مبحث نهم مقررات ملی ساختمان : طراحی ساختمان ها ی بتن آرمه

خلاصه این مدرک:

این مدرک به ارائه فرمول های کلی از مبحث نهم مقررات ملی ساختمان در دو واحد نیوتن – میلی متر و کیلوگرم – سانتی متر می پردازد و برای مقاصد آموزشی تهیه شده است

تهیه کننده: دکتر مهدی شریفی
درس بتن ۱ و۲ کارشناسی

فهرست:

۱ خواص مکانیکی بتن ۵

1-1 مدول ارتجاعی (الاستیسته) بتن ۵

۱-۲ معادله تقریبی تنش – کرنش (تنجش) بتن: ۵

۱-۳ ضرایب مشخصه بلوک فشاری بتن ۵

۱-۴ ضریب پواسن بتن: ۵

۱-۵ مدول برشی ارتجاعی بتن: ۶

۱-۶ مقاومت کششی بتن در کشش (مدول گسیختگی) : ۶

۲ خواص مکانیکی فولاد ۶

۲-۱ مدول ارتجاعی (الاستیسته) بتن ۶

۲-۲ کرنش نظیر تسلیم (جاری شدگی) فولاد ۶

۲-۳ مشخصه (رفتار تنش – کرنش) ایده آلی فولاد ۶

3 ضرایب بار نهایی و ضرایب تقلیل مقاومت مصالح ۷

۳-۱ ترکیبات بارگذاری ۷

۳-۲ ضرایب تقلیل مقاومت مصالح ۷

3-2-1 مقاومت طراحی بتن، fcd ۷

3-2-2 مقاومت طراحی فولاد، fyd و fsd ۷

4 ستونهای کوتاه تحت اثر بارمحور ۸

۴-۱ تنش در بتن و فولاد در مرحله ی خطی ۸

4-2 تنش در بتن و فولاد در غیر خطی بودن بتن ۸

4-3 مقاومت نهایی اسمی ستون ۸

4-4 مقاومت نهایی (طراحی) ستون ۸

4-5 رابطه ی بار نهایی وارده و مقاومت نهایی ستون ۸

4-6 ضریب اطمینان مقاومت کلی ستون ۸

5 تحلیل و طراحی تیرها با مقطع مربع مستطیل ۹

5-1 تنش در بتن و فولاد در مرحله ی دوم تحلیل ۹

۵-۲ لنگر خمشی مقاوم نهایی تیر،Mr : ۹

5-2-1 مقطع با آرماتور کششی تنها و با فرض جاری شدن فولادها ۹

5-2-2 مقطع با آرماتور کششی و فشاری و با فرض جاری شدن فولادها ۹

۵-۳ لنگر خمشی مقاوم نهایی تیر،Mn : ۹

DRAFT

5-3-1 مقطع با آرماتور کششی تنها و با فرض جاری شدن فولادها ۹
5-3-2 مقطع با آرماتور کششی و فشاری و با فرض جاری شدن فولادها ۱۰
۵-۴ پارامترهای مورد نیاز در تحلیل تیرها ۱۰
۵-۵ طراحی تیرها با مقطع مربع مستطیل ۱۱
۵-۵-۱ پارامترهای مورد نیاز در طراحی تیرها ۱۱
۵-۵-۲ طراحی تیر با آرماتور کششی تنها ۱۱
5-5-3 طراحی تیر با آرماتور کششی و فشاری ۱۱
۵-۵-۴ طراحی تیر با آرماتور کششی و فشاری زمانیکه آرماتور فشاری به جاری شدگی نرسد ۱۱
۵-۵-۵ ضوابط مورد نیاز طراحی ۱۲
۵-۶ تحلیل و طراحی تیرها با مقاطع T شکل ۱۶
۵-۶-۱ عرض موثر تیر T در تیرهای میانی ۱۶
۵-۶-۲ عرض موثر تیر T در تیرهای کناری ۱۶
۵-۶-۳ لنگر خمشی مقاوم با فرض $a>t_0$ و جاری شدن فولادها: ۱۶
۵-۶-۴ لنگر خمشی مقاوم در حالیکه $a=t_0$ ۱۶
۵-۶-۵ لنگر خمشی مقاوم اسمی (M_n) با فرض $a>t_0$ و جاری شدن فولادها: ۱۶
۵-۶-۶ لنگر خمشی مقاوم در حالیکه $a=t_0$ ۱۶
۵-۶-۷ ضوابط مورد نیاز طراحی ۱۷
۶ برش ۱۸
6-1 برش مقاوم نهایی تیر V_r ۱۸
6-1-1 برش مقاوم نهایی بتن، V_{cd} ۱۸
6-1-2 مقاومت برشی بتن، v_{cc} ۱۸
6-2 برش مقاوم نهایی خاموط ها V_{rs} ۱۸
6-3 برش مقاوم نهایی اسمی مقطع V_n ۱۹
6-4 ضوابط طراحی برشی ۱۹
۷ پیچش ۲۰
۷-۱ ضخامت لوله ی معادل ۲۰
۷-۲ لنگر پیچشی مقاومت ترک خوردگی مقطع ۲۰
۷-۳ لنگر پیچشی مقاوم نهایی تیر ۲۰
۷-۴ آرماتورهای طولی مورد نیاز برای پیچش ۲۰
۷-۵ لنگر پیچشی مقاوم نهایی تیرهای T شکل ۲۰

DRAFT

7-6 لنگر پیچشی مقاوم ترک خوردگی اسمی و لنگر پیچشی نهایی اسمی مقطع T_{cn} و T_n ۲۰
7-7 ضوابط طراحی پیچشی ۲۰
7-8 محدودیت تلاشهای برشی نهایی و لنگر پیچشی نهایی در مقطع ۲۱
۹-۷ روش تحلیل و طراحی مقطع ۲۱
۱۰-۷ مقدار حداقل خاموت های برشی و پیچشی ۲۱
۸ محاسبه ی افتادگی (خیز) و ترک خوردگی در تیرها و دال ها ۲۲
8-1 ممان اینرسی موثر در تیرها و دالها با تکیه گاه های ساده ۲۲
۲-۸ ممان اینرسی موثر در تیرها و دالهای پیوسته از دو طرف ۲۲
۳-۸ ممان اینرسی موثر در تیرها و دالهای پیوسته از یک طرف ۲۲
۴-۸ ممان اینرسی موثر در تیرها و دالهای کنسول ۲۲
۵-۸ افتادگی دراز مدت تیرها و دالها ۲۲
۶-۸ حداقل ارتفاع تیرها و دال های یکطرفه ۲۳
۷-۸ حداقل ارتفاع دال های دو طرفه ۲۳
۸-۸ ظوابط مربوط به محدودیت افتادگی درتیرها و دال ها: ۲۴
۹-۸ ترک خوردگی در تیرها و دالها و محدویت آنها: ۲۴
۹ پیوستگی بتن و فولاد ۲۵
۱-۹ پیوستگی بتن و فولاد – بر اساس مبحث نهم ، ویرایش چهار ۲۵
9-2 پیوستگی بتن و فولاد – بر اساس آبا ۲۷
10 ضرایب تقریبی لنگرهای خمشی در تیرهای یکسره و دال های یک طرفه ۳۳
۱۱ طراحی تیر – ستونهای ۳۵
۱-۱۱ بار محوری مقاوم نهایی ستون ۳۵
۲-۱۱ مشخصات بار و لنگر خمشی نهایی متعادل ۳۵
۳-۱۱ بار محوری مقاوم ستون با مقطع مربع مستطیل تحت اثر بارمحوری و لنگر خمشی: ۳۵
11-3-1 وقتی $N_r<N_{rb}$ باشد: ۳۵
11-3-2 وقتی $N_r>N_{rb}$ باشد: ۳۶
۴-۱۱ بار محوری مقاوم ستون تحت اثر بار محوری و لنگر خمشی دو محوره: ۳۶
11-4-1 وقتی $N_r\geq 0.15f_{cd}A_g$ باشد: ۳۶
11-4-2 وقتی $N_r<0.15f_{cd}A_g$ باشد: ۳۶

DRAFT

۵-۱۱ بارمقاوم اسمی ستون تحت تحت اثر بار محوری و لنگر خشمی Mn و Nn: ۳۷

۶-۱۱ تشدید لنگر در ستونهای لاغر ۳۷

11-6-1 طول موثر ستون ۳۷

۲-۶-۱۱ بار بحرانی ستون Nc ، ۳۷

۳-۶-۱۱ ضریب تشدید لنگر در ستونهای مهار شده: ۳۷

۴-۶-۱۱ ضریب تشدید لنگر در ستونهای مهار نشده: ۳۸

۵-۶-۱۱ ظوابط طراحی ستون ها ۳۸

۱۲ دال های بتن آرمه ۳۹

۱۳ شالوده ها ۴۱

۱-۱۳ محدودیت برش در شالوده ها: ۴۱

۱۴ دیوارهای باربر و برشی ۴۲

۱-۱۴ دیوارهای باربر ۴۲

۲-۱۴ دیوارهای برشی ۴۲

۱۵ جداول و نمودار های پیوست ۴۴

DRAFT

۱ خواص مکانیکی بتن

۱-۱ مدول ارتجاعی (الاستیسته) بتن

مبحث نهم – ویرایش سوم
$E_c = 15800\sqrt{f_{cc}} \quad Kg/cm^2$ $E_c = 5000\sqrt{f_{cc}} \quad N/mm^2 \ (MPa)$
مبحث نهم – ویرایش چهارم
$E_c = \left(3300\sqrt{f_{cc}} + 6900\right)\left(\frac{\gamma_c}{23}\right)^{1.5} \frac{N}{mm^2} \ (MPa) \qquad 15 < \gamma_c(\frac{KN}{m^3}) < 25$ $E_c = \left(10435\sqrt{f_{cc}} + 69000\right)\left(\frac{\gamma_c}{2300}\right)^{1.5} \frac{Kg}{cm^2} \qquad 1500 < \gamma_c(\frac{kg}{m^3}) < 2500$

f_{cc} مقاومت فشاری ۲۸ روزه بتن برای نمونه استاندارد استوانه ای

* رابطه بین مقاومت فشاری نمونه ی استوانه ای استاندارد (f_{cc}) و نمونه ای مکعب استاندارد ۲۰×۲۰(f_{cu})

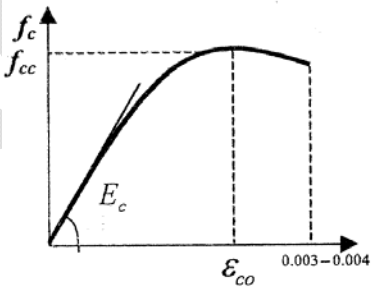
$f_{cc}=0.8f_{cu}$

جدول ۱-۱- مقادیر مختلف مدول ارتجاعی (الاستیسیته) بتن – ویرایش سوم

fcc	Kg/cm²	200	250	300	350	400
	N/mm²	20	25	30	35	40
E	Kg/cm²	223446	249820	273664	295591	316000
	N/mm²	22361	25000	27386	29580	31623

۱-۲ معادله تقریبی تنش – کرنش (تنجش) بتن:

$$f_c = f_{cc}(2x - x^2)$$
$$f_c = f_{cc}\left(2\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c0}} - (\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c0}})^2\right)$$
$$x = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c0}}$$
$$\varepsilon_{c0} = \frac{2f_{cc}}{E_c}$$



شکل ۱-۱- نمودار تنش – کرنش تقریبی دربتن

۱-۳ ضرایب مشخصه بلوک فشاری بتن

$\alpha_1 = 0.85 - 0.0015f_c$	(N/mm²)	$\alpha_1 = 0.85 - 0.00015f_c$	(Kg/cm²)
$\beta_1 = 0.97 - 0.0025f_c$	(N/mm²)	$\beta_1 = 0.97 - 0.00025f_c$	(Kg/cm²)

۱-۴ ضریب پواسن بتن:

$$\nu_c = 0 \sim 0.2$$

مقدار ضریب پواسن برای بتن معمولی ۰/۱۵ و برای بتن پر مقاومت ۰/۲ توصیه شده است.

DRAFT

۱-۵ مدول برشی ارتجاعی بتن:

- مقطع ترک نخورده

$$G_c = \frac{E_c}{2.5\ (1+\upsilon)}$$

- مقطع ترک خورده

$$G_c = \frac{E_c}{15\ (1+\upsilon)}$$

۱-۶ مقاومت کششی بتن در کشش (مدول گسیختگی) :

$$f_r = 1.9\sqrt{f_{cc}} \approx 2.0\sqrt{f_{cc}} \qquad Kg/cm^2$$

$$f_r = 0.6\sqrt{f_{cc}} \qquad N/mm^2\ (MPa)$$

۲ خواص مکانیکی فولاد

۲-۱ مدول ارتجاعی (الاستیسته) بتن

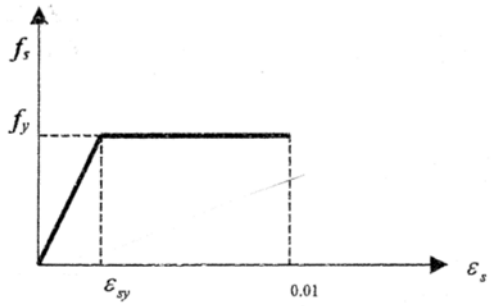
$$E_s = 2{,}000{,}000 \qquad Kg/cm^2$$

$$E_s = 200{,}000 \qquad N/mm^2\ (MPa)$$

۲-۲ کرنش نظیر تسلیم (جاری شدگی) فولاد

$$\varepsilon_{sy} = \frac{f_y}{E_s}$$

۲-۳ مشخصه (رفتار تنش – کرنش) ایده آلی فولاد



شکل ۲-۱- نمودار تنش – کرنش ایده آل فولاد

DRAFT

۳ ضرایب بار نهایی و ضرایب تقلیل مقاومت مصالح

۳-۱ ترکیبات بارگذاری

جدول ۳-۱- ترکیبات بارگذاری و ضرایب مربوطه

	ترکیبات همزمانی بار	ضرایب بار نهایی در ترکیب
۱	اثرات ناشی از بارهای مرده (D)و زنده (L)	$U_1=1.25D + 1.5 L$
۲	اثرات ناشی از بارهای مرده (D)، زنده (L) و باد (W) یا زلزله (E)	$U_2=0.8(1.25D+1.5L\pm1.5W)$ $U_2=0.8(1.25D+1.5L\pm1.5E)$
۳	اثرات ناشی از بارهای مرده (D) و باد (W) یا زلزله (E)	$U_3=0.85D\pm1.2W$ $U_3=0.85D\pm1.2E$
۴	اثرات ناشی از بارهای مرده (D)و زنده (L) همراه با فشار خاک (H) و یا مایع (F)	$U_4=1.25D+1.5L+1.5H$ یا $1.5F$
۵	اثرات ناشی از بارهای مرده (D)همراه با فشار خاک (H) و یا مایع (F)	$U_5=0.85D+1.5H$ یا $1.5F$
۶	اثرات ناشی از بارهای مرده (D)و زنده (L) و اثرات تغییرات دمای محیط و یا جمع شدگی بتن و یا وارفتگی بتن (T)	$U_6=0.8(1.25D+1.5L+1.25T)$
۷	اثرات ناشی از بارهای مرده (D) و اثرات تغییرات دمای محیط و یا جمع شدگی بتن و یا وارفتگی بتن (T)	$U_7= 1.25D+1.5T$

* در ترکیبات ۴و ۵ اگر سطح آزاد مایع معلوم باشد می توان بجای 1.5F مقدار 1.25F را جایگزین نمود

** در ترکیبات فوق ضرایب بار زلزله بر اساس آئین نامه ۲۸۰- ویرایش سوم می باشد. در صورتیکه ویرایش جدید ارائه گردد بایستی مقدار زلزله در ترکیبات فوق با عبارت E/1.4 جایگزین گردد.

۳-۲ ضرایب تقلیل مقاومت مصالح

۳_۲_۱ مقاومت طراحی بتن، fcd

$$f_{cd} = \phi_c f_{cc}$$

$\phi_c = 0.65$ ضریب ایمنی جزئی مقاومت بتن در قطعات درجا

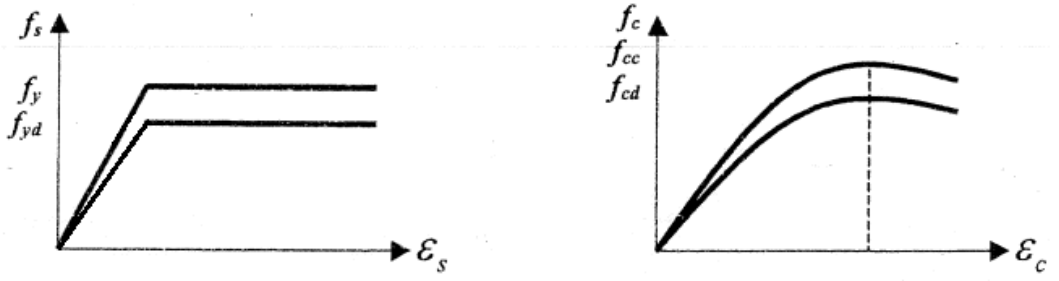
$\phi_c = 0.70$ ضریب ایمنی جزئی مقاومت بتن در قطعات پیش ساخته

۳_۲_۲ مقاومت طراحی فولاد، fyd و fsd

$$f_{sd} = \phi_s f_s \qquad \varepsilon_s < \varepsilon_y$$

$$f_{yd} = \phi_s f_y \qquad \varepsilon_s \geq \varepsilon_y$$

$\phi_s = 0.85$ ضریب ایمنی جزئی مقاومت فولاد



شکل ۳-۱- نمودار تنش – کرنش در طراحی

DRAFT

۴ ستونهای کوتاه تحت اثر بارمحور

۴-۱ تنش در بتن و فولاد در مرحله ی خطی

$$n = E_s/E_c$$
$$A_{eq} = A_g + (n-1)A_s$$
$$f_c = N/A_{eq}$$
$$f_s = nf_c$$

۴-۲ تنش در بتن و فولاد در غیر خطی بودن بتن

$$\varepsilon_c = \varepsilon_s$$
$$N = f_c\, A_c + f_s\, A_s$$
$$A_c = A_g - A_s$$

۴-۳ مقاومت نهایی اسمی ستون

$$N_n = \alpha_1 f_c\, A_c + f_y\, A_s$$

۴-۴ مقاومت نهایی (طراحی) ستون

ستون ها با تنگ موازی:
$$N_r = 0.8N_{ro} = 0.8\,(\alpha_1 f_{cd}\, A_c + f_{yd}\, A_s)$$

ستون ها با تنگ دورپیچ:
$$N_r = 0.85N_{ro} = 0.85\,(\alpha_1 f_{cd}\, A_c + f_{yd}\, A_s)$$

۴-۵ رابطه ی بار نهایی وارده و مقاومت نهایی ستون

$$N_u \le N_r$$

۴-۶ ضریب اطمینان مقاومت کلی ستون

$$SF = N_n/N$$

DRAFT

۵ تحلیل و طراحی تیرها با مقطع مربع مستطیل

۵-۱ تنش در بتن و فولاد در مرحله ی دوم تحلیل

الف) معادله ارتفاع خنثی ،C:

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

ب) ممان اینرسی مقطع ترک خورده، I_{cr} :

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

ج) تنش در بتن و فولادهای فشاری و کششی:

$$f_c = \frac{MC}{I_{cr}}$$

$$f_s = n\frac{M(d-C)}{I_{cr}}$$

$$f'_s = n\frac{M(C-d')}{I_{cr}}$$

۵-۲ لنگر خمشی مقاوم نهایی تیر،Mr :

۵_۲_۱ مقطع با آرماتور کششی تنها و با فرض جاری شدن فولادها

$$a = \frac{A_s f_{yd}}{\alpha_1 f_{cd} b}$$

$$M_r = \alpha_1 f_{cd} ba\left(d - \frac{a}{2}\right) = A_s f_{yd}\left(d - \frac{a}{2}\right)$$

۵_۲_۲ مقطع با آرماتور کششی و فشاری و با فرض جاری شدن فولادها

$$a = \frac{(A_s - A'_s)f_{yd}}{\alpha_1 f_{cd} b}$$

$$M_r = \alpha_1 f_{cd} ba\left(d - \frac{a}{2}\right) + A'_s f_{yd}(d-d')$$

۵-۳ لنگر خمشی مقاوم نهایی تیر،Mn :

۵_۳_۱ مقطع با آرماتور کششی تنها و با فرض جاری شدن فولادها

$$a = \frac{A_s f_y}{\alpha_1 f_{cc} b}$$

$$M_n = \alpha_1 f_{cc} ba\left(d - \frac{a}{2}\right) = A_s f_y\left(d - \frac{a}{2}\right)$$

DRAFT

۵_۳_۲ مقطع با آرماتور کششی و فشاری و با فرض جاری شدن فولادها

$$a = \frac{(A_s - A'_s)f_y}{\alpha_1 f_{cc} b}$$

$$M_n = \alpha_1 f_{cc} b a \left(d - \frac{a}{2}\right) + A'_s f_y (d - d')$$

۵-۴ پارامترهای مورد نیاز در تحلیل تیرها

N-mm	Kg-cm
$\rho_b = \alpha_1\beta_1 \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \frac{700}{700 + f_y}$	$\rho_b = \alpha_1\beta_1 \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \frac{7000}{7000 + f_y}$
$\rho_{bd} = \alpha_1\beta_1 \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \frac{700}{700 + f_{yd}}$	$\rho_{bd} = \alpha_1\beta_1 \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \frac{7000}{7000 + f_{yd}}$
$(\rho - \rho')_{min} = \alpha_1\beta_1 \frac{d'}{d} \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \frac{700}{700 - f_{yd}}$	$(\rho - \rho')_{min} = \alpha_1\beta_1 \frac{d'}{d} \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \frac{7000}{7000 - f_{yd}}$

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

$$\rho' = \frac{A'_s}{bd}$$

جدول ۵-۱- مقادیر مربوط به ρ_b

fy		2400	3000	4000
fyd		2040	2550	3400
fcc (Kg/cm)	fcd (Kg/cm)	ρ_b	ρ_b	ρ_b
200	130	0.0358	0.0269	0.0184
250	162.5	0.0437	0.0329	0.0224
300	195	0.0513	0.0386	0.0263
350	227.5	0.0584	0.0440	0.0300
400	260	0.0652	0.0491	0.0334

جدول ۵-۲- مقادیر مربوط به $(\rho-\rho')_{min}$. d'/d

fy		2400	3000	4000
fyd		2040	2550	3400
fcc (Kg/cm)	fcd (Kg/cm)			
200	130	0.0678	0.0605	0.0561
250	162.5	0.0829	0.0739	0.0685
300	195	0.0972	0.0867	0.0803
350	227.5	0.1108	0.0988	0.0916
400	260	0.1236	0.1102	0.1022

DRAFT

۵-۵ طراحی تیرها با مقطع مربع مستطیل

۵-۵-۱ پارامترهای مورد نیاز در طراحی تیرها

$$R_b = q_b(1 - \frac{0.5}{\alpha_1} q_b)$$

$$q_b = \frac{\rho_b f_{yd}}{f_{cd}}$$

جدول ۵-۳- مقادیر مربوط به $\rho_b . R_b$

		fy	2400		3000		4000	
		fyd	2040		2550		3400	
fcc (Kg/cm)	fcd (Kg/cm)	α1	ρb	Rb	ρb	Rb	ρb	Rb
200	130	0.8200	0.0358	0.3693	0.0269	0.3580	0.0184	0.3395
250	162.5	0.8125	0.0437	0.3636	0.0329	0.3522	0.0224	0.3337
300	195	0.8050	0.0513	0.3577	0.0386	0.3464	0.0263	0.3279
350	227.5	0.7975	0.0584	0.3519	0.0440	0.3405	0.0300	0.3221
400	260	0.7900	0.0652	0.3460	0.0491	0.3346	0.0334	0.3163

۵-۵-۲ طراحی تیر با آرماتور کششی تنها

$$R = \frac{M_u}{f_{cd} b d^2} \le R_b$$

$$R = q(1 - \frac{0.5}{\alpha_1} q)$$

$$\rho = \frac{q f_{cd}}{f_{yd}}$$

$$A_s = \rho b d$$

۵-۵-۳ طراحی تیر با آرماتور کششی و فشاری

$$R > R_b$$

$$(\rho - \rho') = \rho_b$$

$$\overline{A_s} = A_s - A'_s = \rho_b b d$$

$$M_u = M_1 + M_2$$

$$M_1 = R_b f_{cd} b d^2$$

$$M_2 = A'_s f_{yd} (d - d')$$

$$A_s = \overline{A_s} + A'_s$$

۵-۵-۴ طراحی تیر با آرماتور کششی و فشاری زمانیکه آرماتور فشاری به جاری شدگی نرسد

$$a = \frac{\overline{A_s} f_{yd}}{\alpha_1 f_{cd} b}$$

DRAFT

$$C = a/\beta_1$$

$$\varepsilon'_s = \frac{(C - d')}{C} \times 0.0035$$

$$\overline{A'_s} = \frac{\varepsilon_{yd}}{\varepsilon'_s} \times A'_s$$

$$A_s = \overline{A_s} + \overline{A'_s}$$

۵-۵-۵ ضوابط مورد نیاز طراحی

الف) مقدار درصد آرماتور حداقل

Kg-cm	N-mm
$\rho_{min} = \frac{14}{f_y}$	$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y}$
$\rho_{min} = \frac{0.8\sqrt{f_{cc}}}{f_y}$	$\rho_{min} = \frac{0.25\sqrt{f_{cc}}}{f_y}$

ب) مقدار درصد آرماتور حداکثر

$$\rho_{max} = \rho_b < 0.025$$

$$(\rho - \rho')_{max} = \rho_b < 0.025$$

DRAFT

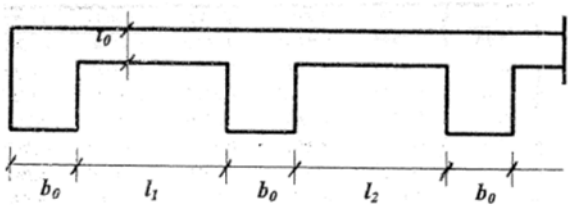
fcc=	200	fcd=	130	α1=	0.8200	جدول مقادیر q بر حسب R				
q	0	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009
0	0.0000	0.0010	0.0020	0.0030	0.0040	0.0050	0.0060	0.0070	0.0080	0.0090
0.01	0.0099	0.0109	0.0119	0.0129	0.0139	0.0149	0.0158	0.0168	0.0178	0.0188
0.02	0.0198	0.0207	0.0217	0.0227	0.0236	0.0246	0.0256	0.0266	0.0275	0.0285
0.03	0.0295	0.0304	0.0314	0.0323	0.0333	0.0343	0.0352	0.0362	0.0371	0.0381
0.04	0.0390	0.0400	0.0409	0.0419	0.0428	0.0438	0.0447	0.0457	0.0466	0.0475
0.05	0.0485	0.0494	0.0504	0.0513	0.0522	0.0532	0.0541	0.0550	0.0559	0.0569
0.06	0.0578	0.0587	0.0597	0.0606	0.0615	0.0624	0.0633	0.0643	0.0652	0.0661
0.07	0.0670	0.0679	0.0688	0.0698	0.0707	0.0716	0.0725	0.0734	0.0743	0.0752
0.08	0.0761	0.0770	0.0779	0.0788	0.0797	0.0806	0.0815	0.0824	0.0833	0.0842
0.09	0.0851	0.0860	0.0868	0.0877	0.0886	0.0895	0.0904	0.0913	0.0921	0.0930
0.1	0.0939	0.0948	0.0957	0.0965	0.0974	0.0983	0.0991	0.1000	0.1009	0.1018
0.11	0.1026	0.1035	0.1044	0.1052	0.1061	0.1069	0.1078	0.1087	0.1095	0.1104
0.12	0.1112	0.1121	0.1129	0.1138	0.1146	0.1155	0.1163	0.1172	0.1180	0.1189
0.13	0.1197	0.1205	0.1214	0.1222	0.1231	0.1239	0.1247	0.1256	0.1264	0.1272
0.14	0.1280	0.1289	0.1297	0.1305	0.1314	0.1322	0.1330	0.1338	0.1346	0.1355
0.15	0.1363	0.1371	0.1379	0.1387	0.1395	0.1404	0.1412	0.1420	0.1428	0.1436
0.16	0.1444	0.1452	0.1460	0.1468	0.1476	0.1484	0.1492	0.1500	0.1508	0.1516
0.17	0.1524	0.1532	0.1540	0.1548	0.1555	0.1563	0.1571	0.1579	0.1587	0.1595
0.18	0.1602	0.1610	0.1618	0.1626	0.1634	0.1641	0.1649	0.1657	0.1664	0.1672
0.19	0.1680	0.1688	0.1695	0.1703	0.1711	0.1718	0.1726	0.1733	0.1741	0.1749
0.2	0.1756	0.1764	0.1771	0.1779	0.1786	0.1794	0.1801	0.1809	0.1816	0.1824
0.21	0.1831	0.1839	0.1846	0.1853	0.1861	0.1868	0.1876	0.1883	0.1890	0.1898
0.22	0.1905	0.1912	0.1919	0.1927	0.1934	0.1941	0.1949	0.1956	0.1963	0.1970
0.23	0.1977	0.1985	0.1992	0.1999	0.2006	0.2013	0.2020	0.2028	0.2035	0.2042
0.24	0.2049	0.2056	0.2063	0.2070	0.2077	0.2084	0.2091	0.2098	0.2105	0.2112
0.25	0.2119	0.2126	0.2133	0.2140	0.2147	0.2154	0.2160	0.2167	0.2174	0.2181
0.26	0.2188	0.2195	0.2201	0.2208	0.2215	0.2222	0.2229	0.2235	0.2242	0.2249
0.27	0.2255	0.2262	0.2269	0.2276	0.2282	0.2289	0.2296	0.2302	0.2309	0.2315
0.28	0.2322	0.2329	0.2335	0.2342	0.2348	0.2355	0.2361	0.2368	0.2374	0.2381
0.29	0.2387	0.2394	0.2400	0.2407	0.2413	0.2419	0.2426	0.2432	0.2439	0.2445
0.3	0.2451	0.2458	0.2464	0.2470	0.2476	0.2483	0.2489	0.2495	0.2502	0.2508
0.31	0.2514	0.2520	0.2526	0.2533	0.2539	0.2545	0.2551	0.2557	0.2563	0.2570
0.32	0.2576	0.2582	0.2588	0.2594	0.2600	0.2606	0.2612	0.2618	0.2624	0.2630
0.33	0.2636	0.2642	0.2648	0.2654	0.2660	0.2666	0.2672	0.2678	0.2683	0.2689
0.34	0.2695	0.2701	0.2707	0.2713	0.2718	0.2724	0.2730	0.2736	0.2742	0.2747
0.35	0.2753	0.2759	0.2764	0.2770	0.2776	0.2782	0.2787	0.2793	0.2799	0.2804
0.36	0.2810	0.2815	0.2821	0.2827	0.2832	0.2838	0.2843	0.2849	0.2854	0.2860
0.37	0.2865	0.2871	0.2876	0.2882	0.2887	0.2893	0.2898	0.2903	0.2909	0.2914
0.38	0.2920	0.2925	0.2930	0.2936	0.2941	0.2946	0.2951	0.2957	0.2962	0.2967
0.39	0.2973	0.2978	0.2983	0.2988	0.2993	0.2999	0.3004	0.3009	0.3014	0.3019
0.4	0.3024	0.3030	0.3035	0.3040	0.3045	0.3050	0.3055	0.3060	0.3065	0.3070
0.41	0.3075	0.3080	0.3085	0.3090	0.3095	0.3100	0.3105	0.3110	0.3115	0.3120
0.42	0.3124	0.3129	0.3134	0.3139	0.3144	0.3149	0.3153	0.3158	0.3163	0.3168
0.43	0.3173	0.3177	0.3182	0.3187	0.3191	0.3196	0.3201	0.3206	0.3210	0.3215
0.44	0.3220	0.3224	0.3229	0.3233	0.3238	0.3243	0.3247	0.3252	0.3256	0.3261
0.45	0.3265	0.3270	0.3274	0.3279	0.3283	0.3288	0.3292	0.3297	0.3301	0.3305
0.46	0.3310	0.3314	0.3319	0.3323	0.3327	0.3332	0.3336	0.3340	0.3344	0.3349
0.47	0.3353	0.3357	0.3362	0.3366	0.3370	0.3374	0.3378	0.3383	0.3387	0.3391
0.48	0.3395	0.3399	0.3403	0.3408	0.3412	0.3416	0.3420	0.3424	0.3428	0.3432
0.49	0.3436	0.3440	0.3444	0.3448	0.3452	0.3456	0.3460	0.3464	0.3468	0.3472
0.5	0.3476	0.3480	0.3483	0.3487	0.3491	0.3495	0.3499	0.3503	0.3506	0.3510
0.51	0.3514	0.3518	0.3522	0.3525	0.3529	0.3533	0.3536	0.3540	0.3544	0.3548
0.52	0.3551	0.3555	0.3559	0.3562	0.3566	0.3569	0.3573	0.3577	0.3580	0.3584
0.53	0.3587	0.3591	0.3594	0.3598	0.3601	0.3605	0.3608	0.3612	0.3615	0.3619
0.54	0.3622	0.3625	0.3629	0.3632	0.3636	0.3639	0.3642	0.3646	0.3649	0.3652
0.55	0.3655	0.3659	0.3662	0.3665	0.3669	0.3672	0.3675	0.3678	0.3681	0.3685

fcc=	250	fcd=	162.5	α1=	0.8125	جدول مقادیر q بر حسب R				
q	0	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009
0	0.0000	0.0010	0.0020	0.0030	0.0040	0.0050	0.0060	0.0070	0.0080	0.0090
0.01	0.0099	0.0109	0.0119	0.0129	0.0139	0.0149	0.0158	0.0168	0.0178	0.0188
0.02	0.0198	0.0207	0.0217	0.0227	0.0236	0.0246	0.0256	0.0266	0.0275	0.0285
0.03	0.0294	0.0304	0.0314	0.0323	0.0333	0.0342	0.0352	0.0362	0.0371	0.0381
0.04	0.0390	0.0400	0.0409	0.0419	0.0428	0.0438	0.0447	0.0456	0.0466	0.0475
0.05	0.0485	0.0494	0.0503	0.0513	0.0522	0.0531	0.0541	0.0550	0.0559	0.0569
0.06	0.0578	0.0587	0.0596	0.0606	0.0615	0.0624	0.0633	0.0642	0.0652	0.0661
0.07	0.0670	0.0679	0.0688	0.0697	0.0706	0.0715	0.0724	0.0734	0.0743	0.0752
0.08	0.0761	0.0770	0.0779	0.0788	0.0797	0.0806	0.0814	0.0823	0.0832	0.0841
0.09	0.0850	0.0859	0.0868	0.0877	0.0886	0.0894	0.0903	0.0912	0.0921	0.0930
0.1	0.0938	0.0947	0.0956	0.0965	0.0973	0.0982	0.0991	0.1000	0.1008	0.1017
0.11	0.1026	0.1034	0.1043	0.1051	0.1060	0.1069	0.1077	0.1086	0.1094	0.1103
0.12	0.1111	0.1120	0.1128	0.1137	0.1145	0.1154	0.1162	0.1171	0.1179	0.1188
0.13	0.1196	0.1204	0.1213	0.1221	0.1230	0.1238	0.1246	0.1254	0.1263	0.1271
0.14	0.1279	0.1288	0.1296	0.1304	0.1312	0.1321	0.1329	0.1337	0.1345	0.1353
0.15	0.1362	0.1370	0.1378	0.1386	0.1394	0.1402	0.1410	0.1418	0.1426	0.1434
0.16	0.1442	0.1450	0.1458	0.1466	0.1474	0.1482	0.1490	0.1498	0.1506	0.1514
0.17	0.1522	0.1530	0.1538	0.1546	0.1554	0.1562	0.1569	0.1577	0.1585	0.1593
0.18	0.1601	0.1608	0.1616	0.1624	0.1632	0.1639	0.1647	0.1655	0.1662	0.1670
0.19	0.1678	0.1686	0.1693	0.1701	0.1708	0.1716	0.1724	0.1731	0.1739	0.1746
0.2	0.1754	0.1761	0.1769	0.1776	0.1784	0.1791	0.1799	0.1806	0.1814	0.1821
0.21	0.1829	0.1836	0.1843	0.1851	0.1858	0.1866	0.1873	0.1880	0.1888	0.1895
0.22	0.1902	0.1909	0.1917	0.1924	0.1931	0.1938	0.1946	0.1953	0.1960	0.1967
0.23	0.1974	0.1982	0.1989	0.1996	0.2003	0.2010	0.2017	0.2024	0.2031	0.2038
0.24	0.2046	0.2053	0.2060	0.2067	0.2074	0.2081	0.2088	0.2095	0.2102	0.2108
0.25	0.2115	0.2122	0.2129	0.2136	0.2143	0.2150	0.2157	0.2164	0.2170	0.2177
0.26	0.2184	0.2191	0.2198	0.2204	0.2211	0.2218	0.2225	0.2231	0.2238	0.2245
0.27	0.2251	0.2258	0.2265	0.2271	0.2278	0.2285	0.2291	0.2298	0.2304	0.2311
0.28	0.2318	0.2324	0.2331	0.2337	0.2344	0.2350	0.2357	0.2363	0.2370	0.2376
0.29	0.2382	0.2389	0.2395	0.2402	0.2408	0.2414	0.2421	0.2427	0.2434	0.2440
0.3	0.2446	0.2452	0.2459	0.2465	0.2471	0.2478	0.2484	0.2490	0.2496	0.2502
0.31	0.2509	0.2515	0.2521	0.2527	0.2533	0.2539	0.2546	0.2552	0.2558	0.2564
0.32	0.2570	0.2576	0.2582	0.2588	0.2594	0.2600	0.2606	0.2612	0.2618	0.2624
0.33	0.2630	0.2636	0.2642	0.2648	0.2654	0.2659	0.2665	0.2671	0.2677	0.2683
0.34	0.2689	0.2694	0.2700	0.2706	0.2712	0.2718	0.2723	0.2729	0.2735	0.2740
0.35	0.2746	0.2752	0.2758	0.2763	0.2769	0.2774	0.2780	0.2786	0.2791	0.2797
0.36	0.2802	0.2808	0.2814	0.2819	0.2825	0.2830	0.2836	0.2841	0.2847	0.2852
0.37	0.2858	0.2863	0.2868	0.2874	0.2879	0.2885	0.2890	0.2895	0.2901	0.2906
0.38	0.2911	0.2917	0.2922	0.2927	0.2933	0.2938	0.2943	0.2948	0.2954	0.2959
0.39	0.2964	0.2969	0.2974	0.2980	0.2985	0.2990	0.2995	0.3000	0.3005	0.3010
0.4	0.3015	0.3020	0.3026	0.3031	0.3036	0.3041	0.3046	0.3051	0.3056	0.3061
0.41	0.3066	0.3070	0.3075	0.3080	0.3085	0.3090	0.3095	0.3100	0.3105	0.3110
0.42	0.3114	0.3119	0.3124	0.3129	0.3134	0.3138	0.3143	0.3148	0.3153	0.3157
0.43	0.3162	0.3167	0.3172	0.3176	0.3181	0.3186	0.3190	0.3195	0.3199	0.3204
0.44	0.3209	0.3213	0.3218	0.3222	0.3227	0.3231	0.3236	0.3240	0.3245	0.3249
0.45	0.3254	0.3258	0.3263	0.3267	0.3272	0.3276	0.3280	0.3285	0.3289	0.3294
0.46	0.3298	0.3302	0.3306	0.3311	0.3315	0.3319	0.3324	0.3328	0.3332	0.3336
0.47	0.3341	0.3345	0.3349	0.3353	0.3357	0.3362	0.3366	0.3370	0.3374	0.3378
0.48	0.3382	0.3386	0.3390	0.3394	0.3398	0.3402	0.3406	0.3410	0.3414	0.3418
0.49	0.3422	0.3426	0.3430	0.3434	0.3438	0.3442	0.3446	0.3450	0.3454	0.3458
0.5	0.3462	0.3465	0.3469	0.3473	0.3477	0.3481	0.3484	0.3488	0.3492	0.3496
0.51	0.3499	0.3503	0.3507	0.3510	0.3514	0.3518	0.3522	0.3525	0.3529	0.3532
0.52	0.3536	0.3540	0.3543	0.3547	0.3550	0.3554	0.3557	0.3561	0.3564	0.3568
0.53	0.3571	0.3575	0.3578	0.3582	0.3585	0.3589	0.3592	0.3595	0.3599	0.3602
0.54	0.3606	0.3609	0.3612	0.3616	0.3619	0.3622	0.3625	0.3629	0.3632	0.3635
0.55	0.3638	0.3642	0.3645	0.3648	0.3651	0.3654	0.3658	0.3661	0.3664	0.3667

fcc=	300	fcd=	195	α1=	0.8050	جدول مقادیر q بر حسب R				
q	0	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009
0	0.0000	0.0010	0.0020	0.0030	0.0040	0.0050	0.0060	0.0070	0.0080	0.0089
0.01	0.0099	0.0109	0.0119	0.0129	0.0139	0.0149	0.0158	0.0168	0.0178	0.0188
0.02	0.0198	0.0207	0.0217	0.0227	0.0236	0.0246	0.0256	0.0265	0.0275	0.0285
0.03	0.0294	0.0304	0.0314	0.0323	0.0333	0.0342	0.0352	0.0361	0.0371	0.0381
0.04	0.0390	0.0400	0.0409	0.0419	0.0428	0.0437	0.0447	0.0456	0.0466	0.0475
0.05	0.0484	0.0494	0.0503	0.0513	0.0522	0.0531	0.0541	0.0550	0.0559	0.0568
0.06	0.0578	0.0587	0.0596	0.0605	0.0615	0.0624	0.0633	0.0642	0.0651	0.0660
0.07	0.0670	0.0679	0.0688	0.0697	0.0706	0.0715	0.0724	0.0733	0.0742	0.0751
0.08	0.0760	0.0769	0.0778	0.0787	0.0796	0.0805	0.0814	0.0823	0.0832	0.0841
0.09	0.0850	0.0859	0.0867	0.0876	0.0885	0.0894	0.0903	0.0912	0.0920	0.0929
0.1	0.0938	0.0947	0.0955	0.0964	0.0973	0.0982	0.0990	0.0999	0.1008	0.1016
0.11	0.1025	0.1033	0.1042	0.1051	0.1059	0.1068	0.1076	0.1085	0.1094	0.1102
0.12	0.1111	0.1119	0.1128	0.1136	0.1144	0.1153	0.1161	0.1170	0.1178	0.1187
0.13	0.1195	0.1203	0.1212	0.1220	0.1228	0.1237	0.1245	0.1253	0.1262	0.1270
0.14	0.1278	0.1287	0.1295	0.1303	0.1311	0.1319	0.1328	0.1336	0.1344	0.1352
0.15	0.1360	0.1368	0.1376	0.1385	0.1393	0.1401	0.1409	0.1417	0.1425	0.1433
0.16	0.1441	0.1449	0.1457	0.1465	0.1473	0.1481	0.1489	0.1497	0.1505	0.1513
0.17	0.1520	0.1528	0.1536	0.1544	0.1552	0.1560	0.1568	0.1575	0.1583	0.1591
0.18	0.1599	0.1607	0.1614	0.1622	0.1630	0.1637	0.1645	0.1653	0.1660	0.1668
0.19	0.1676	0.1683	0.1691	0.1699	0.1706	0.1714	0.1721	0.1729	0.1736	0.1744
0.2	0.1752	0.1759	0.1767	0.1774	0.1782	0.1789	0.1796	0.1804	0.1811	0.1819
0.21	0.1826	0.1833	0.1841	0.1848	0.1856	0.1863	0.1870	0.1878	0.1885	0.1892
0.22	0.1899	0.1907	0.1914	0.1921	0.1928	0.1936	0.1943	0.1950	0.1957	0.1964
0.23	0.1971	0.1979	0.1986	0.1993	0.2000	0.2007	0.2014	0.2021	0.2028	0.2035
0.24	0.2042	0.2049	0.2056	0.2063	0.2070	0.2077	0.2084	0.2091	0.2098	0.2105
0.25	0.2112	0.2119	0.2126	0.2132	0.2139	0.2146	0.2153	0.2160	0.2167	0.2173
0.26	0.2180	0.2187	0.2194	0.2200	0.2207	0.2214	0.2221	0.2227	0.2234	0.2241
0.27	0.2247	0.2254	0.2260	0.2267	0.2274	0.2280	0.2287	0.2293	0.2300	0.2307
0.28	0.2313	0.2320	0.2326	0.2333	0.2339	0.2345	0.2352	0.2358	0.2365	0.2371
0.29	0.2378	0.2384	0.2390	0.2397	0.2403	0.2409	0.2416	0.2422	0.2428	0.2435
0.3	0.2441	0.2447	0.2454	0.2460	0.2466	0.2472	0.2478	0.2485	0.2491	0.2497
0.31	0.2503	0.2509	0.2515	0.2521	0.2528	0.2534	0.2540	0.2546	0.2552	0.2558
0.32	0.2564	0.2570	0.2576	0.2582	0.2588	0.2594	0.2600	0.2606	0.2612	0.2618
0.33	0.2624	0.2629	0.2635	0.2641	0.2647	0.2653	0.2659	0.2665	0.2670	0.2676
0.34	0.2682	0.2688	0.2694	0.2699	0.2705	0.2711	0.2716	0.2722	0.2728	0.2733
0.35	0.2739	0.2745	0.2750	0.2756	0.2762	0.2767	0.2773	0.2778	0.2784	0.2789
0.36	0.2795	0.2801	0.2806	0.2812	0.2817	0.2823	0.2828	0.2833	0.2839	0.2844
0.37	0.2850	0.2855	0.2860	0.2866	0.2871	0.2877	0.2882	0.2887	0.2893	0.2898
0.38	0.2903	0.2908	0.2914	0.2919	0.2924	0.2929	0.2935	0.2940	0.2945	0.2950
0.39	0.2955	0.2960	0.2966	0.2971	0.2976	0.2981	0.2986	0.2991	0.2996	0.3001
0.4	0.3006	0.3011	0.3016	0.3021	0.3026	0.3031	0.3036	0.3041	0.3046	0.3051
0.41	0.3056	0.3061	0.3066	0.3071	0.3075	0.3080	0.3085	0.3090	0.3095	0.3100
0.42	0.3104	0.3109	0.3114	0.3119	0.3123	0.3128	0.3133	0.3138	0.3142	0.3147
0.43	0.3152	0.3156	0.3161	0.3165	0.3170	0.3175	0.3179	0.3184	0.3188	0.3193
0.44	0.3198	0.3202	0.3207	0.3211	0.3216	0.3220	0.3224	0.3229	0.3233	0.3238
0.45	0.3242	0.3247	0.3251	0.3255	0.3260	0.3264	0.3268	0.3273	0.3277	0.3281
0.46	0.3286	0.3290	0.3294	0.3299	0.3303	0.3307	0.3311	0.3315	0.3320	0.3324
0.47	0.3328	0.3332	0.3336	0.3340	0.3344	0.3349	0.3353	0.3357	0.3361	0.3365
0.48	0.3369	0.3373	0.3377	0.3381	0.3385	0.3389	0.3393	0.3397	0.3401	0.3405
0.49	0.3409	0.3413	0.3416	0.3420	0.3424	0.3428	0.3432	0.3436	0.3440	0.3443
0.5	0.3447	0.3451	0.3455	0.3459	0.3462	0.3466	0.3470	0.3473	0.3477	0.3481
0.51	0.3484	0.3488	0.3492	0.3495	0.3499	0.3503	0.3506	0.3510	0.3513	0.3517
0.52	0.3520	0.3524	0.3528	0.3531	0.3535	0.3538	0.3542	0.3545	0.3548	0.3552
0.53	0.3555	0.3559	0.3562	0.3565	0.3569	0.3572	0.3576	0.3579	0.3582	0.3586
0.54	0.3589	0.3592	0.3595	0.3599	0.3602	0.3605	0.3608	0.3612	0.3615	0.3618
0.55	0.3621	0.3624	0.3627	0.3631	0.3634	0.3637	0.3640	0.3643	0.3646	0.3649

۵-۶ تحلیل و طراحی تیرها با مقاطع T شکل

۵-۶-۱ عرض موثر تیر T در تیرهای میانی



$b \le l/4$ درتیریکسره

$b \le 0.4l$ درتیرساده

$b \le b_0 + 16t_0$

$b \le b_0 + (l_1 + l_2)/2$

l طول دهانه ی تیر

۵-۶-۲ عرض موثر تیر T در تیرهای کناری

$b \le b_0 + l/12$

$b \le b_0 + 6t_0$

$b \le b_0 + l_1/2$

۵-۶-۳ لنگر خمشی مقاوم با فرض $a>t_0$ و جاری شدن فولادها:

$$M_r = M_{rf} + M_{rw}$$

$$A_{sf} = \alpha_1 f_{cd}(b - b_0)t_0/f_{yd}$$

$$M_{rf} = A_{sf} f_{yd}(d - t_0/2)$$

$$A_{sw} = A_s - A_{sf}$$

$$a = \frac{(A_{sw} - A'_s)f_{yd}}{\alpha_1 f_{cd} b_0}$$

$$M_{rw} = (A_{sw} - A'_s)f_{yd}(d - a/2) + A'_s f_{yd}(d - d')$$

۵-۶-۴ لنگر خمشی مقاوم در حالیکه $a=t_0$

$$\bar{M}_r = \alpha_1 f_{cd} b t_0 (d - t_0/2)$$

۵-۶-۵ لنگر خمشی مقاوم اسمی (M_n) با فرض $a>t_0$ و جاری شدن فولادها:

$$M_n = M_{nf} + M_{nw}$$

$$A_{sf} = \alpha_1 f_{cc}(b - b_0)t_0/f_y$$

$$M_{nf} = A_{sf} f_y (d - t_0/2)$$

$$A_{sw} = A_s - A_{sf}$$

$$a = \frac{(A_{sw} - A'_s)f_y}{\alpha_1 f_{cc} b_0}$$

$$M_{nw} = (A_{sw} - A'_s)f_y(d - a/2) + A'_s f_y(d - d')$$

۵-۶-۶ لنگر خمشی مقاوم در حالیکه $a=t_0$

$$\bar{M}_c = \alpha_1 f_{cc} b t_0 (d - t_0/2)$$

DRAFT

۵-۶-۷ ضوابط مورد نیاز طراحی

الف) مقدار آرماتور حداقل

$$A_{s_{min}} = \rho_{min} b_0 d$$

Kg-cm	N-mm
$\rho_{min} = \frac{14}{f_y}$	$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y}$
$\rho_{min} = \frac{0.8\sqrt{f_{cc}}}{f_y}$	$\rho_{min} = \frac{0.25\sqrt{f_{cc}}}{f_y}$

ب) مقدار درصد آرماتور حداکثر

$(\rho_w - \rho')_{max} = \rho_b < 0.025$ یا $(\rho - \rho_f - \rho')_{max} = \rho_b < 0.025$

$\rho = A_s / b_0 d$

$\rho_f = A_{sf} / b_0 d$

$\rho_w = A_{sw} / b_0 d$

$\rho' = A'_s / b_0 d$

DRAFT

۶ برش

۶-۱ برش مقاوم نهایی تیر V_r

$$V_r = V_{rc} + V_{rs} < 0.25\phi_c f_{cc} b_w d$$

۶-۱-۱ برش مقاوم نهایی بتن،V_{cd}

$$V_{rc} = v_{cd} b_w d$$
$$v_{cd} = \phi_c v_{cc} \qquad \phi_c = 0.65$$

۶-۱-۲ مقاومت برشی بتن،V_{cc}

الف) مقاومت برشی تیر تحت اثر برش و خمش بصورت محافظه کارانه

Kg-cm	N-mm
$v_{cc} = 0.63\sqrt{f_{cc}}$	$v_{cc} = 0.2\sqrt{f_{cc}}$

ب) مقاومت برشی تیر تحت اثر برش و خمش رابطه ی دقیق تر

Kg-cm	N-mm
$v_{cd} = (0.95 \times \phi_c 0.63\sqrt{f_{cc}} + 120\rho_w \frac{V_u d}{M_u})$ $\leq 1.75 \times \phi_c 0.63\sqrt{f_{cc}}$ $\rho_w = \frac{A_s}{b_w d}$	$v_{cd} = (0.95 \times \phi_c 0.2\sqrt{f_{cc}} + 12\rho_w \frac{V_u d}{M_u})$ $\leq 1.75 \times \phi_c 0.2\sqrt{f_{cc}}$ $\rho_w = \frac{A_s}{b_w d}$

ج) مقاومت برشی تیر تحت اثر برش و خمش و فشار

Kg-cm	N-mm
$v_{cc} = 0.63\sqrt{f_{cc}}\left(1 + \frac{N_u}{120A_g}\right)$ $\frac{N_u}{A_g} \rightarrow Kg/cm^2$	$v_{cc} = 0.2\sqrt{f_{cc}}\left(1 + \frac{N_u}{12A_g}\right)$ $\frac{N_u}{A_g} \rightarrow N/mm^2$

د) مقاومت برشی تیر تحت اثر برش و خمش و کشش

Kg-cm	N-mm
$v_{cc} = 0.63\sqrt{f_{cc}}\left(1 + \frac{N_u}{30A_g}\right) > 0$ $\frac{N_u}{A_g} \rightarrow \frac{Kg}{cm^2}$ ، $N_u < 0$	$v_{cc} = 0.2\sqrt{f_{cc}}\left(1 + \frac{N_u}{3A_g}\right) > 0$ $\frac{N_u}{A_g} \rightarrow \frac{N}{mm^2}$ ، $N_u < 0$

۶-۲ برش مقاوم نهایی خاموط ها V_{rs}

الف) خاموط های قائم

$$V_{rs} = A_v f_{yd} \frac{d}{s}$$

ب) خاموط های مایل

DRAFT

$$V_{rs} = A_v f_{yd} \frac{d}{s}(\sin\alpha + \cos\alpha)$$

ج) آرماتورهای طولی خم شده هم زمان

$$V_{rs} = A_v f_{yd} \frac{d}{s}\sin\alpha \ < 1.5 \times v_{cd} b_w d$$

۳-۶ برش مقاوم نهایی اسمی مقطع V_n

چنانچه در روابط فوق بجای v_{cd} و f_{yd} مقادیر v_{cc} و f_y قرار داده شود برش مقاومت نهایی اسمی، V_n ، بدست می آید.

۴-۶ ضوابط طراحی برشی

الف) حداقل برش برای نیاز به محاسبات برشی	$V_u \geq \frac{1}{2} V_{rc}$
ب) حداکثر برش مجاز	$V_u \leq 5V_{rc}$
ج) حداقل آرماتور برشی – ویرایش سوم	$A_{v_{min}} \leq 3.5 \frac{b_w s}{f_y}$ $Kg-cm$ $A_{v_{min}} \leq 0.35 \frac{b_w s}{f_y}$ $N-mm$
ج) حداقل آرماتور برشی – ویرایش چهارم	$A_{v_{min}} \leq 0.19\sqrt{f_{cc}} \frac{b_w s}{f_y}$ $Kg-cm$ $A_{v_{min}} \leq 0.06\sqrt{f_{cc}} \frac{b_w s}{f_y}$ $N-mm$
د) حداکثر فاصله خاموطهای قائم – ویرایش سوم	$S_{max} \leq d/4$ $V_u \leq 3V_{rc}$ $S_{max} \leq d/2$ $V_u > 3V_{rc}$
د) حداکثر فاصله خاموطهای قائم – ویرایش چهارم	$S_{max} \leq d/4$ $V_u \leq 0.125 f_{cd} b_w d$ $S_{max} \leq d/2$ $V_u > 0.125 f_{cd} b_w d$
ه) حداکثر فاصله خاموطهای مایل – ویرایش سوم	$S_{max} \leq 3d/8(1+\cot g\,\alpha)$ $V_u \leq 3V_{rc}$ $S_{max} \leq 3d/16(1+\cot g\,\alpha)$ $V_u > 3V_{rc}$
ه) حداکثر فاصله خاموطهای مایل – ویرایش چهارم	$S_{max} \leq 3d/8(1+\cot g\,\alpha)$ $V_u \leq 0.125 f_{cd} b_w d$ $S_{max} \leq 3d/16(1+\cot g\,\alpha)$ $V_u > 0.125 f_{cd} b_w d$

DRAFT

۷ پیچش

۷-۱ ضخامت لوله ی معادل

$$t_c = 0.75\,\frac{A_c}{P_c}$$

A_c و P_c به ترتیب سطح مقطع و محیط تیر می باشند.

۷-۲ لنگر پیچشی مقاومت ترک خوردگی مقطع

$$T_{cr} = 1.9\,\frac{A_c^2}{P_c}\,v_{cd}$$

۷-۳ لنگر پیچشی مقاوم نهایی تیر

$$T_r = T_s = 2A_0A_t\,\frac{f_{yd}}{s}$$

A_0 سطح مقطع متوسط لوله معادل

$$A_0 \approx 0.85\,A_{0h} \approx \frac{2}{3}A_c$$

A_{0h} سطح مقطع محصور در خاموط

A_t سطح مقطع آرماتور عرضی

۷-۴ آرماتورهای طولی مورد نیاز برای پیچش

$$A_l = A_t\,\frac{P_h}{s}\,(\frac{f_{yv}}{f_{y1}})$$

P_h محیط حلقه خاموط، f_{yv} و f_{y1} به ترتیب مقاومت تسلیم آرماتور عرضی و آرماتور طولی است.

۷-۵ لنگر پیچشی مقاوم نهایی تیرهای T شکل

$$T_{cr} = \sum 1.9\,\frac{A_c^2}{P_c}\,v_{cd}$$

$$T_r = \sum 2A_0A_t\,\frac{f_{yd}}{s}$$

$$A_l = \sum A_t\,\frac{P_h}{s}\,(\frac{f_{yv}}{f_{y1}})$$

۷-۶ لنگر پیچشی مقاوم ترک خوردگی اسمی و لنگر پیچشی نهایی اسمی مقطع T_{cn} و T_n

چنانچه در روابط فوق بجای v_{cd} و f_{yd} مقادیر v_{cc} و f_y قرار داده شود لنگر پیچشی مقاوم ترک خوردگی اسمی و لنگر پیچشی نهایی اسمی مقطع (T_{cn} و T_n) بدست می آید.

۷-۷ ضوابط طراحی پیچشی

الف) حداقل پیچش برای نیاز به محاسبات پیچش	$T_u \geq 0.25T_{cr}$
ب-۱) حداکثر پیچش مجاز برای مقاطع مستطیل	$T_u\,\frac{P_h}{A_{0h}^2} \leq 0.25f_{cd}$
ب-۱) حداکثر پیچش مجاز برای مقاطع T شکل	$\frac{T_u}{\sum \frac{A_{0h}^2}{P_h}} \leq 0.25f_{cd}$

DRAFT

د) حداکثر فاصله خاموط

$$S_{max} \le \frac{P_h}{8}$$
$$S_{max} \le 30\ cm$$

ج) حداکثر فاصله آرماتور طولی پیچشی

$$S_{max} \le 30\ cm$$

۸-۷ محدودیت تلاشهای برشی نهایی و لنگر پیچشی نهایی در مقطع

در مقاطع T شکل	در مقاطع مربع مستطیل
$\frac{V_u}{b_w d} + \frac{T_u}{1.7\sum \frac{A_{0h}^2}{P_h}} \le 0.25 f_{cd}$	$\frac{V_u}{b_w d} + \frac{T_u P_h}{1.7 A_{0h}^2} \le 0.25 f_{cd}$
$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u}{1.7\sum \frac{A_{0h}^2}{P_h}}\right)^2} \le 0.25 f_{cd}$	$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1.7 A_{0h}^2}\right)^2} \le 0.25 f_{cd}$

۹-۷ روش تحلیل و طراحی مقطع

$$V_u \le V_r$$
$$T_u \le T_r$$

۱۰-۷ مقدار حداقل خاموت های برشی و پیچشی

ویرایش چهارم	ویرایش سوم
$(A_v + 2A_t)_{min} \le 0.19\sqrt{f_{cc}} \frac{b_w s}{f_y}$ $Kg - cm$	$(A_v + 2A_t)_{min} \le 3.5 \frac{b_w s}{f_y}$ $Kg - cm$
$(A_v + 2A_t)_{min} \le 0.06\sqrt{f_{cc}} \frac{b_w s}{f_y}$ $N - mm$	$(A_v + 2A_t)_{min} \le 0.35 \frac{b_w s}{f_y}$ $N - mm$

DRAFT

۸ محاسبه ی افتادگی (خیز) و ترک خوردگی در تیرها و دال ها

۸-۱ ممان اینرسی موثر در تیرها و دالها با تکیه گاه های ساده

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

$$I_e = I_g \qquad M_{max} \le M_{cr}$$

$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y_t}$$ لنگر خمشی مقاوم ترک خوردگی مقطع

مقاومت کششی بتن:

$$f_r = 2.0\sqrt{f_{cc}} \qquad Kg/cm^2$$

$$f_r = 0.6\sqrt{f_{cc}} \qquad N/mm^2 \ \ (MPa)$$

۸-۲ ممان اینرسی موثر در تیرها و دالهای پیوسته از دو طرف

$$I_e = \frac{1}{4}(I_{eL} + 2I_{eM} + I_{eR})$$

۸-۳ ممان اینرسی موثر در تیرها و دالهای پیوسته از یک طرف

$$I_e = \frac{1}{3}(I_{eL} + 2I_{eM})$$

۸-۴ ممان اینرسی موثر در تیرها و دالهای کنسول

$$I_e = I_{cr}$$

۸-۵ افتادگی دراز مدت تیرها و دالها

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

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

افتادگی آن زیر اثر اثر بارهای مرده و زنده می باشند. Δ_{DI} و Δ_{LI}

DRAFT

۸-۶ حداقل ارتفاع تیرها و دال های یکطرفه

حداقل ارتفاع تیرها برای آنکه در بارگذاری های عادی نیاز به محاسبه ی افتادگی در آنها نباشد، مشروطه بر آن که زیادتی افتادگی زیانی در دیوارها و یا سایر قطعات ایجاد نکند به شرح زیر می باشد.

جدول ۸-۱- حداقل ارتفاع یا ضخامت تیر یا دال یکطرفه (lدهانه تیر یا دال می باشد)

عضو	با تکیه گاه های ساده	با تکیه‌گاه‌های پیوسته از یک طرف	با تکیه‌گاه‌های پیوسته از دو طرف	کنسول
تیرها یا دال‌های یک‌طرفه پشت بنددار	$\frac{l}{۱۶}$	$\frac{l}{۱۸/۵}$	$\frac{l}{۲۱}$	$\frac{l}{۸}$
دال‌های توپر یا سقف‌های تیرچه و بلوک	$\frac{l}{۲۰}$	$\frac{l}{۲۴}$	$\frac{l}{۲۸}$	$\frac{l}{۱۰}$

تبصره: جدول فوق برای فولاد طولی نوع S۴۰۰ تنظیم شده است. برای سایر انواع فولادها مقادیر جدول باید در ضریب $(۰/۴+\frac{f_y}{۷۰۰})$ ضرب شوند.

۸-۷ حداقل ارتفاع دال های دو طرفه

Ton-cm	N-mm	
مطابق ضوابط دال های تخت		$\alpha_m \le o.2$
$t \ge \frac{l_n(0.8+0.06f_y)}{36+5\beta(\alpha_m-0.2)} \ge 12.5\ cm$	$t \ge \frac{l_n(800+0.6f_y)}{36000+5000\beta(\alpha_m-0.2)} \ge 125\ mm$	$0.2 < \alpha_m < 2.0$
$t \ge \frac{l_n(0.8+0.06f_y)}{36+9\beta} \ge 9.0\ cm$	$t \ge \frac{l_n(800+0.6f_y)}{36000+9000\beta} \ge 9.0\ cm$	$2.0 \le \alpha_m$

l_nطول دهانه خالص ضلع بزرگتر

α_m متوسط α مربوط به تکیه گاه ها دال

α نسبت سختی خمشی تیر تکیه گاه به سختی دال در عرضی برابر با فاصله دو محور گذرنده از وسط دالها در طرفین تیر

β نسبت دهانه خالص ضلع بزرگتر به دهانه خالص ضلع کوچکتر دال

DRAFT

۸-۸ ظوابط مربوط به محدودیت افتادگی درتیرها و دال ها:

جدول ۸-۲- محدودیت تغییر شکل ها در دال ها و تیرها

انواع قطعه	تغییر شکل مورد نظر	محدودیت تغییر شکل	ملاحظات
۱- بام‌های تخت که به‌قطعاتی غیرسازه‌ای متصل نیستند یا آنها را نگهداری نمی‌کنند، لذا تغییرشکل زیاد آسیبی در این قطعات ایجاد نمی‌کند.	تغییر شکل آنی ناشی از بارهای زنده	$\frac{l}{۱۸۰}$	-
۲- مانند بالا در مورد کف‌ها		$\frac{l}{۳۶۰}$	-
۳- بام‌ها یا کف‌هایی که به‌قطعات غیرسازه‌ای متصل هستند یا آنها را نگهداری می‌کنند و تغییرشکل زیاد ممکن نیست آسیبی در این قطعات ایجاد کند.	آن قسمت از تغییرشکل که بعد از اتصال قطعات غیرسازه‌ای ایجاد می‌شود. منظور مجموع اضافه افتادگی درازمدت ناشی از بارهای دائمی و تغییر شکل آنی ناشی از بارهای زنده است.	$\frac{l}{۴۸۰}$	تبصره ۱
۴- بام‌ها یا کف‌هایی که به‌قطعات غیرسازه‌ای متصل هستند یا آنها را نگهداری می‌کنند ولی تغییرشکل زیاد آسیبی در این قطعات ایجاد نمی‌کند.		$\frac{l}{۲۴۰}$	تبصره ۲ و تبصره ۳

تبصره ۱- در صورتی‌که بتوان با اتخاذ تدابیری ویژه از ایجاد آسیب به‌قطعات غیرسازه‌ای جلوگیری کرد، حد مربوط به محدودیت را می‌توان افزایش داد.

تبصره ۲- تغییرشکل نباید از حد رواداری قطعات غیرسازه‌ای تجاوز کند. در صورتی‌که در قطعه خیز ایجاد شده باشد، حد محدودیت مشخص شده در مورد تفاضل تغییرشکل و خیز اعمال می‌گردد.

تبصره ۳- اضافه تغییرشکل درازمدت براساس ضابطه ۹ - ۱۴ - ۲ - ۴ - ۳ محاسبه می‌شود ولی می‌توان اضافه تغییرشکل درازمدت را که قبل از اتصال قطعات غیر سازه‌ای در عضو ایجاد شده محاسبه نمود و از کل مقدار اضافه‌تغییرشکل دراز مدت کاست. در محاسبات تغییر شکل مورد نظر مقدار باقیمانده دخالت داده می‌شود.

۸-۹ ترک خوردگی در تیرها و دالها و محدویت آنها:

N-mm	Kg-cm
$w = 11.05 \times 10^{-6} f_s \sqrt[3]{d_c A}$	$w = 11.05 \times 10^{-7} f_s \sqrt[3]{d_c A}$
$f_s\ (N/mm^2), A(\ mm^2), d_c(mm), w(mm)$	$f_s\ (kg/cm^2), A(\ cm^2), d_c(cm), w(cm)$

محدودیت های آیین نامه ای عرض ترک:

- شرایط محیطی ملایم یا متوسط ۰/۳۵ میلی‌متر
- شرایط محیطی شدید ۰/۲ میلی‌متر
- شرایط محیطی خیلی شدید و فوق‌العاده شدید و یا آب‌بندی سازه ۰/۱ میلی‌متر

۹ پیوستگی بتن و فولاد

۹-۱ پیوستگی بتن و فولاد - بر اساس مبحث نهم ، ویرایش چهار

۱- طول گیرایی آرماتورها در کشش،l_d

N-mm	Kg-cm
$l_d = \left[\frac{0.86 f_{yd}}{\sqrt{f_{cd}}} \frac{\alpha\beta\gamma\lambda}{\left(\frac{C+k_{tr}}{d_b}\right)}\right] d_b \geq 300\ mm$ $\frac{C+k_{tr}}{d_b} \leq 2.5$ $k_{tr} = \frac{0.12 A_{tr} f_{yd}}{S\,n}$	$l_d = \left[\frac{0.272 f_{yd}}{\sqrt{f_{cd}}} \frac{\alpha\beta\gamma\lambda}{\left(\frac{C+k_{tr}}{d_b}\right)}\right] d_b \geq 30\ cm$ $\frac{C+k_{tr}}{d_b} \leq 2.5$ $k_{tr} = \frac{0.012 A_{tr} f_{yd}}{S\,n}$

الف- ضریب α، یا ضریب موقعیت میلگردها، برای میلگردهای افقی که حداقل ۳۰۰ میلیمتر بتن تازه در زیر آنها، در ناحیه طول گیرایی، ریخته می‌شوند برابر با ۱/۳ و برای سایر میلگردها برابر با یک است.

ب- ضریب β، یا ضریب اندود میلگرد، برای میلگردهایی که با ماده اپوکسی اندود شده‌اند و در آنها ضخامت پوشش بتنی روی میلگرد کمتر از $3d_b$ و فاصله‌آزاد میلگردها کمتر از $6d_b$ است، برابر با ۱/۵ و برای سایر میلگردهایی که با ماده اپوکسی اندود شده‌اند برابر۱/۲ و برای میلگردهایی که اندود اپوکسی نشده‌اند برابر با یک است.

لازم نیست حاصلضرب α و β بیشتر از۱/۷ در نظر گرفته شود.

پ- ضریب γ یا ضریب قطر میلگرد برای میلگردهای با قطر کمتر و یا مساوی ۲۰ میلیمتر برابر با ۰/۸ و برای میلگردهای با قطر بیش از ۲۰ میلیمتر برابر با یک است.

ت- ضریب λ یا ضریب نوع بتن، برای بتن‌های سبک برابر ۱/۳ و برای بتن‌های معمولی برابر با یک می‌باشد.

ث- ضریب c یا ضریب فاصله میلگردها از یکدیگر و از رویه قطعه برابر با کوچکترین دو مقدار فاصله مرکز میلگرد از نزدیکترین رویه بتن و نصف فاصله مرکز تا مرکز میلگردهایی است که در یک محل قطع و یا وصله می‌شوند.

ج- ضریب k_{tr}، ضریبی که با توجه به مقدار آرماتورعرضی موجود در طول گیرایی محاسبه می‌شود

برای سهولت در محاسبات، چنانچه فاصله آزاد میلگردها و پوشش روی آنها کمتر از d_b نباشد و حداقل آماتور برشی در ناحیه طول گیرایی به کار برده شده باشد و یا اینکه فاصله آزاد میلگردها کمتر از $2d_b$ و پوشش روی آنها کمتر از d_b نباشد $\frac{c+k_{tr}}{d_b}$ را می‌توان برابر با ۱/۵در نظر گرفت.

۲- طول گیرایی آرماتورها در فشار،l_{dc}

N-mm	Kg-cm

$l_{dc} = \left[\frac{0.24 f_{yd}}{\sqrt{f_{cd}}}\right] d_b \geq 200\ mm$ $l_{dc} = [0.05 f_{yd}] d_b \geq 200\ mm$	$l_{dc} = \left[\frac{0.076 f_{yd}}{\sqrt{f_{cd}}}\right] d_b \geq 20\ cm$ $l_{dc} = [0.005 f_{yd}] d_b \geq 20\ cm$

۳- طول گیرایی آرماتور های قلاب دار کشش، l_{dh}

N-mm	Kg-cm
$l_{dh} = \left[\frac{0.24 k_1 k_2 \beta \lambda f_{yd}}{\sqrt{f_{cd}}}\right] d_b \geq 8 d_b \ \ and \ \ 150\ mm$	$l_{dh} = \left[\frac{0.076 k_1 k_2 \beta \lambda f_{yd}}{\sqrt{f_{cd}}}\right] d_b \geq 8 d_b \ \ and \ \ 15\ cm$

ضریب k_1 در تمامی موارد برابر با یک منظور می‌شود مگر در مواردی که در قلابهای با خم ۱۸۰ درجه پوشش بتنی روی قلاب، در امتداد عمود بر صفحه قلاب، مساوی یا بیشتر از ۶۵ میلی‌متر و در قلابهای با خم ۹۰ درجه پوشش بتن روی قلاب در امتداد عمود بر صفحه قلاب و پوشش در صفحه قلاب به ترتیب مساوی یا بیشتر از ۶۵ و ۵۰ میلیمتر باشد. در این موارد ضریب k_1 را می‌توان برابر با ۰/۷ منظور کرد.

ضریب k_2 در تمامی موارد برابر یک منظور می‌شود مگر در مواردی که میلگردها در طول گیرایی با خاموت‌های با فاصله‌ای مساوی یا کمتر از $3d_b$ محصور شده باشند، در این موارد ضریب k_2 را می‌توان ۰/۸ منظور کرد.

۹-۲ پیوستگی بتن و فولاد - بر اساس آبا

۱- طول گیرائی در کشش، l_d :

الف – مقاومت پیوستگی بتن در کشش (تک میلگرد) ، مقاومت پیوستگی مبنا ، f_{bd} :

$$f_{bd} = 2.1\sqrt{f_{cc}} \quad \text{Kg-cm}$$

$$f_{bd} = 0.65\sqrt{f_{cc}} \quad \text{N-mm}$$

ب – مقاومت پیوستگی بتن در کشش (چند میلگرد) ، f_b :

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

ب-۱- ضریب λ_1 ، ضریب قطر میلگرد :

$$\lambda_1 = 1.0 \qquad d_b \le 20\,mm$$

$$\lambda_1 = 0.8 \qquad d_b > 20\,mm$$

ب-۲- ضریب λ_2 ، ضریب فاصله میلگرد ها از یکدیگر:

$$\lambda_2 = \frac{C + K_{tr}}{1.8 d_b} \qquad \lambda_2 \le 1.4$$

$$K_{tr} = \frac{A_{tr} . f_y}{100 . s . n} \quad \text{Kg-cm} \qquad K_{tr} = \frac{A_{tr} . f_y}{10 . s . n} \quad \text{N-mm}$$

A_{tr} جمع مساحت های شاخه های خاموت ها ، n تعداد میلگردها ، s فاصله خاموت ها از یکدیگر

C کوچکترین دو مقدار فاصله بین دو میلگرد که همزمان قطع می شوند و یا فاصله ی مرکز میلگرد تا رویه ی بتن

ب-۳- حالت خاص برای λ_2:

ب-۳- ۱- در تیرها و ستون ها :

- اگر پوشش بتنی روی میلگردها و فاصله میلگردهای مشابه از یکدیگر دارای شرایط زیر باشند :
  - $d_c \ge d_b$
  - $s_b \ge d_b$
  - خاموت گذاری حداقل تامین شده باشد .

$$\lambda_2 = 0.85$$

- در سایر موارد

$$\lambda_2 = 0.6$$

ب-۳- ۲- در دال ها و در سایر قطعات:

- اگر پوشش بتنی روی میلگردها و فاصله میلگردهای مشابه از یکدیگر دارای شرایط زیر باشند :

$d_c \geq d_b$ -

$s_b \geq 2d_b$ -

$\lambda_2 = 0.85$

- در سایر موارد $\lambda_2 = 0.6$

پ- طول گیرائی مبنا ، l_{db} :

$$l_{db} = \frac{d_b f_y}{4 f_b} \qquad l_{db} \geq 300\,mm$$

ت- طول گیرائی ، l_d :

$$l_d = K_1.K_2.K_3.l_{db}$$

ضریب K_1 :

همواره $K_1 = 1.0$ است مگر در مورد میلگردهای روی دالهای با ضخامت بیشتر از ۳۰ سانتیمتر ، $K_1 = 1.3$

ضریب K_2 :

در میلگردهای دارای پوشش اپوکسی در شرایط خاصی $K_2 = 1.2$ یا 1.5 است.

ضریب K_3 :

اگر آرماتور موجود در مقطع بیشتر از آرماتور مورد نیاز باشد:

$$K_3 = \frac{\text{آرماتور لازم}}{\text{آرماتور موجود}}$$

ث- طول گیرائی ، l_d ، معادله خلاصه شده :

$$\frac{l_d}{d_b}=\frac{K_1.K_2.K_3}{8.4\lambda_1.\lambda_2}.\frac{f_y}{\sqrt{f_{cc}}}$$ Kg-cm

$$\frac{l_d}{d_b}=\frac{K_1.K_2.K_3}{2.6\lambda_1.\lambda_2}.\frac{f_y}{\sqrt{f_{cc}}}$$ N-mm

نسبت طول گیرائی در کشش به قطر میلگرد l_d/d_b (فولاد آجدار و $K_1=K_2=K_3=1$) است.

	$f_y=2400$				$f_y=3000$				$f_y=4000$			
λ_1	1.0		0.8		1.0		0.8		1.0		0.8	
λ_2	0.85	0.6	0.85	0.6	0.85	0.6	0.85	0.6	0.85	0.6	0.85	0.6
f_{cc}=200	24	34	30	42	30	42	37	53	40	56	50	70
f_{cc}=250	22	30	27	38	27	38	33	47	36	50	45	63
f_{cc}=300	20	28	25	35	24	35	31	43	33	46	41	58

$\lambda_1=1.0$ $\quad d_b\le 20\,mm$

$\lambda_1=0.8$ $\quad d_b>20\,mm$

توجه : طول گیرائی برای میلگردهای با بدنه صاف دو برابر مقادیر بالا است.

۲- طول گیرائی در فشار، l_{dc} :

الف- مقاومت پیوستگی بتن در فشار ، f_{bc} :

$$f_{bc}=1.5f_{bd}=3.15\sqrt{f_{cc}}$$ Kg-cm

$$f_{bc}=1.5f_{bd}=0.975\sqrt{f_{cc}}$$ N-mm

ب- طول گیرائی مبنا ، l_{dcb} :

$$l_{dcb}=\frac{d_b f_y}{4f_{bc}}$$

ب - طول گیرائی ، l_{dc} :

$$l_{dc}=\alpha_1.\alpha_2.l_{dcb}$$

ضریب α_1 :

همواره $\alpha_1 = 1.0$ است مگر آنکه آرماتور موجود در مقطع بیشتر از آرماتور مورد نیاز باشد،

$$\alpha_1 = \frac{\text{آرماتور لازم}}{\text{آرماتور موجود}}$$

ضریب α_2 :

همواره $\alpha_2 = 1.0$ است مگر آنکه در طول گیرائی خاموت گذاری خاص شده باشد،

$$\alpha_2 = 0.75$$

پ- طول گیرائی، l_{dc} ، معادله خلاصه شده :

$$\frac{l_{dc}}{d_b} = \frac{\alpha_1.\alpha_2}{12.6}.\frac{f_y}{\sqrt{f_{cc}}} \quad \text{Kg-cm}$$

$$\frac{l_{dc}}{d_b} = \frac{\alpha_1.\alpha_2}{3.9}.\frac{f_y}{\sqrt{f_{cc}}} \quad \text{N-mm}$$

نسبت طول گیرائی در فشار به قطر میلگرد l_{dc}/d_b (فولاد آجدار و $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$ است.)

	$f_y = 2400$	$f_y = 3000$	$f_y = 4000$
f_{cc}=200	14	17	23
f_{cc}=250	12	15	20
f_{cc}=300	11	14	19

توجه : طول گیرائی برای میلگردهای با بدنه صاف دو برابر مقادیر بالا است.

۳- طول گیرائی میلگرد قلابدار درکشش، l_{db} :

الف- مقاومت پیوستگی بتن در این میلگردها ، f_{bh} :

$$f_{bh} = 1.5 f_{bd} = 3.15\sqrt{f_{cc}} \quad \text{Kg-cm}$$

$$f_{bh} = 1.5 f_{bd} = 0.975\sqrt{f_{cc}} \quad \text{N-mm}$$

ب- طول گیرائی مبنا ، l_{dhb} :

$$l_{dhb} = \frac{d_b f_y}{4 f_{bh}}$$

پ - طول گیرائی ، l_{dh} :

$$l_{dh} = \beta_1.\beta_2.\beta_3.l_{dhb}$$

ضریب β_1 :

همواره $\beta_1 = 1.0$ است مگر آنکه پوشش بتنی روی قلاب (در جهت عمود بر قلاب) در خم های ۱۸۰ درجه بیشتر از ۶/۵ سانتیمتر ودر خم های ۹۰ درجه بیشتر از ۵ سانتیمتر باشد : $\beta_1 = 0.7$

ضریب β_2 :

همواره $\beta_2 = 1.0$ است مگر آنکه در طول گیرائی خاموت گذاری خاص شده باشد : $\beta_2 = 0.8$

ضریب β_3 :

همواره $\beta_3 = 1.0$ است مگر آنکه آرماتور موجود در مقطع بیشتر از آرماتور مورد نیاز باشد :

$$\beta_3 = \frac{\text{آرماتور لازم}}{\text{آرماتور موجود}}$$

ث- طول گیرائی l_{dh} ، معادله خلاصه شده :

$$\frac{l_{dh}}{d_b} = \frac{\beta_1 . \beta_2 . \beta_3}{12.6} . \frac{f_y}{\sqrt{f_{cc}}} \quad \text{(Kg-cm)}$$

$$\frac{l_{dh}}{d_b} = \frac{\beta_1 . \beta_2 . \beta_3}{3.9} . \frac{f_y}{\sqrt{f_{cc}}} \quad \text{(N-mm)}$$

نسبت طول گیرائی میلگرد قلابدار در کشش به قطر میلگرد l_{dh}/d_b (فولاد آجدار و $\beta_2 = \beta_3 = 1.0$ است.)

	$f_y = 2400$		$f_y = 3000$		$f_y = 4000$	
β_1	1.0	0.7	1.0	0.7	1.0	0.7
f_{cc}=200	14	10	17	12	23	16
f_{cc}=250	12	9	15	11	20	14
f_{cc}=300	11	8	14	10	19	13

توجه : طول گیرائی برای میلگردهای با بدنه صاف دو برابر مقادیر بالا است.

ث- حداقل طول گیرائی میلگرد قلاب دار $8d_b$ و یا $15cm$ می باشد.

۴ – طول گیرائی میلگردهای قلاب دار در فشار ، l_{dhc} :

قلاب ها در فشار موثر نیستند و محدودیتی برای آنها نیست .

۵ – طول گیرائی میلگردهای با بدنه صاف :

طول های گیرائی داده شده در بالا همگی متعلق به میلگردهای آجدارند . برای میلگردهای با بدنه صاف طول های گیرائی دو برابر طول های گیرائی برای میلگردهای آجدارند .

۶ – طول پوشش در وصله پوششی در کشش ، l_s :

الف – تیپ وصله ها :

تیپ A : $l_s = l_d$

تیپ B : $l_s = 1.3\, l_d$

ب - کاربرد :

طول پوشش در این وصله ها همواره تیپ B می باشد ، مگرآنکه آرماتور موجود در مقطع بیش از دو برابر نیاز باشد و به مقدار کمتر از ۵۰٪ وصله شود که در این صورت طول پوشش تیپ A خواهد بود .

پ – حداقل طول پوشش ۳۰ سانتیمتر است .

۷ - طول پوشش در وصله پوششی در فشار ، l_{sc} :

$$\begin{cases} l_{sc} = 0.007 d_b . f_y & f_y \le 4000 kg/cm^2 \\ l_{sc} = (0.013 f_y - 24) d_b & f_y > 4000 kg/cm^2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} l_{sc} = 0.07 d_b . f_y & f_y \le 400\ \text{MPa} \\ l_{sc} = (0.13 f_y - 24) d_b & f_y > 400\ \text{MPa} \end{cases}$$

حداقل طول پوشش در فشار ۳۰سانتیمتر است .

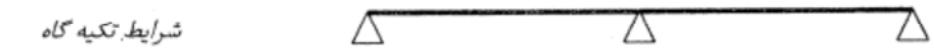
۱۰ ضرایب تقریبی لنگرهای خمشی در تیرهای یکسره و دال های یک طرفه

۱ – لنگرهای خمشی مثبت ومنفی ماکزیمم در تیرها ودالهای یکسره را می توان از رابطه زیر محاسبه نمود :

$$M = K.w.l_n^2$$

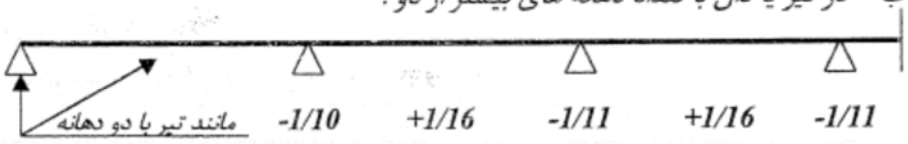
K ضریبی است که در اشکال زیر داده شده است و l_n در مورد لنگرهای مثبت دهانه خالص در دهانه مورد نظر و در مورد لنگر های منفی متوسط دهانه های خالص طرفین تکیه گاه است .

الف – در تیر یا دال با دو دهانه :

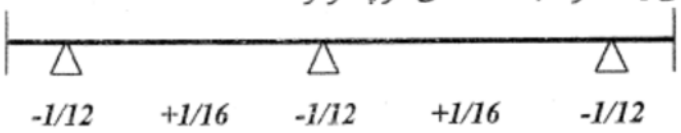


شرایط تکیه گاه			
ساده (تیر روی دیوار)	0	+1/11	-1/9
تیر روی تیر و متصل به آن	-1/24	+1/14	-1/9
تیر متصل به ستون	-1/16	+1/14	-1/9

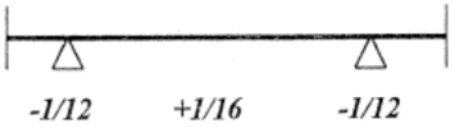
ب – در تیر یا دال با تعداد دهانه های بیشتر از دو :



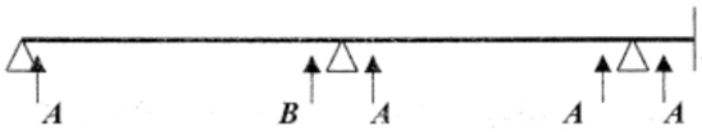
ج – در دالهای یک طرفه با دهانه های کوچکتر از 3.0^{m} :



د – در قابها با شرط آنکه سختی ستونها در یک گره مجموعا بزرگتر از ۸ برابر مجموع سختی تیرها باشد :



۲- تلاش برشی در تیرها ودالهای یک طرفه یکسره :



$$A = \frac{1}{2} w.l_n$$

$$B = 1.15.\frac{1}{2} w.l_n$$

۳ – شرایط استفاده از ضرایب داده شده در بندهای (۱) و(۲) بشرح زیر است :

الف – دهانه ها حدودا مساویند . اختلاف طول دو دهانه متوالی نباید بیشتر از ۲۰٪ طول دهانه کوچکتر باشد .

ب – تیرها زیر اثر بار یکنواخت قرار دارند.

پ- شدت بار زنده نباید از سه برابر بار مرده تجاوز کند .

DRAFT

۱۱ طراحی تیر - ستونهای

۱۱-۱ بار محوری مقاوم نهایی ستون

ستون ها با تنگ موازی:

$$N_r = 0.8N_{rO} = 0.8\,(\alpha_1 f_{cd}\,A_c + f_{yd}\,A_s)$$

ستون ها با تنگ دورپیچ:

$$N_r = 0.85N_{rO} = 0.85\,(\alpha_1 f_{cd}\,A_c + f_{yd}\,A_s)$$

۱۱-۲ مشخصات بار و لنگر خمشی نهایی متعادل

الف) در مقطع غیر متقارن

$$a_b = \frac{7000}{7000 + f_y}\beta_1 d \quad (Kg - cm)$$

$$a_b = \frac{700}{700 + f_y}\beta_1 d \quad (N - mm)$$

$$N_{rb} = \alpha_1 f_{cd}\, b a_b + (A_s - A'_s) f_{yd}$$

$$e'_b = \left[\alpha_1 f_{cd}\, b a_b (d - \frac{a_b}{2}) + A'_s f_{yd}(d - d')\right] / N_{rb}$$

$$e_b = e'_b - \bar{X}$$

$$M_{rb} = N_{rb}.e_b$$

e'_b فاصله نیروی محوری تا مرکز آرماتورهای کششی است.

ب) در مقطع متقارن

$$a_b = \frac{7000}{7000 + f_y}\beta_1 d \quad (Kg - cm)$$

$$a_b = \frac{700}{700 + f_y}\beta_1 d \quad (N - mm)$$

$$N_{rb} = \alpha_1 f_{cd}\, b a_b$$

$$e'_b = \left[\alpha_1 f_{cd}\, b a_b (d - \frac{a_b}{2}) + A'_s f_{yd}(d - d')\right] / N_{rb}$$

۱۱-۳ بار محوری مقاوم ستون با مقطع مربع مستطیل تحت اثر بارمحوری و لنگر خمشی:

۱۱-۳-۱ وقتی $N_r < N_{rb}$ باشد:

الف) مقطع نامتقارن

$$N_r = \alpha_1 f_{cd}\, bd\left[1 - \frac{e'}{d} + (\rho' - \rho)m + \sqrt{(1 - \frac{e'}{d})^2 - 2\frac{e'}{d}(\rho' - \rho)m + 2\rho' m\left(1 - \frac{d'}{d}\right)}\right]$$

$$m = \frac{f_{yd}}{\alpha_1 f_{cd}}$$

الف) مقطع متقارن

DRAFT

$$N_r = \alpha_1 f_{cd}\, bd\left[1 - \frac{e'}{d} + \sqrt{(1-\frac{e'}{d})^2 + 2\rho' m\left(1-\frac{d'}{d}\right)}\right]$$

همچنین در مقاطع متقارن می توان روابط زیر را نیز نوشت:

$$N_r = \alpha_1 f_{cd}\, ba$$
$$M_r = 0.5N_r(t-a) + A_s f_{yd}(d-d')$$

در روابط فوق:

$$\rho = \frac{A_s}{bd}$$
$$\rho' = \frac{A'_s}{bd}$$
$$e' = e + \bar{X}$$

e' فاصله نیروی محوری تا مرکز آرماتورهای کششی است و $\bar{X}$ فاصله ی مرکز ثقل پلاستیک از مرکز آرماتورهای کششی است.

۱۱-۳-۲ وقتی $N_r > N_{rb}$ باشد:

الف) مقطع نامتقارن

$$N_r = N_{rO} - (N_{rO} - N_{rb})\frac{M_r}{M_{rb}}$$

یا

$$N_r = \frac{N_{rO}}{1 + (\frac{N_{rO}}{N_{rb}} - 1)\frac{e}{e_b}}$$

الف) مقطع متقارن

$$N_r = \frac{A'_s f_{yd}}{0.5 + \frac{e}{d-d'}} + \frac{b\ t\ f_{cd}}{1.18 + \frac{3et}{d^2}}$$

۱۱-۴ بار محوری مقاوم ستون تحت اثر بار محوری و لنگر خمشی دو محوره:

۱۱-۴-۱ وقتی $N_r \geq 0.15 f_{cd} A_g$ باشد:

$$\frac{1}{N_r} = \frac{1}{N_{rx}} + \frac{1}{N_{ry}} - \frac{1}{N_{rO}}$$

۱۱-۴-۲ وقتی $N_r < 0.15 f_{cd} A_g$ باشد:

$$\frac{M_{ux}}{M_{rx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ry}} \leq 1.0$$

N_{rx} و M_{rx} و نیز N_{ry} و M_{ry} مقادیر بار محوری مقاوم و لنگر خمشی مقاوم ستون در برون محوری های e_x به تنهایی و e_y به تنهایی می باشد

DRAFT

۱۱-۵ بارمقاوم اسمی ستون تحت تحت اثر بار محوری و لنگر خشمی Mn و Nn:

چنانچه در روابط فوق بجای f_{cd} و f_{yd} مقادیر f_{cc} و f_y قرار داده شود برش مقادیر Mn و Nn بدست می آید.

۱۱-۶ تشدید لنگر در ستونهای لاغر

۱۱-۶-۱ طول موثر ستون

$$l_e = K \cdot l$$
$$K = f(\psi_A, \psi_B)$$

$$\psi_A = \left[\frac{\Sigma \left(\frac{EI}{l}\right)_{col}}{\Sigma \left(\frac{EI}{l}\right)_{beam}} \right]$$

$$I_{col} = 0.7 E I_{g_{col}}$$

$$I_{beam} = 0.35 E I_{g_{beam}}$$

۱۱-۶-۲ بار بحرانی ستون Nc ،

$$N_c = \frac{\pi^2 E_c I_e}{{l_e}^2}$$

$$E_c I_e = \frac{0.2 E_c I_g + E_S I_s}{1 + \beta_d}$$

- در ستون های مهار شده :

$$\beta_d = \frac{\text{بار نهائی ناشی از بارمرده ستون}}{\text{بار نهائی کل ستون}}$$

- در ستون های مهار نشده :

$$\beta_d = \frac{\text{برش نهائی ناشی از بارهای دائمی طبقه}}{\text{برش نهائی کل طبقه}}$$

در همه حالات می توان با تقریب خوبی EcIe را می توان بصورت زیر در نظر گرفت:

$$E_c I_e = 0.25 E_c I_g$$

Ie در محاسبه ی δb برای ستون مهار شده و در محاسبه ی δs برای ستون مهار نشده منظور می گردد.

۱۱-۶-۳ ضریب تشدید لنگر در ستونهای مهار شده:

$$M_c = \delta_b M_{2b}$$

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{N_u}{1.15 \phi_c N_c}} \geq 1.0$$

$$C_m = 0.6 + 0.4 \frac{M_{1b}}{M_{2b}} \qquad C_M \geq 0.4$$

در رابطه Cm اولا $M_{1b} \leq M_{2b}$ و ثانیا M_{2b}/M_{1b} وقتی ستون در یک جهت خم می شود مثبت و وقتی در دو جهت خم می شود منفی منظور می گردد.

۱۱-۶-۴ ضریب تشدید لنگر در ستونهای مهار نشده:

$$M_1 = M_{1b} + \delta_s M_{1s}$$
$$M_2 = M_{2b} + \delta_s M_{2s}$$
$$\delta_s = \frac{1}{1 - \sum \frac{N_u}{1.15\phi_c N_c}} \geq 1.0$$

۱۱-۶-۵ ظوابط طراحی ستون ها

الف) طبقه ای پایدار محسوب می گردد که در آن ضریب پایداری Q<0.05 باشد. Q به شرح زیر محاسبه می گردد:

$$Q = \frac{\sum N_u \delta_u}{H_u h_c}$$

δ_u تغییر مکان نسبی طبقه زیر اثر بار جانبی کل طبقه، Hu بار جانبی کل طبقه و $\sum$Nu جمع کل بار نهایی ستونهای طبقه و hs ارتفاع طبقه می باشد.

ب) حداقل برون محوری در خمش یک محوره

$$e = 0.03t + 1.5 \quad (cm)$$
$$e = 0.03t + 15 \quad (mm)$$

ج) حد ضریب لاغری برای اینکه نیاز به محاسبات لاغری نباشد:

- در ستونهای مهار شده

$$\frac{l_e}{r} \leq 34 - 12\frac{M_{1b}}{M_{2b}}$$

- در ستونهای مهار نشده

$$\frac{l_e}{r} \leq 22$$

د) حداکثر فاصله خاموتها در ستونها

- ۱۶ برابر قطر آرماتورهای طولی
- ۴۸ برابر قطر خاموط
- کوچکترین بعد ستون

ه) تعداد شاخه خاموت

تعداد شاخه های خاموت به اندازه ای است که آرماتورهای گوشه و سایر آرماتورها بصورت یک در میان به گوشه خاموط تکیه کنند

ت) حداقل آماتور مارپیچ در ستونهای دور پیچ شده

ویرایش چهارم	ویرایش سوم
$\rho_{s\,min} = 0.60\,(\frac{A_g}{A_{c0}} - 1)\frac{f_{cd}}{f_{yd}}$	$\rho_{s\,min} = 0.45\,(\frac{A_g}{A_{c0}} - 1)\frac{f_{cc}}{f_y}$

درصد حجمی آرماتور مارپیچ:

$$\rho_s = \frac{V_s}{V_C} = \frac{4A_{ss}}{D_{ss}s}$$

۱۲ دال های بتن آرمه

۱ – حداکثر لنگرهای خمشی در دالهای دو طرفه با استفاده از ضرائب ممان :

الف – لنگرهای خمشی منفی :

$$M_A^- = C_A^- . w . A^2$$

$$M_B^- = C_B^- . w . B^2$$

ب – لنگرهای خمشی مثبت :

- بارمرده :

$$M_{AD}^+ = C_{AD}^+ . w_D . A^2$$

$$M_{BD}^+ = C_{BD}^+ . w_D . B^2$$

- بار زنده :

$$M_{AL}^+ = C_{AL}^+ . w_L . A^2$$

$$M_{BL}^+ = C_{BL}^+ . w_L . B^2$$

۲ – بارهای وارده به تیرهای زیر سری و مقدار حداکثر برش در دال دو طرفه:

w_A (بارروی تیر با دهانه کوچکتر) = $W_B . (w . A . B) / 2 . A$

w_B (بارروی تیر با دهانه بزرگتر) = $W_A . (w . A . B) / 2 . B$

۳ – ضوابط طراحی :

الف – حداقل ضخامت دال :

- در دالهای یکطرفه : به فصل افتادگی مراجعه شود.
- در دالهای دو طرفه :

در دالهای با چهار سمت پیوسته $t \geq$ (محیط دال) $/160$

در سایر دالها $t \geq$ (محیط دال) $/140$

ب – حداکثر و حداقل مقدار آرماتورها در دالها :

الف – حداکثر مقدار آرماتور :

$$\rho \le \rho_b$$

ب – حداقل مقدار آرماتور :

$$\rho \ge \rho_t \text{ (آرماتور حرارتی)}$$

مقدار آرماتور حرارتی در دالها با ضخامت کمتر از یک متر به شرح زیر است :

- برای آرماتورهای با بدنه صاف $\rho_t = 0.0025$

- برای آرماتورهای آجدار $f_y < 4000$ $\rho_t = 0.0020$

- برای آرماتورهای آجدار $f_y = 4000$ $\rho_t = 0.0018$

- برای آرماتورهای آجدار $f_y > 4000$ $\rho_t = 0.0015$

برای مقدار آرماتور حرارتی در دالهای با ضخامت بیشتر از یک متر به آیین نامه مراجعه شود .

۱۳ شالوده ها

۱۳-۱ محدودیت برش در شالوده ها:

الف) برش ناشی از خمش و برش عادی (یکطرفه)

$$v_c = \frac{V_u}{bd}$$

$$v_c = v_{cd}$$

$$v_{cd} = \phi_c v_{cc} \qquad \phi_c = 0.65$$

Kg-cm	N-mm
$v_{cc} = 0.63\sqrt{f_{cc}}$	$v_{cc} = 0.2\sqrt{f_{cc}}$

ب) برش ناشی از عملکرد دوطرفه – برش سوراخ کننده

$$V_{rcp} = v_{cpd} b_0 d$$

$$v_{cp} = \frac{V_u}{b_0 d}$$

$$v_{cpd} \le \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) v_{cd}$$

$$v_{cpd} \le (1 + \frac{\alpha_s d}{b_0}) v_{cd}$$

$$v_{cpd} \le 2 v_{cd}$$

$$\beta_c = \frac{\text{ضلع بزرگتر ستون}}{\text{ضلع کوچکتر ستون}}$$

bo محیط قائده منشور به فاصله ی $d/2$ از بر ستون

$\alpha_s = 20$ ستون میانی

$\alpha_s = 15$ ستون کناری

$\alpha_s = 10$ ستون گوشه

DRAFT

۱۴ دیوارهای باربر و برشی

۱۴-۱ دیوارهای باربر

الف) نیروی محوری نهایی

$$N_r = 0.55 f_{cd} A_g \left[1 - \left(\frac{K l_e}{32t}\right)^2\right]$$

K=1	دیوار مهار شده با دو انتهای آزاد برای دوران
K=0.8	دیوار مهار شده با یک یا دو انتهای آزاد برای دوران
K=2	دیوار مهار نشده

الف) حداقل آرماتور قائم و افقی

آرماتورهای قائم :

$\rho_V = 0.0012$	آرماتور های آجدار $d_b \le 16mm$ و $f_y \ge 4000$:
$\rho_V = 0.0015$	برای سایرآرماتور های آجدار :
$\rho_V = 0.0012$	شبکه های پیش جوش صاف یا آجدار $d_b \le 16mm$:
$\rho_V = 0.0020$	برای آرماتورهای صاف :

آرماتورهای افقی :

$\rho_h = 0.0020$	آرماتور های آجدار $d_b \le 16mm$ و $f_y \ge 4000$:
$\rho_h = 0.0025$	برای سایرآرماتور های آجدار :
$\rho_h = 0.0020$	شبکه های پیش جوش صاف یا آجدار $d_b \le 16mm$:
$\rho_h = 0.0025$	برای آرماتورهای صاف :

۱۴-۲ دیوارهای برشی

الف) رابطه ی نیروی محوری ولنگر خمشی مقاوم نهایی

$$M_r = 0.5 A_s f_{yd} l_w \left(1 + \frac{N_r}{A_s f_{yd}}\right)\left(1 - \frac{C}{l_w}\right)$$

$$C = \frac{a + q}{\alpha_1 \beta_1 + 2q} l_w$$

$$a = \frac{N_r}{f_{cd} l_w t}$$

$$q = \frac{\rho f_{yd}}{f_{cd}}$$

$$\rho = \frac{A_s}{l_w t}$$

الف) حداقل آرماتور قائم و افقی

اگر $v_c \le \frac{1}{2} v_{cd}$ باشد حداقل آرماتور ها مانند دیوارهای باربر است .

اگر $v_c > \frac{1}{2} v_{cd}$ باشد :

آرماتورهای افقی :

$$\rho_h = 0.0025$$

آرماتورهای قائم :

$$\begin{cases} \rho_v = \rho_h & H_w / l_w \le 0.5 \\ \rho_v = 0.0025 & H_w / l_w \ge 2.5 \\ \rho_v = 0.0025 + 0.5(2.5 - H_w / l_w)(\rho_h - 0.0025) & 0.5 \le H_w / l_w \le 2.5 \end{cases}$$

DRAFT

۱۵ جداول و نمودار های پیوست

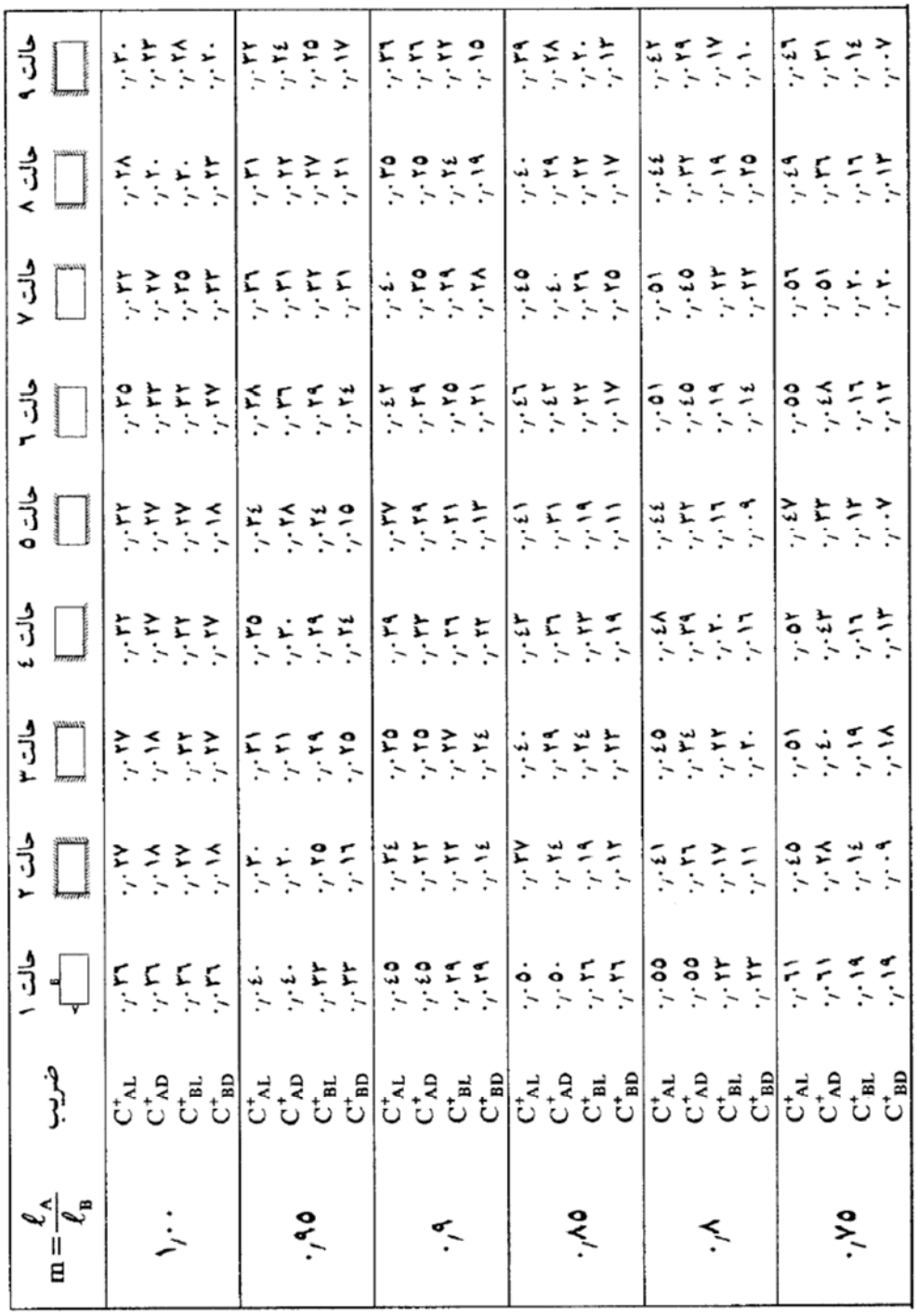
DRAFT

جدول ضرایب لنگر منفی در دال های دو طرفه

جدول ۱۵-۸-۲-۴-الف ضرایب لنگرهای منفی

$m=\frac{\ell_A}{\ell_B}$	ضریب	حالت ۱	حالت ۲	حالت ۳	حالت ٤	حالت ٥	حالت ٦	حالت ۷	حالت ۸	حالت ۹
۱٫۰۰	C^-_A	–	۰٫۰٤٥	–	۰٫۰٥۰	۰٫۰۷٥	۰٫۰۷۱	–	۰٫۰۳۳	۰٫۰٦۱
	C^-_B	–	۰٫۰٤٥	۰٫۰۷٦	۰٫۰٥۰	–	–	۰٫۰۷۱	۰٫۰٦۱	۰٫۰۳۳
۰٫۹٥	C^-_A	–	۰٫۰٥۰	–	۰٫۰٥٥	۰٫۰۷۹	۰٫۰۷٥	–	۰٫۰۳۸	۰٫۰٦٥
	C^-_B	–	۰٫۰٤۱	۰٫۰۷۲	۰٫۰٤٥	–	–	۰٫۰٦۷	۰٫۰٥٦	۰٫۰۲۹
۰٫۹	C^-_A	–	۰٫۰٥٥	–	۰٫۰٦۰	۰٫۰۸۰	۰٫۰۷۹	–	۰٫۰٤۳	۰٫۰٦۸
	C^-_B	–	۰٫۰۳٦	۰٫۰۷۰	۰٫۰٤۰	–	–	۰٫۰٦۲	۰٫۰٥۲	۰٫۰۲٥
۰٫۸٥	C^-_A	–	۰٫۰٦۰	–	۰٫۰٦٦	۰٫۰۸۲	۰٫۰۸۳	–	۰٫۰٤۹	۰٫۰۷۲
	C^-_B	–	۰٫۰۳۱	۰٫۰٦٥	۰٫۰۲٤	–	–	۰٫۰٥۷	۰٫۰٤٦	۰٫۰۲۱
۰٫۸	C^-_A	–	۰٫۰٦٥	–	۰٫۰۷۱	۰٫۰۸٤	۰٫۰۸٦	–	۰٫۰٥٥	۰٫۰۷٥
	C^-_B	–	۰٫۰۲٦	۰٫۰٦۱	۰٫۰۲۹	–	–	۰٫۰٥۱	۰٫۰٤۱	۰٫۰۱۷
۰٫۷٥	C^-_A	–	۰٫۰٦۹	–	۰٫۰۷٦	۰٫۰۸٥	۰٫۰۸۸	–	۰٫۰٦۱	۰٫۰۷۸
	C^-_B	–	۰٫۰۲۲	۰٫۰٥٦	۰٫۰۲٤	–	–	۰٫۰٤٤	۰٫۰۳٦	۰٫۰۱٤
۰٫۷۰	C^-_A	–	۰٫۰۷٤	–	۰٫۰۸۱	۰٫۰۸٦	۰٫۰۹۱	–	۰٫۰٦۸	۰٫۰۸۱
	C^-_B	–	۰٫۰۱۷	۰٫۰٥۰	۰٫۰۱۹	–	–	۰٫۰۳۸	۰٫۰۲۹	۰٫۰۱۱
۰٫٦٥	C^-_A	–	۰٫۰۷۷	–	۰٫۰۸٥	۰٫۰۸۷	۰٫۰۹۳	–	۰٫۰۷٤	۰٫۰۸۳
	C^-_B	–	۰٫۰۱٤	۰٫۰٤۳	۰٫۰۱٥	–	–	۰٫۰۳۱	۰٫۰۲٥	۰٫۰۰۸
۰٫٦۰	C^-_A	–	۰٫۰۸۱	–	۰٫۰۸۹	۰٫۰۸۸	۰٫۰۹٥	–	۰٫۰۸۰	۰٫۰۸٥
	C^-_B	–	۰٫۰۱۰	۰٫۰۳٥	۰٫۰۱۱	–	–	۰٫۰۲٤	۰٫۰۱۸	۰٫۰۰٦
۰٫٥٥	C^-_A	–	۰٫۰۸٤	–	۰٫۰۹۲	۰٫۰۸۹	۰٫۰۹٦	–	۰٫۰۸٥	۰٫۰۸٦
	C^-_B	–	۰٫۰۰۷	۰٫۰۲۸	۰٫۰۰۸	–	–	۰٫۰۱۹	۰٫۰۱٤	۰٫۰۰٥
۰٫٥۰	C^-_A	–	۰٫۰۸٦	–	۰٫۰۹٤	۰٫۰۹۰	۰٫۰۹۷	–	۰٫۰۸۹	۰٫۰۸۸
	C^-_B	–	۰٫۰۰٦	۰٫۰۲۲	۰٫۰۰٦	–	–	۰٫۰۱٤	۰٫۰۱۰	۰٫۰۰۳

جدول ضرایب لنگر مثبت در دال های دو طرفه



جدول ۱۵-۸-۲-۴-ب ضرایب لنگرهای مثبت

$m=\frac{\ell_A}{\ell_B}$	ضریب	حالت ۱	حالت ۲	حالت ۳	حالت ٤	حالت ٥	حالت ٦	حالت ۷	حالت ۸	حالت ۹
۱٫۰۰	C^+_{AL}	۰٫۰۳٦	۰٫۰۲۷	۰٫۰۲۷	۰٫۰۳۲	۰٫۰۳۲	۰٫۰۲٥	۰٫۰۳۲	۰٫۰۲۸	۰٫۰۲۰
	C^+_{AD}	۰٫۰۳٦	۰٫۰۱۸	۰٫۰۱۸	۰٫۰۲۷	۰٫۰۲۷	۰٫۰۳۳	۰٫۰۲۷	۰٫۰۲۰	۰٫۰۲۲
	C^+_{BL}	۰٫۰۳٦	۰٫۰۲۷	۰٫۰۲۲	۰٫۰۳۲	۰٫۰۲۷	۰٫۰۳۲	۰٫۰۲٥	۰٫۰۲۰	۰٫۰۲۸
	C^+_{BD}	۰٫۰۳٦	۰٫۰۱۸	۰٫۰۲۷	۰٫۰۲۷	۰٫۰۱۸	۰٫۰۲۷	۰٫۰۳۳	۰٫۰۲۳	۰٫۰۲۰
۰٫۹٥	C^+_{AL}	۰٫۰٤۰	۰٫۰۳۰	۰٫۰۳۱	۰٫۰۳٥	۰٫۰۳٤	۰٫۰۳۸	۰٫۰۳٦	۰٫۰۳۱	۰٫۰۲۲
	C^+_{AD}	۰٫۰٤۰	۰٫۰۲۰	۰٫۰۲۱	۰٫۰۳۰	۰٫۰۲۸	۰٫۰۳٦	۰٫۰۳۱	۰٫۰۲۲	۰٫۰۲٤
	C^+_{BL}	۰٫۰۳۳	۰٫۰۲٥	۰٫۰۲۹	۰٫۰۲۹	۰٫۰۲٤	۰٫۰۲۹	۰٫۰۳۲	۰٫۰۲۷	۰٫۰۲٥
	C^+_{BD}	۰٫۰۳۳	۰٫۰۱٦	۰٫۰۲٥	۰٫۰۲٤	۰٫۰۱٥	۰٫۰۲٤	۰٫۰۳۱	۰٫۰۲۱	۰٫۰۱۷
۰٫۹	C^+_{AL}	۰٫۰٤٥	۰٫۰۳٤	۰٫۰۳٥	۰٫۰۳۹	۰٫۰۳۷	۰٫۰٤۲	۰٫۰٤۰	۰٫۰۳٥	۰٫۰۲٦
	C^+_{AD}	۰٫۰٤٥	۰٫۰۲۲	۰٫۰۲٥	۰٫۰۳۲	۰٫۰۲۹	۰٫۰۳۹	۰٫۰۳٥	۰٫۰۲٥	۰٫۰۲۲
	C^+_{BL}	۰٫۰۲۹	۰٫۰۲۲	۰٫۰۲۷	۰٫۰۲٦	۰٫۰۲۱	۰٫۰۲٥	۰٫۰۲۹	۰٫۰۲٤	۰٫۰۱٥
	C^+_{BD}	۰٫۰۲۹	۰٫۰۱٤	۰٫۰۲٤	۰٫۰۲۲	۰٫۰۱۳	۰٫۰۲۱	۰٫۰۲۸	۰٫۰۱۹	۰٫۰۱۰
۰٫۸٥	C^+_{AL}	۰٫۰٥۰	۰٫۰۲۷	۰٫۰٤۰	۰٫۰٤۳	۰٫۰٤۱	۰٫۰٤٦	۰٫۰٤٥	۰٫۰٤۰	۰٫۰۳۹
	C^+_{AD}	۰٫۰٥۰	۰٫۰۲٤	۰٫۰۲۹	۰٫۰۳٦	۰٫۰۳۱	۰٫۰٤۲	۰٫۰٤۰	۰٫۰۲۹	۰٫۰۲۸
	C^+_{BL}	۰٫۰۲٦	۰٫۰۱۹	۰٫۰۲٤	۰٫۰۲۳	۰٫۰۱۹	۰٫۰۲۲	۰٫۰۲٦	۰٫۰۲۲	۰٫۰۲۰
	C^+_{BD}	۰٫۰۲٦	۰٫۰۱۲	۰٫۰۲۳	۰٫۰۱۹	۰٫۰۱۱	۰٫۰۱۷	۰٫۰۲٥	۰٫۰۱۷	۰٫۰۱۳
۰٫۸	C^+_{AL}	۰٫۰٥٥	۰٫۰٤۱	۰٫۰٤٥	۰٫۰٤۸	۰٫۰٤٤	۰٫۰٥۱	۰٫۰٥۱	۰٫۰٤٤	۰٫۰٤۲
	C^+_{AD}	۰٫۰٥٥	۰٫۰۲٦	۰٫۰۳٤	۰٫۰۳۹	۰٫۰۳۲	۰٫۰٤٥	۰٫۰٤٥	۰٫۰۳۲	۰٫۰۲۹
	C^+_{BL}	۰٫۰۲۳	۰٫۰۱۷	۰٫۰۲۲	۰٫۰۲۰	۰٫۰۱٦	۰٫۰۱۹	۰٫۰۲۳	۰٫۰۱۹	۰٫۰۱۷
	C^+_{BD}	۰٫۰۲۳	۰٫۰۱۱	۰٫۰۲۰	۰٫۰۱٦	۰٫۰۰۹	۰٫۰۱٤	۰٫۰۲۲	۰٫۰۱٥	۰٫۰۱۰
۰٫۷٥	C^+_{AL}	۰٫۰٦۱	۰٫۰٤٥	۰٫۰٥۱	۰٫۰٥۲	۰٫۰٤۷	۰٫۰٥٥	۰٫۰٥٦	۰٫۰٤۹	۰٫۰٤٦
	C^+_{AD}	۰٫۰٦۱	۰٫۰۲۸	۰٫۰٤۰	۰٫۰٤۳	۰٫۰۳۳	۰٫۰٤۸	۰٫۰٥۱	۰٫۰۳٦	۰٫۰۳۱
	C^+_{BL}	۰٫۰۱۹	۰٫۰۱٤	۰٫۰۱۹	۰٫۰۱٦	۰٫۰۱۳	۰٫۰۱٦	۰٫۰۲۰	۰٫۰۱٦	۰٫۰۱٤
	C^+_{BD}	۰٫۰۱۹	۰٫۰۰۹	۰٫۰۱۸	۰٫۰۱۳	۰٫۰۰۷	۰٫۰۱۲	۰٫۰۲۰	۰٫۰۱۳	۰٫۰۰۷

جدول ضرایب لنگر مثبت در دال های دو طرفه

ادامه جدول ۱۵-۸-۲-۴-ب ضرایب لنگرهای مثبت

$m=\frac{\ell_A}{\ell_B}$	ضریب	حالت ۱	حالت ۲	حالت ۳	حالت ٤	حالت ٥	حالت ٦	حالت ۷	حالت ۸	حالت ۹
۰٫۷۰	C^+_{AL}	۰٫۰٦۸	۰٫۰٤۹	۰٫۰٥۷	۰٫۰٥۷	۰٫۰٥۱	۰٫۰٦۰	۰٫۰٦۲	۰٫۰٥٤	۰٫۰٥۰
	C^+_{AD}	۰٫۰٦۸	۰٫۰۳۰	۰٫۰٤٦	۰٫۰٤٦	۰٫۰۲٥	۰٫۰٥۱	۰٫۰٥۸	۰٫۰٤۰	۰٫۰۳۳
	C^+_{BL}	۰٫۱٦	۰٫۰۱۲	۰٫۰۱٦	۰٫۰۱٤	۰٫۰۱۱	۰٫۰۱۳	۰٫۰۱۷	۰٫۰۱٤	۰٫۰۱۲
	C^+_{BD}	۰٫۰۱٦	۰٫۰۰۷	۰٫۰۱٦	۰٫۰۱۱	۰٫۰۰٥	۰٫۰۰۹	۰٫۰۱۷	۰٫۰۱۱	۰٫۰۰٦
۰٫٦٥	C^+_{AL}	۰٫۰۷٤	۰٫۰٥۳	۰٫۰٦٤	۰٫۰٦۲	۰٫۰٥٥	۰٫۰٦٤	۰٫۰۷۰	۰٫۰٥۹	۰٫۰٥٤
	C^+_{AD}	۰٫۰۷٤	۰٫۰٥۳	۰٫۰٥٤	۰٫۰٥۰	۰٫۰۳٦	۰٫۰٥۳	۰٫۰٦٥	۰٫۰٤٤	۰٫۰۳٤
	C^+_{BL}	۰٫۰۱۳	۰٫۰۱۰	۰٫۰۱٤	۰٫۰۱۱	۰٫۰۰۹	۰٫۰۱۰	۰٫۰۱٤	۰٫۰۱۱	۰٫۰۰۹
	C^+_{BD}	۰٫۰۱۳	۰٫۰۰٦	۰٫۰۱٤	۰٫۰۰۹	۰٫۰۰٤	۰٫۰۰۷	۰٫۰۱٤	۰٫۰۰۹	۰٫۰۰٥
۰٫٦۰	C^+_{AL}	۰٫۰۸۱	۰٫۰٥۸	۰٫۰۷۲	۰٫۰٦۷	۰٫۰٥۹	۰٫۰٦۸	۰٫۰۷۷	۰٫۰٦٥	۰٫۰٥۹
	C^+_{AD}	۰٫۰۸۱	۰٫۰۳٤	۰٫۰٦۲	۰٫۰٥۳	۰٫۰۳۷	۰٫۰٥٦	۰٫۰۷۳	۰٫۰٤۸	۰٫۰۳٦
	C^+_{BL}	۰٫۰۱۰	۰٫۰۰۷	۰٫۰۱۱	۰٫۰۰۹	۰٫۰۰۷	۰٫۰۰۸	۰٫۰۱۱	۰٫۰۰۹	۰٫۰۰۷
	C^+_{BD}	۰٫۰۱۰	۰٫۰۰٤	۰٫۰۱۱	۰٫۰۰۷	۰٫۰۰۳	۰٫۰۰٦	۰٫۰۱۲	۰٫۰۰۷	۰٫۰۰٤
۰٫٥٥	C^+_{AL}	۰٫۰۸۸	۰٫۰٦۲	۰٫۰۸۰	۰٫۰۷۲	۰٫۰٦۳	۰٫۰۷۳	۰٫۰۸٥	۰٫۰۷۰	۰٫۰٦۳
	C^+_{AD}	۰٫۰۸۸	۰٫۰۳٥	۰٫۰۷۱	۰٫۰٥٦	۰٫۰۳۸	۰٫۰٥۸	۰٫۰۸۱	۰٫۰٥۲	۰٫۰۳۷
	C^+_{BL}	۰٫۰۰۸	۰٫۰۰٦	۰٫۰۰۹	۰٫۰۰۷	۰٫۰۰٥	۰٫۰۰٦	۰٫۰۰۹	۰٫۰۰۷	۰٫۰۰٦
	C^+_{BD}	۰٫۰۰۸	۰٫۰۰۳	۰٫۰۰۹	۰٫۰۰٥	۰٫۰۰۲	۰٫۰۰٤	۰٫۰۰۹	۰٫۰۰٥	۰٫۰۰۳
۰٫٥۰	C^+_{AL}	۰٫۰۹٥	۰٫۰٦٦	۰٫۰۸۸	۰٫۰۷۷	۰٫۰٦۷	۰٫۰۷۸	۰٫۰۹۲	۰٫۰۷٦	۰٫۰٦۷
	C^+_{AD}	۰٫۰۹٥	۰٫۰۳۷	۰٫۰۸۰	۰٫۰٥۹	۰٫۰۳۹	۰٫۰٦۱	۰٫۰۸۹	۰٫۰٥٦	۰٫۰۳۸
	C^+_{BL}	۰٫۰۰٦	۰٫۰۰٤	۰٫۰۰۷	۰٫۰۰٥	۰٫۰۰٤	۰٫۰۰٥	۰٫۰۰۷	۰٫۰۰٥	۰٫۰۰٤
	C^+_{BD}	۰٫۰۰٦	۰٫۰۰۲	۰٫۰۰۷	۰٫۰۰٤	۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۳	۰٫۰۰۷	۰٫۰۰٤	۰٫۰۰۲

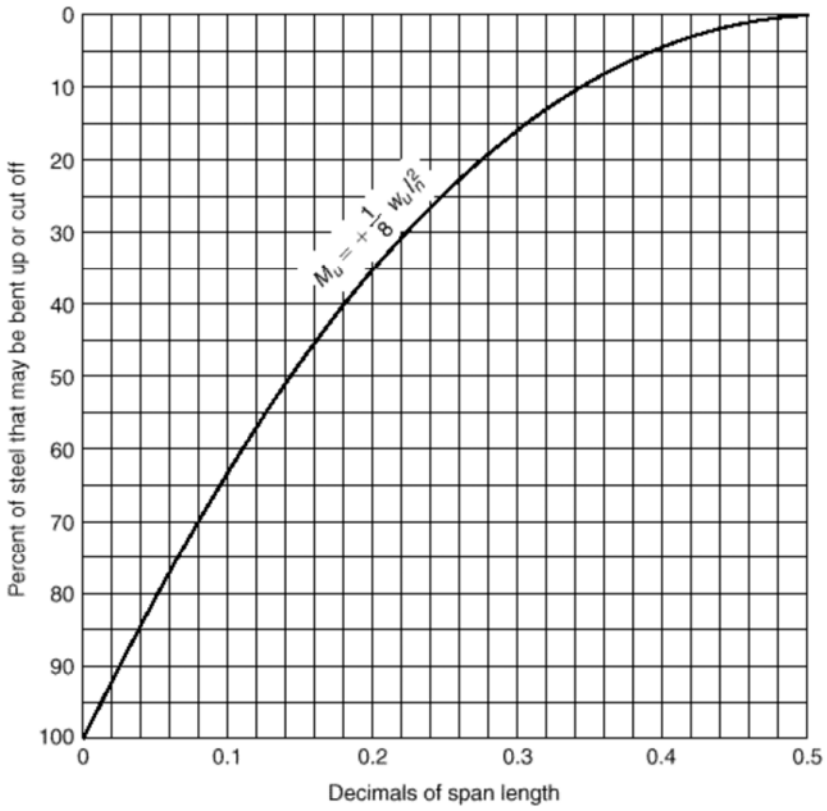
جدول ضرایب تقسیم بار به اضلاع دال

جدول ۱۵-۸-۴-۴ نسبت تقسیم بار یکنواخت وارد به دال در امتدادهای ℓ_A و ℓ_B

$m=\frac{\ell_A}{\ell_B}$	ضریب	حالت ۱	حالت ۲	حالت ۳	حالت ٤	حالت ٥	حالت ٦	حالت ۷	حالت ۸	حالت ۹
۱٫۰۰	W_A	٫٥	٫٥	٫۱۷	٫٥	٫۸۳	٫۷۱	٫۲۹	٫۳۳	٫٦۷
	W_B	٫٥	٫٥	٫۸۳	٫٥	٫۱۷	٫۲۹	٫۷۱	٫٦۷	٫۳۳
۰٫۹۵	W_A	٫٥٥	٫٥٥	٫۲۰	٫٥٥	٫۸٦	٫۷٥	٫۳۳	٫۳۸	٫۷۱
	W_B	٫٤٥	٫٤٥	٫۸۰	٫٤٥	٫۱٤	٫۲٥	٫٦۷	٫٦۲	٫۲۹
۰٫۹	W_A	٫٦۰	٫٦۰	٫۲۳	٫٦۰	٫۸۸	٫۷۹	٫۳۸	٫٤۳	٫۷٥
	W_B	٫٤۰	٫٤۰	٫۷۷	٫٤۰	٫۱۲	٫۲۱	٫٦۲	٫٥۷	٫۲٥
۰٫۸٥	W_A	٫٦٦	٫٦٦	٫۲۸	٫٦٦	٫۹۰	٫۸۳	٫٤۳	٫٤۹	٫۷۹
	W_B	٫۳٤	٫۳٤	٫۷۲	٫۳٤	٫۱۰	٫۱۷	٫٥۷	٫٥۱	٫۲۱
۰٫۸	W_A	٫۷۱	٫۷۱	٫۳۳	٫۷۱	٫۹۲	٫۸٦	٫٤۹	٫٥٥	٫۸۳
	W_B	٫۲۹	٫۲۹	٫٦۷	٫۲۹	٫۰۸	٫۱٤	٫٥۱	٫٤٥	٫۱۷
۰٫۷٥	W_A	٫۷٦	٫۷٦	٫۳۹	٫۷٦	٫۹٤	٫۸۸	٫٥٦	٫٦۱	٫۸٦
	W_B	٫۲٤	٫۲٤	٫٦۱	٫۲٤	٫۰٦	٫۱۲	٫٤٤	٫۳۹	٫۱٤
۰٫۷۰	W_A	٫۸۱	٫۸۱	٫٤٥	٫۸۱	٫۹٥	٫۹۱	٫٦۲	٫٦۸	٫۸۹
	W_B	٫۱۹	٫۱۹	٫٥٥	٫۱۹	٫۰٥	٫۰۹	٫۳۸	٫۳۲	٫۱۱
۰٫٦٥	W_A	٫۸٥	٫۸٥	٫٥۳	٫۸٥	٫۹٦	٫۹۳	٫٦۹	٫۷٤	٫۹۲
	W_B	٫۱٥	٫۱٥	٫٤۷	٫۱٥	٫۰٤	٫۰۷	٫۳۱	٫۲٦	٫۰۸
۰٫٦۰	W_A	٫۸۹	٫۸۹	٫٦۱	٫۸۹	٫۹۷	٫۹٥	٫۷٦	٫۸۰	٫۹٤
	W_B	٫۱۱	٫۱۱	٫۳۹	٫۱۱	٫۰۳	٫۰٥	٫۲٤	٫۲۰	٫۰٦
۰٫٥٥	W_A	٫۹۲	٫۹۲	٫٦۹	٫۹۲	٫۹۸	٫۹٦	٫۸۱	٫۸٥	٫۹٥
	W_B	٫۰۸	٫۰۸	٫۳۱	٫۰۸	٫۰۲	٫۰٤	٫۱۹	٫۱٥	٫۰٥
۰٫٥۰	W_A	٫۹٤	٫۹٤	٫۷٦	٫۹٤	٫۹۹	٫۹۷	٫۸٦	٫۸۹	٫۹۷
	W_B	٫۰٦	٫۰٦	٫۲٤	٫۰٦	٫۰۱	٫۰۳	٫۱٤	٫۱۱	٫۰۳

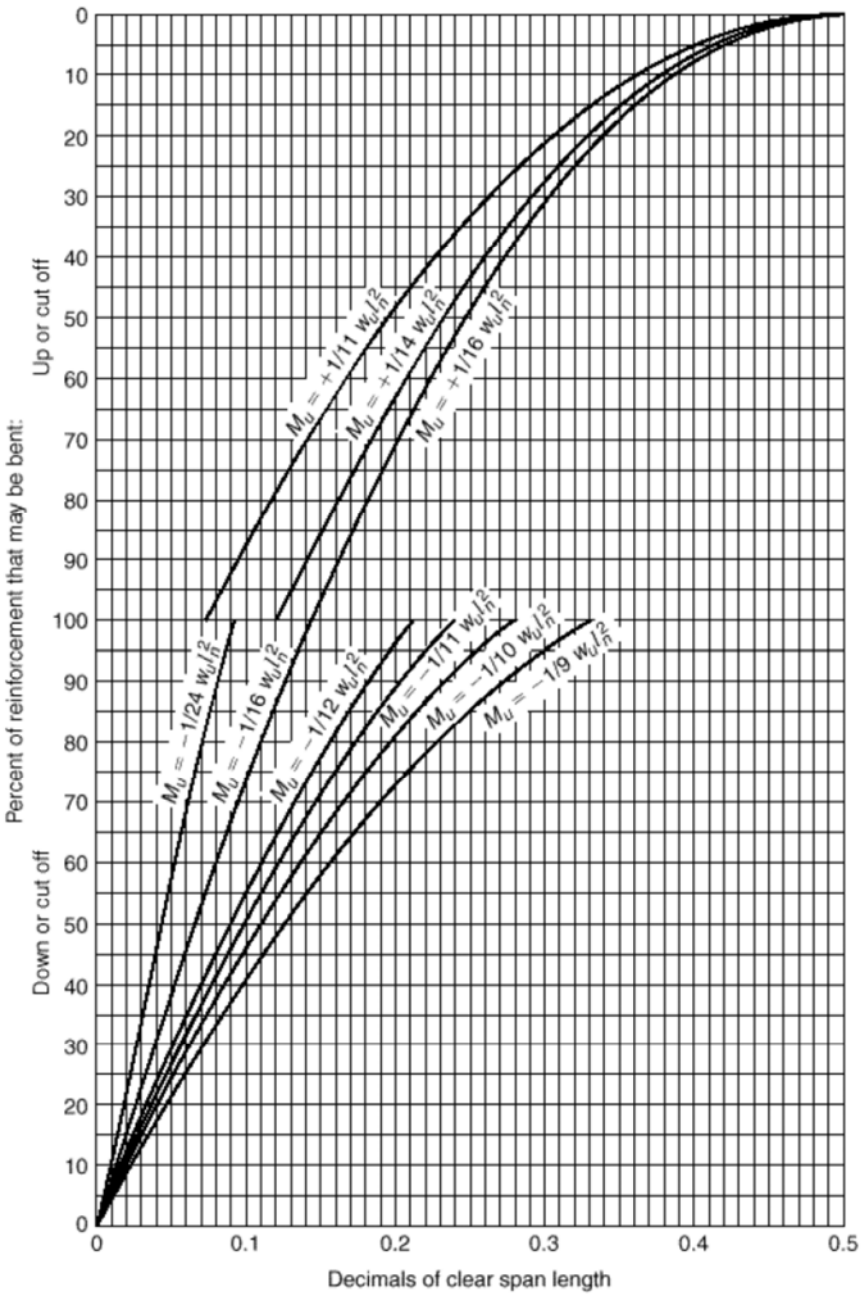
نحوه توزیع لنگر خمشی در تیر دو سر ساده تحت اثر بار یکنواخت و محل مناسب قطع یا خم آرماتور طولی

GRAPH A.2
Location of points where bars can be bent up or cut off for simply supported beams uniformly loaded.

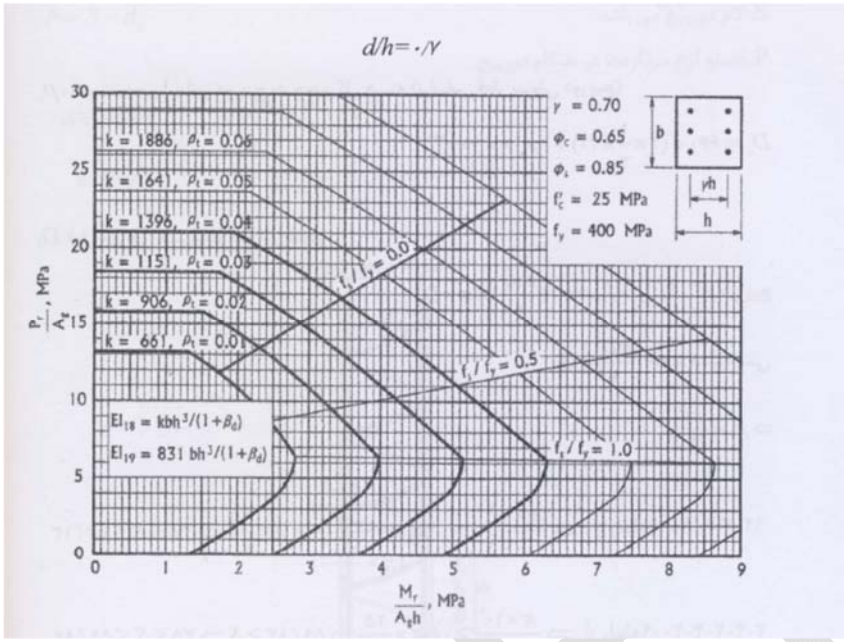


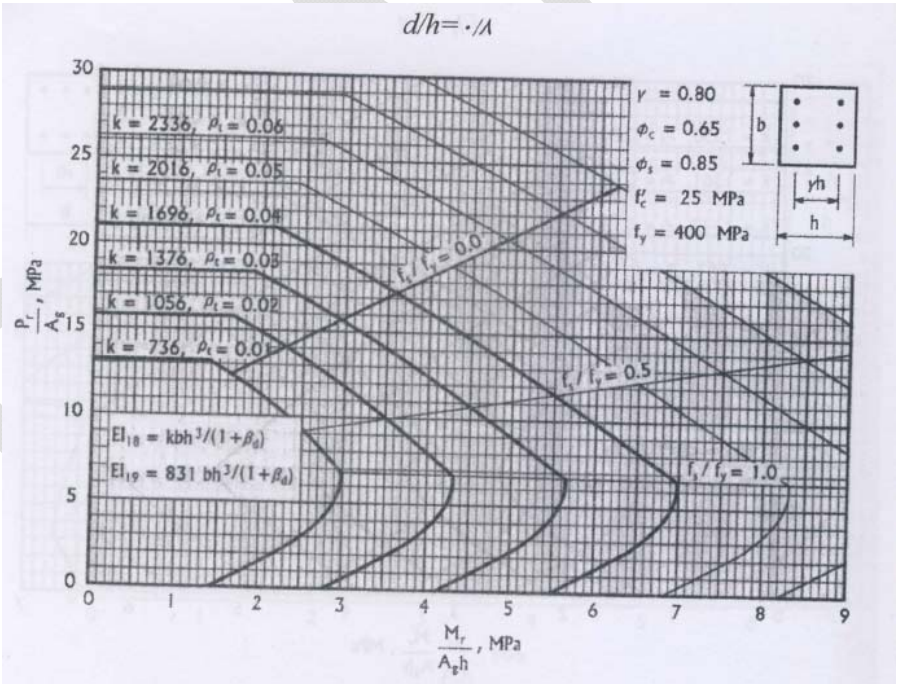
نحوه توزیع لنگر خمشی در تیر یکسره تحت اثر بار یکنواخت و محل مناسب قطع یا خم آرماتور طولی

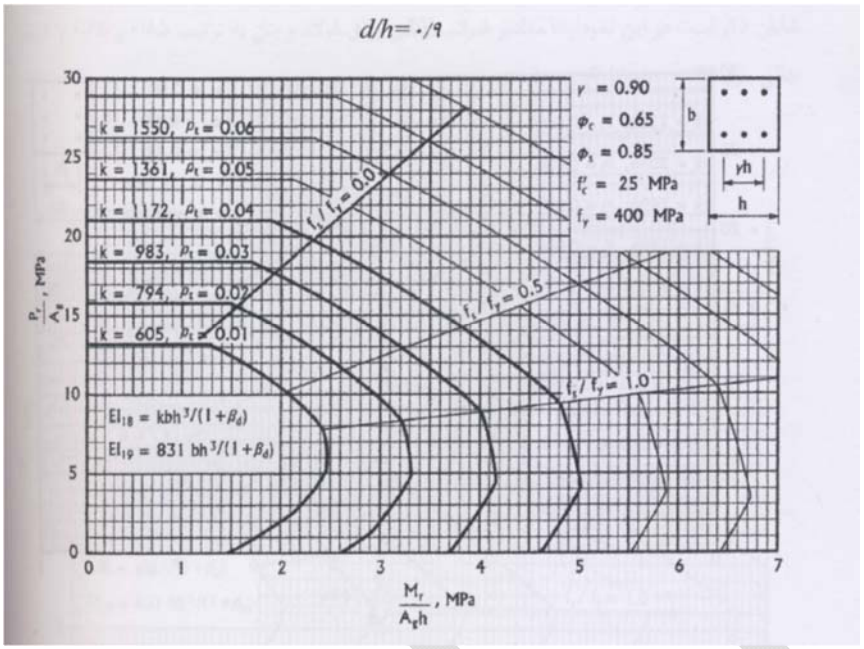
GRAPH A.3
Approximate locations of points where bars can be bent up or down or cut off for continuous beams uniformly loaded and built integrally with their supports according to the coefficients in the ACI Code.

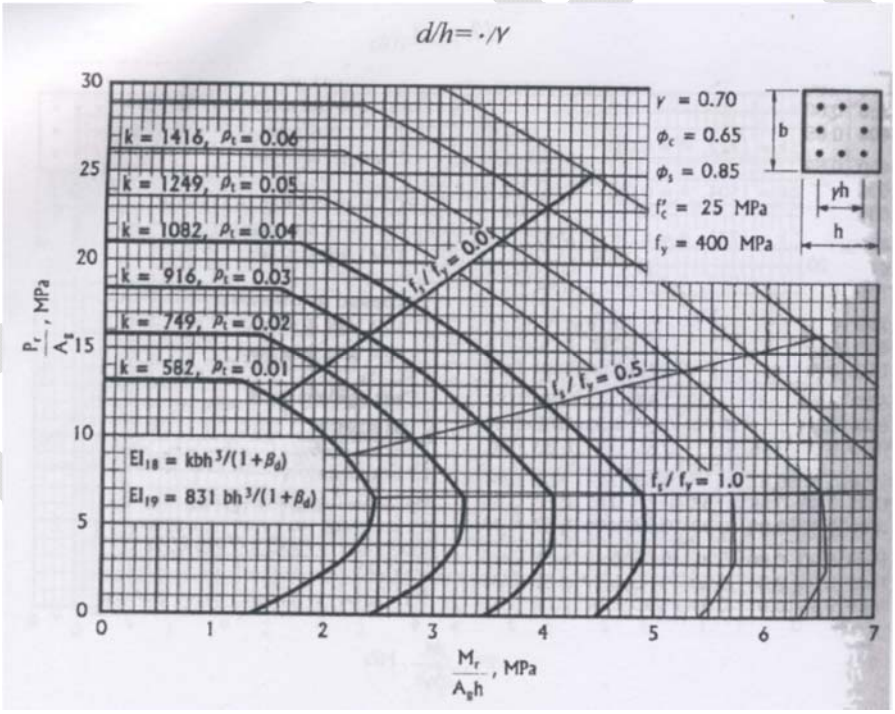


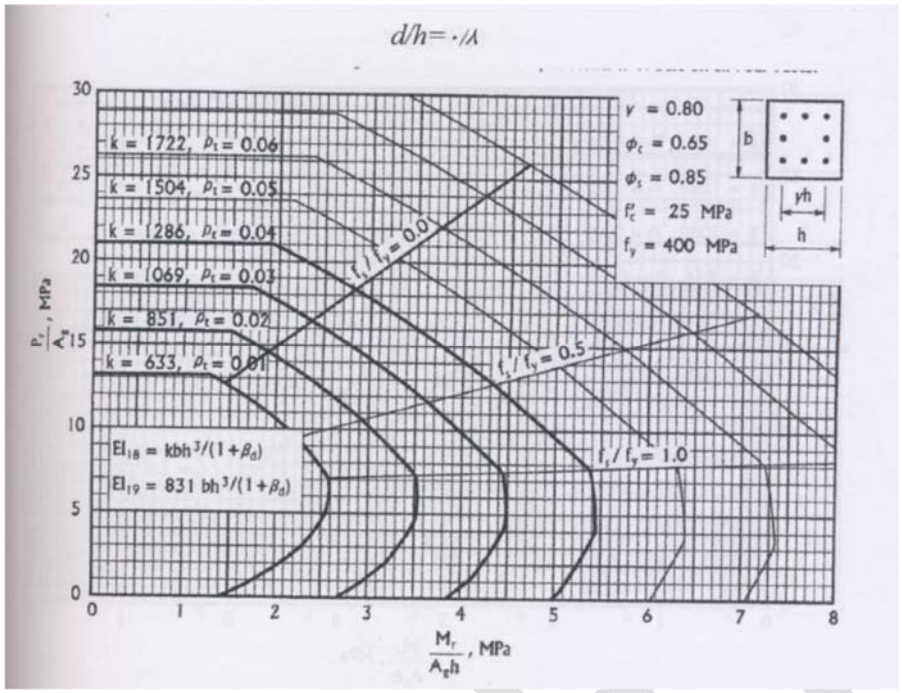
نمودار کمک طراحی ستونها (مرجع: راهنمای مبحث نهم مقررات ملی ساختمان – ۱۳۹۰)

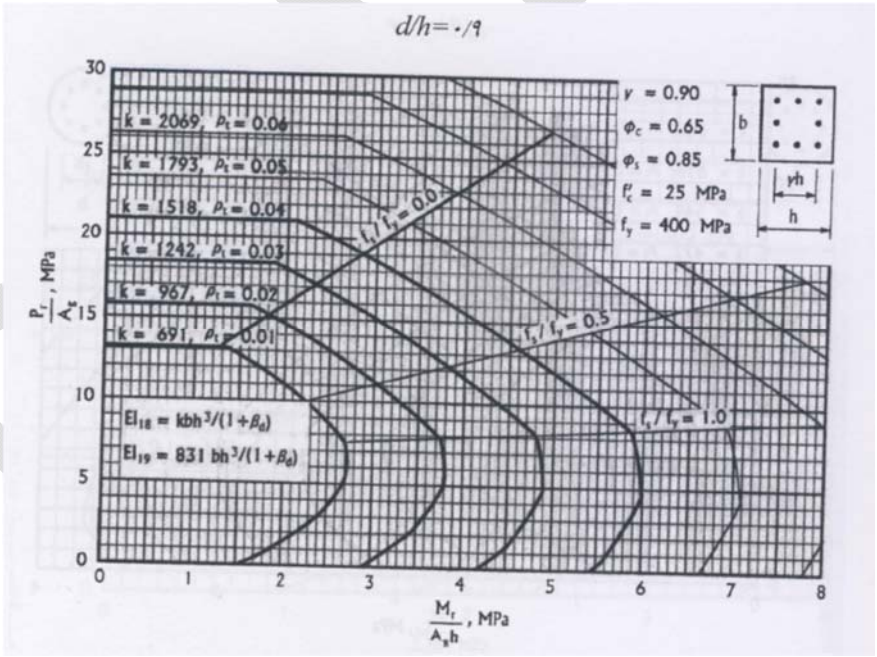


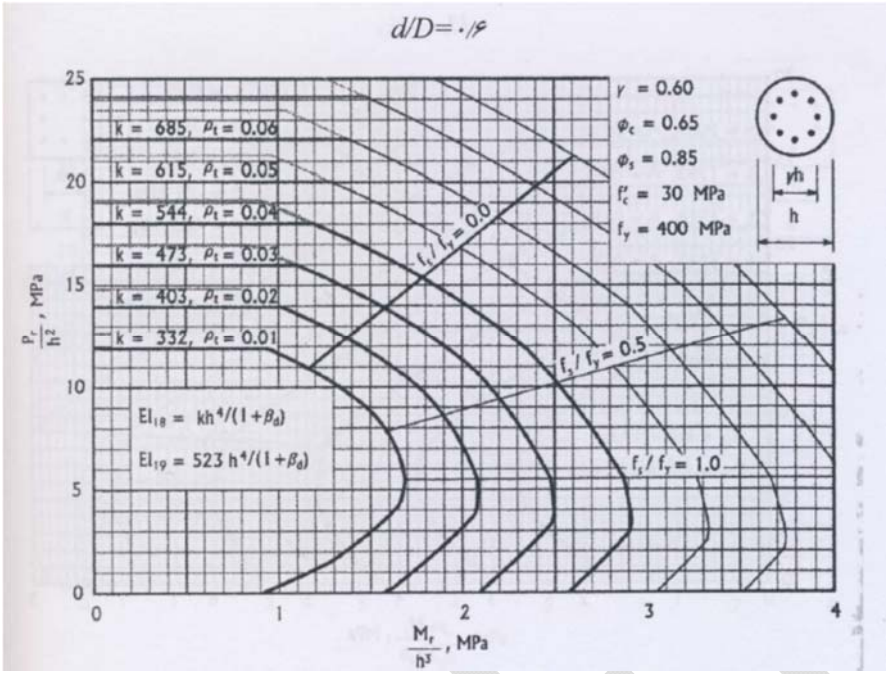


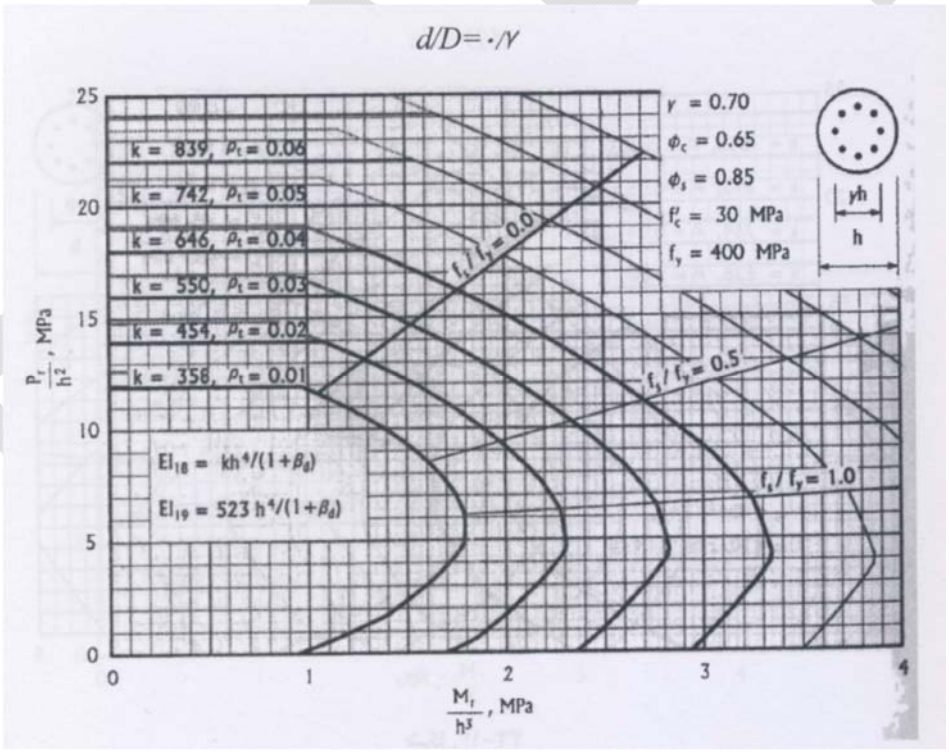

d/h= ۰/۹
γ = 0.90
φc = 0.65
φs = 0.85
f'c = 25 MPa
fy = 400 MPa
k = 1550, ρt = 0.06
k = 1361, ρt = 0.05
k = 1172, ρt = 0.04
k = 983, ρt = 0.03
k = 794, ρt = 0.02
k = 605, ρt = 0.01
ft / fy = 0.0
ft / fy = 0.5
ft / fy = 1.0
EIe = kbh³/(1+βd)
EIe = 831 bh³/(1+βd)
Pr / Ag, MPa
Mr / Agh, MPa

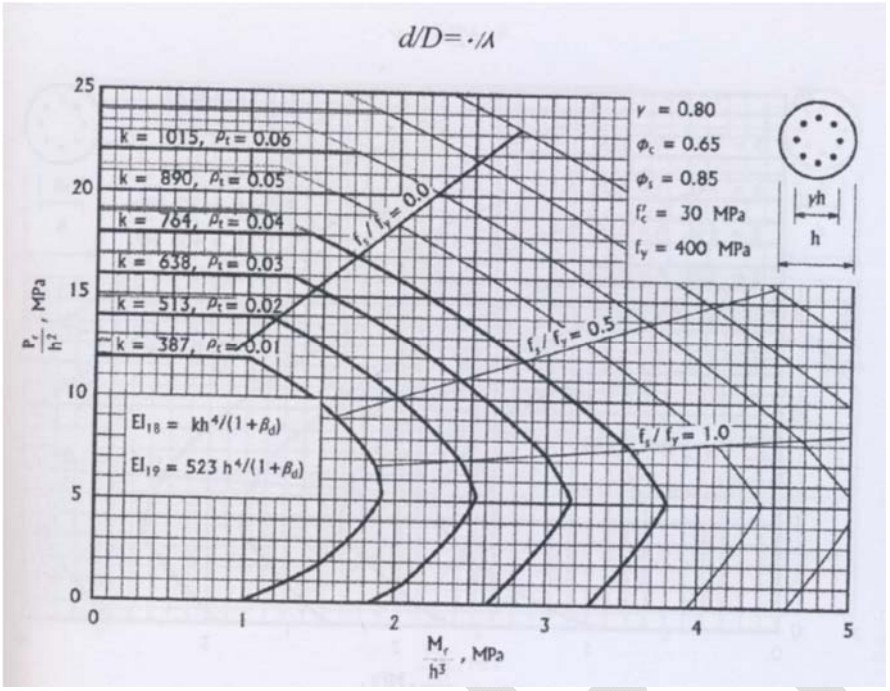

d/h= ۰/۷
γ = 0.70
φc = 0.65
φs = 0.85
f'c = 25 MPa
fy = 400 MPa
k = 1416, ρt = 0.06
k = 1249, ρt = 0.05
k = 1082, ρt = 0.04
k = 916, ρt = 0.03
k = 749, ρt = 0.02
k = 582, ρt = 0.01
ft / fy = 0.0
ft / fy = 0.5
ft / fy = 1.0
EIe = kbh³/(1+βd)
EIe = 831 bh³/(1+βd)
Pr / Ag, MPa
Mr / Agh, MPa

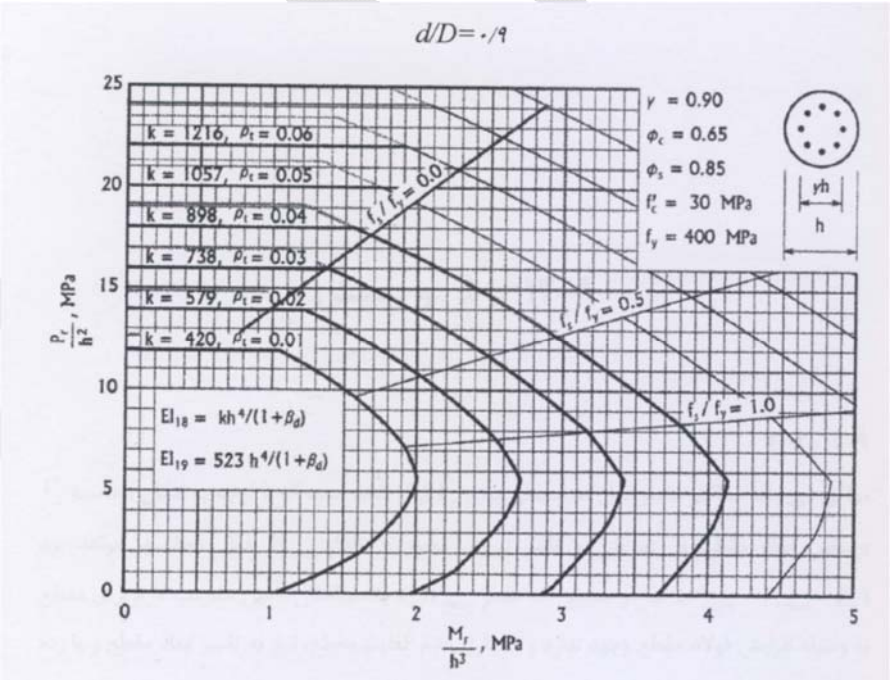

d/h=۰/۸
γ = 0.80
φc = 0.65
φs = 0.85
f'c = 25 MPa
fy = 400 MPa
b
γh
h
k = 1722, ρt = 0.06
k = 1504, ρt = 0.05
k = 1286, ρt = 0.04
k = 1069, ρt = 0.03
k = 851, ρt = 0.02
k = 633, ρt = 0.01
ft / fy = 0.0
ft / fy = 0.5
ft / fy = 1.0
EIe = kbh³/(1+βd)
EI19 = 831 bh³/(1+βd)
Pt / As , MPa
Mt / Ag h , MPa


d/h=۰/۹
γ = 0.90
φc = 0.65
φs = 0.85
f'c = 25 MPa
fy = 400 MPa
b
γh
h
k = 2069, ρt = 0.06
k = 1793, ρt = 0.05
k = 1518, ρt = 0.04
k = 1242, ρt = 0.03
k = 967, ρt = 0.02
k = 691, ρt = 0.01
ft / fy = 0.0
ft / fy = 0.5
ft / fy = 1.0
EIe = kbh³/(1+βd)
EI19 = 831 bh³/(1+βd)
Pt / As , MPa
Mt / Ag h , MPa

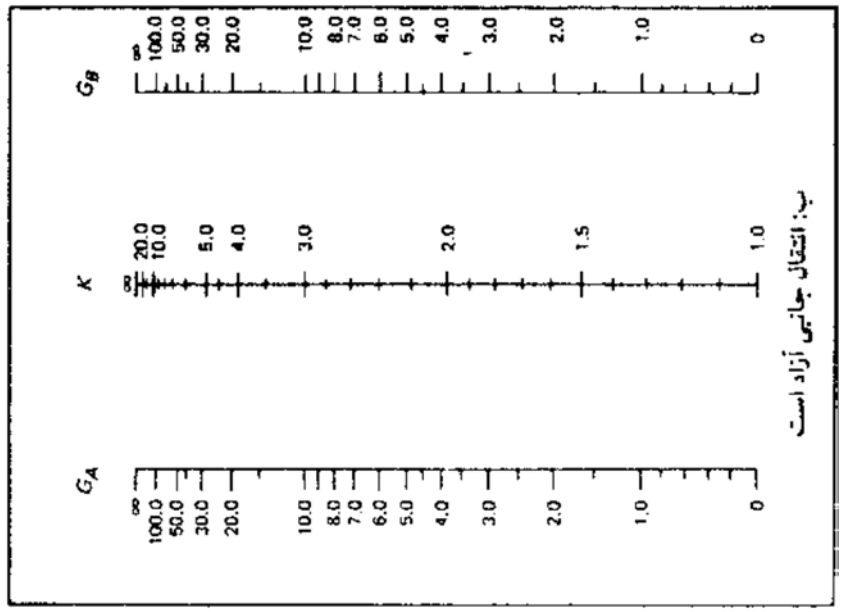

d/D= ۰/۶
γ = 0.60
φc = 0.65
φs = 0.85
f'c = 30 MPa
fy = 400 MPa
γh
h
k = 685, ρt = 0.06
k = 615, ρt = 0.05
k = 544, ρt = 0.04
k = 473, ρt = 0.03
k = 403, ρt = 0.02
k = 332, ρt = 0.01
fs / fy = 0.0
fs / fy = 0.5
fs / fy = 1.0
EIe = kh⁴/(1+βd)
EIe = 523 h⁴/(1+βd)
Pr / h², MPa
Mr / h³, MPa
0
5
10
15
20
25
1
2
3
4

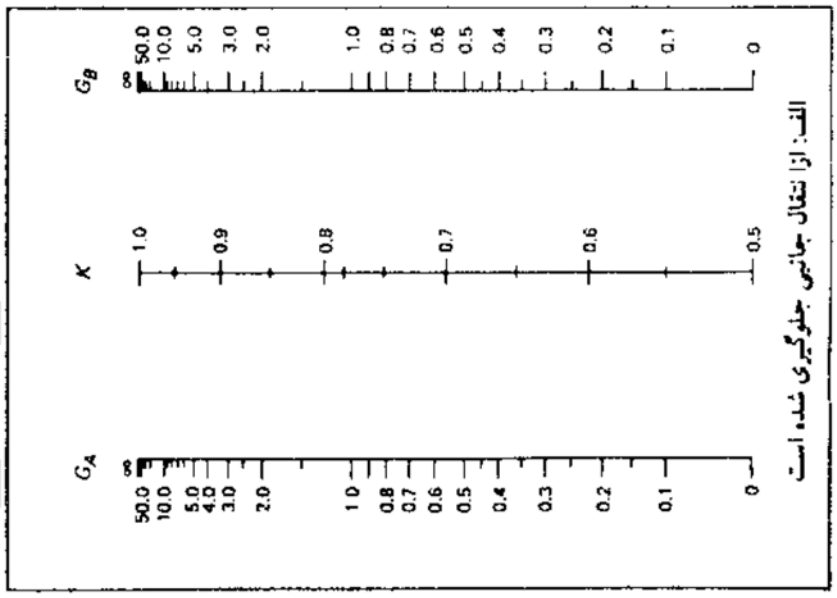

d/D= ۰/۷
γ = 0.70
φc = 0.65
φs = 0.85
f'c = 30 MPa
fy = 400 MPa
γh
h
k = 839, ρt = 0.06
k = 742, ρt = 0.05
k = 646, ρt = 0.04
k = 550, ρt = 0.03
k = 454, ρt = 0.02
k = 358, ρt = 0.01
fs / fy = 0.0
fs / fy = 0.5
fs / fy = 1.0
EIe = kh⁴/(1+βd)
EIe = 523 h⁴/(1+βd)
Pr / h², MPa
Mr / h³, MPa
0
5
10
15
20
25
1
2
3
4


d/D= ۰/۸
γ = 0.80
φc = 0.65
φs = 0.85
f'c = 30 MPa
fy = 400 MPa
γh
h
k = 1015, ρt = 0.06
k = 890, ρt = 0.05
k = 764, ρt = 0.04
k = 638, ρt = 0.03
k = 513, ρt = 0.02
k = 387, ρt = 0.01
fs / fy = 0.0
fs / fy = 0.5
fs / fy = 1.0
EI18 = kh⁴/(1+βd)
EI19 = 523 h⁴/(1+βd)
Pr/h², MPa
Mr/h³, MPa


d/D= ۰/۹
γ = 0.90
φc = 0.65
φs = 0.85
f'c = 30 MPa
fy = 400 MPa
γh
h
k = 1216, ρt = 0.06
k = 1057, ρt = 0.05
k = 898, ρt = 0.04
k = 738, ρt = 0.03
k = 579, ρt = 0.02
k = 420, ρt = 0.01
fs / fy = 0.0
fs / fy = 0.5
fs / fy = 1.0
EI18 = kh⁴/(1+βd)
EI19 = 523 h⁴/(1+βd)
Pr/h², MPa
Mr/h³, MPa

نمودار تعیین ضریب لاغری





نمودار تعیین مشخصات دایره ناقص

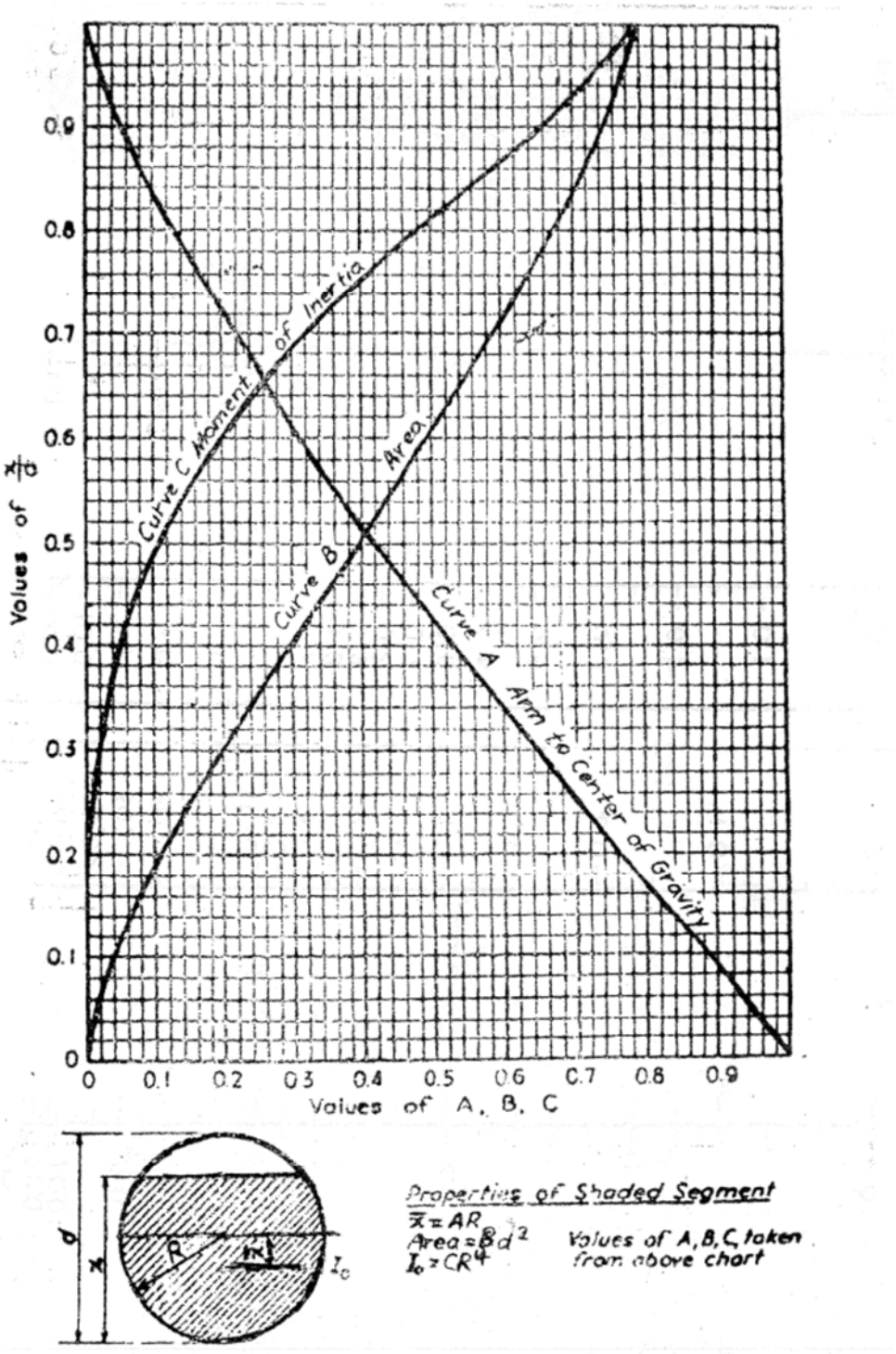


Fig. D.13. Constants for properties of circular segments. (Courtesy Prof. J. R. Shank, Ohio State University.)