www.icivil.ir

پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

ارائه کتابها و جزوات رایگان مهندسی عمران

بهترین و برترین مقالات روز عمران

انجمن های تخصصی مهندسی عمران

فروشگاه تخصصی مهندسی عمران

گام به گام (فرمولر) سازه های بتن آرمه II

(اسکن جزوه تایپی مهندس گلشن)

توجه: این گام به گام فاقد هرگونه تمرین است.

فهرست به زودی اضافه می گردد.

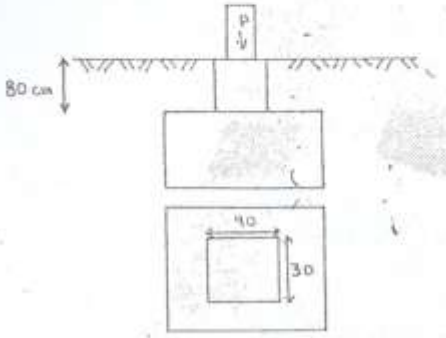
تهیه کننده : نوید چلنگران

دی ماه 1390

ستونها

ستون : عضو فشاري كه نسبت ارتفاع به بعد حداقل آن مساوي و يا بزرگتر از 3 باشد $h/b_{min} \geq 3.0$

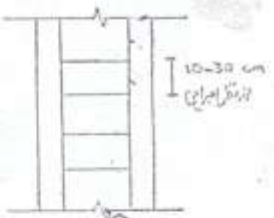
ستونك سپايه يا پداستال : عضو فشاري كه نسبت ارتفاع به بعد حداقل آن كوچكتر از 3 باشد $h/b_{min} \leq 3.0$

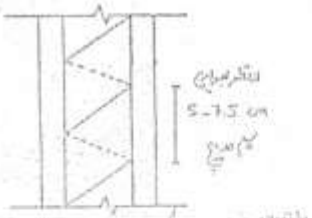


عضو پداستال مي باشد $\frac{h}{b_{min}} = \frac{80}{30} = 2.67 < 3 \Rightarrow$

انواع ستون بر حسب نوع دور گيري ميلگردهاي طولي

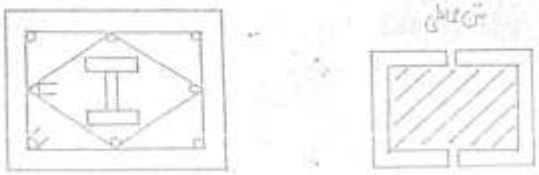
۱- ستون هاي تنگ دار
۲- ستون دور پيچ





انواع ستون مركب

۱- ستون مركب (بتن محيطي)
۲- ستون مركب (بتن محاطي)



محدوديت هاي مقدار و ميلگردهاي طولي

۱- $\frac{0.8}{100} \le \frac{\text{سطح مقطع کل میلگردهای طولی}}{\text{سطح مقطع کل ستون}} \le \frac{8}{100}$ بایستی

$\Rightarrow (\frac{0.8}{100})$ (سطح مقطع کل ستون) $\le$ سطح مقطع میلگردهای طولی $\le (\frac{8}{100})$ (سطح مقطع کل ستون)

حد پایین $\frac{0.8}{100}$ به خاطر جلوگیری از شکستهای ناگهانی و بدون اخطار که می تواند حوادث ناگواری را باعث شود می باشد

حد بالای $\frac{8}{100}$ به خاطر مسائل اجرایی در حفظ فاصله حداقل بین میلگردهای طولی می باشد

۲ - محدودیت های مقدار حداکثر بایستی در محل وصله های پوششی میلگردها نیز رعایت شود

۳ – حداقل تعداد میلگردهای طولی در اعضای فشاری

الف) برای میلگردهای داخلی خاموتهای دایره ای 4 عدد

ب) برای میلگردهای داخلی خاموتهای مستطیلی 4 عدد

ج) برای میلگردهای داخلی خاموتهای مثلثی 3عدد

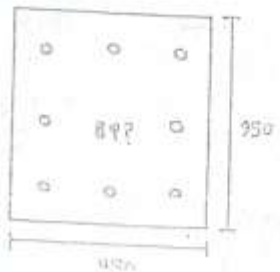
د) برای میلگردهای داخلی خاموتهای محصور شده به وسیله مار پیچ 6 عدد

۴ – حداقل فاصله بین میلگردهای طولی $\ge 1.5 \times$ قطر میلگرد طولی $\ge 40mm$

۵- فاصله داخل به داخل میلگردهای طولی میانی از گوشه $\le 150mm$
در صورت عدم استفاده از خاموت اضافی

آرایش میلگردها به صورت دایره ای بهتر است

حداقل و حداکثر قطر میلگردها



$$\therefore \frac{0.8}{100} \le \rho = \frac{A_{st}}{A_g} \le \frac{8}{100}$$

$$\frac{0.8}{100} \times 450^2 \le 8(\frac{\pi d^2}{4}) \le \frac{8}{100}(450^2)$$

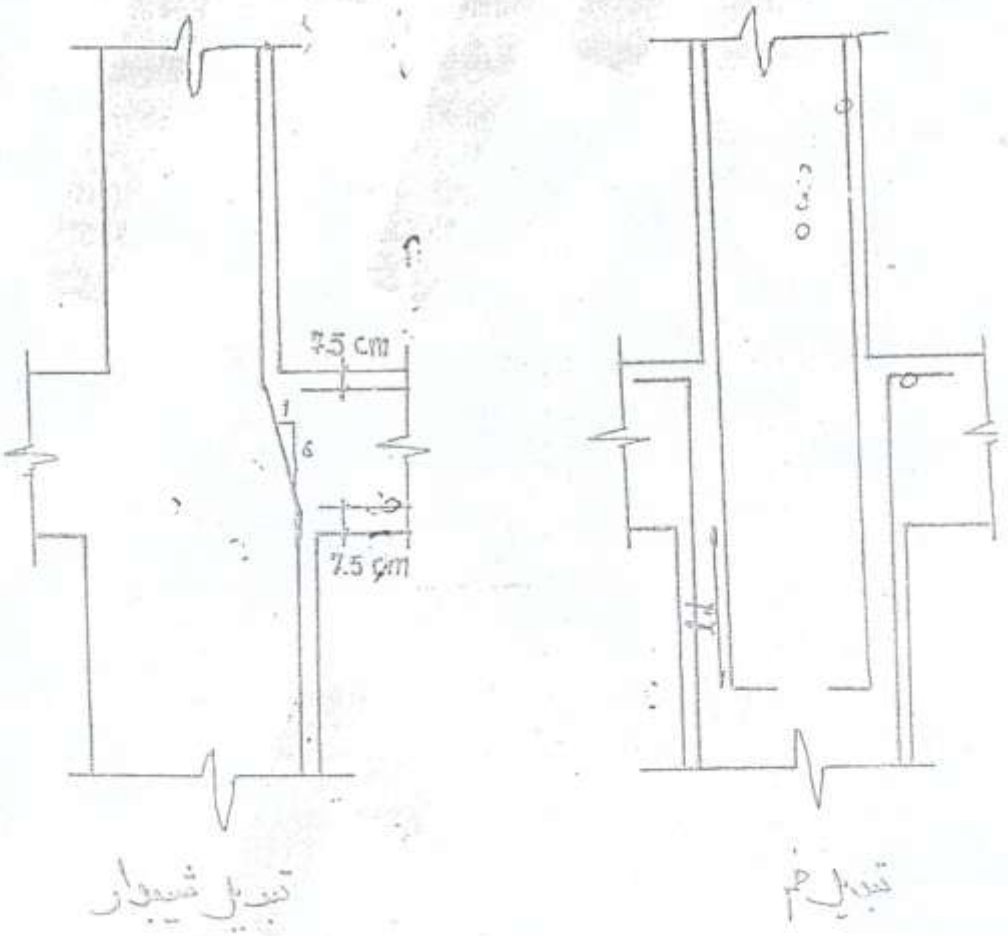
$$16.1 \le d \le 50.8 \Rightarrow 8\phi 18 - 8\phi 50$$

تغيير در ابعاد ستون

در محل تغيير ابعاد ستون از $7.5cm$ بالاتر از سطح زيرين تيرها يا دال ، ميلگردهاي طولي ستون خم شده و به صورت شيبدار تا $7.5cm$ به سطح فوقاني دال مانده ادامه مي يابند و در آنجا مجددا در جهت عكس خم شده و به ورت قائم و به عنوان ميلگردهاي انتظار در داخل ستون فوقاني ادامه مي يابند ، مشروط به اينكه شيب قسمت شيبدار از 1 افقي به 6 قائم تجاوز نكند

در صورتيكه نتوان با اين شيب ميلگرد ستون پايين را به بالا ادامه داد ، ميلگردهاي ستون پايين را زير سطح فوقاني دال قطع وسهار كرده و براي ميلگردهاي فوقاني ريشه قرار داده مي شود

ميلگردهاي ريشه بايستي به اندازه طول مهاري در ستون پايين فرو رفته باشد



تبديل شيبدار

تبديل خم

مقررات مربوط به خاموتهاي موازي

۱- قطر خاموت

الف) اگر قطر میلگرد طولي $\leq 30mm$ آنگاه قطر خاموت $\geq \frac{1}{3}$ (قطر میلگرد طولی)

اگر قطر میلگرد طولي $> 30mm$ آنگاه قطر خاموت $\geq 10mm$

ب) همواره بایستي قطر خاموت $\geq 6mm$

۲- فاصله بین خاموتها

فاصله بین خاموتها $\leq$ ضلع کوچك ستون، قطر تنگ $\times 48$، قطر کوچکترین میلگرد طولي $\times 16$، $300mm$

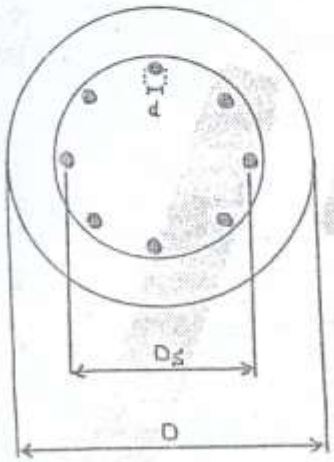
۳- خاموتها باید طوري آرایش یابند که در هر گوشه آنها یك میلگرد قرار گیرد و به علاوه میلگردهاي طولي تیر باید یك در میان در گوشه خاموت قرار گیرد طوري که زاویه گوشه خاموت از $135°$ تجاوز نکند

۴- فاصله داخل به داخل میلگرد میانی از گوشه $\leq 150mm$

۵- وقتي آرایش میلگرد طولي در مقطع به صورت دایره مي باشد مي توان از خاموت دایره استفاده کرد مشروط به اینکه انتهاي خاموت با خم $135°$ ختم شوند

۶- توصیه مي شود فاصله خاموتها در دو انتهاي ستون در طول مساوي $\frac{1}{6}$ طول ستون یا بزرگترین مقطع ستون و یا $500mm$ (هر کدام که بزرگتر است) از نصف مقادیر مقرر شده توسط این نامه تجاوز نکند

روش گام به گام تعیین ظرفیت نهایی مقطع دایره ای با برون محوری (e)



$e = M_u / N_u$ لنگر ضریب دار M_u / بار محوری ضریب دار N_u

D قطر خارجی ستون

D_s قطر دایره های بر مرکز میلگردهای ستون

A_g سطح مقطع ستون

As_t سطح مقطع کل میلگردهای ستون

$\varphi_c = 0.6$ ضریب ایمنی بتن

$\varphi_s = 0.85$ ضریب ایمنی فولاد

$f_c =$ مقاومت فشاری بتن

$F_y =$ تنش جاری شدن میلگردهای طولی

۱- تعیین برون محوری متعادل (روش تقریبی)

$$m = \frac{\varphi_s \cdot f_y}{0.85 \cdot \varphi_c \cdot f_c}$$

$$As_t = n(\pi d^2 / 4)$$

$$A_g = \pi D^2 / 4$$

$$\rho_g = As_t / A_g$$

$$e_b = (0.24 + 0.39 \rho_g m) \cdot D$$

۲ - مقایسه برون محوري موجود (e) و برون محوري متعادل (e_b)

گسیختگی مقطع در ناحیه کنترل فشارقرار دارد و عضو بیشتر یك عضو فشاري است تا عضو خمشي. در این حالت در هر طرف مقطع فشار خواهد بود یا اگر در یك طرف کشش باشد تنش در میلگردهاي کششي به F_y نخواهد رسید

if $e < e_b \Rightarrow$

Goto A

روش گام به گام طراحی میلگردهای ستون

۱- تعیین نیروی محوری و لنگر خمشی با ضریب (با استفاده از ضرایب و ترکیبات بار) :

الف) $u = 1.25D + 1.5L$

ب) $0.8(1.25D + 1.5L \pm 1.5w) = D + 1.2L \pm 1.2w$

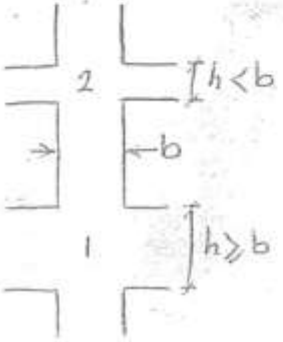
ج) $0.8(1.25D + 1.5L \pm 1.5E) = D + 1.2L \pm 1.2E$

در هیچ مواردی u نباید کوچکتر از ردیف الف باشد

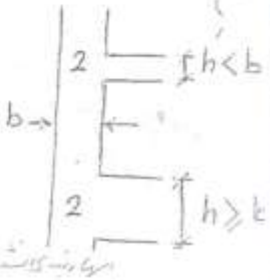
۲- کنترل لاغری ستون

الف) تعیین ضریب طول موثر k

A)تعیین ضریب طول موثر k با توجه به شرایط تکیه گاهی دو انتهای ستون



مقدار ضریب طول موثر برای ستونهای مهاربندی شده			
شرایط انتهایی در بالای ستون	شرایط انتهایی در پایین ستون		
	1	2	3
1	0.75	0.80	0.90
2	0.80	0.85	0.95
3	0.90	0.95	1.00



مقدار ضریب طول موثر برای ستونهای مهاربندی نشده			
شرایط انتهایی در بالای ستون	شرایط انتهایی در پایین ستون		
	1	2	3
1	1.2	1.3	1.6
2	1.3	1.5	1.8
3	1.6	1.8	–
4	2.2	–	–

شرایط انتهایی ۱: شرایط تقریباً گیردار که در آن انتهای ستون به فونداسیون و یا تیرهایی با مقطع هم‌ارتفاع با مقطع ستون و در دو طرف، بصورت صلب متصل است.

شرایط انتهایی ۲: شرایط نیمه گیردار که در آن انتهای ستون به تیرهایی به ارتفاع مقطع کوچکتر از ارتفاع مقطع ستون و در دو طرف، به صورت صلب متصل است.

شرایط انتهایی ۳: شرایط انتهایی تقریباً مفصلی

شرایط انتهایی ۴: شرایط انتهایی آزاد که در آن انتهای ستون هم برای دوران و هم برای انتقال جانبی آزاد است.

b) به طور کلی بدون وارد شدن با جزئیات می توان گفت

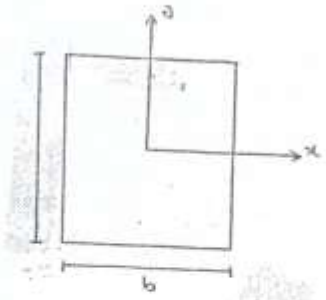
برای سیستم مهار بندی شده (عضوی که دو انتهای آن انتقال جانبی ندارد) $k \le 1.0$

برای سیستم مهار بندی نشده (عضوی که دو انتهای آن انتقال جانبی دارد) $k > 1.0$

c)تعیین ضریب طول موثر ستون k با توجه به ضرایب سختی نسبی دورانی ستون در انتهای ستون

ب) تعیین شعاع ژیراسیون r

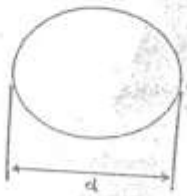
a) برای مقاطع مستطیلی



$r_x = 0.3h$ خمش حول محور قوی x

$r_y = 0.3b$ خمش حول محور ضعیف y

b) برای مقاطع دایره ای

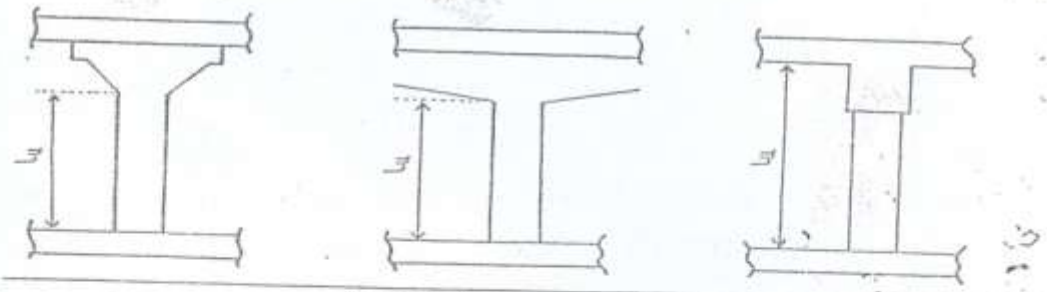


$r = 0.25d$

c) مقاطع دیگر

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

ج) تعیین طول آزاد ستون (l_u)



د) کنترل لاغری ستون (مرحله فوق بایستی حول محور x و y انجام گیرد)

a) برای سیستم مهار بندی شده

احتیاج به منظور کردن لاغری نمی باشد در غیر اینصورت $\Rightarrow$ $\frac{kl_u}{r} < 34 - 12\frac{M_{1b}}{M_{2b}}$ if

بایستی لاغری در نظر گرفته شود

M_{1b} لنگر کوچکتر و M_{2b} لنگر بزرگتر (از لحاظ قدر مطلق) دو انتهای ستون است

$\frac{M_{1b}}{M_{2b}} > 0.0$

$\frac{M_{1b}}{M_{2b}} < 0.0$

b) برای سیستم مهار بندی نشده احتیاج به منظور کردن لاغری نمی باشد در غیر این صورت لاغری در نظر گرفته می شود

$if \frac{kl_u}{r} < 22.0 \Rightarrow$

۳- طراحی میلگردهای ستون

الف) در صورتیکه ستون تحت اثر بار محوری (بدون لنگر خمشی) قرار داشته باشد

$N_{r\max} = 0.8\left[0.85\varphi_c f_c A_g + As_t(\varphi_s f_y - 0.85\varphi_c f_c)\right]$ ستون تنگ دار

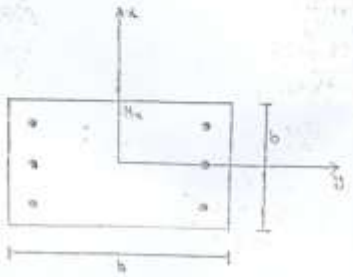
$N_{r\max} = 0.85\left[0.85\varphi_c f_c A_g + As_t(\varphi_s f_y - 0.85\varphi_c f_c)\right]$ ستون دور پیچ

با مساوی قرار دادن $N_{r\max} = N_u$ در روابط بالا و مرتب کردن رابطه بر حسب As_t خواهیم داشت

$As_t = \frac{\frac{N_u}{0.8} - 0.85\varphi_c . f_c . A_g}{\varphi_s . f_y - 0.85\varphi_c . f_c}$ ستون با خاموت های مولا ی

$As_t = \frac{\frac{N_u}{0.85} - 0.85\varphi_c . f_c . A_g}{\varphi_s . f_y - 0.85\varphi_c . f_c}$ ستون با خاموت های دور پیچ

ب) در صورتیکه ستون تحت اثربار نیروی محوری و لنگر خمشی در یک جهت (تراما)قرار داشته باشد



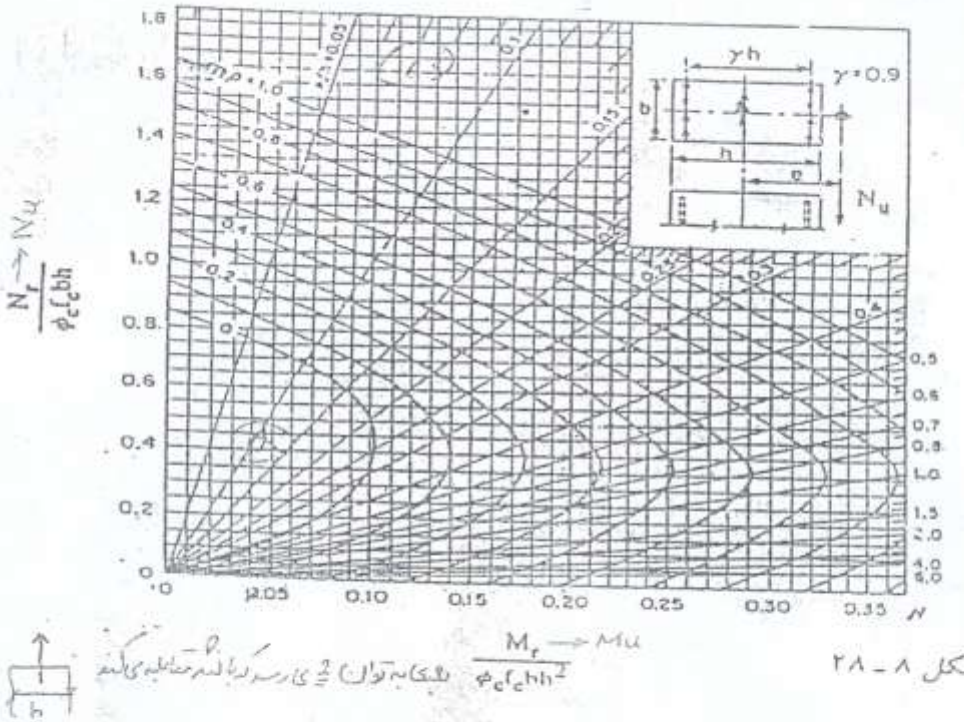
a) برای مقاطع مستطیل $I_x = I_y$.

$$\gamma = \frac{h-2d'}{h}$$

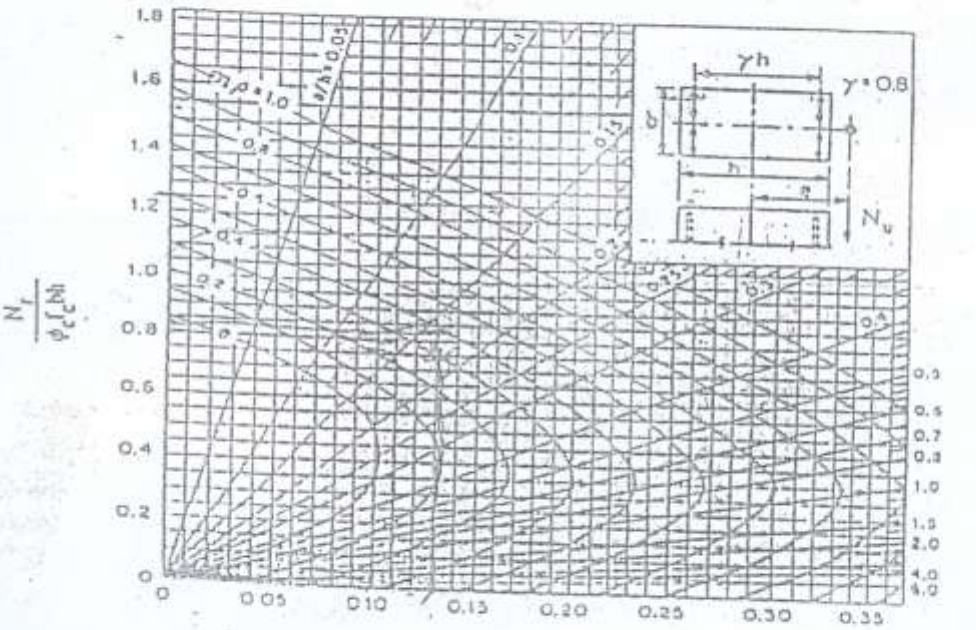
$$\frac{N_u}{\varphi_c \cdot f_c \cdot b.h}$$

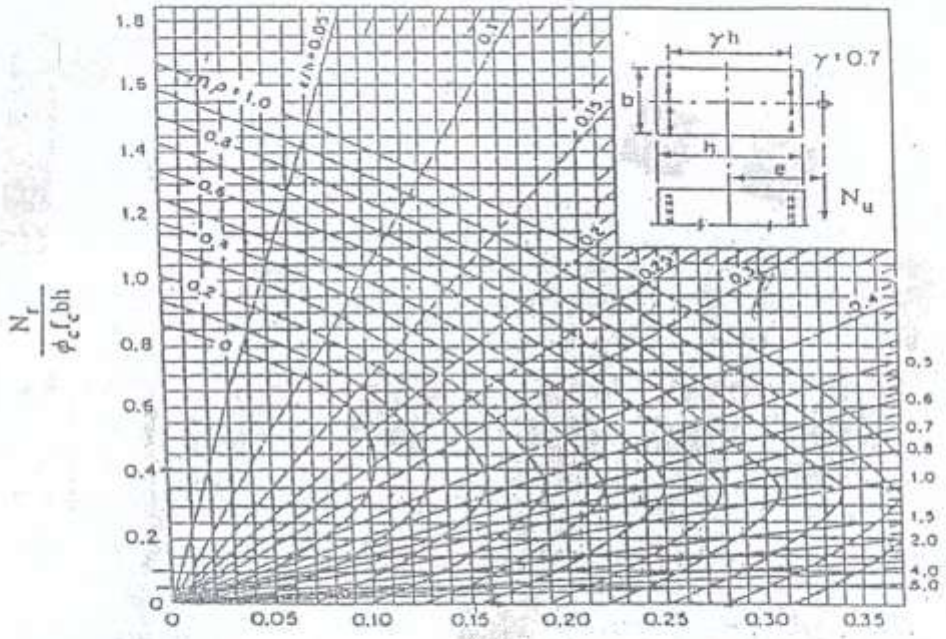
$$\frac{M_u}{\varphi_c \cdot f_c \cdot b.h^2}$$

با داشتن مقادیر γ و $\frac{N_u}{\varphi_c \cdot f_c \cdot b.h}$ و $\frac{M_u}{\varphi_c \cdot f_c \cdot b.h^2}$ و نمودارهای اندرکنش نیروی محوری و لنگر خمشی مقدار $\frac{e}{h}$ و $m\rho$ را تعیین کنیم

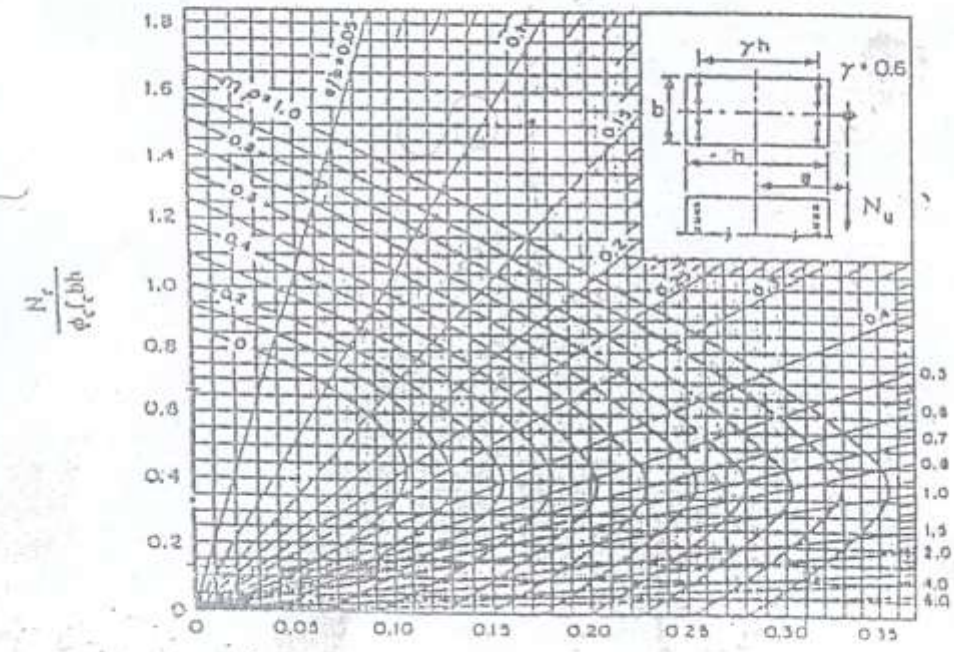

γh
γ=0.9
b
h
d
N_u
$\frac{N_r}{\phi_c f_c b h}$
N_u
$\rho_t = 1.0$
0.8
0.6
0.4
0.2
0.1
0.05
0.03
0.01
0.5
0.6
0.7
0.8
1.0
1.5
2.0
4.0
6.0
0.05
0.10
0.15
0.20
0.25
0.30
0.35
N
$\frac{M_r}{\phi_c f_c h h^2}$
M_u

شکل ۸ ـ ۲۸


γh
γ=0.8
b
h
d
N_u
$\frac{N_r}{\phi_c f_c b h}$
$\rho_t = 1.0$
0.8
0.6
0.4
0.2
0.1
0.05
0.03
0.01
0.5
0.6
0.7
0.8
1.0
1.5
2.0
4.0
6.0
0.05
0.10
0.15
0.20
0.25
0.30
0.35

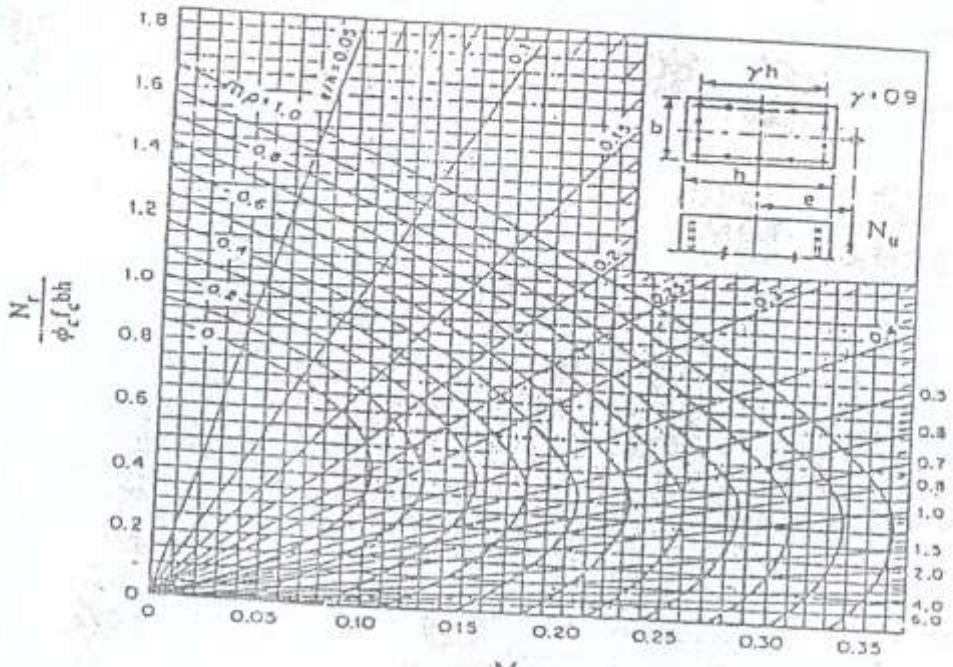

γh
γ=0.7
b
h
e
N_u
$\frac{N_r}{\phi_c f_c bh}$
$\frac{M_r}{\phi_c f_c bh^2}$

شکل ۸ - ۳۰

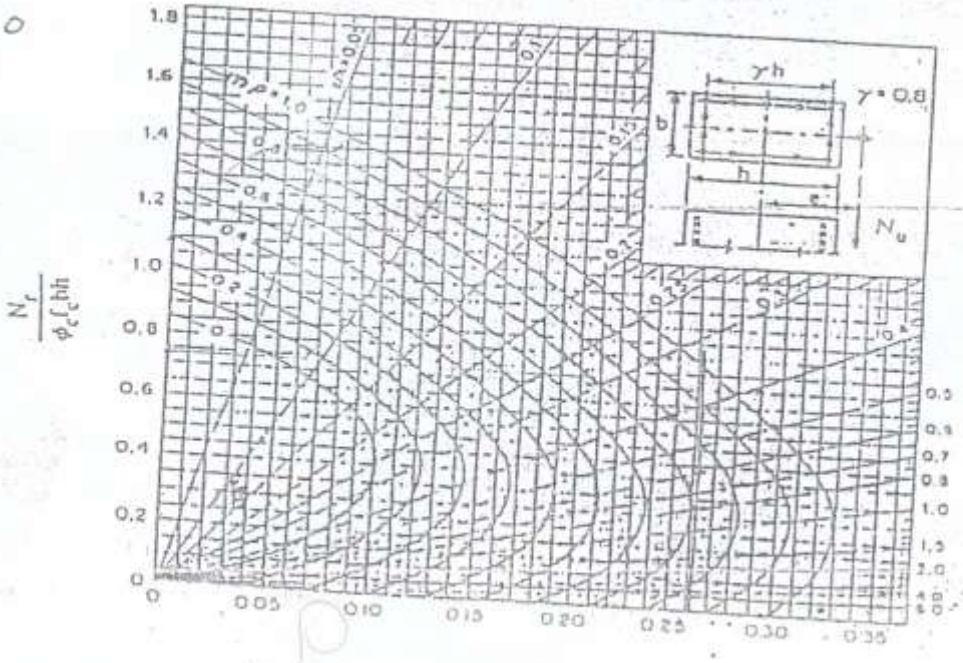

γh
γ=0.6
b
h
e
N_u
$\frac{N_r}{\phi_c f_c bh}$

(15)

10


$\frac{N_r}{\phi_c f'_c bh}$
$\frac{M_r}{\phi_c f'_c bh^2}$
γh
$\gamma = 0.9$
N_u
0 0.05 0.10 0.15 0.20 0.25 0.30 0.35
0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4 1.6 1.8

شکل ۸ - ۲۲


$\frac{N_r}{\phi_c f'_c bh}$
γh
$\gamma = 0.8$
N_u
0 0.05 0.10 0.15 0.20 0.25 0.30 0.35
0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4 1.6 1.8

(16)

$$m = \frac{\varphi_s \cdot f_y}{0.85 \varphi_c \cdot f_c}$$

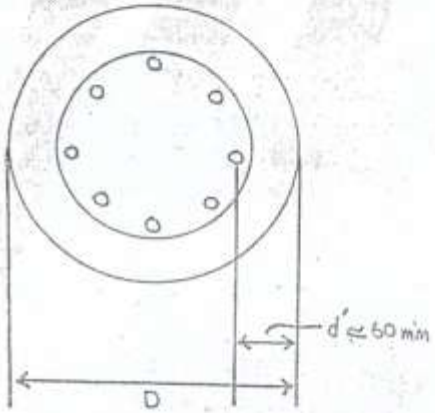
$$\rho = \frac{m\rho}{m}$$

$$A_g = b.h$$

$$As_t = \rho . A_g$$

---

b) برای مقاطع دایره ای



$$\gamma = \frac{D - 2d'}{D}$$

$$\frac{N_u}{\varphi_c \cdot f_c \cdot D^2}$$

$$\frac{M_u}{\varphi_c \cdot f_c \cdot D^3}$$

با داشتن مقادیر γ و $\frac{N_u}{\varphi_c \cdot f_c \cdot b.h}$ و $\frac{M_u}{\varphi_c \cdot f_c \cdot b.h^2}$ و نمودارهای اندرکنش نیروی محوری و لنگر خمشی مقادیر $m\rho$ و $\frac{e}{h}$ را تعیین کنیم

$$m = \frac{\varphi_s \cdot f_y}{0.85 \varphi_c \cdot f_c}$$

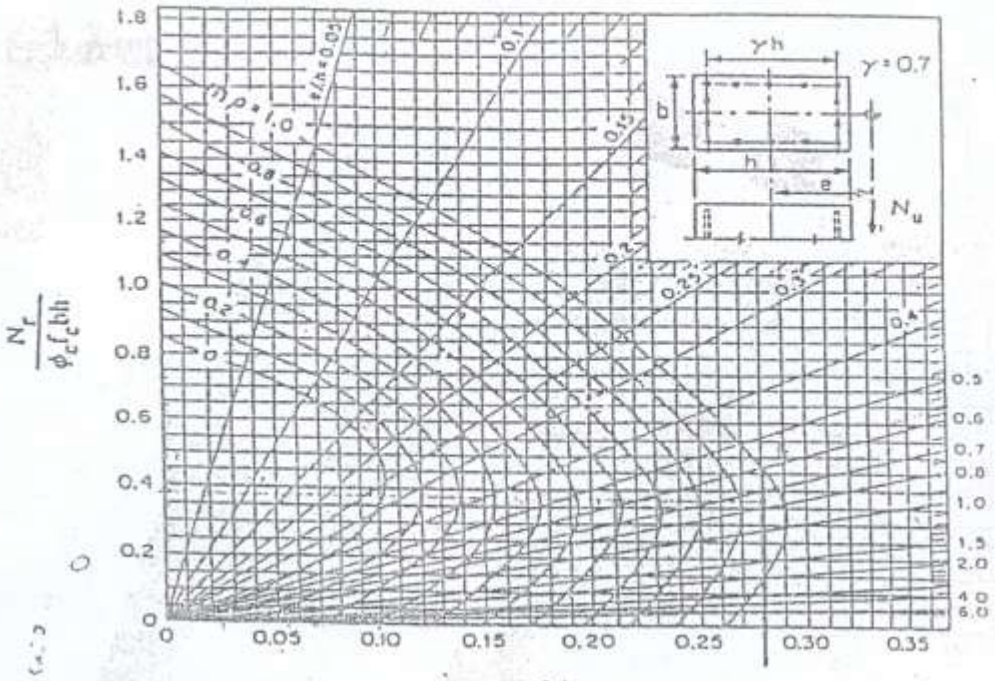
$$\rho = \frac{m\rho}{m}$$

$$A_g = \pi D^2 / 4$$

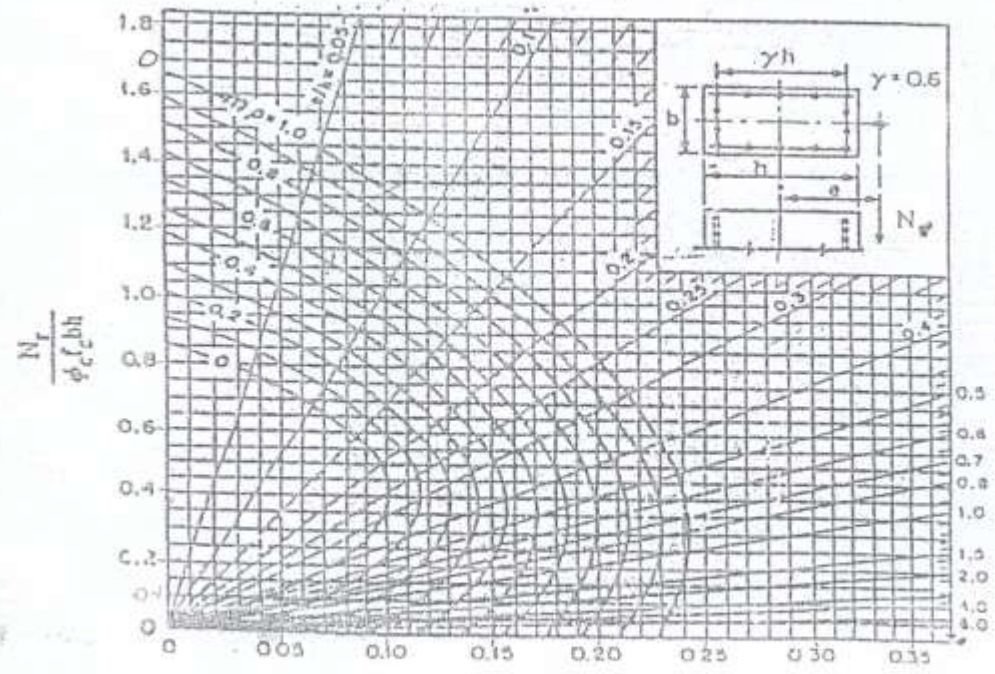
$$As_t = \rho . A_g$$

(18)

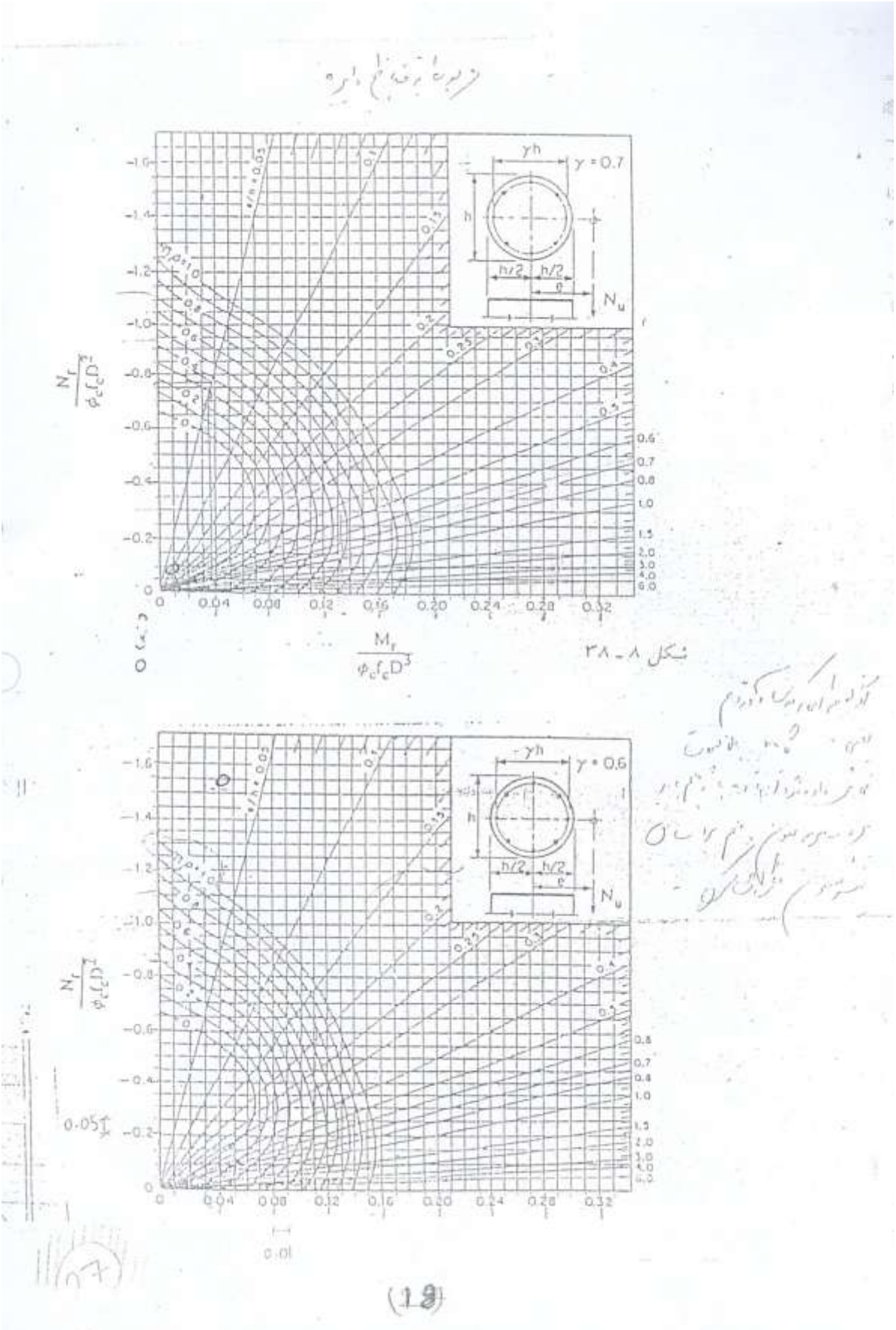
11


γh
γ = 0.7
b
h
e
N_u
$\frac{N_r}{\phi_c f_c b h}$
$\frac{M_r}{\phi_c f_c b h^2}$
0.05
0.10
0.15
0.20
0.25
0.30
0.35

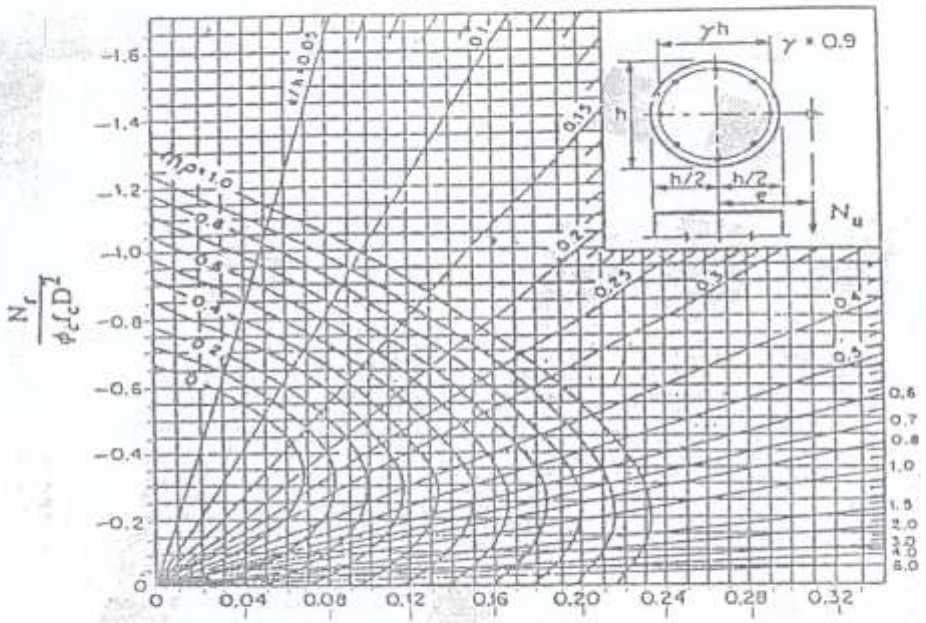
شکل ۸- ۳۴


γh
γ = 0.6
b
h
e
N_u
$\frac{N_r}{\phi_c f_c b h}$
0.05
0.10
0.15
0.20
0.25
0.30
0.35

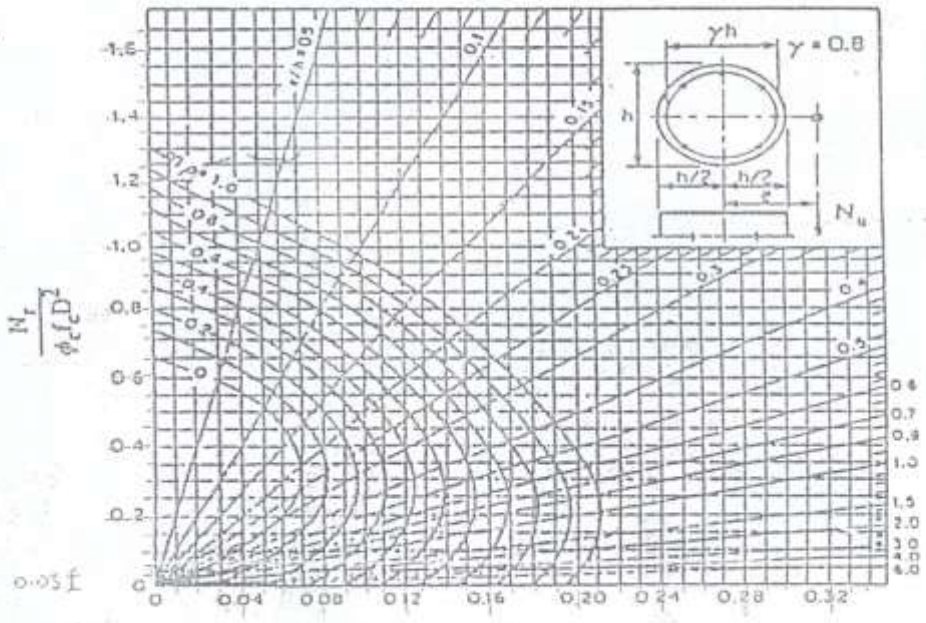
(۱۷)

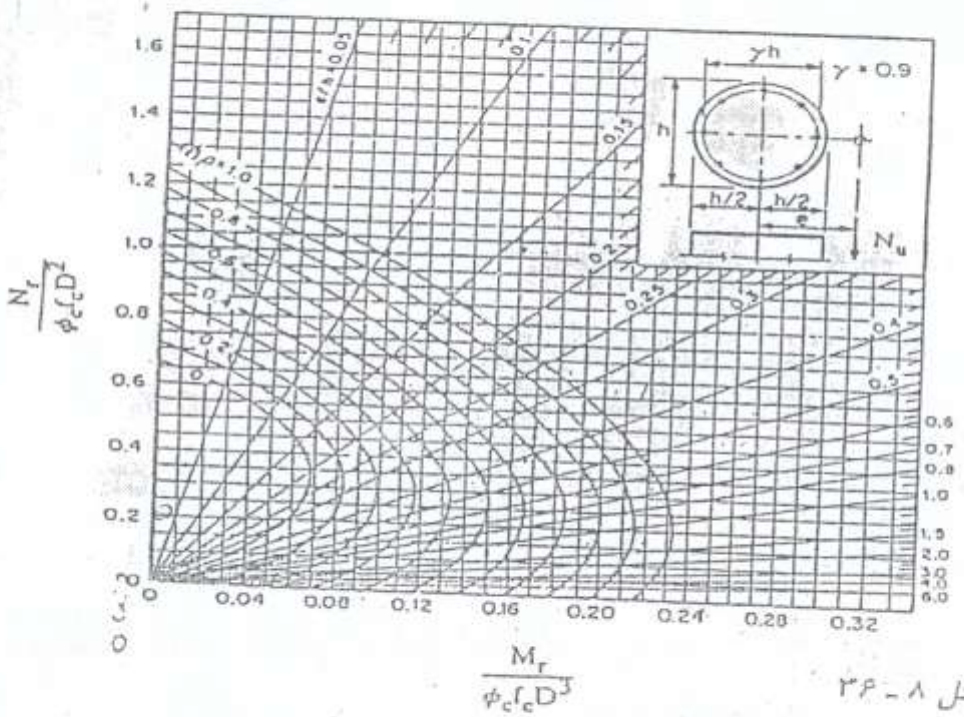

γh
γ = 0.7
h
h/2
h/2
e
N_u
$\frac{N_r}{\phi_c f_c D^2}$
$\frac{M_r}{\phi_c f_c D^3}$
γh
γ = 0.6
h
h/2
h/2
e
N_u
$\frac{N_r}{\phi_c f_c D^2}$
0.05
0.01

شکل ۸ - ۳۸

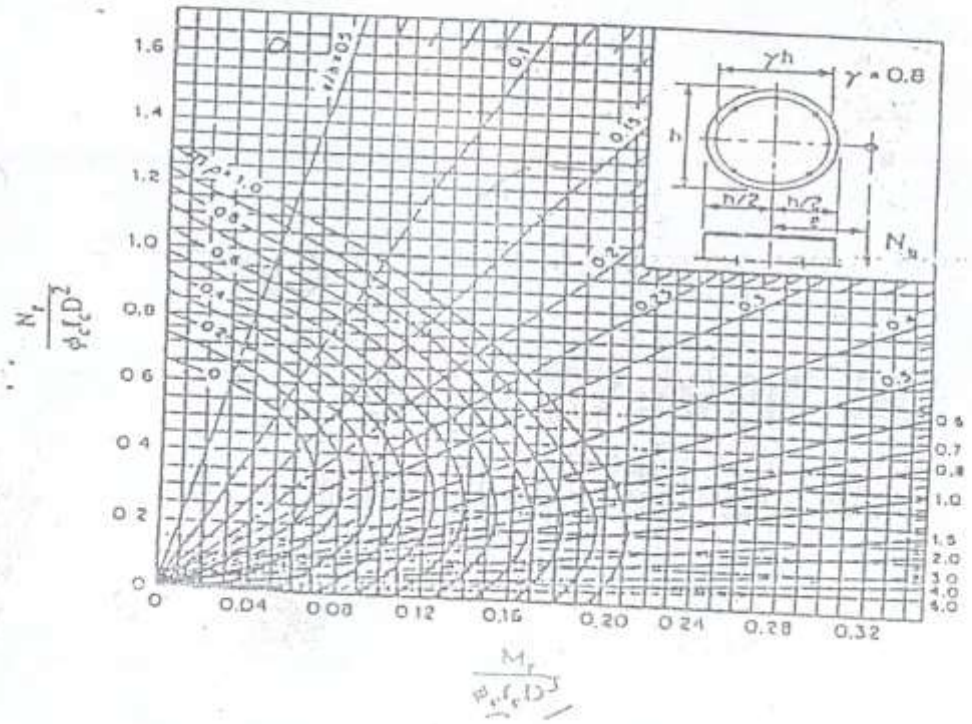

γh
γ = 0.9
h
h/2
h/2
e
N_u
$\frac{N_r}{\phi_c f_c D^2}$
$\frac{M_r}{\phi_c f_c D^3}$

شکل ۸ - ۳۶


γh
γ = 0.8
h
h/2
h/2
e
N_u
$\frac{N_r}{\phi_c f_c D^2}$
$\frac{M_r}{\phi_c f_c D^3}$


γh
γ = 0.9
h
h/2
h/2
e
N_u
$\frac{N_r}{\phi_c f_c D^2}$
$\frac{M_r}{\phi_c f_c D^3}$

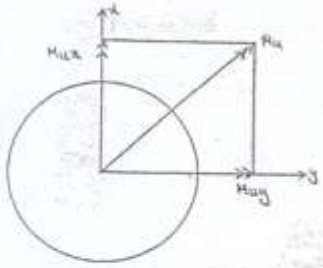
شکل ۸ - ۳۴


γh
γ = 0.8
h
h/2
h/2
e
N_u
$\frac{N_r}{\phi_c f_c D^2}$
$\frac{M_r}{\phi_c f_c D^3}$

(20)

ج) در صورتیکه ستون تحت تاثیر نیروی محوری و لنگر خمشی در دو جهت (خمش دو محوره) قرار داشته باشد

a) مقاطع دایره ای



در ابتدا به نظر می رسد که ستون تحت خمش دو محوره قرار دارد ،
لیکن با توجه به دایره ای بدون مقطع می توان بر آیند لنگرهای
M_{ux} و M_{uy} را بدست آورد و ستون را تحت خمش یک محوره طراحی نمود

$$M_u = \sqrt{M_{ux}{}^2 + M_{uy}{}^2}$$

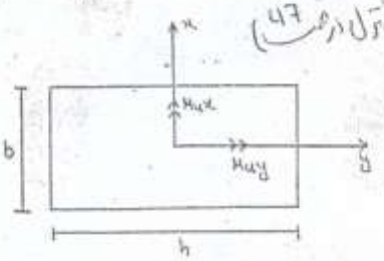
طراحی ناصل است

b) مقطع مستطیلی

با توجه به اینکه طرح مستقیم سطح مقطع میلگردها در خمش دو محوره وجود ندارد و ابتدا بایستی آرایش و سطح مقطع میلگردها معلوم باشد ،برای طرح اولیه ، ستون را برای لنگر معادل M_{eq} طراحی نموده و سپس اقدام به کنترل آن مقطع می کنیم.

ابتدا باید کنترل شود (کنترل در ۴۷)

در صورتیکه
hضلع مقطع عمود بر امتداد M_x
و b ضلع مقطع عمود بر امتداد M_yباشد



$$\begin{cases} if \quad \dfrac{M_{uy}}{M_{ux}} \geq \dfrac{b}{h} \Rightarrow M_{ueqy} = M_{uy} + 0.55 M_{ux} \times \dfrac{b}{h} \\ if \quad \dfrac{M_{uy}}{M_{ux}} \leq \dfrac{b}{h} \Rightarrow M_{ueqx} = M_{ux} + 0.55 M_{uy} \times \dfrac{h}{b} \end{cases}$$

نکاتی در مورد خمش دو محوره

۱- در صورتیکه لنگرهای M_xو M_y مساوی و یا حدود یکدیگر باشند ، مقطع دایره ای و مربع خیلی مناسب است

۲- در صورت نا مساوی بودن لنگرهای M_xو M_y نسبت اضلاع ستون مستطیل در حدود نسبت M_x/M_y انتخاب میشود

۳- برای ستونی که تحت خمش دو محوره قرار دارد ، میلگردها باید به طور یکنواخت در محیط مقطع توزیع شوند

۴- خمش دو محوره موقعی مطرح است که هر دو لنگر M_x و M_y قابل توجه باشند . اگر مقدار لنگر M حول یکی از محورها کوچک باشد ، توجه اصلی ما باید روی خمش روی محور دیگر باشد.
در ساختمانهای معمولی قسمت اعظم لنگر خمشی وارد بر ستونها در اثر نیروی باد یا زلزله می باشد که هیچ وقت اثر باد یا زلزله به طور همزمان در هر دو امتداد در نظر گرفته نمی شود بدین صورت دیده می شود که آن طوری که در وهله اولیه نظر می رسد ، اکثر ستونها تحت اثر خمش دو محوره به طور همزمان نیستند. البته خمش حول هر دو محور x و y وجود دارد ولی نه به طور همزمان بلکه هر یک به تنهایی همراه با نیروی محوری.

۴- انتخاب میلگردها و تعیین As_t موجود

۵- کنترل مقادیر حداقل و حداکثر میلگردهای راستای ستون

$$\frac{0.8}{100} \le \frac{As_t}{A_g} \le \frac{8}{100} \rightarrow (\frac{4}{100} \text{ درمناطق زلزله خیز})$$

۶- کنترل $N_{r\max}$ (وقتی که مقطع در ناحیه بالای کنترل فشار قرار دارد)

ستون با خاموت مواری $N_{r\max} = 0.8[0.85\varphi_c f_c A_g + As_t(\varphi_s f_y - 0.85\varphi_c f_c)]$

ستون با خاموت دور پیچ $N_{r\max} = 0.85[0.85\varphi_c f_c A_g + As_t(\varphi_s f_y - 0.85\varphi_c f_c)]$

بایستی $N_{r\max} \ge N_u$

۷- طراحی خاموت های ستون

a) خاموت های مواری

if قطر میلگردهای طولی ستون $\le \phi 30 \Rightarrow$ حداقل قطر خاموت $= \frac{1}{3}\times$

if قطر میلگردهای طولی ستون $> \phi 30 \Rightarrow$ حداقل قطر خاموت $= \phi 10$

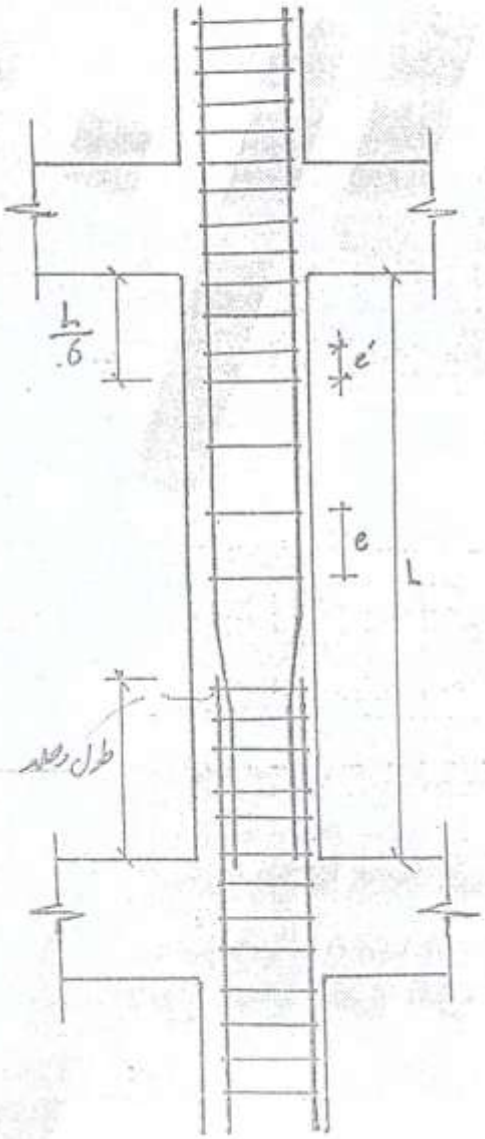
(b

حداقل قطر خاموت $> \phi 6$

c) فاصله بین خاموت های موازی در قسمت میانی ستون (e)

$e \le 16 \times$ قطر کوچکترین میلگرد طولی ستون $\le 48 \times$ قطر خاموت $\le$ ضلع کوچک ستون $\le 300mm$

d) توصیه می گردد که فاصله خاموت ها در دو انتهای ستون در طولی مساوی $\frac{1}{6}$ طول ستون یا بزرگترین مقطع ستون و یا $500mm$ هر کدام که بزرگتر است) از نصف مقادیر مقرر شده توسط آیین نامه تجاوز نکند $e' = \frac{1}{2}e$



31

15

ب) خاموت های دور پیچ

D قطر ستون و A_g سطح مقطع ستون $\quad A_g = \pi D^2/4$

d_b قطر میلگرد دور پیچ (حداقل $\phi 6$) و as سطح مقطع میلگرد دور پیچ $\quad as = \pi d_b^2/4$

D_c قطر هسته مرکزی (بیرون به بیرون خاموت مارپیچ و A_c و سطح مقطع هسته مرکزی

$D_c = D - 2(d' - d_b - \frac{1}{2}\times$ قطر میلگرد طولی $)$

$A_c = \pi \times D_c^2/4$

f_{sy} = تنش جاری شدن میلگردهای دور پیچ

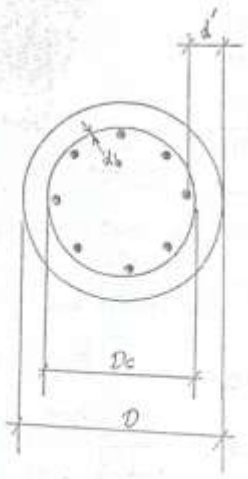
$f_{sy} \le 400 N/mm^2$

$\rho_s = 0.45(\frac{A_g}{A_c} - 1)\frac{f_c}{f_{sy}}$

$S = \frac{as\,\pi(D_c - d_b)}{A_c \cdot \rho_s}$ گام دور پیچ (مرکز به مرکز دور پیچ ها)

$25mm \le S \le 75mm$ کنترل گام مار پیچ

$S \le \frac{1}{6}\times$ قطر هسته مرکزی داخل مار پیچ



کنترل پوشش بتن روی میلگردها

پوشش بتن روی میلگردهای دور پیچ $\frac{D - D_c}{2} \ge 40mm$

طول وصله میلگردهای دور پیچ $\ge 48 \times$ قطر میلگرد دور پیچ $\ge 300mm$

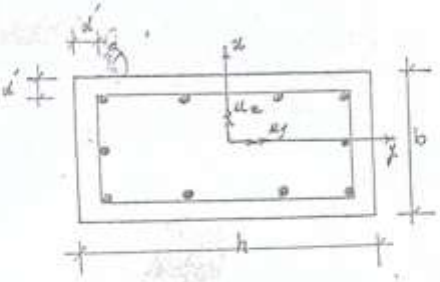
اگر $d_b < \phi 16$ $\Leftarrow$

- $D_C < 500mm \Leftarrow$ حداقل ۲ فاصله دهنده
- $500 < D_C < 750 \Leftarrow$ حداقل ۳ فاصله دهنده
- $750 < D_C \Leftarrow$ حداقل ۴ فاصله دهنده

اگر $d_b \geq \phi 16$ $\Leftarrow$

- $D_C \leq 600mm \Leftarrow$ حداقل ۳ فاصله دهنده
- $D_C > 600 \Leftarrow$ حداقل ۴ فاصله دهنده

روش گام به گام و کنترل مقطع مستطیلی تحت اثر خمش دو محوره



۱- تعیین نیروی محوری و لنگر خمشی با ضریب (با استفاده از ضرایب و ترکیبات بار)

الف) $u = 1.25D + 1.5L$

ب) $0.8(1.25D + 1.5L \pm 1.5w) = D + 1.2L \pm 1.2w$

ج) $0.8(1.25D + 1.5L \pm 1.5E) = D + 1.2L \pm 1.2E$

در هیچ مواردی u نباید کوچکتر از ردیف الف باشد

۲- کنترل لاغری ستون

الف) تعیین ضریب طول موثر k

A)تعیین ضریب طول موثر k با توجه به شرایط تکیه گاهی دو انتهای ستون

مقدار ضریب طول مؤثر برای ستونهای مهاربندی شده			
شرایط انتهایی در بالای ستون	شرایط انتهایی در پایین ستون		
	1	2	3
1	0.75	0.80	0.90
2	0.80	0.85	0.95
3	0.90	0.95	1.00

مقدار ضریب طول مؤثر برای ستونهای مهاربندی نشده			
شرایط انتهایی در بالای ستون	شرایط انتهایی در پایین ستون		
	1	2	3
1	1.2	1.3	1.6
2	1.3	1.5	1.8
3	1.6	1.8	–
4	2.2	–	–

شرایط انتهایی ۱: شرایط تقریباً گیردار که در آن انتهای ستون به فونداسیون و یا تیرهایی با مقطع هم‌ارتفاع با مقطع ستون و در دو طرف، به‌صورت صلب متصل است.

شرایط انتهایی ۲: شرایط نیمه گیردار که در آن انتهای ستون به تیرهایی با ارتفاع مقطع کوچکتر از ارتفاع مقطع ستون و در دو طرف، به‌صورت صلب متصل است.

شرایط انتهایی ۳: شرایط انتهایی تقریباً مفصلی

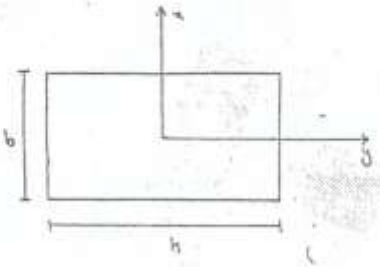
شرایط انتهایی ۴: شرایط انتهایی آزاد که در آن انتهای ستون هم برای دوران و هم برای انتقال جانبی آزاد است.

45

22

b)به طور کلی بدون وارد شدن با جزئیات می توان گفت
برای سیستم مهار بندی شده (عضوی که دو انتهای آن انتقال جانبی ندارد) $k \le 1.0$
برای سیستم مهار بندی نشده (عضوی که دو انتهای آن انتقال جانبی دارد) $k > 1.0$
c)تعیین ضریب طول موثر ستون k با توجه به ضرایب سختی نسبی دورانی ستون دو انتهای ستون

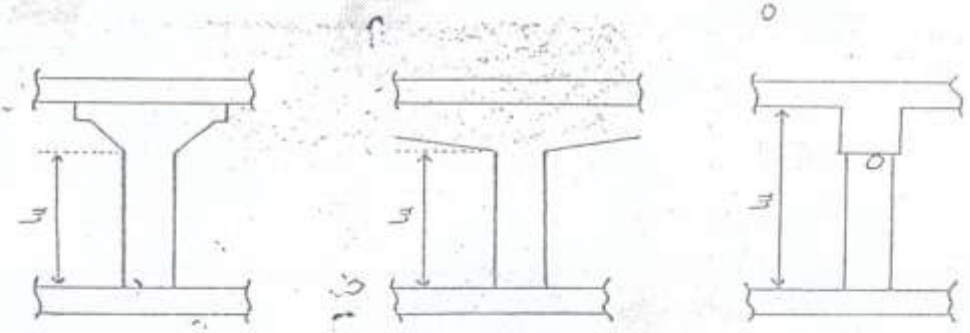
ب) تعیین شعاع ژیراسیون r



$r_x = 0.3h$ خمش حول محور قوی x

$r_y = 0.3b$ خمش حول محور ضعیف y

ج) تعیین طول آزاد ستون (l_u)



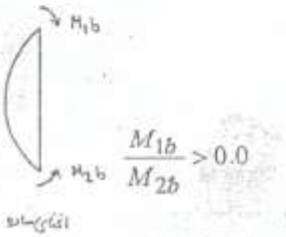
) کنترل لاغری ستون (مرحله فوق بایستی حول محور x و y انجام گیرد)

a) برای سیستم مهار بندی شده

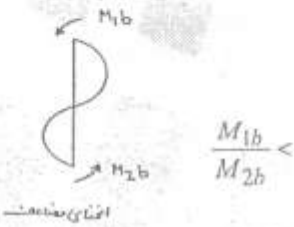
احتیاج به منظور کردن لاغری نمی باشد در غیر اینصورت $\frac{kl_u}{r} < 34 - 12\frac{M_{1b}}{M_{2b}}$

بایستی لاغری در نظر گرفته شود

M_{1b} لنگر کوچکتر و M_{2b} لنگر بزرگتر (از لحاظ قدر مطلق) دو انتهای ستون است



$\frac{M_{1b}}{M_{2b}} > 0.0$



$\frac{M_{1b}}{M_{2b}} < 0.0$

انحنای ساده

انحنای مضاعف

b) برای سیستم مهار بندی نشده

احتیاج به منظور کردن لاغری نمی باشد پر غیر این صورت لاغری در نظر گرفته می شود

$if \frac{kl_u}{r} < 22.0 \Rightarrow$

---

۳ – کنترل نتایج کار

(سطح شکست S_2) نیروی محوری حاکم بر طرح است

$if \quad N_u > 0.1(\varphi_c . f_c) A_g \Rightarrow goto\ 4$

(سطح شکست S_3) لنگر خمشی حاکم بر طرح است

$if \quad N_u < 0.1(\varphi_c . f_c) A_g \Rightarrow goto\ 5$

۴- سطح شکست S_2

الف) تعیین نیروی محوری نهایی وقتی که $(e_x = e_y = 0.0)$

$$N_{ro} = 0.85\varphi_c f_c(A_g - As_t) + \varphi_s . f_y . As_t$$

$\varphi_c = 0.6$ ضریب تقلیل بتن $\quad \varphi_s = 0.85$ ضریب تقلیل فولاد

$A_g = bh$ سطح مقطع ستون $\quad As_t = n\frac{\pi(d_b)^2}{4}$ سطح مقطع کل میلگردهای ستون

ب) تعیین ظرفیت عمودی نهایی مقطع وقتی که برون محوری e_x وجود دارد $(e_y = 0.0)$

$$\gamma = \frac{h-2d'}{h}$$

$$e_{x(mm)} = \frac{M_{ux}(KN.m)\times 1000}{N_u(KN)} \rightarrow \frac{e_x}{h}$$

$$\left.\begin{array}{l} m = \dfrac{\varphi_s . f_y}{0.85\varphi_c . f_c} \\ \rho = \dfrac{As_t}{A_g} \end{array}\right\} \longrightarrow m\rho$$

با داشتن مقادیر γ و $\frac{e_x}{h}$ و $m\rho$ و نمودارهای اثر متقابل نیروی محوری و لنگر خمشی مقدار $\frac{N_{rxo}}{\varphi_c . f_c . b.h}$ را تعیین کنیم و سپس ظرفیت محوری نهایی وقتی که $(e_y = 0.0)$ می باشد

$$N_{rxo} = \left(\frac{N_{rxo}}{\varphi_c . f_c . b.h}\right)(\varphi_c . f_c . b.h)$$

ج) تعیین ظرفیت عمودی نهایی مقطع وقتی که برون محوری e_y وجود دارد $(e_x = 0.0)$

$$\gamma = \frac{b-2d'}{b}$$

$$e_{y(mm)} = \frac{M_{uy}(KN.m)\times 1000}{N_u(KN)} \rightarrow \frac{e_y}{b}$$

$$\left.\begin{array}{l} m = \dfrac{\varphi_s . f_y}{0.85\varphi_c . f_c} \\ \rho = \dfrac{As_t}{A_g} \end{array}\right\} \longrightarrow m\rho$$

با داشتن مقادیر γ و $\frac{e_y}{b}$ و $m\rho$ و نمودارهای اثر متقابل نیروی محوری و لنگر خمشی مقدار $\frac{N_{ryo}}{\varphi_c . f_c . b.h}$ را تعیین کنیم و سپس ظرفیت محوری نهایی وقتی که $(e_y = 0.0)$ می باشد

$$N_{ryo} = (\frac{N_{ryo}}{\varphi_c . f_c . b.h})(\varphi_c . f_c . b.h)$$

د) تعیین ظرفیت محوری نهایی برای خمش دو محوره با برون محوری های e_x و e_y

$$\frac{1}{N_{rxy}} = (\frac{1}{N_{rxo}} + \frac{1}{N_{ryo}} - \frac{1}{N_{ro}})$$

$$N_{rxy} = (\frac{1}{N_{rxo}} + \frac{1}{N_{ryo}} - \frac{1}{N_{ro}})^{-1}$$

ه) کنترل مقطع

if $N_{rxy} > N_u \Rightarrow$ مقطع رضایت بخش است

if $N_{rxy} < N_u \Rightarrow$ بایستی ابعاد یا سطح مقطع میلگردها افزایش یابد

END

۵- سطح شکست S_3

الف) تعیین ظرفیت خمشی نهایی مقطع وقتی که برون محوری e_x وجود دارد $(e_y = 0.0)$

$$\gamma = \frac{h - 2d'}{h}$$

$$e_{x(mm)} = \frac{M_{ux}(KN.m) \times 1000}{N_u(KN)} \rightarrow \frac{e_x}{h}$$

$$m = \frac{\varphi_s . f_y}{0.85 \varphi_c . f_c}$$

$$\rho = \frac{As_t}{A_g}$$

$$\Longrightarrow m\rho$$

با داشتن مقادیر γ و $\frac{e_x}{h}$ و $m\rho$ و نمودارهای اثر متقابل نیروی محوری و لنگر خمشی مقدار $\frac{M_{rxo}}{\varphi_c . f_c . b.h^2}$ را تعیین کنید و سپس ظرفیت محوری نهایی وقتی که $(e_y = 0.0)$ می باشد

$$M_{rxo} = (\frac{M_{rxo}}{\varphi_c . f_c . b.h^2})(\varphi_c . f_c . b.h^2)$$

49

24

ب) تعیین ظرفیت خمشی نهایی مقطع وقتی که برون محوری e_y وجود دارد $(e_x = 0.0)$

$$\begin{cases} \gamma = \dfrac{b-2d'}{b} \\ e_{y(mm)} = \dfrac{M_{uy}(KN.m)\times 1000}{N_u(KN)} \longrightarrow \dfrac{e_y}{b} \\ m = \dfrac{\varphi_s . f_y}{0.85\varphi_c . f_c} \\ \rho = \dfrac{As_t}{A_g} \end{cases} \longrightarrow m\rho$$

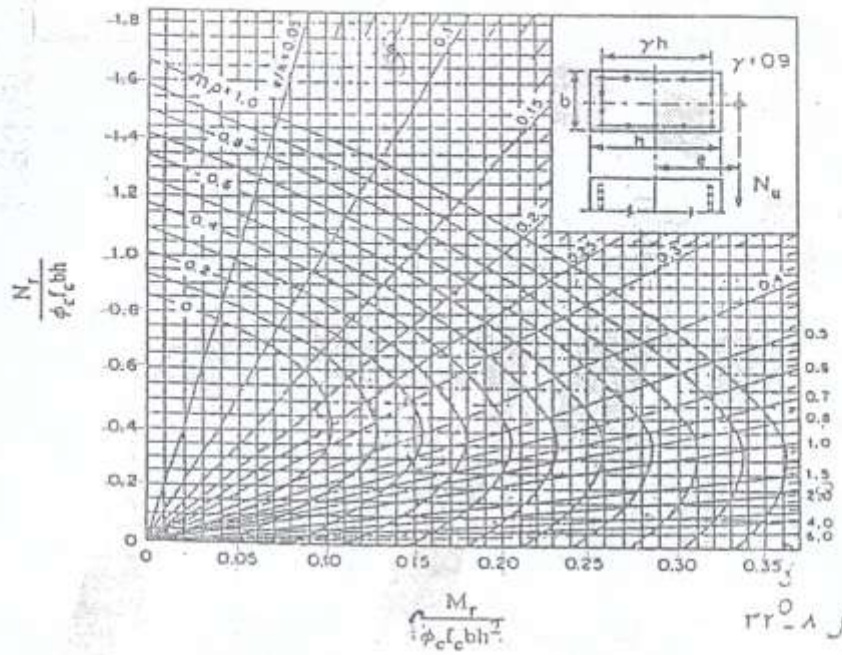
با داشتن مقادیر γ و $\dfrac{e_y}{b}$ و $m\rho$ و نمودارهای اثر متقابل نیروی محوری و لنگر خمشی مقدار $\dfrac{M_{ryo}}{\varphi_c . f_c . b^2 . h}$ را تعیین کنیم و سپس ظرفیت محوری نهایی وقتی که $(e_y = 0.0)$ می باشد

$$M_{rxo} = (\frac{M_{rxo}}{\varphi_c . f_c . b^2 . h})(\varphi_c . f_c . b^2 . h).$$

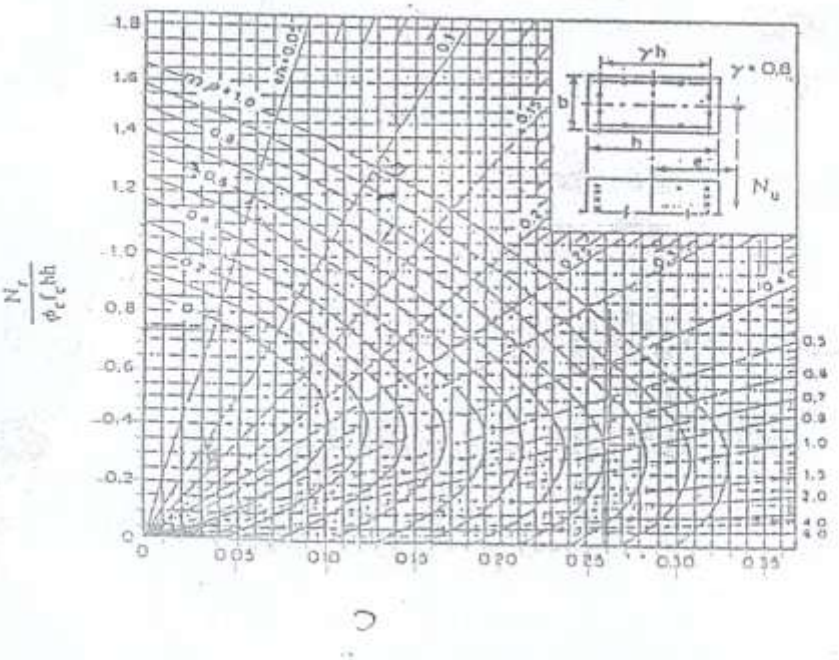
ج) کنترل مقطع

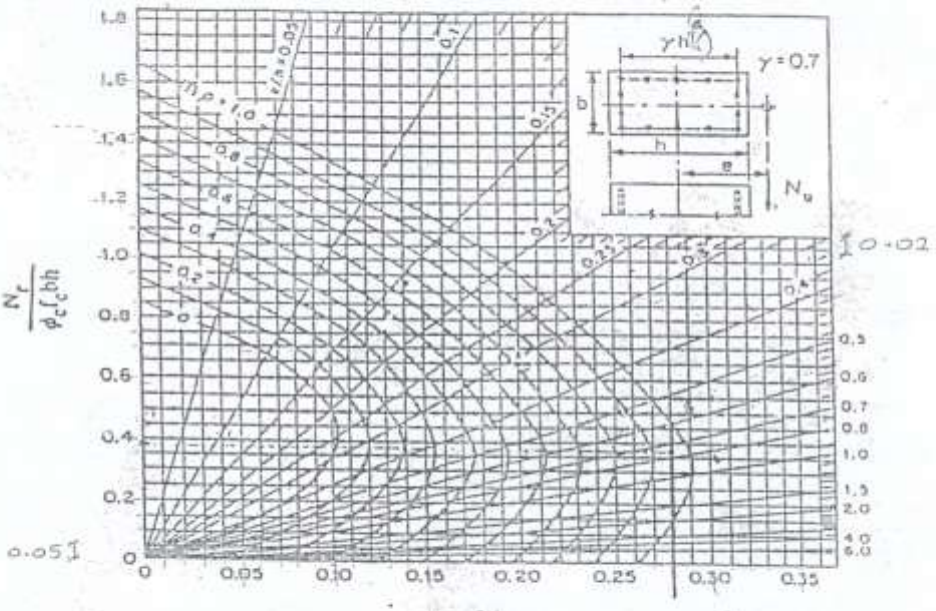
if $\dfrac{M_{ux}}{M_{rxo}} + \dfrac{M_{uy}}{M_{ryo}} \le 1.0 \Rightarrow$ مقطع رضایت بخش است

if $\dfrac{M_{ux}}{M_{rxo}} + \dfrac{M_{uy}}{M_{ryo}} > 1.0 \Rightarrow$ بایستی ابعاد یا سطح مقطع میلگردها افزایش یابد

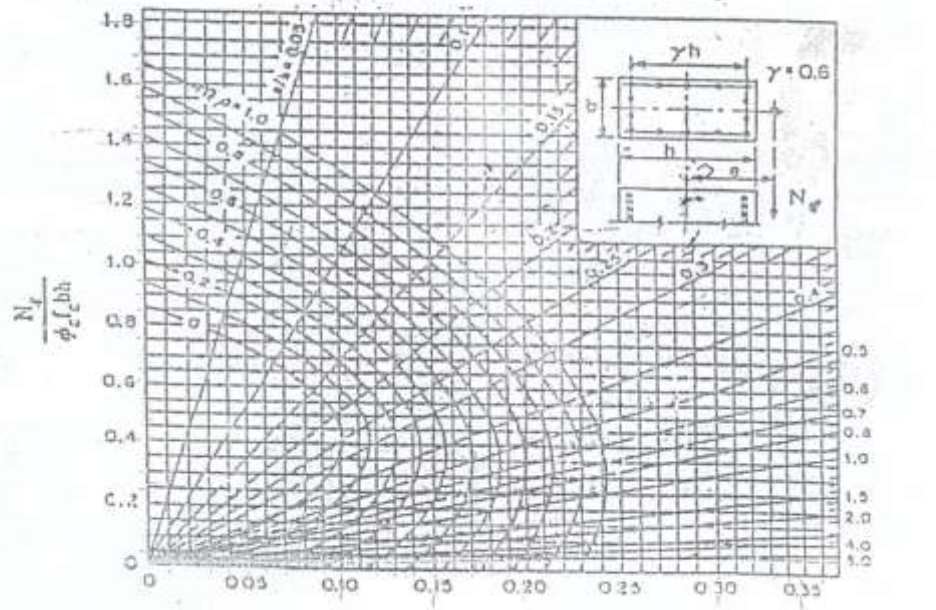

γh
γ=0.9
b
h
e
N_u
$\frac{N_r}{\phi_c f_c' bh}$
$\frac{M_r}{\phi_c f_c' bh^2}$

شکل ۸-۲۲


γh
γ=0.8
b
h
e
N_u
$\frac{N_r}{\phi_c f_c' bh}$


γ = 0.7
γh
b
h
a
N_u
$\frac{N_r}{\phi_c f_c b h}$
$\frac{M_r}{\phi_c f_c b h^2}$
0.01
0.02
0.05
0.10
0.15
0.20
0.25
0.30
0.35

شکل ۸ـ۳۴


γ = 0.6
γh
b
h
a
N_u
$\frac{N_r}{\phi_c f_c b h}$
0.05
0.10
0.15
0.20
0.25
0.30
0.35

روش گام به گام تعیین ضریب تشدید لنگر (برای طراحی ستونهای لاغر)

۱- تعیین بارها و لنگرهای با ضریب

الف) بارهای قائم (ثقلی)

$N_u = 1.25D + 1.5L$

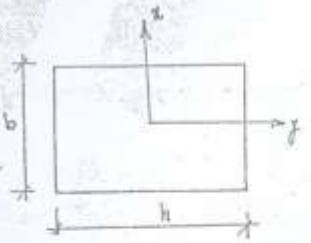
$M_{1b} = 1.25D + 1.5L$ لنگر انتهایی کوچکتر

$M_{2b} = 1.25D + 1.5L$ لنگر انتهایی بزرگتر

اگر هیچ گونه لنگری در دو انتهای ستون وجود نداشته باشد و یا مقدار خروج از مرکزیت از $(15+0.03h)$ کمتر باشد مقدار لنگر بایستی بر اساس خروج از مرکزیت $(15+0.03h)$ محاسبه گردد یعنی

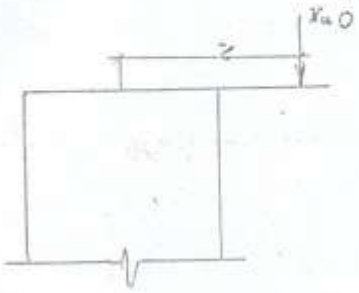
$M_{\text{حداقل}} = N_u(15+0.03h)$

h بعد مقطع ستون عمود بر محور چرخش



بایستی $M_{2b} \geq M_{\text{حداقل}}$

توجه : وقتی که شرایط خروج از مرکزیت حداقل حاکم است مقررات اعمال خروج از مرکزیت حداقل نبایستی به طور همزمان در دو امتداد و به حالت خمش دو محوره اعمال می شود



ب) ترکیب بارهای ثقلی و جانبی

ترکیب ۱

$$\begin{cases} N_u = 0.8(1.25D+1.5L+1.5E) = D+1.2L+1.2E \\ M_{2b} = 0.8(1.25D+1.5L) = D+1.2L \\ M_{2s} = 0.8(1.5E) = 1.2E \end{cases}$$

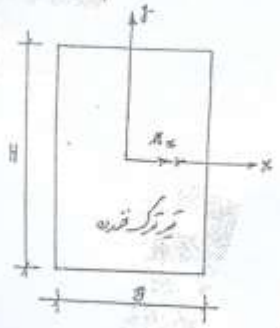
ترکیب ۲

$$\begin{cases} N_u = 0.85D+1.2E \\ M_{2b} = 0.85D \\ M_{2s} = 1.2E \end{cases}$$

توجه شود که به ازا هر یک از ضرایب و ترکیبات بار بایستی عملیات بعدی تکرار گردد

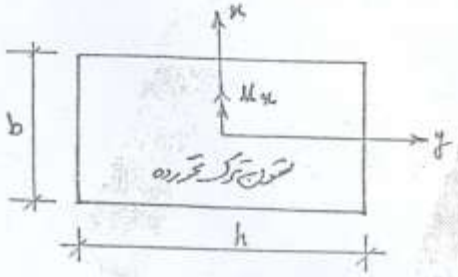
۲- تعیین ممان اینرسی کل مقطع ترک نخورده حول محور خنثی بدون منظور نمودن میلگردهای مقطع

الف) تیر ترک نخورده

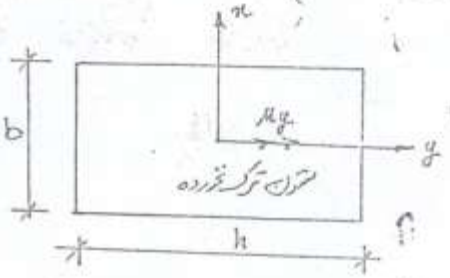


$$I_{gb} = \frac{BH^3}{12}$$

ب) ستون ترک نخورده



$$I_{gc} = \frac{bh^3}{12}$$



$$I_{gc} = \frac{hb^3}{12}$$

۳- چون تمام تیرها بدون استثنا ، در ناحیه کنترل کشش ترک می خورند ولی ستونها بر حسب خروج از مرکزیت بارهای وارده ممکن است به صورت مقطع ترک خورده و یا ترک نخورده باشند یک روش تقریبی برای تعیین ممان اینرسی که برای طرح اولیه مناسب است این است که

$$I_b = 0.5 I_{gb}$$

$$I_c = I_{gc}$$

۴- تعیین ضرایب سختی نسبی دورانی برای دو انتهای ستون

$$\psi = \frac{\sum \frac{EI_c}{L_c}}{\sum \frac{EI_b}{L_b}}$$

در هر گره

برای ستونهای منتهی به گره

برای تیرهای منتهی به گره

L = دهانه مرکز به مرکز تیرها یا ستونها می باشد

در صورتیکه قاب مهار بندی نشده باشد بایستی ضرایب سختی نسبی دورانی دو سر ستون برای تمام ستونهای آن طبقه بندی محاسبه شود

برای انتهای کاملا گیر دار $\psi = 0.0$ و برای انتهای کاملا مفصلی $\psi = \infty$ می باشد

برای اتصال ستون روی شالوده بر حسب نوع شالوده و خاک زیر آن $1.0 \le \psi \le 10$

هرچه فونداسیون حجیم تر و خاک زیر آن محکمتر باشد $\Leftarrow \psi \rightarrow 1.0$

هرچه فونداسیون کوچکتر و خاک زیر آن سست تر باشد $\Leftarrow \psi \rightarrow 10$

۵- تعیین

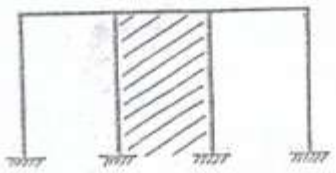
متوسط ψ دو انتهای عضو فشاری

$$\psi_m = \frac{1}{2}(\psi_A + \psi_B)$$

کوچکترین مقدار ψ در دو انتهای عضو فشاری

$$\psi_{\min} = \min(\psi_A, \psi_B)$$

۶- تعیین ضریب طول موثر k



قاب مهاربندی شده

الف) برای ستونهای قاب مهار بندی شده در دیوار برشی در ساختمانهای کوتاه متعارف در صورتیکه مجموع سختیهای جانبی اعضای مهار کننده طبقه مانند دیوارهای برشی و بادبندهای مساوی و یا بزرگتر از 6 برابر مجموع سختیهای جانبی ستونهای طبقه باشد آن طبقه را می توان مهار بندی شده تلقی نمود .

$$K = \min\begin{cases} K_1 = 0.7 + 0.1\psi_m \le 1.0 \\ K_2 = 0.85 + 0.05\psi_{\min} \le 1.0 \end{cases}$$

در قابهای مهار بندی شده همواره می توان مقدار K را در جهت اطمینان برابر یک فرض کرد

در جهت اطمینان $K = 1.0$

ب) برای ستونهای قاب مهار بندی نشده

$$\text{if} \quad \psi_m < 2.0 \Rightarrow K = (1 + 0.05\psi_m)\sqrt{1+\psi_m}$$

$$\text{if} \quad \psi_m > 2.0 \Rightarrow K = 0.9\sqrt{1+\psi_m}$$

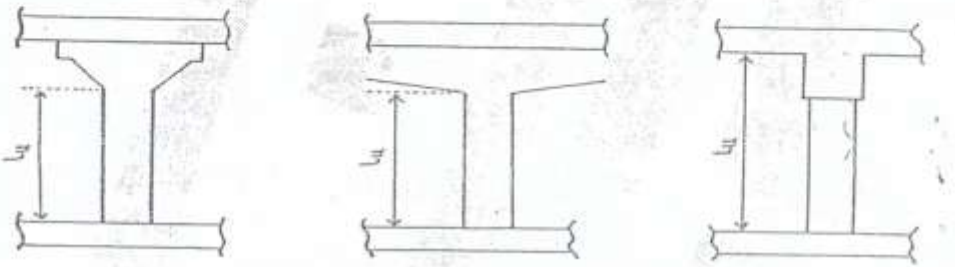
در صورتیکه یک انتهای ستون مهار بندی نشده مفصلی باشد ، ضریب طول موثر از رابطه زیر محاسبه می شود که ψ مربوط به انتهای غیر مفصلی است

$$K = 2.0 + 0.3\psi$$

28

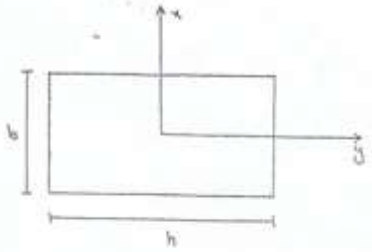
توجه:
در صورتیکه قاب مهار بندی نشده باشد بایستی ضرایب طول موثر برای تمام ستونهای آن طبقه محاسبه شود

۷- تعیین ارتفاع آزاد ستون l_u
طول آزاد ستون برابر است با فاصله آزاد بین دالهای طبقات ، تیرها و یا سایر قطعاتی که قادر به ایجاد تکیه گاه جانبی برای آن قطعه باشد در صورتیکه ستون دارای کتیبه یا سر ستون باشد ، طول آزاد تا سطح تحتانی کتیبه یا سر ستون محاسبه می گردد



۸ - تعیین شعاع ژیراسیون r ستون بتنی در حالت ترک نخورده

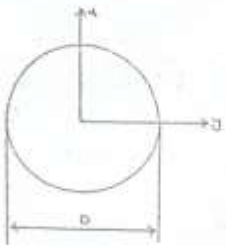
a) برای مقاطع مستطیلی



خمش حول محور قوی x $r_x = 0.3h$

خمش حول محور ضعیف y $r_y = 0.3b$

b) برای مقاطع دایره ای



$r = 0.25d$

c) مقاطع دیگر

$$r = \sqrt{\frac{I_g}{A_g}}$$

۹- تعیین ضریب لاغری

$$\lambda = \frac{kl_u}{r}$$

۱۰ – کنترل حداکثر ضریب لاغری ستون

$(\frac{kl}{r}) < 200$ بایستی $\lambda < 200$

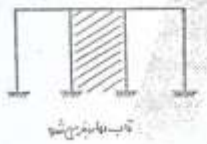
به طور کلی طبق آیین نامه بتن ایران ، استفاده از اعضای فشاری با لاغری بزرگتر از 200 مجاز نمی باشد

۱۱- کنترل لاغری ستون

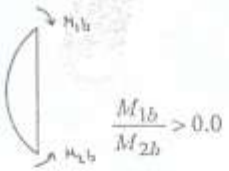
a) برای سیستم مهار بندی شده

احتیاج به منظور کردن لاغری نمی باشد در غیر اینصورت $if \quad \frac{kl_u}{r} < 34 - 12\frac{M_{1b}}{M_{2b}} \Rightarrow$

بایستی لاغری در نظر گرفته شود

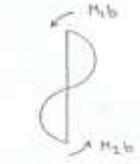


M_{1b} لنگر کوچکتر و M_{2b} لنگر بزرگتر (از لحاظ قدر مطلق) دو انتهای ستون است



$\frac{M_{1b}}{M_{2b}} > 0.0$

انحنای ساده



$\frac{M_{1b}}{M_{2b}} < 0.0$

انحنای مضاعف

b) برای سیستم مهار بندی نشده

احتیاج به منظور کردن لاغری نمی باشد در غیر این صورت $if \frac{kl_u}{r} < 22.0 \Rightarrow$

لاغری در نظر گرفته می شود

۱۲- کنترل استفاده از روش تشدید لنگر δ :

استفاده از روش تشدید لنگر و روش تقلیل ظرفیت باربری مجاز است $\Rightarrow \lambda < 100$ if

استفاده از روش تحلیل مرتبه دوم قاب مجاز است $\Rightarrow \lambda > 100$ if

---

۱۳- محاسبه سختی خمشی موثر ستون $E.I_e$

الف) روش تقریبی برای طرح اولیه (محافظه کارانه)

$$E.I_e = 0.25 E_c.I_g$$

ب) روش دقیق با داشتن سطح مقطع میلگرد های ستون

$$E_s = 2\times10^5 \, N/mm^2$$

$$E_c = 5000\sqrt{f_c}$$

$$E.I_e = \frac{0.2E_c.I_g + E_s.I_{se}}{1+B_d}$$

I_g = ممان اینرسی کل ستون بتنی ترک نخورده بدون در نظر گرفتن فولاد

I_{se} = ممان اینرسی سطح مقطع آرماتورها نسبت به محور مرکزی مقطع عضو

$$B_d = \left| \frac{\text{حداکثر لنگر با ضریب ناشی از بار مرده نهایی}}{\text{حداکثر لنگر با ضریب ناشی از بار کل نهایی}} \right| > 0.0$$

B_d ضریبی است که اثر خزش ناشی از بارهای دائمی را در کاهش سختی خمشی ستون نشان می دهد

---

۱۴ – تعیین بار بحرانی کمانش (اولر) Critical Buckling load

$$N_c = \frac{\pi^2 E.I_e}{(kl_u)^2}$$

چون در قابهای مهار بندی نشده امکان انتقال جانبی یک طبقه از قاب وجود داردو یک ستون نمی تواند به تنهایی کمانش همراه با انتقال جانبی داشته باشد و این تفاق برای تمام ستونهای آن طبقه در آن واحد رخ می دهد بنابراین درصورتیکه قاب مهار بندی نشده باشد بایستی N_c برای تمام ستونهای آن طبقه محاسبه گردد

$$\sum N_c = N_{c1} + N_{c2} + ... + N_{cn}$$

همچنین بایستی N_u را برای تمام ستونهای آن طبقه محاسبه شود

$$\sum N_u = N_{u1} + N_{u2} + ... + N_{un}$$

۱۷ - تعیین ضریب تشدید متعلق به اثر تغییر مکان جانبی قطعه

الف) برای اعضای فشاری مهار بندی شده
چون انتقال جانبی قاب مهاربندی شده در مقابل بارهای جانبی کوچک است $\delta_s = 1.0$

ب) برای قابهای مهار بندی نشده

$$\delta_s = \frac{1.0}{\left[1.0 - \frac{\sum N_u}{\varphi_c \cdot \sum N_c}\right]}$$

$$\varphi_c = 0.65$$

۱- محاسبه لنگر تشدید یافته M_c

الف) برای ترکیب بارهای قائم (ثقلی) ، قاب مهار بندی شده فرض می شود $(K \le 1.0)$

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

ب) برای ترکیب بارهای ثقلی و جانبی ، قاب مهار بندی نشده فرض می شود $(K > 1.0)$

$$M_c = \delta_b . M_{2b} + \delta_s . M_{2s}$$

M_{2b} بزرگترین لنگر خمشی نهایی دو انتهای عضو تحت اثر بارهای قائم

M_{2s} بزرگترین لنگر خمشی نهایی دو انتهای عضوفشاری تحت اثر بارهای جانبی

توجه :
در قابهای مهار نشده در صورتی که به علت شکل هندسی نا متقارن یا بارگذاری نامتقارن قائم ، تغییر مکان نسبی دو انتهای قطعه تحت اثر بارهای قائم از $\frac{l_u}{1500}$ تجاوز کند ، مقادیر لنگرهای خمشی ناشی از بارهای قائم جز لنگرهای خمشی M_{2s} محسوب می شوند.

---

۱۹ – طبق این نامه آبا ، ستون بایستی برای بار محوری با ضریب N_u و لنگر خمشی تشدید یافته M_c طرح شود

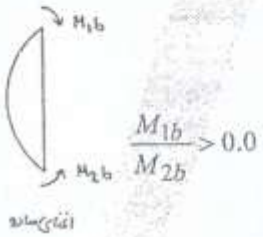
۱۵ – تعیین ضریب m

الف) برای قابهای مهار بندی شده

a) اگر در روی عضو بار جانبی داشته باشیم $C_m = 1.0$

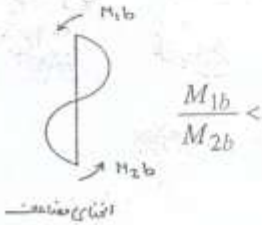
b) اگر لنگرها بر دو انتهای ستون تاثیر نمایند $C_m = 0.6 + 0.4(\frac{M_{1b}}{M_{2b}}) \geq 0.4$

M_{1b} لنگر کوچکتر و M_{2b} لنگر بزرگتر (از لحاظ قدر مطلق) دو انتهای ستون است



$\frac{M_{1b}}{M_{2b}} > 0.0$

انحنای ساده



$\frac{M_{1b}}{M_{2b}} < 0.0$

انحنای مضاعف

توجه :

وقتی خروج از مرکزیت انتهایی وجود داشته باشد ولی کمتر از $(15 + 0.03h)$ باشد برای محاسبه $\frac{M_{1b}}{M_{2b}}$ از لنگرهای انتهایی موجود استفاده می کنیم

توجه :

اگر محاسبات نشان دهد که اصلا هیچ لنگری در دو انتهای عضو فشاری موجود نیست انحنا ساده فرض می شود و $\frac{M_{1b}}{M_{2b}}$ و در نتیجه C_m مساوی 1.0 در نظر گرفته می شود.

ب) برای قابهای مهار بندی نشده

$C_m = 1.0$

---

۱۶ – تعیین ضریب تشدید متعلق به اثر انحنای قطعه

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{N_u}{\varphi_n . N_c}} \geq 1.0$$

$N_u \rightarrow kN$

$N_c \rightarrow kN$

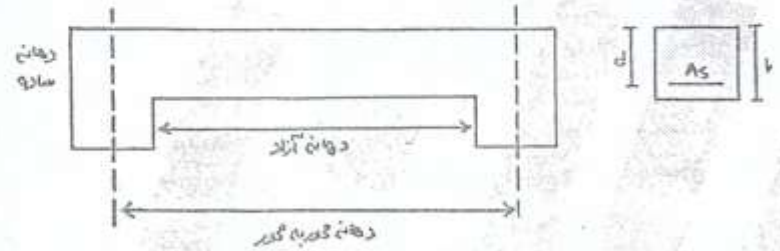
$\varphi_n = 0.65$

روش گام به گام طراحی دال، یکطرفه (آبا)

۱- کنترل یکطرفه بودن دال بایستی چک کنیم

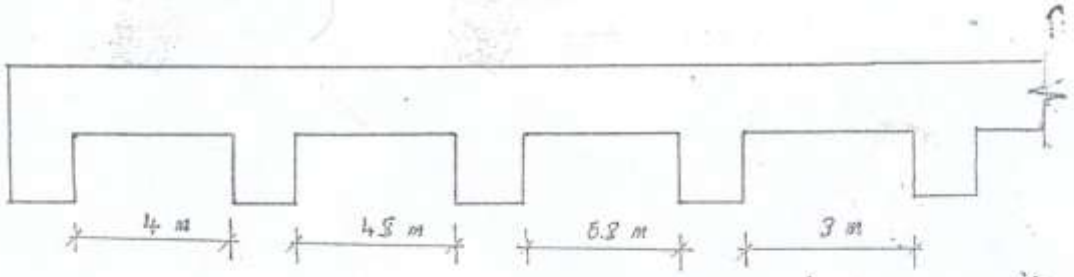
۲- تعیین دهانه محاسباتی l

الف) برا ی دهانه ساده



دهانه محاسباتی $l = \min\begin{cases} \text{دهانه محور به محور دو تکیه گاه} \\ d \quad \text{دهانه آزاد} + \text{ارتفاع موثر} \end{cases}$

ب) برای دهانه یکسره



دهانه محاسباتی l = دهانه محور به محور دو تکیه گاه

۳- تعیین حداقل ضخامت کل دال یکطرفه (h)

31

if $f_y \neq 400\,N/mm^2 \Rightarrow C_1 = 0.4 + \frac{f_y}{670}$

if $14\,KN/m^3 < W_c < 19\,KN/m^3 \Rightarrow C_2 = (1.65 - 0.03W_c) > 1.09$ وزن مخصوص بتن

(ضریب C_2 در آیین نامه بتن ایران وجود ندارد)

۴- تعیین بار نهایی وارد بر سطح دال (W_u)

با فرض وزن مخصوص بتن $\gamma_c = 24\,KN/m^3$ $\Leftarrow$ γ_c $= 24\,KN/m^3$ وزن دال $= 24 \times h_{(m)}$

$W_u = 1.25($ وزن دال + وزن کف سازی (بار مرده) $)+1.5($ بار زنده $)$

۵- کنترل شرایط استفاده از ضرایب لنگرهای مثبت و منفی و ضرایب برش

برای استفاده از مقادیر تقریبی ضرایب بایستی شرایط زیر حاکم باشد

الف) حداقل 2 دهانه وجود داشته باشد

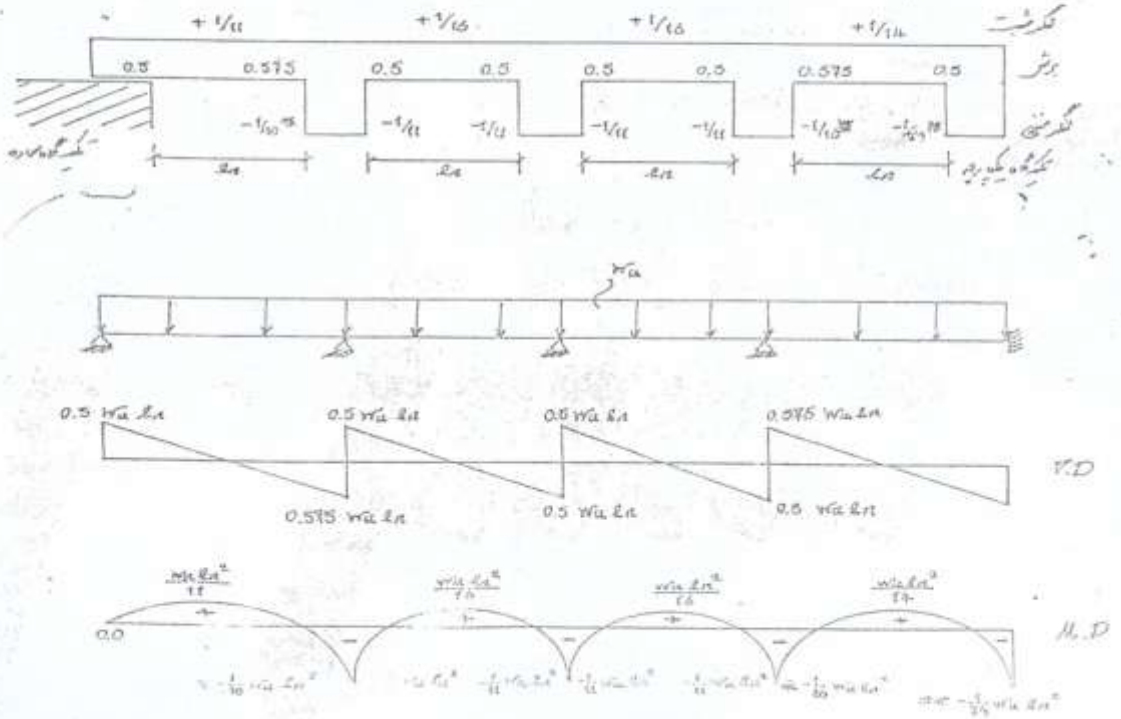
ب) در دهانه های یکسره اختلاف طول دو دهانه مجاور از 20% دهانه کوچکتر تجاوز نکند

ج) بارها به طور یکنواخت توزیع شده باشد

د)مقدار بار زنده واحد طول بزرگتر از 3 برابر بار مرده واحد طول نباشد $\Leftarrow$ $WL \leq 3WD$

ه) سطح مقطع اعضا منشوری باشد (در تمام طول عضو شکل سطح مقطع و ابعاد آن تغییر نکند)

۶- تعیین ضرایب نیروی برشی و لنگرهای مثبت ومنفی و رسم دیاگرام نیروی برشی و لنگر خمشی



برای تعیین لنگرهای مثبت $\Leftarrow l_n =$ دهانه آزاد

برای تعیین لنگرهای منفی $\Leftarrow l_n =$ متوسط دهانه آزاد دو طرف

- در دو دهانه مساوی $\leftarrow \frac{w_u l_n^2}{9}$ می باشد
- در صورتیکه تکیه گاه یک ستون باشد $\leftarrow \frac{-w_u l_n^2}{16}$ می باشد

در صورتیکه طول دهانه آزاد l_n کمتر از $3m$ باشد ضریب تمام لنگرهای منفی $\frac{-1}{12}$ خواهد بود

۷- کنترل ارتفاع موثر d دال برای عدم احتیاج به میلگردهای فشاری

الف) تعیین حداکثر لنگر وارد به دال

$$M_{u\max} = \max(M^+, M^-)$$

ب) تعیین ضریب β_1

$$\begin{cases} if & f_c \le 30 \, N/mm^2 & \rightarrow \beta_1 = 0.85 \\ if & 30 < f_c < 55 & \rightarrow \beta_1 = 0.85 - 0.008(f_c - 30) \\ if & 55 \le f_c & \rightarrow \beta_1 = 0.65 \end{cases}$$

ج) تعیین درصد فولاد ماکزیمم

$$(\rho_{\max} = \rho) = 0.6\beta_1 \frac{f_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

د) تعیین حداکثر فولاد

$$As_{\max} = \rho_{\max} b.d$$
$$b = 1000mm$$

$d = h - 30mm$ برای دالهایی که با محیط خارج تماس ندارند

برای دالهایی که با محیط خارج تماس دارند ← جدول ۴-۲ صفحه ۲۸۸ طاحونی

ه) تعیین حداکثر ارتفاع بلوک تنش مستطیلی و بتنی

$$a_{\max} = \frac{\varphi_s . f_y . As_{\max}}{0.85 \varphi_c . f_c' . b}$$

$$\varphi_s = 0.85 \qquad \varphi_c = 0.6$$

و) تعیین حداکثر لنگر مقاوم نهایی مقطع

$$M_r = As(\varphi_s . f_y)(d - \frac{a_{\max}}{2})$$

ز) کنترل مقطع برای عدم احتیاج به فولاد فشاری

$$\begin{cases} if & M_r \geq M_{u\max} \Rightarrow \text{ارتفاع } d \text{ برای عدم احتیاج به میلگردهای فشاری کفایت می کند} \\ if & M_r < M_{u\max} \Rightarrow \text{ارتفاع } d \text{ برای عدم احتیاج به میلگردهای فشاری کفایت نمی کند و بایستی ارتفاع } d \text{ را افزایش داد به طوریکه} \end{cases}$$

$$d = \frac{M_{u\max}}{As_{\max} . \varphi_s . f_y} + \frac{a_{\max}}{2}$$

۸- کنترل ارتفاع موثر d دال برای عدم احتیاج به خاموت

الف) تعیین حداکثر نیروی برشی وارد به مقطع

$$V_{u\max} = \max(V^+, V^-)$$

ب) تعیین نیروی برشی قابل حمل توسط بتن

$$V_c = 0.2 \varphi_c \sqrt{f_c} . b . d$$

ج) کنترل مقطع برای عدم احتیاج به خاموت

$$\begin{cases} if & V_c \geq V_{u\max} \Rightarrow \text{ارتفاع } d \text{ برای عدم احتیاج به خاموت کفایت می کند} \\ if & V_c < V_{u\max} \Rightarrow \text{ارتفاع } d \text{ برای عدم احتیاج به خاموت کفایت نمی کند و بایستی ارتفاع } d \text{ را افزایش داد به طوریکه} \end{cases}$$

$$d = \frac{V_{u\max}}{0.2 \varphi_c \sqrt{f_c} . b}$$

۹- محاسبه سطح مقطع میلگردهای مثبت و منفی

$$As^{\pm} = \frac{0.85 \varphi_c . f_c . b . d}{\varphi_s . f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2M_u}{0.85 \varphi_c . f_c . b . d^2}} \right]$$

66

۱۰ – کنترل حداقل درصد میلگردهای دال

حداقل درصد میلگردهای اصلی در دال ها $\frac{1.4}{f_y}$ نبوده بلکه به مقدار میلگردهای حرارتی در نظر گرفته می شود

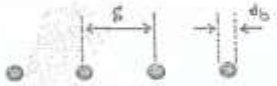
حداقل درصد میلگردهای حرارتی در دال ها

$\rho_{min} = 0.0020$	$f_y \leq 400 N/mm^2$
$\rho_{min} = 0.0018$	$f_y = 400 N/mm^2$
$\rho_{min} = 0.0015$	$f_y \geq 500 N/mm^2$

$(As = As_{min}) = \rho_{min} b.h$

$As^{\pm} \geq As_{min}$ بایستی

۱۱- انتخاب فواصل مرکز به مرکز میلگردهای دال (S)



الف) فاصله آزاد بین میلگردها $\geq 25mm \geq 1.33$ برابر قطر اسمی بزرگترین سنگدانه

ب)برای جلوگیری از ترک های ناشی از جمع شدگی و تغییرات درجه حرارت بایستی

فاصله مرکز به مرکز میلگردها ≥ 3برابر ضخامت دال $\geq 350mm$

۱۲) انتخاب سطح مقطع و قطر میلگردهای دال

$$A_1 = \frac{A_s \times S}{1000mm}$$

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \times A_1}{\pi}}$$

33

سطح مقطع As در یک متر طول (mm^2/m)

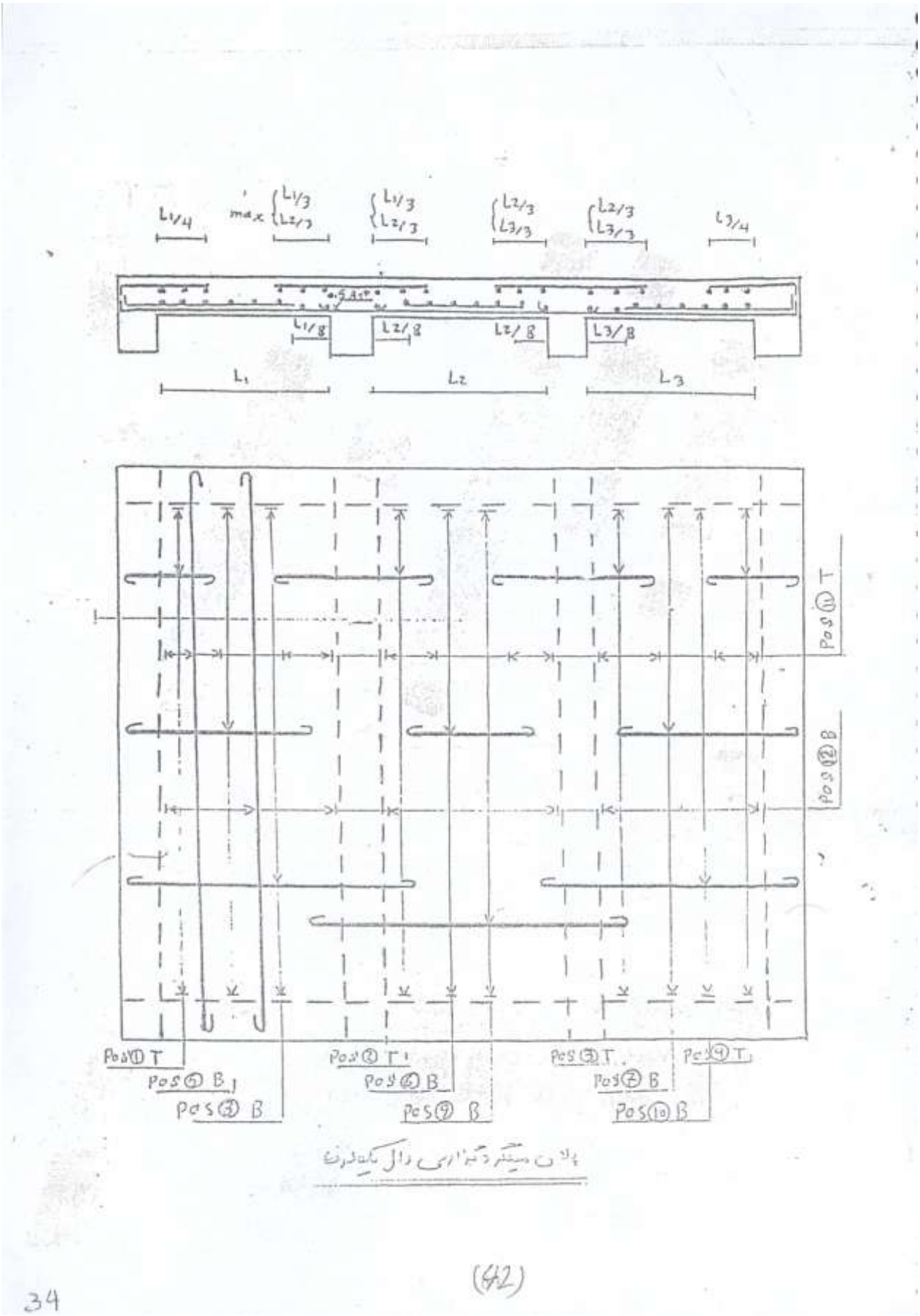
قطر میلگرد	S=100mm	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350
6	283	226	188	162	141	126	113	103	94	87	81
8	503	402	335	287	251	223	201	183	168	155	144
10	785	628	524	449	393	349	314	286	262	242	224
12	1131	905	754	646	565	503	452	411	377	348	323
14	1539	1232	1026	880	770	684	616	560	513	474	440
16	2011	1608	1340	1149	1005	894	804	731	677	619	574

دردال معمولا از ϕ10 و ϕ12 با فاصله بیشتر از 100mm در نظر می گیریم

۱۳- میلگردهای حرارتی در منطقه لنگر خمشی مثبت در روی میلگردهای اصلی و در منطقه لنگر خمشی در زیر میلگردهای اصلی قرار داده می شوند
در گوشه دال های یکطرفه برای کنترل عرض ترک دو شبکه میلگرد عمود بر هم در بالا و پایین دال لازم است

اعداد داخل جدول بالا As عبارتند از مساحت میلگرد (Ast or Asb)

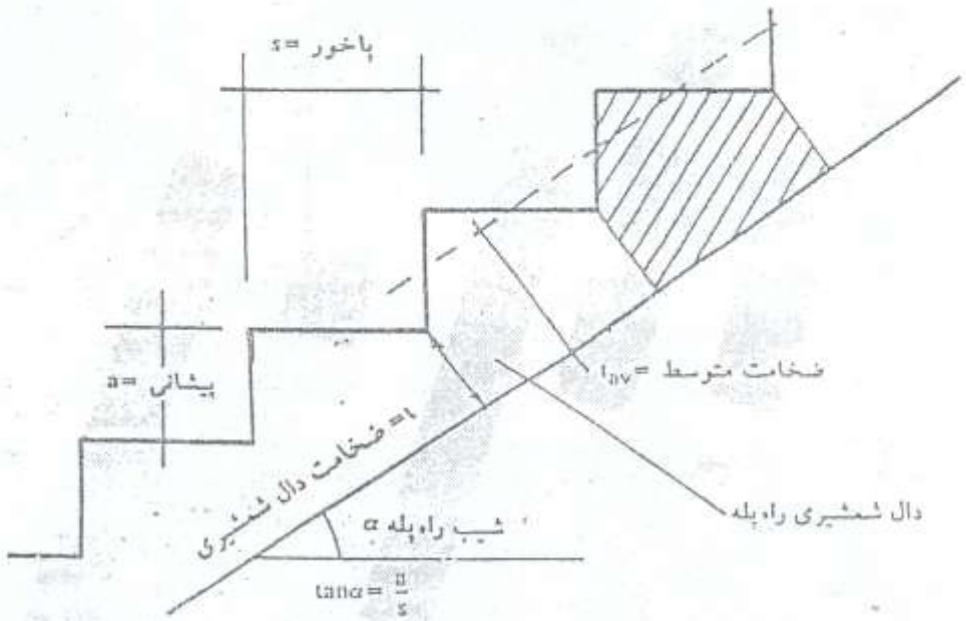
(41)



پلان میلگردگذاری دال یکطرفه

34

(42)



شکل ۱۲ ـ ۳۳ ـ اجزای پله

۱ـ

a = ارتفاع پیشانی پله — بر حسب ضروریات معماری $160mm \le a \le 180mm$

S = پا خورپله (کف پله) — توصیه $S = 300mm$

t = ضخامت دال پله

t_{av} = ضخامت متوسط جان پله

$$t_{av} = \frac{0.5a.S + t\sqrt{a^2 + S^2}}{\sqrt{a^2 + S^2}}$$

α = شیب راه پله

$$\alpha = tg^{-1}\frac{a}{S}$$

37

75

۲- بار زنده راه پله

بار زنده راه پله های ساختمانی مسکونی ،اداری و موارد مشابه ، $3.5\,KN/m^2$ سطح افق و بار زنده راه پله های ساختمانهای عمومی $5\,KN/m^2$ سطح افق می باشد.

درنتیجه با زنده وارد بر طول راه پله برابر است با :

برای ساختمانهای مسکونی و اداری: (عرض پله) × (3.5) = بار زنده راه پله

برای ساختمانهای عمومی: (عرض پله) × (5) = بار زنده راه پله

۳- بار مرده راه پله

بار مرده راه پله شامل وزن اجزای پله بعلاوه وزن نازک کاری احتمالی روی آن است

با فرض وزن مخصوص بتن برابر $24\,KN/m^3$

وزن شمشیری راه پله = (وزن مخصوص) × (عرض پله) × (t_{av}) = (24) × (عرض پله) × (t_{av})

وزن پاگرد = (24) × (عرض پله) × (t)

با فرض وزن مخصوص نازک کاری برابر $22\,KN/m^3$

وزن نازک کاری = (وزن مخصوص) × (عرض پله) × (ضخامت نازک کاری)

بار مرده کل شمشیری عمود بر شیب = (وزن شمشیری) + (وزن نازک کاری)

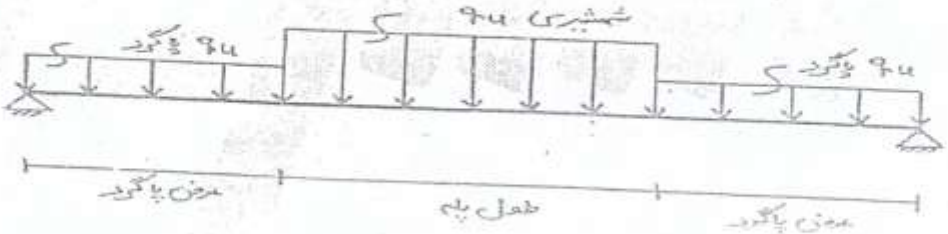
بار مرده کل شمشیری بر سطح افق = (بار مرده کل شمشیری عمود بر شیب / $\cos\alpha$)

بار مرده پاگرد = (وزن پاگرد) + (وزن نازک کاری)

۴- تعیین بار با ضریب

شمشیری $q_u = 1.25 \times$ (بار مرده کل شمشیری بر سطح افق) $+ 1.5 \times$ (بار زنده راه پله)

پاگرد $q_u = 1.25 \times$ (بار مرده پاگرد) $+ 1.5 \times$ (بار زنده راه پله)



۵- رسم دیاگرام نیروی برشی و لنگر خمشی و تعیین

$V_{u\max}$ و $M_{u\max}$

۶- تعیین ارتفاع موثر d برای عدم احتیاج به میلگرد فشاری

تعیین ضریب β_1

$$\begin{cases} if & f_c \le 30 \, N/mm^2 & \rightarrow \beta_1 = 0.85 \\ if & 30 < f_c < 55 & \rightarrow \beta_1 = 0.85 - 0.008(f_c - 30) \\ if & 55 \le f_c & \rightarrow \beta_1 = 0.65 \end{cases}$$

درصد فولاد ماکزیمم

$$(\rho_{\max} = \rho) = 0.6\beta_1 \frac{f_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$As_{\max} = \rho_{\max} b.d$

$b =$ عرض پله

$d = t - 40mm$

$$a_{\max} = \frac{\varphi_s . f_y . As_{\max}}{0.85 \varphi_c . f_c . b}$$

$\varphi_s = 0.85$ $\varphi_c = 0.6$

$$M_r = As(\varphi_s . f_y)(d - \frac{a_{\max}}{2})$$

$$\begin{cases} if & M_r \ge M_{u\max} \Rightarrow & \text{ارتفاع } d \text{ برای عدم احتیاج به میلگردهای فشاری کفایت می کند} \\ if & M_r < M_{u\max} \Rightarrow & \text{ارتفاع } d \text{ برای عدم احتیاج به میلگردهای فشاری کفایت نمی کند و بایستی ارتفاع } d \text{ را افزایش داد به طوریکه} \end{cases}$$

$$d = \frac{M_{u\max}}{As_{\max} . \varphi_s . f_y} + \frac{a_{\max}}{2}$$

77

38

۸- کنترل ارتفاع موثر d دال برای عدم احتیاج به خاموت

نیروی برشی قابل حمل توسط بتن

$$V_c = 0.2\varphi_c \sqrt{f_c}\, b.d$$

$$\begin{cases} if & V_c \geq V_{u\max} \Rightarrow & \text{ارتفاع } d \text{ برای عدم احتیاج به خاموت کفایت می کند} \\ if & V_c < V_{u\max} \Rightarrow & \text{ارتفاع } d \text{ برای عدم احتیاج به خاموت کفایت نمی کند و بایستی ارتفاع } d \text{ را افزایش داد به طوریکه} \end{cases}$$

$$d_{لازم} = \frac{V_{u\max}}{0.2\varphi_c \sqrt{f_c}\, b}$$

---

۹ – تعیین سطح مقطع میلگردهای حرارتی

حداقل درصد میلگردهای حرارتی در دال ها

$\rho_{\min} = 0.0020$	$f_y \leq 400 \, N/mm^2$
$\rho_{\min} = 0.0018$	$f_y = 400 \, N/mm^2$
$\rho_{\min} = 0.0015$	$f_y \geq 500 \, N/mm^2$

حداقل درصد میلگردهای اصلی در دال ها $\frac{1.4}{f_y}$ نبوده بلکه به مقدار میلگردهای حرارتی در نظر گرفته می شود

$$(As = As_{\min}) = \rho_{\min} b.h$$

بایستی $As^{\pm} \geq As_{\min}$

۱۰- محاسبه سطح مقطع میلگردهای دال راه پله

$$As = \frac{0.85\varphi_c . f_c . b.d}{\varphi_s . f_y}\left[1 - \sqrt{1 - \frac{2M_u}{0.85\varphi_c . f_c . b.d^2}}\right]$$

۱۱- انتخاب فواصل مرکز به مرکز میلگردهای دال (S)-

الف) فاصله آزاد بین میلگردها $\geq 25mm \geq 1.33$ برابر قطر اسمی بزرگترین سنگدانه

ب)برای جلوگیری از ترک های ناشی از جمع شدگی و تغییرات درجه حرارت بایستی

فاصله مرکز به مرکز میلگردها ≥ 3برابر ضخامت دال $\geq 350mm$

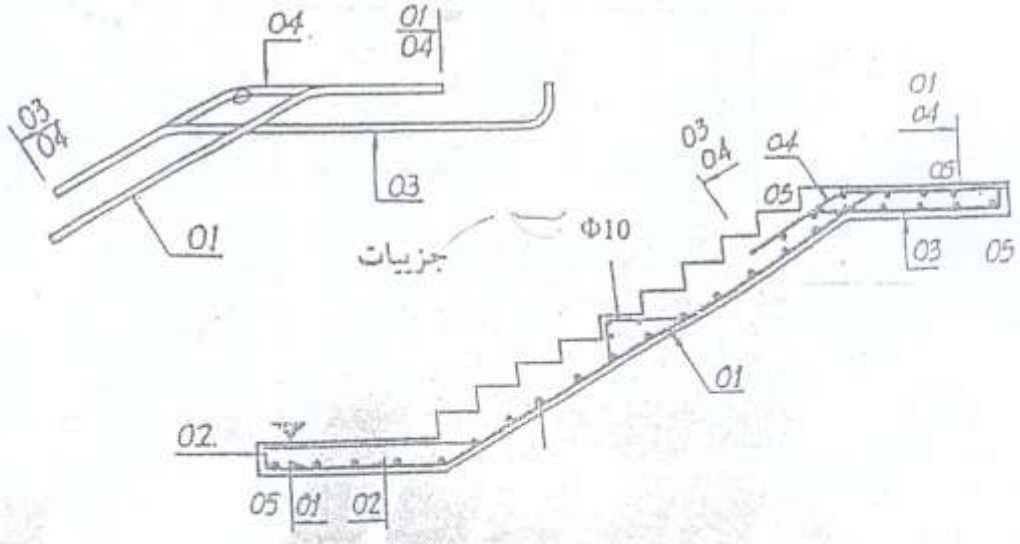
---

۱۲) انتخاب سطح مقطع و قطر میلگردهای دال

$$A_1 = \frac{A_s \times S}{\text{عرض پانل}}$$

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \times A_1}{\pi}}$$

۱۳- آرایش میلگردهای دال راه پله



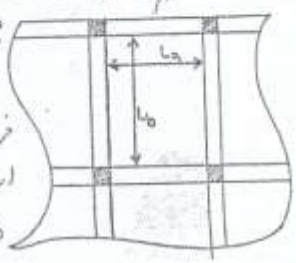
39

طراحی دال دو طرفه در لبه ها به روش ضرائب جدولی

۱- تعیین

l_a = دهانه آزاد در امتداد کوتاه پانل

l_b = دهانه آزاد در امتداد بلند پانل



۲- تعیین حداقل ضخامت دال دو طرفه متکی در لبه ها

آیین نامه بتن ایران ضخامت حداقل دالهای متکی به تیرهای پیرامونی را به صورت زیر پیشنهاد می نماید

الف) در چشمه هایی که در یک وجه یا بیشتر غیر پیوسته هستند، محیط چشمه تقسیم بر 140

$$h_{\min} = \frac{1}{140}[2(l_a + l_b)]$$

ب) در چشمه هایی که در چها وجه هستند ، محیط چشمه تقسیم بر 160

$$h_{\min} = \frac{1}{160}[2(l_a + l_b)]$$

ج) h از $10cm$ هم نبایستی کمتر باشد

۳- کنترل دال دو طرفه متکی در لبه ها

الف) دال در چهار طرف روی تیرها یا دیوارهایی تکیه داشته باشد

ب) بارهای وارد به دال ، بارهای قائم بوده و به طور یکنواخت پخش شده باشد

ج) نسبت طول آزاد به عرض آزاد دال ، کوچکتر یا مساوی 2.0 باشد $\frac{l_b}{l_a} \le 2.0$

د) ابعاد تیرهای زیرسری چنان باشد که رابطه زیر برقرار باشد

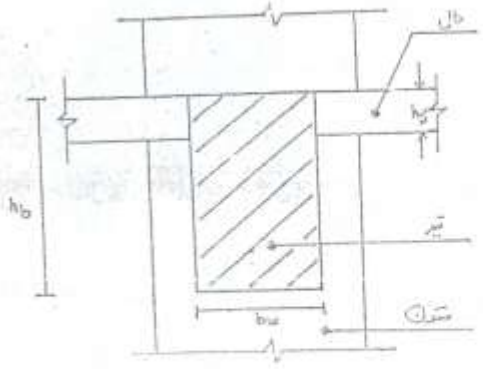
$$\frac{b_w . h_b^{\,3}}{L_n . h_s^{\,3}} \ge 2.0$$

b_w = عرض جان تیر

h_b = ارتفاع کل تیر

L_n = دهانه آزاد

h_s = ضخامت دال



۴- تعیین بار نهایی وارد به سطح دال (W_u)

الف) بار مرده

با فرض وزن مخصوص بتن برابر $24\,KN/m^3 \leftarrow$

وزن دال $= 24 \times h_m$

$w_{ud} = 1.25($ وزن دال + وزن کف سازی $)$

$w_{ul} = 1.5 \times ($ بارزنده $)$

$w_u = w_{ul} + w_{ud}$

۵- تعیین نسبت ضلع کوتاه به ضلع بلند چشمه

$$m = \frac{l_a}{l_b} < 1$$

۶- تعیین ضرایب لنگر منفی برای دالها

$C_{b.neg}$ و $C_{a.neg}$

برای تعیین ضرایب لنگر منفی فرض شده که در دو دهانه مجاور به طور کامل تحت بار مرده و زنده می باشد.

جدول ۱۰ - ۳ - ضرایب لنگر منفی برای دالها

w = بار یکنواخت مرده + زنده وارد بر واحد سطح

$M_{a.neg} = C_{a.neg} wl_a^2$

$M_{b.neg} = C_{b.neg} wl_b^2$

نسبت $m = \frac{l_a}{l_b}$		Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6	Case 7	Case 8	Case 9
1.00	$C_{a.neg}$		0.045		0.050	0.075	0.071		0.033	0.061
	$C_{b.neg}$		0.045	0.076	0.050			0.071	0.061	0.033
0.95	$C_{a.neg}$		0.050		0.055	0.079	0.075		0.038	0.065
	$C_{b.neg}$		0.041	0.072	0.045			0.067	0.056	0.029
0.90	$C_{a.neg}$		0.055		0.060	0.080	0.079		0.043	0.068
	$C_{b.neg}$		0.037	0.070	0.040			0.062	0.052	0.025
0.85	$C_{a.neg}$		0.060		0.066	0.082	0.083		0.049	0.072
	$C_{b.neg}$		0.031	0.065	0.034			0.057	0.046	0.021
0.80	$C_{a.neg}$		0.065		0.071	0.083	0.086		0.055	0.075
	$C_{b.neg}$		0.027	0.061	0.029			0.051	0.041	0.017
0.75	$C_{a.neg}$		0.069		0.076	0.085	0.088		0.061	0.078
	$C_{b.neg}$		0.022	0.056	0.024			0.044	0.036	0.014
0.70	$C_{a.neg}$		0.074		0.081	0.086	0.091		0.068	0.081
	$C_{b.neg}$		0.017	0.050	0.019			0.038	0.029	0.011
0.65	$C_{a.neg}$		0.077		0.085	0.087	0.093		0.074	0.083
	$C_{b.neg}$		0.014	0.043	0.015			0.031	0.024	0.008
0.60	$C_{a.neg}$		0.081		0.089	0.088	0.095		0.080	0.085
	$C_{b.neg}$		0.010	0.035	0.011			0.024	0.018	0.006
0.55	$C_{a.neg}$		0.084		0.092	0.089	0.096		0.085	0.086
	$C_{b.neg}$		0.007	0.028	0.008			0.019	0.014	0.005
0.50	$C_{a.neg}$		0.086		0.094	0.090	0.097		0.089	0.088
	$C_{b.neg}$		0.006	0.022	0.006			0.014	0.010	0.003

* علامت هاشور نمایندهٔ لبهٔ پیوسته یا گیردار و خط ساده نمایندهٔ تکیه‌گاه ساده یا مفاصل پیچشی ناچیز است

۷- تعیین ضرایب لنگر مثبت برای بار مرده $C_{a,de}, C_{b,de}$

به علت اینکه بار مرده همیشه در تمام پانل های مجاور پانل مورد نظر وجود دارد برای محاسبه این ضرائب فرض شده است که هیچگونه دورانی و روی تکیه گاه ها وجود نداشته تکیه گاهها گیر دار است

جدول ۱۰ - ۳ - ضرایب لنگر مثبت برای بار مرده

= بار یکنواخت مرده وارد بر واحد سطح

$M_{a,pos,dl} = C_{a,dl} w l_a^2$

$M_{b,pos,dl} = C_{b,dl} w l_b^2$

نسبت $m = \frac{l_a}{l_b}$		Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6	Case 7	Case 8	Case 9
1.00	$C_{a,dl}$	0.036	0.018	0.018	0.027	0.027	0.033	0.027	0.020	0.023
	$C_{b,dl}$	0.036	0.018	0.027	0.027	0.018	0.027	0.033	0.025	0.020
0.95	$C_{a,dl}$	0.040	0.020	0.021	0.030	0.028	0.036	0.031	0.022	0.024
	$C_{b,dl}$	0.033	0.016	0.025	0.024	0.015	0.024	0.031	0.021	0.017
0.90	$C_{a,dl}$	0.045	0.022	0.025	0.033	0.029	0.039	0.035	0.025	0.026
	$C_{b,dl}$	0.029	0.014	0.024	0.022	0.013	0.021	0.028	0.019	0.015
0.85	$C_{a,dl}$	0.050	0.024	0.029	0.036	0.031	0.042	0.040	0.029	0.028
	$C_{b,dl}$	0.026	0.012	0.022	0.019	0.011	0.017	0.025	0.017	0.013
0.80	$C_{a,dl}$	0.056	0.026	0.034	0.039	0.032	0.045	0.045	0.032	0.029
	$C_{b,dl}$	0.023	0.011	0.020	0.016	0.009	0.015	0.021	0.015	0.010
0.75	$C_{a,dl}$	0.061	0.028	0.040	0.043	0.033	0.048	0.051	0.036	0.031
	$C_{b,dl}$	0.019	0.009	0.018	0.013	0.007	0.012	0.020	0.013	0.007
0.70	$C_{a,dl}$	0.068	0.030	0.046	0.046	0.035	0.051	0.058	0.040	0.033
	$C_{b,dl}$	0.016	0.007	0.016	0.011	0.005	0.009	0.017	0.011	0.006
0.65	$C_{a,dl}$	0.074	0.032	0.054	0.050	0.036	0.054	0.065	0.044	0.034
	$C_{b,dl}$	0.013	0.006	0.014	0.009	0.004	0.007	0.014	0.009	0.005
0.60	$C_{a,dl}$	0.081	0.034	0.062	0.053	0.037	0.056	0.073	0.048	0.036
	$C_{b,dl}$	0.010	0.004	0.011	0.007	0.003	0.006	0.012	0.007	0.004
0.55	$C_{a,dl}$	0.088	0.035	0.071	0.056	0.038	0.058	0.081	0.052	0.037
	$C_{b,dl}$	0.008	0.003	0.009	0.005	0.002	0.004	0.009	0.005	0.003
0.50	$C_{a,dl}$	0.095	0.037	0.080	0.059	0.039	0.061	0.089	0.056	0.038
	$C_{b,dl}$	0.006	0.002	0.007	0.004	0.001	0.003	0.007	0.004	0.002

* علامت منفی نشان دهنده لنگ پیوسته با گیردار و خط ساده نشان دهنده تکیه گاه ساده با تفاوت پیچش ناچیز است

(48)

۸- تعیین ضرائب لنگر مثبت برای بار زنده $C_{a,li}, C_{b,li}$

برای تعیین این ضرائب بار زنده فقط در پانل مورد نظر قرار داده شده و سایر پانل ها بدون بار زنده در نظر گرفته شده است که باعث ایجاد مقداری دوران در لبه های پیوسته خواهد شد بنابراین فرض شده که فقط 50% گیرداری در لبه ها وجود دارد

جدول ۱۰ - ۵ - ضرایب لنگر مثبت برای بار زنده

۱= بار یکنواخت زنده وارد بر واحد سطح

$M_{a,pos,u} = C_{a,u} w l_a^2$

$M_{b,pos,u} = C_{b,u} w l_b^2$

نسبت $m = \frac{l_a}{l_b}$		Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6	Case 7	Case 8	Case 9
1.00	$C_{a,u}$	0.036	0.027	0.027	0.032	0.032	0.035	0.032	0.028	0.030
	$C_{b,u}$	0.036	0.027	0.032	0.032	0.027	0.032	0.035	0.030	0.028
0.95	$C_{a,u}$	0.040	0.030	0.031	0.035	0.034	0.038	0.036	0.031	0.032
	$C_{b,u}$	0.033	0.025	0.029	0.029	0.024	0.029	0.032	0.027	0.025
0.90	$C_{a,u}$	0.045	0.034	0.035	0.039	0.037	0.042	0.040	0.035	0.036
	$C_{b,u}$	0.029	0.022	0.027	0.026	0.021	0.025	0.029	0.024	0.022
0.85	$C_{a,u}$	0.050	0.037	0.040	0.043	0.041	0.046	0.045	0.040	0.039
	$C_{b,u}$	0.026	0.019	0.024	0.023	0.019	0.022	0.026	0.022	0.020
0.80	$C_{a,u}$	0.056	0.041	0.045	0.048	0.044	0.051	0.051	0.044	0.042
	$C_{b,u}$	0.023	0.017	0.022	0.020	0.016	0.019	0.023	0.019	0.017
0.75	$C_{a,u}$	0.061	0.045	0.051	0.052	0.047	0.055	0.056	0.049	0.046
	$C_{b,u}$	0.019	0.014	0.019	0.016	0.013	0.016	0.020	0.016	0.013
0.70	$C_{a,u}$	0.068	0.049	0.057	0.057	0.051	0.060	0.063	0.054	0.050
	$C_{b,u}$	0.016	0.012	0.016	0.014	0.011	0.013	0.017	0.014	0.011
0.65	$C_{a,u}$	0.074	0.053	0.064	0.062	0.055	0.064	0.070	0.059	0.054
	$C_{b,u}$	0.013	0.010	0.014	0.011	0.009	0.010	0.014	0.011	0.009
0.60	$C_{a,u}$	0.081	0.058	0.071	0.067	0.059	0.068	0.077	0.065	0.059
	$C_{b,u}$	0.010	0.007	0.011	0.009	0.007	0.008	0.011	0.009	0.007
0.55	$C_{a,u}$	0.088	0.062	0.080	0.072	0.063	0.073	0.085	0.070	0.063
	$C_{b,u}$	0.008	0.006	0.009	0.007	0.005	0.006	0.009	0.007	0.006
0.50	$C_{a,u}$	0.095	0.066	0.088	0.077	0.067	0.078	0.092	0.076	0.067
	$C_{b,u}$	0.006	0.004	0.007	0.005	0.004	0.005	0.007	0.005	0.004

= علامت هاشور نمایندهٔ لبهٔ پیوسته با گیردار و خط ساده نمایندهٔ تکیه‌گاه با مقاومت پیچشی ناچیز است.

44

(49)

۸- تعیین ضرائب لنگر مثبت برای بار زنده $C_{a,ll}, C_{b,ll}$

برای تعیین این ضرائب بار زنده فقط در پانل مورد نظر قرار داده شده و سایر پانل ها بدون بار زنده در نظر گرفته شده است که باعث ایجاد مقداری دوران در لبه های پیوسته خواهد شد بنابراین فرض شده که فقط 50% گیرداری در لبه ها وجود دارد

جدول ۱۰ - ۵ - ضرایب لنگر مثبت برای بار زنده

= بار یکنواخت زنده وارد بر واحد سطح

$M_{a,pos,ll} = C_{a,ll} w l_a^2$

$M_{b,pos,ll} = C_{b,ll} w l_b^2$

نسبت $m = \frac{l_a}{l_b}$		Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6	Case 7	Case 8	Case 9
1.00	$C_{a,ll}$	0.036	0.027	0.027	0.032	0.032	0.035	0.032	0.028	0.030
	$C_{b,ll}$	0.036	0.027	0.032	0.032	0.027	0.032	0.035	0.030	0.028
0.95	$C_{a,ll}$	0.040	0.030	0.031	0.035	0.034	0.038	0.036	0.031	0.032
	$C_{b,ll}$	0.033	0.025	0.029	0.029	0.024	0.029	0.032	0.027	0.025
0.90	$C_{a,ll}$	0.045	0.034	0.035	0.039	0.037	0.042	0.040	0.035	0.036
	$C_{b,ll}$	0.029	0.022	0.027	0.026	0.021	0.025	0.029	0.024	0.022
0.85	$C_{a,ll}$	0.050	0.037	0.040	0.043	0.041	0.046	0.045	0.040	0.039
	$C_{b,ll}$	0.026	0.019	0.024	0.023	0.019	0.022	0.026	0.022	0.020
0.80	$C_{a,ll}$	0.056	0.041	0.045	0.048	0.044	0.051	0.051	0.044	0.042
	$C_{b,ll}$	0.023	0.017	0.022	0.020	0.016	0.019	0.023	0.019	0.017
0.75	$C_{a,ll}$	0.061	0.045	0.051	0.052	0.047	0.055	0.056	0.049	0.046
	$C_{b,ll}$	0.019	0.014	0.019	0.016	0.013	0.016	0.020	0.016	0.013
0.70	$C_{a,ll}$	0.068	0.049	0.057	0.057	0.051	0.060	0.063	0.054	0.050
	$C_{b,ll}$	0.016	0.012	0.016	0.014	0.011	0.013	0.017	0.014	0.011
0.65	$C_{a,ll}$	0.074	0.053	0.064	0.062	0.055	0.064	0.070	0.059	0.054
	$C_{b,ll}$	0.013	0.010	0.014	0.011	0.009	0.010	0.014	0.011	0.009
0.60	$C_{a,ll}$	0.081	0.058	0.071	0.067	0.059	0.068	0.077	0.065	0.059
	$C_{b,ll}$	0.010	0.007	0.011	0.009	0.007	0.008	0.011	0.009	0.007
0.55	$C_{a,ll}$	0.088	0.062	0.080	0.072	0.063	0.073	0.085	0.070	0.063
	$C_{b,ll}$	0.008	0.006	0.009	0.007	0.005	0.006	0.009	0.007	0.006
0.50	$C_{a,ll}$	0.095	0.066	0.088	0.077	0.067	0.078	0.092	0.076	0.067
	$C_{b,ll}$	0.006	0.004	0.007	0.005	0.004	0.005	0.007	0.005	0.004

= علامت هاشور نمایندهٔ لبهٔ پیوسته یا گیردار و خط ساده نمایندهٔ تکیه‌گاه با مقاومت پیچشی ناچیز است.

44

(49)

۹- تعیین نسبت بار کل W در امتداد های l_a و l_b :

w_a = سهم حمل شده توسط دهانه کوتاه

w_b = سهم حمل شده توسط دهانه بلند

جدول ۱۰ - ۶ - نسبت بار کل W در امتدادهای a و b برای کنترل برش و توزیع بار روی تیرهای قاب

نسبت $m = \frac{l_a}{l_b}$		Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6	Case 7	Case 8	Case 9
1.00	W_a	0.50	0.50	0.17	0.50	0.83	0.71	0.29	0.33	0.67
	W_b	0.50	0.50	0.83	0.50	0.17	0.29	0.71	0.67	0.33
0.95	W_a	0.55	0.55	0.20	0.55	0.86	0.75	0.33	0.38	0.71
	W_b	0.45	0.45	0.80	0.45	0.14	0.25	0.67	0.62	0.29
0.90	W_a	0.60	0.60	0.23	0.60	0.88	0.79	0.38	0.43	0.75
	W_b	0.40	0.40	0.77	0.40	0.12	0.21	0.62	0.57	0.25
0.85	W_a	0.66	0.66	0.28	0.66	0.90	0.83	0.43	0.49	0.79
	W_b	0.34	0.34	0.72	0.34	0.10	0.17	0.57	0.51	0.21
0.80	W_a	0.71	0.71	0.33	0.71	0.92	0.86	0.49	0.55	0.83
	W_b	0.29	0.29	0.67	0.29	0.08	0.14	0.51	0.45	0.17
0.75	W_a	0.76	0.76	0.39	0.76	0.94	0.88	0.56	0.61	0.86
	W_b	0.24	0.24	0.61	0.24	0.06	0.12	0.44	0.39	0.14
0.70	W_a	0.81	0.81	0.45	0.81	0.95	0.91	0.62	0.68	0.89
	W_b	0.19	0.19	0.55	0.19	0.05	0.09	0.38	0.32	0.11
0.65	W_a	0.85	0.85	0.53	0.85	0.96	0.93	0.69	0.74	0.92
	W_b	0.15	0.15	0.47	0.15	0.04	0.07	0.31	0.26	0.08
0.60	W_a	0.89	0.89	0.61	0.89	0.97	0.95	0.76	0.80	0.94
	W_b	0.11	0.11	0.39	0.11	0.03	0.05	0.24	0.20	0.06
0.55	W_a	0.92	0.92	0.69	0.92	0.98	0.96	0.81	0.85	0.95
	W_b	0.08	0.08	0.31	0.08	0.02	0.04	0.19	0.15	0.05
0.50	W_a	0.94	0.94	0.76	0.94	0.99	0.97	0.86	0.89	0.97
	W_b	0.06	0.06	0.24	0.06	0.01	0.03	0.14	0.11	0.03

* علامت ماشور نمایندهٔ لبهٔ پیوسته یا گیردار و خط ساده نمایندهٔ تکیه‌گاه ساده یا مفاصل بیجنس ناچیز است

۱۰ – تعیین لنگر های طراحی

الف) لنگر منفی لبه ممتد

لنگر منفی در لبه ممتد در امتداد دهانه کوتاه

$$M_{a.neg} = C_{a.neg} \times w_u \times l_a^2$$

لنگر منفی در لبه ممتد در امتداد دهانه بلند

$$M_{b.neg} = C_{b.neg} \times w_u \times l_b^2$$

ب)لنگر مثبت

a)لنگر مثبت برای بار مرده

لنگر مثبت بار مرده در امتداد دهانه کوتاه

$$M^+_{a.dl} = C_{a.dl} \times w_{dl} \times l_a^2$$

لنگر مثبت بار مرده در امتداد دهانه بلند

$$M^+_{b.dl} = C_{b.dl} \times w_{dl} \times l_b^2$$

b)لنگر مثبت برای بار زنده

لنگر مثبت بار زنده در امتداد دهانه کوتاه

$$M^+_{a.ll} = C_{a.dl} \times w_{ull} \times l_a^2$$

لنگر مثبت بار زنده در امتداد دهانه بلند

$$M^+_{b.ll} = C_{b.dl} \times w_{ull} \times l_b^2$$

لنگر مثبت کل

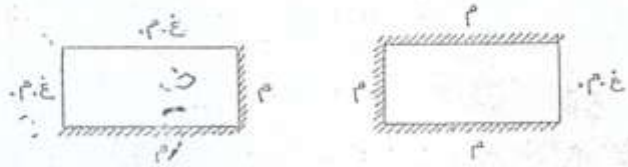
لنگر مثبت کل در امتداد دهانه کوتاه

$$M^+_{a.tot} = M^+_{a.dl} + M^+_{a.ll}$$

لنگر مثبت کل در امتداد دهانه بلند

$$M^+_{b.tot} = M^+_{b.dl} + M^+_{b.ll}$$

ج) لنگر منفی لبه غیر ممتد



لنگر منفی در لبه غیر پیوسته مساوی $\frac{3}{4}$ لنگر مثبت دهانه در همان امتداد می باشد. وجود میلگردهای منفی در لبه غیر پیوسته حتما لازم است چون در چنین انتهایی به علت مقاومت پیچشی تیر یا دیوار تکیه گاهی مقدارگیرداری وجود دارد

لنگر منفی در لبه غیر ممتد در امتداد دهانه کوتاه

$$M^-_a = \frac{3}{4} \times M^+_{a.tot}$$

لنگر منفی در لبه غیر ممتد در امتداد دهانه بلند

$$M^-_b = \frac{3}{4} \times M^+_{b.tot}$$

۱۱- کنترل ارتفاع موثر d برای عدم احتیاج به میلگردهای فشاری

الف) تعیین حداکثر لنگر وارد به دال

$$M_{u\max} = \max(M^+, M^-)$$

ب) تعیین ضریب β_1

$$\begin{cases} if & f_c \le 30 \, N/mm^2 & \rightarrow \beta_1 = 0.85 \\ if & 30 < f_c < 55 & \rightarrow \beta_1 = 0.85 - 0.008(f_c - 30) \\ if & 55 \le f_c & \rightarrow \beta_1 = 0.65 \end{cases}$$

ج) تعیین درصد فولاد ماکزیمم

$$(\rho_{\max} = \rho) = 0.6\beta_1 \frac{f_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

د) تعیین حداکثر فولاد

$$As_{\max} = \rho_{\max} . b . d$$

$$b = 1000mm$$

$$d = h - 30mm$$

برای دالهایی که با محیط خارج تماس ندارند

برای دالهایی که با محیط خارج تماس دارند ← جدول ۶-۲ صفحه ۲۸۸ طاحونی

ه) تعیین حداکثر ارتفاع بلوک تنش مستطیلی و بتنی

$$a_{\max} = \frac{\varphi_s . f_y . As_{\max}}{0.85 \varphi_c . f_c . b}$$

$$\varphi_s = 0.85 \qquad \varphi_c = 0.6$$

و) تعیین حداکثر لنگر مقاوم نهایی مقطع

$$M_r = As(\varphi_s . f_y)(d - \frac{a_{\max}}{2})$$

ز) کنترل مقطع برای عدم احتیاج به فولاد فشاری

$$\begin{cases} if & M_r \ge M_{u\max} \Rightarrow \text{ارتفاع } d \text{ برای عدم احتیاج به میلگردهای فشاری کفایت می کند} \\ if & M_r < M_{u\max} \Rightarrow \text{ارتفاع } d \text{ برای عدم احتیاج به میلگردهای فشاری کفایت نمی کند و بایستی ارتفاع } d \text{ را افزایش داد به طوریکه} \end{cases}$$

$$d_{\text{لازم}} = \frac{M_{u\max}}{As_{\max}\cdot\varphi_s\cdot f_{y_s}} + \frac{a_{\max}}{2}$$

۱۲ – تعیین شدت بار گسترده وارد به تیر دهانه کوتاه و بلند

بار کل نهایی وارد به دال $W_u = l_a l_b \cdot w_u$

شدت بار گسترده یکنواخت در تیر بلند $= \frac{w_a}{2} \times \frac{W_u}{l_b}$

شدت بار گسترده یکنواخت در تیر کوتاه $= \frac{w_b}{2} \times \frac{W_u}{l_a}$

$\Big\} \; V_{u\max}$

۱۳- کنترل ارتفاع موثر d دال برای عدم احتیاج به خاموت

نیروی برشی قابل حمل توسط بتن

$$V_c = 0.2\varphi_c\sqrt{f_c}\,b.d$$

if $V_c \geq V_{u\max} \Rightarrow$ ارتفاع d برای عدم احتیاج به خاموت کفایت می کند

if $V_c < V_{u\max} \Rightarrow$ ارتفاع d برای عدم احتیاج به خاموت کفایت نمی کند و بایستی ارتفاع d را افزایش داد به طوریکه

$$d_{\text{لازم}} = \frac{V_{u\max}}{0.2\varphi_c\sqrt{f_c}\,b}$$

۱۴ – کنترل ضخامت دال برای تغییر شکل

الف) تعیین ضریب الاستیسیته بتن

$$E_c = 5000\sqrt{f_c}$$

ب) تعیین ممان اینرسی موثر نواری به عرض واحد از دال در امتداد دهانه بلند

$I_{eff} \approx I_g$

ممان اینرسی مقطع بتنی ترک نخورده $I_g = bh^3/12$

ج) تعیین لنگر وسط دهانه برای بارهای بدون ضریب

تغییر شکل تیر بایستی برای بارهای بدون ضریب انجام گیرد، لذا با توجه به اینکه لنگرهای تعیین شده در گام ۱۰ بر اساس بارهای با ضریب محاسبه شده اند لازم است بر ضرایب بار تقسیم گردند تا لنگر ناشی از بارهای خدمت بدست آید.

93

46

$$M_{bl} = \frac{1}{1.5} \times M^{+}_{b.ll}$$
$$M_{al} = \frac{1}{1.5} \times M^{+}_{a.ll}$$

$$M_{bd} = \frac{1}{1.25} \times M^{+}_{b.dl}$$
$$M_{ad} = \frac{1}{1.25} \times M^{+}_{a.dl}$$

د) تعیین تغییر شکل الاستیک ناشی از بار زنده

a) برای چشمه ها با چهار لبه پیوسته

$$\left.\begin{aligned} \Delta_{bl} &= \frac{3}{32} \times \frac{M_b l_b^{\,2}}{E_c I_{eff}} \\ \Delta_{al} &= \frac{3}{32} \times \frac{M_a l_a^{\,2}}{E_c I_{eff}} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \Delta_l = \frac{1}{2}(\Delta_{bl} + \Delta_{al})$$

b) برای چشمه ها با چهار لبه ساده

$$\left.\begin{aligned} \Delta_{bl} &= \frac{5}{48} \times \frac{M_b l_b^{\,2}}{E_c I_{eff}} \\ \Delta_{al} &= \frac{5}{48} \times \frac{M_a l_a^{\,2}}{E_c I_{eff}} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \Delta_l = \frac{1}{2}(\Delta_{bl} + \Delta_{al})$$

ه) تعیین تغییر شکل الاستیک ناشی از بار مرده

a) برای چشمه ها با چهار لبه پیوسته

$$\left.\begin{aligned} \Delta_{bd} &= \frac{1}{16} \times \frac{M_b l_b^{\,2}}{E_c I_{eff}} \\ \Delta_{ad} &= \frac{1}{16} \times \frac{M_a l_a^{\,2}}{E_c I_{eff}} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \Delta_d = \frac{1}{2}(\Delta_{bd} + \Delta_{ad})$$

b) برای چشمه ها با چهار لبه ساده

$$\left.\begin{aligned} \Delta_{bd} &= \frac{5}{48} \times \frac{M_b l_b^{\,2}}{E_c I_{eff}} \\ \Delta_{ad} &= \frac{5}{48} \times \frac{M_a l_a^{\,2}}{E_c I_{eff}} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \Delta_d = \frac{1}{2}(\Delta_{bd} + \Delta_{ad})$$

و) تعیین تابع زمان ξ

زمان پس از بارگذاری	تابع زمان ξ
5سال یا بیشتر	2
12ماه	1.4
6ماه	1.2
3ماه	1.0

ز) تعیین ضریب λ

$$\rho' = \frac{A's}{b.d}$$

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

ح) تعیین تغییر شکل در اثر مدت ناشی از بار مرده

$$\Delta_{TD} = \Delta_D(1+\lambda)$$

ط) تعیین تغییر شکل دال

$$\Delta_T = \Delta_{TD} + \Delta_L$$

ی) کنترل تغییر شکل دال با مقادیر حداکثر توصیه شده از جدول

جدول ۶ـ ۲ ـ مقادیر حداکثر انحنای در تیرها و دالها

نوع عضو	انحنای مورد نظر	محدودیت انحنا
۱ـ بامهای مسطح که نگهدارنده یا متصل به اعضای غیرسازه‌ای نیستند که در اثر انحنای زیاد احتمالاً آسیب می‌بینند.	انحنای کل در اثر بار زنده	$\frac{l}{180}$
۲ـ کفهایی که نگهدارنده یا متصل به اعضای غیرسازه‌ای نیستند که در اثر انحنای زیاد احتمالاً آسیب می‌بینند.	انحنای آنی در اثر بار زنده	$\frac{l}{360}$
۳ـ کفها یا بامهایی که نگهدارنده یا متصل به اعضای غیرسازه‌ای می‌باشند که در اثر انحنای زیاد احتمالاً آسیب می‌بینند.	آن قسمت از انحنای که بعد از افزودن اعضای غیرسازه‌ای بوجود می‌آید (یعنی انحنای آنی بخش از بار مرده که قبل از ساخت اعضای غیر سازه‌ای وجود دارد، می‌تواند حذف شود) (نمره ۳)	$\frac{l}{480}$ (نمره ۱)
۴ـ کفها یا بامهایی که نگهدارنده یا متصل به اعضای غیرسازه‌ای می‌باشند که در اثر انحنای زیاد احتمالاً آسیب نمی‌بینند.		$\frac{l}{240}$ (نمره ۲)

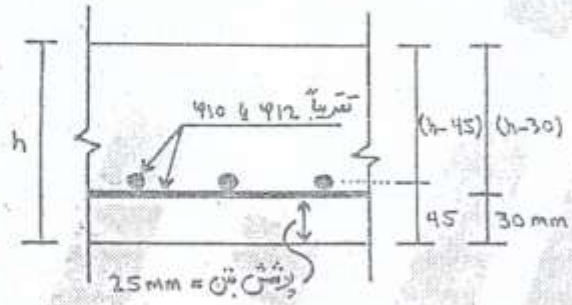
* این محدودیت برای محافظت در مقابل آب انباشتگی (برکه‌ای شدن) می‌باشد. برکه‌ای شدن آب باید

۱۰ - محاسبه سطح مقطع میلگردهای مثبت و منفی

$$As = \frac{0.85\varphi_c . f_c . b.d}{\varphi_s . f_y}\left[1 - \sqrt{1 - \frac{2M_u}{0.85\varphi_c . f_c . b.d^2}}\right]$$

الف) برای دهانه کوتاه $d = h - 30mm$

ب) برای دهانه بلند $d = h - 45mm$



چون میلگردهای مثبت در دو امتداد عمود بر هم قرار می گیرند ، ارتفاع موثر d میلگردهای قرار گرفته رو به اندازه قطر میلگرد از ارتفاع موثر میلگردهای قرار گرفته در زیر ، کوچکتر است . با توجه به اینکه لنگر امتداد بزرگتر ، کوچکتر از لنگر امتداد کوچکتر است، اقتصادی تر است که میلگردهای دهانه کوتاه در زیر قرار داده می شوند.

---

۱۰ – تعیین حداقل درصد میلگردهای دال

$\rho_{min} = 0.0020$	$f_y \le 400\ N/mm^2$
$\rho_{min} = 0.0018$	$f_y = 400\ N/mm^2$
$\rho_{min} = 0.0015$	$f_y \ge 500\ N/mm^2$

$(As = As_{min}) = \rho_{min} . b.h$

بایستی $As^{\pm} \ge As_{min}$

۱۱- انتخاب فواصل مرکز به مرکز میلگردهای دال (S)

الف) فاصله آزاد بین میلگردها $\ge 25mm \ge 1.33$ برابر قطر اسمی بزرگترین سنگدانه

ب) فاصله مرکز به مرکز میلگردها ≤ 3 برابر ضخامت دال $\le 350mm$

۱۲) انتخاب سطح مقطع و قطر میلگردهای دال

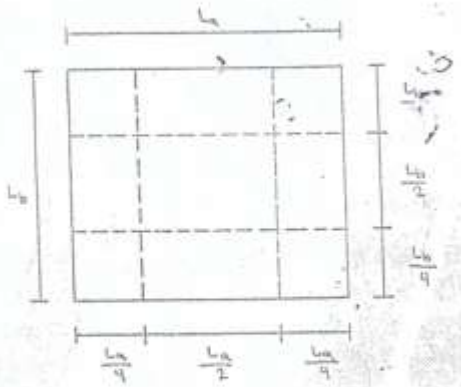
$$A_1 = \frac{A_s \times S}{1000mm}$$

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \times A_1}{\pi}}$$

سطح مقطع As در یک متر طول (mm^2/m)

قطر میلگرد	S=100mm	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350
6	283	226	188	162	141	126	113	103	94	87	81
8	503	402	335	287	251	223	201	183	168	155	144
10	785	628	524	449	393	349	314	286	262	242	224
12	1131	905	754	646	565	503	452	411	377	348	323
14	1539	1232	1026	880	770	684	616	560	513	474	440
16	2011	1608	1340	1149	1005	894	804	731	677	619	574

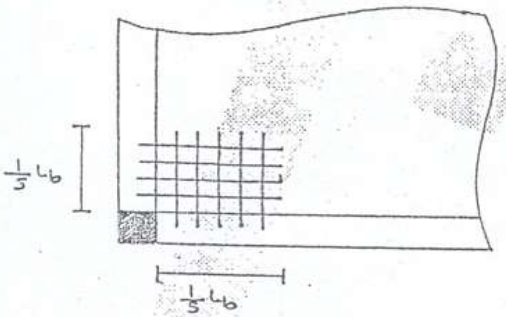
۲۰ – در هر امتداد لنگر متوسط در نوار ستونی یا لبه ای مساوی $\frac{2}{3}$ لنگر نوار میانی است . بنابراین می توان در نوار ستونی فواصل میلگردهای بدست امده برای نوار میانی را در 1.5 ضرب کرده البته فواصل حداکثر میلگردهانبایستی از مقادیر توصیه شده تجاوز کند



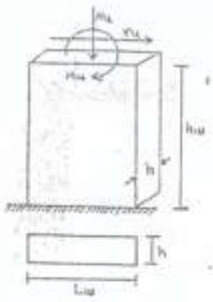
48

۲۱ ـ میلگردهای گوشه خارج دال

در گوشه خارجی دال به علت وجود پیچش ، تمایل به ایجاد ترک در امتداد خط 45° وجود دارد . بنابراین شبکه ای از میلگردها در دو امتداد به موازات لبه ها (یک شبکه در بالا و یک شبکه در پایین) قرار داده می شود. سطح مقطع این میلگردها مساوی میلگردهای لازم برای لنگر خمشی مثبت حداکثر دال می باشد و در فاصله ای مساوی $\frac{1}{5}$ دهانه بزرگتر از گوشه دال قرار داده می شود



روش گام به گام طراحی دیوار برشی



۱- تعیین عمق موثر دیوار برشی

$$d = 0.8 l_w$$

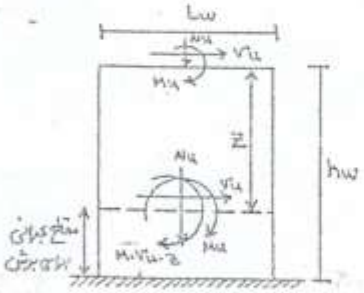
۲- تعیین حداقل ضخامت دیوار برشی

با مساوی قرار دادن حداکثر مقاومت برشی نهایی V_r و تلاش برشی نهایی مقطع V_u خواهیم داشت

$$V_{r\max} = \varphi_c \sqrt{f_c}.h.d = V_u \Rightarrow h_{\min} = \frac{V_u}{\varphi_c \sqrt{f_c}.d}$$

$$\varphi_c = 0.6$$

۳- تعیین مقطع بحرانی برای برش



$$\text{مقطع بحرانی برای برش} = \begin{cases} \frac{l_w}{2} \\ \frac{h_w}{2} \end{cases}$$

$$M = V_u.z + M_u$$

۴- تعیین مقاومت برشی بتن (V_c)

الف) رابطه تقریبی و محافظه کارانه

$$\begin{cases} if & N_u \geq 0.0 \Rightarrow V_c = 0.2\varphi_c \sqrt{f_c}.h.d \\ if & N_u < 0.0 \Rightarrow V_c = 0.2\varphi_c \sqrt{f_c}.(1 - \frac{|N_u|}{3A_g}).h.d \end{cases}$$

سطح مقطع کل دیوار برشی $A_g = l_w.h_{(mm)}$

ب) رابطه دقیق

M_u = تلاش خمشی نهایی در مقطع بحرانی برای برش بحرانی

$$\begin{cases} if & \frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2} > 0.0 \Rightarrow V_c = \min(V_{c1}, V_{c2}) \\ if & \frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2} < 0.0 \Rightarrow V_c = V_{c1} \end{cases}$$

اگر Nu فشاری باشد ⊕
و اگر Nu کششی باشد ⊖

$$V_{c1} = 1.65(0.2\varphi_c\sqrt{f_c}).h.d \pm \frac{N_u.d}{5l_w}$$

$$V_{c2} = \left[0.06\varphi_c\sqrt{f_c} + \frac{0.12\varphi_c\sqrt{f_c} + 0.15\frac{N_u}{l_w.h}}{\frac{M_u}{V_u l_w} - \frac{1}{2}} \right] x hd$$

N_u = نیروی محوری بر حسب نیوتن

$Nu < 0.0 \Leftarrow$ اگر نیروی محوری کششی باشد
$Nu > 0.0 \Leftarrow$ اگر نیروی محوری فشاری باشد

کنترل مقطع برای برش

$$\begin{cases} if & V_u < 0.5V_c \Rightarrow \text{میلگردهای حداقل دیوار برشی بر مبنای میلگردهای حداقل دیوارهای باربر قرار داده می شود} \\ if & 0.5V_c < V_u < V_c \Rightarrow \text{میلگردهای حداقل } \rho_h \text{ و } \rho_n \text{ در دیوار تعبیه می گردد} \\ if & V_c < V_u \Rightarrow \text{میلگردهای برشی افقی } A_h \text{ و قائم } A_n \text{ در دیوار تعبیه می گردد} \end{cases}$$

محاسبه میلگردهای افقی A_h

$$V_s = V_u - V_c$$

تعیین فاصله بین میلگردهای افقی (S_2)

$$S_{2\max} = \min(\frac{l_w}{5}, 3h, 350) \rightarrow S_2$$

سطح مقطع یک یا دو میلگرد افقی بر حسب اینکه دیوار دارای یک یا دو سفره میلگرد باشد

$$A_h = \frac{V_s \times S_2}{\varphi_s . f_y . d}$$

کنترل نسبت سطح مقطع میلگرد برشی افقی به سطح مقطع بتنی کل

$$\rho_h = \frac{A_h}{h.S_2} \geq 0.0025 \quad \text{بایستی}$$

101

50

محاسبه میلگردهای قائم A_n

$$\rho_n = 0.0025 + 0.5(2.5 - \frac{h_w}{l_w})(\rho_h - 0.0025)$$

$$S_{1\max} = \min(\frac{l_w}{3}, 3h, 350mm) \rightarrow S_1$$

$A_n = \rho_n . h . S_1 \rightarrow$ تعیین قطر و سطح مقطع میلگردهای قائم

$A_n =$ سطح مقطع یک یا دو میلگرد قائم بر حسب اینکه دیوار دارای یک یا دو سفره میلگرد باشد

$$\rho_n = \frac{A_n}{S_1 \times h}$$

کنترل نسبت سطح مقطع میلگرد قائم به سطح مقطع بتنی

$\rho_n \geq 0.0025$ بایستی

نسبت میلگردهای برشی قائم به سطح مقطع بتنی لازم نیست بیشتر از مقادیر لازم برای میلگردهای برشی افقی باشد.

102

طراحی دیوار برشی برای خمش

با فرض اینکه آرماتورهای قائم که به علت نیازهای برشی در دیوار تعبیه شده است ، ظرفیت خمشی مقطع را تامین می کند ، ظرفیت خمشی مقطع را بدست می آوریم

$\varphi_c = 0.6$ ضریب تقلیل بتن

$\varphi_s = 0.85$ ضریب تقلیل فولاد

$$\alpha = \frac{N_u}{l_w.h.(\varphi_c.f_c)}$$

$$As_t = \frac{A_n \times l_w}{S_1}$$ سطح مقطع کل آرماتورهای قائم که به طور یکنواخت در مقطع توزیع شده است

$A_g = l_w.h$ سطح مقطع دیوار برشی

$$w = \frac{As_t}{l_w.h} \times \frac{\varphi_s.f_y}{\varphi_c.f_c}$$

تعیین ضریب β_1

$$\begin{cases} if & f_c \le 30\,N/mm^2 & \rightarrow \beta_1 = 0.85 \\ if & 30 < f_c < 55 & \rightarrow \beta_1 = 0.85 - 0.008(f_c - 30) \\ if & 55 \le f_c & \rightarrow \beta_1 = 0.65 \end{cases}$$

$$C_{l_w} = \frac{w + \alpha}{2w + 0.85\beta_1}$$

$$M_r = 0.5 As_t(\varphi_s.f_y)(l_w)(1 + \frac{N_u}{As_t.\varphi_s.f_y})(1 - \frac{C}{l_w})$$

M_u = تلاش خمشی نهایی دیوار

کنترل مقطع

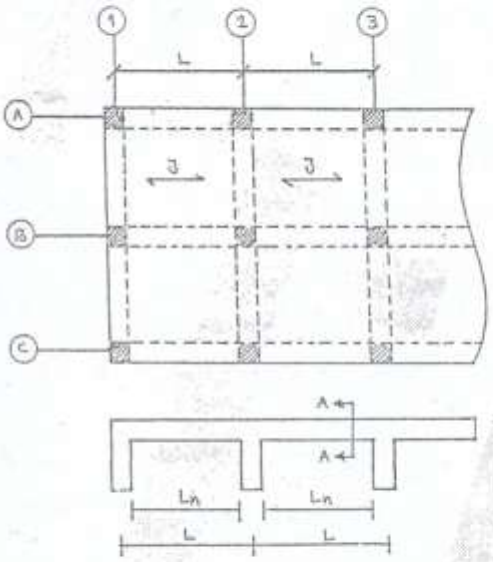
$$\begin{cases} if & M_r \ge M_u \Rightarrow \text{میلگردهای قائم که بعلت نیازهای برشی در دیوار تعبیه شده است ظرفیت خمشی مقطع را برآورده می کند} \\ if & M_r < M_u \Rightarrow \text{میلگردهای قائم که به علت نیازهای برشی در دیوار تعبیه شده است} \end{cases}$$

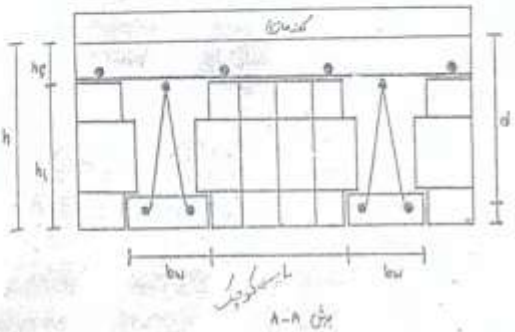
ظرفیت خمشی مقطع را برآورده نمی کند و بایستی قطر میلگردهای قائم را افزایش داد یا فواصل بین آنها را کم کرد

$$As_t = \frac{M_u}{0.5As_t(\varphi_{st}f_y)(l_w)(1+\frac{N_u}{As_t.\varphi_s.f_y})(1-\frac{C}{l_w})}$$

$A_n = As_t \times \frac{S_1}{l_w}$ سطح مقطع یک یا دو میلگرد قائم بر حسب اینکه دیوار دارای یک یا دو سفره میلگرد باشد

طراحی دال تیرچه بلوک (دال تیرچه ای)





برش ۸-۸

l = دهانهٔ مرکز تا مرکز دو تکیه گاه تیرچه

l_n = دهانه آزاد تیرچه

l = فاصله آزاد بین تیرچه ها

b = فاصله اکس تا اکس تیرچه ها (معمولا $500mm$)

b_w = عرض پاشنه تیرچه ها

h = ارتفاع کل سقف تیرچه بلوک (بدون ضخامت کف سازی)

d = ارتفاع موثر تیرچه بلوک

h_f = ضخامت دال تیرچه بلوک

h_2 = ارتفاع بلوک (معمولا 200 یا $250mm$)

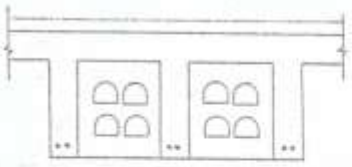
۱- کنترل ضوابط آیین نامه بتن ایران در مورد سقف تیرچه بلوک

الف) فاصله آزاد بین تیرچه ها نباید از $750mm$ تجاوز کند $l \le 750mm$

ب) حداقل عرض جان تیرچه ها مساوی $100mm$ است $b_w \ge 100mm$

ج) نسبت ارتفاع به عرض جان تیرچه نباید از 3.5 تجاوز نماید $h/b_w \le 3.5$

د) حداقل ضخامت دال روی بلوک ها (h_f)



در مواردی که مطابق شکل به جای قالب از پر کننده هایی مانند بلوک سیمانی یا سفالی استفاده می شود که در این حال پس از اجرا کف بلوک ها در محل باقی می مانند. در چنین مواردی اگر مقاومت فشاری بلوک ها حداقل برابر مقاومت فشاری بتن تیرچه ها می باشد، جدار قائم بلوک ها که در تماس با تیرچه هاست را می توان در محاسبات مقاومت برشی و لنگر خمشی در نظر گرفت در این صورت حداقل ضخامت دال روی بلوک ها نباید کمتر از $\frac{l}{12}$ فاصله آزاد بین تیرچه ها و نه کمتر از $40mm$ باشد $h_f \ge \frac{l}{12} \ge 40mm$

۳- کنترل ضخامت لایه بتن روی بلوک ها (h_f)

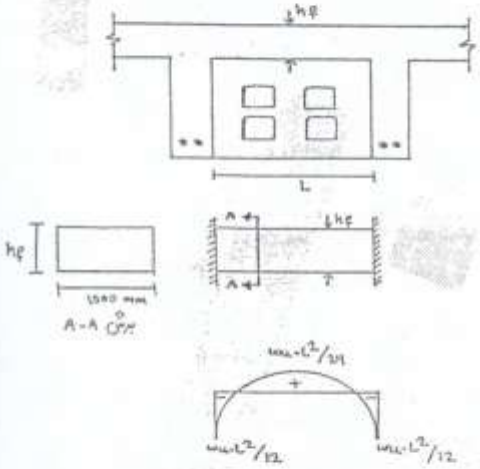
دال بین تیرچه ها به صورت یک عضو دو سر گیردار (با دهانه ای برابر فاصله آزاد بین تیرچه ها l) آنالیز و به صورت یک عضو غیر مسلح طراحی می شود یعنی ابعاد آن باید به اندازه ای باشد که بار وارده در آن ایجاد ترک نکند. در این صورت است که تنها از آرماتور افت و حرارت در دال استفاده می شود

وزن آیتم بندی +

وزن کف سازی + $h_f \times (24\ KN/m^3)$ بار مرده دال بین تیرچه ها w_D

بار با ضریب وارد بر دال بین تیرچه ها $w_u = 1.25w_D + 1.5w_L$

لنگر ماکزیمم دال بین تیرچه ها $M_u = \frac{w_u \times l^2}{12}$



$$c = \frac{h_f}{2}$$

$$I = 1000 \times \frac{h_f^3}{12}$$

تنش کششی بتن دال $fc_t = M_u.c/I$

مقاومت کششی مجاز بتن غیر مسلح برابر $\varphi_c \times 0.6\sqrt{f_c}$ در نظر گرفته می شود

if $f_{ct} \le \varphi_c \times 0.6\sqrt{f_c} \Rightarrow$ ضخامت بتن روی لایه ها جوابگو می باشد

if $f_{ct} > \varphi_c \times 0.6\sqrt{f_c} \Rightarrow$ ضخامت بتن روی لایه ها جوابگو نمی باشدو بایستی ضخامت را افزایش داد

۴- تعیین بار نهایی وارد برسطح سقف تیرچه بلوک W_u

$W_u = 1.25($ وزن مرده سقف تیرچه بلوک $+$ وزن کف سازی $)+1.5($ بار زنده سقف $)$

$q_u = W_u \times$ (عرض بارگیر تیرچه ها) + وزن آیتم بندی

۵- آنالیز تیرچه ها

تیرچه ها مشابه تیرهای سراسری آنالیز می شوند بنابراین منحنیهای لنگر خمشی برای هر دهانه را می توان با روشهای آنالیز الاستیک (روش های شیب افت ، پخش لنگر و روشهای ماتریسی) یا در صورت داشتن شرایط لازم به کمک روش ضرائب لنگر را به دست آورد

کنترل شرایط استفاده از ضرائب لنگر و ضرائب برش

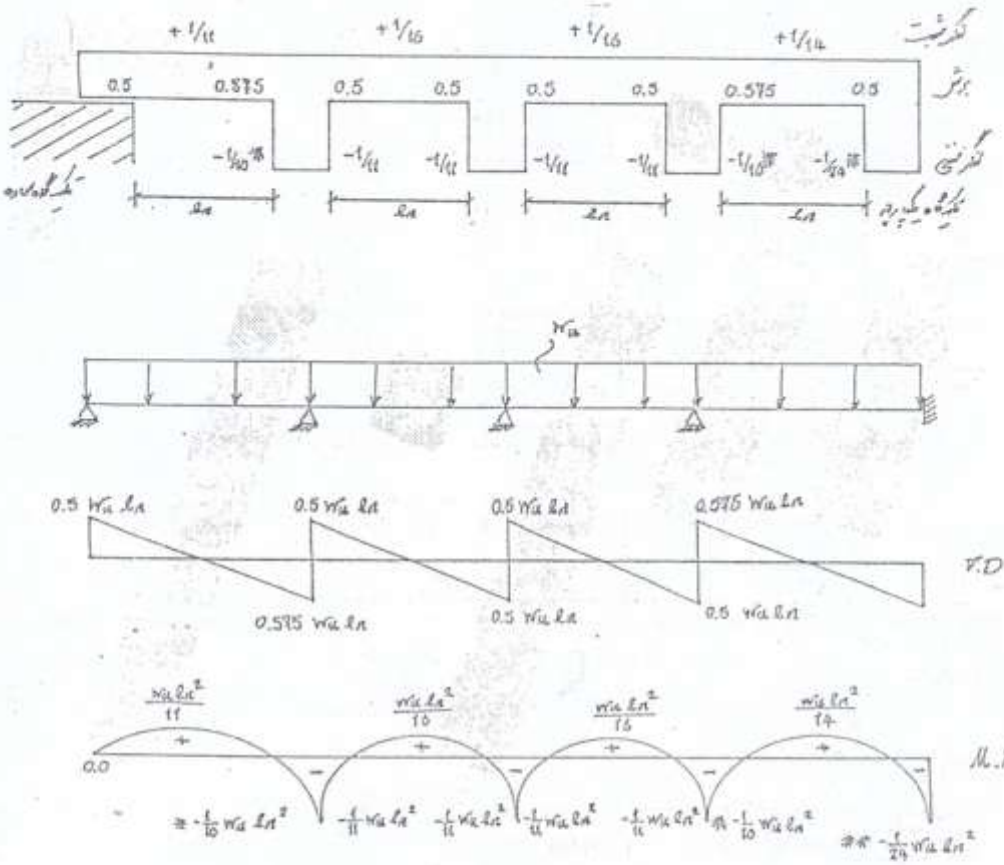
الف) حداقل 2 دهانه وجود داشته باشد

ب) در دهانه های یکسره اختلاف طول دو دهانه مجاور از 20% دهانه کوچکتر تجاوز نکند

ج) بار ها به طور یکنواخت توزیع شده باشد

د) مقدار بار زنده واحد طول بزرگتر از 3 برابر بار مرده واحد طول نباشد

ه) سطح مقطع اعضا منشوری باشد



L_n = برای تعیین لنگرهای مثبت برابر دهانه آزاد و برای تعیین لنگرهای منفی برابر متوسط دهانه آزاد دو طرف می باشد

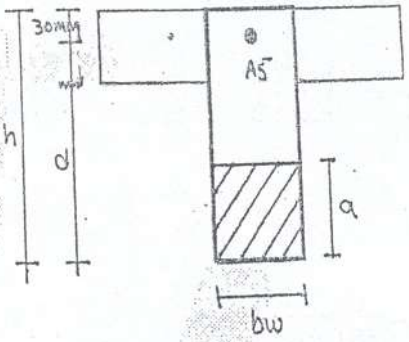
در دو دهانه مساوی ، ضریب $\frac{-1}{9}$ خواهد بود $(-1/9 \longleftarrow -1/10)$

در صورتیکه تکیه گاه یک ستون باشد ضریب $\frac{-1}{16}$ خواهد بود $(-1/16 \longleftarrow -1/24)$

در صورتیکه طول دهانه آزاد L_n کمتر از $3m$ باشد ، ضریب تمام لنگرهای منفی $\frac{-1}{12}$ خواهد بود

۶- طراحی میلگردهای ناحیه لنگر خمشی منفی

در ناحیه لنگر خمشی منفی تیرچه به صورت مقطع مستطیلی به عرض b_w عمل می کند



$$d = h - 30mm$$

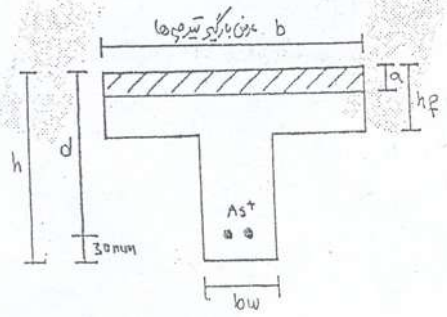
$$As^- = \frac{0.85\varphi_c . f_c . b_w . d}{\varphi_s . f_y}\left[1 - \sqrt{1 - \frac{2M_u}{0.85\varphi_c . f_c . b_w . d^2}}\right]$$

طول میلگردهای ممان منفی معمولا $\frac{1}{5}$ دهانه از هر طرف در نظر گرفته می شود

باید در نظر داشت که حتما تیرچه ها در امتداد یکدیگر قرار گیرند

۷- طراحی میلگردهای ناحیه لنگر خمشی مثبت

در ناحیه لنگر خمشی مثبت ، تیرچه ها به صورت مقطع T شکل عمل می کند



$$d = h - 30mm$$

اولیه $$As = \frac{M_u}{\varphi_s . f_y (d - 0.5h_f)}$$

اولیه $$a = \frac{As . \varphi_s . f_y}{0.85\varphi_c . f_c . b}$$

if $a > h_f \Rightarrow$ مقطع به صورت T طراحی می شود

if $a \le h_f \Rightarrow$ مقطع همانند مقطع مستطیلی با پهنای b و ارتفاع d طراحی می شود

$$As^+ = \frac{0.85\varphi_c . f_c . b_w . d}{\varphi_s . f_y}\left[1 - \sqrt{1 - \frac{2M^+_u}{0.85\varphi_c . f_c . b_w . d^2}}\right]$$

۸- کنترل تنش برش

$$V_{u(d)} = 0.575 q_u l_n - q_u . d$$

نیروی برشی قابل حمل توسط بتن را می توان طبق آیین نامه بتن ایران 10% بزرگتر از V_c معمول برای تیرها در نظر گرفت

$$V_c = 1.1 \times 0.2 \varphi_c \sqrt{f_c} . b_w . d$$

if $V_{u(d)} \le V_c \Rightarrow$ مقاومت برشی تیرچه ها کفایت می کند و میلگردهای برشی حداقل لازم است

if $V_{u(d)} > V_c \Rightarrow$ مقاومت برشی تیرچه ها کفایت نمی کند و

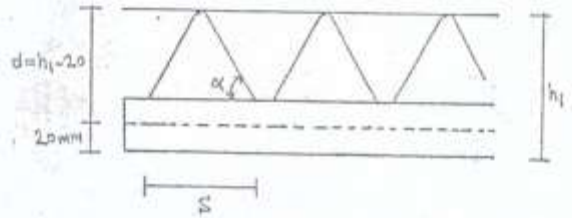
برای افزایش مقاومت برشی تیرچه ها می توان

الف) از آرماتور برشی استفاده کرد

ب) عرض تیرچه ها را افزایش داد

ج) نصف میلگردهای مثبت را در نزدیکی تکیه گاهها به سمت بالا خم کرد

$$(\frac{A_v}{S})_{min} = 0.35 \frac{b_w}{f_y}$$



$$V_S = V_{u(d)} - V_c$$

if $V_S \le 4V_c$ ابعاد b_w و d مقطع جوابگوی برش می باشد

if $V_S > 4V_c$ بایستی ابعاد b_w و d مقطع را افزایش داد به طوریکه

$$b_w . d \ge \frac{V_{u(d)}}{0.6\sqrt{f_c}}$$

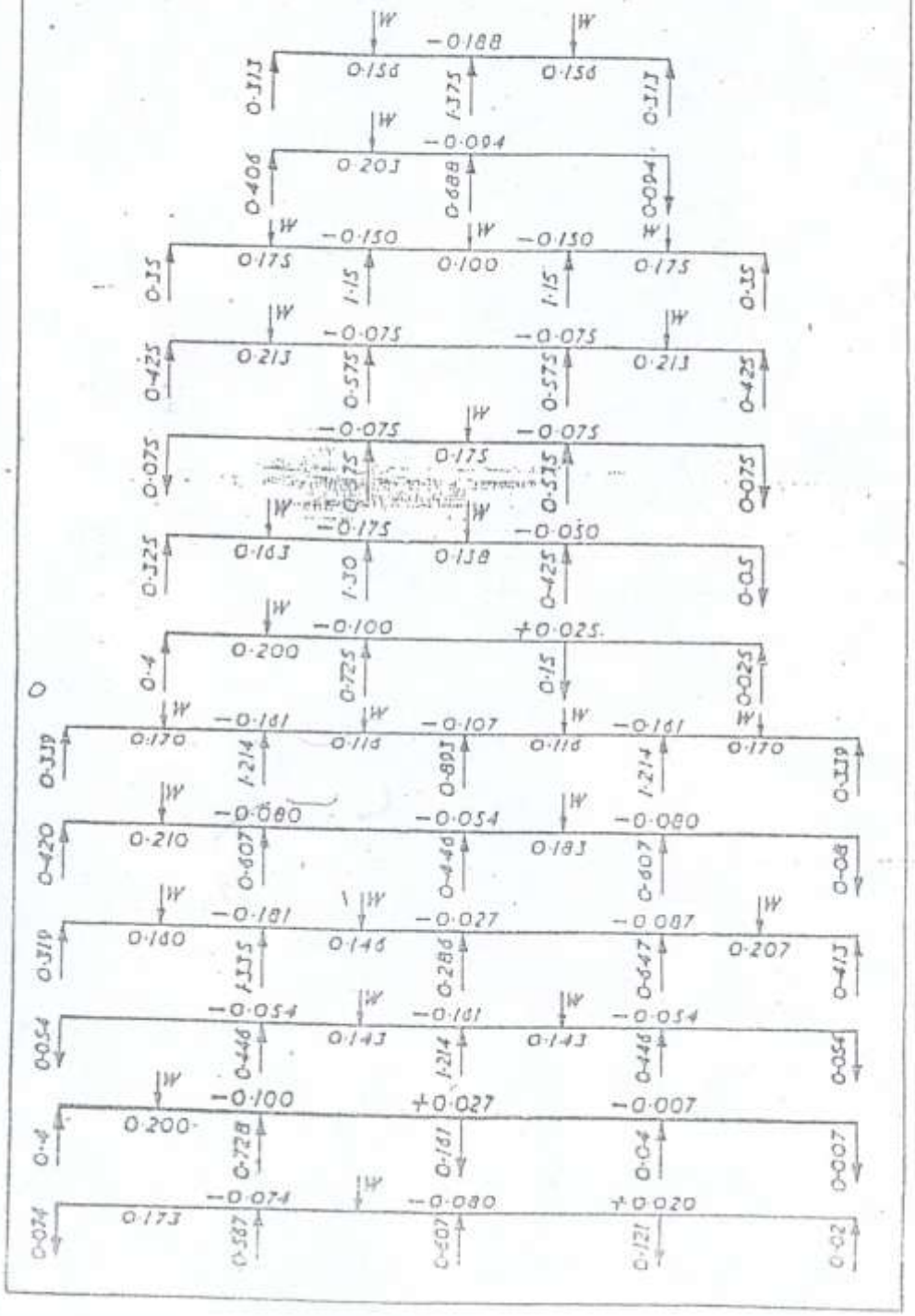
$$(\frac{A_v}{S})_{\text{محاسباتی}} = \frac{V_s}{\varphi_s . f_y . d(Sin\alpha + Cos\alpha)}$$

$$(\frac{A_v}{S})_{\text{محاسباتی}} \ge (\frac{A_v}{S})_{min}$$

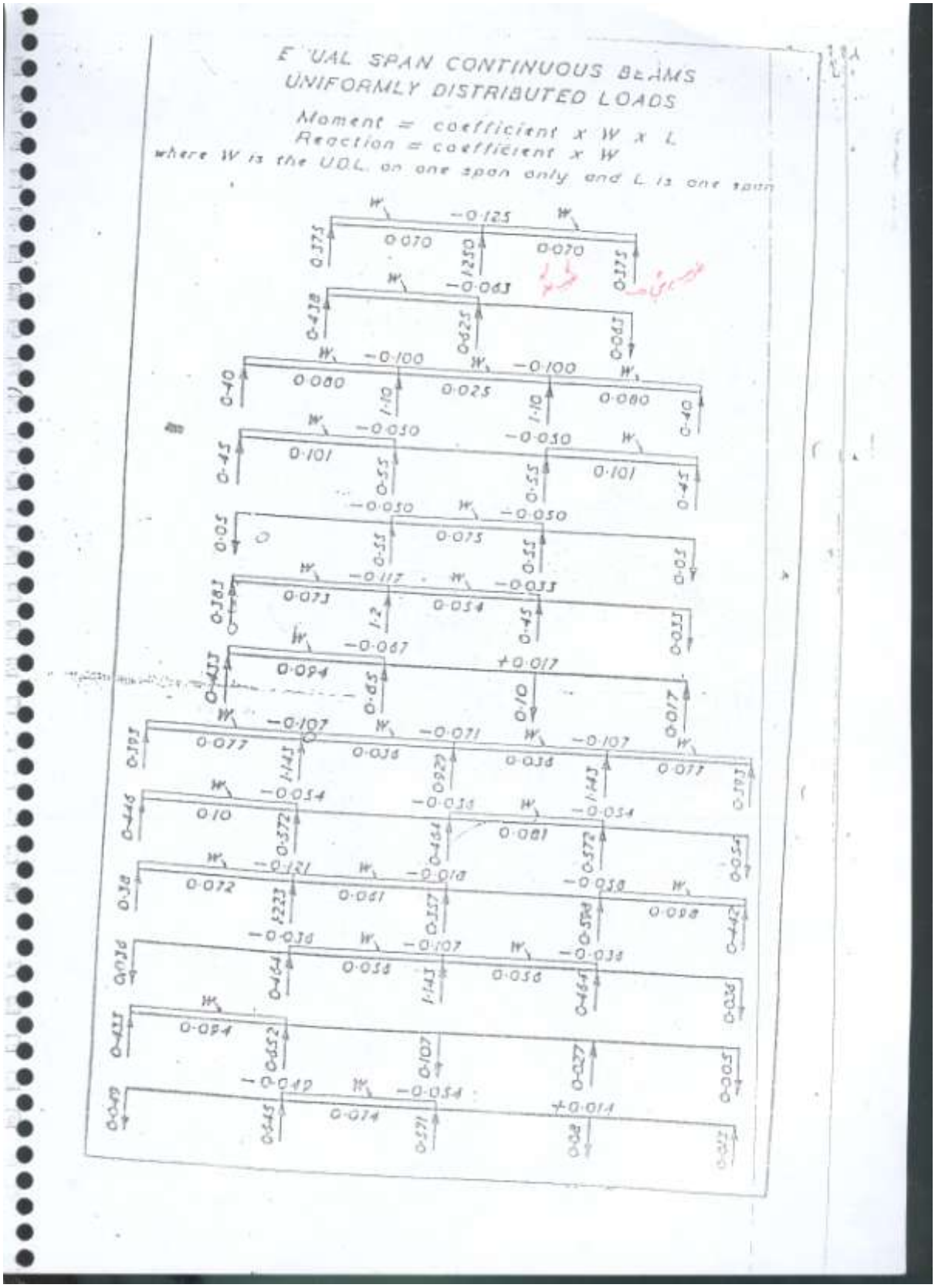
(19)

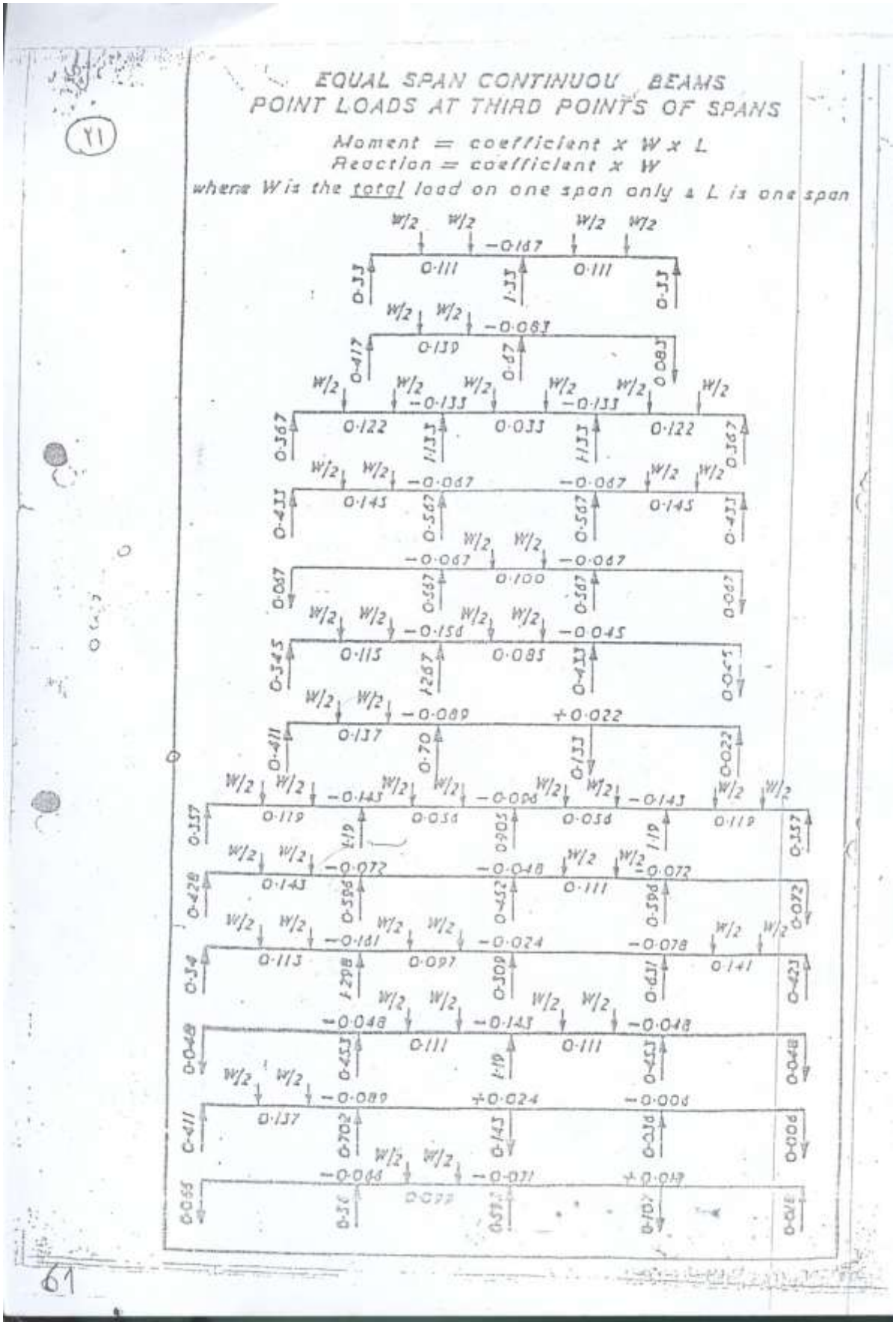
EQUAL SPAN CONTINUOUS BEAMS
CENTRAL POINT LOADS

Moment = coefficient x W x L
Reaction = coefficient x W
where W is the Load on one span only and L is one span



60


EQUAL SPAN CONTINUOUS BEAMS
UNIFORMLY DISTRIBUTED LOADS
Moment = coefficient x W x L
Reaction = coefficient x W
where W is the U.D.L. on one span only and L is one span


EQUAL SPAN CONTINUOU BEAMS
POINT LOADS AT THIRD POINTS OF SPANS
Moment = coefficient x W x L
Reaction = coefficient x W
where W is the total load on one span only & L is one span