

مهارتی و وصله آرماتورها

فصل نهم

در این بخش چه خواهیم آموخت:

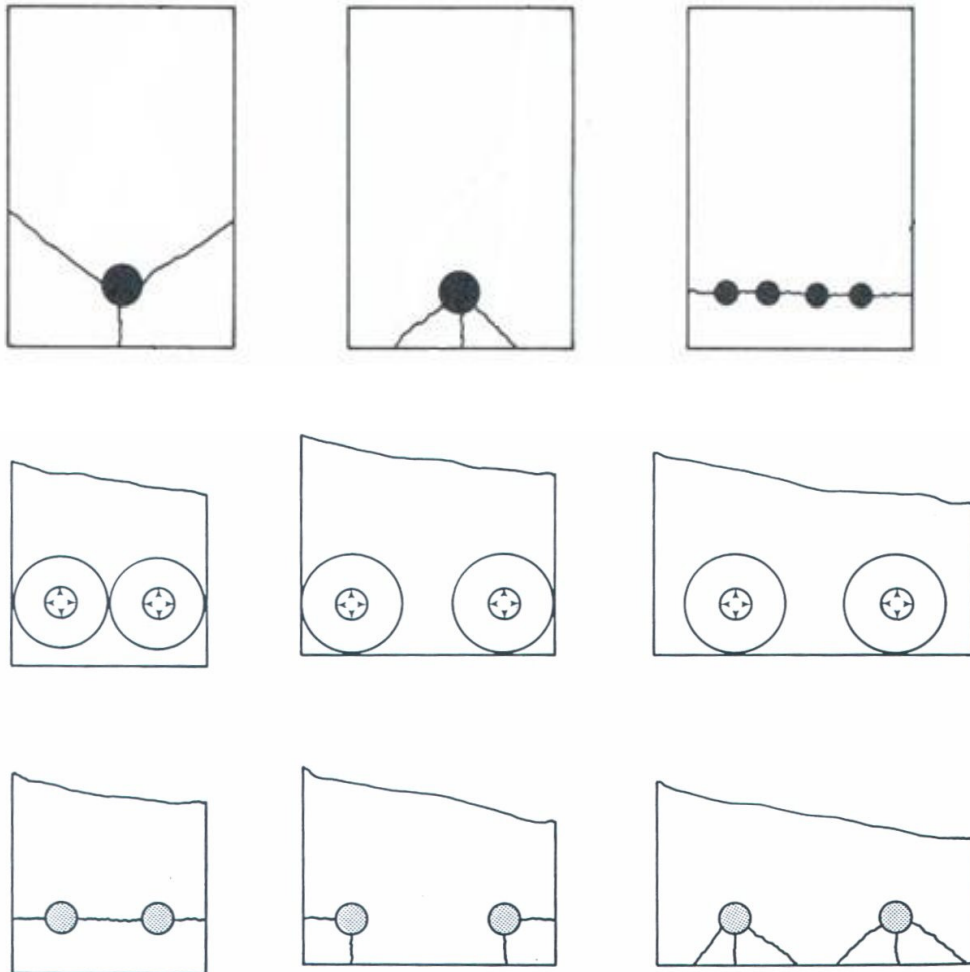
۱- تنشهای چسبندگی در تیر

۲- طول مهار

۳- خمهای استاندارد میلگرد

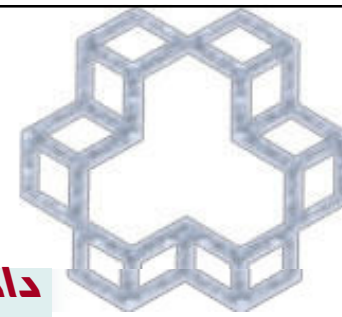
۴- محل قطع میلگرد.

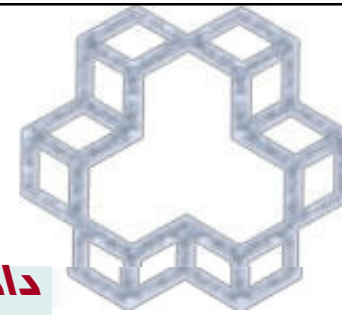
۵- وصله

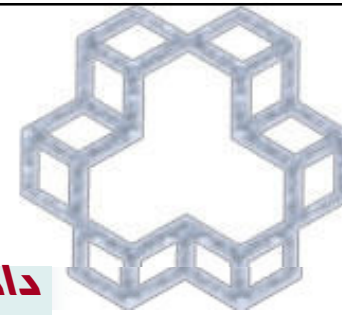


جزوه بتن ۱

تدوین : دکتر سید بهرام بهشتی







تنشهای چسبندگی در تیرها

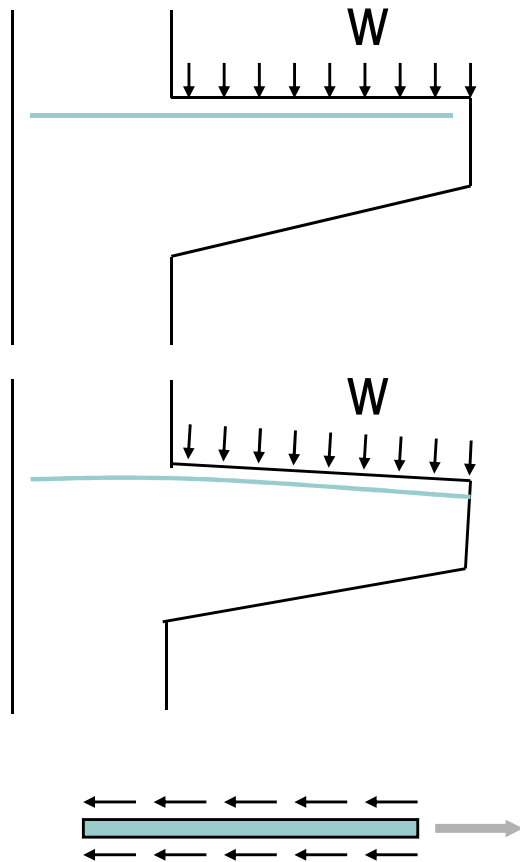
دیدیم که چگونه در طراحی خمشی مقاطع بتن آرمه، فرض اساسی عدم لغزش میلگردها نسبت به بتن مجاور منجر به استفاده از منحنی کرنش جهت برداشت میزان کرنش فلز بر اساس انحناء مقطع تیر بود. لغزش و بیرون کشیده شدن میلگرد در حالت نهایی منجر به انهدام بسیاری از مقاطع بتن آرمه می گردد.

اصول اساسی در بتن آرمه:

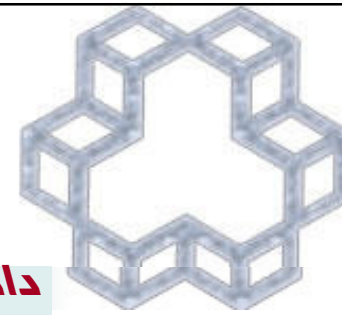
❑ چسبندگی و پیوستگی بین میلگرد و بتن اطراف وجود دارد

❑ تحت بارهای سرویس هیچ لغزشی بین میلگرد و بتن اطراف وجود ندارد

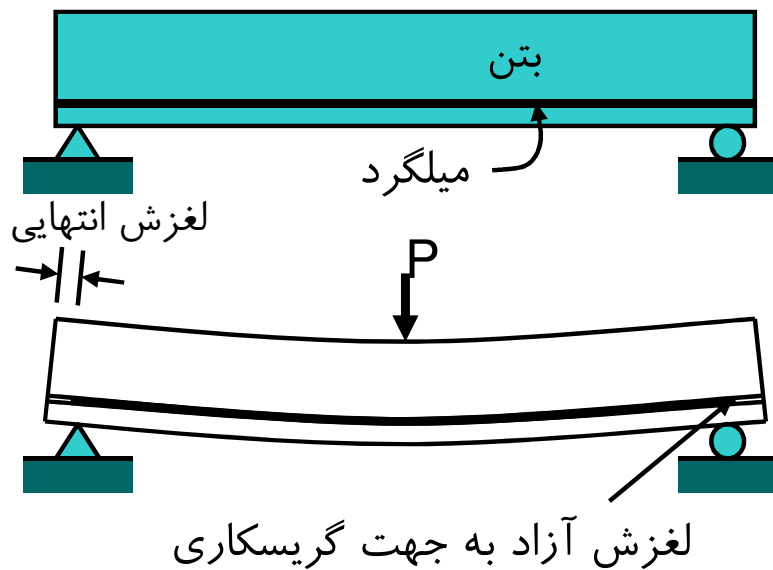
❑ میلگردها باید توسط طولی فراتر از نقطه ای که بارگذاری سبب حداکثر کشش می گردد به اندازه کافی جهت ایجاد ظرفیت کششی آنها ادامه یابند یا بطور مناسب مهار گردند.



مهار چسبندگی در میلگردهای کششی

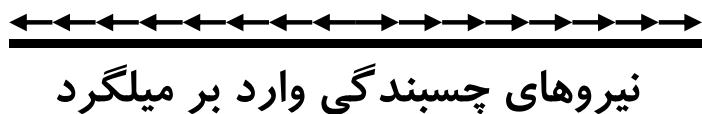
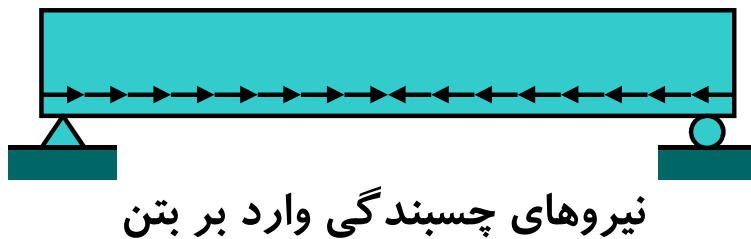


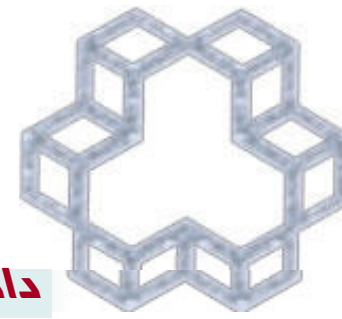
تنشهای چسبندگی در تیرها



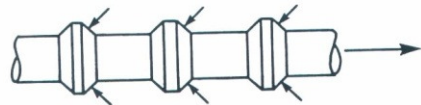
تنش برشی بین میلگرد و بتن را که سبب انتقال نیرو از بتن به میلگرد می شود، تنش چسبندگی گویند. این عملکرد بخصوص در ناحیه کششی بتن، که در آنجا بتن قادر به تحمل تنشهای کششی نمی باشد بسیار مهم و حیاتی است. عدم وجود چسبندگی سبب لغزش میلگرد در بتن شده و میلگرد نقش تقویتی را از دست خواهد داد.

در میلگردهای صاف ۲۵ تا ۳۰ درصد چسبندگی ناشی از اصطکاک و گیرش حاصل از افت بتن و ۷۰ تا ۷۵ درصد ناشی از زبری است. وجود آج در میلگردهای آجدار سبب اضافه مقاومتی حاصل از فشار آنها به بتن می گردد که به آن مقاومت شکاف خوردگی می گویند.

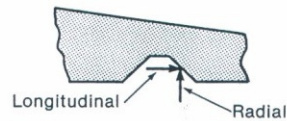




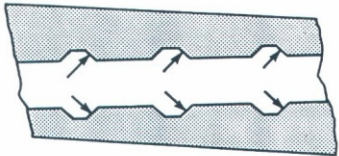
تنش چسبندگی



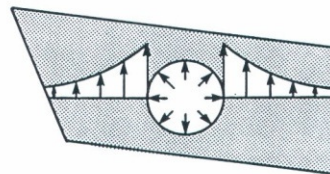
(a) Forces on bar.



(c) Components of force on concrete.



(b) Forces on concrete.



(d) Radial forces on concrete and splitting stresses shown on a section through the bar.

از لحاظ محاسباتی تنش چسبندگی بردو نوع می باشد:

۱- چسبندگی مهاري: تابع تنش داخلی میلگرد می باشد.

۲- چسبندگی خمشی: تابع سرعت تغییر نیرو در میلگرد و نه شدت آن می باشد. لذا مقدار آن تابع نیروی برشی یا تغییر لنگر خمشی مقطع است.

الف) چسبندگی مهاري

تیر شکل مقابل را در نظر می گیریم. شرط تعادل در میلگرد

$$\sum F = 0. \Rightarrow T - \text{Bond Force} = 0$$

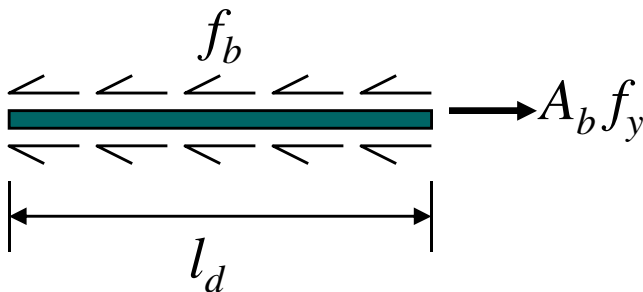
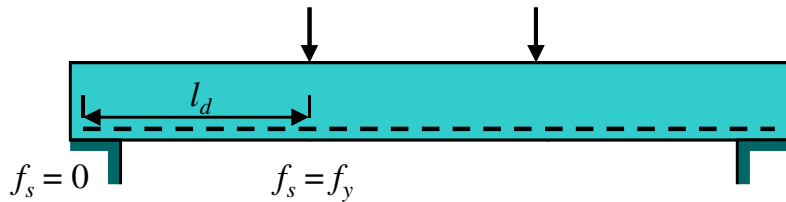
ایجاب می کند:

$$\Rightarrow \frac{\pi d_b^2}{4} f_y - \pi d_b l_d f_b = 0$$

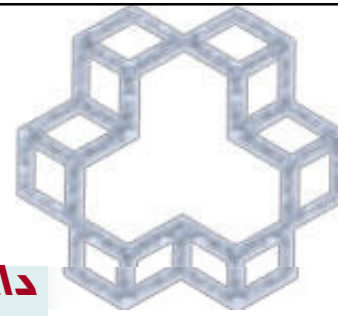
$$\Rightarrow l_d = \frac{f_y d_b}{4 f_b} \quad \text{A}$$

$$f_b \approx k \sqrt{f_c} \quad \text{تنش متوسط چسبندگی}$$

$$k = f(\phi \text{ bar})$$



نکته: تنش چسبندگی در محل ترکها صفر است.



ب) تنش چسبندگی خمشی

چنانچه روابط تعادل را برای یک قسمت از تیر ترک خورده بنویسیم تنش چسبندگی چنین محاسبه می گردد:

$$[\Sigma M_O = 0] \quad j d (dT) = V (dx)$$

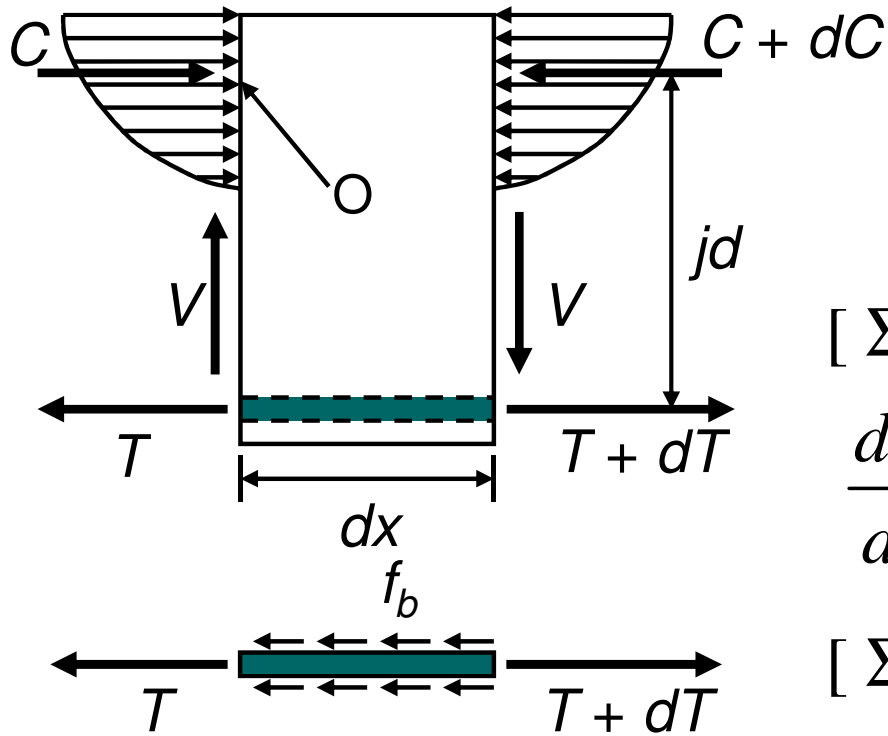
$$\frac{dT}{dx} = \frac{V}{jd} \quad \textcircled{1}$$

$$[\Sigma F_x = 0] \quad f_b \Sigma_0 dx = dT \quad \textcircled{2}$$

$$\textcircled{1} \rightarrow \textcircled{2} \quad f_b = \frac{V}{\Sigma_0 jd}$$

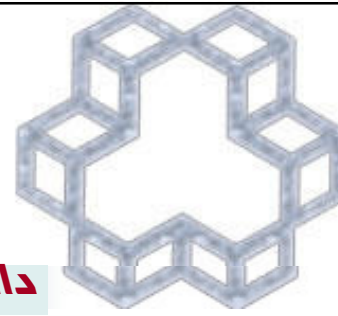
که در آن Σ_0 مجموع محیط کلیه میلگردها می باشد

ایراد اصلی این رابطه در ایزوتروپ فرض کردن بتن می باشد. در حالیکه در واقعیت در فاصله (dx) ترکهای زیاد دیگری نیز وجود دارد.



✓ روش محاسبه شده اثر تغییرات موضعی حاصل از ترک خوردگی را در محاسبه مقادیر تنش پیوستگی در نظر نمی گیرد.

✓ تنش چسبندگی فوق تابع نیروی برشی مقطع بوده که در محل نقاط عطف و تکیه گاههای تیر ساده که چسبندگی مهاریه حداقل است، مقدار بزرگی دارا است.



توزیع واقعی تنشهای چسبندگی در فولاد در محدوده ترکها

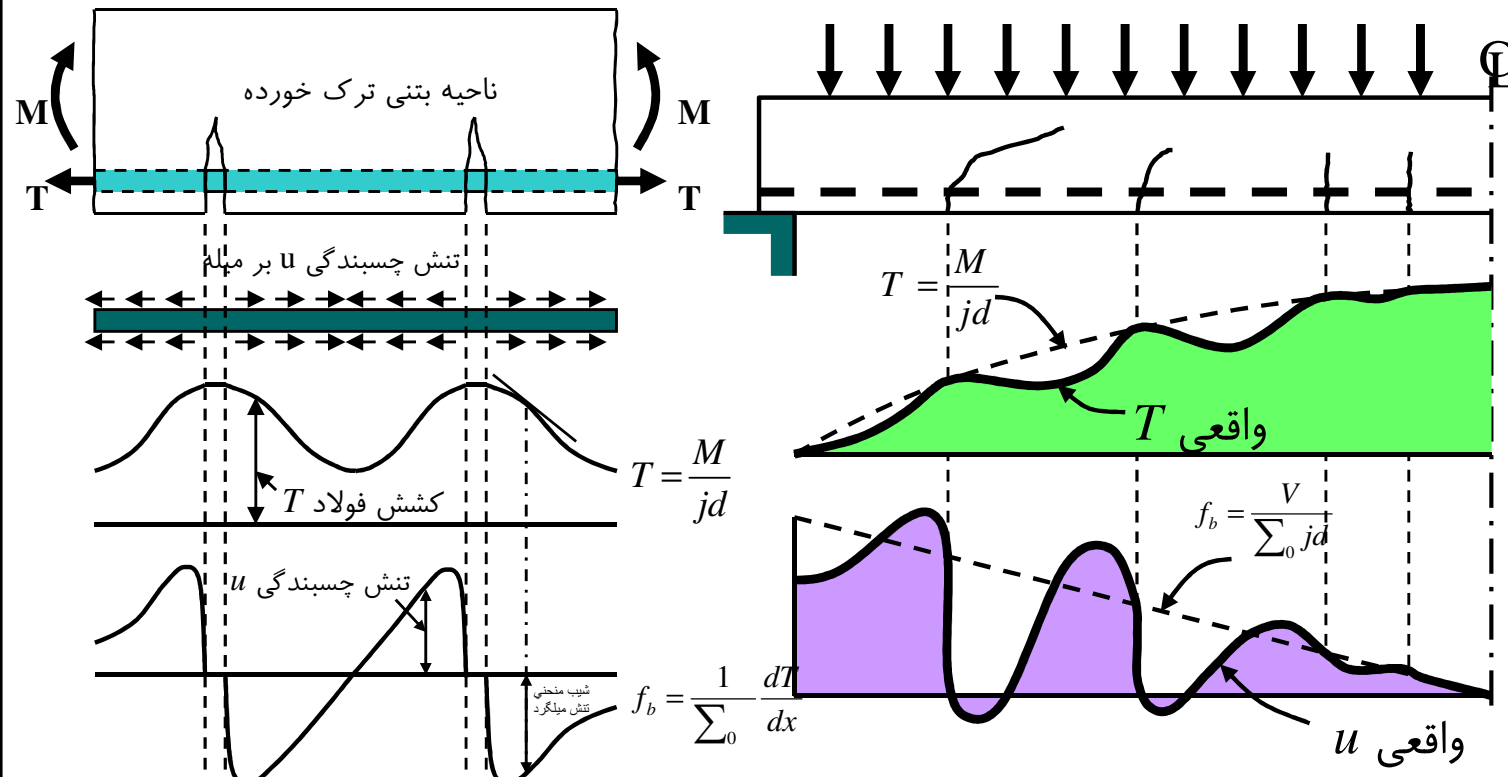
از دو چسبندگی معرفی شده، مقاومت چسبندگی خمشی معیار مناسبی برای تخمین انهدام پیوستگی (شکافته شدن) نمی باشد. زیرا رابطه چسبندگی خمشی نمی تواند مبین تنش چسبندگی در آرماتورهای خمشی به علت وجود ترکهای موضعی و تغییر شمای انتقال تنشها از بتن به میلگرد باشد. لذا: الف- در مناطق با لنگر خمشی کم و نیروی برشی زیاد مانند تکیه های ساده و محل نقطه عطف تنش واقعی چسبندگی به علت عدم ترک خوردگی کششی بتن به مراتب کمتر از مقدار محاسبه شده بر اساس چسبندگی خمشی است.

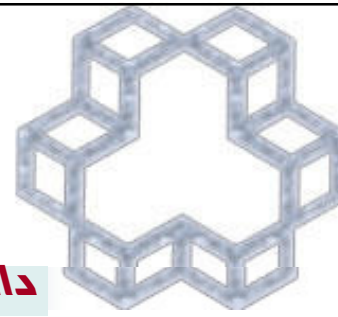
ب- در نواحی لنگر خمشی بزرگ و نیروی برشی کم مثل وسط تیرهای ساده، مطابق رابطه بدست آمده باید تنش چسبندگی ناچیز باشد، در حالیکه به علت ترکهای خمشی در ناحیه ترک، میلگرد کل کشش را تحمل نموده و تنش چسبندگی صفر است

در حالیکه در مجاورت ترک نیروی کششی زیاد میلگرد توسط چسبندگی تحمل شده و لذا دارای مقدار زیادی است. شکلهای مقابل مقادیر تئوری و واقعی تنش در میلگرد و تنش چسبندگی را در ناحیه ترک خورده نشان می دهند

ج- در مجاورت ترک برشی مایل عمل شاخه ای فولاد سبب عامل اضافی بر شکافتگی بتن در مجاورت میلگرد است.

د- در محل قطع میلگردها کششی، تنشهای پیوستگی خمشی بزرگتری نسبت به رابطه فوق پدید می آید.

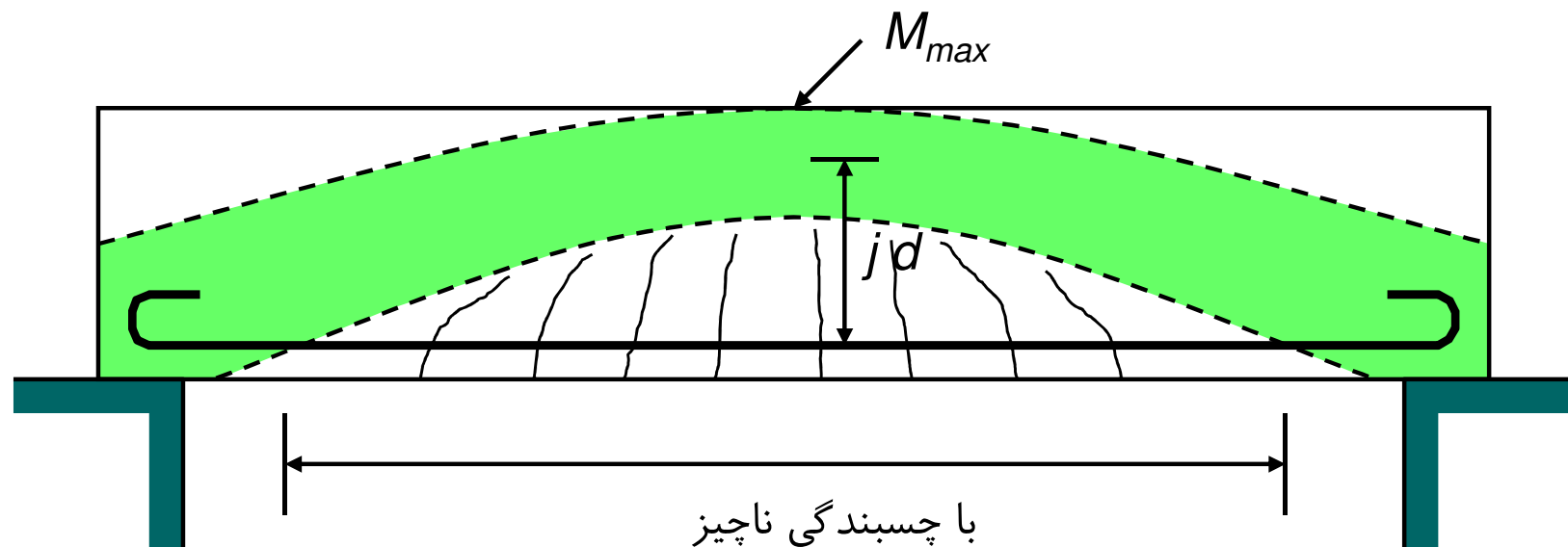


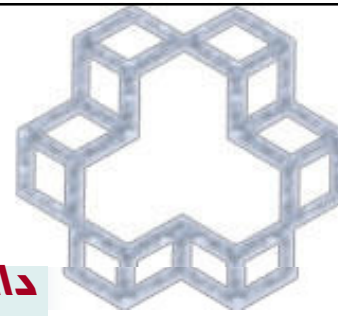


حذف تنش چسبندگی خمشی از آیین نامه ها

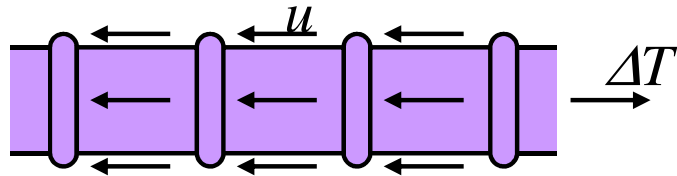
چنانچه ملاحظه گردید تنش چسبندگی خمشی معیار مناسبی برای معرفی رفتار واقعی شکست چسبندگی نمی باشد. بطوریکه در شکل پایین نیز ملاحظه می گردد، اگر دو انتهای میلگرد به نحو مناسبی مهار شده باشد، عدم وجود چسبندگی در طول میلگرد نمی تواند سبب زوال شود. با فایق آمدن تنش چسبندگی ایجاد شده بر مقاومت چسبندگی در تیراگرچه بر اساس مفهوم چسبندگی خمشی تیر نمی تواند باری اضافی تحمل نماید ولی وجود چسبندگی مهاری در دو انتها به شکل اجرای خم سبب رفتار تیرشبه قوس فشاری مهار شده در دو انتها می گردد و به مقاومت ادامه می دهد. در گذشته به علت کاربرد میلگردهای ساده مهندسین مجبور بودند تا برای جلوگیری از لغزش آنها، از خم در انتهای میلگردها استفاده نمایند.

لذا در آیین نامه مفهوم چسبندگی مهاری جایگزین چسبندگی خمشی شده است.



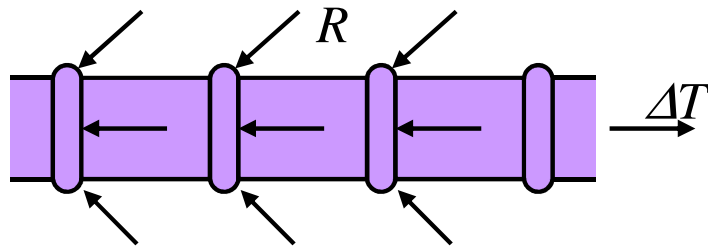


منشاء مقاومت چسبندگی در آرماتورهای آجدار



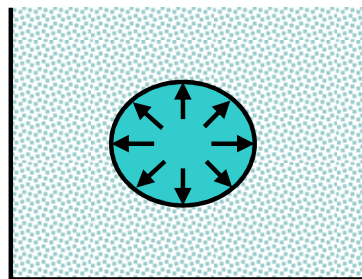
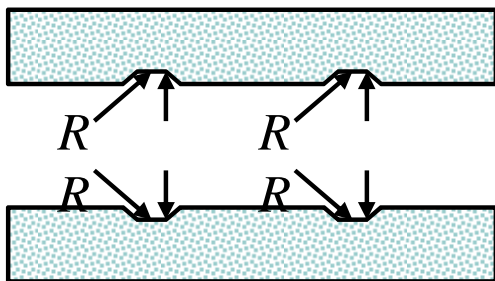
۱- اصطکاک و چسبندگی شیمیایی میان بتن و فولاد

مقاومت چسبندگی در آرماتورهای آجدار ناشی از دو عامل عمده شکل مقابل می باشد: وجود مکانیزمهای فوق سبب پیوستگی کامل بین میلگرد و بتن و لذا امکان انتقال تنش بین آنها می گردد. چنین پیوستگی سبب کاهش عرض ترک های خمشی و تغییر شکلهای تیر می گردد.

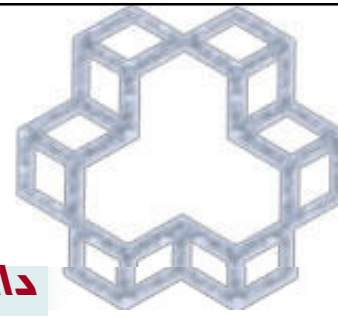


۲- عکس العمل بتن بر آج

مولفه عمودی تنشهای فشاری بین آج و بتن سبب شکافت بتن بالای آج می گردد. در صورتیکه قطر میلگرد کم و پوشش بتن روی آن زیاد باشد یا در مواقعی که زیر میلگردهای واقع در سطح فوقانی، حفرات هوا ایجاد شده باشد، مود شکست از نوع شکافت نبوده و مانند میلگردهای بدون آج، میلگرد کاملاً از سوراخ خود بیرون کشیده می شود.

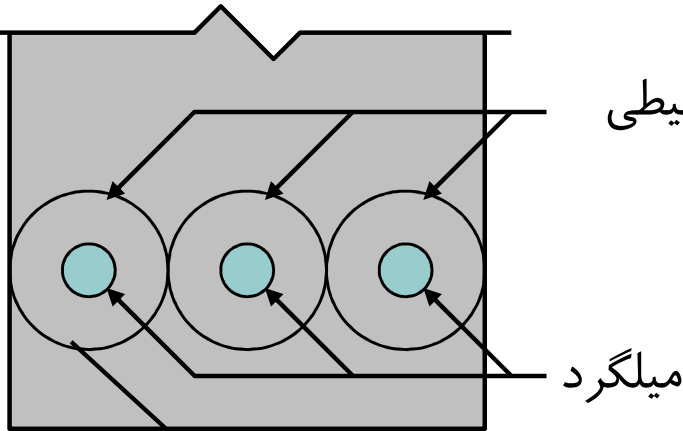


نیروهای وارد بر بتن توسط آج

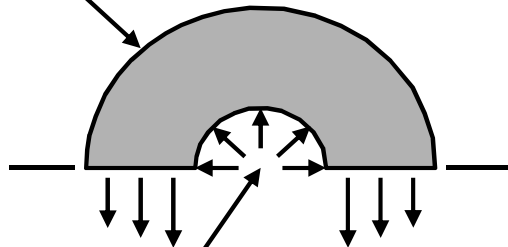


مقاومت چسبندگی نهایی

ناحیه سیلندری کشش محیطی



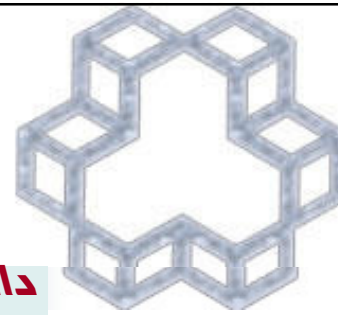
میلگرد



تنشهای کششی محیطی

مولفه شعاعی فشار تماسی

آزمایشات انجام گرفته مبین ارتباط مقاومت چسبندگی با مقاومت پوسته استوانه ای تحت کشش محیطی ناشی از تنشهای فشاری تماسی است. قطر داخلی این پوسته استوانه ای مساوی قطر میلگرد و قطر خارجی آن مساوی کوچکترین مقدار C_b (پوشش بتنی روی میلگرد) و C_s (نصف فاصله خالص بین دو میلگرد). مقاومت کششی این پوسته استوانه ای بیانگر مقاومت شکافت اطراف میلگرد است. مود شکست بستگی به اندازه C_b نسبت به C_s دارد.



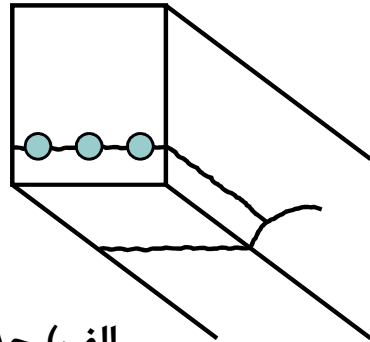
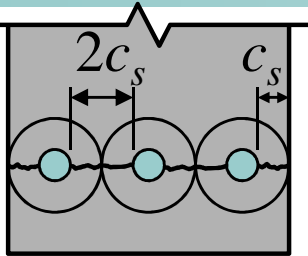
مودهای شکافت در طول میلگرد

الف) شکست از نوع شکافت طولی در دو گونه تیر $(C_b > C_s)$

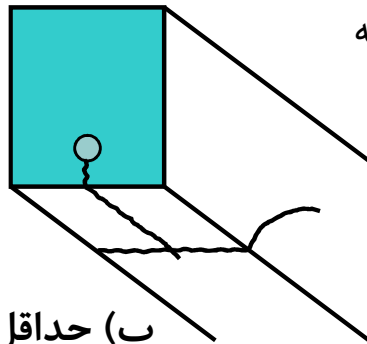
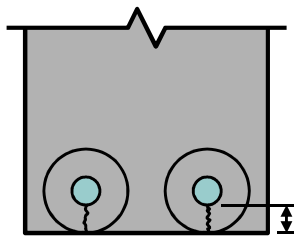
ب) ابتدا ترکهای طولی در سطح تحتانی تیر اتفاق افتاده و سپس $(C_s > C_b)$

ب-۱) اگر اختلاف زیاد باشد، شکافت ثانوی به صورت V در زیر میلگرد

ب-۲) اگر اختلاف کم باشد، شکافت ثانوی از نوع شکافت در دو گونه تیر در صفحه میلگرد.

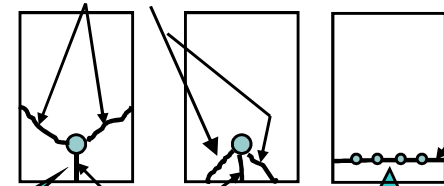


الف) حداقل فاصله میلگرد $(2C_s)$



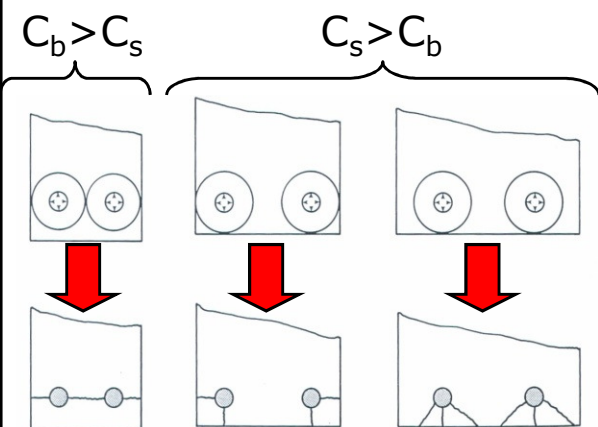
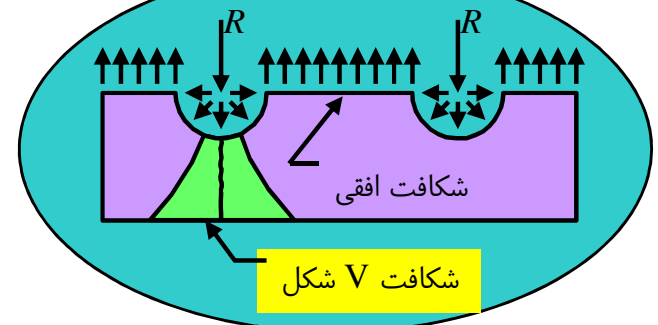
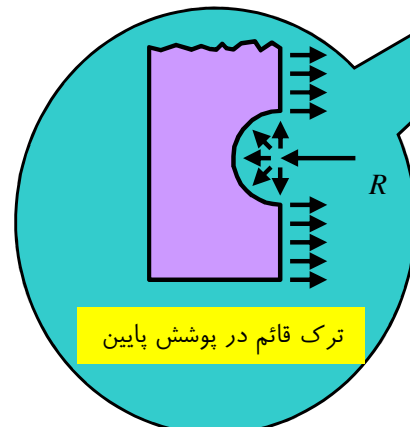
ب) حداقل پوشش روی میلگرد (C_b)

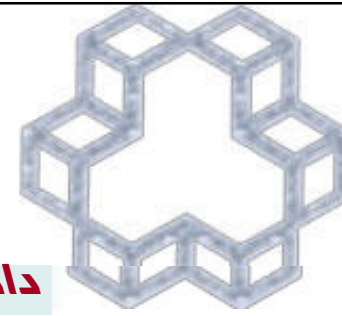
خرابی جداشدگی ثانویه



کل لایه بطور ناگهانی بعد از جداشدگی اولیه در پهلوها جدا می شود.

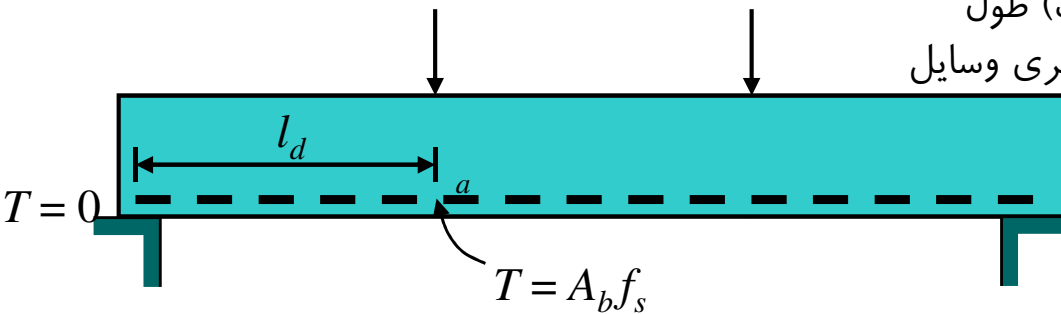
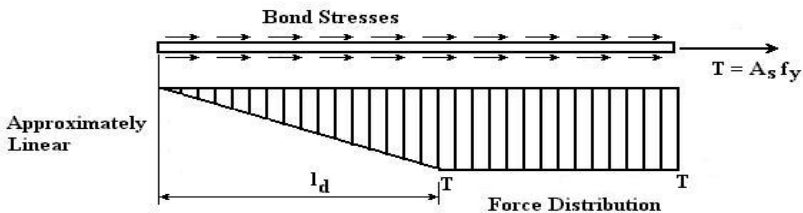
جداشدگی اولیه





طول مهاري

به جهت آنکه میلگرد بتواند به مقاومت فشاری یا کششی خود در مقطع بحرانی برسد باید در هر طرف آن مقطع، مهاري تامین گردد. کوتاهترین طول میلگرد که در آن تنش میلگرد می تواند از صفر تا سطح مقاومت تسلیم f_y افزایش یابد و میلگرد بتواند نیروی خود را از طریق اصطکاک به بتن انتقال دهد را طول مهاري گویند. سه نوع مهار آرماتور در بتن قابل اجرا می باشد: الف) طول گیرایی مستقیم ب) استفاده از قلاب در انتهای آرماتور ج) به کارگیری وسایل مکانیکی



طول گیرایی میلگردها و سیمهای کششی

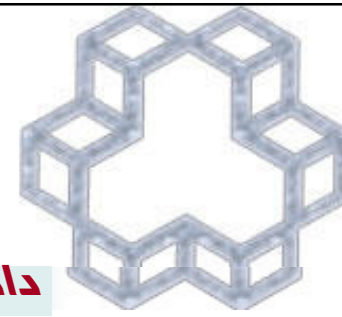
این طول مهاري را می توان با داشتن روابط تجربی برای تخمین تنش چسبندگی در رابطه طول مهاري محاسبه نمود. این طول مهاري به عوامل ذیل بستگی دارد.

۱- مقاومت کششی بتن f_{ct}

۲- پوشش میلگرد.

۳- فاصله میلگردها

۴- میزان خاموت



طول گیرایی میلگردهای کششی

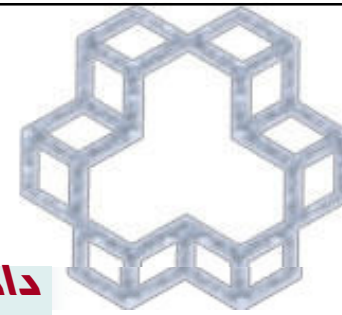
مطابق بند ۹-۱۸-۲-۴-۱ مقررات ملی ایران طول مهاری l_d برای میلگردهای آجدار و سیمهای آجدار در کشش باید حداقل برابر با مقدار زیر در نظر گرفته شود.

$$l_d = \frac{f_y}{\sqrt{f'_c}} \left(\frac{c + k_{tr}}{d_b} \right) \alpha \beta \gamma \lambda$$

α = ضریب موقعیت
 β = ضریب اندود میلگرد
 γ = ضریب قطر میلگرد
 λ = ضریب نوع بتن
 c = ضریب فاصله میلگردها
 d_b = قطر میلگرد

توجه!

۹-۱۸-۲-۸-۱ در مواردی که آرماتور بکار رفته در مقطع بیشتر از آرماتور لازم بر اساس تحلیل سازه می باشد می توان طول مهاری حاصله را در نسبت مقدار آرماتور لازم به مقدار آرماتور مصرفی ضرب نمود. این ضریب در مورد سازه های با شکل پذیری زیاد، موضوع فصل بیستم، باید برابر با یک منظور شود.

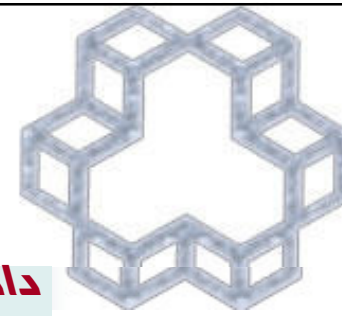


مقدار	شرح	عنوان	ضریب
1.3	میلگردهای افقی که حداقل 300 میلیمتر بتن تازه در زیر آنها در ناحیه طول گیرایی ریخته می شوند	ضریب موقعیت	α
1	سایر		
1.5	میلگردهایی که با اندود اپوکسی اندود شده اند و در آنها ضخامت پوشش بتنی روی میلگرد کمتر از $3d_b$ و فاصله آزاد میلگردها کمتر از $6d_b$	ضریب اندود میلگرد	β
1.2	سایر میلگردها که با اپوکسی اندود شده اند		
1	با اپوکسی اندود نشده اند		
0.8	برای میلگردهای با قطر کمتر و یا مساوی 20 میلیمتر	ضریب قطر میلگرد	γ
1	برای میلگردهای با قطر بیش از 20 میلیمتر		
1.3	برای بتن های سبک	ضریب نوع بتن	λ
1	برای بتن های معمولی		

نکته:

۱- لازم نیست حاصلضرب α و β بیشتر از $1/7$ در نظر گرفته شود.

۲- طول گیرایی l_d نباید کمتر از ۳۰۰ میلیمتر شود.



۹-۱۸-۲-۴-۱-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 می شوند.

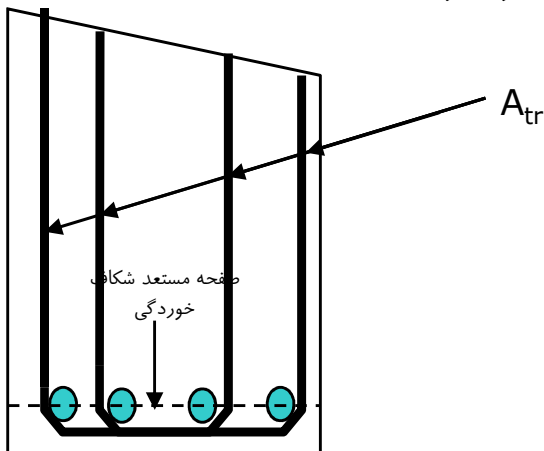
۹-۱۸-۲-۴-۱-ج- ضریب k_{tr} ضریبی است که با توجه به مقدار آرماتور عرضی موجود در طول گیرایی از رابطه زیر بدست می آید:

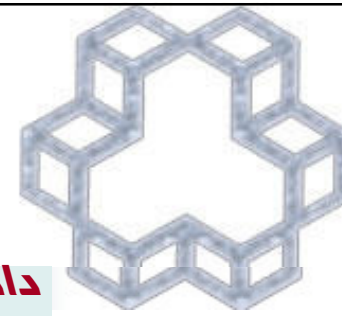
$$k_{tr} = \frac{A_{tr} f_y}{10 s n} \quad (۹-۱۸-۲)$$

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

مقدار $\frac{c + k_{tr}}{d_b}$ نبایستی بیش از $2/5$ در نظر گرفته شود.

برای سهولت در محاسبات، می توان k_{tr} را برابر با صفر و یا $\frac{c + k_{tr}}{d_b}$ را برابر با یک در نظر گرفت.





طول گیرایی میلگردهای فشاری

مطابق بند ۹-۱۸-۲-۵-۱ مقررات ملی ایران طول گیرایی یک میلگرد در فشار، باید حداقل برابر بزرگترین مقدار دو رابطه زیر در نظر گرفته شود. در هر حال کمتر از ۲۰۰ میلیمتر اختیار نشود.

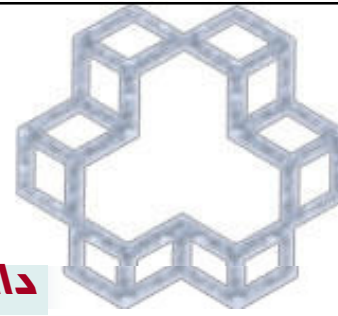
$$\max \left\{ \begin{array}{l} l_{dc} = \left[0.25 \frac{f_y}{\sqrt{f'_c}} \right] d_b \\ l_{dc} = [0.04 f_y] d_b \end{array} \right.$$

قطر میلگرد

قطر میلگرد

توجه!

۹-۱۸-۲-۸-۱ در مواردی که آرماتور بکار رفته در مقطع بیشتر از آرماتور لازم بر اساس تحلیل سازه می باشد می توان طول مهاری حاصله را در نسبت مقدار آرماتور لازم به مقدار آرماتور مصرفی ضرب نمود. این ضریب در مورد سازه‌های با شکل پذیری زیاد، موضوع فصل بیستم، باید برابر با یک منظور شود.

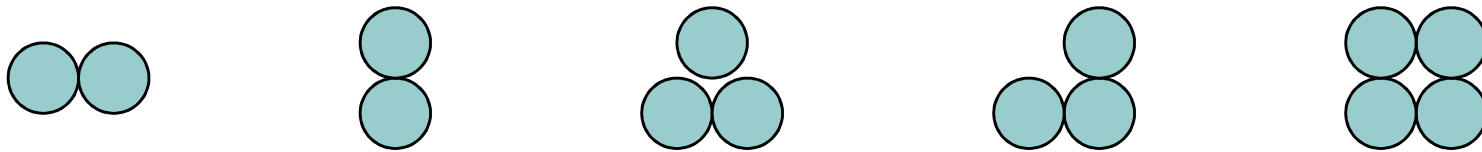


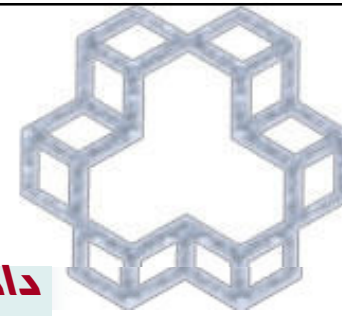
طول گیرایی در گروه میلگردها

۱-۶-۲-۱۸-۹ طول گیرایی گروه میلگردهای سه تایی و چهارتایی در کشش یا فشار باید به ترتیب $1/33$ و $1/2$ برابر طول گیرایی یک میلگرد تنها در نظر گرفته شود. برای گروه میلگردهای دوتایی افزایش طول گیرایی الزامی نیست.

نکته: از دسته کردن بیش از چهار دسته میلگرد باید خودداری کرد.

۱-۶-۲-۱۸-۹ برای تعیین طول گیرایی یک میلگرد در گروه میلگردها ضرایب بکار برده شده در رابطه ۱-۱۸-۹ باید براساس قطر میلگرد فرضی با مقطع معادل گروه میلگردها اختیار شود.





مهار میلگردهای کششی توسط قلاب

چنانچه نتوان مهارى را توسط طول مستقيم ميلگرد به علت عدم وجود فضای كافی تامین نمود، از قلاب استفاده می شود. البته برای ميلگردهای با قطر بالا نیز قلاب استاندارد نیازمند جای كافی می باشد.

تنش در ميلگرد توسط چسبندگی در طول مستقيم و تنش لهیدگی بر بتن در داخل ناحیه قلاب تحمل می گردد
در این حال ترکیبی از دو عملکرد:

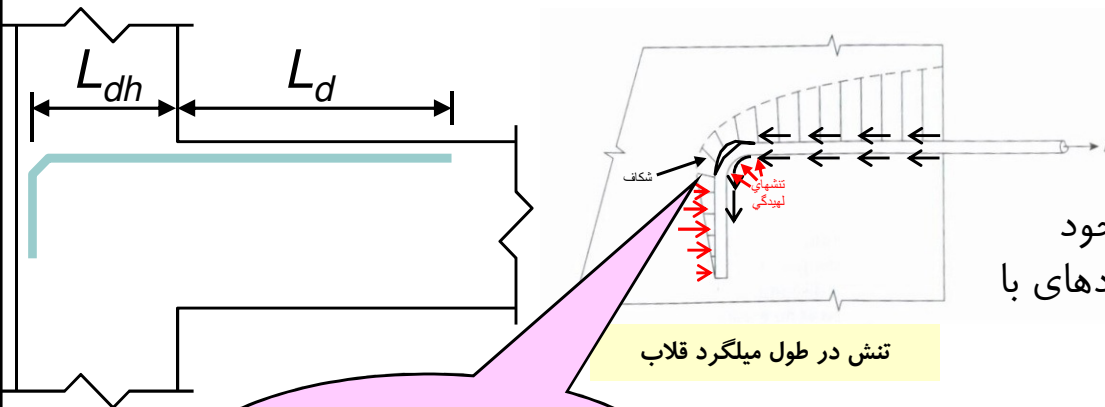
۱- چسبندگی در طول قسمت مستقيم

۲- مهارى تامین شده توسط بخش قلاب

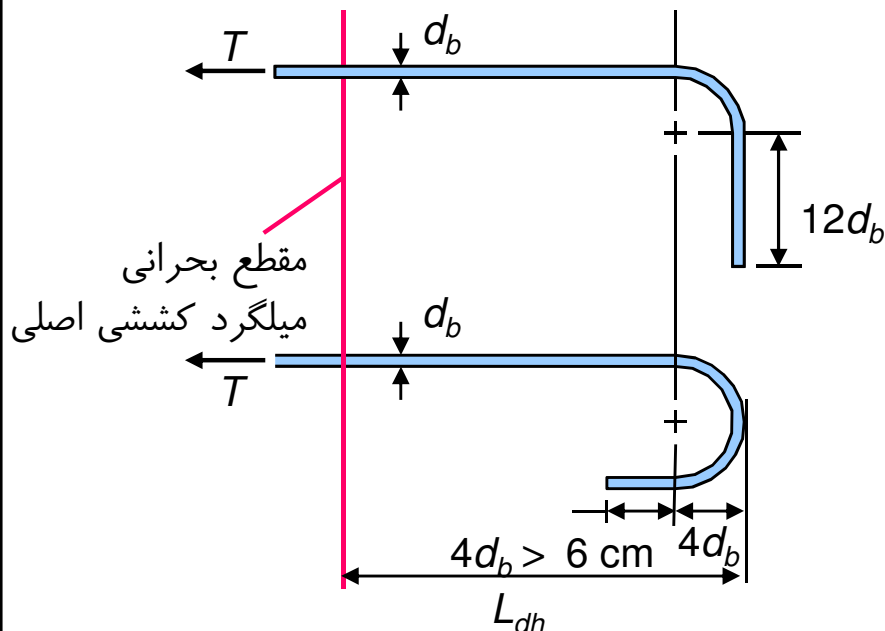
میزان لغزش ميلگرد در بتن بستگی به زاویه خم و جهت چرخش خم نسبت به جهت قرارگیری بتن دارد. لغزش ميلگردهای ۱۸۰ درجه بیشتر از ۹۰ درجه بوده و خمهای ميلگردهای بالا مقاومت کمتری نسبت به ميلگردهای پایین دارند، چراکه در وضعیت اول بتن در ناحیه خم ضعیف تر است.

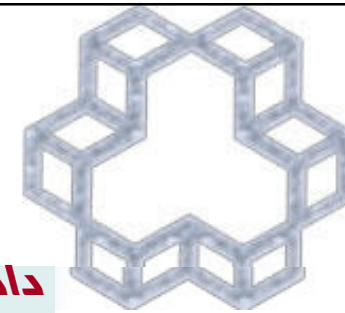
نکته :

۹-۱۸-۲-۱-۲ قلابها برای مهار آرماتور فشاری موثر نیستند.



ميلگرد تمایل به صاف شدن دارد. شکست همواره شامل شکست بتن در ناحیه خم و جدا شدن بتن در ناحیه دم در صورت نزدیک بودن دم به سطح بتن است.



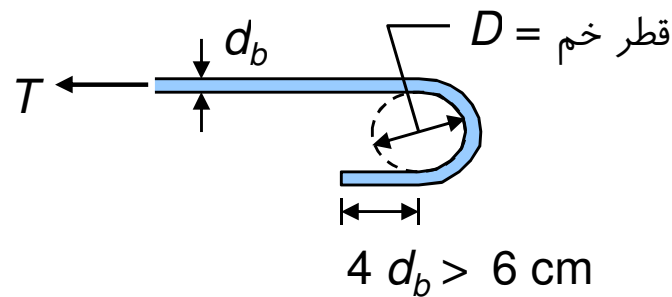


مهار میلگردهای کششی توسط قلاب

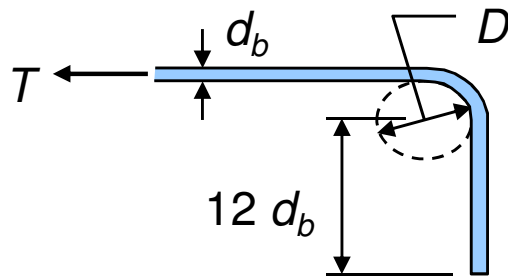
وقتی طول مهاری در کشش را نتوان توسط طول مستقیم تامین نمود، لازم است که در انتهای میلگرد یک قلاب که به صورت خم ۹۰ و ۱۸۰ درجه است، تامین نمود.

الف) قلاب استاندارد میلگرد اصلی

قلاب ۱۸۰°



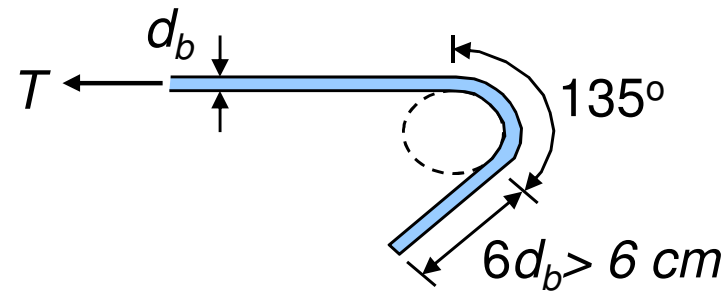
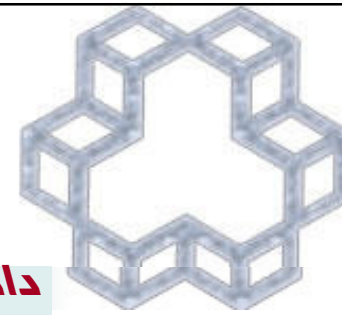
قلاب ۹۰°



جدول ۹-۱۸-۱ حداقل قطر خم ها

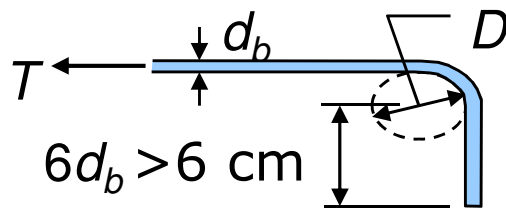
حداقل قطر خم	قطر میلگرد
$6d_b$	$\Phi \leq 28$
$8d_b$	$28 < \Phi < 34$
$10d_b$	$36 \leq \Phi < 55$

* برای خم کردن میلگردهای به قطر ۳۶ میلیمتر و بیشتر و با زاویه بیشتر از ۹۰ درجه به روش های خاصی نیاز است.

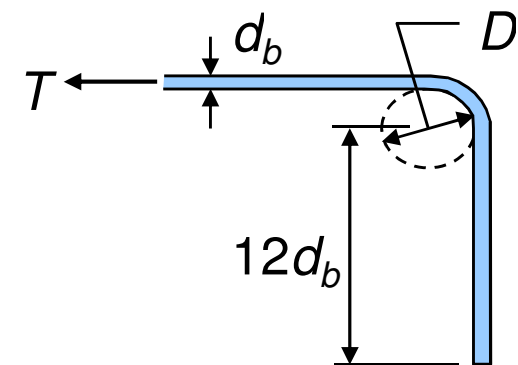


ب) قلاب استاندارد خاموت

خم ۱۳۵ درجه (چنگک)

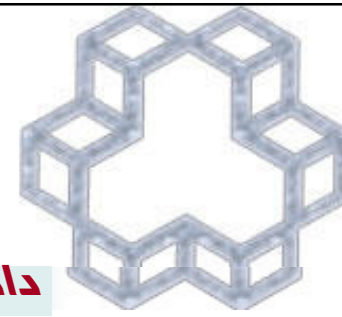


برای میلگرد با قطری کوچکتر از ۱۶ میلیمتر



برای میلگردهای با قطر بزرگتر از ۱۶ میلیمتر
و کوچکتر از ۲۵ میلیمتر

قطر داخلی خم ها برای خاموت های به قطر کمتر از ۱۶ میلیمتر نباید کمتر از $4d_b$ و برای خاموت های به قطر ۱۶ میلیمتر و بیشتر نباید از مقادیر جدول شماره ۹-۱۸-۱ کمتر اختیار شود.



طول گیرایی میلگردهای قلابدار در کشش

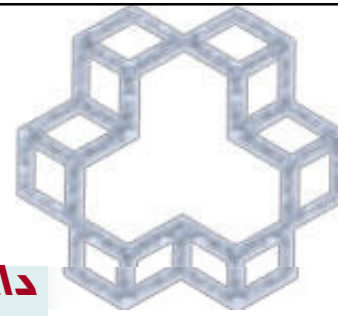
۱-۷-۲-۱۸-۹ مقدار l_{dh} نباید کمتر از $8d_b$ و یا ۱۵۰ میلیمتر در نظر گرفته شود.

$$l_{dh} = \left[0.25k\beta\lambda \frac{f_y}{\sqrt{f'_c}} \right] d_b$$

اندود میلگرد = β ضریب
 نوع بتن = λ ضریب
 قطر میلگرد
 ضریب پوشش بتن روی خم

توجه!

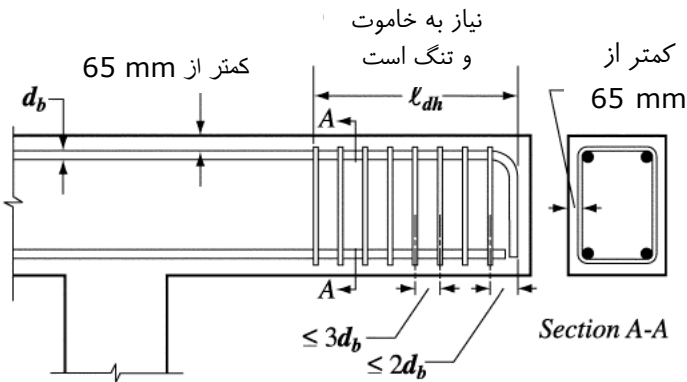
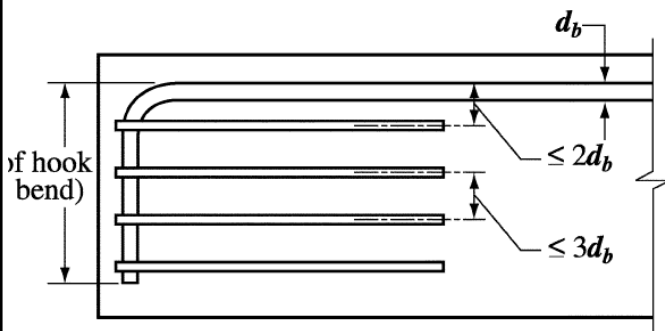
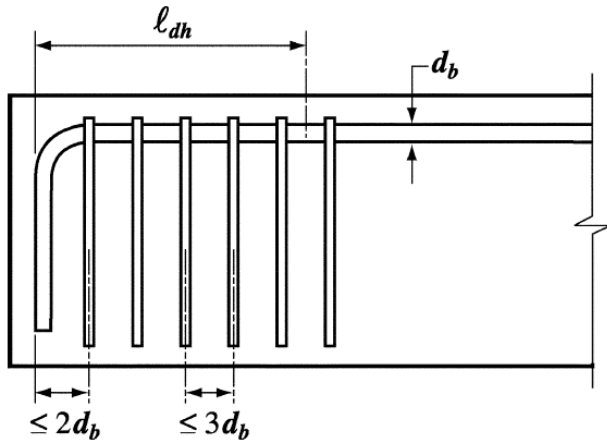
۱-۸-۲-۱۸-۹ در مواردی که آرماتور بکار رفته در مقطع بیشتر از آرماتور لازم بر اساس تحلیل سازه می باشد می توان طول مهاری حاصله را در نسبت مقدار آرماتور لازم به مقدار آرماتور مصرفی ضرب نمود. این ضریب در مورد سازه‌های با شکل پذیری زیاد، موضوع فصل بیستم، باید برابر با یک منظور شود.

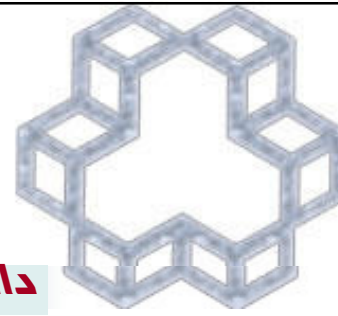


طول گیرایی میلگردهای قلابدار در کشش

۹-۱۸-۲-۷-۱-ضریب k در تمامی موارد برابر با یک منظور می شود مگر در مواردی که پوشش بتنی روی قلاب، در امتداد عمود بر صفحه قلاب، در قلابهای با خم 180° درجه بیشتر از 65 میلیمتر و پوشش بتن روی قلاب در امتداد عمود بر صفحه قلاب و پوشش در صفحه قلاب در قلابهای با خم 90° درجه به ترتیب مساوی یا بیشتر از 65 و 50 میلیمتر باشد. در این موارد ضریب k را می توان برابر با 0.7 منظور کرد.

۹-۱۸-۲-۷-۲- در انتهای غیر ممتد یک عضو که در آن برای مهار کردن 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 65 میلیمتر باشد باید میلگرد در طول گیرایی با خاموتهایی به فاصله کمتر از $3d_b$ از یکدیگر محصور شود.





قطع میلگردهای خمشی

در محلی که دیگر نیاز نیست میلگردها کشش را تحمل نمایند یا به زبان دیگر میلگردهای باقی مانده کافی هستند می توانیم میلگردهای اضافی را قطع نماییم. این مکان بستگی به تنشهای خمشی ناشی از لنگرهای خمشی و اثر برش بر این نیروهای کششی دارد. (با استفاده از پوش نیروی برشی و لنگر)

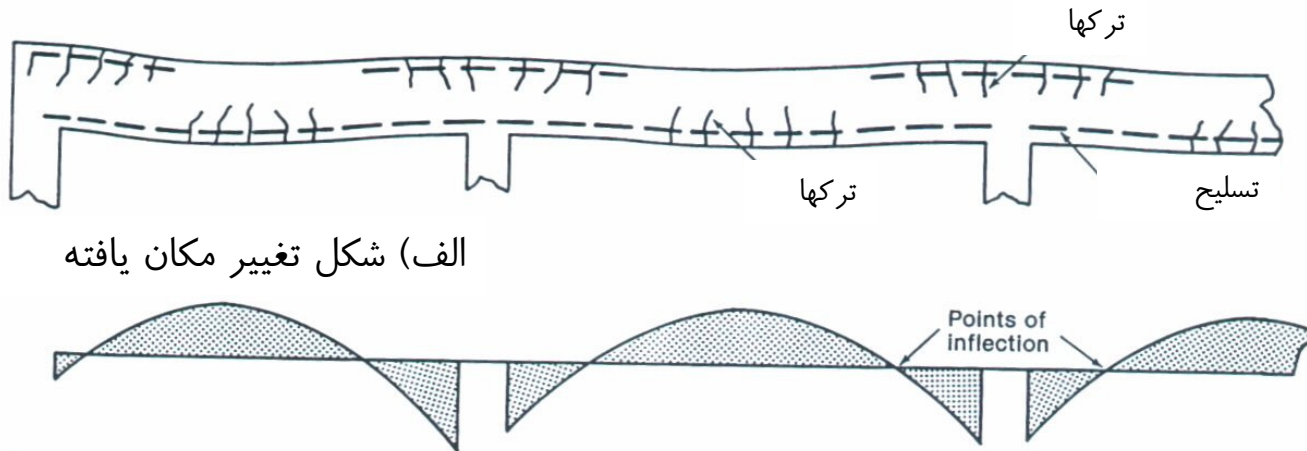
نکاتی که باید در انتخاب نقاط قطع رعایت شوند:

۱- میلگردها باید در هر طرف مقطع بحرانی ادامه داده شوند تا نیروی میلگرد در آن مقطع را بتوانند به بتن منتقل نمایند.

۲- موقعی که میلگردهای کششی در ناحیه نیروهای برشی متوسط تا بالا قطع می شوند، تمرکز تنشهای اصلی سبب ایجاد ترکهای مایل می گردد.

۳- رعایت ملزومات اجرایی مشخص شده توسط آیین نامه

۴- به علت عدم قطعیت بارگذاری (ملاحظات لرزه ای)، باید سعی شود تا حد ممکن میزان قطع حداقل باشد. در این حال طراحی و اجرا ساده تر می شود.

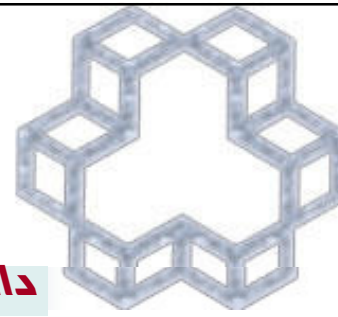


الف) شکل تغییر مکان یافته

سؤال: چرا میلگردها را قطع می کنیم؟

جواب: اقتصاد

ب) دیاگرام لنگر تحت بار دلخواه



مقاطع بحرانی در اعضاء خمشی

محل مقاطع بحرانی را در طول تیر باید بشناسیم تا مواظب باشیم میلگردها به اندازه طول مهاری از آنها ادامه یابند.
مقاطع بحرانی برای مهاری میلگردها در اعضاء خمشی عبارتند از:

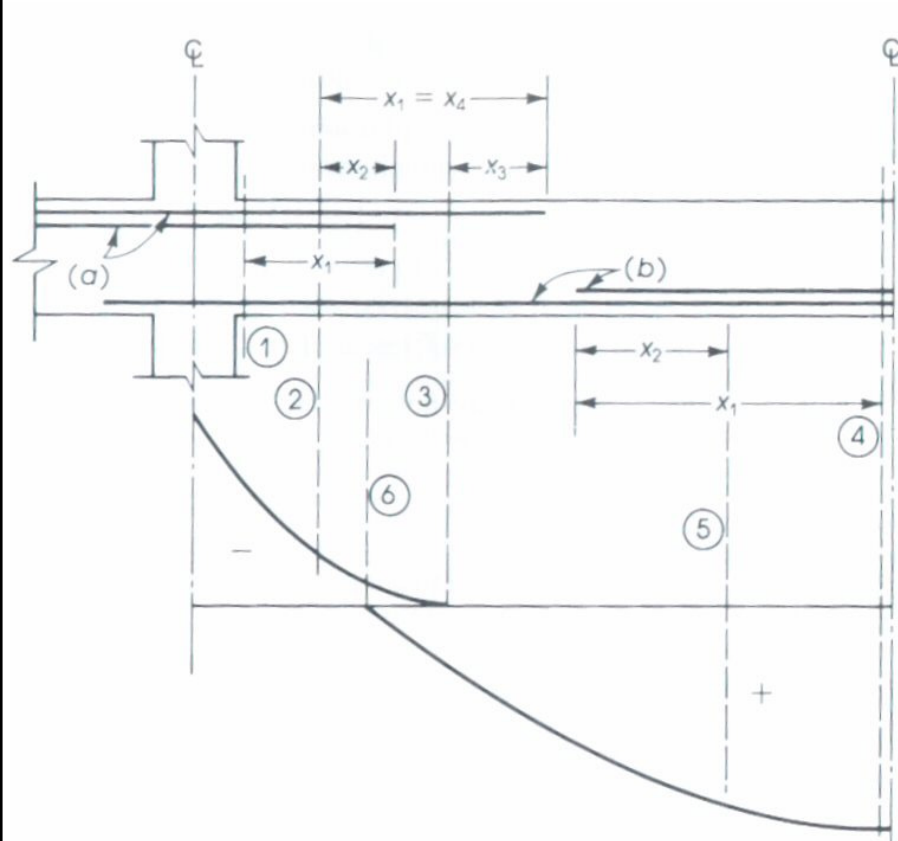
۱- در نقاط ماکزیمم تنش برشی

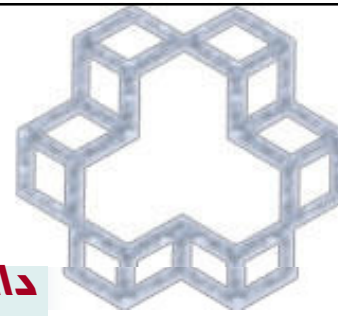
۲- در نقاطی که میلگردهای کششی در داخل دهانه قطع و یا خم می شوند.

۳- در لبه تکیه گاهها

۴- در نقاط عطف که جهت لنگر عکس می گردد (در این محلها

معمولا میزان نیروهای برشی زیاد است).





الف) مقاطع بحرانی برای میلگردهای ممان منفی

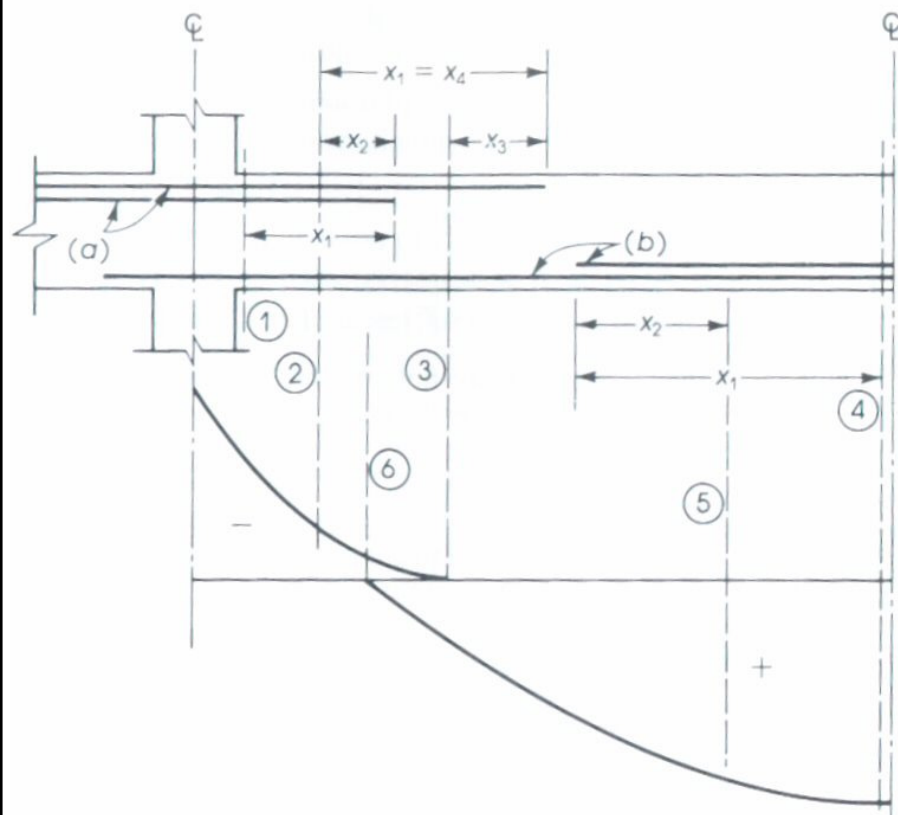
سه مقطع بحرانی برای میلگردهای ممان منفی عبارتند از:

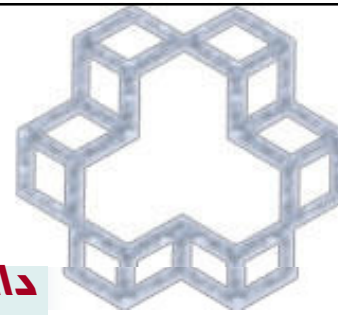
مقطع ۱: لبه تکیه گاه که لنگر منفی و لذا تنشها دارای مقدار حداکثر هستند. طول مهاری X_1 باید چک شوند.

مقطع ۲: مقطعی که قسمتی از میلگردهای منفی می تواند خاتمه یابد. به جهت امکان ایجاد نیروی کششی کامل، میلگردها باید به طول X_2 قبل از آنکه قطع شوند، ادامه یابند. در آن قسمت که میلگردها به لحاظ تئوری می توانند قطع شوند، باقی مانده میلگردها حداکثر تنش را تحمل می نمایند و لذا باید میلگردهای ادامه داده شده به اندازه طول مهاری ادامه داده شوند ($X_1 = X_4$).

مقطع ۳: نقطه عطف می باشد. میلگردها باید به فاصله X_3 از مقطع ۳ به بعد ادامه داده شوند. X_3 باید برابر یا بزرگتر از عمق موثر d ، $12d_b$ یا $1/16$ دهانه، هر کدام بزرگتر باشند، انتخاب گردد.

۹-۱۸-۳-۳-۲ حداقل یک سوم آرماتور خمشی منفی موجود در تکیه گاه باید به فاصله X_3 فراتر از نقطه عطف ادامه داده شود.



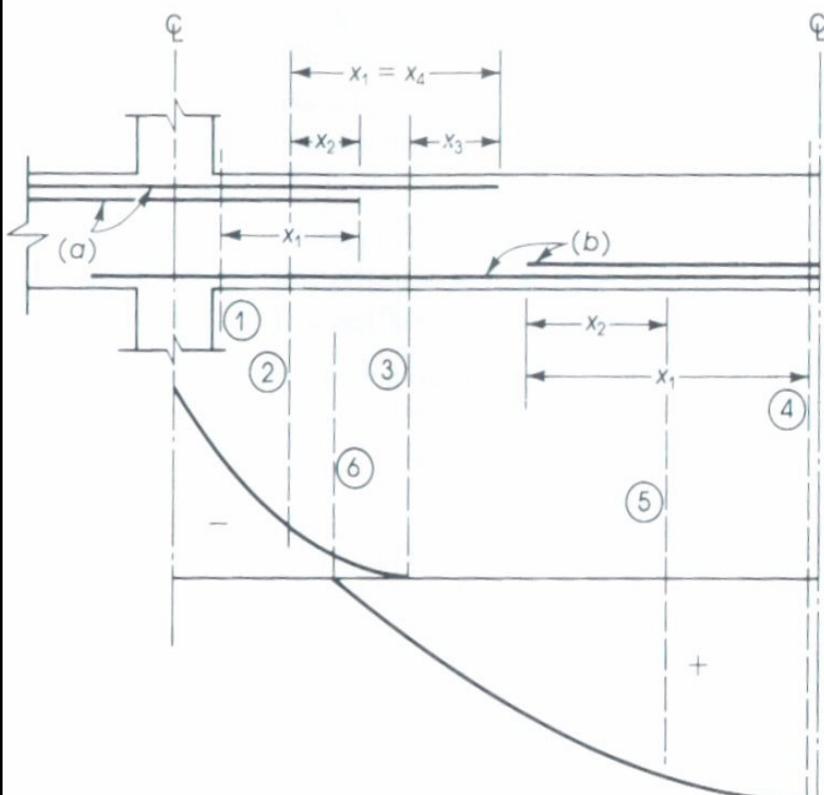


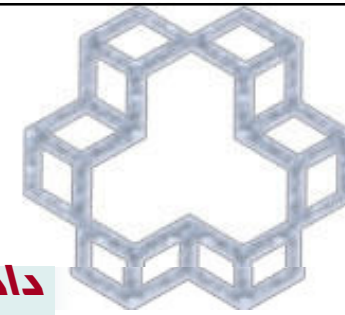
ب) مقاطع بحرانی برای میلگردهای ممان مثبت

مقطع ۴: محل حداکثر لنگر مثبت و حداکثر تنشها است. دو طول مهاری X_1 و X_2 باید کنترل شوند. طول X_1 همان طول l_d مشخص شده توسط آبا است. طول X_2 برابر یا بزرگتر از عمق موثر d و $12d_b$ است.

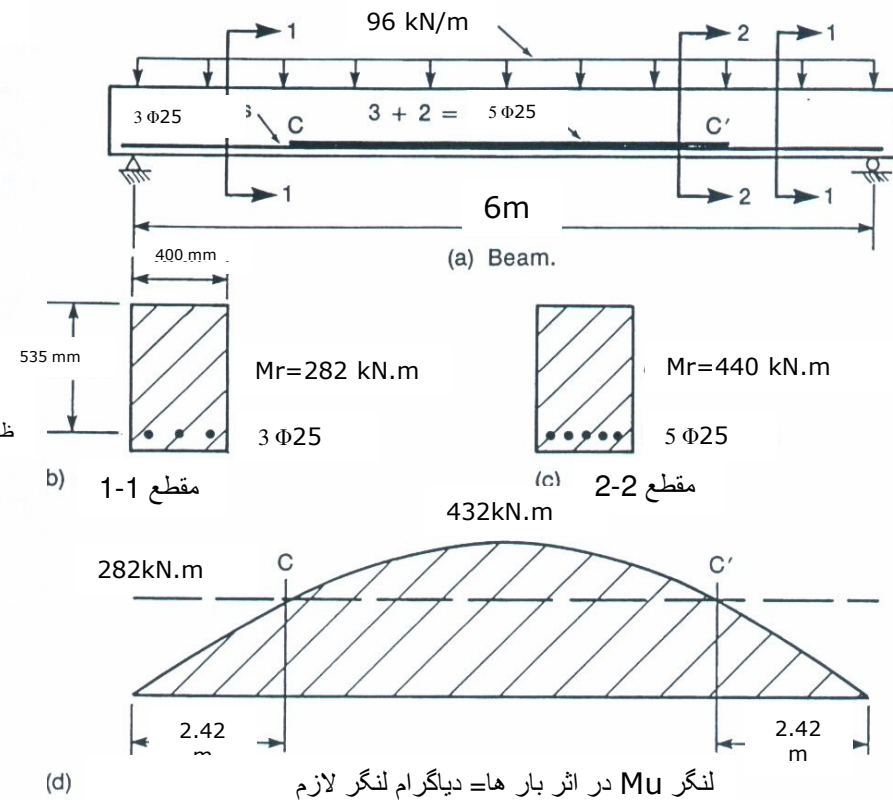
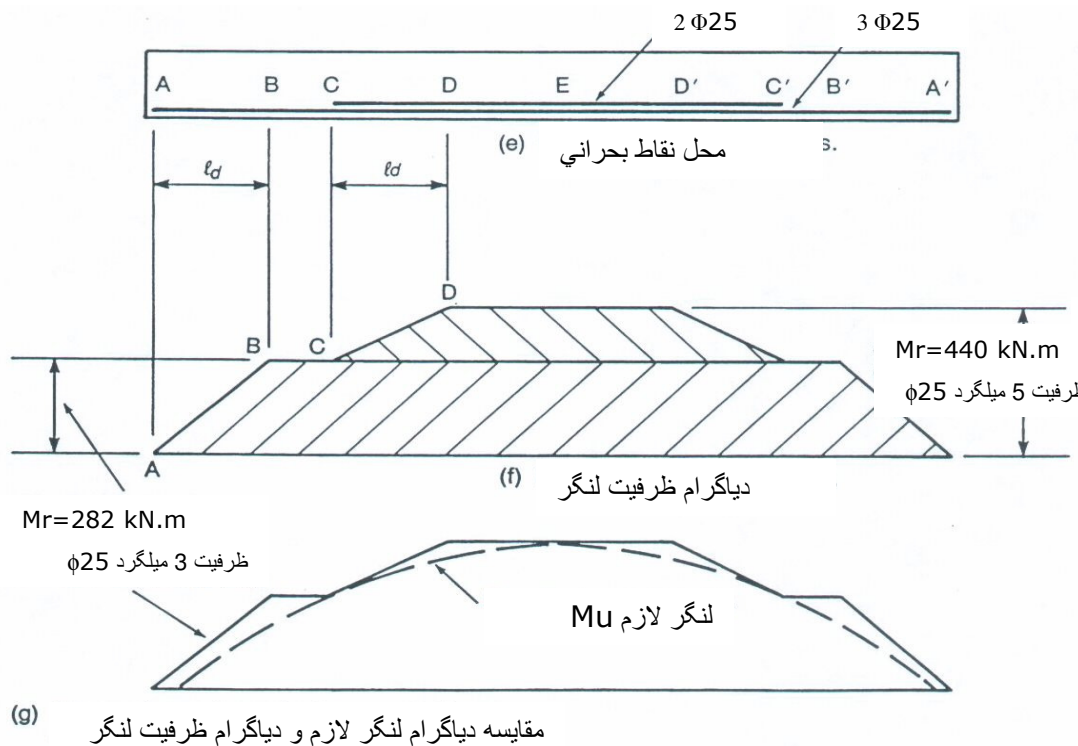
مقطع ۵: جایی است که میلگردهای مثبت می تواند قطع شوند. به جهت آنکه نیروی کششی کامل در میلگردها ایجاد شوند، آنها باید به فاصله X_2 ادامه داده شوند. بقیه میلگردها دارای حداکثر تنش به سبب اتمام میلگردهای قطع شده می باشند.

۱-۲-۳-۱۸-۹ در لبه تکیه گاه مقطع ۱، حداقل یک چهارم میلگردهای لنگر مثبت در اعضاء ممتد و حداقل یک سوم میلگردها در اعضاء ساده باید تا همان لبه به سمت تکیه گاه ادامه یابند. در تیرها این میلگردها باید به اندازه حداقل ۱۵۰ میلیمتر در داخل تکیه گاه ادامه یابند.

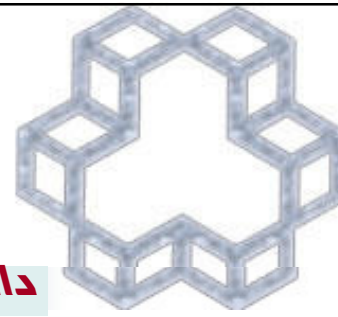




محل قطع آرماتورهای خمشی

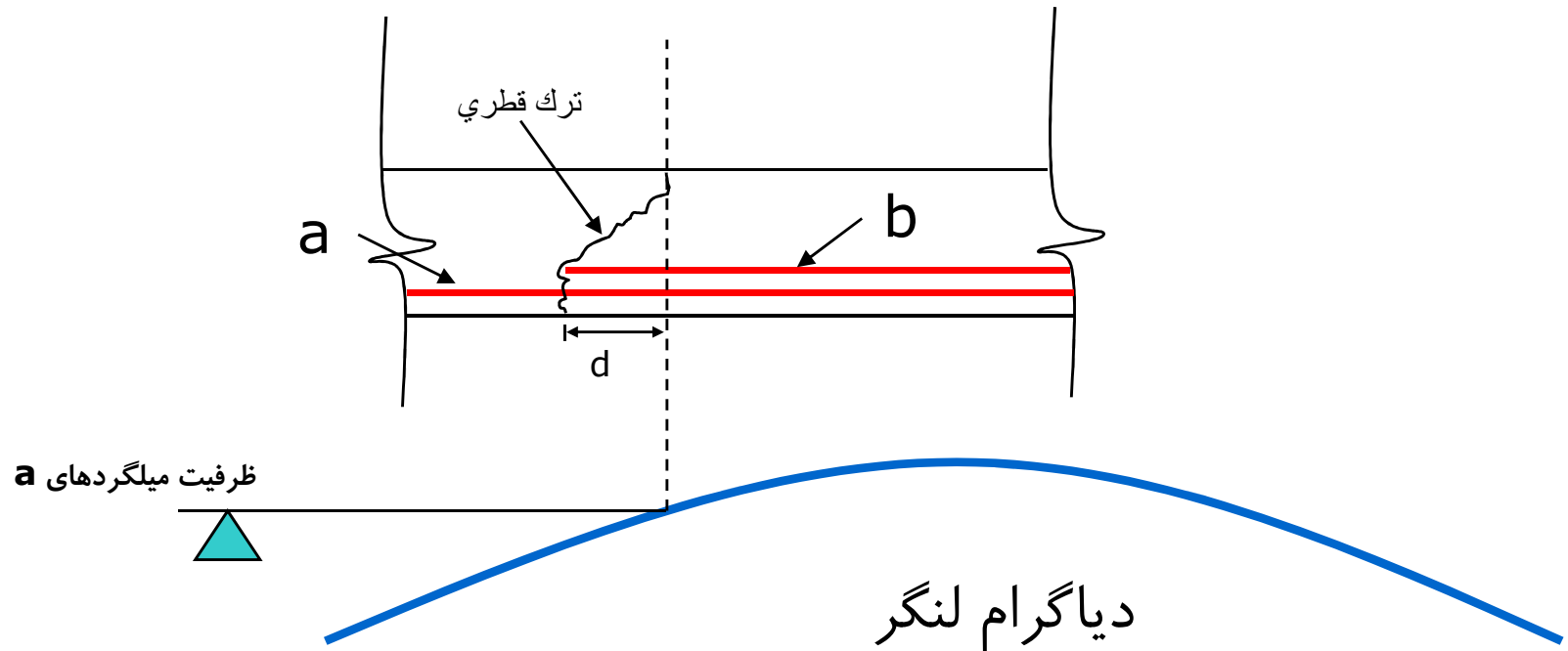


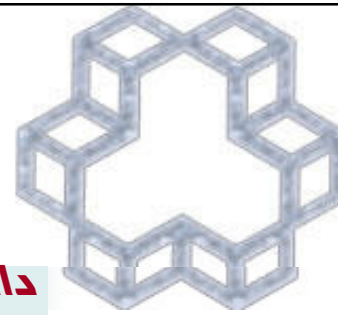
چنانچه در مثال بالا مشاهده می گردد در محاسبه ظرفیت خمشی و دیاگرام لنگر فقط خمش مدنظر قرار گرفته است. برش تاثیر مهمی بر تنشها در فولاد کششی طولی دارد که می باید در تعیین محل نقاط قطع عملی مدنظر قرار گیرد.



محل قطع عملی

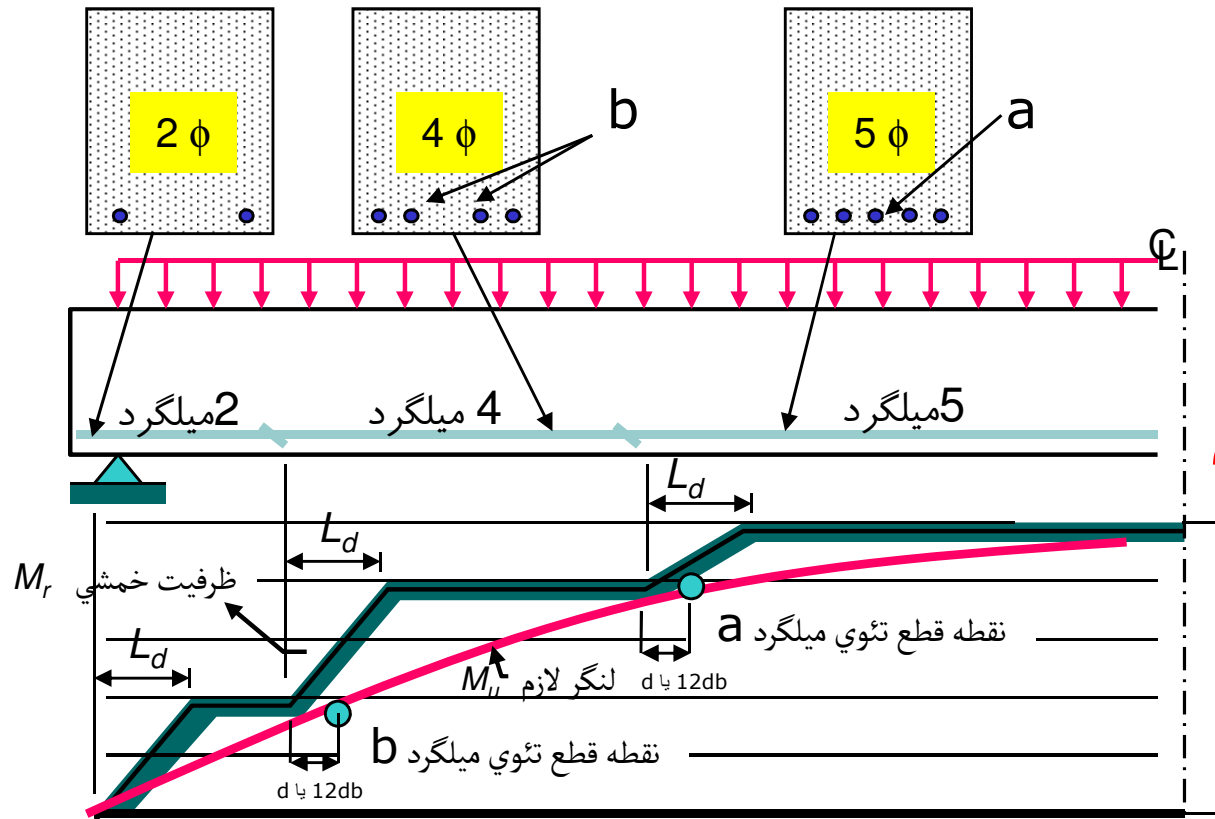
چنانچه میلگردها را در محل قطع تئوری که نیروهای برشی بالایی در منطقه وجود دارند، قطع کنیم به علت تمرکز تنش در محل فوق ترک قطری ایجاد شده در نوک میلگرد قطع شده و بازتوزیع نیروهای داخلی سبب می گردد که در محل فوق لنگر بیشتر به اندازه لنگر در فاصله d بر مقطع فوق اثر نماید که عملاً مقطع نمی تواند چنین لنگر افزوده ای را تحمل کند. بدین جهت با ادامه میلگردها از محل قطع تئوری به اندازه d یا $12d_b$ سبب می گردد که چنانچه ترک قطری فوق در محل قطع عملی اتفاق افتد میگردهای لازم برای تنش افزایش یافته در محل قطع تئوری موجود باشد.





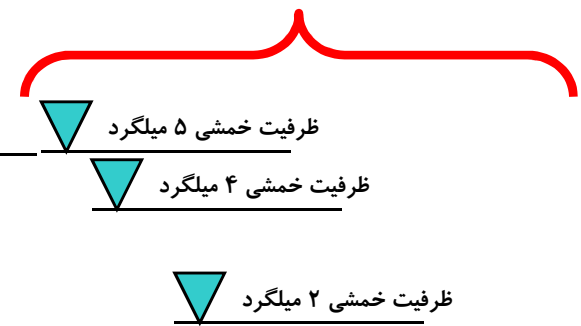
محل قطع میلگردهای خمشی

کل طول میلگرد = طول موثر کامل + طول مهاري



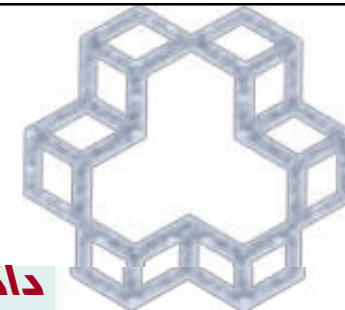
ظرفیت خمشی تیر:

$$M_r = A_s f_{yd} (d - a/2)$$

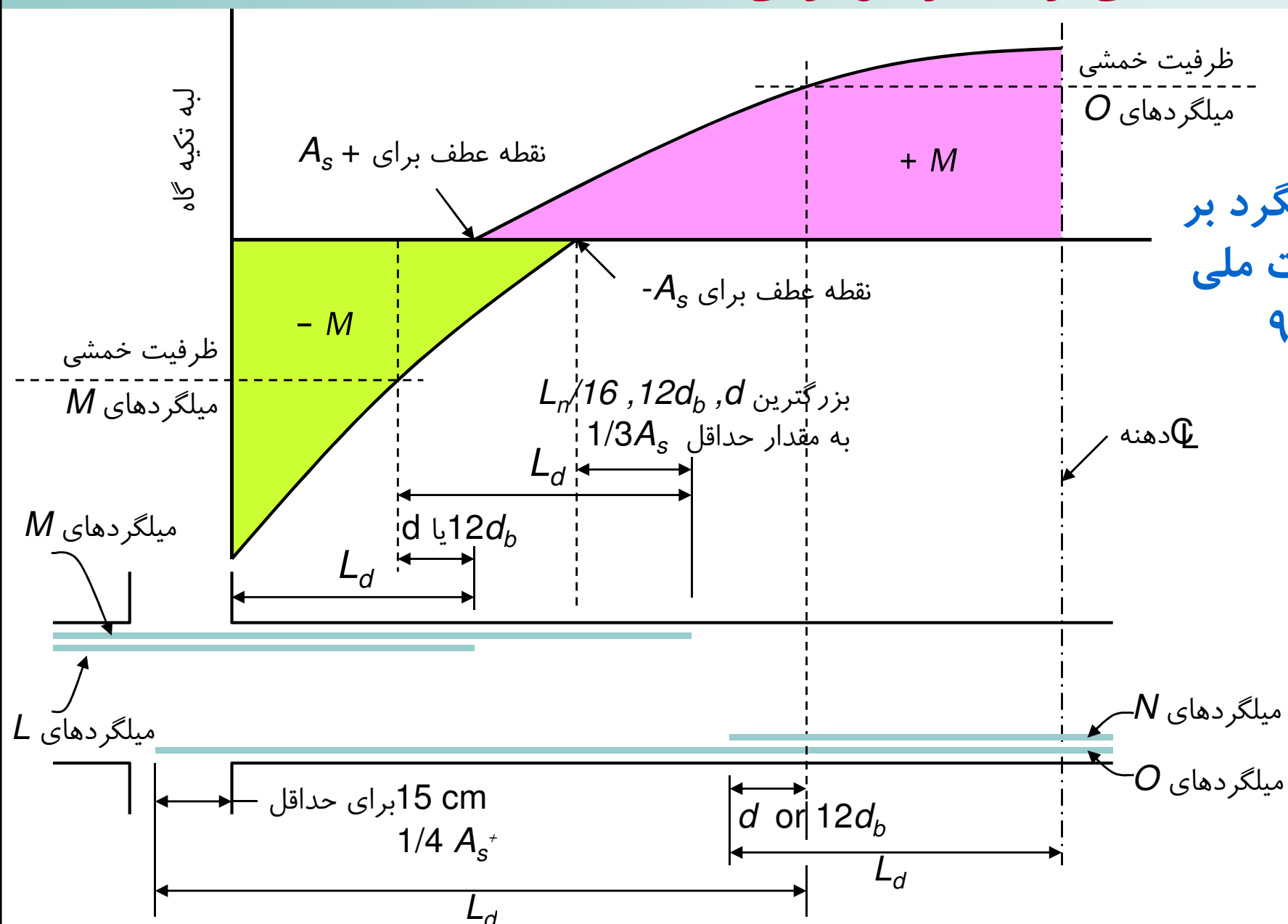


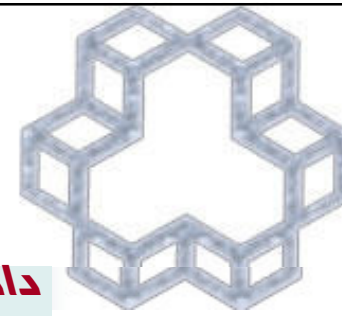
در تسلیح یک تیر به فولاد خمشی، نیازی نیست تا کل تیر بر اساس حداکثر فولاد محاسباتی مسلح گردد. می توان با توجه به کاهش لنگر در مقاطع مختلف نسبت به کاهش و قطع میلگردهای اضافی اقدام نمود. با رسم منحنی ظرفیت درخواستی (لنگر لازم M_U) و ظرفیت موجود (M_r) برای میلگردهای کاهش یافته در یک نمودار و یافتن محل برخورد آنها می توان محل **قطع تئوری** میلگردها را یافت. میلگردها را باید به جهت امکان انتقال نیرو به بتن و کارا بودن آنها در نقطه **قطع عملی** که به اندازه طول d و $12db$ به جهت افزایش نیروهای کشش در میلگرد به جهت وجود ترک برشی و یا تغییرات در بارگذاری و تقریبات طراحی ادامه داد.

مجدداً تکرار می گردد که بطور خلاصه نقاط بحرانی در روی نمودار پوش لنگر خمشی، عبارتند از: ۱- محل لنگر خمشی حداکثر مثبت و منفی ۲- نقاط قطع تئوری برای میلگردهایی که تصمیم به قطع آنها داریم

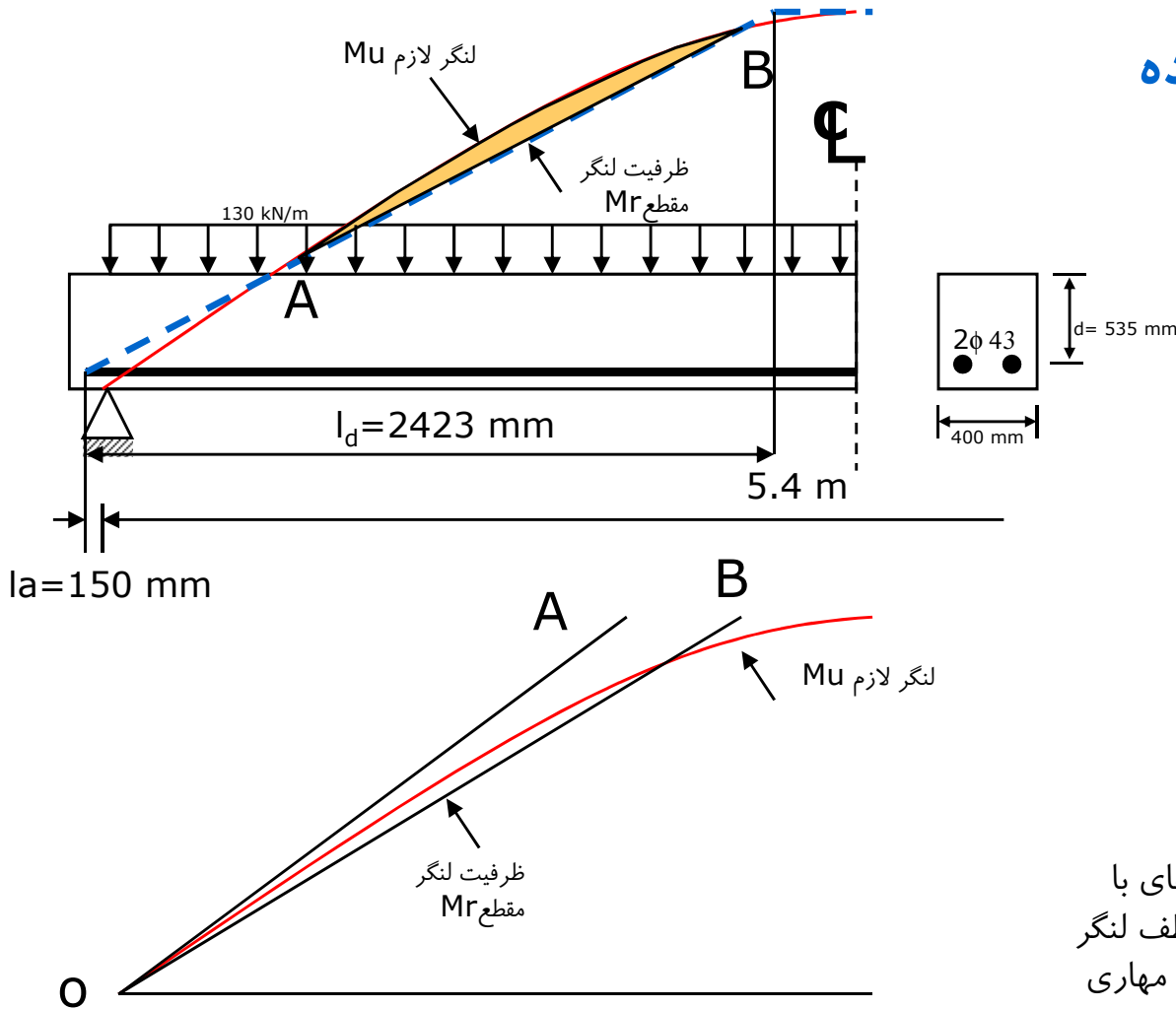


نقاط قطع میلگرد بر اساس مقررات ملی ایران مبحث ۹





مهارى ميلگردهاى مثبت در دهانه ساده



شكل مقابل تير ساده اى به دهانه ۵/۴ متر را كه تحت بار گسترده نشان داده شده است، مى باشد. طراح براى حداكثر لنگر وسط دهانه تير را طراحى نموده و دو عدد ميلگرد ۴۳ φ در سرتاسر طول ۵۷۰۰ ميليمتر قرار داده است (۱۵۰ ميليمتر در داخل تكيه گاه ادامه داه شده است). طول مهارى ميلگرد فوق با $f_y=420$ و $f'_c=20$ Mpa برابر ۲۴۲۳ ميليمتر مى باشد. ملاحظه مى گردد كه ميلگردها از نقطه بحراني كه در وسط دهانه مى باشد، بايد به اندازه طول مهارى l_d ادامه داده شود. چنانچه ظرفيت ميلگردها را در طول مهارى از مقدار صفر در انتهاي ميلگرد تا ظرفيت خمشى $M_r=489\text{kN.m}$ خطى در نظر بگيريم، ملاحظه مى گردد كه ميزان ظرفيت در طول A و B هاشورخورده كمتر از ميزان لازم بر اساس منحنى درجه دوم لنگر مثبت است (به علت تحدب رو به پايين آن). در شكل دوم چنانچه از طول اضافى ميلگرد بعد از تكيه گاه صرفنظر كنيم ملاحظه مى شود كه چنانچه شيب منحنى ظرفيت كمتر از شيب مماس بر ابتدای منحنى لنگر باشد سبب مى شود كه ميلگردها در طول مهارى قادر به تايمين نياز خمى نباشند. مى دانيم كه $dM_u(x=0)/dX=V(x=0)$ كه چنانچه بخواهيم شرط فوق را رعايت نماييم، مقدار فوق بايد كوچكتر از شيب منحنى ظرفيت M_r/l_d باشد:

$$V_u \leq M_r / l_d \quad \longrightarrow \quad l_d \leq M_r / V_u$$

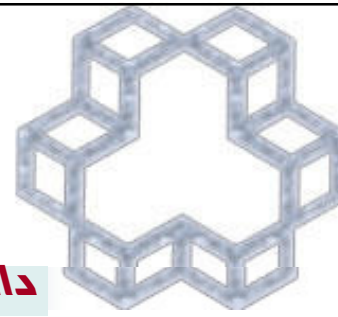
لذا لازم است

لذا آيين نامه ايران به علت ترغيب طراحان در استفاده از ميلگردهاى با سايز كوچكتر مقرر مى دارد كه در تكيه گاه ساده و يا در نقاط عطف لنگر خمشى مثبت؛ قطر ميلگرد بايد به گونه اى انتخاب گردد كه طول مهارى ميلگرد در رابطه مقابل صدق نمايد.

$$l_d \leq \frac{M_r}{V_u} + l_a$$

كه l_a اضافه طول ميلگرد بعد از محور تكيه گاه يا نقطه عطف است.

نکته: معادلات فوق نمی تواند بر ناحیه لنگر منفی اعمال گردد، چراکه تحدب منحنی به سمت پايين بوده و منحنى ظرفيت در طول مهارى همواره بر منحنى نياز می چربد (تهيه شكل به عهده دانشجويان!).



مهارى ميلگردهاى مثبت در دهانه ساده ... ادامه

وقتي انتهاي ميلگردها توسط نيروي فشارى محدود شده باشد، سبب جلوگيرى از شكافت بتن اطراف ميلگردها شده و لذا آيين نامه فرمول صفحه قبل را بدین شکل اصلاح می نماید.

$$l_d \leq \frac{1.3M_r}{V_u} + l_a$$

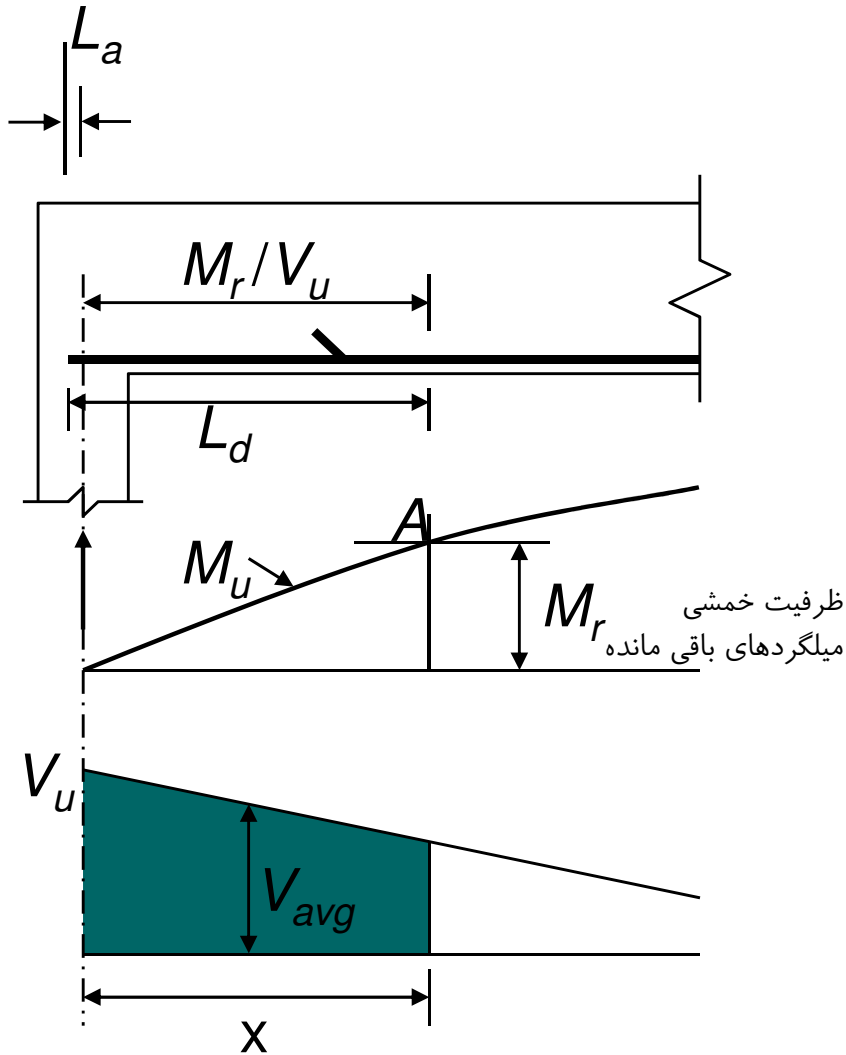
در صورتیکه در تکیه گاه ساده از قلاب استاندارد بعد از محور تکیه گاه استفاده کرده باشیم، لازم نیست رابطه فوق کنترل گردد.

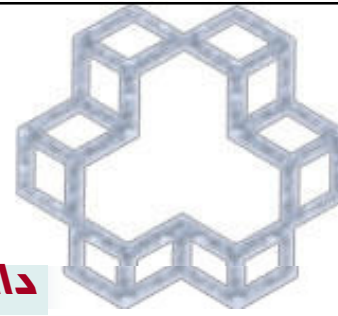
مطابق شکل مقابل نیز می توان دریافت که چنانچه ظرفیت میلگردهای باقیمانده دیاگرام لنگر را در نقطه A قطع کنند، طول میلگردهای ادامه داده باید بزرگتر یا مساوی l_d باشد. در این طول X سطح دیگرام برش برابر تغییر لنگر در طول فوق است لذا:

$$X = M_r / V_{avg} \approx M_r / V_u, \quad X = l_d - l_a$$

که به رابطه قبل مجدداً می رسمیم.

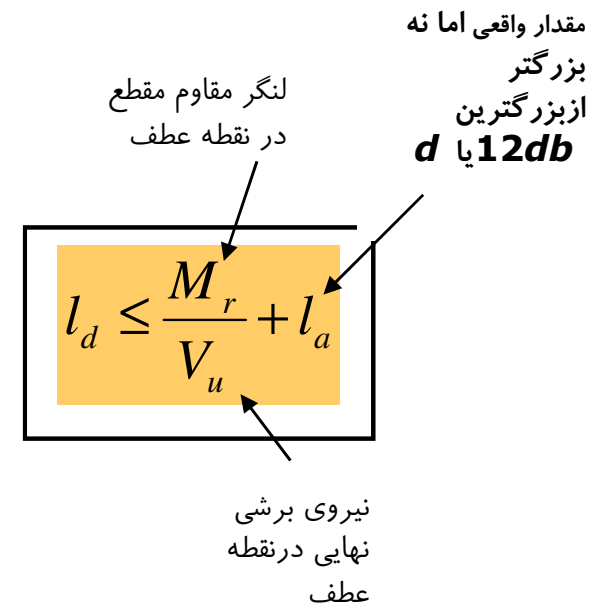
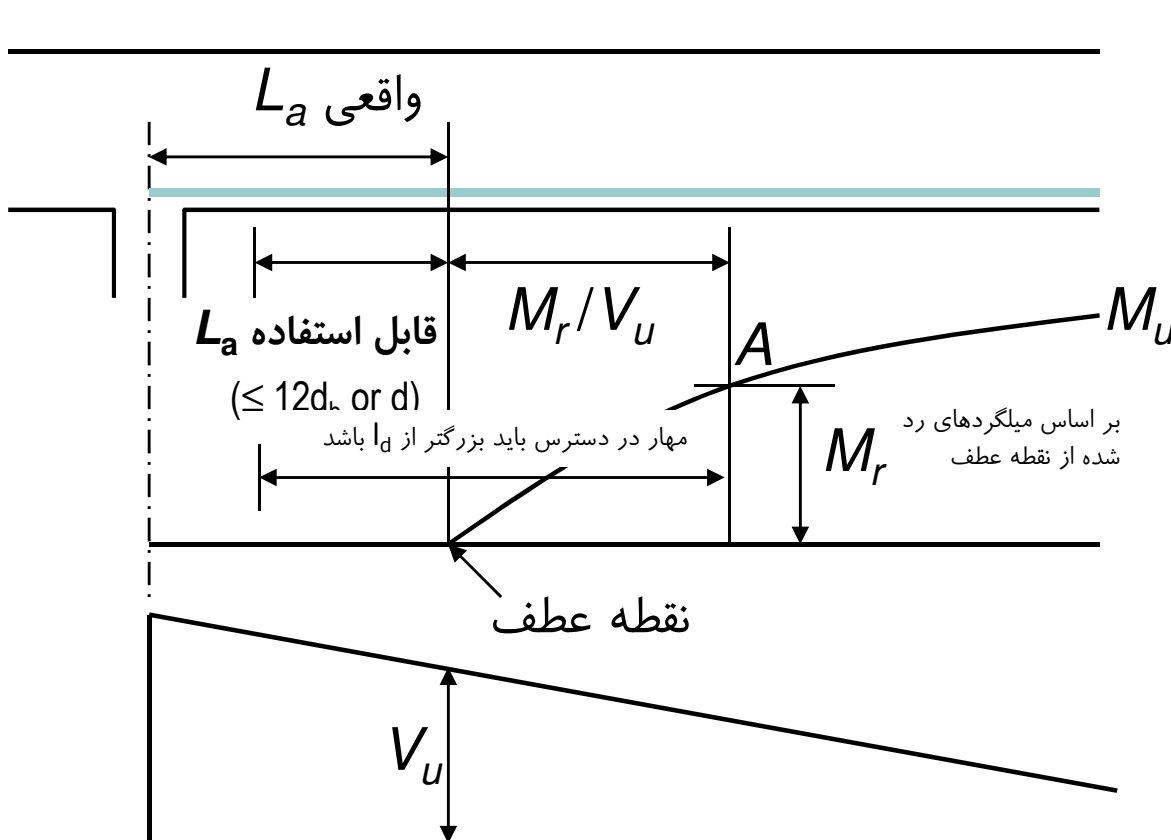
$$l_d \leq \frac{M_r}{V_u} + l_a$$



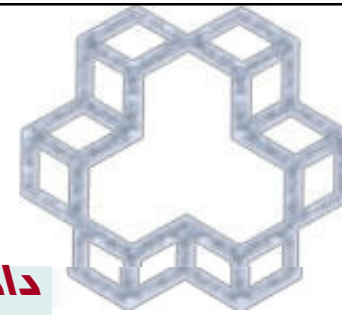


مهاری میلگردهای مثبت در نقطه عطف

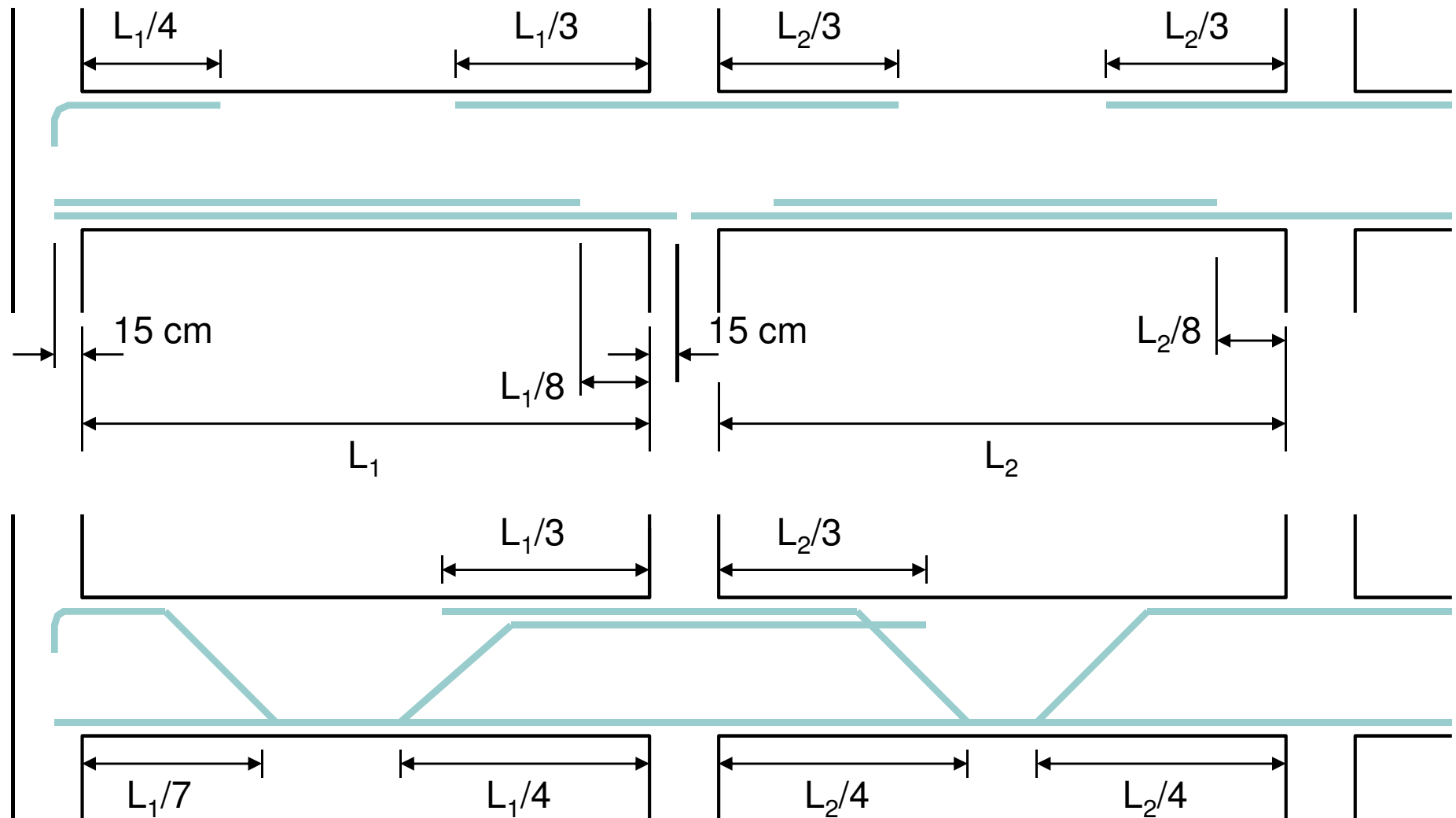
وضعیت مشابهی برای نقطه عطف در لنگر مثبت تیر یکسره موجود می باشد، بجز آنکه تنشهای محصورشوندگی فشاری موجود نبوده و لذا ضریب $1/3$ بکار برده نمی شود. طول L_a بزرگتر از ارتفاع موثر d یا $12d_b$ و نه بزرگتر از طول میلگرد ناحیه لنگر منفی که از نقطه عطف گذشته است می باشد.

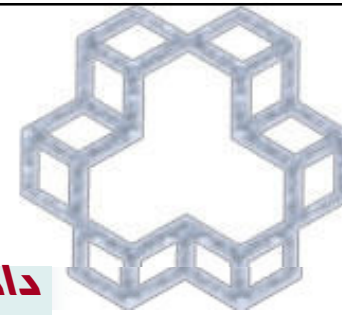


محدود نمودن l_a بدین علت است که هیچ نتیجه آزمایشگاهی نشان نداده است که طول مهاری طولانی در فاصله کوتاه میان نقطه عطف و نقطه حداکثر تنش در به حداکثر رساندن تنش در میلگرد بطور کامل موثر بوده است.



طول قطع و مهاری بطور تقریب برای دهانه های مساوی تحت بار گسترده یکنواخت





ضوابط مبحث ۹ برای مهاری آرماتورهای خمشی

۹-۱۸-۳-۱ ضوابط کلی

۹-۱۸-۳-۱-۱ آرماتور کششی در قطعات خمشی را می‌توان با رعایت محدودیت‌های بند ۹-۱۸-۳-۱-۵ در ناحیه بتن کششی مهار نمود و یا در جان تیر خم کرده و در سمت مقابل قطعه مهار کرد. این آرماتور را می‌توان در سمت مقابل قطعه بعنوان آرماتور کششی یا فشاری مورد استفاده قرار داد.

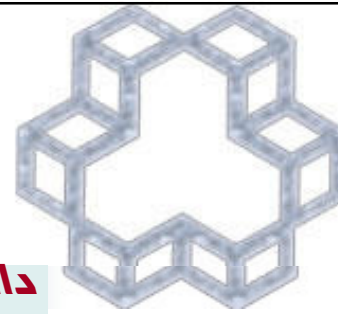
۹-۱۸-۳-۱-۲ در قطعات خمشی مقاطع بحرانی که در دو سمت آنها کافی بودن مهار آرماتور باید کنترل شود عبارتند از:
الف- مقاطع دارای بیشترین تنش

ب- مقطعی که در آنها، در طول دهانه قطعه، آرماتور قطع یا خم می‌شود.

در این قطعات در مقاطع مجاور تکیه‌گاه‌های ساده و مقاطع نقاط عطف منحنی تغییر شکل ضوابط بند ۹-۱۸-۳-۲-۳ نیز باید رعایت شوند.

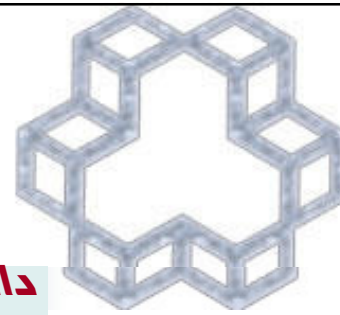
۹-۱۸-۳-۱-۳ میلگردها باید از محل مقطعی که وجودشان دیگر برای تحمل خمش لازم نیست بطول حداقل برابر با d یا $12d_b$ ، هر کدام بزرگ‌ترند، ادامه داده شوند. رعایت این ضابطه در انتهای عضو با تکیه‌گاه ساده و یا انتهای آزاد عضو طره‌ای الزامی نیست.

۹-۱۸-۳-۱-۴ در مواردی که تعدادی از میلگردها قطع یا خم می‌شوند، آن دسته از میلگردها که ادامه پیدا می‌کنند باید از مقطعی که میلگردهای قطع یا خم شده وجودشان دیگر برای تحمل خمش ضروری نیست، بطول حداقل برابر با طول گیرایی، l_d ، ادامه داده شوند.



ضوابط مبحث ۹ برای مهاری آرماتورهای خمشی

- ۹-۱۸-۳-۱-۵ آرماتور خمشی را نمی‌توان در ناحیه بتن کششی قطع کرد مگر آنکه یکی از شرایط زیر تامین باشد:
- الف- نیروی برشی مقاوم مقطع، V_r ، در محل قطع آرماتور به اندازه حداقل سی و سه درصد بیشتر از تلاش برشی نهایی موجود در مقطع، V_u ، باشد.
- ب- در انتهای میلگردهای قطع شده در ناحیه‌ای بطول حداقل $0.75d$ آرماتور عرضی اضافه بر آنچه برای تحمل برش یا پیچش لازم است، تامین گردد. سطح مقطع آرماتور عرضی اضافی لازم باید حداقل برابر با $(0.42b_w s / f_y)$ باشد و فاصله میلگردهای عرضی از یکدیگر در این ناحیه بیشتر از $d / (8\beta_b)$ نباشد. β_b نسبت آرماتور قطع شده به کل آرماتور کششی مقطع است.
- پ- مقدار آرماتوری که ادامه پیدا می‌کند حداقل دو برابر مقدار مورد نیاز در مقطع باشد و نیروی برشی مقاوم، V_r ، در محل قطع آرماتور به اندازه حداقل بیست و پنج درصد بیشتر از تلاش برشی نهایی موجود در مقطع، V_u ، باشد.
- ۹-۱۸-۳-۱-۶ در قطعات خمشی که در آنها تنش در آرماتور کششی مستقیماً متناسب با لنگر خمشی نیست، مانند شالوده‌های با مقطع متغیر، پلکانی و یا باریک شونده و همچنین نشیمن گاهها، اعضای خمشی با ارتفاع زیاد، و یا اعضای که در آنها آرماتور کششی موازی سطح بتن فشاری نیست، باید مهار میلگردهای کششی در مقاطع مختلف کنترل شود.



ضوابط مبحث ۹ برای مهاری آرماتورهای خمشی مثبت

۹-۱۸-۳-۲-۱ حداقل یک سوم آرماتور خمشی مثبت، در قطعات با تکیه‌گاه ساده، و یک چهارم آرماتور خمشی مثبت، در قطعات یکسره، باید در طول وجهی از قطعه که در آن قرار گرفته‌اند تا روی تکیه‌گاه ادامه داده شوند. در تیرها این میلگردها باید به اندازه حداقل ۱۵۰ میلیمتر در داخل تکیه‌گاه ادامه یابند.

۹-۱۸-۳-۲-۲ در قطعات خمشی که بعنوان عضوی از یک سیستم اصلی در مقابل بارهای جانبی به کار برده شده‌اند، آن گروه از آرماتور خمشی مثبت که بر طبق بند ۹-۱۸-۳-۲-۱ تا روی تکیه‌گاه ادامه می‌یابد باید بطور کامل در تکیه‌گاه مهار شود بطوریکه آرماتور بتواند در مقطع بر تکیه‌گاه به تنش جاری شدن، f_y ، برسد.

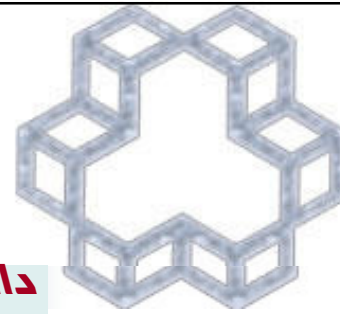
۹-۱۸-۳-۲-۳ در قطعات خمشی در مقاطع مجاور تکیه‌گاه‌های ساده، و یا مقاطع نقاط عطف منحنی تغییر شکل، قطر میلگردهای خمشی مثبت باید چنان باشد که طول گیرایی آنها در رابطه زیر صدق کند:

$$l_d \leq \frac{M_r}{V_u} + l_a \quad (9-18-9)$$

در این رابطه M_r لنگر خمشی مقاوم مقطع، V_u ، تلاش برشی نهایی موجود در مقطع و l_a طولی است از میلگرد که از محل محور تکیه‌گاه تا انتهای آن ادامه داده شده است. l_a ، در مواردی که رابطه در محل نقطه عطف کنترل می‌شود، باید برابر با d یا $12d_b$ هر کدام بزرگترند، در نظر گرفته شود.

در مواردی که آرماتور خمشی مثبت در تکیه‌گاه ساده به قلاب استاندارد یا وسایل مکانیکی معادل قلاب استاندارد، که فراتر از محور تکیه‌گاه شروع شده باشد، ختم می‌شود کنترل رابطه فوق الزامی نیست.

در تکیه‌گاههایی که آرماتور خمشی مثبت در داخل بتن فشاری ناشی از عکس‌العمل فشاری تکیه‌گاه محصور شده باشد، مقدار M_r/V_u در رابطه فوق را می‌توان به اندازه یک سوم افزایش داد.



ضوابط مبحث ۹ برای مهاری آرماتورهای خمشی منفی

۱-۳-۳-۱۸-۹ آرماتور خمشی منفی در قطعات خمشی یکسره، گیردار، طره و یا تمامی قطعات قابهای پیوسته باید با یکی از روشهای گفته شده در بند ۱-۱-۲-۱۸-۹ در تکیه گاهها مهار شوند.

۲-۳-۳-۱۸-۹ حداقل یک سوم آرماتور خمشی منفی موجود در تکیه گاه یک عضو خمشی باید از محل نقطه عطف منحنی تغییر شکل عضو ادامه داده شده و از این محل به اندازه حداقل $12d_b$ ، d و یا یک شانزدهم طول دهانه خالص، هر کدام بزرگتر است، فراتر برده شود.

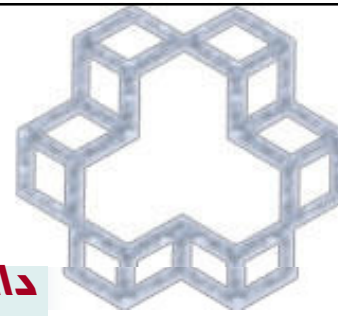
ضوابط خاص مهار آرماتور عرضی در جان قطعات خمشی

۱-۴-۳-۱۸-۹ آرماتور عرضی در جان قطعات خمشی باید تا حدی که پوشش بتنی آرماتور و یا نزدیکی سایر آرماتورها اجازه می دهد، نزدیک به دو وجه فشاری و کششی عضو در مقطع قرار داده شود.

۲-۴-۳-۱۸-۹ دو انتهای آرماتور عرضی تک شاخه ای، و آرماتور به شکل U باید به یکی از طرق زیر مهار شوند:

الف- برای میلگردهای به قطر کوچکتر از ۱۶ میلیمتر و یا سیمهای با قطر کوچکتر از ۱۶ میلیمتر و برای میلگردهای با قطر ۱۶ تا ۲۵ میلیمتر از نوع S300 یا مقاومت کمتر، باید از قلاب استاندارد استفاده شود. قلاب باید حداقل یک میلگرد طولی را در برگیرد.

ب- برای میلگردهای با قطر ۱۶ تا ۲۵ میلیمتر از نوع مقاوم تر از S300 باید علاوه بر استفاده از قلاب استاندارد که حداقل یک میلگرد طولی را در بر گرفته باشد، طول گیرایی به اندازه دو سوم طول گیرایی میلگرد قلابدار، (ضوابط قسمت ۱۸-۹-۷-۲) نیز تأمین شود. طول گیرایی میلگرد قلابدار از محل وسط ارتفاع مؤثر مقطع اندازه گیری می شود.

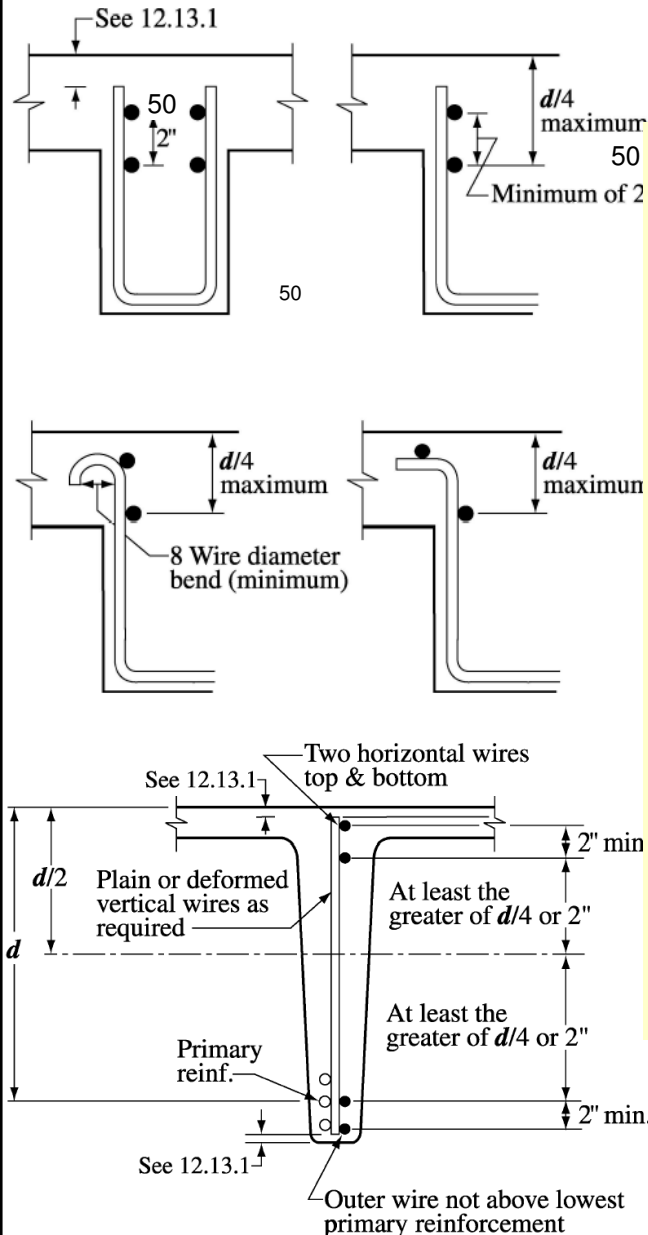


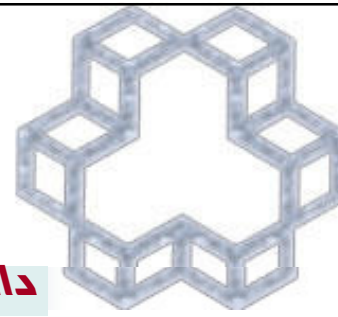
ضوابط مبحث ۹ برای مهاری آرماتورهای خمشی

پ- برای هر شاخه از شبکه‌های سیمی صاف جوش شده که به شکل U خم شده‌اند باید یکی از دو روش زیر به کار برده شود:
 - دو عدد سیم طولی با فاصله حداقل ۵۰ میلیمتر از یکدیگر در هر دو انتهای U قرار داده شود.

- یک عدد سیم طولی با فاصله حداکثر $d/4$ از وجه فشاری عضو و سیم دیگر با فاصله حداقل ۵۰ میلیمتر از سیم اول و نزدیک به وجه فشاری عضو قرار داده شود. سیم دوم می‌تواند روی خاموت و فراتر از محل خم آن و یا روی خم خاموت، با قطر خم بزرگتر از $8d_b$ قرار داده شود.

ت- برای هر انتهای شبکه سیمی جوش شده آجدار یا صاف که به صورت خاموت تک شاخه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد، باید دو سیم طولی با فاصله حداقل ۵۰ میلیمتر از یکدیگر پیش‌بینی شود. سیم داخلی از این دو سیم باید از وسط ارتفاع مؤثر مقطع، $d/2$ دارای فاصله حداقل برابر با $d/4$ یا ۵۰ میلیمتر، هر کدام بزرگترند، باشد. سیم طولی خارجی در ناحیه بتن کششی نباید به وجه کششی عضو نزدیکتر از دورترین آرماتور خمشی قرار داده شود.

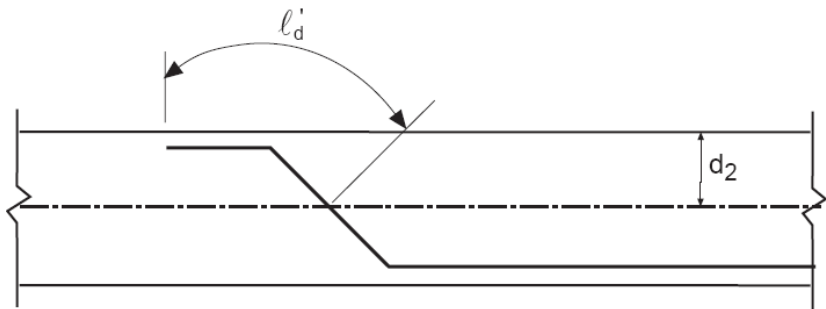




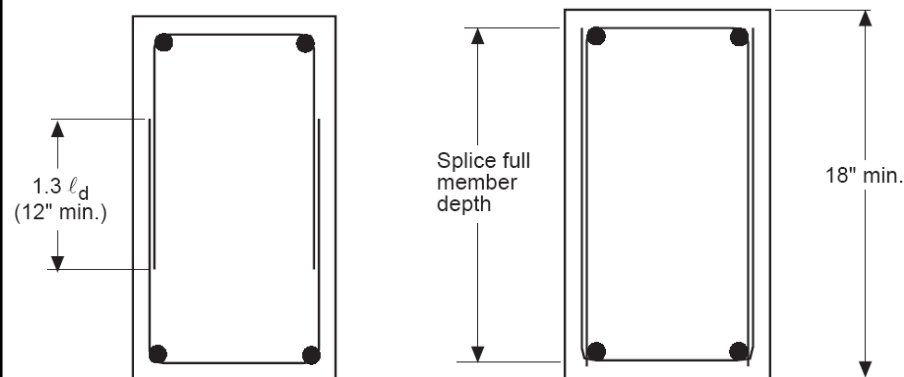
ضوابط مبحث ۹ برای مهاری آرماتورهای خمشی

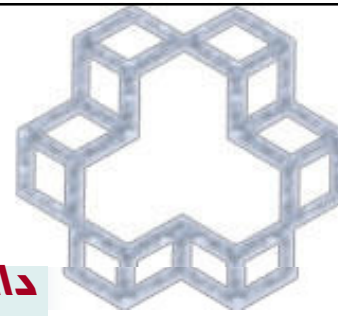
۹-۱۸-۳-۴ در بین دو انتهای مهار شده خاموتهای به شکل U ساده یا مرکب، در هر خم واقع در ناحیه پیوسته خاموت باید حداقل یک آرماتور طولی محصور شده باشد.

۹-۱۸-۳-۴ میلگردهای طولی خم شده که بعنوان آرماتور برشی مورد استفاده قرار می گیرند اگر به ناحیه بتن کششی برده شوند باید بصورت آرماتور کششی مورد استفاده قرار گیرند و اگر به ناحیه فشاری برده شوند باید بر طبق ضوابط مهار میلگردها در این ناحیه مهار شوند. در این میلگردها طول گیرایی از محل وسط ارتفاع مؤثر مقطع، $d/2$ ، اندازه گیری می شود.



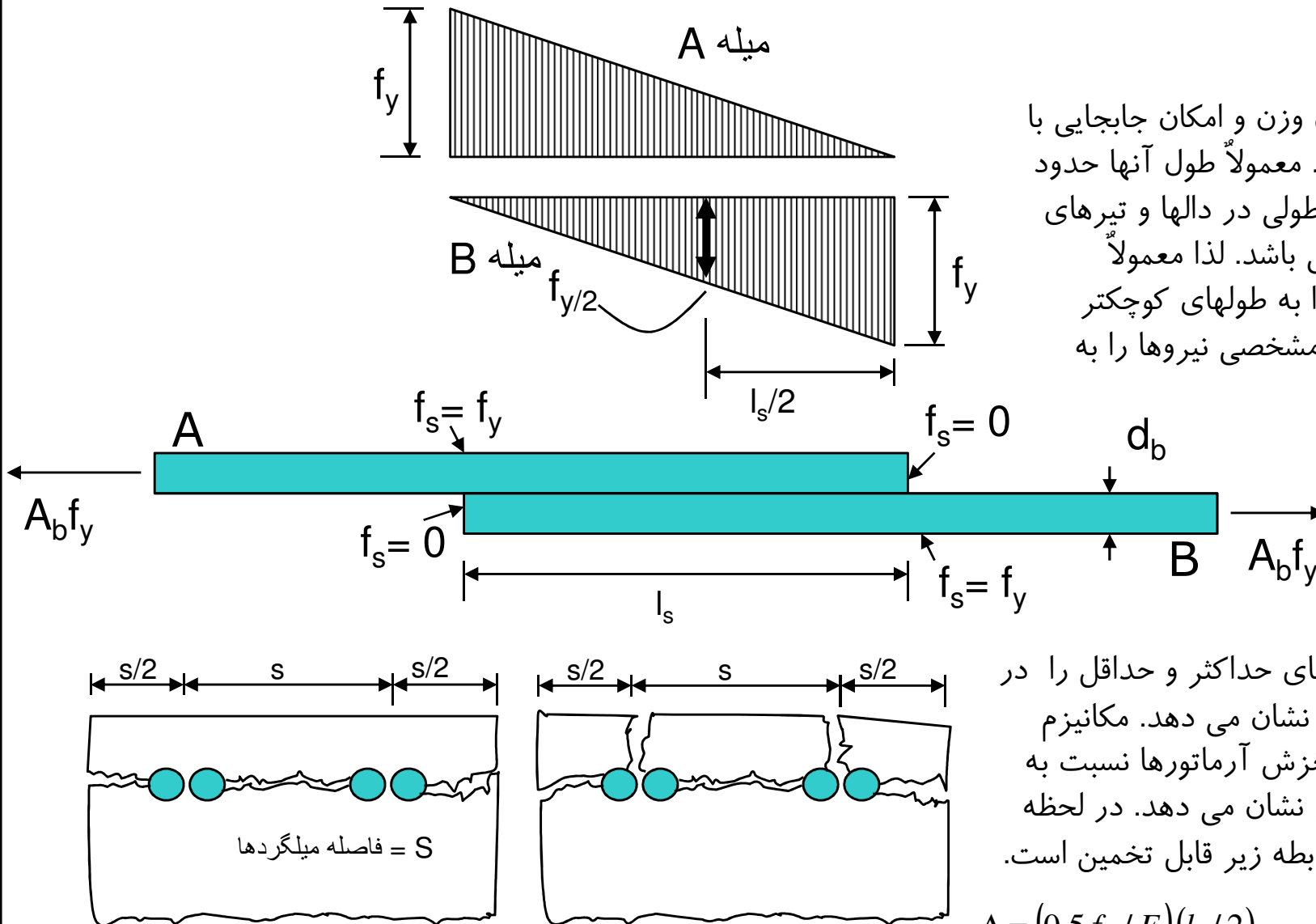
۹-۱۸-۳-۴-۵ در زوج خاموتهای U شکل که با وصله پوششی، یک خاموت بسته می سازند، باید طول پوشش برابر با حداقل $1.3 l_d$ رعایت شود. در این خاموتها، چنانچه مقدار $A_b f_y$ هر شاخه کمتر از ۴۰ کیلونیوتن و ارتفاع مقطع عضو بیشتر از ۴۵۰ میلیمتر باشد، می توان طول پوشش را کمتر از $1.3 l_d$ در نظر گرفت مشروط بر آنکه هر شاخه از U تا وجه مقابل ادامه داده شود.





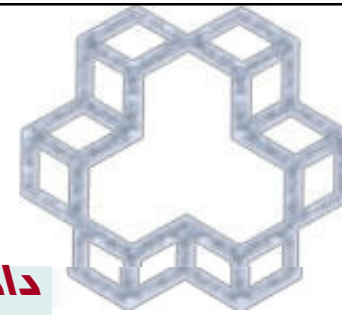
وصله آرماتورها

میلگردهای فلزی به علت کنترل وزن و امکان جابجایی با طولهای محدود تولید می گردند. معمولاً طول آنها حدود ۱۸ متر می باشد. کاربرد چنین طولی در دالها و تیرهای یکسره از لحاظ اجرایی عملی نمی باشد. لذا معمولاً میلگردهای با شماره ۳۶ و کمتر را به طولهای کوچکتر بریده و از پوشش آنها در طول مشخصی نیروها را به قطعات بعدی انتقال می دهند

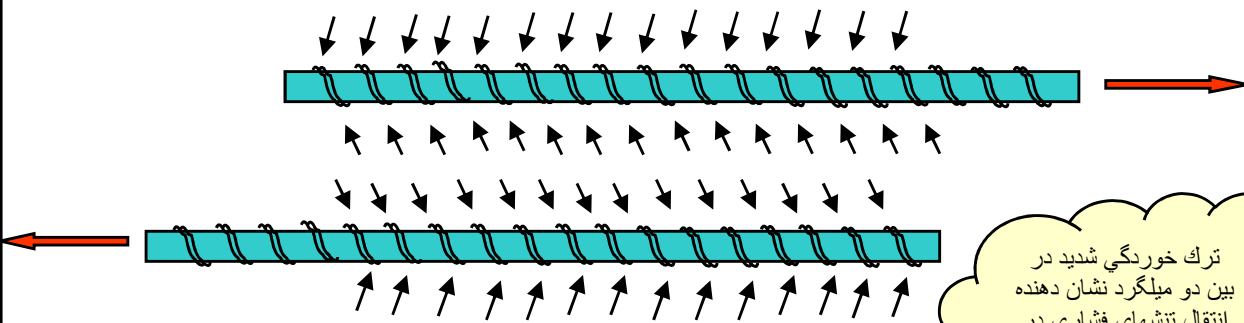


شکل مقابل توزیع نیروها و تنشهای حداکثر و حداقل را در میلگرد در روی طول پوششی l_s نشان می دهد. مکانیزم خورد شدگی بتن را نیز در اثر لغزش آرماتورها نسبت به یکدیگر در محدوده طول پوشش نشان می دهد. در لحظه شکست لغزش بطور تقریب با رابطه زیر قابل تخمین است.

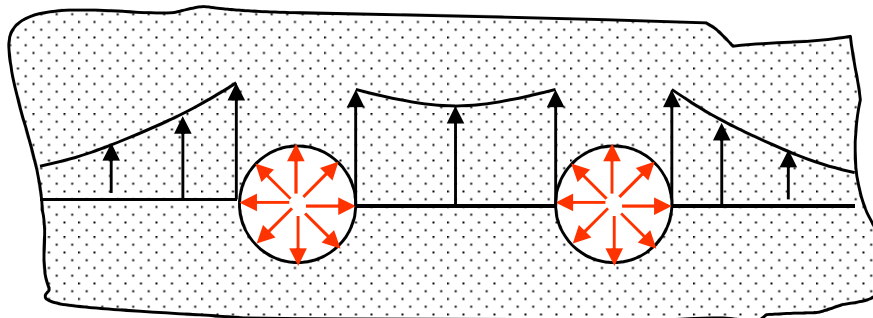
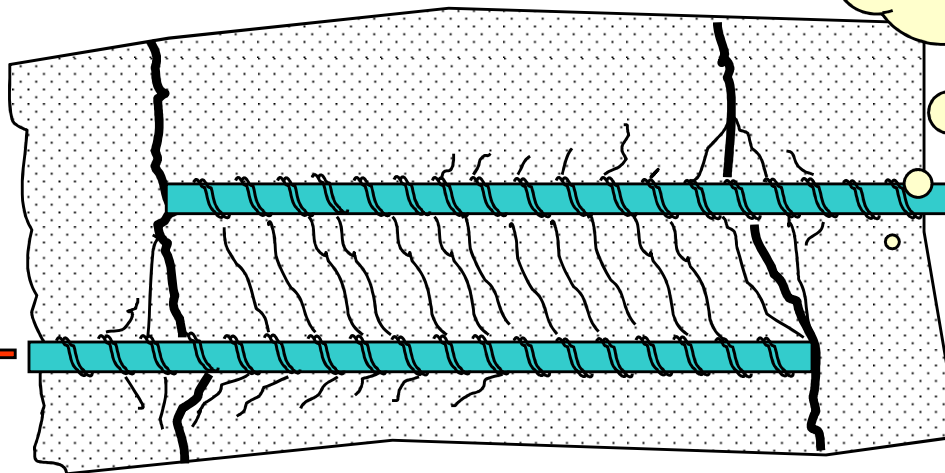
$$\Delta = (0.5 f_y / E) \cdot (l_s / 2)$$



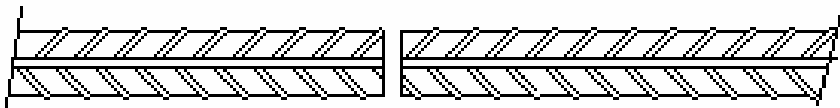
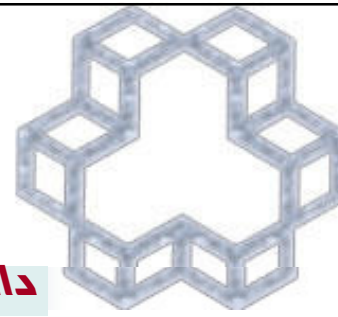
وصله آرماتورها



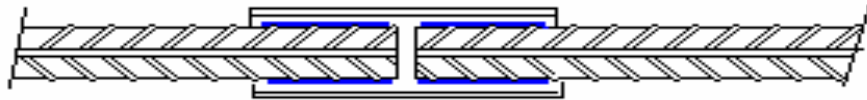
ترك خوردگی شدید در
بین دو میلگرد نشان دهنده
انتقال تنشهای فشاری در
امتداد ترکها است



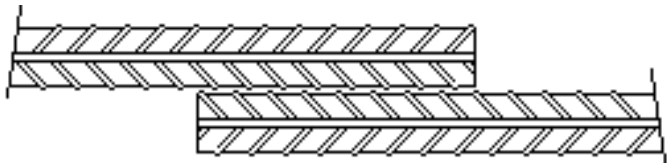
در محل وصله ابتدا نیروها به بتن و سپس از بتن به میلگرد مجاور منتقل می شود. مکانیزم انتقال نیروها را می توان به وضوح مطابق شکل مقابل بر اساس شکل ترک خوردگی تشخیص گردد. نیروها توسط فشار رو به بیرون از محل های عاج به بتن وارد شده و در اثر آن ترک های خورد شونده در طول میلگرد مشابه شکل مقابل پدید می آید. ترک های خورد شونده عموماً در انتهای وصله که نسبت به وسط وصله بیشتر می باشند، شروع می شوند. همانطور که ملاحظه می گردد ترک های عرضی بزرگی در انتهای وصله محل قطع پدید می آید. وجود فولاد عرضی در منطقه وصله سبب به تعویق افتادن ترک های خورد شونده و لذا افزایش ظرفیت وصله می شود.



نوك به نوك

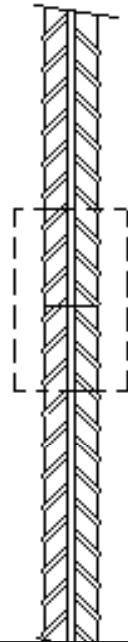


با استفاده از ورق یا نبشي پشتي

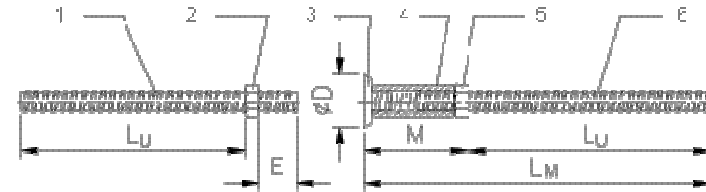


اتصال بغل به بغل

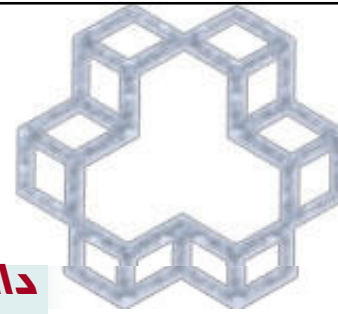
وصله جوشي



وصله اتكايي



وصله مكانيكي



وصله آرماتورها

محل و مشخصات وصله به عوامل زیر بستگی دارد

● اندازه میلگرد

● مقاومت تسلیم فولاد و فشاری بتن

● فاصله جانبی میلگردها

● وجود محصور شدگی

✓ وصله ها نباید در نقاط با حداکثر تنش کششی قرار داده شوند.

✓ نباید تمام میلگردها در یک مقطع وصله شوند. (این شرط در محل وصله ستونها در روی طبقه نقص می گردد.

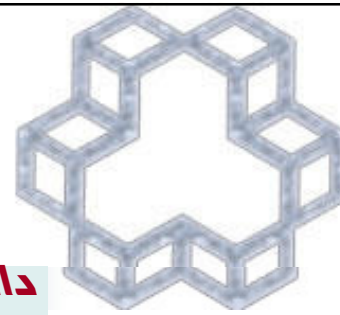
وصله میلگردها به یکدیگر به یکی از چهار طریق زیر مجاز است:

الف- وصله پوششی: که با مجاور هم قرار دادن دو میلگرد در قسمتی از طولشان عملی می شود. طولی که دو میلگرد باید در مجاور هم قرار داده شوند، "طول پوشش" نامیده می شود. میلگردها را می توان در تماس با یکدیگر و یا با فاصله قرار داد.

ب- وصله جوشی: که با جوش دادن دو میلگرد به یکدیگر انجام می شود.

پ- وصله مکانیکی: که با به کارگیری وسایل مکانیکی خاص حاصل می شود.

ت- وصله اتکایی: که با بر روی هم قرار دادن دو انتهای **میلگردهای فشاری** عملی می گردد.

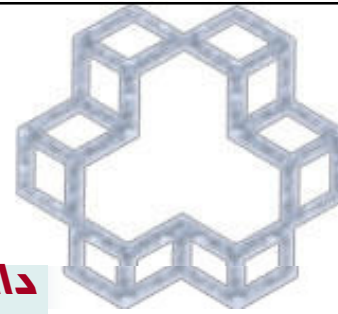


به طور خلاصه نحوه انتخاب طول پوششی بر اساس ضوابط مبحث ۹ مقررات ملی به شرح ذیل می باشد.

۱- طول پوششی در کشش: این طول بر اساس میزان $1.3l_d$ یا l_d برآورد می نمایند. چنانچه شرایط خاصی چون بیشتر بودن میزان فولاد موجود در محل وصله و عدم وصله نمودن تعداد زیاد میلگردها در مقطع فوق مطرح باشد می توان طول پوشش را به l_d محدود نمود.

۲- طول پوششی در فشار: این طول بر اساس میزان ضریبی از مقاومت میلگرد در محل وصله تعریف می شود. چنانچه محصوریت کافی توسط میلگردهای عرض فراهم گردد می توان طول فوق را تخفیف داد.

۳- وصله های مکانیکی و جوشی باید قادر باشند در کشش و فشار ۲۵٪ بیشتر از مقاومت میلگرد تحمل داشته باشند. با شرایطی می توان نسبت مقدار فوق را تخفیف داد.



وصله آرماتورها

۱-۴-۱۸-۹ ضوابط کلی

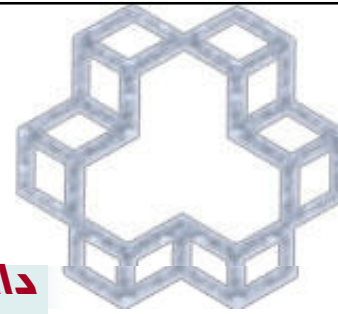
۱-۴-۱۸-۹ وصله پوششی برای گروه میلگردها، بعنوان یک مجموعه میلگرد، مجاز نیست، اما هر یک از میلگردها را می‌توان جداگانه با وصله پوششی بهم متصل نمود. در این حالت نواحی وصله میلگردهای مختلف نباید با هم تداخل داشته باشند.

۱-۴-۱۸-۹ طول پوشش لازم برای وصله پوششی هر دو میلگرد در گروه میلگردها باید براساس طول پوشش لازم برای هر یک از میلگردها تعیین شود و در آن ضوابط قسمت ۱۸-۲-۴ نیز رعایت شود.

۱-۴-۱۸-۵ در قطعات خمشی فاصله دو میلگرد که با وصله پوششی بهم متصل می‌شوند نباید بیشتر از یک پنجم طول پوشش لازم و یا بیشتر از ۱۵۰ میلیمتر باشد.

۱-۴-۱۸-۶ وصله جوشی میلگردها باید به صورت یکی از روشهای گفته شده در بند ۸-۲-۵-۳ انجام شود. مقاومت این وصله‌ها در کشش باید حداقل برابر با $1.25A_b f_y$ باشد. مگر آنکه الزامات بند ۹-۱۸-۴-۲-۲ تأمین شده باشد.

۱-۴-۱۸-۷ وصله مکانیکی میلگردها باید در کشش و فشار دارای مقاومت حداقل برابر با $1.25A_b f_y$ باشد مگر آنکه ضابطه بند ۱۸-۴-۲-۲ تأمین شده باشد.



طول پوششی وصله میلگردها یا سیمهای کششی

۱-۲-۴-۱۸-۹ در وصله‌های پوششی طول پوشش باید حداقل برابر با $1.3l_d$ باشد. تنها در مواردی که دو شرط زیر بطور توأم تأمین باشد طول پوشش را می‌توان به مقدار l_d کاهش داد:

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

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

l_d طول گیرایی میلگرد در کشش است که باید براساس ضوابط قسمت ۱-۲-۴-۱۸-۹ محاسبه شود. طول پوشش در هر حالت نباید کمتر از ۳۰۰ میلیمتر اختیار شود.

۱-۲-۴-۱۸ در وصله‌های جوشی یا مکانیکی در مواردی که مقدار آرماتور موجود در مقطع کمتر از دو برابر مورد نیاز باشد، مقاومت وصله باید برابر با $1.25A_b f_y$ باشد ولی در سایر موارد مقاومت وصله را می‌توان کمتر از این مقدار و مطابق ضابطه زیر در نظر گرفت:

الف- مقاومت وصله در هر میلگرد باید چنان باشد که کل میلگردهای موجود در این مقطع بتوانند نیرویی حداقل معادل دو برابر نیروی لازم در آن مقطع را تحمل نمایند. این نیرو نباید کمتر از $140A_b$ برای کل میلگردها در نظر گرفته شود. فاصله وصله‌ها از یکدیگر در مقاطع مختلف متوالی نباید کمتر از ۶۰۰ میلیمتر باشد.

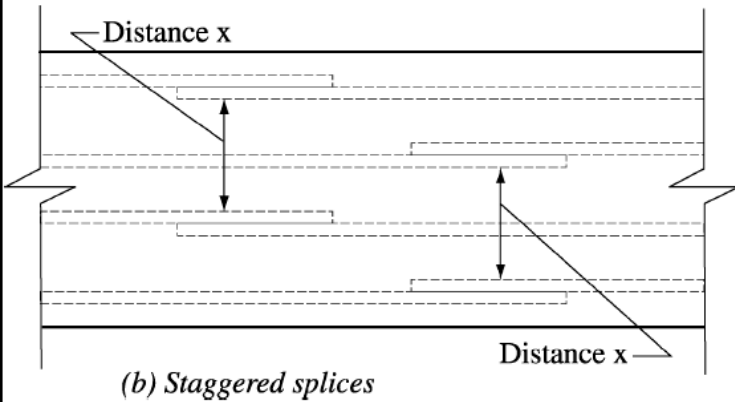
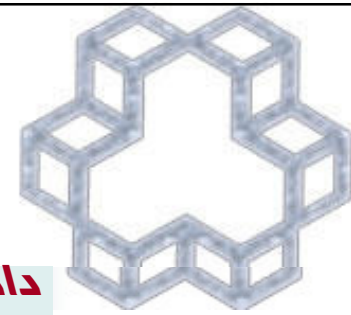
ب- نیروی کششی مقاوم مورد نظر در بند الف را باید بطریق زیر محاسبه کرد:

- برای میلگردهای وصله داده شده برابر با نیروی مقاوم وصله

- برای میلگردهای وصله نشده برابر $A_b f_y$ آنها که به نسبت طول واقعی مهار شده به طول گیرایی لازم آنها کاهش داده شده است.

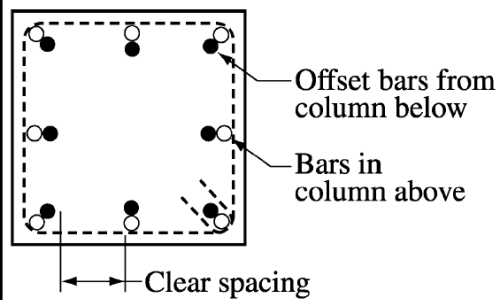
۱-۲-۴-۱۸-۹ در قطعات کششی وصله میلگردها باید تنها بوسیله وصله‌های جوشی یا مکانیکی انجام شود و در آنها ضوابط بند ۱-۲-۴-۱۸-۹ رعایت گردد.

فاصله وصله‌ها در میلگردهای مجاور هم باید بیشتر از ۷۵۰ میلیمتر در نظر گرفته شود.

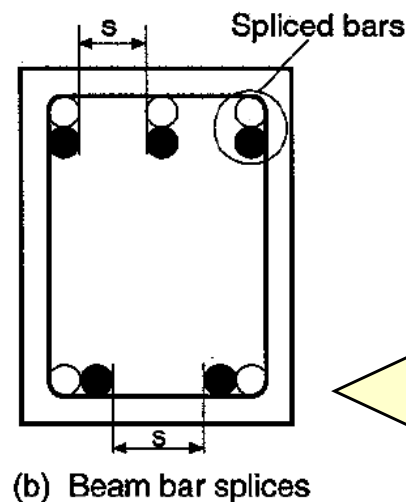
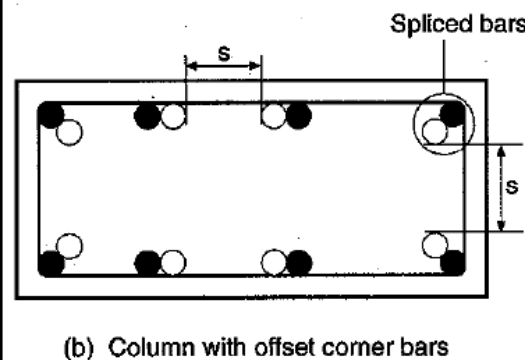


برای وصله های یک در میان در دالها و دیوارها، فاصله خالص موثر برابر فاصله میان میلگردهای وصله مجاور منهای قطر هر میلگرد وصله نشده میانی است.

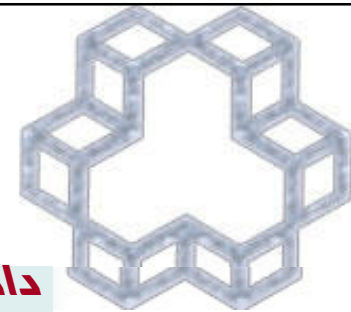
وصله میلگردهای فشاری



در وصله پوششی فشاری، بخشی از نیرو توسط فشار انتهایی میلگرد بر بتن انتقال می یابد. در این نوع انتقال با توجه به این نکته که ترکهای عرضی کششی در طول پوشش وجود ندارند، سبب می گردد که طول پوششی فوق بسیار کوتاهتر از طول پوششی کششی باشد. آزمایشات نشان می دهند که مقاومت فشاری وصله متناسباً با افزایش طول وصله زیاد نمی شوند. به دلیل فوق خرابی وصله پوششی فشاری با خرد شدگی بتن در انتهای میلگرد آغاز می گردد.



فاصله خالص استفاده شده برای میلگردهای منحرف در وصله ستونها و تیرها



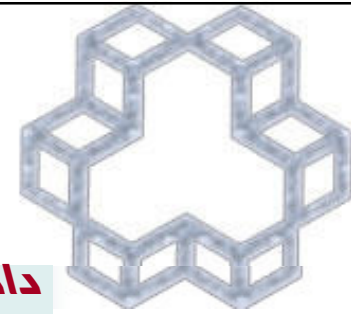
وصله میلگردهای فشاری

۱-۳-۴-۱۸-۹ طول وصله‌های پوششی برای فولادهای از نوع S400 یا با مقاومت کمتر باید حداقل برابر با $0.07f_y d_b$ و برای فولادهای مقاومتر برابر با $(0.13f_y - 24)d_b$ باشد. این طول در هر حال نباید کمتر از ۳۰۰ میلیمتر اختیار شود. در مواردی که مقاومت بتن کمتر از ۲۰ مگاپاسکال است، طول پوشش باید به اندازه سی و سه درصد افزایش داده شود. ۱-۳-۴-۱۸-۹ در مواردی که میلگردهای با قطرهای مختلف با وصله پوششی بهم متصل می‌شوند طول پوشش باید برابر بزرگترین دو مقدار، طول گیرایی (l_{dc}) 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 (وصله میلگردهای با قطر بیشتر از ۳۶ مجاز نیست).

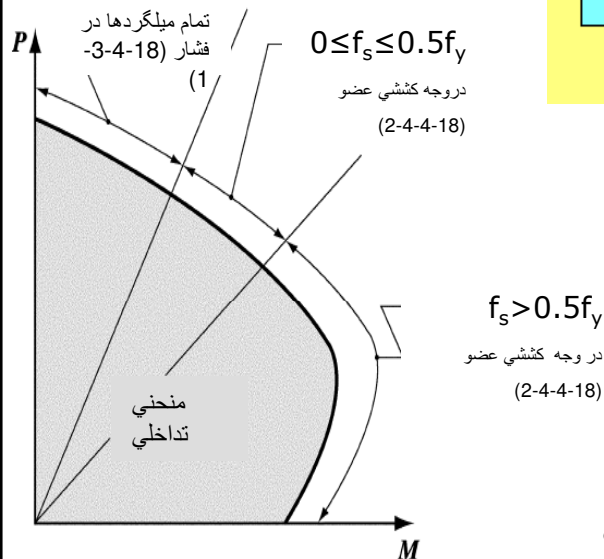
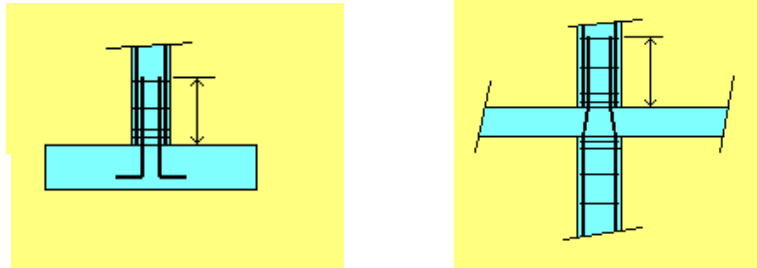
۱-۳-۴-۱۸-۹ در وصله‌های اتکایی که در آنها برای انتقال فشار از میلگرد به دیگری، انتهای آن دو بهم تکیه داده می‌شوند باید سطوح انتهای میلگردها کاملاً گونیا بریده شوند و تماس آن دو تا حد امکان کامل باشد. زاویه سطح انتهایی هر میلگرد نباید نسبت به سطح عمود بر محور میلگرد بیش از $1/5$ درجه انحراف داشته باشد و سطح تماس دو میلگرد بعد از سوار شدن نیز نباید بیش از ۳ درجه نسبت به اتکای کامل انحراف داشته باشد. این نوع وصله‌ها تنها در قطعاتی که دارای خاموت عرضی بسته یا مارپیچ هستند، مجاز می‌باشند.

وصله میلگردها در ستون

۱-۳-۴-۱۸-۹ در ستونها وصله آرماتورها می‌تواند از نوع پوششی، جوشی، مکانیکی، و یا اتکایی باشد. وصله آرماتورها باید برای تمامی ترکیبات بارگذاری مناسب باشد.



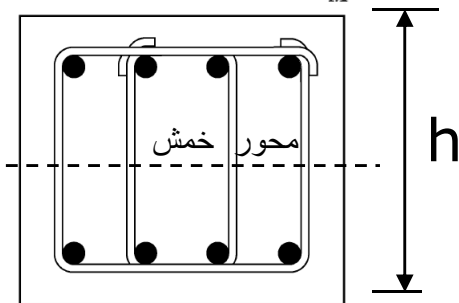
وصله میلگردها در ستون



۹-۱۸-۴-۲ وصله پوششی میلگردهایی که در فشار قرار دارند مشمول ضوابط این نوع وصله‌ها در فشار و میلگردهایی که در کشش قرار دارند مشمول ضوابط این نوع میلگردها در کشش می‌شوند. در میلگردهای کششی چنانچه تنش موجود در آنها کمتر از $0.5f_y$ و تعداد میلگردهایی که در طول ناحیه پوشش وصله می‌شوند، کمتر از نصف میلگردهای کششی باشد طول پوشش باید حداقل برابر با h و در غیر اینصورت باید حداقل برابر با $1.3h$ در نظر گرفته شود. در حالت اول فاصله وصله‌ها در میلگردهای مختلف از یکدیگر نباید کمتر از h اختیار شود.

۹-۱۸-۴-۳ در قطعات تحت فشار چنانچه در ناحیه وصله پوششی آرماتور عرضی بصورت خاموت با سطح مقطع بیشتر از $0.0015hs$ وجود داشته باشد طول پوشش را می‌توان به اندازه ۲۰ درصد و چنانچه آرماتور عرضی بصورت مارپیچ وجود داشته باشد، طول پوشش را می‌توان به اندازه ۲۵ درصد کاهش داد. طول پوشش در هر حال نباید کمتر از ۳۰۰ میلیمتر اختیار شود. در محاسبه سطح مقطع خاموت تنها سطح مقطع شاخه‌های عمود در امتداد h منظور می‌گردد.

۹-۱۸-۴-۴ در ستونها وصله‌های اتکایی میلگردها را مطابق ضابطه بند ۹-۱۸-۴-۳ می‌توان به کار برد مشروط بر آنکه یا این نوع وصله برای هر تعداد از میلگردها در مقاطع مختلف انجام شود (در یک مقطع کل آنها قرار نگیرند) و یا در محل وصله، میلگرد اضافی به کار برده شود. بطوریکه مقاومت میلگردهایی که در محل وصله ادامه دارند حداقل برابر با یک چهارم مقاومت $A_b f_y$ تمامی میلگردهای موجود در آن وجه ستون باشد.



آن ساقهایی که محور خمش را قطع می‌کند برای محاسبه سطح موثر خاموتها استفاده می‌شود. در این شکل چهار سطح وجود دارد