DATE :

سازه‌های بتن آرمه ۱ دکتر همایون نوایی

ایران ABA	کانادا CSA_CAN3_A23.3	آمریکا ACI 2005
$1.25D+1.5L$	$1.25D+1.5L$	$1.2D+1.6L$
$D+1.2L\pm1.2E$ $0.85D\pm1.2E$	$1.25D+1.05L\pm1.05E$ $1.25D\pm1.5E$	$1.2D+L\pm1.4E$ $0.9D\pm1.4E$
$D+1.2L\pm1.2W$ $0.85D\pm1.2W$ —	$1.25D+1.05L\pm1.05W$ $1.25D\pm1.5W$ —	$1.2D+L\pm1.6W$ $0.9D\pm1.6W$ $1.2D+1.6L\pm0.8W$
$1.25D+1.5L+1.5H$ $0.85D+1.5H$	$1.25D+1.05L+1.05H$ $1.25D+1.5H$	$1.2D+1.6L+1.6H$ $0.9D+1.6H$
$1.25D+1.5L+1.25F$ $0.85D+1.25F$	$1.25D+1.05L+1.05F$ $1.25D+1.5F$	$1.2D+1.6L+1.2F$ $1.4D+1.4F$
$D+1.2L+T$ $1.25D+1.25T$	$1.25D+1.05L+1.05T$ $1.25D+1.5T$	$1.2D+1.6L+1.2T$ —

Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB : _____

نام میلگرد	قطر میلگرد	سطح مقطع	وزن واحد طول kg/m
Φ 6	6	28.3	0.222
Φ8	8	50.3	0.345
Φ10	10	78.5	0.617
Φ12	12	113	0.888
Φ14	14	154	1.21
Φ16	16	201	1.58
Φ18	18	255	2
Φ20	20	314	2.47
Φ22	22	380	2.98
Φ24	24	452	3.55
Φ25	25	491	3.85

نام میلگرد	قطر میلگرد	سطح مقطع	وزن واحد طول kg/m
Φ26	26	531	4.17
Φ28	28	616	4.83
Φ30	30	707	5.55
Φ32	32	804	6.31
Φ34	34	907	7.12
Φ36	36	1018	7.99
Φ38	38	1134	8.9
Φ40	40	1256	9.86
Φ50	50	1963	15.4
Φ60	60	2827	22.2

طبقه‌بندی میلگردهای فولادی

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

Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB :

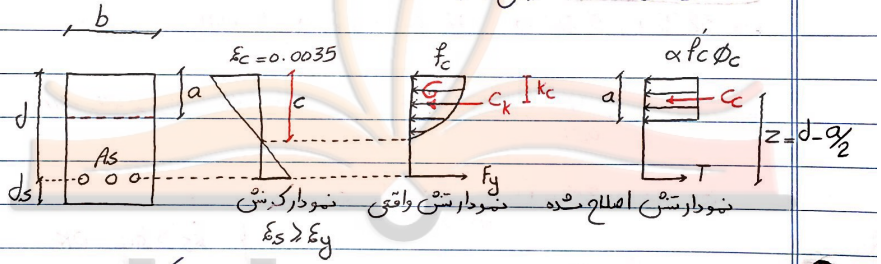
رفتار تیرها تحت اثر خمش

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

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

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

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

} شابه مثلث های نمودار کرنش

$\varepsilon_s \geq \varepsilon_y$ OK

کنترل جاری شدن فولاد

اگر مقطع OK بود ظرفیت خمشی را حساب می کنیم

$$c = \frac{a}{B_1}$$

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

$\alpha = 0.85 - 0.0015 f'_c$

$B_1 = 0.97 - 0.0025 f'_c$

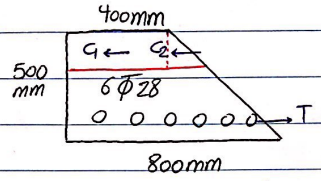
$\phi_c = 0.65$ / $\phi_s = 0.85$

d_s = { 6cm برای یک ردیف ; 9cm برای دو ردیف ; 12cm برای سه ردیف }

Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB :

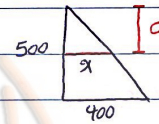
ظرفیت خمشی مقطع زیر را محاسبه کنید.



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

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

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



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

$x = 0.8a$

$C_1 + C_2 = T \Rightarrow$

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

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

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

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

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

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

$\varepsilon_s > \varepsilon_y$ OK

$M_r = C_1 \times z_1 + C_2 \times z_2 =$

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

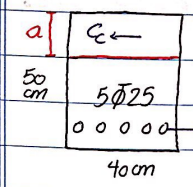
$0.81 \times 0.65 \times 25 \times \left(\frac{1}{2} \times 199 \times 0.8 \times 199\right) \times \left(440 - \frac{2}{3} \times 199\right) =$

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

Scanned with CamScanner

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

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

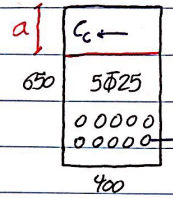
Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB :

مطلوب است ظرفیت خمشی مقطع مقابل؟

$f'_c = 30\,MPa$

$f_y = 500\,MPa$



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

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

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

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

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

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

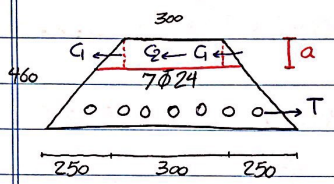
$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E} = \frac{500}{200000} = 0.0025$

$\varepsilon_s < \varepsilon_y$

NG

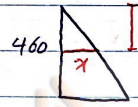
Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB :



مطلوب است ظرفیت خمشی مقطع مقابل؟

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



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

$x = 0.543a$

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

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

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

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

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

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

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

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

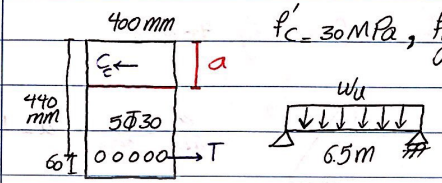
$\varepsilon_s > \varepsilon_y$ ok

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

Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB :

مطلوب است حداکثر بار زنده‌ی قابل حمل توسط تیر نشان داده شده اگر بار مرده‌ی سقف $20\ KN/m$ باشد. $f'_c = 30\ MPa$, $f_y = 340\ MPa$



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

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

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

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

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

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

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

$\varepsilon_s > \varepsilon_y$ OK

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

$M_r = 365.8\ KNM$

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

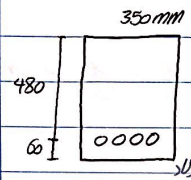
$w_u = 1.25 w_D + 1.5 w_L \Rightarrow w_L = \frac{w_u - 1.25 w_D}{1.5} = \frac{69.3 - 1.25 \times 20}{1.5}$

$w_L = 29.5\ KN/m$

Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB :

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



$f'_c = 20\,MPa$

$f_y = 300\,MPa$

الف) $4\Phi 20$

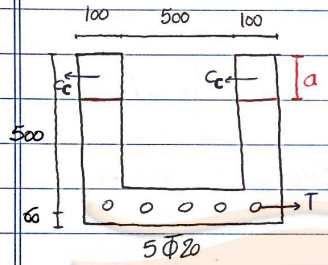
ب) $4\Phi 25$

ج) $4\Phi 30$

د) ✓ $4\Phi 40$

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

$\varepsilon_s > \varepsilon_y$ OK

$M_r = C_c \times Z = 0.8 \times 0.65 \times 35 \times 200 \times 124.6 \times \left(500 - \frac{124.6}{2}\right) = 198.5\,KNm$

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

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

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

$w_L = 2.03$

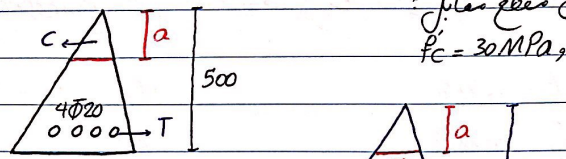
$w_L = 0.5 \times h \times 9.81 = 2.03 \Rightarrow \boxed{h = 413.8\,mm}$

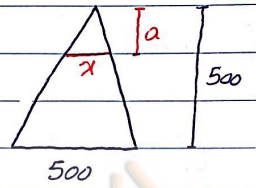
Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB :

مطلوب است ظرفیت خمشی مقطع مقابل؟

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





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

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

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

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

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

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

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

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

$\varepsilon_s > \varepsilon_y$ ok

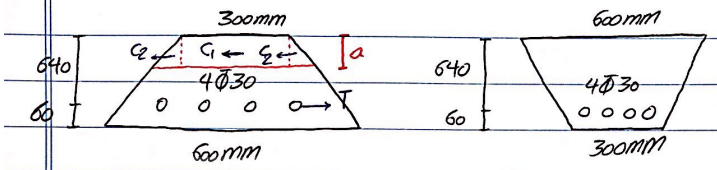
$M_r = C_c Z = 0.8 \times 0.65 \times 30 \times \frac{1}{2} \times 202.6 \times 202.6 \times \left(440 - \frac{2}{3} \times 202.6\right)$

$M_r = 97.6\,KNm$

Scanned with CamScanner

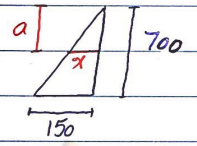
DATE : / / SUB :

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



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

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



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

$x = 0.214a$

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

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

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

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

$\varepsilon_s = 0.0035 \times \frac{(640 - 237.7)}{237.7} = 0.00592$

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

$\varepsilon_s > \varepsilon_y$ OK

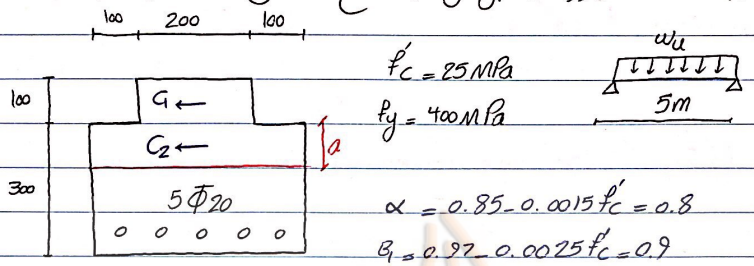
$M_r = C_2 z_2 + C_1 z_1 = 0.8 \times 0.65 \times 25 \times (2 \times \frac{1}{2} \times 213.9 \times 0.214 \times 213.9) \times (640 - \frac{2}{3} \times 213.9) + 0.8 \times 0.65 \times 25 \times (300 \times 213.9) \times (640 - \frac{213.9}{2})$

$M_r = 508\ KNm$

Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB :

مطلوب است محاسبه بارزنده ی قابل حمل توسط مقطع بتنی نشان داده شده را محاسبه کنید.



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

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

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

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

$\boxed{a = 52.6}$

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

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

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

$\varepsilon_s > \varepsilon_y$ OK

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

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

$M_r = 133.8\ KNm$

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

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

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

Scanned with CamScanner

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.

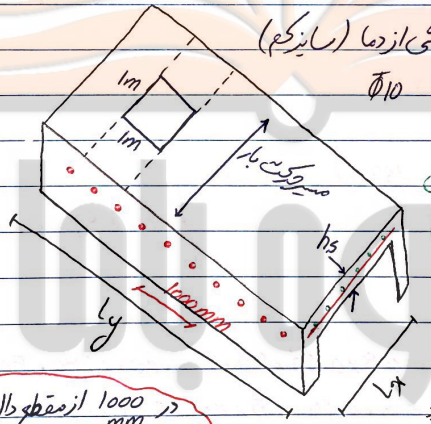
روی تیرچه بلوک 5 الی 6 سانتی متر بتن می ریزیم که به آن دال گوییم.

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

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

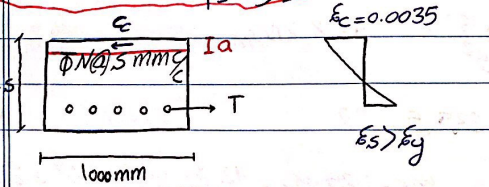
حرارتی برای تحمل تنش های ناشی از دما (سایز کم)
3 تایی به کار می روند Φ10 Φ8 Φ6

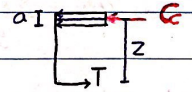
آرماتور اصلی از 10 الی 20 حرارتی استفاده می شود. اصلی



محاسبات تنش 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

Scanned with CamScanner

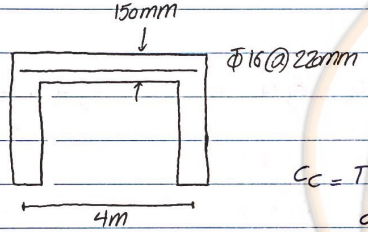
DATE : / / SUB :

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.

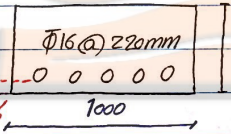


$\alpha = 0.85 - 0.0015 f'_c = 0.8$

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

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

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



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

$M_r = Tz = 0.85 \times 912.54 \times 300 \times \left(122 - \frac{14.9}{2}\right) = 26.6\ kNm$

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

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

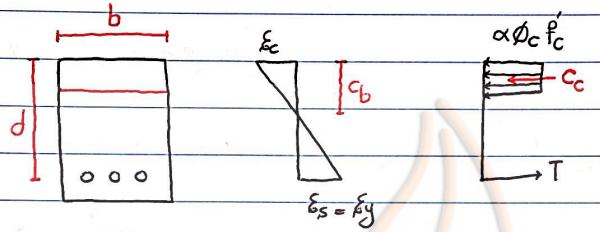
$w_u = 1.25 w_D + 1.5 w_L \Rightarrow w_L = \frac{13.3 - 1.25 \times 4.525}{1.5} = 5.1\ kN/m$

Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB : .....

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

$\varepsilon_c = 0.0035$



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

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

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

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

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

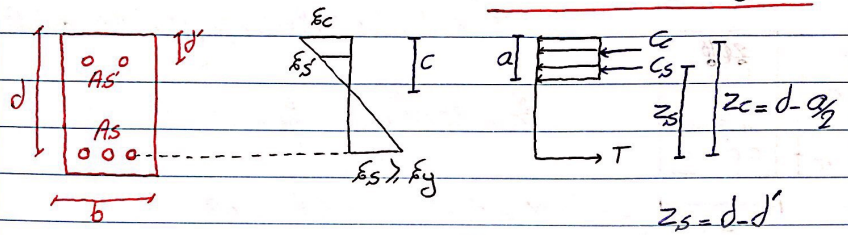
$$\Rightarrow \alpha \phi_c f'_c b a_b = bd\rho_b \phi_s f_y \Rightarrow \rho_b = \frac{\alpha \phi_c f'_c a_b}{d \phi_s f_y}$$

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

Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB :

روش دقیق فولاد مضاعف



$Z_s = d - d'$

$$\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{s'}} = \frac{c}{c-d'} \Rightarrow \varepsilon_{s'} = \left(\frac{c-d'}{c}\right)\varepsilon_c$$ بر اساس 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 $\Rightarrow \varepsilon_{s'} > \varepsilon_y \Rightarrow f_{s'} = f_y \Rightarrow a = \checkmark \Rightarrow c = \checkmark$

کنترل $\varepsilon_{s'}$

$\varepsilon_{s'} > \varepsilon_y$ OK

$\varepsilon_{s'} < \varepsilon_y$ فرض صحیح نیست

فرض دوم $\Rightarrow \varepsilon_{s'} < \varepsilon_y \Rightarrow f_{s'} = E_s \varepsilon_{s'} \Rightarrow$

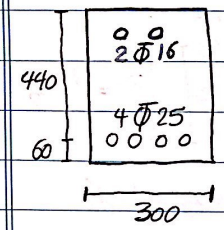
$$f_{s'} = 200000 \times 0.0035 \times \left(\frac{c-d'}{c}\right)$$

$$M_r = C_c Z_c + C_s Z_s$$

Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB :

ظرفیت خمشی مقطع بتنی نمایش داده شده را محاسبه کنید.



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

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

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

$A_s' = 402mm^2 \qquad A_s = 1964mm^2$

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

① فرض $\varepsilon_s' \geq \varepsilon_y \Rightarrow f_s' = f_y = 300$

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

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

$c = 96mm$

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

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

$\varepsilon_s' < \varepsilon_y$

فرض ① X

Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB :

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

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

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

$0.85 \times 1964 \times 300 \Rightarrow$

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

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

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

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

$\Rightarrow \varepsilon_s' < \varepsilon_y$ OK

$\varepsilon_y = 0.0015$

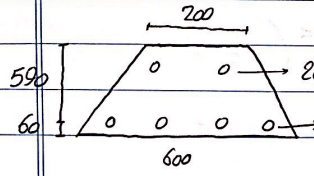
$\Rightarrow M_r = 0.8 \times 0.65 \times 30 \times 300 \times 0.9 \times 98.3 \times \left(440 - \frac{88.47}{2}\right) +$

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

Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB :

مطلوب است ظرفیت خمشی مقطع شکل 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 ×

Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$Mr = 15.6 \times (939694.71 + 1853224.883) + 276093.607 \times 530$

$Mr = 327\ KNm$

Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB :

تحلیل مقطع با فولاد مضاعف

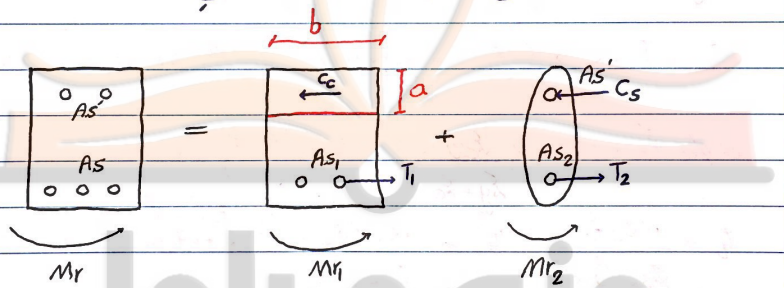
هنگامی که میلگردهای کششی حداکثر جوابگوی خمش نباشد و امکان افزایش ابعاد مقطع وجود نداشته باشد (به دلیل معماری) بایستی از میلگردهای فشاری استفاده کرد.

روش تقریبی : روش تیر فولاد

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

① مقطع کامل بتنی با فولاد کششی A_{s_1}

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



$$C_s = T_2 \Rightarrow$$

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

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

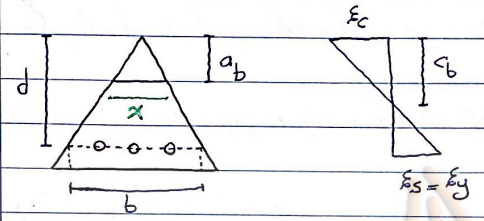
$$C_c = T_1 \Rightarrow \alpha \phi_c f_c' b a = A_{s_1} \phi_s f_y \Rightarrow a = \frac{A_{s_1} \phi_s f_y}{\alpha \phi_c f_c' b}$$

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

Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB :

مطلوب است ρ_b برای یک مقطع مثلث متساوی الاضلاع؟



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

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

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

$$c = \frac{\varepsilon_c d}{\varepsilon_y + \varepsilon_c}$$

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

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

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

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

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

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

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

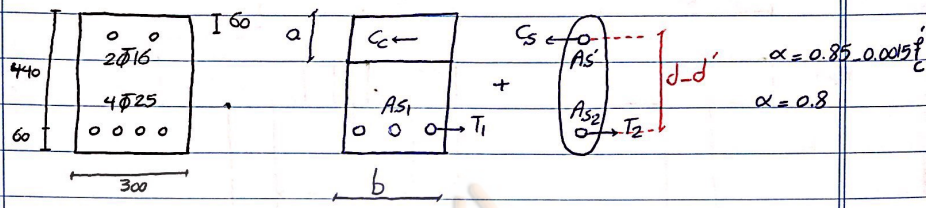
حداقل و حداکثر درصد فولاد مجاز

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

Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB : _____

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



$\alpha = 0.85 - 0.0015 f'_c$

$\alpha = 0.8$

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

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

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

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

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

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

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

$M_{ur1} = T_1 \times z_1 = 0.85 \times 1586.6 \times 300 \times (440 - \frac{86.4}{2}) = 160.5 \text{ KNm}$

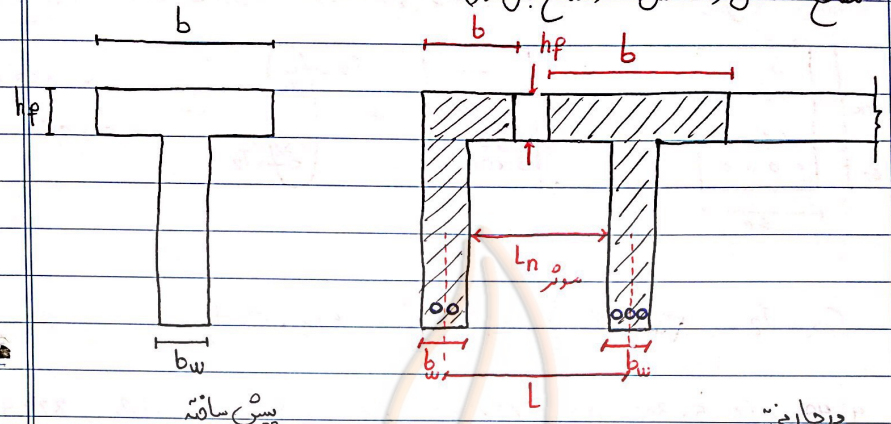
$\boxed{M_{ur1} = 160.5 \text{ KNm}}$

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

Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB : _____

مقاطع T شکل و L شکل (مقاطع بال دار)



$b = \min$ تیرهای T

- تیرهای سرایری: $\frac{\text{طول دهانه}}{4}$ (پیش از یک دهنه / حداقل 3 علی العمل)
- 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

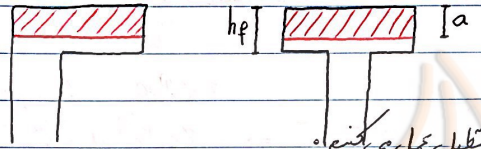
Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB :

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

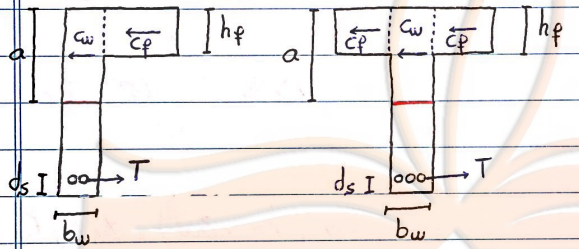
2) در بال تیر قرار می گیرد

1) $a < h_f$



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

2) $a > h_f$



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

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

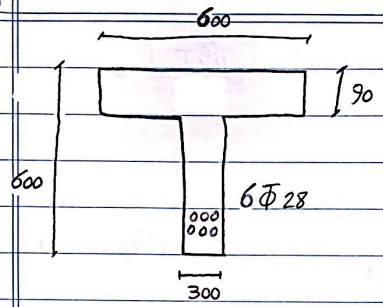
$$M_{ur} = C_f z_f + C_w z_w$$

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

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

Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB :

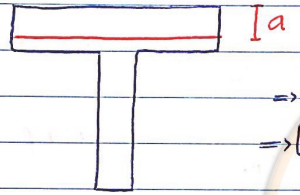


مطلوب است ظرفیت خمشی تیر مقابل؟

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

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

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

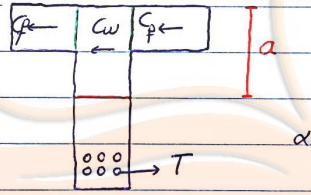


فرض 1) $a \leq 90$

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

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

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

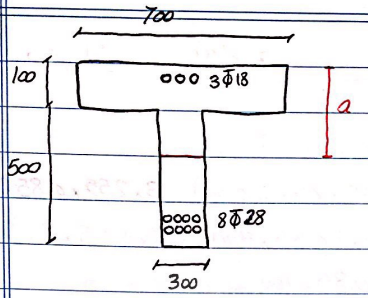
$M_r = C_f z_f + C_w z_f = \alpha \phi_c f'_c (90 \times 300 \times 465 + 300 \times 232.2 \times 393.9)$

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

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

Scanned with CamScanner

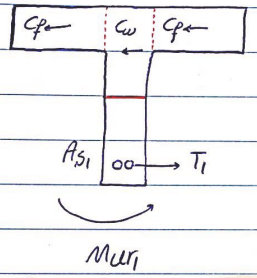
DATE : / / SUB :

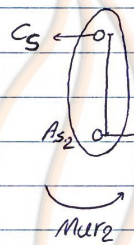


مطلوب است ظرفیت خمشی مقطع زیر؟

فرض می کنیم $a \geq 100$

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





$\alpha = 0.85 - 0.0015 f'_c$

$\alpha = 0.8$

$\beta_1 = 0.97 - 0.0025 f'_c$

$\beta_1 = 0.9$

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

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

$3 \times 255 \times (0.85 \times 400 - 0.8 \times 0.65 \times 25) = A_{s2} \times 0.85 \times 400 \Rightarrow$

$A_{s2} = 735.75\ mm^2$

$M_{ur2} = A_{s2} \phi_s f_y \times 450 = 735.75 \times 0.85 \times 400 \times 450 = 112.6\ KN.m$

$C_c = T_1 \Rightarrow \alpha \phi_c f'_c \times 300 \times a = A_{s1} \times \phi_s f_y \Rightarrow$

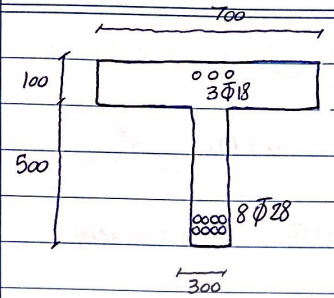
$0.8 \times 0.65 \times 25 \times 700\, a = (8 \times 616 - 735.75) \times 0.85 \times 400 \Rightarrow a = 156.6\ mm$

$M_{ur1} = 4192.25 \times 0.85 \times 400 \times \left(510 - \frac{156.6}{2}\right) = 615.3\ KN.m$

$M_{ur} = M_{ur1} + M_{ur2} = 615.3 + 112.6 = 727.9 \simeq 728\ KN.m$

Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB :



فرض اول $a < 100$

$C_c + C_s = T \Rightarrow$

$(0.8 \times 0.65 \times 25 \times 700\, a) +$

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

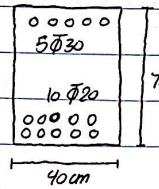
$8 \times 616 \times 0.85 \times 400 \Rightarrow$

$a = 184 > 100$ NG

Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB :

ظرفیت خمشی مقاطع نشان داده شده را بدست آورید.



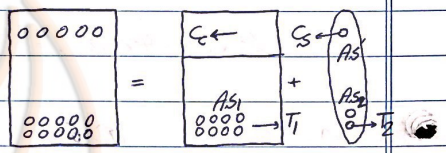
$f'_c = 25\,MPa$, $f_y = 400\,MPa$

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

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

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

$As = 10 \times 314 \rightarrow 3140$



فرض کردیم فولاد بالایی در فشار روجاری 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 $\varepsilon's > \varepsilon_y \Rightarrow f'_s = f_y = 400$ فرض می کنیم جاری شود

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

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

Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB :

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

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

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

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

$a = 431.\,mm$ ← با فرض به جواب نرسیدیم باید a کمتر از 60 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

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

$c = 490.6mm \Rightarrow a = 382.7mm$ چون $a > 60$ فرض اینکه

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

$\varepsilon'_s < \varepsilon_y$

Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB :

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

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

$\varepsilon_s' < \varepsilon_y \Rightarrow f'_c = E \varepsilon_s'$ شرط جاری نشدن

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

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

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

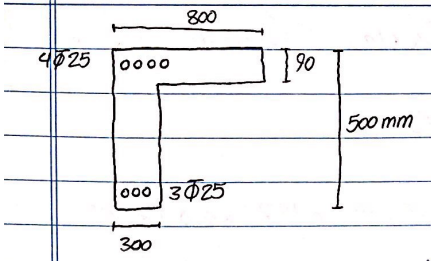
$4791.15c + 2103325 - \frac{126199500}{c} - 46589.4 = 1067600 \Rightarrow$

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

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

Scanned with CamScanner

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

$C_s + C_c = T$ $f'_s = f_y = 400$ روش تیر فولاد

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

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

$\Rightarrow a = -13.4\,mm$ 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

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

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

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

Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB :

فرض ③ فولاد بالا در کشش و جاری شود

$C_c = C_s + T$

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

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

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

$a < 60$ شود که در اینجا

فرض ④ فولاد بالا در کشش و جاری نشود

$C_c = C_s + T$

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

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

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

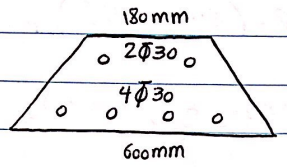
$1473 \times 0.85 \times 400 \Rightarrow 9582.3c = \frac{514175200}{c} - 1168580 + 500880$

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

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

Scanned with CamScanner

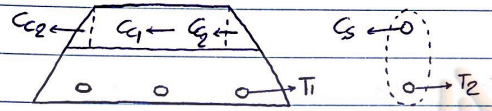
DATE : / / SUB :



$f'_c = 25\,MPa$

$f_y = 400\,MPa$

$\alpha = 0.81 \quad B = 0.91$



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

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

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

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

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

$M_{ur2} = 268\,KNm$

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

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

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

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

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

Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB :

$\Rightarrow M_{ur_1} = 0.81 \times 0.65 \times 25 \times 180 \times 165.2 \times \left(640 - \frac{165.2}{2}\right) \div$

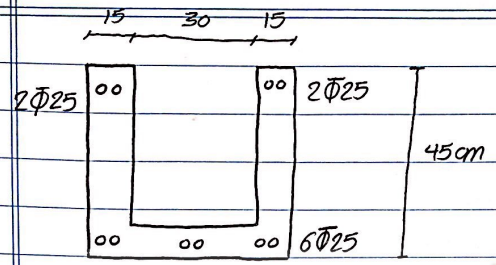
$0.81 \times 0.65 \times 25 \times 0.3 \times 165.2 \times \left(640 - \frac{2}{3} \times 165.2\right) =$

275.3 kN/m

$M_{ur} = 275.3 \div 268 = 543.3$ kNm

Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB :



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

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

$A_{s2} = 1887.97 mm$

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

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

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

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

$a = 91.1 mm$

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

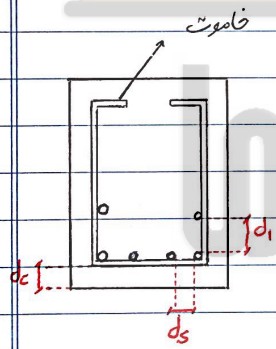
$M_{ur} = 123.9 + 211.8 = 335.7 KNm$

Scanned with CamScanner

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	$\geq 35\ mm$	محیط ملایم؛ داخل ساختمان
		$\geq 45\ mm$	متوسط؛ تماس با رطوبت موقت
		$\geq 50\ mm$	شدید؛ تماس با رطوبت دائم و بخار آب
		$\geq 65\ mm$	خیلی شدید؛ تماس با گازها و مایعات خورنده
		$\geq 75\ mm$	فوق العاده شدید؛ فرسایش، آب دریا، آتش سوزی

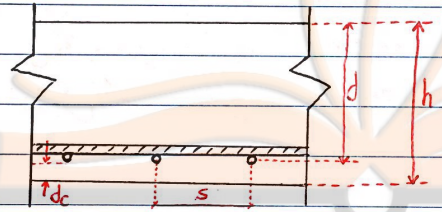


مقطع تیر

Scanned with CamScanner

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

Scanned with CamScanner

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	$h_f = \alpha \frac{L_n}{20}$	ارتفاع حداقل دال‌های یک طرفه
دال‌های کناری در دال‌های سراسری	$h_f = \alpha \frac{L_n}{24}$	
دال‌های میانی در دال‌های سراسری	$h_f = \alpha \frac{L_n}{28}$	
دال‌های طره‌ای (کنسولی)	$h_f = \alpha \frac{L_n}{10}$	

جدول 9_3

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

$f_y > 400 \Rightarrow \alpha = 1$

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

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

Scanned with CamScanner

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

طراحی مقاطع بتنی برای فولاد کششی

طراحی در دو بخش انجام می‌شود
- ① طراحی ابعاد
- ② طراحی میلگردها

طراحی ابعاد

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

سپس با استفاده از رابطه ρ_b ابعاد لازم را محاسبه می‌نمائیم. بین دو رابطه فوق Max ارتفاع را انتخاب می‌کنیم.

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

Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB :

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

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

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

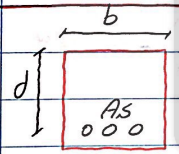
$M_r = \rho_b b d \phi_s f_y \left(d - \dfrac{\rho_b d \phi_s f_y}{2 \alpha \phi_c f'_c} \right)$

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

فرض $M_r = M_u$

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

طراحی میلگرد



$C_c = T \Rightarrow$

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

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

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

$\vdots$

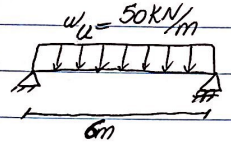
$A_{s(2)} = \dfrac{M_u}{\phi_s f_y (z_{(1)})}$

$\vdots$

Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB :

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



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

$$M_{u\,max} = w_u \frac{L^2}{8} = 50 \times \frac{6^2}{8} = 225 kNm$$

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

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

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} بدست می‌آوریم

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

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

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

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

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

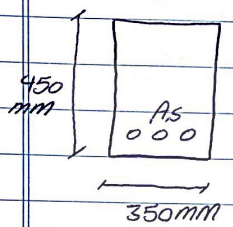
Scanned with CamScanner

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 ها



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

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

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

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

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

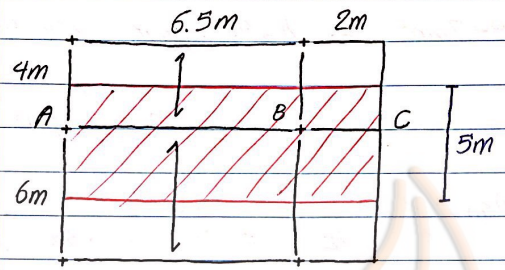
$$z_{(2)} = d - \frac{a_{(2)}}{2} = 390 - \frac{152.4}{2} = 313.8\ mm$$

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

Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB :

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



$f'_c = 30\ MPa$

$f_y = 300\ MPa$

$w_D = 6\ kN/m^2$

$w_L = 2\ kN/m^2$

$f_y < 400 \Rightarrow$

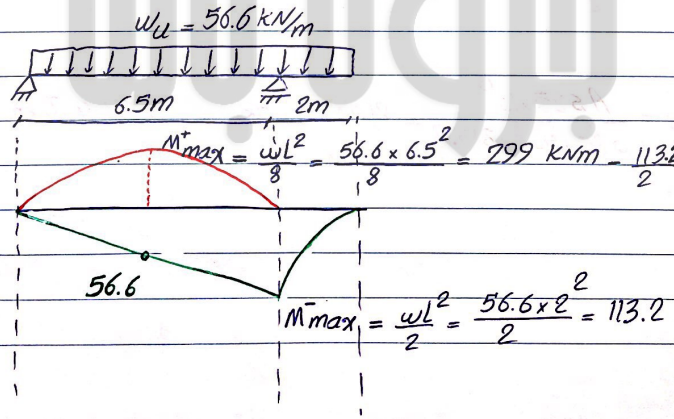
$h_{min} = \frac{\alpha L}{16}$ $\quad \alpha = 0.4 + \frac{f_y}{670} = 0.4 + \frac{300}{670} = 0.85$

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

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

$w_u = 1.25 w_D + 1.5 w_L$

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



Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB :

$$\rho_b = \frac{\alpha \beta_1 \phi_c f'_c}{\phi_s f_y}\left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_c+\varepsilon_y}\right) = \frac{0.81\times0.89\times0.65\times30}{0.85\times300}\times\left(\frac{0.0035}{0.0035+\frac{300}{200000}}\right) =$$

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

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

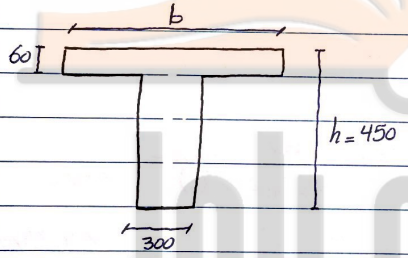
$\rho_b > 0.025 \Rightarrow \rho_b = 0.025$

$$bd^2 = \frac{M_u}{\rho_b \phi_s f_y (1-0.5 w \rho_b)} = \frac{242.4\times10^6}{0.025\times0.85\times300\times(1-0.5\times16.14\times0.025)} =$$

$$w = \frac{\phi_s f_y}{\alpha \phi_c f'_c} = \frac{0.85\times300}{0.81\times0.65\times30} = 16.14 \Rightarrow bd^2 = 47.6\times10^6$$

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

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



$b = \min$ { فاصله بین دو بار صفر $= 4000\,mm$; $0.4L = 0.4\times6500 = 2600$; $16h_f + b_w = 16\times60+300 = 1260$ }

$b = 1260\,mm$

ماکزیمم دهانه $M^+_{max} = 242.4\,KNm$

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

$$A_{s(1)}^+ = \frac{M_u}{\phi_s f_y (0.9d)} = \frac{242.4\times10^6}{0.85\times300\times(0.9\times390)} = 2708.23\,mm^2$$

$$a_{(1)} = \frac{A_{s(1)}\phi_s f_y}{\alpha \phi_c f'_c b} = \frac{2708.23\times0.85\times300}{0.81\times0.65\times30\times1260} = 34.7 < 60 \text{ OK}$$

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

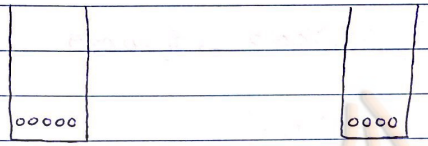
Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB :

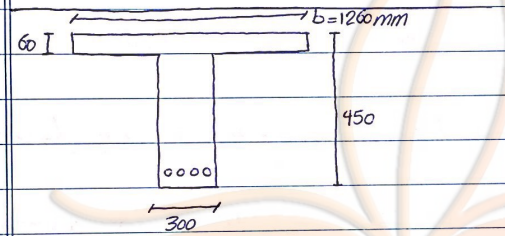
$$A_{s(2)}^{+} = \frac{M_u}{\phi_s f_y z_{(1)}} = \frac{242.4 \times 10^6}{0.85 \times 300 \times 372.65} = 2550.9\ mm^2 \Rightarrow$$

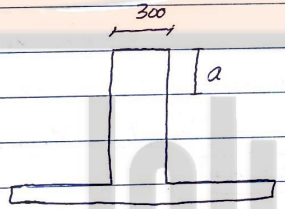
use $4\phi 30$

چرا 5 تا $\phi 26$ استفاده نکنیم؟



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





$$M^{-}_{max} = 113.2\ kNm$$

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

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

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

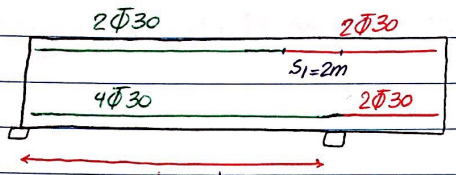
$$z_{(1)} = d - \frac{a_{(1)}}{2} = 390 - \frac{68.06}{2} = 355.97\ mm$$

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

use $2\phi 30$

Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB :



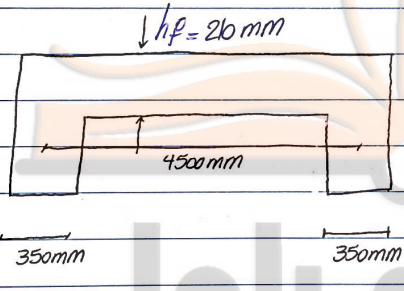
$l_n = L - w_1 = 6500 - 400 = 6100$

$S_1 = \frac{l_n}{3} = \frac{6100}{3} = 2033\,mm = 2m$

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

در شکل دالی به عرض 4.5m و به طول 9.5m بروی 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:

$f'_c = 30$

$f_y = 400$

$\gamma_c = 23.5\,KN/m^3$

$w_L = 6\,KN/m^2$

$w_D = 2\,u$

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

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

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

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

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

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

$h_f = \frac{0.997 \times 4150}{20} = 207mm \Rightarrow$ use $h_f = 210mm$

Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB :

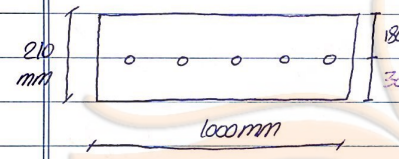
$L = l_n + h_f = 4150 + 210 = 4360\,mm$ طول معتبر در قاب دال یک طرفه

$w_f = 1.25D + 1.5L \Rightarrow$

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

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

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



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

$\frac{719}{113} = 6.36$ $\frac{1000}{6.36} = 157.2$

51 ϕ12 $A_s = 113$

use ϕ12 @ 150mm

Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB :

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

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

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

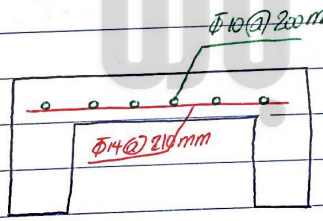
طراحی میلگردهای حرارتی ... $\rho = 0.0018$ if $f_y = 400$

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

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

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

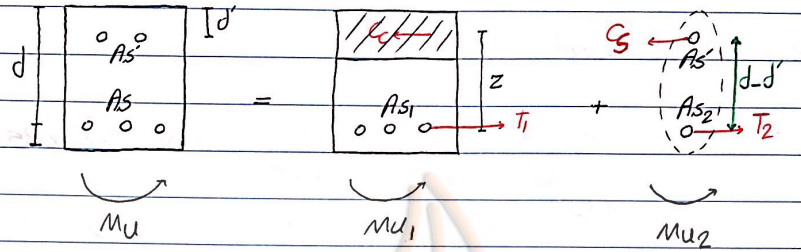
use $\Phi 10 @ 200 mm$



Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB :

طراحی مقطع برای فولاد مضاعف



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

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

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

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

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

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

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

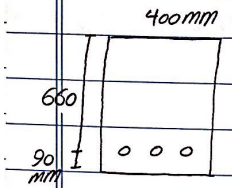
$A_s' = \dfrac{A_{s2}\phi_s f_y}{\phi_s f_y - \alpha \phi_c f'_c}$

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

Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB :

مقطع نشان داده شده را طراحی نمایید. قوت مصالح



$1200\ KN\text{-}m$

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

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

فرض A این است که به فولاد فشاری نیاز نداریم.

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

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

چون عمان سنگین است

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB :

فرض ⊖ این است که فولاد فشاری می خواهد

$\rho_1 = 0.7\rho_b$

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

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

$C_c = T_1 \Rightarrow 0.81 \times \phi_c \times f'_c \times b a = A_{s1}\, \phi_s f_y \Rightarrow$

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

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

$874.6 \times 10^6\ Nmm$

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

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

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

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

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

use $10\phi 30$ OK

Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB :

طراحی برای برش

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

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

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

بنابراین طراح بایستی مطمئناً از این نوع گسیختگی جلوگیری کند.

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

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

$v = \frac{V_u}{(b_w d)}$ مثلثی

هنگامی که تنش برشی اعمال شده v_u 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)

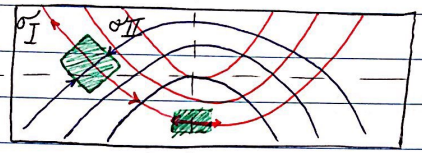
درصورتی که مقاومت برشی میلگردهای خمشی را بخواهیم در نظر بگیریم:

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

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

Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB :

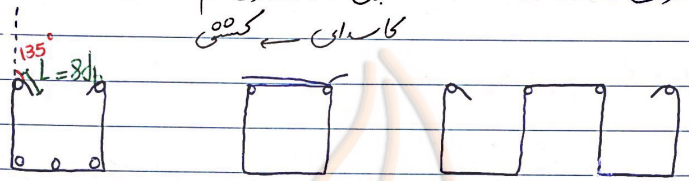


راستای تنش های اصل کششی

راستای تنش های اصل فشاری

انواع خاموت ها

گنبدی ← فشاری
کابلی ← کششی



خاموت دوساق باز

خاموت دوساق بسته

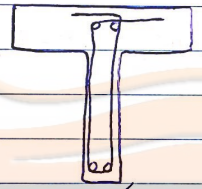
خاموت چهارساق

فونداسیون

در وسط تیر تنش کششی در جهت افقی می شود.

ترک های خمشی عمودی اند ← میلگرد خمشی می گذاریم.

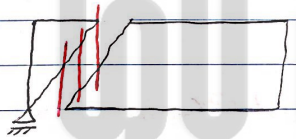
ترک های برشی زاویه دارند ← خاموت
(45° زیاد ← ترجیحا بلوک)



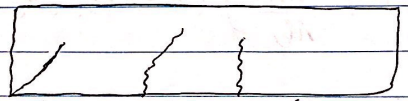
T شکل

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)



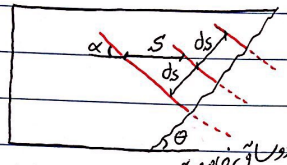
ترک ناشی از خمش ترک خمشی و برشی ترک برشی

max برش
خمش 0

Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB : _____

نحوه محاسبه خاموت ها



زاویه خاموت با افق — مساحت دو ساق خاموت — زاویه ترک

$$S = \frac{0.85\,\phi_s A_v f_y d(\cos\alpha + \sin\alpha \cot\theta)}{V_u - V_c}$$

فاصله لازم برای خاموت ها — نیروی برشی مقاوم — نیروی برشی اعمال

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

$\cos 90 = 0$

$\sin 90 = 1$

$V_c = \phi_c\, b_w \times d$

باید سایز میلگرد را حدس زد — برای وسطی ها ϕ10 OK — مساحت — نیروی 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

$$\frac{A_v}{S}\,min = 0.35\,\frac{b_w}{f_y}$$

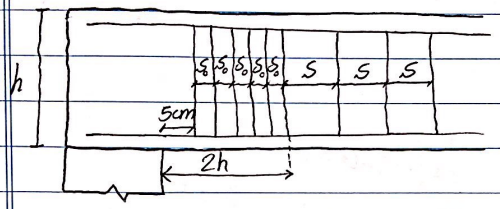
اگر $V_c < V_u < 0.125\phi_c f'_c b_w d$ — $S \leq \frac{d}{2}$ مجاز

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.

Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB : _____



S فاصله‌ی سنگ‌ها

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

Φ12 هر 10 cm استفاده کنیم نیاز به کنترل نداریم.

Scanned with CamScanner

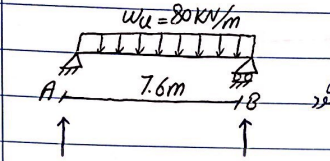
DATE : / / SUB :

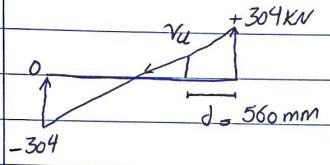
تیر نشان داده شده را برای برش طراحی کنید و ناحیه ای که نیاز به میلگرد برشی ندارد را مشخص نمایید. بارها آرماتورگذاری

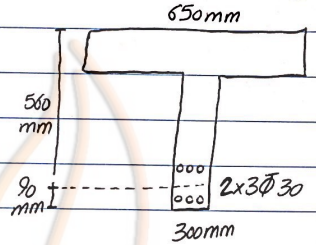
$f'_c = 25\,MPa$

$f_y = 300\,MPa$

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







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

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

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

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

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

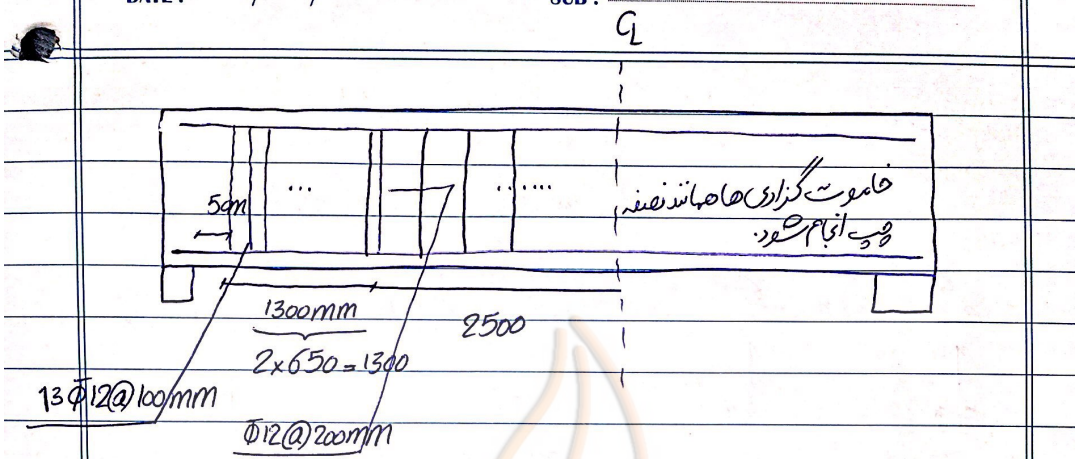
use $\Phi 12$ @ 200mm

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

use $13\Phi 12$@100mm

Scanned with CamScanner

DATE : / / SUB :



جزوه بابا

Scanned with CamScanner