دانشجویان و اساتید توجه داشته باشید جزوه موجود به صورت اختصاصی توسط وب سایت جزوه باما تهیه شده است و تمامی حقوق مادی و معنوی آن برای این وب سایت محفوظ می باشد.

Jozvebama.ir

DATE :

سازه‌های بتن آرمه ۱ دکتر همایون بنوایی

ABA ایران	CSA - CAN3 - A23.3 کانادا	ACI 2005 آمریکا
$1.25D + 1.5L$	$1.25D + 1.5L$	$1.2D + 1.6L$
$D + 1.2L \pm 1.2E$ $0.85D \pm 1.2E$	$1.25D + 1.05L \pm 1.05E$ $1.25D \pm 1.5E$	$1.2D + L \pm 1.4E$ $0.9D \pm 1.4E$
$D + 1.2L \pm 1.2W$ $0.85D \pm 1.2W$ —	$1.25D + 1.05L \pm 1.05W$ $1.25D \pm 1.5W$ —	$1.2D + L + 1.6W$ $0.9D \pm 1.6W$ $1.2D + 1.6L \pm 0.8W$
$1.25D + 1.5L + 1.5H$ $0.85D + 1.5H$	$1.25D + 1.05L + 1.05H$ $1.25D + 1.5H$	$1.2D + 1.6L + 1.6H$ $0.9D + 1.6H$
$1.25D + 1.5L + 1.25F$ $0.85D + 1.25F$	$1.25D + 1.05L + 1.05F$ $1.25D + 1.5F$	$1.2D + 1.6L + 1.2F$ $1.4D + 1.4F$
$D + 1.2L + T$ $1.25D + 1.25T$	$1.25D + 1.05L + 1.05T$ $1.25D + 1.5T$	$1.2D + 1.6L \pm 1.2T$ —

DATE : / / SUB :

نام میلگرد	قطر میلگرد	سطح مقطع	وزن واحد طول kg/m
Φ 6	6	28.3	0.222
Φ 8	8	50.3	0.345
Φ 10	10	78.5	0.617
Φ 12	12	113	0.888
Φ 14	14	154	1.21
Φ 16	16	201	1.58
Φ 18	18	255	2
Φ 20	20	314	2.47
Φ 22	22	380	2.98
Φ 24	24	452	3.55
Φ 25	25	491	3.85
Φ 26	26	531	4.17
Φ 28	28	616	4.83
Φ 30	30	707	5.55
Φ 32	32	804	6.31
Φ 34	34	907	7.12
Φ 36	36	1018	7.99
Φ 38	38	1134	8.9
Φ 40	40	1256	9.86
Φ 50	50	1963	15.4
Φ 60	60	2827	22.2

طبقه بندی میلگردهای فولادی

نام قدیمی	نام جدید	تنش کششی نهایی Fu	تنش تسلیم Fy	نوع آج	شکل آج	میزان شکنندگی
نرم	AI	S240	360MPa	240MPa	ساده	
نیمه سخت	AII	S300 یا S340	500MPa	300MPa یا 340MPa	آج دار مارپیچ	
نیمه سخت	AIII	S400	600MPa	400MPa	آج دار حلقوی	
سخت		S500	650MPa	500MPa	آج دار مرکب	

DATE : / / SUB : _____

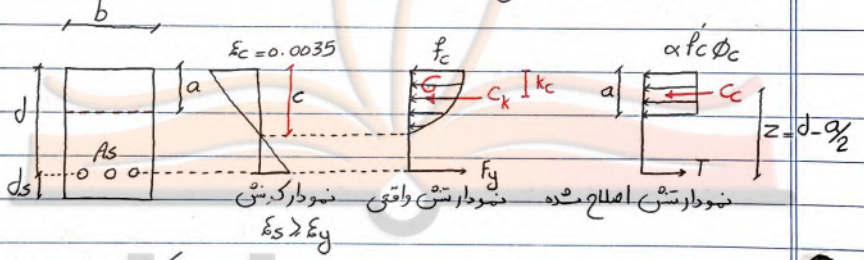
رفتار تیر ها تحت اثر خمش

فرضیات : ① مقاطع صاف و عمود بر محور تیر پس از خمش بصورت صاف و عمود باقی می مانند.

② با توجه به نیروی چسبندگی بین بتن و فولاد، کرنش بتن برابر کرنش فولاد است.

③ مقاومت کششی بتن توسط فولاد اداره می شود.

④ کرنش بتن در هنگام گسیختگی برابر 0.0035 است.



نیروی کششی فولاد = نیروی فشاری بتن

$$C_c = T \Rightarrow \alpha \phi_c f'_c b a = A_s \phi_s f_y \Rightarrow a = ?$$

تشابه مثلث های نمودار کرنش

$$\frac{\varepsilon_c}{c} = \frac{\varepsilon_s}{d-c} \Rightarrow \varepsilon_s = \frac{(d-c)}{c}\varepsilon_c$$

$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E}$$

$\varepsilon_s \geq \varepsilon_y$ ok

کنترل جاری شدن فولاد

اگر مقطع ok بود ظرفیت خمشی را حساب می کنیم

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

$$M_r = C_c \times z = T \times z$$

$\alpha = 0.85 - 0.0015 f'_c$

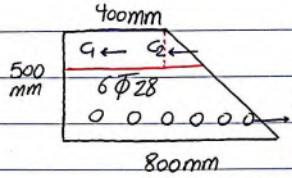
$\beta_1 = 0.97 - 0.0025 f'_c$

$\phi_c = 0.65$ / $\phi_s = 0.85$

d_s = 6cm برای یک ردیف، 9cm برای دو ردیف، 12cm برای سه ردیف

DATE : / / SUB :

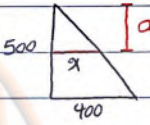
ظرفیت خمشی مقطع زیر را حساب کنید.



$f'_c = 25\,MPa$, $f_y = 400\,MPa$

$\alpha = 0.85 - 0.0015 \times f'_c = 0.81$

$\beta_1 = 0.97 - 0.0025 f'_c = 0.91$



$\frac{a}{500} = \frac{x}{400} \Rightarrow$

$x = 0.8a$

$C_1 + C_2 = T \Rightarrow$

$\alpha \phi_c f'_c \left(ba + \frac{1}{2} \times a \times x\right) = A_s \phi_s f_y \Rightarrow$

$0.81 \times 0.65 \times 25 \times (400 \times a + \frac{1}{2} \times a \times 0.8a) = 6 \times 616 \times 0.85 \times 400$

$\Rightarrow 5265a + 5.265a^2 = 1256640 \Rightarrow a = 199\,mm$

$\Rightarrow c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{199}{0.91} = 218.7\,mm$ $\quad d = 500 - 60 = 440\,mm$

$\varepsilon_s = 0.0035 \times \frac{(440 - 218.7)}{218.7} = 0.0035$

$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E} = \frac{400}{200000} \Rightarrow 0.002$

$\varepsilon_s > \varepsilon_y$ OK

$M_r = C_1 \times Z_1 + C_2 \times Z_2 =$

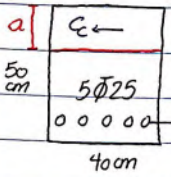
$M_r = 0.81 \times 0.65 \times 25 \times (400 \times 199) \times \left(440 - \frac{199}{2}\right) +$

$0.81 \times 0.65 \times 25 \times \left(\frac{1}{2} \times 199 \times 0.8 \times 199\right) \times \left(440 - \frac{2}{3} \times 199\right) =$

$M_r = 421\,kNm$ $\quad 420832541\,Nmm$

DATE : / / SUB :

مطلوب است ظرفیت خمشی تیر مقابل؟



$f'_c = 25\,MPa$

$f_y = 400\,MPa$

$\alpha = 0.85 - 0.0015 f'_c = 0.81$

$\beta_1 = 0.97 - 0.0025 f'_c = 0.91$

$$C_c = T \Rightarrow \alpha \phi_c f'_c b a = A_s \phi_s f_y \Rightarrow$$

$$0.81 \times 0.65 \times 25 \times 400 \times a = 5 \times 491 \times 0.85 \times 400 \Rightarrow$$

$$a = 158.5\,mm \qquad c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{158.5}{0.91} = 174.2\,mm$$

$$\varepsilon_s = 0.0035 \times \frac{(440 - 174.2)}{174.2} = 0.0053$$

$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E} = \frac{400}{2000000} = 0.002$$

$\varepsilon_s > \varepsilon_y$ OK

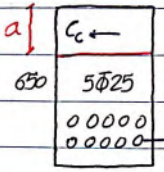
$$M_r = T \times z = 5 \times 491 \times 0.85 \times 400 \times \left(440 - \frac{158.5}{2}\right) = 301.1\,KNm$$

DATE : / / SUB :

مطلوب است ظرفیت خمشی مقطع مقابل؟

$f'_c = 30\,MPa$

$f_y = 500\,MPa$



$\alpha = 0.85 - 0.0015 f'_c = 0.8$

$\beta_1 = 0.97 - 0.0025 f'_c = 0.9$

$C_c = T \Rightarrow \alpha \phi_c f'_c b a = A_s \phi_s f_y \Rightarrow$

$0.8 \times 0.65 \times 30 \times 400 \times a = 10 \times 491 \times 0.85 \times 500 \Rightarrow a = 334.4\,mm$

$\Rightarrow C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{334.4}{0.9} = 371.5$

$\varepsilon_s = 0.0035 \times \frac{(560 - 371.5)}{371.5} = 0.00178$

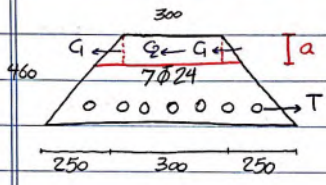
$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E} = \frac{500}{200000} = 0.0025$

$\varepsilon_s < \varepsilon_y$

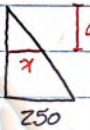
NG

DATE : / / SUB : _____

مطلوب است ظرفیت خمشی مقطع مقابل؟



$f'_c = 25\,MPa \qquad f_y = 400\,MPa$



$\frac{a}{460} = \frac{x}{250} \Rightarrow$

$\alpha = 0.85 - 0.0015 f'_c = 0.8$

$\beta_1 = 0.97 - 0.0025 f'_c = 0.91$

$x = 0.543a$

$2C_1 + C_2 = T \Rightarrow 2 \times \alpha \phi_c f'_c \times \left(\frac{1}{2} \times a \times x\right) + \alpha \phi_c f'_c \times ba = A_s \phi_s f_y \Rightarrow$

$2 \times 0.8 \times 0.65 \times 25 \times \left(\frac{1}{2} \times a \times 0.543a\right) + 0.8 \times 0.65 \times 25 \times 300 \times a = 7 \times 452 \times 0.85 \times 400$

$\Rightarrow 7.06a^2 + 3900a = 1075760 \Rightarrow a = 201.98\,mm$

$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{201.98}{0.91} = 221.9\,mm$

$\varepsilon_s = 0.0035 \times \frac{(400 - 221.9)}{221.9} = 0.0028$

$\varepsilon_y = \frac{400}{200000} = 0.002$

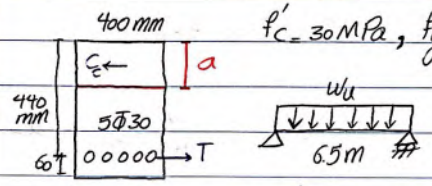
$\varepsilon_s > \varepsilon_y$ ok

$M_r = 2C_1 z_1 + C_2 z_2 = 2 \times 0.8 \times 0.65 \times 25 \times \left(\frac{1}{2} \times 201.98 \times 0.543 \times 201.98\right) \times \left(400 - \frac{2}{3} \times 201.98\right) + 0.8 \times 0.65 \times 25 \times 300 \times 201.98 \times \left(400 - \frac{201.98}{2}\right) = 312\,KNm$

DATE : / / SUB :

مطلوب است حداکثر بار زنده‌ی قابل حمل توسط تیر نشان داده شده اگر بار مرده‌ی کف $w_D = 20\ KN/m$ باشد.

$f'_c = 30\ MPa$, $f_y = 340\ MPa$



$\alpha = 0.85 - 0.0015 f'_c = 0.8$

$\beta_1 = 0.97 - 0.0025 f'_c = 0.9$

$C_c = T \Rightarrow \alpha \phi_c f'_c ba = A_s \phi_s f_y \Rightarrow$

$0.8 \times 0.65 \times 30 \times 400 a = 5 \times 707 \times 0.85 \times 340 \Rightarrow a = 163.7\ mm$

$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{163.7}{0.9} = 181.9\ mm$

$\varepsilon_s = 0.0035 \times \frac{(440 - 181.9)}{181.9} = 0.0049$

$\varepsilon_y = \frac{340}{200000} = 0.0017$

$\left.\begin{matrix} \\ \\ \end{matrix}\right\} \varepsilon_s > \varepsilon_y$ OK

$M_r = C_c z = 0.8 \times 0.65 \times 30 \times 400 \times 163.7 \times \left(440 - \frac{163.7}{2}\right) =$

$M_r = 365.8\ KNm$

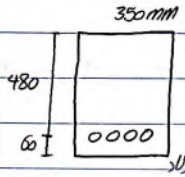
$M_r = \frac{w_u L^2}{8} = \frac{w_u \times 6.5^2}{8} \Rightarrow w_u = 69.3\ KN/m$

$w_u = 1.25 w_D + 1.5 w_L \Rightarrow w_L = \frac{w_u - 1.25 w_D}{1.5} = \frac{69.3 - 1.25 \times 20}{1.5}$

$w_L = 29.5\ KN/m$

DATE : / / SUB : _____

برای مقطع نشان داده شده مشخص نمایید به ازاء کدام آرماتورها زیر مقطع کم فولاد است؟



$f'_c = 20\,MPa$

$f_y = 300\,MPa$

درصد فولاد $\rho = \frac{A_s}{bd} < 0.025$

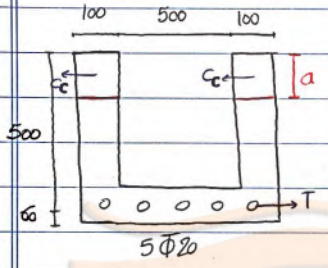
الف) $4\Phi20$

ب) $4\Phi25$

ج) $4\Phi30$

✓ د) $4\Phi40$

تیری با مقطع U شکل به طول 14m جهت انتقال آب استفاده می‌شود، عمق کنترل ارتفاع آب



$f'_c = 35MPa$, $f_y = 340MPa$ مجاز را تعیین کنید.

$\alpha = 0.85 - 0.0015 f'_c = 0.8$

$\beta_1 = 0.97 - 0.0025 f'_c = 0.9$

$C_C = T \Rightarrow \alpha \phi_c f'_c \times (2 \times 100 \times a) = A_s \phi_s f_y$

$\Rightarrow 0.8 \times 0.65 \times 35 \times (200a) = 5 \times 314 \times 0.85 \times 340$

$\Rightarrow a = 124.6mm \Rightarrow c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{124.6}{0.9} = 138.4mm$

$\varepsilon_s = \frac{0.0035 \times (500 - 138.4)}{138.4} = 0.0091$

$\varepsilon_y = \frac{340}{200000} = 0.0017$

$\varepsilon_s > \varepsilon_y$ OK

$M_r = C_C \times Z = 0.8 \times 0.65 \times 35 \times 200 \times 124.6 \times \left(500 - \frac{124.6}{2}\right) = 188.5\,KNm$

$M_r = \frac{w_u L^2}{8} = \frac{w_u \times 14^2}{8} \Rightarrow w_u = 8.1\,KN/m$

$w_u = 1.25 w_D + 1.5 w_L \Rightarrow$ $w_D = [100 \times 440 \times 2 \times 10^{-6} + 700 \times 60 \times 2 \times 10^{-6}) \times 23.5$

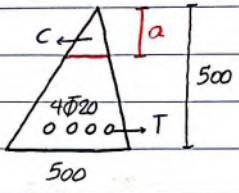
$8.1 = 1.25 \times 4.04 + 1.5 w_L \Rightarrow$ $w_D = 4.04$

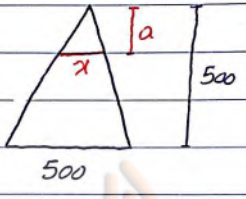
$w_L = 2.03$

$w_L = 0.5 \times h \times 9.81 = 2.03 \Rightarrow \boxed{h = 413.8mm}$

DATE : / / SUB :

مطلوب است ظرفیت خمشی مقطع مقابل؟
$f'_c = 30\,MPa$, $f_y = 300\,MPa$





$$\frac{a}{500} = \frac{x}{500} \Rightarrow a = x$$

$$\alpha = 0.85 - 0.0015 f'_c = 0.8$$

$$\beta_1 = 0.97 - 0.0025 f'_c = 0.9$$

$$C_c = T \Rightarrow \alpha \phi_c f'_c \left(\tfrac{1}{2} \times a \times x\right) = A_s \phi_s f_y \Rightarrow$$

$$0.8 \times 0.65 \times 30 \times \left(\tfrac{1}{2} \times a \times a\right) = 4 \times 314 \times 0.85 \times 300 \Rightarrow$$

$$a = 202.6\,mm \Rightarrow c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{202.6}{0.9} = 225.1\,mm$$

$$\varepsilon_s = 0.0035 \times \frac{(440 - 225.1)}{225.1} = 0.0033$$

$$\varepsilon_y = \frac{300}{200000} = 0.0015$$

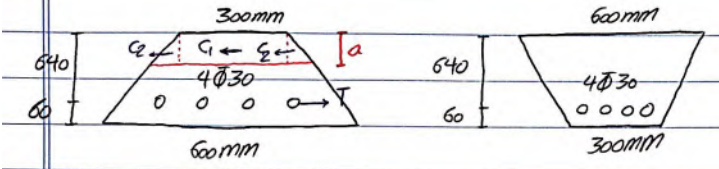
$\varepsilon_s > \varepsilon_y$ OK

$$M_r = C_c Z = 0.8 \times 0.65 \times 30 \times \tfrac{1}{2} \times 202.6 \times 202.6 \times \left(440 - \tfrac{2}{3} \times 202.6\right)$$

$$M_r = 97.6\,KNm$$

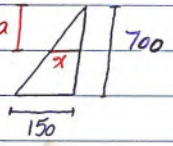
DATE : / / SUB :

در شکل کدامیک از مقاطع نشان داده شده ظرفیت خمشی بیش‌تر دارند؟



$f'_c = 25\ MPa$ $\quad \alpha = 0.85 - 0.0015 f'_c = 0.8$

$f_y = 400\ MPa$ $\quad \beta_1 = 0.97 - 0.0025 f'_c = 0.9$



$$\frac{a}{700} = \frac{x}{150} \Rightarrow$$

$$x = 0.214a$$

$$C_1 + C_2 = T \Rightarrow \alpha \phi_c f'_c (2 \times \tfrac{1}{2} a x) + \alpha \phi_c f'_c (300a) =$$

$$A_s \phi_s f_y \Rightarrow 0.8 \times 0.65 \times 25 \times (a \times 0.214a) + 0.8 \times 0.65 \times 25 \times 300a =$$

$$4 \times 707 \times 0.85 \times 400 \Rightarrow 2.782 a^2 + 3900a = 961520$$

$$a = 213.9\ mm \Rightarrow c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{213.9}{0.9} = 237.7\ mm$$

$$\varepsilon_s = 0.0035 \times \frac{(640 - 237.7)}{237.7} = 0.0059$$

$$\varepsilon_y = \frac{400}{200000} = 0.002$$

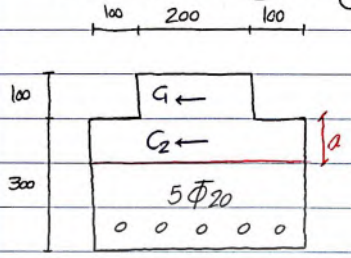
$\varepsilon_s > \varepsilon_y$ OK

$$M_r = C_2 z_2 + C_1 z_1 = 0.8 \times 0.65 \times 25 \times (2 \times \tfrac{1}{2} \times 213.9 \times 0.214 \times 213.9) \times \left(640 - \frac{2}{3} \times 213.9\right) + 0.8 \times 0.65 \times 25 \times (300 \times 213.9) \times \left(640 - \frac{213.9}{2}\right)$$

$$M_r = 508\ KNm$$

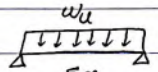
DATE : / / SUB :

مطلوب است: حداکثر بارزنده‌ی قابل حمل توسط مقطع بتنی نشان داده شده را محاسبه کنید.



$f'_c = 25\,MPa$

$f_y = 400\,MPa$



$\alpha = 0.85 - 0.0015 f'_c = 0.8$

$\beta_1 = 0.97 - 0.0025 f'_c = 0.9$

فرض 1 $a \leq 100 \Rightarrow C_1 = T \Rightarrow \alpha \phi_c f'_c \times 200a = \phi_s A_s f_y \Rightarrow$

$\Rightarrow 0.8 \times 0.65 \times 25 \times 200a = 0.85 \times 5 \times 314 \times 400 \Rightarrow a = 205.3$ NG

فرض 2 $a \geq 100 \Rightarrow C_1 + C_2 = T \Rightarrow \alpha \phi_c f'_c (200 \times 100 + a \times 400) = \phi_s A_s f_y$

$\Rightarrow 0.8 \times 0.65 \times 25 \times (20000 + 400a) = 0.85 \times 5 \times 314 \times 400 \Rightarrow$

$\boxed{a = 52.6}$

$c = \frac{100 + 52.6}{0.9} = 169.5$

$\varepsilon_s = 0.0035 \frac{(340 - 169.5)}{169.5} = 0.0035$

$\varepsilon_y = \frac{400}{200000} = 0.002$

$\varepsilon_s > \varepsilon_y$ ok

$M_r = C_1 Z_1 + C_2 Z_2 = 0.8 \times 0.65 \times 25 \times 200 \times 100 \times (240 + 50) +$

$0.8 \times 0.65 \times 25 \times 400 \times 52.6 \times (240 - \frac{52.6}{2}) =$

$M_r = 133.8\ KNm$

$M_r = \frac{w_u L^2}{8} \Rightarrow w_u = \frac{8 \times 133.8}{5^2} = 42.8\ KN/m$

$w_D = (0.2 \times 0.1 + 0.4 \times 0.3) \times 23.5 = 3.29$

$w_u = 1.25 w_D + 1.5 w_L \Rightarrow w_L = \frac{w_u - 1.25 w_D}{1.5} = \frac{42.8 - 1.25 \times 3.29}{1.5} = 25.8 \frac{KN}{m}$

DATE : / / SUB :

تحلیل دال های یک طرفه

دال یک صفحه تخت بتنی است جسمی که ابعادش نسبت به ضخامتش خیلی بیش تر است.

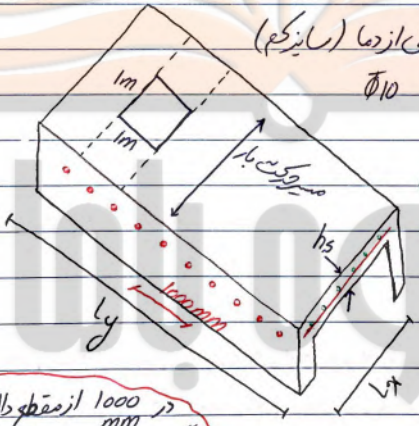
دال یک طرفه if $\frac{l_y}{l_x} \geq 2$

تنش های خمشی را در یک طرف انتقال می دهد و آن هم در راستای کوتاه تر.

دوری تیرچه بلوک 5 الی 6 سانتی متر بتن می ریزیم که به آن دال گوییم.

دال یک طرفه فاصله ی تیرچه ها از هم 50 سانتی متر می باشد (عرض) و طول آن ها به اندازه تیر می باشد.

دال یک طرفه به عرض خم می شود. $l_y = 2l_x$



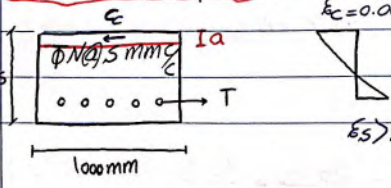
حداقل برای تحمل تنش های ناشی از دما (سایز کم)
3 تایی به کار می روند Φ10 Φ8 Φ6

آرماتور اصلی از 10 الی 20 حداقل استفاده می شود. اصلی

محاسبات عین تیرها انجام می شود

در 1000 mm از مقطع دال باید ببینیم چه تعداد میلگرد داریم

1000/s



S فاصله مرکز تا مرکز میلگردها
N بیانگر سایز میلگرد

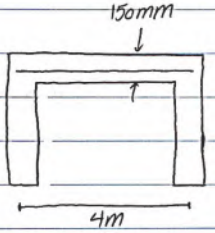
DATE : / / SUB :

در شکل دال یک طرفه‌ای به عرض 4m و ضخامت 150mm با میلگرد 16 در فواصل 220mm

$f'_c = 30MPa$ $f_y = 300MPa$ مسلح شده است.

الف) ظرفیت خمشی دال؟

ب) حداکثر بار زنده قابل حمل، اگر بار مرده سقف 1 کیلو نیوتون بر متر باشد.

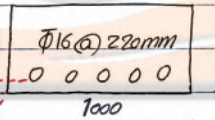


$\alpha = 0.85 - 0.0015 f'_c = 0.8$

$\beta_1 = 0.97 - 0.0025 f'_c = 0.9$

$C_C = T \Rightarrow \alpha \phi_c f'_c b a = \phi_s A_s f_y \Rightarrow$

$0.8 \times 0.65 \times 30 \times 1000 a = 0.85 \times A_s \times 300$



تعداد میلگرد (n) $\frac{1000}{220} = 4.54$

$A_s = 4.54 \times 201 = 912.54$

$\Rightarrow a = 14.9\ mm \Rightarrow c = \frac{14.9}{0.9} = 16.6\ mm$

کاور بتن

$\varepsilon_s = 0.0035 \times \frac{(150 - 20 - \frac{16}{2} - 16.6)}{16.6} = 0.02$

$\varepsilon_y = \frac{300}{200000} = 0.0015$

$\varepsilon_s > \varepsilon_y$ ok

$M_r = TZ = 0.85 \times 912.54 \times 300 \times (122 - \frac{14.9}{2}) = 26.6\ KNm$

$M_r = \frac{w_u l^2}{8} \Rightarrow w_u = 13.3\ KN/m$

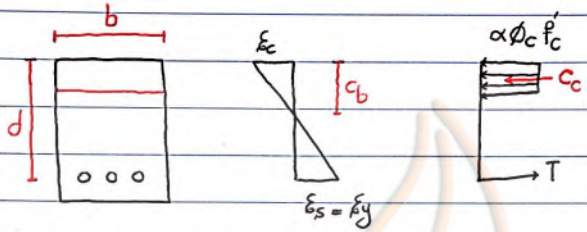
$w_D = 1 \times 0.15 \times 23.5 = 3.525\ KN/m$ + 1 = $4.525\ KN/m$

$w_u = 1.25 w_D + 1.5 w_L \Rightarrow w_L = \frac{13.3 - 1.25 \times 4.525}{1.5} = 5.1\ KN/m$

DATE : / / SUB :

حالت بالانس (متعادل) مقطعی متعادل است که فولاد و بتن هم زمان جاری شده و کرنش بتن به حداکثر مقدار خودش برسد.

$\varepsilon_c = 0.0035$



$$\frac{\varepsilon_c}{c_b} = \frac{\varepsilon_y}{d - c_b} \Rightarrow \varepsilon_c d - \varepsilon_c c_b = \varepsilon_y c_b \Rightarrow \varepsilon_c d = \varepsilon_y c_b + \varepsilon_c c_b$$

$$\Rightarrow \varepsilon_c d = (\varepsilon_y + \varepsilon_c) c_b \Rightarrow \boxed{c_b = \frac{\varepsilon_c d}{\varepsilon_y + \varepsilon_c}}$$

$$c = \frac{a}{B_1} \Rightarrow a = cB_1 \Rightarrow \boxed{a_b = \frac{B_1 \varepsilon_c d}{\varepsilon_y + \varepsilon_c}}$$

$$C_c = T \Rightarrow \alpha \phi_c f'_c b \times a_b = A_s \phi_s f_y$$

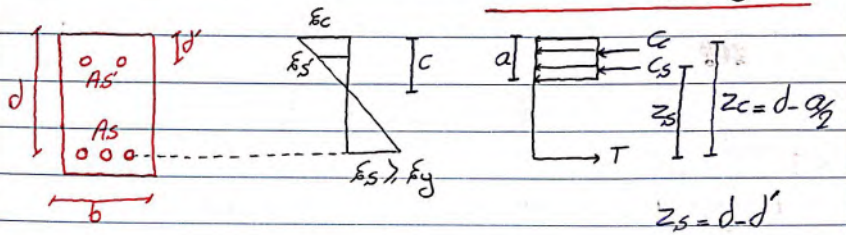
$$\rho = \frac{A_s}{bd} \Rightarrow A_s = bd\rho_b$$

$$\Rightarrow \alpha \phi_c f'_c b a_b = bd\rho_b \phi_s f_y \Rightarrow \rho_b = \frac{\alpha \phi_c f'_c a_b}{d \phi_s f_y}$$

$$\rho_b = \frac{\alpha \phi_c f'_c B_1 \varepsilon_c d}{d \phi_s f_y (\varepsilon_y + \varepsilon_c)} = \boxed{\rho_b = \frac{\alpha B_1 (\phi_c f'_c \varepsilon_c)}{(\varepsilon_y + \varepsilon_c)(\phi_s f_y)}}$$

DATE : / / SUB :

روش دقیق فولاد مضاعف



$z_s = d - d'$

$$\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_s'} = \frac{c}{c-d'} \Rightarrow \varepsilon_s' = \left(\frac{c-d'}{c}\right)\varepsilon_c$$ براساس تشابه مثلثاتی

$$C_c + C_s = T \Rightarrow$$

$$\alpha \phi_c f'_c\, b a + (A_s')(\phi_s f_s' - \alpha \phi_c f'_c) = A_s f_y \phi_s$$

فرض اول $\Rightarrow \varepsilon_s' \geq \varepsilon_y \Rightarrow f_s' = f_y \Rightarrow a = \checkmark \Rightarrow c = \checkmark$

کنترل ε_s'

$\varepsilon_s' \geq \varepsilon_y$ OK

$\varepsilon_s' < \varepsilon_y$ فرض صحیح نیست

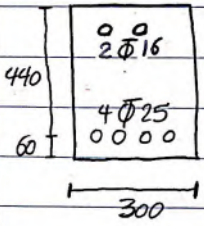
فرض دوم $\Rightarrow \varepsilon_s' < \varepsilon_y \Rightarrow f_s' = E_s \varepsilon_s' \Rightarrow$

$$f_s' = 200000 \times 0.0035 \times \left(\frac{c-d'}{c}\right)$$

$$M_r = C_c z_c + C_s z_s$$

DATE : / / SUB :

ظرفیت خمشی مقطع بتنی نمایش داده شده را محاسبه کنید.



$f'_c = 30MPa \quad f_y = 300MPa$

$\alpha = 0.85 - 0.0015 f'_c = 0.8$

$\beta_1 = 0.97 - 0.0025 f'_c = 0.9$

$A'_s = 402mm^2 \quad A_s = 1964mm^2$

$C_c + C_s = T \Rightarrow \alpha \phi_c f'_c \times 300a + A'_s(\phi_s f'_s - \alpha \phi_c f'_c) = \phi_s A_s f_y \Rightarrow$

فرض ① $\varepsilon'_s \geq \varepsilon_y \Rightarrow f'_s = f_y = 300$

$\Rightarrow 0.8 \times 0.65 \times 30 \times 300a + 402(0.85 \times 300 - 0.8 \times 0.65 \times 30)$

$0.85 \times 1964 \times 300 \Rightarrow a = 86.45mm \Rightarrow c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{86.45}{0.9} =$

$c = 96mm$

$\varepsilon'_s = 0.0035 \times \frac{(96-60)}{96} = 0.0013$

$\varepsilon'_s < \varepsilon_y$

$\varepsilon_y = \frac{300}{200000} = 0.0015$

فرض ① X

DATE : / / SUB : _____

$\varepsilon_s' < \varepsilon_y \Rightarrow f_s' = 200000 \times 0.0035 \left(\frac{c-60}{c}\right)$

$\Rightarrow C_c + C_s = T \Rightarrow \quad c = \frac{a}{\beta_1} \Rightarrow a = \beta_1 c$

$0.8 \times 0.65 \times 30 \times 300 \overset{\beta_1 c}{a} + 402\left(0.85 \times 700\left(\frac{c-60}{c}\right) - 0.8 \times 0.65 \times 30\right) =$

$0.85 \times 1964 \times 300 \Rightarrow$

$4212c + 239190 - \frac{14351400}{c} - 6271.2 = 500820 \Rightarrow$

$4212c^2 - 14351400 - 267901.2c = 0 \Rightarrow c = 98.3\,mm$

$a = \beta_1 c = 0.9 \times 98.3 = 88.47\,mm$

$\varepsilon_s' = 0.0035 \times \frac{(98.3-60)}{98.3} = 0.00136$

$\Rightarrow \varepsilon_s' < \varepsilon_y$ OK

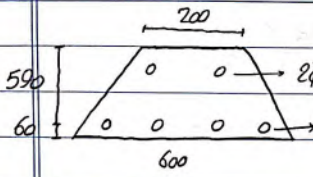
$\varepsilon_y = 0.0015$

$\Rightarrow M_r = 0.8 \times 0.65 \times 30 \times 300 \times 0.9 \times 98.3 \times \left(440 - \frac{88.47}{2}\right) +$

$402 \times (0.85 \times 272 - 0.8 \times 0.65 \times 30) \times 380 = 197\,kNm$

DATE : / / SUB :

مطلوب است ظرفیت خمشی مقطع نشان داده شده.



$f'_c = 30\,MPa$, $F_y = 400\,MPa$

$\frac{a}{650} = \frac{b'}{200} \Rightarrow b' = 0.308a$

$\alpha = 0.85 - 0.0015 f'_c = 0.8$

$\beta_1 = 0.97 - 0.0025 f'_c = 0.9$

$C_c + C_s = T \Rightarrow \alpha \phi_c f'_c (200a + 2 \times \frac{1}{2} a \times 0.308a) +$

$A'_s (\phi_s f'_s - \alpha \phi_c f'_c) = A_s f_y \phi_s \Rightarrow$

فرض ① $\varepsilon'_s \geq \varepsilon_y$

$f'_s = f_y$

$0.8 \times 0.65 \times 30 \times (200a + 0.308a^2) +$

$2 \times 491 \times (0.85 \times 400 - 0.8 \times 0.65 \times 30) = 4 \times 491 \times 400 \times 0.85$

$\Rightarrow 3120a + 4.8048a^2 + 318560.8 = 667760 \Rightarrow$

$4.8048a^2 + 3120a + -349199.2 = 0 \Rightarrow a = 97.3\,mm$

$c = \frac{97.3}{0.9} = 108.1\,mm$

$\varepsilon'_s = 0.0035 \times \frac{108.1 - 60}{108.1} = 0.001557$

$\varepsilon_y = \frac{400}{200000} = 0.002$

$\varepsilon'_s < \varepsilon_y$

فرض ① ✗

DATE : / / SUB : _____

② نفرض $\varepsilon_s' < \varepsilon_y \Rightarrow f_s' = 0.0035 \times 200000 \times \frac{c-d'}{c}$

$f_s' = 700 \frac{c-d'}{c}$

$\Rightarrow 0.8 \times 0.65 \times 30 \times (200 \times a + 0.308 a^2) +$

$2 \times 491 \times (0.85 \times 700 \frac{c-60}{c} - 0.8 \times 0.65 \times 30) = 4 \times 491 \times 400 \times 0.85$

$\Rightarrow 0.8 \times 0.65 \times 30 \times (200 \times 0.9c + 0.308 \times (0.9c)^2) +$

$584290 - \frac{35057400}{c} - 15319.2 = 667760$

$\Rightarrow 2808c + 3.89c^2 + 584290 - \frac{35057400}{c} - 15319.2 - 667760 = 0$

$\Rightarrow 3.89c^3 + 2808c^2 - 98789.2c - 35057400 = 0$

$c = 119.7 \text{ mm} \Rightarrow a = \beta_1 c = 0.9 \times 119.7 = 107.73 \text{ mm}$

$\varepsilon_s = 0.0035 \times \frac{119.7-60}{119.7} = 0.0017 < \varepsilon_y = 0.002$ OK

$M_r = 0.8 \times 0.65 \times 30 \times \left[(200 \times 107.73) \times (490 - \frac{107.73}{2}) + (0.308 \times 107.73^2) \times (590 - \frac{2}{3} \times 107.33) \right]$

$+ 2 \times 491 \times (0.85 \times 700 \times \frac{119.7-60}{119.7} - 0.8 \times 0.65 \times 30) \times (590-60) =$

$M_r = 15.6 \times (9396961.71 + 1853224.883) + 276093.607 \times 530$

$M_r = 327 \text{ KNm}$

DATE : / / SUB :

تحلیل مقطع با فولاد مضاعف

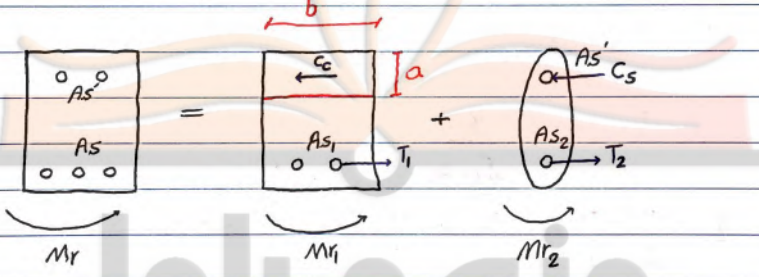
هنگامی که میلگردهای کششی حداکثر جوابگوی خمش نباشد و امکان افزایش ابعاد مقطع وجود نداشته باشد (به دلیل معماری) بایستی از میلگردهای فشاری استفاده کرد.

روش تقریبی : روش تیر فولاد

در این روش فرض می‌شود که فولاد فشاری جاری می‌شود و مقطع بتن آرمه به دو قسمت تقسیم می‌شود

① مقطع کامل بتنی با فولاد کششی A_{s_1}

② مقطع فولادی فشاری A_s' و فولاد کششی A_{s_2}



$$C_s = T_2 \Rightarrow$$

$$A_s' \times (\phi_s f_y - \alpha \phi_c f_c') = A_{s_2} \phi_s f_y \Rightarrow A_{s_2} = \frac{A_s'(\phi_s f_y - \alpha \phi_c f_c')}{\phi_s f_y}$$

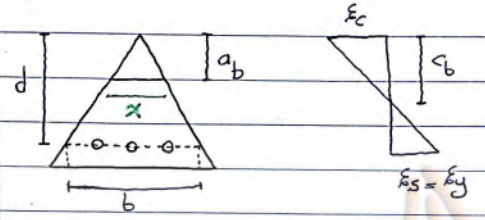
$$M_{r_2} = T_2 (d - d') \qquad A_{s_1} = A_s - A_{s_2}$$

$$C_c = T_1 \Rightarrow \alpha \phi_c f_c' b a = A_{s_1} \phi_s f_y \Rightarrow a = \frac{A_{s_1} \phi_s f_y}{\alpha \phi_c f_c' b}$$

$$M_{ur_1} = T_1 z_1 = A_{s_1} \phi_s f_y (d - a/2) \qquad M_{ur} = M_{ur_1} + M_{ur_2}$$

DATE : / / SUB :

مطلوب است ρ_b برای یک مقطع مثلث متساوی الاضلاع؟



$$\frac{\varepsilon_c}{c_b} = \frac{\varepsilon_y}{d - c_b} \Rightarrow$$

$$\varepsilon_c d - \varepsilon_c c_b = c_b \varepsilon_y \Rightarrow$$

$$\varepsilon_c d = (\varepsilon_y + \varepsilon_c) c_b \Rightarrow$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} \Rightarrow a = \beta_1 c \qquad c = \frac{\varepsilon_c d}{\varepsilon_y + \varepsilon_c}$$

$$a_b = \beta_1 \frac{\varepsilon_c d}{\varepsilon_y + \varepsilon_c}$$

$$* \quad \frac{a_b}{d} = \frac{x}{b} \Rightarrow x = \frac{b a_b}{d} \qquad \rho_b = \frac{A_s}{bd} \Rightarrow A_s = bd\rho_b$$

$$C_c = T \Rightarrow \alpha \phi_c f'_c \left(\frac{1}{2} \times a_b \times x\right) = \phi_s A_s f_y \Rightarrow$$

$$\alpha \phi_c f'_c \times \left(\frac{1}{2} \times a_b \times \frac{b a_b}{d}\right) = \phi_s bd \rho_b f_y \Rightarrow$$

$$\rho_b = \frac{\alpha \phi_c f'_c \times 0.5 a_b^2}{\phi_s d f_y \times d} = \frac{\alpha \phi_c f'_c \times \left(\beta_1 \frac{\varepsilon_c d}{\varepsilon_c + \varepsilon_y}\right)^2}{2 \phi_s f_y d^2}$$

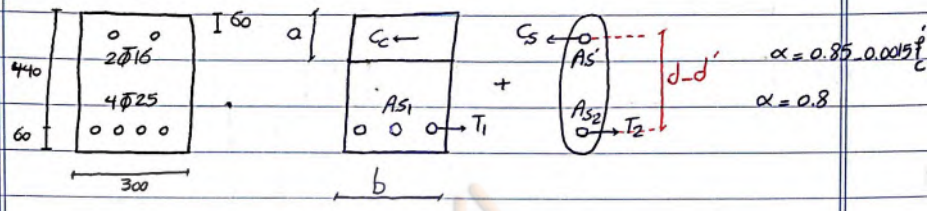
$$\rho_b = \frac{\alpha \beta_1^2 \phi_c f'^2_c \varepsilon_c^2 d^2}{2 \phi_s f_y d^2 (\varepsilon_c + \varepsilon_y)^2} = \frac{\alpha \beta_1^2 \phi_c f'^2_c \varepsilon_c^2}{2 \phi_s f_y (\varepsilon_c + \varepsilon_y)^2}$$

حداقل و حداکثر درصد فولاد مجاز

$$\text{Max}\left(0.25 \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y}, \frac{1.4}{f_y}\right) \leq \rho \leq (\rho_b, 0.025)_{\min}$$

DATE : / / SUB :

$f'_c = 30$ $f_y = 300$ با استفاده از روش تیر فولاد ظرفیت خمشی را محاسبه کنید.



$C_s = T_2 \Rightarrow A_s' \times (\phi_s f_y - \alpha \phi_c f'_c) = A_{s2} \times \phi_s f_y \Rightarrow$

$2 \times 201 \times (0.85 \times 300 - 0.8 \times 0.65 \times 30) = A_{s2} \times 0.85 \times 300 \Rightarrow \boxed{A_{s2} = 377.4}$

$A_s = A_{s1} + A_{s2} \Rightarrow 4 \times 491 = A_{s1} + 377.4 \Rightarrow \boxed{A_{s1} = 1586.6}$

$M_{ur2} = T_2 (d - d') = 377.4 \times 0.85 \times 300 (380) = 36.6 \text{ KNm}$

$\boxed{M_{ur2} = 36.6 \text{ KNm}}$

$C_c = T_1 \Rightarrow \alpha \phi_c f'_c b a = \phi_s A_{s1} f_y \Rightarrow$

$0.8 \times 0.65 \times 30 \times 300 a = 0.85 \times 1586.6 \times 300 \Rightarrow \boxed{a = 86.4 \text{ mm}}$

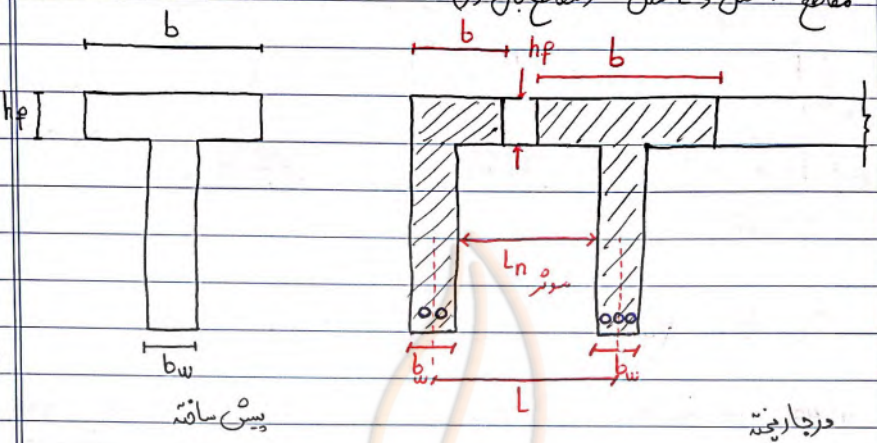
$M_{ur1} = T_1 \times Z_1 = 0.85 \times 1586.6 \times 300 \times (440 - \frac{86.4}{2}) = 160.5 \text{ KNm}$

$\boxed{M_{ur1} = 160.5 \text{ KNm}}$

$M_{ur} = M_{ur1} + M_{ur2} = 160.5 + 36.6 = 197.1 \text{ KNm}$

DATE : / / SUB :

مقاطع T شکل و L شکل (مقاطع بال دار)



پیش ازیک دهنه (حداقل 3 علس العمل)

$b = \min$ تیرهای T

- تیرهای سرایری: $\frac{\text{طول دهانه}}{4}$
- تیرهای ساده: $0.4 \times$ طول دهانه
- فاصله مرکز به مرکز تا تیر مجاور: $16h_f + b_w$

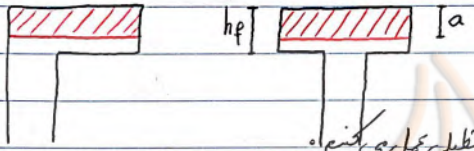
$b = \min$ تیرهای L

- $\frac{\text{طول دهانه}}{12} + b_w$
- $6h_f + b_w$
- $b_w +$ فاصله خالص

DATE : / / SUB : _____

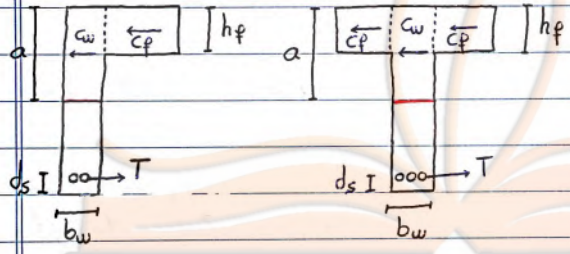
در تیرهای L و T شکل دو حالت برای تار خنثی داریم
1) در جان تیر قرار می گیرد
2) در بال تیر قرار می گیرد

1) $a < h_f$



در این حالت دقیقاً مانند یک مقطع مستطیلی عمل می کنیم.

2) $a > h_f$



$$C_f + C_w = T \Rightarrow \alpha \phi_c f'_c \left[b_w a + (b - b_w) h_f \right] = T \Rightarrow a = ?$$

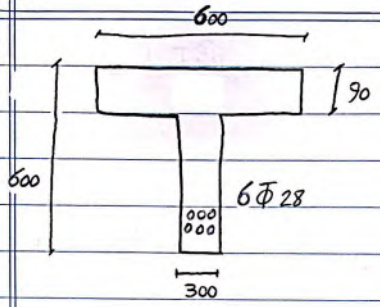
$$\rho = \frac{A_s}{b_w d} < 0.025$$

$$M_{ur} = C_f z_f + C_w z_w$$

$$z_f = d - \frac{h_f}{2}$$

$$z_w = d - \frac{a}{2}$$

DATE : / / SUB :



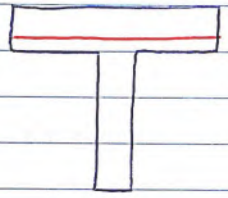
مطلوب است ظرفیت خمشی تیر مقابل؟

$f'_c = 25\,MPa \qquad f_y = 400\,MPa$

$\alpha = 0.85 - 0.0015 f'_c = 0.8$

$\beta_1 = 0.97 - 0.0025 f'_c = 0.9$

فرض 1) $a \leq 90$

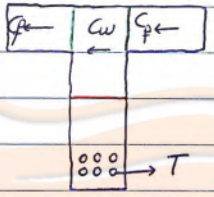


$C_c = T \Rightarrow \alpha \phi_c f'_c b a = \phi_s A_s f_y$

$\Rightarrow 0.8 \times 0.65 \times 25 \times 600 a = 0.85 \times 6 \times 616 \times 400$

$\Rightarrow \boxed{a = 161.1\,mm}$ NG

فرض 2) $a \geq 90$



$C_w + C_f = T$

$\alpha \phi_c f'_c (b_w \times a + h_f \times 300) = \phi_s A_s f_y \Rightarrow$

$0.8 \times 0.65 \times 25 \times (300 \times a + 90 \times 300) = 0.85 \times 6 \times 616 \times 400 \Rightarrow$

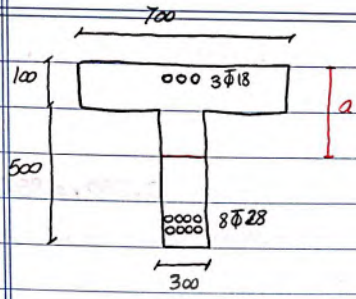
$a = 232.2\,mm \qquad \rho = \frac{A_s}{b_w d} = \frac{6 \times 616}{300 \times 510} = 0.024$ ok

$M_r = C_f z_f + C_w z_f = \alpha \phi_c f'_c (90 \times 300 \times 465 + 300 \times 232.2 \times 393.9)$

$M_r = 0.8 \times 0.65 \times 25 \times (90 \times 300 \times 465 + 300 \times 232.2 \times 393.9) =$

$M_r = 520\,KN\text{-}m$

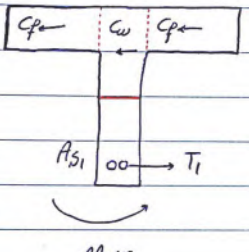
DATE : / / SUB :

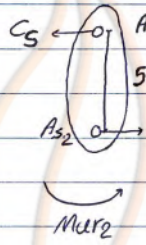


مطلوب است ظرفیت خمشی مقطع زیر

فرض می کنیم $a \geq 100$

$f'_c = 25\,MPa \quad f_y = 400\,MPa$





$\alpha = 0.85 - 0.0015 f'_c$

$\alpha = 0.8$

$\beta_1 = 0.97 - 0.0025 f'_c$

$\phi_s = 0.9$

$As = As_1 + As_2$

$C_s = T_2 \Rightarrow A's(\phi_s f_y - \alpha \phi_c f'_c) = As_2 \phi_s f_y \Rightarrow$

$3 \times 255 \times (0.85 \times 400 - 0.8 \times 0.65 \times 25) = As_2 \times 0.85 \times 400 \Rightarrow$

$As_2 = 735.75\,mm^2$

$Mur_2 = As_2 \phi_s f_y \times 450 = 735.75 \times 0.85 \times 400 \times 450 = 112.6\,KN.m$

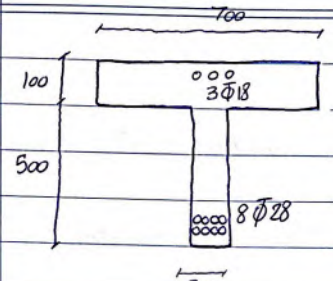
$C_c = T_1 \Rightarrow \alpha \phi_c f'_c \times 300 \times a = As_1 \times \phi_s f_y \Rightarrow$

$0.8 \times 0.65 \times 25 \times 700\,a = (8 \times 616 - 735.75) \times 0.85 \times 400 \Rightarrow a = 156.6\,mm$

$Mur_1 = 4192.25 \times 0.85 \times 400 \times (510 - \frac{156.6}{2}) = 615.3\,KN.m$

$Mur = Mur_1 + Mur_2 = 615.3 + 112.6 = 727.9 \simeq 728\,KN.m$

DATE : / / SUB :



فرض اول $a < 100$

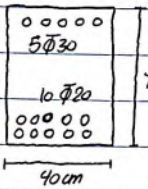
$$C_c + C_s = T \Rightarrow$$

$$(0.8 \times 0.65 \times 25 \times 700\, a) + 3 \times 255 \times (0.85 \times 400 - 0.8 \times 0.65 \times 25) = 8 \times 616 \times 0.85 \times 400 \Rightarrow$$

$a = 184 > 100$ NG

DATE : / / SUB :

ظرفیت خمشی مقاطع نشان داده شده را بدست آورید.



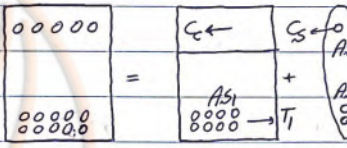
$f'_c = 25\,MPa$, $f_y = 400\,MPa$

$\alpha = 0.85 - 0.0015 f'_c = 0.81$

$\beta_1 = 0.97 - 0.0025 f'_c = 0.91$

$A's = 5 \times 707 = 3535$

$As = 10 \times 314 = 3140$



فرض کردیم فولاد بالایی در فشار و جاری شود

$C_s = T_2 \Rightarrow A's(\phi_s f_y - \alpha \phi_c f'_c) = As_2 \phi_s f_y \Rightarrow$ (*)

$3535 \times (0.85 \times 400 - 0.81 \times 0.65 \times 25) = As_2 \times 0.85 \times 400 \Rightarrow As_2 = 3398\,mm^2$

$As = As_1 + As_2 \Rightarrow As_1 = 3140 - 3398 = -258$

چون فولاد As کوچکتر از As_2 می باشد این به آن معناست که به فولاد فشاری نیازی نیست. این مسئله یا بدون فولاد فشاری باید محاسبه شود یا با استفاده از روش دقیق.

$C_c + C_s = T \Rightarrow \alpha \phi_c f'_c ba + A's(\phi_s f'_s - \alpha \phi_c f'_c) = As \phi_s f_y$

روش دقیق با فرض بالا فرض می کنیم جاری شود $\varepsilon_s' > \varepsilon_y \Rightarrow f'_s = f_y = 400$

$\Rightarrow 0.81 \times 0.65 \times 25 \times 400\, a + 3535 \times (0.85 \times 400 - 0.81 \times 0.65 \times 25) = 3140 \times 0.85 \times 400$

$\Rightarrow a = -16.7\,mm$ ← این به آن معناست که فولاد فشاری را فولاد کششی در نظر بگیریم

DATE : / / SUB :

* فرض می کنیم فولادهای بالایی تنش فولاد کششی را به عهده دارد و a بالای آن است

و جاری شود. $C_c = C_s + T \Rightarrow$

$$\alpha \phi_c f'_c b a = A'_s \phi_s f_y + A_s \phi_s f_y \Rightarrow$$

$$0.81 \times 0.65 \times 25 \times 400\, a = 3535 \times 0.85 \times 400 + 3140 \times 0.85 \times 400$$

$$a = 431.\text{mm}$$

با فرض به جواب نرسیدیم باید a کمتر از 600 می شد.

* فرض می کنیم حالا جاری نشود

$$\varepsilon'_s < \varepsilon_y \Rightarrow f'_s = 200000 \times 0.0035 \times \frac{d-c}{c} = 700 \times \frac{610-c}{c}$$

$$C_c = C_s + T \Rightarrow \alpha \phi_c f'_c b a = A'_s \phi_s f'_s + A_s \phi_s f_y$$

$$\Rightarrow 0.81 \times 0.65 \times 25 \times 400 \times 0.91c = 3535 \times 0.85 \times 700 \times \frac{610-c}{c} +$$

$$+ 3140 \times 0.85 \times 400 \Rightarrow 4791.15c = \frac{1283028250}{c} - 2103325 + 1067600$$

$$\Rightarrow 4791.15c^2 + 1035725c - 1283028250 = 0 \Rightarrow$$

$$c = 420.6\text{mm} \Rightarrow a = 382.7\text{mm}$$ چون $a > 60$ فرض اینکه

فولاد بالایی در کشش است غلط است و از طرفی هم که جاری نمی شود

$\varepsilon'_s < \varepsilon_y$

DATE : / / SUB :

* فرض می کنیم فولاد بالایی در فشار است و جاری نمی شود:

$C_c + C_s = T \Rightarrow \alpha \phi_c f'_c b a + A's(\phi_s f'_s - \alpha \phi_c f'_c) = A_s \phi_s f_y \Rightarrow$

$\varepsilon'_s < \varepsilon_y \Rightarrow f'_s = E \varepsilon'_s$ شرط جاری نشدن

$f'_s = 200000 \times 0.0035 \times \frac{c-d}{c} = 200000 \times 0.0035 \times \frac{c-60}{c} = 700 \times \frac{c-60}{c}$

$\Rightarrow 0.81 \times 0.65 \times 25 \times 400 \times 0.91 \times c + 3535 (0.85 \times 700 \frac{c-60}{c} - 0.81 \times 0.65 \times 25)$

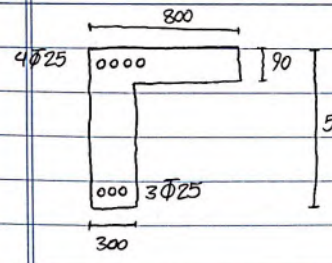
$= 3140 \times 0.85 \times 400 \Rightarrow$

$4791.15c + 2103325 - \frac{126199500}{c} - 46529.4 = 1067600 \Rightarrow$

$4791.15c^2 - 989195.6c - 126199500 = 0 \Rightarrow c = 295.6 mm$

$\Rightarrow a = 0.91 \times 295.6 = 269 mm$

DATE : / / SUB :



$f'_c = 25\,MPa$, $f_y = 400\,MPa$

$\alpha = 0.85 - 0.0015 f'_c = 0.81$

$\beta_1 = 0.97 - 0.0025 f'_c = 0.91$

$A_s = 3 \times 491 = 1473$ _ $A'_s = 4 \times 491 = 1964$

* فرض ① فولاد بالایی تحت فشار و جاری شود

روش تیر فولاد

$C_s + C_c = T$ $\quad f'_s = f_y = 400$

$A'_s(\phi_s f'_s - \alpha \phi_c f'_c) + \alpha \phi_c f'_c b a = \phi_s A_s f_y \Rightarrow$

$1964\alpha(0.85\alpha 400 - 0.81 \times 0.65 \times 25) + 0.81 \times 0.65 \times 25 \times 800\, a = 0.85\alpha 1473 \alpha 400$

$\Rightarrow a = -13.4\,mm$ فرض غلط است

* فرض ② فولاد بالایی تحت فشار و جاری نشود

$C_s + C_c = T \Rightarrow$

$A'_s(\phi_s f'_s - \alpha \phi_c f'_c) + \alpha \phi_c f'_c b a = \phi_s A_s f_y \Rightarrow$

$f'_s = 200000 \alpha 0.0035 \alpha \frac{c-d'}{c} = 700\,\frac{c-60}{c}$

$1964\alpha(0.85\alpha 700\,\frac{c-60}{c} - 0.81\alpha 0.65\alpha 25) + 0.81\alpha 0.65\alpha 25\alpha 800\alpha 0.91c =$

-25851.15

$0.85\alpha 1473\alpha 400 \Rightarrow 1168580 - \frac{70114800}{c} + 9582.3c = 500880 \Rightarrow$

$9582.3c^2 + 641908.5c - 70114800 = 0 \Rightarrow c = 58.4\,mm$

$a = 0.91 \alpha 58.4 = 53.144\,mm$ $\quad \varepsilon'_s = 0.0035 \alpha \frac{58.4 - 60}{58.4} < 0$ فرض غلط است

DATE : / / SUB : _____

فرض ③ فولاد بالا در کشش و جاری شود

$C_c = C_s + T$

$\alpha \phi_c f'_c ba = A'_s \phi_s f_y + A_s \phi_s f_y$

$0.81 \times 0.65 \times 25 \times 800 a = 1964 \times 0.85 \times 400 + 1473 \times 0.85 \times 400$

$\Rightarrow a = 111\ mm$ برای اینکه فولاد بالا در کشش باشد پس a باید بالای میلگردها باشد یعنی $a > 60$ شود پس فرض غلط است

$a < 60$ شود که در اینجا

فرض ④ فولاد بالا در کشش و جاری نشود

$C_c = C_s + T$

$\alpha \phi_c f'_c ba = A'_s \phi_s f'_s + A_s \phi_s f_y$

$f'_s = 200000 \times 0.0035 \times \frac{d-c}{c} = 700 \times \frac{440-c}{c}$

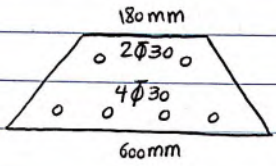
$0.81 \times 0.65 \times 25 \times 800 \times 0.91c = 1964 \times 0.85 \times 700 \times \frac{440-c}{c} +$

$1473 \times 0.85 \times 400 \Rightarrow 9582.3c = \frac{514175200}{c} - 1168580 + 500880$

$\Rightarrow 9582.3c^2 + 667760c - 514175200 = 0 \Rightarrow c = 199.4\ mm$

$a = 0.91 \times 199.4 = 181.4\ mm$ ماند فرض 3 غلط است.

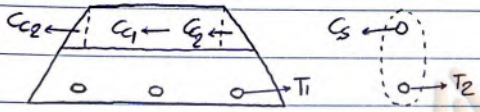
DATE : / / SUB : _____



$f'_c = 25 MPa$

$f_y = 400 MPa$

$\alpha = 0.81 \quad \beta = 0.91$



$\frac{700}{210} = \frac{a}{b'} \Rightarrow b' = 0.3a$

$C_S = T_2 \Rightarrow A_s'(\phi_s f_y - \alpha \phi_c f'_c) = A_{s2} \phi_s f_y \Rightarrow$

$2 \times 707 \times (0.85 \times 400 - 0.81 \times 0.65 \times 25) = A_{s2} \times 0.85 \times 400 \Rightarrow$

$A_{s2} = 1359.26 \, mm^2$

$M_{ur2} = T_2 \times 580 = A_{s2} \phi_s f_y \times 580 = 1359.26 \times 0.85 \times 400 \times 580 \Rightarrow$

$M_{ur2} = 268 \, KNm$

$A_s = A_{s1} + A_{s2} \Rightarrow A_{s1} = 4 \times 707 - 1359.26 = 1468.74 \, mm^2$

$C_c = T_1 \Rightarrow \alpha \phi_c f'_c (ba + 2 \times \frac{1}{2} \times a \times 0.3a) = A_{s1} \phi_s f_y \Rightarrow$

$\Rightarrow 0.81 \times 0.65 \times 25 \times (180 \times a + 2 \times \frac{1}{2} \times 0.3a^2) = 1468.74 \times 0.85 \times 400$

$\Rightarrow 2369.25a + 3.94875a^2 = 499371.6 \Rightarrow a = 165.2 \, mm$

$\Rightarrow M_{ur1} = C_1 \times (d - a/2) + C_{c2} \times (d - 2/3 a) = ____$

DATE : / / SUB :

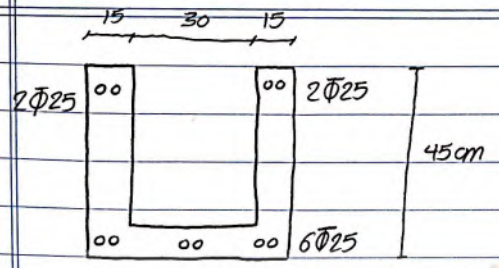
$$\Rightarrow M_{u_1} = 0.81 \times 0.65 \times 25 \times 180 \times 165.2 \times \left(640 - \frac{165.2}{2}\right) +$$

$$0.81 \times 0.65 \times 25 \times 0.3 \times 165.2 \times \left(640 - \frac{2}{3} \times 165.2\right) =$$

$$275.3 \text{ KN/m}$$

$$M_{ur} = 275.3 + 268 = 543.3 \text{ KN/m}$$

DATE : / / SUB : _____



$C_c = T_2 \Rightarrow A_s'(\phi_s f_y - \alpha \phi_c f_c') = A_{s2} \phi_s f_y \Rightarrow$

$4 \times 491 \times (0.85 \times 400 - 0.81 \times 0.65 \times 25) = A_{s2} \times 0.85 \times 400 \Rightarrow$

$A_{s2} = 1887.97 mm$

$M_{ur2} = 1887.97 \times 0.85 \times 400 \times 330 = 211.8 KNm$

$A_{s1} = 6 \times 491 - 1887.97 = 1058.03 mm^2$

$C_c = T_1 \Rightarrow \alpha \phi_c f_c' b a = \phi_s f_y A_{s1} \Rightarrow$

$0.81 \times 0.65 \times 25 \times 2 \times 150 \times a = 0.85 \times 400 \times 1058.03 \Rightarrow$

$a = 91.1 mm$

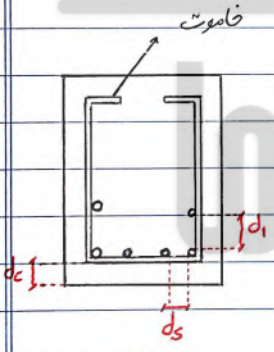
$M_{ur1} = 0.85 \times 400 \times 1058.03 \times \left(390 - \frac{91.1}{2}\right) = 123.9 KNm$

$M_{ur} = 123.9 + 211.8 = 335.7 KNm$

DATE : / / SUB : _____

طراحی مقاطع بتن آرمه تحت خمش

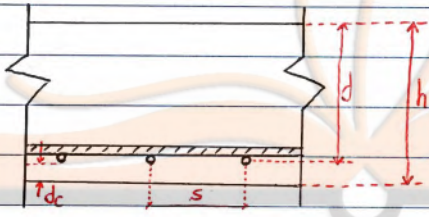
d_s	فاصله بین میلگردها در جهت افقی	$\geq d_b$ $\geq 25mm$ $\geq 1.34 \times$ اندازه سنگ دانه‌ها
d_1	فاصله بین میلگردها در جهت عمودی	$\geq 25mm$
d_c	کاور بتن برای تیرها و ستون‌ها	$\geq 35mm$ محیط ملایم و داخل ساختمان $\geq 45mm$ متوسط و تماس با رطوبت موقت $\geq 50mm$ شدید و تماس با رطوبت دائم و بخار آب $\geq 65mm$ خیلی شدید و تماس با گازها و مایعات خورنده $\geq 75mm$ فوق العاده شدید و فرسایش و آب دریا و آتش سوزی



مقطع تیر

DATE : / / SUB : _____

s	فواصل مرکز به مرکز میلگردهای اصلی	$\leq 3h$
s_t	فواصل مرکز به مرکز میلگردهای حرارتی	$\leq 5h$ or 500mm حداقل
d_c	کاور در دال‌ها و تیرچه‌ها	$\geq 20mm$ [30, 35, 50, 55]
$\rho = \frac{As}{bh}$	درصد میلگردهای حرارتی و حداقل در دال‌ها	$= 0.002$ if $f_y < 400$ $= 0.0018$ if $f_y = 400$ $= \frac{0.0018 \times 420}{f_y}$ if $f_y > 400$



دال

DATE : / / SUB :

برای تیرهای ساده	$h_{min} = \alpha \frac{L}{16}$	ارتفاع حداقل تیرها
برای اولین و آخرین دهانه از تیرهای سراسری	$h_{min} = \alpha \frac{L}{18.5}$	
برای دهانه‌های میانی از تیرهای سراسری و تیرهای دوسرگیردار	$h_{min} = \alpha \frac{L}{21}$	
دال با تکیه‌گاه ساده	$h_f = \alpha \frac{L_n}{20}$	
دال‌های کناری در دال‌های سراسری	$h_f = \alpha \frac{L_n}{24}$	
دال‌های میانی در دال‌های سراسری	$h_f = \alpha \frac{L_n}{28}$	ارتفاع حداقل دال‌های یک طرفه
دال‌های طره‌ای (کنسول)	$h_f = \alpha \frac{L_n}{10}$	

جدول 6_3

$f_y \leq 400 \Rightarrow \alpha = 0.4 + \frac{f_y}{670}$

$f_y > 400 \Rightarrow \alpha = 1$

$\gamma_c < 2000 \frac{kg}{m^3}$ برای بتن سبک $\Rightarrow \alpha = 1.65 - 0.0003\, \gamma_c \geq 1.09$

$\frac{b}{d} = \frac{1}{1}$ الی $\frac{1}{3}$

DATE : / / SUB :

حدس اولیه ابعاد مقطع

$\frac{b}{d} = 1$ الی $\frac{1}{3}$

تیرهای L شکل: $b = \min$ { $\frac{L}{12} + b_w$; $6h_f + b_w$; $\frac{1}{2}$ فاصله خالص تا تیر مجاور $+ b_w$ }

تیرهای T شکل: $b = \min$ { متوسط فاصله مرکز به مرکز تا تیر مجاور ; تیر ساده $0.4L$; تیر سراسری $\frac{1}{4}L$; $16h_f + b_w$ }

طراحی مقاطع بتنی برای فولاد کششی

طراحی در دو بخش انجام می شود { ① طراحی ابعاد ; ② طراحی میلگردها }

طراحی ابعاد

ابتدا با استفاده از جدول 3-6 h_{min} را بدست می آوریم.

سپس با استفاده از رابطه ρ_b ابعاد لازم را محاسبه می نمائیم. بین دو رابطه، فرق α_x ارتفاع را انتخاب می

$$\rho_b = \alpha \beta_1 \left(\frac{\phi_c f'_c}{\phi_s f_y} \right) \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_c + \varepsilon_y}$$

DATE : / / SUB :

$C_c = T \Rightarrow \alpha \phi_c f'_c b a = A_s \phi_s f_y \qquad A_s = \rho_b bd$

$a = \dfrac{\rho_b b d \phi_s f_y}{\alpha \phi_c f'_c b} = \dfrac{\rho_b d \phi_s f_y}{\alpha \phi_c f'_c}$ طراحی ابعاد

$M_r = A_s \phi_s f_y (d - \frac{a}{2}) = \rho_b bd \phi_s f_y (d - \frac{a}{2})$

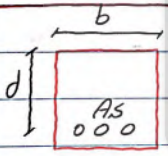
$M_r = \rho_b bd \phi_s f_y \left(d - \dfrac{\rho_b d \phi_s f_y}{2\alpha \phi_c f'_c} \right)$

$M_r = \rho_b bd^2 \phi_s f_y \left(1 - \dfrac{\rho_b \phi_s f_y}{2\alpha \phi_c f'_c} \right)$

فرض $M_r = M_u$

$w = \dfrac{\phi_s f_y}{\alpha \phi_c f'_c} \Rightarrow bd^2 = \dfrac{M_u}{\rho_b \phi_s f_y (1 - 0.5 w \rho_b)}$

طراحی میلگرد



$C_c = T \Rightarrow$

$\alpha \phi_c f'_c b a = A_s \phi_s f_y$

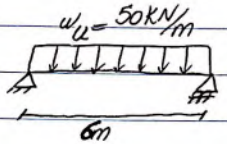
$M_{ur} = A_s \phi_s f_y z \quad , \quad z = 0.9d$ تقریب اول

$A_{s(1)} = \dfrac{M_u}{\phi_s f_y (0.9d)} \qquad a_{(1)} = \dfrac{A_{s(1)} \phi_s f_y}{\alpha \phi_c f'_c b} \qquad z_{(1)} = d - \dfrac{a_{(1)}}{2}$

$A_{s(2)} = \dfrac{M_u}{\phi_s f_y (z_{(1)})}$

DATE : / / SUB :

مطلوب است طراحی مقطع مستطیلی برای تیر زیر که داده شده؟



$f'_c = 25 MPa$, $f_y = 400 MPa$

$$Mu_{max} = w_u \frac{L^2}{8} = 50 \times \frac{6^2}{8} = 225 KNm$$

$$h_{min} = \alpha \frac{L}{16} = 0.997 \times \frac{6}{16} = 373.9 mm \Rightarrow h_{min} = 400 mm$$

$$f_y = 400 \leqslant 400 \Rightarrow \alpha = 0.4 + \frac{f_y}{670} = 0.4 + \frac{400}{670} = 0.997$$

h_{min} را از جدول 3-6 بدست آوردیم.

$$\beta = 0.97 - 0.0025 f'_c = 0.91$$

$$\alpha = 0.85 - 0.0015 f'_c = 0.81$$

ρ_b را از h_{min} محاسبه می‌کنیم

$$\rho_b = \alpha \beta_1 \left(\frac{\phi_c f'_c}{\phi_s f_y}\right) \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_c + \varepsilon_y} \qquad \varepsilon_y = \frac{f_y = 400}{E = 200000} = 0.002$$

$$\rho_b = 0.81 \times 0.91 \times \left(\frac{0.65 \times 25}{0.85 \times 400}\right)\left(\frac{0.0035}{0.0035 + 0.002}\right) = 0.0224$$

$$w = \frac{\phi_s f_y}{\alpha \phi_c f'_c} = \frac{0.85 \times 400}{0.81 \times 0.65 \times 25} = 25.83$$

$$bd^2 = \frac{Mu}{\rho_b \phi_s f_y (1 - 0.5 w \rho_b)} = \frac{225 \times 10^6}{0.0224 \times 0.85 \times 400 \times (1 - 0.5 \times 25.83 \times 0.0224)}$$

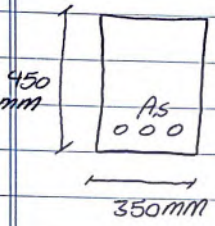
$$bd^2 = 41.6 \times 10^6 \, mm^3$$

DATE : / / SUB :

$b = 300mm \Rightarrow d = 372.4mm \Rightarrow h = 432.4mm$ use 450 mm

$b = 350mm \Rightarrow d = 344.7mm \Rightarrow h = 404.7mm$ use 450mm

طراحی میلگرد ۸



$$A_{s(1)} = \frac{M_u}{\phi_s f_y 0.9d} = \frac{225 \times 10^6}{0.85 \times 400 \times 0.9 \times 390} = 1885.4 \ mm^2$$

$$a_{(1)} = \frac{A_{s(1)} \phi_s f_y}{\alpha \phi_c f'_c b} = \frac{1885.4 \times 0.85 \times 400}{0.81 \times 0.65 \times 25 \times 350} = 139.1 \ mm$$

$$z_{(1)} = d - \frac{a_{(1)}}{2} = 390 - \frac{139.1}{2} = 320.45 \ mm$$

$$A_{s(2)} = \frac{225 \times 10^6}{0.85 \times 400 \times 320.45} = 2065 \ mm^2$$

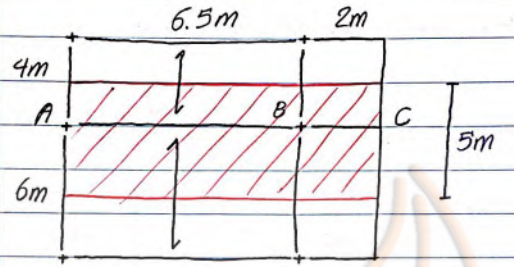
$$a_{(2)} = \frac{A_{s(2)} \phi_s f_y}{\alpha \phi_c f'_c b} = \frac{2065 \times 0.85 \times 400}{0.81 \times 0.65 \times 25 \times 350} = 152.4 \ mm$$

$$z_{(2)} = d - \frac{a_{(2)}}{2} = 390 - \frac{152.4}{2} = 313.8 \ mm$$

$$A_{s(3)} = \frac{225 \times 10^6}{0.85 \times 400 \times 313.8} = 2108.9 \ OK \Rightarrow \text{use } 4 \ \phi 26$$

DATE : / / SUB :

مطلوب است طراحی تیر ABC با مقطع T شکل برای پلان نشان داده شده؟



$f'_c = 30\ MPa$

$f_y = 300\ MPa$

$w_D = 6\ kN/m^2$

$w_L = 2\ kN/m^2$

$f_y < 400 \Rightarrow$

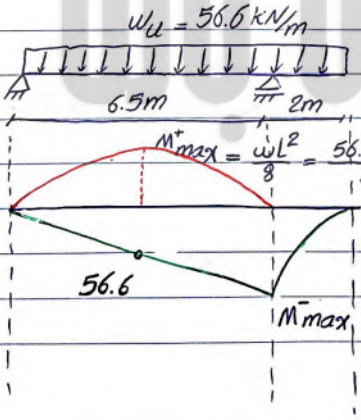
$h_{min} = \alpha \frac{L}{16}$ $\quad \alpha = 0.4 + \frac{f_y}{670} = 0.4 + \frac{300}{670} = 0.85$

$h_{min} = \alpha \times \frac{65}{16} = 344.4\ mm \rightarrow h_{min} = 400\ mm$

فرض $b = 350\ mm$ وزن تیر $\Rightarrow 0.35 \times 0.4 \times 23.5 = 3.29\ kN/m$

$w_u = 1.25\, w_D + 1.5\, w_L$

$w_u = 1.25 \times (6 \times 5 + 3.29) + 1.5 \times (2 \times 5) = 56.6\ kN/m$



DATE : / / SUB : _____

$$\rho_b = \frac{\alpha \beta_1 \phi_c f'_c}{\phi_s f_y}\left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_c + \varepsilon_y}\right) = \frac{0.81 \times 0.89 \times 0.65 \times 30}{0.85 \times 300} \times \left(\frac{0.0035}{0.0035 + \frac{300}{200000}}\right) =$$

$\alpha = 0.85 - 0.0015 f'_c = 0.81$ $\quad \rho_b = 0.0386$

$\beta_1 = 0.97 - 0.0025 f'_c = 0.89$

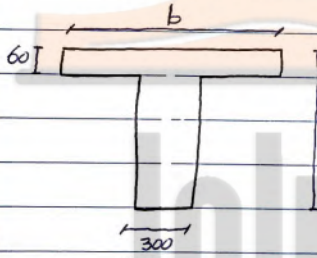
$\rho_b > 0.025 \Rightarrow \rho_b = 0.025$

$$bd^2 = \frac{M_u}{\rho_b \phi_s f_y (1 - 0.5 w \rho_b)} = \frac{242.4 \times 10^6}{0.025 \times 0.85 \times 300 \times (1 - 0.5 \times 16.14 \times 0.025)} =$$

$$w = \frac{\phi_s f_y}{\alpha \phi_c f'_c} = \frac{0.85 \times 300}{0.81 \times 0.65 \times 30} = 16.14 \Rightarrow bd^2 = 47.6 \times 10^6$$

$b = 300 \Rightarrow d = 398.3\,mm \Rightarrow h = 398.3 + 60 = 458.3$ use $h = 500$

$b = 350 \Rightarrow d = 368.78\,mm \Rightarrow h = 368.78 + 60 = 428.8$ use $h = 450$



$b = \min$ { فاصله محور تا محور $= 4000\,mm$; $0.4L = 0.4 \times 6500 = 2600$; $16h_f + b_w = 16 \times 60 + 300 = 1260$ }

$b = 1260\,mm$

ما سیمیلار دما $\quad M^+_{max} = 242.4\,KNm$

$M^-_{max} = 113.2\,KNm$

$$A_{s(1)}^+ = \frac{M_u}{\phi_s f_y (0.9d)} = \frac{242.4 \times 10^6}{0.85 \times 300 \times (0.9 \times 390)} = 2708.23\,mm^2$$

$$a_{(1)} = \frac{A_{s(1)} \phi_s f_y}{\alpha \phi_c f'_c b} = \frac{2708.23 \times 0.85 \times 300}{0.81 \times 0.65 \times 30 \times 1260} = 34.7 < 60 \quad OK$$

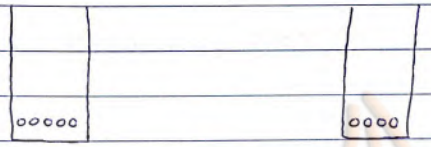
$$z_{(1)} = d - \frac{a_{(1)}}{2} = 390 - \frac{34.7}{2} = 372.65\,mm$$

DATE : / / SUB :

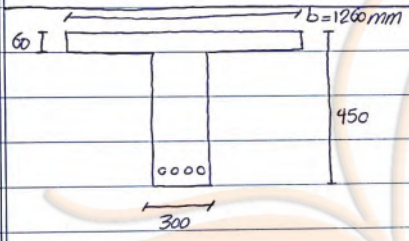
$$A_{s(2)}^{+} = \frac{M_u}{\phi_s f_y z_{(1)}} = \frac{242.4 \times 10^6}{0.85 \times 300 \times 372.65} = 2550.9\ mm^2 \Rightarrow$$

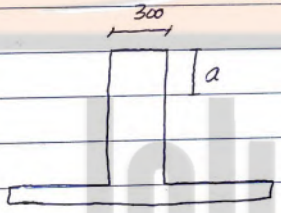
use $4\Phi 30$

چرا Φ26 استفاده نکنیم؟



$9 \times 2.6 + 8 = 31.4$ NG $\quad 7 \times 3 + 8 = 29$ OK





$$\bar{M}_{max} = 113.2\ kNm$$

$$\bar{A_{s(1)}} = \frac{M_u}{\phi_s f_y (z = 0.9d)} =$$

$$\bar{A_{s(1)}} = \frac{113.2 \times 10^6}{0.85 \times 300 \times (0.9 \times 390)} = 1264.73\ mm^2$$

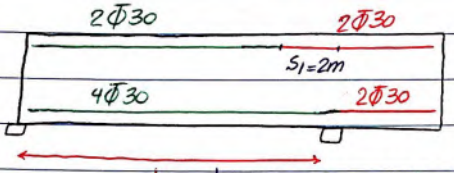
$$a_{(1)} = \frac{A_{s(1)}\ \phi_s f_y}{\alpha \phi_c f'_c b} = \frac{1264.73 \times 0.85 \times 300}{0.81 \times 0.65 \times 30 \times 300} = 68.06\ mm$$

$$z_{(1)} = d - \frac{a_{(1)}}{2} = 390 - \frac{68.06}{2} = 355.97\ mm$$

$$\bar{A_{s(2)}} = \frac{M_u}{\phi_s f_y z_{(1)}} = \frac{113.2 \times 10^6}{0.85 \times 300 \times 355.97} = 1247\ mm^2$$

use $2\Phi 30$

DATE : / / SUB :



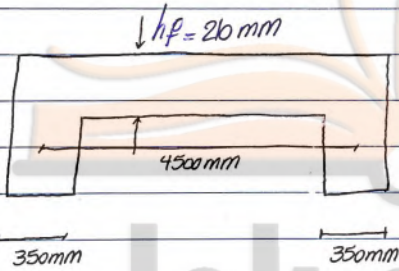
$$L_n = L - w_1 = 6500 - 400 = 6100$$

$$s_1 = \frac{L_n}{3} = \frac{6100}{3} = 2033\,mm = 2m$$

$\frac{1}{5}$ دهانه میلگردهای خمشی مثبت است برای دهانه‌های پایانی

در شکل دالی به عرض 4.5m و به طول 9.5m بر روی تیرهای به عرض 35cm قرار دارد

اگر بار مرده سقف $2KN/m^2$ و بار زنده $6KN/m^2$ باشد، مطلوب است طراحی دال



در این شرایط:

$f'_c = 30$

$f_y = 400$

$\gamma_c = 23.5 KN/m^3$

$w_L = 6 KN/m^2$

$w_D = 2_{+}$

$$L_n = 4500 - 350 = 4150\,mm$$

$$\alpha = 0.85 - 0.0015 f'_c = 0.81$$

$$\beta = 0.97 - 0.0025 f'_c = 0.89$$

$\frac{L_x}{L_y} = \frac{9.5}{4.5} = 2.1 > 2$ دال یک طرفه

$$h_f = \frac{\alpha L_n}{20}$$

$$f_y < 400 \Rightarrow \alpha = 0.4 + \frac{f_y}{670} = 0.4 + \frac{400}{670} = 0.997$$

$$h_f = \frac{0.997 \times 4150}{20} = 207mm \Rightarrow \text{use } h_f = 20mm$$

DATE : / / SUB :

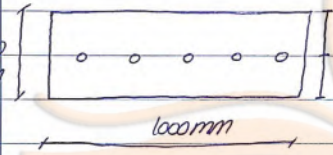
$l = l_n + h_f = 4150 + 210 = 4360\,mm$ طول معرف در قاب یک طرفه

$w_f = 1.25D + 1.5L \Rightarrow$

$w_D = 2 + 0.21 \times 23.5 = 6.93\ KN/m^2$

$w_f = 1.25 \times (6.93) + 1.5 \times 6 = 17.7\ KN/m^2$

$M_u = \frac{w_f l^2}{8} = \frac{17.7 \times 4.36^2}{8} = 42$



پوشش بتن در دال 30mm

$A_{s(1)} = \frac{M_u}{\phi_s f_y (z = 0.9d)} = \frac{42 \times 10^6}{0.85 \times 400 \times 0.9 \times 180} = 762.5\ mm^2$

$a_{(1)} = \frac{A_{s(1)} \phi_s f_y}{\alpha \phi_c f'_c b} = \frac{762.5 \times 0.85 \times 400}{0.81 \times 0.65 \times 30 \times 1000} = 16.6mm$

$z_{(1)} = d - \frac{a_{(1)}}{2} = 180 - \frac{16.6}{2} = 171.7mm$

$A_{s(2)} = \frac{M_u}{\phi_s f_y z_{(1)}} = \frac{42 \times 10^6}{0.85 \times 400 \times 171.7} = 719\ mm^2$

use

$\phi 12 \quad A_s = 113 \quad \frac{719}{113} = 6.36 \quad \frac{1000}{6.36} = 157.2$

use $\phi 12$ @ 150mm

DATE : / / SUB : _____

اگر $\Phi 14$ $A_s = 154\,mm^2$ $\frac{719}{154} = 4.67$ $\frac{1000}{4.67} = 214mm$

use $\Phi 14$ @ 210 mm

ρ کنترل $\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{A_s}{bh} = \frac{733}{1000 \times 210} = 0.0035 < \rho_b = 0.025$

برای تیر برای دال

OK

$A_s = \frac{1000}{210} \times 154 = 733$

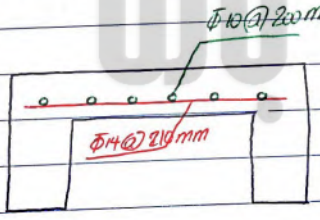
طراحی میلگردهای حرارتی ... $\rho = 0.0018$ if $f_y = 400$

$\rho = \frac{A_s}{bh} \Rightarrow A_s = \rho bh = 0.0018 \times 1000 \times 210 = 378$

$\Phi 10$ $A_s = 78.5$ برای میلگردهای حرارتی $\Phi 10$ یا $\Phi 8$ و $\Phi 6$

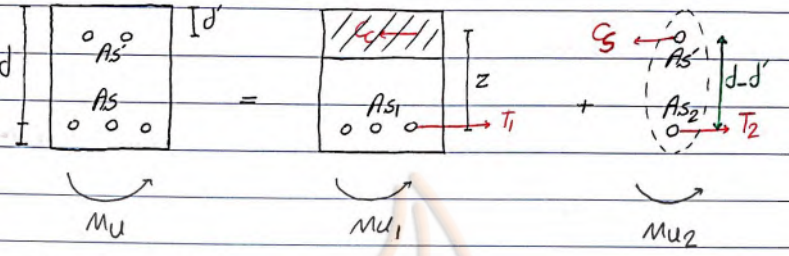
$\frac{378}{78.5} = 4.81$ $\frac{1000}{4.81} = 207.9\,mm$

use $\Phi 10$ @ 200 mm



DATE : / / SUB :

طراحی مقطع برای فولاد مضاعف



$M_u = M_{u1} + M_{u2}$

$A_s = A_{s1} + A_{s2}$

فرض می‌شود $\rho_1 = 0.7\rho_b \longrightarrow A_{s1} = 0.7\rho_b\, bd$

$C_c = T_1 \Rightarrow \alpha \phi_c f'_c\, ba = A_{s1}\phi_s f_y \Rightarrow a = \dfrac{A_{s1}\phi_s f_y}{\alpha \phi_c f'_c b}$

$M_{u1} = A_{s1}\phi_s f_y \left(d - \dfrac{a}{2}\right)$

$M_{u2} = M_u - M_{u1} = A_{s2}\phi_s f_y (d-d') \Rightarrow A_{s2} = \dfrac{M_{u2}}{\phi_s f_y (d-d')}$

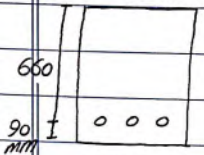
$C_s = T_2 \Rightarrow A_s' (\phi_s f_y - \alpha \times \phi_c f'_c) = A_{s2}\phi_s f_y$

$A_s' = \dfrac{A_{s2}\phi_s f_y}{\phi_s f_y - \alpha \phi_c f'_c}$

$A_s = A_{s1} + A_{s2}$

DATE : / / SUB :

مقطع نشان داده شده را طراحی نمایید. قوت مصالح



$1200\ KN\text{-}m$

$M_f = 1200\ KN\text{-}m$, $f'_c = 30\ N/mm^2$, $f_y = 400\ MPa$

فرض A این است که به فولاد فشاری نیاز نداریم.

$$A_{s(1)} = \frac{Mu}{\phi_s f_y Z} = \frac{1200 \times 10^6}{0.85 \times 400 \times 0.9 \times 660} = 5941.8\ mm^2$$

$$a_{(1)} = \frac{A_{s(1)} \phi_s f_y}{0.81 \times \phi_c f'_c b} = \frac{5941.8 \times 0.85 \times 400}{0.81 \times 0.65 \times 30 \times 400} = 319.7\ mm$$

$$Z_{(1)} = d - \frac{a}{2} = 660 - \frac{319.7}{2} = 500.15\ mm$$

چون ممان سنگین است

دو ردیف میلگرد نیاز است و کاور بتن را 90 mm گرفتیم.

$$A_{s(2)} = \frac{1200 \times 10^6}{0.85 \times 400 \times 500.15} = 7056.7\ mm^2$$

$$\rho = \frac{7056.7}{400 \times 660} = 0.0267$$

$$\rho_b = \alpha \beta_1 \left(\frac{\phi_c f'_c}{\phi_s f_y}\right) \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_c + \varepsilon_y} = \frac{0.81 \times 0.89 \times 0.65 \times 30 \times 0.0035}{0.85 \times 400 \times \left(0.0035 + \frac{400}{200000}\right)}$$

$$\alpha = 0.85 - 0.0015 \times f'_c = 0.81$$

$$\rho_b = 0.0263 > 0.025 \Rightarrow \rho_b = 0.025$$

$$\beta_1 = 0.97 - 0.0025 \times f'_c = 0.89$$

$\rho > \rho_{مجاز}$ Not good نیاز به فولاد مضاعف می باشد.

$$\rho_{مجاز} = \min\{\rho_b = 0.0263, 0.025\} = 0.025$$

DATE : / / SUB : _____

فرض ۵ این است که فولاد فشاری می شود

$\rho_1 = 0.7\rho_b$

$A_{s1} = 0.7\rho_b\, bd = 0.7 \times 0.0263 \times 400 \times 660 = 4860.24\ mm^2$

$\rho_{موجود} = \frac{A_{s1}}{bh} = \frac{4860.24}{400 \times 660} = 0.01841 < 0.025$ OK

$C_C = T_1 \Rightarrow 0.81 \times \phi_c \times f'_c \times ba = A_{s1}\, \phi_s f_y \Rightarrow$

$0.81 \times 0.65 \times 30 \times 400 \times a = 4860.24 \times 0.85 \times 400 \Rightarrow a = 261.5\ mm$

$M_{u1} = 4860.24 \times 0.85 \times 400 \times (660 - \frac{261.5}{2}) = 874.6\ KNm$

$874.6 \times 10^6\ Nmm$

$M_{u2} = 1200 - 874.6 = 325.4\ KNm$

$A_{s2} = \frac{M_{u2}}{\phi_s f_y (d-d')} = \frac{325.4 \times 10^6}{0.85 \times 400 \times (660-60)} = 1595.1\ mm^2$

$C_s = T_2 \Rightarrow A_{s'} = \frac{A_{s2}\, \phi_s f_y}{\phi_s f_y - 0.81 \phi_c f_c} = \frac{1595.1 \times 0.85 \times 400}{0.85 \times 400 - 0.81 \times 0.65 \times 30} =$

$A_{s'} = 1672.8\ mm^2$ use $3\Phi 28$

$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 4860.24 + 1595.1 = 6455.34\ mm^2$

use $10\Phi 30$ OK

DATE : / / SUB :

طراحی برای برش

معمولاً تمام عضوهای بتنی باید برای نیروهای برشی کنترل و طراحی گردند.

این نیروها معمولاً با ترکیبی از خمش، پیچش یا نیروی محوری

گسیختگی برشی معمولاً از نوع ترد non ductile می باشد یعنی ناگهانی اتفاق می افتد.

بنابراین طراح باید بتی مطمئناً از این نوع گسیختگی جلوگیری کند.

در سازه های بتنی به علت عمل نبودن بتن در سازه های بتنی: $v = \frac{V_u}{b_w d}$ (برش مستطیل)

نمی توان از رابطه ی کلاسیک مقاطع عمل کرد $v = \frac{VQ}{It}$

$v = \frac{V_u}{(b_w d)}$ مثلثی

هنگامی که تنش برشی ایجاد شده v_c از تنش برشی مقاوم بتن v_c تجاوز کند گسیختگی برشی آغاز می گردد.

$v_c = 0.2 \lambda \phi_c \sqrt{f'_c}$

($\lambda = 1$ برای بتن معمولی - $\lambda = 0.75$ برای بتن سبک)

در صورتی که مقاومت برشی میلگردهای خمشی را بخواهیم در نظر بگیریم:

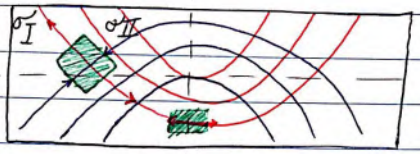
$$v_c = \left[0.19 \lambda \phi_c \sqrt{f'_c} + 12 \rho \frac{V_u d}{M_u} \right] \leq 0.35 \lambda \phi_c \sqrt{f'_c}$$

$$\frac{V_u d}{M_u} \leq 1$$

DATE : / / SUB :

راستای تنش های اصلی کششی

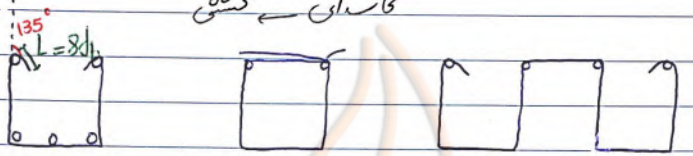
راستای تنش های اصلی فشاری



انواع خاموت ها

گنبدی ← فشاری

کاسه ای ← کششی



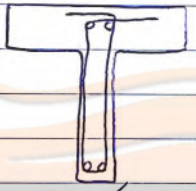
خاموت چهارساق فونداسیون

خاموت دوساق بسته

خاموت دوساق باز تیر

در وسط تیر تنش کششی در جهت افقی می شود.

ترک های خمشی عمودی اند ← میلگرد خمشی می گذاریم.



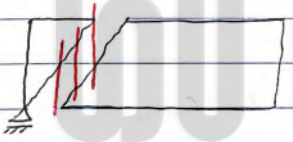
T شکل

ترک های برشی زاویه دارند ← خاموت

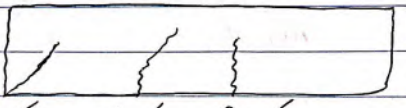
(45° زیگزاگ تیر، چپ بلوک)

جدا شدن تیر از ستون (تکیه گاه)

یک بخش از تکیه گاه جدا می شود



بسیار خطرناک می باشد ← فولاد اضافه می کنیم (در جاهای ترک خورده خاموت می گذاریم)

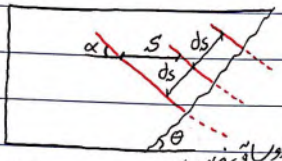


ترک ناشی از خمش ترک خمشی و برشی ترک برشی

خمش ○ برش ○ max

DATE : / / SUB : _____

نحوه محاسبه خاموت ها



زاویه ترک زاویه خاموت تا افق مساحت دو ساق خاموت فاصله لازم برای خاموت ها

$$S = \frac{\phi_s A_v f_y d (\cos\alpha + \sin\alpha \cot\theta)}{V_u - V_c}$$

0.85

نیروی برشی مقاوم نیروی برشی اعمال

طراحی ها به صورت معمول $\alpha = 90$ ، $\theta = 45$ معمول

$\cos 90 = 0$

$\sin 90 = 1$

$V_c = \phi_c b_w \times d$

باید سایز میلگرد را حدس زد برای وسطی ها OK تا 10 مساحت تنش برشی مقاوم بتن

$A_v = 157$

اگر $V_u \leq \frac{V_c}{2}$ باشد به خاموت نیازی نیست.

اگر $\frac{V_c}{2} < V_u < V_c$ بایستی از خاموت حداقل استفاده کرد

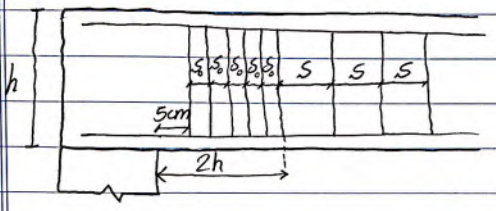
$$\frac{A_v}{s}\ min = 0.35 \frac{b_w}{f_y}$$

اگر $V_c < V_u < 0.125 \phi_c f'_c b_w d$ $S \leq \frac{d}{2}$ مجاز

اگر $0.125 \phi_c f'_c b_w d < V_u < 0.25 \phi_c f'_c b_w d$ $S \leq \frac{d}{4}$ مجاز

اگر $V_u > 0.25 \phi_c f'_c b_w d$ ابعاد مقطع بایستی افزایش یابد.

DATE : / / SUB : _____



S_o فاصله‌ی سنجاقی

$S_o = \min \begin{cases} \frac{d}{4} \\ \frac{S}{2} \geq 100\,mm \\ 8 d_b \rightarrow \text{کوچکترین قطر میلگرد} \\ 300\,mm \end{cases}$

Φ12 هر 15 cm استفاده کنیم نیاز به کنترل S_o نیست.

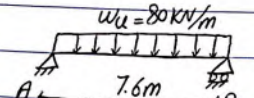
DATE : / / SUB : _____

تیر نشان داده شده را برای برش طراحی کنید و ناحیه ای که نیاز به میلگرد برشی ندارد را مشخص نمایید. بارهای آرماتورگذاری

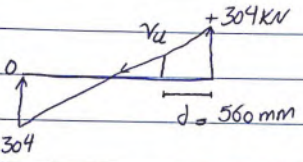
$f'_c = 25\,MPa$

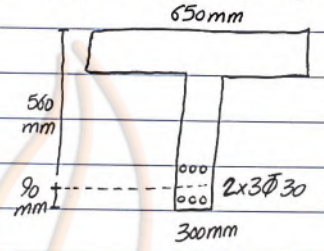
$f_y = 300\,MPa$

برش طراحی بایستی در فاصله d از بر تکیه گاه ها محاسبه شود



304 304





$$\frac{304}{V_u} = \frac{3800}{3240} \Rightarrow V_u = 259\,KN$$

$$S = \frac{\phi_s A_v f_{yd} (\cos\alpha + \sin\alpha \cot\theta)}{V_u - V_c} = \frac{0.85 \times 226 \times 300 \times 560 \times 1}{(259 - 109.2)} = 215.4$$

$\Phi 12 \rightarrow 2 \times 113 = 226\,mm^2$

$$V_c = \xi_c\, b_w d \Rightarrow \xi_c = 0.21 \phi_c \sqrt{f'_c} = 0.2 \times 1 \times 0.65 \times \sqrt{25} = 0.65$$

$$V_c = 0.65 \times 300 \times 560 \times 10^{-3} = 109.2$$

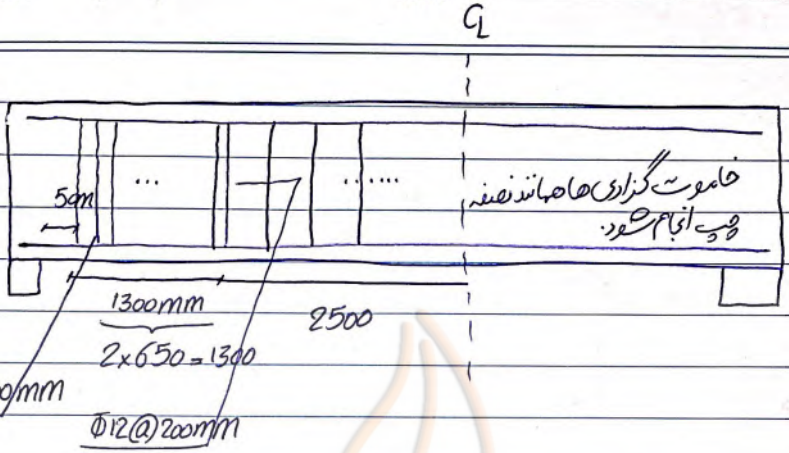
use $\Phi 12$ @ 200mm

$$S_o = \min \begin{cases} \frac{d}{4} = 140 \\ \frac{S}{2} = 100 \\ 8 \times 30 = 240 \\ 300 \end{cases}$$

use $13\Phi 12$@100mm

DATE : / /

SUB : _____



جزوه باما