به نام خدا

دبیرستانی کنکوری

www.fera.ir

پاسخ به کلیه ی سوالات
شما در انجمن سایت :

www.forum.fera.ir

هر آنچه که یک دانش پژوه بدان نیاز دارد

ابتدایی

دکتری

م ش او د ه

متوسطه ۱ و ۲

کنکور سراسری

کارشناسی

کارشناسی ارشد

www.fera.ir

www.Mohandesyar.com

طراحی سازه های بتن آرمه

آئین نامه بتن ایران (آبا)

مرکز سیدروس
۸۱۲۵۲۱۹

مثالهاو مسائل درس سازه های بتن آرمه

دکتر مرتضی زاهدی

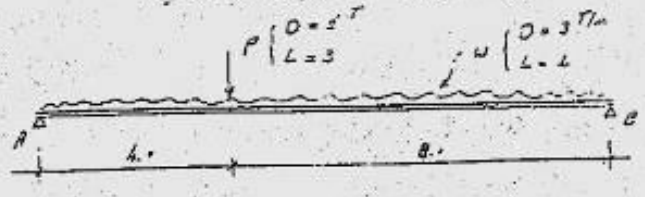
www.Mohandesyar.com

درس سازه‌های بتن آرمه — بارهای ضریب‌دار و ترکیبات بارگذاری — برگ شماره (1)

صفحه 115

مثال شماره یک

تیری با طول 12 متر در حالت عادی بار زنده یکنواخت و بار مرده یکنواخت بر آن وارد می‌شود. مطلوب است این تیر را در حالت نهایی برای 2 نکته اول قوس و 2 توان آن برش طراحی می‌کنیم.



$U_1 = 1.25\,D + 1.5\,L$

$w_U = 1.25 \times 3 + 1.5 \times 2 = 6.75\ T/m$

$P_U = 1.25 \times 2 + 1.5 \times 3 = 10.75$

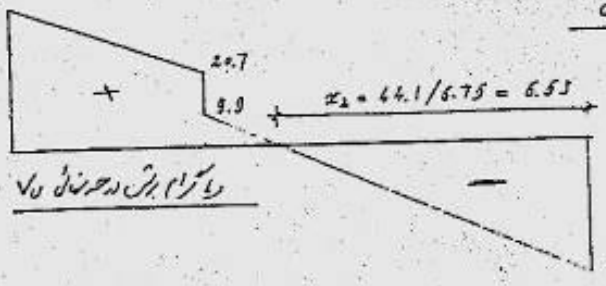
الف - محاسبه عکس‌العمل‌های A و B

$A = (6.75 \times 12 \times 6 + 10.75 \times 8)/12 = 47.7\ T$

$B = (6.75 \times 12 \times 6 + 10.75 \times 4)/12 = 44.1$

$A + B = 91.8\ T$ ، $\Sigma L = 6.75 \times 12 + 10.75 = 91.75 \approx 91.8$ OK.

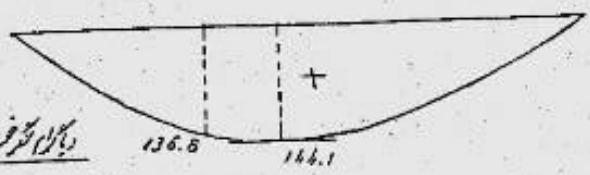
ب - دیاگرام تغییرات برش



دیاگرام برش در حالت نهایی V_U

ج - دیاگرام لنگر خمشی

$x_1 = 12.0 - 6.53 = 5.47$ $M_{U\,max} = 144.1\ T\text{-}m$ ، $M_{U\,x=4} = 136.8\ T\text{-}m$

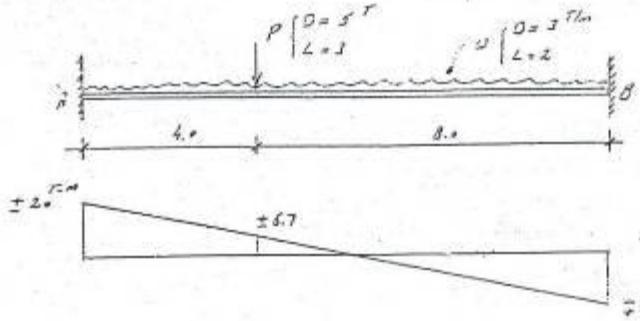


دیاگرام لنگر خمشی در حالت نهایی M_U

www.Mohandesyar.com

مثال شماره ۲

تیر زیر تحت اثر بارهای گرانبار و بارهای مرده قرار دارد. در صورت وقوع زلزله این تیر تحت اثر نیروی برشی اضافی معادل با بارهای زیر و نیز نیروی برشی ناشی از لنگر خمشی انتهایی $V_E = 2.15^T$ است. تعیین کنید نیروهای برشی و لنگرهای خمشی در تکیه‌گاه‌ها چقدر خواهد شد.



۱- لنگر خمشی انتهای A و B

الف - بار گرانبار

$$M_{A,B} = wl^2/12 + Pab^2/l^2$$

$$M_A = 3\times12^2/12 + 5\times4\times8^2/12^2 = 44.9^{T\text{-m}}$$

$$M_B = 3\times12^2/12 + 5\times8\times4^2/12^2 = 40.5$$

$$A = 21.7^T \quad , \quad B = 19.3^T \quad , \quad A+B = 41.0^T \quad , \quad T.L. = 41.0^T \quad \text{ok}$$

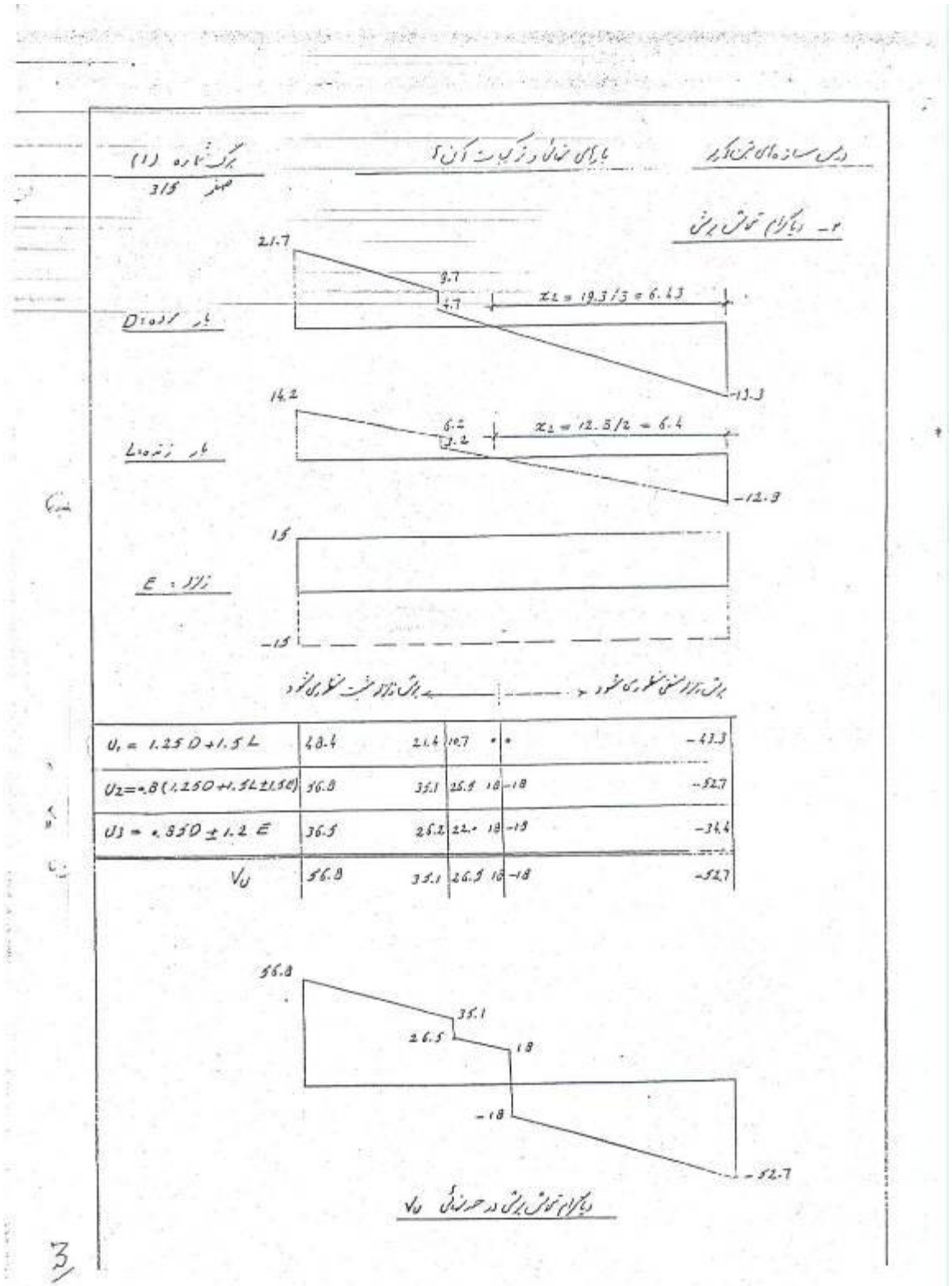
ب - بار زنده

$$M_A = 2\times12^2/12 + 3\times4\times8^2/12^2 = 29.3^{T\text{-m}}$$

$$M_B = 2\times12^2/12 + 3\times8\times4^2/12^2 = 26.7$$

$$A = 14.2^T \quad , \quad B = 12.8 \quad , \quad A+B = 27.0 \quad T.L. = 27.0 \quad \text{ok}$$

www.Mohandesyar.com



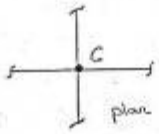
$U_1 = 1.25D + 1.5L$	48.4	21.4	10.7	• •	-43.3
$U_2 = .8(1.25D + 1.5L \pm 1.5E)$	56.8	35.1	25.5	18 -18	-52.7
$U_3 = .85D \pm 1.2E$	36.5	26.2	22.0	18 -18	-34.4
V_U	56.8	35.1	26.5	18 -18	-52.7

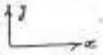
www.Mohandesyar.com

درس سازه‌های بتن مسلح — بارهای ثقلی و ترکیبات آن‌ها — برگ شماره (۱)

مثال شماره ۱

ستون C در شکل زیر در حالت عادی بار و لنگرهای خمشی $M_y \begin{cases} D=2\ T\cdot m \\ L=6 \end{cases}$ و $M_x \begin{cases} D=5\ T\cdot m \\ L=3 \end{cases}$ و $N \begin{cases} D=40\ T \\ L=25 \end{cases}$ را تحمل می‌کند. در صورت وقوع زلزله چنانچه زلزله در جهت x اثر کند ستون باید بار و لنگر اضافی $E_x \begin{cases} N=20\ T \\ M_x=10\ T\cdot m \end{cases}$ و چنانچه زلزله در جهت y اثر کند ستون باید بار و لنگر اضافی $E_y \begin{cases} N=25\ T \\ M_y=5\ T\cdot m \end{cases}$ را تحمل کند. تعیین کنید ستون را برای چه بارهائی طراحی می‌کنید.





		N T	M_x T·m	M_y T·m	
	D	40	5	2	
	L	25	3	6	
	E_x	20	10	–	
	E_y	25	–	5	
$U_1 = 1.25D + 1.5L$		87.5	10.8	11.5	①
زلزله در جهت x	$U_2^+ = .8(1.25D + 1.5L + 1.5E_x)$	94.0	20.6	3.2	②
	U_2^- =				
	$U_3^+ = .85D + 1.2E_x$	58.0	16.3	1.7	③
	U_3^- =				
زلزله در جهت y	U_2^+ = • E_y	100.0	8.6	15.2	④
	U_2^- =				
	U_3^+ = • E_y	64.0	4.3	7.7	⑤
	U_3^- =				

از ترکیب‌های فوق برای حالات قوی یکی از حالات ① و ② و ④ حاکم شده، ولی ممکن است در ستون‌ها بارهای کوچک و لنگرهای خمشی بزرگ مانند حالت ③ نیز حاکم گردند.

در ترکیب‌های فوق تنها زلزله در جهت افزایش دهنده بار در نظر گرفته شد اگر زلزله را در جهت کاهش دهنده نیز منظور کنیم چهار ترکیب دیگر خواهیم داشت که ممکن است در حالات تعیین کننده باشند.

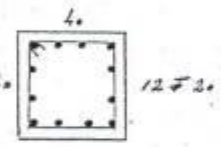
www.Mohandesyar.com

درس سازه‌های بتن آرمه — ستون‌های کوتاه زیر اثر بار محوری — برگ شماره (21)

1/2 مهندس

ستون کوتاه با مقطع مربع به ضلع 40 cm با 12 ⌀ 20 تقویت شده است. این ستون در حالت عادی زیر اثر بار محوری $N \begin{cases} D=120^T \\ L=60^T \end{cases}$ قرار دارد. تعیین کنید زیر اثر این بار چه تنش‌هایی در بتن و فولاد موجود است. اگر بار N به یک دهم بار مشخصه خود افزایش یابد کدام یک از این تنش‌ها چه اندازه خواهد شد. مقاومت نهائی این ستون را تعیین کرده و ضریب اطمینان موجود در طرح آن را بدست آورید. مقاومت ستون در حالت حدی نهائی ستون را تعیین کرده و آنرا با بارهای مشابه کنید.

$f'_{cc} = 200\ Kg/Cm^2$ $\quad f_y = 4000\ Kg/Cm^2$



$12 \phi 20 \quad A_S = 37.7\ Cm^2$

$A_g = 40 \times 40 = 1600\ Cm^2$

$A_c = A_g - A_S = 1562.3\ Cm^2$

$E_c = 15800\sqrt{f'_{cc}} = 220{,}000\ Kg/Cm^2$

$E_S = 2{,}100{,}000\ Kg/Cm^2$

$n = E_S/E_c = 9.6 \simeq 10.0$

الف ـ تعیین تنش‌ها در حالت $N = 180^T$

با فرض خمیلی ارتجاعی بتن: $A_{eq} = A_g + (n-1)A_S = 1600 + 9 \times 37.7 = 1940.0\ Cm^2$

$f_c = N/A_{eq} = 180{,}000/1940.0 = \underline{92.8\ Kg/Cm^2}$ $\quad f_c < \frac{1}{2} f'_{cc}$ ok. ✓ بتن ارتجاعی است

$f_S = n \cdot f_c = 10 \times 92.8 = \underline{928.0\ Kg/Cm^2}$

ب ـ تعیین تنش‌ها در حالت $N = 270^T$

با فرض خمیلی ارتجاعی بتن: $f_c = N/A_{eq} = 270{,}000/1942.0 = 139.2\ Kg/Cm^2$

$f_c > \frac{1}{2} f'_{cc}$ N.G. بتن غیرخمیلی است

$f_c = f'_{cc}(2x - x^2)$, $x = \varepsilon_c/\varepsilon_{co}$, $\varepsilon_{co} = 2 f'_{cc}/E_c = 0.0018$

$\varepsilon_S = \varepsilon_c = x \cdot \varepsilon_{co} = 0.0018\,x$

$f_S = \varepsilon_S \cdot E_S = 2100 \times 0.0018\,x = 3.78\,x\ T/Cm^2$

www.Mohandesyar.com

$N = f_c \cdot A_c + f_s \cdot A_s$

$270 = 0.2\,(2x - x^2) \times 1562.3 + 3.78x \times 37.7$

$312.46\,x^2 - 767.43\,x + 270 = 0 \rightarrow x = 0.43$

$\varepsilon_c = 0.0018 \times 0.43 = 0.00077$

$f_c = 0.2\,(2 \times 0.43 - 0.43^2) = 0.135\ T/cm^2 = 135\ Kg/C^2$

$f_s = 3.78 \times 0.43 = 1.63\ T/C^2 = 1630\ Kg/C^2$

Ch: $N = 0.135 \times 1562.3 + 1.63 \times 37.7 = 272.4 \leq 270$ OK.

ج- تعیین مقاومت نهائی اسمی ستون و ضریب اطمینان طرح

$N_n = 0.85\, f_{cc} \cdot A_c + f_y \cdot A_s$

$N_n = 0.85 \times 0.2 \times 1562.3 + 4.0 \times 37.7 = 416.4\ T$

$FS = N_n / N = 416.4 / 180 = 2.3$

د- تعیین مقاومت ستون در حالت حدی نهائی و بار نهائی

$f_{cd} = \phi_c \cdot f_{cc} = 0.6 \times 200 = 120\ Kg/Cm^2$

$f_{yd} = \phi_s \cdot f_y = 0.85 \times 4000 = 3400$ "

$N_r = 0.85\, f_{cd} \cdot A_c + f_{yd} \cdot A_s$

$N_r = 0.85 \times 0.12 \times 1562.3 + 3.4 \times 37.7 = 287.5\ T$ مقاومت نهائی ستون

$N_u = 1.25\,D + 1.5\,L = 1.25 \times 120 + 1.5 \times 60 = 240\ T$ بار نهائی ستون

$N_u < N_r$ OK.

www.Mohandesyar.com

مثال کیف - تیر با مقطع مربع مستطیل با ابعاد 40 x 60 Cm مطابق شکل زیر تقویت شده است. خواسته‌های زیر را تعیین کنید :

الف - تنش های اکزیم در بتن فشاری و در بتن کشش و در فولاد کشش اثر لنگرخش $M = 6.0$ T-m

ب - لنگرخش که در آن تنش اثر کشش بتن ترک می‌خورد ، M_{cr}

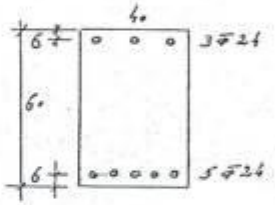
ج - تنش های اکزیم در بتن فشاری و در بتن کشش و در فولاد کشش اثر لنگرخش $M = 22.0$ T-m

د - لنگرخش که در آن تنش اکزیم در بتن فشاری به $f_c = 150$ Kg/Cm² می‌رسد .

ه - لنگرخش متادم نهائی اسمی ، M_n

و - لنگرخش متادم در حالت حدی نهائی ، M_r

$f_{cc} = 200$ Kg/Cm² $\quad f_y = 4000$ Kg/Cm²



$A_s = 5 \oslash 24 = 22.5$ Cm²

$A_s' = 3 \oslash 24 = 13.5$

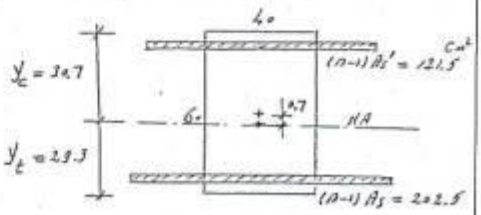
$E_c = 15800\sqrt{f_{cc}} = 223{,}000$ Kg/Cm²

$E_s = 2{,}100{,}000$

$n = E_s / E_c = 9.6 \simeq 10.0$

الف - $M = 6.0$ T-m

با فرض اینکه تیر در حالت کاربری، قبل از ترک خوردگی باشد .



$y_t = (40 \times 60 \times 30 + 121.5 \times 54 + 202.5 \times 6) / (40 \times 60 + 121.5 + 202.5) = 29.3$ Cm

$I_g = \frac{1}{12} \times 40 \times 60^3 + 40 \times 60 \times 0.7^2 + 121.5 \times 24.7^2 + 202.5 \times 23.3^2 = 9.5 \times 10^5$ Cm⁴

$f_r = 2\sqrt{f_{cc}} = 2\sqrt{200} = 28.3$ Kg/Cm² مدول گسیختگی بتن

www.Mohandesyar.com

بتن در کشش ترک خورده است $f_{cc} = M.y_t/I_g = 6\times10^5 \times 29.3/9.5\times10^5 = 19.4\ Kg/C^2 > f_r$

$f_{cc} = M.y_c/I_g = \quad 30.7 \quad = 20.4$

$f_s' = n.M y_s'/I_g = 10 \times 6\times10^5 \times 24.7/9.5\times10^5 = 164$

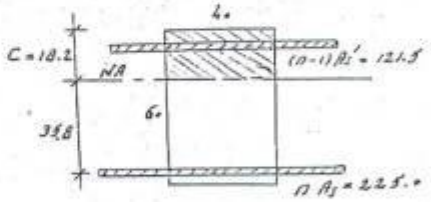
$f_s = n.M y_s/I_g = \quad \times 23.3 \quad = 154$

ب- لنگر خمش ترک خوردگی M_{cr}

$M_{cr} = f_r.I_g/y_t = 28.3 \times 9.5\times10^5/29.3 = 8.7\times10^5\ Kg\text{-}Cm = 8.7\ T\text{-}m$

$M = 20\ T\text{-}m$ - ج

$f_{ct} = 19.4 \times 20/16 = 64.7\ Kg/C^2 > f_r$ با فرض ترک خوردگی بتن، تنش در بتن کشش برابر است. بنابراین تیر از حالت اول گذشته است. با فرض اینکه تیر در حالت دوم کانایز است.



$\frac{1}{2}bC^2 + (n-1)A_s'(C-d') - nA_s(d-C) = 0$

$\frac{1}{2}\times40.C^2 + 121.5(C-6) - 225.0(54-C) = 0$

$20C^2 + 346.5C - 12879 = 0 \qquad C = 18.2\ Cm$

$I_{cr} = \frac{1}{3}bC^3 + (n-1)A_s'(C-d')^2 + nA_s(d-C)^2$

$I_{cr} = \frac{1}{3}\times40\times18.2^3 + 121.5\times12.2^2 + 225\times35.8^2 = 3.87\times10^5\ Cm^4$

$f_c = M.C/I_{cr} = 20\times10^5\times18.2/3.87\times10^5 = 94.1\ Kg/C^2 < \frac{1}{2}f_{cc} = 100$ ok.

$f_s' = n.M.(C-d')/I_{cr} = 10\times20\times10^5\times12.2/3.87\times10^5 = 630.5$

$f_s = n.M.(d-C)/I_{cr} = \quad 35.8 \quad = 1850 < 4000$ ok.

www.Mohandesyar.com

طرح سازه‌های بتن آرمه — کانال ترکیبی با سطح مقطع مرکب مستطیلی — برگ شماره (3)

(3/6)

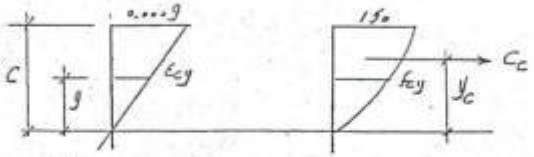
$\bar{f}_c = 150$ kg/cm² باشد

در این حالت بتن دارای هر دو نوع تنش شده است. مساحت کانال

$\bar{f}_c = 150$ kg/cm²

$f_c = f_{cc}(2x - x^2)$ $\quad x = \varepsilon_c/\varepsilon_{co}$, $\varepsilon_{co} = 2 f_{cc}/E_c = 0.0018$

$150 = 0.2 \cdot (2x - x^2) \rightarrow x = 0.5 \rightarrow \varepsilon_c = 0.0009$



$\varepsilon_{cy} = \frac{y}{c} \times 0.0009$

$f_{cy} = f_{cc}(2x - x^2)$ $\quad x = \varepsilon_{cy}/\varepsilon_{co} = \frac{y}{c} \times 0.0009/0.0018 = 0.5\frac{y}{c}$

$f_{cy} = 0.2\left(2 \times 0.5\frac{y}{c} - 0.25\frac{y^2}{c^2}\right) = 0.2\frac{y}{c} - 0.05\frac{y^2}{c^2}$

$C_c = \int_0^c b\, f_{cy}\, dy = \int_0^c b\left(0.2\frac{y}{c} - 0.05\frac{y^2}{c^2}\right) = 0.083\, bC$

$y_c = \int_0^c b\, y\, f_{cy}\, dy \,/\, C_c = \int_0^c b\left(0.2\frac{y^2}{c} - 0.05\frac{y^3}{c^2}\right) / C_c = 0.65C$

$C_c + A_s' f_s' - A_s f_s = 0$

$\varepsilon_s' = \frac{C - d'}{c} \times 0.0009$ $\quad f_s' = 2100 \times \frac{C-d'}{c} \times 0.0009 = 1.89\frac{C-d'}{c}$

$\varepsilon_s = \frac{d - C}{c} \times 0.0009$ $\quad f_s = 1.89\frac{d-C}{c}$

$0.083 \times 40C + 12.5 \times 1.89\frac{C-6}{c} - 22.5 \times 1.89\frac{54-C}{c} = 0$

$3.32C^2 + 68.04C - 2449.5 = 0 \rightarrow C = 18.8$

$C_c = 0.083\, bC = 62.4$ T

$f_s' = 1.89(C-d')/C = 1.29$ T/cm² $\quad A_s' f_s' = 17.4$ T

$f_s = 1.89(d-C)/C = 3.54$ ت فشاری $\quad A_s f_s = 79.7$

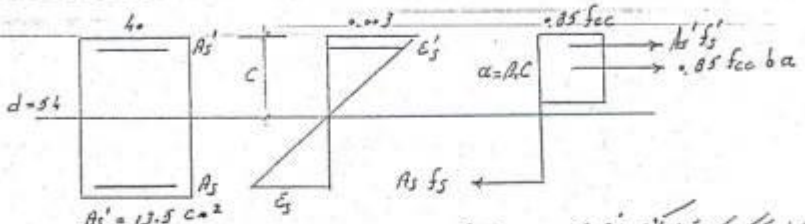
$62.4 + 17.4 = 79.8$ ✓

$M = C_c \cdot y_c + A_s' f_s' (C - d') + A_s f_s (d - C)$ $\quad y_c = 0.65C = 12.2$ cm

$M = 62.4 \times 12.2 + 17.4 \times 12.8 + 79.7 \times 35.2 = 3790$ T-cm ≈ 37.9 T-m

www.Mohandesyar.com

مثال- لنگر خمشی مقاوم اسمی M_n را محاسبه کنید.



$A_s' = 13.5\ cm^2$
$A_s = 22.5$

(i) - فرض کنید که آرماتور کششی و فشاری هر دو جاری می‌شوند:

$f_s = f_s' = f_y$

$0.85 f_{cc} b a + A_s' f_y - A_s f_y = 0 \longrightarrow a = \frac{(22.5-13.5)4}{0.85\times 0.2\times 40} = 5.3\ cm \;,\; C = 6.3\ cm$

$\varepsilon_s' = \frac{c-d'}{c}\times 0.003 = \text{---} < \varepsilon_y$ دیده می‌شود فرض غلط و آرماتور فشاری جاری نمی‌شود.

(ii) - فرض کنید که آرماتور کششی جاری می‌شود و آرماتور فشاری جاری نمی‌شود.

$f_s = f_y$

$f_s' = E_s \cdot \varepsilon_s' = E_s \cdot \frac{C-d'}{C}\times 0.003 = 6.3\,\frac{C-6}{C}$

$0.85\times 0.2\times 40\times 0.85C + 13.5\times 6.3\,\frac{C-6}{C} - 22.5\times 4 = 0$

$5.78\,C^2 - 4.95\,C - 510.3 = 0 \longrightarrow C = 9.8 \;,\; a = 8.4$

$\varepsilon_s' = \frac{9.8-6}{9.8}\times 0.003 = 0.0012 < \varepsilon_y = 0.0019 \;,\; \varepsilon_s > \varepsilon_y$ فرض صحیح است

$C_c = 0.85 f_{cc} b a = 57.1^{T}$

$f_s' = E_s \cdot \varepsilon_s' = 2.52^{T/cm^2}$ $\quad A_s' f_s' = 34.0^{T}$

$f_s = 4.0$ $\quad A_s f_s = 90.0$

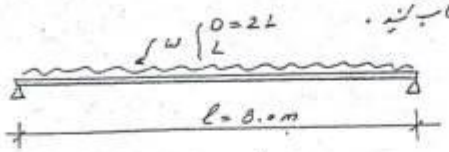
$\Big\} \; 57.1 + 34 = 91.1 \times 90$ ok

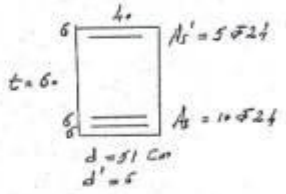
$M_n = C_c (d - a/2) + A_s' f_s' (d - d')$

$M_n = 57.1\,(54 - 8.4/2) + 34\,(54-6) = 4476\ T\text{-}cm = 44.8\ T\text{-}m$

www.Mohandesyar.com

مثال دو- تیری با تکیه‌گاه‌های ساده در دو انتها عادی زیر اثر بار گسترده ω قرار دارد. مقطع تیر مربع مستطیل با ابعاد 40×60 Cm است و سلاح‌بندی شکل زیر تقویت شده است. تعیین کنید حداکثر مقدار ω را. ضریب اطمینان موجود در طرح را حساب کنید.





$f_{cc} = 200$ Kg/Cm² $\qquad f_y = 4000$ Kg/Cm²

$A_s = 10\,\Phi 24 = 45\ Cm^2$

$A_s' = 5\,\Phi 24 = 22.5$

$\rho_b = 0.85\,\beta_1 \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \times \frac{6300}{6300 + f_y}$

$\rho_b = 0.85^2 \times \frac{0.12}{3.4} \times \frac{6300}{6300+4000} = 0.0156 \qquad \rho_{bd} = 1.05\,\rho_b$

$(\rho-\rho')_{min} = 0.85\,\beta_1 \frac{d'}{d} \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \times \frac{6300}{6300 - f_{yd}}$

$(\rho-\rho')_{min} = 0.85^2 \cdot \frac{6}{51} \times \frac{0.12}{3.4} \times \frac{6300}{6300-3400} = 0.0066$

$\rho-\rho' = (A_s - A_s')/bd = (45-22.5)/40\times 51 = 0.011$

$(\rho-\rho')_{min} < \rho-\rho' < \rho_{bd}$ مورد نظر و کرنش‌ها جاری می‌شوند.

$a = (A_s - A_s')\,f_{yd}/0.85\,f_{cd}\,b = 22.5\times 3.4/0.85\times 0.12\times 40 = 18.8$ Cm

$M_r = 0.85\,f_{cd}\,b\,a\,(d - a/2) + A_s'\,f_{yd}\,(d-d')$

$M_r = 0.85\times 0.12\times 40\times 18.8\,(51 - 18.8/2) + 22.5\times 3.4\,(51-6) = 66.3$ T-m

$M_0 = M_r = \frac{1}{8}\,\omega_0\,\ell^2 \rightarrow \omega_0 = 8\,M_r/\ell^2 = 8.3$ T/m

$\omega_0 = 1.25\,D + 1.5\,L = 1.25\times 2L + 1.5L = 4.0L \rightarrow L = 2.08,\ D = 4.15,\ \omega = 6.23$ T/m

گسیختگی ناشی از نیروی محوری

$a = (A_s - A_s')\,f_y/0.85\,f_{cc}\,b = 22.5\times 4/0.85\times 0.25\times 40 = 13.2$ Cm

$M_n = 0.85\,f_{cc}\,b\,a\,(d - a/2) + A_s'\,f_y\,(d-d') = 80.4$ T-m

$\omega = 6.23$ T/m $\rightarrow M = \frac{1}{8}\,\omega\,\ell^2 = 49.9$ T-m $\qquad FS = 80.4/49.9 = 1.61$

www.Mohandesyar.com

(3) بارگذاری ثقلی

مقایسه با آیین ACI

مثال (۱)

D + L

$M_n = 44.8$ T-m

$\phi M_n = 40.3$ T-m

$M_U = 1.4 M_D + 1.7 M_L = 4.5 M_L \rightarrow M_L = 9.0^{T-m} \quad M_D = 18.0^{T-m}$

$M = M_D + M_L = 27.0^{T-m}$

$M_r = 37.8$ T-m

$M_r = 1.25 M_D + 1.5 M_L = 4.0 M_L \rightarrow M_L = 9.45^{T-m} \quad M_D = 18.9^{T-m}$

$M = M_D + M_L = 28.4^{T-m}$

$M_{(آیین)} / M_{(ACI)} = 28.4/27.0 = 1.05$

مثال (۲)

$M_n = 80.4$ T-m

$\phi M_n = 72.4$

$M_L = 72.4/4.5 = 16.1 \quad M_D = 32.2 \quad M = 48.3$

$M_r = 66.3$

$M_L = 66.3/4.0 = 16.6 \quad M_D = 33.2 \quad M = 49.8$

$M_{(آیین)} / M_{(ACI)} = 49.8/48.3 = 1.03$

www.Mohandesyar.com

مثال ACI و ABA

الف- تیرباریک

$w_u = 1.4D + 1.7L = 1.4 \times 6 + 1.7 \times 2 = 11.8$ T/m

$M_u = \frac{1}{8} \times 11.8 \times 10^2 = 147.6$ $\quad \bar{M}_u = 147.6 / 0.9 = 164$ T-m

$b = 24$ cm

$\bar{M} = 0.85 \times 0.2 \times 24 \times 0.12 (61 - 12/2) = 269.3$ T-m $> \bar{M}_u \rightarrow a < t$.

$R = \bar{M}_u / f'_c b d^2 = 164 m / 0.2 \times 24 \times 61^2 \Rightarrow 0.92 \rightarrow p = 0.98$

$\rho = 0.98 \times 0.214 = 0.049$

$A_s = 0.049 \times 24 \times 61 = 72$ cm^2 $\simeq$ 7 ø (ABA)

ب- تیر گذر

$b = 120$ cm $\quad d = 61 \quad \bar{M}_u = 164$ T-m

$\bar{M} = 269.3/2 = 135 < \bar{M}_u$ $\quad a > t$.

$A_{sf} = 0.85 f'_c (b - b_w) t / f_y = 35.7$ cm^2 $\quad \rho_f = 0.012$

$M_f = A_{sf} f_y (d - t/2) = 78.5$ T-m

$M_w = \bar{M}_u - M_f = 85.5$ T-m

$R = M_w / f'_c b_w d^2 = 0.23 \rightarrow p = 0.275 \rightarrow \rho_w = 0.138$

$\rho_{max} = 0.75 \rho_b - 0.25 \rho_f = 0.164 - 0.25 \times 0.012 = 0.134 < 0.138$

کمتر شدن میلگرد از حداکثر مجاز، ما را مجبور می‌کند تا $\rho = 0.138$ بپذیریم.

$\rho_w = 0.138$ $\quad A_{sw} = 42.1$ cm^2

$A_s = A_{sf} + A_{sw} = 35.7 + 42.1 = 77.8$

$A_s \quad A'_s$

ABA $= 78.8 + 6.0 = 84.8$

$84.8 / 77.8 = 1.09$

www.Mohandesyar.com

درس سازه‌های بتن‌آرمه — طرح تیرها با مقطع مربع مستطیل — برگ شماره (4) — صفحه (1/3)

تیری با مقطع مربع مستطیل به ابعاد 40×60 Cm در نظر است. کرنش‌های لازم برای تیر را در شرایط زیر بدست آورید:

الف - تیر در حالت حدی نهائی لنگر خمشی $M_u = 10$ T-m وارد می‌شود

ب - " " " $M_u = 30$ T-m " " "

ج - " " " $M_u = 50$ T-m " " "

د - حالت (ج) را در شرایطی که $f_y = 6000$ Kg/Cm² است حل کنید.

هـ - اگر تیر در حالت حدی نهائی لنگر خمشی $M_u = 80$ T-m وارد کند، چه مقطعی حداقل ارتفاع را بدست می‌دهد؟ کرنش‌های لازم در این شرایط چه اندازه است.

$f_{cc} = 200$ Kg/Cm² $\quad f_y = 4000$ Kg/Cm²

الف - $M_u = 10$ T-m

$f_{cd} = 120$ Kg/Cm² $\quad f_{yd} = 3400$ Kg/Cm²

$f_b = 0.0156$ $\quad R_b = 0.327$

$d = 54$ Cm $\quad d' = 6$ Cm

$R = M_u / f_{cd}\, b\, d^2 = 1000 / 0.12 \times 40 \times 54^2 = 0.072 < R_b$

برگ‌آرماتور فشاری نیاز نیست.

$R = 0.072 \rightarrow \rho = 0.076$

$\beta = \rho f_{cd} / f_{yd} = 0.0027$

$\beta_{min} = 14 / f_y = 0.0035$ $\quad \beta < \beta_{min}$ $\quad \beta \rightarrow \beta_{min}$

$A_s = \beta_{min}\, b\, d = 7.6$ Cm²

Cb. $\quad a = 6.4$ Cm $\quad M_r = 13.1$ T-m $\quad 10 \times 0.0035 / 0.0027 = 13.0$ OK.

www.Mohandesyar.com

درس سازه‌های بتن آرمه — طرح تیرها با بتن و آرماتور مختلف — برگ شماره (4)

صفحه (3/3)

$f_y = 6000\ kg/cm^2$ ، $M_u = 50\ T\text{-}m$ ـ داده

$f_{cc} = 200\ kg/cm^2$ $\qquad f_{cd} = 120\ kg/cm^2$

$f_y = 6000$ $\qquad f_{yd} = 5100$

$\rho_b = 0.85^2 \times \frac{120}{5100} \times \frac{6300}{6300+6000} = 0.0087$

$\rho_b = \rho_b f_{yd}/f_{cd} = 0.0087 \times 5.1/0.12 = 0.37$

$R_b = \rho_b (1 - 0.59\,\rho_b) = 0.289$

$R = M_u/f_{cd}.b\,d^2 = 0.4 > R_b$

برگ‌ها آرماتور فشاری نیاز است.

$\rho - \rho' = \rho_b = 0.0087$

$\bar{A_s} = (\rho - \rho')\,b\,d = 17.4\ cm^2$

$M_1 = R_b f_{cd}\, b\, d^2 = 36.0\ T\text{-}m$

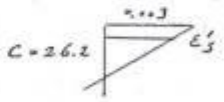
$M_2 = M_u - M_1 = 14.0\ T\text{-}m$

$A_s' = M_2/f_{yd}\,(d-d') = 6.1\ cm^2$

$(\rho-\rho')_{min} = 0.85^2 \times \frac{120}{5100} \times \frac{6}{51} \times \frac{6300}{6300-5100} = 0.0105 > \rho - \rho' = 0.0087$

آرماتور فشاری به جای نمی‌شود.

$\bar{A_s} = 17.8\ cm^2 \rightarrow a = 22.3\ cm$ ، $C = 26.2\ cm$



$\varepsilon_s' = (20.2/26.2) \times 0.003 = 0.0023$

$\varepsilon_{yd} = f_{yd}/E_s = 5.1/2100 = 0.0024 > 0.0023$

$\bar{A_s'} = A_s' \cdot \frac{\varepsilon_{yd}}{\varepsilon_s'} = 6.1 \times 0.0024/0.0023 = 6.4\ cm^2$

$A_s = \bar{A_s} + \bar{A_s'} = 17.8 + 6.4 = 24.2\ cm^2$

cb. $a = 22.25\ cm$ $\qquad M_r = 50.9\ T\text{-}m > 50.0$ OK.

$M_u = 80\ T\text{-}m$ ـ مرحله

$M_u = R_b f_{cd}\, b\, d^2 \rightarrow b\,d^2 = M_u/R_b f_{cd} = 8000/0.327 \times 40 = 20387\ cm^3$

$b = 40 \rightarrow d = 71.4$

$b = 50 \rightarrow d = 64 \rightarrow t = 73 \rightarrow 75\ cm$ $\qquad b \times t = 50 \times 75\ cm$

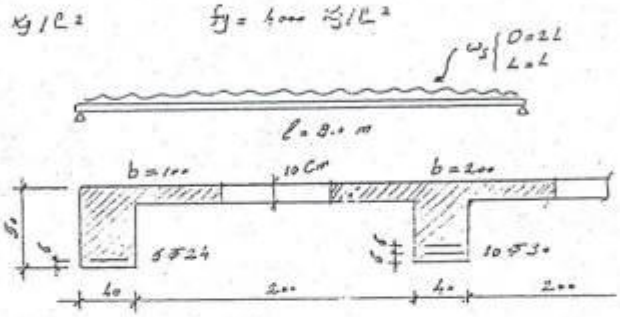
$A_s = \rho_b\, b\, d = 0.0156 \times 50 \times 64 = 51.5\ cm^2$

www.Mohandesyar.com

۱- مسقف با سیستم تیر - دال پوشانده شده است. تیرها بطور ساده روی تکیه‌گاه‌ها قرار گرفته‌اند و دهانه آزاد آن $\ell = 8.0\ m$ است. مسقف سقف به صورت شکل زیر است. تعیین کنید با حرکت تیرهای کناری و میانی چه باری در حد سربار می‌توان وارد کرد. ضرایب اطمینان موجود در طرح حرکت کدام تیر چه اندازه است؟

اگر در تیرهای کناری بجای $5\phi 24$ از $10\phi 30$ استفاده شود چه باری در حد سربار می‌توان بر تیر وارد کرد و در این حالت تنش‌های ایجاد شده در بتن و فولاد چه اندازه خواهند بود؟

$f_{cc} = 200\ Kg/Cm^2$ $\qquad f_y = 4000\ Kg/Cm^2$



$f_{cd} = 120\ Kg/Cm^2$ $\qquad f_{yd} = 3400\ Kg/Cm^2$

۱-۱- تیر کناری

الف - حد اکثر بار

$A_s = 5\phi 24 = 22.5\ Cm^2$ $\qquad d = 44\ Cm$

$$\begin{cases} b = b_0 + \ell/12 = 40 + 800/12 = 107\ Cm \\ b = b_0 + 6t_0 = 40 + 6\times 10 = 100 \\ b = b_0 + \ell_1/2 = 40 + 200/2 = 140 \end{cases} \longrightarrow b = 100\ Cm$$

$a = A_s f_{yd} / 0.85 f_{cd} b = 22.5 \times 3.4 / 0.85 \times 0.12 \times 100 = 7.5\ Cm < 10.0$

با مسلمین بزرگ سروکار داریم

$\rho - \rho' < \rho_{bb}$ ← نرمال فشنی بالانس

$M_r = A_s f_{yd} (d - a/2) = 22.5 \times 3.4 (44 - 7.5/2) = 30.8\ T\text{-}m$

$M_D = M_r = \frac{1}{8} w_D \ell^2 \longrightarrow w_D = 3.85\ T/m$

$w_D = 1.25 D + 1.5 L = 1.25 \times 2L + 1.5 L = 4L$

$L = w_D/4 = 0.96\ T/m$ $\qquad D = 2L = 1.92\ T/m$ $\qquad w_s = D + L = 2.88\ T/m$

www.Mohandesyar.com

ب - ضریب اطمینان

لحظه مقاوم — $M_S = \frac{1}{8} \omega_s \ell^2 = \frac{1}{8} \times 2.88 \times 8^2 = 23.1$ T-m

$a = A_s f_y / .85 f_{cc} b = 22.5 \times 4 / .85 \times .2 \times 100 = 5.3 < 10.0$ Cm

لحظه مقاوم — $M_n = A_s f_y (d - a/2) = 22.5 \times 4 (44 - 5.3/2) = 37.2$ T-m

$F.S. = M_n / M_S = 37.2 / 23.1 = 1.61$

۱-۲- تیر بتنی

الف - حد آبگیر

$A_s = 10 \phi 30 = 70.7$ Cm² $\qquad d = 41.0$ Cm

$$\begin{cases} b = .4\ell = .4 \times 800 = 320 \text{ cm} \\ h = b_0 + 16 t_0 = 40 + 16 \times 10 = 200 \\ b = b_0 + .5(\ell_1 + \ell_2) = 40 + 200 = 240 \end{cases} \longrightarrow b = 200 \text{ cm}$$

$a = A_s f_{yd} / .85 f_{cd} b = 70.7 \times 3.4 / .85 \times .12 \times 200 = 11.8$ Cm > 10.0 Cm

نتایج بیت تیر T شکل است.

$A_{sf} = .85 f_{cd} (b - b_0) t_0 / f_{yd} = .85 \times .12 \times 160 \times 10 / 3.4 = 48.0$ Cm²

$A_{sw} = A_s - A_{sf} = 70.7 - 48.0 = 22.7$ Cm²

$\rho_w = A_{sw} / b_0 d = 22.7 / 40 \times 41 = .0138 < 1.05 \rho_b = .164$

نرمال جاری می‌شود.

$M_f = A_{sf} f_{yd} (d - t_0/2) = 48 \times 3.4 (41 - 10/2) = 568.8$ T-m

$a_w = A_{sw} f_{yd} / .85 f_{cd} b_0 = 22.7 \times 3.4 / .85 \times .12 \times 40 = 18.9$ Cm

$M_w = A_{sw} f_{yd} (d - a/2) = 22.7 \times 3.4 (41 - 18.9/2) = 24.4$ T-m

$M_r = M_f + M_w = 568.8 + 24.4 = 83.2$ T-m

$M_u = M_r = \frac{1}{8} \omega_u \ell^2 \longrightarrow \omega_u = 10.4$ T/m $\longrightarrow \begin{cases} L = 2.6 \text{ T/m} \\ D = 5.2 \end{cases} \longrightarrow \omega_s = 7.8$ T/m

ب - ضریب اطمینان

$M_s = \frac{1}{8} \omega_s \ell^2 = \frac{1}{8} \times 7.8 \times 8^2 = 62.4$ T-m

$a = A_s f_y / .85 f_{cc} b = 70.7 \times 4 / .85 \times .2 \times 200 = 8.3 < 10.0$ Cm

$M_n = A_s f_y (d - a/2) = 70.7 \times 4 (41 - 8.3/2) = 104.2$ T-m $\qquad F.S. = \frac{104.2}{62.4} = 1.67$

www.Mohandesyar.com

۱-۳- ترکیب‌های ۱۰ ∅ ۳۰

الف - حداکثر بار

$A_s = 10 \phi 30 = 70.7\ cm^2$ $d = 41.0\ cm$

a) t_0 براساس تعادلات قبل

$A_f = 0.85 \times 0.12\ (100 - 40) \times 10 / 3.4 = 180\ cm^2$

$A_{sw} = 70.7 - 180 = -52.7\ cm^2$

$\rho_w = 52.7 / 40 \times 41 = 0.032 > 1.05\ \rho_b = 0.0164$

تعادلات براساس فرض جاری شدن فولاد صحیح نیستند و باید از روش کلی استفاده نمود.

$0.85 f_{cd} b_0 a + 0.85 f_{cd} (b - b_0) t_0 - A_s f_s = 0$

$f_s = E_s \cdot \varepsilon_s = E_s \cdot \frac{d-c}{c} \times 0.003 = 6.3\ \frac{41-c}{c}$

$0.85 \times 0.12 \times 40 \times 0.85 c + 0.85 \times 0.12\ (100 - 40) \times 10 - 70.7 \times 6.3\ \frac{41-c}{c} = 0$

$3.468 c^2 + 506.61 c - 18261.6 = 0 \rightarrow c = 29.9\ cm \quad a = 25.4$

$f_s = 6.3\ \frac{41 - 29.9}{29.9} = 2.34 < 3.4$

ch. $0.85 f_{cd} b_0 a = 103.6\ T$ ، $0.85 f_{cd} (b - b_0) t_0 = 61.2\ T$

$A_s f_s = 166.4\ T$ $103.6 + 61.2 = 164.8 \approx 165.4$ ok.

$M_f = 61.2\ (41 - 10/2) = 22.1\ T\text{-}m$

$M_w = 103.6\ (41 - 25.4/2) = 29.3$

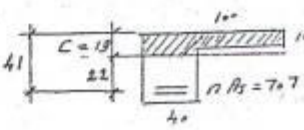
$M_r = 22.1 + 29.3 = 51.4\ T\text{-}m$

$M_u = M_r = \frac{1}{8} w_u \ell^2 \rightarrow w_u = 6.43\ T/m \rightarrow \begin{cases} L = 1.6\ T/m \\ D = 3.2 \end{cases}$ $w_s = 4.8\ T/m$

ب - تنش ترک در حد سرویس

$60 \times 10 (C - 5) + \frac{1}{2} \times 40 C^2 - 707 (41 - C) = 0$

$20 C^2 + 1307 C - 31987 = 0 \rightarrow C = 19.0\ cm$



$I_{cr} = \frac{1}{3} \times 40 \times 19^3 + \frac{1}{12} \times 60 \times 10^3 + 60 \times 10 \times 14^2 + 70.7 \times 22^2$

$I_{cr} = 5.56 \times 10^5\ cm^4$

$f_c = \frac{38.4 \times 10^5 \times 19}{5.56 \times 10^5} = 131.2\ Kg/cm^2 > \frac{1}{2} f_{cu}$. تنش کار در حد سرویس قابل قبول نیست $f_s = 10 \times \frac{38.4 \times 10^5 \times 22}{5.56 \times 10^5} = 1518$

www.Mohandesyar.com

درس سازه‌های بتن آرمه — طراحی تیرهای با مقطع T شکل — برگ شماره (5) — صفحه (5/15)

۲-۴- تیر کناری

$b = b_0 + \ell/12 = 50 + 1000/12 = 134$ Cm

$b = b_0 + 6t_0 = 50 + 6\times12 = 122$ → $b = 122 < 120$ Cm

$b = b_0 + \ell_1/2 = 50 + 125 = 175$

$M_u = 131.3$ T-m

$\bar{M} = 0.85 f_{cd}\, b\, t_0 (d - t_0/2) = 0.85\times0.12\times120\times12(61 - 12/2) = 650.8$ T-m

$M_u > \bar{M}$ → $a > t_0$

با مقطع تیر T شکل محاسبه می‌شود

$A_{sf} = 0.85 f_{cd}(b - b_0)\, t_0 / f_{yd} = 0.85\times0.12(120 - 50)\times12/3.4 = 25.2$ Cm²

$M_f = A_{sf}\cdot f_{yd}(d - t_0/2) = 25.2\times3.4(61 - 12/2) = 47.1$ T-m

$M_w = M_u - M_f = 131.3 - 47.1 = 84.2$ T-m

$R = M_w / f_{cd}\, b_0\, d^2 = 84.2/0.12\times50\times61^2 = 0.377 > R_b = 0.327$

$M_{w1} = R_b f_{cd}\, b_0 d^2 = 0.327\times0.12\times50\times61^2 = 73.0$ T-m

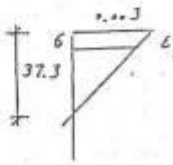
$M_{w2} = M_w - M_{w1} = 84.2 - 73.0 = 11.2$ T-m

$A_s' = M_{w2}/f_{yd}(d - d') = 1120/3.4(61 - 6) = 6.0$ Cm²

$\bar{A_s} = \rho_b\, b_0 d = 0.0156\times50\times61 = 47.6$ Cm²

$a = \bar{A_s} f_{yd}/0.85 f_{cd}\, b_0 = 47.6\times3.4/0.85\times0.12\times50 = 31.7$ Cm , $C = 37.3$

$\varepsilon_s' = \frac{31.3}{37.3}\times0.003 = 0.0025$



$\varepsilon_{yd} = 3.4/2100 = 0.0016 < 0.0025$

$A_{sw} = \bar{A_s} + A_s' = 47.6 + 6.0 = 53.6$

$A_s = A_{sf} + A_{sw} = 25.2 + 53.6 = 78.8$ Cm²

1250×84.8

$A_s' = 6.0$ Cm²

252×6.28

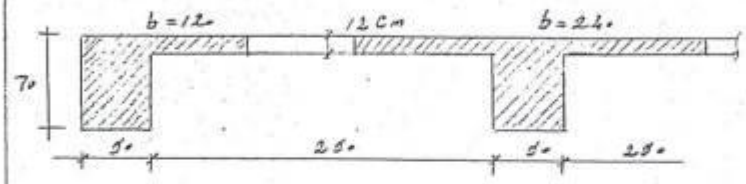
$\rho = A_s/b_0 d = 0.0258$, $\rho' = A_s'/b_0 d = 0.0197$, $\rho_f = A_{sf}/b_0 d = 0.0083$

$\rho_b = 0.0156$ $\rho_b + \rho_f + \rho' = 0.0258 = \rho$ ok.

www.Mohandesyar.com

۲- سقف با سیستم تیر-دال مطابق شکل زیر پوشانده شده است. تیرها بطور ساده روی تکیه‌گاه‌ها نشسته‌اند و بار هر متر طول آن‌ها $\begin{cases} D=6 \\ L=2 \end{cases}$ Tlm است. هر یک از تیرهای کناری علاوه بر بار گفته شده، بار دیوار خارجی نیز دارند. هر یک از تیرها را برای خمش طرح کنید.

$f'_c = 200$ Kg/Cm² $\qquad f_y = 4000$ Kg/Cm²



$f_{cd} = 120$ Kg/Cm² $\qquad f_{yd} = 3400$ Kg/Cm²

۲-۱- تیر میانی

$$\begin{cases} b = 0.4\,\ell_0 = 0.4 \times 1000 = 400 \text{ Cm} \\ b = b_0 + 16\,t_0 = 50 + 16 \times 12 = 242 \rightarrow b = 242 \simeq 240 \text{ Cm} \\ b = b_0 + 2s_0 = 300 \end{cases}$$

$t = 70$ Cm $\qquad d = 61$ Cm

$w_u = 1.25\,D + 1.5\,L = 1.25 \times 6 + 1.5 \times 2 = 10.5$ Tlm

$M_u = \frac{1}{8} w_u \ell^2 = \frac{1}{8} \times 10.5 \times 10^2 = 131.3$ T-m

$\bar{M} = 0.85\, f_{cd}\, b\, t_0 (d - t_0/2) = 0.85 \times 0.12 \times 240 \times 12 (61 - 12/2) = 161.6$ T-m

$M_u < \bar{M} \rightarrow a < t_0$ با حساب مقطع مستطیل شکل کار می‌کنیم

$R = M_u / f_{cd}\, b\, d^2 = 131300 / 0.12 \times 240 \times 61^2 = 0.123 \rightarrow \rho_0 = 0.134$

$\rho = 0.134 \times 0.12 / 3.4 = 0.0047$

$\rho_{min} = 14 / f_y = 0.0035 < \rho$

$A_s = \rho\, b\, d = 0.0047 \times 240 \times 61 = 70.3$ Cm²

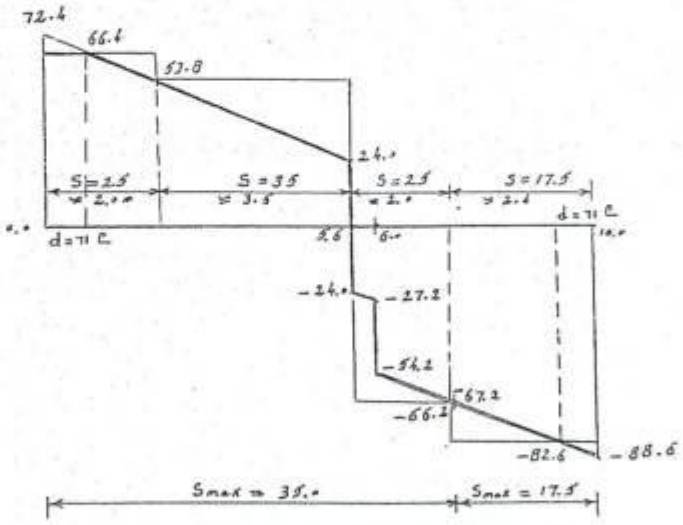
Ch.: $a = 3.8$ Cm $\qquad M_r = 134.0$ T-m > 131.3 ok. $\qquad 10\phi 30 = 70.7$ Cm²

www.Mohandesyar.com

درس سازه‌های بتن‌آرمه — طراحی تیر برای برش و پیچش — برگ شماره (6) — صفحه (217)

۶-۲- ترکیب بار در حالت حدی نهائی

$x =$	0.0	5.6	6.0	10.0	
$U_1 = 1.25O + 1.5L$	60.5	0	-4 (-27.2)	-37.8	-60.8	
$U_2 = 0.8(U_1 \pm 1.5E)$	72.4	24	-24 (-25.7)	-54.2	-88.6	← بحرانی حاکم کننده
$U_3 = 0.85O \pm 1.2E$	47.8	24	-24	-38.5	-55.5	
$V_U = U_2$	72.4	24	-24 (-27.2)	-54.2	-88.6	



دیاگرام برش در حالت حدی نهائی و ناحیه خاصت آ

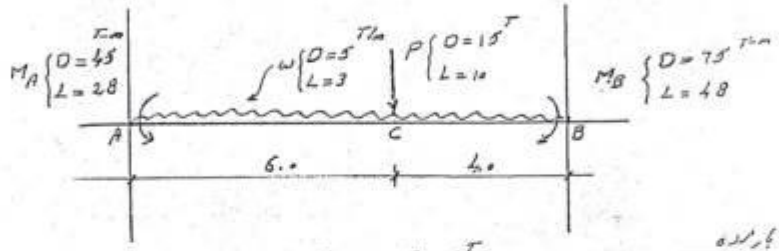
www.Mohandesyar.com

درس سازه‌های بتن آرمه — طراحی تیر برای برش و پیچش — برگ شماره (6)

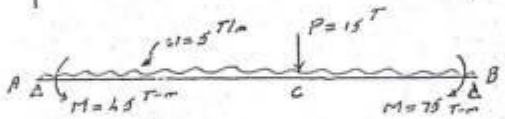
صفحه (1/7)

۱- تیر زیر قسمتی از یک تاب است که بارگذاری آن در حالات عادی نشان داده شده است. این تیر در هر یک از دو وقوع زلزله تحت اثر برش افقی $V_E = \pm 20^T$ قرار می‌گیرد. مقطع تیر راجع مستطیل با ابعاد 60×80 Cm است. تیر را برای برش طراحی کنید.

$f_{cc} = 200$ Kg/Cm² $\qquad f_y = 4000$ Kg/Cm²

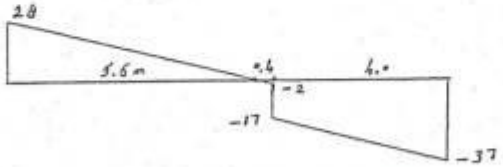


۱-۱- بار مرده

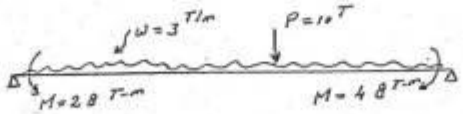


$A = (5 \times 10 \times 5 + 15 \times 4 + 45 - 75)/10 = 28^T$

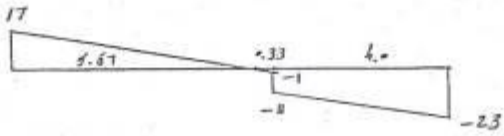
$B = (5 \times 10 \times 5 + 15 \times 6 + 75 - 45)/10 = 37$ $\rightarrow$ $A+B = 65^T$ $\quad T.L. = 65$ ok.



۱-۲- بار زنده



$A = 17^T$ $\qquad B = 23^T$ $\qquad A+B = 40^T$ $\qquad T.L. = 40^T$ ok.



www.Mohandesyar.com

برگ شماره (6)
صفحه (317)

درس سازه‌های بتن آرمه — طراحی تیر برای برش و پیچش

۱-۶- طراحی تیر

$f_{cd} = .6\, f_{cc} = 0.12\ T/C^2$ $\quad f_{yd} = .85\, f_y = 3.4\ T/C^2$ $\quad \begin{cases} b = 60\ Cm \\ d = 71 \end{cases}$

$v_{cc} = .63\sqrt{f_{cc}} = .63\sqrt{200} = 8.9\ Kg/C^2$

$v_{cd} = .6\, v_{cc} = .6 \times 8.9 = 5.3\ Kg/C^2$

$V_{cd} = v_{cd}\, b\, d = 5.3 \times 60 \times 71 = 22600\ Kg = 22.6\ T$

$3V_{cd} = 67.8\ T$ $\quad 5V_{cd} = 113.0\ T$

$V_U = 82.6$ $\quad 3V_{cd} < V_U < 5V_{cd} \rightarrow S_{max} = \frac{d}{4} = 17.5\ Cm$ مقطع قابل قبول است

$S_{max} = 17.5\ Cm \rightarrow A_{v\,min} = 3.5\, b\, S/f_y = 3.5 \times 60 \times 17.5/4000 = .92\ Cm^2$

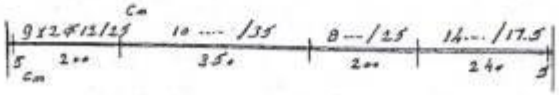
$T/y \quad 2\#12 \rightarrow A_v = 4 \times 1.13 = 4.52\ Cm^2$

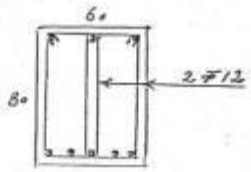
$V_U = V_{cd} + \frac{d}{S} A_v f_{yd}$

$82.6 = 22.6 + \frac{71}{S} \times 4.52 \times 3.4 \rightarrow S = 18.2\ Cm > 17.5 \rightarrow S = 17.5\ Cm$

$S = 17.5\ Cm$	$V_r = V_U = 85.0\ T$
$S = 25.0$	$= 66.2$
$S = 30.0$	$= 59.0$
$S = 35.0$	$= 53.8$

محل تغییر ناحیه این خاصیت که از یک نقطه تغییر در شکل لبه‌ها می‌شود.

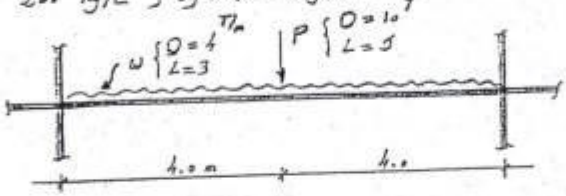


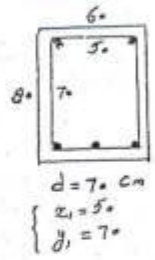


www.Mohandesyar.com

۲- تیر زیر قسمتی از تاب کناری یک سازه است که در پوشش سقف بکار برده شده است. این تیر در ترکیب بارگذاری عادی علاوه بر بارهای ثقلی داده شده، زیر اثر لنگر پیچش یکنواخت با شدت $t\{D=1.5^{T-m/m},\ L=1.5$ در کل طول خود قرار دارد. لنگرهای خمش منفی دو انتهای تیر مساویند. تیر را برای برش و پیچش طراحی کرده و خاموت گذاری کنید. مقطع تیر 60×80 Cm و $d=70$ Cm است.

$f_{cc}=200\ Kg/Cm^2$ و $f_y=4000\ Kg/Cm^2$





$U=1.25\,D+1.5\,L$

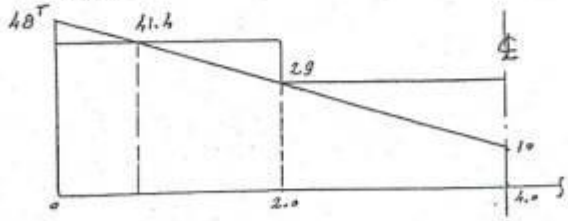
$w_u=1.25\times4+1.5\times3=9.5\ T/m$

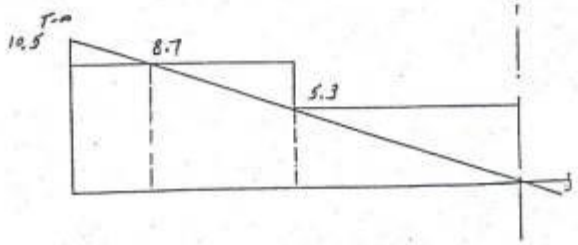
$P_u=1.25\times10+1.5\times5=20^T$

$t_u=1.25\times1.5+1.5\times0.5=2.625^{T-m/m}$

$R_A=R_B=\frac{1}{2}(9.5\times8+20)=48^T$

$T_A=T_B=\frac{1}{2}\times2.625\times8=10.5^{T-m}$





www.Mohandesyar.com

۱- لنگر پیچش ترک خوردگی

$$T_{cr} = 2\frac{A_c^2}{P_c} v_{cd}$$

$$v_{cd} = \phi_c v_{cc} = 0.6 \times 0.63\sqrt{f_{cc}} = 5.3 \ Kg/Cm^2$$

$$T_{cr} = 2\frac{(50\times80)^2}{2(60+80)} \times 5.3 = 8.7\times10^5 \ Kg-Cm = 8.7 \ T-m$$

$$0.25\,T_{cr} = 2.2 \ T-m$$

$T_{u\,max} = 8.7 \ T-m$ $\quad T_{u\,max} > 0.25\,T_{cr}$ طراحی برای پیچش لازم است.

۲- کنترل مقطع برای ترکیب برش و پیچش

$$\frac{V_u}{bd} + \frac{T_u P_h}{A_{oh}^2} \le 0.25 f_{cd} \qquad f_{cd} = 0.6\times2m = 120 \ Kg/Cm^2$$

$$A_{oh} = 50\times70 = 3500 \ Cm^2$$

$$P_h = 2(50+70) = 240 \ Cm$$

$$\frac{41.1\times10^3}{60\times70} + \frac{8.7\times10^5\times240}{3500^2} = 9.86 + 17.04 = 27.90 < 0.25\times120$$

مقطع کافی است و نیاز به تغییر ندارد.

۳- طراحی برای برش و پیچش

۳-۱- میلگرد کمکی

الف- برش

$$V_u = 41.4^T$$

$$V_u = V_{cd} + V_s$$

$$V_{cd} = v_{cd} \cdot b\,d = 5.3\times60\times70 = 22260 \ Kg = 22.3^T$$

$$V_s = V_u - V_c = 41.4 - 22.3 = 19.1^T$$

$$V_s = A_v f_{yd} d/s \qquad f_{yd} = 0.85\times4.0 = 3.4 \ T/Cm^2$$

$$A_v/s = V_s / f_{yd}\cdot d = 19.1/3.4\times70 = 0.08$$

$V_u < 3\,V_{cd} \longrightarrow S_{max} = d/2 = 35 \ Cm$

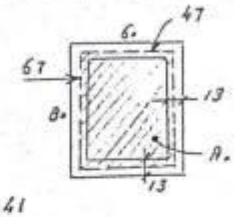
www.Mohandesyar.com

ب- پیچش

$T_u = 8.7^{T-m}$

$t_c = .75 \frac{A_c}{P_c} = .75 \times \frac{60 \times 80}{2(60+80)} = 12.9 \simeq 13\ Cm$

$A_o = 47 \times 67 = 3149 \qquad (A_o/A_{oh} = .9)$



$T_u = 2 A_o A_t f_{yd} / S$

$A_t/S = T_u / 2 A_o f_{yd} = 8.7 \cdot / 2 \times 3149 \times 3.4 = .041$

$S_{max} = P_h/8 = 240/8 = 30\ Cm$

ج- برش و پیچش

$A_v/S = .08$

$A_t/S = 0.041$

$A_v + 2A_t = .162\ S$

$S = 30\ Cm \qquad A_v + 2A_t = 4.86\ Cm^2 \rightarrow 2\phi 18$ (تک‌شاخه)

$S = 20 \qquad " = 3.24 \rightarrow 2\phi 16$ (تک‌شاخه)

$S = 15 \qquad " = 2.43 \rightarrow 2\phi 14$ (تک‌شاخه)
$\simeq 2.025 \rightarrow 2\phi 12$

$S = 12.5$ اگر خاموت انتخاب شود $\phi 12$ است. $2A_3 = 2.26$ برای S داریم:

$S = 2.26 / .162 = 14\ Cm \rightarrow S = 12.5\ Cm$

بنابراین دیگر کار لازم نیست. $\phi 12 / 12.5\ Cm$ مناسب است.

$(A_v + 2A_t)_{min} = 3.5\ bS/f_y = 3.5 \times 60 \times 12.5 / 4000 = .66 < 2.26$ ✓

آرماتور طولی

$A_l = A_t \frac{P_h}{S} = \frac{A_t}{S} P_h$

$A_l = .041 \times 240 = 9.8 \simeq 10\ Cm^2$

www.Mohandesyar.com

طراحی تیر برای برش و پیچش

درس سازه‌های بتن‌آرمه

۳-۱- مثال دوم

الف- برش

$V_U = 29.0^T$

$V_S = 29.0 - 22.3 = 6.7^T$

$A_v/S = 6.7 / 3.4 \times 70 = 0.028$

ب- پیچش

$T_U = 5.3\ T\text{-}m$

$A_t/S = 53./2 \times 3143 \times 3.4 = 0.025$

ج- برش و پیچش

$A_v/S = 0.028$

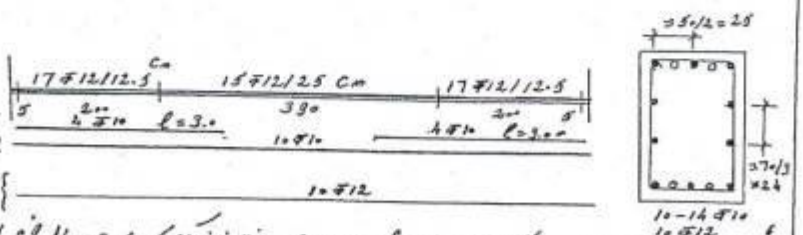
$A_t/S = 0.025$

$A_v + 2A_t = 0.078\ S$

$A_v + 2A_t = 2.26 \rightarrow S = 2.26/0.078 = 29\ Cm \rightarrow S = 25\ Cm$

آرماتور طولی

$A_l = \frac{A_t}{S} P_h = 0.025 \times 240 = 6.0\ Cm^2$

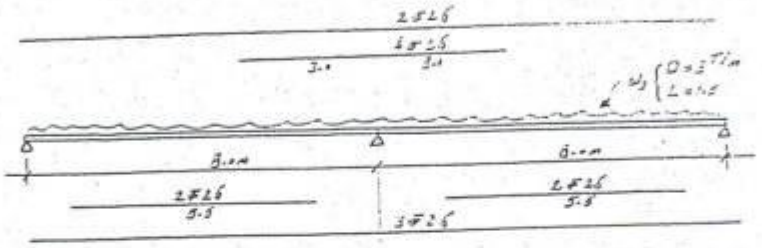


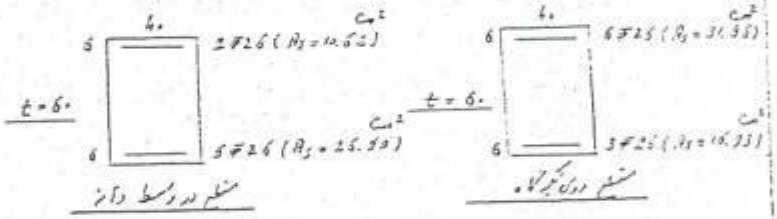
برای آرماتور طولی حداقل ۱۰ میلگرد لازم است تا $S \leq 30^{Cm}$ باشد (نقشه فنی تیر آرماتورهای طولی فشار را نادیده گرفته‌ایم). در میلگرد دوم باید ۱۰ Ø10 بکار برد ($10 \text{Ø} 10 = 7.9^{Cm^2}$) در میلگرد اول ۱۴ Ø10 ($14 \text{Ø} 10 = 11.0^{Cm^2}$) در میلگردهای اول با میلگردهای سایر شکل اضافه می‌شوند. تعریف خرپا ۱۰ Ø12 بکار برده‌ایم.

www.Mohandesyar.com

درس سازه‌های بتن آرمه ـــــ کنترل تیر از لحاظ خیز و ترک خوردگی

تیر زیر دارای تیر در شرایط سازه‌ای زیر از بار گسترده $w_D = 3\ T/m$ و $w_L = 1.5$ قرار دارد. آرماتورگذاری در طول تیر مطابق شکل زیر است. خیز کل آنی و درازمدت تیر را محاسبه کرده و با ضوابط آیین‌نامه کنترل نمایید. همچنین ترک خوردگی در تیر را نیز مورد کنترل نمایید.

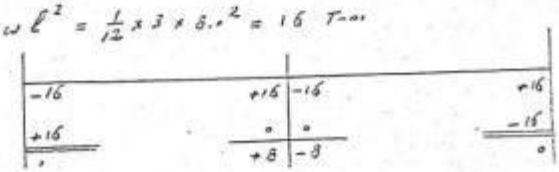


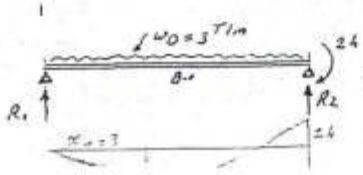


۱- لنگرهای خمشی تیر

الف - بار مرده

$$M_F = \frac{1}{12} w \ell^2 = \frac{1}{12} \times 3 \times 8.0^2 = 16\ T\text{-m}$$





$R_1 = 8.0^T$ $R_2 = 12.0^T$ $\Sigma R = 24.0^T$

$x_m = R_1/w_D = 3.0\ m$

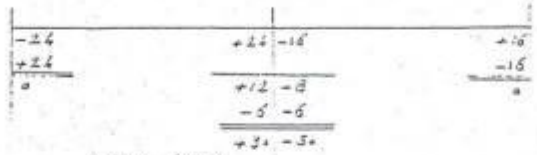
$M^+ = 12.5\ T\text{-m}$

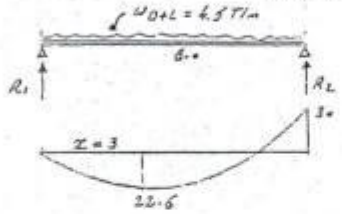
www.Mohandesyar.com

درس سازه‌های بتن آرمه — کنترل خیز برای اعضای در حال خوردگی

ب - تیر با بار گسترده

$M_{F_1} = \frac{1}{12} \times 4.5 \times 8.0^2 = 24$ T-m $M_{F_2} = \frac{1}{12} \times 3 \times 8.0^2 = 16$ T-m





$R_1 = 14.25^T$ $R_2 = 21.75$ $\Sigma R = 36.0$

$x_m = 14.25 / 4.5 = 3.17$ m ≈ 3.0 m

$M^+_{x=3} = 22.6$ T-m

۱- تعیین I_g و I_{cr} و M_{cr}

الف - در وسط دهانه

$I_g = \frac{1}{12} b t^3 = \frac{1}{12} \times 40 \times 60^3 = 7.2 \times 10^5$ Cm⁴

$f_r = 2\sqrt{f_{cc}} = 2\sqrt{200} = 28.3$ Kg/Cm²

$M_{cr} = f_r \cdot I_g / y_t = 28.3 \times 7.2 \times 10^5 / 30 = 6.8 \times 10^5$ Kg-Cm $= 6.8$ T-m

$\frac{1}{2} \times 40 C^2 + 9 \times 10.62 (C-6) - 10 \times 26.55 (54 - C) = 0$

$20 C^2 + 361.1 C - 14910.9 = 0$ $C = 19.73$ Cm

$I_{cr} = \frac{1}{3} \times 40 \times 19.73^3 + 9 \times 10.62 (19.73 - 6)^2 + 10 \times 26.55 (54 - 19.73)^2 = 4.3 \times 10^5$ Cm⁴

ب - در دهانه گیرداری

$I_g = 7.2 \times 10^5$ Cm⁴ $M_{cr} = 6.8$ T-m

$\frac{1}{2} \times 40 C^2 + 9 \times 15.93 (C-6) - 10 \times 31.86 (54 - C) = 0$

$20 C^2 + 462.0 C - 13.64.6 = 0$ $C = 20.65$ Cm

$I_{cr} = \frac{1}{3} \times 40 \times 20.65^3 + 9 \times 15.93 (20.65 - 6)^2 + 10 \times 31.86 (54 - 20.65)^2 = 5.1 \times 10^5$ Cm⁴

www.Mohandesyar.com

بررسی سازه‌ای بتن آرمه — کنترل پژوه برای انتاژگی و ترک خوردگی

۴- تعیین I_e

الف - تیر پیرامونه

$$I_e = I_{cr} + (I_g - I_{cr})\left(M_{cr}/M_{max}\right)^3$$

$I_{em} = 4.3 + (7.2 - 4.3)(6.8/13.5)^3 = 4.7$ $\quad I_{em} = 4.7 \times 10^{-3}\ Cm^4$

$I_{eR} = 5.1 + (7.2 - 5.1)(6.8/24)^3 = 5.1$ $\quad I_{eR} = 5.1 \times 10^{-3}$ "

$I_e = \frac{1}{3}(2 I_{em} + I_{eR}) = 4.8$ $\quad I_e = 4.8 \times 10^{-3}$ "

ب - تیر پیرامونه وزنه

$I_{em} = 4.3 + (7.2 - 4.3)(6.8/22.6)^3 = 4.4$ $\quad I_{em} = 4.4 \times 10^{-3}\ Cm^4$

$I_{eR} = 5.1 + (7.2 - 5.1)(6.8/30.0)^3 = 5.1$ $\quad I_{eR} = 5.1 \times 10^{-3}$ "

$I_e = \frac{1}{3}(2 \times 4.4 + 5.1) = 4.6$ $\quad I_e = 4.6 \times 10^{-3}$ "

۵- تعیین افتادگی

الف - افتادگی آنی

$$\Delta = \frac{5}{384}\frac{\omega \ell^4}{EI} - \frac{1}{10}\frac{M\ell^2}{EI}$$

$\Delta_{DI} = \left[5 \times 3 \times 8 \times 800^3/384 - 2400 \times 800^2/16\right]/210 \times 4.8 \times 10^3 = 0.63\ Cm$

$\Delta_{(D+L)I} = \left[5 \times 4.5 \times 8 \times 800^3/384 - 3000 \times 800^2/16\right]/210 \times 4.6 \times 10^3 = 1.24$

$\Delta_{LI} = 1.24 - 0.63 = 0.61\ Cm$

ب - افتادگی درازمدت

$\Delta_\ell = (1+\lambda)\Delta_{DI} + \Delta_{LI}$

$\lambda = \frac{\xi}{1 + 50\rho'} = \frac{2.0}{1 + 50\rho'}$

$\rho'_m = 0.005 \rightarrow \lambda_m = 1.60$ $\quad \rho'_R = 0.0075 \rightarrow \lambda_R = 1.46$

$\lambda = \frac{1}{3}(2 \times 1.60 + 1.46) = 1.55$

$\Delta_\ell = (1 + 1.55) \times 0.63 + 0.61 = 2.22\ Cm$

۶- کنترل افتادگی - مقایسه با کنترل

$\Delta_{LI} = 0.61\ Cm$ $\quad \Delta_{LI}/\ell = 0.61/800 = 1/1310 < 1/360$ OK.

OK.

$\Delta_{LI} + \lambda \cdot \Delta_{DI} = 0.61 + 1.55 \times 0.63 = 1.59\ Cm \rightarrow \Delta/\ell = 1.59/800 = 1/503 < 1/240$

www.Mohandesyar.com

۶- کنترل ترک خوردگی

الف - محاسبه عرض ترک

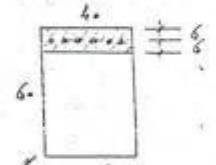
$$w = 13 \times 10^{-4} f_s \sqrt[3]{d_c \cdot A}$$

برای محاسبه $f_{s\,max}$ باید گشتاور ناشی از بیشترین بارگذاری (حداکثر) که تیر در حالتی که بهره‌برداری با بار زنده بارگذاری شده باشد محاسبه کرد:

$$M^- = (4.813) \times 24 = 36 \ T\cdot m$$

$$f_s = n \cdot M \cdot (d-c) / I_{cr}$$

$$f_s = 10 \times 36 \times 10^3 (54 - 20.69) / 3.1 \times 10^5 = 2386 \ Kg/Cm^2 = 2.386 \ T/Cm^2$$



بتن لازم برای یک میلگرد

$$A = (40 \times 12 - 31.86) / 6 = 74.7 \ Cm^2$$

$$d_c = 6.0 \ Cm$$

$$w = 13 \times 10^{-4} \times 2.386 \times \sqrt[3]{6.0 \times 74.7} = 0.024 \ Cm$$

ب - کنترل عرض ترک

$$w_{max} = 0.035 \ Cm$$

$w < w_{max}$ ok

عرض ترک قابل قبول است.

چنانچه فرض کنیم بجای یک عدد میلگرد، یک عدد میلگرد با سطح مقطع معادل $A_s = 31.86 \ Cm^2$ بکار برده

$$A = (40 \times 12 - 31.86) / 1 = 448.1$$

$$w = 13 \times 10^{-4} \times 2.386 \times \sqrt[3]{6 \times 448.1} = 0.043 \ Cm$$

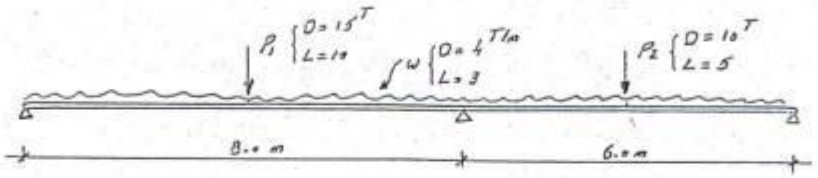
$w > w_{max}$ N.G.

عرض ترک قابل قبول نیست.

www.Mohandesyar.com

درس سازه‌های بتن آرمه — کار با نرم‌افزارهای در تیرها - پیوستگی — برگ شماره (8)
صفحه (1/7)

تیر دو دهانه زیر تحت اثر بارهای سرویس دو نقطه است. مقطع تیر را تعیین کرده و آرماتور برای خمش طراحی کنید.
$f'_{cc} = 200\ kg/cm^2$ $\quad f_y = 4000\ kg/cm^2$. کوه آرماتورگذاری تیر را محاسبه کرده و رسم نمایید.



۱- رسم دیاگرام نیروی خمش در حد نهائی

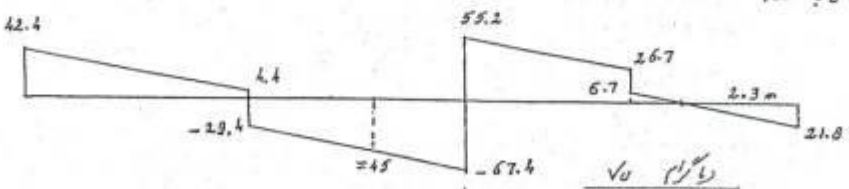
$U = 1.25\,D + 1.5\,L$

$w_u = 1.25 \times 4 + 1.5 \times 3 = 9.5\ T/m$

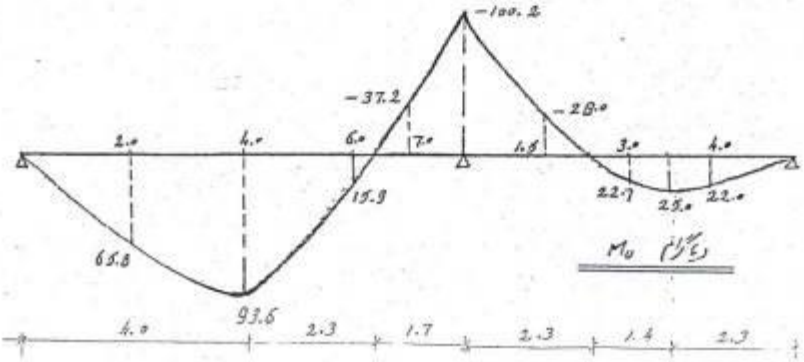
$P_{1u} = 1.25 \times 15 + 1.5 \times 10 = 33.75\ T$

$P_{2u} = 1.25 \times 10 + 1.5 \times 5 = 20.0\ T$

دیاگرام‌های نیروی برش و نیروی خمش در حد نهائی، بدون در نظر گرفتن تغییرات بار زنده روی دهانه‌ها به صورت زیر می‌باشند:



دیاگرام V_u



دیاگرام M_u

www.Mohandesyar.com

۱- انتخاب مقطع تیر و تعیین آرماتور

$f_{cc} = 200 \rightarrow f_{cd} = 120\ kg/cm^2$

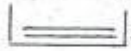
$f_y = 4000 \rightarrow f_{yd} = 3600$ "

مقطع برای لنگر خمشی حداکثر $M_u^- = 100.2\ T\text{-}m$ انتخاب می‌شود:

$M_u = R_b\, f_{cd}\, b\, d^2$ $R_b = 0.327$

$b d^2 = 100.20 / 0.327 \times 0.12 = 255352\ cm^3$

$b = 60\ cm \rightarrow d = 65.2 \rightarrow d = 70$ ، $t = 80$



مقطع 60×80 انتخاب می‌شود، $d = 70\ cm$.

$M_u^- = 100.2\ T\text{-}m$

$R = 100.20 / 0.12 \times 60 \times 70^2 = 0.284 \rightarrow \rho = 0.361$ ، $\beta = 0.128$ ، $A_s = 53.8\ cm^2$

$A_s = 12\phi 24 = 54.0\ cm^2$

Ch. $a = 3.0\ cm$ $M_r = 101.0\ T\text{-}m$

M_u^+

(a) $\ell = 8.00\ m$

$M_u = 93.6\ T\text{-}m$ $R = 0.266 \rightarrow \rho = 0.331$ ، $\beta = 0.12$ ، $A_s = 50.4\ cm^2$

$A_s = 12\phi 24 = 54.0\ cm^2$ $M_r = 101.0\ T\text{-}m$

(b) $\ell = 6.00\ m$

$M_u = 25.0\ T\text{-}m$ $R = 0.071 \rightarrow \rho = 0.075$ ، $\beta = 0.027 < \beta_{min} = 0.035$

$\beta_{min} = 14 / f_y = 0.0035$ $\beta = \beta_{min}$ $A_s = 14.7$

$A_s = 4\phi 24 = 18.0\ cm^2$

Ch. $a = 10\ cm^2$ $M_r = 33.8\ T\text{-}m$

www.Mohandesyar.com

درس سازه‌های بتن آرمه — کاربا تورگذاری در تیرها - پیوستگی — برگ شماره (8)

صفحه (3/7)

۴- طول گیرائی وکنش

$\ell_d = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \ell_{db}$

$\ell_{db} = d_b f_y / 4 f_b$

$f_b = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot f_{bd}$

$f_{bd} = f_{bm} = 2.1 \sqrt{f_{cc}} = 29.7 \ Kg/Cm^2$ $\quad d_b = 24^{mm} \angle 25$

$\lambda_2 = 1.0$

$\lambda_1 = \begin{cases} 1.0 \rightarrow f_b = 29.7 \ Kg/Cm^2 & S_b \geq 3d_b \\ .6 \rightarrow f_b = .6 \times 29.7 = 17.8 & S_b < 3d_b \end{cases}$ فاصله میلگردها از یکدیگر

$\ell_{db} = \begin{cases} 2.4 \times 4000 / 4 \times 29.7 = 80 \ Cm & S_b \geq 3d_b \\ 134 \rightarrow 135 & S_b < 3d_b \end{cases}$

$K_2 = K_3 = 1.0$ $\qquad K_1 = \begin{cases} 1.0 & \text{میلگردهای زیر} \\ 1.3 & \text{رو} \quad " \end{cases}$

ℓ_d

$S_b \geq 3d_b$	$\ell_d = 80 \ Cm$: میلگردزیر	میلگردرو $\ell_d = 1.3 \times 80 = 105$
$S_b < 3d_b$	$\ell_d = 135$ "	$\ell_d =$ 175 "

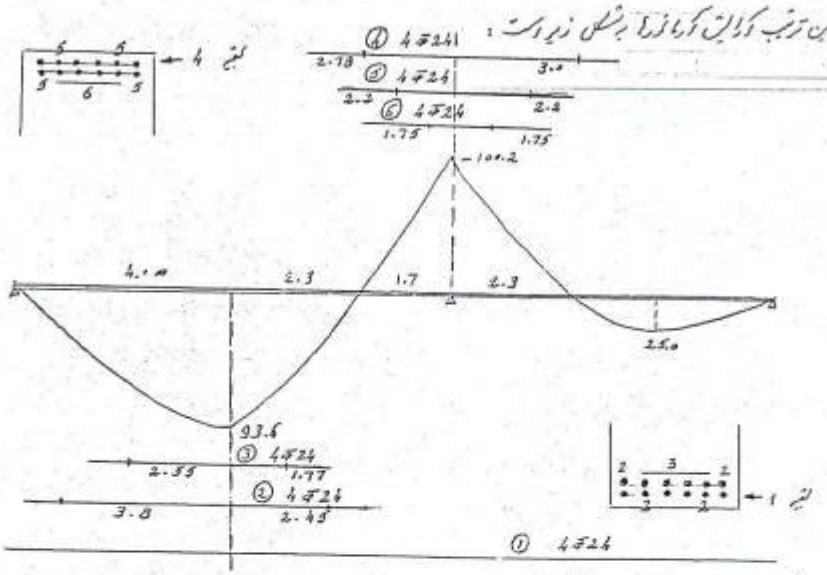
۴- کاربا تورگذاری

۴-۱- کاربا تورهای مثبت باید باندازه 1/3 یا 1/4 تا روی تکیه‌گاه ساده یا پیوسته ادامه یابند. در اینجا توجه به اینکه دهانه $\ell = 6.00$ و $4\phi 24$ نیازمند، تبصره $4\phi 24$ سراسر تیر ادامه پیدا کند و 8 میلگرد باقیمانده در دو ردیف جداگانه قطع شوند

۴-۲- کاربا تورهای منفی باید باندازه 1/3 از محل تقاطع محور دیاگرام لنگرخمشی فراتر روند. بنابراین 4 میلگرد از این محل فراتر برده میشود و 8 میلگرد باقیمانده در دو ردیف جداگانه قطع میشوند

www.Mohandesyar.com

با این ترتیب آرماتورگذاری تیر بشکل زیر است :



فاصله شکیدگی در حالت عادی از یکدیگر :

در جهت افقی : $S_b = (60 - 2\times 6.0 - 6\times 2.4)/5 = 6.72\ Cm \quad \angle\ 3d_b = 7.2\ Cm$

در جهت قائم : $6 - 2.4 = 3.6\ Cm \quad \angle\ 3d_b$

۴-۳- قطع میلگردها

۴-۳-۱- میلگردهای مثبت

الف - قطع شده ③ : در این گروه $S_b < 3d_b$ است بنابراین $\ell_d = 135\ Cm$ است .

$A_s = 8\Phi 24 = 36\ Cm^2$

$a = A_s f_{yd} / .85 f_{cd} b = 36\times 3.4 / .85\times .12\times 60 = 20\ Cm$

$Mr = A_s f_{yd}(d - a/2) = 36\times 3.4(70 - 20/2) = 73.5\ T\text{-}m$

$\alpha_L = \sqrt{1 - Mr/M_0}\ \ell = \sqrt{1 - 73.5/93.6}\times 4.0 = 1.85^m \quad \bar{\alpha}_L = \alpha_L + d = 2.55^m > \ell_d$ ✓

$\alpha_R = \sqrt{1 - 73.5/93.6}\times 2.3 = 1.07 \quad \bar{\alpha}_R = \alpha + d = 1.77 > \ell_d$ ✓

توجه شود در رابطه $\bar{\alpha}$ مقدار $12d_b$ از d است .

www.Mohandesyar.com

ب- قطع شده ② : در این گروه ناحیه نزدیک‌ترین میلگرد از یک میلگرد $S_b = \sqrt{6.72^2 + 3.6^2} = 7.6\ cm$ است

$S_b > 3d_b$ است. بنابراین $\ell_d = 80\ cm$ است.

$A_s = 4 \phi 24 = 18\ Cm^2$

$d = 10\ Cm \qquad Mr = 39.8\ T\text{-}m$

$\alpha_L = \sqrt{1 - 39.8/93.6} \times 4.0 = 3.1 \qquad \bar{\alpha}_L = \alpha_L + d = 3.8\ m$

ناحیه‌ی قطع از محل که میلگردهای گروه ③ مورد نیاز نیستند :

$\bar{\alpha}_L - \alpha_{L③} = 3.8 - 1.85 = 1.95 > \ell_d = 0.8$ ✓ $\rightarrow \bar{\alpha}_L = 3.8\ m$

$\alpha_R = \sqrt{1 - 39.8/93.6} \times 2.3 = 1.75 \qquad \bar{\alpha}_R = \alpha_R + d = 2.45\ m$

$\bar{\alpha}_R - \alpha_{R③} = 2.45 - 1.07 = 1.38 > \ell_d = 0.8$ ✓ $\rightarrow \bar{\alpha}_R = 2.45\ m$

۴-۲-۲- میلگردهای وسطی

الف- قطع شده ⑥ : در این گروه $S_b < 3d_b$ است بنابراین $\ell_d = 175\ cm$ است.

$A_s = 8 \phi 24 = 36\ Cm^2 \qquad A_s' = 0 \qquad Mr = 73.5\ T\text{-}m$

$\alpha_L = (1 - Mr/M_0)\ell = (1 - 73.5/100.2) \times 1.7 = 0.45 \qquad \bar{\alpha}_L = \alpha_L + d = 1.15 < \ell_d$

$\bar{\alpha}_L = \ell_d = 1.75\ m$

$\alpha_R = (1 - 73.5/100.2) \times 2.3 = 0.62 \qquad \bar{\alpha}_R = 1.32 < \ell_d \qquad \bar{\alpha}_R = \ell_d = 1.75$

ب- قطع شده ⑤ : در این گروه $S_b > 3d_b$ است، بنابراین $\ell_d = 105\ cm$ است.

$A_s = 4 \phi 24 \qquad A_s' = 0 \qquad Mr = 39.8\ T\text{-}m$

$\alpha_L = (1 - 39.8/100.2) \times 1.7 = 1.03 \qquad \bar{\alpha}_L = 1.73$

$\bar{\alpha}_L - \alpha_{L⑤} = 1.73 - 0.45 = 1.28 > \ell_d = 1.05$

با پایان نقطه قطع این گروه می‌آمد $\bar{\alpha}_L = 1.73 < 1.75$ باشد، ولی از آنجا که نقطه قطع آرماتورهای گروه قبل نیز در همین نقطه است و فاصله این میلگرد با هم نزدیک می‌شود (یعنی $S_b < 3d_b$ می‌شود) بنابراین $\ell_d = 175\ cm$ در نظر گرفته شود. در اینصورت :

$\bar{\alpha}_L = 0.45 + 1.75 = 2.2\ m$

$\alpha_R = (1 - 39.8/100.2) \times 2.3 = 1.39 \qquad \bar{\alpha}_R = 2.08$

$\bar{\alpha}_R - \alpha_{R⑤} = 2.08 - 1.39 = 1.69 > \ell_d = 1.05$ ✓

بنابراین $\bar{\alpha}_R = 2.2$ در نظر شود.

www.Mohandesyar.com

۳- قطع گروه ④ : در این گروه با تقریب خوبی میلگرد $5d_b > 3d_b$ دارد و $\ell_d = 1.05$ را گرفت.

$x_L = 1.7$ $\quad \ell/16 = 8.00/16 = 0.50 < d = 0.70$ $\quad \bar{x}_L = x_L + d = 2.4$ m

$\bar{x}_L - x_{L④} = 2.4 - 1.03 = 1.37 > \ell_d = 1.05$ ✓

$\bar{x}_L$ می‌تواند 2.4 m باشد. ولی این مقدار به خطر گروه قبل نزدیک است. بنابراین $\ell_d = 1.75$ گرفته شود.

$\bar{x}_L = 1.03 + 1.75 = 2.78 > 2.4$ ✓

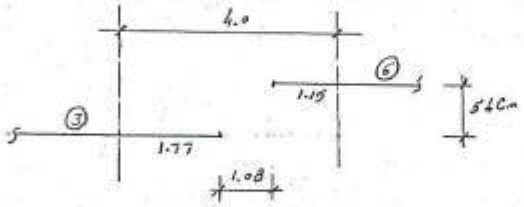
$x_R = 2.3$ $\quad \bar{x}_R = x_R + d = 3.0$

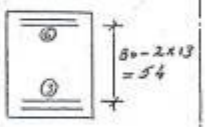
$\bar{x}_R - x_{R④} = 3.0 - 1.38 = 1.62 > \ell_d = 1.05$ ✓

$\bar{x}_R = 3.0$

با صدر حس قطع از گروه قبل خوبت.

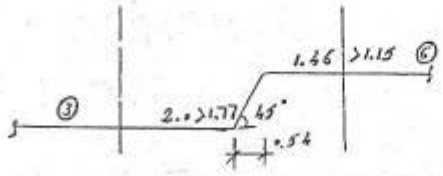
۴-۳-۴- امکان اتصال دو گروه ③ و ⑥ - خم کردن میلگردها





اگر میلگردهای ③ تحت زاویه 45° خم شوند به ناصله 0.54 m نیاز دارند تا به بالا برسند $0.54 < 1.08$

پس می‌توان این دو را به هم متصل نمود.



۴-۳-۴- کنترل بوسکن در نزدیک تکیه‌گاه

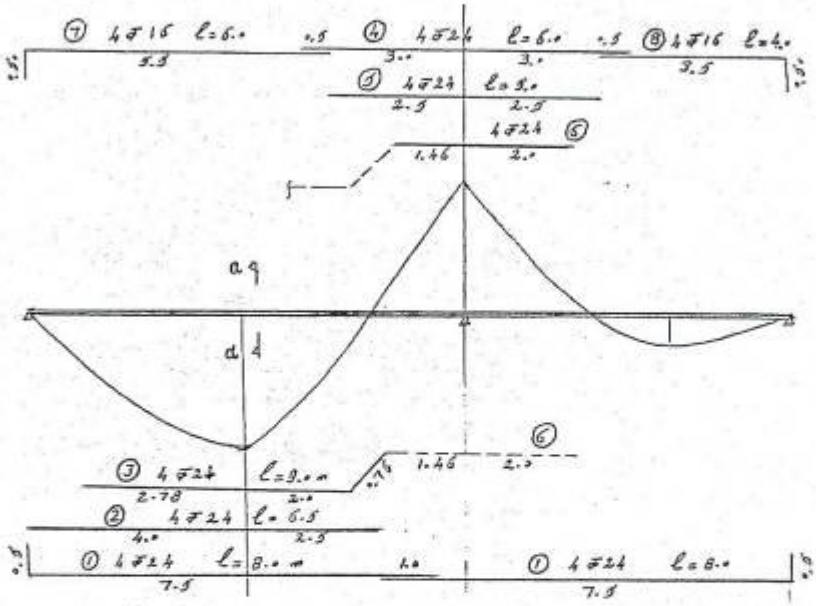
$A_s = 4 \phi 24$ $\quad M_r = 39.8$ T-m $\quad V_u = 42.4$

$\frac{M_r}{V_u} = \frac{39.8}{42.4} = 0.94 > \ell_d = 0.8$ m

در لبه تکیه‌گاه $\ell_d < 1.3 \frac{M_r}{V_u} = 1.22$ در لبه $M = 0$ و $V_u = 45^T$ است و رابطه $\frac{M_r}{V_u} + d > \ell_d$ برقرار است.

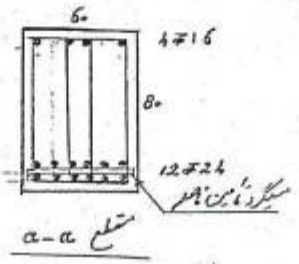
www.Mohandesyar.com

۴ـ۴ـ شکل نهائی آرماتورگذاری



در زیر هر میلگرد 4⌀24 در جائی که امکان وجود ندارد، طول برش ℓ_d = ℓ_d باید باشد = ℓ_d + ۱۰ انتخاب شده است.

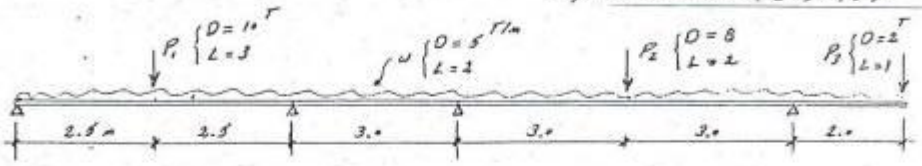
در بالای تیر آرماتور در سراسر طول تیر نداشت. برای نگرفتن خاموت، آرماتور لازم است. از ۴⌀16 برای این منظور استفاده شده است.



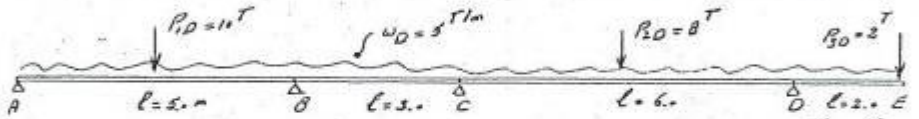
مقطع a-a

www.Mohandesyar.com

تیر سراسری زیر تحت اثر بارهای مرده و زنده است. با روش توزیع گشتاورها گشتاورهای خمشی تیر را در محل تکیه‌گاه‌ها و وسط دهانه‌ها محاسبه کنید.



۱- دیاگرام گشتاور ناشی از بار مرده D



گشتاورهای گیرداری

$F_{AB} = -\frac{1}{12}\times 5\times 5^2 - \frac{1}{8}\times 10\times 5 = -16.7$ T-m

$F_{BA} = +16.7$

$F_{BC} = -\frac{1}{12}\times 5\times 3^2 = -3.8$ T-m

$F_{CB} = 3.8$

$F_{CD} = -\frac{1}{12}\times 5\times 6^2 - \frac{1}{8}\times 8\times 6 = -21.0$

$F_{DC} = 21.0$

$F_{DE} = -\frac{1}{2}\times 5\times 2^2 - 2\times 2 = -14.0$

ضرایب پخش ممان

$D_{BA} = 3/(5+3) = .38$

$D_{BC} = .62$

$D_{CB} = 6/(3+6) = .67$

$D_{CD} = .33$

گشتاورهای ناشی از پخش و توزیع آنها

1.0	.38	.62	.67	.33	1.0	
-16.7	+16.7	-3.8	+3.8	-21.0	+21.0	-14.0
				عمل پخش گشتاور		
0.0	14.8	-14.8	15.9	-15.9	14.0	-14.0
R=14.8 T	2.5	7.1	7.9	13.3	18.7	12

$\Sigma R = 35.0$ T ✓ $\quad \Sigma R = 15$ ✓ $\quad \Sigma R = 38$ ✓ $\quad \Sigma R = 12$ ✓

$M_{1.25} = 14.2$ T-m

$M_{2.5} = -9.8$

$M_{1.5} = 7.4$

$14.8 - 7.4 = 7.4$

$13.75 = 6.1$

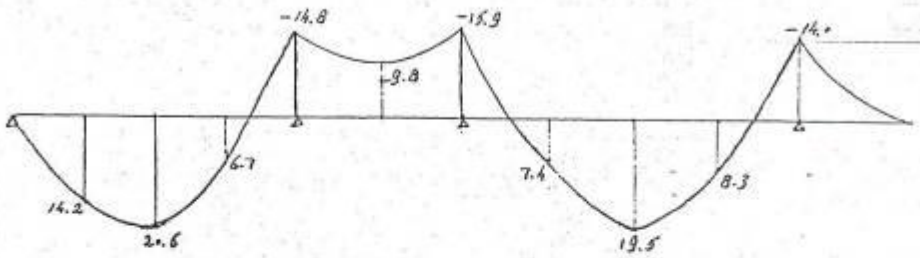
$14.8 - 13.5 = 1.3$

$14.5 = 8.3$

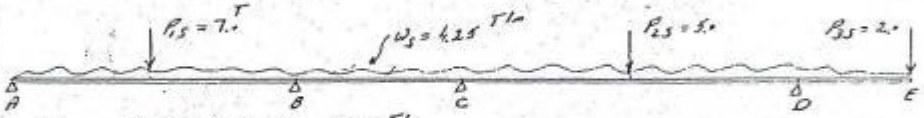
www.Mohandesyar.com

بدست آوردن لفاف ماکزیمم در تیر زیر

دیاگرام لنگر خمشی تیر زیر بار مرده



۱- دیاگرام لنگر خمشی تیر زیر بار زنده $S = 0.25 + 1.5L$



$\omega_5 = 0.25 \times 5 + 1.5 \times 2 = 4.25^{T/m}$

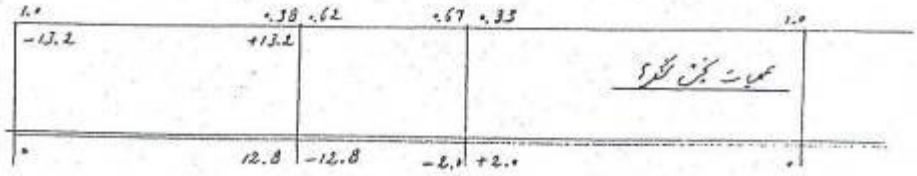
$P_{15} = 0.25 \times 10 + 1.5 \times 3 = 7.0^T$

$P_{25} = 0.25 \times 8 + 1.5 \times 2 = 5.0$

$P_{35} = 0.25 \times 2 + 1.5 \times 1.0 = 2.0$

۱-۱- بار در دهانه اول

$F_{AB} = -\frac{1}{12} \times 4.25 \times 5^2 - \frac{1}{8} \times 7.0 \times 5 = -13.2^{T-m}$ $\qquad F_{BA} = 13.2$



عملیات کنترل لنگر

$R = 11.5 \qquad 16.7$

$\Sigma R = 28.2$ ✓

$M_{1.25} = 11.1$

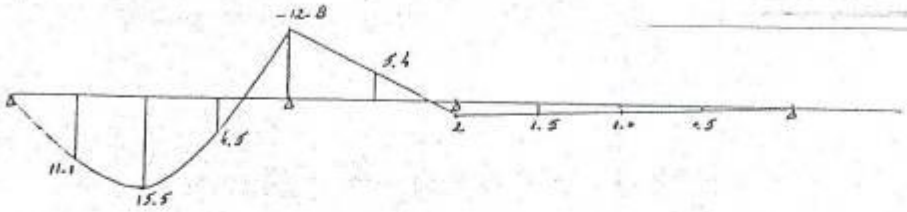
$M_{2.5} = 15.5$

www.Mohandesyar.com

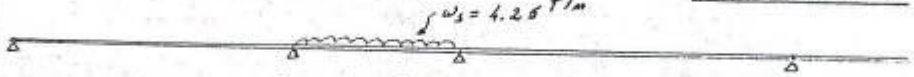
درس سازه‌های بتن آرمه — تعیین ارزان‌ترین آرماتور تیر — برگ شماره (9)

نمونه (3/5)

دیاگرام لنگر خمشی زیر اثر بار مرده و زنده

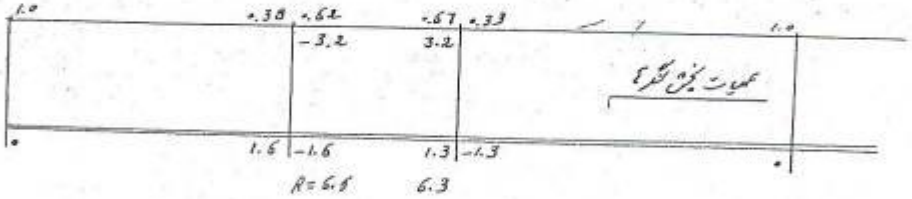


۱-۲- بار مرده و زنده



$F_{BC} = -\frac{1}{12} \times 4.25 \times 3^2 = -3.2$ T-m

$F_{CB} = 3.2$



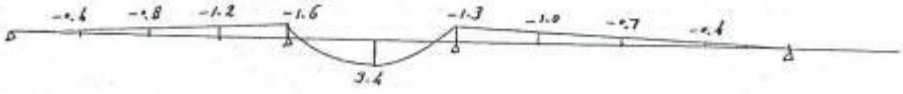
عملیات پخش لنگر

$R = 6.5 \quad 6.3$

$\Sigma R = 12.8$

$M_{1.5} = 3.4$

دیاگرام لنگر خمشی زیر اثر بار مرده و زنده

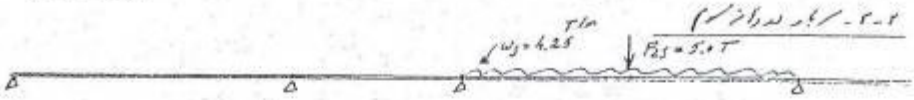


www.Mohandesyar.com

درس سی و نهم بتن آرمه — تعیین ارزش ماکزیمم در تیرهای پیوسته — برگ شماره (۹)

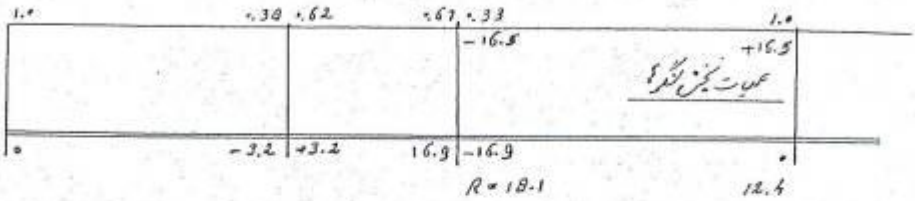
صفحه (۴۱۵)

۲-۲- تیر با بار گسترده یکنواخت



$F_{CD} = -\frac{1}{12} \times 4.25 \times 6^2 - \frac{1}{8} \times 5.0 \times 6 = -16.5$ T.m

$F_{DC} = 16.5$



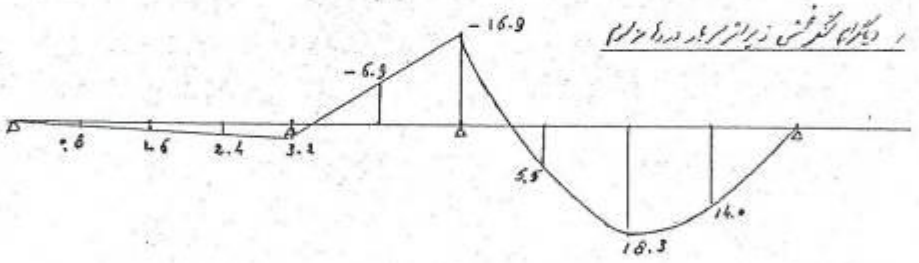
$\Sigma R = 30.5$ T

$M_{1.5} = 5.5$

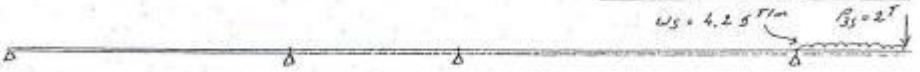
$M_{3.0} = 18.3$

$M_{4.5} = 14.0$

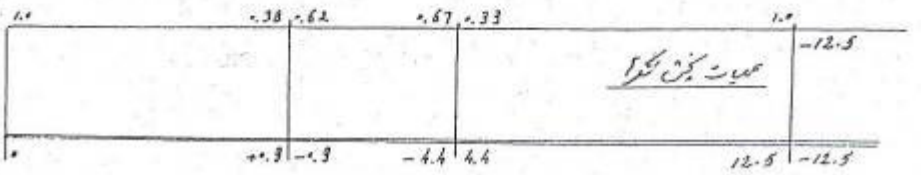
دیاگرام تیر بخش زیر اثر بار گسترده یکنواخت

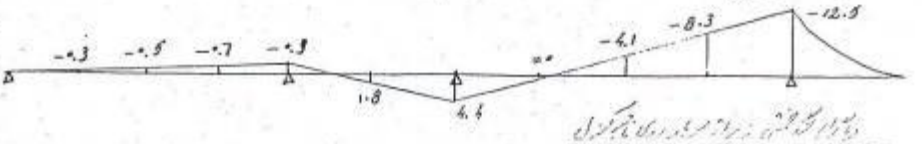


۲-۲- تیر با بار گسترده یکنواخت



$F_{DC} = M_{cant.} = -\frac{1}{2} \times 4.25 \times 2^2 - 2 \times 2 = -12.5$





دیاگرام تیر بخش زیر اثر بار گسترده یکنواخت

www.Mohandesyar.com

درس سازه‌های بتن‌آرمه — تعیین ارزای ماکزیمم در تیرهای ممتد — برگ شماره (۹)

صفحه (۵/۵)

۲- دیاگرام لنگر خمشی حداکثر و حداقل زیر اثر بار

$M_{AB} = \begin{cases} 15.5 + 1.6 = 17.1 \\ -0.8 - 0.5 = -1.3 \end{cases}$ T-m

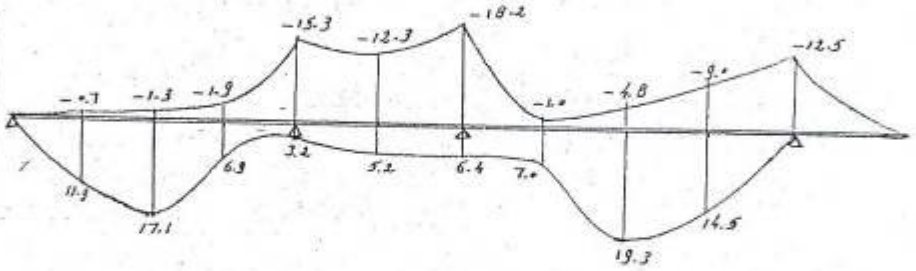
$M_{BC} = \begin{cases} 3.4 + 1.8 = 5.2 \\ -5.4 - 6.9 = -12.3 \end{cases}$

$M_{CD} = \begin{cases} 18.3 + 1.0 = 19.3 \\ -0.7 - 4.1 = -4.8 \end{cases}$

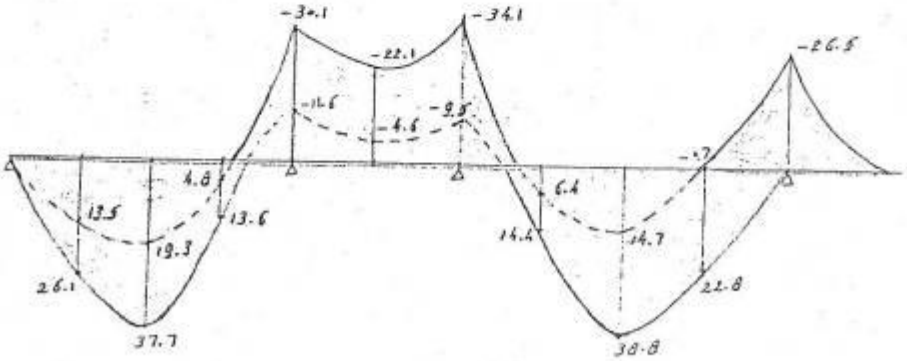
$M_B = \begin{cases} 3.2 \\ -12.8 - 1.6 - 0.9 = -15.3 \end{cases}$

$M_C = \begin{cases} 2 + 4.4 = 6.4 \\ -1.3 - 16.9 = -18.2 \end{cases}$

$M_D = -12.5$



۴- دیاگرام لنگر خمشی حداکثر زیر اثر بارهای دینامیکی



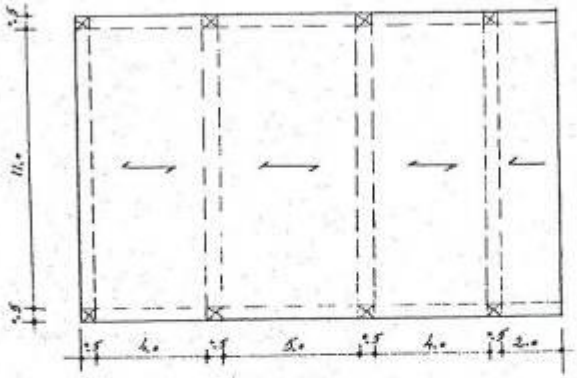
www.Mohandesyar.com

درس سازه‌های بتن آرمه — دال یکطرفه و سقف‌های تیرچه و بلوک — پرسش شماره (۱۰۱) صفحه ۱ از ۱۱۵

الف - دال یکطرفه

سقفی با ابعاد $17.0 \times 12.0\ m^2$ مطابق شکل زیر با دال بتن آرمه یکطرفه پوشانده شده است. بر این سقف علاوه بر وزن دال وزن کف‌سازی به مقدار $300\ Kg/m^2$ و بار زنده به مقدار $500\ Kg/m^2$ وارد می‌شود. دال را طراحی کرده و کاماگذاری کنید.

$f'_c = 200\ Kg/Cm^2$ $\quad f_y = 4000\ Kg/Cm^2$



۱- ضخامت دال

دال کنسولی : $t = \ell/24 = 450/24 = 18.8\ Cm$

دال میانی : $t = \ell/28 = 550/28 = 19.6$

دال طره : $t = \ell/10 = 225/10 = 22.5$

$\rightarrow t = 20.0\ Cm \Rightarrow d = 16.0\ Cm$

باتوجه به طول دال کنسولی و دال طره ضخامت $20\ Cm$ مناسب است

۲- بارگذاری

$D = 0.2 \times 2500 + 300 = 800\ Kg/m^2$

$L = 500$

$W_u = 1.2\,D + 1.6\,L = 1760\ Kg/m^2$

۳- نیروی برشی

دال کنسولی : $V_u = 1.15 \times 1.76 \times 4.0/2 = 4.1\ T/m$

دال میانی : $V_u = 1.76 \times 5.0/2 = 4.4\ T/m$

$v_c = V_u/\phi bd = 4400/100 \times 16 = 2.75\ Kg/Cm^2$

$v_{cc} = 0.63\sqrt{f'_c} = 8.9\ Kg/Cm^2$ $\quad v_{cd} = 0.6 \times 8.9 = 5.3$ $\quad v_c < v_{cd}$ ok.

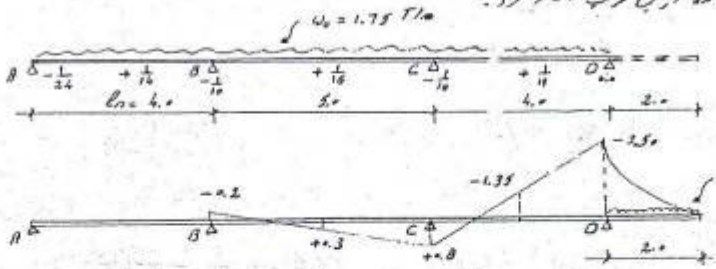
www.Mohandesyar.com

درس سازه‌های بتن آرمه — مثال محاسبه دستی یک تیر چند دهانه پیوسته — برگ شماره (۱۰)

صفحه (2/3)

۶- تعیین لنگرها

در این مثال طول دارای به اندازه‌ایست که می‌توان برای تعیین لنگرها از ضرایب جدول استفاده کرد. اثر دال طره را می‌توان به صورت زیر به دهانه‌ها منتقل کرد.



دیاگرام لنگر ناشی از بار طره

$M_{cant} = \frac{1}{2} \times 1.75 \times 2^2 = 3.5$ T-m

$M_A = -\frac{1}{24} \times 1.75 \times 4.0^2 = 1.17$ T-m

$M_{AB} = \frac{1}{14} \times 1.75 \times 4.0^2 = 2.0$

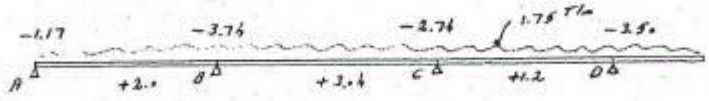
$M_B = -\frac{1}{10} \times 1.75 \left(\frac{4.0+5.0}{2}\right)^2 - 0.2 = -3.54 - 0.2 = -3.74$

$M_{BC} = \frac{1}{16} \times 1.75 \times 5.0^2 + 0.3 = 2.74 + 0.3 = 3.04$

$M_C = -\frac{1}{10} \times 1.75 \left(\frac{4.0+5.0}{2}\right)^2 + 0.8 = -3.54 + 0.8 = -2.74$

$M_{CD} = \frac{1}{11} \times 1.75 \times 4.0^2 - 1.35 = 2.55 - 1.35 = 1.20$

$M_D = -3.50$



۶- تعیین آرماتورها

۶-۱- آرماتورهای مثبت

$\rho_{min} = 0.002$ $\quad A_{s_{min}} = 0.002 \times 100 \times 16 = 3.2\ Cm^2 \rightarrow \alpha = 1.07$, $M_{r_{min}} = 1.68$ T-m

$M_{AB} = 2.0$ $\quad R = 2.0 / 0.12 \times 100 \times 16^2 = 0.065 \rightarrow \beta = 0.68$, $\rho = 0.0024$, $A_s = 3.84\ Cm^2$

$M_{BC} = 3.04$ $\quad R = 0.93 \rightarrow \beta = 0.106$ $\quad \rho = 0.98$, $A_s = 6.0\ Cm^2 \rightarrow$ (6.2 Cm^2) (6.4 ✓)

$M_{CD} = 1.2$ $\quad M_{CD} < M_{r_{min}} \rightarrow \rho = \rho_{min} = 0.002$ $\quad A_s = 3.2\ Cm^2 \rightarrow$ (3.2 ✓)

www.Mohandesyar.com

درس سازه‌های بتن آرمه — دال یکطرفه و سقف‌های تیرچه و بلوک — برگ شماره (۱۰)

۵-۲- آرماتورهای منفی

$M_A = -1.17$ t.m $< M_{r\min}$

$M_B = -3.74$ t.m

$M_C = -2.74$ t.m

$M_D = -3.50$ t.m

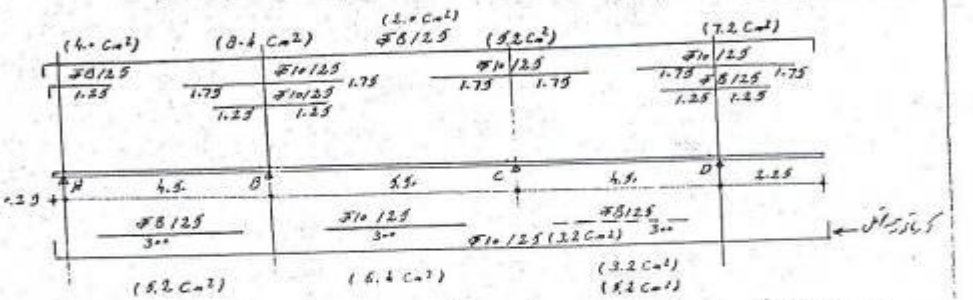
$A_{s1} = 3.2\ cm^2$ → ($4.0\ cm^2$)

$A_{s2} = 6.0 \times \frac{3.74}{3.04} = 7.38$ → ($8.4\ cm^2$)

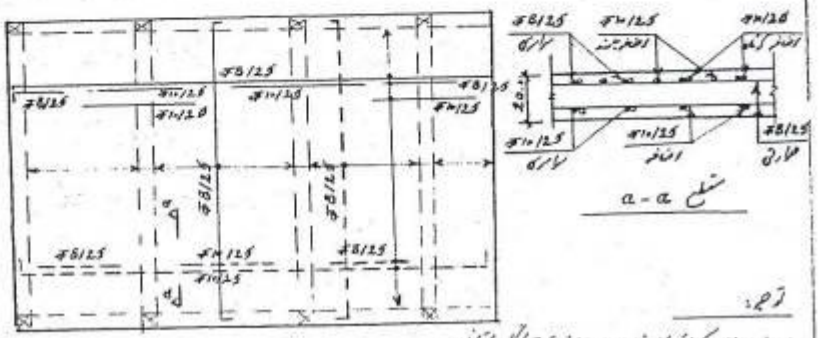
$A_{s3} = 6 \times \frac{2.74}{3.04} = 5.40$ → ($5.2\ cm^2$)

$A_{s4} = 6 \times \frac{3.50}{3.04} = 6.9$ → ($7.2\ cm^2$)

۶- آرماتورگذاری



در زیر سقف آرماتور حرارتی و یا حدود لزوم از آرماتور حداکثر لازم نیز در کل دهانه‌ها بیشتر است. در دو انتهای دهانه آرماتور حرارتی کل آرماتور لازم وارد می‌شود. سطح آرماتور لازم در وسط دهانه کمتر از زیر است. در دهانه CD آرماتور اضافی نیاز ندارد ولی بهتر است که تغییرات آرماتور در وسط دهانه دیده نشده و سطح مشترک وجود داشته باشد. طول قطع آرماتورها با توجه به روش گفته شده تعیین شده است. جزئیات در اینجا کامل نشده است.



توجه:

۱- پیوستگی آرماتورهای زیر در دو تکیه‌گاه الزامی است.

۲- در چه پیوستگی طول آرماتورها و نحوه آن را دارد شود.

۳- محل قطع و وصل آرماتورها را دارد شود.

پیوستگی آرماتورهای زیر در دو

زیر

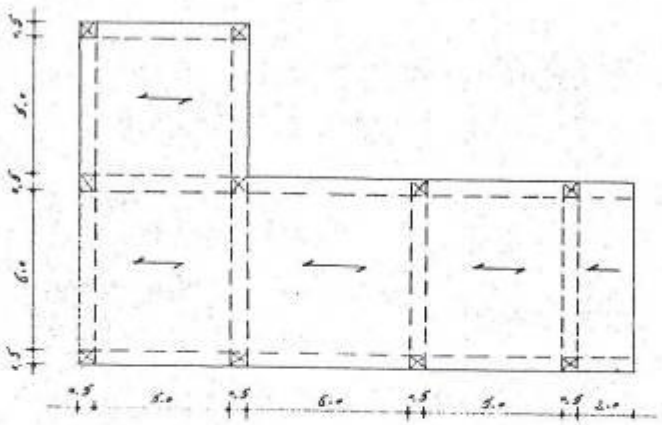
www.Mohandesyar.com

درس سازه‌های بتن آرمه — دال یکطرفه و سقف اسی تیرچه و بلوک — برگ شماره (۱۰) صفحه (۴۱۸)

ب- سقف اسی تیرچه و بلوک

سقفی به شکل زیر با استفاده از تیرچه و بلوک پوشانده شده است. بار سقف علاوه بر وزن تیرچه و بلوک وزن کف سازی به مقدار $300\ Kg/m^2$ و بار زنده به مقدار $500\ Kg/m^2$ وارد می‌شود. تیرچه‌ها طراحی کرده و سقف را آرماتورگذاری کنید.

$f'_c = 200\ Kg/m^2$ $\quad f_y = 4000\ Kg/Cm^2$



۱- ضخامت سقف سازه

دال یک طرفه: $t = \ell/20 = 550/20 = 27.5\ Cm$

دال یکسر گیردار: $t = \ell/24 = 550/24 = 23.0$

دال دو طرف پیوسته: $t = \ell/28 = 650/28 = 23.2$

دال طره: $t = \ell/10 = 225/10 = 22.5$

$\longrightarrow t = 30\ Cm$

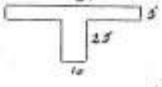
ارتفاع بلوک 25^{Cm} و ضخامت دال $5\ Cm$

ضخامت سقف را می‌توان $25Cm$ هم گرفت ولی با توجه به بار زنده زیاد تیرست $30\ Cm$ در نظر گرفته شود. در دال یک طرفه طول دال خالص $5.0\ m$ بیت و ضخامت $25Cm$ نباید استفاده می‌کرد.

۲- بارگذاری

وزن سقف تیرچه و بلوک را می‌توان از کارخانه سازنده بلوک را جویا شد. در اینجا فرض می‌شود وزن هر بلوک $12\ Kg$ باشد.

$D_1 = (0.05 \times 0.5 + 0.1 \times 0.25) \times 2500 + 4 \times 12 = 173\ Kg/(1 \times 0.5)^m$



$D_1 = 2 \times 173 = 346 = 350\ Kg/m^2$

$D = 350 + 300 = 650\ Kg/m^2$ $\quad L = 500\ Kg/m^2$ $\quad U_1 = 1563\ Kg/m^2$

$U_2 = 1.4 \times 650 + 1.7 \times 500 = 1760\ Kg/m^2$

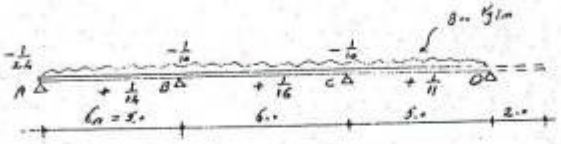
www.Mohandesyar.com

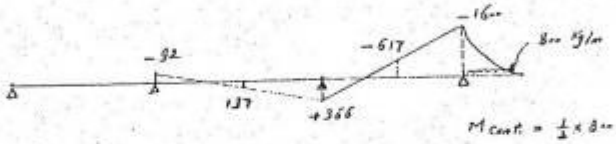
درس سازه‌های بتن آرمه — دال یکطرفه و سقف‌های تیرچه بلوک — برگ شماره (۱۰)

۳ - پیش نگرد

۳-۱- دو دهانه‌ای یکسان

دراین دانه با توجه به طول آن می‌توان از ضرایب جدول استفاده کرد. اگر بخواهیم این دانه را





$M_{cant.} = \frac{1}{2} \times 800 \times 2^2 = 1600$ Kg-m

$M_A = -\frac{1}{24} \times 800 \times 5.0^2 = -834$ Kg-m

$M_{AB} = +\frac{1}{14} \times 800 \times 5.0^2 = +1429$

$M_B = -\frac{1}{10} \times 800 \times \left(\frac{5.0+6.0}{2}\right)^2 - 92 = -2512$

$M_{BC} = +\frac{1}{16} \times 800 \times 6.0^2 + 137 = +1337$

$M_C = -\frac{1}{10} \times 800 \times \left(\frac{5.0+5.0}{2}\right)^2 + 366 = -2054$

$M_{CD} = +\frac{1}{11} \times 800 \times 5.0^2 - 617 = +1201$

$M_D = -1600$

۳-۲- دو دهانه‌ای یکسان

دو دهانه‌ای با توجه به یکسان بودن طول دانه‌ها از این نوع طول خاص در نظر گرفت

$M^+ = \frac{1}{8} \times 800 \times 5.0^2 = 2500$ Kg-m

$M^- = -\frac{1}{24} \times 800 \times 5.0^2 = -834$

www.Mohandesyar.com

طرح سقف (۱۰) — پرتال تکیه‌گاه دست‌انداز تیرچه بلوک — درس طراحی بتن آرمه ۱

۴- بتن آرمه ۲

۴-۱- دال‌های یک‌طرفه

الف - تیرچه

$f_{cd} = 120\ kg/cm^2$ $f_{yd} = 3400\ kg/cm^2$ $d = 27\ cm$

$\bar{M} = 0.85 f_{cd} b t_f (d - t_f/2) = 0.85 \times 120 \times 50 \times 5 (27 - 5/2) = 525\ 750\ kg\text{-}cm = 5250\ kg\text{-}m$

$M_{AB} = 1429 < \bar{M}$ $R = 142900 / 120 \times 50 \times 27^2 = 0.327 \rightarrow p = 0.34$, $\beta = 0.012$

$A_s = 0.012 \times 50 \times 27 = 1.62\ cm^2$ — $\phi 12 + \phi 10$ ($1.93\ cm^2$) — J_1

$A_{s\,min} = 0.35 \times 10 \times 27 = 0.93$ ok.

$M_{BC} = 1937$ $R = 0.44$ $p = 0.46$ $\beta = 0.016$

$A_s = 0.016 \times 50 \times 27 = 2.16\ cm^2$ — $2\phi 12$ ($2.26\ cm^2$) — J_2

$M_{CD} = 1201$ $A_s = \frac{12.01}{1429} \times 1.62 = 1.36\ cm^2$ — $2\phi 10$ ($1.6\ cm^2$) — J_3

$M_{DE} = 0.0$ آرماتور حرارتی — $2\phi 8$ ($1.0\ cm^2$) — J_4

ب - تیرچه‌های ممتد

$M_A = -834$ $R = 83400 / 120 \times 10 \times 27^2 = 0.095$ $p = 0.101$ $\beta = 0.0036$

$A_s = 0.0036 \times 10 \times 27 = 0.97\ cm^2$ — $\phi 12$ ($1.13\ cm^2$)

$M_B = -2512$ $R = 0.287$ $p = 0.366$ $\beta = 0.0129$

$A_s = 0.0129 \times 10 \times 27 = 3.48\ cm^2$ — $2\phi 16$ ($4.0\ cm^2$)

$M_C = -2054$ $R = 0.234$ $p = 0.281$ $\beta = 0.01$

$A_s = 0.01 \times 10 \times 27 = 2.7\ cm^2$ — $2\phi 14$ ($3.0\ cm^2$)

$M_D = -1600$ $R = 0.183$ $p = 0.209$ $\beta = 0.0074$

$A_s = 0.0074 \times 10 \times 27 = 2.0\ cm^2$ — $2\phi 12$ ($2.26\ cm^2$)

۴-۲- دال دوطرفه

الف - تیرچه

$M^+ = 2500$ $R = 0.057$ $p = 0.06$ $\beta = 0.0022$

$A_s = 0.0022 \times 50 \times 27 = 3.0\ cm^2$ — $2\phi 14$ ($3.0\ cm^2$) — J_5

$M^- = -834$ $R = 0.37$ $\phi 12$ ($1.13\ cm^2$) ب - تیرچه‌های

www.Mohandesyar.com

درس سازه‌های بتن آرمه — دال تیرچه بلوک یک‌طرفه — برگ شماره (۱۱)

۵- طراحی برای برش

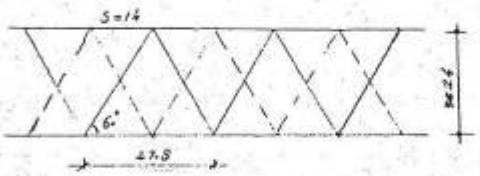
J_1 : $\ell_n = 5.0$ دارای تیرچه پیرامونی — $V_u = 1.15 \times 800 \times 5.0/2 = 2300$ kg

J_2 : $\ell_n = 6.0$ دارای تیرچه پیرامونی — $V_u = 800 \times 5.0/2 = 2400$

J_3 : $\ell_n = 5.0$ دارای تیرچه پیرامونی — $V_u = 800 \times 5.0/2 = 2000$

$V_{cc} = 0.63\sqrt{f_{cc}} = 0.63\sqrt{200} = 8.9$ kg/cm² $\quad V_{cd} = 0.6 \times 8.9 = 5.3$ kg/cm²

$V_{cd} = 5.3 \times 10 \times 27 = 1431$ kg $\quad 1.1\,V_{cd} = 1574$ kg



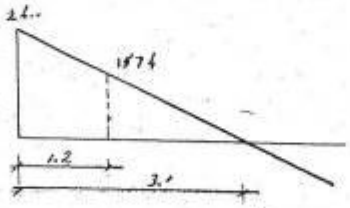
$\phi 6$ { $f_y = 2400$, $f_{yd} = 2400$

J_2

$V_r = 1.1\,V_{cd} + \frac{d}{S} A_v f_{yd} (\sin\alpha + C\alpha)$ $\quad \alpha = 60^\circ$ $\sin\alpha = 0.87$ $C\alpha = 0.5$

$2400 = 1574 + \frac{27}{14} A_v \times 2400 (0.87 + 0.5)$ $\rightarrow$ $A_v = 0.16\ cm^2$ $\quad \phi 6$ $(A_s = 0.28\ cm^2)$

بنابراین با دو میلگرد کرباذ از ۶ میلگرد برش را تحمل کرد.



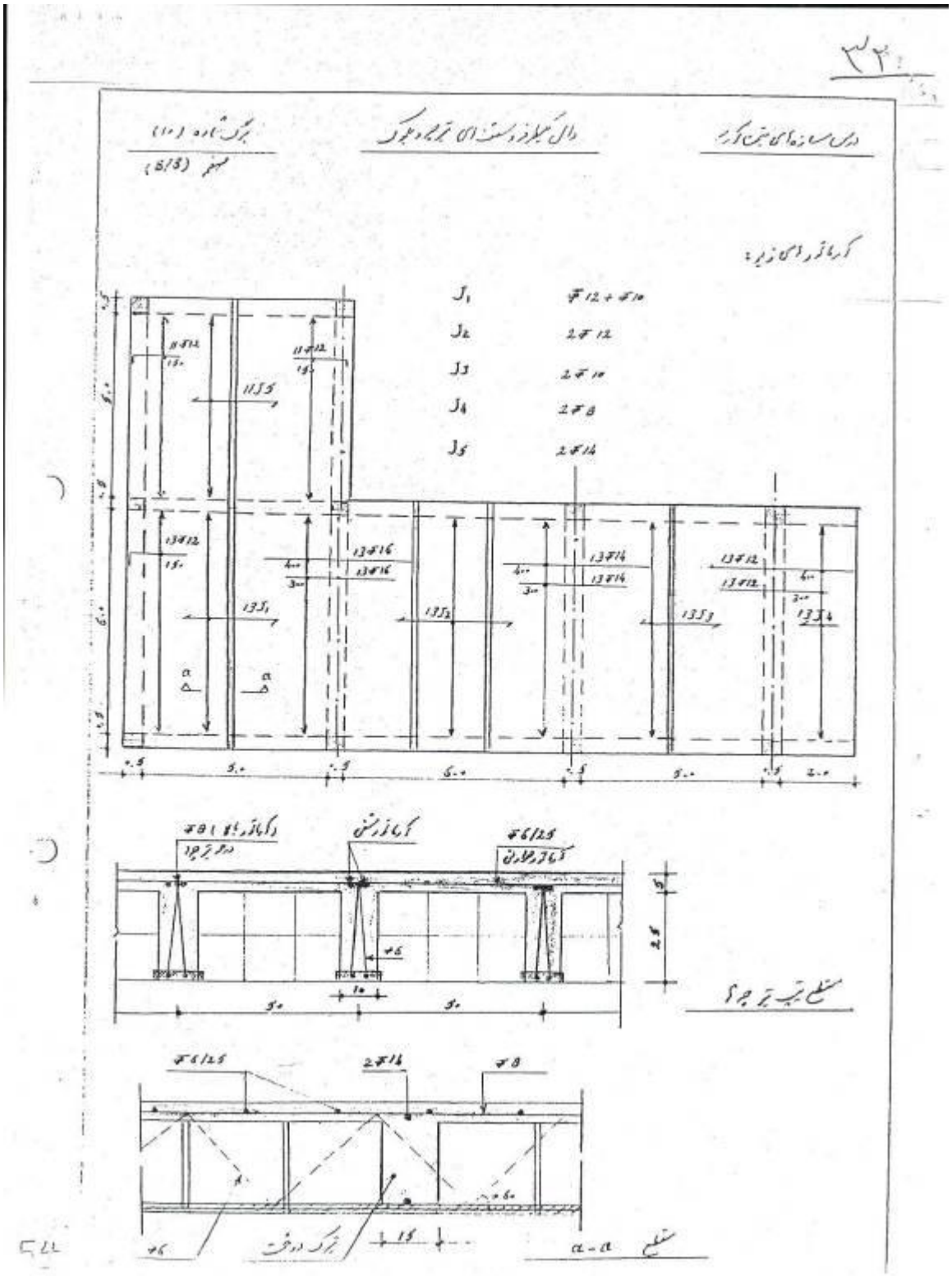
در $\frac{1}{3}$ آخر دهانه $1.2\ m$ خدمت‌گذاری دوبل نشود جوابگوست. در سایر تیرچه‌ها این میلگرد لازم نیست ولی کاتوان حین طول را بکار گرفت.

۶- کرباذ در عرض

در دال ساده در جهت عمود بر تیرچه‌ها $\phi 6/25$ بکار برده می‌شود.

$4\phi 6 \rightarrow A_s = 1.0\ cm^2$ $\quad S = 1.0/100 \times 8 = 0.02\ m$

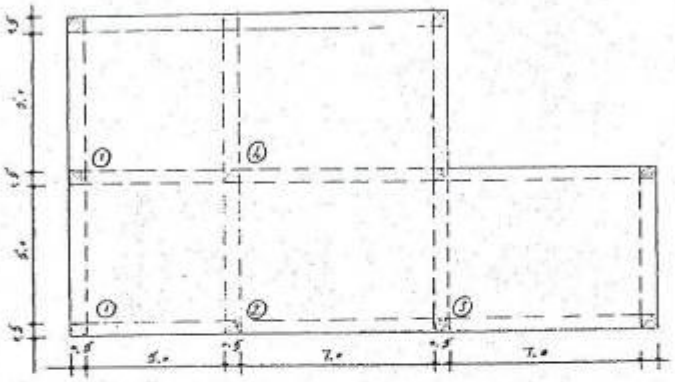
www.Mohandesyar.com



www.Mohandesyar.com

درس سازه‌های بتن آرمه — دال‌ای دو طرفه — برگ شماره (۱۱) / صفحه (۱۱۹)

سقف زیر با بستی از تیر-دال پوشانده شده است. به این سقف علاوه بر وزن دال وزن کف سازی به مقدار $300\ Kg/m^2$ و بار زنده به مقدار $500\ Kg/m^2$ وارد می‌شود. دال ای سقف را طرح کنید، با فرض $f_{cc} = 200\ Kg/cm^2$ و $f_y = 4000\ Kg/cm^2$ و گزارش نمایید.



۱- ضخامت دال

ضخامت دال براساس دال‌ای با ابعاد بزرگ تعیین می‌شود:

$$t \geq 0/140 = 2(700 + 500)/140 = 17.2\ Cm$$

$$t = 20\ Cm \qquad d = 16\ Cm$$

۲- بارگذاری

$$D = 0.2 \times 2500 + 300 = 800\ Kg/m^2 \qquad D_u = 1.25\ D = 1000$$

$$L = 500 \qquad L_u = 1.60\ L = 750$$

$$\rightarrow w_u = 1750\ Kg/m^2$$

۳- گزل برش

دال‌ای 2 و 3 و 4 نمی‌توانند دوا عمل به برش را گزل کنند. در طرح این دال‌ها

$m = \frac{A}{B} = 0.7$

(2) دال: (B حالت) $W_A = 0.68$ $W_B = 0.32$

$$w_A = 1750 \times 5.0 \times 7.0 \times 0.68 / 2 \times 7.0 = 2975\ Kg/m$$

$$w_B = 1750 \times 5.0 \times 7.0 \times 0.32 / 2 \times 5.0 = 1960$$

$$\overline{T_A} = WA^2/4 = 1130 \times 5.0^2/4 = 10938\ Kg \qquad \overline{w_B} = 10938/5.0 = 2188 > 1960$$

www.Mohandesyar.com

طراحی سقف‌های بتن آرمه — دال‌های دوطرفه — برگ شماره ۱۱

(۲۱۴ تا ۲۱۶)

در دهانه دال (2) حاکم است $w_A = 0.62$ $w_B = 0.39$ دال (3): (حالت 7)

دال (4): (حالت 4) $w_A = 0.81$ $w_B = 0.19$

$\omega_A = 3544$ $\omega_B = 1164$

مقدار $\omega_A = 3544$ kg/m² برای کنترل برش حاکم است.

$v_{cc} = 0.63\sqrt{f_{cc}} = 0.63\sqrt{200} = 8.9$ kg/cm² $\quad v_{cd} = 0.6\, v_{cc} = 5.3$ kg/cm²

$V_{cd} = 5.3 \times 100 \times 16 = 6480$ kg > 3544 دال از نظر برش خوب است

۴- طراحی برای خمش

$t = 20$ cm $\quad d = 16$ cm $\quad \rho_{min} = 0.002$ $\quad A_{s\,min} = 3.2$ cm², $q = 0.17$ $\quad M_{r\,min} = 1650$ kg-m

۴-۱- دال شماره (۱) (حالت ۴)

$m = 5.0/5.0 = 1.0$

$C_A^- = C_B^- = 0.045$ $\quad M_A^- = M_B^- = 0.045 \times 1750 \times 5.0^2 = 2188$ kg-m

$R = 0.072$ $\quad q = 0.076$ $\quad \rho = 0.0027$ $\quad A_s = 4.32$ cm²

$C_{AD}^+ = C_{BD}^+ = 0.027$

$C_{AL}^+ = C_{BL}^+ = 0.032$ $\quad M_A^+ = M_B^+ = (0.027 \times 1100 + 0.032 \times 750) \times 5.0^2 = 1275$

$M^+ < M_{r\,min}$ $\quad A_s = A_{s\,min} = 3.2$ cm²

۴-۲- دال شماره (۲) (حالت ۸)

$m = 5.0/7.0 = 0.7$

$C_A^- = 0.068$ $\quad M_A^- = 0.068 \times 1750 \times 5.0^2 = 2975$ kg-m $\quad A_s = \frac{2975}{2188} \times 4.32 = 5.9$ cm²

$C_B^- = 0.029$ $\quad M_B^- = 0.029 \times 1750 \times 7.0^2 = 2487$ $\quad A_s = 4.91$ cm²

$C_{AD}^+ = 0.040$

$C_{AL}^+ = 0.054$ $\quad M_B^+ = (0.040 \times 1100 + 0.054 \times 750) \times 5.0^2 = 2013$ $\quad A_s = 4.0$ cm²

www.Mohandesyar.com

بررسی سقف‌های بتن آرمه — دال‌های دوطرفه — بارگذاری (۱۱ / 3/4 کیلو)

$C_{BD}^{+} = 0.011$

$C_{BL}^{+} = 0.014$

$M_B^{+} = (0.011 \times 1000 + 0.014 \times 750) \times 7.0^2 = 1054$ kg-m

$M^{+} < M_{r\,min}$ $\quad A_S = A_{s\,min} = 3.2$ cm²

دال شماره (۳) — حالت (۷)

$m = 0.7$

$C_A^{-} = 0.0$

$C_B^{-} = 0.038$ $\quad M_B^{-} = 0.038 \times 1750 \times 7.0^2 = 3259$ kg-m $\quad A_S = 6.4$ cm²

$C_{AD}^{+} = 0.058$

$C_{AL}^{+} = 0.063$ $\quad M_A^{+} = (0.058 \times 1000 + 0.063 \times 750) \times 8.0^2 = 2632$ $\quad A_S = 5.2$ cm²

$C_{BD}^{+} = 0.017$

$C_{BL}^{+} = 0.017$ $\quad M_B^{+} = 0.017 \times 1750 \times 7.0^2 = 1458 < M_{r\,min}$ $\quad A_S = 3.2$

دال شماره (۴) — حالت (۴)

$m = 0.7$

$C_A^{-} = 0.081$ $\quad M_A^{-} = 0.081 \times 1750 \times 8.0^2 = 3544$ kg-m $\quad A_S = 7.1$ cm²

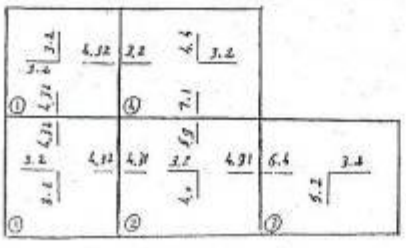
$C_B^{-} = 0.019$ $\quad M_B^{-} = 0.019 \times 1750 \times 7.0^2 = 1630$ $\quad A_S = 3.2$

$C_{AD}^{+} = 0.046$

$C_{AL}^{+} = 0.057$ $\quad M_A^{+} = (0.046 \times 1000 + 0.057 \times 750) \times 8.0^2 = 2219$ $\quad A_S = 4.4$

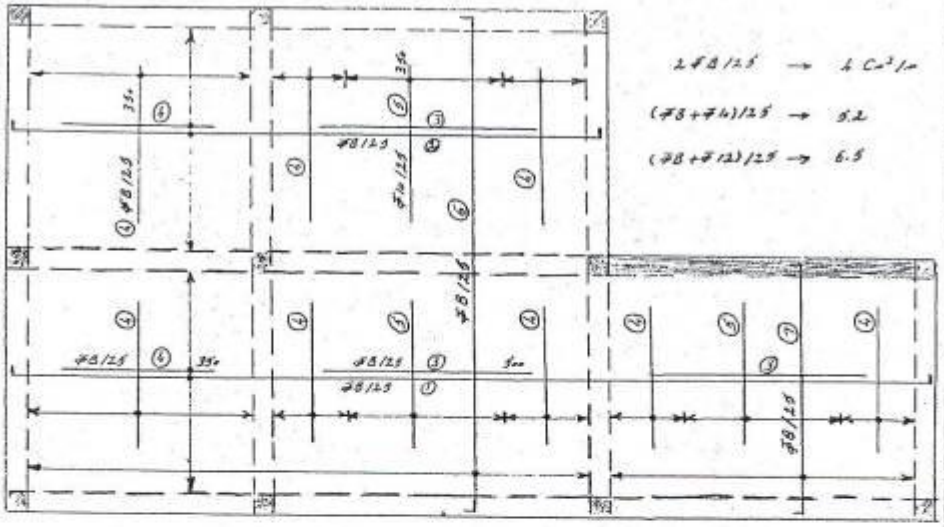
$C_{BD}^{+} = 0.011$

$C_{BL}^{+} = 0.014$ $\quad M_B^{+} = (0.011 \times 1000 + 0.014 \times 750) \times 7.0^2 = 1054 < M_{r\,min}$ $\quad A_S = 3.2$

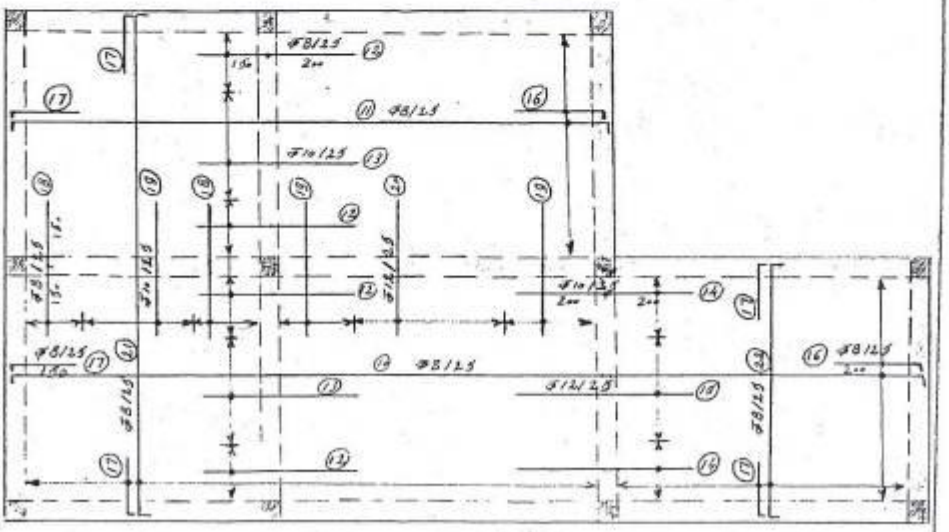


www.Mohandesyar.com

درس سی و دوم: اجرای بتن آرمه — بال ای در طرف — برگ شماره ۱ (۱۱) / صفحه ۱ (4/4)



آرماتورگذاری زیر بال



آرماتورگذاری روی بال

www.Mohandesyar.com

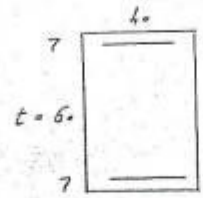
۱- ستون با مقطع مربع مستطیل به ابعاد 40×60 cm مطابق شکل زیر تقویت شده است. ستون را در حالت ای زیر آنالیز نمایید.

$f_{cc} = 200\ kg/cm^2$

$f_y = 4000$

$d = 53\ cm$

$d' = 7$



$A_s' = 18.8\ cm^2$

$A_s = 27.0\ cm^2$

$f_{cd} = 0.6\ f_{cc} = 120\ kg/cm^2$

$f_{yd} = 0.85\ f_y = 3400\ kg/cm^2$

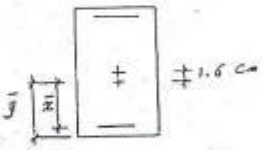
۱-۱- تعیین کنید حداکثر بار محوری را که ستون می تواند تحمل کند. همچنین اثر این بار در مقطع ستون را از تعیین نمایید.

حداکثر بار محوری

$N_r = 0.85 \times 0.12 \times 40 \times 60 + (18.8 + 27.0) \times 3.4 = 440.5\ T$

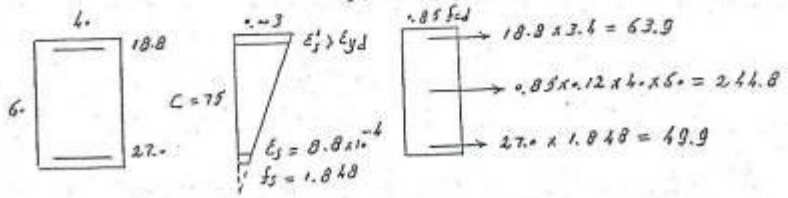
$\bar{y} = (0.85 \times 0.12 \times 40 \times 60 \times 30 + 18.8 \times 3.4 \times 53 + 27.0 \times 3.4 \times 7.0) / 440.5 = 28.4\ cm$

$\bar{x} = 28.4 - 7.0 = 21.4\ cm$



۱-۲- تعیین کنید ستون چه بار و لنگر را در برون محوری $e = 2.5\ cm$ تحمل می کند.

در آخرین آزمون $C = 75.0\ cm$ در نظر گرفته می شود:



$\varepsilon_{yd} = 3.4 / 2100 = 0.00162$

$C = 75\ cm \qquad a = 0.85 \times 75 = 63.8 > 60 \longrightarrow a = 60$

$N_r = 244.8 + 63.9 + 49.9 = 358.6\ T$

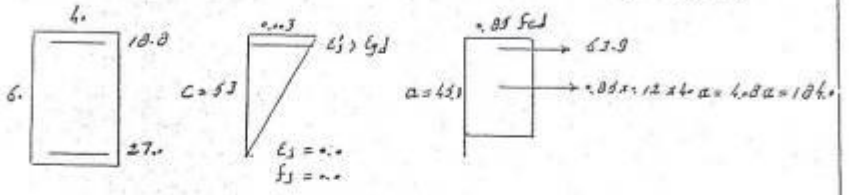
$e' = [244.8\ (53 - 60/2) + 63.9\ (53 - 7)] / 358.6 = 23.9$

$e = 23.9 - 21.4 = 2.5\ cm$ / $M = 358.6 \times 0.25 = 89.7\ T.m$

www.Mohandesyar.com

۱-۴- تعیین گنجایش ستون نمونه تحت اثر بار محوری همراه با لنگر $N_f = 250\ T$ است.

در آخرین آزمون $c = 53\ cm$ در نظر گرفته می‌شود:



$C = 53\ Cm$ $a = 0.85 \times 53 = 45.1$

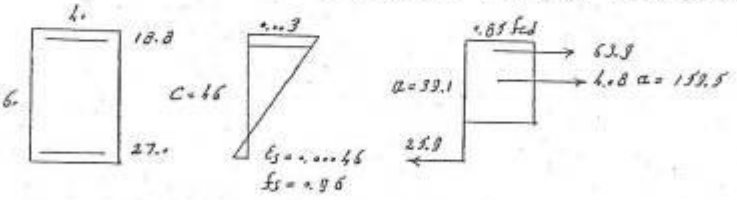
$N_f = 184.0 + 63.9 = \underline{247.9} \approx \underline{250.0}$ ✓

$e' = [184.0\ (53 - 45.1/2) + 63.9\ (53-7)] / 247.9 = 34.5\ Cm$

$e = 34.5 - 21.4 = \underline{13.1\ Cm}$ $M_f = 247.9 \times 0.131 = \underline{32.5\ T.m}$

۲-۴- تعیین گنجایش ستون نمونه تحت اثر بار محوری همراه با لنگر $M_f = 40\ T.m$ است.

در آخرین آزمون $c = 46\ Cm$ در نظر گرفته می‌شود



$C = 46\ Cm$ $a = 0.85 \times 46 = 39.1$

$N_f = 159.5 + 63.9 - 25.9 = \underline{197.5\ T}$

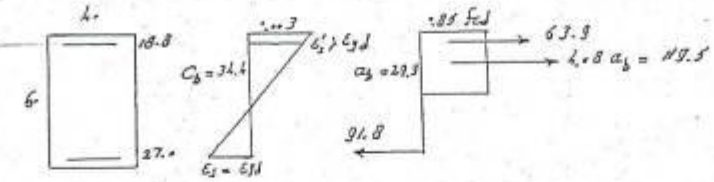
$e' = [159.5\ (53 - 39.1/2) + 63.9\ (53-7)] / 197.5 = 41.9\ Cm$

$e = 41.9 - 21.4 = \underline{20.5\ Cm}$

$M_f = 197.5 \times 0.205 = \underline{40.5 \approx 40.0\ T.m}$ ✓

www.Mohandesyar.com

۱-۵- تعیین کنید تحت چه خروجیا بارگذاری کنا تورکشن بحه جاری شدن می‌رسد.



$C_b = \frac{630}{630+340} \times 53 = 34.4$ Cm $a_b = 0.85 \times 34.4 = 29.3$

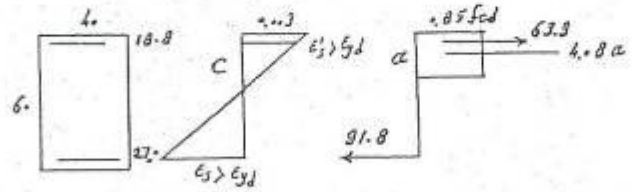
$N_{rb} = 119.5 + 63.9 - 91.8 = \underline{91.6}$ T

$e_b' = [119.5\,(53 - 29.3/2) + 63.9\,(53-7)] / 91.6 = 82.1$ Cm

$e_b = 82.1 - 21.4 = \underline{60.7}$ Cm

$M_{rb} = 91.6 \times 0.607 = \underline{55.6}$ T-m

۱-۶- تعیین کنید ستون تا در چه تحمل چه باری هرگاه ؟ همان $M = 52.5$ T-m است. با فرض آنکه آرماتور کشش جاری شده باشد.



$$\begin{cases} N_r = 4.0\,a + 63.9 - 91.8 = 4.0a - 27.9 \\ N_r\,(e + 21.4) = 4.0a\,(53 - a/2) + 63.9\,(53-7) \end{cases}$$

$2.0\,a^2 - 128.93\,a + 1713.54 = 0$ $a = 19.1$ $C = 22.5$

$N_r = 4.0 \times 19.1 - 27.9 = \underline{50.0}$ T

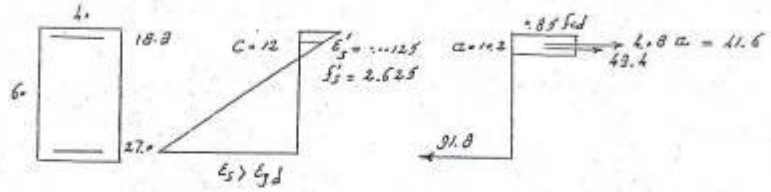
ch. $4.0\,a = 77.9$ $e' = 126.5$ $\underline{e = 105.1}$ $\underline{M_r = 52.5}$ ✓

www.Mohandesyar.com

۱-۷- اگر ستون مانند تیر به کار گرفته شود، مقاومت خمشی مقادیر نهائی آن چقدر خواهد بود؟

مقاومت خمشی مقادیر نهائی ستون را می توان مطابق آنچه در آنالیز تیرها گفته شده است حساب کرد.

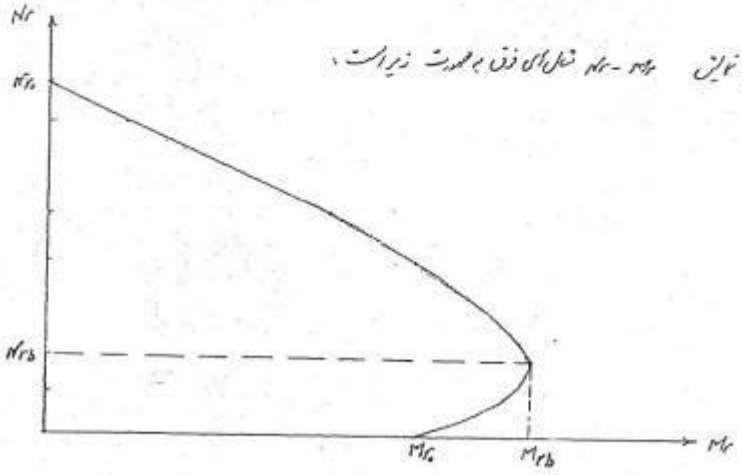
در اینجا با استفاده از روش کرنش، خطا حل می کنیم.



$N_r = 41.6 + 49.4 - 91.8 = -0.8 \approx 0$

$M_r = 41.6\,(53 - 10.2/2) + 49.4\,(53-7) = 42.7$ T-m

۱-۸- دیاگرام تداخل M_r - N_r در حالت نهائی



دیاگرام تداخل M_r - N_r حالت ای فوق به صورت زیر است.

www.Mohandesyar.com

درس سازه‌های بتن‌آرمه — کانال‌کشی‌ای تحت فشار و خمش — برگ شماره (12)

صفحه (6/6)

۲- ستون نشان داده شده در شکل (۱) را در نظر گرفته، با استفاده از روابط ستون‌ها، تعیین کنید ستون تا چه بار محوری بدون خمش می‌تواند تحمل کند؟

الف - بدون خمش $e = 15\ Cm$

ب - بدون خمش $e = 100$

الف - $e = 15\ Cm$

$C_b = \frac{6300}{6300+3400} \times 53 = 34.4\ Cm$ $\qquad a_b = 29.3\ Cm$

$N = 0.85 \times 0.12 \times 40 \times 29.3 + 18.8 \times 3.4 - 27.0 \times 3.4 = 91.6\ T$

$e'_b = \left[0.85 \times 0.12 \times 40 \times 29.3\ (53 - 29.3/2) + 18.8 \times 3.4\ (53-7)\right] / 91.6 = 82.1$ Cm

$e_b = 82.1 - 21.4 = 60.7$

$e < e_b \rightarrow N_r > N_{rb}$

$N_r = \frac{N_{rb}}{1 + \left(\frac{N_{rb}}{N_b} - 1\right)\frac{e}{e_b}} = \frac{400.5}{1 + \left(\frac{400.5}{91.6} - 1\right)\frac{15}{60.7}} = 218.5\ T$

$M_r = N_r \cdot e = 218.5 \times 0.15 = \underline{32.8\ T\text{-}m}$

ب - $e = 100\ Cm$

$e > e_b \rightarrow N_r < N_{rb}$

$N_r = 0.85 f_{cd}\, b\, d \left[1 - \frac{e'}{d} + (\beta' - \beta) m + \sqrt{\left(1 - \frac{e'}{d}\right)^2 - 2\frac{e'}{d}(\beta' - \beta m + 2\beta' m\left(1 - \frac{d'}{d}\right)}\right]$

$e = 100 \qquad e' = 100 + 21.4 = 121.4 \qquad e'/d = 121.4/53 = 2.29$

$\beta = 27/40 \times 53 = 0.0127 \qquad \beta' = 18.8/40 \times 53 = 0.0089$

$m = 34/0.85 \times 0.12 = 33.3 \qquad m(\beta' - \beta) = -0.1283$

$1 - d'/d = 1 - 7/53 = 0.8679$

$0.85 f_{cd}\, b\, d = 0.85 \times 0.12 \times 40 \times 53 = 216.24$

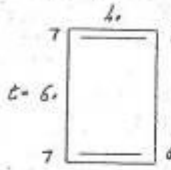
با جایگزینی در رابطه N_r خواهیم داشت $\qquad \underline{N_r = 52.9\ T}$

www.Mohandesyar.com

درس سازه‌های بتن آرمه — کانال برشتن‌های تحت فشار و خمش — برگ شماره (12)

صفحه (6/6)

۲- ستون با مقطع مربع مستطیل مطابق شکل زیر تقویت شده است. تعیین کنید این ستون تا چه بار فشاری در برون محوری‌های $e = 30\ Cm$ و $e = 80\ Cm$ است.



$f_{cc} = 200$ $\quad f_y = 4000\ kg/Cm^2$

$f_{cd} = 120$ $\quad f_{yd} = 3400$

الف- $e = 30\ Cm$

$$a_b = \frac{6300}{6300 + 3400} \times 0.85 \times 53 = 29.3\ Cm \qquad C_b = 34.4\ Cm$$

$$N_{fb} = 0.85 \times 0.12 \times 40 \times 29.3 = 119.5\ T$$

$$e'_b = [0.85 \times 0.12 \times 40 \times 29.3\,(53 - 29.3/2) + 27 \times 3.4\,(53 - 7)]/119.5 = 73.7\ Cm$$

$$\bar{x} = 23\ Cm \qquad e_b = 73.7 - 23 = 50.7\ Cm$$

e_b با استفاده از رابطه تقریبی به صورت زیر است:

$$e_b = (0.2 + 0.77\,\beta_t m)\,t \qquad \beta_t = 2 \times 27/40 \times 60 = 0.225 \qquad m = 33.3$$

$$e_b = (0.2 + 0.77 \times 0.225 \times 33.3)\,60 = 46.6 = 50.7$$

$$e < e_b \rightarrow N_f > N_{fb}$$

$$N_f = \frac{27 \times 3.4}{0.5 + \frac{30}{53-7}} + \frac{40 \times 60 \times 0.12}{1.18 + \frac{3 \times 60 \times 30}{53^2}} = 172.5\ T$$

اگر از رابطه خطوط استفاده شود، مقدار N_f به صورت زیر خواهد بود:

$$N_f = 0.85 \times 0.12 \times 40 \times 60 + 2 \times 27 \times 3.4 = 428.4\ T$$

$$N_f = \frac{428.4}{1 + \left(\frac{428.4}{119.5} - 1\right)\frac{30}{52.3}} = 172.5$$

با استفاده از نمودار، N_f برابر با مقدار زیر است:

$$d/t = 53/60 = 0.883 = 0.9 \qquad \beta_t m = 0.75 \qquad e/t = 0.5 \rightarrow \frac{N_f}{f_{cd}\,bt} = 0.61,\ N_f = 175.7\ T$$

ب- $e = 80\ Cm$

$$e = 80 \qquad e' = 80 + 23 = 103 \qquad e'/d = 1.94 \qquad \beta = 0.1274 \qquad \beta m = 0.4241$$

$$N_f = 0.85 \times 0.12 \times 40 \times 53\left[1 - 1.94 + \sqrt{0.94^2 + 2 \times 0.4241\,(1 - 7/53)}\right] = 71.9\ T$$

با استفاده از نمودار:

$$e/t = 80/60 = 1.33 \rightarrow \frac{N_f}{f_{cd}\,bt} = 0.25,\ N_f = 72.0\ T$$

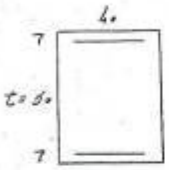
www.Mohandesyar.com

درس سازه‌های بتن آرمه — طرح ستون ای تک فنار دخص — برگ شماره (13)

صفحه (1/2)

ستون با مقطع مربع مستطیل با ابعاد 30×50 cm در نظر است. تعیین کنید که با آرماتور لازم در این ستون آیا برای اگر ستون بتواند در حالت حدی نهایی مقاومت بار ای:

$f_{cc} = 200$ $\quad f_y = 4000$ kg/cm²



الف - $M\begin{cases}D=10^{T-m}\\L=5\end{cases}$, $N\begin{cases}D=80^{T}\\L=40\end{cases}$

ب - $M\begin{cases}D=20\\L=10\end{cases}$ $\quad N\begin{cases}D=40\\L=20\end{cases}$

با حل نمایید. مقاومت ای این ستون را تعیین نمایید.

۱- حالت (الف)

$$\begin{cases} N_u = 1.25\times 80 + 1.5\times 40 = 160^{T} \\ M_u = 1.25\times 10 + 1.5\times 5 = 20^{T-m} \end{cases} \qquad e = M_u/N_u = 12.5\ cm$$

$$a_b = \frac{6300}{6300+3400}\times 0.85\times 43 = 23.8\ cm$$

$$N_b = 0.85\times 0.12\times 40\times 23.8 = 97.1^{T}$$

$N_u > N_{rb}$

$$N_u = \frac{A_s' f_{yd}}{0.5 + \frac{e}{d-d'}} + \frac{f_{cd}\, b\, t}{1.18 + \frac{3te}{d^2}}$$

$$160 = \frac{A_s'\times 3.4}{0.5+\frac{12.5}{43-7}} + \frac{0.12\times 40\times 50}{1.18+\frac{3\times 50\times 12.5}{43^2}} \longrightarrow A_s' = 12.6\ cm^2$$

$A_t = 2\times 12.6 = 25.2\ cm^2$ $\qquad \rho_t = 25.2/40\times 50 = 1.26\%$

حل مشابه با استفاده از گراف ۶:

$d/t = 43/50 = 0.86 = 0.85$

$N_u/f_{cd}\, b\, t = 160/0.12\times 40\times 50 = 0.67$ $\Big\}\longrightarrow \rho_t m = 0.42$

$e/t = 12.5/50 = 0.25$

$m = f_{yd}/0.85 f_{cd} = 33.3$ $\qquad \rho_t = 0.42/33.3 = 1.26\%$

www.Mohandesyar.com

درس سازه‌های بتن آرمه — طرح ستون‌ها تحت فشار و خمش — برگ شماره (13) / (2/2) صفحه

۲- حالت (ب)

$$\begin{cases} N_0 = 1.25 \times 40 + 1.5 \times 20 = 80^T \\ M_0 = 1.25 \times 20 + 1.5 \times 10 = 40^{T-m} \end{cases} \qquad e = 40/80 = .5\ m$$

$N_0 < N_{rb}$

$$M_0 = \frac{N_0}{2}(t-a) + A_s f_{yd}(d-d')$$

$$a = \frac{N_0}{.85 f_{cd} b}$$

$$a = \frac{80}{.85 \times .12 \times 40} = 19.6\ Cm$$

$$4000 = \frac{80}{2}(50 - 19.6) + A_s \times 3.4\,(43-7) \rightarrow A_s = 22.8\ Cm^2$$

$$A_{st} = 2 \times 22.8 = 45.6\ Cm^2 \qquad \rho_t = 2.28\%$$

حل مسئله با استفاده از نگرانف ۱:

$$N_0 / f_{cd}\, b\, t = 80/.12 \times 40 \times 50 = .33$$
$$e/t = 50/50 = 1.0$$
$$\rightarrow \rho_t m = .78 \rightarrow \rho_t = 2.34\%$$

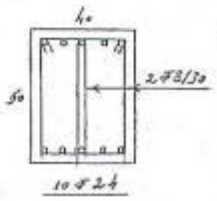
۳- تعیین خاموت‌ها

در حالت (ب) کوپلر رفتیم $A_{st} = 45.6\ Cm^2$ راست.

$A_{st} = 45.6\ Cm^2$ — $A_{st} = 10 \phi 24 = 45.3\ Cm^2$ ✓

اگر برای خاموت‌ها $\phi 8$ انتخاب شود:

$$S \leq 16\, d_b = 16 \times 2.4 = 38.4\ Cm$$
$$\leq 48\, d_{bs} = 48 \times .8 = 38.4$$
$$\leq b = 40$$
$$\leq 30$$
$$\rightarrow S = 30\ Cm$$

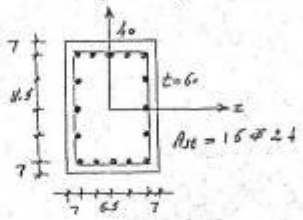


www.Mohandesyar.com

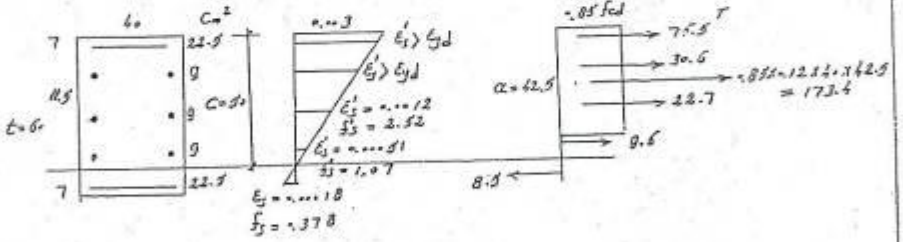
ستون با مقطع زیر مستطیل به ابعاد 40×60 Cm مطابق شکل زیر تقویت شده است. تعیین کنید در حالت
الف) که C = 50 Cm و C = 30 Cm باشد این ستون چه بار و لنگر خمشی را می‌تواند تحمل کند. در این
حالت فاصله تار کاتر میانی چه اندازه است.
اگر فاصله تار کاتر میانی را در هر حالت 2.7 منظور کنیم، تعیین کنید ستون چه بار و لنگر خمشی را

$f_{cc} = 200$ $f_y = 4000$ Kg/Cm² $\varepsilon_{cu} = 0.003$, $\varepsilon_y = 0.002$

$f_{cd} = 120$ $f_{yd} = 3400$



در حالت C = 50 Cm



$N_r = 173.4 + 76.5 + 30.6 + 22.7 + 9.6 - 8.5 = 304.3$

$e' = \left(173.4(53 - 42.5/2) + 76.5 \times 46 + 30.6 \times 34.5 + 22.7 \times 23 + 9.6 \times 11.5\right)/304.3 = 35.2$ Cm

$\bar{x} = 30 - 7 = 23$ Cm $e = 35.2 - 23 = 12.2$ Cm

$M_r = 304.3 \times 0.122 = 37.1$ T-m

$a_b = \frac{6300}{6300 + 3400} \times 0.85 \times 53 = 29.3$ Cm $N_{rb} = 0.85 \times 0.12 \times 40 \times 29.3 = 119.5$ T

$N_r > N_{rb}$

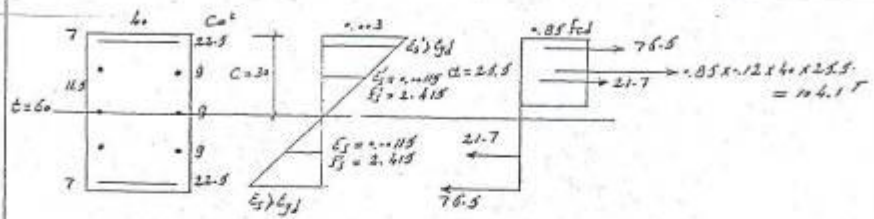
$304.3 = \frac{A_s' \times 3.4}{0.5 + \frac{12.2}{53-7}} + \frac{0.12 \times 40 \times 60}{1.18 + \frac{3 \times 60 \times 12.2}{53^2}}$ → $A_s' = 350$ Cm² $A_{st} = 700$ Cm²

$R = (2 \times 35 - 2 \times 22.5)/(3 \times 0) = 52.5\%$ درصد تاثیر کاتر میانی

www.Mohandesyar.com

بررسی ستون‌های بتن آرمه — ستون‌های با آرماتور متوازن یا ستون‌های تحت خمش دوطرفه

۱- حالت $C = 30\ Cm$



$Nr = 104.1 + 76.5 + 21.7 - 21.7 - 76.5 = 104.1\ T$

$e' = [104.1(53 - 25.5/2) + 76.5 \times 46 + 21.7 \times 34.5 - 21.7 \times 11.5] / 104.1 = 78.9\ Cm$

$e = 78.9 - 23 = 55.9\ Cm$ $\quad Mr = 104.1 \times 0.559 = 58.2\ T\text{-}m$

برای تعیین ضریب کاهش ظرفیت باربری ستون از گراف ۲ استفاده می‌نمائیم:

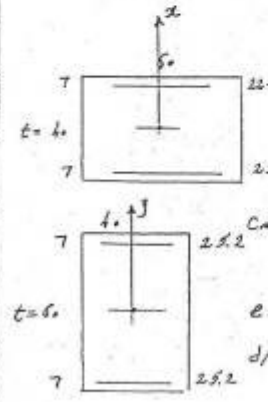
$d/t = 53/60 = 0.884 \approx 0.9$

$Nr/f_{cd}\,bt = 104.1/0.12 \times 40 \times 60 = 0.36$, $e/t = 55.9/60 = 0.93 \rightarrow \vartheta_t m = 0.7$

$\vartheta_t = 0.7/33.3 = 0.021$ $\quad Ast = 50.4$

$R = (50.4 - 2 \times 22.5)/(3 \times 3) = 2\%$

۲- خمش دوطرفه



۲-۱- Nrx

$e = 10\ Cm$, $e/t = 10/40 = 25$, $\vartheta_t = 2 \times 25.2/2400 = 0.021$, $\vartheta_t m = 0.7$

$d/t = 33/40 = 0.825$, $Nrx/f_{cd}\,bt = \frac{1}{2}(0.75 + 0.81) = 0.785$

$Nrx = 226\ T$

۲-۲- Nry

$e = 24\ Cm$ $\quad e/t = 24/60 = 0.4$ $\quad \vartheta_t m = 0.7$

$d/t = 53/60 = 0.883 \approx 0.9$ $\quad Nry/f_{cd}\,bt = 0.67$

$Nry = 193\ T$

۲-۳- Nr_0

$Nr_0 = 0.85 \times 0.12 \times 2400 + 72 \times 3.4 = 490\ T$

۲-۴- Nr

$\frac{1}{Nr} = \frac{1}{Nrx} + \frac{1}{Nry} - \frac{1}{Nr_0} = \frac{1}{226} + \frac{1}{193} - \frac{1}{490}$ $\quad Nr = 132\ T$

$0.1\,f_{cd}\,bt = 43.2\ T < Nr$ ok

www.Mohandesyar.com

ستونی با مقطع دایره به قطر $D = 50\ Cm$ در نظر است. تعیین کنید:

۱- اگر ستون با ۱۶ میلگرد به قطر ۲۴ با پوشش بتن $D_s = 38\ cm$ تقویت شده باشد در هر حالت بارگذاری در صورتی از انتاج خط خنثی $C = 30\ cm$ خواهد شد. نتیجه محاسبات را با استفاده از روابط و دیاگرام اکسترن نمایید.

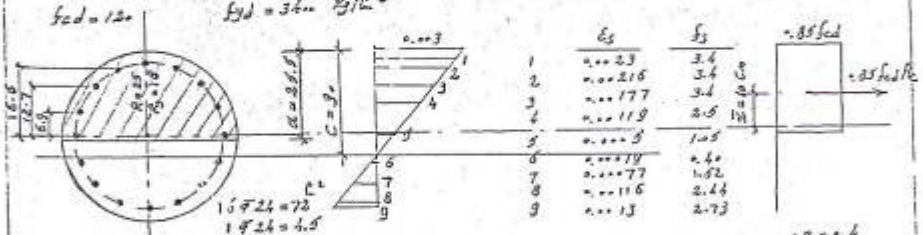
۲- چه مقدار گیرداری لازم است برای آنکه ستون بتواند بار نهائی $N_u = 70\ T$ را در روی خود تحمل کند. $e = 50\ cm$

$f_{cc} = 200$ $\quad f_y = 4000\ Kg/Cm^2$

۱- آنالیز ستون

$D = 50\ cm$, $D_s = 36\ cm$, $A_{st} = 16\phi 24$

$f_{cd} = 120$ $\quad f_{yd} = 3400\ Kg/Cm^2$



	ε_s	f_s
1	0.0023	3.4
2	0.00216	3.4
3	0.00177	3.4
4	0.00119	2.5
5	0.0003	1.05
6	0.00019	0.40
7	0.00077	1.62
8	0.00116	2.44
9	0.0013	2.73

$C = 30\ cm$ $\quad a = 0.85 \times 30 = 25.5\ cm$ $\quad a/D = 25.5/50 = 0.51 \rightarrow \begin{cases} B = 0.4 \\ A = 0.4 \end{cases}$

$A_c = B \cdot D^2 = 0.4 \times 50^2 = 1000\ Cm^2$ $\quad \bar{x} = A \cdot R = 0.4 \times 25 = 10\ Cm$

$F_c = 0.85\ f_{cd}\ A_c = 0.85 \times 0.12 \times 1000 = 102^T$

$N_r = 102 + 4.5\,(3.4 + 2\times3.4 + 2\times3.4 + 2\times2.5 + 2\times1.05 - 2\times0.4 - 2\times1.62 - 2\times2.44 - 2.73) = 158^T$

$e = \left[102\times10 + 4.5\,(3.4\times18 + 2\times3.4\times16.6 + 2\times3.4\times12.7 + 2\times2.5\times6.9 + 2\times0.4\times6.9 + 2\times1.62\times12.7 + 2\times2.44\times16.6 + 2.73\times18)\right] / 158$

$e = 19.9 \approx 20\ cm$ $\quad M_r = 158 \times 0.2 = 31.6\ T\text{-}m$

$e = 20\ cm$, $A_g = \frac{1}{4}\pi D^2 = 1962.5\ Cm^2$, $A_{st} = 72\ Cm^2$, $\rho_t = 0.037$, $\rho_t m = 1.22$

$e_b = (0.24 + 0.39\,\rho_t m)\,D = (0.24 + 0.39\times1.22)\,50 = 35.8\ Cm^2 \rightarrow \begin{cases} e < e_b \\ (r_r)\ N_{rb} \end{cases}$

$$N_r = \frac{A_{st}\, f_{yd}}{1 + \frac{3e}{D_s}} + \frac{f_{cd}\cdot A_g}{1.18 + \frac{9.6\,De}{(0.80 + 0.67 D_s)^2}}$$

$$N_r = \frac{72 \times 3.4}{1 + \frac{3\times20}{36}} + \frac{0.12 \times 1962.5}{1.18 + \frac{9.6 \times 50 \times 20}{(0.80\times50 + 0.67\times36)^2}} = 158.8^T$$

www.Mohandesyar.com

کانالیز با استفاده از نوگراف ۶:

$D_3/D = 35/50 = 0.72 \approx 0.7$

$e/D = 20/50 = 0.4$

$\rho_t m = 1.22$ → $N_r/f_{cd} \cdot D^2 = 0.52$

$N_r = 156\ T$

۲- طرح ستون

برای استفاده از روابط زیر می‌شود $e < e_b$ باشد. در غیر $N_0 > N_{rb}$ است.

$N_0 = 70\ T$ $e = 50\ cm$

$$70 = \frac{A_{st} \times 3.4}{1 + \frac{3 \times 50}{36}} + \frac{0.12 \times 1962.5}{1.18 + \frac{3.6 \times 50 \times 35}{(0.8 \times 50 + 0.67 \times 35)^2}} \rightarrow A_{st} = 55.4\ cm^2,\ \rho_t = 2.82\%$$

$\rho_t m = 0.28 \times 33.3 = 0.94$ $e_b = (0.24 + 0.39 \times 0.94) 50 = 30.3\ cm$

فرض غلط است چون $e > e_b$ است. فرض می‌شود $N_0 < N_{rb}$ باشد.

$$N_0 = 0.85 f_{cd} \cdot D^2 \left\{ \sqrt{(0.85 e/D - 0.38)^2 + 0.4 \rho_t m\ D_3/D} - (0.85 e/D - 0.38) \right\}$$

$e/D = 1.0$ $D_3/D = 0.72$

$$70 = 0.85 \times 0.12 \times 50^2 \left\{ \sqrt{(0.85 \times 1 - 0.38)^2 + 0.4 \rho_t m \times 0.72} - (0.85 \times 1.0 - 0.38) \right\}$$

$\rho_t m = 1.16$

$e_b = (0.24 + 0.39 \times 1.16) 50 = 34.6$ $e > e_b$ ok.

$\rho_t = 1.16/33.3 = 0.035$ $A_{st} = 68.7\ cm^2$ .16824 $A_{st} = 72\ cm^2$

طرح ستون با استفاده از نوگراف ۱

$e/D = 1.0$ $D_3/D = 0.72 \approx 0.7$

$N_0/f_{cd} \cdot D^2 = 70/0.12 \times 50^2 = 0.24$

→ $\rho_t m = 1.2$ $\rho_t = 3.6\%$

اگر برای ستون از بتن بهتر استفاده شود ابعاد مقطع به صورت زیر خواهد بود:

$$\rho_s = 0.45 \left(\frac{A_g}{A_c} - 1 \right) \frac{f_{cc}}{f_y}$$

$D_{ss} = 42\ cm$ $A_c = 1385\ cm^2$

$\rho_s = 0.45 \left(\frac{1052.5}{1385} - 1 \right) \frac{200}{4000} = 0.0094$

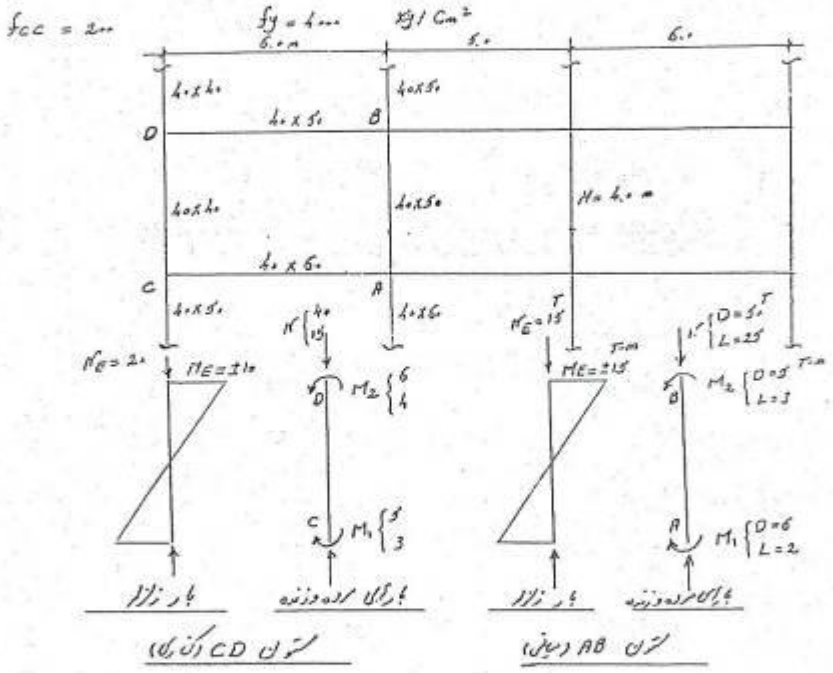
$\rho_s = \frac{4 A_{bs}}{D_{ss} \cdot S} \rightarrow A_{bs} = 0.095$

$S = 13.5 \rightarrow A_{bs} = 1.23$ $\phi 12/13.5$

A_c سطح مقطع بتن محصور تا وسط میلگرد مارپیچ است.

www.Mohandesyar.com

تابلو زیر یکی از تابلوهای مشابهی است که در سازه یک ساختمان بکار برده شده است. تابلوها جابجا نشده‌اند. بارهای وارده در حالت عادی و در حالت زلزله بر هریک از ستون‌های کناری و میانی در شکل نشان داده شده‌اند. با در نظر گرفتن اثر ناشی از لاغری یکی از ستون‌های میانی را طرح کنید.



۱- ترکیبات بار

فقط ترکیب‌های اصلی دوم کنترل می‌شوند.

ستون AB

$$U_1 \begin{cases} N_U = 1.25\times 80 + 1.5\times 25 = 100^{T} \\ M_{1U} = 1.25\times 6 + 1.5\times 2 = 10.5^{T\text{-m}} \\ M_{2U} = 1.25\times 5 + 1.5\times 3 = 10.8 \end{cases}$$

$$U_2 \begin{cases} N_U = 0.8(100 + 1.5\times 15) = 98^{T} \\ M_{1U} = 0.8(10.5 + 1.5\times 15) = 26.4^{T\text{-m}} \\ M_{2U} = 0.8(10.8 + 1.5\times 15) = 26.7 \end{cases}$$

ستون CD

$$U_1 \begin{cases} N_U = 72.5^{T} \\ M_{1U} = 10.8^{T\text{-m}} \\ M_{2U} = 13.5 \end{cases}$$

$$U_2 \begin{cases} N_U = 82^{T} \\ M_{1U} = 20.6^{T\text{-m}} \\ M_{2U} = 22.8 \end{cases}$$

www.Mohandesyar.com

۲- طول مؤثر ستون l_e

$l_e = K \cdot l_u$

K_b تیر	I_b	
40×60 cm	$I_b = 72 \times 10^4$ cm^4	$l = 6.00$ m, $K_b = 1200$, $0.5K_b = 600$ cm^3
		$l = 5.00$ m, $= 1440$, $= 720$
40×50	$= 41.7 \times 10^4$	$l = 6.00$ m, $= 695$, $= 347$
		$l = 5.00$ m, $= 834$, $= 417$

K_c ستون	I_c	
40×40 cm	$I_c = 21.3 \times 10^4$	$l = 4.00$ m, $K_c = 533$
40×50	$= 41.7 \times 10^4$	$=$ $= 1042$
40×60	$= 72.0 \times 10^4$	$=$ $= 1800$

۲-۱- ستون AB

$\psi_A = \dfrac{1042 + 1800}{600 + 720} = 2.15$

$\psi_B = \dfrac{2 \times 1042}{347 + 417} = 2.72$

$\rightarrow \begin{cases} K' = 0.88 \\ K'' = 1.7 \end{cases}$

طول آزاد برشه: $l_e = 0.88 \times 4 = 3.5$ m

مهارنشده: $= 1.7 \times 4 = 6.8$

۲-۲- ستون CD

$\psi_C = \dfrac{533 + 1042}{600} = 2.63$

$\psi_D = \dfrac{2 \times 533}{347} = 3.10$

$\rightarrow \begin{cases} K' = 0.89 \\ K'' = 1.8 \end{cases}$

برشه: $l_e = 0.89 \times 4 = 3.6$

مهارنشده: $= 1.8 \times 4 = 7.2$

۳- طرح ستون AB

۳-۱- ترکیب اول بارگذاری

در این ترکیب ستون بی‌جابجایی نداشته و مهارنشده تلقی می‌شود.

$\begin{cases} N_0 = 100 \text{ T} \\ M_{10} = 10.5 \text{ T-m} \\ M_{20} = 10.8 \end{cases}$ $\quad M_{1b} = 10.5$, $M_{2b} = 10.8$

$M_c = \delta_b \cdot M_{2b}$

www.Mohandesyar.com

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{N_u}{\phi_n \cdot N_c}} \geq 1.0 \qquad \phi_n = 0.65$$

$$C_m = 0.6 + 0.4\,\frac{M_{1b}}{M_{2b}} = 0.6 + 0.4 \times \frac{10.5}{10.8} = 1.0 \geq 0.4 \quad \checkmark$$

$$N_c = \frac{\pi^2 E_c I_e}{\ell_e^2}$$

$$E_c = 1500\sqrt{f'_c} = 220{,}000 \ kg/cm^2$$

$$I_e = 0.25\, I_g = 0.25 \times 41.7 \times 10^4 = 10.43 \times 10^4 \ cm^4$$

$$\ell_e = 3.5 \ m$$

$$N_c = \frac{3.14^2 \times 220 \times 10.43 \times 10^4}{350^2} = 1847^T$$

$$\delta_b = \frac{1.0}{1.0 - \frac{100}{0.65 \times 1847}} = 1.1$$

$$M_c = 1.1 \times 10.8 = 11.9 \ T\text{-}m$$

ستون در ترکیب اول بارگذاری باید برای بار روان $\begin{cases} N_u = 100^T \\ M_c = 11.9^{T\text{-}m} \end{cases}$ طراحی شود.

۳-۱- ترکیب دوم بارگذاری

ستون را در طبقه همکف در نظر بگیرید.

$$\begin{cases} N_u = 98^T \\ M_{1u} = 26.4^{T\text{-}m} \longrightarrow M_{1b} = 8.4\,, \quad M_{1s} = 18.0 \\ M_{2u} = 26.7 \longrightarrow M_{2b} = 8.6\,, \quad M_{2s} = 18.0 \end{cases}$$

$$M_c = \delta_b \cdot M_{2b} + \delta_s \cdot M_{2s}$$

الف- تعیین δ_b

ستون همیشه طویل می‌شود. محاسبات همانند حالت ترکیب اول بارگذاری است.

www.Mohandesyar.com

$C_m = 0.6 + 0.4 \times \frac{8.4}{8.6} \approx 1.0$

$N_c = 1847^T$

$\delta_b = \frac{1}{1 - \frac{98}{0.65 \times 1847}} \approx 1.1$

ب ـ محاسبه δ_s

ستون ها مهاربندی نشده اند

$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum N_u}{\sum N_c}}$

ستون AB

$N_u = 98^T$

$l_e = 6.8^m$

$N_c = \frac{3.14^2 \times 2200 \times 14.43 \times 10^4}{680^2} = 480^T$

ستون CD

$N_u = 82^T$

$l_e = 7.2^m$

$I_e = 0.25 \times 21.3 \times 10^4 = 5.3 \times 10^4 \ cm^4$

$N_c = \frac{3.14^2 \times 2200 \times 5.3 \times 10^4}{720^2} = 222^T$

$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{2 \times 98 + 2 \times 82}{0.65(2 \times 480 + 2 \times 222)}} = 1.64$

$M_c = 1.1 \times 8.6 + 1.64 \times 18.0 = 39.0^{T-m}$

$M_c = 39^{T-m}$ نیروی ستون

$e = 39/98 = 0.4^m$

$N_u / f_{cu} b t = 98 / 0.12 \times 40 \times 35 = 0.41$ ، $e/t = 0.4/0.5 = 0.8$ ، $d/t = 43/50 = 0.86$

$\rightarrow f_c m = 0.76$ ، $\rho_t = 0.76/33.3 = 2.3\%$ ، $A_{st} = 47.0 \ cm^2$

www.Mohandesyar.com

درس سازه‌های بتن آرمه — شالوده‌ها — برگ شماره (17)

(1/2) صفحه

ستون با مقطع 40×60 cm در ترازیابی عادی بار روبان $N\begin{cases}D=180^T\\L=75\end{cases}$ و $M\begin{cases}D=12\ T\text{-}m\\L=6\end{cases}$ را برشالوده وارد می‌کند. این ستون در هنگام زلزله بار روبان $\in\begin{cases}N=60^T\\M=20^{T\text{-}m}\end{cases}$ را برشالوده وارد می‌کند. شالوده این ستون را طرح کنید. مقاومت مجاز خاک در حد $\sigma_s = 2.5\ Kg/Cm^2$ است. بتن با $f'_c = 210\ Kg/Cm^2$ و تنش تسلیم $f_y = 4000\ Kg/Cm^2$

۱- تعیین ابعاد شالوده در بهره‌برداری

وزن خاک روی شالوده $W_s = 0.1\ N_{D+L} = 22.5 \rightarrow 25^T$

$N_{D+L} = 180 + 75 = 225^T$

$\begin{cases}N_1 = 225 + 25 = 250^T\\M_1 = 12 + 6 = 18\ T\text{-}m\end{cases}$ بار در ترازیابی عادی

$\begin{cases}N_2 = 250 + 60 = 310^T\\M_2 = 18 + 20 = 38\ T\text{-}m\end{cases}$ بار در هنگام زلزله

$a \times b = 3 \times 4\ m$ $\quad A_f = 3\times 4 = 12\ m^2$ $\quad Z_f = \frac{1}{6}\times 3\times 4^2 = 8\ m^3$

$$f_{s_1} = \frac{250}{12} \pm \frac{18}{8} = 20.8 \pm 2.3 = \begin{cases}23.1\ T/m^2 < 25\ \checkmark\\18.5\end{cases}$$

$$f_{s_2} = \frac{310}{12} + \frac{38}{8} = 25.8 \pm 4.8 = \begin{cases}30.6 < 1.33\times 25 = 33.3\ \checkmark\\21.0\end{cases}$$

با این ترتیب ابعاد $3\times 4\ m$ مناسب است.

۲- تعیین ضخامت شالوده

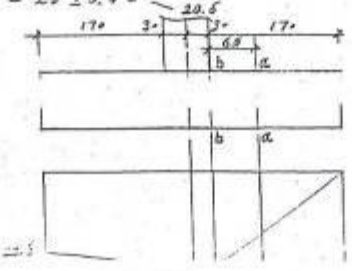
بار در حد نهایی:

$$U_1\begin{cases}N_u = 1.25\times 180 + (\text{وزن شالوده و خاک متراکم}) + 1.5\times 75 = 300^T\\M_u = 1.25\times 12 + 1.5\times 6 = 24\ T\text{-}m\end{cases}$$

$$U_2\begin{cases}N_u = 0.8(300 + 1.5\times 60) = 312\\M_u = 0.8(24 + 1.5\times 20) = 43.2\end{cases}$$

ترکیب U_2 حاکم است. تنش خاک برابر است با:

$$\beta_s = \frac{312}{12} \pm \frac{43.2}{8} = 26 \pm 5.4 = \begin{cases}31.4\ T/m^2\\20.6\end{cases}$$



75

www.Mohandesyar.com

طرح سایه‌بان بتن‌آرمه — شالوده‌ها

اگر ضخامت شالوده $t=75\,Cm$ درنظر گرفته شود، $d=65\,Cm$ است. مقدار برش در سطح $a-a$ برابر است با حاصل ضرب برآیند بار زیر آن.

$$V_{u(a-a)} = \frac{1}{2}(28.6+31.4)\times 1.0\times 5 = 31.5\ T/m$$

$$v_c = \frac{V_u}{bd} = \frac{31.5}{1.0\times 0.65} = 48.5\ T/m^2$$

$$v_{cc} = 0.63\sqrt{f_{cc}} = 6.3\sqrt{20} = 8.9\ kg/cm^2 \qquad v_{cd} = 0.6\,v_{cc} = 5.3\ kg/cm^2 = 53\ T/m^2$$

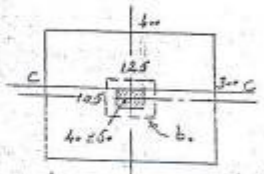
$v_c < v_{cd}$ ضخامت شالوده برای برش ناشی از فشش مناسب است.

برش سوراخ کننده

$f_{sb_0} = 26\ T/m^2$ تنش متوسط روی سطح b_0

$$V_{up} = 312 - 26\times(1.25\times 1.05) = 278^T$$

$$v_p = \frac{V_{up}}{b_0 d} = \frac{278}{4.6\times 0.65} = 93\ T/m^2$$



$b_0 = 2(1.25+1.05) = 4.6^m$

$$v_{pd} = \left(1+\frac{2}{\beta_c}\right)v_{cd} \qquad \beta_c = 6.0/4.0 = 1.5 \qquad v_{pd} = 2.3\,v_{cd}$$

$$v_{pd} = \left(\frac{\alpha_s d}{b_0}+1\right)v_{cd} \qquad \alpha_s = 2.0 \qquad v_{pd} = 3.8\,v_{cd}$$

$$v_{pd} = 2\,v_{cd} \rightarrow v_{pd} = 2\times 53 = 106\ T/m^2$$

مقاومت برش سوراخ کننده بتن

$v_p < v_{pd}$ ضخامت شالوده برای برش سوراخ کننده مناسب است.

وزن شالوده $W_f = 4\times 3\times 0.75\times 2.8 = 22.5^T < 25.0^T$ ok.

۲- طراحی برای خمش

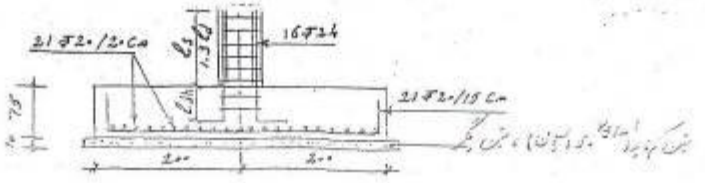
$$M_{u(b-b)} = \frac{1}{2}\times 26.8\times 1.7\times\frac{1}{3}\times 1.7 + \frac{1}{2}\times 31.4\times 1.7\times\frac{2}{3}\times 1.7 = 43.2\ T\text{-}m/m$$

$$R = M_u/f_{cd}\,bd^2 = 4320/1.12\times 100\times 65^2 = 0.085 \rightarrow \varphi = 0.09 \qquad \beta = 0.0032$$

$\beta_{min} = 0.002$ $\beta > \beta_{min}$ ok. $A_s = 0.0032\times 100\times 65 = 20.8^{Cm^2}$ $\frac{\phi 20/15\,Cm}{16=21.0}$

$$M_{u(c-c)} = \frac{1}{2}(31.4+20.6)\times 1.3^2/2 = 22.0^{T\text{-}m/m}$$

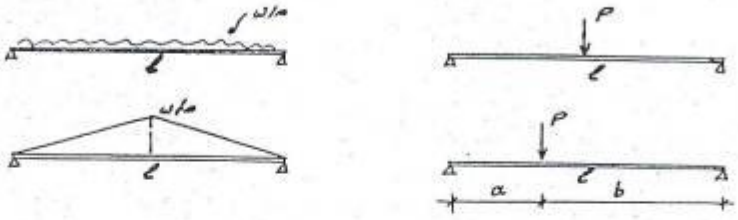
$R = 0.14 \rightarrow \varphi = 0.046$ | $\beta = 0.0018 < 0.002$ $\beta = 0.002$ $A_s = 13.0^{Cm^2}$



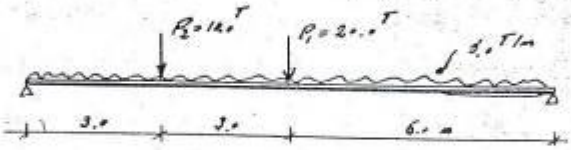
www.Mohandesyar.com

برگ شماره ۵۶ — مسائل مربوط به رسم دیاگرامهای برش و لنگر

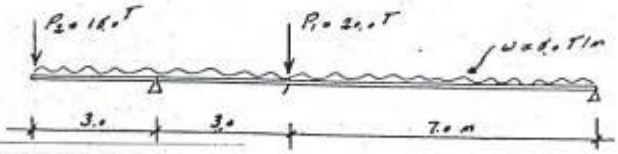
۱- برای هریک از تیرهای نشان داده شده با لحاظ نمودن برش و لنگر خمش حداکثر را بدست آورید و دیاگرامهای برش و لنگر را رسم کنید. با لحاظ حداکثر اثر بار گذاری را بدست آورید.



۲- در تیر زیر دیاگرامهای برش و لنگر را رسم کنید.



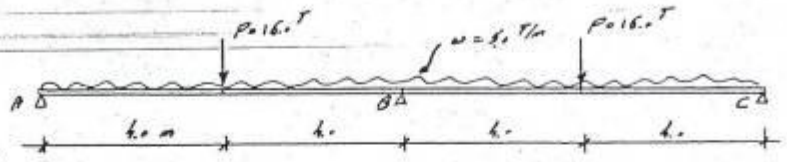
۳- در تیر زیر دیاگرامهای برش و لنگر را رسم کنید.



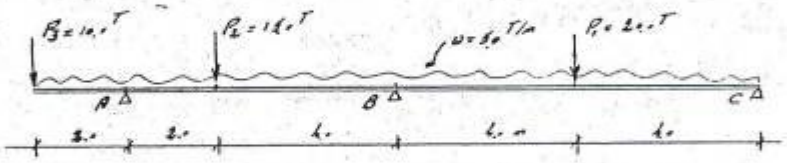
www.Mohandesyar.com

مساله مربوط به رسم دیاگرام‌های برش و لنگر — برگ شماره صفر

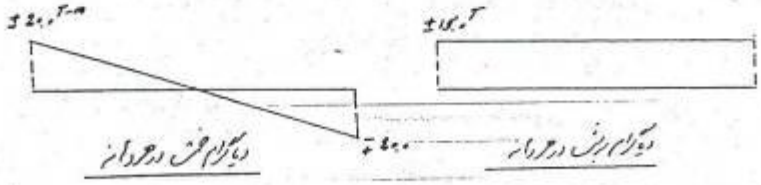
۴- در تیر زیر عکس‌العمل تکیه‌گاه میانی $R_B = 72.0^T$ است. دیاگرام‌های برش و لنگر را در تیر رسم کنید.



۵- در تیر زیر مقدار لنگر خمشی در تکیه‌گاه B برابر $M_B = -48.9^{T.m}$ است. دیاگرام‌های برش و لنگر را در تیر رسم کنید.

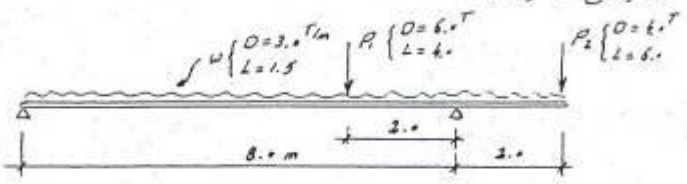


۶- دیاگرام‌های رسم شده در مسئله (۵) را در نظر بگیرید و در هر دهانه دیاگرام‌های برش و لنگر زیر را با آن اضافه یا کم کنید. دیاگرام‌های حاصل را رسم نمایید.

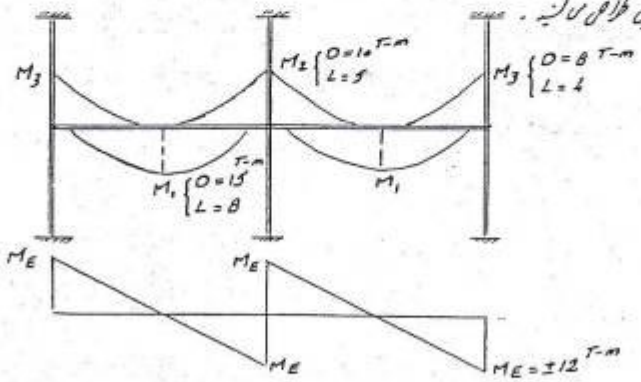


www.Mohandesyar.com

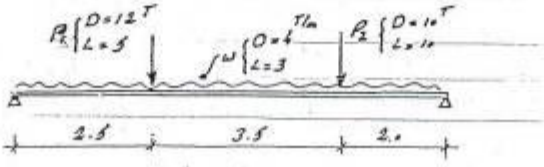
۱- تیر مطابق شکل زیر تحت اثر بارهای سرویس در نظر است. دیاگرام‌های نگر خش و نمودش برش در تیر را در حدنهائی رسم کرده و تعیین کنید تیر را برای چه نگرانی خش حداکثر و چه نوش برش در طول تیر طرح خواهید نمود.



۲- تیر نشان داده شده در شکل زیر "زیرپایی" از یک تاب چند طبقه است. دیاگرام نگر خش در این تیر زیر اثر بارهای مرده و زنده در حالت سرویس در شکل نشان داده شده است. زیر اثر بار جانبی زلزله در تیر این تاب نگرانی خش مطابق با دیاگرام شکل دوم از بالا می‌گذرد. تعیین کنید این تیر را برای چه نگرانی خش ماکزیمی طراحی می‌کنید.

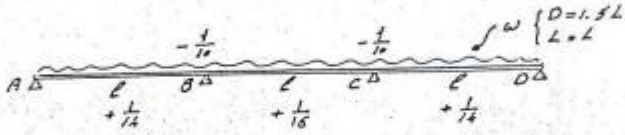


۳- تیر ساده زیر تحت اثر بارهای سرویس در نظر است. این تیر در جریان زلزله ناگزیر از نیروی برش ثابتی برابر با $V_E = \pm 25^T$ در طول خود است. تعیین کنید تیر را برای چه دیاگرام برش در حدنهائی طراحی می‌کنید.



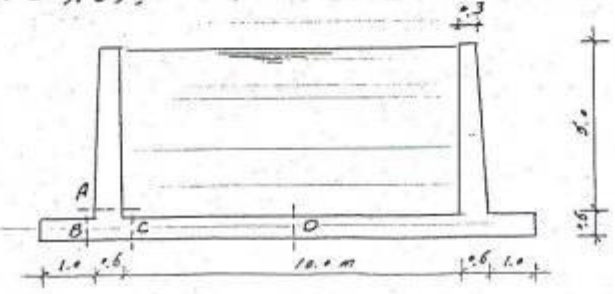
www.Mohandesyar.com

۴- تیر مداوم زیر تحت اثر بار گسترده ω در حالت سرویس قرار دارد. شدت بار زنده یک دهم بار شدت بار زنده است. اگر تیر در مقاطع B و C تا درجه تحمل لنگر خمشی منفی $M_T = 25^{T\cdot m}$ و در مقاطع وسط دهانه‌های AB و CD تا درجه تحمل لنگر خمشی مثبت $M_T^+ = 18^{T\cdot m}$ و در مقطع وسط دهانه BC تا درجه تحمل لنگر خمشی مثبت $M_T^+ = 18^{T\cdot m}$ باشد تعیین کنید حداکثر مقدار ω را که می‌توان بر تیر وارد کرد. در مقاطع گفته شده مقادیر لنگرهای خمشی را می‌توان از رابطه $M = K\omega\ell^2$ تعیین نمود. مقادیر K در مقاطع مختلف روی شکل داده شده‌اند.



۵- ستونی در مقطع دوتایی عمود بر هم در جهات x و y قرار دارد. این ستون در حالت عادی بارهای P و M_x $\begin{cases} D=5^T \\ L=3^T \end{cases}$ و M_x $\begin{cases} D=8^{T\cdot m} \\ L=6^{T\cdot m} \end{cases}$ و M_y $\begin{cases} D=6^{T\cdot m} \\ L=3^{T\cdot m} \end{cases}$ در جهات x و y تحمل می‌کند. وقتی بار در جهت x بر ساختمان اثر کند ستون بارهای $\begin{cases} P_w = 20^T \\ M_w = 12^{T\cdot m} \end{cases}$ و وقتی بار در جهت y بر ساختمان اثر کند ستون بارهای $\begin{cases} P_w = 18^T \\ M_w = 10^{T\cdot m} \end{cases}$ وارد می‌شود. تعیین کنید این ستون را برای چه بارهائی طراحی می‌کنید.

۶- شکل نشان داده شده در زیر مقطع یک لنگر ساب مکعب مستطیل شکل است. یک دیوار بتنی از این لنگر را در نظر گرفته و تعیین کنید مقاطع A و B و C و D از این دیوار را در حالت نهائی برای چه بارهائی طراحی می‌کنید. وزن مخصوص بتن آرمه را $2.5^{T/m^3}$ در نظر بگیرید. فشار وارده به خاک در زیر لنگر بگراخت فرض می‌شود.



www.Mohandesyar.com

مسائل ستون‌های کوتاه زیر اثر بار محوری — برگ شماره 20

در مسائل زیر $f'_c = 200\ kg/cm^2$ و $f_y = 3000\ kg/cm^2$ منظور گردند.

۱- ستون با مقطع دایره بقطر $D = 40\ cm$ با 3٪ فولاد تقویت شده است. این ستون در شرایط عادی بار P $\begin{cases} D = 80^T \\ L = 40^T \end{cases}$ را تحمل می‌کند. مقدار تنش در بتن و در فولاد را در حالات زیر تعیین کنید:

الف - در شرایط عادی تحت اثر بار P

ب - تحت اثر بار بارهای $1.6P$

تعیین کنید که با بر اساس آئین نامه "آیا" بارگذاری شده در بند (ب) را می‌توان بر این ستون وارد کرد یا نه؟ ضریب اطمینان موجود در طرح ستون را در حالت (الف) بدست آورید.

۲- ستون با مقطع مربع بضلع $30\ cm$ در نظر است. بر این ستون در حالت عادی بار $P = 24^T$ که ناشی از بار مرده و زنده با نسبت 2/1 است وارد می‌آید. میزان فولاد لازم برای این ستون را در دو حالت زیر تعیین کنید:

الف - بر اساس ضوابط آئین نامه "آیا"

ب - بشرط آنکه بخواهیم بردی مقاومت بتن ضریب اطمینان 2.2 و بردی مقاومت فولاد ضریب اطمینان 3 داشته باشیم.

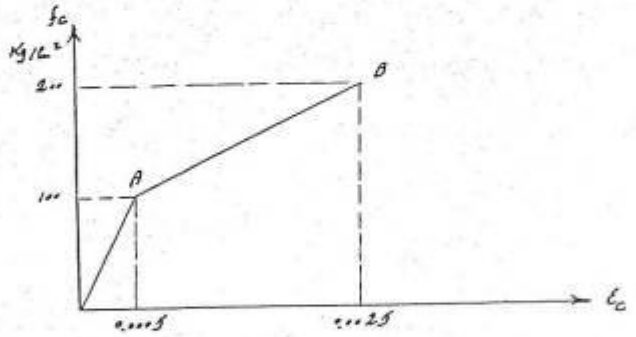
در هر دو حالت ضریب اطمینان کل طرح را پیدا کنید.

۳- ستون با مقطع مربع بضلع $40\ cm$ و $12\ \phi\ 20$ تقویت شده است. بارگذاری بر این ستون در حالت عادی چنان است که ستون دارای ضریب اطمینان کل برابر 2.5 در طرح است. بارگذاری را تعیین کرده و تنش‌های موجود در بتن و فولاد را تحت اثر این بار بدست آورید. بیان کنید چ ضریب اطمینان بردی تنش‌های بتن و فولاد موجود است.

www.Mohandesyar.com

۴- ستون با مقطع مربع طرح کنید که با بتن ۲۰۰ فولاد بارگذاری سرویس $P\begin{cases}D=140^T\\L=70^T\end{cases}$ را تحمل نماید. پس از طرح ستون میزان تنش در بتن و فولاد را زیر اثر بارهای تعیین کرده و میزان ضرایب اطمینان موجود در مقاومت‌های بتن و فولاد را بدست آورید. چنانچه بخواهیم ستون بار $P_{D.L}$ را در تنش در بتن برابر f_c بار تنش بتن در حالت قبل تحمل کند، میزان فولاد لازم چه اندازه خواهد بود؟ میزان فولاد را در دو حالت فوق مقایسه کرده و دلیل تفاوت آن دو را بیان نمائید.

۵- ستون با مقطع مربع طرح کنید که با بتن ۱۵۰ فولاد خرپانه بارگذاری سرویس $P\begin{cases}D=110^T\\L=55^T\end{cases}$ را تحمل نماید. تعیین کنید دو زیر اثر بارهای سرویس و نیز بارهای نهائی چه تنشی در بتن و فولاد بوجود می‌آید. مشخصه مکانیکی بتن را بصورت دو خطی زیر فرض کنید. مشخصه مکانیکی فولاد استفاده شده الاستیک است.

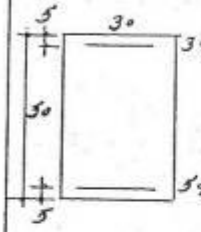


۶- ستون با مقطع مربع طرح کنید که با بتن ۲۰۰ فولاد بارگذاری $P\begin{cases}D=80^T\\L=60^T\end{cases}$ را در حد نهائی تحمل کند و در ترکیبات بارگذاری سرویس تنش‌ها از مقادیر $\begin{cases}f_c=90\ Kg/Cm^2\\f_s=500\end{cases}$ تجاوز نکنند. تحت اثر چه بارهائی تنش در فولاد در حد سرویس به $\frac{2}{3}f_y$ میرسد؟ مقادیر تنش در بتن و فولاد را در این وضعیت محاسبه کرده و با مقادیر نظیر در حالت قبل مقایسه نمائید. که با تنش‌ها در این دو وضعیت متناسب با بارهای مختلف باشند یا خیر؟ در هر حالت دلیل آنرا بنویسید.

www.Mohandesyar.com

مسائل مربوط به آنالیز تیرها با مقطع مربع مستطیل — برگ شماره 30

۱- تیری با مقطع مربع مستطیل مطابق شکل زیر در نظر است. تعیین کنید حداکثر تنش در بتن و در فولاد را در شرایط زیر:



الف - تیر تحت اثر لنگر خمش $M = 3.0$ T-m کار می‌کند

ب - " " $M = 10.0$ " " "

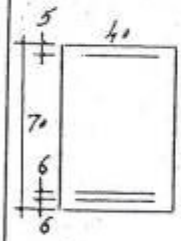
ج - " " $M = 20.0$ " " "

د - تعیین کنید این تیر تحت اثر چه لنگر خمشی ترک می‌خورد.

هـ - لنگر خمشی مقاوم نهائی تیر را تعیین کنید.

$f_{cc} = 200$ Kg/Cm² $\quad f_y = 2400$ Kg/Cm²

۲- تیری با مقطع مربع مستطیل مطابق شکل زیر در نظر است. لنگر خمشی مقاوم نهائی تیر را در حالات گوناگون آرماتورگذاری زیر بدست آورید:



الف - $A_s = 6\,\phi 30$ تک ردیف $\quad A_s' = 0$

ب - " $A_s =$ " " $\quad A_s' = 4\,\phi 30$

ج - $A_s = 12\,\phi 30$ دو ردیف $\quad A_s' = 6\,\phi 30$

د - " $A_s =$ " " $\quad A_s' = 0$

$f_{cc} = 200$ Kg/Cm² $\quad f_y = 4000$ Kg/Cm²

۳- تیری با مقطع مربع مستطیل با ابعاد 40×50 Cm در نظر است. میزان آرماتور کششی تیر را طوری تعیین کنید که در حد بارگذاری عادی میزان کرنش در فولاد تک دنیم برابر حداکثر کرنش در بتن فشاری باشد. چنانچه تحت اثر بارگذاری عادی تنش در فولاد کششی برابر با 1200 Kg/Cm² باشد، لنگر خمشی وارده بر تیر چه اندازه است؟

$f_{cc} = 200$ Kg/Cm² $\quad f_y = 2400$ Kg/Cm²

www.Mohandesyar.com

۴- تیری با تکیه‌گاه‌های ساده زیر اثر بار گسترده‌ی $D=2L$ قرار دارد. دهانه‌ی تیر $8.0\,m$ است. مقطع تیر مربع مستطیل به ابعاد $30\times50\,cm$ است و با آرماتور کششی $6\phi20$ تقویت شده است. تعیین کنید:

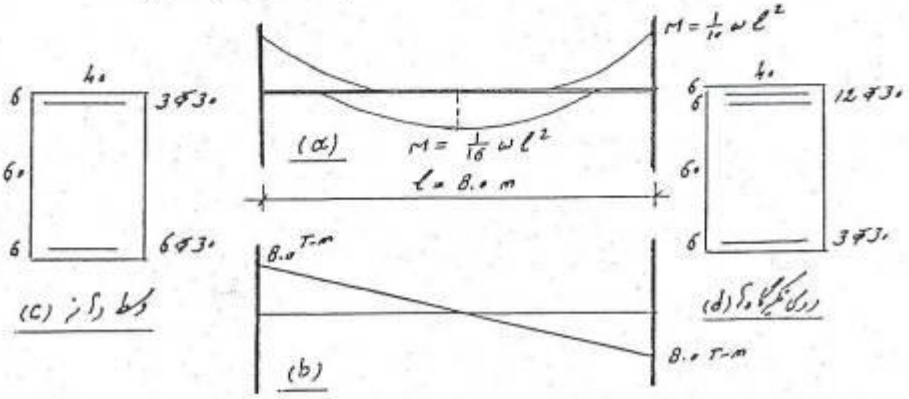
الف - حداکثر مقدار w را که در شرایط عادی می‌توان بر تیر وارد کرد.

ب - حداکثر مقدار w را با شرط آنکه در شرایط عادی ضرایب اطمینان موجود برای مقاومت‌های بتن و فولاد حداقل برابر با 2.5 باشد.

ج - اگر بخواهیم در حدهای میزان کرنش در فولاد کشش دو برابر حداکثر کرنش در بتن فشاری باشد مقدار فولاد را باید به چه اندازه تغییر دهیم؟ در این صورت مقدار w چه اندازه خواهد بود.

$f_{cc}=200\ Kg/Cm^2$ $\qquad$ $f_y=2400\ Kg/Cm^2$

۵- دیاگرام لنگر خمشی در تیری از یک قاب زیر اثر بار گسترده‌ی $D=2L$ مطابق شکل (a) است. این تیر زیر اثر بار جانبی زلزله دیاگرام لنگر خمشی مطابق دیاگرام شکل (b) است. مقاطع تیر و نحوه‌ی آرماتورگذاری آن در اشکال (c) و (d) نشان داده شده‌اند. تعیین کنید حداکثر مقدار w را که می‌توان بر این تیر وارد کرد.



$f_{cc}=200\ Kg/Cm^2$ $\qquad$ $f_y=4000\ Kg/Cm^2$

RLL

www.Mohandesyar.com

مسائل مربوط به طرح تیرهای با مقطع مربع مستطیل — برگ شماره 4D

در مسائل زیر $f'_c = 200\ kg/cm^2$ و $f_y = 3000\ kg/cm^2$ منظور می گردند.

۱- تیری با مقطع مربع مستطیل با ابعاد $40 \times 50\ cm$ در نظر است. مقدار آرماتورهای لازم در این تیر را در حالات زیر بدست آورید:

الف- تیر در حد خمیری باید لنگر خمشی $M_u = 10\ T\text{-}m$ را تحمل کند.

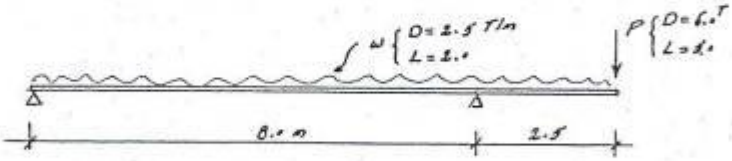
ب- " " " " " " $M_u = 20$ " "

ج- " " " " " " $M_u = 30$ " "

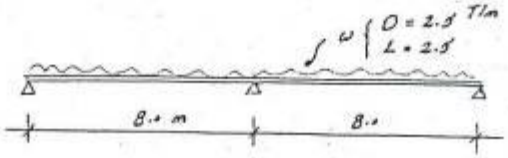
د- اگر در حالت (ج) تحمیل بدون بارگیری آرماتورهای ارتفاع تیر حداقل باشد، باید مقدار آرماتور کششی باید بار بر هم وارتفاع تیر چه اندازه خواهد بود؟

در تمام موارد فوق آرماتورها را انتخاب کنید و در مقطع تیر نشان دهید.

۲- تیر نشان داده شده در زیر دارای مقطع مربع مستطیل با ابعاد $40 \times 50\ cm$ است. تیر را برای خمش طراحی کرده و آرماتورگذاری آنرا در طول دهانه مقطع نشان دهید.



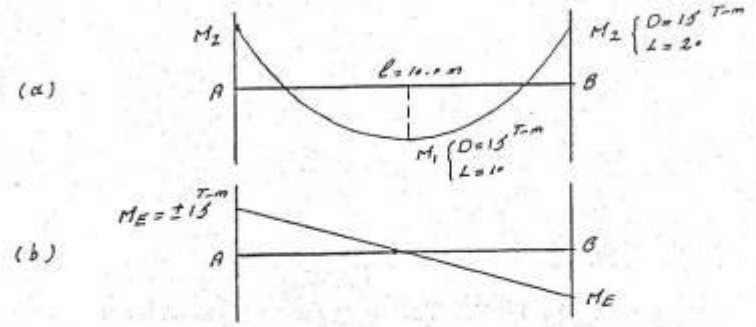
۳- تیر دوسر آزاد زیر تحت اثر بارهای سرویس در نظر است. لنگر خمشی منفی روی تکیه گاه از رابطه $M^- = \frac{1}{8} w \ell^2$ و لنگر خمشی مثبت وسط هر یک از دهانه ها از رابطه $M^+ = \frac{1}{14} w \ell^2$ قابل محاسبه است. تیر را برای خمش طراحی کنید و آرماتورگذاری آنرا نشان دهید.



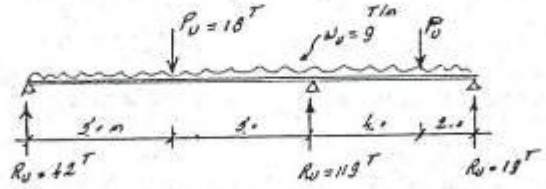
www.Mohandesyar.com

مسائل مربوط به طرح تیرای با مقطع مربع مستطیل

۴- دیاگرام لنگرخش در تیر AB از یک قاب در شرایط بارگذاری سرویس مطابق شکل (a) و زیر اثر بار جانبی زلزله مطابق شکل (b) است. مقطع تیر 40×60 cm انتخاب شده است. تیر را برای خش طراحی کرده و کاوتر گذاری کنید.



۵- تیر دوطرفه زیر تحت اثر بارهای ثقلی و زلزله است. عکس العمل های تکیه گاهی در حدهای تیر داده شده اند. دیاگرام لنگرخش در طول تیر را رسم کرده و ارتفاع حداقل تیر را بر مبنای لنگرخش مثبت اکزیم بدست آورید. کاوتر های لازم تیر را در مسیر مقاطع تعیین کرده و کاوتر گذاری کنید. عرض مقطع 30 cm است.



۶- تیر ساده ای با دهانه $\ell = 10.0$ m در شرایط عادی بارگیر افت w {D=4 T/m, L=2 را حمل با بار متمرکز P {D=6 T, L=4 در وسط دهانه تحمل می کند. مقطع تیر را چنان تعیین کنید که روابط زیر برقرار باشد:

الف- کاوتر کشش در تیر حداقل باشد.

ب- کاوتر کشش در تیر حداکثر باشد و کاوتر فشاری وجود نداشته باشد.

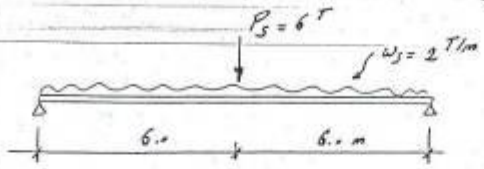
ج- کاوتر فشاری در تیر 3.0 کاوتر کشش آن باشد.

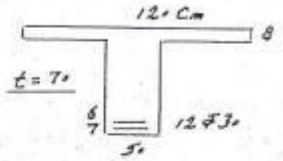
د- در حدهای خط خنثی در نامساوی $\frac{d}{3} \geq c$ قرار گیرد.

www.Mohandesyar.com

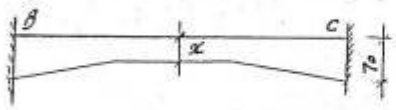
مسائل مربوط به آنالیز و طرح تیرهای T برگ شماره 50

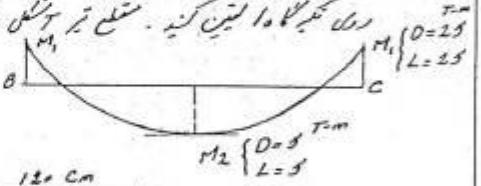
۴- تیر زیر در شرایط عادی بارهای نشان داده شده را تحمل می‌کند. بارهای مرده و زنده مساوی‌اند. ضرایب اطمینان کل موجود در طرح تیر و ضرایب اطمینان موجود بر روی تنش‌های بتن و فولاد را تعیین کنید.

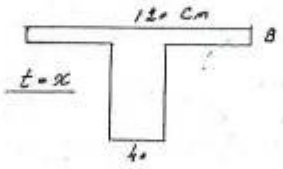




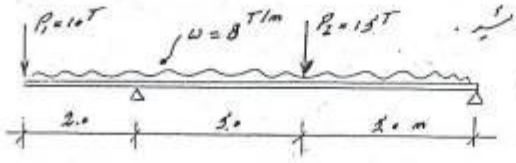
۵- دیاگرام لنگرخمش در حدود اولیه در تیر BC مطابق شکل زیر است. مقطع تیر مستطیل است و ارتفاع تیر روی تکیه‌گاه B، 70 Cm است. تیر در روی تکیه‌گاه C ناگزیر از تحمل لنگر خمشی 25 T.m در جهت زیر است. ارتفاع تیر را در وسط دهانه طوری انتخاب کنید که تیر با حداقل فولاد ممکن بر تحمل لنگر وارده باشد. فولادهای را در وسط دهانه و در روی تکیه‌گاه‌ها تعیین کنید. مقطع تیر به شکل با ابعاد نشان داده شده است.

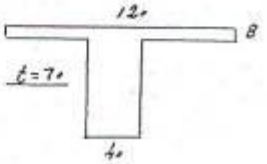






۶- تیر زیر با مقطع T شکل در نظر است. بارهای وارده بر تیر در حدود نهائی‌اند. تیر را برای خمش طراحی کنید و کار را تا رگذاری نمائید.





www.Mohandesyar.com

مسائل مربوط به آنالیز و طرح تیرهای T

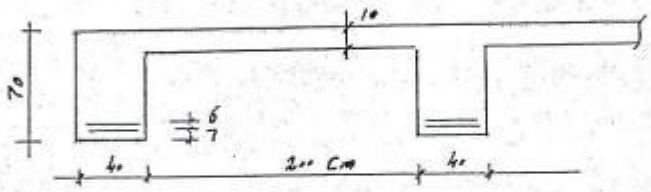
در مسائل زیر $f_y = 4000\ Kg/Cm^2$ و $f'_c = 200\ Kg/Cm^2$ منظور می‌گردد.

۱- مقطع یک سیستم تیر-دال مطابق شکل زیر پوشانده شده است. لنگر خمشی مقاوم نهائی تیر کناری را در حالات زیر بدست آورید:

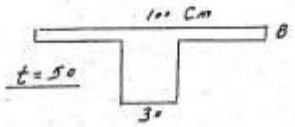
الف- تیر کناری با $6\phi 30$ در یک ردیف تقویت شده است.

ب- تیر کناری با $12\phi 30$ در دو ردیف تقویت شده است.

طول دانه تیرها $8.0\ m$ منظور نمائید.



۲- تیر T زیر که از یک سیستم تیر-دال بدست آمده است، در نظر است. مقدار آرماتور کششی تیر را طوری تعیین کنید که در مرحله دوم آنالیز خط خنثی در محل تلاقی بال و جان تیر قرار گیرد. سپس لنگر خمشی وارد بر تیر را طوری تعیین کنید که در خرابی عادی بر روی مقاومت بتن ضریب اطمینان 2.5 و بر روی مقاومت فولاد ضریب اطمینان 1.5 داشته باشیم. حداکثر لنگر خمشی نهائی تیر را تعیین کرده و ضریب اطمینان کل تیر را بدست آورید.



۳- تیر میانی سیستم تیر-دال مسئله (۱) را در نظر گرفته و فولاد لازم در آنرا در حالات زیر بدست آورید:

الف- برای لنگر خمشی نهائی $Mu = 200\ T\text{-}m$ وارد می‌شود

ب- " " $Mu = 75$ " " "

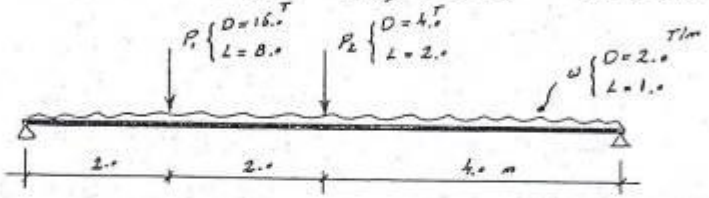
ج- " " $Mu = 200$ " " "

www.Mohandesyar.com

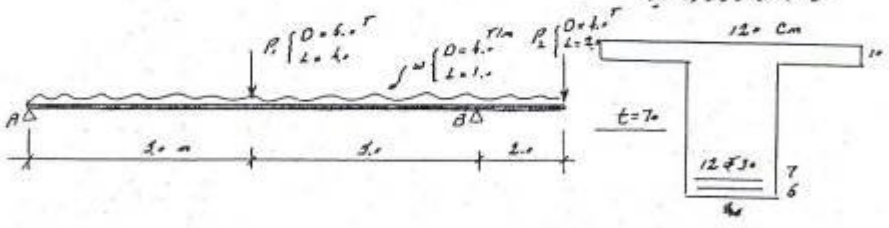
مسائل مربوط به طرح تیر از برای برش و پیچش — برگ شماره 60

در مسائل زیر $f_{cc}=200\ Kg/Cm^2$ و $f_y=3000\ Kg/Cm^2$ منظور گردد.

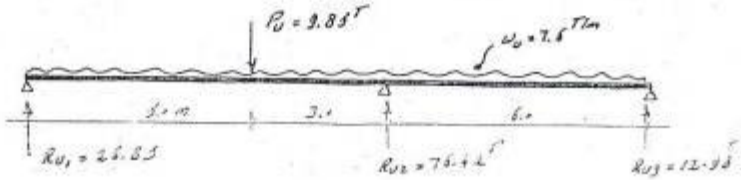
۱- تیر ساده زیر دارای مقطع مربع مستطیل با ابعاد $50\times50\ (d=46)\ Cm$ است و با 14 Φ 30 تقویت شده است. بارهای نشان داده شده در شکل عادی اند. تیر را از نظر برش طرح کرده و خاموت گذاری کنید. دیاگرام برش را بصورت پیکانی در بیاورید و سعی کنید حداقل خاموت را بکار ببرید. در راه حل دوم دیاگرام برش را بصورت پیکانی در نظر نگیرید ولی برای مقاومت بتن از دانیلوف (برش آن) استفاده کنید.



۲- تیر AB زیر اثر بارهای نرمال نشان داده شده است. مقطع تیر مستطیل T نشان داده شده است. این تیر در محیطی واقع شده که در ناحیه AB ناگزیر از تحمل برش ثابت $V_E=3\ 10^T$ است. تیر را برای برش طرح کرده و خاموت گذاری کنید.



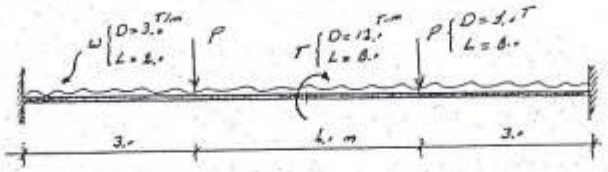
۳- تیر دوطرف زیر تحت اثر بارهای نرمال نشان داده شده است. مقطع تیر مربع مستطیل با ابعاد $40\times60\ (d=56)\ Cm$ است. این تیر زیر اثر بار حجمی زلزله با نیروی برشی $V_E=3\ 10^T$ را در دانیلوف عادی تحمل کند. تیر را برای برش طرح کرده و خاموت گذاری کنید. مشخصات بار مرده و بار برف مشابه تمرین شده در نظر گیرید.



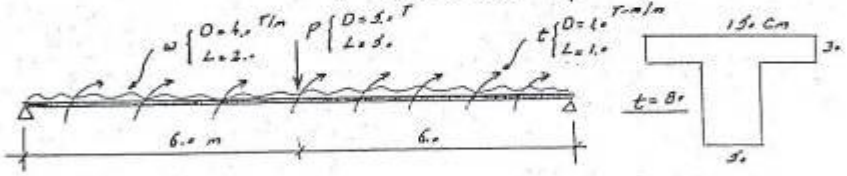
www.Mohandesyar.com

مسائل مربوط به طرح تیر ها برای برش و پیچش

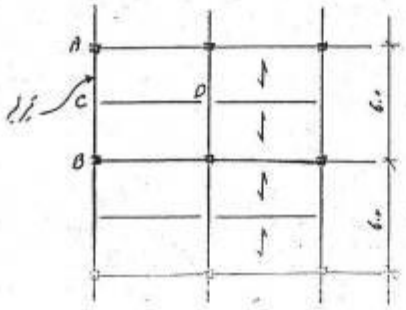
۴- تیر دو سر گیردار زیر در حالت عادی بار های نشان داده شده را تحمل می کند. مقطع تیر مربع مستطیل با ابعاد $60 \times 80\ (d = 70)\ cm$ است. تیر را برای برش و پیچش طراحی کنید و کار را در گذاری نمایید.



۵- تیر دو سر گیردار زیر در حالت عادی بار های نشان داده شده را تحمل می کند. مقطع تیر به شکل و ابعاد نشان داده شده است. تیر را برای برش و پیچش طراحی کنید و کار را در گذاری نمایید.



۶- پوشش زیر قسمتی از یک سقف تخت کارخانه است که با بتن تیرچه و بلوک پوشانده می شود. شدت بار وارده بر سقف در حالت عادی $D = 800\ kg/m^2$ و $L = 400$ است. ابعاد تیرهای اصلی $(d = 50\ cm)$ 50×60 و ابعاد تیرهای فرعی $30 \times 60\ cm$ است. تعیین کنید تیر AB را برای برش و پیچش طراحی می کنید و طرح آن چگونه است؟ تیر CD برای کدام نگرانی طراحی می شود؟

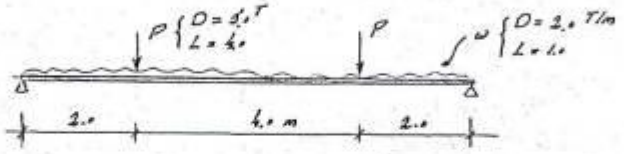


www.Mohandesyar.com

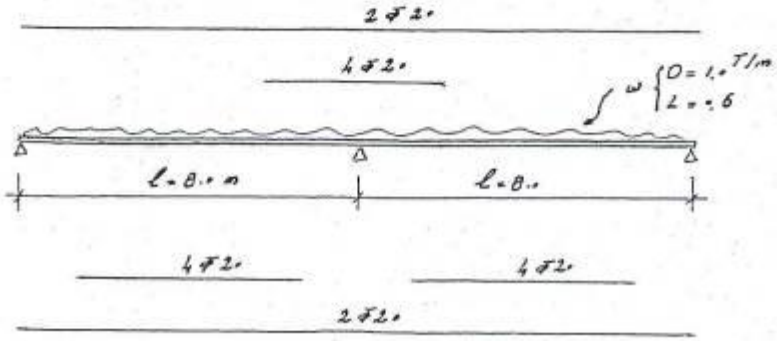
مسائل مربوط به حالت انتهائی و ترک خوردگی

در مسائل زیر $f_y = 4000\ Kg/Cm^2$ و $f'_{cu} = 200\ Kg/Cm^2$ منظور می‌گردد.

۱- تیر ساده زیر در زیر بار گسترده و متمرکز نشان داده شده است. مقطع تیر از نوع مستطیل با ابعاد $40 \times 60\ Cm$ است. تیر را برای خمش طراحی کرده و میزان انتهائی آنی و درازمدت آنرا محاسبه نمائید. شاخص محاسبه شده را با حداکثر مجاز ترک آیا می‌توان پیش بینی نمود تعیین کنید.



۲- تیر دوطرف زیر تحت اثر بار گسترده نشان داده شده است. مقطع تیر با شکل مربع مستطیل با ابعاد $30 \times 50\ Cm$ است. کار با تنگ‌گذاری در تیر مطابق شکل نشان داده شده است. اگر لنگر خمش مثبت وسط دهانه از رابطه $M^- = \frac{1}{8} w l^2$ و لنگر خمش مثبت وسط دهانه از رابطه $M^+ = \frac{1}{14} w l^2$ تأمین می‌باشد، انتهائی آنی و درازمدت تیر را بدست آورید. حداکثر بار گسترده مجاز که می‌توان بر روی تیر وارد نمود را محاسبه نمائید.



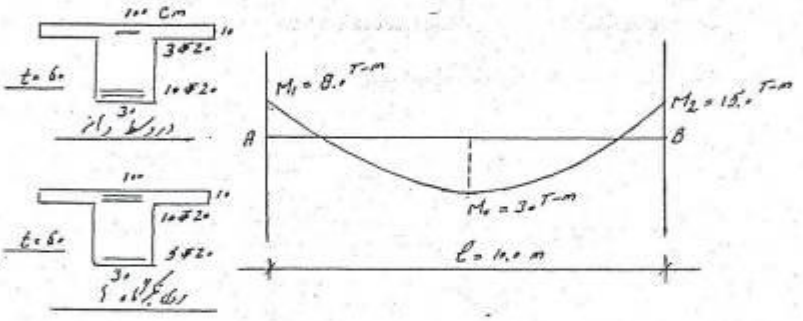
www.Mohandesyar.com

برگ شماره 70 — مسائل مربوط به تلاقی انتقادگی و ترک خوردگی

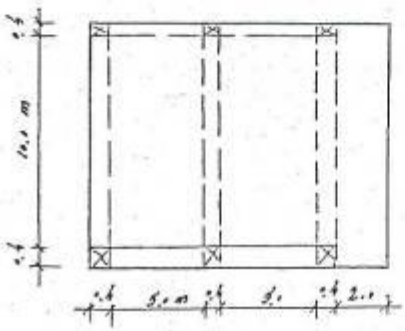
۳- دیاگرام لنگر خمش در تیر AB از یک تاب زیر از بارهای گرد بی مطابق شکل زیر است. بارهای گرد دو برابر بارهای زنده مانند. مقطع تیر به شکل T است و مطابق اشکال نشان داده شده. کرنا و گذاری شده است. مقدار انتقادگی تیر از رابطه:

$$\Delta = \frac{\ell^2}{EI}\left[\frac{5}{48}M_0 - \frac{1}{96}(M_1 + M_2)\right]$$

قابل محاسبه است. مقدار بالا فوق را محاسبه کنید و مقدار انتقادگی کل و درازمدت تیر را بدست آورید.



۴- ستی سقف شکل زیر با سیستم تیر-دال پوشش شده است. دال را بصورت یکطرفه کار می کند. یک نوار یک متری از این دال را می توان بصورت یک تیر یکسره مدل کرده طراحی نمود. ضخامت دال 12 cm است و بار وارده بر آن $\begin{cases} D = 700\ kg/m^2 \\ L = 300 \end{cases}$ می باشد. دال را برای خمش طراحی کنید و کرنا و گذاری نمایید. انتقادگی آنی و درازمدت دال را در یکی از دهانه ها و در انتهای کنسول محاسبه نمایید. ترک خوردگی دال را در دو حالت زیر کنترل کنید.



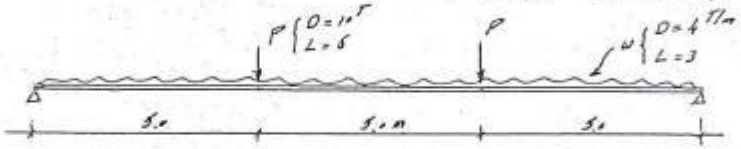
www.Mohandesyar.com

برگ شماره ۵۵

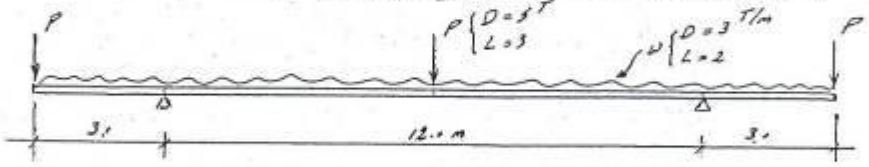
مسائل مربوط به کرباتورگذاری در تیرات بارزنده

در مسائل زیر $f_y = 4000\ Kg/Cm^2$ و $f_{cu} = 200\ Kg/Cm^2$ منظور گردیده

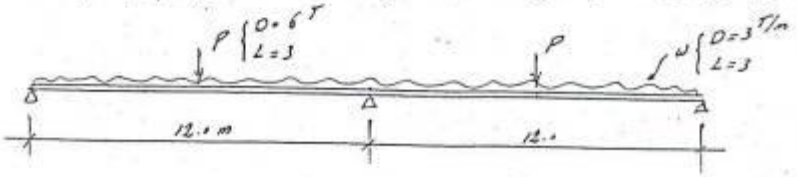
۱- تیر زیر تحت اثر بارهای سرویس در نظر است. ابعاد تیر را طوری تعیین کنید که تیر نیازی به کرباتورفشار نداشته و ارتفاع کمی حداقل باشد. تیر را برای خمش طراحی کرده و بلاخره کابل کرباتورگذاری کنید. کرباتور را به سه گروه تقسیم کرده و در مقاطع لازم قطع یا خم نمائید.



۲- تیر زیر تحت اثر بارهای سرویس در نظر است. دیاگرام لنگر خمش در تیر را با در نظر گرفتن تیرات بارزنده رسم نمائید. سپس مقطع تیر را طوری در نظر بگیرید که در وسط دهانه تیر در ارتفاع حداقل باشد. تیر را برای خمش طرح کرده و بلاخره کابل کرباتورگذاری نمائید. کرباتور را در مقاطع لازم قطع یا خم نمائید.

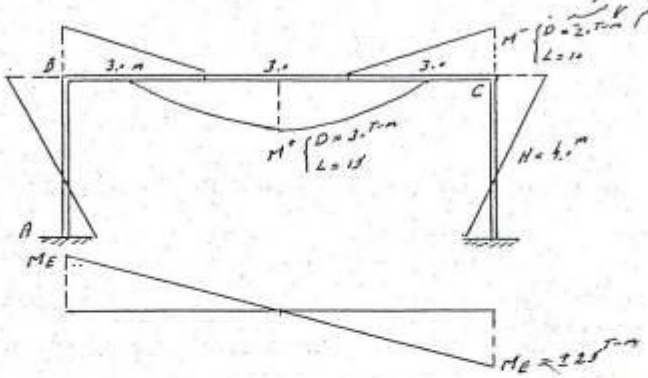


۳- تیر زیر تحت اثر بارهای سرویس در نظر است. دیاگرام لنگر خمش در تیر را با در نظر گرفتن تیرات بارزنده رسم کنید. مقطع تیر را طوری در نظر بگیرید که در وسط دهانه میانی کرباتورفشار به ۲۰٪ کرباتورکششی باشد. تیر را برای خمش طراحی کرده و بلاخره کابل کرباتورگذاری نمائید. کرباتور را در مقاطع لازم قطع یا خم نمائید.

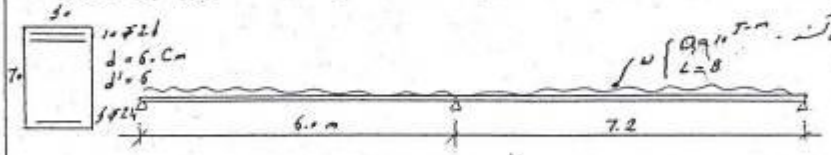


www.Mohandesyar.com

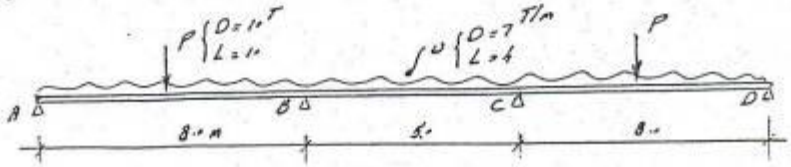
۴- تیر BC در تاب زیر در نظر است. دیاگرام لنگرخش در تیر زیراثر بارهای مرده و زنده و تیر زیراثر بار متمرکز وسط دهانه داده شده است. مقطع تیر را طوری تعیین کنید که بر روی تکیه‌گاه‌ها و میان کاربرگش برابر ۵۰ باشد. تیر را برای خش طراحی کرده و کلیه مراحل کاربرگذاری کنید. کاربارها در مقاطع لازم قطع و خرد نمایید.



۵- دیاگرام لنگرخش در تیر زیر را با در نظر گرفتن تغییرات بار زنده رسم کنید و نتایج بدست آمده را با ضرایب آیین در تیرا مقایسه نمایید. اگر مقطع تیر روی تکیه‌گاه، بصورت نشان داده شده در شکل باشد، بقیه کارهای آن در زمان میان روی تکیه‌گاه تغییر داده و دستاوردهای جدید را بدست آورید. در این صورت دیاگرام لنگرخش مثبت در تیر چگونه تغییر می‌کند.



۶- دیاگرام لنگرخش در تیر را با در نظر گرفتن تغییرات بار زنده رسم کنید. سپس از رسم دیاگرام مستقیم لنگرخش مثبت در تکیه‌گاه B را بدست آورید. برای تعیین دهانه و تغییرات لنگرخش مثبت در دهانه‌های AB و BC را بدست آورید.



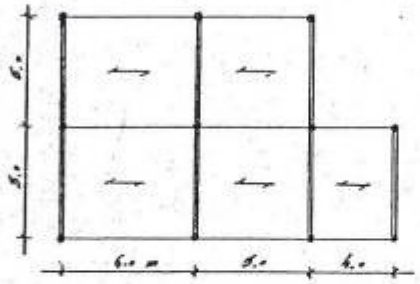
www.Mohandesyar.com

مسائل ارایه شده در مورد سقف های تیرچه و بلوک

در مسائل زیر $f_y = 4000\ kg/cm^2$ و $f'_c = 250\ kg/cm^2$ منظور می گردد.

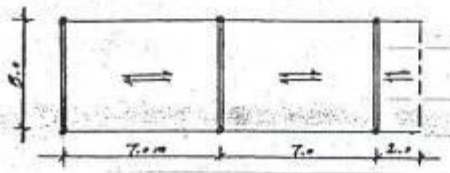
در سقف های زیر بار مرده بدون وزن خود، بار زنده $D_1 = 250\ kg/m^2$ برای کف سازی، بار مرده $D_2 = 150\ kg/m^2$ برای بار تیغه بار نشین ها، و بار زنده $L = 250\ kg/m^2$ را تحمل می کند.

۱- پلان زیر مشق یک سقف طره ای است که با سازه فولادی ساخته می شود. تیرهای اصلی سقف را تیرهای لانه زنبوری $I\ 50$ تشکیل می دهند. سقف با بتن تیرچه و بلوک پرشده می شود. تیرچه ها را ساده در نظر گرفته و کف را طراحی کنید. پلان تیرچه گذاری و بارگذاری سقف را رسم کنید. تیرچه ها فاصله محور تا محور ۵۰ سانتیمتر دارند و بلوک های سفالی ۱۵ kg است.

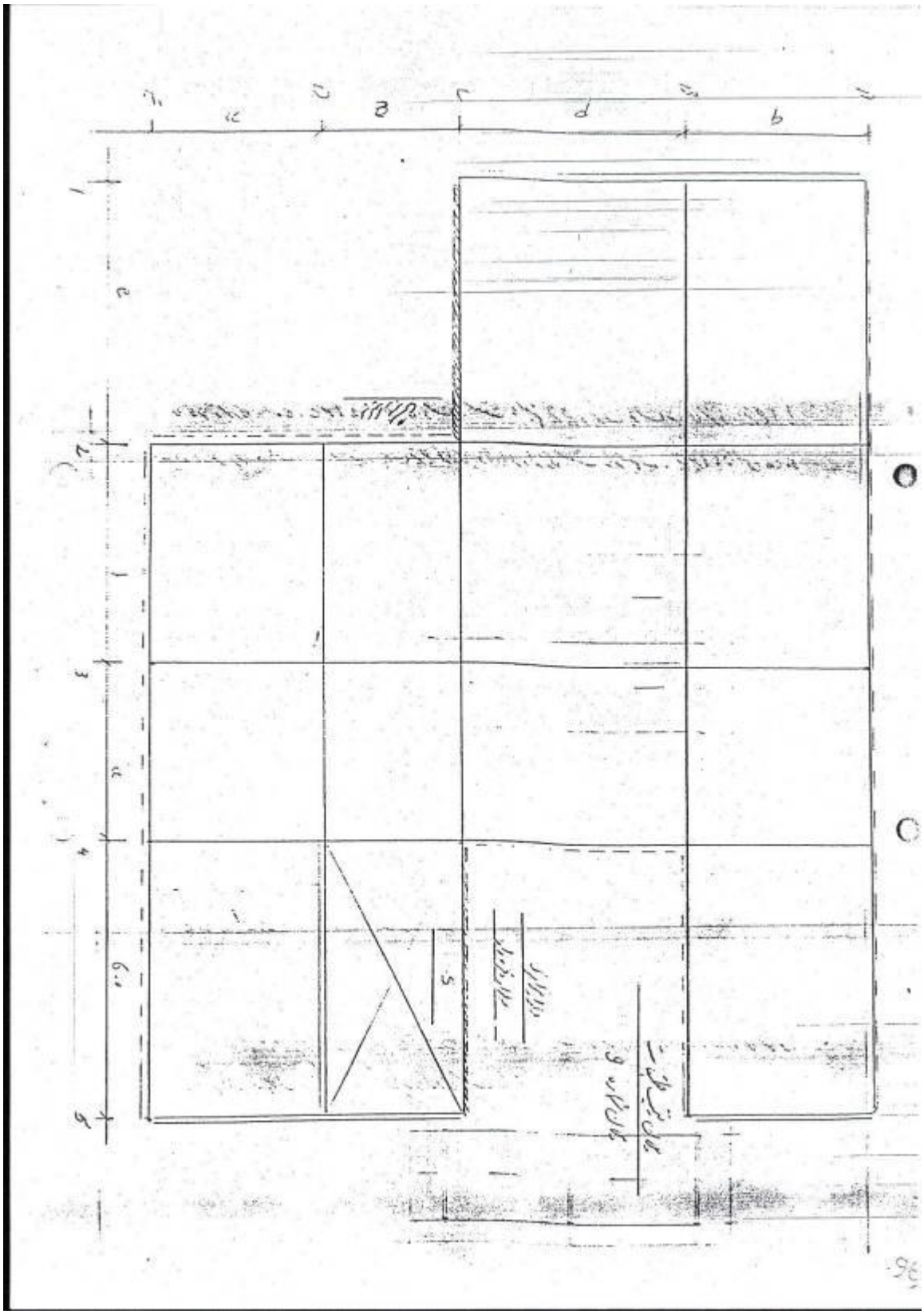


۲- پلان مشق (۱) را در نظر گرفته و وزن کف سازه بتنی کاهش است. ابعاد تیرهای اصلی ۳۰×۵۰ cm و ابعاد تیرهای فرعی ۳۰×۴۰ cm است. تیرچه ها با وزن مخصوص بدون طراحی کنید. برای بتن تیرهای اصلی از عرشه فولادی استفاده کنید. پلان تیرچه گذاری و بارگذاری سقف را رسم کنید.

۳- پلان زیر مشق یک سقف تجاری است که با سازه بتن درجا ساخته می شود. تیرهای اصلی دارای مقطع ۳۰×۶۰ cm و تیرهای فرعی دارای مقطع ۳۰×۵۰ cm اند. برای پرکردن سقف از تیرچه های دوبل استفاده می شود. تیرچه ها را طرح کنید و پلان تیرچه گذاری و بارگذاری سقف را رسم نمایید.



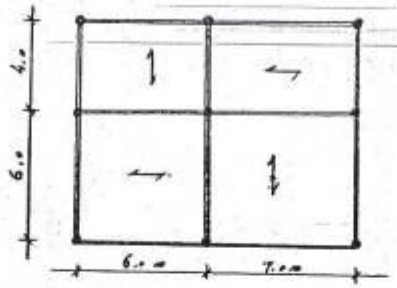
www.Mohandesyar.com



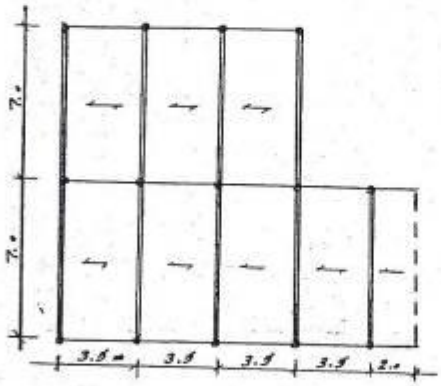
www.Mohandesyar.com

سازمان الوار پرست ای با دال بتنی آرمه و ترک

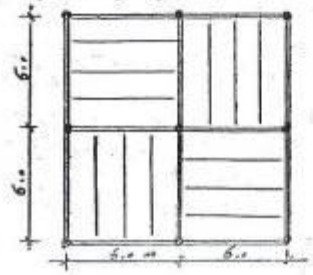
۴- پلان زیر سقف یک پرست فولادی است که با دال بتنی آرمه ترک می‌شود. تیر 2IPE240 است. پرست با تیر ترک پرشده می‌شود. تیر جدا از طرح کنید و شکل تیرگذاری و کابل گذاری پرست را رسم نمایید.

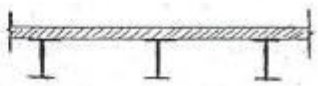


۵- پلان زیر سقف یک پرست بتن آرمه است که با دال بتنی آرمه ترک می‌شود. تیرهای اصلی دارای مقطع 30x60 cm و تیرهای فرعی دارای مقطع 30x40 cm است. ضخامت دال را تعیین کرده و آنرا برای فرش طراحی نمایید. کابل گذاری دال را به همراه دو مقطع رسم نمایید.

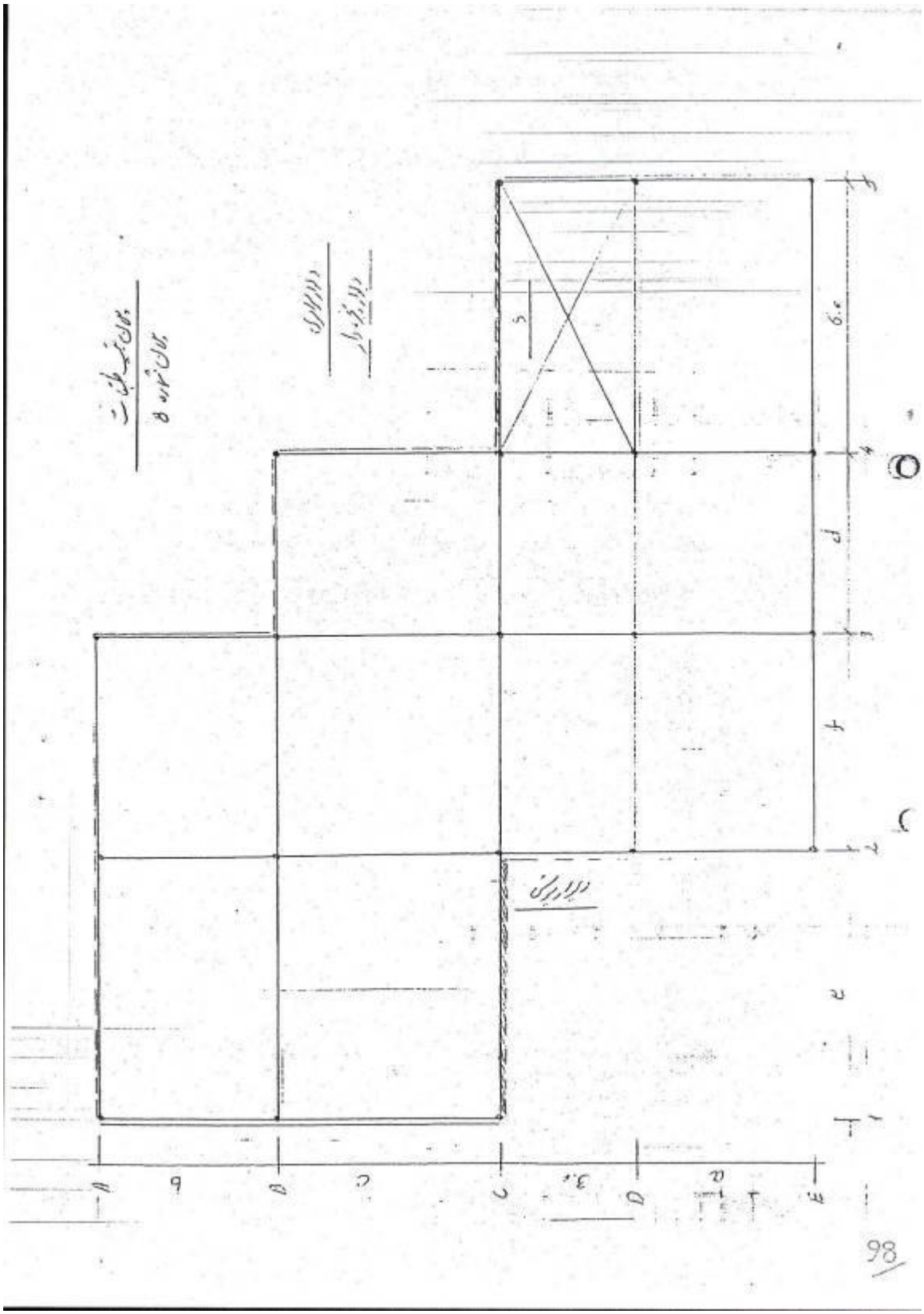


۶- پلان زیر سقف یک پرست فولادی است که با دال بتنی آرمه بتن درجا بصورت ترک با تیرهای فولادی پرشده می‌شود. تیرهای اصلی 2IPE240 و تیرهای فرعی IPE180 است. دال را طراحی کنید و کابل گذاری آنرا نشان دهید.





www.Mohandesyar.com



www.Mohandesyar.com

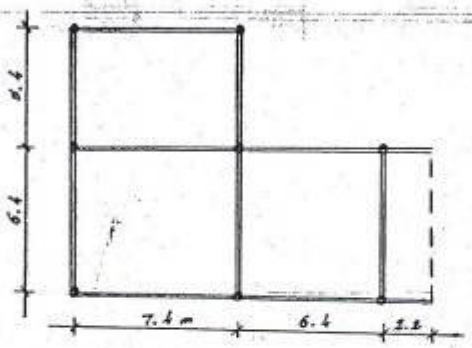
برگ شماره 105

مسائل مربوط به ستون های بتن آرمه

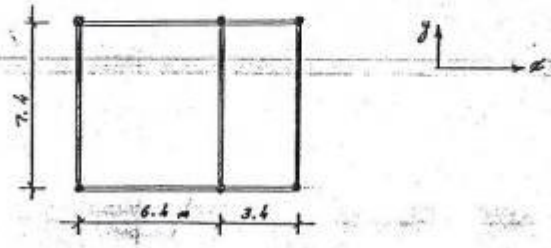
در مسائل زیر $f_{cc} = 200\ Kg/cm^2$ و $f_y = 3000\ Kg/cm^2$ منظور گردد.

در ستون های زیر دال معمولی بر روی خود، بار زنده $D_1 = 250\ Kg/m^2$ و برای کف سازی و بار مرده $D_2 = 150\ Kg/m^2$ و برای بار تیغه بارتیشن آجری و بار زنده $L = 300\ Kg/m^2$ را تحمل می کنند.

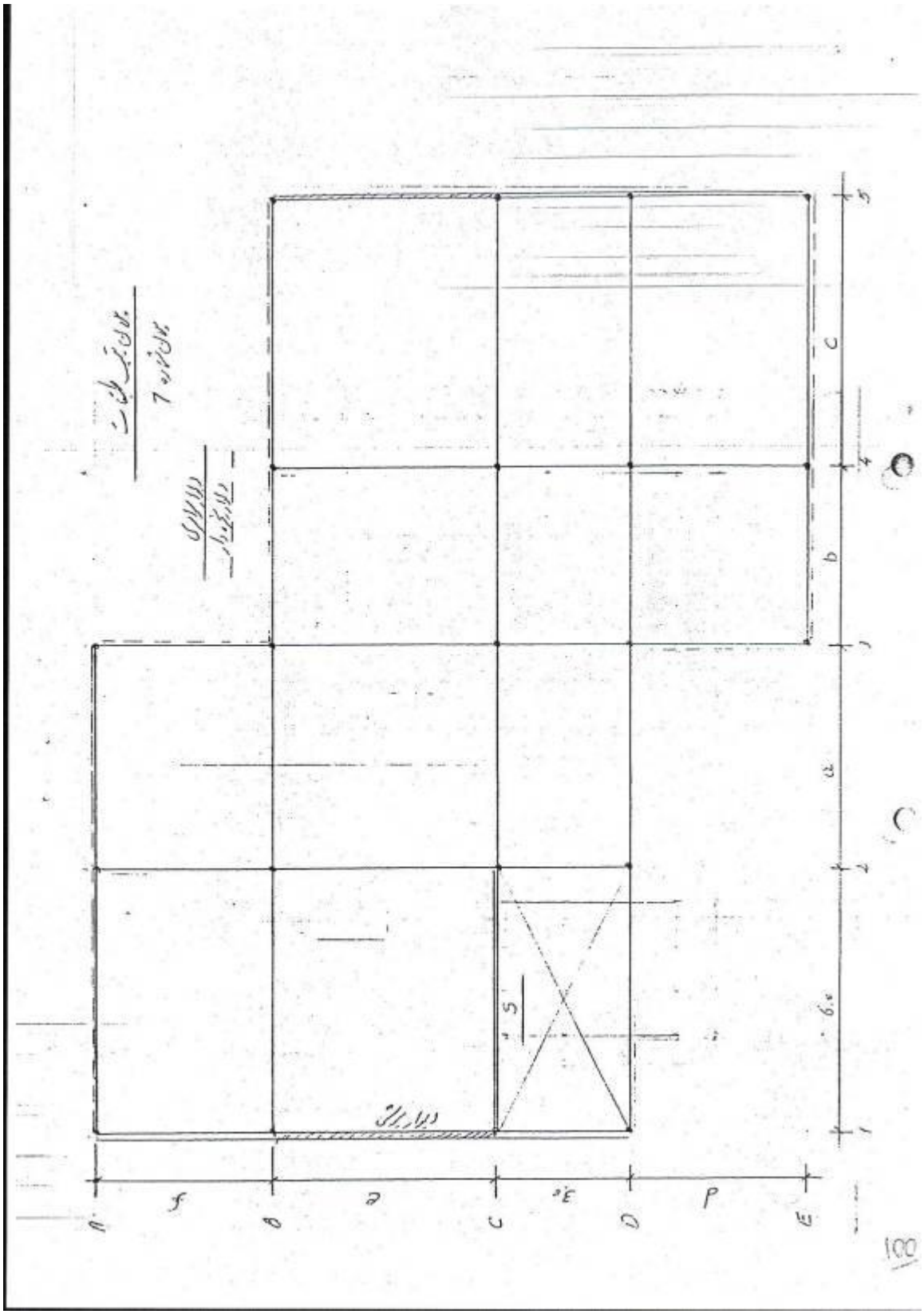
۱- پلان ستون به صورت شکل زیر است. دال های این سقف را طرح کنید و کار آرماتوربندی ستون را نشان دهید. کار آرماتوربندی دال ها را نیز رسم نمایید. ابعاد مقطع تیرها $40 \times 60\ cm$ است.



۲- پلان ستون به صورت شکل زیر است. دال های این سقف را طرح کنید و کار آرماتوربندی سقف را فقط در جهت x رسم نمایید. ابعاد مقطع تیرها $40 \times 60\ cm$ است.

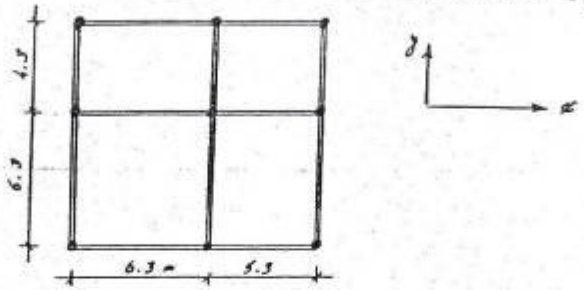


www.Mohandesyar.com

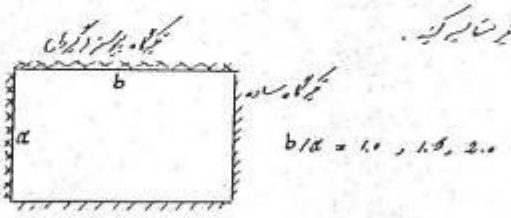


www.Mohandesyar.com

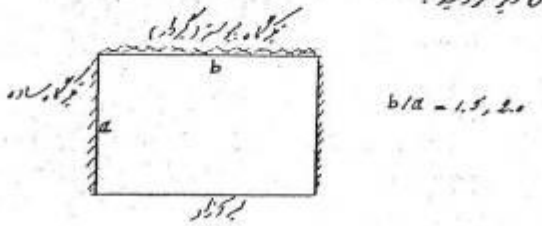
۳- چون سقف به صورت شکل زیر است، دال‌های این سقف را طوری که و گذارگرهای آنها در جهت نشان داده شده، تیرهای میانی را در نظر گرفته و بارگذاری کنید، یکبار با استفاده از ضرایب قرینه بار، و یکبار با استفاده از بخش مشابه. نمودارهای بدست آمده را با هم مقایسه نمایید. ابعاد مشخص شده بر حسب متر است.



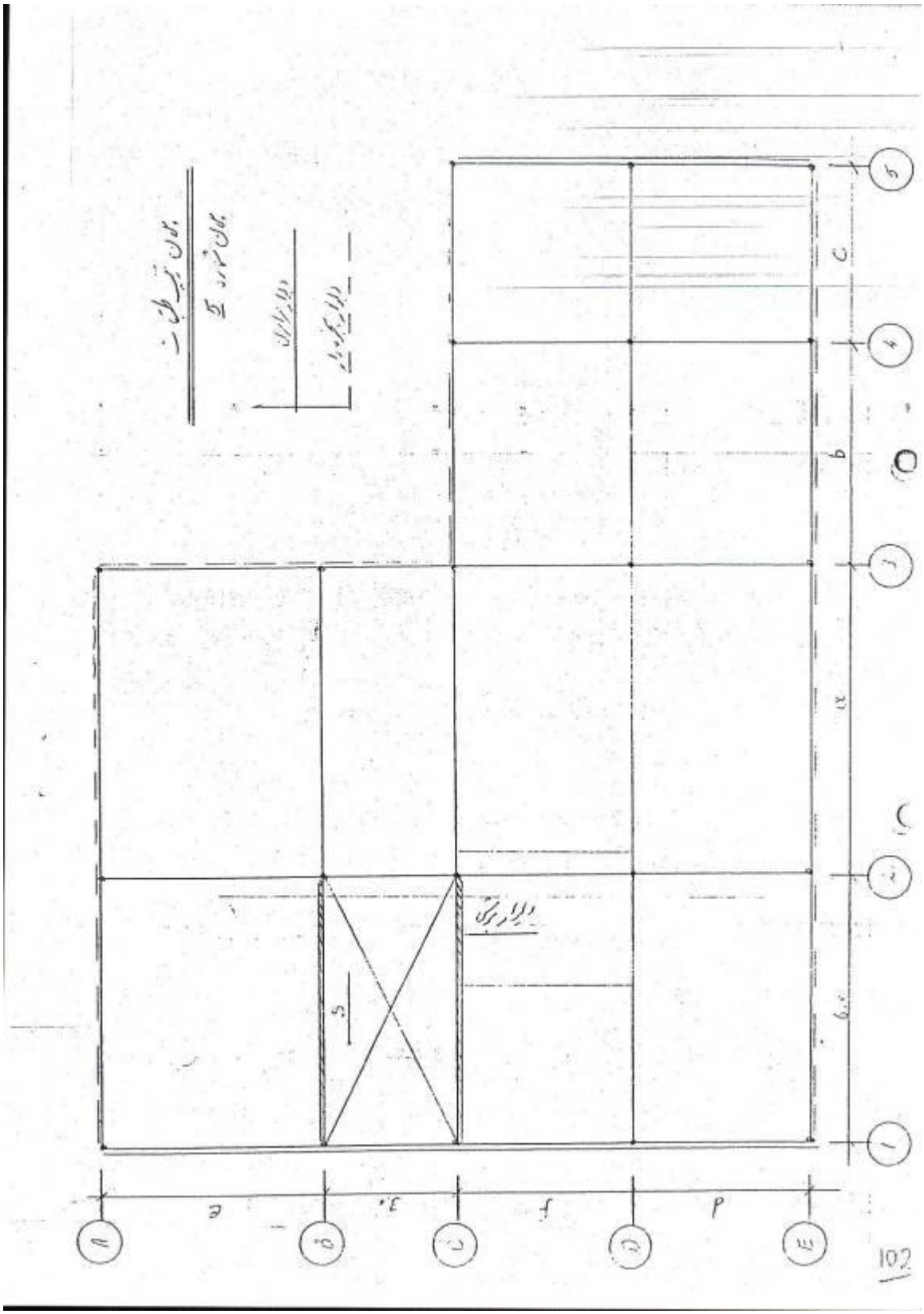
۴- دال زیر در نظر است. این دال زیر از بار یکنواخت قرار دارد. برای حالات b/a نشان داده شده، یکبار با استفاده از قرینه زمان‌های مشابه، و یکبار با استفاده از خواص دال، لنگرهای خمشی مرکزی را در دو جهت دال بدست آورده و با یکدیگر مقایسه کنید.



۵- مسئله (۴) را برای دال زیر تکرار کنید.



www.Mohandesyar.com

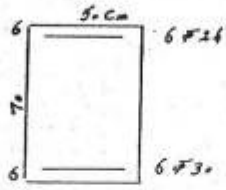


www.Mohandesyar.com

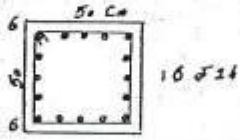
در مسائل زیر $f_{cc} = 200\ Kg/Cm^2$ و $f_y = 4000\ Kg/Cm^2$ منظور می گردد.

۱- ستونی با مقطع مربع مستطیل مطابق شکل زیر تقویت شده است. دیاگرام تداخل بارهای محوری و لنگر خمشی را برای این ستون رسم کنید. حداقل شش نقطه از دیاگرام را بدست آورید.

با استفاده از این دیاگرام، تعیین کنید این ستون چه بارهائی را می تواند در برون محوری های $e = 20\ Cm$ و $e = 50\ Cm$ تحمل کند. این بارها را با استفاده از معادلات ارائه شده بدست آورید و با نتایج قبلی مقایسه نمائید.



۲- مسئله (۱) را در مورد ستون زیر حل کنید. در تعیین دیاگرام تداخل کرانه ای میانی منظور گردد. برای قسمت (ب) مسئله از کرانه های میانی صرفنظر کنید و نتایج را با هم مقایسه نمائید. در مسئله تأثیر کرانه های میانی را بدست آورید.

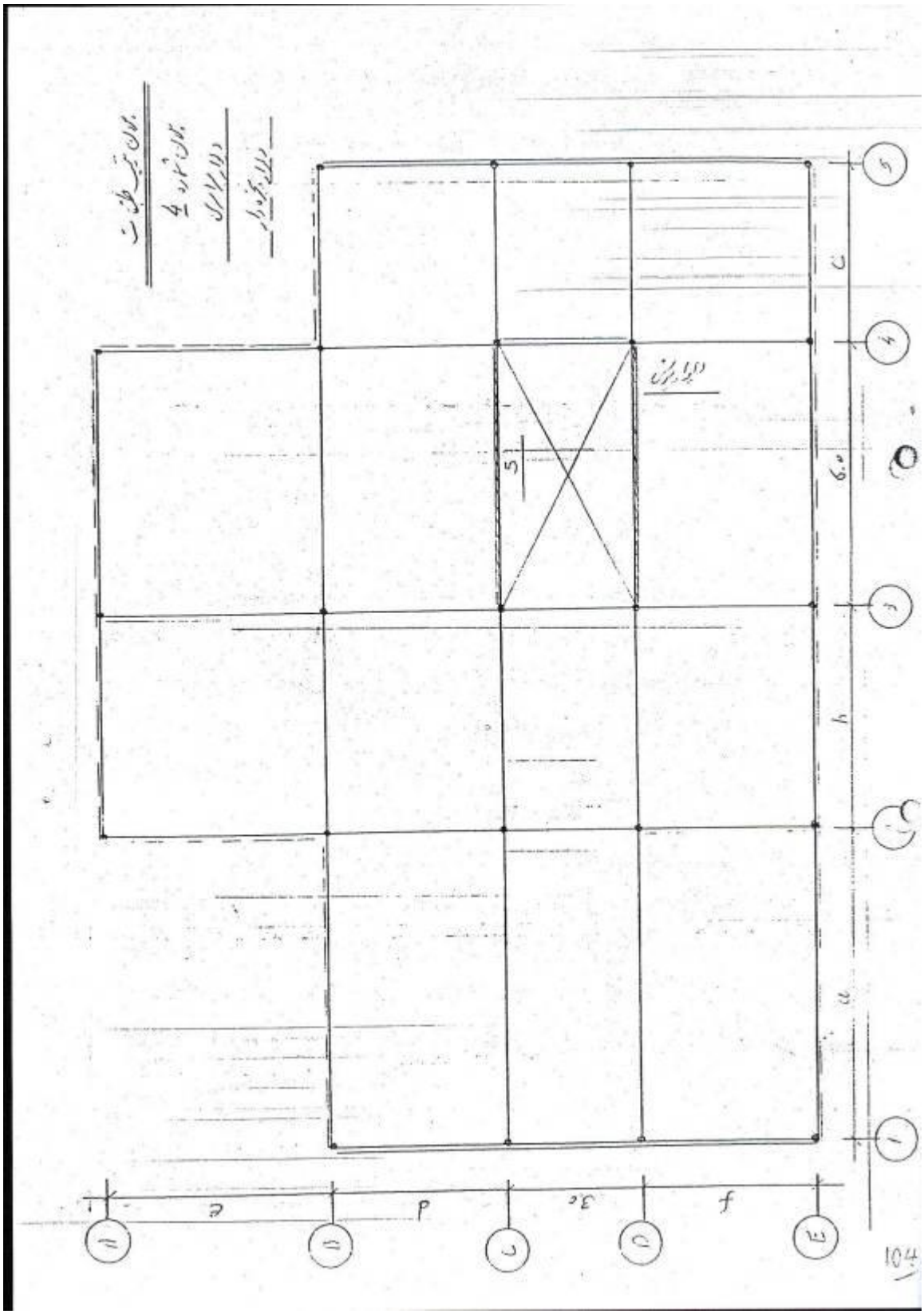


۳- ستونی با مقطع دایره ای شکل $D = 50\ Cm$ با $16\ \phi 24$ که بر روی دایره ای بقطر $D_s = 40\ Cm$ چیده شده اند، تقویت شده است. تعیین کنید این ستون چه بارهائی را در برون محوری های $e = 20\ Cm$ و $e = 50\ Cm$ تحمل می کند.

مسئله را با استفاده از معادلات ارائه شده حل کنید و با نتایج دیاگرام را مقایسه نمائید.

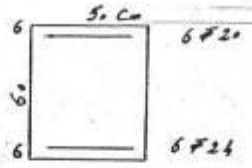
اگر بخواهیم در حالت حدی نهائی مقاومت فشاری کرانه کششی به مقدار $\varepsilon_c = 0.003$ برسد، چه ترکیبی از بارهای محوری و لنگر خمشی باید به ستون وارد کنیم؟

www.Mohandesyar.com

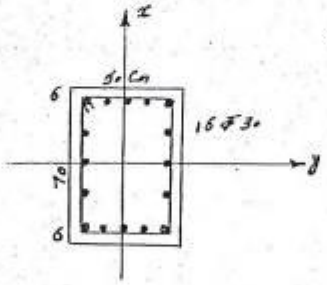


www.Mohandesyar.com

۴- ستون با مقطع مربع مستطیل مطابق شکل زیر تقویت شده است. با این ستون در حالت حدی تحمل برای بارگذاری و لنگرخش $\begin{cases} N=8^T \\ M=10^{T-m} \end{cases}$ داده می شود. تعیین کنید حداکثر تنش ایجاد شده در بتن و نیز تنش ایجاد شده در فولادها چه اندازه است؟

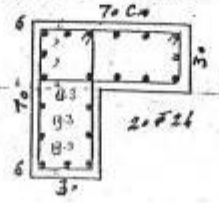


۵- ستون با مقطع مربع مستطیل مطابق شکل زیر تقویت شده است. با این ستون در حالت حدی برای بارگذاری و لنگرخش $N \begin{cases} D=8^T \\ L=20 \end{cases}$ و $M_x \begin{cases} D=12^{T-m} \\ L=3 \end{cases}$ و $M_y \begin{cases} D=8^{T-m} \\ L=2 \end{cases}$ داده می شوند. در چنین اثر زلزله در جهت x با این ستون با برای $E_x \begin{cases} N=12^T \\ M=8^{T-m} \end{cases}$ و در چنین اثر زلزله در جهت y با این ستون با برای $E_y \begin{cases} N=12^T \\ M=8^{T-m} \end{cases}$ داده می شوند. تحقیق کنید که آیا ستون قادر به تحمل چنین بارهائی هست یا نه؟ در حل مسئله این روابط ارائه شده است وه کنید. که بارهای میانی را خطی تغییر می کنند.

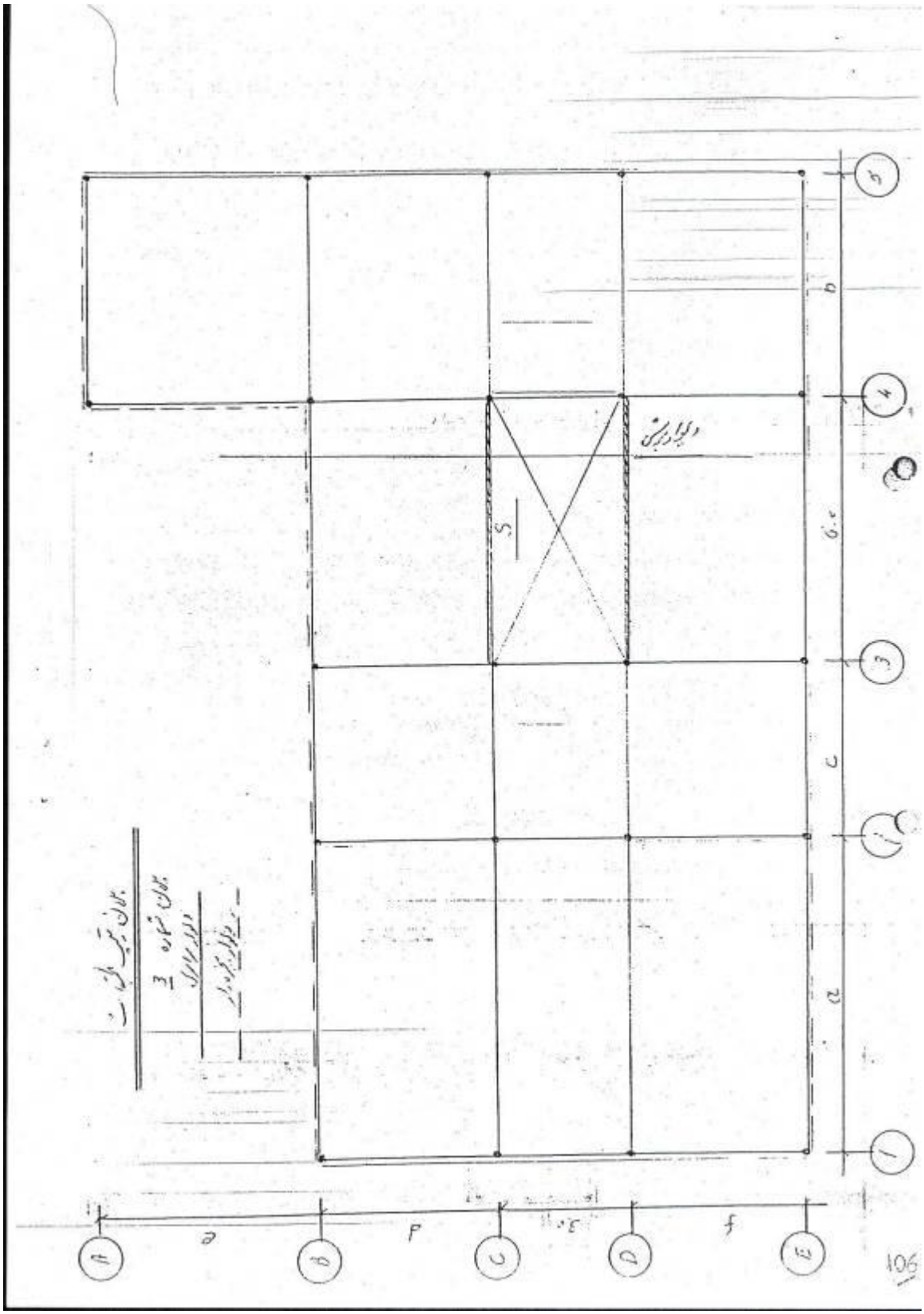


۶- ستون مطابق شکل زیر داده شده است. دیاگرام تداخل بارگذاری و لنگرخش این ستون را رسم کنید. حداکثر تنش فشار از این دیاگرام بدست آمده. با استفاده از این دیاگرام تعیین کنید این ستون چه باری را در برون محوری $e=20\,Cm$ تحمل می کند.

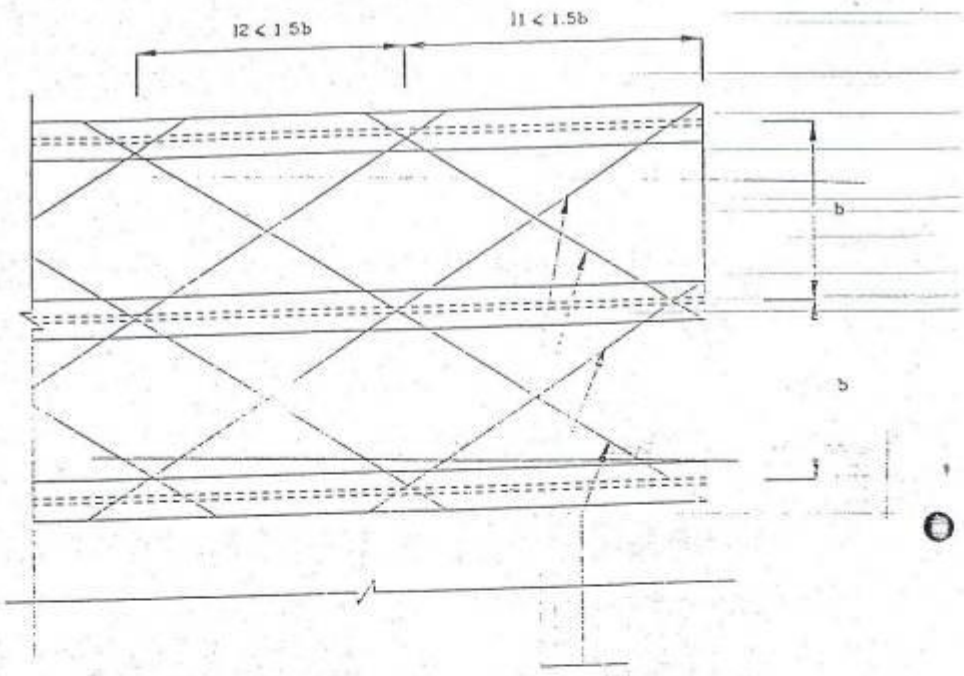
اگر در ضوابط سربرداری بارگذاری و لنگرخش داده شده با این ستون چنان باشند که تنش در بتن های $f_c=100\,Kg/Cm^2$ و تنش در فولاد کشش به $f_s=2000\,Kg/Cm^2$ برسند، مقادیر این بارها چه اندازه اند و در چنین ضوابط ضریب اطمینان کلی طرح چه اندازه می باشد؟



www.Mohandesyar.com



www.Mohandesyar.com



میلگرد خرپری 10ϕ با سه معادل آن

شکل ۳-۱- سقف طاق ضربی

۱- باید سطح زیر پوشش هر خرپشتی $l_1 \times l_2$ و $l_2 \times b$ کمتر از ۲۵ متر مربع باشد.

۲- در آخرین دهانه طاق پروفیل فولادی به کلاف زیر خود متصل می‌شود و با جاسازی در کلاف بتنی ساخته می‌شود.

۳- میلگردهای خرپشتی در تمام طولی که روی تیر آهنی قرار می‌گیرند به آن جوش می‌شوند.

۴- برای نوع علات به‌پی نوشت شکل ۳-۱ مراجعه شود.

۵- طول تکیه‌گاه تیرآهن‌ها باید حداقل برابر 20^{cm} و ارتفاع تیر max باشد.

www.Mohandesyar.com

مسائل مربوط به طرح شالوده و دیوارها

در مسائل زیر $f'_{cc} = 200\ kg/cm^2$ و $f_y = 4000\ kg/cm^2$ و مشخصات مجاز خاک $1.5\ kg/cm^2$ منظور گردد.

۱- ستونی با مقطع مربع به ضلع 50 cm با 12 ⌀ 24 تقویت شده است. این ستون در حالت بارگذاری عادی بارهای $N\begin{cases}D=30\ T\\L=50\end{cases}$ و $M\begin{cases}D=20\ T\text{-}m\\L=50\end{cases}$ را به شالوده وارد می‌کند. در هنگام زلزله این ستون بارهای زلزله $E\begin{cases}N=30\ T\\M=20\ T\text{-}m\end{cases}$ را به شالوده وارد می‌کند. شالوده را طراحی کنید و کارتورگذاری نمایید.

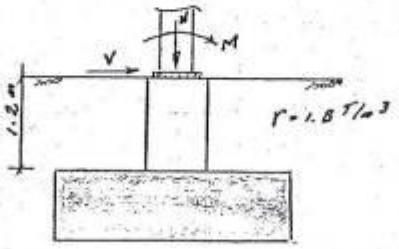
۲- سالن کارخانه‌ای با سازه فولادی با صورت تاب‌ای قرنش با شیب دوطرفه (سوله) پوشانده شده است. ستون‌های این تاب‌ها بر روی شالوده‌های بتن‌آرمه به ابعاد 60×60 cm و ارتفاع 1.2 m از روی شالوده نصب می‌شوند. بار وارده به شالوده‌ها عبارت است از:

$N\begin{cases}D=60\ T\\L=20\end{cases}$ $M\begin{cases}D=20\ T\text{-}m\\L=15\end{cases}$ $V\begin{cases}D=3\ T\\L=5\end{cases}$

در هنگام بار ستون بارهای زیر را به شالوده وارد می‌کند:

$W\begin{cases}N=15\ T\\M=10\ T\text{-}m\\V=8\ T\end{cases}$

شالوده و شالوده را طراحی کنید و کارتورگذاری آنها را با جزئیات کامل نشان دهید.



۳- یک دیوار آجری به ضخامت 35 cm بار دو طبقه ساختمان را تحمل می‌کند. بار وارده به هر متر طول دیوار در کف شالوده $N\begin{cases}D=30\ T\\L=10\end{cases}$ است. شالوده دیوار را طراحی کنید و کارتورگذاری آن را نشان دهید.

شالوده را در حالتی که بار وارده بر شالوده یک لنگر خمشی نیز داشته باشد حل کنید.

www.Mohandesyar.com

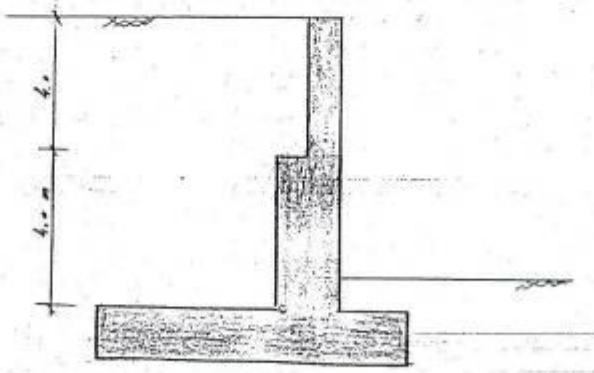
مسائل مربوط به طرح شالوده ها و دیوارها

۴- دیوار بتن آرمه‌ای در یک سر طول خود بار ان $\begin{cases} D=4.1^T \\ L=2.0^T \end{cases}$ N را همراه با لنگر خمش $\begin{cases} D=2.3^{T-m} \\ L=1.1^{T-m} \end{cases}$ M در جهت عمود بر صفحه خود تحمل می‌نماید. ارتفاع دیوار ۴.۰ متر است و از حرکت جانبی آن جلوگیری نشده است. ضخامت لازم برای دیوار را تعیین کنید و کارهای لازم را بیان نمایید. مسئله را در حالتی که از حرکت جانبی دیوار جلوگیری شده باشد، حل کنید.

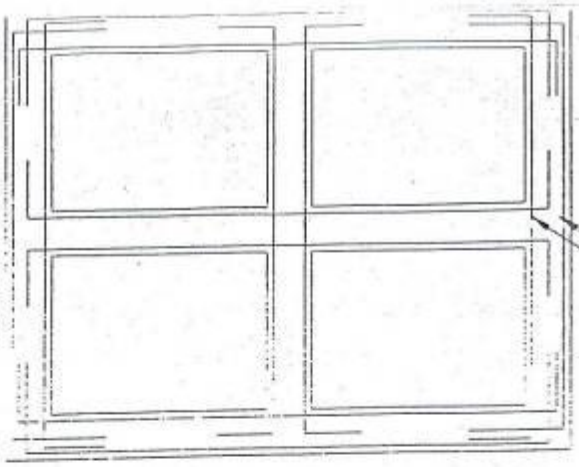
مسئله را در حالتی که لنگر ناشی از بار مساوی فوق ایجاد و ضخامت دیوار 30 cm باشد، حل کنید

۵- یک دیوار برشی به طول ۴.۰ متر و ضخامت 25 cm برای تحمل بارهای جانبی در یک ساختمان بکار برده شده است. این دیوار در اثر اعمال بار $\begin{cases} D=3.0^T \\ L=0.0 \end{cases}$ N را تحمل می‌کند. در حالتی که این دیوار تنها بر اثر تحمل لنگر خمش $M_E = 25.0^{T-m}$ و نیروی برشی $V_E = 12.0^T$ است، این دیوار را طرح کنید. برای طراحی دیوار برای فشار و فرض کنش و واکنش کیفی، کارهای لازم را در قسمتهای دیوار متمرکز در نظر بگیرید و یک بار کارهای لازم را بصورت یکنواخت بخش نمایید.

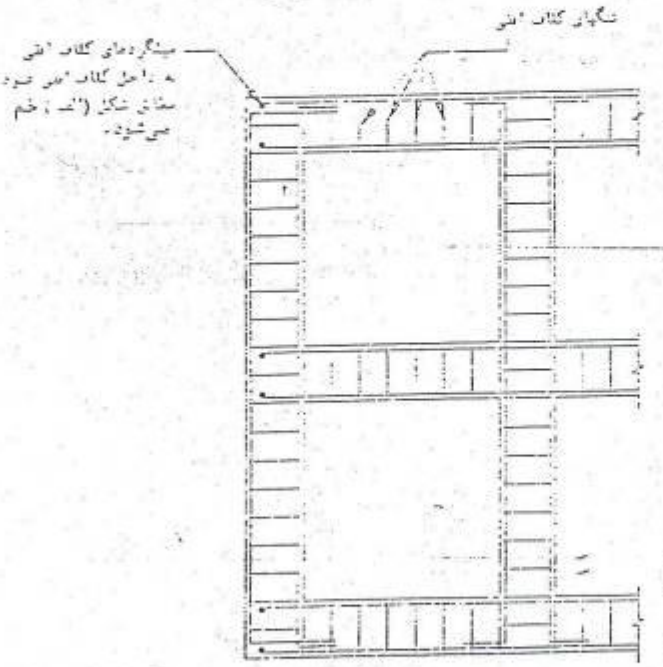
۶- دیوار حائل مطابق شکل زیر در نظر است. دیوار وزن شده را طرح کنید و بطور کامل کارهای لازم را بیان نمایید.



www.Mohandesyar.com



الف ـ پلان کلافهای افقی واتصال آنها به یکدیگر



ب ـ مقطع قائم کلافهای قائم واتصال آنها به کلافهای افقی

شکل ۳-۴-اتصال کلافها به یکدیگر

www.Mohandesyar.com

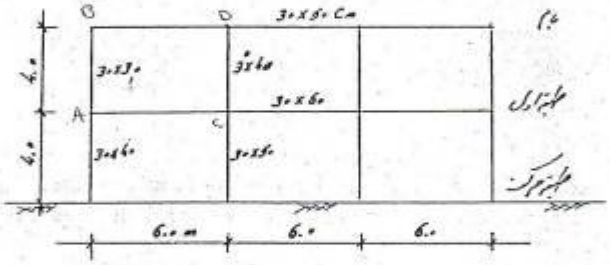
۴- ستون های واقع در طبقه اول ساختمانی زیر در حالت بارگذاری عادی و در هنگام اثر زلزله بارهای زیر را دارند تعیین نمایید:

ستون های میانی: $N\begin{cases}D=90^{T}\\L=30\end{cases}$ ، $M_1\begin{cases}D=10^{T-m}\\L=5\end{cases}$ ، $M_2\begin{cases}D=12^{T-m}\\L=8\end{cases}$ ، $E\begin{cases}N=30^{T}\\M=80^{T-m}\end{cases}$

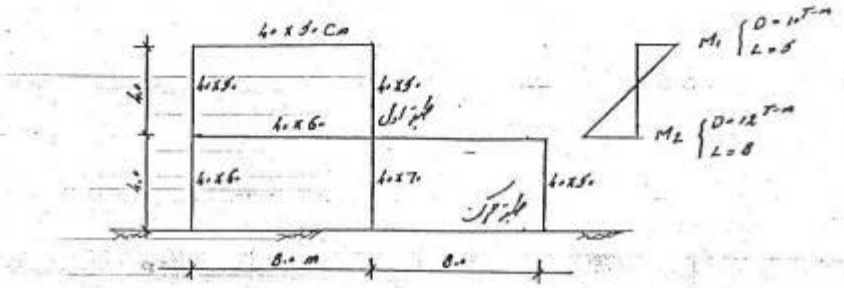
ستون های کناری: $N\begin{cases}D=40^{T}\\L=25\end{cases}$ ، $M_1\begin{cases}D=5^{T-m}\\L=3\end{cases}$ ، $M_2\begin{cases}D=10^{T-m}\\L=4\end{cases}$ ، $E\begin{cases}N=20^{T}\\M=15^{T-m}\end{cases}$

M_1 و M_2 لنگرهای خمش در دوانتهای ستون هستند. ستون های میانی در زیر اثر این لنگرها در دو جهت خم می شوند و ستون های کناری در یک جهت خم می شوند. لنگرهای خمش ناشی از زلزله در دوانتهای ستون ها عکس شده. تاب دارای حرکت جانبی است.

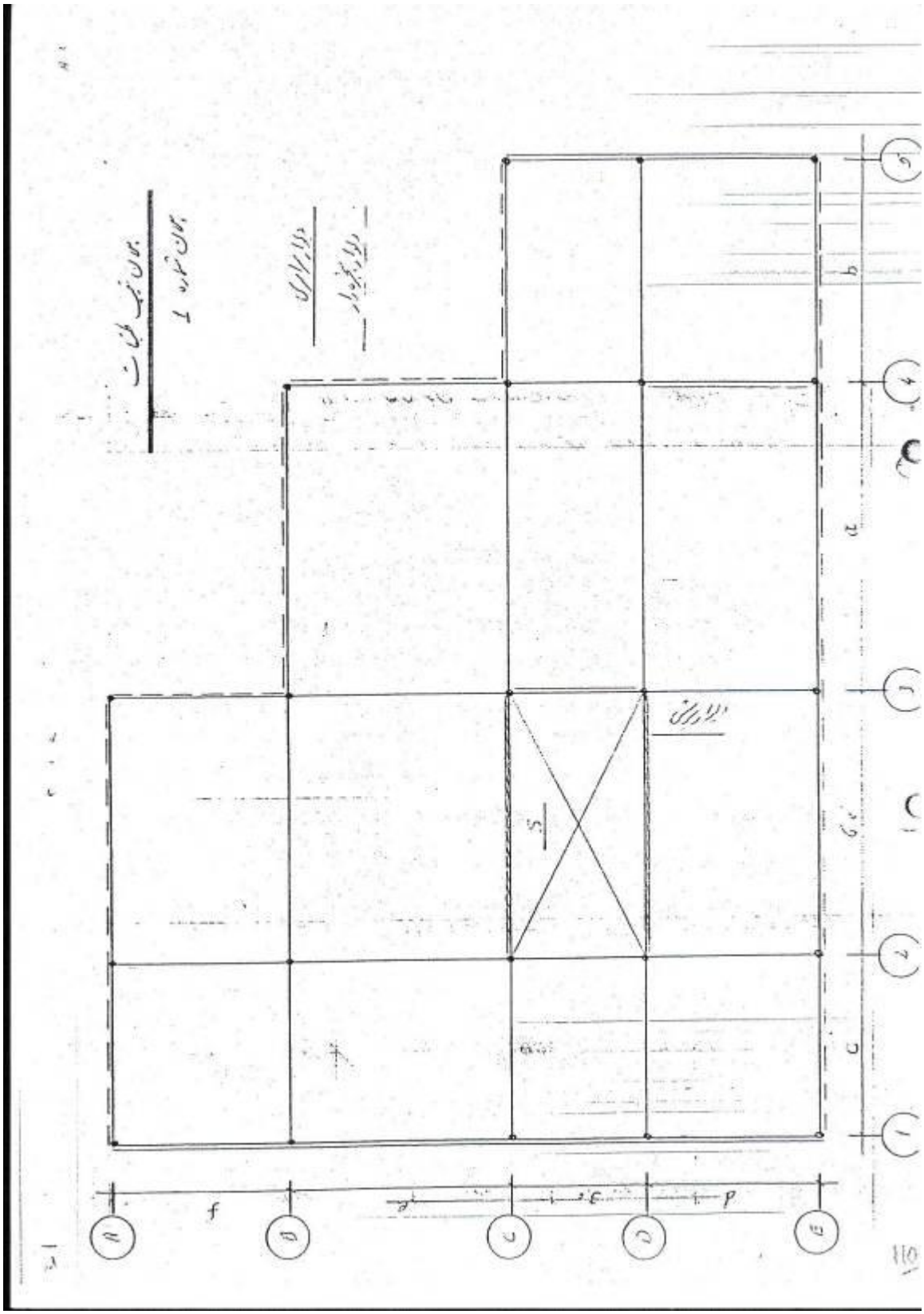
ستون ها را با در نظر گرفتن اثرات ناشی از لاغری طرح کنید.



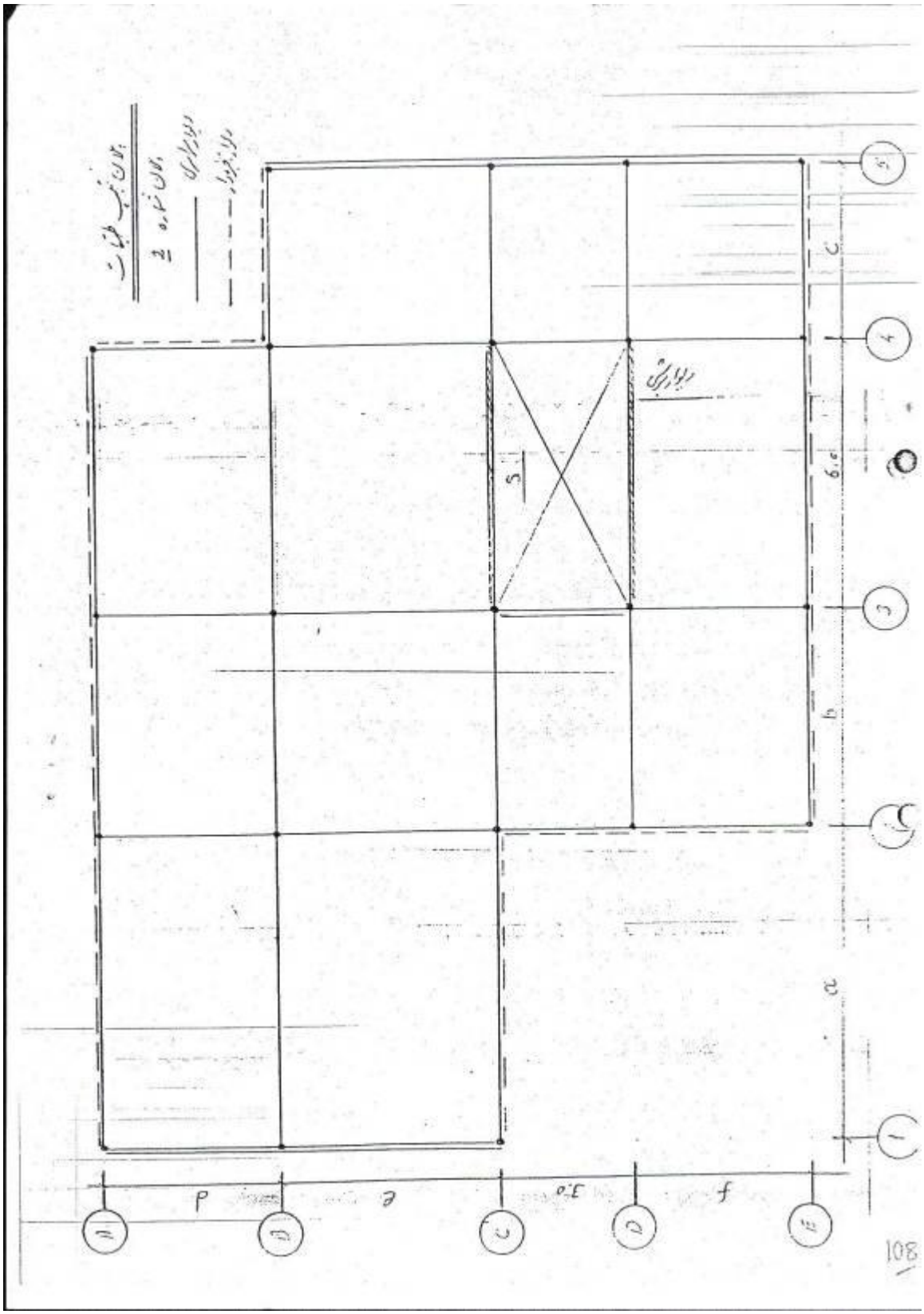
۵- ستون های واقع در طبقه اول ساختمانی زیر در حالت عادی بارگذاری $N\begin{cases}D=80^{T}\\L=60\end{cases}$ را حمل می کنند. بارگذاری خمش ناشی از $W\begin{cases}N=30^{T}\\M=20^{T-m}\end{cases}$ داده شده، در شکل را تعیین می کنند. دوطرح پیشنهاد به این ستون ها تأثیر از تحمل بارهای وابسته شده. ستون های این طبقه را طرح کنید. تاب دارای حرکت جانبی است. اثرات لاغری منظور می شوند.



www.Mohandesyar.com



www.Mohandesyar.com



www.Mohandesyar.com

مسائل مربوط به طراحی ستون ها

در مسائل زیر $\sigma_{cc} = 200\ kg/cm^2$ و $\sigma_y = 4000\ kg/cm^2$ منظور می گردد.

۱- ستون با مقطع مربع مستطیل به ابعاد $40 \times 60\ cm$ در نظر است. کارفرمای لازم برای این ستون را در حالات زیر بدست آورید:

الف - ستون در ترکیب عادی بارهای $N \begin{cases} D = 100\ T \\ L = 50 \end{cases}$ و $M \begin{cases} D = 15\ T\text{-}m \\ L = 8 \end{cases}$ وارد می شوند

ب - " " " " $N \begin{cases} D = 50 \\ L = 20 \end{cases}$ $M \begin{cases} D = 12 \\ L = 6 \end{cases}$ " "

ج - " " " " $N \begin{cases} D = 180 \\ L = 80 \end{cases}$ $M = 0.0$ " "

د - خاصیت های لازم برای ستون را در حالت (الف) تعیین کنید و نحوه چیدن میلگردها را مشخص نمایید.

ه - چنانچه بخواهیم ستون با مقطع مربع برای حالت (الف) را تحمل کند و مقدار درصد فولاد از حد تجاوز نکند، حداقل ضلع مقطع چه اندازه می تواند باشد؟

مسئله را در حالات فوق به کمک رابطه ارائه شده، حل کنید و پس نتایج را با دیاگرام اکترل نمایید.

۲- ستون با مقطع دایره به قطر $50\ cm$ در نظر است. کارفرمای طولی روی دایره ای به قطر $40\ cm$ چیده می شوند. ستون دورپیچ می شود. کارفرمای لازم برای ستون را در حالات بارگذاری که در مسئله (۱) گفته شده است، بدست آورید. درضمن (د) فاصله دورپیچ را بدست آورید.

۳- ستون با مقطع مربع به ضلع $50\ cm$ در نظر است. بر این ستون در ترکیب عادی بارهای $N \begin{cases} D = 50\ T \\ L = 30 \end{cases}$ و $M_x \begin{cases} D = 11\ T\text{-}m \\ L = 8 \end{cases}$ و $M_y \begin{cases} D = 6\ T\text{-}m \\ L = 3 \end{cases}$ وارد می شوند. در ترکیب این نیروها در حرکت از جنب، ستون بارهای $E \begin{cases} N = 15\ T \\ M = 12\ T\text{-}m \end{cases}$ وارد می شود. ستون را طرح نمایید و کارفرمای آنرا همراه با خاصیت اشتان دهید. کارفرمای میلان را نیز در نظر بگیرید.

در حل مسئله از روابط ارائه شده، استفاده کنید و نتایج را با دیاگرام اکترل نمایید.