www.icivil.ir

فصل ششم

مهاري و وصله آرماتورها

در اين بخش چه خواهيم آموخت:

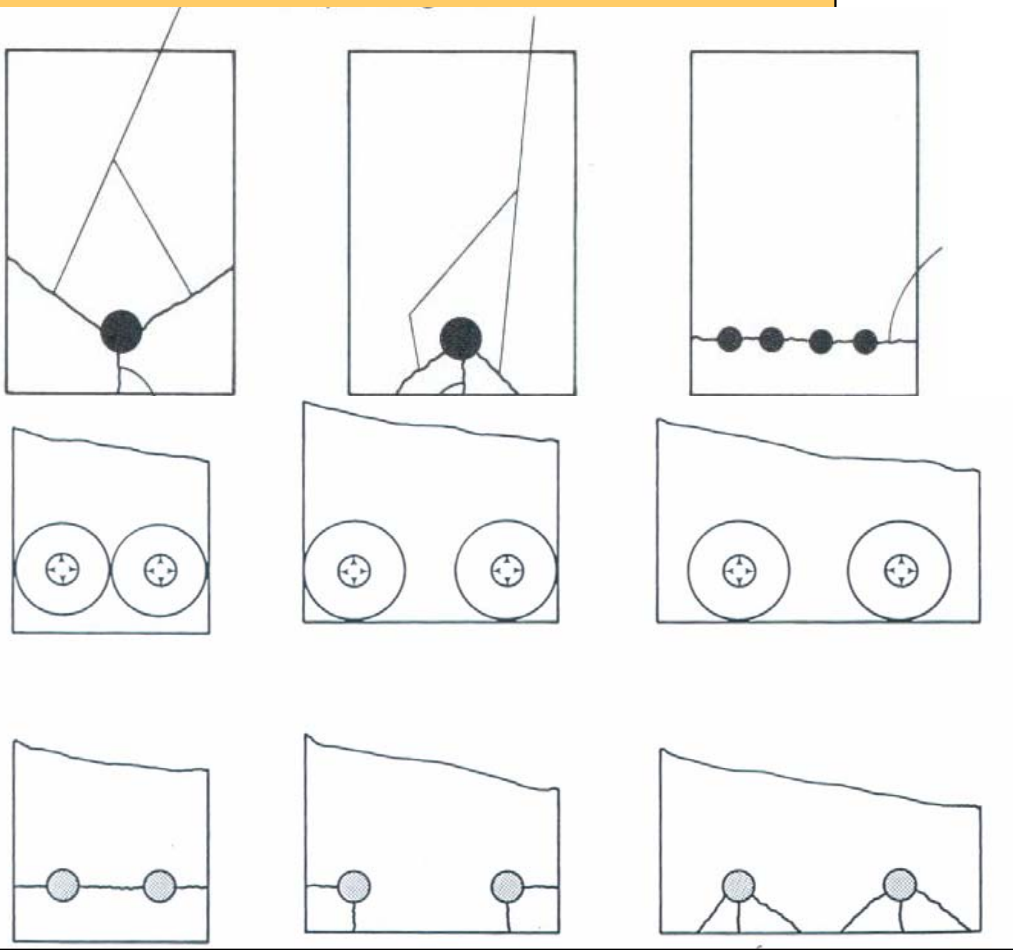
۱-تنشهاي چسبندگي در تير

۲-طول مهاري

۳-خمهاي استاندارد ميلگرد

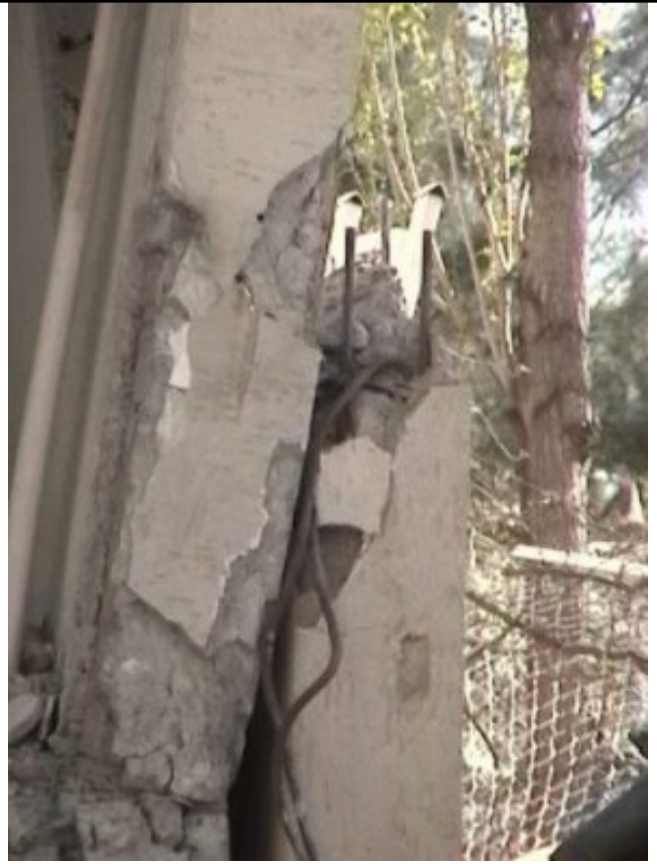
۴-محل قطع ميلگرد.

۵- وصله



www.icivil.ir

www.icivil.ir

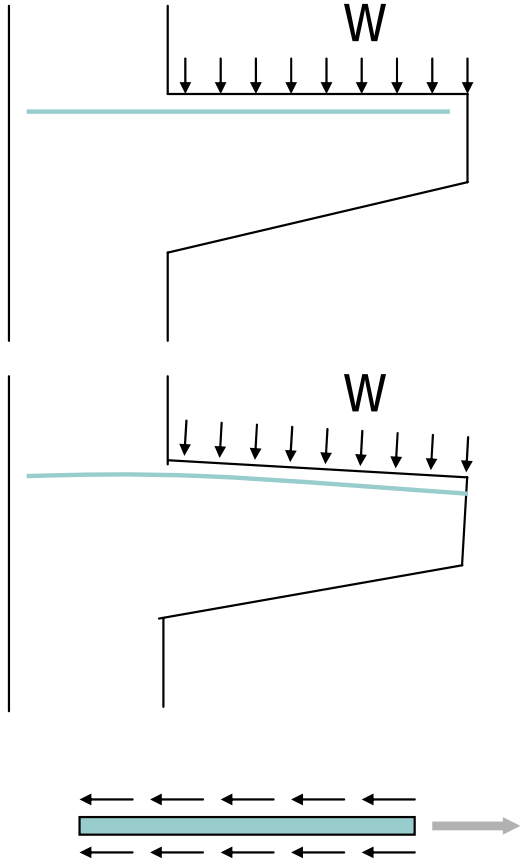


تنشهاي چسبندگي در تيرها

ديديم كه چگونه در طراحي خمشي مقاطع بتن آرمه، فرض اساسي عدم لغزش ميلگردها نسبت به بتن مجاور منجر به استفاده از منحني كرنش جهت برداشت ميزان كرنش فلز بر اساس انحنائ مقطع تير بود. لغزش و بيرون كشيده شدن ميلگرد در حالت نهايي منجر به انهدام بسياري از مقاطع بتن آرمه مي گردد.

اصول اساسي در بتن آرمه:

- چسبندگي و پيوستگي بين ميلگرد و بتن اطراف وجود دارد
- تحت بارهاي سرويس هيچ لغزشي بين ميلگرد و بتن اطراف وجود ندارد
- ميلگردها بايد توسط طولي فراتر از نقطه اي كه بارگذاري سبب حداكثر كشش مي گردد در مسافتي كافي جهت ايجاد ظرفيت كششي آنها ادامه يافته يا بطور مناسب مهار گردند.

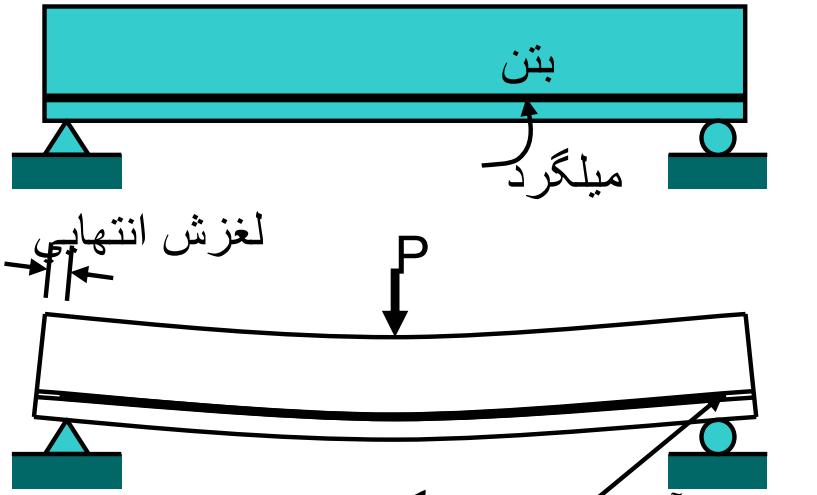


مهار چسبندگي در كشش ميلگردها

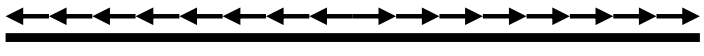
تنشهاي چسبندگي در تيرها

تنش برشي بين ميلگرد و بتن را كه سبب انتقال نيرو از بتن به ميلگرد مي شود، تنش چسبندگي گويند. اين عملكرد بخصوص در ناحيه كششي بتن، كه در آنجا بتن قادر به تحمل تنشهاي كششي نمي باشد بسيار مهم و حياتي است. عدم وجود چسبندگي سبب لغزش ميلگرد در بتن شده وميلگرد نقش تقويتي را از دست خواهد داد.

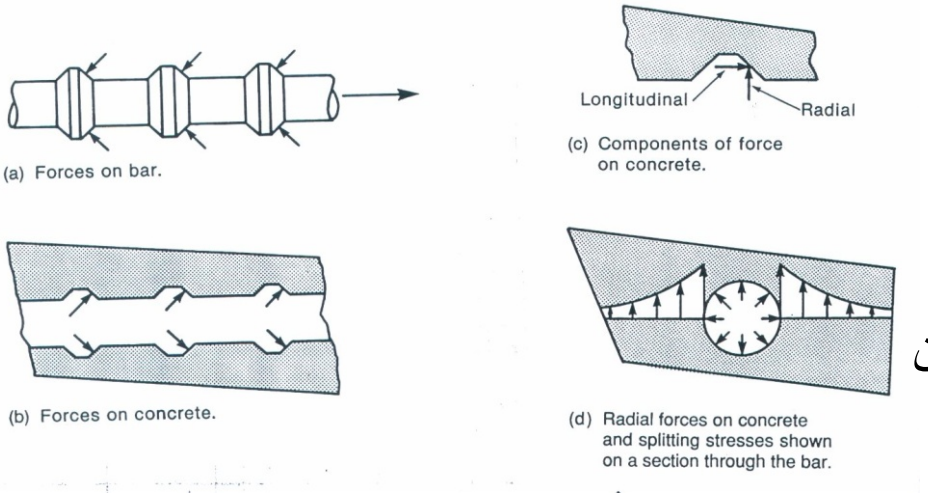
در ميلگردهاي صاف ۲۵ تا ۳۰ درصد چسبندگي ناشي از اصطكاك و گيرش حاصل از افت بتن و ۷۰ تا ۷۵ درصد ناشي از زبري است. وجود آج در ميلگردهاي آجدار سبب اضافه مقاومتي حاصل از فشار آنها به بتن مي گردد كه به آن مقاومت شكاف خوردگي مي گويند.



نيروهاي چسبندگي وارد بر بتن



نيروهاي چسبندگي وارد بر ميلگرد



تنش چسبندگي

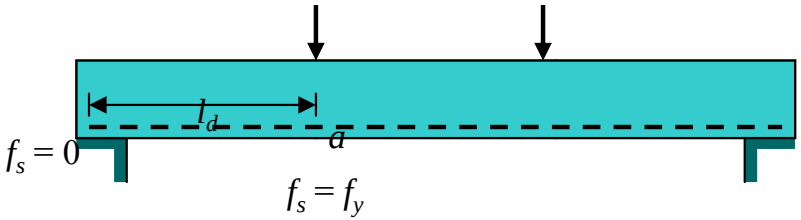
از لحاظ محاسباتي تنش چسبندگي بردو نوع مي باشد:

۱-چسبندگي مهاري: تابع تنش داخلي ميلگرد مي باشد

۲-چسبندگي خمشي: تابع سرعت تغيير نيرو در ميلگرد و نه شدت آن مي باشد. لذا مقدار آن تابع نيروي برشي يا تغيير لنگر خمشي مقطع است.

الف) چسبندگي مهاري

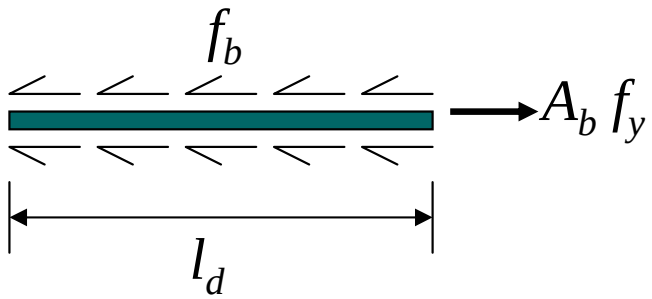
۱- تير شكل مقابل را در نظر مي گيريم. شرط تعادل در ميلگرد ايجاب مي كند:



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

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

$$. \Rightarrow l_d = \frac{f_y d_b}{4 f_b} \quad (A)$$



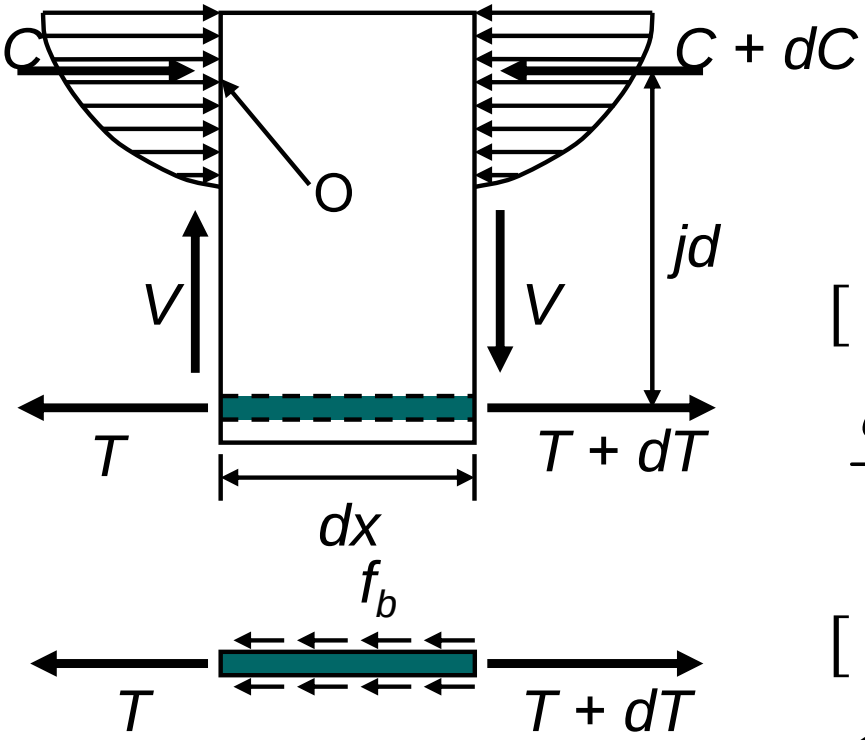
f_b =تنش چسبندگي متوسط $\approx k\sqrt{f_c}$

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

نكته: تنش چسبندگي در محل تركها صفر است.

ب) تنش چسبندگي خمشي

چنانچه روابط تعادل را براي يك قسمت از تير ترك خورده بنويسيم تنش چسبندگي چنين محاسبه مي گردد:



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

$$\frac{dT}{dx} = \frac{V}{jd} \qquad (1)$$

$$[\ \Sigma F_x = 0\ ] \qquad f_b\,\Sigma_o\,dx = dT \qquad (2)$$

(1) → (2)

$$f_b = \frac{V}{\sum_0 jd}$$

که در آن $\sum_0$ مجموع محيط كليه ميلگردها مي باشد

ايراد 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 تغييرات موضعي حاصل از ترك خوردگي را در محاسبه مقادير تنش پيوستگي در نظر نمي گيرد.

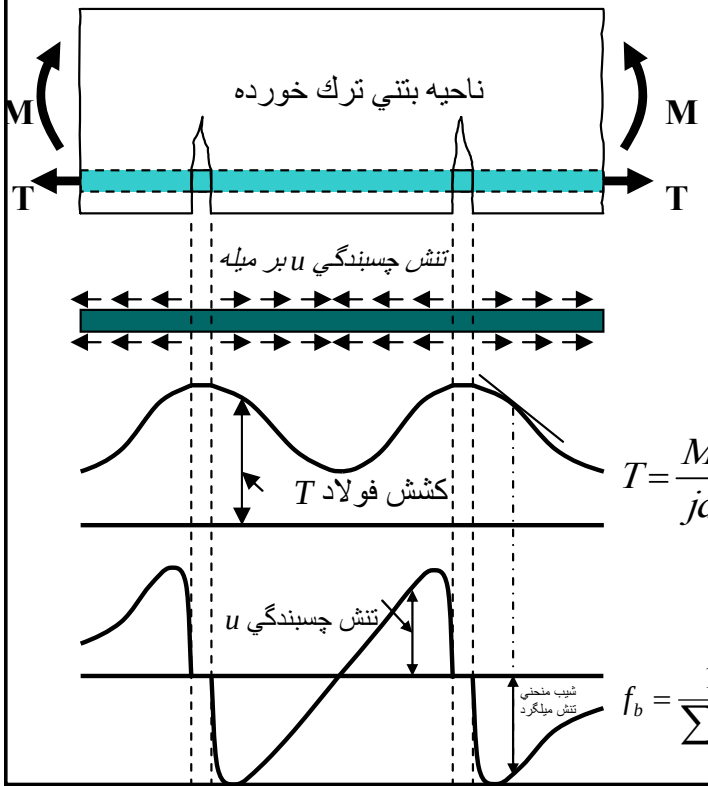
✓ تنش چسبندگي فوق تابع نيروي برشي مقطع بوده كه در محل نقاط عطف و تكيه گاههاي تير ساده كه چسبندگي مهاري حداقل است، مقدار بزرگي دارا است.

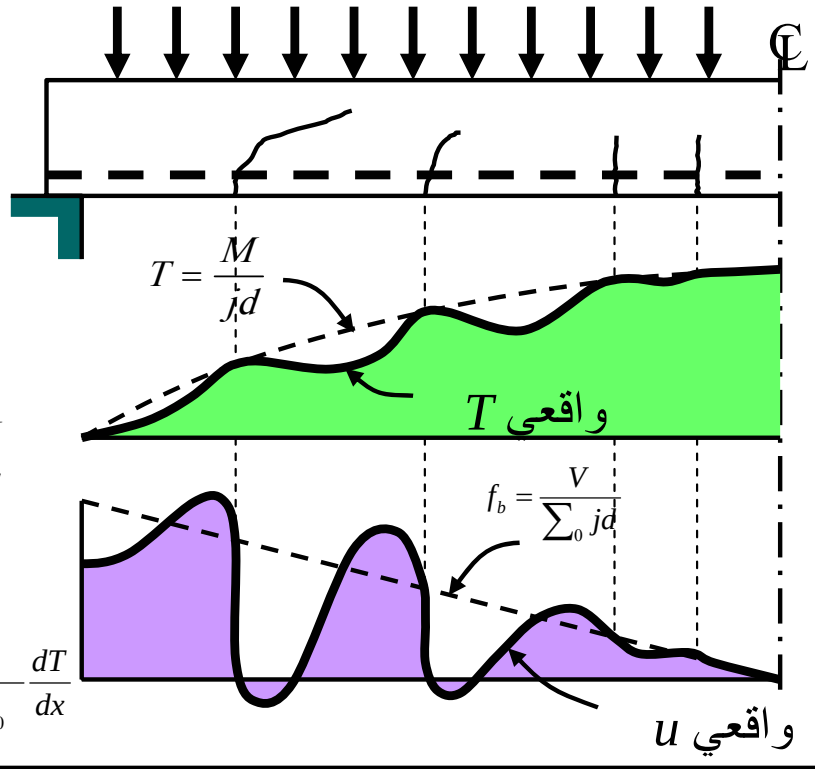
توزيع واقعي تنشهاي چسبندگي و فولاد در محدوده تركها

از دو چسبندگي معرفي شده، مقاومت چسبندگي خمشي معيار مناسبي براي تخمين انهدام پيوستگي (شكافته شدن) نمي باشد. زيرا رابطه چسبندگي خمشي نمي تواند مبين تنش چسبندگي در آرماتورهاي خمشي به علت وجود تركهاي موضعي و تغيير شماي انتقال تنشها از بتن به ميلگرد باشد. لذا:

الف- در مناطق با لنگر خمشي كم و نيروي برشي زياد مانند تكيه هاي ساده و محل نقطه عطف تنش واقعي چسبندگي به علت عدم ترك خوردگي كششي بتن به مراتب كمتر از مقدار محاسبه شده بر اساس چسبندگي خمشي است.

ب- در نواحي لنگر خمشي بزرگ و نيروي برشي كم مثل وسط تيرهاي ساده، مطابق رابطه بدست آمده بايد تنش چسبندگي ناچيز باشد، در حاليكه به علت تركهاي خمشي در ناحيه ترك، ميلگرد كل كشش را تحمل نموده و تنش چسبنگي صفر است





در حاليكه در مجاورت ترك نيروي كششي زياد ميلگرد توسط چسبندگي تحمل شده و لذا داراي مقدار زيادي است. شكلهاي مقابل مقادير تئوري و واقعي تنش در ميلگرد و تنش چسبندگي را در ناحيه ترك خورده نشان مي دهند

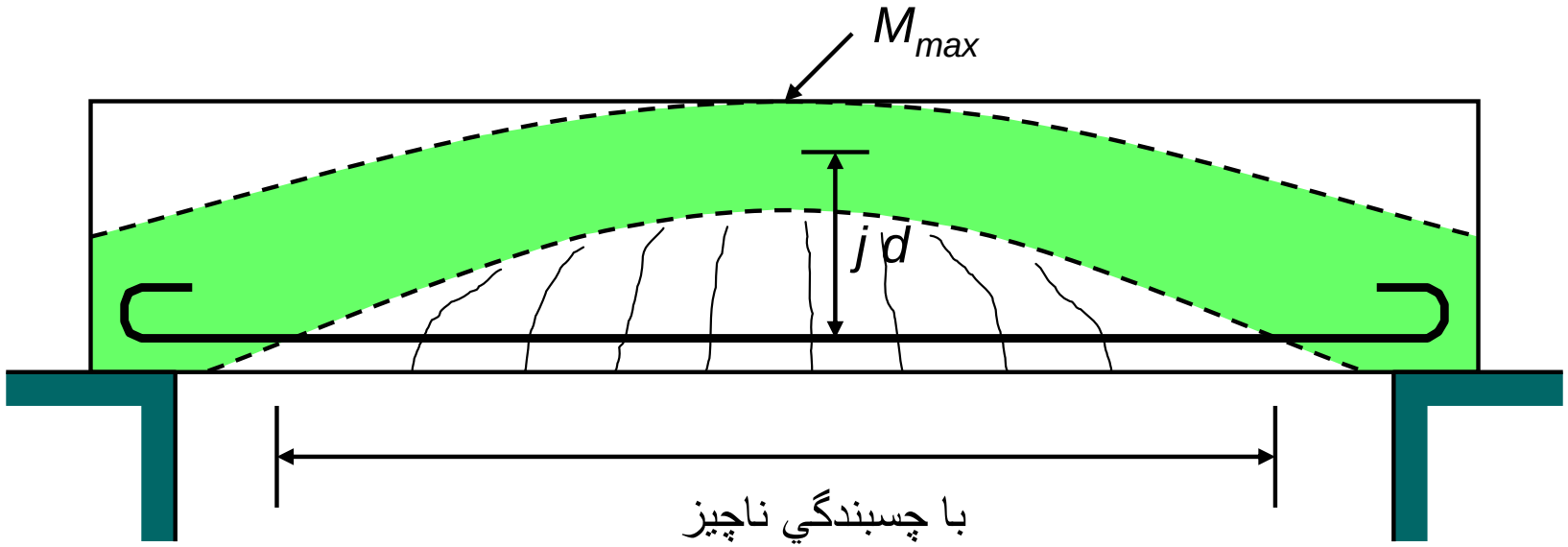
ج- در مجاورت ترك برشي مايل عمل شاخه اي فولاد سبب عامل اضافي بر شكافتگي بتن در مجاورت ميلگرد است.

د- در محل قطع ميلگردها كششي، تنشهاي پيوستگي خمشي بزرگتري نسبت به رابطه فوق پديد مي آيد.

حذف تنش چسبندگي خمشي از آيين نامه ها

چنانچه ملاحظه گرديد تنش چسبندگي خمشي معيار مناسبي براي معرفي رفتار واقعي شكست چسبندگي نمي باشد. بطوريكه در شكل پايين نيز ملاحظه مي گردد، اگر دو انتهاي ميلگرد به نحو مناسبي مهار شده باشد، عدم وجود چسبندگي در طول ميلگرد نمي تواند سبب زوال شود. با فايق آمدن تنش چسبندگي ايجاد شده بر مقاومت چسبندگي در تيراگرچه بر اساس مفهوم چسبندگي خمشي تير نمي تواند باري اضافي تحمل نمايد ولي وجود چسبندگي مهاري در دو انتها به شكل اجراي خم سبب رفتار تيرشبيه قوس فشاري مهار شده در دو انتها مي گردد و به مقاومت ادامه مي دهد. در گذشته به علت كاربرد ميلگردهاي ساده مهندسين مجبور بودند تا براي جلوگيري از لغزش آنها، از خم در انتهاي ميلگردها استفاده نمايند.

لذا در آيين نامه مفهوم چسبندگي مهاري جايگزين چسبندگي خمشي شده است.

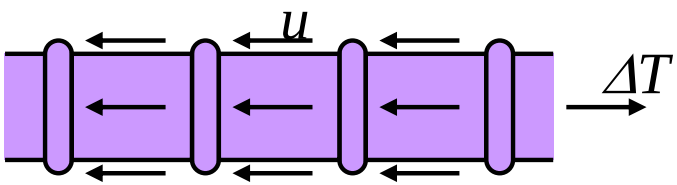


منشاء مقاومت چسبندگي در آرماتورهاي آجدار

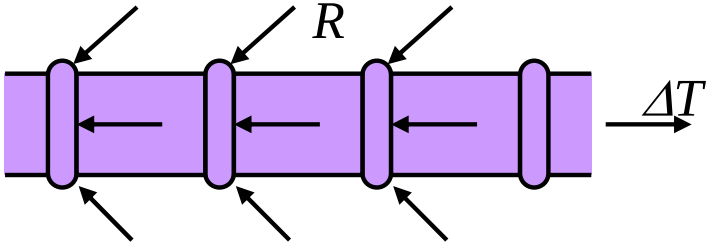
مقاومت چسبندگي در آرماتورهاي آجدار ناشي از دو عامل عمده شكل مقابل مي باشد:

وجود مكانيزمهاي فوق سبب پيوستگي كامل بين ميلگرد و بتن و لذا امكان انتقال تنش بين آنها مي گردد. چنين پيوستگي سبب كاهش عرض ترك هاي خمشي و تغيير شكلهاي تير مي گردد.

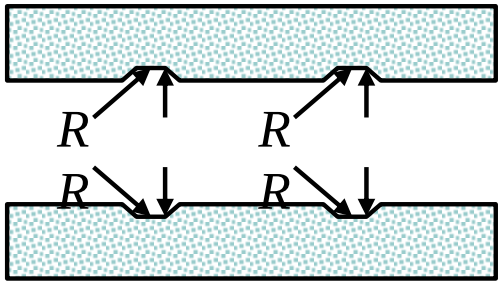
مولفه عمودي تنشهاي فشاري بين آج و بتن سبب شكافت بتن بالاي آج مي گردد. در صورتيكه قطر ميلگرد كم و پوشش بتن روي آن زياد باشد يا در مواقعي كه زير ميلگردهاي واقع در سطح فوقاني، حفرات هوا ايجاد شده باشد، مود شكست از نوع شكافت نبوده و مانند ميلگردهاي بدون آج، ميلگرد كاملاً از سوراخ خود بيرون كشيده مي شود.

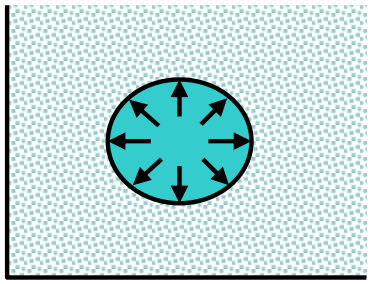


۱-اصطكاك و چسبندگي شيميايي ميان بتن و فولاد



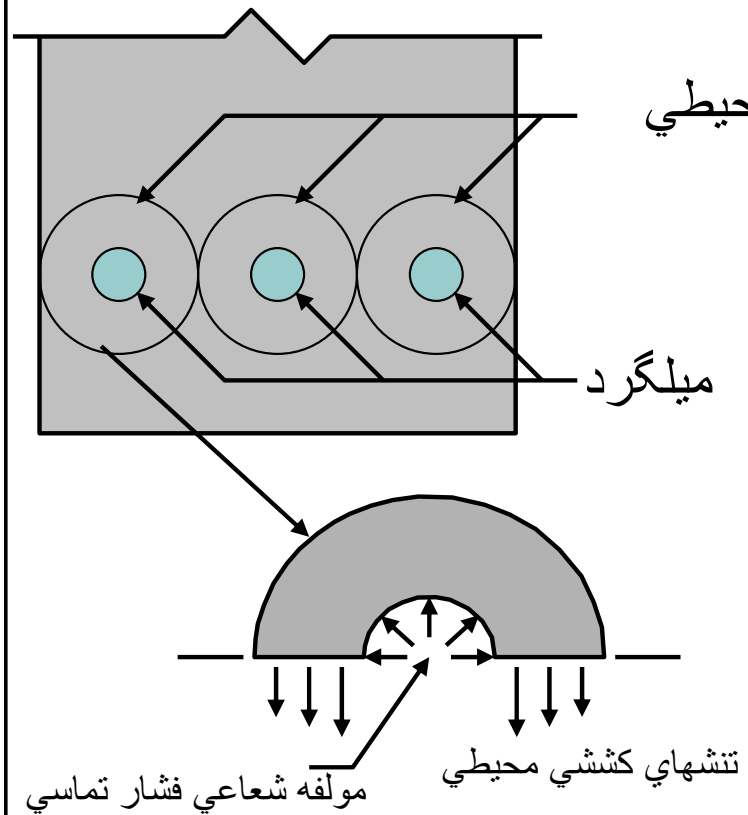
۲-عكس العمل بتن بر آج





نيروهاي وارد بر بتن توسط آج

مقاومت چسبندگي نهايي



آزمايشات انجام گرفته مبين ارتباط مقاومت چسبندگي با مقاومت پوسته استوانه اي تحت كشش محيطي ناشي از تنشهاي فشاري تماسي است. قطر داخلي اين پوسته استوانه اي مساوي قطر ميلگرد و قطر خارجي آن مساوي كوچكترين مقدار C_b (پوشش بتني روي ميلگرد) و C_s (نصف فاصله خالص بين دو ميلگرد). مقاومت كششي اين پوسته استوانه اي بيانگر مقاومت شكافت اطراف ميلگرد است. مود شكست بستگي به اندازه C_b نسبت به C_s دارد.

K.N.Toosi
University of Technology
www.icivil.ir
دانشگاه صنعتي خواجه نصيرالدين طوسي

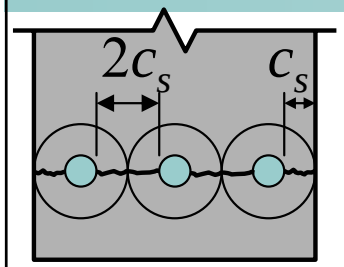
مودهاي شكافت در طول ميلگرد

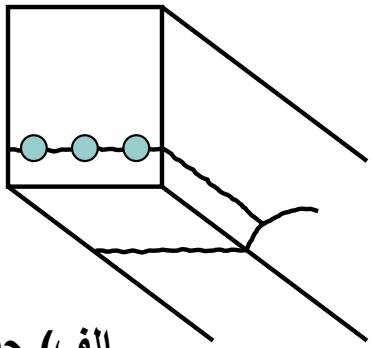
الف) شكست از نوع شكافت طولي در دو گونه تير ($C_b > C_s$)

ب) ابتداً تركهاي طولي در سطح تحتاني تير اتفاق افتاده و سپس ($C_s > C_b$)

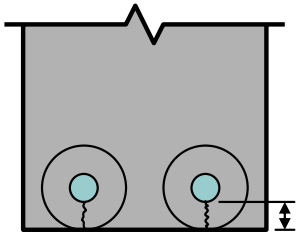
ب-١) اگر اختلاف زياد باشد، شكافت ثانوي به صورت V در زير ميلگرد

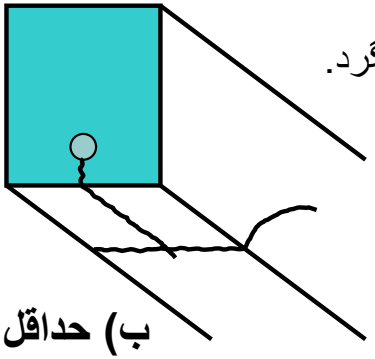
ب-٢) اگر اختلاف كم باشد، شكافت ثانوي از نوع شكافت در دو گونه تير در صفحه ميلگرد.



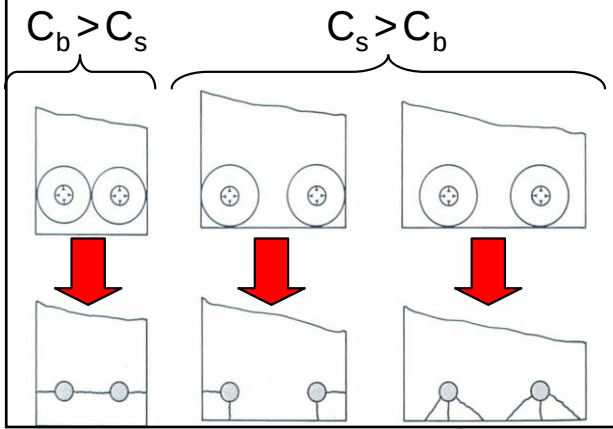


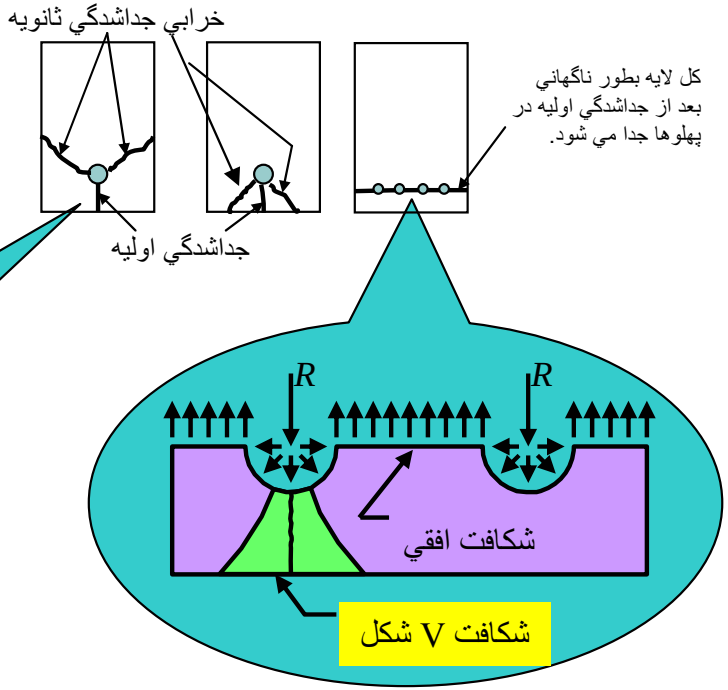
الف) حداقل فاصله ميلگرد ($2C_s$)



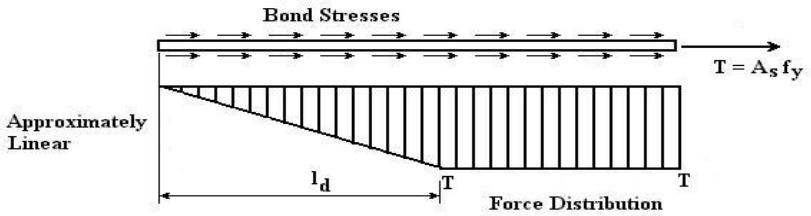


ب) حداقل پوشش روي ميلگرد (C_b)



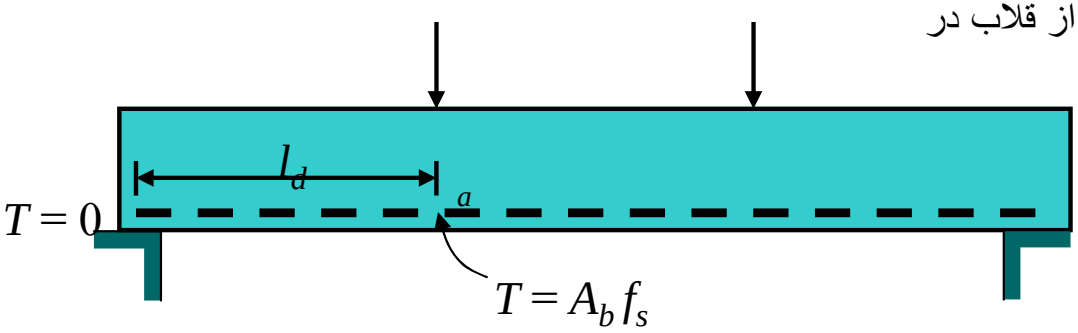


طول مهاري



به جهت آنكه ميلگرد بتواند به مقاومت فشاري يا كششي خود در مقطع بحراني برسد بايد در هر طرف آن مقطع، مهاري تامين گردد. كوتاهترين طول ميلگرد كه در آن تنش ميلگرد مي تواند از صفر تا سطح مقاومت تسليم fy افزايش يابد و ميلگرد بتواند نيروی خود را از طريق اصطكاك به بتن انتقال دهد را طول مهاري گويند. سه نوع مهار آرماتور در بتن قابل اجرا مي باشد:الف) طول گيرايي مستقيم ب) استفاده از قلاب در انتهاي آرماتور ج) به كارگيري وسايل مكانيكي

طول گيرايي ميلگردها و سيمهاي كششي



اين طول مهاري را مي توان با داشتن روابط تجربي براي تخمين تنش چسبندگي در رابطه طول مهاري محاسبه نمود. اين طول مهاري به عوامل ذيل بستگي دارد.

۱- مقاومت كششي بتن f_{ct}

۲-پوشش ميلگرد.

۳- فاصله ميلگردها

۴- ميزان خاموت

طول گيرايي ميلگردهاي کششي

مطابق آيين نامه طول مهاري l_d براي ميلگردهاي آجدار و سيمهاي آجدار در کشش برابر حاصل ضرب طول مهاري مبنا l_{db} در ضرايب اصلاحي k_1, k_2, k_3 مي باشد.

$$l_d = k_1 k_2 k_3 l_{db} \qquad l_{db} = \frac{d_b f_y}{4 f_b} \qquad f_b = \lambda_1 . \lambda_2 \cdot f_{bd}$$

- ضريب موقعيت
- ضريب اندود ميلگرد
- ضريب اضافه آرماتور
- طول مهاري پايه
- قطر ميلگرد
- مقاومت پيوستگي بين بتن و ميلگرد در کشش
- ضريب فاصله ميلگردها
- ضريب قطر ميلگرد
- مقاومت پيوستگي مبنا

ضريب	عنوان	شرح	مقدار
k_1	ضريب موقعيت	ميلگردها ي افقي كه حداقل ۳۰۰ ميليمتر بتن تازه در زير آنها در ناحيه طول گيرايي ريخته مي شوند	1.3
		ساير	1
k_2	ضريب اندود ميلگرد	ميلگردهايي كه با اندود اپوكسي اندود شده اند و در آنها ضخامت پوشش بتني روي ميلگرد كمتر از $3d_b$ و فاصله آزاد ميلگردها كمتر از $6d_b$	1.5
		سايرميلگردها كه با اپوكسي اندود شده اند	1.2
		با اپوكسي اندود نشده اند	1
k_3	ضريب اضافه آرماتور	آرماتور بكار رفته بيشتر از مقدار مورد نياز است اين ضريب در مواردي كه مهار كردن ميلگردها بطور مشخص براي انتقال تنش fy خواسته شده است و همچنين در سازه‌هاي با شكل پذيري زياد،موضوع فصل بيستم، بايد برابر با يك منظور شود.	نسبت آرماتور لازم به بكار رفته

نكته: ۱- حاصلضرب k_1 و k_2 نبايد بيشتر از ۱/۷ شود.

۲-طول گيرايي l_d نبايد كمتر از ۳۰۰ ميليمترشود.

۱۸-۲-۲-۲ طول گيرايي مبناي يك ميلگرد، l_{db} ، با استفاده از رابطه زير محاسبه ميگردد:

$$l_{db} = \frac{d_b f_y}{4 f_b} \qquad (۲-۱۸)$$

در اين رابطه f_b مقاومت پيوستگي بين بتن و ميلگرد در كشش است كه از اين پس مقاومت پيوستگي ناميده ميشود. اين مقاومت از رابطه زير بدست مي‌اید:

$$f_b = \lambda_1 . \lambda_2 . f_{bd} \qquad (۳-۱۸)$$

f_{bd} مقاومت پيوستگي مبنا است كه براي ميلگردهاي آجدار مطابق رابطه ۱۸-٤ و براي ميلگردهاي صاف نصف مقدار بدست آمده از اين رابطه در نظر گرفته ميشود وضرايب λ_1 و λ_2 بشرح ضوابط بندهاي ۱۸-۲-۲-۳ تا ۱۸-۲-۲-٥ تعيين مي‌شوند.

$$f_{bd} = 0.65\sqrt{f_c} \qquad (۴-۱۸)$$

۱۸-۲-۲-۳ ضريب λ_1 يا ضريب قطر ميلگرد، براي ميلگردهايي با قطر كمتر يا مساوي ۲۰ ميليمتر برابر با يك و براي ميلگردهايي با قطر بيشتر از ۲۰ ميليمتر برابر با ۰/۸ است.

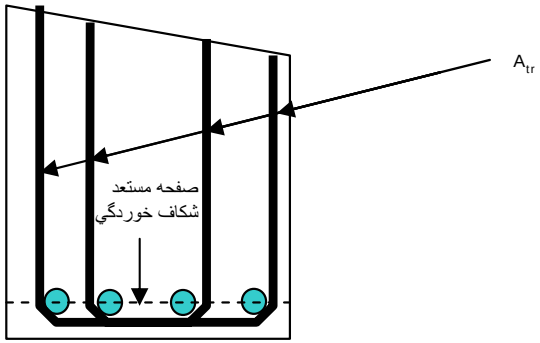
۱۸-۲-۲-٤ ضريب λ_2 يا ضريب فاصله ميلگردها از يكديگر و از رويه قطعه با استفاده از رابطه زير محاسبه ميشود:

$$\lambda_2 = \frac{c + k_{tr}}{1.8 d_b} \qquad (۵-۱۸)$$

در اين رابطه c كوچكترين دو مقدار فاصله مركز ميلگرد از نزديكترين رويه بتن و نصف فاصله مركز تا مركز ميلگردهايي است كه در يك محل قطع يا وصله ميشوند، و k_{tr} ضريبي است كه با توجه به مقدار آرماتور عرضي موجود در طول گيرايي از رابطه زير بدست مي‌آيد:

$$k_{tr} = \frac{A_{tr} f_y}{10 sn} \qquad (۶-۱۸)$$

در اين رابطه n تعداد ميلگردهايي است كه در يك محل مهار يا وصله ميشوند.
مقدار λ_2 در هيچ حالت نبايد بيشتر از ۱/٤ اختيار شود. A_{tr}=سطح مقطع كل آرماتور عرضي قرار گرفته با فاصله s از يكديگر در امتداد عمود بر سفره ميلگردهايي كه مهار يا وصله مي شوند.



۱۸-۲-۵ ضريب λ_2 را مي‌توان بجاي محاسبه از رابطه ۱۸-۵ بشرح زير اختيار كرد:

الف- در تيرها و ستون‌ها

- در مواردي كه پوشش بتن روي ميلگردها بيشتر از d_b و فاصله آزاد ميلگردهايي كه در يك محل قطع يا وصله ميشوند مساوي يا بيشتر از d_b باشد و خاموت گذاري در طول گيرايي حداقل به اندازه مقادير بندهاي ۱۲-٦ - ۳(حداقل آرماتور برشي) و ۸-٤ (ميلگردهاي عرضي براي اعضاي فشاري) باشد:

$$\lambda_2 = 0.85$$

- در ساير موارد:

$$\lambda_2 = 0.6$$

ب- در دال‌ها و ساير قطعات:

- در مواردي كه پوشش بتن روي ميلگردها بيشتر از d_b و فاصله آزاد ميلگردهايي كه در يك محل قطع يا وصله ميشوند از يكديگر مساوي يا بيشتر از $2d_b$ باشد:

$$\lambda_2 = 0.85$$

- در ساير موارد:

$$\lambda_2 = 0.6$$

طول گيرايي ميلگردهاي فشاري

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

ضريب اضافه آرماتور

طول گيرايي مبنا

ضريب محصوريت

$$l_{dcb} = \frac{d_b f_y}{4 f_b}$$

قطر ميلگرد

مقاومت پيوستگي بين بتن و ميلگرد در فشار
براي ميلگردهاي آجدار برابر $1.5f_{bd}$
براي ميلگردهاي بدون آج $0.75f_{bd}$

طول گيرايي ميلگردهاي فشاري

۱۸-۲-۳-۲ طول گيرايي مبناي ميلگرد در فشار، l_{dcb}، با استفاده از رابطه ۱۸-۲ و با منظور كردن مقاومت پيوستگي بتن براي ميلگردهاي آجدار برابر با $1.5f_{bd}$ و براي ميلگردهاي صاف برابر با $0.75f_{bd}$ محاسبه مي‌شود. مقاومت پيوستگي بتن در هيچ حالت نبايد بيشتر از ٦/٥ مگاپاسگال منظور گردد.

۱۸-۲-۳-۳ ضريب α_1 در مواردي كه آرماتور به كار رفته در مقطع بيشتر از آرماتور لازم بر طبق تحليل سازه است، بكار گرفته مي‌شود. مقدار اين ضريب برابر با نسبت مقدار آرماتور لازم به آرماتور بكار رفته است.

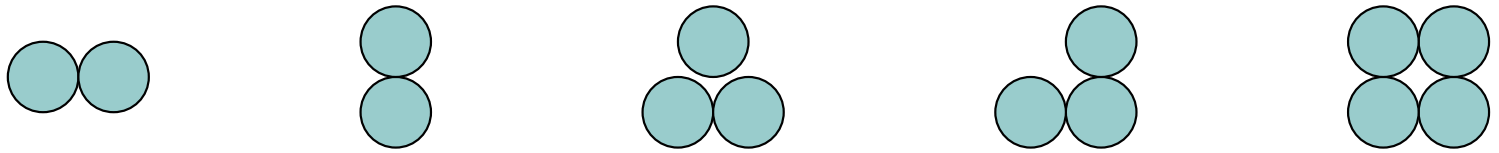
۱۸-۲-۳-٤ ضريب α_2 در تمامي موارد مساوي با يك منظور مي‌شود، مگر آنكه ميلگردها در طول گيرايي با مارپيچ به قطر حداقل ٦ ميليمتر و گام حداكثر ۱۰۰ ميليمتر و يا با خاموت به قطر حداقل ۱۲ ميليمتر و فاصله حداكثر ۱۰۰ ميليمتر از يكديگر، مطابق ضوابط خاموت‌گذاري در قطعات فشاري، محصور شده باشند. در اين حالت ضريب $\alpha 2$ را ميتوان برابر با ۰/۷٥ منظور كرد .

طول گيرايي در گروه ميلگردها

۱۸-۲-٤-۱ طول گيرايي گروه ميلگردهاي سه تايي و چهارتايي در كشش يا فشار بايد به ترتيب ۱/۲ و ۱/۳۳ برابر طول گيرايي يك ميلگرد تنها در نظر گرفته شود. براي گروه ميلگردهاي دوتايي افزايش طول گيرايي الزامي نيست.

نكته: از دسته كردن بيش از چهار دسته ميلگرد بايد خودداری كرد.

۱۸-۲-٤-۲ براي تعيين طول گيرايي يك ميلگرد در گروه ميلگردها ضرايب $\lambda 1$ و $\lambda 2$ در رابطه ۱۸-۳ بايد براساس قطر ميلگرد فرضي با مقطع معادل گروه ميلگردها اختيار شود.

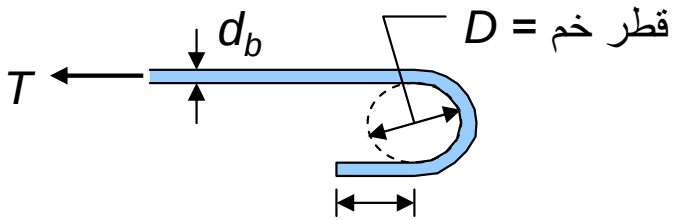


مهار ميلگردهاي كششي توسط قلاب

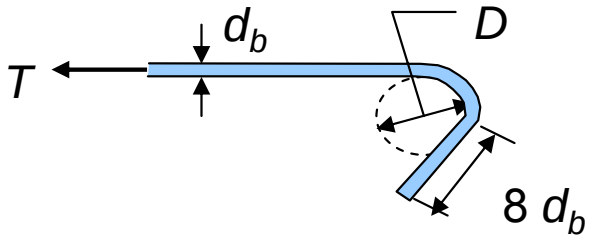
وقتي طول مهاري در كشش را نتوان توسط طول مستقيم تامين نمود، لازم است كه در انتهاي ميلگرد يك قلاب كه به صورت خم ۱۸۰، ۱۳۵ و ۹۰ درجه است، تامين نمود.

الف) قلاب استاندارد ميلگرد اصلي

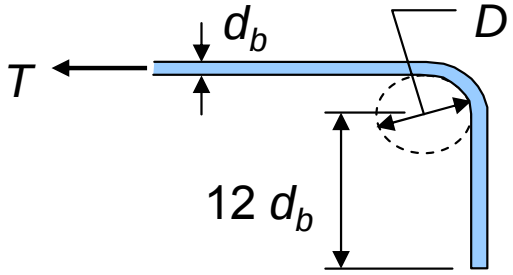
قلاب 180°



قلاب 135°



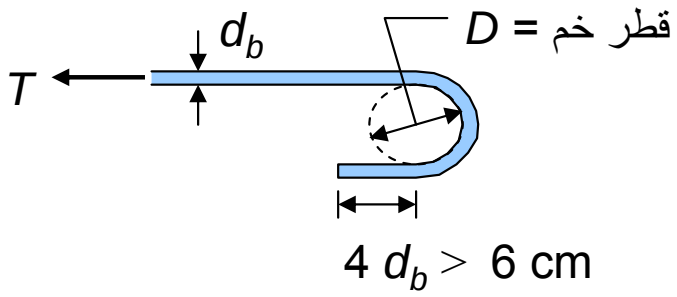
قلاب 90°

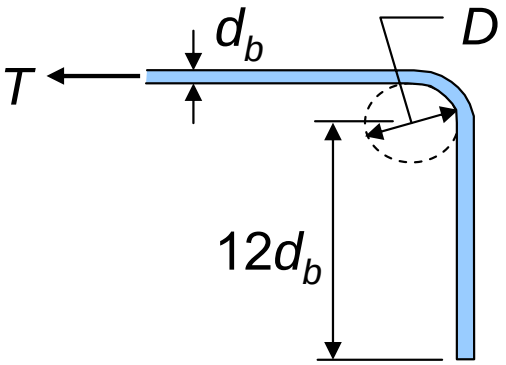


حداقل قطر خم

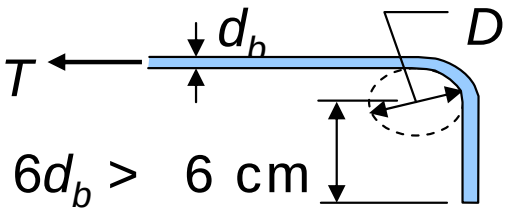
قطر ميلگرد	نوع فولاد		
	S220	S300	S400-S500
Φ ≤16	$2.5d_b$	$4d_b$	$4d_b$
16<Φ<28	$5d_b$	$5d_b$	$6d_b$
28≤Φ<36	$5d_b$	$6d_b$	$8d_b$
36≤Φ≤55	$7d_b$	$10d_b$	$10d_b$

ب) قلاب استاندارد خاموت

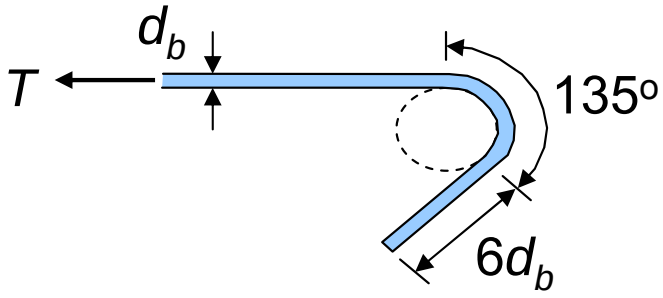




براي ميلگرد بزرگتر از قطر ۱۶



براي ميلگرد كوچكتر از قطر ۱۶



طول گيرايي ميلگردهاي قلاب‌دار در كشش

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

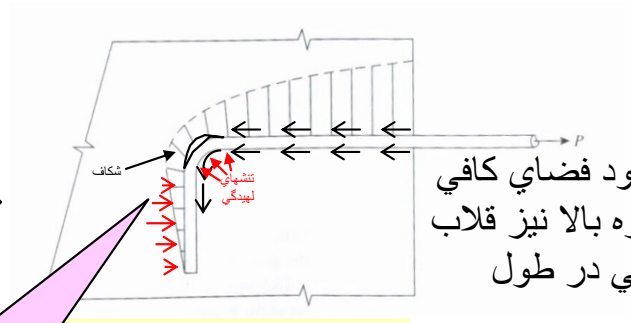
- β_1: ضريب پوشش بتن روي خم
- β_2: ضريب اضافه آرماتور
- β_3: ضريب محصوريت با تنگ
- l_{dhb}: طول گيرايي مبناي ميلگرد قلابدار

$$l_{dhb} = \frac{d_b f_y}{4 f_b}$$

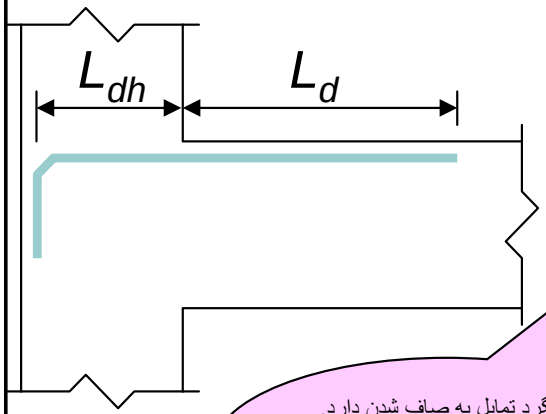
- d_b: قطر ميلگرد
- f_b: مقاومت پيوستگي بين بتن و ميلگرد در كشش
  - براي ميلگردهاي آجدار برابر $1.5 f_{bd}$
  - براي ميلگردهاي بدون آج $0.75 f_{bd}$

طول گيرايي ميلگردهاي قلاب‌دار در كشش

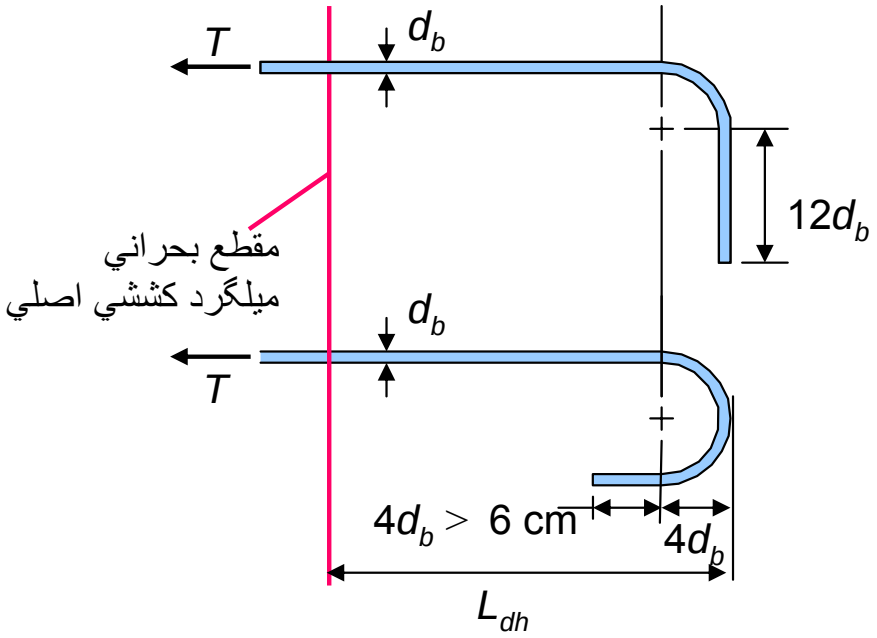
چنانچه نتوان مهاري را توسط طول مستقيم ميلگرد به علت عدم وجود فضاي كافي تامين نمود، از قلاب استفاده مي شود. البته براي ميلگردهاي با اندازه بالا نيز قلاب استاندارد نيازمند جاي كافي مي باشد.تنش در ميلگرد توسط چسبندگي در طول مستقيم وتنش لهيدگي بر بتن در داخل ناحيه قلاب تحمل مي گردد



تنش در طول ميلگرد قلاب



ميلگرد تمايل به صاف شدن دارد. شكست همواره شامل شكست بتن در ناحيه خم و جدا شدن بتن در ناحيه دم در صورت نزديك بودن دم به سطح بتن است.



در ميلگرد تمايل به صاف شدن دارد. شكست همواره شامل شكست بتن در ناحيه خم و جدا شدن بتن در ناحيه دم در صورت نزديك بودن دم به سطح بتن است.

در اين حال تركيبي از دو عملكرد:

۱-چسبندگي در طول قسمت مستقيم

۲-مهاري تامين شده توسط بخش قلاب

ميزان لغزش ميلگرد در بتن بستگي به زاويه خم و جهت چرخش خم نسبت به جهت قرارگيري بتن دارد. لغزش ميلگردهاي ۱۸۰ درجه بيشتر از ۹۰ درجه بوده و خمهاي ميلگردهاي بالا مقاومت كمتري تا ميلگردهاي پايين دارند، چراكه در وضعيت اول بتن در ناحيه خم ضعيف تر است.

۱۸-۲-۵-۱ طول گيرايي يك ميلگرد قلاب‌دار در كشش، l_{dh}، بايد حداقل برابر با مقدار زير در نظر گرفته شود:

$$l_{dh} = \beta_1.\beta_2.\beta_3.l_{dhb} \qquad (۸-۱۸)$$

در اين رابطه l_{dhb}، طول گيرايي مبناي يك ميلگرد قلاب‌دار در كشش، و ضرايب β_1 و β_2 و β_3 بايد مطابق بندهاي ۱۸-۲-۵-۲ تا ۱۸-۲-۵-۶ تعيين شوند. مقدار l_{dh} در هيچ حالت نبايد كمتر از $8d_b$ يا ۱۵۰ ميليمتر اختيار گردد.

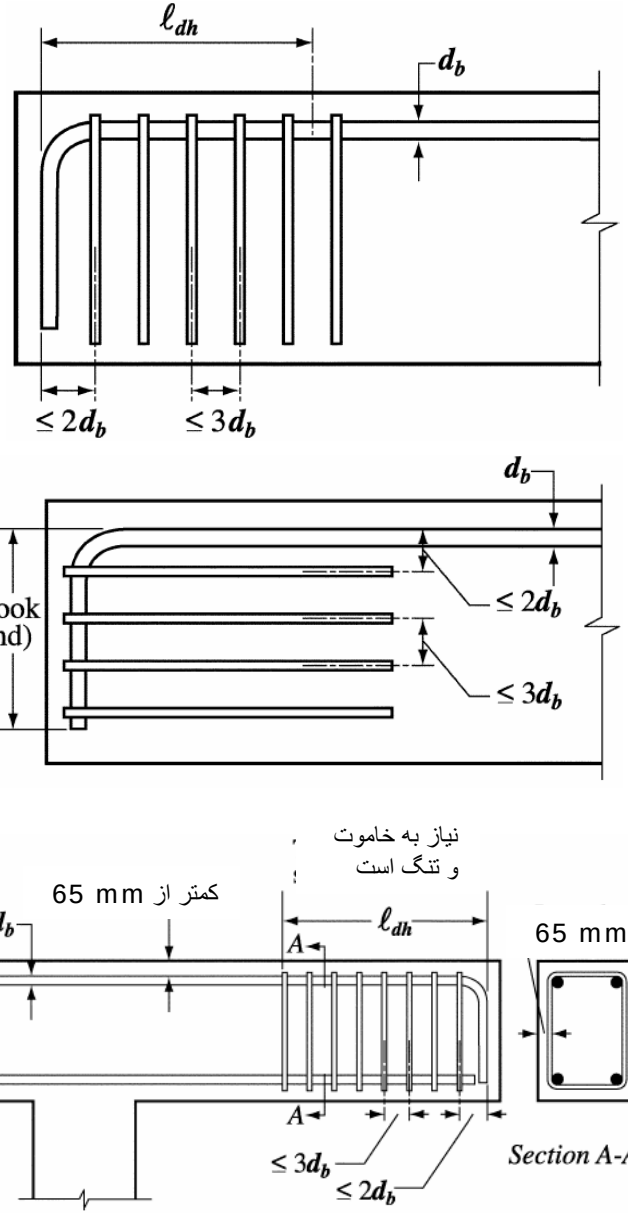
۱۸-۲-۵-۲ طول گيرايي مبناي ميلگرد قلابدار در كشش، l_{dhb}، با استفاده از رابطه ۱۸-۲ و با منظور كردن مقاومت پيوستگي بتن براي ميلگردهاي آجدار برابر با $1.5f_{bd}$ و براي ميلگردهاي صاف برابر با $0.75f_{bd}$ محاسبه مي‌شود.

طول گيرايي ميلگردهاي قلاب‌دار در كشش

۱۸-۲-۵-۳ ضريب $\beta 1$ در تمامي موارد برابر با يك منظور مي‌شود مگر در مواردي كه پوشش بتني روي قلاب، در امتداد عمود بر صفحه قلاب، در قلابهاي با خم ۱۸۰ درجه بيشتر از ٦٥ ميليمتر و پوشش بتن روي قلاب در امتداد عمود بر صفحه قلاب و پوشش در صفحه قلاب در قلابهاي با خم ۹۰ درجه به ترتيب مساوي يا بيشتر از ٦٥ و ۵۰ ميليمتر باشد. در اين موارد ضريب β_1 را مي‌توان برابر با ۰/۷ منظور كرد.

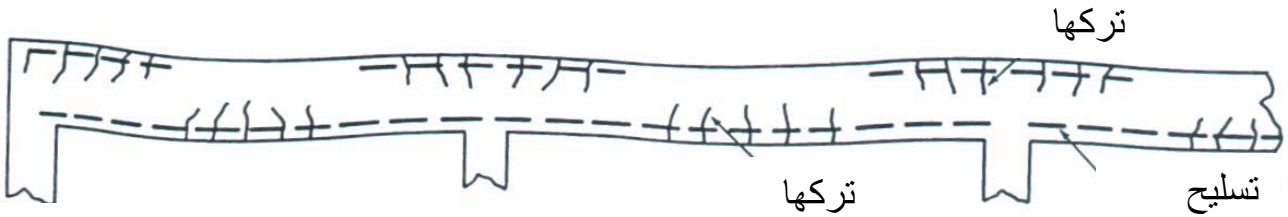
۱۸-۲-۵-٤ ضريب β_2 در تمامي موارد برابر با يك منظور ميشود مگر در مواردي كه ميلگردها در طول گيرايي با خاموتهايي با فاصله كمتر از $3d_b$ از يكديگر محصور شده باشند. در اين موارد ضريب β_2 را ميتوان برابر با ۰/۸ منظور كرد.

۱۸-۲-۵-۵ ضريب β_3 در مواردي آرماتور بكار رفته در مقطع بيشتر از آرماتور لازم بر طبق تحليل سازه است، بكار گرفته ميشود. مقدار اين ضريب برابر با نسبت مقدار ارماتور لازم به آرماتور بكار رفته است. اين ضريب در مواردي كه مهار كردن ميلگرد بطور مشخص براي انتقال تنش f_y خواسته شده است و همچنين در سازه‌هاي با شكل پذيري زياد، موضوع فصل بيستم،بايد برابر با يك منظور شود. ۱۸-۲-۵-٦ در انتهاي غير ممتد يك عضو كه در آن براي مهار كردن ميلگرد از قلاب استفاده شده است در صورتي كه پوشش بتني روي ميلگرد در هر دو جهت، بالا و پايين و عمود بر صفحه قلاب، كمتر از ٦٥ ميليمتر باشد بايد ميلگرد در طول گيرايي با خاموتهايي به فاصله كمتر از $3d_b$ از يكديگر محصور شود. در اين موارد ضريب β_2 را ميتوان برابر با ۱ منظور كرد.

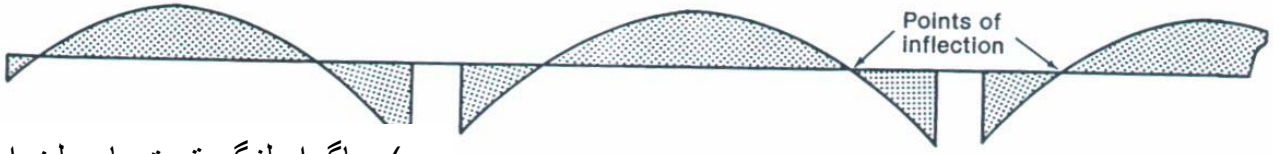


قطع ميلگردهاي خمشي

در محلي كه ديگر نياز نيست ميلگردها كشش را تحمل نمايند يا به زبان ديگر ميلگردهاي باقي مانده كافي هستند مي توانيم ميلگردهاي اضافي را قطع نماييم. اين مكان بستگي به تنشهاي خمشي ناشي از لنگرهاي خمشي و اثر برش بر اين نيروهاي كششي دارد. (با استفاده از پوش نيروي برشي و لنگر)



الف) شكل تغيير مكان يافته



ب) دياگرام لنگر تحت بار دلخواه

سئوال: چرا ميلگردها را قطع مي كنيم؟

جواب: اقتصاد

نكاتي كه بايد در انتخاب نقاط قطع رعايت شوند:

۱-ميلگردها بايد در هر طرف مقطع بحراني ادامه داده شوند تا نيروي ميلگرد در آن مقطع را بتوانند به بتن منتقل نمايند.

۲- موقعيكه ميلگردهاي كششي در ناحيه نيروهاي برشي متوسط تا بالا قطع مي شوند، تمركز تنشهاي اصلي سبب ايجاد تركهاي مايل مي گردد.

۳- رعايت ملزومات اجرايي مشخص شده توسط آيين نامه

۴- به علت عدم قطعيت بارگذاري (ملاحظات لرزه اي)، بايد سعي شود تا حد ممكن ميزان قطع حداقل باشد. در اين حال طراحي و اجرا سازه ساده تر مي شود.

مقاطع بحراني در اعضاء خمشي

محل مقاطع بحراني را در طول تير بايد بشناسيم تا مواظب باشيم ميلگردها به اندازه طول مهاري از آنها ادامه يابند.

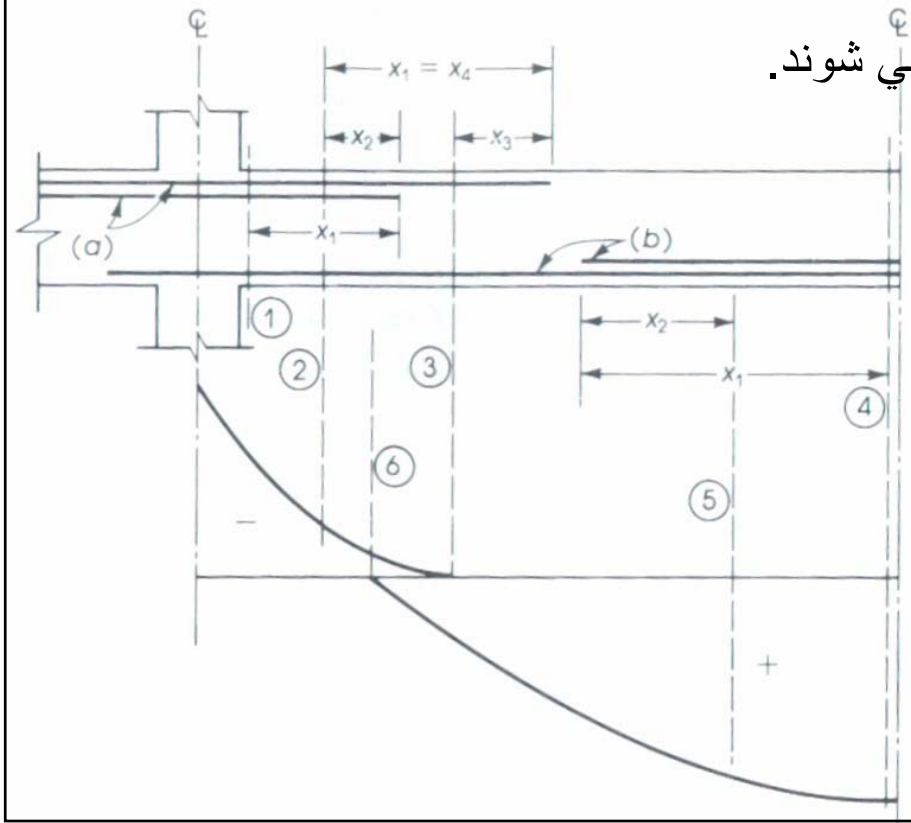
مقاطع بحراني براي مهاري ميلگردها در اعضاء خمشي عبارتند از:

۱-در نقاط ماكزيمم تنش برشي

۲-در نقاطي كه ميلگردهاي كششي در داخل دهانه قطع و يا خم مي شوند.

۳-در لبه تكيه گاهها

۴- در نقاط عطف كه جهت لنگر عكس مي گردد (در اين محلها معمولاً ميزان نيروهاي برشي زياد است.).



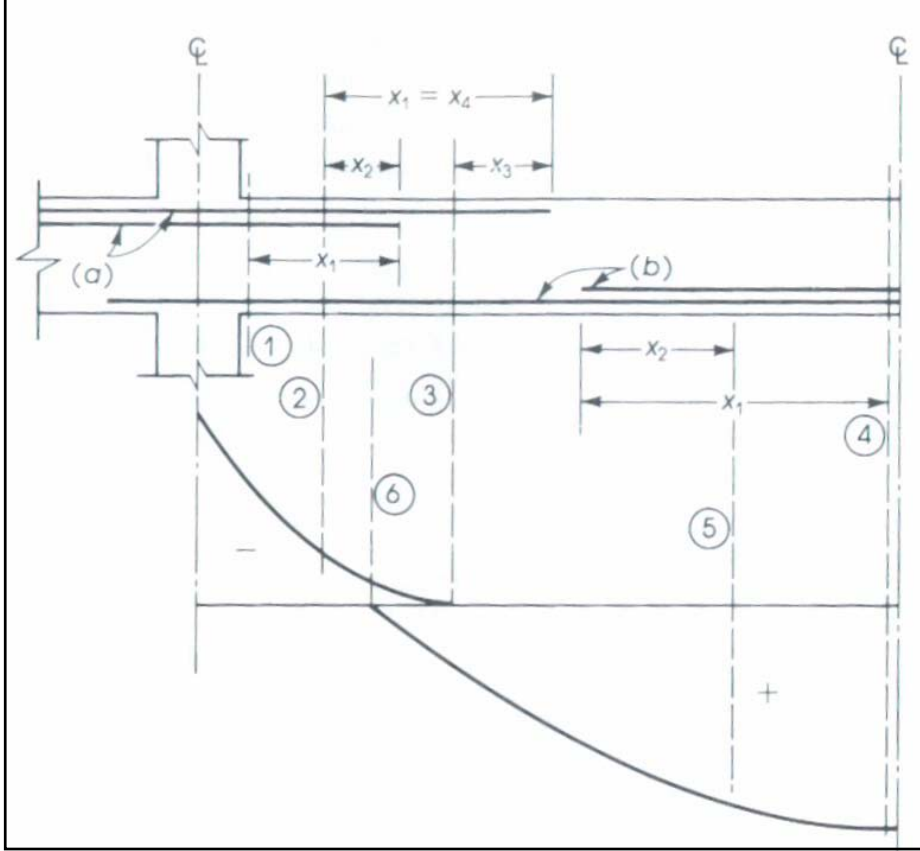
الف) مقاطع بحراني براي ميلگردهاي ممان منفي

سه مقطع بحراني براي ميلگردهاي ممان منفي عبارتند از:

مقطع ۱: لبه تكيه گاه كه لنگر منفي و لذا تنشها داراي مقدار حداكثر هستند. طول مهاري x_1 بايد چك شوند.

مقطع ۲: مقطعي كه قسمتي از ميلگردهاي منفي مي تواند خاتمه يابد. به جهت امكان ايجاد نيروي كششي كامل، ميلگردها بايد به طول x_2، قبل از آنكه قطع شوند، ادامه يابند. در آن قسمت كه ميلگردها به لحاظ تئوري مي توانند قطع شوند، باقي مانده ميلگردها حداكثر تنش را تحمل مي نمايند و لذا بايد ميلگردهاي ادامه داده شده به اندازه طول مهاري ادامه داده شوند ($x1 = x4$).

مقطع ۳: نقطه عطف مي باشد. ميلگردها بايد به فاصله x_3 از مقطع ۳ به بعد ادامه داده شوند. X_3 بايد برابر يا بزرگتر از عمق موثر d، $12d_b$ يا 1/16 دهانه، هر كدام بزرگتر باشند، انتخاب گردد. حداقل ۱/۳ كل فولاد كه براي لنگر منفي در محل تكيه گاه قرار داده مي شوند، بايد به فاصله x_3 فراتر از نقطه عطف ادامه داد.

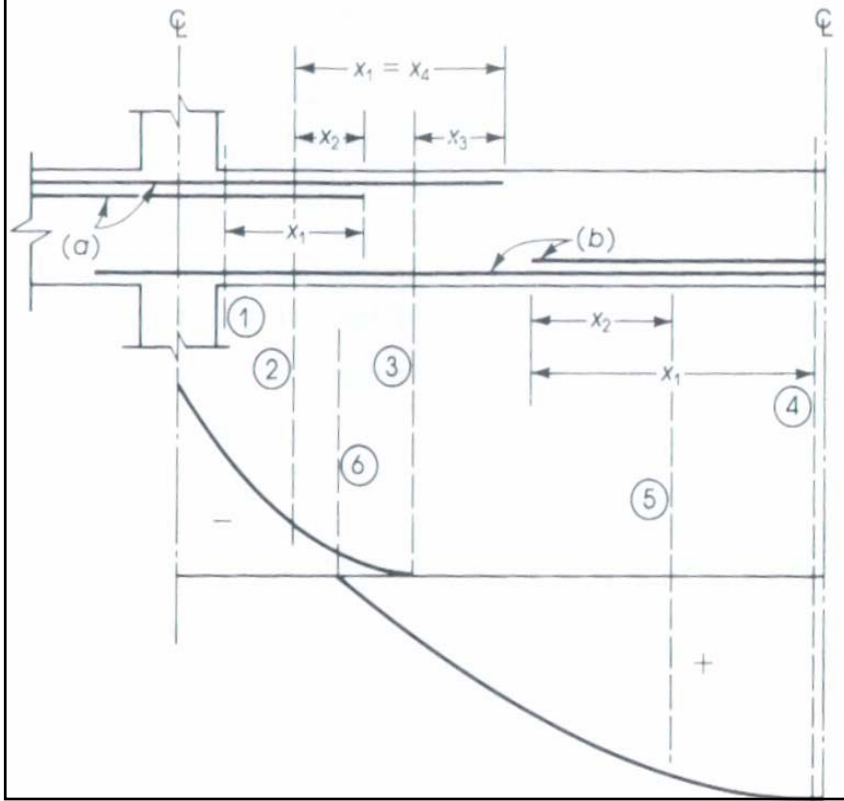


ب) مقاطع بحراني براي ميلگردهاي ممان مثبت

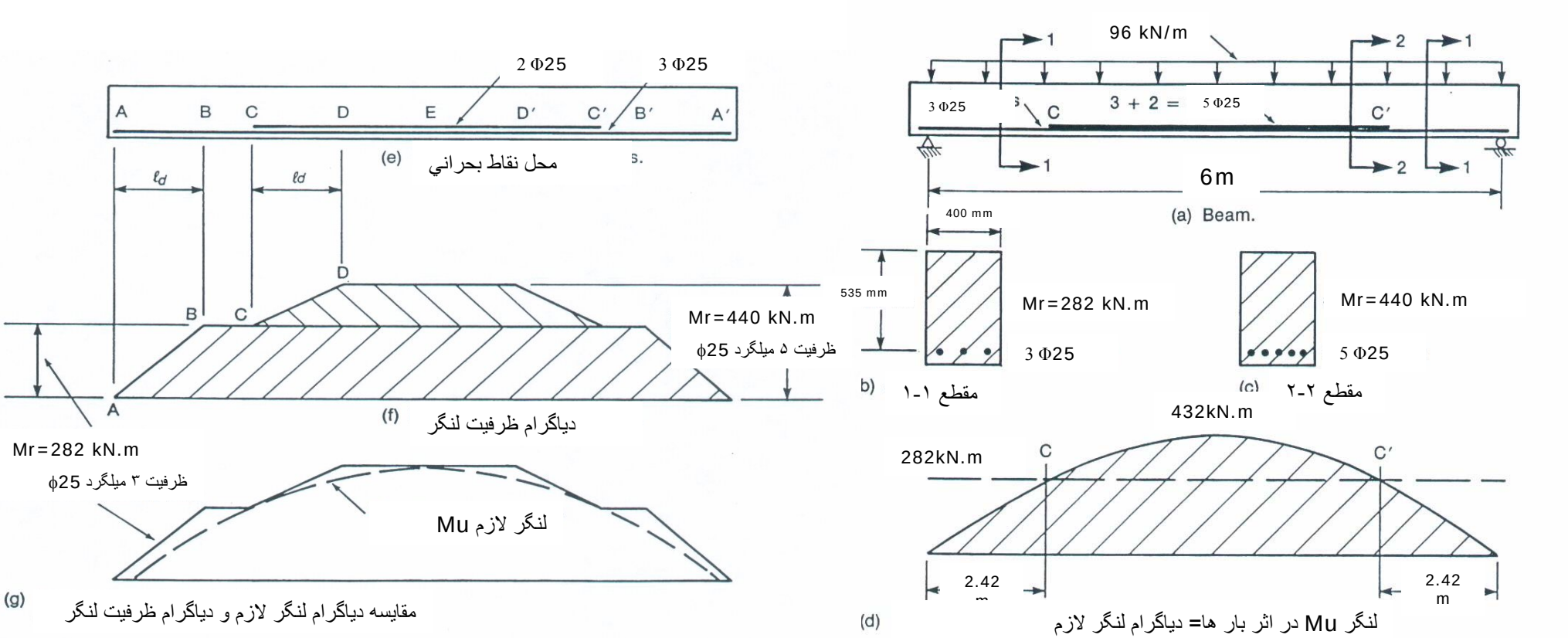
مقطع ۴: محل حداكثر لنگر مثبت و حداكثر تنشها است. دو طول مهاري x_1 و x_2 بايد كنترل شوند. طول x_1 همان طول l_d مشخص شده توسط آبا است. طول x_2 برابر يا بزرگتر از عمق موثر d و $12d_b$ است.

مقطع ۵: جايي است كه ميلگردهاي مثبت مي تواند قطع شوند. به جهت آنكه نيروي كششي كامل در ميلگردها ايجاد شوند، آنها بايد به فاصله x_2 ادامه داده شوند. بقيه ميلگردها داراي حداكثر تنش به سبب اتمام ميلگردهاي قطع شده مي باشند.در لبه تكيه گاه مقطع ۱، حداقل ۱/۴ ميلگردهاي لنگر مثبت در اعضاء ممتد بايد تا همان لبه به سمت تكيه گاه ادامه يابند. براي اعضاء ساده حداقل ۱/۳ ميلگردها بايد تا داخل تكيه گاه ادامه داده شوند.

مقطع ۶: محدوده هاي نقاط عطف بر اساس بند ۱۸-۳-۲-۳ آيين نامه آبا مي باشند.



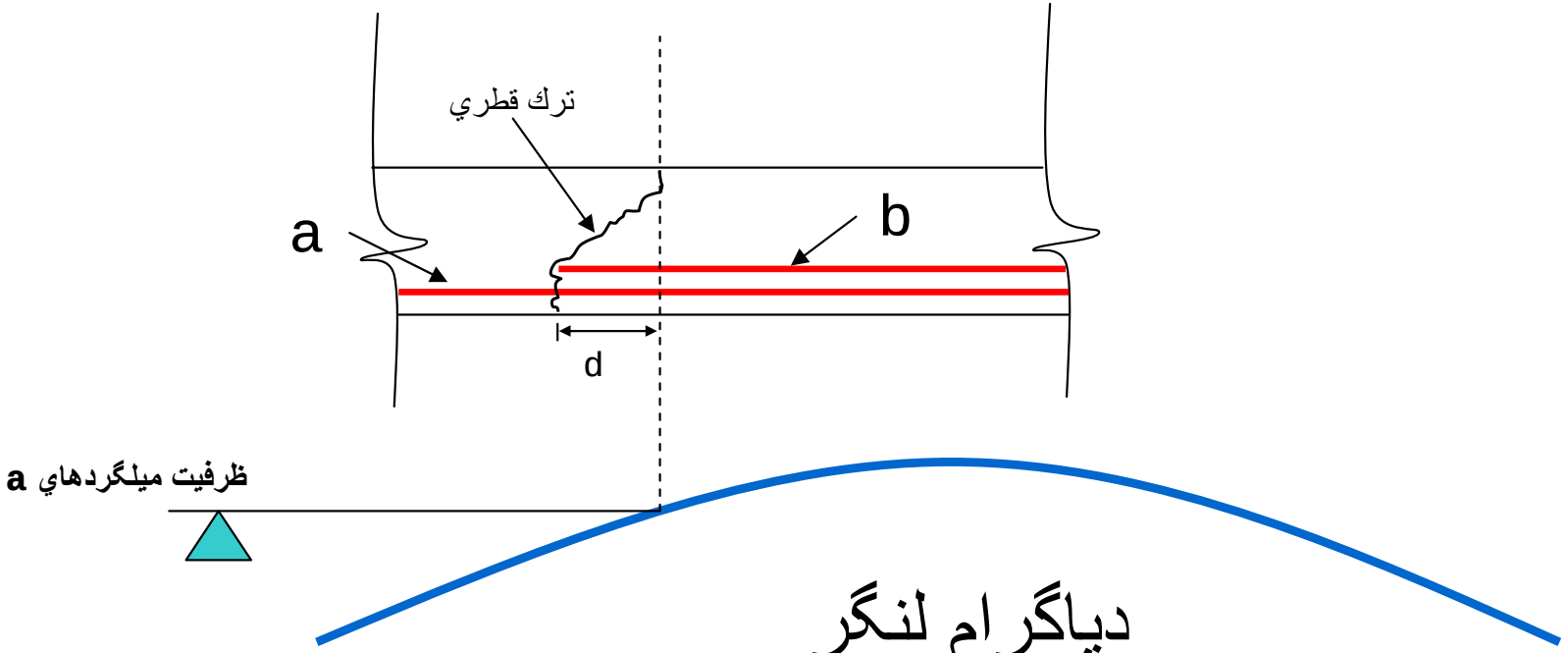
محل قطع آرماتورهاي خمشي



چنانچه در مثال بالا مشاهده مي گردد در محاسبه ظرفيت خمشي و دياگرام لنگر فقط خمش مدنظر قرار گرفته است. برش تاثير مهمي بر تنشها در فولاد كششي طولي دارد كه مي بايد در تعيين محل نقاط قطع عملي مد نظر قرار گيرد.

محل قطع عملي

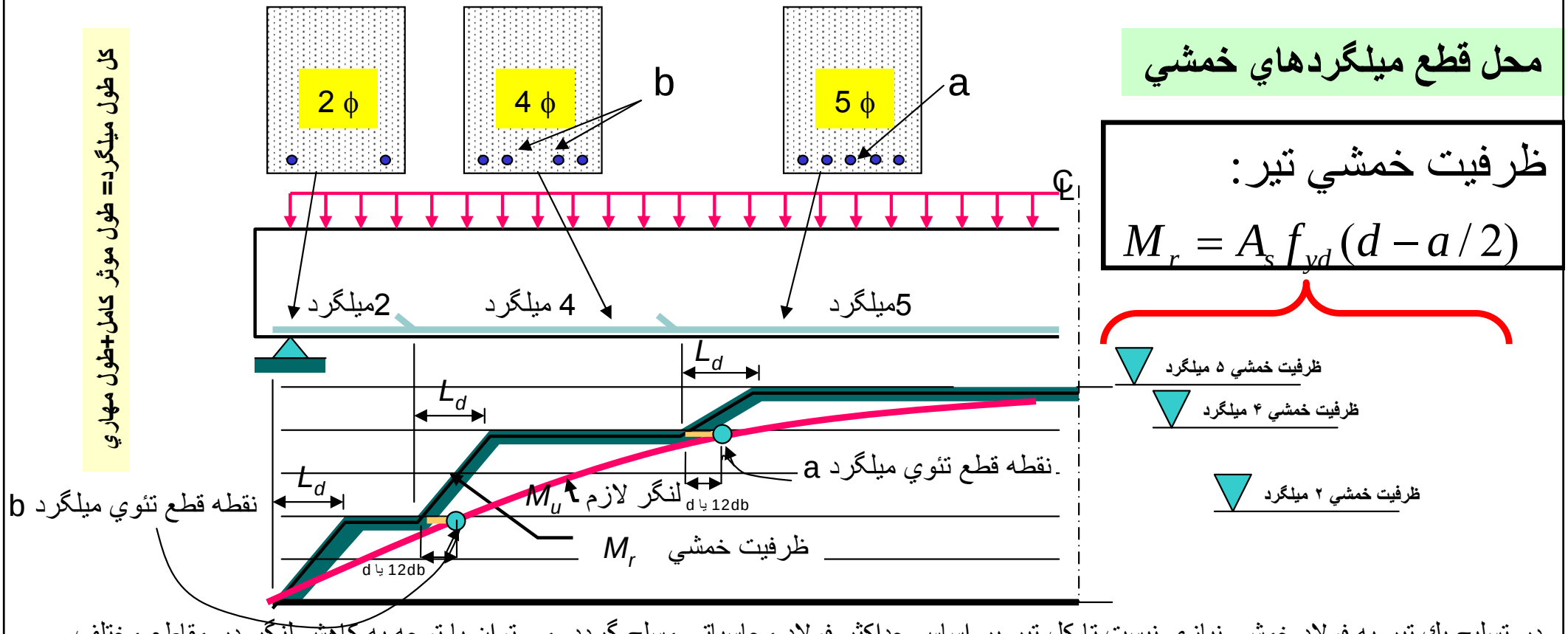
چنانچه ميلگردها را در محل قطع تئوري كه نيروهاي برشي بالايي در منطقه وجود دارند، قطع كنيم به علت تمركز تنش در محل فوق ترك قطري ايجاد شده در نوك ميلگرد قطع شده و بازتوزيع نيروهاي داخلي سبب مي گردد كه در محل فوق لنگر بيشتر به اندازه لنگر در فاصله d بر مقطع فوق اثر نمايد كه عملاً مقطع نمي تواند چنين لنگر افزوده اي را تحمل كند. بدين جهت با ادامه ميلگردها از محل قطع تئوري به اندازه d سبب مي گردد كه چنانچه ترك قطري فوق در محل قطع عملي اتفاق افتد ميگردهاي لازم براي تنش افزايش يافته در محل قطع تئوري موجود باشد.



محل قطع ميلگردهاي خمشي

ظرفيت خمشي تير:

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

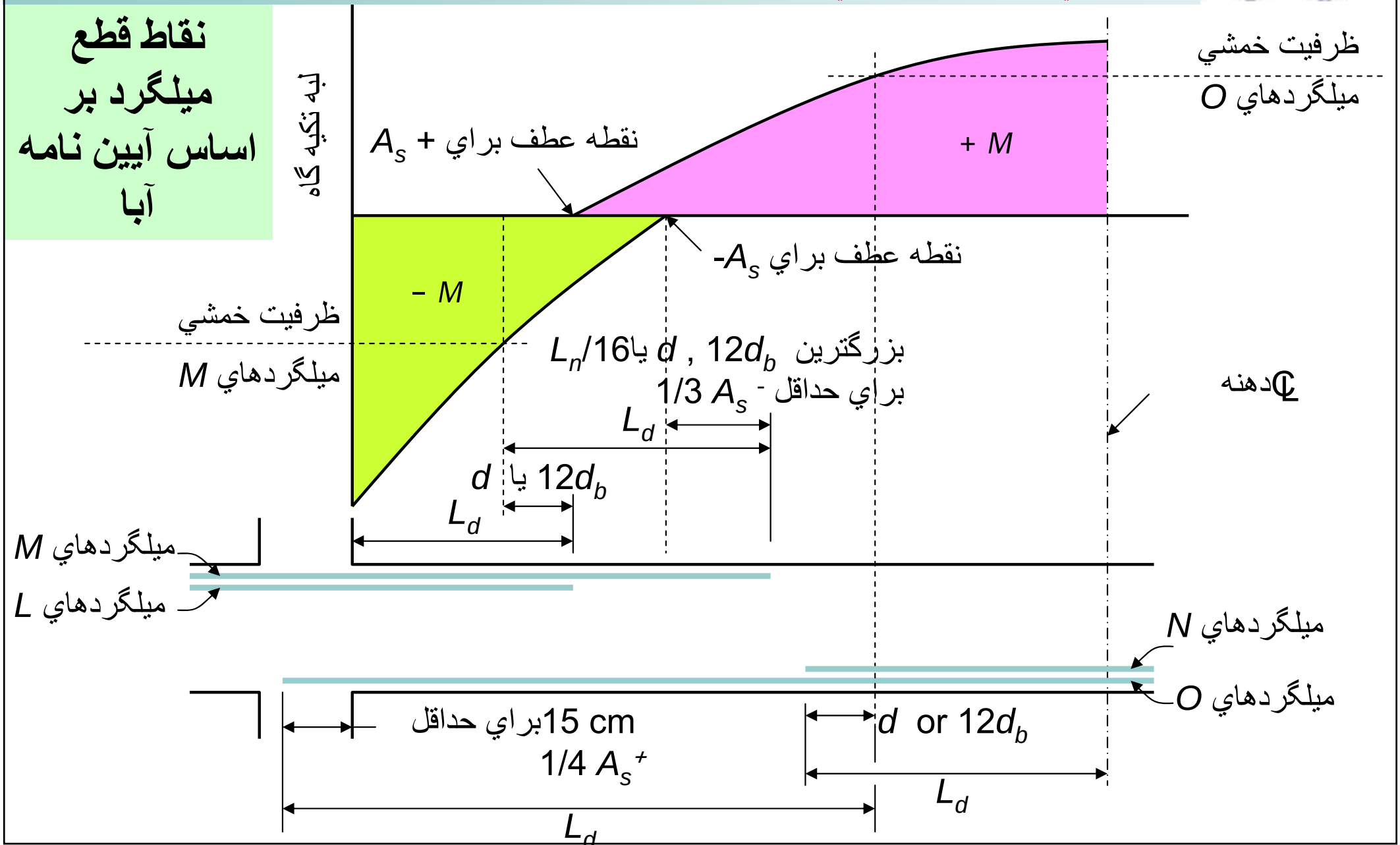


در تسليح يك تير به فولاد خمشي نيازي نيست تا كل تير بر اساس حداكثر فولاد محاسباتي مسلح گردد. مي توان با توجه به كاهش لنگر در مقاطع مختلف نسبت به كاهش و قطع ميلگردهاي اضافي اقدام نمود. با رسم منحني ظرفيت درخواستي (لنگر لازم M_u) و ظرفيت موجود (M_r) براي ميلگردهاي كاهش يافته در يك نمودار و يافتن محل برخورد آنها مي توان محل **قطع تئوري** ميلگردها را يافت. ميلگردها را بايد به جهت امكان انتقال نيرو به بتن و كارا بودن آنها در نقطه **قطع عملي** كه به اندازه طول d و12db به جهت افزايش نيروهاي كشش در ميلگرد به جهت وجود ترك برشي و يا تغييرات در بارگذاري و تقريبات طراحي ادامه داد.

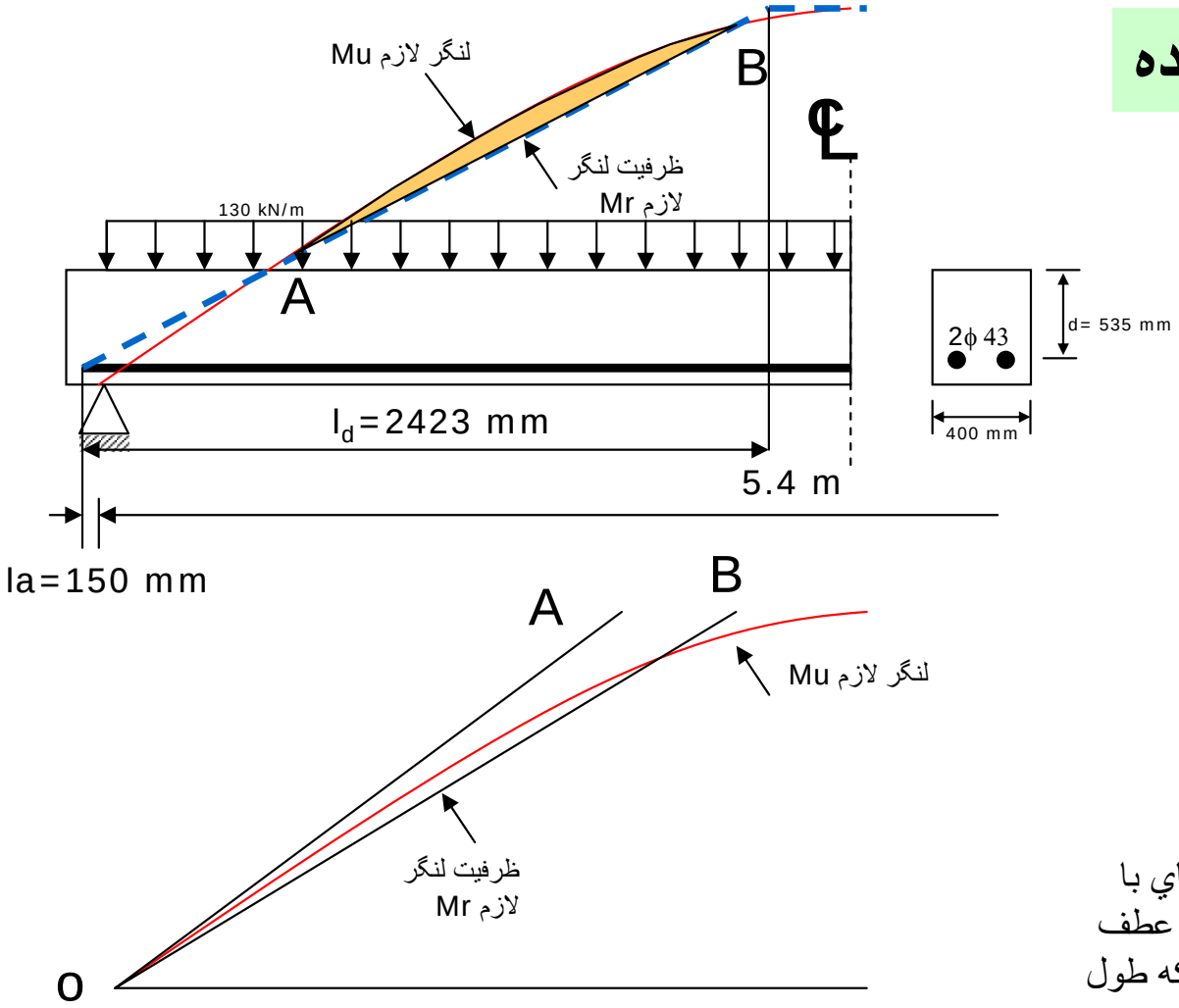
مجدداً تكرار مي گردد كه بطور خلاصه نقاط بحراني در روي نمودار پوش لنگر خمشي، عبارتند از: ۱-محل لنگر خمشي حداكثر مثبت و منفي ۲-نقاط قطع تئوري براي ميلگردهايي كه تصميم به قطع آنها داريم

K.N.Toosi
University of Technology
www.icivil.ir
دانشگاه صنعتي خواجه نصيرالدين طوسي

نقاط قطع میلگرد بر اساس آیین نامه آبا



مهاري ميلگردهاي مثبت در دهانه ساده



شكل مقابل تير ساده اي به دهانه ۵/۴ متر را كه تحت بار گسترده نشان داده شده است، مي باشد. طراح براي حداكثر لنگر وسط دهانه تير را طراحي نموده و دو عدد ميلگرد ۴۳ ϕ درسرتاسر طول ۵۷۰۰ ميليمتر قرار داده است (۱۵۰ ميليمتر در داخل تكيه گاه ادامه داه شده است). طول مهاري ميلگرد فوق با $f_y=420$ و $f'_c=20$ Mpa برابر ۲۴۲۳ ميليمتر مي باشد. ملاحظه مي گردد كه ميلگرد ها از نقطه بحراني كه در وسط دهانه مي باشد، بايد به اندازه طول مهاري l_d ادامه داده شود. چنانچه ظرفيت ميلگردها را در طول مهاري از مقدار صفر در انتهاي ميلگرد تا ظرفيت خمشي $Mr=489kN.m$ خطي در نظر بگيريم، ملاحظه مي گردد كه ميزان ظرفيت در طول A و B هاشورخورده كمتر از ميزان لازم بر اساس منحني درجه دوم لنگرمثبت است (به علت تحدب رو به پايين آن) . در شكل دوم چنانچه از طول اضافي ميلگرد بعد از تكيه گاه صرفنظر كنيم ملاحظه مي شود كه چنانچه شيب منحني ظرفيت كمتر از شيب مماس بر ابتداي منحني لنگر باشد سبب مي شود كه ميلگردها در طول مهاري قادر به تامين نياز خمش نباشند. مي دانيم كه $dM_u(x=0)/dX=V(x=0)$ كه چنانچه بخواهيم شرط فوق را رعايت نماييم، مقدار فوق بايد كوچكتر از شيب منحني ظرفيت Mr/ld بايد باشد:

$$V_u \le M_r/l_d \longrightarrow l_d \le M_r/V_u$$

لذا لازم است

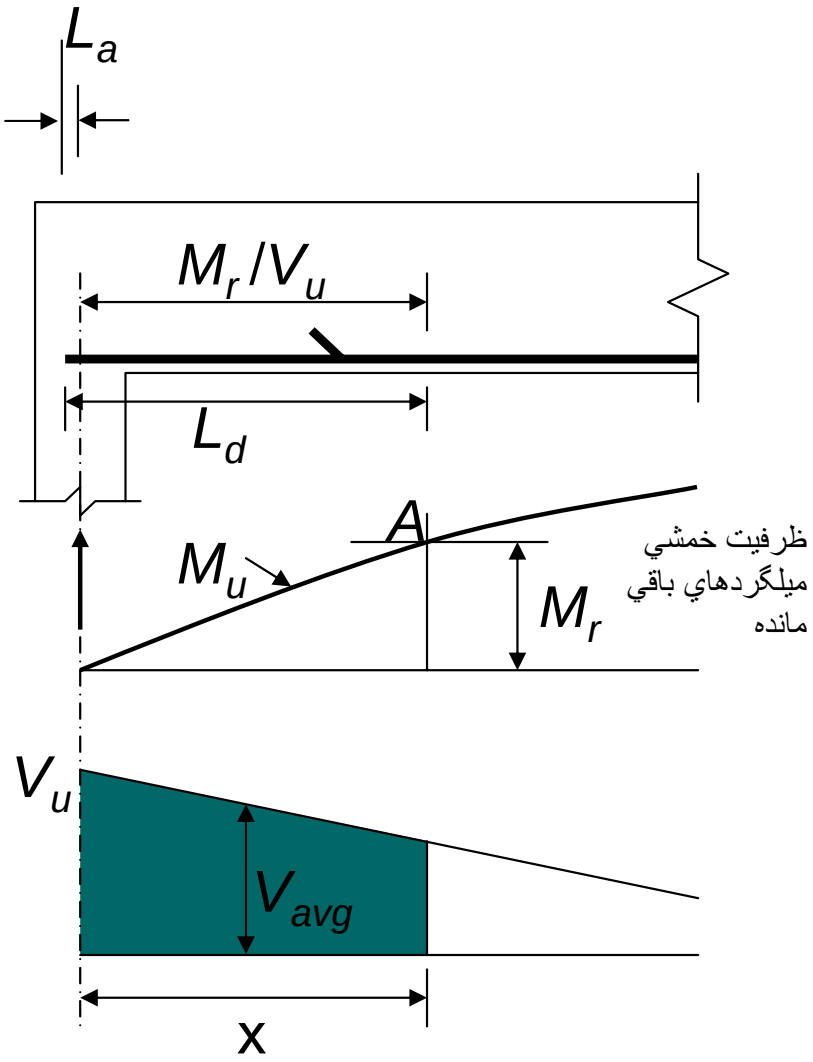
لذا آيين نامه آبا به علت ترغيب طراحان دراستفاده از ميلگردهاي با سايز كوچكتر مقرر مي دارد كه در تكيه گاه ساده و يا در نقاط عطف لنگر خمشي مثبت؛ قطر ميلگرد بايد به گونه اي انتخاب گردد كه طول مهاري ميلگرد در رابطه مقابل صدق نمايد.

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

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

نكته: معادلات فوق نمي تواند بر ناحيه لنگر منفي اعمال گردد، چراكه تحدب منحني به سمت پايين بوده و منحني ظرفيت در طول مهاري همواره بر منحني نياز مي چربد (تهيه شكل به عهده دانشجويان !).

مهاري ميلگردهاي مثبت در دهانه ساده ...ادامه



وقتي انتهاي ميلگردها توسط نيروي فشاري محدود شده باشند، سبب جلوگيري از شكافت بتن اطراف ميلگردها شده و لذا آيين نامه فرمول صفحه قبل را بدين شكل اصلاح مي نمايد.

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

در صورتيكه در تكيه گاه ساده از قلاب استاندارد بعد از محور تكيه گاه استفاده كرده باشيم، لازم نيست رابطه فوق كنترل گردد.

مطابق شكل مقابل نيز مي توان دريافت كه چنانچه ظرفيت ميلگردهاي باقيمانده ديگرام لنگر را در نقطه A قطع كنند، طول ميلگردهاي ادامه داده شده بايد بزرگتر يا مساوي l_d باشد.در اين طول x سطح ديگرام برش برابر تغيير لنگر در طول فوق است لذا:

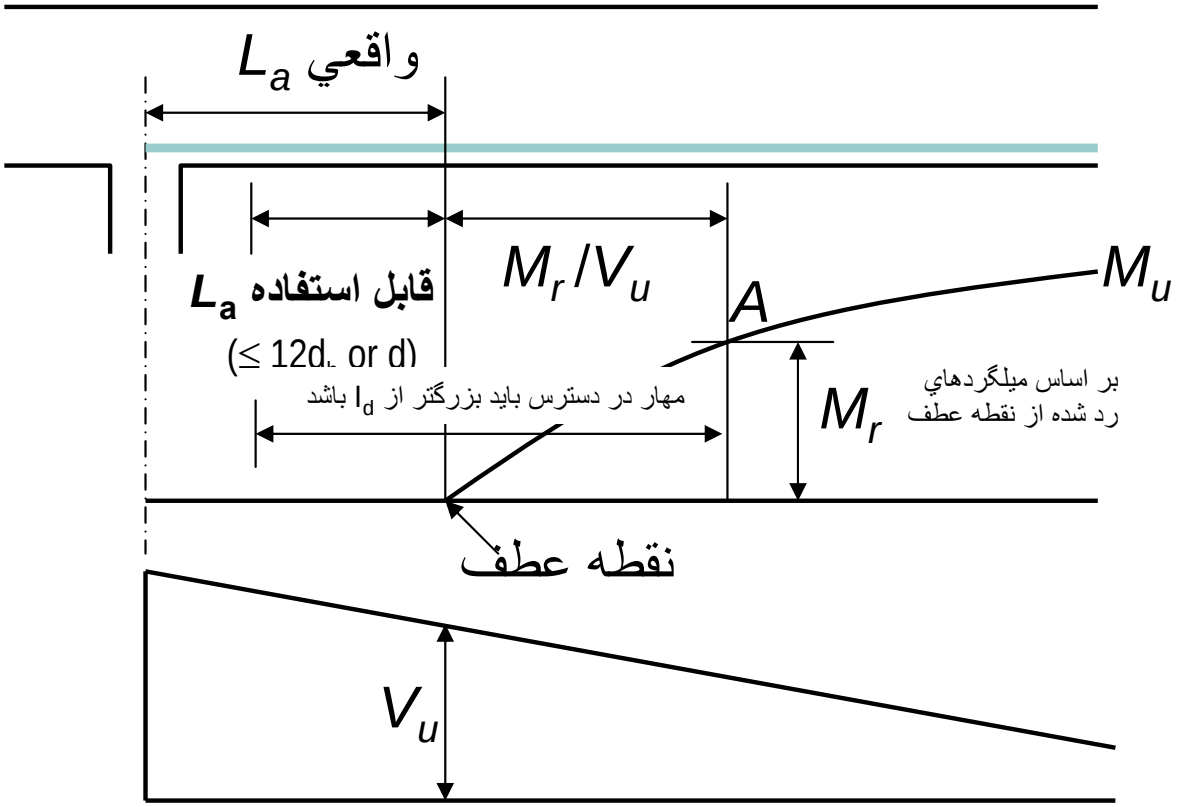
$$X = M_r/V_{av} \approx M_r/V_u \quad , \quad x = l_d - l_a$$

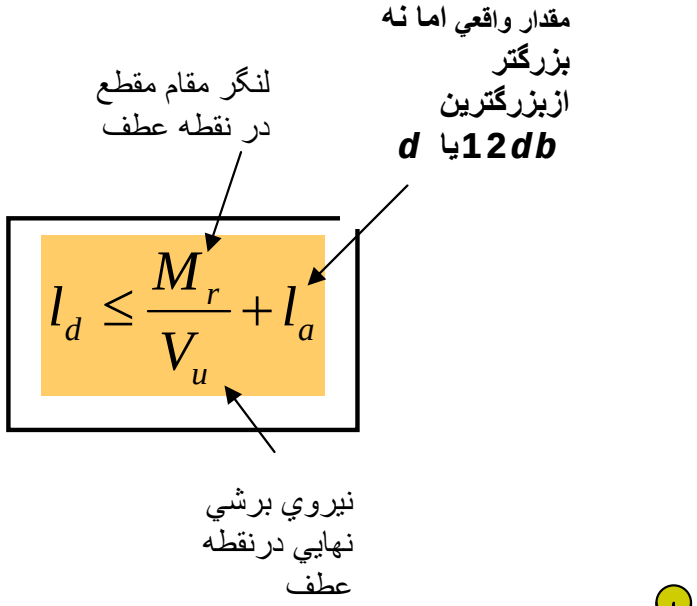
$$l_d \le \frac{M_r}{V_u} + l_a$$

كه به رابطه قبل مجدداً مي رسيم.

مهاري ميلگردهاي مثبت در نقطه عطف

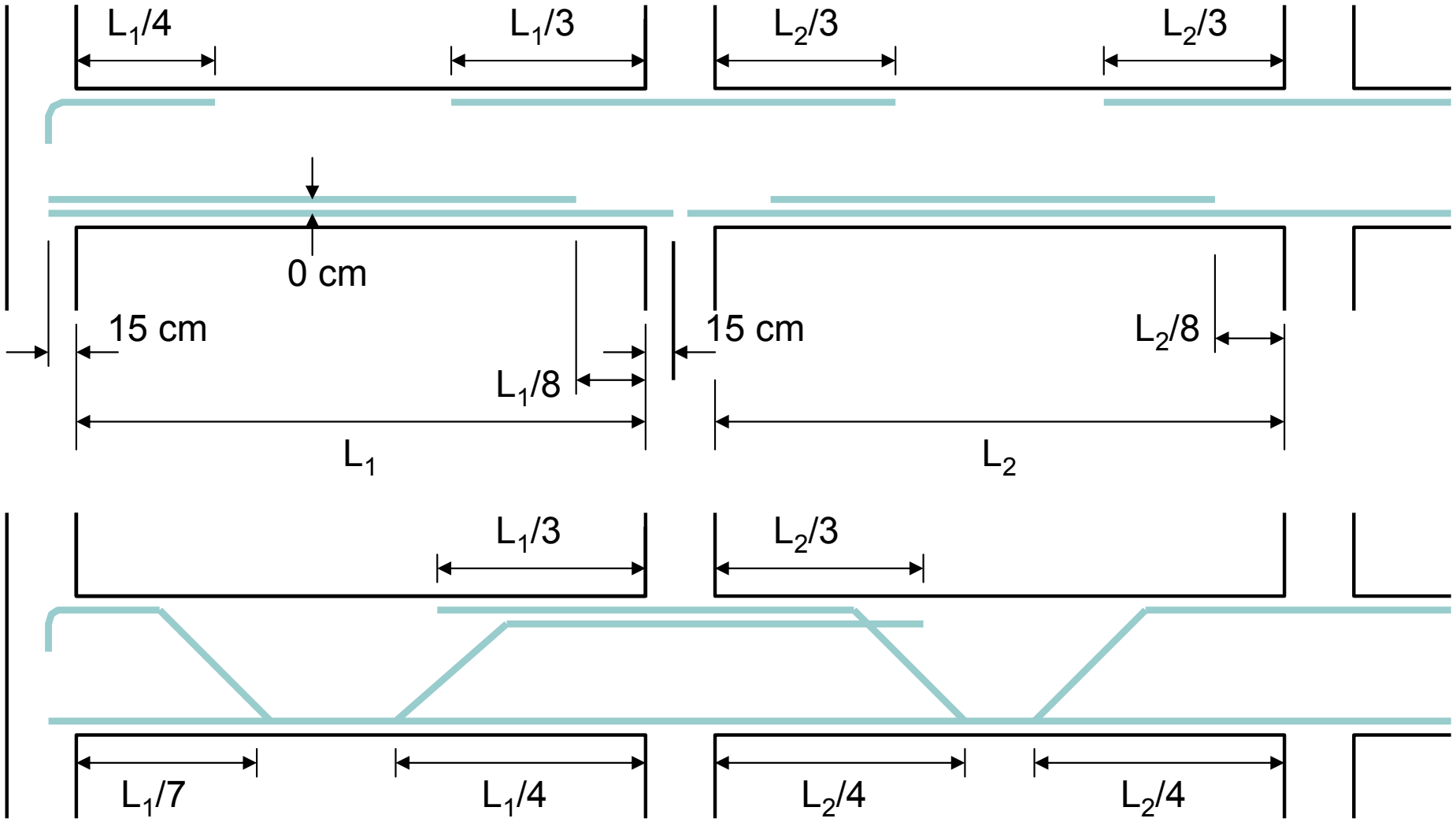
وضعيت مشابهي براي نقطه عطف در لنگر مثبت تير يكسره موجود مي باشد، بجز آنكه تنشهاي محصورشوندگي فشاري موجود نبوده و لذا ضريب ۱/۳ بكار برده نمي شود. طول L_a بزرگتر از ارتفاع موثر d يا $12d_b$ و نه بزرگتر از طول ميلگرد ناحيه لنگر منفي كه از نقطه عطف گذشته است مي باشد.





محدود نمودن la بدين علت است كه هيچ نتيجه آزمايشگاهي نشان نداده است كه طول مهاري طولاني در فاصله كوتاه ميان نقطه عطف و نقطه حداكثر تنش در به حداكثر رساندن تنش در ميلگرد بطور كامل موثر بوده است.

طول قطع و مهاري بطور تقريب براي دهانه هاي مساوي تحت بار گسترده يكنواخت



ضوابط آبا براي مهاري آرماتورهاي خمشي

۱۸-۳-۱ ضوابط كلي

۱۸-۳-۱-۱ آرماتور كششي در قطعات خمشي را مي‌توان با رعايت محدوديت‌هاي بند ۱۸-۳-۱-۵ در ناحيه بتني كششي مهار نمود و يا در جان تير خم كرده و در سمت مقابل قطعه مهار كرد. اين آرماتور را مي‌توان در سمت مقابل قطعه بعنوان آرماتور كششي يا فشاري مورد استفاده قرار داد.

۱۸-۳-۱-۲ در قطعات خمشي مقاطع بحراني كه در دو سمت آنها كافي بودن مهار آرماتور بايد كنترل شود عبارتند از:

الف- مقاطع داراي بيشترين تنش

ب- مقاطعي كه در آنها، در طول دهانه قطعه،آرماتور قطع يا خم مي‌شود.

در اين قطعات در مقاطع مجاور تكيه‌گاههاي ساده و مقاطع نقاط عطف منحني تغيير شكل ضوابط بند ۱۸-۳-۲-۳ نيز بايد رعايت شوند.

۱۸-۳-۱-۳ ميلگردها بايد از محل مقطعي كه وجودشان ديگر براي تحمل خمش لازم نيست بطول حداقل برابر با d يا $12d_b$، هر كدام بزرگترند، ادامه داده شوند. رعايت اين ضابطه در انتهاي عضو با تكيه گاه ساده و يا انتهاي آزاد عضو طره‌اي الزامي نيست.

۱۸-۳-۱-٤ در مواردي كه تعدادي از ميلگردها قطع يا خم مي‌شوند، آن دسته از ميلگردها كه ادامه پيدا مي‌كنند بايد از مقطعي كه ميلگردهاي قطع يا خم شده وجودشان ديگر براي تحمل خمش ضروري نيست،بطول حداقل برابر با طول گيرايي، ld، ادامه داده شوند.

ضوابط آبا براي مهاري آرماتورهاي خمشي

۱۸-۳-۱-۵ آرماتور خمشي را نمي‌توان در ناحيه بتن‌كششي قطع كرد مگر آنكه يكي از شرايط زير تامين باشد:

الف- نيروي برشي مقاوم مقطع، V_r، در محل قطع آرماتور به اندازه حداقل سي و سه درصد بيشتر از تلاش برشي نهايي موجود در مقطع، V_u، باشد.

ب- در انتهاي ميلگردهاي قطع شده در ناحيه‌اي بطول حداقل $0.75d$ آرماتور عرضي اضافه بر آنچه براي تحمل برش يا پيچش لازم است،تامين گردد. سطح مقطع آرماتور عرضي اضافي لازم بايد حداقل برابر با $(0.42b_w s/f_y)$ باشد و فاصله ميلگردهاي عرضي از يكديگر در اين ناحيه بيشتر از $d/(8\beta_b)$ نباشد. β_b نسبت آرماتور قطع شده به كل آرماتور كشش مقطع است.

پ- مقدار آرماتوري كه ادامه پيدا مي‌كند حداقل دو برابر مقدار مورد نياز در مقطع باشد و نيروي برشي مقاوم، V_r، در محل قطع آرماتور به اندازه حداقل بيست و پنج درصد بيشتر از تلاش برشي نهايي موجود در مقطع، V_u، باشد.

۱۸-۳-۱-۶ در قطعات خمشي كه در آنها تنش در آماتور كششي مستقيماً متناسب با لنگر خمشي نيست، مانند شالوده‌هاي با مقطع متغير، پلكاني و يا باريك شونده و همچنين نشيمن‌گاهها، اعضاي خمشي با ارتفاع زياد، و يا اعضايي كه در آنها آرماتور كششي موازي سطح بتن فشاري نيست، بايد مهار ميلگردهاي كششي در مقاطع مختلف كنترل شود.

ضوابط آبا براي مهاري آرماتورهاي خمشي مثبت

۱۸-۳-۲-۱ حداقل يك سوم آرماتور خمشي مثبت، در قطعات با تكيه‌گاه ساده، و يك چهارم آرماتور خمشي مثبت، در قطعات يكسره، بايد در طول وجهي از قطعه كه در آن قرار گرفته‌اند تا روي تكيه‌گاه ادامه داده شوند. در تيرها اين ميلگردها بايد به اندازه حداقل ۱۵۰ ميليمتر در داخل تكيه‌گاه ادامه يابند.

۱۸-۳-۲-۲ در قطعات خمشي كه بعنوان عضوي از يك سيستم اصلي در مقابل بارهاي جانبي به كار برده شده‌اند، آن گروه از آرماتور خمشي مثبت كه بر طبق بند ۱۸-۳-۲-۱ تا روي تكيه‌گاه ادامه مي‌يابد بايد بطور كلي در تكيه‌گاه مهار شود بطوريكه آرماتور بتواند در مقطع بر تكيه‌گاه به تنش جاري شدن، f_y ، برسد.

۱۸-۳-۲-۳ در قطعات خمشي در مقاطع مجاور تكيه‌گاه‌هاي ساده، و يا مقاطع نقاط عطف منحني تغيير شكل، قطر ميلگردهاي خمشي مثبت بايد چنان باشد كه طول گيرايي آنها در رابطه زير صدق كند:

$$l_d \le \frac{M_r}{V_u} + l_a \qquad (۹-۱۸)$$

در اين رابطه M_r لنگر خمشي مقاوم مقطع، V_u ، تلاش برشي نهايي موجود در مقطع و l_a طولي است از ميلگرد كه از محل محور تكيه‌گاه تا انتهاي آن ادامه داده شده است. l_a ، در مواردي كه رابطه در محل نقطه عطف كنترل مي‌شود، بايد برابر با d يا $12d_b$ هر كدام بزرگترند، در نظر گرفته شود.

در مواردي كه آرماتور خمشي مثبت در تكيه‌گاه ساده به قلاب استاندارد يا وسايل مكانيكي معادل قلاب استاندارد، كه فراتر از محور تكيه‌گاه شروع شده باشد، ختم مي‌شود كنترل رابطه فوق الزامي نيست.

در تكيه‌گاهايي كه آرماتور خمشي مثبت در داخل بتن فشاري ناشي از عكس‌العمل فشاري تكيه‌گاه محصور شده باشد، مقدار M_r/V_u در رابطه فوق را مي‌توان به اندازه يك سوم افزايش داد.

ضوابط آبا براي مهاري آرماتورهاي خمشي منفي

۱۸-۳-۳-۱ آرماتور خمشي منفي در قطعات خمشي يكسره، گيردار، طره و يا تمامي قطعات قابهاي پيوسته بايد با يكي از روشهاي گفته شده در بند ۱۸-۲-۱-۱ در تكيه‌گاه‌ها مهار شوند.

۱۸-۳-۳-۲ حداقل يك سوم آرماتور خمشي منفي موجود در تكيه‌گاه يك عضو خمشي بايد از محل نقطه عطف منحني تغيير شكل عضو ادامه داده شده و از اين محل به اندازه حداقل d ، $12d_b$ و يا يك شانزدهم طول دهانه خالص، هر كدام بزرگتر است، فراتر برده شود.

ضوابط خاص مهار آماتور عرضي در جان قطعات خمشي

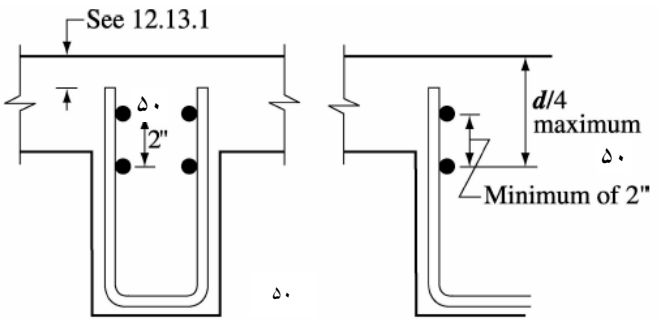
۱۸-۳-٤-۱ آماتور عرضي در جان قطعات خمشي بايد تا حدي كه پوشش بتني آرماتور و يا نزديكي ساير آرماتورها اجازه مي‌دهد، نزديك به دو وجه فشاري و كششي عضو در مقطع قرار داده شود.

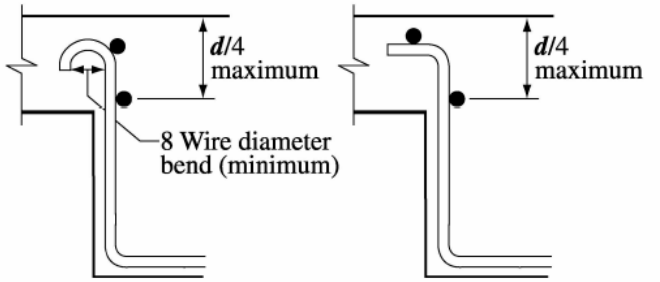
۱۸-۳-٤-۲ دو انتهاي آرماتور عرضي تك شاخه‌اي، و آرماتور به شكل U بايد به يكي از طرق زير مهار شوند:

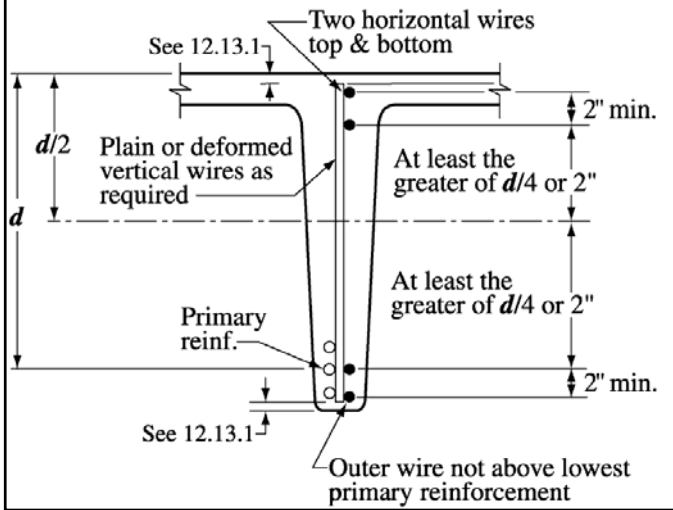
الف- براي ميلگردهاي به قطر كوچكتر از ۱٦ ميليمتر و يا سيمهاي با قطر كوچكتر از ۱٦ ميليمتر و براي ميلگردهاي با قطر ۱٦ تا ۲٥ ميليمتر از نوع S300 يا مقاومت كمتر، بايد از قلاب استاندارد استفاده شود. قلاب بايد حداقل يك ميلگرد طولي را در بر گيرد.

ب- براي ميلگردهاي با قطر ۱٦ تا ۲٥ ميليمتر از نوع مقاومتر از S300 بايد علاوه بر استفاده از قلاب استاندارد كه حداقل يك ميلگرد طولي را در برگرفته باشد، طول گيرايي به اندازه دو سوم طول گيرايي ميلگرد قلابدار، (ضوابط قسمت ۱۸-۲-٥) تأمين شود. طول گيرايي ميلگرد قلابدار از محل وسط ارتفاع مؤثر مقطع اندازه‌گيري مي‌شود.

ضوابط آبا براي مهاري آرماتورهاي خمشي







پ- براي هر شاخه از شبكه‌هاي سيمي صاف جوش شده كه به شكل U خم شده‌اند بايد يكي از دو روش زير به كار برده شود:

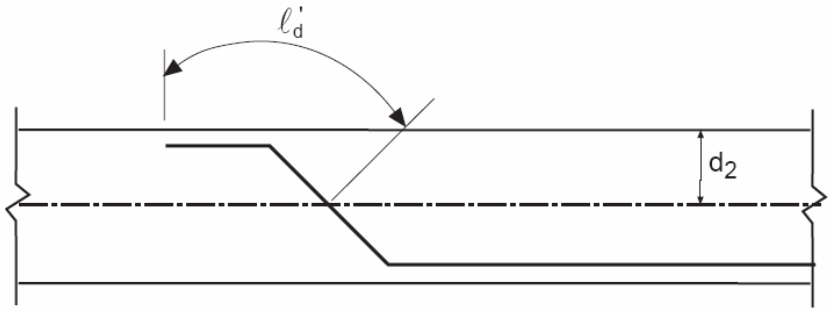
- دو عدد سيم طولي با فاصله حداقل ۵۰ ميليمتر از يكديگر در هر دو انتهاي U قرار داده شود.
- يك عدد سيم طولي با فاصله حداكثر d/4 از وجه فشاري عضو و سيم ديگر با فاصله حداقل ۵۰ ميليمتر از سيم اول و نزديك به وجه فشاري عضو قرار داده شود. سيم دوم مي‌تواند روي خاموت و فراتر از محل خم آن و يا روي خم خاموت، با قطر خم بزرگتر از $8d_b$ قرار داده شود.

ت- براي هر انتهاي شبكه سيمي جوش شده آجدار يا صاف كه به صورت خاموت تك شاخه‌اي مورد استفاده قرار مي‌گيرد، بايد دو سيم طولي با فاصله حداقل ۵۰ ميليمتر از يكديگر پيش‌بيني شود. سيم داخلي از اين دو سيم بايد از وسط ارتفاع مؤثر مقطع، d/2 داراي فاصله حداقل برابر با d/4 يا ۵۰ ميليمتر، هر كدام بزرگترند، باشد. سيم طولي خارجي در ناحيه بتن كششي نبايد به وجه كششي عضو نزديكتر از دورترين آرماتور خمشي قرار داده شود.

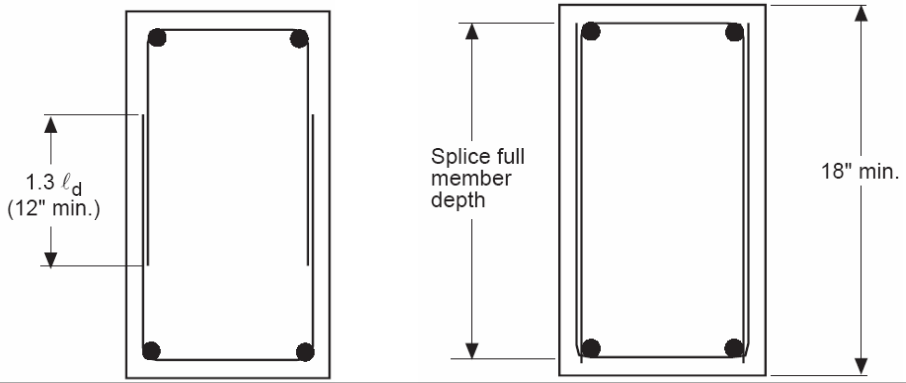
ضوابط آبا براي مهاري آرماتورهاي خمشي

۱۸-۳-٤-۳ در بين دو انتهاي مهار شده خاموتهاي به شكل U ساده يا مركب، در هر خم واقع در ناحيه پيوسته خاموت بايد حداقل يك آرماتور طولي محصور شده باشد.

۱۸-۳-٤-۴ ميلگردهاي طولي خم شده كه بعنوان آرماتور برشي مورد استفاده قرار مي‌گيرند اگر به ناحيه بتن كششي برده شوند بايد بصورت آرماتور كششي مورد استفاده قرار گيرند و اگر به ناحيه فشاري برده شوند بايد بر طبق ضوابط مهار ميلگردها در اين ناحيه مهار شوند. در اين ميلگردها طول گيرايي از محل وسط ارتفاع مؤثر مقطع، d/2، اندازه‌گيري مي‌شود.

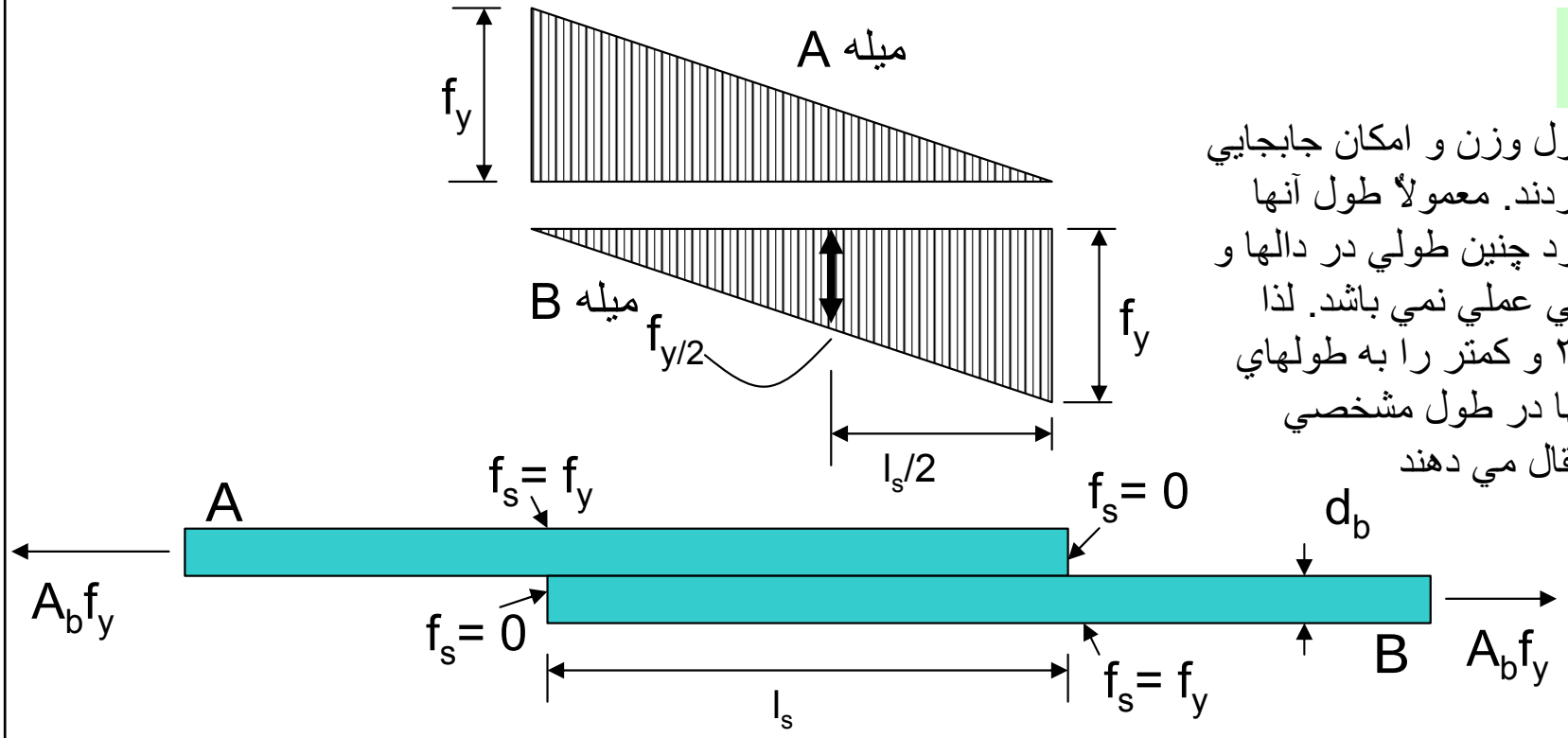


۱۸-۳-٤-۵ در زوج خاموتهاي U شكل كه با وصله پوششي، يك خاموت بسته مي‌سازند، بايد طول پوشش برابر با حداقل $1.3\ l_d$ رعايت شود. در اين خاموتها، چنانچه مقدار $A_b\ f_y$ هر شاخه كمتر از ٤٠ كيلونيوتن و ارتفاع مقطع عضو بيشتر از ٤٥٠ ميليمتر باشد، مي‌توان طول پوشش را كمتر از $1.3\ l_d$ در نظر گرفت مشروط بر آنكه هر شاخه از U تا وجه مقابل ادامه داده شود.

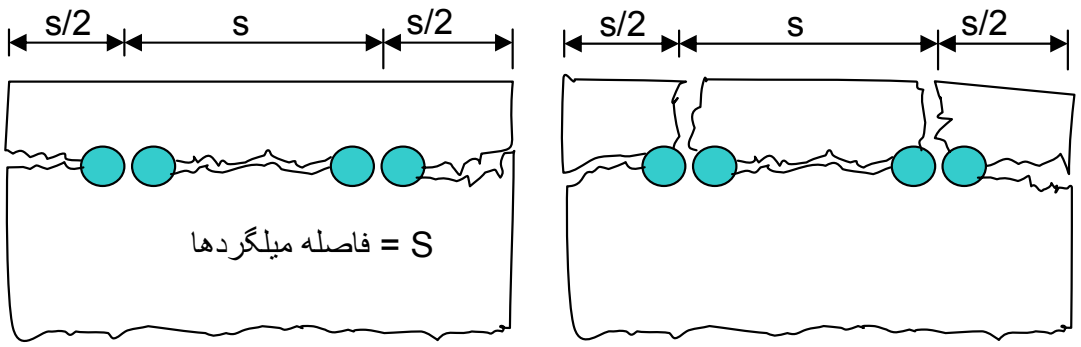


وصله آرماتورها

ميلگردهاي فلزي به علت كنترل وزن و امكان جابجايي با طولهاي محدود توليد مي گردند. معمولاً طول آنها حدود ۱۸ متر مي باشد. كاربرد چنين طولي در دالها و تيرهاي يكسره از لحاظ اجرايي عملي نمي باشد. لذا معمولاً ميلگردهاي با نمره ۳۶ و كمتر را به طولهاي كوچكتر بريده و از پوشش آنها در طول مشخصي نيروها را به قطعات بعدي انتقال مي دهند

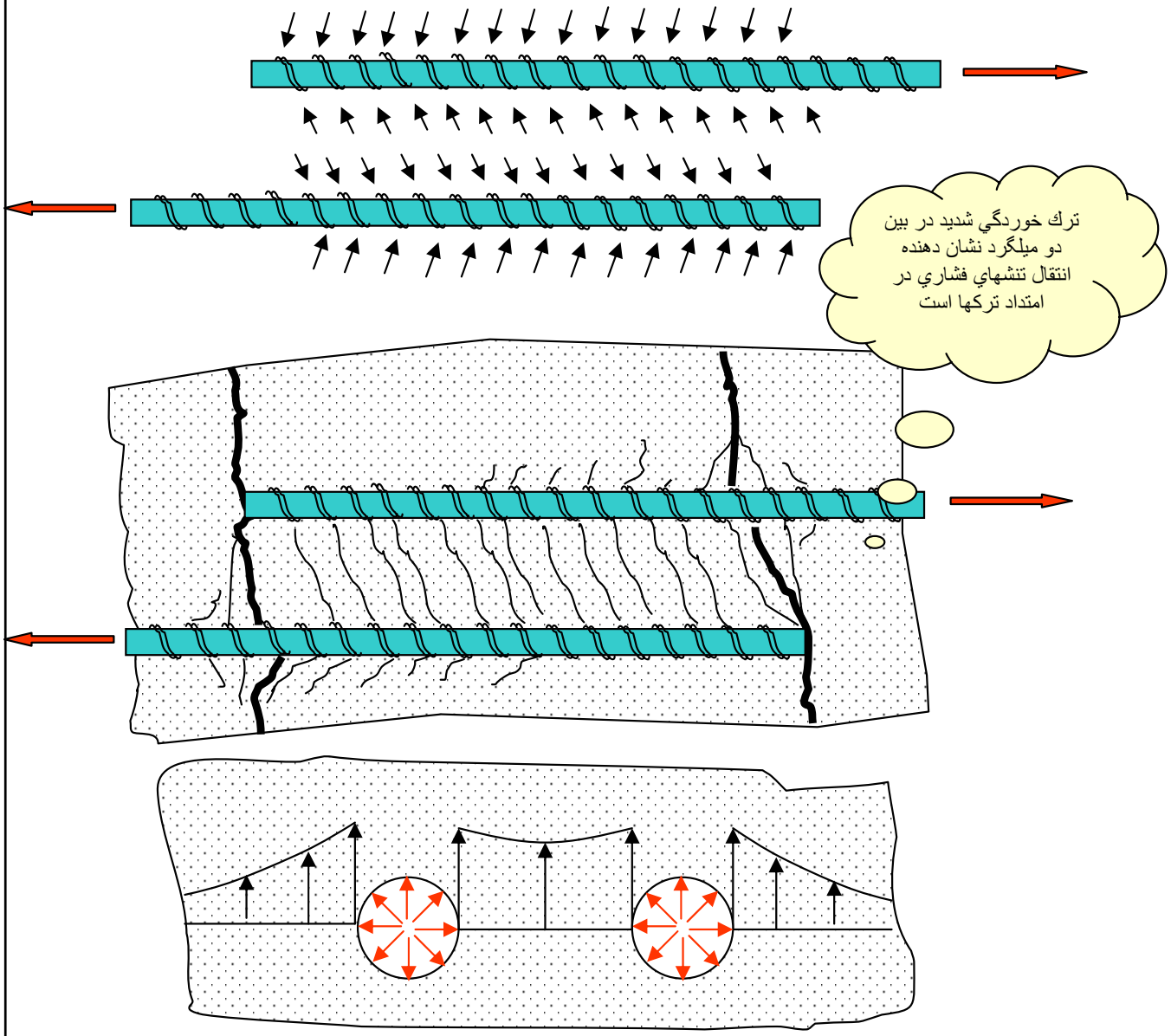


شكل مقابل توزيع نيروها و تنشهاي حداكثر و حداقل را در ميلگرد در روي طول پوششي l_s نشان مي دهد. مكانيزم خورد شدگي بتن را نيز در اثر لغزش آرماتورها نسبت به يكديگر در محدوده طول پوشش نشان مي دهد. در لحظه شكست لغزش بطور تقريب با رابطه زير قابل تخمين است.

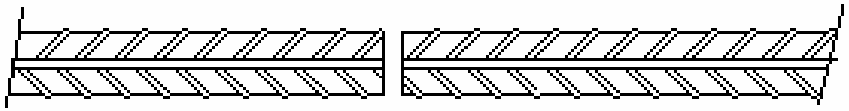


$$\Delta = (0.5 f_y / E)(l_s / 2)$$

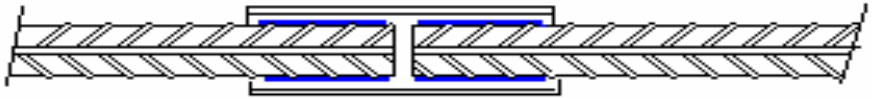
وصله آرماتورها



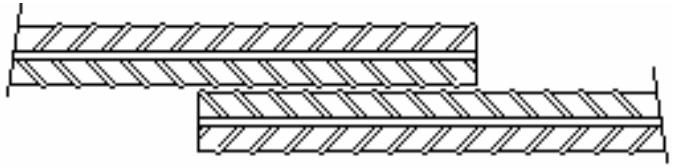
در محل وصله ابتدا نيروها به بتن و سپس از بتن به ميلگرد مجاور منتقل مي شود. مكانيزم انتقال نيروها را مي توان به وضوح مطابق شكل مقابل بر اساس شكل ترك خوردگي تشخيص گردد. نيروها توسط فشار رو به بيرون از محلهاي عاج به بتن وارد شده و در اثر آن تركهاي خورد شونده در طول ميلگرد مشابه شكل مقابل پديد مي آيد. تركهاي خورد شونده عموماً در انتهاي وصله كه نسبت به وسط وصله بيشتر مي باشند، شروع مي شوند. همانطور كه ملاحظه مي گردد تركهاي عرضي بزرگي در انتهاي وصله محل قطع پديد مي آيد. وجود فولاد عرضي در منطقه وصله سبب به تعويق افتادن تركهاي خورد شونده و لذا افزايش ظرفيت وصله مي شود.



نوك به نوك

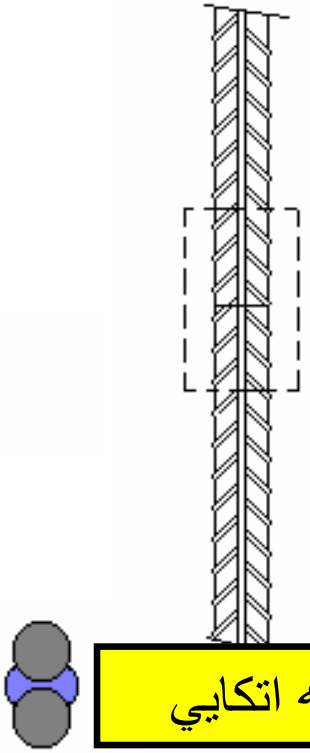


با استفاده از ورق يا نبشي پشتي

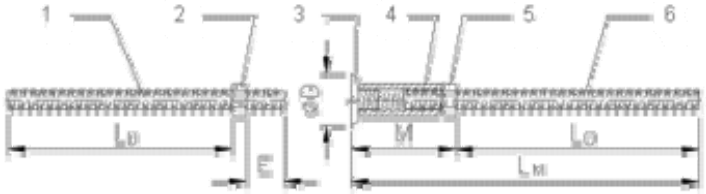


اتصال بغل به بغل

وصله جوشي



وصله اتكايي



وصله مكانيكي

وصله آرماتورها

محل و مشخصات وصله به عوامل زير بستگي دارد

- اندازه ميلگرد
- مقاومت تسليم فولاد و فشاري بتن
- فاصله جانبي ميلگردها
- وجود محصور شدگي

✓ وصله ها نبايد در نقاط با حداكثر تنش كششي قرار داده شوند.
✓ نبايد تمام ميلگردها در يك مقطع وصله شوند. (اين شرط در محل وصله ستونها در روي طبقه نقص مي گردد.
وصله ميلگردها به يكديگر به يكي از چهار طريق زير مجاز است:
الف- وصله پوششي: كه با مجاور هم قرار دادن دو ميلگرد در قسمتي از طولشان عملي مي‌شود. طولي كه دو ميلگرد بايد در مجاور هم قرار داده شوند، "طول پوشش" ناميده مي‌شود. ميلگردها را مي توان در تماس با يكديگر و يا با فاصله قرار داد.
ب- وصله جوشي: كه با جوش دادن دو ميلگرد به يكديگر انجام مي‌شود.
پ- وصله مكانيكي: كه با به كارگيري وسايل مكانيكي خاص حاصل مي‌شود.
ت- وصله اتكايي: كه با بر روي هم قرار دادن دو انتهاي ميلگردهاي فشاري عملي ميگردد.

به طور خلاصه نحوه انتخاب طول پوششي بر اساس ضوابط آيين نامه بتن ايران به شرح ذيل مي باشد.

۱- طول پوششي در كشش: اين طول بر اساس ميزان $1.3l_d$ يا l_d برآورد مي نمايند. چنانچه شراط خاصي چون بيشتر بودن ميزان فولاد موجود در محل وصله و عدم وصله نمودن تعداد زياد ميلگردها در مقطع فوق مطرح باشد مي توان طول پوشش را به l_d محدود نمود.

۲-طول پوششي در فشار: اين طول بر اساس ميزان ضريبي از مقاومت ميلگرد در محل وصله تعريف مي شود. چنانچه محصوريت كافي توسط ميلگردهاي عرض فراهم گردد مي توان طول فوق را تخفيف داد.

۳-وصله هاي مكانيكي و جوشي بايد قادر باشند در كشش و فشار ۲۵% بيشتر از مقاومت ميلگرد تحمل داشته باشند. با شرايطي مي توان نسبت مقدار فوق را تخفيف داد.

وصله آرماتورها

۱۸-٤-۱ ضوابط كلي

۱۸-٤-۱-۳ وصله پوششي براي گروه ميلگردها، بعنوان يك مجموعه ميلگرد، مجاز نيست، اما هر يك از ميلگردها را مي‌توان جداگانه با وصله پوششي بهم متصل نمود. در اين حالت نواحي وصله ميلگردهاي مختلف نبايد با هم تداخل داشته باشند.

۱۸-٤-۱-٤ طول پوشش لازم براي وصله پوششي هر دو ميلگرد در گروه ميلگردها بايد براساس طول پوشش لازم براي هر يك از ميلگردها تعيين شود و در آن ضوابط قسمت ۱۸-۲-٤ نيز رعايت شود.

۱۸-٤-۱-٥ در قطعات خمشي فاصله دو ميلگرد كه با وصله پوششي بهم متصل مي‌شوند نبايد بيشتر از يك پنجم طول پوشش لازم و يا بيشتر از ۱٥۰ ميليمتر باشد.

۱۸-٤-۱-٦ وصله جوشي ميلگردها بايد به بصورت يكي از روشهاي گفته شده در بند ۸-۲-٥-۳ انجام شود.

مقاومت اين وصله‌ها در كشش بايد حداقل برابر با $1.25A_b\ f_y$باشد. مگر آنكه الزامات بند ۱۸-٤-۲-۲ تأمين شده باشد.

۱۸-٤-۱-۷ وصله مكانيكي ميلگردها بايد در كشش و فشار داراي مقاومت حداقل برابر با $1.25A_b\ f_y$ باشد مگر آنكه ضابطه بند ۱۸-٤-۲-۲ تأمين شده باشد.

طول پوششي وصله ميلگردها يا سيمهاي كششي

۱۸-٤-۲-۱ در وصله‌هاي پوششي طول پوشش بايد حداقل برابر با $1.3l_d$ باشد. تنها در مواردي كه دو شرط زير بطور توأم تأمين باشد طول پوشش را مي‌توان به مقدار l_d كاهش داد:

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

ب- حداكثر نصف آرماتور موجود در مقطع در ناحيه طول پوشش وصله شوند.

l_d طول گيرايي ميلگرد در كشش است كه بايد براساس ضوابط قسمت ۱۸-۲-۲ محاسبه شود.

طول پوشش در هر حالت نبايد كمتر از ۳۰۰ ميليمتر اختيار شود.

۱۸-٤-۲-۲ در وصله‌هاي جوشي يا مكانيكي در مواردي كه مقدار آرماتور موجود در مقطع كمتر از دو برابر مورد نياز باشد، مقاومت وصله بايد برابر با $1.25A_b f_y$ باشد ولي در ساير موارد مقاومت وصله را مي‌توان كمتر از اين مقدار و مطابق ضابطه زير در نظر گرفت:

الف- مقاومت وصله در هر ميلگرد بايد چنان باشد كه كل ميلگردهاي موجود در اين مقطع بتوانند نيرويي حداقل معادل دو برابر نيروي لازم در آن مقطع را تحمل نمايند. اين نيرو نبايد كمتر از $140A_b$ براي كل ميلگردها در نظر گرفته شود. فاصله وصله‌ها از يكديگر در مقاطع مختلف متوالي نبايد كمتر از ٦۰۰ ميليمتر باشد.

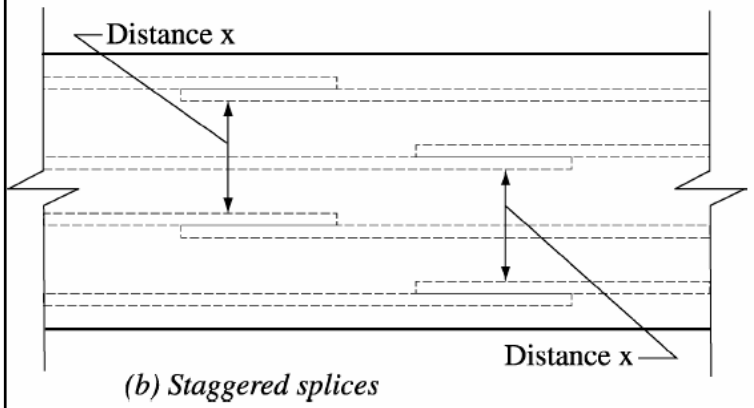
ب- نيروي كششي مقاوم مورد نظر در بند الف را بايد بطريق زير محاسبه كرد:

- براي ميلگردهاي وصله داده شده برابر با نيروي مقاوم وصله

- براي ميلگردهاي وصله نشده برابر $A_b f_y$ آنها كه به نسبت طول واقعي مهار شده به طول گيرايي لازم آنها كاهش داده شده است.

۱۸-٤-۲-۳ در قطعات كششي وصله ميلگردها بايد تنها بوسيله وصله‌هاي جوشي يا مكانيكي انجام شود و در آنها ضوابط بند ۱۸-٤-۱-٦ يا ۱۸-٤-۱-۷ رعايت گردد.

فاصله وصله‌ها در ميلگردهاي مجاور هم بايد بيشتر از ۷٥۰ ميليمتر در نظر گرفته شود.

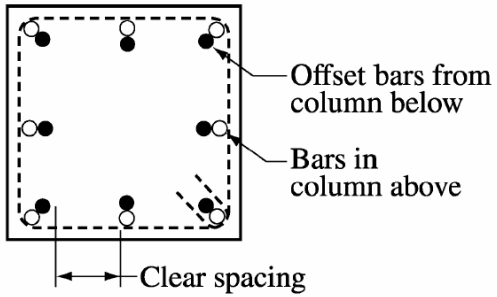


(b) Staggered splices

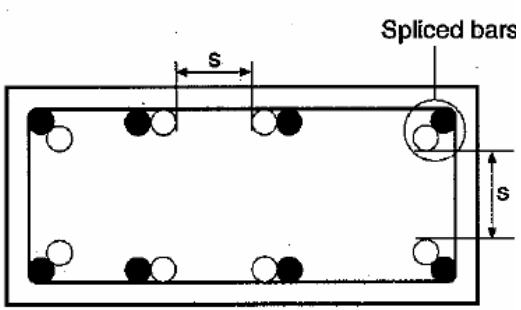
براي وصله هاي يك در ميان در دالها و ديوارها، فاصله خالص موثر برابر فاصله ميان ميلگردهاي وصله مجاور منهاي قطر هر ميلگرد وصله نشده مياني است.

وصله ميلگردهاي فشاري

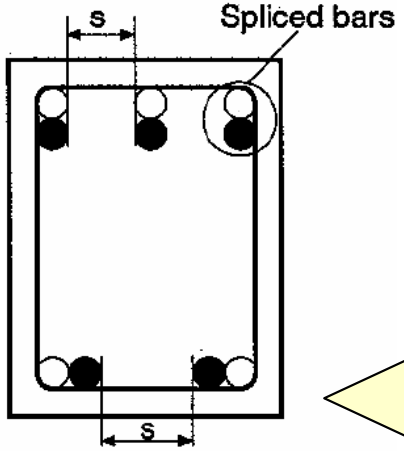
در وصله پوششي فشاري، بخشي از نيرو توسط فشار انتهايي ميلگرد بر بتن انتقال مي يابد. در اين نوع انتقال با توجه به اين نكته كه تركهاي عرضي كششي در طول پوشش وجود ندارند، سبب مي گردد كه طول پوششي فوق بسيار كوتاهتر از طول پوششي كششي باشد. آزمايشات نشان مي دهند كه مقاومت فشاري وصله متناسباً با افزايش طول وصله زياد نمي شوند. به دليل فوق خرابي وصله پوششي فشاري با خرد شدگي بتن در انتهاي ميلگرد آغاز مي گردد.



(a) Offset column bars



(b) Column with offset corner bars



(b) Beam bar splices

فاصله خالص استفاده شده براي ميلگردهاي منحرف در وصله ستونها و تيرها

وصله ميلگردهاي فشاري

۱۸-٤-۳-۱ طول وصله‌هاي پوششي براي فولادهاي از نوع S400 يا با مقاومت كمتر بايد حداقل برابر با $0.07f_y\ d_b$ و براي فولادهاي مقاومتر برابر با $(0.13f_y-24)d_b$ باشد. اين طول در هر حال نبايد كمتر از ۳۰۰ ميليمتر اختيار شود. در مواردي كه مقاومت بتن كمتر از ۲۰ مگاپاسكال است، طول پوشش بايد به اندازه سي و سه درصد افزايش داده شود.

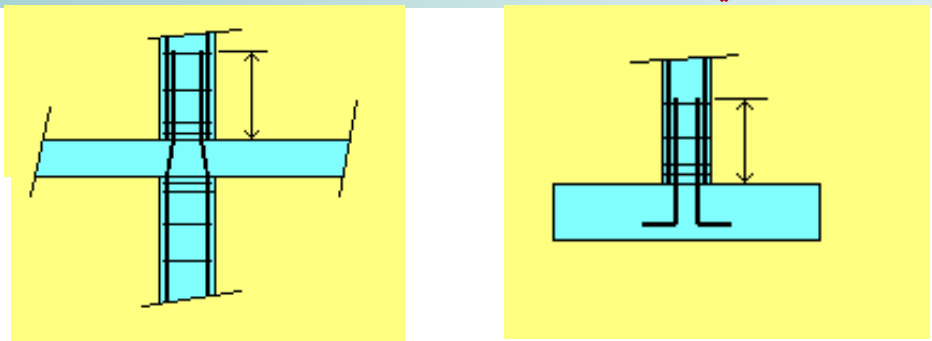
۱۸-٤-۳-۲ در مواردي كه ميلگردهاي با قطرهاي مختلف با وصله پوششي بهم متصل مي‌شوند طول پوشش بايد برابر بزرگترين دو مقدار، طول گيرايي (l_{dc}) ميلگرد با قطر بزرگتر يا طول پوشش لازم براي ميلگرد با قطر كوچكتر، در نظر گرفته شود. ميلگردهاي با قطر بزرگتر از ۳٦ ميليمتر را مي‌توان به ميلگردهاي با قطر كوچكتر از ۳٦ ميليمتر اتصال داد (وصله ميلگردهاي با قطر بيشتر از ۳۶ مجاز نيست).

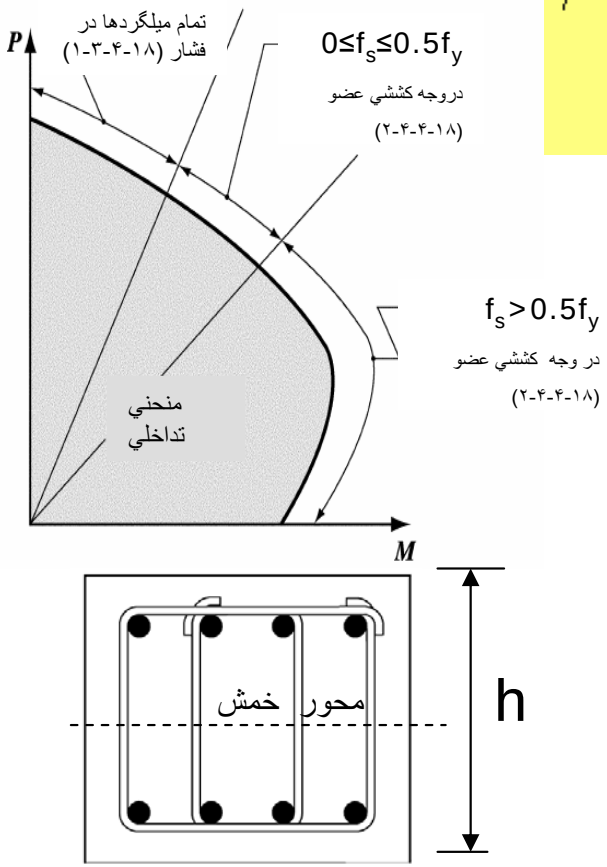
۱۸-٤-۳-۳ در وصله‌هاي جوشي يا مكانيكي مقاومت وصله بايد مطابق ضوابط بند ۱۸-٤-۱-٦ يا ۱۸-٤-۱-۷ تأمين شود.

۱۸-٤-۳-٤ در وصله‌هاي اتكايي كه در آنها براي انتقال فشار از ميلگرد به ديگري، انتهاهاي آن دو بهم تكيه داده مي‌شوند بايد سطوح انتهاي ميلگردها كاملا گونيا بريده شوند و تماس آن دو تا حد امكان كامل باشد. زاويه سطح انتهايي هر ميلگرد نبايد نسبت به سطح عمود بر محور ميلگرد بيش از ۱/٥ درجه انحراف داشته باشد و سطح تماس دو ميلگرد بعد از سوار شدن نيز نبايد بيش از ۳ درجه نسبت به اتكاي كامل انحراف داشته باشد. اين نوع وصله‌ها تنها در قطعاتي كه داراي خاموت عرضي بسته يا مارپيچ هستند، مجاز مي‌باشند.

www.icivil.ir

وصله ميلگردهاي فشاري





آن ساقهايي كه محور خمش را قطع مي كند براي محاسبه سطح موثر خاموتها استفاده مي شود. در اين شكل چهار سطح وجود دارد

۱۸-٤-٤-۱ در ستونها وصله آرماتورها مي‌تواند از نوع پوششي، جوشي، مكانيكي، و يا اتكايي باشد. وصله آرماتورها بايد براي تمامي تركيبات بارگذاري مناسب باشد.

۱۸-٤-٤-۲ وصله پوششي ميلگردهايي كه درفشار قرار دارند مشمول ضوابط اين نوع وصله‌ها در فشار و ميلگردهايي كه در كشش قرار دارند مشمول ضوابط اين نوع ميلگردها در كشش مي‌شوند. در ميلگردهاي كششي چنانچه تنش موجود در آنها كمتر از $0.5f_y$ و تعداد ميلگردهايي كه در طول ناحيه پوشش وصله مي‌شوند، كمتر از نصف ميلگردهاي كششي باشد طول پوشش بايد حداقل برابر با l_d و در غير اينصورت بايد حداقل برابر با $1.3l_d$ در نظر گرفته شود. در حالت اول فاصله وصله‌ها در ميلگردهاي مختلف از يكديگر نبايد كمتر از l_d اختيار شود.

۱۸-٤-٤-۳ در قطعات تحت فشار چنانچه در ناحيه وصله پوششي آرماتور عرضي بصورت خاموت با سطح مقطع بيشتر از $0.0015hs$ وجود داشته باشد طول پوشش را مي‌توان به اندازه ۲۰ درصد و چنانچه آرماتور عرضي بصورت مارپيچ وجود داشته باشد، طول پوشش را مي‌توان به اندازه ۲۵ درصد كاهش داد. طول پوشش در هر حال نبايد كمتر از ۳۰۰ ميليمتر اختيار شود. در محاسبه سطح مقطع خاموت تنها سطح مقطع شاخه‌هاي عمود در امتداد h منظور مي‌گردد.

۱۸-٤-٤-٤ در ستونها وصله‌هاي جوشي يا مكانيكي بايد بر طبق ضوابط بند ۱۸-٤-۱-٦ يا ۱۸-٤-۱-۷ انجام شود.

وصله هاي اتكايي كه براي وصله نمودن ميلگردهاي ستون استفاده شده و همواره تحت فشار مي باشند، بايد داراي ظرفيت كششي ۲۵ درصد مقاومت تسليم سطح فلز در هر وجه ستون باشند. اين منظور مي تواند توسط متناوب كردن وصله هاي اتكايي يا با اضافه نمودن فلز اضافي در محل وصله انجام شود لذا آبا چنين مقرر مي دارد كه:

۱۸-٤-٤-٥ در ستونها وصله‌هاي اتكايي ميلگردها را مطابق ضابطه بند ۱۸-٤-۳-٤ مي‌توان به كار برد مشروط بر آنكه يا اين نوع وصله براي هر تعداد از ميلگردها در مقاطع مختلف انجام شود (در يك مقطع كل آنها قرار نگيرند) و يا در محل وصله، ميلگرد اضافي به كار برده شود. بطوريكه مقاومت ميلگردهايي كه در محل وصله ادامه دارند حداقل برابر با يك چهارم مقاومت $A_b f_y$ تمامي ميلگردهاي موجود در آن وجه ستون باشد.