l_n \leq d$

$$\rho_{w,min} \quad \rho_{w,min} \;,\; \frac{\rho_{wh,min}}{S_{h_{max}}}$$

$$S_{max} \qquad S_{max}$$

$$V_r < V_{r_{max}} \rightarrow 2 < \frac{l_n}{d} < 5 \quad < 4V_c$$

$$\frac{l_n}{d} < 2 \quad .067\Phi_c\sqrt{f_c}\,(10 + \frac{l_n}{d})\,b_w d$$

$$V_c = \underbrace{\left(3.5 - 2.5\frac{M_u}{V_{ud}}\right)}_{\leq 2.5} \cdot 2\Phi_c\sqrt{f_c}\,bd$$

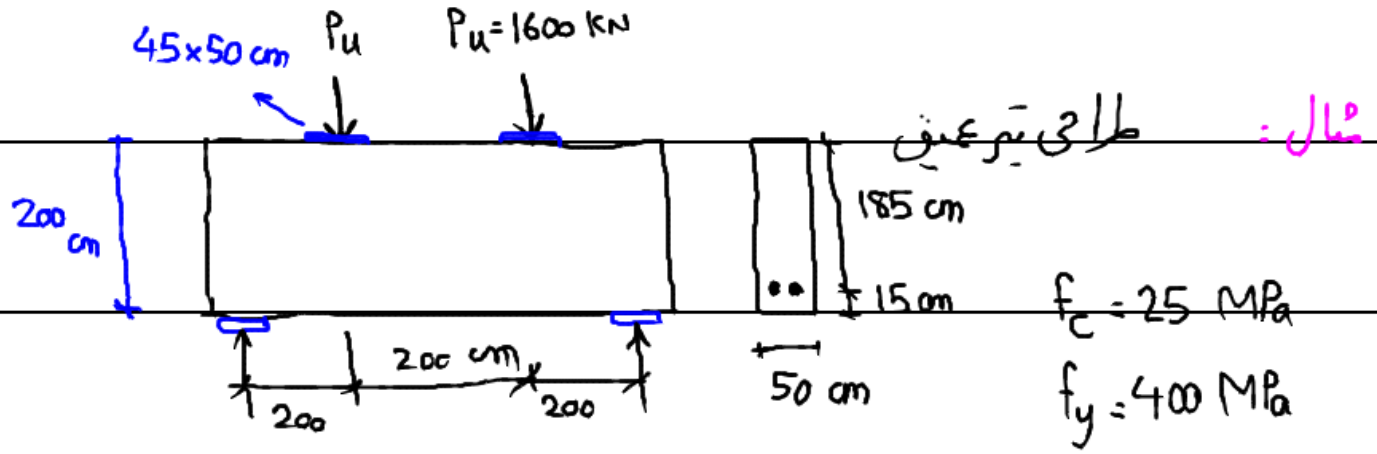
$$V_s = A_v f_{yd} \frac{d}{s} = \frac{A_v}{s} f_{yd} d$$

$$\left[\frac{A_v}{s}\left(\frac{1 + \frac{l_n}{d}}{12}\right) + \frac{A_{vh}}{s_h}\left(\frac{11 - \frac{l_n}{d}}{12}\right)\right] f_{yd}\, d$$

.92 ↕

$\rho_{v,min} \geq \frac{.35}{f_y}$ $\quad \rho_{v,min} \geq .15\%$, $s \leq \min(\frac{d}{5}, 350\,mm)$

$s \leq s_{max} = \frac{d}{2}$ $\quad \rho_{vh,min} \geq .25\%$, $s \leq \min(\frac{d}{3}, 350\,mm)$



مثال: طراحی تیر عمیق

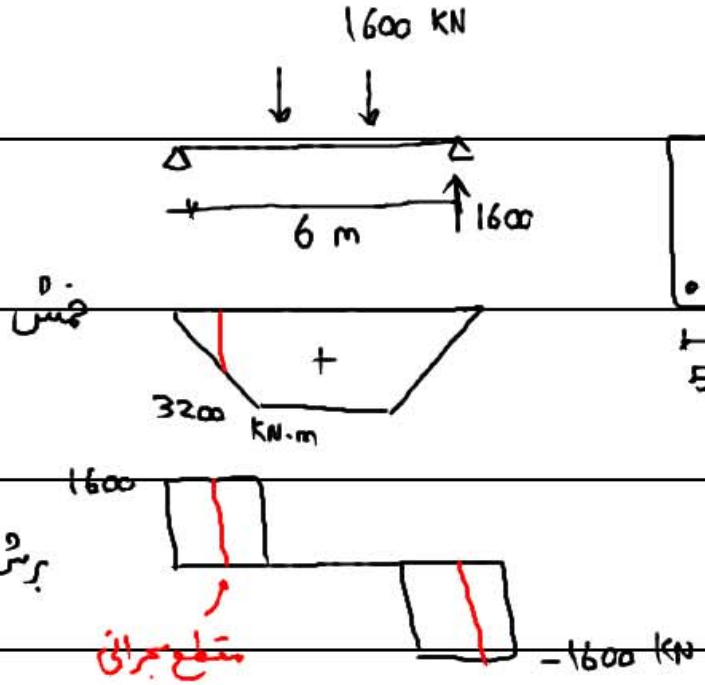
$\frac{a}{d} = \frac{200}{185} = 1.08 < 2.5$

$\frac{l_n}{d} = \frac{600}{185} = 3.2 < 5$ تیر عمیق از نظر برشی

۱) کنترل مقاومت اتکایی بتن

$$.85 f_{cd} A_1 \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 2 \times .85 f_{cd} A_1$$

$.85 \times .6 \times 25 \times 450 \times 500 = 2869\ kN > 1600\ kN$



۲، طراحی خمشی

$$A_s \simeq \frac{M_u}{f_{yd}\, jd} = \frac{3200 \times 10^6}{340 \times .85 \times 1850}$$

$$A_s = 5985 \ mm^2$$

$(5+6+5)\Phi 22 = 6082 \ mm^2 \quad \rho = .66\%$

$$a = \frac{A_s f_{yd}}{.85 f_{cd} b} = \frac{6082 \times 340}{.85 \times 15 \times 500} = 324 \ mm$$

$$x = \frac{a}{\beta_1} = \frac{324}{.85} = 382 \qquad \frac{x}{d} = \frac{382}{1850} = .2 < .45 < .6$$

$$M_r = A_s f_{yd} \left(d - \frac{a}{2}\right) = 6082 \times 340 \left(1850 - \frac{324}{2}\right) = 3490 \ KN\,m \geq 3200$$

۳، طراحی برشی تیرعمیق

$V_u = 1600$

$$V_u \leq V_r = V_c + V_s \leq V_{r_{max}} = 4 \times .6 \times 500 \times 1850 = 2220 \ KN$$

$$v_c = .2 \Phi_c \sqrt{f_c} = .2 \times .6 \times \sqrt{25} = .6 \ MPa$$

$$3.5 - 2.5\frac{M_u}{V_u d} = 3.5 - 2.5 \times \frac{1600}{1600 \times 1.85} = 2.15 < 2.5$$

$$V_c = \underbrace{\frac{2.15 \times .6}{1.29}} \times (500 \times 1850) = 1193 \text{ KN}$$

$$v_c = 2.15 \times \left(.19 \times .6\sqrt{25} + 12 \times .0066 \times \frac{1600 \times 1.85}{1600} \right)$$

$$v_c = 2.15\,(.57 + .15) = 1.54 \text{ MPa} \leq .6\Phi_c\sqrt{f'_c} = 1.8 \text{ MPa}$$

$$V_c = 1.54 \times 500 \times 1850 = 1425 \text{ KN}$$

$$1600 = 1425 + V_s \rightarrow V_s = 175 \text{ KN}$$

$$V_s = \left[\frac{A_v}{s} \times .35 + \frac{A_{vh}}{s_h} \times .65\right] f_{yd} d = 175000$$

(1850 above d; 340 below f_{yd})

$$\rho_{w,min} = .0015 \quad \left(\frac{A_v}{s}\right)_{min} = .0015 \times 500 = .75$$

$$s < s_{max} = \min\left(\frac{1850}{5}, 350\right) = 350 \text{ mm}$$

$2\Phi 12 \quad A_v = 226 \text{ mm}^2 \rightarrow s = \frac{226}{.75} = 302 \text{ mm}$

A_v, s: $2\Phi 12$ @ 300 mm $\qquad \frac{A_v}{s} = \frac{226}{300} = .753$

$$.753 \times .35 + \frac{A_{vh}}{s_h} \times .65 = \frac{175000}{340 \times 1850}$$

$$.26 + \qquad = .28$$

A_{vh} .03 > .25 × 500 = 1.25 mm

$\frac{}{S_h} = \dots$

$S < S_{max}\left(\frac{1850}{3}, 350\right) = 350 \text{ mm}$

$2\Phi16 @300 \rightarrow \frac{A_{vh}}{S_h} = \frac{2\times201}{300} = 1.34 > 1.25$

$2\Phi12 @300$ خاموت قائم

$2\Phi16 @300$ خاموت افقی

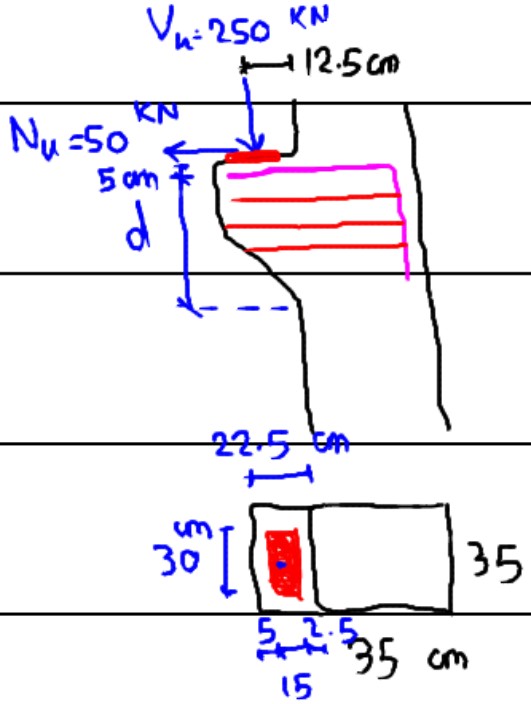
شانه Corbel

مثال: طراحی نمونه

$f_c = 35 \text{ MPa}$ $f_{cd} = 21 \text{ MPa}$

$f_y = 400 \text{ MPa}$

ابعاد مقطع انتخابی



$250\,000 = 0.85 \times 21 \times (300 \times b)$

$b > 47 \text{ mm} \rightarrow b = 15 \text{ cm}$

تعیین ابعاد شانه

$M_u = 250 \times 0.125 + 50 \times 0.05 = 33.75 \text{ KN.m}$

$0.2 V_u \leq N_u = 50 \text{ KN}$

برش اصطکاکی $V_r = \mu f_{yd} A_{vf} \leq 6.5 \Phi_c b_w d \leq 0.25 f_{cd} b_w d$

$V_r = 250 \text{ KN} \leq 6.5 \times 0.6 \times 350 \times d \leq 0.25 \times 21 \times 350 \times d$

$250000 < 1365d < 1837.5d$

$d \geq \frac{250000}{1365} = 183 \text{ mm} \longrightarrow d = 400 \text{ mm}$

A_{vf} تعیین (برش اصطکاکی)

$V_r = 250000 = 1.25 \times 340\, A_{vf} \longrightarrow A_{vf} = 588 \text{ mm}^2$

A_f تعیین (خمش) $M_u = 33.75 \text{ KN.m}$

$A_f \approx \frac{33.75 \times 10^6}{340(.9 \times 400)} = 276 \text{ mm}^2$

A_n تعیین (کشش)

$A_n = \frac{50000}{340} = 147 \text{ mm}^2$

A_s تعیین

$A_s = \max \begin{cases} \frac{2}{3} A_{vf} + A_n = \frac{2}{3} \times 588 + 147 = 539 \text{ mm}^2 \\ A_f + A_n = 276 + 147 \end{cases}$

$A_s = 4\varphi 14 = 4 \times 153.9 = 616 \text{ mm}^2 > 539 \text{ mm}^2$

$616 > A_{s,min} = .0035 \times 350 \times 400 = 490$

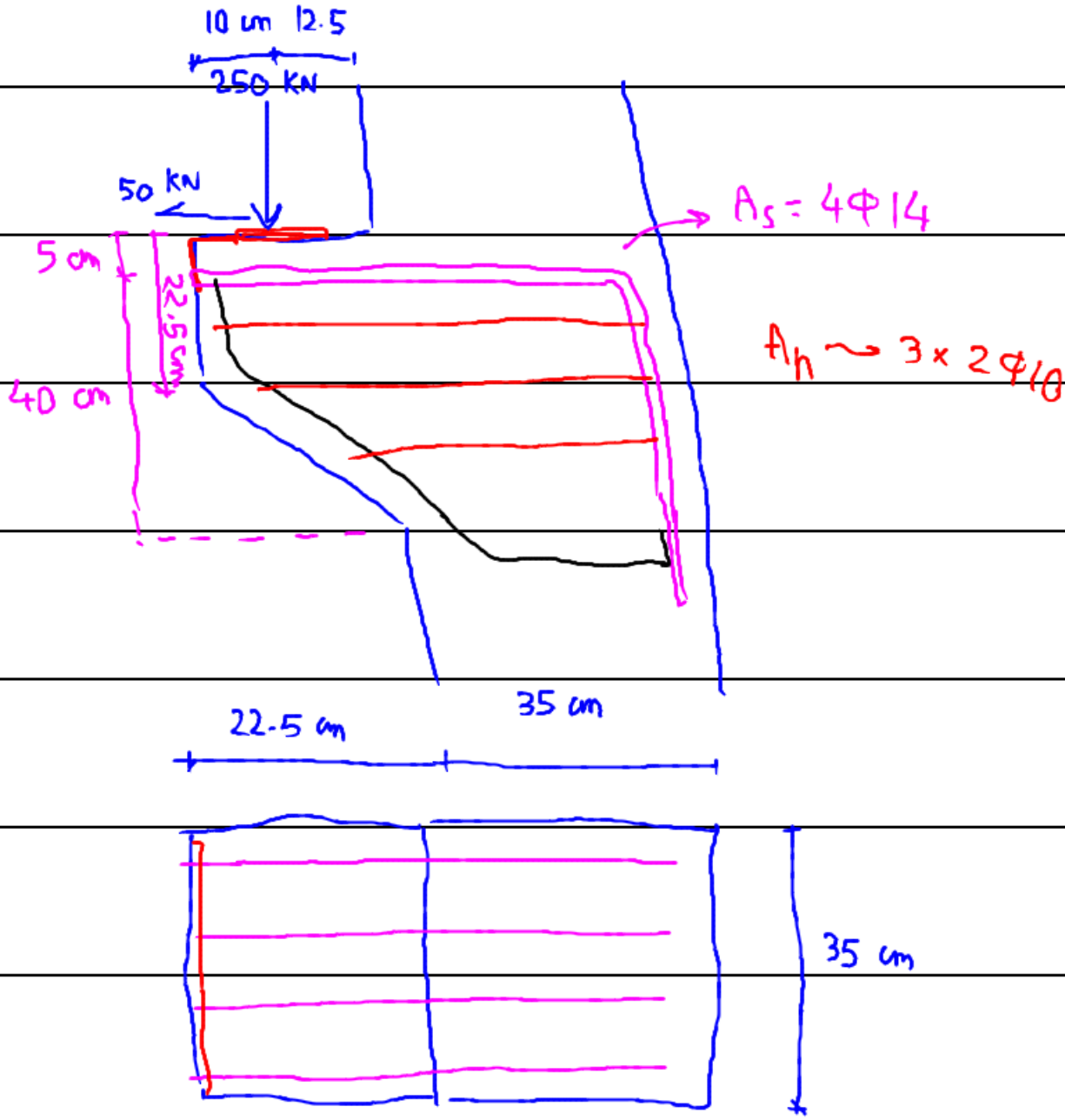
$\rho_{min} = \frac{.04 f_c}{f_y} = \frac{.04 \times 35}{400} = .0035$

A_h تعیین

$A_h = .5(A_s - A_n) = .5(616 - 147) = 235$

$3 \times 2\varphi 10 = 471 > 235 \text{ mm}^2$

A_s در یک فاصله $\frac{2}{3}d$ توزیع



میانترم ۸۷/۲/۲۸