

# بنام خداوند جان و خرد



موسسه آموزشی ACE

## مبحث نهم مقررات ملی ساختمان

ویژه آزمون نظارت رشته عمران نظام مهندسی ایران

## طرح و اجرای ساختمان‌های بتن آرمه

ویرایش: پاییز ۱۳۹۹

نویسنده و مدرس:

مهندس فاطمه کمالی



اشارات عصر قلم

## فهرست مطالب

|     |             |                                           |
|-----|-------------|-------------------------------------------|
| ۷   | فصل اول     | کلیات و مفاهیم                            |
| ۱۳  | فصل دوم     | مشخصات مکانیکی بتن                        |
| ۲۳  | فصل سوم     | مشخصات آرماتورها                          |
| ۳۹  | فصل چهارم   | تحلیل سیستم‌ها                            |
| ۵۱  | فصل پنجم    | ضریب بار، ترکیب بارگذاری ضریب کاهش مقاومت |
| ۵۹  | فصل ششم     | تیرها                                     |
| ۹۷  | فصل هفتم    | ستون‌ها                                   |
| ۱۰۷ | فصل هشتم    | دال‌ها                                    |
| ۱۴۹ | فصل نهم     | دیوارها                                   |
| ۱۵۹ | فصل دهم     | دیافراگم‌ها                               |
| ۱۶۷ | فصل یازدهم  | شالوده‌های بتن آرمه                       |
| ۱۸۱ | فصل دوازدهم | اتصالات اعضای سازه‌ای به یکدیگر           |
| ۲۰۳ | فصل سیزدهم  | مهار به بتن                               |
| ۲۲۳ | فصل چهاردهم | الزامات بهره برداری                       |
| ۲۳۹ | فصل پانزدهم | ضوابط ویژه برای طراحی در برابر زلزله      |
| ۲۹۵ | فصل شانزدهم | جزئیات آرماتورگذاری                       |
| ۳۳۱ | فصل هفدهم   | مدارک طرح، الزامات ساخت و نظارت           |
| ۳۷۷ | فصل هجدهم   | ارزیابی مقاومت سازه‌های موجود             |
| ۳۸۹ | فصل نوزدهم  | دوام بتن و آرماتور                        |
| ۴۱۱ | فصل بیستم   | طراحی در برابر آتش‌سوزی                   |

## مقدمه و کلیات

مؤسسه ACE ضمن ارج نهادن و قدردانی از اعتماد شما، به استحضارتان می‌رساند که همکاران این مجموعه، اعم از اساتید و مؤلفان و کارگروه‌های مختلف آماده‌سازی جزوات، تمامی سعی و همت خود را برای جزوات و آموزش‌های درخور و شایسته شما فرهیختگان گرامی به کار بسته‌اند و تلاش کرده‌اند که اثری را ارائه نمایند که از حداقل‌های استاندارد جزوات خوب، هم از نظر محتوایی و غنای علمی و فرهنگی و هم از نظر کیفیت شکلی و ساختاری آن، برخوردار باشد. با این وجود، علی‌رغم تمامی تلاش‌های این مؤسسه برای ارائه اثری با کمترین اشکال، باز هم احتمال بروز ایراد و اشکال در کار وجود دارد و هیچ اثری را نمی‌توان الزاماً مبرا از نقص و اشکال دانست. بنابراین از تمامی شما مهندسين عزيز تقاضا داریم در راستای بهتر شدن این اثر، انتقاد و پیشنهادات خود را از طریق پست الکترونیکی [fkamali\\_umc@yahoo.com](mailto:fkamali_umc@yahoo.com) در اختیار اینجانب قرار دهید.

کتاب پیش رو به همراه فیلم آموزشی مکمل با هدف کمک به مهندسين عزيز جهت شرکت در آزمون‌های نظارت و اجرا نظام مهندسی آماده و در اختیار شما مهندسين عزيز قرار داده شده است. مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ویرایش سال ۹۹ نسبت به ویرایش سال ۹۲ تغییراتی در زمینه روابط و ضوابط طراحی سازه‌های بتن‌آرمه داشته و همچنین فصولی تکمیلی به آن اضافه شده است. سعی شده کتاب آموزش طراحی سازه‌های بتن‌آرمه ACE براساس ضوابط و روش‌های جدید مبحث نهم ویرایش سال ۹۹ تدوین گردد و همچنین تست‌های ادوار اخیر آزمون‌های نظام مهندسی و تست لیفی بر همین اساس اصلاح شده و در فصول مربوطه ارائه و جای گیرند.

در نهایت از آقایان مهندس فهیمی، مهندس هجرانی‌دلیر و مهندس سید مصطفی اجله که در این مسیر تجربیات و دانش بی‌نظیر خود را در اختیار بنده قرار دادند تشکر می‌نمایم. در نهایت از پدر و مادر عزیزم که همواره حامی و پشتیبان اینجانب بوده نیز صمیمانه قدردانی می‌نمایم و برای ایشان سلامتی و شادکامی روزافزون مسئلت دارم.

مهندس فاطمه کمالی

## مقدمه

میلگرد یا آرماتور، فولادی است که در بتن برای جبران مقاومت کششی پایین آن مورد استفاده قرار می گیرد. میلگردها به شکل های مختلف در اعضای بتنی مسلح مورد استفاده قرار می گیرند که معمولاً در نقشه های سازه ای، بطور دقیق ترسیم می شوند. کاربردهای مختلف میلگردها را در زیر مشاهده می کنید.

**میلگرد راستا:** برای افزایش مقاومت کششی بتن.

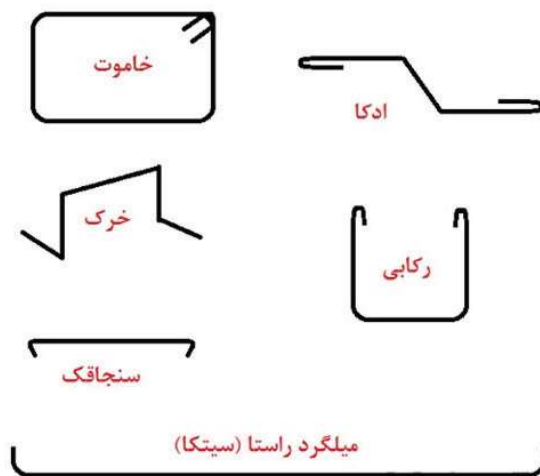
**خاموت:** برای جلوگیری از بیرون زدگی آرماتورهای طولی در اثر کمانش و تحمل نیروهای برشی و جلوگیری از گسترش ترک.

**سنجاقی:** برای تقویت مقاومت برشی خاموت ها و اتصال کامل بین میلگردهای طولی و خاموت.

**خرک:** برای قرار دادن دو شبکه ی متوالی افقی با فاصله ی معین در داخل قالب (در بتن ریزی های کف و فونداسیون).

**رکابی:** برای در امتداد نگه داشتن آرماتورهای طولی یا عمودی در بتن ریزی دیوارها و دال ها (به شکل حرف U) یا بین دو سفره آرماتور (شبکه مش بندی).

**ادکا:** برای تحمل لنگرهای منفی در تکیه گاه های تیر و برای تحمل نیروهای برشی.



شکل ۱-۳ کاربردهای مختلف میلگردها

بخش اول: کلیات

بخش دوم: مشخصات مورد نیاز آرماتورها در طراحی

بخش سوم: تست آخر فصل

### بخش اول: کلیات

آرماتورهای فولادی المان‌های میل‌های شکلی هستند که در ترکیب با بتن منجر به بهبود مقاومت کششی، فشاری، برشی و پیچشی آن می‌شوند. آرماتورهای فولادی شامل میلگردهای فولادی و سیم‌های فولادی می‌باشند. آرماتورهای فولادی گرم نوردیده شده را میلگرد فولادی و آرماتورهای سرد نوردیده شده یا سرد اصلاح شده را سیم‌های فولادی می‌گویند.



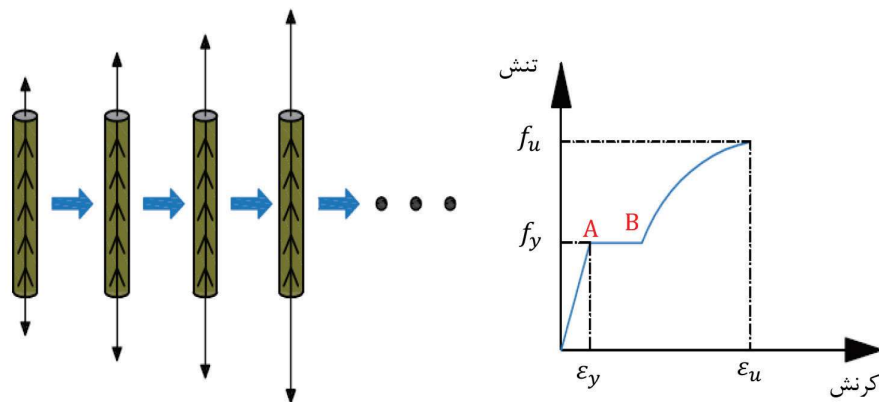
(ب)



(الف)

شکل ۱-۳- الف: سیم فولادی ب: میلگرد فولادی

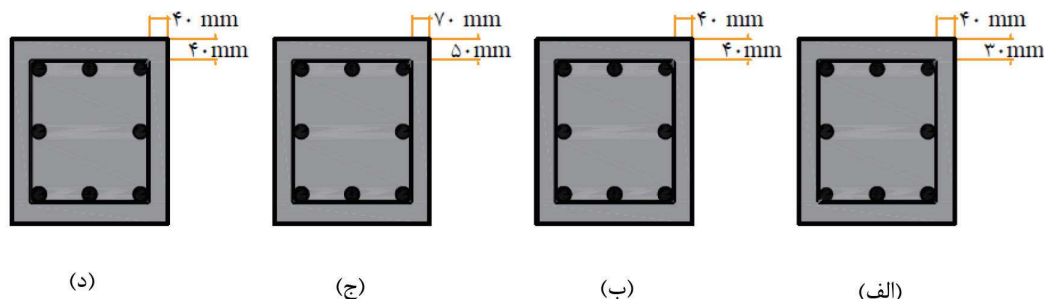
نام گذاری آرماتورها به صورت  $\phi N$  نمایش داده می‌شود که در آن  $N$  میزان قطر آرماتور برحسب میلی‌متر را مشخص می‌کند. برای مثال منظور از آرماتور  $\phi ۱۶$ ، آرماتور نمره ۱۶ و با قطر ۱۶ میلی‌متری است. اگر یک نمونه آرماتور فولادی را همانند نمونه بتنی تحت تنش‌های پیوسته (فشاری یا کششی) از مقدار کم تا مقدار مشخصی که منجر به گسیختگی فولاد شود قرار دهیم و همچنین کرنش‌های نظیر هر کدام از تنش‌ها را نیز مشخص نماییم. نموداری که با مولفه قائم تنش و مولفه افقی کرنش به دست می‌آید، نمودار تنش کرنش فولاد خواهد بود. ادامه به معرفی قسمت‌های مختلف این نمودار و نکات مربوط به آن خواهیم پرداخت.



شکل ۲-۳- نمودار تنش کرنش فولاد

همانطور که مشاهده میکنید، نمودار تنش و کرنش فولاد از سه بخش خطی، افقی، و غیر طی تشکیل شده است. در ناحیه اول رفتار فولاد کاملاً ارتجاعی بوده و پس از باربرداری جابه‌جایی پسماندی در نمونه فولادی باقی نمی‌ماند. ناحیه دوم که به صورت AB در نمودار نشان داده شده است، ناحیه تسلیم فولاد (پله تسلیم فولاد) بوده و هرچه کرنش موجود

**مثال:** در کدام یک از مقطع تیرهای زیر میزان پوشش بتن روی آرماتور به درستی در نظر گرفته شده است؟



|                            |                      |                      |                      |
|----------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| بتن در تماس هوا و خاک نیست | بتن در تماس دائم خاک | بتن در تماس دائم خاک | بتن در تماس یا هوا   |
| آرماتور طولی نمره ۱۸       | آرماتور طولی نمره ۲۴ | آرماتور طولی نمره ۲۲ | آرماتور طولی نمره ۱۶ |

**پاسخ** گزینه د صحیح است.

بررسی گزینه الف: در حالتی که بتن در تماس هوا و خاک نباشد، براساس جدول ۹-۴-۶ میزان پوشش بتن بر روی آرماتورهای طولی و عرضی حداقل باید ۴۰ میلی متر باشد. بنابراین گزینه الف غلط است.

بررسی گزینه ب: هنگامی که بتن در تماس دائم خاک است حداقل پوشش بتن بر روی آرماتورهای براساس جدول ۹-۴-۶، ۷۵ میلی متر است. بنابراین گزینه ب غلط است.

بررسی گزینه ج: هنگامی که بتن در تماس دائم خاک است حداقل پوشش بتن از هر سمت بر روی آرماتورهای براساس جدول ۹-۴-۶، ۷۵ میلی متر است. بنابراین گزینه ج غلط است.

بررسی گزینه د: طبق جدول ۹-۴-۶ هنگامی که بتن در تماس با هوا هست حداقل پوشش برای میلگردهای به قطر ۱۸ تا ۵۸ برابر با ۵۰ میلی متر و برای میلگردهای با قطر ۱۶ میلی متر و کمتر برابر با ۴۰ میلی متر است. همانطور که مشاهده کنید پوشش لازم برای آرماتورهای طولی تامین شده است.

### سایر مشخصات کمیلی

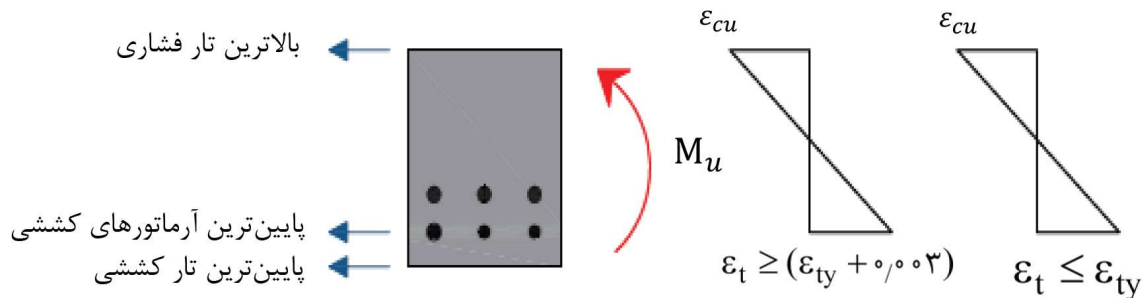
در صورت استفاده از قطعات آلومینیومی، این قطعات باید دارای پوشش مناسب برای جلوگیری از واکنش بین بتن و آلومینیوم یا بتن و فولاد باشند.

در مورد مشخصات گل میخ های سردار که به عنوان آرماتور برشی در دال های دو طرفه به کار برده می شوند، محدودیت های الف و ب باید رعایت شوند:

- الف** مساحت سطح سر گل میخ باید حداقل ۱۰ برابر سطح مقطع میله گل میخ باشد.
- ب** مقاو تسلیم مشخصه گل میخ باید حداقل ۳۵۰ مگاپاسکال باشد.

بعد به صورت مفصل صحبت خواهیم نمود). حال براساس بند ۹-۷-۴-۲ مقاطعی که تحت لنگر خمشی، نیروی محوری، و یا ترکیب لنگر و نیروی محوری قرار گرفته‌اند، در حالتی یک مقطع "کشش کنترل" تلقی می‌شوند که در آنها همزمان با لحظه‌ی گسیختگی مقطع و وقتی که کرنش حداکثر در دورترین تار فشاری بتن،  $\epsilon_{cu}$ ، به مرز  $0.003$  می‌رسد، کرنش خالص کششی در دورترین فولاد کششی مقطع ( $\epsilon_t$ ) بزرگتر یا مساوی ( $\epsilon_{ty} + 0.003$ ) باشد.  $\epsilon_{ty}$  کرنش تسلیم دورترین ردیف آرماتور کششی است؛ و برای میلگردهای آجدار از تقسیم تنش تسلیم بر مدول الاستیسیته‌ی فولاد تعیین می‌شود. (شکل ۵-۱)

همچنین براساس بند ۹-۷-۴-۳ مقاطعی که تحت لنگر خمشی، نیروی محوری، و یا ترکیب لنگر و نیروی محوری قرار گرفته‌اند، در حالتی یک مقطع فشار کنترل تلقی می‌شوند که در آنها همزمان با لحظه‌ی گسیختگی مقطع و وقتی که  $\epsilon_{cu}$ ، به مرز  $0.003$  می‌رسد، کرنش خالص کششی در دورترین فولاد کششی مقطع ( $\epsilon_t$ ) کوچکتر یا مساوی باشد. دقت شود برای آرماتور  $S240$ ، اجازه داده می‌شود که این حد کرنش برابر با  $0.002$  در نظر گرفته شود. (شکل ۵-۱)



آرماتورهای کششی

شکل ۵-۱ مقطع تیر بتن آرمه تحت لنگر خمشی مثبت در دو حالت کشش کنترل و فشار کنترل

براساس بند ۹-۷-۴-۴ نیز اگر در مقطع تحت لنگر خمشی، نیروی محوری، و یا ترکیب لنگر و نیروی محوری، همزمان با لحظه‌ی گسیختگی، کرنش خالص کششی در دورترین فولاد کششی بین حد کرنش فشار-کنترل ( $\epsilon_{ty}$ ) و حد کرنش کشش-کنترل ( $\epsilon_{ty} + 0.003$ ) قرار گیرد، مقطع در ناحیه انتقال منظور می‌شود. برای مقطع انتقالی، ضریب کاهش مقاومت  $\phi$  با درون‌یابی خطی بین حالت‌های قبلی، براساس رابطه‌های ۱ و ۲ محاسبه می‌شود. برای این مقطع همچنین اجازه داده می‌شود که از  $\phi$  مربوط به مقطع فشار-کنترل استفاده گردد.

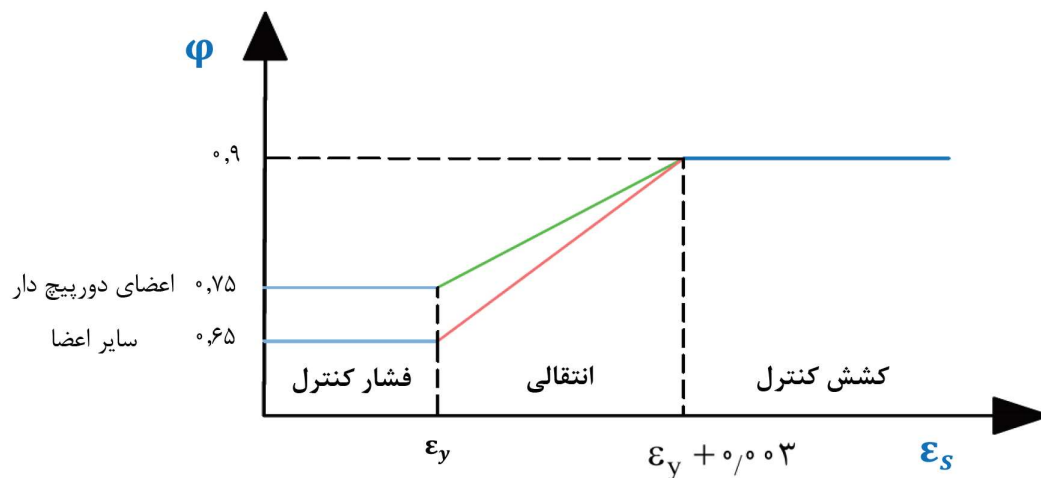
$$\phi = 0.75 + 0.15 \frac{(\epsilon_t - \epsilon_{ty})}{0.003} \quad (\text{اعضای با دور پیچ}) \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$\phi = 0.65 + 0.25 \frac{(\epsilon_t - \epsilon_{ty})}{0.003} \quad (\text{سایر اعضا}) \quad \text{رابطه (۲)}$$

## جدول ۹-۷-۲ ضرایب کاهش مقاومت براساس وضعیت مورد نظر در طراحی مقطع

| وضعیت مورد نظر در طراحی                                                                     | مقطع        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| لنگر، نیروی محوری و یا ترکیب لنگر و نیروی محوری<br>(الف) مقطع کشش کنترل                     | ۰/۹         |
| لنگر، نیروی محوری و یا ترکیب لنگر و نیروی محوری<br>(ب) مقطع فشار کنترل<br>▶ اعضای با دورپیچ | ۰/۷۵        |
| لنگر، نیروی محوری و یا ترکیب لنگر و نیروی محوری<br>(ب) مقطع فشار کنترل<br>▶ سایر اعضا       | ۰/۶۵        |
| لنگر، نیروی محوری و یا ترکیب لنگر و نیروی محوری<br>مقطع در ناحیه انتقالی                    | ۰/۶۵ - ۰/۹  |
| برش                                                                                         | ۰/۷۵        |
| پیچش                                                                                        | ۰/۷۵        |
| مقاومت اتکایی (لهیدگی)                                                                      | ۰/۶۵        |
| نواحی مهار پیسکشیده                                                                         | ۰/۸۵        |
| نشیمنها (براکتها و کوربلها)                                                                 | ۰/۷۵        |
| نواحی مختلف در مدل های بست و بند                                                            | ۰/۷۵        |
| اجزای اتصالات اعضای پیش اخته ای که با تسلیم عناصر فولادی در کشش کنترل می شوند.              | ۰/۹         |
| عناصر بتنی ساده (بدون فولاد)                                                                | ۰/۶         |
| مهار در عناصر بتنی                                                                          | ۰/۴۵ □ ۰/۷۵ |

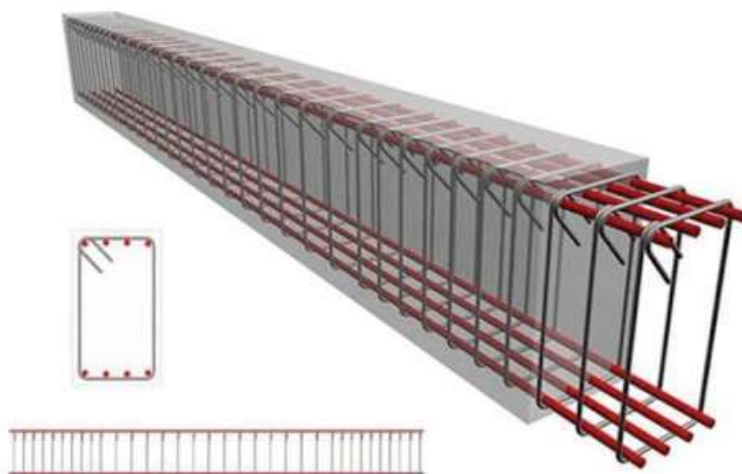
همچنین می توان با استفاده از نمودار زیر ضرایب کاهش مقاومت را برای سه ناحیه کشش کنترل، فشار کنترل و انتقالی محاسبه نمود.



نمودار محاسبه ضرایب کاهش مقاومت

## مقدمه

همانطور که پیشتر گفته شده، براساس اصول یکپارچگی، بار بر روی اعضای مختلف سازه منتقل شده تا در نهایت به خاک زیر پی برسد. یکی از اعضای که در مدار انتقال بار قرار می گیرند، تیرها هستند. برای اینکه تیرها در مدار انتقال بار به درستی عمل کنند، باید مقاومت حداقلی در برابر تنش های مختلف ایجاد شده در طول خود را دارا باشند. روش محاسبه این مقاومت حداقلی براساس ویرایش سال ۱۳۹۹ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان به روش طرح مقاومت است که در فصل اول به تفصیل توضیح داده شد. در ادامه به نکات مربوط به طراحی تیر بتن آرمه براساس نکات و ضوابط آیین نامه پرداخته خواهد شد.

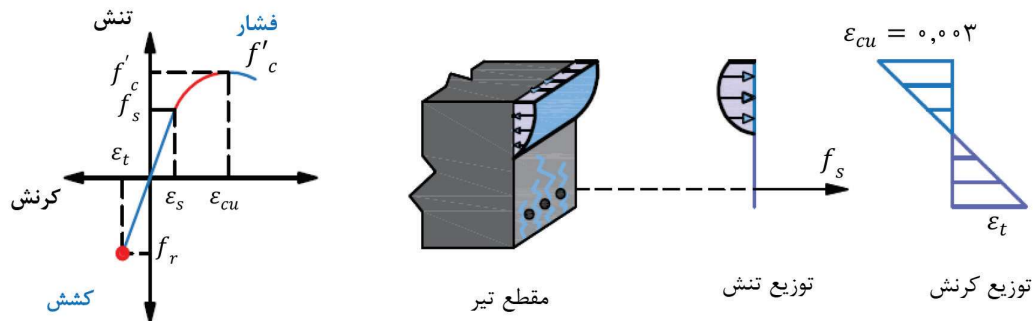


شکل ۱-۶ نماهای مختلف از تیر بتنی

- ▶ بخش اول: کلیات
- ▶ بخش دوم: ارزیابی مقاومت مقطع
- ▶ بخش سوم: محدودیت های آرماتورگذاری
- ▶ بخش چهارم: تیر T شکل
- ▶ بخش پنجم: سیستم تیرچه ی یک طرفه
- ▶ بخش ششم: تیرهای عمیق
- ▶ بخش هفتم: تیر T شکل
- ▶ بخش هشتم: تست آخر فصل

۹-۸-۲-۲-۴- از مقاومت کششی بتن در مقطع صرف نظر می‌گردد.

۹-۸-۲-۲-۵- رابطه‌ی بین تنش و کرنش فشاری بتن را می‌توان به صورت مستطیلی، دوزنقه‌ای، سهمی و یا هر شکل و منحنی دیگری در نظر گرفت؛ به شرط آنکه با نتایج آزمایشات جامع مرتبط تطابق داشته باشد.



شکل ۲-۶ حالت رفتاری مقاومت نهایی خمشی تیر بتن‌آرمه

می‌توان از توزیع تنش مستطیلی معادل، طبق مشخصات زیر استفاده نمود.

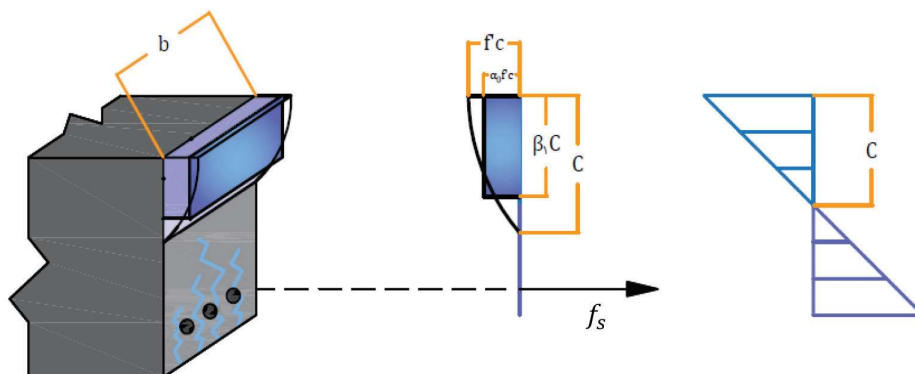
۹-۸-۲-۲-۶- تنش فشاری بتن برابر با  $0.85f'_c$  و با توزیع یکنواخت در ناحیه‌ی فشاری معادل که به وجوه جانبی مقطع و یک خط موازی با تار خنثی و به فاصله  $a$  از دورترین تار فشاری مقطع محدود می‌گردد، فرض می‌شود. عمق بلوک فشاری بتن ( $a$ ) از رابطه‌ی زیر تعیین می‌شود.

$$a = \beta_1 c$$

که در این رابطه  $c$  عمق تار خنثی، یعنی فاصله‌ی موقعیت تار بتنی با حداکثر کرنش فشاری تا تار خنثی در راستای عمود بر تار خنثی است.

ضریب  $\beta_1$  که ضریب عمق بلوک مستطیل معادل تنش فشاری است، به صورت زیر تعیین می‌شود:

$$\begin{cases} 17 \leq f'_c \leq 28 \text{ MPa} & \Rightarrow \beta_1 = 0.85 \\ f'_c > 28 \text{ MPa} & \Rightarrow \beta_1 = 0.85 - \frac{0.05}{\gamma} (f'_c - 28) \geq 0.65 \end{cases}$$



شکل ۳-۶ توزیع تنش معادل ویتنی

۹-۸-۴-۱-۶- اثر فشار مورب ناشی از خمش در اعضای با عمق متغیر را می‌توان در محاسبه  $V_c$  در نظر گرفت.  
 ۹-۸-۴-۲-۱- برای محاسبه  $V_c$  و  $V_s$  در مقاطع دایروی، عمق مؤثر مقطع ( $d$ ) را می‌توان برابر با  $\frac{8}{10}$  قطر، و عرض جان ( $b_w$ ) را معادل با قطر مقطع در مقاطع دایروی توپر و معادل با دو برابر ضخامت دیواره در مقاطع دایروی توخالی در نظر گرفت.

۹-۸-۴-۲-۲- برای برش یک طرفه، مقدار  $\sqrt{f'_c}$  در محاسبه  $V_c$ ، نباید از  $8.3$  مگاپاسکال بیشتر باشد؛ مگر در تیرها و تیرچه‌های بتنی که در آنها از حداقل فولاد برشی جان استفاده شده باشد.  
 ۹-۸-۴-۲-۳- در صورتی که از شبکه‌ی سیمی جوش شده استفاده شده باشد، مقاومت تسلیم  $f_y$  و  $f_{yt}$  که در محاسبه  $V_s$  به کار گرفته می‌شوند، نباید از  $550$  مگاپاسکال بیشتر باشند.

### ۹-۸-۴-۳ مقاومت برشی ۱ ای بتنی مرکب (غیر یکپارچه)

برای طراحی برشی تیربتنی مرکب به نکات زیر توجه کنید:

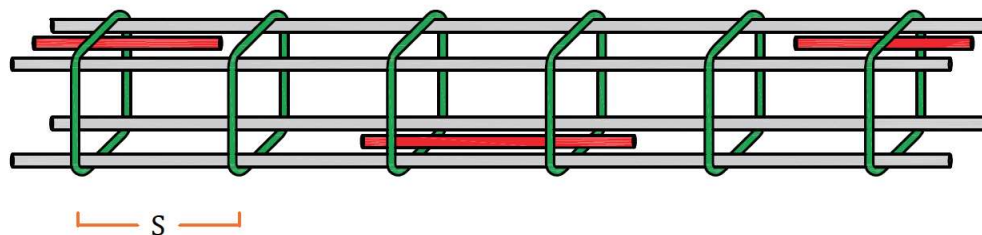
- در محاسبه  $V_n$  برای اعضای مرکبی که در محل مجزا ساخته شده و به صورتی بهم متصل شده‌اند که به طور واحد در مقابل بارها مقاومت می‌کنند، هیچ تفاوتی بین اعضای متکی به شمع و یا بدون اتکا به شمع وجود ندارد.
- در محاسبه  $V_n$  برای اعضای مرکب در صورتی که مقاومت فشاری، وزن مخصوص و یا مشخصه‌های دیگر بتن برای اجزای مختلف متفاوت باشند، برای هر عضو باید از مشخصات بتن مربوط به همان عضو استفاده کرد. به عنوان راهکار دیگر، می‌توان از مشخصه‌های بتن جزئی که بحرانی‌ترین مقدار  $V_n$  را بدست می‌دهد، استفاده نمود.
- اگر تمام یک عضو مرکب در تحمل نیروی برشی  $V_n$  مشارکت نماید، می‌توان در محاسبه  $V_c$ ، آن عضو مرکب را به صورت یک عضو یکپارچه‌ی بتنی با همان شکل سطح مقطع در نظر گرفت. در این حالت همچنین می‌توان در محاسبه  $V_s$ ، آن عضو مرکب را به صورت یک عضو یکپارچه بتنی با همان شکل سطح مقطع در نظر گرفت؛ بشرط آن‌که میلگردهای برشی عضو مرکب بطور کامل در قطعات متصل شده به یکدیگر آن عضو، با رعایت ضوابط مهار می‌لگردهای برشی، مهار شده باشند.

۹-۸-۴-۵-۳- استفاده از آرماتور برشی عرضی در یکی از حالت‌های زیر با تأمین شرایط لازم، مجاز می‌باشد:

- خاموت‌ها، تنگ‌ها یا دورگیرهای متعامد بر محور طولی عضو
- شبکه سیمی جوش شده با سیم متعامد بر محور طولی عضو
- دورپیچ‌ها

در این حالت  $V_s$  از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

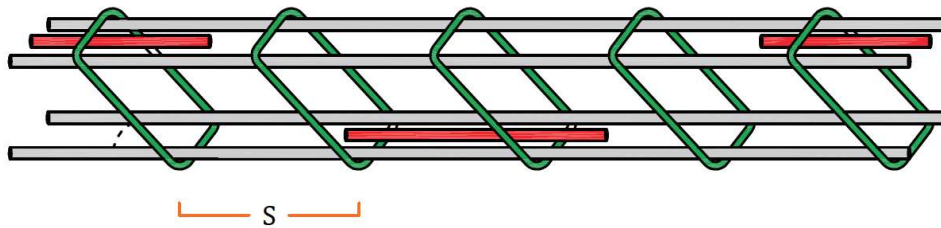
$$V_s = \frac{A_v f_{yt} d}{S}$$



شکل ۴-۶ خاموت عرضی در تیرها

۹-۸-۴-۵-۴- استفاده از خاموت‌های مورب با زاویه‌ی حداقل ۴۵ درجه نسبت به محور طولی عضو که صفحه‌ی ترک برشی محتمل را قطع می‌کند نیز به عنوان آرماتور برشی مجاز می‌باشد.  
در این حالت از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$V_s = \frac{A_v f_{yt} (\sin \alpha + \cos \alpha) d}{S}$$



شکل ۵-۶ آرماتور برشی مایل در تیرها

۹-۸-۴-۵-۴- با خم کردن میلگردهای طولی می‌توان سه چهارم میانی طول خم‌شده‌ی آنها را به عنوان آرماتور برشی در نظر گرفت؛ به شرط آنکه زاویه‌ی  $\alpha$  بین قسمت خم شده‌ی میلگردهای طولی و محور طولی عضو، کمتر از ۳۰ درجه نباشد.

برای محاسبه  $V_s$ ، دو حالت زیر را باید در نظر گرفت:

**الف** آرماتور طولی خم شده از یک یا چند میلگرد و یا گروه میلگردهای موازی و با فاصله شروع خم یکسان از تکیه‌گاه تشکیل شده باشد، در این حالت برابر با کمترین دو مقدار زیر است:

$$V_s = A_v f_y \sin \alpha$$

$$V_s = 0.75 \sqrt{f'_c} b_w d$$



شکل ۶-۶ فولادهای طولی خم شده با شروع خم یکسان

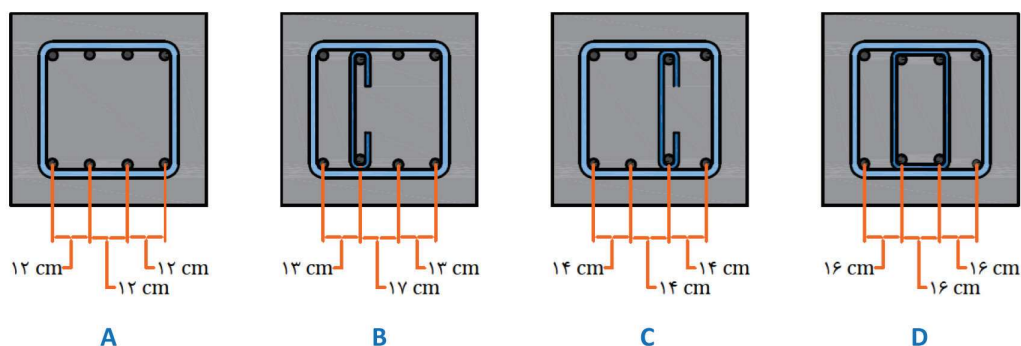
**ب** آرماتور طولی خم شده از میلگردهای طولی منفرد و یا گروهی موازی با شروع خم‌های متفاوت از تکیه‌گاه تشکیل شده باشد، در این حالت  $V_s$  برابر است با:

$$V_s = \frac{A_v f_{yt} (\sin \alpha + \cos \alpha) d}{S}$$

**الف** دو انتهای تنگ به قلاب استاندارد ۱۳۵ درجه و یا قلاب لرزه‌ای پیرامون میلگرد طولی ختم شده و انتهای خم باید در بتن هسته مهار شود.

**ب** در مواردی که بتن پیرامون مهار به دلیل وجود بال یا دال مستعد متلاشی شدن نیست، باید الزامات بندهای ۹-۲۱-۶-۱-۳-الف یا ۹-۲۱-۶-۱-۴-تأمین گردند.

**مثال:** مهندس طراح پس از محاسبه میزان خاموت مورد نیاز برای طراحی برشی یک تیر بتن‌آرمه، چهار مدل خاموت گذاری زیر را پیشنهاد داده است. چنانچه بتن مصرفی در تیرها از رده ۲۵C و آرماتورهای طولی از نوع S۴۰۰ و آرماتورهای عرضی از نوع S۳۴۰ باشند، همچنین قطر آرماتورهای طولی همگی ۲۲ میلی تر باشد. بگوئید کدام یک از چهار پیشنهاد مهندس طراح در خصوص آرماتورگذاری تیر قابل قبول می‌باشد.



A (الف)

B (ب)

C (ج)

D (د)

آرماتور قلاب‌دار

**پاسخ** گزینه د صحیح است.

طبق بند ۹-۲۱-۶-۴: در مقطع A شرط یک در میان مهار شدن آرماتورهای طولی رعایت نشده است. در مقطع B فاصله آرماتور طولی مهار نشده تا آرماتور طولی مهار شده توسط سنجاقی بیش از ۱۵ سانتی‌متر است. حال آنکه طبق این بند نباید فاصله آزاد بین آرماتور طولی مهار شده و مهار نشده بیش از ۱۵۰ میلی‌متر باشد. در مقطع C فاصله آرماتور طولی مهار نشده تا آرماتور طولی‌های مهار شده از هر دو طرف کمتر از ۱۵ سانتی‌متر است و قابل قبول است. در مقطع D همه آرماتورهای طولی مهار شده‌اند و قابل قبول است.

### دورپیچ‌ها

۹-۲۱-۶-۳-۱ دورپیچ‌ها باید متشکل از میلگرد یا سیم پیوسته با فاصله‌های مساوی بوده و فاصله‌ی آزاد آنها از یکدیگر شرایط زیر را تأمین نماید.

**الف** حداقل ۱,۳۳ برابر اندازه‌ی بزرگ‌ترین سنگ‌دانه و ۲۵ میلی‌متر، هر کدام بزرگ‌تر است.

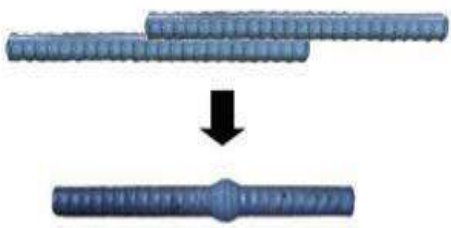
**ب** حداکثر ۷۵ میلی‌متر.



وصله پوششی



وصله اتکایی



وصله جوشی



وصله مکانیکی

شکل ۶-۱۶ انواع وصله‌های آرماتورهای طولی

#### • وصله پوششی

وصله پوششی آرماتورها به دو طریق می‌تواند صورت بگیرد.

- ۱ آرماتورهای وصله شونده موازی با هم و با کمی فاصله از هم باشند (وصله پوششی غیرتماسی).
- ۲ آرماتورهای وصله شونده موازی با هم و توسط سیم آرماتور به هم چسبیده باشند (وصله پوششی تماسی).



شکل ۷-۱۶ وصله پوششی تماسی و وصله پوششی غیر تماسی

۹-۲۱-۱۴-۲ - استفاده از وصله پوششی در چه مواردی مجاز است؟

- الف در کشش و فشار برای میلگردهای با قطر کمتر یا مساوی ۳۴ میلی‌متر؛
- ب در فشار برای وصله میلگردهای با حداکثر قطر ۴۲ میلی‌متر به میلگردهای با قطر ۳۴ میلی‌متر و کمتر با تأمین شرایط زیر:

برای وصله پوششی میلگردهای با قطرهای متفاوت در فشار، طول وصله پوششی نباید از هیچ یک از مقادیر زیر کمتر باشد.

طول گیرایی در فشار ( $l_{dc}$ ) برای میلگردهای با قطر بزرگتر، محاسبه شده در بخش قبل

حداقل دورپیچ و دورگیر دایره‌ای که باید در ناحیه بحرانی ستون با شکل‌پذیری ویژه قرار داده شود:

**الف** در صورتی که  $P_u \leq 0.3 A_g f'_c$  یا  $f'_c \leq 70 \text{ MPa}$  باشد، مقدار  $\rho_s$  باید از مقدار محاسبه شده رابطه زیر بیشتر باشد.

$$\rho_s = \frac{\pi d_s^2}{D_c S} \geq \max \left\{ \begin{array}{l} 0.45 \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}} \\ 0.12 \frac{f'_c}{f_{yt}} \end{array} \right.$$

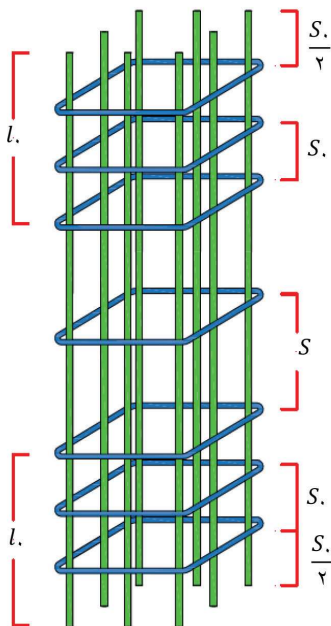
**ب** در صورتی که  $P_u > 0.3 A_g f'_c$  یا  $f'_c > 70 \text{ MPa}$  باشد، مقدار  $\rho_s$  باید از مقدار محاسبه شده رابطه زیر بیشتر باشد.

$$\rho_s = \frac{A_{sh}}{s b_c} \geq \max \left\{ \begin{array}{l} 0.45 \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}} \\ 0.12 \frac{f'_c}{f_{yt}} \\ 0.35 k_f \frac{P_u}{f_{yt} A_{ch}} \end{array} \right.$$

آزمون قنات

### خلاصه ضوابط دورگیرها در ستون با شکل‌پذیری زیاد

طول ناحیه بحرانی ستون دارای دورگیر و دورپیچ:



$$l_d \geq \max \left\{ \frac{1}{6} l_u \cdot c_r \cdot 450 \text{ mm} \right\}$$

برای فولادهای با مقاومت تسلیم ۴۲۰ مگاپاسکال و کمتر:

$$S_s \leq \min \left\{ 6 d_b \cdot \frac{c_1}{4} \cdot S' \right\}$$

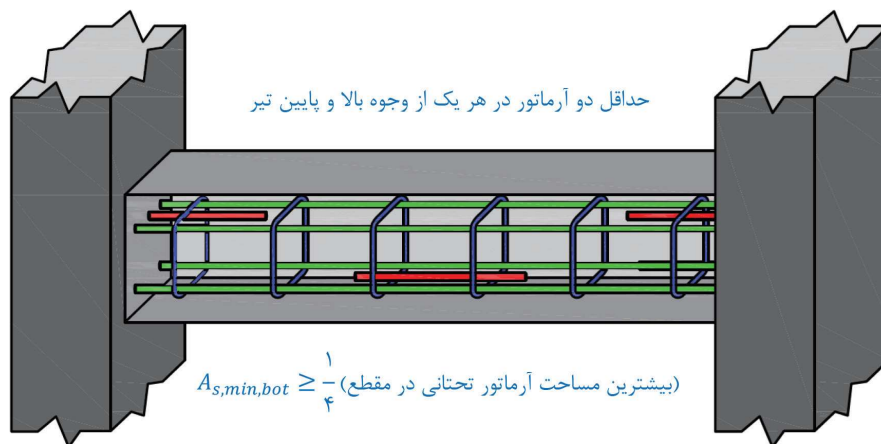
برای فولادهای با مقاومت تسلیم ۵۲۰ مگاپاسکال و بیشتر:

$$S_s \leq \min \left\{ 5 d_b \cdot \frac{c_1}{4} \cdot S' \right\}$$

$$100 \text{ mm} \leq S' = 100 + \left( \frac{350 - h_x}{3} \right) \leq 150 \text{ mm}$$

شکل ۱۵-۱۵ حداکثر فواصل دورگیرها در قسمت‌های

مختلف ستون با شکل‌پذیری زیاد



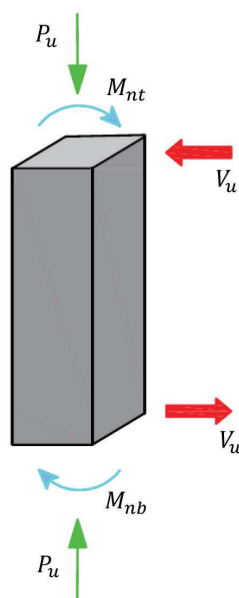
شکل ۴-۱۵ ضوابط آرماتور طولی برای تیر با شکل پذیری کم

### ضوابط شکل پذیری در ستون های بتن آرمه

در ستون های با شکل پذیری کم، جهت تأمین مقاومت برشی و پیچشی از دورگیرها و دورپیچها استفاده می شود. از ضوابط لرزه ای برشی که در خصوص ستون های با شکل پذیری کم وجود دارد، تعیین نیروی برشی تقاضا ( $V_u$ ) می اشد. بدین صورت که در ستون هایی که طول آزاد آنها  $l_u \leq 5C_1$  است، مقدار  $\phi V_n$  باید حداقل برابر با کمترین دو مقدار زیر باشد:

**الف** برش متناظر با مقاومت خمشی اسمی در هر یک از دو انتهای مقید طول آزاد با منظور نمودن انحنای خمشی دو جهته ستون. مقاومت خمشی ستون باید براساس بار محوری ضریب دار، همساز با جهت نیروهای جانبی که بیشترین مقاومت خمشی را نتیجه می دهند، محاسبه گردد.

**ب** حداکثر برش به دست آمده از ترکیب های بارگذاری که در آنها زلزله تشدید یافته ی  $\Omega_E E$  جایگزین  $E$  شده باشد.



$$V_u = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{M_{nt} + M_{nb}}{l_u} \\ \frac{1}{2} V_D + \Omega_E V_E + \frac{1}{10} V_L + \frac{1}{2} V_S \end{array} \right.$$

( $C_1$  = بُعد ستون مستطیلی یا معادل مستطیلی، در راستای دهانه ای که در آن لنگرها تعیین می وند).