طراحی سازه‌های بتن آرمه ۲

براساس مبحث نهم مقررات ملی ساختمان

ویرایش ۱۳۹۲

تالیف: سجاد کاظم پور

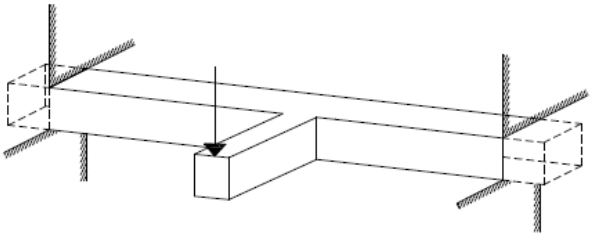
دانشگاه آزاد اسلامی لنگرود

تاریخ انتشار: مهرماه ۱۳۹۴

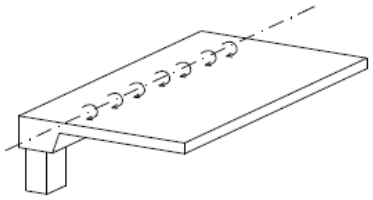
۱– پیچش

– تئوری اولیه

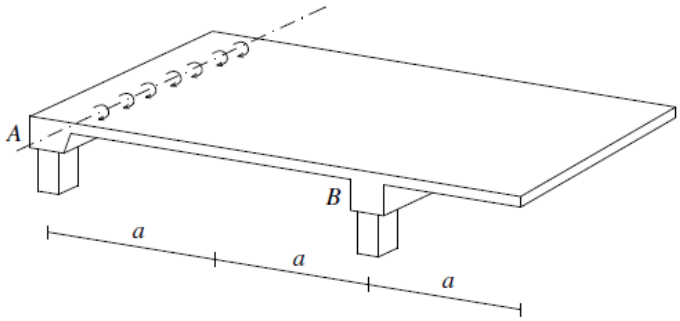
شکل زیر تیرهایی را نشان می دهد که تحت اثر پیچش قرار دارند. در حالت ج تیر A به عنوان یک تیر لبه تحت پیچش قرار می گیرد ولی به علت یکسان بودن سطح بارگیر در دو سمت تیر B عملا پیچش در تیر بوجود نمی آید.



الف



ب

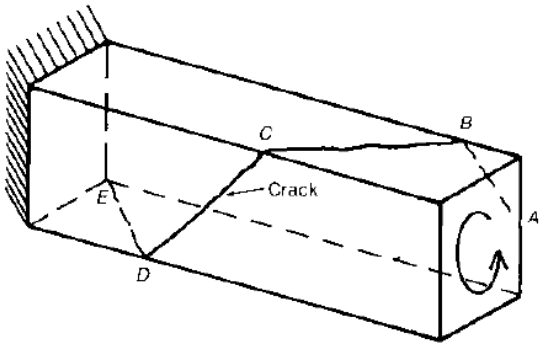


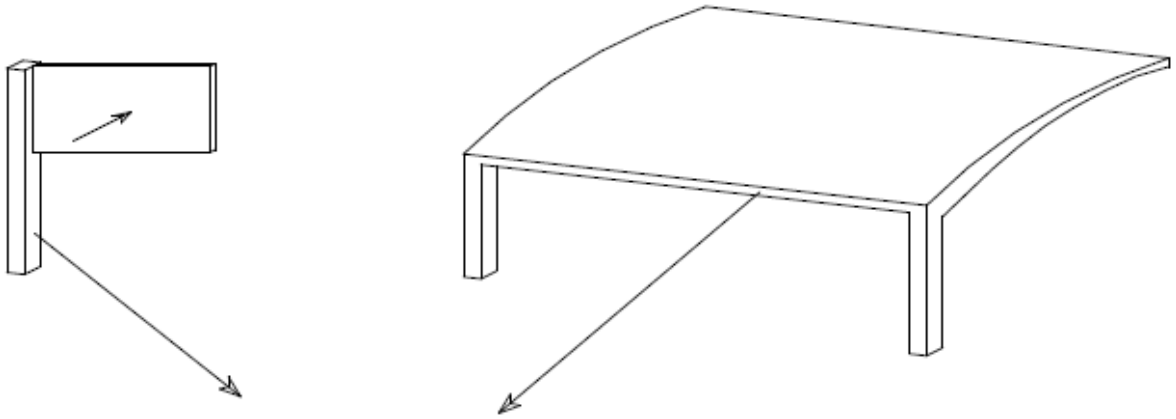
ج

نکته: پیچش در تیرهای کناری (لبه) که یک طرف آن بار دارد یا تیرهای محیطی که کنسول دارند اتفاق می افتد بنابراین سعی می شود بارهای توزیع شده روی تیرها به صورت متقارن باشد.

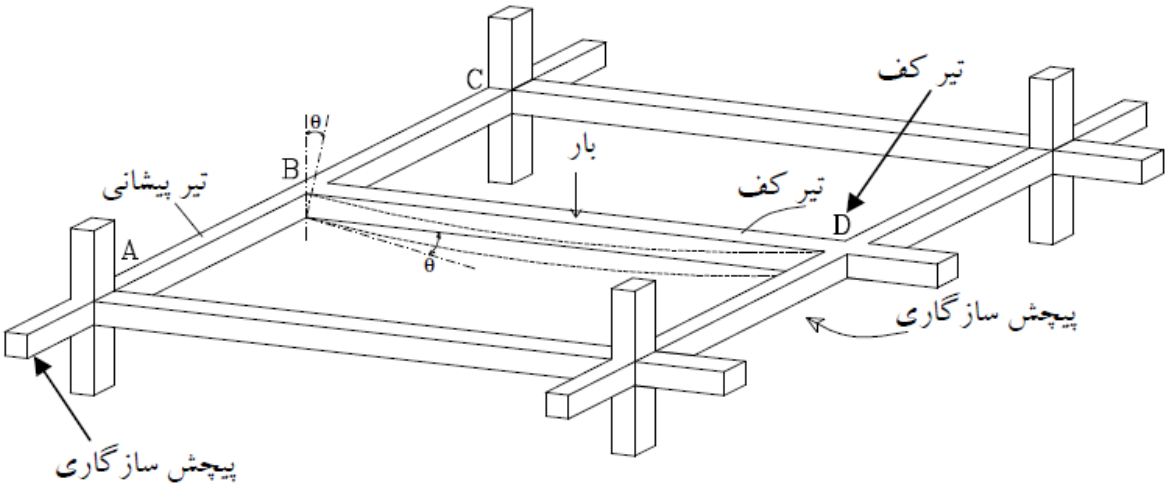
پیچش به دو صورت در اعضای بتن آرمه به وجود می آید:

1. **پیچش تعادلی : ممان پیچشی برای بر قراری تعادل ایجاد می شود و از سختی اعضاء مستقل است و صرفاً توسط روابط ایستایی تعیین می شود .**
2. **پیچش سازگاری : در اکثر اعضای بتن آرمه ممان پیچشی به این صورت بوجود می آید و عضو برای حفظ سازگاری تغییر شکلها ناجار به پیچش می گردد و مقدار ممان پیچشی عضو به سختی پیچشی عضو نسبت به سختی اعضای متصل به آن، بستگی دارد.**





تیر در معرض پیچش تعادلی



وضعیت فوق مشابه وضعیتی است که در مکانیسم برش حاصل می گردد با این تفاوت که در پیچش جهت تنشهای برشی در دو گونه مقطع با یکدیگر مخالف هستند.

در صورتیکه مقدار تنش کششی از مقدار مقاومت کششی بتن تجاوز کند ترک قطری در سطح خارجی تیر در محل بیشترین تنش کششی ظاهر شده و به سرعت در تمام مقطع عرضی تیر گسترش پیدا می کند.

نکته: در مقاطعی که تحت پیچش قرار دارند تنشهای دو طرف مقطع عکس هم می باشند لذا ترک که در راستای تنش فشاری اصلی ظاهر می گردد مقطع را دور می زند.

نکته: در صورتی که پیچش در مقاطع بتنی بیشتر از T_{cr} گردد($T > T_{cr}$)، مقطع دچار ترک می شود و نیاز است که برای پیچش طراحی شود.

روش گام به گام برای طراحی پیچشی

1) نیروی برشی ضریبدار V_u و ممان پیچشی نهائی محاسبه می گردد.

توجه : مقطع بحرانی برای محاسبه T_u همانند V_u به اندازه d از تکیه گاه انتخاب می‌شود.

2) کنترل ضرورت طراحی برای پیچش

$$0.25T_{cr} \leq T_u$$

3) ابعاد مقطع باید بنحوی باشد که

در مقاطع توپر

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2+\left(\frac{T_u P_h}{1.7 A_{oh}^2}\right)^2} \leq 0.25 f_{cd}$$

در مقاطع توخالی

$$\frac{V_u}{b_w d}+\frac{T_u P_h}{1.7 A_{oh}^2} \leq 0.25 f_{cd}$$

و گرنه باید ابعاد را افزایش داد.

4) در صورت برقراری شرط‌های فوق، سطح **یک ساق** خاموت بسته برای مقاومت پیچشی برابر است با:

$$\frac{A_t}{S}=\frac{T_u}{2(0.85)x_1.y_1(\phi_s.f_y)}$$

5) سطح دو ساق خاموت برای مقاومت در مقابل برش، از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$V_s = V_u - V_c$$

$$\frac{A_v}{S}=\frac{V_s}{(\phi_s.f_y).d}$$

A_v : سطح دو ساق خاموت بسته

6) سطح دوساق خاموت برای اثر مشترک برش و پیچش از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\frac{A_{tv}}{S}=2\frac{A_t}{S}+\frac{A_v}{S}>\left(\frac{A_{tv}}{S}\right)_{\min}$$

7) به منظور ایجاد شکل پذیری لازم، خاموت حداقل زیر نیاز می باشد.

$$\left(\frac{A_{tv}}{S}\right)_{\min} = 0.06\sqrt{f_c}\frac{b_w S_n}{f_{yv}}$$

A_{tv} : سطح دو ساق خاموت

توجه : کنترل برای حداکثر فاصله خاموتها :

1) کنترل فاصله حداکثر بر مبنای برش ($\frac{d}{2}$ یا $\frac{d}{4}$)

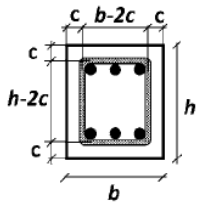
2) از جنبه پیچشی، S (فاصله خاموتها) نباید از $\frac{x_1+y_1}{4}$ یا 300^{mm} تجاوز نماید (هرکدام که کوچکتر است).

8) محاسبه سطح مقطع آرماتورهای طولی

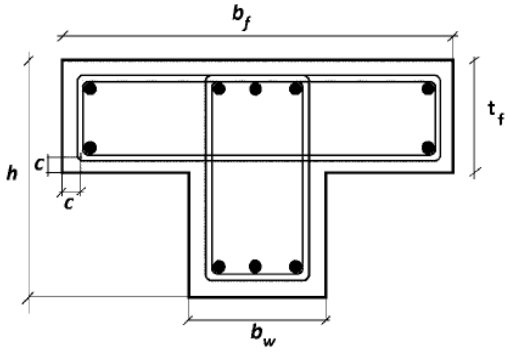
$$A_l = 2\frac{A_t}{S}.(x_1 + y_1)$$

نکته: حداکثر فاصله آرماتورهای طولی 300mm

نکته: آرماتورهای طولی پیچشی علاوه بر آرماتورهای خمشی می‌باشند و مساحت آنها باید بر آرماتورهای خمشی که جداگانه محاسبه شده‌اند، اضافه گردد.



$A_c=bh$
$P_c=2(b+h)$
$A_{oh}=(b-2c)(h-2c)$
$P_h=2(b-2c)+2(h-2c)$



$A_c= b_w h + t_f (b_f - b_w)$
$P_c=2 b_f + 2h$
$A_{oh}=(b_w-2c)(h-2c)+(t_f-2c)(b_f -2c - b_w)$
$P_h=2(b_f -2c) +2(h-2c)$

۹-۱۵-۷ حالت حدی نهائی پیچش

۹-۱۵-۷-۱ در صورتی‌که مقدار T_u از مقدار $0/25T_{cr}$ کمتر باشد، طراحی برای پیچش ضرورتی ندارد. مقدار T_{cr} از رابطه (۹-۱۵-۱۵) به دست می‌آید:

$$T_{cr} = \left(\frac{A_c^2}{P_c}\right) 1/9\lambda v_c \qquad (۹-۱۵-۱۵)$$

λ ضریبی برای در نظر گرفتن بتن سبک است که طبق بند ۹-۱۳-۷-۸ تعیین می‌گردد.

۹-۱۵-۷-۲ در مقاطع تحت اثر پیچش، در مواردی که طراحی برای پیچش لازم باشد، کنترل حالت حدی نهایی مقاومت باید بر اساس رابطه (۹-۱۵-۱۶) صورت گیرد:

$$T_u \le T_r \qquad (۹-۱۵-۱۶)$$

در این رابطه T_r از رابطه (۹-۱۵-۱۷) محاسبه می‌شود:

$$T_r = T_s \qquad (۹-۱۵-۱۷)$$

بدین منظور، علاوه بر خاموتهای بسته پیچشی باید فولادهای طولی پیچشی مطابق بند ۹-۱۵-۸-۳ نیز جداگانه طراحی گردد. در این مبحث از کمک بتن برای تأمین مقاومت پیچشی، به علت ترک خوردگی، صرفنظر شده است. مقدار T_s طبق ضوابط بندهای ۹-۱۵-۸ تا ۹-۱۵-۱۰ محاسبه می‌شود.

A_c = سطح محصور توسط محیط خارجی مقطع بتن شامل سطح سوراخها (در صورت وجود)، میلی‌متر مربع

A_{oh} = مساحت سطح محصور شده به وسیله محورهای اضلاع خاموت بسته پیچشی بیرونی در مقطع، شامل سطح سوراخها (در صورت وجود)، میلی‌متر مربع

۹-۱۵-۸ لنگر پیچشی مقاوم تأمین شده توسط آرماتورهای پیچشی

۹-۱۵-۸-۱ آرماتورهای پیچشی مورد نیاز برای تأمین لنگر پیچشی در یک قطعه شامل خاموت‌های قائم بسته یا دورپیچ‌ها و آرماتور طولی که بطور یکنواخت در اطراف مقطع پخش می‌شود، می‌باشند.

۹-۱۵-۸-۲ مقدار T_s با استفاده از رابطه (۹-۱۵-۱۸) محاسبه می‌شود.

$$T_S = ۲\varphi_s A_o A_t \frac{f_{yv}}{s_n} \qquad (۹-۱۵-۱۸)$$

در صورت عدم استفاده از محاسبات دقیق‌تر مقدار A_o را می‌توان $۰/۸۵A_{oh}$ منظور نمود.

۹-۱۵-۸-۳ مقدار A_l مورد نیاز برای تأمین مقاومت T_s از رابطه (۹-۱۵-۱۹) به دست می‌آید:

$$A_l = (\frac{A_t}{S_n})P_h(\frac{f_{yv}}{f_{y۱}}) \qquad (۹-۱۵-۱۹)$$

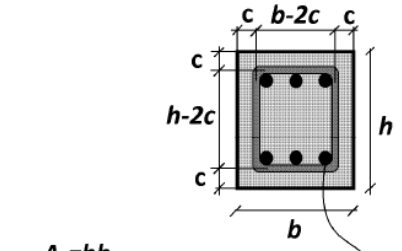
همچنین نسبت $\frac{A_t}{S_n}$ باید برابر مقدار به دست آمده از رابطه (۹-۱۵-۱۸) باشد.

فاصله این آرماتورها نباید بیش از ۳۰۰ میلی‌متر از یکدیگر بوده و باید دور تا دور مقطع در داخل محیط خاموت بسته پیچشی به طور یکنواخت به نحوی توزیع شوند که حداقل یک میلگرد طولی به قطر معادل $\frac{S_n}{۱۶}$ یا بیشتر در هر گوشه خاموت‌های پیچشی قرار گیرد.

۹-۱۵-۸-۴ در مقاطع توخالی تحت اثر پیچش، فاصله محورهای اضلاع خاموت بسته پیچشی تا وجه درونی مقطع نباید کمتر از $۰/۵\frac{A_{oh}}{P_h}$ باشد.

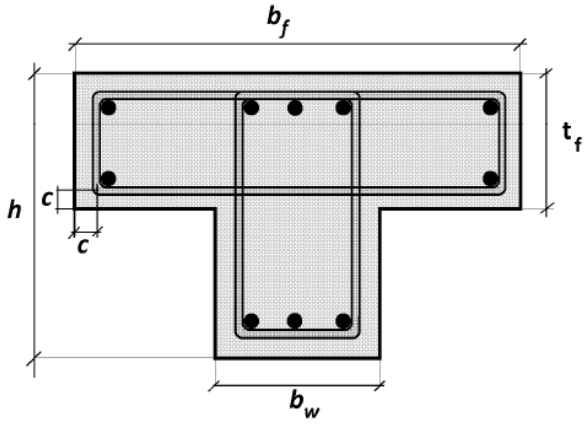
۹-۱۵-۹ ترکیب پیچش و خمش - پیچش و برش

۹-۱۵-۹-۳ تمامی مقاطع را که در فاصله‌ای کمتر از d از بر داخلی تکیه‌گاه قرار دارند، می‌توان برای همان لنگر پیچشی T_u که در مقطع به فاصله d وجود دارد طراحی کرد، مشروط بر آنکه در این فاصله هیچ لنگر پیچشی متمرکزی موجود نباشد.

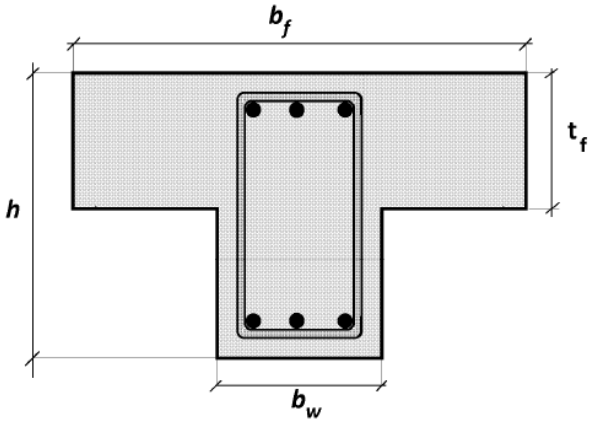


قطر میلگرد طولی باید حداقل $\frac{S_n}{۱۶}$ باشد

$A_c=bh$
$P_c=2(b+h)$
$A_{oh}=(b-2c)(h-2c)$
$P_h=2(b-2c)+2(h-2c)$
$A_o=0.85A_{oh}$



$A_c= b_w h + t_f (b_f - b_w)$
$P_c=2 b_f + 2h$
$A_{oh}=(b_w-2c)(h-2c)+(t_f-2c)(b_f -2c - b_w)$
$P_h=2(b_f -2c) +2(h-2c)$
$A_o=0.85A_{oh}$



$A_c= b_w h + t_f (b_f - b_w)$
$P_c=2 b_f + 2h$
$A_{oh}=(b_w-2c)(h-2c)$
$P_h=2(b_w -2c) +2(h-2c)$
$A_o=0.85A_{oh}$

۲– ستون لاغر

۹-۱۶-۳ طبقات مهارشده جانبی

۹-۱۶-۳-۱ طبقه مهارشده به طبقه‌ای گفته می‌شود که تغییرمکان جانبی نسبی آن ناچیز باشد. چنانچه ضریب پایداری طبقه، که از رابطه (۹-۱۶-۱) به دست می‌آید کوچکتر از ۰/۰۵ باشد، طبقه مهارشده جانبی تلقی می‌شود. در این حالت تمامی قطعات فشاری واقع در این طبقه اصطلاحاً «مهار شده» نامیده می‌شود.

$$Q=\frac{\sum N_u\delta_u}{H_u h_s} \qquad (۹-۱۶-۱)$$

محاسبه δ_u با توجه به ضوابط بند ۹-۱۶-۸-۱ انجام می‌گیرد.

h_s = ارتفاع طبقه، میلی‌متر

H_u = بار کل جانبی نهایی وارد بر طبقه، نیوتن

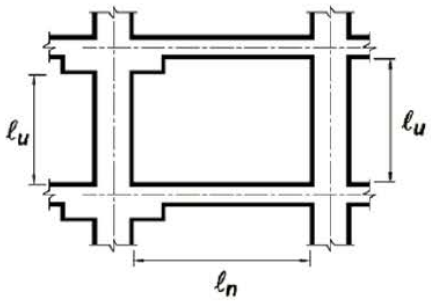
N_u = بار محوری فشاری نهایی، نیوتن

δ_u = تغییر مکان جانبی طبقه نسبت به طبقه زیرین به ازای هر ترکیب بار مشخص

۹-۱۶-۳-۲ در ساختمان‌های کوتاه متعارف تا ۴ طبقه در صورتی‌که مجموع سختی جانبی اعضای مهارکننده طبقه، مانند دیوارهای برشی و بادبندها، مساوی یا بزرگتر از شش برابر مجموع سختی جانبی ستون‌های طبقه باشد، آن طبقه را می‌توان مهار شده تلقی کرد.

۹-۱۶-۴ طول آزاد قطعات فشاری

۹-۱۶-۴-۱ طول آزاد قطعه فشاری، l_u برابر است با فاصله آزاد بین دال‌های طبقات، تیرها یا سایر قطعاتی که قادر به ایجاد تکیه‌گاه جانبی برای آن قطعه باشند.



۹-۱۶-۴-۲ در صورتی‌که ستون دارای کتیبه یا سرستون باشد، طول آزاد آن تا سطح تحتانی کتیبه یا سر ستون محاسبه می‌شود.

۹-۱۶-۵ طول موثر قطعات فشاری

۹-۱۶-۵-۱ طول موثر قطعه فشاری، kl_u را می‌توان طبق بندهای ۹-۱۶-۵-۲ تا ۹-۱۶-۵-۴ محاسبه کرد مگر آن‌که با انجام تحلیل دقیقی که در آن آثار ناشی از ترک‌خوردگی قطعات بر روی سختی جانبی آنها منظور شده باشد، بتوان طول موثر دیگری به دست آورد.

۹-۱۶-۵-۲ مقدار k در قطعات فشاری مهار شده را می‌توان برابر با یک و یا کوچکترین دو مقدار به دست‌آمده از روابط (۹-۱۶-۲) و (۹-۱۶-۳) منظور نمود.

$$k = ۰/۷ + ۰/۱\psi_m \le ۱ \qquad (۹-۱۶-۲)$$

$$k = ۰/۸۵ + ۰/۰۵\psi_{min} \le ۱ \qquad (۹-۱۶-۳)$$

۹-۱۶-۵-۳ مقدار k در قطعات فشاری مهار نشده‌ای که در دو انتها مقید باشند با استفاده از رابطه (۹-۱۶-۴) یا رابطه (۹-۱۶-۵) به دست می‌آید:

در مواردی که $\psi_m < ۲$ باشد:

$$k = (۱ - ۰/۰۵\psi_m)\sqrt{۱ + \psi_m} \ge ۱ \qquad (۹-۱۶-۴)$$

و در مواردی که $\psi_m \ge ۲$ باشد:

$$k = ۰/۹\sqrt{۱ + \psi_m} \qquad (۹-۱۶-۵)$$

ψ = نسبت مجموع سختی ستون‌ها به مجموع سختی تیرهای منتهی به یک گره در یک صفحه

Ψ_m = متوسط مقدار Ψ در دو انتهای عضو فشاری

Ψ_{min} = کوچکترین مقدار Ψ در دو انتهای عضو فشاری

۹-۱۶-۵-۴ مقدار k در قطعه فشاری مهارنشده‌ای که یک انتهای آن مفصلی باشد، با استفاده از رابطه (۹-۱۶-۶) به دست می‌آید:

$$k = ۲ + ۰/۳\psi \qquad (۹-۱۶-۶)$$

۹-۱۶-۶ شعاع ژیراسیون

۹-۱۶-۶-۱ شعاع ژیراسیون، r، را می‌توان به شرح زیر محاسبه کرد:

الف) در مقاطع مستطیلی: ۰/۳ برابر بعد کلی مقطع در امتدادی که اثر لاغری مورد بررسی است.

ب) در مقاطع گرد ۰/۲۵ برابر قطر.

پ) در سایر مقاطع شعاع ژیراسیون در امتداد مورد نظر با استفاده از رابطه (۹-۱۶-۷) محاسبه می‌شود:

$$r = \sqrt{\frac{I_g}{A_g}} \qquad (۹-۱۶-۷)$$

A_g = مساحت کل مقطع، میلی‌متر مربع

I_g = ممان اینرسی کل مقطع، میلی‌متر به توان چهار

۹-۱۶-۷ ضوابط اثر لاغری

۹-۱۶-۷-۱ در قطعات فشاری مهارشده در صورتی که $K\frac{l_u}{r} \le (۳۴-۱۲\frac{M_1}{M_2})$ باشد، می‌توان از اثر لاغری صرفنظر کرد. مقدار $(۳۴-۱۲\frac{M_1}{M_2})$ را نبایستی بیش از ۴۰ در نظر گرفت. نسبت $\frac{M_1}{M_2}$ مثبت است اگر این دو لنگر موجب انحنای ستون در یک جهت شوند و منفی است اگر این دو لنگر موجب انحنای ستون در دو جهت شوند.

۹-۱۶-۷-۲ در قطعات فشاری مهار نشده در صورتی که $k\frac{l_u}{r} \le ۲۲$ باشد، می‌توان از اثر لاغری صرفنظر کرد.

۹-۱۶-۷-۳ در قطعات فشاری با $k\frac{l_u}{r} > ۱۰۰$ اثر لاغری باید براساس‌تحلیل دقیق، مطابق بند ۹-۱۶-۲-۱ بررسی شود.

۹-۱۶-۷-۴ استفاده از قطعات فشاری با $k\frac{l_u}{r} > ۲۰۰$ مجاز نیست.

۹-۱۶-۸-۲ تشدید لنگر در طبقات مهار شده

در قطعات فشاری طبقات مهارشده مقدار M_c از رابطه (۹-۱۶-۸) محاسبه می‌شود:

$$M_c = \delta_b M_2 \qquad (۹-۱۶-۸)$$

ضریب δ_b از رابطه (۹-۱۶-۹) محاسبه می‌شود:

$$\delta_b = \frac{C_m}{۱-\frac{N_u}{۰/۷۵\varphi_c N_c}} \ge ۱ \qquad (۹-۱۶-۹)$$

در این رابطه ضریب C_m و بار بحرانی N_c به شرح زیر محاسبه می‌شوند:

ضریب C_m، در مواردی که در فاصله بین دو انتهای قطعه فشاری بار جانبی وارد نشود از رابطه (۹-۱۶-۱۰) محاسبه می‌گردد:

$$C_m = ۰/۶ + ۰/۴(\frac{M_{1b}}{M_{2b}}) \ge ۰/۴ \qquad (۹-۱۶-۱۰)$$

در سایر موارد $C_m = ۱$ است.

بار بحرانی N_e از رابطه (۹-۱۶-۱۱) محاسبه می‌شود:

$$N_e = \frac{\pi^2 EI_e}{(kl_u)^2} \qquad (۹-۱۶-۱۱)$$

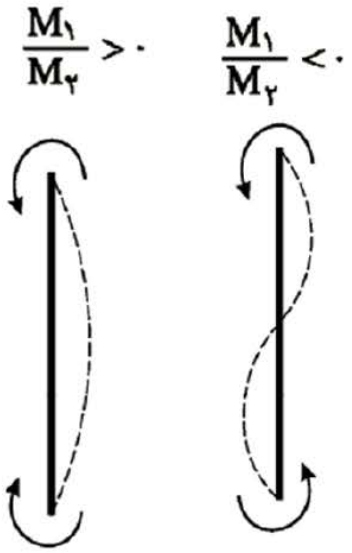
که در آن

$$EI_e = \frac{0.2E_cI_g + E_SI_{se}}{1+\beta_d} \qquad (۹-۱۶-۱۲)$$

یا به طور تقریبی

$$EI_e = 0.25E_cI_g \qquad (۹-۱۶-۱۳)$$

δ_b = ضریب تشدید متعلق به اثر انحنای قطعه



M_1 = کوچکترین لنگر خمشی نهایی دو انتهای عضو فشاری (مقدار M_1 مثبت است اگر

M_2 = بزرگترین لنگر خمشی نهایی دو انتهای عضو فشاری (مقدار M_2 همواره مثبت فرض می‌شود)، نیوتن- میلی‌متر

M_{1b} = لنگرخمشی نهایی انتهای عضو فشاری، در انتهایی که M_1 بر آن اثر می‌کند، تحت اثر بارهایی که تغییر مکان جانبی قابل ملاحظه‌ای ایجاد نمی‌کنند، نیوتن- میلی‌متر

M_{2b} = لنگرخمشی نهایی انتهای عضو فشاری، در انتهایی‌که M_2 بر آن اثر می‌کند، تحت اثر بارهایی که تغییر مکان جانبی قابل ملاحظه‌ای ایجاد نمی‌کنند، نیوتن- میلی‌متر

M_c = لنگر خمشی نهایی تشدید شده، نیوتن - میلی‌متر

C_m = ضریبی که مقادیر واقعی لنگر را به مقادیر معادل با لنگر یکنواخت تبدیل می‌کند.

N_c = بار بحرانی، نیوتن

N_u = بار محوری فشاری نهایی، نیوتن

I_e = ممان اینرسی مؤثر مقطع، میلی‌متر به توان چهار

I_g = ممان اینرسی کل مقطع، میلی‌متر به توان چهار

در صورت حضور بارهای‌جانبی دراز مدت، مقادیر E_e باید به مقدار $(1+\beta_d)$ تقسیم شوند.

β_d = الف) برای قاب‌های مهار شده β_d نسبت بار محوری دائمی نهایی به بار محوری نهایی‌کل می‌باشد.

ب) برای قاب‌های مهار نشده، β_d نسبت برش نهایی دائمی یک طبقه به برش نهایی کل آن طبقه می‌باشد.

۹-۱۶-۸-۳ تشدید لنگر در طبقات مهار نشده

درطبقات مهار نشده تشدید لنگرها با توجه به موارد مندرج در بندهای ۹-۱۶-۸-۳-۱ تا ۹-۱۶-۸-۳-۴ صورت می‌گیرد.

۹-۱۶-۸-۳-۱ در قطعات فشاری طبقات مهار نشده، لنگرهای M_1 و M_2 از روابط (۹-۱۶-۱۴) و (۹-۱۶-۱۵) محاسبه می‌گردند.

$$M_1 = M_{1b} + \delta_S M_{1S} \qquad (۹-۱۶-۱۴)$$

$$M_2 = M_{2b} + \delta_S M_{2S} \qquad (۹-۱۶-۱۵)$$

مقادیر $\delta_S M_{2S}$ و $\delta_S M_{1S}$ را می‌توان با استفاده از یکی از روش‌های بندهای ۹-۱۶-۸-۳-۲ الی ۹-۱۶-۸-۳-۴ محاسبه نمود. طراحی ستون بر مبنای بار محوری نهایی وارده و لنگر خمشی محاسبه شده M_2 از رابطه (۹-۱۶-۱۵) انجام می‌گیرد.

۹-۱۶-۸-۳-۲ لنگرهای تشدید یافته $\delta_S M_{2S}$ و $\delta_S M_{1S}$ لنگرهای انتهایی ستون هستند که با استفاده از تحلیل مرتبه دوم، با منظور نمودن مشخصات مصالح و ویژگی‌های هندسی مقطع مطابق ضوابط بند ۹-۱۶-۸-۱، محاسبه می‌گردند.

۹-۱۶-۸-۳-۳ روش دیگر محاسبه لنگرهای تشدید یافته $\delta_S M_{2S}$ و $\delta_S M_{1S}$ استفاده از رابطه (۹-۱۶-۱۶) جهت محاسبه δ_s می‌باشد. استفاده از این روش فقط در حالتی مجاز است که ضریب پایداری طبقه، Q، از $\frac{1}{3}$ تجاوز ننماید.

$$\delta_S = \frac{1}{1-Q} \geq 1 \qquad (۹-۱۶-۱۶)$$

۹-۱۶-۸-۳-۴ روش دیگر محاسبه لنگرهای تشدید یافته $\delta_S M_{2S}$ و $\delta_S M_{1S}$ استفاده از رابطه (۹-۱۶-۱۷) جهت محاسبه δ_s است.

$$\delta_S = \frac{1}{1-\dfrac{\sum N_u}{1/15\varphi_c \sum N_c}} \geq 1 \qquad (۹-۱۶-۱۷)$$

در این رابطه $\sum N_u$ مجموع بارهای قائم نهایی طبقه و $\sum N_c$ مجموع بارهای بحرانی ستون‌هایی از طبقه است که در برابر تغییرمکان جانبی مقاومت می‌کنند.

δ_s = ضریب تشدید متعلق به اثر تغییر مکان جانبی

M_{1s} = لنگر خمشی نهایی انتهای عضو فشاری، در انتهایی‌که M_1 بر آن اثر می‌کند، تحت اثر بارهایی که تغییر مکان جانبی قابل ملاحظه‌ای ایجاد می‌کنند، نیوتن- میلی‌متر

M_{2s} = لنگر خمشی نهایی انتهای عضو فشاری، در انتهایی‌که M_2 بر آن اثر می‌کند، تحت اثر بارهایی که تغییر مکان جانبی قابل ملاحظه‌ای ایجاد می‌کنند، نیوتن- میلی‌متر

M_1 = کوچکترین لنگر خمشی نهایی دو انتهای عضو فشاری (مقدار M_1 مثبت است اگر انحنای ستون در یک جهت باشد و منفی است اگر انحنای ستون در دو جهت باشد)، نیوتن- میلی‌متر

M_2 = بزرگترین لنگر خمشی نهایی دو انتهای عضو فشاری (مقدار M_2 همواره مثبت فرض می‌شود)، نیوتن- میلی‌متر

M_c = لنگر خمشی نهایی تشدید شده، نیوتن - میلی‌متر

۹-۱۶-۹ حداقل برون‌محوری بار

۹-۱۶-۹-۱ در قطعات فشاری مهار شده چنانچه بار محوری و لنگر خمشی‌حاصل از تحلیل الاستیکی مرتبه اول چنان باشد که برون محوری بار در آنها کمتر از مقدار بدست آمده از رابطه (۹-۱۶-۱۸) باشد:

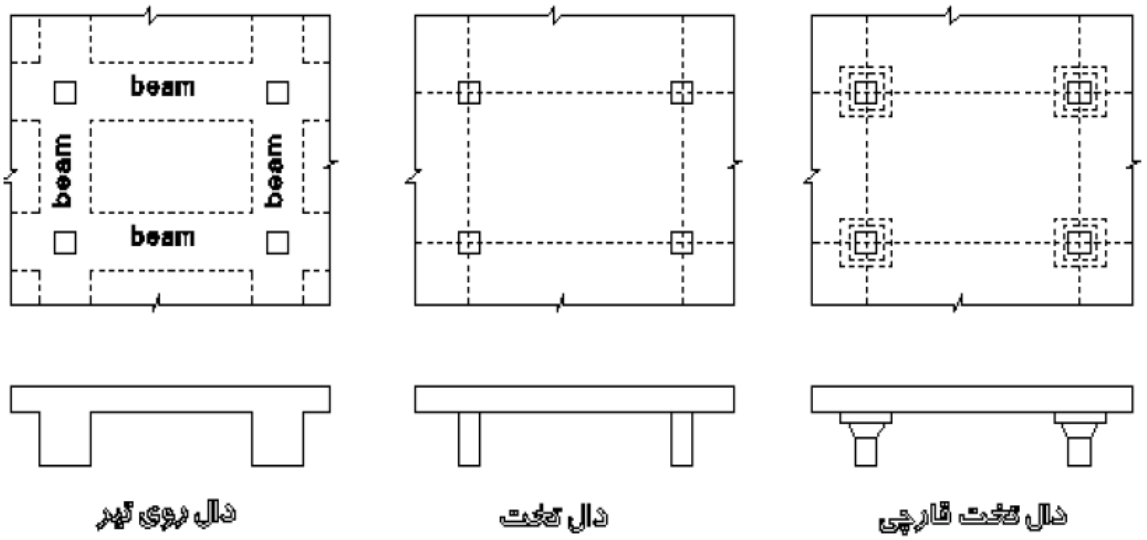
$$e_{min} = ۱۵ + ۰/۰۳h \qquad (۹-۱۶-۱۸)$$

باید e_{min} را به عنوان برون‌محوری بار در محاسبات لنگر خمشی عضو و اثر لاغری منظور کرد. این برون‌محوری باید برای خمش حول هر دو محور اصلی مقطع، بطور جداگانه، به‌کار گرفته شود. در این صورت لنگر خمشی M_{2min} از رابطه (۹-۱۶-۱۹) به دست می‌آید.

$$M_{2min} = N_u(۱۵ + ۰/۰۳h) \qquad (۹-۱۶-۱۹)$$

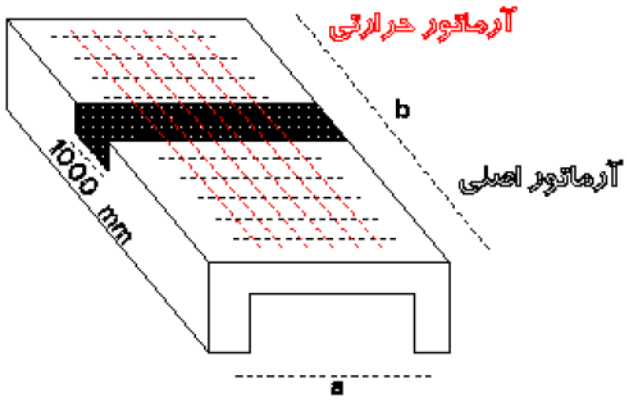
در این حالت می‌توان C_m را برابر با یک در نظر گرفته و یا بر اساس لنگر خمشی M_1 و M_2 در دو انتهای عضو محاسبه نمود.

۳ – دال های بتنی



طراحی دال‌های یک‌طرفه

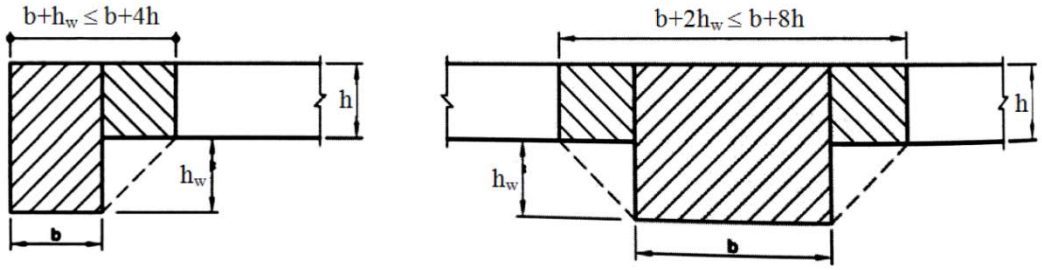
اگر نسبت طول بزرگتر به طول کوچکتر دال بزرگتراز ۲ باشد رفتار دال یکطرفه خواهد بود در این حالت بار های وارده بر دال در جهت کوتاهتر منتقل می شوند وتیر در جهت بلندتر بار ها را تحمل خواهد کرد بنابراین میلگرد های اصلی خمشی در جهت کوتاهتر قرار خواهند گرفت . بمنظور جلوگیری از ترک خوردگی های حرارتی در جهت بلند تر از آرماتور گذاری حرارتی استفاده می گردد.



طراحی دالهای یکطرفه دقیقا مانند طراحی تیر ها می باشد . در اینحالت عرض تیر مساوی یک متر و ارتفاع تیر مساوی ضخامت دال در نظر گرفته می شود.

تیر در سیستم تیر (تیر – دال)

مطابق شکل عرض مؤثر مقطع تیر در هر سمت جان به حداقل مقادیر ۴ برابر ضخامت دال و بیرون‌زدگی تیر از دال از بالا یا پایین (هر کدام بزرگتر است) در هر بر تیر محدود می‌گردد.



شکل مقطع عرض مؤثر تیر

بازشوها در دال

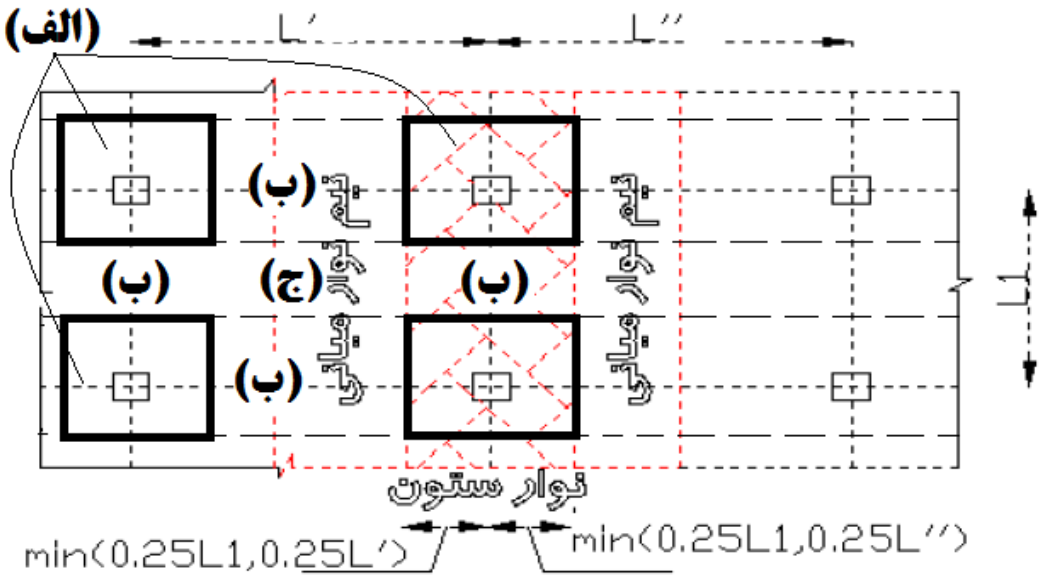
در دال می توان از بازشو با هر ابعادی استفاده نمود به شرط آنکه با انجام تحلیل ویژه بتوان نشان داد که دال از مقاومت کافی برخوردار می باشد.در صورت عدم انجام تحلیل ویژه محدودیت های زیر راباید رعایت نمود:

۱- در ناحیه مشترک دو نوار میانی متقاطع دال می توان هر بازشوئی با هر اندازه ای اجرا نمود. **(ج)**

۲- در ناحیه مشترک بین دو نوار ستونی متقاطع دال فقط بازشوهایی باابعاد کمتر از یک هشتم عرض نوار در هر جهت می توان ایجاد نمود. **(الف)**

۳- در ناحیه مشترک بین نوار ستونی و میانی متقاطع دال فقط بازشو هایی با ابعاد کمتر از یک چهارم عرض نوار در هر جهت می توان ایجاد نمود. **(ب)**

۴- در دال های تیر – ستونی بازشو ها نباید از محل تیر ها عبور نمایند مگر آنکه تحلیل قابل قبولی ارائه گردد.

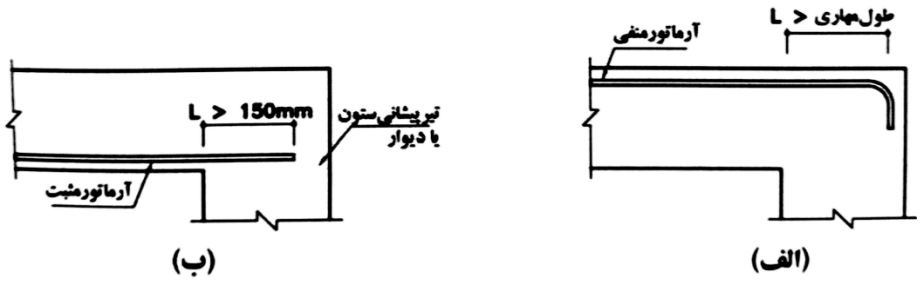


۹-۱۸-۴-۱-۲ نسبت سطح مقطع میلگردهای حرارت و جمع‌شدگی به کل سطح مقطع بتن برای دال‌هایی به ضخامت کمتر یا مساوی ۱۰۰۰ میلی‌متر نباید از مقدار بدست آمده از عبارت (۹-۱۸-۲) کمتر اختیار شود.

$$\frac{۰/۱۵\sqrt{f_c}}{f_y} \qquad (۹-۱۸-۲)$$

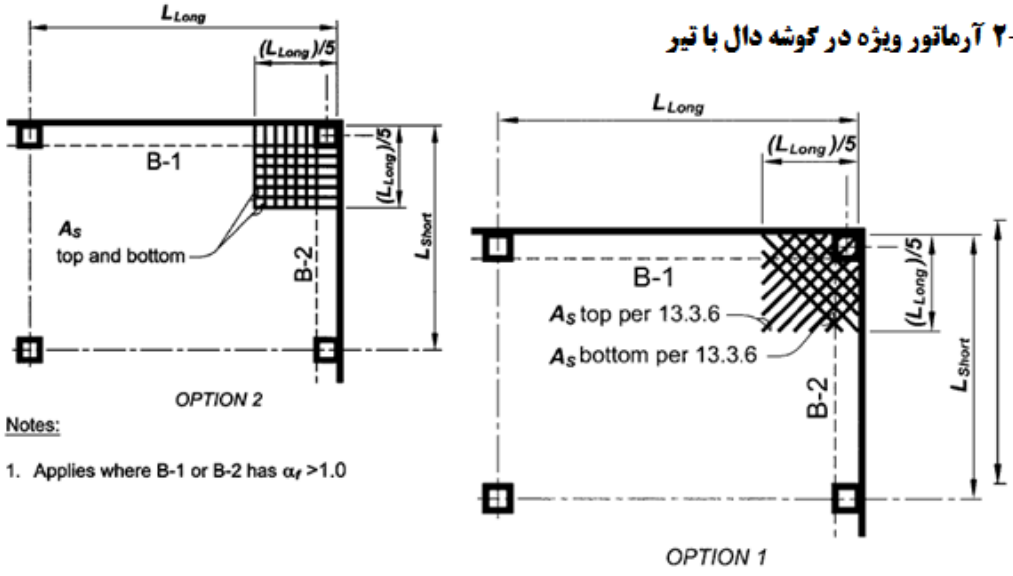
۹-۱۸-۴-۱-۳ فاصله میلگردهای خمشی در دال‌ها، جز در دال‌های مشبک، نباید از دو برابر ضخامت دال و نه از ۳۵۰ میلی‌متر تجاوز کند. در دال‌های مشبک، حداقل آرماتورگذاری در ناحیه‌ای از دال که روی حفره‌ها قرار دارد بر طبق بند ۹-۱۸-۴-۱-۲ تعیین می‌شوند. در مورد دال‌های در معرض شرایط محیطی شدید فاصله میلگردها به دو برابر ضخامت و ۲۵۰ میلی‌متر و برای شرایط محیطی خیلی شدید و فوق‌العاده شدید به ۱/۵ برابر ضخامت و ۲۰۰ میلی‌متر محدود می‌شود.

۹-۱۸-۴-۱-۴ و ۹-۱۸-۴-۱-۵



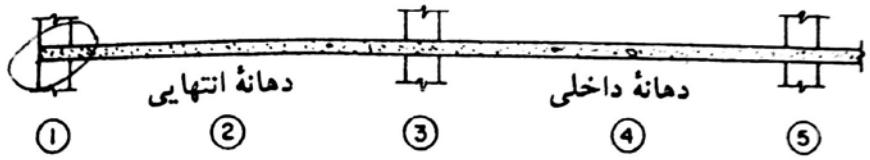
جزئیات ادامه میلگردهای دال درلبه‌های ناپیوسته به داخل تیرپیشانی،ستون یا دیوار

۹-۱۸-۴-۲ آرماتور ویژه در گوشه دال با تیر



نکته: ضوابط میلگردگذاری دال متناسب با نوع دال، شرایط محیطی و .. در صفحات ۲۶۸ تا ۲۷۰ مبحث ۹.

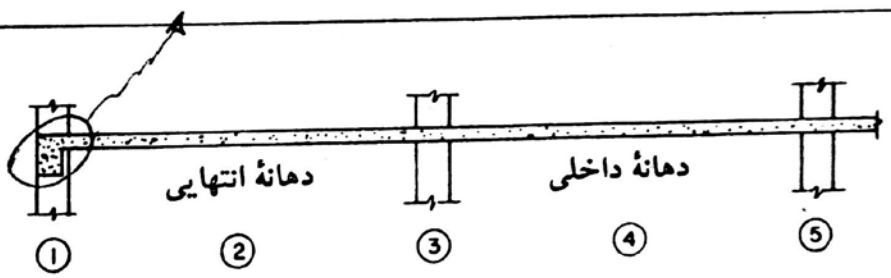
دال تخت یا تخت قارچی متکی بر ستون



لنگرهای دال	دهانهٔ انتهایی			دهانهٔ داخلی	
	① منفی خارجی	② مثبت	③ منفی در اولین تکیه‌گاه	④ مثبت	⑤ منفی داخلی
لنگر کل	0.26 M_0	0.52 M_0	0.70 M_0	0.35 M_0	0.65 M_0
نوار ستونی	0.26 M_0	0.31 M_0	0.53 M_0	0.21 M_0	0.49 M_0
نوار میانی	0	0.21 M_0	0.17 M_0	0.14 M_0	0.16 M_0

تمام لنگرهای منفی در لبهٔ تکیه‌گاه

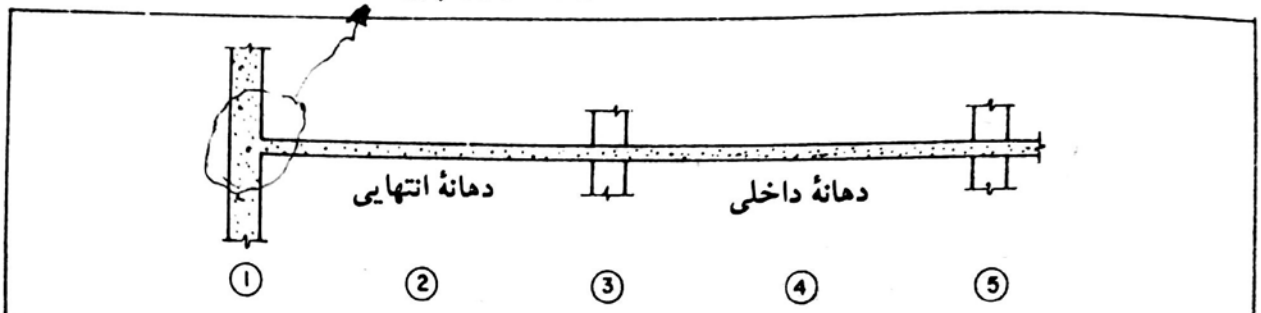
دال تخت یا تخت قارچی متکی بر ستون با تیر لبه‌ای



لنگر دال	دهانهٔ انتهایی			دهانهٔ داخلی	
	① منفی خارجی	② مثبت	③ منفی در اولین تکیه‌گاه	④ مثبت	⑤ منفی داخلی
لنگر کل	0.30 M_0	0.50 M_0	0.70 M_0	0.35 M_0	0.65 M_0
نوار ستونی	0.23 M_0	0.30 M_0	0.53 M_0	0.21 M_0	0.49 M_0
نوار میانی	0.07 M_0	0.20 M_0	0.17 M_0	0.14 M_0	0.16 M_0

تمام لنگرهای منفی در لبهٔ تکیه‌گاه

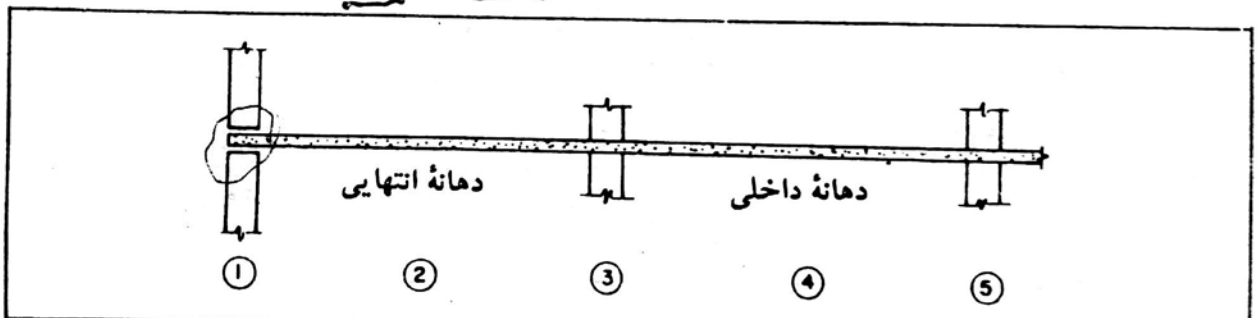
دال تخت یا تخت قارچی، دهانهٔ انتهایی با دیوار یکپارچه است



لنگرهای دال	دهانهٔ انتهایی			دهانهٔ داخلی	
	① منفی خارجی	② مثبت	③ منفی در اولین تکیه‌گاه	④ مثبت	⑤ منفی داخلی
لنگر کل	$0.65\ M_0$	$0.35\ M_0$	$0.65\ M_0$	$0.35\ M_0$	$0.65\ M_0$
نوار ستونی	$0.49\ M_0$	$0.21\ M_0$	$0.49\ M_0$	$0.21\ M_0$	$0.49\ M_0$
نوار میانی	$0.16\ M_0$	$0.14\ M_0$	$0.16\ M_0$	$0.14\ M_0$	$0.16\ M_0$

تمام لنگرهای منفی در لبهٔ تکیه‌گاه

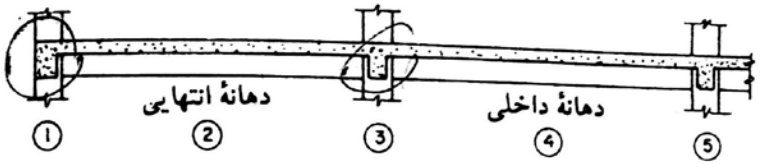
دال تخت یا تخت قارچی، دهانهٔ انتهایی به‌طور ساده روی دیوار تکیه دارد.



لنگرهای دال	دهانهٔ انتهایی			دهانهٔ داخلی	
	① منفی خارجی	② مثبت	③ منفی در اولین تکیه‌گاه	④ مثبت	⑤ منفی داخلی
لنگر کل	0	$0.63\ M_0$	$0.75\ M_0$	$0.35\ M_0$	$0.65\ M_0$
نوار ستونی	0	$0.38\ M_0$	$0.56\ M_0$	$0.21\ M_0$	$0.49\ M_0$
نوار میانی	0	$0.25\ M_0$	$0.19\ M_0$	$0.14\ M_0$	$0.16\ M_0$

تمام لنگرهای منفی در لبهٔ تکیه‌گاه

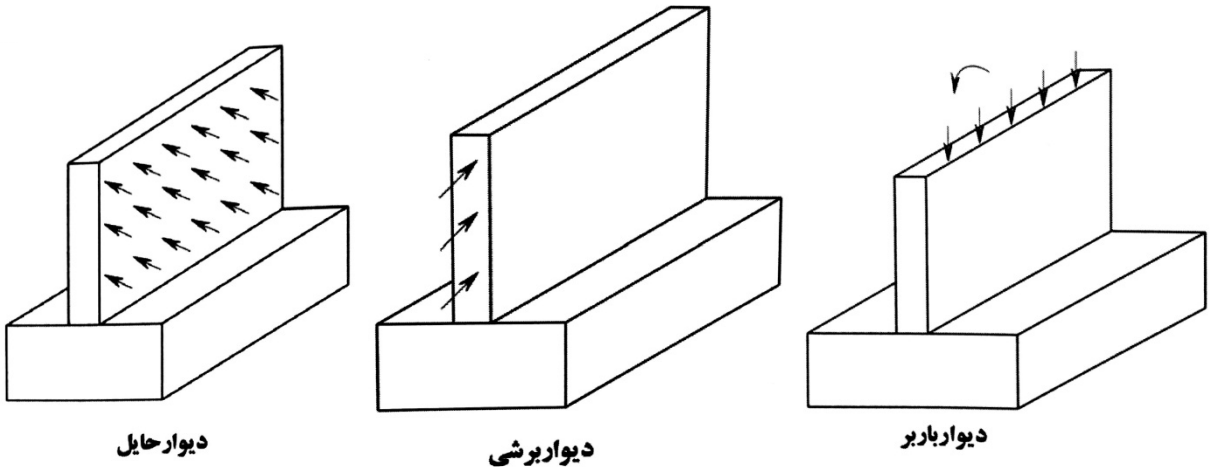
دالهای دوطرفهٔ متکی بر تیر



نسبت l_2/l_1	لنگرهای دال و تیر		دهانهٔ انتهایی			دهانهٔ داخلی	
			① منفی خارجی	② مثبت	③ منفی دراولین تکیه‌گاه	④ مثبت	⑤ منفی داخلی
	لنگر کل		$0.16\ M_0$	$0.57\ M_0$	$0.70\ M_0$	$0.35\ M_0$	$0.65\ M_0$
0.5	نوار ستونی	تیر	$0.12\ M_0$	$0.43\ M_0$	$0.54\ M_0$	$0.27\ M_0$	$0.50\ M_0$
		دال	$0.02\ M_0$	$0.08\ M_0$	$0.09\ M_0$	$0.05\ M_0$	$0.09\ M_0$
	نوار میانی		$0.02\ M_0$	$0.06\ M_0$	$0.07\ M_0$	$0.03\ M_0$	$0.06\ M_0$
1.0	نوار ستونی	تیر	$0.10\ M_0$	$0.37\ M_0$	$0.45\ M_0$	$0.22\ M_0$	$0.42\ M_0$
		دال	$0.02\ M_0$	$0.06\ M_0$	$0.08\ M_0$	$0.04\ M_0$	$0.07\ M_0$
	نوار میانی		$0.04\ M_0$	$0.14\ M_0$	$0.17\ M_0$	$0.09\ M_0$	$0.16\ M_0$
2.0	نوار ستونی	تیر	$0.06\ M_0$	$0.22\ M_0$	$0.27\ M_0$	$0.14\ M_0$	$0.25\ M_0$
		دال	$0.01\ M_0$	$0.04\ M_0$	$0.05\ M_0$	$0.02\ M_0$	$0.04\ M_0$
	نوار میانی		$0.09\ M_0$	$0.31\ M_0$	$0.38\ M_0$	$0.19\ M_0$	$0.36\ M_0$

۴ – دیوار

انواع دیوار:



محدودیت آرماتور دیوار

حداقل درصد میلگرد در دیوارهای برشی:

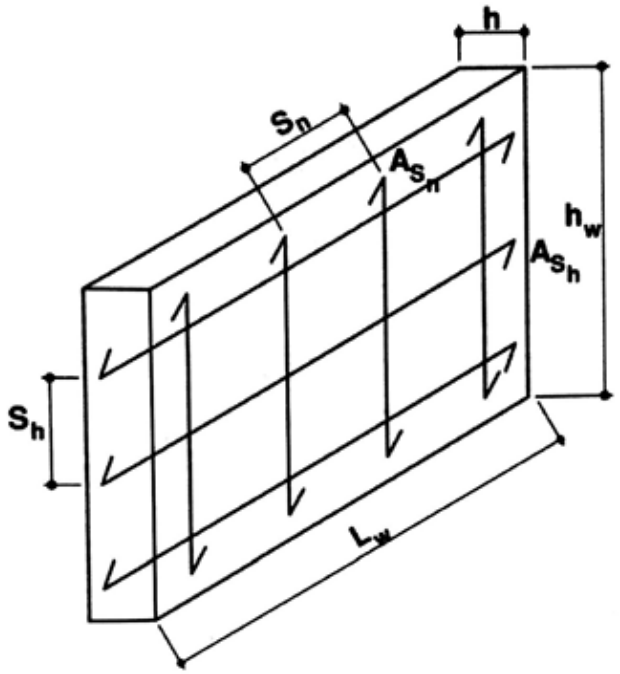
$$(\rho_h)_{\min} = ۰/۰۰۲۵ \quad , \quad (S_h)_{\max} = \min\left\{۳h, \frac{\ell_w}{۵}, ۳۵۰\right\}$$

$$\rho_h \geq (\rho_n)_{\min} \geq \left\{۰/۰۰۲۵, ۰/۰۰۲۵ + ۰/۵(۲/۵ - \frac{h_w}{\ell_w})(\rho_t - ۰/۰۰۲۵)\right\}$$

$$(S_n)_{\max} = \min\left\{۳h, ۳۵۰, \frac{\ell_w}{۳}\right\}$$

نکته : ضوابط ارائه شده در ادامه شامل حال همه دیوارها می‌گردد.

اگر سطح مقطع کل آرماتورهای قائم را A_{Sn}، سطح مقطع کل آرماتورهای افقی را A_{Sh}، طول دیوار ر با l_w و ضخامت دیوار را با h و ارتفاع کل دیوار را با h_w به صورت شکل ۱۹-۴ نمایش دهیم:



شکل ۱۹-۴ محدودیت آرماتور

$$(\rho_n)_{\min}=\frac{(A_{S_n})_{\min}}{h.l_w}=\begin{cases}\cdot/\cdot\cdot۱۲ & \phi\le ۱۶\ ,\ f_y\ge ۴۰۰^{MPa}\\ \cdot/\cdot\cdot۱۵ & \text{برای سایر حالات}\end{cases} \qquad ۹-۱۹-۴-۲$$

$$(\rho_h)_{\min}=\frac{(A_{S_h})_{\min}}{h.h_w}=\begin{cases}\cdot/\cdot\cdot۲ & \phi\le ۱۶\ ,\ f_y\ge ۴۰۰^{MPa}\\ \cdot/\cdot\cdot۲۵ & \text{برای سایر حالات}\end{cases} \qquad ۹-۱۹-۴-۳$$

لازم است این محدودیت در محل وصله نیز رعایت شود $\rho_{\max}=\cdot/\cdot۴$ ۹-۱۹-۴-۴

۹-۱۹-۴-۵- الف)

در دیوارهایی که یک رویه آنها در تماس با خاک یا هوای بیرون قرار دارد، مطابق شکل۱۹-۵ رعایت ضوابط ذیل الزامی است.

الف) یک شبکه آرماتور شامل حداقل نصف و حداکثر دو سوم کل آرماتور لازم برای هر امتداد باید در فاصله‌ای بیشتر از ۵۰ میلیمتر و کمتر از یک سوم ضخامت دیوار از رویه در تماس با خاک یا هوای بیرون قرار داده شود.

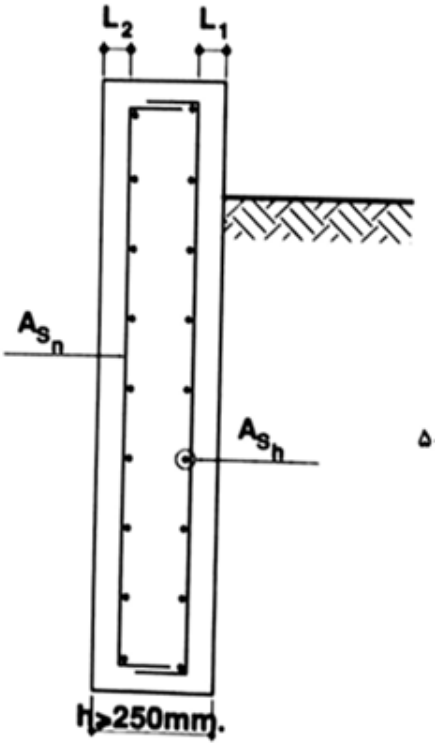
ب) یک شبکه شامل باقیمانده آرماتور لازم برای هر امتداد باید در فاصله‌ای بیشتر از ۲۰ میلیمتر و کمتر از یک سوم ضخامت دیوار از رویه دیگر قرار داده شود. پوشش بتنی روی میلگردها باید ضوابط بند ۹-۶-۸-۴ را نیز برآورده کند.

$$۵۰^{mm} \le L_۱ \le \frac{۱}{۳}h$$

$$۲۰^{mm} \le L_۲ \le \frac{۱}{۳}h$$

$$\frac{۱}{۲}(As)_{req} \le As_۱ \le \frac{۲}{۳}(As)_{req}$$

$$As_۲ = (As)_{req} - As_۱$$



شکل ۱۹-۵

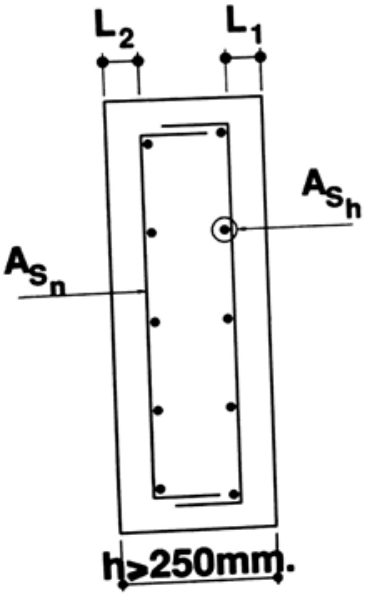
۹-۱۹-۴-۵-ب)

در سایر دیوارها هر شبکه آرماتور شامل نصف آرماتور لازم در هر امتداد مطابق شکل ۱۹-۶ باید در فاصله‌ای بیشتراز ۲۰ میلیمتر و کمتر از یک سوم ضخامت دیوار از هر رویه قرار داده شود. پوشش بتنی روی میلگردها باید ضوابط بند ۹-۶-۸-۴ را نیز برآورده کند.

$$۲۰ \le L_۱ \le \frac{۱}{۳}h$$

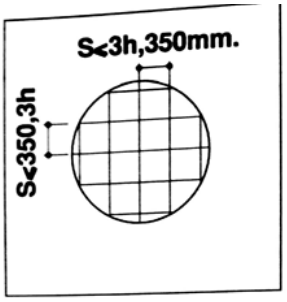
$$۲۰ \le L_۲ \le \frac{۱}{۳}h$$

$$A_{S۱} = A_{S۲} = \frac{(A_s)_{req}}{۲}$$

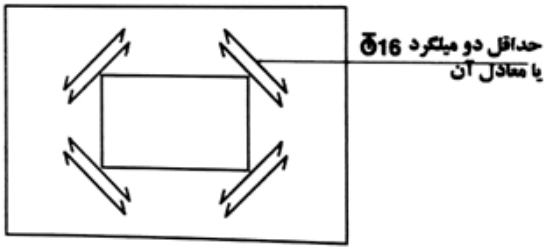


شکل ۱۹-۶

۹-۱۹-۴-۶ فاصله میلگردهای قائم و میلگردهای افقی مجاور در هر شبکه نباید بیشتر از سه برابر ضخامت دیوار و ۳۵۰ میلیمتر باشد.

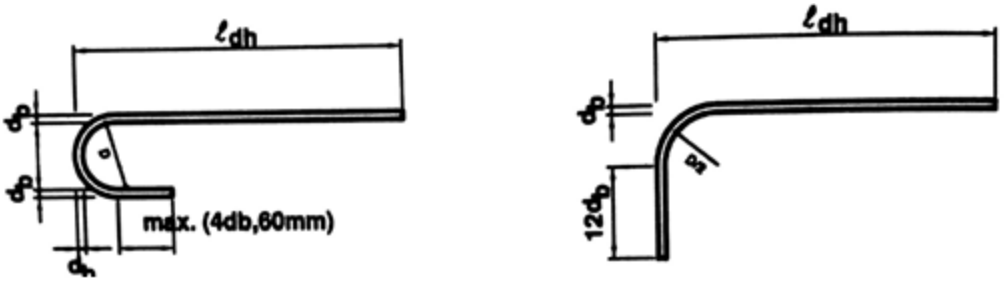


۹-۱۹-۴-۸ دورتا دور بازشوها باید حداقل دو میلگرد با قطر ۱۶ میلیمتر یا معادل آن قرار داده شود. این میلگردها باید از گوشه بازشو به داخل دیوار ادامه یافته و به نحوی مناسب مهار شوند.

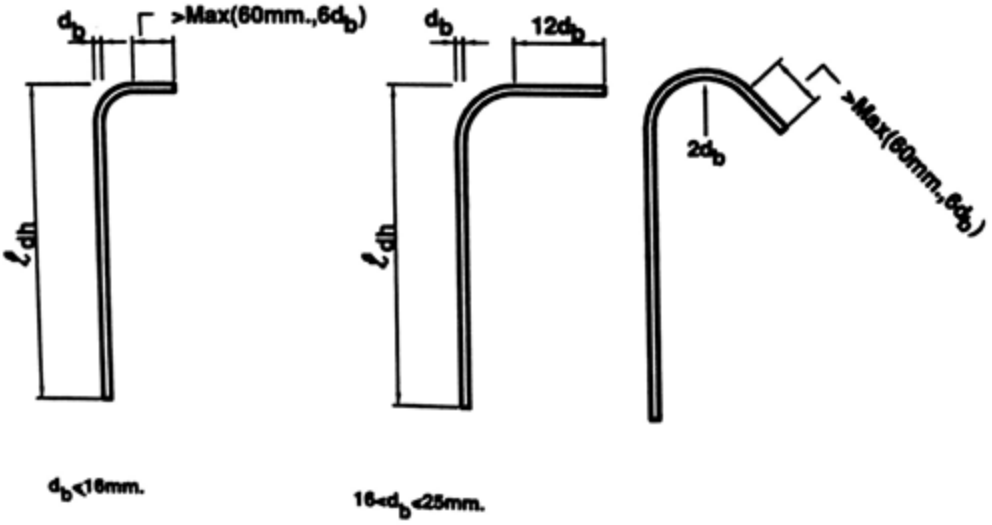


۵– مهار و وصله آرماتور

قلاب استاندارد و حداقل قطر خم (برای میلگرد اصلی و خاموت):



برای آرماتور طولی



برای آرماتور عرضی

جدول ۹-۲۱-۱ حداقل قطر خم‌ها

قطر میلگرد	حداقل قطر خم
کمتر از ۲۸ میلیمتر	$۶d_b$
۲۸ تا ۳۴ میلیمتر	$۸d_b$
۳۶ تا ۵۵ میلیمتر *	$۱۰d_b$

ب- قطر داخلی خم‌ها برای خاموت‌های به قطر کمتر از ۱۶ میلیمتر نباید کمتر از $۴d_b$ اختیار شود.

۹-۲۱-۲-۴ طول گیرایی میلگردهای کششی

۹-۲۱-۲-۴-۱ طول گیرایی یک میلگرد در کشش، l_d، باید حداقل برابر با مقدار حاصل از رابطه (۹-۲۱-۱) در نظر گرفته شود، در هرحال کمتر از ۳۰۰ میلیمتر اختیار نشود.

$$l_d = \left[\frac{0.86 f_{yd}}{\sqrt{f_{cd}}} \frac{\alpha\beta\gamma\lambda}{\left(\frac{C+k_{tr}}{d_b}\right)}\right] d_b \qquad (۹-۲۱-۱)$$

مقدار $\frac{c+k_{tr}}{d_b}$ نبایستی بیش از ۲/۵ درنظر گرفته شود.

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 است که با توجه به مقدار آرماتور عرضی موجود در طول گیرایی از رابطه (۹-۲۱-۲) به دست می‌آید:

$$k_{tr} = \frac{0.12 A_{tr} f_{yd}}{sn} \qquad (۹-۲۱-۲)$$

در این رابطه n تعداد میلگردهایی است که در یک محل مهار و یا وصله می‌شوند.

برای سهولت در محاسبات، چنانچه فاصله آزاد میلگردها و پوشش روی آنها کمتر از d_b نباشد و حداقل آماتور برشی مطابق رابطه (۹-۱۵-۱۳) در ناحیه طول گیرایی به کار برده شده باشد و یا اینکه فاصله آزاد میلگردها کمتر از $۲d_b$ و پوشش روی آنها کمتر از d_b نباشد $\frac{c+k_{tr}}{d_b}$ را می‌توان برابر با ۱/۵در نظر گرفت.

۹-۲۱-۲-۵ طول گیرایی میلگردهای فشاری

۹-۲۱-۲-۵-۱ طول گیرایی یک میلگرد در فشار، باید حداقل برابر بزرگترین مقدار دو رابطه (۹-۲۱-۳) و (۹-۲۱-۴) در نظر گرفته شود. در هرحال کمتر از ۲۰۰ میلیمتر اختیار نشود.

$$l_{dc} = \left[۰/۲۴ \frac{f_{yd}}{\sqrt{f_{cd}}} \right] d_b \qquad (۹-۲۱-۳)$$

$$l_{dc} = [۰/۰۵ f_{yd}] d_b \qquad (۹-۲۱-۴)$$

۹-۲۱-۲-۶ طول گیرایی در گروه میلگردها

۹-۲۱-۲-۶-۱ طول گیرایی گروه میلگردهای سه‌تایی و چهارتایی در کشش یا فشار باید به ترتیب ۱/۲ و ۱/۳۳ برابر طول گیرایی یک میلگرد تنها در نظر گرفته شود. برای گروه میلگردهای دوتایی افزایش طول گیرایی الزامی نیست.

۹-۲۱-۲-۶-۲ برای تعیین طول گیرایی یک میلگرد در گروه میلگردها ضرایب بکار برده شده رابطه ۹-۲۱-۱ باید براساس قطر میلگرد فرضی با مقطع معادل گروه میلگردها اختیار شوند.

۹-۲۱-۲-۷ طول گیرایی میلگردهای قلابدار در کشش

۹-۲۱-۲-۷-۱ طول گیرایی یک میلگرد قلابدار در کشش، l_{dh}، باید حداقل برابر مقدار رابطه (۹-۲۱-۵) در نظر گرفته شود. مقدار l_{dh} در هیچ حالت نباید کمتر از $8d_b$ و یا ۱۵۰ میلیمتر اختیار گردد.

$$l_{dh} = \left[0.24 k_1 k_2 \beta \lambda \frac{f_{yd}}{\sqrt{f_{cd}}}\right] d_b \qquad (۹-۲۱-۵)$$

برای تعیین ضرایب β و λ به بند ۹-۲۱-۲-۴-۱ مراجعه شود.

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.

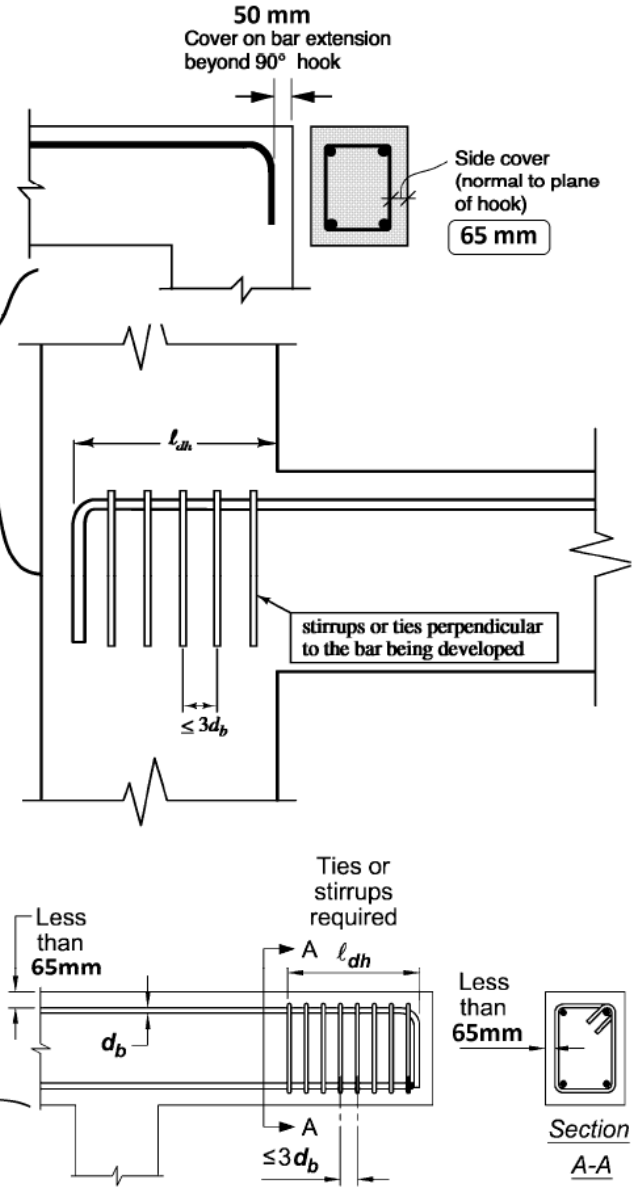
ضریب k_2 در تمامی موارد برابر یک منظور می‌شود مگر در مواردی که میلگردها در طول گیرایی با خاموت‌های با فاصله‌ای مساوی یا کمتر از $3d_b$ محصور شده باشند، در این موارد ضریب k_2 را می‌توان ۰/۸ منظور کرد.

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.

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

۹-۲۱-۲-۷-۲ در انتهای غیرممتد یک عضو که در آن برای مهارکردن میلگرد از قلاب استفاده شده است در صورتی که پوشش بتنی روی میلگرد در هر دو جهت، بالا و پایین و عمود بر صفحه قلاب، کمتر از ۶۵ میلیمتر باشد باید میلگرد در طول گیرایی با خاموت‌هایی به فاصله کمتر از $3d_b$ از یکدیگر محصور شود.



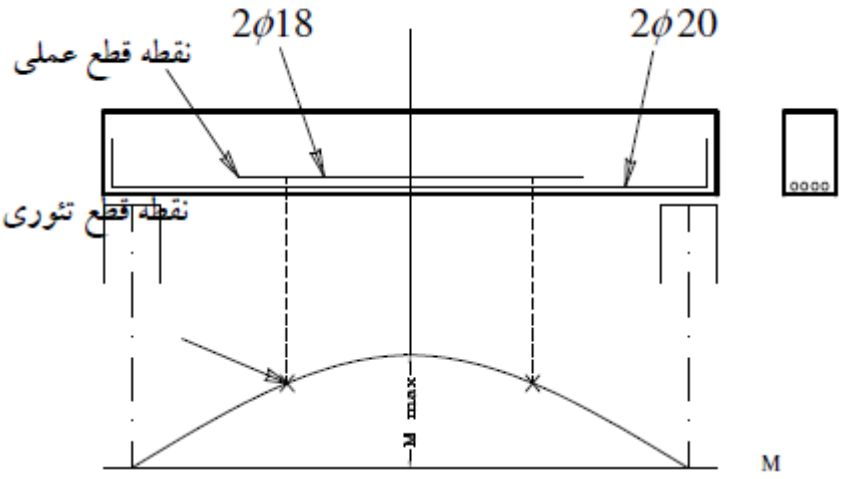
۹-۲۱-۲-۸ اضافه آرماتور

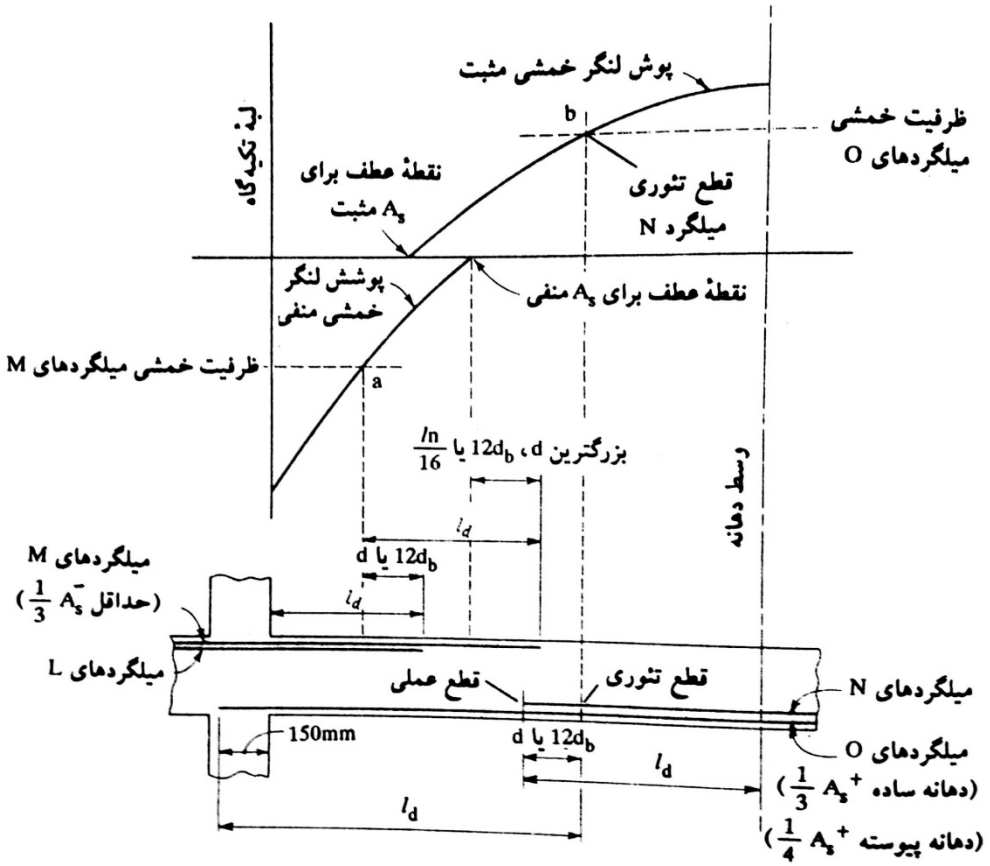
۹-۲۱-۲-۸-۱ در مواردی‌که آرماتور بکار رفته در مقطع بیشتر از آرماتور لازم براساس تحلیل سازه می‌باشد، می‌توان روابط ۹-۲۱-۱ ، ۹-۲۱-۳ ، ۹-۲۱-۴ و۹-۲۱-۵ را در نسبت مقدار آرماتور لازم به مقدار آرماتور مصرفی ضرب نمود. این ضریب در مورد ساختمان‌های با شکل‌پذیری زیاد (فصل بیست و سوم) باید برابر یک منظور گردد.

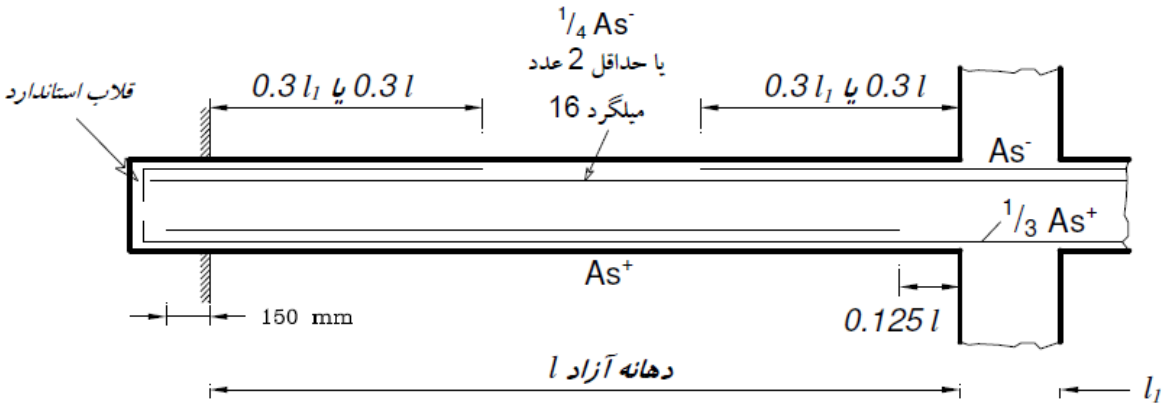
۹-۲۱-۳ ضوابط مهار آرماتورهای خمشی

نقطه قطع تئوری : نقطه ای که بعد از آن ، با توجه منحنی ممان خمشی ، نیازی به میلگردهایی که می خواهیم قطع نمایم نیست.

نقطه قطع عملی: نقطه ای که عملاً میلگردهای مورد نظر قطع می گردند.







وصله میلگردها

بدلیل محدودیت در طول میلگردها (12 متر هر شاخه) گاهی اوقات نیاز است دو میلگرد را بهم متصل نمود. که این عمل را وصله کردن میلگردها بهم گویند.

وصله میلگردها به روشهای زیر صورت می گیرد:

1) بوسیله جوش

الف. جوش نوک به نوک که در کارخانه قابل اجرا می باشد.

ب. جوش با پهلوی هم قرار دادن طولی از میلگردها و جوش دادن کامل آنها بهم

نکته: جوش باید به اندازه‌ای باشد که وصله بتواند نیرویی برابر $1.25f_y$ را تحمل کند

2) بوسیله پوشش میلگردها : (که در عمل بیشتر متداول است)

نکته1: طول L_s (طول پوشش یا طولی که دو میلگرد روی هم باید قرار گیرند) باید به اندازه باشد که در آن فولاد بتواند نیروی خود را ابتدا به بتن و سپس از بتن به فولاد بعدی منتقل نماید.

نکته2: حداقل طول لازم برای پوشش برابر است با طول مهاری L_d البته بدلیل وجود تمرکز تنش در اطراف دو میله لازم است طول پوشش L_s کمی بیشتر از L_d اختیار شود.

نکته3: وصله پوششی برای میلگردها تا قطر کمتر از 36 میلیمتر مجاز است و برای میلگردهای با قطر بزرگتر، از روش جوش استفاده می گردد.

۹-۲۱-۴-۲ وصله میلگردهای کششی

۹-۲۱-۴-۲-۱ در وصله‌های پوششی، طول پوشش باید حداقل برابر با $1/3l_d$ باشد. تنها در مواردی که دو شرط (الف) و (ب) این بند بطور توأم تأمین باشد طول پوشش را می‌توان به مقدار l_d کاهش داد:

الف ـ مقدارآرماتور موجود در ناحیه طول پوشش حداقل به اندازه دو برابر مقدار مورد نیاز باشد.

ب ـ حداکثر نصف آرماتور موجود در مقطع در ناحیه طول پوشش وصله شوند.

۹-۲۱-۴-۳ وصله میلگردهای فشاری

۹-۲۱-۴-۳-۱ در وصله‌های پوششی، طول پوشش برای فولادهای از رده $S۴۰۰$ یا پایین‌تر باید حداقل برابر با $۰/۰۸f_{yd}d_b$ و برای فولادهای مقاوم‌تر برابر با $(۰/۱۵f_{yd}-۲۴)d_b$ باشد. این طول در هر حال نباید کمتر از ۳۰۰ میلیمتر اختیار شود.

۹-۲۱-۴-۳-۲ در مـواردی که میـلگردهای با قطرهای مختلف با وصله پوشش بهم متصل می‌شوند طول پوشش باید برابر بزرگتـریـن دو مقدار، طول گیرایی میلگرد با قطر بزرگتر یا طول پوشش لازم برای میلگرد با قطر کوچکتر، در نظر گرفته شود. میلگردهای با قطر بزرگتر از ۳۶ میلیمتر را می‌توان به میلگردهای با قطر کوچکتر از ۳۶ میلیمتر اتصال داد.

۹-۲۱-۴-۴-۵ طول وصله دورپیچ‌ها

آرماتورهای دورپیچ را می‌توان با طول‌های داده شده در زیر وصله نمود:

۱- میلگردهای آجدار $۴۸d_b$

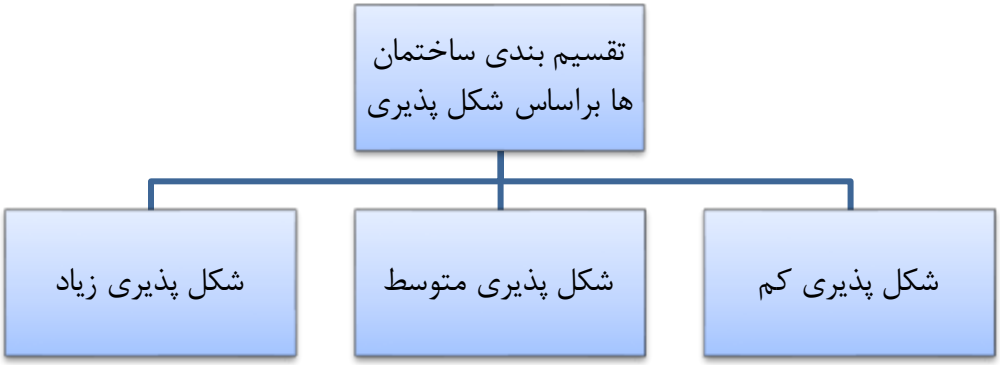
۲- میلگردهای ساده $۷۲d_b$

۳- میلگردهای آجدار اندود شده $۷۲d_b$

۲- میلگردهای ساده و آجدار با قلاب استاندارد انتهایی (قلاب در بتن هسته قرار گیرد) $۴۸d_b$

نکته: تکمیل نکات وصله میلگردها به روش پوششی، جوشی، مکانیکی و اتکایی، در صفحات ۳۰۱ تا ۳۰۶ مبحث نهم

۶– ضوابط ساختمان های با شکل پذیری زیاد



ضوابط شکل‌پذیری متوسط و زیاد

۹-۲۳-۲-۳-۱ بتن مورد استفاده در اجزای مقاوم در برابر زلزله برای ساختمان‌های با شکل پذیری زیاد باید از رده C۲۵ و یا بالاتر و برای ساختمان‌های با شکل‌پذیری متوسط از رده C۲۰ و یا بالاتر باشد.

۹-۲۳-۲-۵-۲ حد شکل‌پذیری کم (قاب خمشی بتن آرمه معمولی): این حد برای ساختمان‌هایی مناسب است که در آنها انتظار به وجود آمدن تغییر شکل زیاد نمی‌رود. این شرط در مناطق با خطر زلزله نسبی کم و متوسط قابل کاربرد است.

۹-۲۳-۲-۵-۳ حد شکل‌پذیری متوسط (قاب خمشی بتن آرمه متوسط با و یا بدون دیوار برشی): این حد برای ساختمان‌هایی الزامی است که در آنها بازتاب ساختمان در برابر نیروهای زلزله وارد ناحیه غیرخطی می‌شود و مقاطع ساختمان باید آنچنان طراحی شوند که از ایمنی کافی در مقابل گسیختگی ترد برخوردار باشند.

۹-۲۳-۲-۵-۴ حد شکل‌پذیری زیاد (قاب خمشی بتن‌آرمه ویژه با و یا بدون دیوار برشی): این حد برای ساختمان‌هایی الزامی است که اعضای آنها در مقاطع خاصی باید از ظرفیت جذب و استهلاک انرژی زیاد برخوردار باشند به طوری که در صورت ایجاد مکانیزم در آنها پایداری و انسجام کلی ساختمان محفوظ مانده و از این نظر اطمینان کافی موجود باشد.

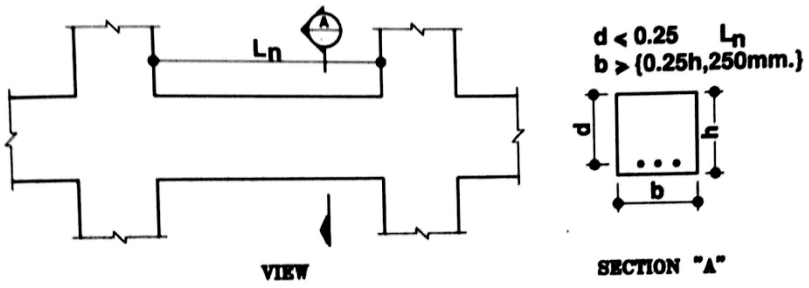
۹-۲۳-۲-۵-۵ ساختمان‌هایی را که در آنها حدود شکل‌پذیری بیشتر تأمین می‌شود، با توجه به قابلیت جذب انرژی و رفتار غیر خطی بیشتر، می‌توان برای بارهای جانبی زلزله کمتری طراحی نمود. ضوابط مربوط به چگونگی کاهش این بارها در آئین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (مبحث ششم) تعیین شده‌اند.

ضوابط ساختمان‌های با شکل‌پذیری متوسط و شکل‌پذیری زیاد

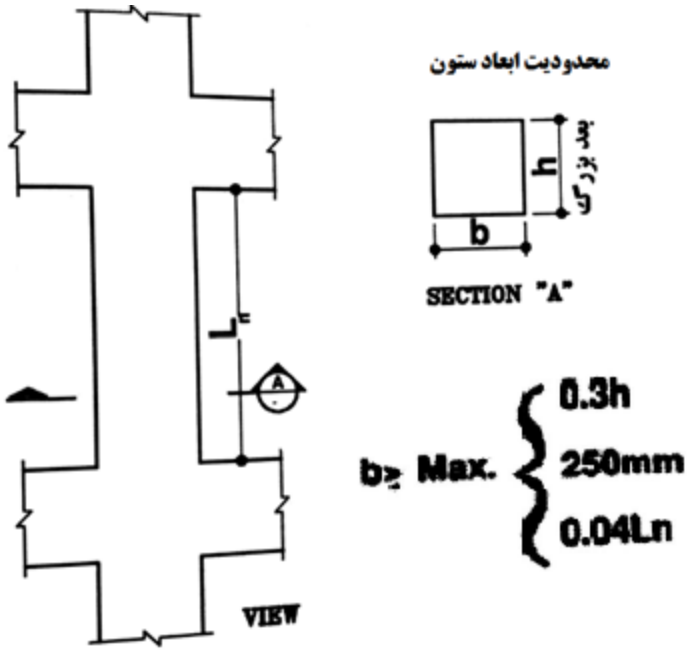
اعضای تحت خمش در قاب‌ها ($N_u \le 0/15 f_{cd} A_g$)

محدودیت‌های هندسی

مشخصات هندسی عضو تحت خمش باید محدودیت‌های زیر را تأمین کند:



اعضای تحت اثر توأم فشار و خمش در قاب‌ها ($N_u > 0/15 f_{cd} A_g$)



۹-۲۳-۴-۱ اعضای تحت خمش در قاب‌ها ($N_u \le ۰/۱۵ f_{cd} A_g$)

۹-۲۳-۴-۱-۲ آرماتور طولی

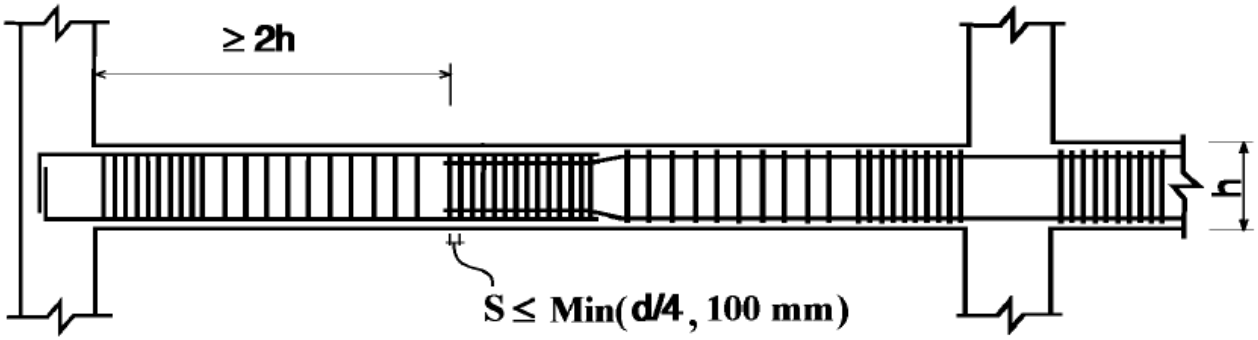
۹-۲۳-۴-۱-۲-۵ استفاده از وصله پوششی در میلگردهای طولی خمشی فقط در شرایطی مجاز است که در تمام طول وصله آرماتور عرضی از نوع تنگ‌یا دورپیچ موجود باشد. فواصل سفره‌های آرماتور عرضی دربرگیرنده وصله از یکدیگر نباید بیشتر از یک‌چهارم ارتفاع مؤثر مقطع و ۱۰۰ میلیمتر اختیار شود.

۹-۲۳-۴-۱-۲-۶ استفاده از وصله پوششی در محل‌های زیر مجاز نیست:

الف- در اتصالات تیرها به ستون‌ها

ب- در طولی معادل دو برابر ارتفاع مقطع از بر تکیه‌گاه

۹-۲۳-۴-۱-۲-۷ وصله‌های جوشی یا مکانیکی مطابق ضوابط بندهای ۹-۲۱-۴-۱-۶ و ۹-۲۱-۴-۱-۷ به شرطی مجاز است‌که وصله میلگرد در هر سفره میلگرد به صورت یک در میان انجام شود و فاصله وصله‌ها در میلگردهای مجاور یکدیگر در امتداد طول عضو، کمتر از ۶۰۰ میلی‌متر نباشد.



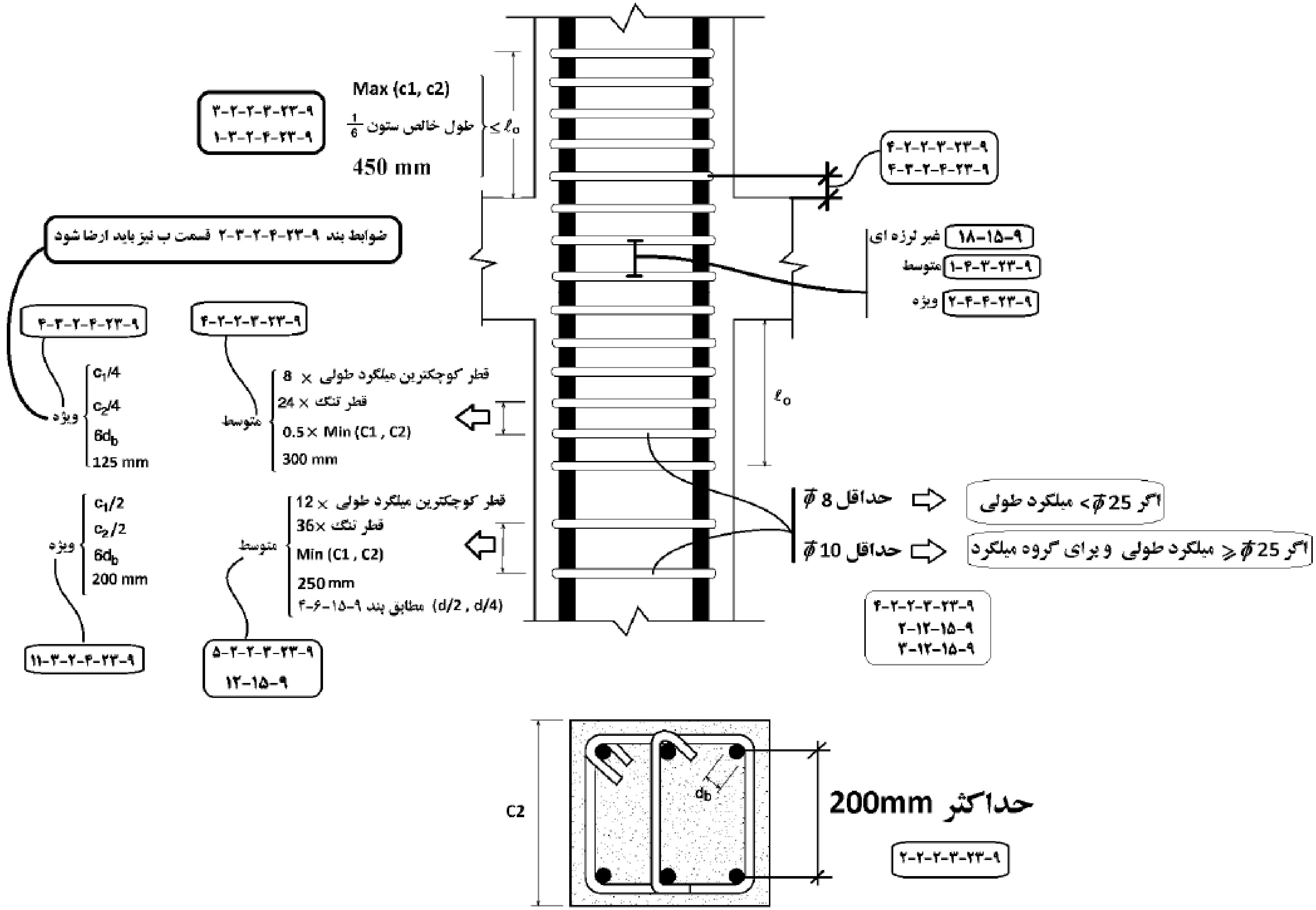
۹-۲۳-۴ ضوابط ساختمان‌های با شکل‌پذیری زیاد

۹-۲۳-۴-۲ اعضای تحت اثر توأم فشار و خمش در قاب‌ها ($N_u > ۰/۱۵ f_{cd} A_g$)

۹-۲۳-۴-۲-۲ آرماتور طولی

۹-۲۳-۴-۲-۲-۳ استفاده از وصله پوششی در میلگردهای طولی فقط در نیمه میانی طول ستون مجاز است. طول پوشش این وصله‌ها باید برای وصله‌های کششی در نظر گرفته شود.

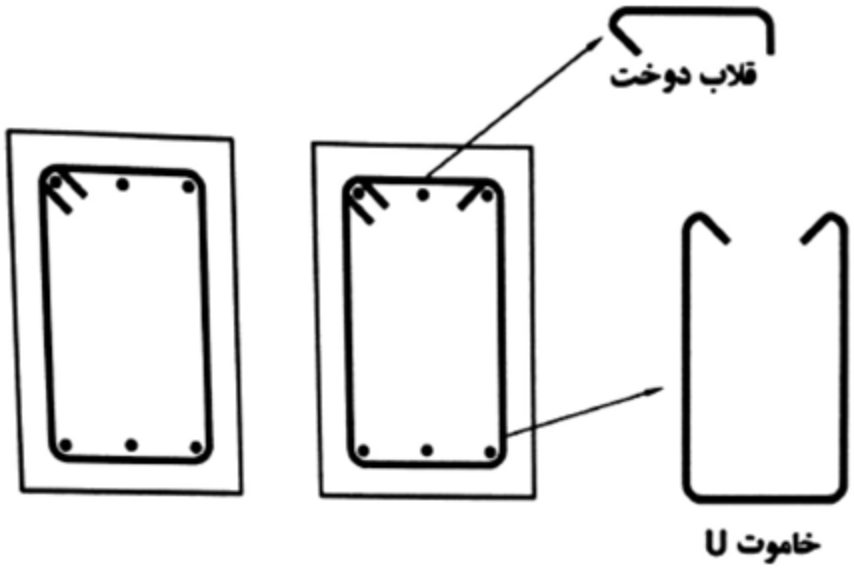
۹-۲۳-۴-۲-۲-۴ وصله‌های جوشی یا مکانیکی، مطابق ضوابط بند ۹-۲۱-۴-۱-۶ و ۹-۲۱-۴-۱-۷ در میلگردهای طولی به شرطی مجاز است که وصله میلگردها در هر مقطع به صورت یک در میان انجام شود و فاصله وصله‌ها در میلگردهای مجاور یکدیگر، در امتداد طول ستون، کمتر از ۶۰۰ میلی‌متر نباشد.



طول ناحیه بحرانی و ضوابط حداکثر فاصله تنگ ستون‌ها:

۵-۳-۱-۴-۳-۹

برای ساخت تنگ‌های ویژه می‌توان از خاموت‌های یکپارچه مستطیلی و یا یک خاموت به شکل U و یک قلاب دوخت مطابق شکل استفاده نمود.



یک خاموت U شکل و یک قلاب دوخت خاموت بسته مستطیل شکل

در خاموت‌های بسته و نیز در خاموت U، حداقل زاویهٔ خم در محل قلاب‌ها ۱۳۵° می‌باشد ولی در مورد قلاب دوخت می‌توان در یک انتها از قلاب ۹۰° و در یک انتها از قلاب ۱۳۵° استفاده کرد. در همهٔ حالات حداقل طول مستقیم پس از خم قلاب‌ها بیشترین مقدار بین شش برابر قطر میلگرد مربوطه و نیز ۷۵mm می‌باشد.