



مبحث نهم مقررات ملی ساختمان  
طرح و اجرای ساختمان های بتن آرمه

تهیه کننده: دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان

این کتاب در خصوص مقررات مربوط به طرح و اجرای سازه های بتن آرمه و مشخصات مواد و مصالح تشکیل دهنده و مشتمل بر ۲۰ بخش به شرح زیر می باشد:

## ۹- طرح و اجرای ساختمان های بتن آرمه

### ۹-۱- کلیات

- ۹-۱-۱- هدف
- ۹-۱-۲- دامنه کاربرد
- ۹-۱-۳- مبانی طراحی
- ۹-۱-۴- ضوابط خاص برای تأمین ایمنی در برابر زلزله
- ۹-۱-۵- واحدها
- ۹-۱-۶- علائم و اختصارات

### ۹-۲- شرایط کلی ارائه و تصویب طرح و نظارت

- ۹-۲-۱- ارائه طرح و محاسبه، نقشه ها و مدارك فني
- ۹-۲-۲- نظارت و بازرسی
- ۹-۲-۳- آزمایش بارگذاري
- ۹-۲-۴- تصویب روشهاي خاص طراحی یا اجرا

### ۹-۳- مصالح بتن

- ۹-۳-۱- کلیات
- ۹-۳-۲- سیمان
- ۹-۳-۳- سنگدانه
- ۹-۳-۴- آب
- ۹-۳-۵- مواد افزودنی
- ۹-۳-۶- مواد جایگزین سیمان

### ۹-۴- میلگردهای فولادی

- ۹-۴-۰۰- علائم اختصاري
- ۹-۴-۰۱- تعاریف
- ۹-۴-۰۲- استانداردهای مشخصات و آزمونهای میلگردها
- ۹-۴-۰۳- طبقه بندی میلگردها از نظر روش ساخت
- ۹-۴-۰۴- طبقه بندی میلگردها از نظر مکانیکی
- ۹-۴-۰۵- انواع شکل روبه
- ۹-۴-۰۶- مشخصات هندسی میلگردها
- ۹-۴-۰۷- مشخصات مکانیکی میلگردها
- ۹-۴-۰۸- تواتر نمونه برداري
- ۹-۴-۰۹- جوش پذیری
- ۹-۴-۱۰- نشانه گذاری و بسته بندی میلگردها
- ۹-۴-۱۱- گواهینامه فني
- ۹-۴-۱۲- ضوابط حمل و نقل، انبارکردن و نگهداري

## ۵-۹- استانداردهای مشخصات و آزمایشها

۱-۵-۹- استانداردهای مربوط به این مبحث

### ۶-۹- کیفیت بتن

۰۰-۶-۹- علائم اختصاری

۱-۶-۹- کلیات

۲-۶-۹- مبانی تعیین نسبتهای اختلاط بتن

۳-۶-۹- پایایی بتن

۴-۶-۹- تعیین نسبتهای اختلاط براساس تجربه

کارگاهی و مخلوطهای آزمایشی

۵-۶-۹- ارزیابی و پذیرش بتن

۶-۶-۹- بررسی بتن‌های با مقاومت کم یا دوام

کم

۷-۶-۹- کنترل و بازرسی

### ۷-۹- اختلاط بتن و بتن‌ریزی

۱-۷-۹- نیروی انسانی، تجهیزات آماده‌سازی

محل بتن‌ریزی

۲-۷-۹- اختلاط بتن

۳-۷-۹- انتقال بتن

۴-۷-۹- بتن‌ریزی

۵-۷-۹- مالش‌کشی و پرداخت بتن

۶-۷-۹- عمل آوردن بتن

۷-۷-۹- بتن‌ریزی در شرایط ویژه

۸-۷-۹- روشهای ویژه کاربرد بتن

۹-۷-۹- کنترل و بازرسی

### ۸-۹- آرماتوربندی

۱-۸-۹- مشخصات و شرایط اجرایی

۲-۸-۹- جزئیات آرماتوربندی

### ۹-۹- ضوابط قالب بندی در بتن و درزهای اجرایی

۰-۹-۹- علائم اختصاری

۱-۹-۹- کلیات

۲-۹-۹- مصالح

۳-۹-۹- ضوابط طراحی

۴-۹-۹- اجرا

۵-۹-۹- قالب برای بتن‌ریزی در زیر آب

۶-۹-۹- لوله‌ها و مجراهای مدفون در بتن

۷-۹-۹- درزهای بتن

### ۱۰-۹- اصول تحلیل و طراحی

۰-۱۰-۹- علائم اختصاری

۱-۱۰-۹- گستره

۲-۱۰-۹- اهداف طراحی

۳-۱۰-۹- روش طراحی

۴-۱۰-۹- ضرایب ایمنی

۵-۱۰-۹- اعضای سازه‌ای

- ۹-۱۰-۶- اصول تحلیل
- ۹-۱۰-۷- مشخصات مصالح
- ۹-۱۰-۸- مشخصات هندسی
- ۹-۱۰-۹- بارگذاری
- ۹-۱۰-۱۰- طراحی در حالت حدی نهایی
- مقاومت
- ۹-۱۰-۱۱- کنترل در حالت حدی بهره‌برداري
- ۹-۱۱-۱۱- خمش و بارهای محوري**
- ۹-۱۱-۰۰- علائم اختصاري
- ۹-۱۱-۱- گستره
- ۹-۱۱-۲- حالت حدی نهایی مقاومت در خمش و نیروی محوري
- ۹-۱۱-۳- فرضیات طراحی مقطع
- ۹-۱۱-۴- ضوابط کلی طراحی
- ۹-۱۱-۵- محدودیت‌های آرماتورها در قطعات خمشی
- ۹-۱۱-۶- ضوابط تیرهای T شکل و تیرچه‌های بتنی
- ۹-۱۱-۷- فاصله تکیه‌گاه‌های جانبی قطعات خمشی
- ۹-۱۱-۸- ابعاد طراحی برای قطعات فشاری
- ۹-۱۱-۹- محدودیت آرماتورها در قطعات فشاری (ستونها)
- ۹-۱۱-۱۰- مقاومت اتکایی
- ۹-۱۱-۱۱- محدودیت‌های فولادگذاری جهت اعضای خمشی یا فشاری
- ۹-۱۱-۱۲- جزئیات خاص آرماتوربندی ستونها
- ۹-۱۲-۱۲- برش و پیچش**
- ۹-۱۲-۰۰- علائم اختصاري
- ۹-۱۲-۱- گستره
- ۹-۱۲-۲- حالت حدی نهایی مقاومت در برش
- ۹-۱۲-۳- نیروی برشی تأمین شده توسط بتن
- ۹-۱۲-۴- نیروی برشی تأمین شده توسط آرماتورها
- ۹-۱۲-۵- ضوابط کلی طراحی برای برش
- ۹-۱۲-۶- محدودیت‌های آرماتور برشی
- ۹-۱۲-۷- حالت حدی مقاوم نهایی در پیچش
- ۹-۱۲-۸- لنگر پیچشی مقاوم نهایی تأمین شده توسط آرماتورهای پیچشی
- ۹-۱۲-۹- ترکیب پیچش و خمش
- ۹-۱۲-۱۰- محدودیتها
- ۹-۱۲-۱۱- لنگر پیچشی نهایی در اعضای سازه‌های نامعین

- ۹-۱۲-۱۲- اثر توأم برش و پیچش
- ۹-۱۲-۱۳- برش اصطکاکي
- ۹-۱۲-۱۴- ضوابط ویژه برای اعضای خمشی با ارتفاع زیاد(تیر تیغه‌ها)
- ۹-۱۲-۱۵- ضوابط ویژه برای دستکها و شانه‌ها
- ۹-۱۲-۱۶- ضوابط ویژه برای دیوارها
- ۹-۱۲-۱۷- ضوابط ویژه برای دالها و پی‌ها
- ۹-۱۲-۱۸- ضوابط ویژه برای اتصالات قابها

#### ۹-۱۳- آثار لاغري-کمانش

- ۹-۱۳-۰۰- علائم اختصاري
- ۹-۱۳-۰۱- گستره
- ۹-۱۳-۰۲- کلیات
- ۹-۱۳-۰۳- طبقات مهارشده جانبي
- ۹-۱۳-۰۴- طول آزاد قطعات فشاري
- ۹-۱۳-۰۵- طول مؤثر قطعات فشاري
- ۹-۱۳-۰۶- شعاع ژیراسیون
- ۹-۱۳-۰۷- ضوابط اثر لاغري
- ۹-۱۳-۰۸- روش تشدید لنگرهای خمشی
- ۹-۱۳-۰۹- حداقل برون محوري بار
- ۹-۱۳-۱۰- اثر لاغري در قطعات فشاري تحت اثر خمش دو محوره
- ۹-۱۳-۱۱- تشدید لنگر خمشی در قطعات خمشی متصل به قطعات فشاري

#### ۹-۱۴- تغییر شکل و ترك خوردگي

- ۹-۱۴-۰۰- علائم اختصاري
- ۹-۱۴-۰۱- گستره
- ۹-۱۴-۰۲- تغییر شکل
- ۹-۱۴-۰۳- ترك خوردگي

#### ۹-۱۵- طراحی دالها

- ۹-۱۵-۰۰- علائم اختصاري
- ۹-۱۵-۰۱- گستره
- ۹-۱۵-۰۲- تعاریف
- ۹-۱۵-۰۳- ضوابط كلي طراحی دالها
- ۹-۱۵-۰۴- آرما توریگذاری در دالها

#### ۹-۱۶- دیوارها

- ۹-۱۶-۰۰- علائم اختصاري
- ۹-۱۶-۰۱- گستره
- ۹-۱۶-۰۲- تعاریف
- ۹-۱۶-۰۳- ضوابط كلي طراحی دیوارها
- ۹-۱۶-۰۴- محدودیت آرما تورها
- ۹-۱۶-۰۵- دیوارهای باربر
- ۹-۱۶-۰۶- دیوارهای برشي
- ۹-۱۶-۰۷- دیوارهای حائل

## ۱۷-۹- پی‌ها

۰۰-۱۷-۹ علائم اختصاری

۱-۱۷-۹ گستره

۲-۱۷-۹ تعاریف

۳-۱۷-۹ ضوابط کلی طراحی

۴-۱۷-۹ ضوابط تعیین بارهای وارد بر پی‌ها

۵-۱۷-۹ محدودیت آرماتورها

۶-۱۷-۹ انتقال نیرو از پای ستون، دیوار یا

ستون پایه‌بندی بتنی به پی

۷-۱۷-۹ کلافهای رابط بین پی‌ها

۸-۱۷-۹ حداقل آرماتور کششی پی ناشی از

حرارت و جمع‌شدگی

## ۱۸-۹- مهار و وصله آرماتورها

۰۰-۱۸-۹ علائم اختصاری

۱-۱۸-۹ گستره

۲-۱۸-۹ مهار میلگردها

۳-۱۸-۹ مهار آرماتورهای خمشی

۴-۱۸-۹ وصله میلگردها

## ۱۹-۹- ضوابط ویژه طراحی در برابر حریق

۰۰-۱۹-۹ علائم اختصاری

۱-۱۹-۹ گستره

۲-۱۹-۹ مدت زمان مقاومت در برابر حریق

۳-۱۹-۹ اثر تغییرات درجه حرارت بر مقاومت

مصالح مصرفی

۴-۱۹-۹ ملاحظات طراحی

## ۲۰-۹- ضوابط ویژه برای طراحی در برابر زلزله

۰۰-۲۰-۹ علائم اختصاری

۱-۲۰-۹ گستره

۲-۲۰-۹ ضوابط کلی طراحی

۳-۲۰-۹ ضوابط سازه‌های با شکل‌پذیری

متوسط

۴-۲۰-۹ ضوابط سازه‌های با شکل‌پذیری زیاد



## کلیات

### ۱-۱-۹ هدف

هدف این مبحث ارائه حداقل ضوابط و مقرراتی است که با رعایت آنها شرایط ایمنی، قابلیت بهره برداری و پایایی سازه‌های موضوع این مبحث فراهم شود.

### ۲-۱-۹ دامنه کاربرد

ضوابط و مقررات این مبحث باید در طرح، محاسبه، اجرا و کنترل مشخصات مواد تشکیل دهنده و کیفیت اجرای سازه‌های بتنی رعایت شوند و حاوی ضوابط و مقررات مربوط به سازه‌های بتن آرمه‌ای است که با سنگدانه‌های معمولی و سیمان پرتلند یا سیمان آمیخته ساخته می‌شوند و مقاومت مشخصه آنها حداقل برابر ۲۰ مگاپاسکال می‌باشد.

### ۳-۱-۹ مبانی طراحی

۱-۳-۱-۹- در این مبحث مبانی طراحی سازه‌ها برای حصول ایمنی و قابلیت بهره‌برداری، بررسی و کنترل آنها در حالت‌های حدی است. روش کلی طراحی مبتنی بر جنبه‌های احتمالاتی است که با اعمال ضرایب جزئی ایمنی به مقادیر مشخصه بارها و آثار مؤثر برسازه طبق مبحث ششم مقررات ملی ساختمان و مقادیر مشخصه مقاومت‌های بتن و فولاد، در محاسبه منظور می‌شوند.

۲-۳-۱-۹- پایایی سازه‌ها با توجه به شرایط روبرویی آنها با محیط، از طریق انتخاب شکل قطعات متناسب با این شرایط، مراعات مشخصات فنی اجرایی از قبیل کیفیت و حداقل مقدار سیمان، کیفیت آب، نسبت‌های آب به سیمان، نوع و کیفیت سنگدانه‌ها، حداکثر مقدار مواد زیان آور در مواد تشکیل دهنده بتن، نسبت‌های اختلاط، شرایط ریختن و جادادن بتن، عمل آوردن و مراقبت بتن، ضخامت پوشش بتن و درزهای ساختمانی،

تامین می‌شود.

### ۹-۱-۴ ضوابط خاص برای تأمین ایمنی در برابر زلزله

در این مبحث برای رفتار سازه‌های بتن آرمه در برابر آثار ناشی از زلزله، سه حد شکل پذیری کم، شکل‌پذیری متوسط و شکل‌پذیری زیاد در نظر گرفته شده است. ضوابط مندرج در متن این مبحث تأمین‌کننده حد شکل‌پذیری کم و ضوابط ویژه فصل بیستم برای تأمین حدود شکل‌پذیری متوسط و زیاد می‌باشد.

### ۹-۱-۵ واحدها

سیستم واحدهای مورد استفاده برای کمیت‌های مختلف در این مبحث سیستم دهدهی بین‌المللی (SI) است.

واحدهایی که در این مبحث مورد استفاده قرار گرفته‌اند، عبارتند از:

- الف - برای طول متر m و میلی‌متر (mm)
- ب - برای سطح، متر مربع ( $m^2$ ) و میلی‌متر مربع ( $mm^2$ )
- پ - برای بارهای متمرکز، کیلو نیوتن (kN) و برای بارهای گسترده، کیلو نیوتن بر متر (kN/m) و کیلونیوتن بر متر مربع ( $kn/m^2$ )، برابر با یک کیلو پاسکال (kpa)
- ت - برای جرم مخصوص (جرم واحد حجم)، کیلوگرم بر متر مکعب ( $kg/m^3$ )
- ث - برای وزن مخصوص (وزن واحد جرم)، کیلو نیوتن بر متر مکعب ( $kn/m^3$ )
- ج - برای تنش‌ها و مقاومت‌ها، مگاپاسکال Mpa، معادل یک نیوتن بر میلی‌متر مربع، یا مگا نیوتن بر متر مربع ( $MN/m^2$ ) و گیگا پاسکال، معادل هزار مگاپاسکال
- چ - برای لنگرها، کیلو نیوتن-متر (KN.m)
- ح - برای دما، درجه سلسیوس (سانتیگراد) °C

### ۹-۱-۶ علائم و اختصارات

علائم و اختصارات مورد استفاده در این مبحث بطور کلی بنحوی اختیار شده است که هماهنگ با علائم و اختصارات متحد الشکل مورد تایید سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO) می‌باشد.

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می‌باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.





## فصل دوم شرایط کلی ارائه و تصویب طرح و نظارت

### ۹-۲-۱ ارائه طرح و محاسبه، نقشه ها و مدارک فنی

۹-۲-۱-۱-۱- نقشه های سازه های بتن آرمه باید بر مبنای نقشه های معماری، که در آن تمامی اندازه ها، ارتفاع ها و سایر ویژگی های اصلی ساختمان به وضوح تعیین شده است، تهیه شوند. یک نسخه از نقشه های معماری مذکور که مبنای محاسبات سازه بتن آرمه قرار گرفته و به امضای مهندس محاسب رسیده باشد باید به نقشه های سازه بتن آرمه ضمیمه به مقامات رسیدگی کننده تحویل شود.

۹-۲-۱-۲ همراه با نقشه های سازه بتن آرمه، که برای تصویب ارائه شمی شوند، باید دفترچه محاسبات فنی شامل نکات زیر ارائه شود.

الف - ویژگی های اصلی به طور اختصار و معرفی ساختمان از نظر نوع بهره برداری، محل اجرای، تعداد طبقات و ارتفاع.

ب - فرضیات و مطالعات انجام شده در مورد مقاومت خاک، سطح سفره آب زیرزمینی و سایر اطلاعات ژئوتکنیکی لازم.

پ - آئین نامه ها و سایر مباحث مورد استفاده

ج- ویژگی های مصالح مورد استفاده در ساختمان از قبیل فولاد و سیمان مصرفی در بتن و مقاومت های مشخصه بتن در سنین استاندارد یا مراحل تعیین شده برای اجرا، که طراحی براساس آنها انجام پذیرفته است.

ث- فرض های محاسباتی از نظر مشخصات بارهای دائمی، سربارهای بهره برداری، بارهای جوی (باد و برف) و بارهای اتفاقی (زلزله و...)

خ- پلان ها و نقشه قاب های بارگذاری شده.

د- روش های مورد استفاده برای تحلیل و طراحی، نرم افزارهای مورد استفاده برای این امر تنش ها و ضرایب

ویژه‌ای که مبنای محاسبه قرار گرفته‌اند.

ذ - جزئیات عملیاتی محاسباتی با افزودن کروکی‌ها و توضیحات لازم و مشخص کردن نتایج اصلی محاسباتی به صورت واضح و روشن، بطوریکه رسیدگی به محاسبات تا حد امکان آسان باشد. در صورت به کار بردن روشهای رایج باید مشخصات و مبنای برنامه‌های مورد استفاده، فرضها، داده‌های اولیه و نتایج بدست آمده ضمیمه دفترچه محاسبه شوند.

۲-۱-۲-۹- بسته به مورد دو نوع نقشه برای اجرای ساختمان‌ها تهیه می‌شوند:  
 ۲-۹-۱-۳-۱- نقشه‌های اجرایی، که علاوه بر اطلاعات نقشه‌های محاسباتی، شامل جزئیات اجرایی سازه از قبیل قطر، تعداد و طول میلگردها، محل قطع و وصله کردن آنها، نوع وصله‌ها و نظایر آن هستند، بطوریکه اجرای سازه به کمک این نقشه‌ها بدون ابهام میسر باشد. نقشه‌های اجرایی سازه‌های بتن آرمه با رعایت شرایط زیر باید توسط مهندس محاسب صلاحیتدار تهیه و به مقامات رسیدگی کننده تسلیم شود:  
 الف - نقشه‌ها باید با اطلاعات کافی و به طور واضح و با مقیاس قابل قبول تهیه شوند.  
 ب- مقاومت خاک مبنای محاسبه و نیز ویژگی‌های مکانیکی بتن و فولاد باید ذکر شود.  
 پ- ابعاد و موقعیت تمام قطعات سازه‌ای، موقعیت و ابعاد تمامی بازشوها و سوراخ‌ها باید در نقشه‌ها داده شوند.

ت- جزئیات و مقاطع لازم برای تهیه نقشه‌های کارگاهی، قطر میلگردها، محل خم، قطع و وصله کردن آنها و اندازه‌های مربوط، باید داده شوند. قسمتی از این اطلاعات را می‌توان در جدول میلگردها قید کرد.  
 ث- ضخامت پوشش بتن روی میلگردها، قطر بزرگترین سنگدانه قابل مصرف در بتن و حداکثر نسبت آب به سیمان و مقاومت مشخصه بتن و فولاد باید در نقشه داده شوند.  
 ج- موقعیت درزهای انقطاع، انبساط، اجرایی و جزئیات آنها در نقشه‌ها داده شوند.  
 چ- تهیه جدول میلگرد و تعیین وزن فولاد مصرفی به تفکیک هر نوع میلگرد، جزو وظایف طراح ساختمان در قبال کارفرما است، ولی تسلیم آن برای اخذ پروانه ساختمان ضرورت ندارد مگر موقعی که قسمتی از اطلاعات مربوط به میلگردها و نقشه‌های اجرایی قید نشده و تنها در این جدول به آنها اشاره شده باشد.  
 ۲-۹-۱-۳-۲- نقشه‌های کارگاهی، که متناسب با شرایط هر سازه و سازندگان آن، با استفاده از جزئیات داده شده در نقشه‌های اجرایی و با مقیاس بزرگ، برای قسمت‌های خاص و حساس سازه تهیه می‌شوند. این نقشه‌ها باید براساس نیازهای کارگاه و بر مبنای نقشه‌های اجرایی، همزمان با عملیات اجرایی تهیه شوند و به تأیید دستگاه نظارت برسند.

## ۲-۲-۹ نظارت و بازرسی

۲-۲-۲-۹- اجرای سازه‌های بتن آرمه باید تحت نظر مهندسان صاحب صلاحیت انجام گیرد. توصیه می‌شود که تا حد امکان نظارت عالی توسط مهندس محاسب یا افراد صلاحیت‌داری که نمایندگی او را دارند انجام پذیرد.  
 ۲-۲-۲-۹- دفتری بنام دفتر کارگاه باید همواره، در کارگاه موجود باشد و در آن موارد زیر برای تمامی بتن‌ها درج شوند.

- الف- رده، کیفیت و نسبت‌های اختلاط مصالح بتن.
- ب- تاریخ قالب‌بندی، و آرماتورگذاری، بتن ریزی و قالب برداری.
- پ- ساعت ساخت و ریختن بتن.
- ت- شرایط جوی، از قبیل دما و بارندگی.
- ث- نتایج آزمایش‌هایی که روی نمونه‌های مختلف انجام می‌شوند.
- ج- هرگونه بار قابل توجه اعمال شده بر کفهای تمام شده، دیوارها و سایر اعضا در حین ساخت.
- چ- نام، سمت و امضای عوامل اجرایی فنی حاضر در محل کار.
- ح- پیشرفت کلی کار.
- پرونده گزارش‌های روزانه حاوی اطلاعات یاد شده می‌تواند جایگزین دفتر کارگاه شود.

**۲-۲-۲-۹** در مواقعی که دما کمتر از ۵ و یا بیشتر از ۳۲ درجه سلیسیوس باشد درج ارقام کامل مربوط به دما در دفتر کارگاه ضرورت قطعی دارد. در این گونه موارد باید تمامی تدابیری که برای حفظ بتن از سرما و گرما به کار برده شده است در دفتر کارگاه منعکس شود.

**۲-۲-۲-۹** دفتر کارگاه ( یا پرونده گزارش‌های روزانه ) شامل اطلاعات مذکور باید به امضای مهندس مسؤل و ناظر کارگاه برسد و در تمام مدت اجرای عملیات ساختمانی در محل کارگاه باشد، بطوریکه هنگام مراجعه بازرسان ساختمان بتواند در اختیار آنان قرار گیرد.

یک نسخه از این دفتر باید بعد از اتمام عملیات ساختمانی همراه با نقشه‌های اجرایی نهایی، نزد صاحب کار ( نظیر اسناد مالکیت ) و نسخه دیگر نزد مهندس ناظر حفظ و نگهداری شود. ضبط و نگهداری این اطلاعات به صورت رایبانه‌ای برای ساختمان‌های مهم الزامی است.

**۲-۲-۲-۹** چنانچه ضمن اجرای کارهای ساختمانی و در نتیجه بازرسی ساختمان ( یادآوری ۱ ) ملاحظه شود که کارها طبق نقشه‌های اجرایی انجام نیافته یا در اجرای بعضی از قسمت‌های کار اصول فنی مراعات نشده است بازرسان ساختمان باید مراتب را به مسؤل کارگاه تذکر دهند و در صورتی که معایب موجود احتمال بروز خطری برای ساختمان داشته باشند، از کمیسیون فنی بدوی ( یادآوری ۲ ) تقاضای رسیدگی فوری کنند.

کمیسیون فنی بدوی بلافاصله در کارگاه تشکیل می‌شود و در صورت لزوم دستور توقف تمام و یا قسمتی از کار را صادر و موضوع را برای رسیدگی قطعی به کمیسیون فنی نهایی ارجاع می‌کند. کمیسیون فنی نهایی به موارد مربوطه رسیدگی می‌کند و در صورت لزوم به بررسی محل، برداشت جزئیات و ابعاد اعضای ساخته شده، و انجام آزمایش‌های لازم برای ارزیابی کیفیت مصالح مصرفی و ایمنی اقدام و تصمیم مقتضی اتخاذ می‌کند.

**یادآوری (۱)** بازرسان ساختمان، مأموران و مقامات صلاحیت‌داری هستند که به موجب قوانین و آیین‌نامه‌های کشوری و شهرداری محل اختیار بازرسی طرح و اجرای کار را دارند و به طور کلی افرادی هستند که مسؤلیت نظارت عالی فنی و کنترل اعمال ضوابط این مبحث را بر عهده دارند.

**یادآوری (۲)** اعضای کمیسیون‌های فنی بدوی و نهایی به موجب قوانین و مجموعه مقررات ملی ساختمان و شهرداری محل تعیین خواهند شد.

### ۹-۲-۲-۲-۹ آزمایش بارگذاری

۹-۲-۲-۲-۹ هرگاه شرایط و وضع ساختمان طوری باشد که بازرسان ساختمان نسبت به ایمنی آن تردید داشته باشند، و ارزیابی ایمنی از طریق انجام محاسبات فنی به رفع ابهام و تردید منجر نشود، بازرسان می‌توانند از طریق کمیسیون فنی بدوی و تصویب کمیسیون فنی نهایی دستور آزمایش بارگذاری تمام ساختمان و قسمتی از آن را مشکوک است صادر کنند. در این دستور باید جزئیات و مشخصات فنی و نقشه‌های لازم برای آزمایش بارگذاری اعلام شود.

۹-۲-۲-۲-۹ آزمایش بارگذاری باید تحت نظر کمیسیون فنی بدوی پس از گذشت حداقل ۸ هفته از زمان اجرای قسمت یا موضع مورد نظر به عمل آید؛ مگر آنکه طراح و صاحب کار با آزمایش قطعات در سن کمتر موافقت کنند. در صورتی که اجرای ساختمان توسط پیمانکار یا پیمانکاران انجام پذیرد تقاضای تقلیل سن آزمایش باید با موافقت آنان همراه باشد.

آزمایش بارگذاری باید بنحوی انجام گیرد که در صورت بروز خرابی، امنیت جانی افراد آزمایش کننده و سالم ماندن تجهیزات تأمین شده باشد.

### ۹-۲-۲-۹ تصویب روشهای خاص طراحی یا اجرا

اگر برای تحلیل و طراحی، ارزیابی ایمنی، یا اجرای سازه‌های موضوع این مبحث روش‌های جدید ابداع و پیشنهاد شوند که کاربرد آنها در این مبحث پیش‌بینی نشده باشد یا کاملاً منطبق بر ضوابط این مبحث به شمار نیاید، ولی اعتبار آنها از طریق توجیه علمی ثابت شده باشد، ابداع کنندگان این روشها می‌توانند از مراجع ذیصلاح درخواست کنند که رسیدگی به مسأله به یک هیأت فنی متشکل از حداقل سه نفر از خبرگان مربوط منتخب کمیته تخصصی مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ارجاع شود.

هیأت فنی پس از بررسی پرونده و در صورت لزوم انجام آزمایشها و تدوین توجیحات نظری، نسبت به قبول یا رد روش پیشنهادی اظهارنظر خواهد کرد و در صورت قبول، محدوده کاربرد و شرایط و ضوابط مربوط را تعیین و ارائه خواهد داد. ضوابط و مقررات اعلام شده بوسیله این هیأت، اعتباری در حد ضوابط این مبحث خواهند داشت. ارزیابی ایمنی قطعات خاص از طریق آزمایش و بدون انجام محاسبه نیز، مشروط به تصویب روش و شرایط آزمایش بوسیله هیأت فنی، می‌تواند قابل قبول باشد.

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.



## فصل سوم مصالح بتن

### ۹-۲-۱ کلیات

مصالح مصرفی اصلی بتن عبارتند از سیمان، مصالح سنگی درشت‌دانه (شن)، مصالح سنگی ریزدانه (ماسه) و آب، علاوه بر این مصالح، مواد اصلاح کننده خواص بتن، یعنی مواد افزودنی، پوزولانها و مواد شبه سیمانی، نیز می توانند در بتن استفاده شوند. بتن و مصالح آن، باید ضوابط و مشخصات مندرج در مقررات ملی ساختمان را برآورده سازند. به عبارت دیگر، بتنی قابل قبول است که خود و مصالح تشکیل دهنده آن و هم خود بتن، ضوابط الزامی مربوط را برآورده سازند.

### ۹-۲-۲- سیمان

سیمان‌های مصرفی در بتن عبارتند از سیمان‌های پرتلند پنج گانه و سیمان‌های ویژه.

#### ۹-۲-۲-۱- سیمان های پرتلند

سیمان پرتلند، سیمان آبی است که از آسیاب کردن کلینکر، به همراه مقدار مناسبی سنگ گچ یا سولفات کلسیم متبلور خام به دست می آید.

کلینکر سیمان پرتلند، فرآورده‌ای است مرکب، که به طور عمده از سیلیکات های کلسیم و آلومینات‌ها تشکیل می‌شود، و از واکنش حرارتی - شیمیایی مواد آهکی و رسی در کوره پخت سیمان، تا دمای معین، به دست می‌آید.

سیمان پرتلند یک چسباننده هیدرولیکی یا آبی است، یعنی بر اثر مخلوط شدن با آب به واکنش شیمیایی با آن، سخت می‌شود. این عمل هیدراتاسیون یا آبگیری نام دارد و توام با تولید حرارت است. حرارت حاصله، حرارت هیدراتاسیون نامیده می‌شود.

به طور کلی سیمان‌های پرتلند شامل چهار ترکیب اصلی  $C_3A$ ،  $C_2S$ ،  $C_3S$  و  $C_4AF$  است. C و S و A و F، به ترتیب نمادهای

اکسید کلسیم (CaO)، اکسید سیلیسیم ( $SiO_2$ )، اکسید آلومینیوم ( $Al_2O_3$ )، و اکسید آهن  $Fe_2O_3$  می باشند.

به طور کلی، ویژگی‌های انواع سیمان‌های پرتلند باید با استاندارد ملی ایران به شماره ۲۸۹ مطابقت داشته باشد.

انواع سیمان های پرتلند عبارتند از:

1. سیمان پرتلند یک (I) ، یا سیمان پرتلند معمولی، که با (پ-۱) نشان داده می شود. این نوع سیمان در مواقعی به کار می رود که به خواص ویژه ای که برای انواع دیگر سیمان ها مشخص شده است، نیاز نیست. سیمان پرتلند نوع یک، خود به سه نوع (۱-۳۲۵)، (۱-۴۲۵) و (۱-۵۲۵) تقسیم می شود.
  2. سیمان پرتلند نوع دو (II) ، یا سیمان پرتلند اصلاح شده، که با (پ-۲) نشان داده می شود. این نوع سیمان، سیمانی است که پایایی آن در برابر سولفات ها از سیمان پرتلند نوع یک کمتر، و از سیمان پرتلند نوع پنج کمتر است. گرمای آگیری آن نیز از سیمان پرتلند نوع یک کمتر، و از سیمان پرتلند چهار بیشتر است. از این رو برای مواقعی مناسب است که به پایایی متوسط در برابر سولفات، یا به گرمای آگیری متوسط نیاز باشد.
  3. سیمان پرتلند نوع سه (III) ، یا سیمان زود سخت شونده، که با (پ-۳) نشان داده می شود. این نوع سیمان در مواقعی به کار می رود که به مقاومت اولیه زیاد نیاز است.
  4. سیمان پرتلند نوع چهار (IV) ، یا سیمان با حرارت زایی کم، که با (پ-۴) نشان داده می شود. این نوع سیمان در مواقعی به کار می رود که حرارت زایی کم، مطلوب باشد.
  5. سیمان پرتلند نوع پنج (V) ، یا سیمان مقاوم در برابر سولفات، که با (پ-۵) نشان داده می شود. این نوع سیمان، در مواقعی به کار می رود که به مقاومت زیاد در برابر سولفات نیاز باشد.
- ۱-۱-۲-۳-۹-۱- مشخصات شیمیایی الزامی سیمان های پرتلند**  
 مشخصات شیمیایی الزامی سیمان های پرتلند مطابق جدول ۱-۳-۹ می باشد.

**جدول ۱-۳-۹-۱- مشخصات شیمیایی الزامی سیمان های پرتلند**

شماره استاندارد ملی ایران برای روش آزمون مربوطه	نوع سیمان پرتلند					ویژگی های شیمیایی	ردیف
	۵	۴	۳	۲	۱		
۱۶۹۲	-	۳۵	-	-	-	حد اکثر مقدار مجاز	۱ C <sub>3</sub> S (درصد وزنی سیمان)
۱۶۹۲	-	۴۰	-	-	-	حد اقل مقدار مجاز	۲ C <sub>2</sub> S (درصد وزنی سیمان)

۱۶۹۲	۵	۷	۱۵	۸	-	حد اکثر مقدار مجاز	$C_3A$ (درصد وزنی سیمان)	۳
۱۶۹۲	۲۵	-	-	-	-	حد اکثر مقدار مجاز	$(C_4AF+C_2)$ یا $(2C_3A+C_4AF)$ (درصد وزنی سیمان)	۴
۱۶۹۲	۳/۰۰	۲/۵۰	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰	حد اکثر مقدار مجاز	کاهش وزنی ناشی از سرخ شدن (درصد وزنی)	۵
۱۶۹۲	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	حد اکثر مقدار مجاز	میزان باقیمانده نامحلول (درصد وزنی)	۶
۱۶۹۲	-	-	-	۲۰	-	حداقل مقدار مجاز	$SiO_2$ (درصد وزنی سیمان)	۷
۱۶۹۲	-	-	-	۶	-	حداکثر مقدار مجاز	$Al_2O_3$ (درصد وزنی)	۸
۱۶۹۲	-	۶/۵	-	۶/۰	-	حداکثر مقدار مجاز	$Fe_2O_3$ (درصد وزنی سیمان)	۹
۱۶۹۲	۵	۵	۵	۵	۵	حد اکثر مقدار مجاز	MgO (درصد وزنی سیمان)	۱۰
۱۶۹۲	۲/۳	۲/۳	۳/۵	۳/۰	۳/۰	حد اکثر مقدار مجاز	$SO_3$ (درصد وزنی سیمان) اگر $C_3A < 8\%$ یا $C_3A > 8\%$	۱۱
	-	-	۴/۵	-	۳/۵			
۱۶۹۵	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۶	حد اکثر مقدار مجاز	$K_2O 65/0 + Na_2O$ (درصد وزنی سیمان)	۱۲

توضیح: در صورت رعایت ضابطه ردیف ۷ جدول ۲، رعایت ضوابط ردیف های ۲، ۳، ۴ فوق در سیمان نوع پنج الزامی نخواهد بود.

۹-۲-۲-۱-۲- مشخصات فیزیکی الزامی سیمان های پرتلند

مشخصات فیزیکی الزامی سیمان های پرتلند مطابق جدول ۲-۳-۹ می باشد.

جدول ۲-۳-۹- مشخصات فیزیکی الزامی سیمان های پرتلند

شماره استاندارد ملی ایران برای روش آزمون مربوطه	نوع سیمان پرتلند					ویژگی فیزیکی	ردیف
	۵	۴	۳	۲	۱		
۳۹۰	۲۸۰۰	۲۸۰۰	۳۳۰۰	۲۸۰۰	۲۸۰۰	حداقل مقدار مجاز	۱ سطح مخصوص، به دست آمده از آزمایش بلین (Cm <sup>2</sup> /gr)
۳۹۱	۰/۸	۰/۸	۰/۸	۰/۸	۰/۸	حد اکثر مقدار مجاز	۲ انبساط، در آزمایش اتوکلا و (درصد)
۳۹۲	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	حد اقل مقدار مجاز	۳ زمان گیرش اولیه به دست آمده از آزمایش با سوزن ویکا (دقیقه)
۳۹۲	۶	۶	۶	۶	۶	حد اکثر مقدار مجاز	۴ زمان گیرش نهایی، به دست آمده از آزمایش با سوزن ویکا (ساعت)
۳۹۴	-	۶۰	-	۷۰	-	حد اکثر مقدار مجاز	۵ گرمای آبگیری ۷ (col/gr) روزه
۳۹۴	-	۷۰	-	-	-	حد اکثر مقدار مجاز	۶ حرارت هیدراتاسیون ۲۸ cal/gr روزه
۳۹۱	۰/۰۴	-	-	-	-	حداکثر مقدار مجاز	۷ انبساط سولفات، ۱۴ روزه (درصد)



توضیح: در صورت رعایت ضوابط ردیف های ۲ و ۴ جدول ۹-۳-۱ در سیمان نوع پنج، رعایت ضابطه ردیف ۷ فوق الزامی نخواهد بود.

### ۹-۳-۲-۱-۲-۱ مشخصات مکانیکی الزامی سیمان های پرتلند

مشخصات مکانیکی الزامی سیمان های پرتلند مطابق جدول ۹-۳-۲ می باشد.

جدول ۹-۳-۲- مشخصات مکانیکی الزامی سیمان های پرتلند

شماره استاندارد ملی ایران برای روش آزمون مربوطه	نوع سیمان پرتلند							ویژگی مکانیکی	ردیف	
	۵	۴	۳	۲	۱					
					-۵۲۵ ۱	-۳۲۵ ۱	۱-۳۵			
۳۹۳	-	-	۱۲/۵	-	-	-	-	حداقل مجاز	مقاومت فشاری نمونه یک روزه (N/mm <sup>2</sup> )	۱
۳۹۳	-	-	-	-	۲۰/۰	۱۰/۰	-	حداقل مجاز	مقاومت فشاری نمونه دو روزه N/mm <sup>2</sup>	۲
۳۹۳	۸/۵	-	۲۴/۰	۱۰/۰	-	-	۱۲/۰	حداقل مجاز	مقاومت فشاری نمونه سه روزه N/mm <sup>2</sup>	۳
۳۹۳	۱۵/۰	۷/۰	-	۱۷/۵	-	-	۲۰/۰	حداقل مجاز	مقاومت فشاری نمونه هفت روزه N/mm <sup>2</sup>	۴
								حداقل	مقاومت فشاری	

۳۹۳	۳۷/۰	۱۸/۰	-	۳۱/۵	۵۲/۵	۴۲/۵	۳۲/۵	مجاز	نمونه بیست و هشت روزه	۵
۳۹۳	-	-	-	-	-	۶۲/۵	۵۲/۵	حداکثر مجاز	N/mm <sup>2</sup>	

### توضیح:

- آزمایش های مقاومت فشاری فوق الذکر بر روی نمونه های ملات های سیمان پرتلند<sup>۱</sup> به ابعاد 50×50×50 mm و ساخته شده از با ماسه با دانه بندی و مشخصات استاندارد، و با نسبت آب به سیمان مشخص و مطابق با روش مذکور در استاندارد ملی ایران به شماره ۳۹۳ صورت می گیرد.
  - منظور از مقاومت فشاری، میانگین حداقل ۴ نمونه به صورت مذکور در فوق می باشد.
- ۲-۳-۱-۲-۴-۹- تواتر نمونه برداری از سیمان های پرتلند**
- نمونه برداری از سیمان پرتلند باید به یکی از روش های زیر صورت گیرد:
- از هر محموله وارده به کارگاه، ۵ کیلو گرم نمونه
  - از محل تسمه نقاله یا لوله انتقال سیمان به سیلو، از هر ۴۰ تن سری مان در حال انتقال یا کمتر، ۵ کیلو گرم نمونه، به صورت پیوسته یا ناپیوسته
  - از محل تخلیه سیمان از سیلو، به ازای هر یکصد تن، ۵ کیلوگرم نمونه
  - از انبار کیسه های سیمان، به ازای هر ۵ تن سیمان کیسه ای، یا کمتر، یک کیسه به عنوان نمونه
  - آزمایش های فوق حداقل ماهی یک بار، باید انجام شوند.
- سایر ضوابط نمونه برداری، مطابق با استاندارد ملی ایران، به شماره ۳۸۹، می باشد.
- ۲-۳-۱-۵-۱-۳-۲-۹- ضوابط پذیرش سیمان های پرتلند**
- سیمان های پرتلند زمانی قابل قبول تلقی می شوند که ضوابط زیر برآورده شوند:
- نتایج حاصل از یک آزمون یا میانگین نتایج حاصل از دو آزمون متوالی، ضوابط مندرج در جدول ۳-۹-۱ و ۳-۹-۲ را برآورده سازند.
  - میانگین نتایج حاصل از دو آزمون متوالی یا میانگین نتایج حاصل از سه آزمون متوالی، ضوابط مندرج در جدول ۳-۹-۳ را برآورده سازند.
- ۲-۳-۱-۶-۱-۳-۲-۹- ضوابط الزامی بسته بندی، حمل و نقل، انبار کردن و مصرف سیمان های کیسه ای**
- سیمان پرتلند باید در کیسه های مناسب، قابل انعطاف بسته بندی شود، به گونه ای که رطوبت و مواد خارجی نتوانند به داخل آن نفوذ کنند و ضمناً کیسه سیمان در هنگام حمل و نقل پاره نشود.

2. مشخصات پاکت کاغذی سیمان‌های کیسه‌ای باید مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۴۵۴۳ باشد.
3. روی کیسه‌های سیمان باید نوع سیمان پرتلند (یک تا پنج) درج شود. در سیمان‌های نوع یک، باید مقاومت سیمان نیز قید شود.
4. وزن اسمی هر کیسه سیمان پرتلند ۵۰ کیلوگرم می‌باشد.
5. برای هر محموله وارد شده به کارگاه، مشخصات کارخانه و نوع سیمان می‌باید در برگ تحویل ثبت شده باشد.
6. سیمان‌های کیسه‌ای باید براساس نوع به طور جداگانه نگهداری شوند، به گونه‌ای که امکان اشتباه آنها با هم وجود نداشته باشد.
7. سیمان‌های کیسه‌ای باید بر روی کف خشک، که دست کم به اندازه ۱۰ سانتیمتر از سطح اطراف خود بالاتر باشد، قرار گیرند.
8. ترتیب قرار دادن کیسه‌های سیمان در انبار باید به گونه‌ای باشد که کیسه‌ها، به ترتیب ورود به انبار مصرف شوند.
9. در مناطق خشک، حداکثر تعداد کیسه سیمان که می‌توان بر روی هم انبار کرد ۱۲ پاکت است، مشروط بر اینکه ارتفاع کل آنها از ۱/۸ متر تجاوز نکند. اعداد فوق در مناطق شرجی و با رطوبت نسبی بیش از ۹۰ درصد، به ترتیب ۸ پاکت و ۱/۲ متر باشد.
10. در مناطق خشک، کیسه‌های سیمان باید نزدیک به یکدیگر، با فاصله ۵۰ تا ۸۰ میلیمتر از یکدیگر قرار داده شوند تا عبور جریان هوا از بین کیسه‌ها موجب خشک شدن سیمان بشود. در مناطق شرجی و با رطوبت نسبی بیش از ۹۰ درصد، کیسه‌های سیمانی باید به یکدیگر چسبانیده شوند.
11. کیسه‌های سیمان، در همه مناطق، باید حداقل ۳۰۰ میلیمتر از دیوارها و ۶۰۰ میلیمتر از سقف فاصله داشته باشند.
12. در مناطق و در فصل‌هایی که احتمال بارندگی وجود داشته باشد، کیسه‌های سیمان یا باید در انبارهای سرپوشیده نگهداری شود و یا اینکه روی آنها با ورقه‌های پلاستیکی پوشانده شده و این ورقه‌ها به نحو کاملاً مطمئنی در اطراف پایدار و محکم شود. در این مناطق و در این فصل‌ها، درها، پنجره‌ها و سیستم‌های تهویه باید بسته نگهداشته شوند تا از جریان هوای مرطوب در انبار جلوگیری شود.
13. سیمان‌های کیسه‌ای باید در مناطق با رطوبت نسبی حداکثر ۹۰٪، ۴۵ روز پس از تولد، و در سایر مناطق ۹۰ روز پس از تولید مصرف شوند، و اگر بنا به دلایل غیر قابل اجتناب این امر میسر نشد، این سیمان‌ها حتماً باید قبل از مصرف مورد آزمایش قرار گیرند.
14. سیمانی که به مدت زیاد انبار شود ممکن است به صورت کلوخه‌های فشرده درآید. اینگونه سیمان‌ها را می‌باید با غلتانیدن پاکت‌ها بر روی کف اصلاح کرد. تا به صورت پودر درآیند در صورتی که با یک بار غلتانیدن، کلوخه به پودر تبدیل شود آن را می‌توان مصرف کرد و گرنه قبل از مصرف باید تحت آزمایش‌های مندرج در بند ۹-۳-۲-۱-۳ قرار گیرد و ضوابط این بند کنترل شود.

15. سایر ضوابط نگهداری و مصرف سیمان، مطابق با استاندارد ملی ایران، به شماره ۲۷۶۱ می‌باشد.

#### ۷-۱-۲-۳-۹- ضوابط الزامی انبار کردن و مصرف سیمان های فله

1. سیمان های فله، باید در سیلوهای استاندارد نگهداری شوند.
2. سیلوهای سیمان و شالوده ای آنها باید از نظر سازه ای محاسبه و طراحی شده باشند.
3. سیلوهای سیمان می‌باید مجهز به ترازنما، برای تعیین موقعیت تراز سیمان در داخل سیلو، و نیز دریچه‌ای در پایین برای میل زدن، در صورت طاق زدن سیمان باشند.
4. برای هر محموله وارد شده به کارگاه، مشخصات کارخانه و نوع سیمان باید در برگ تحویل ثبت شده باشد.
5. از آنجا که انتقال سیمان از مخزن کامیون به داخل سیلو به کمک هوای فشرده صورت می‌گیرد و در نتیجه سیمان به تدرج متورم می‌شود، نباید بیش از ۸۰ درصد ظرفیت اسمی سیلوها را پر کرد.
6. سیمان های فله باید براساس نوع آنها به طور جداگانه نگهداری کرد، به گونه ای که امکان اشتباه آنها با هم وجود نداشته باشد. نوع سیمان موجود در هر سیلو باید به نحو مناسبی مشخص شود.
7. سیمان نگهداری شده در سیلو، باید حداکثر ۹۰ روز پس از تولید مصرف شود، و اگر بنا به دلایل غیر قابل اجتناب این امر امکان پذیر نشد، باید قبل از مصرف تحت آزمایش قرارگیرد.
8. سایر مشخصات سیلوها و ضوابط نگهداری سیمان در آنها، مطابق با استاندارد ملی ایران، به شماره ۲۷۶۱ می‌باشد.

#### ۲-۲-۳-۹- سیمان های ویژه

#### ۱-۲-۲-۳-۹- سیمان پرتلند سفید

این سیمان، از آسیاب کردن کلینکر سیمان سفید با مقدار مناسبی سنگ گچ به دست می‌آید. به طور کلی این سیمان باید ضوابط استاندارد ملی ایران، به شمار ۲۹۳۱، را برآورده سازد. مشخصات شیمیایی، فیزیکی و مکانیکی الزامی سیمان پرتلند سفید به ترتیب در جدول‌های ۴-۳-۹ و ۵-۳-۹ و ۶-۳-۹ درج شده اند.

#### جدول ۴-۳-۹- مشخصات شیمیایی الزامی سیان پرتلند سفید

ردیف	ویژگی شیمیایی	حداکثر مقدار مجاز	حد اکثر مقدار مجاز ایران برای روش آموزش موبوطه
۱	Mgo(درصد وزنی سیمان)	۵	۱۶۹۲

۱۶۹۲	۳/۵	اگر $C_3A < 8\%$	SO <sub>3</sub> (درصد وزنی سیمان)	۲
۱۶۹۲	۳/۰	اگر $C_3A > 8\%$		۲
۱۶۹۲	۳	کاهش وزن، در دمای ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد (درصد وزنی)		۴
۱۶۹۲	۰/۷۵	میزان باقیمانده نامحلول (درصد وزنی)		۵

### ۹-۳-۲-۲-۲- سیمان پرتلند رنگی

سیمان پرتلند رنگی، از افزودن مواد رنگی معدنی بی اثر شیمیایی به سیمان پرتلند معمولی یا سفید به دست می آید. از سیمان پرتلند معمولی برای ساخت سیمان های پرتلند رنگی قرمز، قهوه‌ای و سیاه استفاده می‌شود و برای ساخت سیمان‌های به رنگ های دیگر، از سیمان سفید استفاده می شود.

### جدول ۹-۳-۵- مشخصات فیزیکی الزامی سیمان پرتلند سفید

ردیف	ویژگی فیزیکی	ضابطه	شماره استاندارد ملی ایران برای روش آزمون مربوطه
۱	درجه سفیدی	حداقل مقدار مجاز	۲۹۳۱
۲	سطح مخصوص به دست آمده از آزمایش بلین (Cm <sup>2</sup> /gr)	حداقل مقدار مجاز	۳۹۰
۳	انبساط در آزمایش اتوکلا و (درصد)	حداکثر مقدار مجاز	۳۹۱
۴	زمان گیرش اولیه، به دست آمده از آزمایش با سوزن و یکا (دقیقه)	حداقل مقدار مجاز	۳۹۲
۵	زمان گیرش نهایی، به دست آمده از آزمایش با سوزن و یکا (ساعت)	حداکثر مقدار مجاز	۳۹۲

### جدول ۹-۳-۶- مشخصات مکانیکی الزامی سیمان پرتلند سفید

---

ردیف	ویژگی مکانیکی	حداقل مقدار مجاز $N/mm^2$	شماره استاندارد ملی ایران برای روش آزمون مربوط
۱	مقاومت فشاری نمونه مکعبی به بعد ، پس از ۲ روز قرار گیری در آب	۱۱	۳۹۳
۲	مقاومت فشاری نمونه مکعبی به بعد ، پس از ۶ روز قرار گیری در آب	۱۷/۵	۳۹۳
۳	مقاومت فشاری نمونه مکعبی به بعد ، پس از ۲۷ روز قرار گیری در آب	۳۱/۵	۳۹۳

#### ۹-۳-۲-۳-۲-۳- سیمان پرتلند آمیخته

#### ۹-۳-۲-۲-۲-۱- سیمان پرتلند پوزولانی

سیمان پرتلند پوزولانی، چسباننده ای آبی است که مخلوط کامل، یکنواخت و همگنی از سیمان پرتلند و پوزولان و سنگ گچ آسیاب شده می‌باشد. پوزولان ماده ای است سیلیسی، یا سیلیسی و آلومینیومی، که خود به تنهایی یا فاقد چسبانندگی است یا ارزش چسبانندگی آن کم است، ولی به شکل ذرات ریز می‌تواند در مجاورت رطوبت، در دمای معمولی، با هیدروکسید کلسیم واکنش شیمیایی داده ترکیباتی با خاصیت سیمانی به وجود آورد. سیمان‌های پرتلند آمیخته با پوزولان‌های طبیعی، به دو گروه سیمان پرتلند پوزولانی معمولی و سیمان پوزولانی ویژه تقسیم بندی می‌شوند.

سیمان پرتلند پوزولانی معمولی، دارای پوزولان به میزان حداقل ۵ و حداکثر ۱۵ درصد وزنی می‌باشند. این نوع سیمان با نماد (پ.پ) نشان داده می‌شود و برای مصارف عمومی در ساخت ملات یا بتن به کار می‌رود.

سیمان پرتلند پوزولانی ویژه، دارای پوزولان به میزان بیش از ۱۵ درصد تا ۴۰ درصد وزنی است. این نوع سیمان با نماد (پ.پ.و) نشان داده می‌شود و معمولاً برای ساخت بتن‌های حجیم و نیز در مواردی که بتن تحت تهاجم شیمیایی قرار می‌گیرد به کار می‌رود. این نوع سیمان، گرمای آبیگیری کمی دارد، برابر املاح شیمیایی مقاوم است و مقاومت فشاری آن در روزهای اولیه تا (سه روز) کم است.

پوزولان مورد استفاده در سیمان‌های پوزولانی باید با استاندارد ملی ایران به شماره ۳۴۳۳ و سیمان پوزولانی باید با استاندارد ملی ایران به شماره ۳۴۳۲ مطابقت داشته باشد.

ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی و مکانیکی الزامی انواع سیمان‌های پرتلند پوزولانی، به ترتیب در جدول‌های ۷-۳-۹، ۸-۳-۹، ۹-۳-۹ درج شده‌اند.

#### جدول ۷-۳-۹- ویژگی‌های شیمیایی الزامی سیمان‌های پرتلند پوزولانی

ردیف	ویژگی شیمیایی	حداکثر مقدار مجاز	شماره استاندارد ملی ایران برای روش آزمون مربوطه
۱	MgO (درصد وزنی سیمان)	۶	۱۶۹۲
۲	SO <sub>3</sub> (درصد وزنی سیمان)	۴	۱۶۹۲
۳	یون کلرید (درصد وزنی سیمان)	۰/۱	*

\* تا زمان تدوین استاندارد مربوط به روش آزمون ردیف ۳ جدول فوق، می‌باید از یکی از استانداردهای معتبر بین‌المللی استفاده شود.

#### جدول ۹-۳-۸- ویژگی‌های فیزیکی الزامی سیمان‌های پرتلند پوزولانی

ردیف	ویژگی فیزیکی	سیمان پ.پ	سیمان پ.پ.و	شماره استاندارد ملی ایران برای روش آزمون مربوطه
۱	سطح مخصوص به دست آمده از آزمایش بلین (m <sup>2</sup> /gr)	۰/۳	۰/۳۲	۳۹۰
۲	انبساط در آزمایش اتوکلاو (درصد)	۰/۸	۰/۸	۳۹۱
۳	انقباض در آزمایش اتوکلاو (درصد)	۰/۲	۰/۲	۳۹۱
۴	زمان گیرش اولیه به دست آمده از آزمایش با سوزن ویکا (دقیقه)	۶۰	۶۰	۳۹۲
۵	زمان گیرش نهایی به دست آمده از آزمایش با سوزن ویکا (ساعت)	۷	۷	۳۹۲

**جدول ۹-۳-۹- ویژگی های مکانیکی الزامی سیمان های پرتلند یوزولانی**

ردیف	ویژگی فیزیکی	حداقل مقدار مجاز		شماره استاندارد ملی ایران برای روش آزمون مربوطه
		سیمان پ.پ	سیمان پ.پ.و	
۱	مقاومت فشاری نمونه مکعبی به بعد 50 mm و ۳ روزه	۱۰۰	-	۳۹۳
۲	مقاومت فشاری نمونه مکعبی به بعد 50 mm و ۷ روزه	۱۷۵	۱۵۰	۳۹۳
۳	مقاومت فشاری نمونه مکعبی به بعد 50 mm و ۲۸ روزه	۳۰۰	۲۷۵	۳۹۳

**۹-۳-۲-۳-۲-۳-۲- سیمان پرتلند روباره‌ای یا سرباره‌ای**

این سیمان، از آسیاب کردن ۱۵ تا ۹۵ درصد سرباره کوره آهن‌گدازی فعال و غیر کریستالی (آمورف)، با کلینکر سیمان پرتلند و مقدار مناسبی سنگ گچ به دست می‌آید. این نوع سیمان پایداری بیشتر در برابر سولفات‌ها دارد و بتن ساخته شده با آن، نفوذ پذیری کمتر و دوام بیشتری دارد. این نوع سیمان، در مقایسه با سیمان پرتلند معمولی، دیرگیرتر و با گرمای آگیری کمتر است. مشخصات این سیمان باید با استاندارد ملی ایران به شماره ۳۵۱۷ مطابقت داشته باشد.

**۹-۳-۲-۲-۳-۲- سیمان بنایی**

مشخصات سیمان بنایی باید با استاندارد ملی ایران به شماره ۳۵۱۶ مطابقت داشته باشد. استفاده از این نوع سیمان در بتن و بتن آرمه مجاز نمی‌باشد، و فقط در ملات و مانند آن بکار می‌رود.

**۹-۳-۲- سنگدانه**

۲

سنگدانه های بزرگتر از ۴/۷۵ میلی‌متر (۱۴ اینچ ، بعد چشمه‌های الک نمره ۴) را سنگدانه درشت یا شن، و سنگدانه‌های ریزتر از ۴/۷۵ میلی‌متر را سنگدانه ریز یا ماسه می‌نامند.

طبق تعریف، (بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه) عبارتند از اندازه کوچکترین الکی که حد اکثر ۱۰ درصد وزنی سنگدانه بر روی آن باقی بماند. بطور کلی، ویژگی‌های سنگدانه‌های مصرفی در بتن باید با استاندارد ملی ایران به شماره ۳۰۲ مطابقت داشته باشد.

**۹-۳-۳-۱- محدودیت بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه های درشت.**

بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه‌های درشت نباید از هیچیک از مقادیر زیر بیشتر باشد.

۱. یک پنجم کوچکترین بعد داخلی قالب بتن



یک سوم ضخامت دال  
سه چهارم حداقل فاصله آزاد بین میلگردها  
سه چهارم ضخامت پوشش روی میلگردها  
۲۸ میلیمتر (۵/۱ اینچ) در بتن آرمه  
۶۳ میلیمتر (۵/۲ اینچ) در بتن غیر مسلح  
**۹-۳-۲-ضوابط الزامی دانه بندی سنگدانه ریز (ماسه) مصرفی در بتن**  
این ضوابط مطابق جدول ۹-۳-۱۰ می باشد.

**جدول ۹-۳-۱۰- ضوابط الزامی دانه بندی سنگدانه های ریز مصرفی در بتن**

ردیف	اندازه الک (mm)	اندازه الک برحسب اینچ یا نمره الک	درصد وزنی رده شده از الک
۱	۹/۵۰	$A_{in}$	۱۰۰
۲	۴/۷۵	#۴	۸۹-۱۰۰
۳	۲/۳۶	#۸	۶۰-۱۰۰
۴	۱/۱۸	#۱۶	۳۰-۹۰
۵	۰/۶	#۳۰	۱۵-۵۴
۶	۰/۳	#۵۰	۵/۴۰
۷	۰/۱۵	#۱۰۰	۰-۱۵

روش آزمون دانه بندی سنگدانه های ریز با الک، باید مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۴۹۷۷ صورت گیرد.

**۹-۳-۳-۳- ضوابط الزامی دانه بندی سنگدانه درشت (شن) مصرفی در بتن**

این ضوابط مطابق جدول ۹-۳-۱۱ می باشد.  
روش آزمون دانه بندی سنگدانه های درشت با الک، باید مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۴۹۷۷ صورت گیرد.

**۹-۳-۳-۴- حداکثر میزان مواد زیان آور در سنگدانه های ریز (ماسه) مصرفی در بتن**

این مقادیر، مطابق با جدول ۹-۳-۱۲ می باشد.

**جدول ۹-۳-۱۱- ضوابط الزامی دانه بندی سنگدانه های درشت مصرفی در بتن**

اعداد داخل جدول درصد وزنی مصالح سنگی رده شده از الک ها را نشان می دهند.									اندازه اسمی الک (یا بعد چشمه مربع)	ردیف
۲/۳۶	۴/۷۵	۹/۵	۱۵	۱۹	۲۵	۳۷/۵	۵۰	۶۳		

mm	mm	mm	۱۲mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
-	-	-	۰-۵	-	۰-۱۵	۲۵-۷۰	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	۵۰ تا ۳۵	۱
-	۰-۵	-	۱۰-۳۰	-	۲۵-۷۰	-	۹۵-۱۰۰	۱۰۰	۵۰ تا ۴/۷۵	۲
-	-	۰-۵	-	۰-۱۵	۲۰-۵۵	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	-	۳۷/۵ تا ۱۹	۳
-	۰-۵	۱۰-۳۰	-	۲۵-۷۰	-	۹۵-۱۰۰	۱۰۰	-	۳۷/۵ تا ۴/۷۵	۴
-	-	۰-۵	۰-۱۰	۲۰-۵۵	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	-	-	۲۵ تا ۱۲/۵	۵
-	۰-۵	۰-۱۵	۱۰-۴۰	۴۰-۸۵	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	-	-	۲۵ تا ۹/۵	۶
۰-۵	۰-۱۰	-	۲۵-۶۰	-	۹۵-۱۰۰	۱۰۰	-	-	۲۵ تا ۴/۷۵	۷
-	۰-۵	۰-۱۵	۲۰-۵۵	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	-	-	-	۱۹ تا ۹/۵	۸
۰-۵	۰-۱۰	۲۰-۵۵	-	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	-	-	-	۱۹ تا ۴/۷۵	۹
۰-۵	۰-۱۵	۴۰-۷۰	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	-	-	-	-	۱۲/۵ تا ۴/۷۵	۱۰

جدول ۹-۳-۱۲ حد اکثر میزان مجاز مواد زیان آور در سنگدانه های ریز

ردیف	ماده زیان آور	حداکثر درصد وزنی ماده زیان آور نسبت به کل نمونه	شماره استاندارد ایران برای روش آزمون مربوطه
۱	کلوخه های رسی و ذرات سست	۳	-
۲	ذرات ریزتر از ۷۵ میکرون (ردشده از الک نمبر ۲۰۰)، حاوی رس یا شیل	۳	۴۴۶
		۵	۴۴۶
	ذرات ریز تر از ۷۵ میکرون (رد شده)	۵	۴۴۶

۴۴۶	۷	در بتن هایی که در معرض سایش قرار نمی گیرند	از الک نمره ۲۰۰)، فاقد رس یا شیل	۳
-	۰/۵	نمای ظاهری بتن اهمیت دارد.	ذغال سنگ و لیگنیت	۴
-	۱	نمای ظاهری بن اهمیت ندارد.		
-	۱		میگا	۵
-	۰/۴		کلریدهای محلول در آب، برحسب SO <sub>3</sub>	۶
-	۰/۰۴		کلریدهای محلول در آب، برحسب Cl <sup>-</sup>	۷

توضیحات:

۱. در مواردی که استاندارد ملی ایران برای آزمون مربوط وجود ندارد، این آزمون‌ها باید مطابق با یکی از استانداردهای معتبر بین المللی انجام شود.

لیگنیت، یک نوع ذغال سنگ است که به رنگهای قهوه‌ای و سیاه وجود دارد.

۳. اگر مقدار سولفات محلول در آب موجود در سنگدانه ریز، بیش از مقدار مندرج در ردیف ۵ باشد، مصرف آن به شرطی مجاز است که مقدار سولفات محلول در آب موجود در کل سنگدانه ریز و درشت از حداکثر مجاز کمتر باشد.

۴. اگر مقدار کلرید محلول در آب موجود در سنگدانه ریزه بیش از مقدار مندرج در ردیف ۶ باشد مصرف آن به شرطی مجاز است که مقدار کلرید محلول در آب موجود در کل سنگدانه ریز و درشت از حد اکثر مجاز کمتر باشد.

**۹-۳-۲-۵- حداکثر میزان مجاز مواد زیان‌آور در سنگدانه های درشت(شن) مصرفی در بتن**  
این مقدار، مطابق با جدول ۹-۳-۱۲- می باشد.

**جدول ۹-۳-۱۲- حداکثر میزان مجاز مواد زیان‌آور در سنگدانه‌های درشت**

ردیف	ماده زیان آور	حداکثر درصد وزنی ماده زیان آور نسبت به کل نمونه	شماره استاندارد ایران برای روش آزمون مربوط

۱	کلوخ های رسی و ذرات سست	۵	-
۲	ذرات ریزتر از ۷۵ میکرون (رد شده از الک نمره ۲۰۰)، حای رس یا شیل	۱	۴۴۶
۳	ذرات ریزتر از ۷۵ میکرون (رد شده از الک نمره ۲۰۰)، فاقد رس یا شیل	۱/۵	۴۴۶
۴	ذغال سنگ، لینگنیت، یا سایر مواد سبک	۰/۵	نمای ظاهری بتن اهمیت دارد
		۱	نمای ظاهری بتن اهمیت ندارد
۵	سولفات محلول در آب، برحسب SO <sub>3</sub>	۰/۴	-
۶	کلرید محلول در آب، برحسب Cl <sup>-</sup>	۰/۰۴	-

## توضیحات:

- در مواردی که استاندارد ملی ایران برای آزمون مربوطه وجود ندارد، این آزمون‌ها باید مطابق با یکی از استانداردهای معتبر بین‌المللی انجام شود.
- لیگنیت، یک نوع ذغال سنگ است که به رنگ های قهوه ای و سیاه وجود دارد
- اگر مقدار سولفات محلول در آب موجود در سنگدانه درشت، بیش از مقدار مندرج در ردیف ۵ باشد، مصرف آن به شرطی مجاز است که مقدار سولفات محلول در آب موجود در کل سنگدانه ریز و درشت از حد اکثر مجاز کمتر باشد.
- اگر مقدار کلرید محلول در آب موجود در سنگدانه درشت، بیش از مقدار مندرج در ردیف ۶ باشد، مصرف آن به شرطی مجاز است که مقدار کلرید محلول در آب موجود در کل سنگدانه ریز و درشت از حد اکثر مجاز کمتر باشد.

**۶-۳-۲-۹ حداکثر میزان مجاز دانه‌های پولکی و سوزنی در سنگدانه‌های درشت (شن) مصرفی در بتن**

دانه‌های پولکی دانه‌هایی هستند که اندازه کوچکترین بعد آنها کمتر از ۰/۶ برابر میانگین اندازه الک‌ها است. دانه‌های سوزنی دانه‌هایی هستند که بزرگترین بعد آنها بیشتر از ۱/۸ برابر میانگین اندازه الک‌ها است. حداکثر مقدار مجاز دانه‌های پولکی و سوزنی موجود در شن، در جدول ۱۴-۳-۹ درج شده است.

**جدول ۱۴-۳-۹ حداکثر میزان مجاز دانه‌های پولکی و سوزنی در سنگدانه‌های درشت مصرفی در بتن**

ردیف	شرح	حداکثر درصد وزنی سنگدانه سوزنی یا پولکی نسبت به کل نمونه	شماره استاندارد ملی ایران برای روش آزمون مربوطه
۱	دانه‌های پولکی موجود در سنگدانه‌های مانده بر روی الک ۶/۳ میلیمتر (اینچ $\frac{1}{4}$ )	۳۰	-
۲	دانه‌های پولکی موجود در سنگدانه‌های با حداکثر اندازه ۹/۵ میلیمتر (اینچ $\frac{3}{8}$ )	۴۵	-
۳	دانه‌های سوزنی موجود در سنگدانه‌های با حداکثر اندازه ۱۲/۵ میلیمتر (اینچ $\frac{1}{2}$ )	۴۵	-
۴	دانه‌های سوزنی موجود در سنگدانه‌های با ۱۹ میلیمتر (اینچ $\frac{3}{4}$ ) حداکثر از	۴۰	-
۵	دانه‌های سوزنی موجود در سنگدانه‌های مانده بر روی الک ۲۵ میلیمتر ۱ اینچ	۴۰	-
۶	دانه‌های سوزنی موجود در سنگدانه‌های با حداکثر اندازه ۳۸ میلیمتر (اینچ $1\frac{1}{2}$ )	۴۰	-
۷	دانه‌های سوزنی موجود در سنگدانه‌های با ۵۰ میلیمتر (اینچ $2$ ) حداکثر اند	۳۵	-
۸	دانه‌های سوزنی موجود در سنگدانه‌های با حداکثر اندازه ۶۳ میلیمتر (اینچ $2\frac{1}{2}$ )	۳۵	-

**توضیح:** تا زمان تدوین استاندارد ملی ایران در این زمینه، آزمون مربوطه باید مطابق با یکی از استانداردهای معتبر بین‌المللی انجام

شود.

### ۹-۳-۷-۳- سایر مشخصات الزامی سنگدانه‌های مصرفی در بتن

جدول ۹-۲-۱۵ برخی از مشخصات الزامی سنگدانه‌های مصرفی در بتن

ردیف	شرح	نوع سنگدانه	حداکثر مقدار مجاز	حداقل مقدار مجاز	شماره استاندارد ملی ایران برای روش آزمون مربوطه
۱	میزان کاهش وزن، در آزمایش لس‌آنجلس (درصد)	شن	۵۰	-	۴۴۸
۲	میزان افت وزنی در سولفات سدیم (درصد)	شن	۱۲	-	*
۳	میزان افت وزنی در سولفات منیزیم (درصد)	شن	۱۸	-	*
۴	مقدار مجاز جذب آب سنگدانه غوطه ور در آب، به مدت ۲۴ ساعت (درصد)	شن	۱	-	*

\* تا زمان تدوین استاندارد مربوط به روش آزمون ردیف های ۲، ۳ و ۴ جدول فوق، باید از یکی از استانداردهای معتبر بین المللی استفاده شود.

### ۹-۳-۲-۸- سنگدانه‌های سبک مصرفی در بتن

سنگدانه‌های سبک مصرفی در بتن، عموماً به دو صورت تهیه می شوند:

1. سنگدانه‌های حاصل از شیشه ای شدن، انبساط، گلوله شدن مواد، و یا موادی نظیر سرباره کوره آهنگدازی، خاک رس، دیاتومه، خاکستر بادی، شیل یا سنگ لوح
2. سنگدانه‌های حاصل از فرآوری مواد طبیعی نظیر پومیس، اسکوریا و توف.

سنگدانه‌های سبک می توانند هم در بتن سازه ای و هم در بتن غیر سازه ای بکار روند. به طور کلی ویژگی‌های سنگدانه‌های سبک مصرفی در بتن سازه‌ای می‌باید مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۴۹۸۵ باشد. در بتن سازه‌ای، برای دستیابی به مقاومت مورد نیاز می‌توان بخشی از سنگدانه سبک را با ماسه طبیعی جایگزین نمود. ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی الزامی نمونه های بتن سازه‌ای با سنگدانه‌های سبک، مطابق با جدول ۹-۳-۱۶ است.

جدول ۹-۳-۱۶- ویژگی های فیزیکی و مکانیکی الزامی نمونه‌های بتن سازه ای با سنگدانه‌های سبک

ردیف	نوع بتن	حداقل مقدار میانگین	حداقل مقدار میانگین
		مقاومت فشاری سه آزمونه بتنی ۲۸ روزه) (MPa)	مقاومت کششی در آزمایش دو نیم شدن در هشت آزمونه بتنی ۲۸ روزه
۱	تمامی سنگدانه‌ها سبک هستند	۲۸	۲/۲
	۱۷۶۰۰		
۲	تمامی سنگدانه‌ها سبک هستند	۲۱	
	۱۶۸۰۰		
۳	تمامی سنگدانه‌ها سبک هستند	۱۷	۲/۰
	۱۶۰۰۰		
۴	سنگدانه‌ها، شامل سنگدانه‌های سبک و ماسه هستند	۲۸	۲/۳
	۱۸۴۰۰		

۲/۱	۲۱	سنگدانه‌ها، شامل سنگدانه‌های سبک و ماسه هستند	۵
		۱۷۶۰۰	
۲/۱	۱۷	سنگدانه‌ها، شامل سنگدانه‌های سبک و ماسه هستند	۶
		۱۶۸۰۰	

روشهای آزمون مشخصات مکانیکی مذکور در جدول ۹-۳-۱۶، باید مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۴۹۸۵ صورت گیرد. ضوابط الزامی دانه‌بندی سنگدانه‌های سبک مصرفی در بتن سازه‌ای، مطابق با جدول ۹-۳-۱۷ است.

#### جدول ۹-۳-۱۷ ضوابط الزامی دانه‌بندی سنگدانه‌های سبک مصرفی در بتن سازه ای

درصد وزنی رد شده از الکهای با سوراخ مربعی									اندازه ها
۰/۱۵ mm	۰/۳ mm	۱/۱۸ mm	/۳۶ ۲mm	/۷۵ ۴mm	۹ mm/۵	۱۲mm/۵	۱۹ mm	۲۵mm	
۲۵-۵	۲۵-۱۰	۸۰-۴۰	-	۱۰۰-۸۵	۱۰۰	-	-	-	سنگدانه ریز: شماره ۴ تا ۰
-	-	-	-	۵۰-۱۰	-	۲۵-۶۰	-	-۱۰۰	سنگدانه درشت: ۲۵ میلیمتر(شماره ۴)
-	-	-	-	۰-۱۵	۱۰-۵۰	-	-۱۰۰	۹۰	۱۹ میلیمتر(شماره ۴)
-	-	-	۰-۱۰	۰-۲۰	۴۰-۸۰	۹۰-۱۰۰	۹۰	۱۰۰	۱۲/۵ میلیمتر(شماره ۴)
-	-	۰-۱۰	۰-۲۰	۴۰-۵۰	۸۰-۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	-	۹/۵ میلیمتر (شماره ۸)
-	-	-	-	-	-	-	-	-	
۲-۱۵	۵-۲۰	-	-	۵۰-۸۰	-	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	-	مخلوط سنگدانه‌های ریز و درشت ۰ تا ۱۲/۵ میلیمتر



۵-۱۵	۱۰-۲۵	-	۲۵-۶۰	۶۵-۹۰	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	-	-	۰ تا ۹/۵ میلیمتر
------	-------	---	-------	-------	--------	-----	---	---	------------------

#### ۹-۲-۲-۹- تواتر نمونه برداری از سنگدانه‌ها

۱. به ازای هر محموله وارده به کارگاه، باید کلیه آزمایش‌های مذکور در بندهای ۱-۳-۳-۹ تا ۸-۳-۳-۹ بر روی سنگدانه‌ها انجام شده و ضوابط مذکور در این بندها کنترل شوند.
  ۲. دانه‌بندی سنگدانه‌های مصرفی در بتن باید هر هفته تعیین و با ضوابط مذکور در بندهای ۱-۳-۳-۹، ۲-۳-۳-۹، ۳-۳-۳-۹، ۳-۳-۳-۹، ۴-۳-۳-۹، ۵-۳-۳-۹، ۶-۳-۳-۹ کنترل شوند.
- آزمایش تعیین درصد رطوبت جذب شده سنگدانه‌ها، باید هنگام عملیات ساخت بتن، هر روزه در محل تولید بتن انجام شود.

#### ۹-۲-۳-۱۰- ضوابط پذیرش سنگدانه‌های مصرفی در بتن

- سنگدانه‌های مصرفی در بتن زمانی قابل قبول تلقی می‌شوند که نتایج حاصل از یک آزمون یا میانگین نتایج حاصل از دو آزمون متوالی، ضوابط مربوط به این بخش را برآورده سازند.

#### ۹-۳-۳-۱۱- ضوابط حمل و نقل، تحویل و نگهداری سنگدانه‌های مصرفی در بتن

- ضوابط بارگیری، حمل و نقل، تخلیه، و انبار کردن سنگدانه‌های مصرفی در بتن به قرار زیر است:
۱. شرایط باید به گونه‌ای باشد که مواد خارجی و زیان‌آور در آنها نفوذ نکنند.
  ۲. شرایط باید به گونه‌ای باشد که دانه‌های ریز و درشت در یک دیو از یکدیگر جدا نشوند.
  ۳. شرایط باید به گونه‌ای باشد که سنگدانه‌ها شکسته نشوند.
  ۴. محل نگهداری سنگدانه‌ها باید دور از پوشش گیاهی و مواد آلوده کننده باشد.
  ۵. شن‌های با حد اکثر اندازه بیش از ۲۸ میلیمتر، باید در دو گروه کمتر و بیشتر از ۲۵ میلیمتر نگهداری شوند. شن‌های با حد اکثر اندازه ۲۸ میلیمتر یا کمتر باید در دو گروه کمتر و بیشتر از ۱۹ میلیمتر نگهداری شوند. این کار امکان جدا شدن دانه‌ها از یکدیگر را کاهش می‌دهد.
  ۶. دیواره‌های تقسیم دیو مصالح سنگی باید به گونه‌ای مقاوم و پایدار باشد که در صورت خالی بودن یک قسمت و پر بودن قسمت مجاور، دیواره‌ها بر اثر رانش سنگدانه‌ها تخریب یا جابجا نشود.
  ۷. در هنگام بارش و یخبندان، باید سنگدانه‌های واقع در فضای آزاد با برزنت یا ورقه‌های پلاستیکی پوشانیده شود.

۸. در هنگام گرمای شدید، بر روی سنگدانه‌های واقع در فضای آزاد، سایبان درست شود.
۹. شیب مخروط‌های دپوی شن و ماسه نباید زیاد باشد زیرا شیب زیاد دپوها موجب جدا شدن دانه‌های ریز و درشت از هم می‌شود.
۱۰. سنگدانه‌ها تا حدامکان باید به صورت لایه‌هایی با ضخامت یکسان بر روی یکدیگر ریخته شده و انبار شوند. سنگدانه‌ها باید با لودر یا وسایل مناسب دیگر به گونه‌ای برداشته شوند که هر بار قسمت‌هایی از همه لایه‌های افقی برداشته شوند.
۱۱. در صورت تخلیه سنگدانه‌ها در هنگام باد، باید تدابیری اتخاذ گردد که از جدا شدن ذرات ریز جلوگیری شود.
۱۲. محل دپوی شن و ماسه باید به گونه‌ای باشد که همواره امکان تخلیه آب مازاد وجود داشته باشد.
۱۳. سنگدانه‌های انباره شده در دپو باید حداقل ۱۲ ساعت در محل باقی مانده و سپس مصرف شود. این امر موجب می‌شود که رطوبت سنگدانه‌ها به حد یکنواخت و پایدار برسد.
۱۴. سیلوی ذخیره سنگدانه‌ها حتی المقدور باید با مقطع مربع یا دایره باشد و شیب مخروط یا هرم تحتانی آن کمتر از ۵۰ درجه باشد. مصالح سنگی باید به صورت قائم در داخل سیلو ریخته شود تا از برخورد مواد سنگی با کناره‌های سیلو جلوگیری شده و دانه‌ها از هم جدا نشوند.
- در صورتی که سیلوی ذخیره سنگدانه‌ها پر باشد امکان شکسته شدن سنگدانه‌ها و به هم خوردن دانه‌بندی آن کاهش می‌یابد. برای خالی کردن سنگدانه‌ها به داخل سیلو، باید از نردبان ویژه مصالح سنگی استفاده شود.
۱۵. در صورتی که شرایط به گونه‌ای باشد که امکان شکسته شدن سنگدانه‌ها در حین جابجا کردن یا انبار کردن وجود داشته باشد، باید قبل از ساختن بتن با این سنگدانه‌ها، آنها را دانه‌بندی کرد.
۱۶. ضوابط مربوط به جلوگیری از جدا شدن سنگدانه‌ها باید در مورد سنگدانه‌های گرد گوشه، که بیشتر مستعد این امر هستند، جدی‌تر رعایت شود.
۱۷. در هنگام بارش برف و یخبندان، سنگدانه‌ها باید به گونه‌ای انبار شوند که امکان یخ زدگی و نیز جمع شدن برف و یخ بین دانه‌ها وجود نداشته باشد.
۱۸. در هنگام تحویل هر محموله از سنگدانه‌ها وارده به کارگاه، باید مشخصات مذکور در اسناد تحویل سنگدانه‌ها با مشخصات سفارش داده شده مقایسه شده و نیز سنگدانه‌های وارده مقایسه و انطباق آن کنترل شود.
۱۹. در هنگام تحویل هر محموله از سنگدانه‌ها ی وارده به کارگاه، باید وضعیت ظاهری آنها از نظر اندازه، شکل دانه‌ها و ناخالصی‌های آن با چشم کنترل شود.

**۹-۲-۲-۴-آب**

آب به سه صورت در بتن به کار می رود؛ آب مصرفی برای شستشوی سنگدانه‌ها، آب به عنوان یکی از اجزای تشکیل دهنده بتن که در هنگام ساخت آن به کار می رود، و آب مصرفی برای عمل آوری بتن.

**۹-۲-۲-۴-۱ آب آشامیدنی**

آبی که قابل آشامیدن است، مزه یا بوی مشخصی ندارد، و تمیز و صاف است می توان در بتن به کار برد. تنها استثنا آن است که سوابق قبلی، نشان‌دهنده نامناسب بودن این آب برای بتن باشد، که در این صورت، آب نباید در بتن به کار برده شود.

**۹-۲-۲-۴-۲ آب غیر آشامیدنی**

آبی را که مشخصات آن مطابق با بند ۴-۱ نیست به شرطی می‌توان در بتن به کار برد که ضوابط زیر رابراورده سازند:

- ۱) pH آب مصرفی در بتن نباید کمتر از ۵ یا بیشتر از ۸/۵ باشد.
- ۲) مقاومت فشاری ۷ و ۲۸ روزه آزمون‌های ملات ساخته شده با آب غیر آشامیدنی باید حداقل معادل ۹۰ درصد مقاومت نظیر آزمون‌های مشابه ساخته شده با آب مقطر باشد.
- ۳) زمان گیرش اولیه خمیر سیمان ساخته شده با آب غیر آشامیدنی نباید بیش از یک ساعت با زمان گیرش نظیر خمیر سیمان ساخته شده با آب مقطر تفاوت داشته باشد.
- ۴) نتیجه انبساط حجم به دست آمده از آزمایش سلامت سیمان، در آزمون ساخته شده با آب غیر آشامیدنی از نتیجه به دست آمده از آزمون نظیر ساخت شده با آب آشامیدنی بیشتر نباشد.
- ۵) روش انجام آزمایش مطابق با استاندارد ۳۹۱ ملی ایران باشد.
- ۶) هیچیک از مواد زیان آور موجود در آب مصرفی در بتن نباید از مقادیر جدول ۹-۲-۳-۱۸ بیشتر باشند.
- ۶) میزان چربی معدنی آب مصرفی در یک حجم معین از بتن نباید از ۲/۵ درصد وزن سیمان مصرفی در همان حجم از بتن بیشتر نباشد.

آزمایش ضوابط بندهای ۱ و ۲ و ۵ و ۶ فوق تا قبل از تدوین استاندارد ملی ایران باید مطابق با یکی از استانداردهای معتبر بین المللی صورت گیرد.

**۹-۲-۲-۴-۳ نواتر نمونه برداری**

در صورت لزوم انجام آزمایش‌های لازم، مذکور در بند ۹-۲-۴-۳-۲-۲- باید این آزمایشها در دوره‌های زمانی زیر انجام و ضوابط مربوطه

کنترل شود.

1. در ابتدای کار
2. پس از هر بار تغییر منبع تامین آب

#### ۹-۳-۴-۴- ضوابط پذیرش آب های غیر آشامیدنی

آبهای غیر آشامیدنی هنگامی قابل قبول تلقی می‌شوند که نتایج حاصل از یک نمونه یا میانگین نتایج حاصل از دو نمونه متوالی، ضوابط مذکور در بند ۹-۳-۴-۲ را برآورده سازند.

#### ۹-۳-۴-۵- ضوابط حمل و نقل، نگهداری و ذخیره کردن آب مصرفی در بتن

آب مصرفی در بتن در کارگاه‌ها باید به گونه‌ای حمل و نقل و نگهداری شود که احتمال ورود مواد مضر به داخل آن و نیز رشد خزه‌ها و مواد آلی در آنها وجود نداشته باشد.

#### ۹-۳-۵- مواد افزودنی

مواد افزودنی یا افزودنی‌های شیمیایی یا چاشنی‌های بتن موادی هستند که غیر از مواد اصلی (سیمان، آب و مصالح سنگی)، کمی قبل از اختلاط یا در حین اختلاط به بتن یا ملات افزوده می‌شوند. مواد افزودنی معمولاً به صورت گرد یا مایع هستند و یک یا چند ویژگی بتن تازه یا سخت شده را تغییر می‌دهند و هدف از کاربرد آنها اصلاح برخی از این ویژگی‌ها است، اگرچه در عین حال ممکن است موجب اختلال و بروز عیب در پاره‌ای از ویژگی‌های مطلوب بتن شوند، که این امر نباید خارج از محدوده مجاز استاندارد باشد.

جدول ۹-۳-۱۸- حداکثر مقدار مواد زیان آور در آب مصرفی در بتن

ردیف	نوع ماده زیان آور	شرح مصرف	شماره استاندارد ایران برای روش آزمون مربوطه	حداکثر مقدار مجاز (وزنی ppm)
		بتن بیش تنیده در هر شرایط محیطی		۱۰۰۰

۲۰۰۰	-	بتن غیر مسلح و بدون آرماتور	۱
۲۰۰۰	-	بتن آرمه در شرایط محیطی ملایم و متوسط	۲
۱۰۰۰	-	بتن آرمه در شرایط محیطی شدید و بسیار شدید	۳
	-	و فوق العاده شدید	۴
۱۰۰۰	-	بتن پیش تنیده در هر شرایط محیطی	۵
۳۵۰۰	-	بتن غیر مسلح و بدون اقلام فلزی مدفون	۶
۲۰۰۰	-	بتن آرمه در شرایط محیطی ملایم و متوسط	۷
۱۰۰۰	-	بتن آرمه در شرایط محیطی شدید و بسیار شدید و فوق العاده شدید.	۸
		بتن پیش تنیده در هر شرایط محیطی	۹
۵۰۰	-	بتن غیر مسلح و بدون آرماتور و بدون اقلام فلزی مدفون	۱۰
۱۰۰۰	-	بتن آرمه در شرایط محیطی شدید و بسیار شدید و فوق العاده شدید	۱۱
۵۰۰	-	بتن آرمه در شرایط محیطی ملایم و متوسط	۱۲
۱۰۰۰	-	بتن غیر مسلح و بدون آرماتور، ولی دارای مواد آلومینیومی با فلزات غیر مشابه، یا دارای قالب های گالوانیزه	۱۳
۱۰۰۰	-	بتن پیش تنیده در هر شرایط محیطی	۱۴
۱۰۰۰	-	بتن آرمه در هر شرایط محیطی	۱۵
۳۰۰۰	-	بتن غیر مسلح بدون آرماتور و بدون اقلام فلزی مدفون	۱۶
۶۰۰	-	در تمامی انواع بتن	۱۷

توضیح: ۱- منظور از قلیایی معادل، میزان وزنی ( $\text{Na}_2\text{O} + 0.658\text{K}_2\text{O}$ ) است.

توضیح: ۲- در ردیفهای ۹ تا ۱۲، علاوه بر برآورده شدن ضوابط این جدول، میزان کلرید آب نیز باید به میزانی باشد که وزن کل کلرید قابل حل در آب در حجم معینی از بتن (که منبع آن می تواند از هر یک از اجزاء بتن یا از محیط باشد)، برحسب درصدی از وزن سیمان همان حجم بتن، از مقادیر مندرج در جدول ۶-۳-۲-۹-۶ تجاوز نکند.

توضیح: ۳- در ردیف های ۱۴-۱۶، علاوه بر برآورده شدن ضوابط این جدول، میزان یون سولفات آب نیز باید به میزانی باشد که وزن کل سولفات قابل حل در آب در حجم معینی از بتن (که منبع آن می تواند از هر یک از اجزاء بتن، از جمله سیمان، یا از محیط باشد)، برحسب درصدی از وزن سیمان همان حجم بتن از ۴ درصد، وزن کل سولفات موجود در حجم معینی از بتن، برحسب درصدی از وزن سیمان همان حجم از بتن از ۵ درصد بیشتر نباشد.

توضیح: ۴- منظور از ppm، غلظت برحسب قسمت در میلیون (وزنی) است که اگر اعداد مربوطه در جدول، برحسب ppm، را در  $10^{-6}$  ضرب کنیم غلظت بر حسب درصد وزنی به دست می آید.

توضیح: ۵- آزمایش ضوابط مندرج در این جدول، تا قبل از تدوین استاندارد ملی ایران باید مطابق بایکی از استانداردهای معتبر بین المللی صورت گیرد.

مواد افزودنی اگر فقط بر روی یکی از خواص بتن (تازه یا سخت شده) تاثیر بگذارند مواد افزودنی تک منظوره، و در غیر این صورت مواد افزودنی چند منظوره نامیده می شوند.

مواد افزودنی چند منظوره دارای یک عملکرد اصلی و یک یا چند عملکرد جنبی هستند که بسته به مورد مصرف ممکن است عملکرد اصلی آنها تغییر کند مواد افزودنی مورد نظر در این بند، مواد افزودنی شیمیایی هستند که به صورت صنعتی و شیمیایی تولید می شوند.

### ۹-۳-۵-۱- استاندارد ها

مواد افزودنی باید با استاندارد های ملی ایران، از جمله استاندارد ۲۹۳۰، مطابقت داشته باشند. در صورت عدم تدوین تمام یا بخشی از استاندارد های مورد نیاز، باید از یکی از استانداردهای معتبر بین المللی استفاده کرد.

### ۹-۳-۵-۲- میزان مصرف

حد اکثر میزان مصرف مواد افزودنی ۵ درصد وزنی سیمان است. استفاده از کلرید کلسیم فقط در بتن بدون فولاد مجاز است و حداکثر مقدار مصرف آن ۲ درصد وزنی سیمان است. در هر حال مواد افزودنی نباید بیشتر از مقداری که تولید کننده مشخص کرده

است مصرف شوند.

### ۹-۳-۵-۳- انواع مواد افزودنی تک منظوره

۱. ماده افزودنی کندگیر کننده  
ماده ای است که زمان گیرش بتن، یعنی زمان لازم برای آغاز تغییر حالت مخلوط بتن از خمیری به جامد را افزایش می دهد.
۲. ماده افزودنی تندگیر کننده  
ماده ای است که زمان گیرش بتن، یعنی زمان لازم برای شروع تغییر حالت مخلوط بتن از خمیری به جامد را کاهش می دهد.
۳. ماده افزودنی زود سخت کننده یا تسریع کننده زمان سخت شدگی  
ماده ای است که بدون تاثیر بر روی زمان گیرش، روند کسب مقاومت بتن را تسریع می کند.
۴. ماده افزودنی حباب هواساز  
ماده ای است که موجب ایجاد حباب های ریز و یکنواخت هوا در داخل بتن تازه می شود، به گونه ای که این حباب های هوا پس از سخت بتن نیز در آن باقی می مانند.
۵. ماده افزودنی نگهدارنده آب  
ماده ای است که موجب کاهش آب انداختگی بتن، و در نتیجه کاهش میزان از دست رفتن آب داخل بتن می شود.
۶. ماده افزودنی کاهنده جذب آب  
ماده ای است که میزان جذب مویبگی در بتن سخت شده را کاهش می دهد.

### ۹-۳-۵-۴- انواع مواد افزودنی چند منظوره

- ماده افزودنی کاهنده آب / روان کننده  
ماده ای است که یا بدون تغییر روانی، مقدار آب مخلوط بتن را کاهش می دهد، یا بدون تغییر مقدار آب، روانی بتن را افزایش می دهد، و یا هم موجب کاهش آب و هم افزایش روانی بتن می شود.
۲. ماده افزودنی کاهنده آب قوی/ روان کننده قوی، یا فوق کاهنده آب / فوق روان کننده  
ماده ای است که یا بدون تغییر روانی مقدار آب مخلوط بتن را به میزان زیادی کاهش می دهد، یا بدون تغییر مقدار آب، روانی بتن را به میزان زیاد افزایش می دهند، روانی بتن به طور همزمان می شود.
۳. ماده کندگیر کننده / کاهنده آب / روان کننده

این ماده موجب افزایش زمان گیرش، کاهش مقدار آب، و افزایش روانی بتن به طور همزمان می شود. معمولاً بسته به مورد مصرف، کاهش مقدار آب یا افزایش روانی، عملکرد اصلی این ماده است و دو خاصیت دیگر عملکرد ثانویه آن می باشند.

4. ماده افزودنی تندگیر کننده/ کاهنده آب / روان کننده

ماده ای است که موجب کاهش زمان گیرش، کاهش مقدار آب، و افزایش روانی بتن به طور همزمان می شود. معمولاً بسته به مورد مصرف، کاهش مقدار آب یا افزایش روانی، عملکرد اصلی و دو خاصیت دیگر عملکرد جنبی این ماده می باشند.

5. ماده افزودنی کندگیر کننده / کاهنده آب قوی / روان کننده قوی، یا کند گیر کننده / فوق کاهنده آب / فوق روان کننده

ماده ای است که موجب افزایش زمان گیرش، کاهش زیاد مقدار آب، و افزایش زیاد روانی بتن به طور همزمان می شود. معمولاً بسته به مورد مصرف، کاهش زیاد مقدار آب یا افزایش زیاد روانی عملکرد اصلی، و دو خاصیت دیگر عملکرد جنبی این ماده می باشند

#### ۹-۳-۵-۵- آزمونها الزامی

آزمونهای الزامی مواد افزودنی، به منظور بررسی مشخصات و عملکرد مواد افزودنی، در جدول ۹-۳-۱۹ درج شده است. جزئیات برخی از این آزمونها و الزامات مربوط در استاندارد ۲۹۳۰ ملی ایران ذکر شده است. برای سایر آزمونها از یکی از استانداردهای مذکور در بند. ۳-۵-۱ استفاده شود.

#### ۹-۳-۵-۶- ضوابط بسته بندی، عرضه و انبار کردن

بسته بندی، عرضه و انبار کردن مواد افزودنی باید مطابق با استاندارد ۲۹۳۰ ملی ایران صورت گیرد.

#### ۹-۳-۶- مواد جایگزین سیمان

مواد جایگزین سیمان شامل پوزولان ها و مواد شبه سیمانی می شوند. این مواد به منظور تامین یک یا چند خاصیت زیر، بسته به مورد، به کار می روند:

- کاهش مصرف سیمان
- کاهش سرعت و میزان حرارت آبیگری
- افزایش مقاومت بتن
- افزایش پایایی بتن از طریق کاهش نفوذپذیری آن



## ۹-۳-۶-۱- استانداردها

- استانداردهای ملی ایران به شماره های ۳۴۳۳ و ۶۱۷۱

## جدول ۹-۳-۱۹ آزمون های الزامی مواد افزودنی بتن

ردیف	نوع	موارد الزامی که باید کنترل شوند
۱	همه مواد افزودنی	یکنواختی، رنگ، ترکیبات موثر pH، چگالی نسبی (فقط برای افزودنی‌های مایع)، مقدار مواد خشک، تاثیر بر روی گیرش، کل کلرین (کلر)، کلرید محلول در آب، قلیائیت معادل، رفتار از نظر خوردگی فولاد
۲	کندگیر کننده	زمان گیرش، مقاومت فشاری مقدار هوای بتن تازه
۳	تند گیر کننده	زمان گیرش اولیه، مقاومت فشاری، مقدار هوای بتن تازه
۴	زود سخت کننده	مقاومت فشاری، مقداری هوای بتن تازه
۵	حباب هواساز	مقدار هوای بتن تازه، مشخصات حبابهای هوا در بتن سخت شده، مقاومت فشاری
۶	نگهدارنده آب	آب انداختگی، مقاومت فشاری، مقدار هوای بتن تازه
۷	کاهنده جذب آب	جذب مویینه، مقاومت فشاری، مقدار هوای بتن تازه
۸	کاهنده آب / روان کننده یا هدف کاهندگی آب	میزان کاهش آب، مقاومت فشاری، مقدار هوای بتن
۹	فوق کاهنده آب / فوق روان کننده (با هدف کاهندگی آب)	میزان کاهش آب، مقاومت فشاری، مقدار هوای بتن
۱۰	فوق کاهنده آب / فوق روان کننده (با هدف افزایش روانی)	افزایش روانی، حفظ و تداوم روانی، مقاومت فشاری، مقدار هوای بتن تازه
۱۱	کند گیر کننده / کاهنده آب / روان کننده	مقاومت فشاری، زمان گیرش، میزان کاهش آب، مقدار هوای بتن تازه

مقاومت فشاری، زمان گیرش، میزان کاهش آب، مقدار هوای بتن تازه	کند گیر کننده / کاهنده آب / روان کننده	۱۲
مقاومت فشاری، زمان گیرش، میزان کاهش آب، مقدار هوای بتن تازه	کندگیر کننده / فوق کاهنده آب / فوق روان کننده (با هدف کاهش آب، و کندگیری)	۱۳
حفظ و تداوم روانی، مقاومت فشاری، مقدار هوای بتن تازه	کندگیر کننده / فوق کاهنده آب / فوق روان کننده (با هدف افزایش روانی، و کندگیری)	۱۴

### ۹-۲-۶-۲- پوزولان ها

پوزولان‌ها عبارتند از مواد سیلیسی یا سیلیسی و آلومینیومی که خود به تنهایی فاقد ارزش چسبانندگی‌اند یا ارزش چسبانندگی آنها کم است، اما به صورت ذرات بسیار ریز، در دمای متعارف و در مجاورت رطوبت با هیدوکسید کلسیم واکنش می‌دهند و ترکیباتی را تولید می‌کنند که ساختار آنها تاحدودی مشابه ترکیباتی است که بر اثر آبگیری سیمان پرتلند تولید می‌شود. پوزولان ها بر دو نوعند: پوزولان‌های طبیعی، و پوزولان‌های مصنوعی یا صنعتی.

پوزولان‌های طبیعی در انواع خام یا تکلیس شده وجود دارند و به طور عمده شامل خاکستر های آتشفشانی غیر بلورین می‌باشند.....

دوده سیلیسی یا میکروسیلیس محصول فرعی کوره های قوسی الکتریکی صنایع فروآلیاژ و فروسیلیس است. ماده‌ای است با فعالیت پوزولانی بسیار شدید که بیش از ۸۵ درصد سیلیس بلوری نشده دارد.

خاکستر بادی محصول فرعی سوخت زغال سنگ است که شامل سیلیس، آلومین و اکسید های آهن و کلسیم است. خاکستر بادی در انواع F و C وجود دارد. نوع C خاکستر بادی به دلیل دارا بودن بیش از ۱۰ درصد اکسیر کلسیم خاصیت سیمانی شدن نیز دارد.

خاکستر پوسته برنج پوسته برنج به دست می‌آید و دارای میزان زیادی سیلیس غیرکریستالی است.

### ۹-۲-۶-۳- مواد شبه سیمانی

مواد شبه سیمانی دارای خاصیت پنهان هیدرولیکی هستند و در صورتی که به گونه‌ای مناسب فعال شوند خواص سیمانی پیدا می‌کنند. این مواد فقط در محیط قلیایی با آب واکنشی مشابه سیمان پرتلند نشان می‌دهند. متداولترین ماده شبه سیمانی روباره یا سرباره کوره آهنگدازی است.

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.



### فصل چهارم میلگرد های فولادی

#### ۹-۴-۰۰- علامت اختصاری

واحد	مفهوم	علامت اختصاری
برحسب مگاپاسکال	مدول ارتجاعی میلگرد های فولادی	$E_s$
برحسب مگاپاسکال	مقاومت کششی میگردهای فولادی، یعنی مقاومت در هنگام گسیختگی، که در آزمایش کششی بر روی میگردهای مصرفی مورد نظر عملاً به دست می آید	$f_{su,obs}$
برحسب مگاپاسکال	تنش تسلیم میگردهای فولادی، این تنش در میگردهای S240 از روی تنش تسلیم مشهود آن به دست می آید. در سایر میگردها، تنش تسلیم قرار دادی (تنش نظیر تغییر شکل نسبی ماندگار ۰/۲ درصد و یا تنش نظیر تغییر شکی نسبی ۰/۳۵ درصد) تعریف می شود.	$f_y$
برحسب مگاپاسکال	مقاومت مشخصه میگردها فولادی، تنشی که به عنوان ویژگی	$f_{yk}$

	فولاد، مینای طراحی قرار می گیرد	
بر حسب مگا پاسکال	تنش تسلیمی که در آزمایش کششی بر روی میلگردهای مصرفی مورد نظر عملاً به دست می آید	$f_{y,obs}$
بر حسب گرم	جرم یک قطعه میلگرد	$M$
بر حسب میلیمتر مربع	سطح مقطع موثر یا اسمی میلگرد	$S$
بر حسب میلیمتر	طول یک قطعه میلگرد	$L$
بر حسب میلیمتر	قطر اسمی میلگردهای ساده یا آچار	$d_b$
بر حسب میلیمتر	قطر اسمی میلگردهای سازه، که معمولاً در نقشه ها و سایر مدارک فنی به کار می رود	$\phi$
بر حسب میلیمتر	قطر اسمی میلگردهای آچار، که معمولاً در نقشه ها و سایر مدارک فنی به کار می رود.	$\Phi$
بر حسب میلیمتر	قطر زمینه میلگردهای آچار	$d_1$
بر حسب میلیمتر	قطر خارجی میلگردهای آچار	$d_2$

#### ۹-۴-۱- تعاریف

**مقاومت مشخصه فولاد:** مقاومت مشخصه فولاد بر اساس مقدار تنش تسلیم آن (مشهود یا قراردادی) تعیین می شود. مقاومت مشخصه فولاد عبارت است از آن مقدار تنشی که تنش تسلیم حداکثر ۵ درصد از نمونه های میلگرد فولادی کمتر از آن باشد.

**رده میلگردهای فولادی:** عبارت است از عدد مقاومت مشخصه میلگرد بر حسب  $N/mm^2$ ، که پس از حرف S می آید. رده های میلگردها عبارتند از S400 ، S340 ، S240 و S500.

رده میلگردها باید در تمام اسناد فنی (دفترچه های محاسبات، نقشه ها و ...) قید شود.

**کربن معادل فولاد:** از فرمول زیر به دست می آید:

$$(۹-۴-۱)$$

$$C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + V + Mo}{5} + \frac{Cu + Ni}{15}$$

در این رابطه C، Mn، Cr، V، Mo، Ni و Cu به ترتیب درصد هریک از عناصر کربن، منگنز، کرم، وانادیم، مولیبدن، مس و نیکل در فولاد می باشد.

**بسته:** عبارت است از دو یا چند کلاف میلگرد به هم بسته شده، و یا تعدادی میلگرد شاخه مستقیم هم قطر و هم شکل و با یک مشخصه.

**شماره ذوب:** عددی که نشان دهنده شماره فرآیند تولید در هنگام ساخت فولاد است.

**بهر:** عبارت است از تعدادی بسته یا مقدار معینی میلگرد هم قطر و هم شکل و با یک مشخصه که تحت شرایطی که یکنواخت فرض می شود تولید می گردد.

**محموله:** عبارت است از تعدادی بسته میلگرد. مشخصه های همه بسته ها باید یکسان، ولی قطر آنها از یک بسته به بسته دیگر می تواند متفاوت باشد.

## ۹-۴-۲- استانداردهای مشخصات و آزمون های میلگردها

### جدول ۹-۴-۱- استانداردهای ملی میلگردهای فولادی

عنوان استاندارد	شماره استاندارد ملی ایران
ویزگی ها و روش های آزمون میلگردهای گرم نوردیده مصرفی در بتن	۳۱۳۲
اندازه های میلگردهای فولادی گرم نور دیده	۱۷۹۷
آزمون خمش سرد	۱۰۱۶
آزمون کشش فلزات	۱۰۱۴

## ۹-۴-۳- طبقه بندی میلگردها از نظر روش ساخت

(۱) فولاد گرم نوردشده

(۲) فولاد سرد اصلاح شده، که بر اثر انجام عملیات مکانیکی نظیر پیچانیدن، کشیدن، نورد کردن یا گذرانیدن از حدیده، بر روی میلگردهای گرم نورد شده در حالت سرد به دست می‌آید.

(۳) فولاد گرم اصلاح شده یا فولاد ویژه، که بر اثر انجام عملیات مکانیکی نظیر گرمایش و آب دادن، بر روی میلگردهای گرم نورد شده در حالت گرم به دست می‌آید.

#### ۹-۴-۲- طبقه بندی میلگردها از نظر مکانیکی

میلگردهای فولادی براساس مقاومت مشخصه آنها تقسیم بندی می‌شوند. انواع رده‌های میلگرد فولادی از نظر مکانیکی در جدول ۹-۴-۲ درج شده است.

فولادهای فوق از نظر شکل پذیری به سه رده طبقه بندی می‌شوند:

- (۱) فولاد نرم (S240)، که منحنی تنش - تغییر شکل نسبی آن دارای پله تسلیم مشهود است.
- (۲) فولاد نیم سخت (S340، S400)، که منحنی تنش - تغییر شکل نسبی آن دارای پله تسلیم بسیار محدود است.
- (۳) فولاد سخت (S500)، که منحنی تنش - تغییر شکل نسبی آن فاقد پله تسلیم است.

جدول ۹-۴-۲- رده بندی مکانیکی میلگردهای فولادی

رده	علامت مشخصه در استاندارد ملی ایران ۳۱۳۳	حداقل تنش تسلیم (N/mm <sup>2</sup> )	حداقل مقدار مجاز مقاومت کششی حداکثر فولاد (N/mm <sup>2</sup> )	نظریه	طبقه بندی	رده از نظر سختی
S240	س ۲۴۰	۲۴۰	۲۶۰	۲۲۰	ساده	نرم
S340	آج ۳۴۰	۳۴۰	۵۰۰	۳۰۰	آجدار ماریچ	نیمه سخت
S400	آج ۴۰۰	۴۰۰	۶۰۰	۴۰۰	آجدار جناقی	سخت
S500	آج ۵۰۰	۵۰۰	۶۵۰	۵۰۰	آجدار مرکب	سخت

### ۹-۴-۵- انواع شکل رویه

میلگردهای مصرفی از نظر شکل رویه به سه دسته طبقه بندی می شوند:

(۱) میلگردهای با رویه صاف، یا میلگردهای ساده. این نوع رویه فقط در میلگرد S240 به کار برده می شود. این میلگردها فقط می توانند به عنوان میلگرد ماریچ در سازه های بتن آرمه به کار روند و استفاده از آنها به عنوان میلگرد سازه ای غیر از مورد فوق، در سازه های بتن آرمه مجاز نیست.

(۲) میلگردهای با رویه آجدار، که سایر میلگردها را شامل می شود. آج عبارت است از برجستگی هایی که به صورت طولی یا در امتدادی غیر از طول میلگرد در هنگام نورد بر روی آن ایجاد می شود.

آج ها از نظر شکل به صورت دوکی شکل (آج با مقطع متغییر) یا به صورت یکنواخت (آج با مقطع ثابت)، و از نظر امتداد به صورت ماریچ یا جناقی می باشند. ضوابط و مشخصات و شکل و ابعاد آج ها باید مطابق با استاندارد ۳۱۳۲ ایران باشد.

(۳) میلگردهای با رویه آجدار پیچیده که از پیچانیدن میلگردهای آجدار به دست می آید. در این میلگردها، علاوه بر آج اولیه میلگرد، یک خط ماریچ بر روی میلگرد نیز به چشم می خورد که هرچه میزان تابانیدن میلگرد بیشتر باشد گام این خط کمتر خواهد بود.

### ۹-۴-۶- مشخصات هندسی میلگردها

(۱) سطح مقطع اسمی میلگردهای ساده، و سطح مقطع اسمی یا موثر میلگردهای آجدار از رابطه زیر به دست می آید:

(۹-۴-۲)

$$S = \frac{M}{0.00785 L}$$

(۲) قطر اسمی میلگردهای ساده یا آجدار، از رابطه زیر به دست می آید:



$$d_2 = 2 \sqrt{\frac{M}{0.00785\pi L}}$$

(۳-۴-۹)

(۳) ضوابط و الزامات قطر اسمی انواع میلگردهای ساده و آجدار، قطر زمینه میلگردهای آجدار ( $d_1$ )، یعنی قطر میلگرد آجدار بدون در نظر گرفتن آج آن، و نیز قطر خارجی میلگردهای آجدار ( $d_2$ )، یعنی قطر میلگرد با احتساب کامل آج آن، مطابق جدول ۳-۴-۹ می باشد. سایر ویژگی های میلگردها باید مطابق با استاندارد ۳۱۳۲ ایران باشد.

(۴) تفکیک میلگردها از یکدیگر، به لحاظ هندسی، براساس قطر اسمی آنها صورت می گیرد.

(۵) طول استاندارد میلگردهای شاخه ای:

طول معمول میلگردها معمولا ۱۲ متر است.

(۶) رواداری طول ها و قطرهای میلگردها و آج های میلگردهای آجدار باید مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۳۱۳۲ باشد.

#### ۷-۴-۹- مشخصات مکانیکی میلگردها

میلگردها زمانی از نظر مکانیکی قابل قبول شناخته می شوند که یکی از شرایط ۱ یا ۲ زیر، و علاوه بر آن همه

شرایط بندهای ۳ و ۴ و ۵ همزمان برآورده شوند:

(۱) در تمامی ۵ نمونه میلگرد انتخابی، باید رابطه زیر برقرار باشد:

$$(f_{y,obs})_i \geq f_{yk} \quad i = 1, \dots, 5$$

(۲) در صورتی که تمامی یا بخشی از شرایط بند ۱ برآورده نشود، ۵ نمونه دیگر نیز انتخاب می شود. نتایج ۱۰ نمونه

مذکور در بندهای ۱ و ۲ باید در رابطه زیر صدق کند:

$$f_{y,obs,m} \geq f_{yk} + 0.6S_{10}$$

#### جدول ۳-۴-۹- ضوابط و الزامات قطرهای: اسمی، زمینه و خارجی انواع میلگردها

	میلگردهای S340 و S400 (با آج)	میلگردهای S340 و S400 (با)
--	-------------------------------	----------------------------

میلگردهای S500 با آج		یکنواخت			آج دوکی			قطر اسمی میلگردهای S240 ( $d_b$ ) (mm)
قطرزمینه ( $d_1$ ) (mm)	قطراسمی ( $d_b$ ) (mm)	قطرخارجی (mm)	قطرزمینه ( $d_1$ ) (mm)	قطراسمی ( $d_b$ ) (mm)	حداکثر ارتفاع برجستگی طولی (mm)	قطرزمینه ( $d_1$ ) (mm)	قطراسمی ( $d_b$ ) (mm)	
-	-	۶/۷۵	۵/۷۵	۶	۰/۶	۵/۷۰	۶	۶
-	-	۹/۰۰	۷/۵۰	۸	۰/۸	۷/۶۰	۸	۸
-	-	۱۱/۳۰	۹/۳۰	۱۰	۱/۰	۹/۵۰	۱۰	۱۰
-	-	۱۳/۵۰	۱۱/۰۰	۱۲	۱/۲	۱۱/۴۰	۱۲	۱۲
۱۳/۳۰	۱۴	۱۵/۵۰	۱۳/۰۰	۱۴	۱/۴	۱۳/۴۰	۱۴	۱۴
۱۵/۳۰	۱۶	۱۸/۰۰	۱۵/۰۰	۱۶	۱/۶	۱۵/۳۰	۱۶	۱۶
۱۷/۳۰	۱۸	۲۰/۰۰	۱۷/۰۰	۱۸	۱/۸	۱۷/۳۰	۱۸	۱۸
۱۹/۳۰	۲۰	۲۲/۰۰	۱۹/۰۰	۲۰	۲/۰	۱۹/۳۰	۲۰	۲۰
۲۱/۳۰	۲۲	۲۴/۰۰	۲۱/۰۰	۲۲	۲/۲	۲۱/۳۰	۲۲	۲۲
۲۴/۳۰	۲۵	۲۷/۰۰	۲۴/۰۰	۲۵	۲/۵	۲۴/۰۲	۲۵	۲۵
۲۶/۸۰	۲۸	۳۰/۵۰	۲۶/۵۰	۲۸	۲/۸	۲۶/۹۰	۲۸	۲۸
-	-	۳۴/۵۰	۳۰/۵۰	۳۲	۲/۲	۳۰/۷۸	۳۲	۳۲
-	-	۳۹/۵۰	۳۴/۵۰	۳۶	۲/۶	۳۴/۸۰	۳۶	۳۶
-	-	۴۳/۵۰	۳۸/۵۰	۴۰	۴/۰	۳۸/۵۰	۴۰	۴۰

$f_{y,obs,m}$  و  $S_{10}$  مذکور در رابطه اخیر، به ترتیب میانگین تنش تسلیم اندازه گیری شده ۱۰ نمونه، و انحراف معیار مربوط به تنش تسلیم اندازه گیری شده ۱۰ نمونه می باشند:

$$f_{y,obs,m} = \frac{\sum_{i=1}^{10} (f_{y,obs})_i}{10} \quad (۴-۴-۹)$$

$$S_{10} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} [(f_{y,obs,m}) - (f_{y,obs})_i]^2}{9}}$$

(۵-۴-۹)

(۳) در هر یک از آزمون‌های مذکور در بندهای ۱ و ۲ باید تمامی روابط زیر برقرار باشد:

$$f_{su} \geq 1.18 f_{y,obs} \quad (۶-۴-۹)$$

$$f_{su,obs} \geq 1.25 f_{yk} \quad (۷-۴-۹)$$

$$|f_{y,obs} - f_{yk}| \leq 12.5 MPa \quad (۸-۴-۹)$$

$$f_{su,obs} \geq 1.25 f_{y,obs} \quad (۹-۴-۹)$$

(۴) به عنوان ضابطه شکل پذیری، ازدیاد طول نسبی دو طول معیار، یکی به طول ۱۰ برابر و دیگری به طول ۵ برابر قطر میلگرد (یعنی  $\epsilon_{10}$  و  $\epsilon_5$ )، باید حداقل برابر با مقادیر مندرج در جدول ۹-۴-۴ باشد.

جدول ۹-۴-۴- حداقل مجاز ازدیاد طول نسبی میلگردهای فولادی در آزمایش کشش

S500	S400	S340	S240	رده فولاد
				ازدیاد طول نسبی

۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۱۵	۰/۱۸	حداقل مقدار مجاز
۰/۱۰	۰/۱۶	۰/۱۸	۰/۲۵	حداقل مقدار مجاز

۵) به عنوان ضابطه شکل پذیری، میلگردها باید با مشخصات و اندازه های زیر و مندرج در جدول ۵-۴-۹ تحت آزمون خمش قرارگیرند و ضوابط مندرج در جدول ۵-۴-۹ برآورده سازند.

#### جدول ۵-۴-۹- زاویه خمش و نسبت قطر خمش به قطر اسمی میلگرد اسمی میلگردها در آزمایش خمش میلگردهای فولادی

نسبت قطر فک خمش به قطر اسمی میلگرد	زاویه خمش (درجه)		رده
	خمش مجدد	خمش سرد	
۲	۹۰	۱۸۰	S240
۳	۹۰	۱۸۰	S340
۵	۹۰	۱۸۰	S400
۵	۹۰	۹۰	S500

آزمون خمش به دو صورت خمش سرد و خمش مجدد صورت می‌گیرد. آزمون خمش سرد بر روی نمونه‌هایی با طول حداقل ۲۵۰ میلی‌متر که مستقیماً از خط تولید به دست آمده و هیچگونه عملیات مکانیکی (از جمله تراشکاری) بر روی آن اعمال نشده است انجام می‌گیرد. روش آزمون خمش سرد مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۱۰۱۶ صورت می‌گیرد. در آزمون خمش مجدد، نمونه‌های آزمون را که مشابه نمونه‌های خمش سرد است، به میزان ۹۰ درجه در دمای محیط خم و سپس نمونه را به مدت حداقل نیم ساعت تا دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد گرم می‌شود. پس از آنکه نمونه سرد شده و به دمای محیط رسید آن را با نیروی پیوسته و یکنواخت، به میزان ۲۰ درجه برمی‌گردانند. میلگرد زمانی از نظر هر یک از آزمون‌های خمش قابل قبول تلقی می‌گردد که پس از خمش، هیچگونه ترک، شکستگی یا سایر عیوب در آن ایجاد نگردد و مشاهده نشود.

- ۷) در صورتی که قرار است در میلگردها از وصله جوشی استفاده شود، باید این میلگردها تحت آزمایش جوش‌پذیری قرار گیرند. در این آزمایش نمونه‌های جوش شده باید تحت آزمایش کشش و خمش قرار گیرند.
- در آزمایش کشش، زمانی میلگرد از نظر جوش‌پذیری قابل قبول تلقی می‌گردد که مقطع گسیخته شده در محل جوش یا در مجاورت آن نباشد. در آزمایش خمش، زمانی میلگرد از نظر جوش‌پذیری قابل قبول تلقی می‌گردد که پس از خم کردن، ترکی در منطقه جوش شده و خودجوش به وجود نیاید.
- ۸) در مورد میلگردهایی که تا حد پیوسته شدن زنگ زده باشند، بویژه میلگردهایی که به طور موضعی و عمیق دچار خوردگی شده باشند باید پس از ماسه پاشی آزمایش‌های زیر بر روی نمونه‌های آنها انجام شود:
- ۱- آزمایش و کنترل مجدد موارد مذکور در بندهای ۱ تا ۵ فوق
  - ۲- اندازه‌گیری مجدد قطر اسمی میلگردها و مطابقت آن با رواداری‌های مذکور در استاندارد ۳۱۳۲ ملی ایران در صورتی که میلگردهای پوسته شده ضوابط فوق را برآورده نسازند، غیر قابل قبول تلقی می‌شوند.
  - ۹) میلگردهایی که دچار خم و اعوجاج شدید شده اند فقط هنگامی قابل مصرف می‌باشند که مجدداً تحت آزمایش خمش قرار گرفته و ضوابط مزبور را برآورده سازند.
  - ۱۰) مقاومت مشخصه فولاد مصرفی در اعضای قابها یا اجزای لبه دیوارها که برای مقابله با نیروهای جانبی زلزله به کار برده می‌شوند نباید از  $Mpa400$  بیشتر باشد.
  - ۱۱) میلگردهای طولی کلیه سازه‌ها باید از نوع آجدار باشد.
  - ۱۲) جوش دادن خاموت‌ها و سایر میلگردها به میلگردهای طولی مجاز نیست.

#### ۹-۴-۸- تواتر نمونه برداری

- تعداد و تواتر نمونه‌ها باید به گونه‌ای باشد که نتایج آزمایش‌های انجام شده بر روی آنها معرف کیفیت کل آرماتور مصرفی و حداقل به میزان زیر باشد:
- ۱) از هر پنجاه تن و کسر آن یک سری نمونه
  - ۲) از هر قطر یک سری نمونه
  - ۳) از هر نوع فولاد یک سری نمونه
- بر روی هر سری نمونه، باید آزمایش‌های مذکور در بند ۹-۴-۷ انجام شود.

**۹-۴-۹- جوش پذیری**

(۱) قابلیت جوش پذیری میلگردها براساس مقدار کربن معادل آنها تعیین می‌شود.  
 (۲) در صورتی که مقدار کربن معادل از ۰/۵۱ درصد کمتر باشد میلگرد قابل جوشکاری است و هرچه این مقدار کمتر باشد قابلیت جوش پذیری فولاد بیشتر است.  
 حداکثر کربن معادل مجاز انواع فولادها در جدول ۹-۴-۶ آورده شده است:

**جدول ۹-۴-۶- حداکثر کربن معادل مجاز از انواع فولاد**

نوع فولاد	S240	S340	S400	S500
حداکثر کربن معادل (%)	-	۰/۵۰	*	*

\* میلگردهای رده S400 و S500، بسته به میزان قطر و کربن معادل آنها، ممکن است به پیشگرم کردن در هنگام جوشکاری نیاز داشته یا نداشته باشند. حداقل دمای پیشگرم میلگردها نیز به قطر و کربن معادل آنها بستگی دارد. عملیات جوشکاری میلگردهای مصرفی در بتن در دمای زیر  $18^{\circ}\text{C}$  ممنوع است. پس از پایان جوشکاری باید میلگرد به طور طبیعی سرد شده و به دمای محیط برسد. شتاب دادن به فرآیند سرد شدن میلگردهای جوش شده ممنوع است.

**۹-۴-۱۰- نشانه گذاری و بسته بندی میلگردها**

میلگردهای S340، S240 و S400 با قطر  $d_b \leq 12\text{mm}$  به صورت کلاف و یا به صورت شاخه مستقیم با طولهای مساوی بسته بندی می شوند. قطر کلاف میلگردهای کلاف باید حداقل ۲۰۰ برابر قطر میلگرد باشد.

میلگردهای S340، S240 و S400 با قطر  $d_b \geq 14\text{mm}$ ، و نیز تمامی میلگردهای S500 فقط به صورت شاخه مستقیم با طول های مساوی بسته بندی می شوند.

برروی شاخه های میلگردهای آردار تولیدی، به صورت یک در میان باید علامت مشخصه ای حک شود تا از روی آن نام کارخانه سازنده و نوع میلگرد معلوم شود.

هریک از بسته های میلگرد باید دارای حداقل دو پلاک فلزی باشد که برروی هریک از پلاک های مزبور مشخصات زیر

باید به صورت خوانا حک و یا به صورتی که نتواند مخدوش شود نوشته شده باشد:

- (۱) شماره بسته
- (۲) نوع میلگرد (س ۲۴۰ و آج ۳۴۰ و...)
- (۳) نمره میلگرد (قطر اسمی برحسب میلیمتر)
- (۴) وزن بسته (برحسب کیلوگرم)
- (۵) شماره ذوب یا بهر
- (۶) نشانه تاییدیه کنترل کیفیت از سوی کارخانه سازنده
- (۷) نام یا نشانه تجارتي کارخانه سازنده
- (۸) علامت استاندارد ملی ایران

#### ۹-۴-۱۱- گواهینامه فنی

هر یک از محموله‌های بیش از ۲۵ تن باید دارای گواهینامه فنی صادره از طرف تولید کننده باشند و این گواهینامه همراه محموله به مصرف کننده تحویل شود. قید موارد زیر در گواهینامه فنی الزامی است:

- (۱) نام و نشانی کارخانه سازنده
- (۲) شماره گواهینامه
- (۳) تاریخ صدور گواهی نامه
- (۴) علامت مشخصه نوع میلگرد
- (۵) شماره ذوب یا بهر
- (۶) نمره (قطر اسمی) میلگرد
- (۷) طول اسمی شاخه‌ها
- (۸) تعداد بسته‌ها
- (۹) مشخصات فنی شیمیایی شامل ترکیبات شیمیایی و کربن معدل
- (۱۰) مشخصات مکانیکی
- (۱۱) رنگ انتخابی برای مقطع میلگرد
- (۱۲) نوع علامت حک شده و به کار رفته بر روی پلاک های الصاقی

### ۹-۴-۱۲- ضوابط حمل و نقل، انبار کردن و نگهداری

- ۱) میلگردهای فولادی را باید در محل‌های تمیز و عاری از رطوبت و گل و خاک و سایر آلودگی‌ها نگهداری کرد تا از زنگ زدگی و کثیف شدن سطح آنها جلوگیری شود.
- ۲) از هر نوع صدمه مکانیکی یا تغییر شکل پلاستیکی، نظیر بریدگی و ضربه و... جلوگیری شود.
- ۳) میلگردهای پوسته شده باید ماسه پاشی شده و پس از برآوردن ضوابط مذکور در بند ۹-۴-۷ مصرف شوند. رفع پوسته‌ها با استفاده از برس سیمی و سایر روش‌های مشابه مجاز نیست.
- ۴) میلگردها باید به روشی حمل و انبار شوند که دچار خمیدگی بیش از حد نشوند.
- ۵) میلگرد ها نباید مستقیماً بر روی زمین انبار شوند.
- ۶) میلگردها باید بسته به قطر و رده آنه، به صورت مجزا انبار شوند.
- ۷) میلگردهایی که هنوز بریده یا خم نشده اند باید به گونه‌ای انبار و نگهداری شوند که برچسب و علامت کارخانه سازنده فولاد بر روی آنها قابل رویت باشد.
- ۸) میلگردها باید به نحوی تخلیه شوند که هم به کارگران صدمه نزنند وهم خود صدمه نبینند.

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.





### فصل چهارم میلگرد های فولادی

#### ۹-۴-۰۰- علامت اختصاری

واحد	مفهوم	علامت اختصاری
برحسب مگاپاسکال	مدول ارتجاعی میلگرد های فولادی	$E_s$
برحسب مگاپاسکال	مقاومت کششی میگردهای فولادی، یعنی مقاومت در هنگام گسیختگی، که در آزمایش کششی بر روی میگردهای مصرفی مورد نظر عملاً به دست می آید	$f_{su,obs}$
برحسب مگاپاسکال	تنش تسلیم میگردهای فولادی، این تنش در میگردهای S240 از روی تنش تسلیم مشهود آن به دست می آید. در سایر میگردها، تنش تسلیم قرار دادی (تنش نظیر تغییر شکل نسبی ماندگار ۰/۲ درصد و یا تنش نظیر تغییر شکی نسبی ۰/۳۵ درصد) تعریف می شود.	$f_y$
برحسب مگاپاسکال	مقاومت مشخصه میگردها فولادی، تنشی که به عنوان ویژگی	$f_{yk}$

	فولاد، مبنای طراحی قرار می گیرد	
تنش تسلیمی که در آزمایش کششی بر روی میلگردهای مصرفی مورد نظر عملاً به دست می آید	بر حسب مگا پاسکال	$f_{y,obs}$
جرم یک قطعه میلگرد	بر حسب گرم	$M$
سطح مقطع موثر یا اسمی میلگرد	بر حسب میلیمتر مربع	$S$
طول یک قطعه میلگرد	بر حسب میلیمتر	$L$
قطر اسمی میلگردهای ساده یا آچار	بر حسب میلیمتر	$d_b$
قطر اسمی میلگردهای سازه، که معمولاً در نقشه ها و سایر مدارک فنی به کار می رود	بر حسب میلیمتر	$\phi$
قطر اسمی میلگردهای آچار، که معمولاً در نقشه ها و سایر مدارک فنی به کار می رود.	بر حسب میلیمتر	$\Phi$
قطر زمینه میلگردهای آچار	بر حسب میلیمتر	$d_1$
قطر خارجی میلگردهای آچار	بر حسب میلیمتر	$d_2$

#### ۹-۴-۱- تعاریف

**مقاومت مشخصه فولاد:** مقاومت مشخصه فولاد بر اساس مقدار تنش تسلیم آن (مشهود یا قراردادی) تعیین می شود. مقاومت مشخصه فولاد عبارت است از آن مقدار تنشی که تنش تسلیم حداکثر ۵ درصد از نمونه های میلگرد فولادی کمتر از آن باشد.

**رده میلگردهای فولادی:** عبارت است از عدد مقاومت مشخصه میلگرد بر حسب  $N/mm^2$ ، که پس از حرف S می آید. رده های میلگردها عبارتند از S400 ، S340 ، S240 و S500.

رده میلگردها باید در تمام اسناد فنی (دفترچه های محاسبات، نقشه ها و ...) قید شود.

**کربن معادل فولاد:** از فرمول زیر به دست می آید:

$$(۹-۴-۱)$$

$$C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + V + Mo}{5} + \frac{Cu + Ni}{15}$$

در این رابطه C، Mn، Cr، V، Mo، Ni و Cu به ترتیب درصد هریک از عناصر کربن، منگنز، کرم، وانادیم، مولیبدن، مس و نیکل در فولاد می باشد.

**بسته:** عبارت است از دو یا چند کلاف میلگرد به هم بسته شده، و یا تعدادی میلگرد شاخه مستقیم هم قطر و هم شکل و با یک مشخصه.

**شماره ذوب:** عددی که نشان دهنده شماره فرآیند تولید در هنگام ساخت فولاد است.

**بهر:** عبارت است از تعدادی بسته یا مقدار معینی میلگرد هم قطر و هم شکل و با یک مشخصه که تحت شرایطی که یکنواخت فرض می شود تولید می گردد.

**محموله:** عبارت است از تعدادی بسته میلگرد. مشخصه های همه بسته ها باید یکسان، ولی قطر آنها از یک بسته به بسته دیگر می تواند متفاوت باشد.

## ۹-۴-۲- استانداردهای مشخصات و آزمونهای میلگردها

### جدول ۹-۴-۱- استانداردهای ملی میلگردهای فولادی

عنوان استاندارد	شماره استاندارد ملی ایران
ویزگی ها و روش های آزمون میلگردهای گرم نوردیده مصرفی در بتن	۳۱۳۲
اندازه های میلگردهای فولادی گرم نور دیده	۱۷۹۷
آزمون خمش سرد	۱۰۱۶
آزمون کشش فلزات	۱۰۱۴

## ۹-۴-۳- طبقه بندی میلگردها از نظر روش ساخت

(۱) فولاد گرم نوردشده

۲) فولاد سرد اصلاح شده، که بر اثر انجام عملیات مکانیکی نظیر پیچانیدن، کشیدن، نورد کردن یا گذرانیدن از حدیده، بر روی میلگردهای گرم نورد شده در حالت سرد به دست می‌آید.

۳) فولاد گرم اصلاح شده یا فولاد ویژه، که بر اثر انجام عملیات مکانیکی نظیر گرمایش و آب دادن، بر روی میلگردهای گرم نورد شده در حالت گرم به دست می‌آید.

#### ۹-۴-۲- طبقه بندی میلگردها از نظر مکانیکی

میلگردهای فولادی بر اساس مقاومت مشخصه آنها تقسیم بندی می‌شوند. انواع رده‌های میلگرد فولادی از نظر مکانیکی در جدول ۹-۴-۲ درج شده است.

فولادهای فوق از نظر شکل پذیری به سه رده طبقه بندی می‌شوند:

- ۱) فولاد نرم (S240)، که منحنی تنش - تغییر شکل نسبی آن دارای پله تسلیم مشهود است.
- ۲) فولاد نیم سخت (S340، S400)، که منحنی تنش - تغییر شکل نسبی آن دارای پله تسلیم بسیار محدود است.
- ۳) فولاد سخت (S500)، که منحنی تنش - تغییر شکل نسبی آن فاقد پله تسلیم است.

جدول ۹-۴-۲- رده بندی مکانیکی میلگردهای فولادی

رده	علامت مشخصه در استاندارد ملی ایران ۳۱۳۳	حداقل تنش تسلیم (N/mm <sup>2</sup> )	حداقل مقدار مجاز مقاومت کششی حداکثر فولاد (N/mm <sup>2</sup> )	نظریه	طبقه بندی	رده از نظر سختی
S240	س ۲۴۰	۲۴۰	۲۶۰	۲۲۰	ساده	نرم
S340	آج ۳۴۰	۳۴۰	۵۰۰	۳۰۰	آجدار ماریچ	نیمه سخت
S400	آج ۴۰۰	۴۰۰	۶۰۰	۴۰۰	آجدار جناقی	سخت
S500	آج ۵۰۰	۵۰۰	۶۵۰	۵۰۰	آجدار مرکب	سخت

### ۹-۴-۵- انواع شکل رویه

میلگردهای مصرفی از نظر شکل رویه به سه دسته طبقه بندی می شوند:

(۱) میلگردهای با رویه صاف، یا میلگردهای ساده. این نوع رویه فقط در میلگرد S240 به کار برده می شود. این میلگردها فقط می توانند به عنوان میلگرد ماریچ در سازه های بتن آرمه به کار روند و استفاده از آنها به عنوان میلگرد سازه ای غیر از مورد فوق، در سازه های بتن آرمه مجاز نیست.

(۲) میلگردهای با رویه آجدار، که سایر میلگردها را شامل می شود. آج عبارت است از برجستگی هایی که به صورت طولی یا در امتدادی غیر از طول میلگرد در هنگام نورد بر روی آن ایجاد می شود.

آج ها از نظر شکل به صورت دوکی شکل (آج با مقطع متغییر) یا به صورت یکنواخت (آج با مقطع ثابت)، و از نظر امتداد به صورت ماریچ یا جناقی می باشند. ضوابط و مشخصات و شکل و ابعاد آج ها باید مطابق با استاندارد ۳۱۳۲ ایران باشد.

(۳) میلگردهای با رویه آجدار پیچیده که از پیچانیدن میلگردهای آجدار به دست می آید. در این میلگردها، علاوه بر آج اولیه میلگرد، یک خط ماریچ بر روی میلگرد نیز به چشم می خورد که هرچه میزان تابانیدن میلگرد بیشتر باشد گام این خط کمتر خواهد بود.

### ۹-۴-۶- مشخصات هندسی میلگردها

(۱) سطح مقطع اسمی میلگردهای ساده، و سطح مقطع اسمی یا موثر میلگردهای آجدار از رابطه زیر به دست می آید:

(۹-۴-۲)

$$S = \frac{M}{0.00785 L}$$

(۲) قطر اسمی میلگردهای ساده یا آجدار، از رابطه زیر به دست می آید:

$$d_2 = 2 \sqrt{\frac{M}{0.00785\pi L}}$$

(۳-۴-۹)

(۳) ضوابط و الزامات قطر اسمی انواع میلگردهای ساده و آجدار، قطر زمینه میلگردهای آجدار ( $d_1$ )، یعنی قطر میلگرد آجدار بدون در نظر گرفتن آج آن، و نیز قطر خارجی میلگردهای آجدار ( $d_2$ )، یعنی قطر میلگرد با احتساب کامل آج آن، مطابق جدول ۳-۴-۹ می باشد. سایر ویژگی های میلگردها باید مطابق با استاندارد ۳۱۳۲ ایران باشد.

(۴) تفکیک میلگردها از یکدیگر، به لحاظ هندسی، براساس قطر اسمی آنها صورت می گیرد.

(۵) طول استاندارد میلگردهای شاخه ای:

طول معمول میلگردها معمولا ۱۲ متر است.

(۶) رواداری طول ها و قطرهای میلگردها و آج های میلگردهای آجدار باید مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۳۱۳۲ باشد.

#### ۷-۴-۹- مشخصات مکانیکی میلگردها

میلگردها زمانی از نظر مکانیکی قابل قبول شناخته می شوند که یکی از شرایط ۱ یا ۲ زیر، و علاوه بر آن همه

شرایط بندهای ۳ و ۴ و ۵ همزمان برآورده شوند:

(۱) در تمامی ۵ نمونه میلگرد انتخابی، باید رابطه زیر برقرار باشد:

$$(f_{y,obs})_i \geq f_{yk} \quad i = 1, \dots, 5$$

(۲) در صورتی که تمامی یا بخشی از شرایط بند ۱ برآورده نشود، ۵ نمونه دیگر نیز انتخاب می شود. نتایج ۱۰ نمونه

مذکور در بندهای ۱ و ۲ باید در رابطه زیر صدق کند:

$$f_{y,obs,m} \geq f_{yk} + 0.6S_{10}$$

#### جدول ۳-۴-۹- ضوابط و الزامات قطرهای: اسمی، زمینه و خارجی انواع میلگردها

	میلگردهای S340 و S400 (با آج)	میلگردهای S340 و S400 (با)
--	-------------------------------	----------------------------

میلگردهای S500 با آج		یکنواخت			آج دوکی			قطر اسمی میلگردهای S240 ( $d_b$ ) (mm)
قطرزمینه ( $d_1$ ) (mm)	قطراسمی ( $d_b$ ) (mm)	قطرخارجی (mm)	قطرزمینه ( $d_1$ ) (mm)	قطراسمی ( $d_b$ ) (mm)	حداکثر ارتفاع برجستگی طولی (mm)	قطرزمینه ( $d_1$ ) (mm)	قطراسمی ( $d_b$ ) (mm)	
-	-	۶/۷۵	۵/۷۵	۶	۰/۶	۵/۷۰	۶	۶
-	-	۹/۰۰	۷/۵۰	۸	۰/۸	۷/۶۰	۸	۸
-	-	۱۱/۳۰	۹/۳۰	۱۰	۱/۰	۹/۵۰	۱۰	۱۰
-	-	۱۳/۵۰	۱۱/۰۰	۱۲	۱/۲	۱۱/۴۰	۱۲	۱۲
۱۳/۳۰	۱۴	۱۵/۵۰	۱۳/۰۰	۱۴	۱/۴	۱۳/۴۰	۱۴	۱۴
۱۵/۳۰	۱۶	۱۸/۰۰	۱۵/۰۰	۱۶	۱/۶	۱۵/۳۰	۱۶	۱۶
۱۷/۳۰	۱۸	۲۰/۰۰	۱۷/۰۰	۱۸	۱/۸	۱۷/۳۰	۱۸	۱۸
۱۹/۳۰	۲۰	۲۲/۰۰	۱۹/۰۰	۲۰	۲/۰	۱۹/۳۰	۲۰	۲۰
۲۱/۳۰	۲۲	۲۴/۰۰	۲۱/۰۰	۲۲	۲/۲	۲۱/۳۰	۲۲	۲۲
۲۴/۳۰	۲۵	۲۷/۰۰	۲۴/۰۰	۲۵	۲/۵	۲۴/۰۲	۲۵	۲۵
۲۶/۸۰	۲۸	۳۰/۵۰	۲۶/۵۰	۲۸	۲/۸	۲۶/۹۰	۲۸	۲۸
-	-	۳۴/۵۰	۳۰/۵۰	۳۲	۲/۲	۳۰/۷۸	۳۲	۳۲
-	-	۳۹/۵۰	۳۴/۵۰	۳۶	۲/۶	۳۴/۸۰	۳۶	۳۶
-	-	۴۳/۵۰	۳۸/۵۰	۴۰	۴/۰	۳۸/۵۰	۴۰	۴۰

$f_{y,obs,m}$  و  $S_{10}$  مذکور در رابطه اخیر، به ترتیب میانگین تنش تسلیم اندازه گیری شده ۱۰ نمونه، و انحراف معیار مربوط به تنش تسلیم اندازه گیری شده ۱۰ نمونه می باشند:

$$f_{y,obs,m} = \frac{\sum_{i=1}^{10} (f_{y,obs})_i}{10} \quad (۴-۴-۹)$$

$$S_{10} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} [(f_{y,obs,m}) - (f_{y,obs})_i]^2}{9}}$$

(۵-۴-۹)

(۳) در هر یک از آزمون‌های مذکور در بندهای ۱ و ۲ باید تمامی روابط زیر برقرار باشد:

$$f_{su} \geq 1.18 f_{y,obs} \quad (۶-۴-۹)$$

$$f_{su,obs} \geq 1.25 f_{yk} \quad (۷-۴-۹)$$

$$|f_{y,obs} - f_{yk}| \leq 12.5 MPa \quad (۸-۴-۹)$$

$$f_{su,obs} \geq 1.25 f_{y,obs} \quad (۹-۴-۹)$$

(۴) به عنوان ضابطه شکل پذیری، ازدیاد طول نسبی دو طول معیار، یکی به طول ۱۰ برابر و دیگری به طول ۵ برابر قطر میلگرد (یعنی  $\epsilon_{10}$  و  $\epsilon_5$ )، باید حداقل برابر با مقادیر مندرج در جدول ۹-۴-۴ باشد.

جدول ۹-۴-۴- حداقل مجاز ازدیاد طول نسبی میلگردهای فولادی در آزمایش کشش

S500	S400	S340	S240	رده فولاد
				ازدیاد طول نسبی



۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۱۵	۰/۱۸	حداقل مقدار مجاز
۰/۱۰	۰/۱۶	۰/۱۸	۰/۲۵	حداقل مقدار مجاز

۵) به عنوان ضابطه شکل پذیری، میلگردها باید با مشخصات و اندازه های زیر و مندرج در جدول ۵-۴-۹ تحت آزمون خمش قرارگیرند و ضوابط مندرج در جدول ۵-۴-۹ برآورده سازند.

#### جدول ۵-۴-۹- زاویه خمش و نسبت قطر خمش به قطر اسمی میلگرد اسمی میلگردها در آزمایش خمش میلگردهای فولادی

نسبت قطر فک خمش به قطر اسمی میلگرد	زاویه خمش (درجه)		رده
	خمش مجدد	خمش سرد	
۲	۹۰	۱۸۰	S240
۳	۹۰	۱۸۰	S340
۵	۹۰	۱۸۰	S400
۵	۹۰	۹۰	S500

آزمون خمش به دو صورت خمش سرد و خمش مجدد صورت می‌گیرد. آزمون خمش سرد بر روی نمونه‌هایی با طول حداقل ۲۵۰ میلی‌متر که مستقیماً از خط تولید به دست آمده و هیچگونه عملیات مکانیکی (از جمله تراشکاری) بر روی آن اعمال نشده است انجام می‌گیرد. روش آزمون خمش سرد مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۱۰۱۶ صورت می‌گیرد. در آزمون خمش مجدد، نمونه‌های آزمون را که مشابه نمونه‌های خمش سرد است، به میزان ۹۰ درجه در دمای محیط خم و سپس نمونه را به مدت حداقل نیم ساعت تا دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد گرم می‌شود. پس از آنکه نمونه سرد شده و به دمای محیط رسید آن را با نیروی پیوسته و یکنواخت، به میزان ۲۰ درجه برمی‌گردانند. میلگرد زمانی از نظر هر یک از آزمون‌های خمش قابل قبول تلقی می‌گردد که پس از خمش، هیچگونه ترک، شکستگی یا سایر عیوب در آن ایجاد نگردد و مشاهده نشود.

- ۷) در صورتی که قرار است در میلگردها از وصله جوشی استفاده شود، باید این میلگردها تحت آزمایش جوش پذیری قرار گیرند. در این آزمایش نمونه های جوش شده باید تحت آزمایش کشش و خمش قرار گیرند.
- در آزمایش کشش، زمانی میلگرد از نظر جوش پذیری قابل قبول تلقی می گردد که مقطع گسیخته شده در محل جوش یا در مجاورت آن نباشد. در آزمایش خمش، زمانی میلگرد از نظر جوش پذیری قابل قبول تلقی می گردد که پس از خم کردن، ترکی در منطقه جوش شده و خودجوش به وجود نیاید.
- ۸) در مورد میلگردهایی که تا حد پیوسته شدن زنگ زده باشند، بویژه میلگردهایی که به طور موضعی و عمیق دچار خوردگی شده باشند باید پس از ماسه پاشی آزمایش های زیر بر روی نمونه های آنها انجام شود:
- ۱- آزمایش و کنترل مجدد موارد مذکور در بندهای ۱ تا ۵ فوق
  - ۲- اندازه گیری مجدد قطر اسمی میلگردها و مطابقت آن با رواداری های مذکور در استاندارد ۳۱۳۲ ملی ایران در صورتی که میلگردهای پوسته شده ضوابط فوق را برآورده ن سازند، غیر قابل قبول تلقی می شوند.
  - ۹) میلگردهایی که دچار خم و اعوجاج شدید شده اند فقط هنگامی قابل مصرف می باشند که مجدداً تحت آزمایش خمش قرار گرفته و ضوابط مزبور را برآورده سازند.
  - ۱۰) مقاومت مشخصه فولاد مصرفی در اعضای قابها یا اجزای لبه دیوارها که برای مقابله با نیروهای جانبی زلزله به کار برده می شوند نباید از  $Mpa400$  بیشتر باشد.
  - ۱۱) میلگردهای طولی کلیه سازه ها باید از نوع آجدار باشد.
  - ۱۲) جوش دادن خاموت ها و سایر میلگردها به میلگردهای طولی مجاز نیست.

#### ۹-۴-۸- تواتر نمونه برداری

- تعداد و تواتر نمونه ها باید به گونه ای باشد که نتایج آزمایش های انجام شده بر روی آنها معرف کیفیت کل آرماتور مصرفی و حداقل به میزان زیر باشد:
- ۱) از هر پنجاه تن و کسر آن یک سری نمونه
  - ۲) از هر قطر یک سری نمونه
  - ۳) از هر نوع فولاد یک سری نمونه
- بر روی هر سری نمونه، باید آزمایش های مذکور در بند ۹-۴-۷ انجام شود.

**۹-۴-۹- جوش پذیری**

(۱) قابلیت جوش پذیری میلگردها براساس مقدار کربن معادل آنها تعیین می‌شود.  
 (۲) در صورتی که مقدار کربن معادل از ۰/۵۱ درصد کمتر باشد میلگرد قابل جوشکاری است و هرچه این مقدار کمتر باشد قابلیت جوش پذیری فولاد بیشتر است.  
 حداکثر کربن معادل مجاز انواع فولادها در جدول ۹-۴-۶ آورده شده است:

**جدول ۹-۴-۶- حداکثر کربن معادل مجاز از انواع فولاد**

نوع فولاد	S240	S340	S400	S500
حداکثر کربن معادل (%)	-	۰/۵۰	*	*

\* میلگردهای رده S400 و S500، بسته به میزان قطر و کربن معادل آنها، ممکن است به پیشگرم کردن در هنگام جوشکاری نیاز داشته یا نداشته باشند. حداقل دمای پیشگرم میلگردها نیز به قطر و کربن معادل آنها بستگی دارد. عملیات جوشکاری میلگردهای مصرفی در بتن در دمای زیر  $18^{\circ}\text{C}$  ممنوع است. پس از پایان جوشکاری باید میلگرد به طور طبیعی سرد شده و به دمای محیط برسد. شتاب دادن به فرآیند سرد شدن میلگردهای جوش شده ممنوع است.

**۹-۴-۱۰- نشانه گذاری و بسته بندی میلگردها**

میلگردهای S340، S240 و S400 با قطر  $d_b \leq 12\text{mm}$  به صورت کلاف و یا به صورت شاخه مستقیم با طولهای مساوی بسته بندی می شوند. قطر کلاف میلگردهای کلاف باید حداقل ۲۰۰ برابر قطر میلگرد باشد.

میلگردهای S340، S240 و S400 با قطر  $d_b \geq 14\text{mm}$ ، و نیز تمامی میلگردهای S500 فقط به صورت شاخه مستقیم با طول های مساوی بسته بندی می شوند.

برروی شاخه های میلگردهای آردار تولیدی، به صورت یک در میان باید علامت مشخصه ای حک شود تا از روی آن نام کارخانه سازنده و نوع میلگرد معلوم شود.

هریک از بسته های میلگرد باید دارای حداقل دو پلاک فلزی باشد که برروی هریک از پلاک های مزبور مشخصات زیر

باید به صورت خوانا حک و یا به صورتی که نتواند مخدوش شود نوشته شده باشد:

- (۱) شماره بسته
- (۲) نوع میلگرد (س ۲۴۰ و آج ۳۴۰ و...)
- (۳) نمره میلگرد (قطر اسمی برحسب میلیمتر)
- (۴) وزن بسته (برحسب کیلوگرم)
- (۵) شماره ذوب یا بهر
- (۶) نشانه تاییدیه کنترل کیفیت از سوی کارخانه سازنده
- (۷) نام یا نشانه تجارتي کارخانه سازنده
- (۸) علامت استاندارد ملی ایران

#### ۹-۴-۱۱- گواهینامه فنی

هر یک از محموله‌های بیش از ۲۵ تن باید دارای گواهینامه فنی صادره از طرف تولید کننده باشند و این گواهینامه همراه محموله به مصرف کننده تحویل شود. قید موارد زیر در گواهینامه فنی الزامی است:

- (۱) نام و نشانی کارخانه سازنده
- (۲) شماره گواهینامه
- (۳) تاریخ صدور گواهی نامه
- (۴) علامت مشخصه نوع میلگرد
- (۵) شماره ذوب یا بهر
- (۶) نمره (قطر اسمی) میلگرد
- (۷) طول اسمی شاخه‌ها
- (۸) تعداد بسته‌ها
- (۹) مشخصات فنی شیمیایی شامل ترکیبات شیمیایی و کربن معدل
- (۱۰) مشخصات مکانیکی
- (۱۱) رنگ انتخابی برای مقطع میلگرد
- (۱۲) نوع علامت حک شده و به کار رفته بر روی پلاک های الصاقی

### ۹-۴-۱۲- ضوابط حمل و نقل، انبار کردن و نگهداری

- ۱) میلگردهای فولادی را باید در محل‌های تمیز و عاری از رطوبت و گل و خاک و سایر آلودگی‌ها نگهداری کرد تا از زنگ زدگی و کثیف شدن سطح آنها جلوگیری شود.
- ۲) از هر نوع صدمه مکانیکی یا تغییر شکل پلاستیکی، نظیر بریدگی و ضربه و... جلوگیری شود.
- ۳) میلگردهای پوسته شده باید ماسه پاشی شده و پس از برآوردن ضوابط مذکور در بند ۹-۴-۷ مصرف شوند. رفع پوسته‌ها با استفاده از برس سیمی و سایر روش‌های مشابه مجاز نیست.
- ۴) میلگردها باید به روشی حمل و انبار شوند که دچار خمیدگی بیش از حد نشوند.
- ۵) میلگرد ها نباید مستقیماً بر روی زمین انبار شوند.
- ۶) میلگردها باید بسته به قطر و رده آنه، به صورت مجزا انبار شوند.
- ۷) میلگردهایی که هنوز بریده یا خم نشده اند باید به گونه‌ای انبار و نگهداری شوند که برچسب و علامت کارخانه سازنده فولاد بر روی آنها قابل رویت باشد.
- ۸) میلگردها باید به نحوی تخلیه شوند که هم به کارگران صدمه نزنند وهم خود صدمه نبینند.

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.



## فصل ششم

### کیفیت بتن

#### ۹-۶-۰۰- علائم اختصاری

واحد	مفهوم	علامت اختصاری
مگاپاسکال	مقاومت فشاری مشخصه بتن، براساس آزمون‌های استوانه	$f_c$
مگاپاسکال	مقاومت فشاری متوسط بتن	$f_{cm}$
	مقاومت فشاری نمونه‌های شماره ۱ و ۲	$x_{123}$
	انحراف استاندارد مقاومت فشاری نمونه‌ها	S
	میانگین مقاومت فشاری سه نمونه	$\bar{X}_3$
	کمترین مقاومت فشاری نمونه‌ها	$X_{min}$

	ضریب تبدیل مقاومت نمونه مکعبی به ابعاد ۲۰۰ میلیمتر، به مقاومت نظیر نمونه استوانه ای استاندارد	$\phi$
	ضریب تبدیل مقاومت نمونه استوانه ای غیر استاندارد به مقاومت نظیر نمونه استوانه ای استاندارد	$\phi_1$
	ضریب تبدیل مقاومت نمونه مکعبی به ابعاد غیر ۲۰۰ میلیمتر، به مقاومت نظیر نمونه مکعبی به ابعاد ۲۰۰ میلیمتر	$\phi_2$
	قطر نمونه استوانه ای	a
	بعد نمونه مکعبی	b

#### ۹-۶-۱-۱- کلیات

۹-۶-۱-۱- کیفیت از نظر مقاومت، پایایی و سایر نیاز های ویژه محیطی باید با ضوابط مندرج در این فصل مطابقت داشته باشد. تطابق ویژگی‌های مواد تشکیل دهنده بتن با ضوابط مندرج در فصل سوم آیین نامه بتن ایران و نیز مفاد مبحث پنجم مقررات ملی ساختمانی ایران تحت عنوان «مصالح و فرآورده‌های ساختمانی» الزامی است.

۹-۶-۱-۲- تعیین نسبت‌های اختلاط بتن در آزمایشگاه باید طوری باشد که مقاومت فشاری متوسط مورد نظر مطابق بند ۹-۶-۱-۴- به دست می‌آید. باید طوری ساخته شود که تعداد آزمونه‌هایی که مقاومتی کمتر از مقاومت متوسط فشاری لازم، مطابق بند ۹-۶-۱-۴- نشان می‌دهند، حداقل باشد.

۹-۶-۱-۳- تمامی ضوابط مربوط به مقاومت فشاری مشخصه بتن براساس آزمایش آزمونه‌های استوانه ای به ابعاد ۳۰۰ × ۱۵۰ میلیمتر استوار است. در صورت استفاده از آزمونه‌های مکعبی باید مقاومت آنها به مقاومت نظیر آزمونه‌ها استوانه ای تبدیل شود. برای تبدیل مقاومت نمونه‌های غیر استاندارد می‌توان به ترتیب ذیل عمل نمود:

الف) مقاومت نظیر نمونه‌های استوانه‌ای به ابعاد غیر استاندارد نسبت به استوانه استاندارد از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$\text{مقاومت نمونه استوانه‌ای به ابعاد } a \times 2a = \frac{\text{مقاومت نظیر استوانه استاندارد}}{\phi_1}$$

که در آن برحسب  $a$  از جدول زیر به دست می‌آید:

مقادیر  $\phi_1$ 

$a \times 2a$	$100 \times 200$	$150 \times 300$	$200 \times 400$	$250 \times 500$	$300 \times 600$
$\phi_1$	۱/۰۲	۱/۰۰	۰/۹۷	۰/۹۵	۰/۹۱

ب) مقاومت نظیر نمونه‌های مکعبی به ابعاد مختلف نسبت به مکعب  $200$  میلیمتری از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$\text{مقاومت نمونه مکعبی به ابعاد } b = \frac{\text{مقاومت نظیر مکعب به ابعاد } 200 \text{ میلیمتر}}{\phi_2}$$

که در آن  $\phi_2$  برحسب  $b$  از جدول زیر به دست می‌آید.

مقادیر  $\phi_2$ 

مکعبی $b$	۱۰۰	۱۵۰	۲۰۰	۲۵۰	۳۰۰
$\phi_2$	۱/۰۵	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۹۵	۰/۹



پ) مقاومت نظیر نمونه‌های مکعبی ۲۰۰ میلی‌متر نسبت به استوانه استاندارد از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\text{مقاومت نمونه مکعبی به ابعاد } 200 \text{ میلی‌متر} = \text{مقاومت نظیر استوانه استاندارد} \cdot \phi$$

که در آن  $\phi$  برحسب محدوده مقاومت فشاری نمونه مکعبی ۲۰۰ میلی‌متری از جدول زیر بدست می‌آید:

مقادیر  $\phi$

مقاومت فشاری نمونه مکعبی (MPa)	$\leq 25$	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵
$\phi$	۱/۲۵	۱/۲۰	۱/۱۷	۱/۱۴	۱/۱۳	۱/۱۱	۱/۱۰
مقاومت فشاری نمونه استوانه‌ای (MPa)	با توجه به ضریب	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰

۹-۶-۱-۴- تهیه و آزمایش آزمونه‌های استوانه ای بتن باید مطابق استانداردهای زیر باشد:

۹-۶-۱-۴-۱- «روش نمونه برداری از بتن تازه»، استاندارد ملی ایران به شماره ۴۸۹، برای نمونه برداری

۹-۶-۱-۴-۲- «روش ساختن و عمل آوردن آزمونه بتن در کارگاه»، مطابق استانداردهای معتبر بین المللی برای ساختن

آزمونه‌ها

۹-۶-۱-۴-۳- «روش آزمایش مقاومت فشاری آزمونه‌های استوانه ای بتن»، مطابق استاندارد های معتبر بین المللی

۹-۶-۱-۵- مقاومت فشاری مشخصه بتن براساس آزمایش های ۲۸ روزه تعیین می‌شود.

۹-۶-۱-۶- آزمایش های مقاومت کششی بتن نباید مبنای پذیرش بتن در کارگاه باشد.

۹-۶-۱-۷- دستگاه نظارت باید تا خاتمه دوره تضمین و حداقل یکسال پس از پایان کار هر پروژه، سابقه کامل نتایج

آزمایش های انجام شده روی بتن مصرفی را نگهداری و سپس به صاحب کار تحول دهد. ضبط و نگهداری این اطلاعات به صورت رایانه ای برای ساختمانهای مهم الزامی است.

#### ۹-۶-۲- مبانی تعیین نسبت های اختلاط بتن

۹-۶-۲-۱- تعیین نسبت های اختلاط بتن باید به گونه ای باشد که شرایط زیر را برآورده سازد:

۹-۶-۲-۱-۱- کارایی و روانی بتن به اندازه کافی باشد تا بتن بتواند به سهولت در قالب ها ریخته شود و به خوبی میلگردها را در برگیرد بدون اینکه جدایی دانه ها یا آب انداختن زیاد روی دهد.

۹-۶-۲-۱-۲- ملزومات پایایی بتن برای شرایط محیطی مختلف باید مطابق بند ۹-۶-۳- باشد.

۹-۶-۲-۱-۳- مقاومت متوسط هدف و مقاومت مشخصه بتن تأمین شود.

۹-۶-۲-۲- نسبت های اختلاط مواد تشکیل دهنده بتن براساس تجارت کارگاهی و استفاده از مخلوطهای آزمایشی در آزمایشگاه مبتنی بر روشهای متداول با مصالح مصرفی کارگاه تعیین می شوند.

#### ۹-۶-۳- پایایی بتن

##### ۹-۶-۳-۱- کلیات

پایایی یا دوام بتن ساخته شده از سیمان پرتلند به توانایی بتن برای مقابله با عوامل جوی، حملات شیمیایی، سایش، فرسایش و هرگونه فرآیند منجر به اضمحلال و تخریب اطلاق می شود. بتن پایا در شرایط محیطی مورد نظر، شکل، حداقل کیفیت اولیه و قابلیت بهره برداری مورد نظر از سازه های بتنی را حفظ می کند.

#### ۹-۶-۳-۱-۱- انواع آسیب دیدگی های بتن

##### ۹-۶-۳-۱-۱-۱- آسیب دیدگی بر اثر دوره های یخ زدن و آب شدن

آسیب دیدگی بر اثر دوره های یخ زدن و آب شدن در بتن به صورت ترک خوردگی و فروپاشی آن مشخص می شود. علت این آسیب دیدگی انبساط پیشرونده خمیر سیمان سخت شده بر اثر دوره های یخ زدگی و آب شدن مکرر است.

#### ۹-۶-۳-۱-۱-۲- حمله سولفاتی

به علت نفوذ یون سولفات موجود در آب یا خاک مجاور بتن، موادی منبسط شونده در بتن ایجاد می شوند که با گذشت

زمان باعث فروپاشی سطح بتن شده و خرابی به مرور به صورت پیشرونده به داخل بتن گسترش می‌یابد. به همین دلیل میزان یون سولفات موجود در آب و یا خاک باید بررسی شود.

#### ۹-۶-۳-۱-۱-۲- واکنش قلیایی سنگدانه‌ها

در برخی از حالات سنگدانه‌هایی از نوع خاص با اکسیدهای قلیایی سیمان واکنش داده و این واکنش‌ها با انبساط بتن همراه است. در اثر این انبساط و در حضور رطوبت، بتن تحت تنش‌های داخلی قرار گرفته و ترک می‌خورد. این نوع آسیب‌دیدگی در تمامی جسم بتن ایجاد شده و به عکس آسیب دیدگی‌های دیگر که از سطح خارجی شروع می‌شوند از درون باعث تخریب می‌شود. به همین دلیل سنگدانه‌های مشکوک به توانایی واکنش زایی مانند اویال، کلسدونی، بعضی از اشکال کوارتز، کریستوبالیت، تری دیمت و شیشه‌های سلپسی باید مورد بررسی قرار گرفته و در صورت فعال بودن آنها از سیمانی با قلیایی معادل کمتر از  $0/6$  درصد برای واکنش قلیایی-سلپسی و  $0/4$  درصد برای واکنش قلیایی کربناتی استفاده شود.

#### ۹-۶-۳-۱-۱-۴- خوردگی فولاد مدفون در بتن

اگر بنا به دلایلی که در ادامه ارائه می‌شوند لایه محافظ خوردگی بتن در روی میلگردهای مدفون در آن از بین روند با حضور اکسیژن و آب، خوردگی در فولاد به صورت پیشرونده ادامه یافته و با افزایش حجم محصولات زنگ آهن در اطراف میلگردها، تنش‌های داخلی در بتن موجب ترک خوردن و ورامدن آن می‌شود. علل آغاز خوردگی نفوذ یون کلرید و یا گاز دی اکسیدکربن به داخل بتن می‌باشد.

#### ۹-۶-۳-۱-۱-۵- سایش و فرسایش

در اثر عبور وسایط نقلیه و یا حرکت آب از روی سطح بتن، آسیب دیدگی به صورت جدا شدن ذراتی از سطح بتن آغاز شده و در نهایت به از دست رفتن قسمتی از بتن منجر می‌شود. با افزایش مقاومت فشاری بتن می‌توان مقاومت سایشی و فرسایشی آن را افزایش داد.

#### ۹-۶-۳-۲- مکانیزم‌های کاهنده پایایی

#### ۹-۶-۳-۱- دوره‌های یخ زدن و آب شدن

یخ زدن و آب شدن مکرر بتن در مناطق سردسیر باعث تخریب بتن می‌شود. این نوع خرابی در اثر مواد شیمیایی یخ‌زدا شدت می‌یابد.

#### ۹-۶-۳-۲- عوامل شیمیایی خورنده

برخی از مواد شیمیایی باعث ایجاد واکنش با مواد تشکیل دهنده بتن می‌شوند. مواد اسیدی اثرات تخریبی بیشتری دارند. به همین دلیل مقابله با اثر خورنده اسیدهای قوی مستلزم اتخاذ تدابیر ویژه حفاظتی است.

#### ۹-۶-۳-۳- سایش و فرسایش

در بعضی موارد سطح بتن دچار تخریب می‌شود و این امر بویژه در کف محوطه‌های صنعتی مشکلاتی را به وجود می‌آورد. در سازه‌های آبی دانه‌های شن و ماسه موجود در آب جاری ممکن است موجب سایش سطوح شوند.

#### ۹-۶-۳-۴- سنگدانه‌های واکنش‌زا

برخی سنگدانه‌ها در اثر واکنش شیمیایی با مواد قلیایی موجود در سیمان پرتلند موجب انبساط و فروپاشی بتن می‌شوند. دقت در انتخاب منابع سنگدانه، استفاده از سیمان کم قلیا و بهره‌گیری از مواد پوزولانی در موارد مناسب می‌توان مانع بروز این مشکلات شوند.

#### ۹-۶-۳-۵- ضوابط ویژه برای افزایش پایداری در شرایط محیطی مختلف

##### ۹-۶-۳-۱- عوامل موثر بر کاهش نفوذ پذیری بتن

- برای افزایش بتن باید نفوذپذیری آن را با رعایت موارد زیرتقلیل داد:
- استفاده از سیمان مناسب
- بهینه سازی عیار سیمان
- انتخاب صحیح و مناسب نسبت‌های اختلاط بتن
- استفاده از افزودنی های شیمیایی مانند روان کننده، مواد حباب هواساز و...
- کاهش و محدود نمودن نسبت آب به مواد سیمانی (سیمان و پوزولان و مواد شبه سیمانی )
- تامین حداکثر تراکم با وسایط و روش های مناسب

- عمل‌آوری دقیق و کافی با روشهای مناسب

#### ۹-۶-۳-۳-۲- انواع شرایط محیطی

الف- شرایط محیطی ملایم: به شرایطی اطلاق می‌شود که در آن هیچ نوع عامل مهاجم از قبیل رطوبت، تعریق، تر و خشک شدن متناوب، یخ زدن و ذوب شدن، سرد و گرم شدن متناوب، تماس با خاک مهاجم یا غیر مهاجم، مواد خورنده، فرسایش شدید، عبور وسایل نقلیه یا ضربه موجود نباشد، یا قطعه در مقابل این گونه عوامل مهاجم بنحوی مطلوب محافظت شده باشد.

ب- شرایط محیطی متوسط: به شرایطی اطلاق می‌شود که در آن قطعات بتنی، در معرض رطوبت و گاهی تعریق قرار می‌گیرند.

قطعاتی که به طور دائم با خاکهای غیر مهاجم یا آب تماس دارند یا زیر آب با pH بزرگتر از ۵ قرار می‌گیرند دارای شرایط محیطی متوسط تلقی می‌شوند.

پ- شرایط محیطی شدید: به شرایطی اطلاق می‌شود که در آن قطعات بتنی در معرض رطوبت یا تعریق شدید یا تر و خشک شدن متناوب یا یخ زدن و آب شدن و سرد و گرم شدن متناوب نه چندان شدید قرار می‌گیرند.

قطعاتی که در معرض پاشش آب دریا باشند یا در آب غوطه ور شوند طوری که یک وجه آنها در تماس با هوا قرار گیرد، قطعات واقع در هوای دارای نمک و نیز قطعاتی که سطح آنها در معرض خوردگی ناشی از مصرف مواد یخ زدا قرار می‌گیرد دارای شرایط محیطی شدید محسوب می‌شوند.

ت- شرایط محیطی بسیار شدید: به شرایطی اطلاق می‌شود که در آن قطعات بتنی در معرض گازه، آب فاضلاب ساکن با pH حداکثر ۵، مواد خورنده، یا رطوبت همراه با یخ زدن و آب شدن شدید قرار می‌گیرند، از قبیل نمونه‌های ذکر شده در مورد شرایط محیطی شدید، در صورتی که عوامل مذکور حادثر باشند.

ث- شرایط محیطی فوق العاده شدید: به شرایطی اطلاق می‌شود که در آن قطعات بتنی در معرض فرسایش شدید، عبور وسایل نقلیه، یا آب و فاضلاب جاری با pH حداکثر ۵ قرار می‌گیرند. رویه بتنی محافظت نشده پارکینگ ها و قطعات

موجود در آبی که اجسام مطلبی را با خود جابجا می‌کند، دارای شرایط محیطی فوق العاده شدید تلقی می‌شوند. شرایط محیطی جزایر و حاشیه خلیج فارس و دریای عمان بطور عمده جزو این شرایط محیطی قرار می‌گیرند.

#### ۹-۶-۳-۳-۲- استنفاده از مواد حباب ساز

بتن که احتمال دارد در معرض یخ زدن و آب شدن یا تحت اثر مواد شیمیایی یخ زدا قرار گیرد باید با مواد افزودنی حباب‌ساز ساخته شود. مقدار درصد حباب هوا در بتن تازه باید طبق یکی از استانداردهای معتبر بین المللی اندازه گیری شده و مطابق جدول ۶-۱ باشد. در صورتی که مقاومت فشاری مشخصه بتن، از ۳۵ مگاپاسکال بیشتر باشد، می‌توان مقادیر درج شده در جدول را به میزان یک درصد کاهش داد.

جدول ۹-۶-۱- مقدار کل حباب های هوا برای بتن مقاوم در برابر یخ زدن و آب شدن

مقدار درصد هوا * در شرایط محیطی		حداکثر اندازه اسمی سنگدانه ( میلیمتر)
۲ + +	۱ +	
۶	۷/۵	۹/۵
۵/۵	۷	۱۲/۵
۵	۶	۱۹
۴/۵	۶	۲۵
۴/۵	۵/۵	۳۸
۴	۵	۵۰
۳/۵	۴/۵	۶۳

\* رواداری مقدار هوا در محل مصرف  $\pm 1/5$  درصد است.  
+ مقصود از شرایط محیطی ۱ آن است که بتن، قبل از یخ زدن در تماس تقریباً مداوم با رطوبت قرار گیرد با تحت اثر مواد

شیمیایی یخزدا باشد. این حالت برای رویه‌های بتنی، عرشه‌های پل، پیاده رو ها و مخازن آب محتمل است. ++ مقصود از شرایط محیطی ۲ آن است که بتن، قبل از یخ زدن در هوای سرد فقط گاهی در تماس با رطوبت قرار گیرد یا تحت اثر مواد شیمیایی یخ زدا نباشد. این حالت برای بعضی تیرها و دیوارهای خارجی و نیز دال‌هایی که در تماس مستقیم با خاک نباشند محتمل است.

#### ۹-۶-۳-۴- محدودیت نسبت آب به سیمان، حداقل مقاومت و حداکثر مقدار سیمان

بتن‌هایی که در معرض شرایط محیطی ویژه مندرج در جدول ۹-۶-۲ قرار می‌گیرند، باید ضوابط مربوط به حداکثر نسبت آب به سیمان و حداقل مقاومت مشخصه جدول یاد شده را تامین نمایند.

جدول ۹-۶-۲- الزامات مربوط به شرایط محیطی ویژه

شرایط محیطی یا موقعیت سازه	حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی	حداقل مقاومت مشخصه بتن ( مگا پاسکال)	حداقل مقدار سیمان
متوسط	۰/۵	۳۰	۳۰۰
شدید	۰/۴۵	۳۰	۳۲۵
بسیار شدید	۰/۴	۳۵	۳۵۰
فوق العاده شدید	۰/۴	۴۰	۳۵۰

#### ۹-۶-۳-۵- تدابیر احتیاطی در محیط های سولفاتی

بتنی که احتمال دارد در محیط سولفاتی، و نه محیط توأم سولفاتی و کلریدی قرار گیرد باید با ضوابط جدول های ۹-۶-۳- الف و ۹-۶-۳- ب مطابقت داشته باشد. در این جدول ها رده بندی سولفات ها در خاک در شرایط گوناگون محیطی و نیز تدابیر احتیاطی قابل توصیه برای انواع مختلف قطعات بتنی ارائه شده است. این بتن ها باید دارای مقاومت مناسب و نفوذپذیری کم و تا حد امکان فاقد مواد آسیب‌پذیر باشند. برای تامین این





تدابیری احتیاطی توصیه شده *		رده بندی سولفات‌ها در شرایط گوناگون محیطی			
		SO <sub>3</sub> در خاک		SO <sub>3</sub> در آبهای زیرزمینی (PPM)	شرایط محیطی از نظر سولفات
حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی	مقاطع بتنی نازک در زیر زمینها، آبروها، حفره های آدم رو	درعصاره	مقدار کل (%)		
		۰/۵۵	الف- اگر کل سازه بالاتر از سفره آب قرار گیرد از سیمان نوع ۱ استفاده شود.	۱ به ۲ (** )	
۰/۵۵	ب- اگر سازه تحت اثر فشار آب از بیرون قرار گیرد، از سیمان نوع ۱ استفاده یا به طریقی دیگر، از آسفالت یا قیرگونی یا سایر مواد غشاساز استفاده شود.	-	کمتر از ۰/۲		
۰/۵	الف- اگر کل سازه بالاتر از سفره آب قرار گیرد، از سیمان نوع ۱ استفاده شود				
۰/۵	ب- اگر سازه تحت اثر فشار آب از بیرون قرار گیرد، از سیمان نوع ۱ استفاده شود.	-	۰/۲ تا ۰/۵	۳۰۰ تا ۱۲۰۰	متوسط
۰/۵	یا از سیمان نوع ۵ یا به طریقی دیگر، از آسفالت یا قیرگونی یا سایر مواد غشاساز استفاده شود.				

۰/۵	الف- اگر کل سازه بالاتر از سفره آب قرار گیرد، از سیمان نوع ۱ استفاده یا از سیمان نوع ۵ استفاده شود.				
۰/۵	ب- ۱- اگر سازه تحت اثر فشار آب از بیرون قرار گیرد، از سیمان نوع ۵ استفاده شود	تا ۱/۹ ۳/۱	تا ۰/۵ ۱	تا ۱۳۰۰ ۲۵۰۰	*** شدید
-	ب-۲- به طریقی دیگر، از آسفالت یا قیرگونی یا سایر مواد غشاساز می توان استفاده کرد.				
۰/۴۵	الف- اگر کل سازه بالاتر از سفره آب قرار گیرد و خاک همواره خشک باقی بماند، از سیمان نوع ۲ یا از سیمان نوع ۵ استفاده شود.				
-	ب- اگر سازه در تماس با سفره آب متغیر قرار گیرد، تعیین کاتیون ها ضروری است. تا به این وسیله تصمیم لازم از نظر استفاده از سیمان نوع ۵ +، سیمان آمیخته مناسب، آسفالت، قیرگونی یا سایر مواد غشاساز نفوذ ناپذیر اتخاذ شود.	تا ۳/۱ ۳/۱	۱ تا ۲	تا ۲۵۰۰ ۵۰۰۰	بسیار شدید
	الف- اگر کل سازه بالاتر از سفره آب قرار گیرد و خاک همواره				

۰/۴۵	خشک باقی بماند، از سیمان نوع ۱ یا از سیمان نوع ۵ استفاده شود				
۰/۴	ب-۱- اگر سازه در تماس با سفره آب متغیر قرار گیرد، از سیمان آمیخته مناسب استفاده شود.	بیشتر از ۵/۶	بیشتر از ۲	بیشتر از ۵۰۰۰	فوق العاده شدید
-	ب-۲- با استفاده از پوششهای آسفالتی یا روکشهای پلاستیکی چسبنده محافظت های لازم به عمل آید.				

\*عیارهای سیمان توصیه شده در این جدول برای مخلوط‌هایی مناسبند که کارایی آنها متوسط باشد (اسلامپ بتن ۵۰ تا ۷۵ میلیمتر)

(۱) برای تعریف شرایط محیطی به بند ۶-۳-۲ رجوع شود.

\*\* منظور از عصاره ۲ به ۱، نسبت وزنی خاک به آب ۲ است.

\*\*\* سیمان‌های پرتلند روباره ای یا سیمان‌های پرتلند پوزولانی با کمتر از ۲۵ درصد پوزولان را می‌توان جایگزین سیمان نوع ۵ دانست مشروط بر آن که مقدار  $SO_3$  از ۱۲۰۰ قسمت در میلیون در آب (با ۰/۵ درصد خاک) تجاوز نکند. سیمان‌های پرتلند پوزولانی با بیش از ۲۵ درصد پوزولان را تنها در صورتی می‌توان جایگزین سیمان نوع ۵ در نظر گرفت که مقدار  $SO_3$  از ۲۵۰۰ قسمت در میلیون در آب (یا یک درصد خاک) تجاوز نکند.

+ اگر سازه در معرض آبهای نفوذی باشد، مشابه سازه‌های در تماس با سفره آب متغیر در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۶-۳-ب- رده بندی سولفات ها در خاک و تدابیر احتیاطی توصیه شده برای شمع های بتنی در جا

	رده بندی سولفاتها در شرایط گوناگون
--	------------------------------------

تدابیری احتیاطی توصیه شده *		محیطی			
		$SO_3$ در خاک		$SO_3$ در آبهای زیرزمینی (PPM)	شرایط محیطی از نظر سولفات
حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی	مقاطع بتنی نازک در زیر زمینها، آبروها، حفره های آدم رو	درعصاره ۲ به ۱ ** (g/l)	مقدار کل (%)		
۰/۵۵	الف- اگر شمع ها به تمامی بالاتر از سفره آب فرار گیرند از سیمان نوع ۱ استفاده شود	-	کمتر از ۰/۲	کمتر از ۳۰۰	ملایم
۰/۵۵	ب- اگر شمع ها در تماس با سفره آب متغیر قرار گیرند از سیمان نوع ۱ استفاده شود.				
۰/۵۰	الف- اگر شمع ها به تمامی بالاتر از سفره آب فرار گیرند از سیمان نوع ۱ استفاده شود	-	۰/۲ تا ۰/۵	۳۰۰ تا ۱۲۰۰	متوسط
۰/۵۰	ب- اگر شمع ها در تماس با سفره آب متغیر قرار گیرند از سیمان نوع ۱ یا از سیمان نوع ۵ استفاده شود				
۰/۵۰	الف - اگر شمع ها به تمامی بالاتر از سفره آب قرار گیرند از سیمان نوع ۱ یا از سیمان نوع ۵ استفاده شود	۱/۹ تا ۳/۱	۰/۵ تا ۱	۱۲۰۰ تا ۲۵۰۰	*** شدید
۰/۵۰	ب- اگر شمع ها در تماس با سفره آب متغیر قرار گیرند از سیمان نوع ۵ استفاده شود.				

-	فقط در مورد شمع های باربر انتهایی قابل اعمال است. +				
-	الف- اگر شمع ها به تمامی بالتر از سفره آب قرار گیرند و خاک همواره از تراوش آب در امان باشد، از سیمان نوع ۱ یا از سیمان نوع ۵ استفاده شود.				
-	ب- سولفات به مقدار بیش از ۳۰۰۰ قسمت در میلیون در آبهای زیر زمینی بسیار مهاجم تلقى می شود. تدابیر احتیاطی ویژه ای لازم است. برای مثال، استفاده از سیمان آمیخته مناسب، یا محافظت جدار شمع های باربر انتهایی با پوشش های غشاساز را می توان نام برد. نوع سیمان مصرفی بستگی به کاتیون ها دارد.	۳/۱ تا ۵/۶	۱ تا ۳	۳۵۰۰ تا ۵۰۰۰	بسیار شدید
۰/۴۵	الف- اگر شمع ها به تمامی بالتر از سفره آب قرار گیرند و خاک همواره از تراوش آب در امان باشد، از سیمان نوع ۱ یا از سیمان نوع ۵ استفاده شود.				
	ب- سولفاتهای به مقدار بیش از ۳۰۰۰ قسمت در میلیون در				

-	آبهای زیر زمینی بسیار مهاجم تلقی می شود. تدابیر احتیاطی ویژه ای لازم است. برای مثال استفاده از سیمان آمیخته مناسب با محافظت جدار شمع های باربر انتهایی با پوشش های غشاساز را می توان نام برد. نوع سیمان مصرفی بستگی به کاتیون ها دارد.	بیشتر از ۵/۶	بیشتر از ۲	بیشتر از ۵۰۰۰	فوق العاده شدید
---	--	-----------------	---------------	------------------	-----------------

\* عیار های سیمان توصیه شده در این جدول در مواردی مناسبند که کارایی بتن نسبتاً زیاد باشد (اسلامپ حدود ۱۰۰ میلیمتر)

\*\*\*, \*\*, به زیر نویس جدول ۶-۳ الف رجوع شود.

+ حمله سولفات ممکن است موجب پدید آمدن پوسته ای نازک روی سطح شمع و در نتیجه کاهش اصطکاک در جداره آن باشد. بنابراین تدابیر احتیاطی مذکور در این مورد فقط برای شمع های باربر انتهایی معتبر است. (۱) برای تعریف شرایط محیطی به بند ۶-۳-۲ رجوع شود.

جدول ۹-۶-۴- حداکثر مجاز یون کلرید از نظر خوردگی

حداکثر کلرید قابل حل در آب بتن، درصد نسبت وزن سیمان	نوع قطعه بتنی
۰/۰۶	بتن پیش تنیده
۰/۱۵	بتن آرمه‌ای که در زمان بهره برداری در معرض رطوبت و کلریدها قرار گیرد
	بتن آرمه‌ای که در زمان بهره‌برداری در حالت خشک باشد یا از رطوبت

۱/۰۰	محافظت شود.
۰/۳۰	سایر سازه‌های بتن آرمه

### ۹-۶-۳-۲-۹- پوشش بتنی روی میلگردها

۹-۶-۳-۲-۱- پوششی بتنی روی میلگردها برابر است با حداقل فاصله بین رویه میلگرده، اعم از طولی یا عرضی، تا نزدیکترین سطح آزاد بتن.

۹-۶-۳-۲-۲- مراعات ضخامت پوشش بتنی مطابق بند ۹-۶-۳-۱-۲-، در مورد انتهای میلگردهای مستقیم در کف ها و سقف هایی که در معرض شرایط جوی یا تعریق نباشند الزامی نیست.

۹-۶-۳-۲-۳- ضخامت پوشش بتنی میلگردها متناسب با شرایط محیطی و نوع قطعه مورد نظر نباید از مقادیر داده شده در جدول ۹-۶-۵ و موارد زیر کمتر باشد:

الف- قطر میلگردها (در مورد قطر موثر گروههای میلگردها به بند ۹-۸-۲-۱- ج رجوع شود).

ب- چهارسوم بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه‌ها

۹-۶-۳-۲-۴- در صورتی که بتن در جوار دیواره خاکی مقاوم ریخته شود و بطور دائم با آن در تماس باشد، ضخامت پوشش نباید کمتر از ۷۵ میلیمتر باشد.

۹-۶-۳-۲-۵- در صورتی که بتن دارای سطح فرورفته و برجسته (نقش دار یا دارای شکستگی) باشد، ضخامت پوشش باید در عمق فرورفتگی ها اندازه گیری شود.

۹-۶-۳-۲-۶- میلگردها و تمامی قطعات و صفحه‌های فولادی پیش بینی شده برای توسعه آتی ساختمان باید بنحوی مناسب در مقابل خوردگی محافظت شوند.

جدول ۹-۶-۵- مقادیر حداقل ضخامت پوشش بتن روی میلگردها (میلیمتر)\*

نوع شرایط محیطی					نوع قطعه
فوق العاده شدید	بسیار شدید	شدید	متوسط	ملایم	
۷۵	۶۵	۵۰	۴۵	۳۵	تیرها و ستونها
۶۰	۵۰	۳۵	۳۰	۲۰	داله، دیوارها و تیرچه‌ها
۵۵	۴۵	۳۰	۲۵	۲۰	پوسته‌ها و صفحات پلیسهای
۹۰	۷۵	۶۰	۵۰	۴۰	شالوده‌ها

\*مقادیر داده شده در جدول را می‌توان به استثنای شرایط محیطی بسیار شدید و فوق العاده شدید به اندازه ۵ میلیمتر برای بتن‌ها رده C35 و C40 یا ۱۰ میلیمتر برای بتن‌های رده بالاتر کاهش داد، بالاتر کاهش داد، مشروط بر آن که ضخامت پوشش به هر حال از ۲۰ میلیمتر کمتر نشود. این مقادیر را باید برای میلگردهای با قطر بیشتر از ۳۶ میلیمتر به اندازه ۱۰ میلیمتر افزایش داد.

#### ۹-۶-۴- تعیین نسبت های اختلاط براساس تجربه کارگاهی و مخلوطهای آزمایشی

##### ۹-۶-۴-۱- مقاومت فشاری مشخصه بتن

مقاومت فشاری مشخصه بتن مقاومتی است که حداکثر ۵ درصد تمامی مقاومت های اندازه گیری شده برای رده بتن مورد نظر ممکن است کمتر از آن باشد. در عمل، در صورتی بتن منطبق بر مشخصات و قابل قبول تلفی می‌شود که با شرایط بند ۶-۵ مطابقت داشته باشد.

##### ۹-۶-۴-۲- رده بندی بتن

رده بندی بتن براساس مقاومت مشخصه آن به ترتیب زیر است:

**C6 C8 C10 C12 C16 C20 C25 C35 C40 C45 C50**

اعداد بعد از C بیانگر مقاومت فشاری مشخصه بتن برحسب مگاپاسکال می‌باشند.

فقط بتن‌های رده C20 و بالاتر را می‌توان در بتن آرمه به کار برد.

برای بتن‌های بالاتر از رده C50 علاوه بر مقررات این بخش، ضوابط ویژه دیگری هم باید رعایت شود.

##### ۹-۶-۴-۱- روشهای تعیین نسبت های اختلاط

الف- برای بتن‌های رده C12 و پایین تر می‌توان نسبت های اختلاط را براساس تجارب قبلی و بدون مطالعه آزمایشگاهی تعیین کرد.

ب- برای بتن‌های پائین تر از C20 ، می‌توان «نسبت های اختلاط استاندارد» را مطابق دفترچه مشخصات فنی عمومی را ملاک قرار داد مشروط بر آنکه مصالح مصرفی استاندارد باشند.

پ- برای بتن‌های رده C20 و بالاتر، تعیین نسبت های بهینه اختلاط باید از طریق مطالعات آزمایشگاهی صورت گیرد. این مطالعات ممکن است قبل از شروع عملیات اجرایی توسط طراح انجام پذیرد و نتیجه به دست آمده به عنوان «نسبت های اختلاط مقرر» در دفترچه مشخصات فنی خصوصی درج شود، یا توسط مجری به انجام رسد و نتیجه به دست آمده به عنوان «نسبت های اختلاط تعیین شده» به کار رود.



### ۹-۴-۶-۳- انحراف استاندارد

۹-۴-۶-۱- در مواردی که در کارگاه پرونده آزمایش های مقاومت بتن موجود باشد باید انحراف استاندارد نتایج محاسبه شود.

پرونده مذکور باید دارای شرایط زیر باشد:

الف- نوع مصالح، روش کنترل کیفیت و شرایط مشابه آنچه در اجرای طرح مورد نظر است، در آن مشخص شود. تغییرات در مصالح و نسبت های اختلاط در پرونده مذکور نباید محدودیتی بیشتر از حدود تعیین شده در طرح مورد نظر داشته باشد.

ب- باید ساخت بتن را که مقاومت میانگین لازم مطابق بند ۹-۴-۶-۴ را دارد مشخص کند.

پ- باید شامل نتایج آزمایش حداقل ۳۰ نمونه متوالی یا دو گروه نمونه های متوالی با مجموع حداقل ۳۰ آزمایش باشد، مگر آن که شرایط بند ۹-۴-۶-۲-۳ تامین شود. نمونه های متوالی به نمونه هایی گفته می شود که فاصله زمانی هر نمونه برداری با نمونه برداری بعد از آن بیشتر از ۳ شبانه روز نباشد.

۹-۴-۶-۲- در مواردی که در کارگاه پرونده آزمایش های مقاومت مطابق بند ۹-۴-۶-۱-۳ موجود نباشد، ولی نتایج ۱۵ تا ۲۹ آزمایش نمونه های متوالی در دست باشد می توان با ضرب کردن انحراف استاندارد این نتایج در ضریب اصلاح مطابق جدول ۹-۶-۶، انحراف استاندارد تقریبی قابل قبول به دست آورد.

پرونده آزمایش ها در صورتی قابل قبول است که شرایط «الف» و «ب» از بند ۹-۴-۶-۱-۳ را برآورده کند، و تنها یک گزارش از آزمایش نمونه های متوالی در مدت حداقل ۴۵ روز ارائه دهد.

جدول ۹-۶-۶- ضریب اصلاح انحراف استاندارد

تعداد آزمایش ها *	ضریب اصلاح برای انحراف استاندارد
۱۵	۱/۱۶
۲۰	۱/۰۸
۲۵	۱/۰۳

۱/۰۰	۳۰ یا بیشتر
------	-------------

\* برای تعداد آزمایش‌های بین مقادیر داده شده، ضریب اصلاح با استفاده از درون‌یابی خطی محاسبه می‌شود.

#### ۹-۶-۴-۴- مقاومت فشاری متوسط لازم

۹-۶-۴-۴-۱- مقاومت فشاری متوسط لازمی به عنوان مبنای تعیین نسبت های اختلاط بتن به کار می‌رود باید با توجه به انحراف استاندارد حاصل از بند ۹-۶-۳ معادل مقدار بزرگتر از بین دو مقدار به دست آمده از رابطه زیر باشد:

$$F_{CM} = F_C + 1.34s + 1.5MPa \quad (۹-۶-۱)$$

$$F_{CM} = F_C + 2.33s - 4MPa \quad (۹-۶-۲)$$

۹-۶-۴-۴-۲- در مواردی که درکارگاه پرونده آزمایش های مقاومت برای تعیین انحراف استاندارد مطابق بندهای ۹-۶-۳-۱ یا ۹-۶-۳-۲ موجود نباشد، برای تعیین مقاومت فشاری متوسط لازم باید از جدول ۹-۶-۷ استفاده کرد. در این صورت تدوین مدارک مربوط به مقاومت متوسط باید مطابق ۹-۶-۵ باشد.

جدول ۹-۶-۷- مقاومت فشاری متوسط لازم در حالتی که نتایج برای تعیین انحراف استاندارد در دسترس نباشند

مقاومت فشاری متوسط لازم، مگاپاسکال	رده بتن
	C12 و پایین‌تر
$f_{CM} = f_C + 6$ $f_{CM} = f_C + 7.5$	C16
$f_{CM} = f_C + 8.5$	C20

$f_{cm} = f_c + 10.5$	C25
$f_{cm} = f_c + 11$	C30 و C35
	و بالاتر C40

#### ۹-۶-۴-۵- تدوین مدارک مربوط به مقاومت فشاری متوسط

مجموعه مدارکی که نشان می‌دهند نسبت‌های پیشنهادی اختلاط، مقاومت فشاری متوسطی، حداقل معادل مقاومت فشاری متوسط لازم را تأمین می‌کند می‌تواند مشتمل بر پرونده‌ای از آزمایش‌های مقاومت در شرایط کارگاهی یا چند پرونده از آزمایش‌های مقاومت یا مخلوط‌های آزمایشی آزمایشگاهی باشد.

۹-۶-۴-۵-۱- پرونده آزمایش‌های مقاومت باید معرف مصالح و شرایط مورد انتظار در عمل باشد. تغییرات در مصالح و نسبت‌های اختلاط نباید محدودیتی بیشتر از حدود تعیین شده در طرح مورد نظر داشته باشد. به منظور تدوین مدارکی که نشان دهد مخلوط بتن مقاومت متوسط لازم را خواهد داشت، می‌توان پرونده‌ای مشتمل بر حداقل ۱۰ آزمایش متوالی یا ۳۰ آزمایش متفرق رابه کار برد مشروط بر آن که این پرونده آزمایش‌های انجام شده در مدت حداقل ۴۵ روز رادر برگیرد.

نسبت‌های لازم برای اختلاط بتن را می‌توان بر اساس درونیابی خطی بین مقاومتها و نسبت‌های اختلاط ذکر شده در حداقل ۲ پرونده آزمایش، مطابق سایر ضوابط این بند به دست آورد.

۹-۶-۴-۵-۲- در صورتی که در کارگاه پرونده‌های قابل قبول از نتایج آزمایشها موجود نباشد می‌توان نسبت‌های اختلاط بتن را براساس مخلوط‌های آزمایشی آزمایشگاهی و با مراعات شرایط زیر تعیین کرد:

الف- اختلاط مصالح باید همان باشد که در طرح مورد نظر به کار خواهد رفت.

ب- مخلوط‌های آزمایشی آزمایشگاهی با نسبت‌های اختلاطی و روانی لازم برای کار موردنظر باید حداقل باسه نسبت مختلف آب به سیمان یا سه مقدار سیمان ساخته شوند، به طوری که محدوده‌ای از مقاومت‌های فشاری متوسط لازم را در برگیرند.

پ- مخلوط‌های آزمایشی آزمایشگاهی باید طوری طراحی شوند که اختلاف اسلامپ آنها بامقدار حداکثر مجاز اسلامپ



روزه یا هر سن مقرر شده دیگر انجام پذیرد و توسط مقاومت های فشاری به دست آمده به عنوان نتایج نهایی آزمایش منظور می شود. برای ارزیابی کیفیت بتن قبل از موعد مقرر می توان حداقل یک نمونه دیگر هم به منظور انجام آزمایش مقاومت فشاری تهیه کرد.

۹-۶-۱-۵-۲- در صورتی که حجم هر اختلاط بتن بیشتر از یک متر مکعب باشد، تواتر نمونه برداری باید به تربیت خواهد بود:

الف- برای دالها و دیوارها و پی ها، یک نمونه برداری از هر ۳۰ متر مکعب بتن یا ۱۵۰ متر مربع سطح.

ب- برای تیرها و کلاف ها، در صورتی که جدا از قطعات دیگر بتن ریزی می شوند، یک نمونه برداری از هر ۱۰۰ متر طول.

پ- برای ستون ها، یک نمونه برداری از هر ۵۰ متر طول

۹-۶-۱-۵-۳- در صورتی که حجم هر اختلاط بتن کمتر از یک متر مکعب باشد، می توان مقادیر مذکور در بند ۹-۶-۱-۵-۲ را به همان نسبت تقلیل داد.

۹-۶-۱-۵-۴- حداقل یک نمونه برداری از هر رده بتن در هر روز الزامی است.

۹-۶-۱-۵-۵- حداقل ۶ نمونه برداری از کل هر سازه الزامی است.

۹-۶-۱-۵-۶- در صورتی که کل حجم بتن مصرفی یک پروژه ساختمانی از ۳۰ متر مکعب کمتر باشد می توان از نمونه برداری و آزمایش مقاومت صرف نظر کرد مشروط بر آن که به تشخیص دستگاه نظارت دلیلی برای رضایت بودن کیفیت بتن موجود باشد.

#### ۹-۶-۱-۵-۲- ضوابط پذیرش بتن- آزمون های عمل آمده در آزمایشگاه

۹-۶-۱-۵-۲-۱- مشخصات بتن در صورتی منطبق بر رده مورد نظر قبول تلقی می شود که یکی از شرایط زیر برقرار باشد:

الف- در آزمایش سه نمونه برداری متوالی، مقاومت هیچکدام کمتر از مقاومت مشخصه نباشد.

$$X_{123} \geq f_c \quad (۹-۶-۲)$$

ب- متوسط مقاومت های نمونه ها حداقل ۱/۵ مگاپاسکال بیشتر از مقاومت مشخصه باشد و کوچکترین مقاومت نمونه ها از مقاومت مشخصه منهای ۲ مگاپاسکال کمتر نباشد.

$$(۴-۶-۹)$$

$$X_{\min} \geq f_c - 4 \quad (۵-۶-۹)$$

۹-۶-۵-۲-۲- مشخصات بتن در صورتی غیر قابل قبول است که متوسط مقاومت های نمونه ها از مقاومت مشخصه کمتر باشد یا کوچکترین مقاومت نمونه ها از مقاومت مشخصه منهای ۴ مگاپاسکال کمتر باشد:

$$\bar{X}_3 < f_c \quad \text{یا} \quad f_c - 4 < X_{\min}$$

۹-۶-۵-۲-۳- مشخصات بتنی را که با توجه به شرایط بند ۹-۶-۵-۲-۲- غیر قابل قبول نباشد ولی مطابق شرایط بند ۹-۶-۵-۲-۱-ب قابل قبول هم به شمار نیاید می توان به تشخیص طرح بدون انجام آزمایشی بیشتر، از نظر سازه ای قابل تلقی کرد. در صورتی که مشخصات بتن مطابق بند ۹-۶-۵-۲-۱- الزامی است.

۹-۶-۵-۲-۴- در کنترل شرایط انطباق بتن بر رده مورد نظر، نباید از نتیجه آزمایش هیچکدام از نمونه ها صرف نظر شود مگر آنکه با دلایل کافی ثابت شود اقداماتی مطابق بند ۹-۶-۵-۲-۱- الزامی است.

۹-۶-۵-۲-۴- در کنترل شرایط انطباق بتن بر رده مورد نظر، نباید از نتیجه آزمایش هیچکدام از نمونه ها صرف نظر شود مگر آنکه با دلایل کافی ثابت شود خطای عمده ای در نمونه برداری، نگهداری، حمل، عمل آوری، یا آزمایش روی داده است.

#### ۹-۶-۵-۲-۵- آزمایش بتن در سنین کم و اثر انواع سیمان بر روی مقاومت بتن

تجربیات و شواهد بدست آمده نشان دهنده این است که تامین حداقل مقاومت به میزان ۷۵ درصد مقاومت بتن در سنین کم (یک تا سه روز) معمولاً تضمین کننده مقاومت مورد نظر در ۲۸ روز خواهد بود. البته این نتیجه منوط به عمل آوری صحیح و کافی است.

جدول ۹-۶-۸- تاثیر نوع سیمان و سن بتن بر روی مقاومت فشاری نسبی بتن

مقاومت فشاری (به صورت نسبی)				نوع سیمان
یک روزه	۷ روزه	۲۸ روزه	۹۰ روزه	
۰/۳۰	۰/۶۶	۱/۰۰	۱/۶۰	

۱/۶۰	۰/۸۶	۰/۵۶	۰/۲۳	سیمان نوع I
۱/۶۰	۱/۳۰	۰/۷۹	۰/۵۷	سیمان نوع II
۱/۶۰	۰/۶۶	۰/۴۳	۰/۱۷	سیمان نوع III
۱/۶۰	۰/۷۶	۰/۵۰	۰/۳۰	سیمان نوع IV
				سیمان نوع V

#### ۹-۶-۵-۳- ضوابط کنترل روش عمل آوردن و محافظت بتن

۹-۶-۵-۳-۱- دستگاه نظارت می‌تواند برای کنترل کیفیت عمل آوردن و مراقبت بتن در سازه، انجام آزمایشهای مقاومت روی آزمون‌های عمل آمده و مراقبت شده در شرایط کارگاهی را درخواست کند

۹-۶-۵-۳-۲- عمل آوردن آزمون‌ها در کارگاه باید مطابق استاندارد های معتبر بین المللی با عنوان «روش ساختن و عمل آوردن آزمون‌های بتنی در کارگاه» باشد.

۹-۶-۵-۳-۳- در صورتی روش عمل آوردن و مراقبت بتن رضایت بخش تلقی می‌شود که مقاومت فشاری آزمون‌های کارگاهی در سن مشخص شده برای مقاومت مشخصه حداقل معادل  $0/85$  مقاومت نظیر آزمون‌های عمل آمده در آزمایشگاه یا به اندازه  $2$  مگا پلسکال بیشتر از مقاومت مشخصه باشد. در غیر این صورت باید اقداماتی برای بهبود روش های مذکور صورت گیرد.

#### ۹-۶-۵-۴- آزمون‌های آگاهی

در صورتی که آگاهی از کیفیت بتن در موعدهای خاصی مانند زمان باز کردن قالبها و غیره ضرورت داشته باشد، علاوه بر آزمون‌های متعارف ارزیابی مقاومت و روش عمل آوردن و مراقبت بتن «بند های ۹-۶-۵-۱ و ۹-۶-۵-۲» آزمون‌هایی از بتن گرفته می‌شوند و در موعدهای مورد نظر تحت آزمایش قرار می‌گیرند. این آزمون‌ها به آزمون‌های آگاهی موسومند.

#### ۹-۶-۶-۶- بررسی بتن های با مقاومت کم

در صورتی که براساس آزمایش های مقاومت آزمون‌های عمل آمده در آزمایشگاه، مطابق بند ۹-۶-۵-۵ معلوم شود که بتن بر رده مورد نظر منطبق نیست و غیر قابل قبول است، باید تدابیری به شرح زیر برای حصول اطمینان از ظرفیت باربری سازه اتخاذ شود.

۹-۶-۶-۱- در صورتی که با استفاده از تحلیل سازه موجود و بازبینی طراحی، بتوان ثابت کرد که ظرفیت باربری سازه به ازای مقاومت بتن کمتر از مقدار پیش بینی شده هم قابل قبول است نوع بتن از نظر تامین مقاومت سازه قابل قبول تلقی می‌شود.

۹-۶-۶-۲- در صورتی که شرط بند ۹-۶-۶-۱ برآورده نشود ولی با انجام تحلیل و طراحی مجدد بتوان ثابت کرد که ظرفیت باربری تمامی قسمت های سازه با فرض وجود بتن با مقاومت کمتر در قسمت های احتمالی قابل قبول خواهد بود. نوع بتن از نظر تامین مقاومت سازه قابل قبول تلقی می‌شود.

۹-۶-۶-۳- در صورتی که شرایط بندهای ۹-۶-۶-۱ یا ۹-۶-۶-۲ برآورده نشوند لازم است روی مغزه‌های گرفته شده از بتن در قسمتهایی که احتمال وجود بتن با مقاومت کمتر داده می‌شود آزمایش به عمل آید. این آزمایش ها باید با روش «آزمایش مغزه‌های مته شده و تیرهای اره شده» مطابقت داشته باشند. برای قسمتهایی از سازه که نتایج آزمایشهای آزمون‌های عمل آمده در آزمایشگاه مربوطه به آنها شرایط پذیرش بتن مذکور در بند ۹-۶-۶-۲ را برآورده نکند باید سه مغزه تهیه و آزمایش شود.

۹-۶-۶-۴- اگر بتن در شرایط بهره‌برداری از ساختمان، خشک باشد باید مغزه‌ها به مدت ۷ روز در هوا با دمای ۱۶ تا ۲۷ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی کمتر از ۶۰ درصد خشک شوند و سپس مورد آزمایش قرار گیرند. اگر بتن در شرایط بهره برداری از ساختمان، مرطوب یا غرقاب باشد، باید مغزه‌ها به مدت ۴۰ ساعت در آب غوطه ور شوند و سپس به صورت مرطوب مورد آزمایش قرار گیرند.

۹-۶-۶-۵- در قسمتهایی از سازه که مقاومت بتن از طریق آزمایش مغزه‌ها ارزیابی می‌شود، در صورتی بتن از نظر تامین مقاومت قابل قبول تلقی می‌شود که متوسط مقاومتهای فشاری سه مغزه حداقل برابر ۰/۸۵ مقاومت مشخصه باشد و بعلاوه مقاومت هیچ یک از مغزه‌ها از ۰/۷۵ مقاومت مشخصه کمتر نباشد. برای کنترل دقت نتایج می‌توان مغزه گیری را تکرار کرد.

۹-۶-۶-۶- در صورتی که شرایط بند ۹-۶-۶-۵ برآورده نشوند و ظرفیت باربری سازه مورد تردید باقی بماند باید آزمایش بارگذاری مطابق بند ۱۹-۳ آئین نامه بتن ایران بر روی قسمت های مشکوک به عمل آید یا اقدامات مقتضی دیگری از جمله تقویت قطعه بتنی صورت گیرند.

۹-۶-۶-۷- در صورتی که هیچکدام از موارد فوق برای پذیرش و یا اقداماتی که منجر به پذیرش بتن می‌شود عملی نگردد، تخریب بتن فوق الزامی است.



۹-۶-۶-۸- در صورتی که ضوابط لازم برای دستیابی به دوام پیش‌بینی شده بتن تأمین نشود لازم است با استفاده از سیستم‌های حفاظتی بتن، نفوذپذیری آن کاهش یابد تا حداقل ضوابط دوام لازم برآورده شود.

### ۹-۶-۷- کنترل و بازرسی

به منظور اطمینان از انطباق خواص و کیفیت بتن با استانداردها و ضوابط مقررات ملی، حداقل تواتر کنترل و بازرسی باید مطابق جدول شماره ۶-۹ باشد.

جدول ۹-۶-۹- کنترل و بازرسی مشخصه‌های بتن

ردیف	نوع آزمایش	نوع بازرسی - آزمایش	هدف	زمان تکرار
۱	تعیین نسبت‌ها برای طرح اختلاط	آزمایش در ابتدای کار	تامین دلیل آنکه ویژگی‌های مورد نظر در حاشیه ایمنی مناسب حاصل می‌شود	قبل از استفاده مخلوط جدید به شد داده‌هایی براساس بلند مدت در اختیار
۲	میزان کلرید در مخلوط	محاسبه بر اساس کلرید موجود در مواد تشکیل دهنده بتن	حصول اطمینان از اینکه میزان کلرید از حد مجاز فراتر رود	در ابتدای کار و در که میزان کلرید مو کند.
۳	میزان رطوبت در سنگدانه درشت	آزمایش خشک‌کردن یا معادل آن	اصلاح مقدار آب مورد نیاز	در صورت غیر مداوم طور روزانه، بسته با جوی منطقه ممک آزمایش‌های مورد یا زیاد شوند.
۴	میزان رطوبت سنگدانه‌های ریز	اندازه‌گیری بطور مداوم، آزمایش خشک کردن یا معادل آن	اصلاح مقدار مورد نیاز	مانند ردیف بالای ستون

هر مرتبه ساخت	برای مقایسه با وضعیت ظاهری مورد نیاز بتن	بازرسی عینی	روانی بتن	۵
۱- هنگام تهیه آزمون آزمایش بتن سخت ۲- هنگام آزمایش مزان هوای بتن	ارزیابی انطباق میزان روانی مورد نیاز و کنترل تغییرات احتمالی یا سنگین	آزمایش روانی		۶
به تعداد دفعات آ مقاومت فشاری	بازرسی پیماننه و مخلوط کردن و کنترل وزن مخصوص بتن سبک یا سنگین	آزمایش وزن مخصوص	وزن مخصوص بتن تازه	۷
مطابق بند ۶-۵ این	ارزیابی مشخصه‌های مقاومت مخلوط	آزمایش مطابق استاندارد	آزمایش مقاومت فشاری آزمونه‌ها قالب گیری شده	۸
به تعداد دفعات آ مقاومت فشاری	ارزیابی وزن مخصوص	آزمایش مطابق استاندارد	وزن مخصوص ظاهری بتن سخت شده سبک یا سنگین	۹
هر بار پیماننه و مخلر	تعیین نسبت آب به سیمان واقعی	ثبت مقدار آب اضافه شده	مقدار آب اضافه شده به مخلوط	۱۰
هر بار پیماننه و مخلر	کنترل مقدار سیمان و تعیین نسبت آب به سیمان واقعی	ثبت مقدار سیمان مصرف شده	مقدار سیمان بتن تازه	۱۱
هر بار پیماننه و مخلر	کنترل مقدار افزونه	ثبت مقدار افزونه مصرف شده	مقدار افزونه بتن تازه	۱۲
روزانه یا بیشتر ب نیاز	ارزیابی انطباق مقدار هوا با مقدرا هوای مقرر شده	با تقسیم نمودن جمع ردیف های ۳ و ۴ و ۹ بر ردیف ۱۰ یا هر روش آزمایش استاندارد توافق	نسبت آب به سیمان بتن تازه	۱۳

		شده		
برای مخلوط های ب هوا ۱- اولین پیمانہ و یکبار در روز ۲- به دفعات ب متناسب با شرایط تاثیر عوامل محیطی	ارزیابی انطباق مقدار هوای مقرر شده	آزمایش مطابق استاندارد	مقدار هوای موجود در مخلوط بتن تازه برای بتن های با حباب هوا	۱۴
در موارد تردید	ارزیابی یکنواختی مخلوط	آزمایش از طریق مقایسه مشخصه های نمونه های برداشته شده از بخش های مختلف یک مخلوط	یکنواختی	۱۵
در ابتدای کار، دو بعدی براساس توافق	ارزیابی مقاومت در مقابل نفوذ آب	آزمایش مطابق استاندارد	نفوذ پذیری	۱۶
براساس توافق ب آمده	ارزیابی انطباق با مشخصه مورد نیاز	مطابق با این نامه های مربوطه یا بر اساس توافق به عمل آمده	سایر مشخصه ها	۱۷

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.



## فصل هفتم اختلاط بتن و بتن ریزی

### ۹-۷-۱- نیروی انسانی، تجهیزات و آماده سازی محل بتن ریزی

#### ۹-۷-۱-۱- نیروی انسانی

تهیه، کاربرد، اجرا و کنترل کارهای بتنی باید به افراد صاحب صلاحیتی واگذار شود که از تجربه و دانش کافی برخوردار بوده و دارای پروانه مهارت فنی و یا گواهی لازم از مراجع ذیصلاح باشند.

#### ۹-۷-۱-۲- تجهیزات و وسایل

- الف- تمامی وسایلی که برای مخلوط کردن و انتقال بتن به کار می‌رود باید تمیز باشند.
- ب- پیمانان کردن مصالح تشکیل دهنده بتن باید تا حد امکان به طریق وزنی انجام گیرد.
- پ- رواداری توزین هر یک از اجزای تشکیل دهنده بتن  $\pm 3\%$  درصد است.
- ت- رواداری دقت و حساسیت ترازوها و سایر قسمت های توزین باید  $\pm 0.4\%$  درصد کل ظرفیت دستگاه باشد.
- ث- استفاده از روش های دیگر برای پیمانان کردن مصالح در صورتی مجاز خواهد بود که دقت مقدار مصالح بدست آمده از این روش قابل مقایسه با روش وزنی باشد.
- ج- برای توزیع یکنواخت افزودنی های شیمیایی در حجم بتن باید ضمن استفاده از تجهیزات مناسب، دقت های لازم بکارگرفته شده و دستورالعمل کارخانه سازنده رعایت شود.

چ- رطوبت مصالح سنگی بویژه ماسه قبل از ورود به دستگاه بتن ساز با توجه به کارایی و نسبت آب به سیمان باید کنترل شده و نتایج آن در محاسبه میزان آب اختلاط منظور گردد.

#### ۹-۷-۱-۲- آماده سازی محل بتن ریزی

الف- تمامی مواد زاید از جمله یخ باید از محل های مورد بتن ریزی زدوده شوند.  
 ب- قالب ها باید به نحوی مناسب تمیز و اندود شوند.  
 پ- مصالح بنایی که در تماس با بتن خواهند بود باید به خوبی خیس شوند.  
 ت- تمامی میلگردها قبل از بتن ریزی باید کاملاً تمیز شده و عاری از پوشش های آلاینده باشند.  
 ث- قبل از ریختن بتن، باید آب اضافه را از محل بتن ریزی خارج شود، مگر آنکه استفاده از قیف و لوله مخصوص بتن ریزی در آب (ترمی) مورد نظر باشد و یا دستگاه نظارت آن را مجاز بداند.  
 ج- قبل از ریختن بتن جدید روی بتن سخت شده قبلی باید لایه ضعیف احتمالی سطح بتن و هر نوع ماده زاید دیگر زدوده شود.

#### ۹-۷-۲- اختلاط بتن

۹-۷-۲-۱- بتن باید طوری مخلوط شود که تمامی مواد تشکیل دهنده آن به صورت همگن در مخلوط پخش شوند. قبل از پرکردن مجدد، باید مخلوط کن را بطور کامل تخلیه کرد.  
 ۹-۷-۲-۲- بتن آماده باید مطابق استانداردهای «مشخصات بتن آماده» یا «مشخصات بتن تهیه شده از طریق پیمانہ کردن حجمی و اختلاط پیوسته» مخلوط و تحویل شود.  
 ۹-۷-۲-۳- بتن مخلوط شده در کارگاه باید مطابق ضوابط زیر تهیه شود:  
 ۹-۷-۲-۲-۱- اختلاط بتن باید با مخلوط کن مورد تایید دستگاه نظارت انجام گیرد.  
 ۹-۷-۲-۲-۲- مخلوط کن باید با سرعت توصیه شده از طرف کارخانه سازنده چرخانده شود.  
 ۹-۷-۲-۲-۳- ترتیب ورود مواد متشکله بتن به مخلوط کن باید متناسب با نوع مخلوط کن و نوع بتن باشد.  
 ۹-۷-۲-۲-۴- عمل اختلاط باید حداقل تا ۱/۵ دقیقه، پس از ریختن تمامی مواد تشکیل دهنده به داخل مخلوط کن ادامه یابد، مگر آن که با آزمایشهای انجام شده براساس «مشخصات بتن آماده» ثابت شود زمانی کوتاه تر هم می تواند قابل قبول باشد.

- ۹-۷-۲-۳-۵- اختلاط با کامیونهای مخلوط کن باید بر اساس ضوابط مندرج در استاندارد ملی شماره ۶۰۴۴ صورت گیرد.
- ۹-۷-۲-۳-۶- نقل و انتقال، پیمانته کردن و اختلاط مصالح بتن باید با ضوابط استاندارد « مشخصات بتن آماده» یا «مشخصات بتن تهیه شده از طریق پیمانته کردن حجمی و اختلاط پیوسته» مطابقت داشته باشد.
- ۹-۷-۲-۳-۷- سابقه کار روزانه باید برای تمامی مخلوط های تهیه شده بطور تفصیلی و مشتمل بر مشخصات بتن از جمله موارد زیر، نگهداری شود:
- الف- نسبتهای به کار رفته برای اختلاط مصالح.
- ب- نتایج آزمایشهای بتن تازه.
- پ- دمای بتن و دمای محیط در هنگام بتن ریزی
- ت- محل نهایی و حجم تقریبی بتنهای ریخته شده در سازه.
- ث- زمان و تاریخ اختلاط و بتن ریزی.

#### ۹-۷-۲-۴- اختلاط با دست

- اختلاط بتن با دست به هیچ وجه مجاز نیست بجز موارد استثنایی و کم اهمیت، با دستور دستگاه نظارت و برای بتن از رده پائین تر از C16 .
- رعایت نکات ریز توسط پیمانکار برای ساخت بتن با دست الزامی است:
- الف- حداکثر حجم بتن برای هر بار ساخت با دست ۳۰۰ لیتر است.
- ب- برای تهیه بتن ابتدا روی یک سطح صاف، تمیز و غیر قابل نفوذ شن به صورت یکنواخت ریخته، سپس روی آن ماسه یکنواخت پخش می شود، در هر حالت ضخامت دو قشر نایبستی از ۳۰ سانتیمتر تجاوز نماید.
- پ- سیمان خشک به صورت یکنواخت روی مصالح سنگی پخش و سپس با وسایل مناسب بطور کامل مخلوط می شود.
- ت- پس از اختلاط کامل مصالح، آب بتدریج به مخلوط اضافه و بطور یکنواخت مخلوط می شود تا بتن همگن بدست آید.
- ث- چنانچه از پیمانته های حجمی استفاده شود باید وزن مصالح سنگی خشک قبلا به دقت اندازه گیری و پیمانته های حجمی بر این اساس ساخته شده باشد.
- ج- بتن ساخته شده با دست باید حداکثر ۳۰ دقیقه پس از ساخت مصرف شود.
- ۹-۷-۲-۵- باز آمیختن با آب پس از اتمام اختلاط، ضمن نقل و انتقال یا در محل بتن ریزی مجاز نمی باشد، مگر در موارد استثنایی و با کسب مجوز از دستگاه نظارت.

**۹-۷-۲- انتقال بتن**

۹-۷-۲-۱- انتقال بتن از مخلوط کن تا محل نهایی بتن ریزی باید چنیدان صورت گیرد که از جداسدن یا از بین رفتن مصالح جلوگیری شود.

۹-۷-۲-۲- وسایل انتقال بتن باید امکان رساندن بتن به پای کار را طوری تامین کنند که موارد تشکیل دهنده جدا نشوند و حالت خمیری بتن بین بتن ریزی های متوالی از دست نرود.

**۹-۷-۲-۳- چرخ های دستی و دامپر**

حمل بتن با انواع چرخهای دستی و دامپر فقط تحت شرایط زیر مجاز است: حجم ساخت بتن از ۳۰۰ لیتر در هر نوبت تجاوز نکند، رده بتن از C16 کمتر باشد، فاصله حمل در چرخهای دستی حداکثر ۶۰ متر و در دامپر حداکثر ۱۲۰ متر باشد، وسایل مزبور دارای چرخهای لاستیکی باشد و مسیر حمل کاملاً صاف و افقی باشد.

**۹-۷-۲-۴- ناو ه شیب دار**

ناوه شیب دار باید فلزی یا دارای روکش فلزی بوده، کاملاً آب بند باشد و شیب آن ثابت و به گونه ای اختیار شود که هنگام حمل عمل جدایی در اجزای بتن حادث نشود. در انتهای ناوه باید قیف قائم برای تخلیه بتن به قالب پیش بینی شود. با توجه به شرایط آب و هوایی محل کار، کنترل اسلامپ و سایر مشخصه های اصلی بتن توسط دستگاه نظارت صورت می گیرد.

**۹-۷-۲-۵- تلمبه ( پمپ ) بتن**

در انتقال بتن به وسیله پمپ، حداکثر نسبت اندازه سنگدانه ها به کوچکترین قطر داخلی لوله انتقال بتن نباید از مقادیر زیر تجاوز کند:

الف- ۰/۳۳ برای سنگدانه های تیز گوشه

ب- ۰/۴۰ برای سنگدانه های کاملاً گرد گوشه

۹-۷-۲-۳- در انتقال بتن به وسیله پمپ، حداکثر نسبت اندازه سنگدانه ها به کوچکترین قطر داخلی لوله انتقال بتن نباید از مقادیر زیر تجاوز کند:

الف- ۰/۳۳ برای سنگدانه های تیز گوشه

ب- ۰/۴۰ برای سنگدانه های کاملاً گرد گوشه





شدنی های متوالی قرار می گیرند، الزامی است.

#### ۹-۷-۴-۸- بتن ریزی پی

پس از رسیدن به تراز زیر پی و بستر مناسب پیمانکار باید با توجه به بارهای وارده به پی از طریق روش‌های مورد تأیید دستگاه نظارت نسبت به تحکیم پی اقدام نماید. در صورت سست بودن محل پی باید عملیات پی‌کنی تا تراز زمین سخت (با مقاومت مورد نظر) ادامه یافته و حفاری اضافی با مصالح مورد تأیید دستگاه نظارت تا تراز زیر پی پر شده و تحکیم یابد. بستر پی باید با حداقل ۱۰ سانتیمتر بتن رده  $C_{10}$  آماده و رگلاژ شود.

پس از نصب قالب باید نسبت به بستن آرماتورها، صفحات زیر ستون، میل مهار و قطعات مدفون در بتن اقدام شود. در صورتی که به علت شرایط زمین پی، با تأیید دستگاه نظارت، بستن قالب ضرورت نداشته باشد پیمانکار باید با تعبیه پوشش‌های پلاستیکی و دیگر روش‌های مشابه از جذب آب بتن تازه توسط زمین اطراف پی جلوگیری نماید.

#### ۹-۷-۴-۹- بتن ریزی دال‌ها و سقف‌ها

بتن ریزی در دال‌ها باید در یک جهت و بطور متوالی انجام شود. محموله‌های بتن نباید در نقاط مختلف سطح و به صورت پراکنده ریخته و سپس پخش و تسطیح شوند. همچنین بتن نباید در یک محل و در حجم زیاد تخلیه و سپس به طور افقی در طول قالب حرکت داده شود. با توجه به حجم بتن و روش‌های حمل و تخلیه، عملیات باید به صورتی انجام شود که حتی‌الامکان از بوجود آمدن اتصال سرد در دال‌ها پرهیز گردد. در عملیات بزرگ باید محل ختم بتن ریزی از قبل تعیین و در نقشه‌های اجرایی مشخص شود و عملیات تا محل درزهای ساختمانی ادامه یابد. چنانچه در اثر بروز اشکالات قطع بتن ریزی حادث شود باید محل قطع بتن ریزی برای ادامه عملیات بتن ریزی آماده شود.

#### ۹-۷-۴-۱۰- بتن ریزی دیوار، ستون و تیرهای اصلی

بتن ریزی در دیوارها باید در لایه های افقی با ضخامت یکنواخت صورت گیرد و هر لایه قبل از ریختن لایه بعدی بطور کامل متراکم شود. میزان و سرعت بتن ریزی باید چنان باشد که هنگام ریختن لایه جدید، لایه قبلی در حالت خمیری باشد. عدم رعایت این نکته باعث ایجاد اتصال سرد و نهایتاً عدم یکپارچگی بتن خواهد شد. پیمان‌ه‌های اولیه بتن باید از دو انتهای عضو ریخته شوند و سپس بتن ریزی به سوی قسمت مرکزی سازه ادامه یابد. در تمام حالات باید از جمع شدن آب در انتها و گوشه‌ها جلوگیری شود. در بتن ریزی ستون‌ها حدامکان باید ارتفاع سقوط آزاد بتن را محدود نمود. این ارتفاع برای جلوگیری از جدا شدن دانه‌ها به  $0/9$  تا  $1/2$  متر محدود می‌شود.

۹-۷-۴-۱۱- بتن باید در طول عملیات بتن ریزی با استفاده از وسایل مناسب متراکم شود، بطوری که میلگردها و اقلام مدفون را بطور کامل دربرگیرد و قسمت‌های داخلی و بخصوص گوشه‌های قالب را به خوبی پر کند. بتن های خودتراکم

رامی توان متراکم نکرد.

**۹-۷-۴-۱۲-** ویراتور در داخل بتن باید بطور منظم و فواصل مشخص به نحوی فرو برده شود که دو قسمت لرزانیده شده، با هم همپوشانی داشته باشند. قسمتی از ویراتور باید در لایه زیرین که هنوز حالت خمیری دارد، فرو رود.  
**۹-۷-۴-۱۳-** ویراتور باید تا حد امکان به صورت قائم وارد بتن گردد و به آرامی بیرون کشیده شود تا حباب هوا در داخل بتن باقی نماند.

**۹-۷-۴-۱۴-** متراکم کردن با دست

در کارهای کوچک و محدود و مخلوطهای خمیری و روان، می‌توان با اجازه دستگاه نظارت از میله فولادی (تخماق) یا وسایل مشابه برای تراکم بتن استفاده نمود. میله باید به اندازه کافی وارد بتن شود تا بتواند به راحتی به انتهای قالب یا انتهای لایه مربوط به همان مرحله بتن‌ریزی برسد، ضخامت میله باید چنان انتخاب شود که به راحتی از بین میلگردها عبور نماید.

#### **۹-۷-۵- ماله کشی و پرداخت بتن**

ماله کشی و پرداخت بتن عبارت است از زدودن بتن اضافی روی سطح بتن، از بین بردن نقاط پست و بلند سطحی و یا به شکل خاص در آوردن سطح بتن، از جمله روشهای مختلف ماله کشی و پرداخت بتن عبارتند از: شمشه کشی، تخته ماله، ماله کشی، استفاده از ماله دسته بلند، استفاده از شمشه دسته دار، جاروکشی، پرداخت.  
 انجام هر گونه عملیات پرداخت بر روی سطوح دالهای بتنی، مادام که آب ناشی از آب انداختگی وجود داشته باشد، ممنوع است. لیسه ای کردن سطحی که ماله کشی نشده است مجاز نیست. پاشیدن سیمان خشک بر روی سطوح خیس برای جذب آب اضافی می‌تواند موجب ترک خوردگی سطحی شود و مجاز نیست. جاروکشی و هر گونه روشی که موجب رفع لغزندگی سطوح می‌شود باید زمانی صورت گیرد که بتن کاملاً سخت نشده است ولی به اندازه کافی سخت شده باشد که بافت ایجاد شده را حفظ کند.

#### **۹-۷-۶- عمل آوری**

##### **۹-۷-۶-۱ کلیات**

عمل آوردن فرآیندی است که طی آن از افت رطوبت بتن جلوگیری و دمای بتن در حدی رضایت‌بخش حفظ می‌شود عمل آوردن بتن بر ویژگی‌های بتن سخت شده از قبیل میزان نفوذپذیری و مقاومت در برابر یخ‌زدن و آب شدن اثری بسزا دارد.

عمل آوردن باید بلافاصله پس از تراکم بتن آغاز شود تا بتن در برابر عوامل زیانبار مورد محافظت قرارگیرد. عمل آوردن بتن از مراقبت و محافظت، یا پروراندن تشکیل می‌شود.

**۹-۷-۶-۱-۱-** مراقبت به مجموعه تدابیری گفته می‌شود که باعث شود سیمان موجود در بتن به مدت کافی مرطوب بماند به طوری که حداکثر میزان آبیگری آن، چه در لایه‌های سطحی دانه‌ها و چه در حجم آن میسر باشد.

**۹-۷-۶-۱-۲-** محافظت به مجموعه تدابیری اطلاق می‌شود که بموجب آنها از اثر نامطلوب عوامل بیرونی مانند شسته شدن به وسیله باران یا آب جاری بر اثر بادهای گرم و خشک، سرد شدن سریع یا یخبندان، لرزش و ضربه خوردن بتن جوان جلوگیری شود.

**۹-۷-۶-۱-۳-** منظور از پروراندن بتن سرعت بخشیدن به گرفتن و سخت شدن آن به کمک حرارت است.

**۹-۷-۶-۲-** روش‌های عمل آوردن

برای حفظ رطوبت بتن و نیز در صورت لزوم نگهداری آن در دمایی مساعد می‌توان از یکی از روش‌های زیر استفاده کرد:  
**۹-۷-۶-۲-۱-** هر روشی که به تداوم حضور آب اختلاط در بتن در دوره سخت شدن اولیه منجر شود، مانند استفاده از آب‌پاشی یا پوشش‌های خیس اشتباع شده.

**۹-۷-۶-۲-۲-** هر روشی که به وسیله آن از کاهش آب اختلاط از طریق پوشاندن یا اندود کردن سطح آن جلوگیری کند، مانند استفاده از نایلون، کاغذهای ضد آب یا کاربرد ترکیبات عمل‌آورنده غشایی.

**۹-۷-۶-۲-۳-** هر روشی که به کمک آن کسب مقاومت بتن از طریق دادن گرما یا رطوبت تسریع شود، مانند استفاده از یخار یا قالب‌های گرم، مشروط بر آنکه بر ویژگی‌ها و پایایی بتن اثر نامطلوب نداشته باشد.

**۹-۷-۶-۳-** مدت عمل آوردن

مدت عمل آوردن بتن بطور معمول نباید از مقادیر مندرج در جدول ۹-۷-۱ کمتر باشد. این مدت زمان به نوع سیمان، شرایط محیطی و دمای بتن بستگی دارد و طی آن، دمای هیچ قسمت از سطح بتن نباید از ۵ درجه سلیوس کمتر شود.

## **۹-۷-۷- بتن ریزی در شرایط ویژه**

**۹-۷-۷-۱-** بتن ریزی در هوای گرم

**۹-۷-۷-۱-۱-** هوای گرم هنگام بتن ریزی باعث پایین آمدن کیفیت بتن تازه و سخت شده می‌گردد. هوای گرم به دمای زیاد هوا همراه یا بدون باد و رطوبت کم اطلاق می‌شود. این عوامل باعث تبخیر سریع آب، افزایش سرعت آبیگری

سیمان، کاهش کارایی بتن تازه و تسریع گیرش آن می‌شوند که می‌تواند موجب کاهش مقاومت نهایی بتن گردند. هوای گرم همچنین باعث ایجاد مشکلاتی در بتن‌ریزی و متراکم کردن آن تشدید جمع‌شدگی خمیری می‌شود و موجب ترک در بتن جوان می‌گردد.

**۲-۱-۷-۷-۹-۲**- حداکثر جذب آب سنگدانه‌های مصرفی در بتن، برای مناطق شدید و فوق‌العاده شدید بر اساس ، برای سنگدانه‌های درشت به ۲/۵ درصد و برای سنگدانه‌های ریز به ۳ درصد محدود می‌شود.

**۳-۱-۷-۷-۹-۳**- دمای بتن در هنگام بتن‌ریزی نباید بیش از ۳۲ درجه سلسیوس برای بتن معمولی و ۱۵ درجه سلسیوس برای بتن حجیم باشد. بتن‌ریزی در هوای گرم باید با فراهم کردن شرایط مناسب، اتخاذ تدابیر لازم و تأیید دستگاه نظارت صورت گیرد.

جدول ۱-۷-۹-۱- حداقل زمان عمل آوردن بتن

دمای متوسط سطح بتن **			شرایط محیطی پس از ریختن بتن در قالب*
هر دمایی بین ۵ تا	۱۱ تا ۲۰ °C	۵ تا ۱۰ درجه °C	

				نوع سیمان
روز ۲	روز ۳	روز ۴	متوسط	نوع ۱ و ۲ و ۳ و ۵
			ضعیف	
روز ۵	روز ۴	روز ۶	متوسط	همه سیمان‌ها به جز نوع ۱ و ۲ و ۳ و ۵ و همه سیمان‌های حاوی مواد پوزولانی یا روبارهای
روز ۵	روز ۷	روز ۱۰	ضعیف	
اقدامی خاص ضرورت ندارد			خوب	همه سیمان‌ها

\* شرایط محیطی مندرج در این ستون به شرح زیر تعریف می‌شوند:

خوب: محیط مربوط و محافظت شده (رطوبت‌نسبی بیشتر از ۸۰ درصد و محافظت شده در برابر تابش مستقیم خورشید و باد).

ضعیف: محیط خشک و محافظت نشده (رطوبت نسبی کمتر از ۵۰ درصد و محافظت نشده در برابر تابش مستقیم خورشید و باد).

متوسط: شرایطی بین دو حد خوب و ضعیف.

\*\* در صورتی که دمای سطح بتن اندازه‌گیری یا محاسبه نشود، می‌توان آن را معادل دمای هوای مجاور سطح بتن فرض کرد.

۹-۷-۱-۴- اختلاف دما در نقاط مختلف بتن، ناشی از گرمای هوا و گرمای آبیگری، تنش‌های در بتن ایجاد می‌کند که باید در محاسبه منظور شود.

**۹-۷-۷-۱-۵-** برای کاهش دمای بتن بر حسب مورد کاربرد روش‌های زیر الزامی است:

الف - برنامه‌ریزی مناسب و دقیق برای زمان‌های شروع مراحل ساخت بتن و بتن‌ریزی.

ب - تنظیم زمان بتن‌ریزی در هنگام خنک بودن هوا.

پ - بکار بردن سیمان‌های مناسب با حرارت زایی کم یا جایگزین کردن مقداری از سیمان با مواد پوزولانی یا استفاده از سیمان پرتلند پوزولانی یا روباره‌ای و استفاده از طرح اختلاط مناسب به منظور احتراز از مصرف سیمان زیاد.

ت - عدم استفاده از سیمان با دمای بیش از ۷۵ درجه سلسیوس.

ث - پایین نگهداشتن دمای سیمان با نگهداری سیمان در سیلوهای عایق‌بندی شده و یا رنگ‌آمیزی شده به رنگ سفید.

ج- کاهش دمای سنگدانه‌ها با انبار کردن آنها در سایه یا آب پاشی یا دمیدن هوای سرد به آنها

چ- خنک کردن آب مصرفی و یا جایگزینی بخشی از آن با یخ خرد شده یا یخ پولکی.

ح- عایق کردن منابع و لوله‌های تأمین آب و یا رنگ‌آمیزی به رنگ سفید برای قسمت‌هایی که در برابر تابش مستقیم آفتاب قرار می‌گیرند.

خ- نگهداری ابزار و ماشین آلات تهیه و حمل مخلوط بتن در سایه و آب پاشی آنها.

د- عایق کردن مخلوط‌کن‌ها یا پاشیدن آب سرد یا دمیدن هوای سرد به آنها یا رنگ‌آمیزی آنها به سفید.

**۹-۷-۷-۱-۶-** میلگردها، اجزای توکار و قالب‌های با دمای بیش از ۵۰ درجه سلسیوس باید با الفاصله قبل از بتن‌ریزی آب‌پاشی شوند و آب اضافی کاملاً جمع‌آوری گردد.

**۹-۷-۷-۱-۷-** به منظور جلوگیری از ایجاد ترک، باید تدابیر زیر برای جلوگیری از کاهش رطوبت و افزایش دمای بتن پس از بتن‌ریزی اتخاذ شود:

- حفظ بتن از جریان باد و تابش آفتاب توسط بادشکن و سایبان.

- جلوگیری از تبخیر آب بتن با آب‌پاشی بتن و هوای مجاور آن.

- در سازه‌هایی که ترک خوردن بتن بطور کلی غیر قابل قبول باشد، لازم است تدابیر احتیاطی ویژه‌ای اتخاذ گردد.

**۹-۷-۷-۱-۸-** عمل آوردن بتن طبق بند ۹-۷-۵، الزامی است، ضمن آنکه روش آب‌پاشی برای عمل‌آوری بتن ترجیح داده می‌شود. در سطوح افقی می‌توان از ترکیبات غشایی عمل‌آورنده مورد تأیید دستگاه نظارت استفاده نمود.

**۹-۷-۷-۱-۹-** علاوه بر تأمین شرایط زمانی جدول ۹-۷-۱- مدت عمل آوردن بتن از ۷ روز کمتر نباشد.

**۹-۷-۷-۲-** بتن‌ریزی در مناطق ساحلی خلیج فارس و دریای عمان

در مناطق ساحلی خلیج فارس و دریای عمان ضمن رعایت ضوابط بتن ریزی در هوای گرم (موضوع بند ۹-۷-۶-۱) موارد زیر نیز باید مراعات شوند:

**۹-۷-۷-۲-۱-۱** مصالح مناسب به شرح فوق انتخاب و نسبت های اختلاط چنان تعیین گردند که از مصرف سیمان زیاد احتراز شده و نسبت آب به سیمان و نفوذپذیری کاهش یابند.

**۹-۷-۷-۲-۲** از سیمان مناسب با گرمزایی کم، سیمان پرتلند نوع ۲ و یا نوع ۱ با پوزولان و یا سیمان های پرتلند آمیخته پوزولانی یا روباره ای و یا سایر سیمان های پوزولانی استفاده شود. مقدار پوزولان بستگی به نوع آن و موقعیت محیطی سازه دارد.

**۹-۷-۷-۲-۳** حداقل مقدار سیمان ۳۵۰ کیلوگرم در متر مکعب بتن و حداکثر آن ۴۵۰ کیلوگرم در متر مکعب بتن می باشد.

**۹-۷-۷-۲-۴** مقدار کلریدهای آب مصرفی باید کمتر از ۵۰۰ قسمت در میلیون باشد. سایر خصوصیات آب مصرفی باید با جدول ۹-۳-۱۸ مطابقت داشته باشد. میزان کل کلرید قابل حل در آب در بتن سخت شده ۲۸ روزه، ناشی از تمامی مواد تشکیل دهنده بتن نباید از مقادیر جدول ۹-۶-۲ تجاوز نماید.

**۹-۷-۷-۲-۵** استفاده از آب نمکدار بویژه آب دریا برای شستشوی سنگدانه ها، تهیه و عمل آوردن بتن مجاز نمی باشد.

**۹-۷-۷-۲-۶** حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی (سیمان بعلاوه مواد پوزولانی و یا روباره ای)  $\frac{1}{4}$  باشد.

**۹-۷-۷-۲-۷** سنگدانه های مصرفی بویژه سنگدانه های ریز باید به نحوی مناسب شسته و تمیز شوند تا با مقادیر مندرج در جدول ۹-۳-۱۰ و ۹-۳-۱۵ مطابقت داشته باشند.

**۹-۷-۷-۲-۸** حداکثر جذب آب سنگدانه های مصرفی در بتن، برای سنگدانه های درشت به  $\frac{2}{5}$  درصد و برای سنگدانه های ریز به ۲ درصد محدود می شود.

**۹-۷-۷-۲-۹** برای کاهش نفوذپذیری بتن، مخلوط بتن تازه باید از تراکم کافی برخوردار باشد و برای تأمین این منظور از افزودنی های کاهنده قوی آب استفاده شود.

**۹-۷-۷-۲-۱۰** در صورت استفاده از مواد افزودنی شیمیایی، پوزولان ها و مواد افزودنی شبه سیمانی این مواد باید با مشخصات بندهای ۹-۳-۵ و ۹-۳-۶ مطابقت داشته باشند. استفاده از مواد افزودنی باید با تأیید دستگاه نظارت باشد.

**۹-۷-۷-۲-۱۱** نحوه نگهداری و انبار کردن میلگردها باید به صورتی باشد تا از آلوده شدن آنها به مواد زیان آور جلوگیری شود.

**۹-۷-۷-۲-۱۲** مصرف میلگردهای آلوده به مواد یا املاح زیان آور (مانند کلر یا سولفات) و میلگردهایی که تا حد پوسته

شدن زنگ زده باشند، مجاز نیست.

۹-۷-۷-۲-۱۳-سیم‌هایی که برای بستن یا نگهداری آرماتورها در محل، به کار می‌روند باید به طرف داخل قالب خم شوند تا از میزان پوشش بتن روی آرماتور کاسته نشود.

۹-۷-۷-۲-۱۴- پوشش بتنی میلگردها باید مطابق جدول ۹-۶-۵، شرایط محیطی فوق‌العاده شدید باشد.

۹-۷-۷-۲-۱۵- الزامات عمل آوردن بتن تازه به شرح بندهای ۹-۷-۶-۱ تا ۹-۷-۶-۹ رعایت شوند.

### ۹-۷-۷-۲- بتن‌ریزی در هوای سرد

۹-۷-۷-۲-۱- هوای سرد به وضعیتی اطلاق می‌گردد که برای سه روز متوالی شرایط زیر برقرار باشد:

الف - دمای متوسط هوا در شبانه‌روز کمتر از ۵ درجه سلسیوس باشد (دمای متوسط روزانه میانگین حداکثر و حداقل دمای هوا در فاصله زمانی نیمه شب تا نیمه روز است).

ب - دمای هوا برای بیشتر از نصف روز از ۱۰ درجه سلسیوس زیادتر نباشد.

### ۹-۷-۷-۲- تدابیر احتیاطی

- در بتن‌ریزی در هوای سرد باید دقت لازم در انتخاب مصالح مصرفی، طرح اختلاط بتن، شرایط اختلاط، حمل، ریختن و عمل آوردن بتن صورت گیرد تا اطمینان حاصل شود که بتن تازه ریخته شده دچار یخ‌زدگی نگردد و بتن سخت شده نیز دارای کیفیت لازم باشد.

- دمای بتن در طول مدت بتن‌ریزی و عمل آوردن باید ثبت گردد تا اطمینان حاصل شود که محدوده توصیه شده در این مقررات حفظ شده باشد.

- دمای بتن باید حداقل دو بار در شبانه‌روز در نقاط مختلف سازه ثبت گردد تا از وضعیت نگهداری بتن اطمینان کافی حاصل شود.

- گوشه‌ها و لبه‌های بتن در مقابل یخ زدن آسیب‌پذیرند، بنابراین دمای این نقاط باید با دقت کنترل شود.

### ۹-۷-۷-۲- مصالح مصرفی

الف - می‌توان از سیمان زودگیر (پرتلند نوع سه) به جای سیمان معمولی برای اطمینان از سرعت بیشتر کسب مقاومت بتن استفاده نمود.

ب - استفاده از سیمان رویاره‌ای و سیمان‌های آمیخته در بتن‌ریزی در هوای سرد توصیه نمی‌گردد.

پ - می‌توان از آب گرم برای رساندن بتن به دمای مطلوب استفاده نمود، در این حالت باید از تماس مستقیم آب گرم و



سیمان جلوگیری شود و این موضوع در نحوه ریختن مصالح در مخلوط کن مراعات گردد.

ت - سنگدانه‌ها نباید آغشته به یخ و برف باشند. معمولاً ماسه از شن مرطوب‌تر و احتمال وجود یخ در آن بیشتر است بنابراین اغلب گرم کردن ماسه ضرورت پیدا می‌کند.

#### ۹-۷-۷-۳-۴- الزامات طرح اختلاط بتن

الف - نسبت آب به سیمان باید با توجه به روند کسب مقاومت بتن در دمای محیط انتخاب گردد. نسبت آب به سیمان نباید از ۰/۵ بیشتر باشد، بنابراین لازم است قبل از شروع بتن‌ریزی تدابیر لازم برای کسب مقاومت بتن صورت گیرد.

ب - برای کاهش میزان آب قابل یخ زدن در بتن و همچنین کاهش میزان آب انداختن بتن تازه باید مقدار آب اختلاط حداقل ممکن باشد بنابراین برای تأمین کارایی لازم می‌توان از مواد افزودنی خمیری کننده و روان کننده استفاده نمود.

پ - در صورتیکه از مواد افزودنی روان کننده استفاده نمی‌شود اسلامپ بتن نباید بیشتر از ۵۰ میلی‌متر انتخاب گردد.

ت - درصد حباب هوای مورد نیاز در طرح اختلاط باید مطابق جدول ۶-۱ انتخاب شود.

#### ۹-۷-۷-۳-۵- حداقل دمای بتن

- حداقل دمای مجاز بتن هنگام اختلاط، ریختن و نگهداری و نیز حداکثر مجاز افت تدریجی دما در ۲۴ ساعت اولیه پس از خاتمه دوره حفاظت بتن مطابق جدول ۹-۷-۲ است.

- دمای بتن هنگام اختلاط نباید بیش از ۸ درجه سلسیوس (سانتیگراد) زیادتر از مقادیر جدول ۹-۷-۲ باشد زیرا موجب اتلاف انرژی بیشتر، افت شدید اسلامپ و در نهایت کاهش کیفیت بتن می‌گردد.

جدول ۹-۷-۲- دمای بتن بر حسب درجه سلسیوس (سانتیگراد) در مراحل مختلف کار با توجه به دمای محیط و اندازه

#### اعضا و قطعات

ردیف	شرح	دمای محیط	ابعاد اعضا و قطعات (به میلی‌متر)		
			کمتر از ۳۰۰	۳۰۰ تا ۹۰۰	۹۰۰ تا ۱۸۰۰
۱	حداقل دمای بتن هنگام اختلاط	بیش از ۱-	۱۶	۱۳	۱۰
۲		۱۸- تا ۱-	۱۸	۱۶	۱۳

۳	۱۶	۱۸	۲۱	کمتر از 18 B		
۴	۷	۱۰	۱۳	به هر میزان	حداقل دمای بتن هنگام ریختن و نگهداری	
۵	۱۷	۲۲	۲۸	به هر میزان	حداقل مجاز افت تدریجی دمای بتن در ۲۴ ساعت اولیه پس از خاتمه حفاظت از بتن	

\* چنانچه تدابیری ویژه برای اختلاط و بتن ریزی فراهم نگردد، ریختن بتن در دمای ۲۰- درجه سلسیوس و کمتر از آن ممنوع است.

دمای بتن هنگام ریختن نباید بیش از ۱۱ درجه سلسیوس زیادتر از مقادیر جدول باشد، در غیر این صورت موجب کاهش کیفیت بتن می‌گردد.

#### ۹-۷-۷-۳-۶- نکات مربوط به حمل و ریختن بتن

- حمل و ریختن بتن باید به نحوی باشد که بتن تازه، دمای خود را از دست ندهد. بتن باید تا حد امکان در وسایل سر بسته و عایق بندی شده حمل گردد.

- قبل از بتن ریزی باید میلگردها، قالب، سطح بتن سخت شده قبلی و زمین از هر نوع یخ زدگی زوده شود.

#### ۹-۷-۷-۳-۷- عمل آوردن بتن تازه

الف - عمل آوردن بتن تازه باید حداقل ۲۴ ساعت و تا رسیدن بتن به مقاومت ۵ مگاپاسکال ادامه یابد.

ب - برای عمل آوردن بتن تازه و محافظت آن یخ زدن می‌توان از روش‌های زیر استفاده نمود:

- با استفاده از پوشش‌های عایق

- استفاده از گرم کردن بتن و محیط اطراف

- سایر روش‌ها به تأیید دستگاه نظارت

پ - بتن تازه باید در مقابل وزش باد، بویزه پس از برداشتن پوشش‌ها محافظت گردد. باید توجه داشت که از تبخیر زیاد آب و کربناتی شدن سطوح بتن در اثر احتراق مواد سوختی برای گرم کردن آن جلوگیری شود.

#### ۹-۷-۷-۳-۸- محافظت بتن سخت شده

لازم است که از یخزدگی بتن اشباع شده‌ای که مقاومت آن به ۱۴ مگاپاسکال نرسیده باشد، جلوگیری به عمل آید. باید از روش‌های استاندارد و با تهیه نمونه‌های کارگاهی برای تشخیص رسیدن بتن به مقاومت کافی استفاده نمود. می‌توان با روش‌های غیر مخرب استاندارد شده نیز مقاومت فشاری بتن را تخمین زد.

### ۹-۷-۸- روش‌های ویژه کاربرد بتن

#### ۹-۷-۸-۱- بتن پاشیده

بتن پاشیده فرایندی است که در آن بتن با ملات بر روی یک سطح پاشیده می‌شود تا لایه‌ای متراکم، خودنگهدار و باربر ایجاد گردد. در مواردی که شکل کار پیچیده یا قالب‌بندی مشکل و پرهزینه باشد، بویژه در بهسازی ساختمان‌ها و پل‌ها، از این نوع بتن استفاده می‌شود. استفاده از این نوع بتن به تجربه، تأمین تدابیر مناسب و کارگران فنی متخصص به ویژه در امر بتن‌پاشی نیاز دارد. امتیاز عمده این نوع بتن در مقایسه با بتن معمولی آن است که در این حالت فقط به قالب داخلی و یا یک سطح موجود نیاز می‌باشد، به همین دلیل این روش اجرای بتن برای سطوح مدور و قوسی مانند تونل‌ها و دودکش‌ها کاربرد روزافزون یافته است. بتن پاشیده بر مبنای زمان افزودن آب اختلاط به مخلوط سنگدانه‌ها و سیمان به «بتن پاشیده خشک» و «بتن پاشیده تر» تقسیم می‌شود. از نظر حداکثر اندازه سنگدانه‌های مصرفی نیز، بتن پاشیده به سه نوع تقسیم می‌گردد.

#### ۹-۷-۸-۱-۱- مشخصات کلی

برای حصول اطمینان از چسبندگی مناسب، تراکم کافی و خواص فیزیکی مطلوب، تهیه طرح اختلاط بتن پاشیده نیاز به دقت ویژه دارد. نسبت آب به سیمان برای این نوع بتن معمولاً در محدوده ۰/۳۵ الی ۰/۵ قرار می‌گیرد. حداکثر اندازه سنگدانه مخلوط مصرفی ۲۰ میلیمتر است. وزن مخصوص بتن پاشیده مشابه بتن معمولی متراکم شده است. افزودن دوده سیلیسی به این نوع بتن غالباً موجب کاهش قابل ملاحظه در کمانه کردن و برگشت سنگدانه‌های مخلوط می‌گردد. در تعیین نسبت‌های مخلوط بتن پاشیده باید توجه داشت که قسمتی از مخلوط در اثر کمانه کردن سنگدانه‌ها به هنگام پاشیدن از دست می‌رود، بنابراین ترکیب بتن پاشیده شده با ترکیب اولیه آن متفاوت است، لذا باید بین ترکیب مخلوط اولیه، مخلوط در حال خروج از نول (سرشیلنگی) و مخلوط پاشیده شده بر روی سطح، تفاوت قایل شد. به دلیل همین تفاوت، کنترل دقیق و انجام آزمایش در مراحل مختلف بتن‌پاشی ضروری است. به دلیل سرعت بیش از اندازه ذرات در موقع پاشیدن بتن، توجه به مسائل ایمنی برای عوامل اجرایی از اهمیت خاص برخوردار است. جزئیات امر در مورد بتن پاشیده باید در مشخصات فنی خصوصی درج گردد.

**۹-۷-۸-۲- بتن ریزی در زیر آب****۹-۷-۸-۲-۱- مشخصات کلی**

در مواردی که بتن ریزی در زیر سطح آب مورد نظر باشد می‌توان از قیف و لوله ( ترمی ) یا پمپ برای بتن‌ریزی استفاده کرد.

**الف - بتن ریزی با قیف و لوله ( ترمی )**

در این روش باید دقت شود تا در اثر جریان آب مواد سیمانی شسته نشوند. لازم است برای بتن با کارایی زیاد بتن ریخته شده در آب حداقل ۳۵۰ کیلوگرم در متر مکعب مواد سیمانی برای بتنی با کارایی زیاد داشته باشد. نسبت آب به سیمان در طرح اختلاط نباید از ۰/۴۵ تجاوز کند.

سیستم قیف و لوله باید کاملاً آب‌بند بوده و بتن به راحتی در آن حرکت نماید. در طول مدت بتن‌ریزی باید این سیستم از بتن پر باشد.

قطر لوله ترمی باید حداقل ۸ برابر قطر بزرگترین اندازه سنگدانه مصرفی باشد. اسلالمپ بتن باید ۱۷۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر انتخاب شود. سرلوله ترمی همواره باید به میزان ۶۰ تا ۱۵۰ سانتیمتر در داخل بتن ریخته شده قرار گیرد.

**ب - بتن ریزی با پمپ**

برای بتن‌ریزی با پمپ، باید طرح اختلاط بتن چنان انتخاب شود که نسبت آب به سیمان کمترین مقدار ممکن را داشته و مقدار آن از ۰/۶ تجاوز ننماید. مقدار سیمان باید نسبتاً زیاد باشد (در محدوده ۳۵۰ تا ۴۰۰ کیلوگرم در متر مکعب) تا چسبندگی کافی بتن تأمین شود و خطر شسته شدن سیمان از بین برود. به منظور افزایش کارایی بتن می‌توان از سنگدانه‌های گرد گوشه با سطح صاف استفاده نمود. استفاده از دانه‌بندی یکنواخت با حداکثر اندازه ۳۸ میلی‌متر و همچنین مقدار کافی ریزدانه ضروری است. چنانچه سنگدانه‌های حاوی مقدار کافی ریزدانه نباشد می‌توان با افزودن مواد ریز، چسبندگی کافی را در بتن ایجاد نمود.

بتنی که پمپ می‌شود باید تا حدی روان‌تر باشد تا از مسدود شدن لوله‌ها جلوگیری شود، اما مخلوط‌های سیال را می‌توان پمپ نمود مشروط بر آنکه از مواد افزودنی مناسب نظیر فوق روان‌کننده‌ها یا مواد افزودنی آب نگهدار استفاده شود.

جز در مواردی که افزونه‌های ویژه مصرف می‌شود باید از سقوط آزاد بتن به داخل آب جلوگیری کرد تا پدیده جداشدگی ذرات رخ ندهد.

**۹-۷-۸-۲- روش اجرا**

الف - هنگام بتن‌ریزی باید اختلاف فشار هیدرولیکی داخل و خارج قالب از بین رفته و سطح آب در داخل و خارج قالب در یک تراز باشد.

ب - در موقع بتن‌ریزی با قیف و لوله باید همیشه انتهای تختانی لوله حداقل به طول ۱ تا ۱/۵ متر داخل بتن باشد به طوری که آب نتواند از پایین وارد لوله شود. برای این منظور باید بتدریج با پر شدن لوله آن را بالا کشید.

پ - باید از ایجاد سطوح افقی که لایه‌های مختلف بتن را از یکدیگر جدا می‌کنند اجتناب شود.

ت - وقتی سطح بتن به حد فوقانی مورد نظر رسید، باید آن قسمت از بتن که با مواد بیرونی در آمیخته و دانه‌های شن و ماسه و شیره بتن از هم جدا شده، جمع‌آوری و بیرون ریخته شود. این کار باید تا رسیدن به بتن خمیری سالم ادامه یابد.

ث - استفاده از سایر روشهای بتن‌ریزی در زیر آب بنا بر توصیه و تأیید دستگاه نظارت بلامانع است. جزئیات امر بتن‌ریزی زیر آب باید در مشخصات فنی خصوصی درج گردد.

#### ۹-۷-۸- کنترل و بازرسی

به منظور اطمینان از انطباق تجهیزات ساخت و روش تولید با استانداردها و ضوابط این مبحث، حداقل تواتر کنترل و بازرسی باید مطابق جدول ۹-۷-۲ باشد.

جدول ۹-۷-۲ کنترل و بازرسی تجهیزات ساخت بتن

ردیف	شرح تجهیزات	نوع بازرسی - آزمایش	هدف	زمان تکرار
۱	دپوی مصالح، سیلو و غیره	بازرسی عینی	حصول اطمینان از انطباق با موارد مورد نیاز	یکبار در هفت
۲	تجهیزات مربوط به	بازرسی عینی از نحوه کارکرد	اطمینان از اینکه تجهیزات مربوط به اندازه‌گیری وزن بطور صحیح عمل می‌نماید.	روزانه

در مرحله نه بطور متناوب ب تشخیص دستگاد	حصول اطمینان از دقت مورد نظر	آزمایش دقت اندازه گیری وزن	اندازه گیری	۳
برای اولین پیمانہ افزودنی در ه	حصول اطمینان از اینکه دستگاہ اندازه گیری و توزیہ تمیز است و با دقت عمل می نماید	بازدید عینی از نحوه کارکرد	دستگاہ اندازه گیری و توزین ماده افزودنی	۴
در مرحله نه بطور ماهانه پس در موارد تردید و تشخیص دستگاد	اجتناب از توزیع غیر یکنواخت	آزمایش دقت		۵
بشرح موارد ۱ و ۲ همین ستو	حصول اطمینان از دقت مورد نظر	مقایسه مقدار واقعی با مقدار قرائت شده روی درجه دستگاہ اندازه گیری	آب سنج	۶
بشرح موارد ۱ و ۲ همین ستو	حصول اطمینان از دقت مورد نظر	مقایسه مقدار واقعی با مقدار قرائت شده روی درجه دستگاہ اندازه گیری	تجهیزات اندازه گیری مداوم میزان رطوبت سنگدانه های ریز	۷
بشرح موارد ۱ و ۲ همین ستو	حصول اطمینان از دقت پیمانہ کردن	بازدید عینی	سیستم پیمانہ و مخلوط کردن	۸
روزانہ	حصول اطمینان از اینکه سیستم پیمانہ و مخلوط کردن درست کار می کند	مقایسه جرم واقعی مواد تشکیل دهنده مخلوط با جرم مورد نظر بر اساس یک روش مناسب		۹
بر حسب نوع و آزمایش بطور مرز	کنترل انطباق	آزمایش های لازم مطابق با استانداردها با سایر	وسایل آزمایش	۱۰

حداقل سالی		مقررات		
ماهانه	کنترل فرسودگی تجهیزات مخلوطکن	بازدید عینی	مخلوطکن (از جمله کامیون‌های مخلوط کن و حمل بتن)	۱۱

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.



## فصل هشتم

### آرماتوربندی

#### ۱-۸-۹ مشخصات و شرایط اجرایی

##### ۱-۱-۸-۹-۱ مشخصات مکانیکی میلگردها

مشخصات مکانیکی میلگردها، باید با بند ۴-۴ مطابقت داشته باشد.

##### ۱-۸-۹-۲ بریدن میلگردها

میلگردها باید با وسایل مکانیکی بریده شوند، استفاده از روشهای دیگر نیاز به تأیید دستگاه نظارت دارد. در صورتی که استفاده از تمام طول میلگردهای تاپیده سرد اصلاح شده ضروری باشد، یا وصله آنها به روش جوش دادن نوک به نوک لازم شود، سرهای نتابیده آنها باید قطع گردد.

##### ۱-۸-۹-۳ خم کردن میلگردها

۱-۸-۹-۳-۱- تمامی میلگردها باید به صورت سرد خم شوند، مگر آن که دستگاه نظارت روشی دیگر را مجاز بداند.

۱-۸-۹-۳-۲- خم کردن میلگردها تا حد امکان باید بطور مکانیکی به وسیله ماشین مجهز به فلکه خم کن و با یک عبور در سرعت ثابت انجام پذیرد، بطوریکه قسمت خم شده دارای شعاع انحنای ثابتی باشد.

۱-۸-۹-۳-۳- برای خم کردن میلگردها باید از فلکه‌هایی استفاده شود که قطر آنها برای نوع فولاد مورد نظر



مناسب باشد.

۹-۸-۱-۲-۴- سرعت خم کردن میلگردها باید متناسب با نوع فولاد و دمای محیط اختیار شود. سرعت خم کردن میلگردهای سرد اصلاح شده به طور تجربی تعیین می‌شود.

۹-۸-۱-۳-۵- در شرایطی که دمای میلگردها از ۵ درجه سلسیوس کمتر باشد، باید از خم کردن آنها خودداری شود.

۹-۸-۱-۳-۶- به طور کلی باز و بسته کردن خمها به منظور شکل دادن مجدد به میلگردها مجاز نیست، مگر در موارد استثنایی که دستگاه نظارت اجازه دهد. در این صورت تمامی میلگردها باید از نظر ترک خوردگی بازرسی و کنترل شوند.

۹-۸-۱-۳-۷- خم کردن میلگردهایی که یک سر آنها در بتن قرار دارد مجاز نیست مگر آن که در طرح مشخص شده باشد یا دستگاه نظارت اجازه دهد.

#### ۹-۸-۱-۴- جاگذاری و بستن آرماتورها

۹-۸-۱-۴-۱- آرماتورها باید قبل از بتن‌ریزی مطابق نقشه‌های اجرایی در جای خود قرارگیرند و طوری بسته و نگهداشته شوند که از جابجایی آنها خارج از محدوده رواداریهای داده شده در بند ۹-۸-۱-۴-۲ جلوگیری شود.

۹-۸-۱-۴-۲- در مواردی که دستگاه نظارت محدوده مجاز رواداریها را مقرر نکرده باشد، میلگردها را باید با مراعات رواداریهای زیر جاگذاری کرد:

الف - حداکثر انحراف ضخامت پوشش بتن محافظ میلگردها ۸ میلی‌متر

ب - انحراف موقعیت میلگردها با توجه به اندازه ارتفاع مقطع اعضای خمشی، ضخامت دیوارها، و یا کوچکترین بعد ستون‌ها:

۸ ± میلی‌متر	- تا ۲۰۰ میلی‌متر یا کمتر
۱۲ ± میلی‌متر	- بین ۲۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر
۲۰ ± میلی‌متر	- ۶۰۰ میلی‌متر یا بیشتر
۳۰ ± میلی‌متر	پ - انحراف فاصله جانبی بین میلگردها

ت - انحراف موقعیت طولی خمها و انتهای میلگردها:

۲۰ ± میلی‌متر	- در انتهای ناپیوسته قطعات
۵۰ ± میلی‌متر	- در سایر موارد

۹-۸-۱-۴-۳- مقدار حداکثر مجاز رواداری مذکور در بند ۹-۸-۱-۴-۲ الف برای ضخامت پوشش بتن محافظ

$$\frac{2}{3}$$

میلگردها تا جایی معتبر است که ضخامت مذکور از  $\frac{2}{3}$  مقدار تعیین شده کمتر نشود. در نقشه‌های اجرایی باید ضخامت پوشش بتن برای تمامی میلگردها از جمله خاموت‌ها مشخص شود.

**۹-۸-۱-۴-۴-** جنس، ابعاد، تعداد و فاصله لقمه‌ها و خرکها و سایر قطعات مورد استفاده برای تثبیت موقعیت میلگردها در جای صحیح باید طوری باشند که علاوه بر برقراری شرایط بند ۹-۸-۱-۴-۲ مانعی در برابر ریختن بتن و نقطه ضعفی در مقاومت و پایایی آن ایجاد نشود.

**۹-۸-۱-۴-۵-** برای به هم بستن میلگردها و عناصر غیرسازه‌ای به آنها باید از مفتول‌ها یا اتصال‌دهنده‌ها و گیره‌های فولادی استفاده کرد. باید توجه داشت که انتهای برجسته سیم‌ها، اتصال‌دهنده‌ها و گیره‌ها در قشر بتن محافظ (پوشش) واقع نشود.

**۹-۸-۱-۴-۶-** استفاده از جوشکاری با قوس الکتریکی برای به هم بستن میلگردهای متقاطع فقط برای فولادهای جوش‌پذیر و با تأیید دستگاه نظارت مجاز می‌باشد. در این صورت جوش نباید باعث کاهش سطح مقطع میلگرد و ایجاد زدگی در آن شود.

#### **۹-۸-۲- جزئیات آرماتوربندی**

##### **۹-۸-۲-۱- انواع میلگردهای مصرفی**

انواع میلگردهای مصرفی باید با ضوابط بند ۴-۴ مطابقت داشته باشند.

##### **۹-۸-۲-۲- قطرهای اسمی**

قطرهای اسمی باید مطابق ضوابط بند ۴-۳ باشند.

##### **۹-۸-۲-۳- کاربرد توام انواع مختلف فولاد**

کاربرد توأم انواع مختلف فولاد در یک نقطه مجاز نیست مگر آن که:

الف - مشخصات مکانیکی متفاوت آنها در طراحی در نظر گرفته شود.

ب - امکان اشتباه در مرحله اجرا وجود نداشته باشد.

استفاده از یک نوع فولاد برای میلگردهای طولی و نوع دیگر فولاد برای میلگردهای عرضی با رعایت مورد «الف» بلامانع است.

##### **۹-۸-۲-۴- محدودیت‌های فاصله بین میلگردها**

۹-۸-۲-۱-۴-۱- فاصله مجاز بین میلگردها در محل وصله‌های پوششی در بند ۱۹-۸-۴ ارائه شده است.  
 ۹-۸-۲-۲-۴-۲- محدودیت‌های فاصله آزاد بین میلگردها باید در مورد فاصله آزاد وصله‌های پوششی با وصله‌ها یا میلگردهای مجاور نیز رعایت شوند.

#### ۹-۸-۲-۶- پوشش بتنی روی میلگردها

۹-۸-۲-۱-۶-۱- پوشش بتنی روی میلگردها برابر است با حداقل فاصله بین رویه میلگردها، اعم از طولی یا عرضی، تا نزدیکترین سطح آزاد بتن.

۹-۸-۲-۶-۲- مراعات ضخامت پوشش بتنی مطابق بند ۶-۳-۳-۹ در مورد انتهای میلگردهای مستقیم در کفها و سقف‌هایی که در معرض شرایط جوی یا تعریق نباشند، الزامی نیست.

۹-۸-۲-۶-۳- ضخامت پوشش بتنی روی میلگردها نباید کمتر از مقادیر زیر اختیار شود:

الف - قطر میلگردها (در مورد قطر موثر گروه‌های میلگردها به بند ۹-۸-۲-۷-۱- ج رجوع شود).

ب - بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه‌های تا ۳۲ میلیمتر، یا ۵ میلیمتر بیشتر از بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه‌های بزرگتر از ۳۲ میلیمتر.

۹-۸-۲-۶-۴- ضخامت پوشش بتنی محافظ میلگردها متناسب با شرایط محیطی و نوع قطعه مورد نظر نباید از مقادیر داده شده در جدول ۶-۵ کمتر باشد.

۹-۸-۲-۶-۵- در صورتی که بتن در جوار دیواره خاکی مقاوم ریخته شود و بطور دائم با آن در تماس باشد، ضخامت پوشش نباید کمتر از ۷۵ میلیمتر اختیار شود.

۹-۸-۲-۶-۶- در صورتی که بتن دارای سطح فرورفته و برجسته (نقش‌دار یا دارای شکستگی) باشد، ضخامت پوشش باید در عمق فرورفتگی‌ها اندازه‌گیری شود.

#### ۹-۸-۲-۶-۷- ضخامت پوشش بتنی برای محافظت میلگردها در برابر حریق

در صورتی که لازم باشد عضو دارای درجه آتشپادی معینی باشد، حداقل ضخامت پوشش بتنی محافظ میلگردها باید توسط مراجع مربوط مقرر شود.

۹-۸-۲-۶-۸- میلگردها و تمامی قطعات و صفحات فولادی پیش‌بینی شده برای توسعه آتی ساختمان باید بنحوی مناسب در مقابل خوردگی محافظت شوند.

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.



**فصل دهم**  
**اصول تحلیل و طراحی**

**۹-۱۰-۰۰ علائم اختصاری**

واحد	مفهوم	علامت اختصاری
	بار مرده	D
	بار زلزله	E
مگاپاسکال	مدول الاستیسیته بتن	$E_c$
مگاپاسکال	مقاومت فشاری مشخصه بتن	$f_c$
	فشار و وزن مایعات	F
	فشار رانشی و وزن خاک	H

	ضرب طول موثر برای اعضای فشاری	$K$
میلیمتر	طول دهانه آزاد بر تابر تکیه‌گاه در امتدادی که لنگرها برای آن محاسبه می‌شوند	$l_n$
میلیمتر	طول مهار نشده (بدون اتکا) در عضو فشاری	$l_u$
	بار زنده	$L$
	درصد باز پخش لنگرهای خمشی منفی	$R$
میلیمتر	شعاع ژیراسیون مقطع عضو فشاری،	$r$
	نیروی مقاوم	$S_T$
	نیروی ایجاد شده	$S_u$
	آثار تجمعی حرارت - وارفتگی و جمع‌شدگی بتن و نشست نامتجانس تکیه‌گاه	$T$
	بار نهایی در واحد طول یا واحد سطح	$W_u$
	بار باد	$W$
	ضرب جزئی ایمنی عامل‌ها	$\gamma_f$
	ضرب اصلاحی بار	$\gamma_n$
	نسبت آرماتور کششی	$\rho$
	نسبت آرماتور فشاری	$\rho'$
	نسبت آرماتور کششی در مقطع متعادل	$\rho_b$

	ضریب جزئی ایمنی مقاومت بتن	$\phi_c$
	ضریب جزئی ایمنی مقاومت مصالح	$\phi_m$
	ضریب اصلاح مقاومت	$\phi_n$
	ضریب جزئی ایمنی مقاومت فولاد	$\phi_s$

#### ۹-۱-۱-۱-۱-۱ گستره

۹-۱-۱-۱-۱-۱ ضوابط این فصل شامل اصول کلی هستند که در تحلیل و طراحی سازه ساختمان بتنی باید رعایت شوند. این اصول شامل: روش طراحی، بارگذاری و ترکیبات آنها، ضرایب ایمنی و ضوابط کلی مورد استفاده در طراحی اجزا می‌باشد.

#### ۹-۲-۱-۱-۱ اهداف طراحی

هدف از طراحی سازه، تعیین سیستم سازه، ابعاد و مشخصات اعضای آن به نحوی است که شرایط زیر تأمین گردد.

#### ۹-۱-۲-۱-۱ ایمنی

منظور از ایمنی آن است که طراحی سیستم، اجزاء و اتصالات آن طوری باشد که سازه، پایداری و انسجام خود را حفظ نماید و ضمن حفظ شرایط اقتصادی، تحت اثر بارها و سربارهای متعارف آسیب ندیده و تحت بارها و سربارهای استثنایی گسیخته نشود.

#### ۹-۲-۲-۱-۱ بهره‌برداری مناسب

الف - منظور از تأمین شرایط بهره‌برداری مناسب این است که:

- تغییر شکل و ترک خوردگی بیش از حد ایجاد نشود.

- اجزای غیر سازه‌ای آسیب نبینند.

- ساکنان ساختمان در اثر لرزش سازه احساس ناامنی نکنند.

### **ب - پایایی:**

- تحت شرایط مختلف محیطی، کیفیت مصالح مصرفی و قابلیت بهره‌برداری در اثر فرسودگی و خوردگی در طول عمر پیش‌بینی شده تأمین شود.

### **۹-۱۰-۳- روش طراحی**

در این مبحث روش طراحی بر اساس حالت‌های حدی است. حالت‌های حدی به شرایطی اطلاق می‌شوند که اگر تمام یا بخشی از اعضای سازه به هر یک از آن حالات برسند قادر به انجام وظایف خود نباشد و از حیز انتفاع خارج می‌شوند. لذا با انتخاب ضرایب ایمنی مناسب، سازه باید طوری طرح شود که تحت شرایط بارگذاری محتمل به هیچ یک از حالت‌های حدی نرسد. حالت‌های حدی به دو بخش اصلی به شرح بندهای زیر تقسیم‌بندی می‌شوند.

### **۹-۱۰-۳-۱- حالت‌های حدی نهایی**

این حالت‌ها در ارتباط با ظرفیت باربری حداکثر سازه تعریف شده که گذر از آنها باعث ناپایداری بخش یا تمام اجزای سازه می‌شود. این حالت‌ها ممکن است در یکی از شرایط محتمل زیر مطرح شوند:

- از بین رفتن تعادل استاتیکی تمام یا قسمتی از سازه  
- حصول شرایط گسیختگی یا تغییر شکل‌های بیش از حد (حد مقاومت مصالح) و یا تبدیل تمام یا بخشی از سازه به مکانیزم

- از دست رفتن پایداری تمام یا بخشی از سازه

### **۹-۱۰-۳-۲- حالت‌های حدی بهره‌برداری**

این حالت‌ها به شرایط بهره‌برداری یا پایایی سازه مرتبط شده و گذر از آنها قابلیت بهره‌برداری مناسب از بنا را از بین می‌برد و غالباً به یکی از اشکال زیر اتفاق می‌افتد:

- تغییر شکل بیش از حد اجزای سقف به نحوی که بر عملکرد مطلوب سازه اثر نامناسب گذاشته و یا باعث آسیب به تیغه‌ها و اجزاء متکی بر سقف شود.

- ترک خوردگی بیش از حد و خصوصاً باز شدن ترک‌ها به طوری که ضمن ایجاد شرایط ظاهری نامناسب، خطر خوردگی میلگردهای فلزی را افزایش دهد.

- لرزش بیش از حد سازه تحت اثر بارهای بهره‌برداری، ماشین‌آلات و یا وسایل متحرک در این حالت لازم است میزان تغییر شکل و ترک‌خوردگی اعضای سازه تحت اثر بارهای بهره‌برداری همواره کمتر از مقادیر حدی مشخص شده در این مبحث باشد.

#### ۹-۱۰-۴- ضرایب ایمنی

در این مبحث دو مجموعه ضرایب ایمنی جزئی به شرح زیر تعریف می‌شوند:

الف) اولین مجموعه ضرایب ایمنی برای تشدید بارها است که با  $\gamma_f$  نشان داده شده و مقدار آنها بستگی به میزان عدم اطمینان در برآورد مقدار بارها دارد.

ب) دومین مجموعه ضرایب ایمنی برای تقلیل مقاومت مصالح است که با  $\gamma_n$  نشان داده شده و مقدار آنها بستگی به عدم اطمینان موجود در کیفیت مصالح، نحوه اجرا و دقت مشخصات هندسی اجزاء باربر دارد.

همچنین بر حسب اهمیت اجزاء و نوع گسیختگی، یک مجموعه ضرایب اصلاحی که با  $\phi_n$  یا  $\gamma_n$  نشان داده می‌شود در مقاومت‌ها و یا بارها ضرب می‌شوند.

#### ۹-۱۰-۵- اعضای سازه‌ای

۹-۱۰-۵-۱- برای تحلیل سازه‌ها لازم است اعضای سازه‌ای بر حسب مشخصات هندسی به شرح زیر طبقه‌بندی شوند.

#### ۹-۱۰-۵-۱-۱- اعضای میله‌ای

در این اجزاء، یکی از ابعاد بطور قابل ملاحظه‌ای ازدو بعد دیگر بزرگتر است. در اعضای میله‌ای ساده نسبت طول به بعد بزرگ مقطع بیش از ۴ و در اعضای میله‌ای پیوسته بیش از ۲/۵ است.

#### ۹-۱۰-۵-۱-۲- اعضای صفحه‌ای

در اعضای سه‌بعدی یکی از ابعاد (ضخامت) بطور قابل ملاحظه‌ای از دو بعد دیگر کوچکتر است. در صفحات نازک نسبت ضخامت به عرض صفحه کمتر یا مساوی

منظور می‌شود. دال‌ها و دیوارها نمونه‌هایی از صفحات نازک و پی‌ها نمونه‌هایی از صفحات ضخیم



هستند.

$$\frac{1}{10}$$

#### ۹-۱۰-۲-۵-۳- اعضا پوسته‌ای

در اعضا پوسته‌ای مانند صفحات یکی از ابعاد (ضخامت) کمتر از دو بعد دیگر است اما میان صفحه آنها تخت نبوده و بارهای وارده نیز عمود بر میان صفحه می‌باشند.

#### ۹-۱۰-۲-۵-۴- اعضا سه‌بعدی

در این اعضا هیچیک از ابعاد اختلاف قابل ملاحظه‌ای با دو بعد دیگر ندارند.

#### ۹-۱۰-۶- اصول تحلیل

۹-۱۰-۶-۱- هدف از تحلیل سازه، تعیین نیروهای داخلی در مقاطع مختلف و تغییر مکان نقاط مختلف تحت اثر بارهای وارده، با در نظر گرفتن مشخصات هندسی و مکانیکی آنها است.

#### ۹-۱۰-۶-۲- تحلیل خطی

در این روش محاسبه نیروها در مقاطع مختلف سازه با فرض خطی بودن رفتار مصالح، کوچک بودن تغییر شکل و بر اساس تئوری الاستیسیته انجام می‌شود. این روش در محاسبات حالت‌های حدی نهایی و بهره‌برداری قابل استفاده است. در سازه‌های قابی مهار نشده جانبی، استفاده از این روش به شرطی مجاز است که

$$\frac{KL_u}{I}$$

ضریب لاغری ستون‌ها  $I$  کمتر از صد باشد.

#### ۹-۱۰-۶-۳- تحلیل خطی با باز پخش محدود

در این روش محاسبه نیروهای داخلی با فرضیات مشابه به روش تحلیل خطی انجام می‌شود. با توجه به مشخصات مکانیکی می‌توان نیروهای موجود را به میزان محدودی کاهش یا افزایش داد.

در قاب‌های مهار نشده استفاده از این روش به شرطی مجاز است که ضریب لاغری ستون‌ها از ۲۵ کمتر بوده و

مقادیر  $\rho$  یا  $\rho - \rho'$  نیز از  $0.7\rho_b$  کمترباقی بماند.

الف) مقادیر لنگرهای خمشی منفی محاسبه شده در تکیه‌گاه‌های سیستم قاب خمشی را می‌توان حداکثر

$$R = 20(1 - 0.7 \frac{\rho - \rho'}{\rho_b})\%$$

به اندازه کاهش یا افزایش داد مشروط بر آنکه مقادیر لنگر در سایر مقاطع نیز با توجه به شرایط متقارن بارها تغییر داده شوند.

$$R = 10(1 - 0.7 \frac{\rho - \rho'}{\rho_b})\%$$

ب) در قاب‌های مهارشده حداکثر باز پخش لنگرها به میزان محدود می‌شود.

#### ۹-۱۰-۶-۴- تحلیل غیر خطی

در این روش مقادیر نیروهای داخلی در اعضای سازه با توجه به «رفتار غیر خطی مصالح» و یا «رفتار غیرخطی هندسی» تعیین می‌شوند.

این روش در حالت‌های حدی نهایی مورد استفاده قرار می‌گیرد و در سازه‌های قابی در شرایطی که لاغری ستون‌ها بیش از صد باشد بکارگیری آن الزامی است.

#### ۹-۱۰-۶-۵- تحلیل پلاستیک

در این روش تحلیل مقادیر نیروهای داخلی با فرض رفتار پلاستیک اعضاء و استفاده از تئوری پلاستیسیته و تنها در حالت حد نهایی محاسبه می‌شود.

#### ۹-۱۰-۷-۷- مشخصات مصالح

۹-۱۰-۷-۱- در تحلیل خطی مقدار ضریب ارتجاعی بتن معمولی (با وزن مخصوص ۲/۳ تا ۲/۵ کیلونیوتن بر متر مکعب) از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

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

$$E_c f_c$$

در تحلیل غیر خطی لازم است ضریب ارتجاعی بتن برای بارهای کوتاه‌مدت و درازمدت با توجه به اثر تغییر شکل‌های درازمدت بتن محاسبه و منظور گردد:

۹-۱۰-۷-۲- در تحلیل خطی مقدار ضریب ارتجاعی فولاد برابر با ۲۰۰۰۰۰ مگاپاسکال منظور می‌شود.

۹-۱۰-۷-۳- ضریب انبساط خطی حرارتی بتن  $10^{-5}$  برای هر درجه سانتی گراد در نظر گرفته می شود.

#### ۹-۱۰-۸- مشخصات هندسی

۹-۱۰-۸-۱- طول دهانه مؤثر برای اعضای غیر یکپارچه با تکیه‌گاه معادل کمتری مقدار بین «فاصله محور به محور تکیه‌گاه» یا «طول آزاد بعلاوه ارتفاع عضو» در نظر گرفته می‌شود. برای اعضای یکپارچه با تکیه‌گاه، طول دهانه معادل فاصله محور به محور تکیه‌گاه خواهد بود. برای اعضای طره‌ای، این طول معادل طول آزاد آنها منظور می‌گردد.

۹-۱۰-۸-۲- ابعاد در نظر گرفته شده هر عضو در تحلیل سازه نایبستی با ابعاد ارائه شده در نقشه های اجرایی بیش از ۵۰٪ اختلاف داشته باشد.

#### ۹-۱۰-۸-۲- اثر ترک خوردگی

در تحلیل سازه باید سختی خمشی و پیچشی اعضای ترک‌خورده بنحو مناسب محاسبه و منظور گردد. اثر ترک‌خوردگی با توجه به تغییر شکل‌های محوری و خمشی و آثار درازمدت باید محاسبه شود. در غیاب محاسبات دقیق برای منظور کردن اثر ترک‌خوردگی می‌توان:

- در قاب‌های مهار نشده سختی تیرها و ستون‌ها را به ترتیب معادل ۳۵ و ۷۰٪ برابر سختی مقطع ترک‌خورده آنها منظور نمود.

- در قاب‌های مهار شده سختی تیرها و ستون‌ها را به ترتیب معادل ۵۰٪ و ۱۰۰٪ برابر سختی مقطع ترک‌خورده آنها منظور نمود.

سختی دیوارها نیز مشابه تیرها نسبت به مقطع ترک‌خورده در حالت مهار نشده، محاسبه می‌شود.

#### ۹-۱۰-۹- بارگذاری

۹-۱۰-۹-۱- بارهای موثر در طراحی سازه‌ها شامل موارد زیر می‌باشند

الف) بارهای دائمی، شامل وزن اجزاء سازه یا عوامل متکی بر آنها

ب) سربارهای بهره‌برداری (زنده) و همچنین سربارهای حین ساخت، ناشی از وزن قالب و داربست بستن

یک طبقه روی طبقه یا طبقات زیر، جمع‌شدگی بتن و نشست تکیه‌گاه‌ها

پ) بارهای جوی، مانند باد و برف

ت) بارهای استثنائی، مانند زلزله، آتش‌سوزی و برخورد وسائل نقلیه به ستون‌ها و پایه‌ها  
 ۹-۱۰-۲-۹- مشخصات و میزان بارهای وارد بر سازه بر اساس مبحث ششم مقررات ملی ساختمان تعیین  
 می‌شوند.

۹-۱۰-۳-۹- بارهای وارده با توجه به احتمال همزمان بودن بایکدیگر ترکیب شده و در طراحی هر عضو  
 نامساعدترین وضعیت‌های احتمالی بارگذاری به کار گرفته می‌شوند.

### ۹-۱۰-۱-۱- طراحی در حالت حدی نهایی مقاومت

کلیه اجزای سازه‌ای باید در حالت حدی نهایی مقاومت محاسبه شود و در هر مقطع باید رابطه عمومی زیر  
 همواره برقرار باشد:

$$S_r \geq S_u$$

در این رابطه  $S_u$  نیروی ایجاد شده در مقطع و  $S_r$  نیروی مقاوم عضو در مقطع مورد نظر است.

### ۹-۱۰-۱-۱-۱- نیروی مقاوم $S_r$

۹-۱۰-۱-۱-۱- نیروی مقاوم مقطع باید متناسب با مشخصات هندسی و مکانیکی مقطع عضو در برابر آن  
 نیرو و با توجه به شرایط تعادل نیروها و سازگاری تغییر شکل‌ها محاسبه شود.  
 در تعیین این نیرو ضوابط ذکر شده در فصول مختلف این مبحث برای قطعات تحت اثر خمش، برش، خمش و  
 فشار و کشش، پیچش و آثار مربوط به لاغری و پیوستگی و مهارى باید در نظر گرفته شود.

### ۹-۱۰-۱-۱-۲- ضرایب ایمنی جزئی مقاومت

برای محاسبه نیروی مقاوم  $S_r$ ، مقادیر مقاومت‌های مشخصه بتن و فولاد در ضرایب ایمنی جزئی به شرح زیر  
 ضرب می‌شوند:

$$\phi_c = 0.6$$

الف) ضریب ایمنی جزئی مقاومت بتن

$$\phi_s = 0.85$$

ب) ضریب ایمنی جزئی مقاومت فولاد

در موارد استثنائی مقادیر  $\phi$  برای هر حالت ارائه شده‌اند.

تبصره: در شرایطی که در یک عضو حاشیه ایمنی بیشتری مورد نیاز باشد یک ضریب ایمنی مکمل  $\phi_n$  نیز بر

مقاومت نهایی مقطع اعمال می‌گردد.

### ۹-۱۰-۱-۲- نیروهای ایجاد شده در مقطع در حالت حدی نهایی $S_u^*$

نیروهای ایجاد شده در مقطع در حالت حدی نهایی  $S_u^*$  شامل نیروهای محوری، لنگرهای خمشی و پیچشی و نیروهای برشی باید با توجه به تحلیل به تحلیل سازه تحت ترکیبات مختلف بارهای نهایی محاسبه شوند. برای تعیین بارهای نهایی، مقادیر بارها در ضرایب بار ضرب شده و مطابق جدول ۱-۱۰ با هم ترکیب می‌شوند.

#### جدول ۱-۱۰- ترکیبات بارگذاری در حالت حدی نهایی

شرایط	ترکیب بار
ترکیب نهایی مبنا (تبصره ۱)	1.25D + 1.5L
ترکیب بارهای دائمی، بهره‌برداری و اثر زلزله (تبصره ۲)	D + 1.2L + 1.2E 0.85D + 1.2E
ترکیب بارهای دائمی، بهره‌برداری و فشار خاک یا آب (تبصره ۳)	1.25D + 1.5L + 1.5H 0.85D + 1.5H
ترکیب بارهای دائمی، بهره‌برداری و آثار حرارتی، جمع‌شدگی و وارفتگی بتن و نشست تکیه گاه‌ها	D + 1.2L + T 1.25D + 1.5T

تبصره ۱: در شرایطی که اثر بار زنده در هر یک از ترکیبات بارگذاری کاهش دهنده است، آیین آثار معادل صفر منظور می‌گردد.

تبصره ۲: در مورد ترکیب بارهای دائمی، سربارهای بهره‌برداری و اثر باد (W) مبنا از روابط استفاده شده و مقدار E با W جایگزین می‌گردد.

تبصره ۳: در مورد فشار مایعات در صورتی که وزن مخصوص مایع مشخص و حداکثر ارتفاع آن نیز قابل کنترل

باشد مقدار H با F جایگزین شده و ضریب ۱/۵ نیز با ۱/۲۸۵ جایگزین می‌گردد.

#### ۹-۱۰-۱۱- کنترل در حالت حدی بهره‌برداری

کنترل اعضای مختلف سازه‌ای در دو حالت حدی تغییر شکل و ترک‌خوردگی، براساس مطالب مندرج در فصل چهاردهم تحت اثر ترکیب بار حالت حدی بهره‌برداری انجام می‌شود.

در محاسبات حالت حدی بهره‌برداری، ضرایب ایمنی جزئی بارها  $\gamma_f$  و مقاومت  $\phi_m$  برابر واحد در نظر گرفته می‌شود.

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می‌باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.



## فصل یازدهم خمش و بارهای محوری

### ۹-۱۱-۰۰ علائم اختصاری

واحد	مفهوم	علامت اختصاری
میلیمتر مربع	مساحت هسته عضو فشاری با آرماتور ماریچ که براساس قطر بیرونی ماریچ محاسبه می شود	$A_c$
میلیمتر مربع	مساحت مقطع موثر (در مقطع مستطیل شکل $bd=A_e$ )	$A_g$
میلیمتر مربع	مساحت کار مقطع	$A_{gk}$
میلیمتر مربع	سطح مقطع آرماتور کششی	$A_s$
میلیمتر مربع	سطح مقطع کل آرماتور طولی	$A_{sf}$
میلیمتر مربع	سطحی از عضو که در تماس با تکیه گاه به صورت انکایی انتقال بار می نماید	$A_2$

میلیمتر مربع	مساحت تکیه‌گاه	$b$
میلیمتر	پهنای بال فشاری	$b_w$
میلیمتر	پهنای جان تیر T شکل	$d$
میلیمتر	فاصله دورترین تار فشاری تا مرکز سطح آرماتور کششی طولی	$E_c$
مگاپاسکال	مدول الاستیسیته فولاد	$E_s$
مگاپاسکال	مقاومت فشاری مشخصه بتن	$f_c$
مگاپاسکال	مقاومت مشخصه فولاد $(f_{yk})$ که برای تسهیل کار در این فصل حرف k در زیرنویس حذف شده است.	$f_y$
نیوتن - میلیمتر	لنگر خمشی مقاوم	$M_r$
نیوتن - میلیمتر	لنگر خمشی نهایی	$M_u$
نیوتن	نیروی محوری مقاوم نظیر مقطع متعادل	$N_{rb}$
نیوتن	حداکثر نیروی محوری مقاوم	$N_{r,max}$
نیوتن	نیروی محوری مقاوم	$N_r$
نیوتن	نیروی محوری نهایی	$N_u$
میلیمتر	فاصله تار خنثی از دورترین تار فشاری مقطع	$x$
	ضریب تنس معادل یکنواخت در بلوک فشاری مقطع	$\alpha_1$
	ضریب تقلیل مقدار x برای استفاده از تنش معادل یکنواخت	$\beta_1$
	تغییر شکل نسبی فولاد	$\varepsilon_s$
	نسبت سطح مقطع آرماتور کششی به سطح مقطع موثر $(\rho = \frac{A_s}{A_e})$	$\rho$



	مقدار $\rho$ در مقطع متعادل	$\rho_b$
	حداقل مقدار $\rho$	$\rho_{min}$
	حداکثر مقدار $\rho$	$\rho_{max}$
	نسبت حجم آرماتور ماریچ به حجم کل هسته (براساس قطر بیرونی ماریچ) در عضو فشاری با آرماتور ماریچ	$\rho_s$
	ضریب جزئی ایمنی بتن	$\phi_c$
	ضریب جزئی ایمنی فولاد	$\phi_s$

#### ۹-۱۱-۱- گستره

۹-۱۱-۱-۱- ضوابط این فصل باید برای طراحی قطعات میله‌ای تحت اثر خمش یا نیروی محوری و یا اثر توام آنها، در حالت حدی نهایی مقاومت، رعایت شوند.

۹-۱۱-۱-۲- در طراحی قطعات میله‌ای تحت اثر توام خمش و نیروی محوری فشاری و یا نیروی محوری فشاری خالص، آثار ناشی از لاغری باید در نظر گرفته شوند. آثار ناشی از لاغری قطعات و نحوه تاثیر آنها در طراحی، در فصل سیزدهم توضیح داده شده‌اند.

۹-۱۱-۱-۳- در طراحی قطعات میله‌ای تحت اثر خمش یا نیروی محوری و یا اثر توام آنها در حالت حدی نهایی مقاومت، رعایت ضوابط مربوط به پیوستگی و اطمینان از انتقال کامل نیروها بین بتن و آرماتورها الزامی است. برای این منظور ضوابط فصل هیجدهم باید رعایت شوند.

۹-۱۱-۱-۴- در این مبحث برای طراحی قطعات میله‌ای تحت اثر توام خمش و نیروی محوری در حالت حدی بهره‌برداری رعایت ضابطه خاصی الزامی نیست، ولی برای قطعات میله‌ای تحت اثر خمش در حالت حدی بهره‌برداری، رعایت ضوابط خاص کنترل تغییر شکل‌ها و ترک‌خوردگی‌ها الزامی است. این ضوابط در فصل چهاردهم توضیح داده شده‌اند.

#### ۹-۱۱-۲- حالت حدی نهایی مقاومت در خمش و نیروی محوری

۹-۱۱-۲-۱- در مقاطع تحت اثر خمش یا نیروی محوری و یا اثر توام آنها، کنترل حالت حدی نهایی مقاومت براساس روابط زیر صورت می‌گیرد:

$$M_u \leq M_r \quad \text{تحت اثر خمش خالص} \quad (۱-۱۱-۹)$$

$$N_u \leq M_r \quad \text{تحت اثر نیروی محوری خالص} \quad (۲-۱۱-۹)$$

در کنترل روابط (۱-۱۱-۹) و (۲-۱۱-۹) قدر مطلق نیروها و لنگرها لحاظ می‌گردد.

۹-۱۱-۲-۲- در مقاطع تحت اثر توام نیروی محوری و لنگر خمشی، کنترل حالت حدی نهایی مقاومت، به گونه‌ای است که نقطه متناظر با  $M_u$  و  $N_u$  که از هر یک از ترکیب‌های بارگذاری مختلف طبق جدول ۹-۱۰-۱ به دست می‌آید، خارج از سطح محصور بین منحنی اندرکنش ( $M_r$  و  $N_r$ ) و محورهای نظیر آنها قرار نگیرد.

۹-۱۱-۲-۳- مقادیر  $M_r$  و  $N_r$  نظیر هم، براساس فرضیات داده شده در بند ۹-۱۱-۳ و با رعایت شرایط تعادل نیروها و سازگاری هندسی تغییر شکل‌های نسبی در مقطع به دست می‌آیند.

۹-۱۱-۲-۴- منحنی اندرکنش، مکان هندسی نقاطی است که مختصات آنها مقادیر  $M_r$  و  $N_r$  نظیر در یک مقطع از عضو می‌باشد.

### ۹-۱۱-۳- فرضیات طراحی مقطع

۹-۱۱-۳-۱- در هر مقطع توزیع تغییر شکل‌های نسبی فولاد و بتن در ارتفاع مقطع، خطی در نظر گرفته می‌شود. این فرض در مقاطع خمشی با ارتفاع زیاد که شامل تیرهای با نسبت ارتفاع مقطع به دهانه آزاد بزرگتر از  $\frac{1}{4}$  می‌باشد، مورد قبول نیست. در این گونه مقاطع توزیع تغییر شکل‌های مذکور غیرخطی منظور می‌گردد.

۹-۱۱-۳-۲- حداکثر تغییر شکل نسبی بتن در دورترین تار فشاری مقدار  $0.0035$  در نظر گرفته می‌شود.

۹-۱۱-۳-۳- تنش فولاد برای تغییر شکل‌های نسبی کوچکتر از مقدار نظیر جاری شدن،  $\epsilon_y = \frac{F_y}{E_s}$ ، باید برابر با  $\phi_s \epsilon_s$  و برای تغییر شکل‌های نسبی بزرگتر از مقدار نظیر جاری شدن باید مستقل از تغییر شکل نسبی و برابر با  $\phi_s F_y$  در نظر گرفته شود.

۹-۱۱-۳-۴- در طراحی مقاطع اعضای تحت خمش و یا نیروی محوری کششی، از مقاومت کششی بتن صرفنظر می‌شود.

۹-۱۱-۳-۵- نمودار تنش فشاری بتن برحسب تغییر شکل نسبی نظیر آن را می‌توان به هر شکل که پیش‌بینی مقاومت براساس آن با نتایج آزمایش‌های جامع تطابق قابل قبولی داشته باشد، در نظر گرفت.

۹-۱۱-۳-۶- ضوابط بند ۹-۱۱-۳-۵- را می‌توان به وسیله یک توزیع تنش یکنواخت عمود بر مقطع با مقدار  $\alpha_1 \phi_c f_c$  که سطح تاثیر آن، سطح محدود شده در ناحیه فشاری مقطع بین کناره‌های مقطع و خطی به موازات محور خنثی به فاصله  $\beta_1 x$  از دورترین تار فشاری می‌باشد، معادل نمود. ضرایب  $\alpha_1$  و  $N_{rmax}$  وابسته به مقدار  $f_c$  مطابق رابطه (۹-۱۱-۳) بدست می‌آیند:

(۹-۱۱-۳)

$$\alpha_1 = 0.85 - 0.0015 f_c \geq 0.67$$

$$\beta_1 = 0.97 - 0.0025 f_c \geq 0.67$$

#### ۹-۱۱-۴- ضوابط کلی طراحی

۹-۱۱-۴-۱- مقطع متعادل مقطعی است که در حالت حدی نهایی مقاومت، تغییر شکل نسبی آرماتور کششی در آستانه رسیدن به تغییر شکل نسبی جاری شدن قرار گرفته و همزمان، تغییر شکل نسبی بتن فشاری به مقدار نهایی مفروض در بند ۹-۱۱-۳-۲- برسد.

۹-۱۱-۴-۲- در قطعات تحت خمش برای تامین مقاومت می‌توان از آرماتور فشاری همراه با آرماتور کششی استفاده نمود، مشروط بر آنکه رابطه (۹-۱۱-۵) برقرار باشد.

۹-۱۱-۴-۳- در قطعات میله‌ای تحت اثر فشار محوری، حداکثر نیروی محوری مقاوم، در صورت استفاده از تنگ‌های موازی به ۸۰ درصد و در صورت استفاده از ماریچ به ۸۵ درصد مقداری که براساس فرضیات بند ۹-۱۱-۱-۳ به دست می‌آید، محدود می‌گردد. در صورت استفاده از فرضیات بند ۹-۱۱-۳-۶- این نیرو برابر یکی از دو مقدار زیر خواهد بود.

(۹-۱۱-۴)

$$N_{r\max} = 0.8[\alpha_1 \phi_C f_C (A_g - A_{st}) + \phi_S f_y A_{st}] \quad \text{در صورت استفاده از تنگ‌های موازی}$$

$$N_{r\max} = 0.85[\alpha_1 \phi_C f_C (A_g - A_{st}) + \phi_S f_y A_{st}] \quad \text{در صورت استفاده از ماریج}$$

۹-۱۱-۴-۴- در قطعات میله‌ای تحت اثر توام فشار محوری و خمش، نیروی محوری مقاوم هر مقطع، در هر حالت نباید بیشتر از مقدار بدست آمده از بند ۹-۱۱-۴-۳ در نظر گرفته شود.

#### ۹-۱۱-۵- محدودیت‌های آرماتور در قطعات خمشی

##### ۹-۱۱-۵-۱- حداکثر مقدار آرماتور کششی

در قطعات میله‌ای تحت خمش و یا تحت خمش و نیروی محوری فشاری توام که در آنها نیروی محرکه کمتر از هر دو مقدار  $0.15 \phi_C f_C A_g$  و  $N_{rb}$  است، مقدار  $A_s$  باید به گونه‌ای باشد که روابط (۹-۱۱-۵ و ۹-۱۱-۶) برقرار گردد:

(۹-۱۱-۵)

$$\frac{x}{d} \leq \frac{700}{700 + f_y}$$

(۹-۱۱-۶)

$$\rho \leq 0.025$$

##### ۹-۱۱-۵-۲- حداقل مقدار آرماتور کششی

۹-۱۱-۵-۲-۱- در هر مقطع از قطعات میله‌ای تحت خمش (به جز موارد مندرج در بند ۹-۱۱-۵-۲-۳) حداقل آرماتور به کار رفته از بزرگترین مقدار بدست آمده از دو رابطه زیر تعیین می‌گردد:

(۹-۱۱-۷)

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y}$$

۹-۱۱-۵-۲-۲- در تیرهای با مقطع T شکل و تیغه‌هایی که در آنها جان مقطع در کشش قرار دارد، به  $\rho_{\min}$  به دست آمده از بند ۹-۱۱-۵-۲-۱ متناظر با سطح مقطع موثر  $A_e = b_w d$  می‌باشد. در اعضای معین استاتیکی با مقطع T شکل که بال مقطع در کشش می‌باشد مقدار بدست آمده از بند ۹-۱۱-۵-۲-۱ متناظر با سطح مقطع موثر،  $A_e$ ، که براساس جایگزینی  $d$  با کمترین دو مقدار  $2b_w$  و عرض بال، محاسبه شده باشد، خواهد بود.

۹-۱۱-۵-۲-۳- در صورتی که سطح مقطع فولاد کششی محاسبه شده با فرضیات بند ۹-۱۱-۳-۱ کمتر از مقادیر حاصل از بند ۹-۱۱-۵-۲-۱ و ۹-۱۱-۵-۲-۲ باشد، در همه حالات شکل‌پذیری، قرار دادن  $1/33$  برابر مقدار حاصل از محاسبه به عنوان فولاد کششی مقطع کافی می‌باشد.

#### ۹-۱۱-۵-۳- توزیع آرماتور خمشی

۹-۱۱-۵-۱-۳- در تیرها توزیع آرماتور خمشی باید براساس ضوابط مربوط به ترک خوردگی مطابق فصل چهاردهم صورت گیرد.

#### ۹-۱۱-۶- ضوابط تیرهای T شکل و تیغه‌های بتنی

##### ۹-۱۱-۶-۱- تیرهای T شکل

۹-۱۱-۶-۱-۱- در ساخت تیرهای T شکل، جان و بال باید به صورت یکپارچه ساخته شوند، در غیر اینصورت پیوستگی بین جان و بال باید بنحوی مناسب تامین شود.

۹-۱۱-۶-۱-۲- عرضی از دال که به طور موثر به عنوان بال تیر عمل می‌کند نباید بیشتر از یک چهارم طول دهانه آزاد تیر، برای تیرهای یکسره، و بیشتر از دو پنجم طول دهانه آزاد تیر، برای تیرهای ساده، اختیار شود. عرض موثر بال تیر میانی در هر طرف جان تیر نیز نباید بیشتر از دو مقدار زیر اختیار گردد:

الف - هشت برابر ضخامت دال

ب - نصف فاصله آزاد تا جان تیرهای مجاور

۹-۱۱-۶-۱-۳- عرض موثر بال تیر کناری، در تیرهایی که دال فقط در یک طرف جان آنها قرار دارد، نباید بیشتر از

سه مقدار زیر اختیار شود:

الف - یک دوازدهم طول دهانه آزاد تیر

ب - شش برابر ضخامت دال

پ - نصف فاصله آزاد تا جان تیر مجاور

۹-۱۱-۶-۱-۴- در تیرهای T شکل مجزا که از بال آنها برای تامین سطح فشاری اضافی استفاده می‌شود، ضخامت بال نباید کمتر از نصف عرض جان تیر باشد. در این تیرها عرض موثر بال نباید بیشتر از چهار برابر عرض جان تیر اختیار شود.

۹-۱۱-۶-۱-۵- در مواردی که میلگردهای اصلی خمشی در دالی که به عنوان بال تیر T در نظر گرفته شده است موازی تیر باشند، میلگردهایی عمود بر تیر باید در بالای دال مطابق ضوابط زیر قرار داده شود. سیستم تیرچه‌های بتنی که مشمول مقررات بند ۹-۱۱-۶-۲ هستند از این ضابطه مستثنی می‌باشند.

الف - میلگردهای عرضی عمود بر تیر باید برای تحمل بارهای نهایی وارد بر بال و با فرض عملکرد طره‌ای دال طراحی شوند. در تیرهای T شکل مجزا تمام عرض بال طره‌ای و در سایر تیرها عرض موثر بال در این طراحی منظور می‌شوند.

ب - فاصله میلگردهای عرضی عمود بر تیر نباید از پنج برابر ضخامت دال و نه از ۳۵۰ میلیمتر بیشتر اختیار شود.

#### ۹-۱۱-۶-۲- ضوابط مربوط به سیستم تیرچه‌های بتنی

۹-۱۱-۶-۱-۲- سیستم تیرچه‌های بتنی، مرکب از تیرچه‌های با فواصل تقریباً مساوی در یک امتداد و یا دو امتداد عمود بر هم و یک دال فوقانی، که در آنها محدودیت‌های زیر رعایت شده باشند، می‌توانند به صورت مجموعه طبق ضوابط دال‌ها طراحی شوند:

الف - عرض تیرچه نباید کمتر از ۱۰۰ میلیمتر و ارتفاع کل آنها نباید بیشتر از سه و نیم برابر حداقل عرض آنها باشد.

ب - فاصله آزاد بین تیرچه‌ها نباید بیشتر از ۷۵۰ میلیمتر باشد.

۹-۱۱-۶-۲-۲- سیستم تیرچه‌های بتنی که مشمول ضوابط بند ۹-۱۱-۶-۲-۱ نمی‌شوند باید به صورت سیستم تیری و دال طراحی شود.

۹-۱۱-۶-۲-۳- در سیستم‌هایی که از اجزای پرکننده دائمی، بلوک‌های سفالی و یا بلوک‌های بتنی، در فواصل بین تیرچه‌ها استفاده می‌شود و مقاومت فشاری مصالح این اجزا حداقل برابر با مقاومت مشخصه بتن

تیرچه‌ها است، می‌توان از مقاومت جدارهایی از این اجزا که در تماس با تیرچه‌ها هستند در محاسبه مقاومت برشی و مقاومت خمشی منفی تیرچه‌ها استفاده کرد. از مقاومت سایر قسمت‌های اجزای پرکننده در مقاومت سیستم صرف‌نظر می‌شود. در این سیستم‌ها محدودیت‌های زیر باید رعایت شوند:

الف - ضخامت دال روی اجزای پرکننده نباید از یک دوازدهم فاصله آزاد بین تیرچه‌ها و نه از ۴۰ میلیمتر کمتر اختیار شود.

ب - در سیستم تیرچه‌های یک‌طرفه باید در دال فوقانی میلگردهایی عمود بر امتداد تیرچه‌ها و مطابق بند ۹-۱۵-۴ قرارداد. در سیستم تیرچه‌های دوطرفه باید در دال فوقانی میلگردهایی در دو امتداد عمود بر هم و مطابق بند ۹-۱۵-۴ پیش‌بینی کرد.

۹-۱۱-۶-۲-۴- در سیستم‌هایی که از قالب موقت استفاده می‌شود و یا اجزای پرکننده مشمول ضابطه بند ۹-۱۱-۶-۲-۳ نمی‌شوند، محدودیت‌های زیر باید رعایت شوند:

الف - ضخامت دال فوقانی نباید از یک دوازدهم فاصله آزاد بین تیرچه‌ها و نه از ۵۰ میلیمتر کمتر اختیار شود.

ب - در دال فوقانی باید میلگردهایی عمود بر تیرچه‌ها که براساس ضوابط مربوط به خمش و با در نظر گرفتن بارهای متمرکز، در صورت موجود بودن، طراحی شده‌اند، پیش‌بینی کرد. مقدار این آرماتورها نباید کمتر از مقدار مندرج در بند ۱۵-۴ اختیار شود.

۹-۱۱-۶-۲-۵- مقاومت برشی تامین شده توسط بتن در تیرچه‌ها را می‌توان به اندازه ده درصد بیشتر از مقدار گفته شده در فصل دوازدهم در نظر گرفت. مقاومت برشی تیرچه‌ها را می‌توان با استفاده از آرماتور برشی و یا زیاد کردن عرض تیرچه‌ها افزایش داد.

#### ۹-۱۱-۷- فاصله تکیه‌گاه‌های جانبی قطعات خمشی

۹-۱۱-۷-۱- به جز در مواردی که محاسبات پایداری سازه شامل آثار پیچشی انجامی می‌شود، فاصله تکیه‌گاه‌های جانبی تیرها باید براساس بند ۹-۱۱-۷-۲ به گونه‌ای در نظر گرفته شوند که از کماترهای آنها جلوگیری نمایند.

۹-۱۱-۷-۲- برای تیرها، فاصله تکیه‌گاه‌های جانبی نباید از ۵۰ برابر عرض وجه فشاری تیر بیشتر باشد.

#### ۹-۱۱-۸- ابعاد طراحی برای قطعات فشاری

۹-۱۱-۸-۱-۱-۹ پس از تحلیل سازه و تعیین مقادیر عوامل موثر در طراحی که به ازای سختی نظیر مقطع ترک خورده قطعات انجام می‌پذیرد، برای طراحی قطعات میله‌ای و تعیین مقدار آرماتور فشاری می‌توان تسهیلات بندهای ۹-۱۱-۸-۲ و ۹-۱۱-۸-۳ را مورد استفاده قرار داد.

۹-۱۱-۸-۲-۲ در صورتی که قطعه‌ای میله‌ای فشاری با ماریچ یا تنگ، با یک دیوار یا پایه به صورت یکپارچه ساخته شود، حداکثر ۴۰ میلیمتر خارج از ماریچ یا تنگ‌ها را می‌توان جزء محدوده مقطع موثر قطعه فشاری فرض کرد.

۹-۱۱-۸-۳-۳ در تعیین مقاومت مقطع و حداقل آرماتور مورد نیاز در یک عضو فشاری که دارای سطح مقطعی بزرگتر از مقدار لازم برای تحمل بارهای مورد نظر است، می‌توان سطح مقطع موثر کاهش یافته‌ای که برابر با سطح مقطع لازم برای تحمل بارهای مورد نظر می‌باشد در نظر گرفت. این سطح مقطع نباید از نصف سطح مقطع کل کوچکتر باشد.

#### ۹-۱۱-۹- محدودیت‌های آرماتورها در قطعات فشاری (ستون‌ها)

۹-۱۱-۹-۱-۱ در قطعات فشاری سطح مقطع آرماتور طولی نباید کمتر از ۰/۰۱ و بیشتر از ۰/۰۶ سطح مقطع کل باشد. محدودیت مقدار حداکثر باید در محل وصله‌های پوششی میلگردها نیز رعایت شود. در صورت استفاده از فولاد S400 در آرماتورهای طولی مقدار حداکثر در خارج از محل وصله‌ها به ۰/۰۴۵ سطح مقطع کل محدود گردد.

۹-۱۱-۹-۲-۲ حداقل تعداد ملیگردهای طولی در قطعات فشاری به شرح زیر است:

الف - ملیگردهای داخل تنگ‌های مدور یا مستطیلی، چهار عدد

ب - ملیگردهای داخل تنگ‌های مثلثی، سه عدد

پ - ملیگردهای داخل ماریچ، شش عدد، مطابق بند ۹-۱۱-۳.

۹-۱۱-۹-۳-۳ نسبت حجمی آرماتور ماریچ به حجم کل هسته،  $\rho_s$ ، نباید از مقدار زیر کمتر باشد:

(۹-۱۱-۶)

$$\rho_s = 0.45 \left( \frac{A_g}{A_c} - 1 \right) \frac{f_c}{f_y}$$



در رابطه فوق، مقدار  $f_j$  (که مربوط به ماریچ است) نباید بیشتر از ۴۰۰ مگاپاسکال منظور شود.

#### ۹-۱۱-۹-۴- ماریچ‌ها

در طراحی ماریچ‌های اعضای فشاری علاوه بر مراعات ضوابط هجدهم باید ضوابط زیر را هم در نظر گرفت:

۹-۱۱-۹-۴-۱- ماریچ باید از میلگرد پیوسته ساخته شود و روش ساخت آنها طوری باشد که جابجایی و نصب آنها بدون اعوجاج و تغییر ابعاد مسیر باشد.

۹-۱۱-۹-۴-۲- قطر میلگردهای مصرفی در ماریچ نباید از ۶ میلیمتر کمتر باشد.

۹-۱۱-۹-۴-۳- در هر گام ماریچ فاصله آزاد بین میلگردها نباید از ۷۵ میلیمتر بیشتر و از ۲۵ میلیمتر کمتر باشد.

#### ۱

۹-۱۱-۹-۴-۴- گام ماریچ نباید از ۶ قطر هسته بتنی داخل ماریچ تجاوز کند.

۹-۱۱-۹-۴-۵- در هر طبقه، ماریچ باید از روی پی یا دال تا تراز پایین‌ترین میلگردهای طبقه فوقانی ادامه یابد.

۹-۱۱-۹-۴-۶- در صورتی که تیرها یا دستک‌هایی از همه طرف به ستون اتصال نداشته باشد، باید از محل توقف ماریچ تا کف دال یا کتیبه سرستون تعدادی خاموت قرار داد.

۹-۱۱-۹-۴-۷- در ستون‌های قارچی یا سرستون، ماریچ باید تا ارتفاعی ادامه یابد که در آن قطر یا پهنای سرستون دو برابر قطر یا پهنای ستون باشد.

۹-۱۱-۹-۴-۸- ماریچ باید با فاصله نگهدارهای مناسب در جای خود تنظیم و تثبیت شود.

۹-۱۱-۹-۴-۹- در صورتی که قطر میلگرد ماریچ کمتر از ۱۶ میلیمتر باشد، تعداد فاصله نگهدارها نباید کمتر از مقادیر زیر اختیار شود:

الف - دو عدد برای ماریچ با قطر کمتر از ۵۰۰ میلیمتر

ب - سه عدد برای ماریچ با قطر ۵۰۰ تا ۷۵۰ میلیمتر

پ - چهار عدد برای ماریچ با قطر بیشتر از ۷۵۰ میلیمتر

۹-۱۱-۹-۴-۱۰- در صورتی که قطر میلگرد ماریچ کمتر از ۱۶ میلیمتر باشد، تعداد فاصله نگهدارها نباید کمتر از مقادیر زیر اختیار شود:

الف - سه عدد برای ماریچ با قطر حداکثر ۶۰۰ میلیمتر

ب - چهار عدد برای ماریچ با قطر بیشتر از ۶۰۰ میلیمتر

۹-۱۱-۹-۴-۹-۱۱-۹- مه‌ار کردن ماریچ با ۱/۵ دور پیچیدن اضافی میلگرد در انتهای قطعه تامین می‌شود.

#### ۹-۱۱-۱۰- مقاومت اتکایی

۹-۱۱-۱۰-۱- مقاومت اتکایی نهایی روی بتن، به استثنای موارد مذکور در بندهای ۹-۱۱-۱۰-۲ و ۹-۱۱-۱۰-۳

نباید بزرگتر از  $0.85\phi_e f_c A_1$  در نظر گرفته شود.

۹-۱۱-۱۰-۲- در صورتی که ابعاد تکیه‌گاه در تمام امتدادها بزرگتر از ابعاد سطحی از عضو باشد که به صورت اتکایی انتقال بار می‌نماید، مقاومت اتکایی روی این سطح را که بر طبق بند ۹-۱۱-۱۰-۱ محاسبه شده است،

می‌توان در ضرب  $\sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$  ضرب کرد، این ضرب در هر حال نباید بزرگتر از ۲ در نظر گرفته شود.

۹-۱۱-۱۰-۳- در صورتی که تکیه‌گاه شیبدار یا پله‌ای باشد، مقدار  $A_2$  برابر مساحت قاعده تحتانی مخروط یا هرم با جداره صاف یا پله‌ای که به طور کامل در داخل تکیه‌گاه قرار دارد، می‌باشد. قاعده فوقانی برابر  $A_1$  و شیب سطح جانبی ۱:۲ (۱ قائم به ۲ افقی) در نظر گرفته می‌شود.

#### ۹-۱۱-۱۱- محدودیت‌های فولادگذاری جهت اعضای خمشی یا فشاری

##### ۹-۱۱-۱۱-۱- محدودیت‌های فاصله میلگردها

۹-۱۱-۱۱-۱-۱- فاصله آزاد بین هر دو میلگرد موازی واقع در یک سفره نباید از هیچ یک از مقادیر زیر کمتر باشد:

الف - قطر میلگرد بزرگتر

ب - ۲۵ میلیمتر

پ - ۱/۳۳ برابر قطر اسمی بزرگترین سنگدانه بتن

۹-۱۱-۱۱-۱-۲- در اعضای تحت فشار و خمش فاصله محور تا محور میلگردهای طولی از یکدیگر، نباید بیشتر از ۲۰۰ میلیمتر باشد.

۹-۱۱-۱۱-۱-۳- در صورتی که میلگردهای موازی در چند سفره قرار گیرند، میلگردهای سفره فوقانی باید طوری بالای میلگردهای سفره تحتانی واقع شوند که معبر بتن تنگ نشود، فاصله آزاد بین هر دو سفره نباید از ۲۵ میلیمتر و نه از قطر بزرگترین میلگرد کمتر باشد.

۹-۱۱-۱۱-۱-۴- در اعضای فشاری با خاموت‌های بسته یا ماریچ، فاصله آزاد بین هر دو میلگرد طولی نباید از

۱/۵ برابر قطر بزرگترین میلگرد و نه از ۴۰ میلیمتر، کمتر باشد.

۹-۱۱-۱۱-۱-۵- فاصله مجاز بین میلگردها در محل وصله‌های پوششی در بند ۹-۱۸-۴ ارائه شده است.

۹-۱۱۱۱-۱-۶- محدودیت‌های فاصله آزاد بین میلگردها باید در مورد فاصله آزاد وصله‌های پوششی با وصله‌ها یا میلگردهای مجاور نیز رعایت شوند.

#### ۹-۱۱-۱۱-۲- گروه میلگردهای در تماس

۹-۱۱-۱۱-۲-۱- دراستفاده از گروه میلگردهای موازی که در آنها میلگردها در تماس با هم بسته می‌شوند تا به صورت واحد عمل کنند، ضوابط زیر باید رعایت شوند:

الف - تعداد میلگردهای هر گروه برای گروه‌های قائم تحت فشار نباید از ۴ عدد، و در سایر موارد از ۳ عدد تجاوز کند.

ب - در تمامی موارد تعداد میلگردهای هر گروه در محل وصله‌ها نباید بیشتر از ۴ باشد.

پ - در گروه میلگردها با بیش از دو میلگرد، نباید محورهای تمامی میلگردها در یک صفحه واقع شوند. همینطور تعداد میلگردهایی که محورهای آنها در یک صفحه واقع می‌شوند جز در محل وصله‌ها نباید بیشتر از دو باشد.

ت - در تیرها نباید میلگردها با قطر بزرگتر از ۳۶ میلیمتر را به صورت گروهی به کار برد.

ث - گروه‌های میلگردهای در تماس باید در خاموت‌های بسته یا ماریچ محصور شوند.

ج - در مواردی نظیر تعیین محدودیت‌های فاصله و حداقل ضخامت پوشش بتن محافظ، که قطر میلگردها مبنای محاسبه قرار می‌گیرد، قطر گروه میلگردهای در تماس معادل قطر میلگردی فرض می‌شود که در سطح مقطع آن با سطح مقطع کل گروه مساوی باشد. ملاک اندازه‌گیری فاصله آزاد و حداقل ضخامت پوشش در این گونه موارد خارجی‌ترین سطح گروه میلگرد در امتداد مورد نظر خواهد بود.

#### ۹-۱۱-۱۲- جزئیات خاص آرمونوربندی ستون

##### ۹-۱۱-۱۲-۱- میلگردهای انتظار خمرشده

میلگردهای انتظار خمرشده ستون‌ها در محل تغییر مقطع، باید دارای شرایط زیر باشند:

۹-۱۱-۱۲-۱-۱- شیب قسمت مایل میلگردهای خمرشده نسبت به محور ستون نباید از ۱ به ۶ تجاوز کند. قسمت‌های فوقانی و تحتانی قسمت مایل باید موازی با محور ستون باشند.

میلگردهای انتظار باید در محل خم با خاموت‌ها، ماریچ‌ها و یا قسمت‌هایی از سیستم سازه‌ای کف مهار شوند. مهار مذکور باید برای تحمل نیرویی معادل  $1/5$  برابر مؤلفه نیروی محاسباتی قسمت مایل در امتداد مهار، طرح شود. در صورت استفاده از خاموت‌ها یا ماریچ فاصله آنها تا نقاط خم‌شده نباید از ۵۰ میلیمتر بیشتر باشد.

۹-۱۱-۱۲-۱-۲- خم‌کردن میلگردهای انتظار باید قبل از قالب‌بندی انجام پذیرد.

۹-۱۱-۱۲-۱-۳- در مواردی که وجه ستون یا دیوار بیشتر از ۷۵ میلیمتر عقب نشستگی یا پیش آمدگی داشته‌باشد میلگردهای طولی ممتد نباید به صورت خم‌شده به کار برده شوند، و در محل عقب نشستگی یا پیش آمدگی داشته‌باشد میله‌گردهای طولی ممتد نباید به صورت خم شده به کار برده باشد و در محل عقب نشستگی باید میلگردهای انتظار مجزا برای اتصال به میلگردهای وجوه عقب نشسته پیش‌بینی شوند. در هر حالت باید ضوابط مربوط به مهارها و وصله‌ها در منطقه تغییر مقطع رعایت شوند.

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.



## فصل دوازدهم

### برش و پیچش

#### ۹-۱۲-۰۰- علائم اختصاری

واحد	مفهوم	علامت اختصاری
میلیمتر	فاصله مرکز اثر نیرو تا بر تکیه‌گاه - دهانه برشی	$a$
میلیترمربع	سطح محصور توسط محیط خارجی مقطع بتن شامل سطح سوراخ‌ها ( در صورت وجود )	$A_b$
میلیترمربع	سطح مقطعی از بتن که در مقابل انتقال برش مقاومت می‌کند	$A_{cv}$
میلیترمربع	سطح مقطع آرماتور خمشی در دستک‌ها و شانه‌ها	$A_f$
میلیترمربع	مساحت کل مقطع	$A_g$
میلیترمربع	سطح مقطع آرماتور برشی موازی با آرماتور کششی نظیر خمش	$A_{h1}$
میلیترمربع	سطح مقطع کل آرماتور طولی برای مقاومت در مقابل پیچش	$A_l$

میلیمتر مربع	سطح مقطع آرماتوری که در دستک و شانه‌ها در مقابل نیروی کششی مقاومت می‌کند	$A_n$
میلیمتر مربع	مساحت سطح محصور شده به وسیله جریان برش ناشی از پیچش در مقاطع	$A_o$
میلیمترمربع	مساحت محصور شده به وسیله محورهای اضلاع خاموت بسته پیچشی بیرونی در مقطع، شامل سطح سوراخ‌ها ( در صورت وجود )	$A_{oh}$
میلیمترمربع	سطح مقطع آرماتور کششی	$A_s$
میلیمترمربع	سطح مقطع یک شاخه از خاموت بسته که در طول فاصله S در برابر پیچش مقاومت می‌کند،	$A_f$
	سطح مقطع آرماتور برشی در فاصله $s$	$A_{sv}$
میلیمترمربع	سطح مقطع آرماتور برشی در فاصله s یا سطح مقطع آرماتور برشی عمود بر آرماتور کششی نظیر خمش در فاصله s برای اعضای خمشی با ارتفاع زیاد	$A_v$
میلیمترمربع	سطح مقطع آرماتور برش اصطکاکی	$A_{vf}$
میلیمترمربع	سطح مقطع آرماتور برشی موازی با آرماتور کششی نظیر خمش در فاصله $S_2$	$A_{vh}$
میلیمتر	پهنای آن قسمتی از سطح مقطع که خاموت‌های بسته مقاوم در مقابل پیچش را در برمی‌گیرد	$b_f$
میلیمتر	پهنای جان با قطر مقطع مدور	$b_w$
میلیمتر	محیط مقطع بحرانی برای دال‌ها و پی‌ها	$b_o$
میلیمتر	محیط مقطع بحرانی خاص برای دال‌ها با کلاhek برشی	$b_{om}$
میلیمتر	بعد ستون مستطیلی یا ستون مستطیلی معادل، سر ستون با کتیبه سر ستون در امتداد دهانه‌ای که لنگرها برای آن محاسبه می‌شوند	$c_1$
میلیمتر	بعد ستون مستطیلی یا ستون مستطیلی معادل، سر ستون با کتیبه سر ستون	$c_2$

	در امتداد عمود بر دهانه‌ای که لنگرها برای آن محاسبه می‌شوند	
میلیمتر	فاصله دورترین تار فشاری تا مرکز سطح آرماتور کششی طولی	$d$
مگا پاسکال	مقاومت فشاری مشخصه نمونه استوانه استاندارد بتن	$f_c$
	قاومت مشخصه فولاد ( $f_{yk}$ )، مگا پاسکال، که برای تسهیل کار در این فصل حرف k در زیرنویس حذف شده است.	$f_y$
	مقاومت مشخصه فولادهای عرضی	$f_{yv}$
	مقاومت مشخصه فولادهای طولی	$f_{yl}$
میلیمتر	ضخامت کل عضو	$h$
میلیمتر	فاصله بین وجه تحتانی تیر فرعی و وجه تحتانی تیر اصلی، امتداد در صورتی که کمتر از ۷۵ میلیمتر باشد، مقاومت آن را می‌توان برابر با ۷۵ میلیمتر در نظر گرفت	$h_b$
میلیمتر	ارتفاع کل سرستون	$h_v$
میلیمتر	ارتفاع دیوار از پایین تا بالا،	$h_w$
میلیمتر	طول دهانه آزاد - فاصله بر تابر تکیه‌گاهها	$l_n$
	حداقل طول هر بازوی کلاhek	$l_r$
میلیمتر	حداقل طول هر بازوی هر کلاhek برشی از مرکز	$l_v$
میلیمتر	طول افقی دیواره	$l_w$
نیوتن - میلیمتر	لنگر اصلاح شده	$M_m$
نیوتن - میلیمتر	لنگر پلاستیکی مقطع کلاhek برشی	$M_p$

$M_u$	لنگر خمشی مقاوم نهایی مقطع	نیوتن - میلیمتر
$M_{uf}$	کسری از لنگر متعادل نشده که به وسیله خمش منتقل می‌شود، به بند ۱۲-۱۷	نیوتن - میلیمتر
$M_{uv}$	کسری از لنگر متعادل نشده که به وسیله خمش منتقل می‌شود	
$M_v$	افزای مقاومت خمشی هر نوار ستون در دال ناشی از وجود کلاهدک برشی	نیوتن - میلیمتر
$N_r$	نیروی کششی مقاوم نهایی مقطع	نیوتن
$N_u$	نیروی محوری نهایی که همزمان با $V_u$ در مقطع اثر می‌کند، علامت این نیرو در فشار مثبت و در کشش منفی است. این نیرو آثار ناشی از جمع‌شدگی و وارفتگی را شامل می‌شود	نیوتن
$P_c$	محیط بیرونی مقطع بتن	میلیمتر
$P_h$	محیط سطح محصور شده به وسیله محورهای اضلاع خاموت بسته پیچشی بیرونی در مقطع	میلیمتر
$S$	فاصله بین سفره‌های آرماتور برشی یا پیچشی در امتداد موازی با آرماتور طولی	میلیمتر
$S_1$	فاصله بین میلگردهای قائم دیوار	میلیمتر
$S_2$	فاصله بین سفره‌های آرماتور برشی یا پیچشی در امتداد عمود بر آرماتور طولی - یا فاصله بین میلگردهای افقی دیوار	میلیمتر
$T_{cr}$	پیچشی نهایی ترک خوردگی	نیوتن - میلیمتر
$T_r$	لنگر پیچشی نهایی	نیوتن - میلیمتر



$T_s$	لنگر پیچشی مقاوم نهایی تامین شده توسط خاموت پیچشی	نیوتن - میلیمتر
$T_u$	لنگر پیچشی نهایی	نیوتن - میلیمتر
$v_c$	تنش برشی بتن، (رابطه ۱۲-۴)	مگا پاسکال
$V_c$	نیروی برشی نهایی تامین شده توسط بتن	نیوتن
$V_r$	نیروی برشی نهایی مقطع	نیوتن
$V_s$	نیروی برش نهایی تامین شده توسط فولاد برشی	نیوتن
$V_u$	نیروی برشی نهایی	نیوتن
$\alpha$	زاویه بین خاموت‌های مایل و محور طولی عضو	
$\alpha_f$	زاویه بین آرماتورهای برش اصطکاکی و صفحه برش	
$\alpha_s$	ضریب ثابت به کار برده شده برای محاسبه $V_c$ در دال‌ها	
$\alpha_v$	نسبت سختی خمشی بازوی کلاهدک برشی به سختی خمشی مقطع ترک‌خورده دال مرکب اطراف آن	
$\beta_c$	نسبت طول به عرض سطح اثر بار متمرکز با سطح تکیه‌گاه محدود	
$\eta$	تعداد بازوهای کلاهدک برشی	
$\mu$	ضریب اصطکاک	
$\rho_h$	نسبت سطح مقطع آرماتور برشی افقی به مساحت کل مقطع قائم بتن	
$\rho_n$	نسبت سطح مقطع آرماتور برشی قائم به مساحت کل مقطع افقی بتن	
$\rho_w$	$\frac{A_s}{b_w d}$	

	ضریب جزئی ایمنی بتن	$\phi_c$
	ضریب جزئی ایمنی فولاد	$\phi_s$

### ۹-۱۲-۱- گستره

۹-۱۲-۱-۱- ضوابط این فصل باید برای طراحی قطعات تحت اثر برش یا پیچش و یا اثر توأم آنها، در حالت‌های حدی نهایی مقاومت رعایت شوند.

### ۹-۱۲-۲- حالت حدی نهایی مقاومت در برش

۹-۱۲-۲-۱- در مقاطع تحت اثر برش، کنترل حالت حدی نهایی مقاومت باید براساس رابطه زیر صورت گیرد:  
(۹-۱۲-۱)

$$V_U \leq V_r$$

در این رابطه  $V_U$  نیروی برشی نهایی در مقطع موردنظر است که از تحلیل سازه تحت اثر بار نهایی به دست می‌آید و  $V_r$  نیروی برشی مقاوم مقطع است که مطابق بند ۹-۱۲-۲-۲ محاسبه می‌شود.

۹-۱۲-۲-۲- نیروی برشی مقاوم مقطع  $V_r$  از رابطه زیر محاسبه می‌شود:  
(۹-۱۲-۲)

$$V_r = V_c + V_s$$

در این رابطه  $V_c$  نیروی برشی تامین شده توسط بتن و  $V_s$  نیروی برشی تامین شده توسط آرماتورهای برشی است. این نیروها به نیروی برشی مقاوم نهایی بتن و نیروی برشی مقاوم نهایی آرماتورهای برشی معرفی می‌گردد. مقادیر  $V_c$  و  $V_s$  براساس ضوابط قسمت‌های ۹-۱۲-۳ و ۹-۱۲-۴ محاسبه می‌شوند.

### ۹-۱۲-۳- نیروی برشی تامین شده توسط بتن

۹-۱۲-۳-۱- نیروی برشی مقاوم بتن  $V_c$  را می‌توان براساس ضوابط بندهای ۹-۱۲-۳-۱ تا ۹-۱۲-۳-۳ و یا با جزئیات دقیق‌تر مطابق بند ۹-۱۲-۳-۲ محاسبه نمود.  
 ۹-۱۲-۳-۱- برای اعضای که تحت اثر برش و خمش قرار دارند:  
 (۹-۱۲-۳)

$$V_c = v_c b_w d$$

در این رابطه  $v_c$  مقاومت برشی بتن است که با استفاده از رابطه (۹-۱۲-۴) محاسبه می‌شود:  
 (۹-۱۲-۴)

$$v_c = 0.2 \phi_c \sqrt{f_c}$$

۹-۱۲-۳-۲- برای اعضای که تحت اثر برش و خمش و فشار محوری قرار دارند:  
 (۹-۱۲-۵)

$$V_c = v_c \left(1 + \frac{N_u}{12A_g}\right) b_w d$$

۹-۱۲-۳-۳- برای اعضای که تحت اثر همزمان برش، خمش و کشش محوری قرار دارند،  $V_c$  برابر با  
 (۹-۱۲-۶)

در این رابطه  $N_u$  منفی است.

۲-۳-۱۲-۹- نیروی برشی مقاوم بتن  $V_c$  را می‌توان با جزئیات دقیق‌تر مطابق بندهای ۱-۲-۳-۱۲-۹ و ۲-۳-۱۲-۹ محاسبه نمود.

۱-۲-۳-۱۲-۹- برای اعضای که تحت اثر همزمان برش و خمش قرار دارند:  
(۷-۱۲-۹)

$$V_c = (0.95v_c + 12\rho_w \frac{V_U d}{M_u}) b_w d$$

مقدار  $V_c$  در هر حال نباید بزرگتر از  $1.75v_c b_w d$  در نظر گرفته شود.

در محاسبه  $V_c$  از رابطه (۷-۱۲-۹) کمیت  $\frac{M_u}{V_U d}$  نباید بزرگتر از واحد اختیار شود. لنگر خمشی نهایی  $M_u$  لنگری است که همزمان با نیروی برشی نهایی  $V_u$  بر مقطع مورد نظر اثر می‌کند.

۲-۲-۳-۱۲-۹- برای اعضای که تحت اثر همزمان برش و خمش و فشار محوری قرار دارند:

در این حالت برای محاسبه  $V_c$  می‌توان رابطه (۷-۱۲-۹) را به کار برد با این تفاوت که در آن به جای  $M_u$  مقدار  $M_m$  از رابطه (۸-۱۲-۹) را جایگزین نموده و کمیت  $\frac{M_u}{V_U d}$  را نیز به مقدار واحد محدود نکرد.  
(۸-۱۲-۹)

$$M_m = M_u - N_u \frac{4h - d}{8}$$

مقدار  $V_c$  در هر حال نباید بزرگتر از مقدار به دست آمده از رابطه (۹-۱۲-۹) در نظر گرفته شود:  
(۹-۱۲-۹)

$$V_c = 1.75V_c \sqrt{1 + \frac{M_u}{3A_g} b_w d}$$

در صورتی که مقدار  $M_u$  در رابطه (۸-۱۲-۹) منفی گردد، از رابطه (۹-۱۲-۹) محاسبه می‌شود.

### ۹-۱۲-۴- نیروی برشی تامین شده توسط آرماتورها

۹-۱۲-۴-۱- آرماتورهای برشی می‌توانند شامل انواع زیر باشد:

- الف - خاموت‌های عمود بر محور عضو
- ب - خاموت‌هایی با زاویه ۴۵ درجه یا بیشتر نسبت به میلگردهای کششی طولی به نحوی که ترک‌های قطری احتمالی را قطع کنند.
- پ - میلگردهای طولی خم شده به قطر حداکثر ۳۶ میلیمتر، تحت زاویه ۳۰ درجه یا بیشتر نسبت به میلگردها ی کششی طولی به نحوی که ترک‌های قطری احتمالی را قطع کنند.
- ت - ترکیبی از خاموت‌ها و میلگردهای طولی خم شده با شرایط مذکور در بندهای الف، ب و پ.
- ث - آرماتورهای طولی توزیع شده در ارتفاع تیرهای عمیق.
- ج - ماریچ‌ها

۹-۱۲-۴-۲- نیروهای برشی مقاوم نهایی آرماتورها،  $V_s$  در حالات مختلف براساس بندهای ۹-۱۲-۴-۱ تا ۹-۱۲-۴-۶ محاسبه می‌شوند.

۹-۱۲-۴-۱- وقتی که از آرماتور برشی عمود بر محور عضو استفاده می‌شود:  
(۹-۱۲-۱۰)

$$V_s = \phi_s A_{sv} f_{yv} \frac{d}{S}$$



نیروی برشی مقاوم نهایی  $V_s$  برابر مجموع مقادیر  $V_s$  محاسبه شده برای انواع مختلف آرماتورها می‌باشد.

۹-۱۲-۳- حداکثر تنش برشی سهم خاموت‌های قائم در هیچ حالت نباید بیشتر از مقادیر  $0.5\sqrt{f_c}$  یا ۳ مگاپاسکال در نظر گرفته شود.

#### ۹-۱۲-۵- ضوابط کلی طراحی برای برش

۹-۱۲-۵-۱- در محاسبه نیروی برشی مقاوم نهایی مقطع  $V_r$  اثر هرگونه قسمت خالی در اعضاء باید در نظر گرفته شود.

۹-۱۲-۵-۲- در محاسبه نیروی برشی مقاوم بتن  $V_c$  در صورت لزوم باید اثر کشش محوری ناشی از وارفتگی، جمع‌شدگی در اعضاء مقید (غیر آزاد) و نیز اثر کشش و فشار مورب ناشی از خمش در اعضاء با ارتفاعه متغیر در نظر گرفته شوند، در صورتی که اثر کشش و فشار مورب در جهت مساعد باشد، می‌توان از آن صرف‌نظر کرد.

۹-۱۲-۵-۳- حداکثر نیروی برشی نهایی  $V_u$  در تکیه‌گاه‌ها را می‌توان طبق بند ۹-۱۲-۵-۴ کاهش داد، مشروط بر آنکه:

(الف) عکس‌العمل تکیه‌گاه در امتداد برش اعمال شده در نواحی انتهایی عضو ایجاد فشار کند.

(ب) هیچ بار متمرکزی در فاصله بین بر داخلی تکیه‌گاه تا محل مقطع بحرانی، مطابق بند ۹-۱۲-۵-۴ وارد نشود.

۹-۱۲-۵-۴- تمامی مقاطعی را که در فاصله‌ای کمتر از  $d$  از بر داخلی تکیه‌گاه قرار دارند می‌توان برای همان برش  $V_u$  که در مقطع به فاصله  $d$  وجود دارد، طراحی کرد.

#### ۹-۱۲-۶- محدودیت‌های آرماتور برشی

۹-۱۲-۶-۱- مقاومت مشخصه آرماتور برشی نباید از ۴۰۰ مگاپاسکال بیشتر باشد.

۹-۱۲-۶-۲- خاموت‌ها و میلگردهای طولی خم شده و شبکه‌های فولادی که به عنوان آرماتور برشی به کار می‌روند باید تا فاصله‌ای برابر با  $d$  از دورترین تار فشاری ادامه یابند و در هر دو انتها مطابق بند ۹-۱۲-۶-۳ برای

حصول مقاومت نظیر حد تسلیم مفروض، مهار شوند.

### ۹-۱۲-۶-۳- حداقل آرماتور برشی

۹-۱۲-۶-۱- در تمامی اعضای خمشی بتن آرمه‌ای که در آنها تنش برشی نهایی  $V_u$  از نصف تنش برشی مقاوم نهایی بتن  $V_c$  تجاوز کند، باید آرماتور برشی به کار برده شود. مقدار آرماتور برشی نباید کمتر از مقدار زیر در نظر گرفته شود: (۹-۱۲-۱۲)

$$A_{sv \min} = 0.35 \frac{b_w s}{f_{yv}}$$

۹-۱۲-۶-۲- در موارد زیر می‌توان ضابطه بند ۹-۱۲-۶-۱ را نادیده گرفت.

الف - دال‌ها و پی‌ها

ب - سقف‌های ساخته شده با سیستم تیرچه‌های بتنی مطابق تعریف بند ۹-۱۱-۶-۲

پ - تیرهایی که ارتفاع آنها کمتر از ۲۵۰ میلیمتر است.

ت - تیرهایی که به صورت یکپارچه با دال ریخته شده و ارتفاع کل آنها کمتر از دو و نیم برابر ضخامت دال، نصف پهنای جان و ۶۰۰ میلیمتر است.

۹-۱۲-۶-۳- چنانچه بتوان به کمک آزمایش‌های قابل قبول نشان داد که در صورت حذف آرماتور برشی، مقاطع مورد نظر مقاومت‌های خمشی و برشی لازم را خواهند داشت، می‌توان ضابطه بند ۹-۱۲-۶-۱ را نادیده گرفت. در این آزمایش‌ها باید اثر نشست‌های نامساوی، وارفتگی، جمع‌شدگی و تغییر درجه حرارت محیط را براساس ارزیابی واقع‌بینانه‌ای از آنچه در شرایط بهره‌برداری وجود دارد، در نظر گرفت.

۹-۱۲-۶-۴- چنانچه براساس بند ۹-۱۲-۸-۱ طراحی برای پیچش لازم باشد، حداقل سطح مقطع خاموت برشی و پیچشی بسته در مجموع از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

(۹-۱۲-۱۴)



$$A_{sv} + 2A_f = 0.35 \frac{b_w S}{f_{yv}}$$

این آرماتورها باید از نوع خاموت بسته با

$$S \leq S_{\max}$$

باشد، ضمناً تعبیه حداقل فولاد پیچشی طولی نیز الزامی است.

#### ۹-۱۲-۶-۴- حداکثر فواصل خاموت برشی

۹-۱۲-۶-۴-۱- فاصله بین خاموت‌های برشی عمود بر محور عضو نباید از  $\frac{d}{2}$  بیشتر باشد.  
 ۹-۱۲-۶-۴-۲- فاصله بین خاموت‌های مایل و یا میلگردهای طولی خم شده باید چنان باشد که هر خط ۴۵

درجه‌ای که از وسط مقطع،  $\frac{d}{2}$  در جهت عکس‌العمل به طرف میلگردهای کششی طولی رسم شود، حداقل به وسیله یک ردیف از آرماتورهای برشی قطع گردد.

۹-۱۲-۶-۴-۳- در صورتی که نیروی برشی مقاوم  $V_s$  بیشتر از  $0.25\sqrt{f_c} b_w d$  باشد، حداکثر فواصل داده شده در بندهای ۹-۱۲-۶-۴-۱ و ۹-۱۲-۶-۴-۲ باید به نصف تقلیل داده شوند.

#### ۹-۱۲-۷- حالت حدی مقاوم نهایی در پیچش

۹-۱۲-۷-۱- در صورتی که لنگر پیچشی نهایی  $T_u$  از مقدار  $0.25T_{cr}$  کمتر باشد، طراحی برای پیچش ضرورتی ندارد. مقدار  $T_{cr}$  را می‌توان از رابطه زیر بدست آورد:  
 (۹-۱۲-۷-۱۶)

$$T_{cr} = 2 \left( \frac{A_c}{P_c} \right)^2 v_c$$

در حالیکه:

$$v_c = 0.2\phi_c \sqrt{f_c}$$

۹-۱۲-۷-۲- در مقاطع تحت اثر پیچش، در مواردی که طراحی برای پیچش لازم باشد، کنترل حالت حدی مقاوم نهایی باید براساس رابطه زیر صورت گیرد:  
(۹-۱۲-۱۶)

$$T_u \leq T_r$$

در این رابطه  $T_u$  لنگر پیچشی نهایی در مقطع مورد نظر است که از طراحی سازه زیر اثر بارهای نهایی طرح به دست می‌آید و  $T_r$  لنگر پیچشی مقاوم نهایی است که با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:  
(۹-۱۲-۱۷)

$$T_r = T_s$$

در این رابطه  $T_s$  لنگر پیچشی مقاوم نهایی تامین شده توسط خاموت‌های بسته پیچشی است. بدین منظور، باید فولادهای طولی پیچشی مطابق بند ۹-۱۲-۸-۲ نیز جداگانه طراحی گردد. در این مبحث از کمک بتن برای تامین مقاومت پیچشی، به علت ترک‌خوردگی، صرف‌نظر شده است. مقدار  $T_s$  براساس ضوابط قسمت‌های ۹-۱۲ تا ۹-۱۲-۱۰ محاسبه می‌شود.

#### ۹-۱۲-۸- لنگر پیچشی مقاوم نهایی تامین شده توسط آرماتورهای پیچشی

۹-۱۲-۸-۱- آرماتورهای پیچشی مورد نیاز برای تامین لنگر پیچشی در یک قطعه شامل خاموت‌های قائم بسته یا ماریچ و آرماتور طولی که به طور یکنواخت در اطراف مقطع بخش می‌شود، می‌باشند.

۹-۱۲-۸-۲- لنگر پیچشی مقاوم نهایی سهم خاموت‌ها،  $T_s$  با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

(۱۸-۱۲-۹)

$$T_s = 2\phi_s A_0 A_t \frac{f_{yv}}{S} \cot \theta$$

در حالیکه مقدار  $\theta$  بین ۳۰ تا ۶۰ درجه می‌باشد. در صورت عدم استفاده از محاسبات دقیق‌تر، مقدار  $A_0$  را می‌توان برابر با  $0.85 A_{oh}$  و  $\theta = 45^\circ$  منظور نمود.

۳-۸-۱۲-۹- آرمانور پیچشی طولی،  $A_t$  مورد نیاز برای تامین مقاومت پیچشی  $T_u$  نباید کمتر از مقدار زیر باشد:

(۱۹-۱۲-۹)

$$A_{t \min} = \left(\frac{A_t}{S}\right) P_h \left(\frac{f_{yv}}{f_{yl}}\right) \cot^2 \theta$$

مقدار  $\theta$  در دو رابطه (۱۸-۱۲-۹) و (۱۹-۱۲-۹) یکسان در نظر گرفته می‌شود و همچنین نسبت  $\frac{A_t}{S}$  باید مقدار به دست آمده از رابطه (۱۸-۱۲-۹) باشد.

فاصله این میلگردها نباید بیش از ۳۰۰ میلیمتر از یکدیگر بوده و باید دورتادور مقطع در داخل محیط خاموت بسته پیچشی به طور یکنواخت به نحوی توزیع شوند که حداقل یک میلگرد طولی به قطر معادل  $\frac{S}{16}$  بیشتر در هر گوشه خاموت‌های پیچشی قرار گیرد.

۴-۸-۱۲-۹- در مقاطع توخالی تحت اثر پیچش، فاصله محوری اضلاع خاموت بسته پیچشی تا وجه درونی

$$0.5 \frac{A_{oh}}{P_h} \text{ باشد.}$$

### ۹-۱۲-۹- ترکیب پیچش و خمش

۹-۱۲-۹-۱- آرماتورهای پیچشی را می‌توان با توجه به اندرکنش برش - پیچش و خمش - پیچش با آرماتورهای لازم برای سایر مقاومت‌ها ترکیب کرد به شرطی که مقدار آرماتور به کار برده شده برابر با مجموع مقادیر لازم برای هر یک از عوامل موردنظر باشد. در این حالت باید محدودکننده‌ترین ضوابط رعایت شوند.

۹-۱۲-۹-۲- در منطقه فشاری عضو خمشی، سطح مقطع آرماتور پیچشی طولی لازم را می‌توان به اندازه

$$\frac{M_u}{d\phi_s f_{yl}}$$

کاهش داد.  $M_u$  لنگر خمشی نهایی موثر در مقطع همزمان با  $T_u$  است.

۹-۱۲-۹-۳- مقاطع را که در فاصله‌ای کمتر از  $d$  از بر داخلی تکیه‌گاه قرار دارند، می‌توان برای همان لنگر پیچشی  $T_u$  که در مقطع به فاصله  $d$  وجود دارد طراحی کرد، مشروط بر آنکه در این فاصله هیچ لنگر پیچشی متمرکزی موجود نباشد.

### ۹-۱۲-۱۰- محدودیت‌ها

۹-۱۲-۱۰-۱- مقاومت مشخصه آرماتور پیچشی عرضی بسته نباید بیش از ۴۰۰ مگاپاسکال در نظر گرفته شود.

۹-۱۲-۱۰-۲- خاموت‌های بسته و ماریچ‌های پیچشی باید تا فاصله  $d$  از دورترین تار فشاری ادامه یافته و مهار آرماتورهای پیچشی باید مطابق فصل هیجدهم آبا صورت گیرد. ضمناً در هر گوشه خاموت‌های بسته پیچشی

باید حداقل یک میلگرد طولی به قطر معادل  $\frac{s}{16}$  یا بیشتر قرار داده شود.

۹-۱۲-۱۰-۳- حداقل خاموت بسته پیچشی در اعضای تحت پیچش که طبق بند ۱۲-۷-۱ باید برای پیچش طراحی شوند طبق بند ۹-۱۲-۶-۳ تعیین می‌شود.

۹-۱۲-۱۰-۴- باید تمام میلگردهای پیچشی (فولادهای طولی به علاوه خاموت‌های بسته و یا ماریچ‌ها)، حداقل برابر با بزرگترین بعد عضو از نقطه‌ای که دیگر نیاز به مقاومت پیچشی نیست ادامه یافته (این امر به منظور اطمینان از محافظت کردن مناسب کلیه ترک‌های احتمالی است) و مهار آنها مطابق فصل هیجدهم آبا

صورت گیرد. ضمناً حداقل خاموت بسته پیچشی در اعضای تحت پیچش برابر است با:

(۲۱-۱۲-۹)

$$2A_{f \min} = 0.35 \frac{b_w S}{f_{yv}}$$

و برای حداقل آرماتور پیچشی طولی از رابطه (۱۹-۱۲-۹) استفاده گردد.

**۵-۱۰-۱۲-۹- حداکثر فاصله افقی بین خاموت‌های بسته پیچشی نباید بیشتر از کمترین دو مقدار  $\frac{P_h}{8}$  و ۳۰۰ میلی‌متر در نظر گرفته شود.**

#### **۶-۱۰-۱۲-۹- حداکثر تنش برشی و پیچشی**

شکست اعضاء تحت پیچش ناشی از تسلیم خاموت‌ها یا فولاد طولی و یا تسلیم همزمان آنها و یا در اثر خردشدن بتن مورب فشاری بین ترک‌های پیچشی صورت گیرد. همچنین امکان شکست ناشی از بارهای بهره‌برداري طرح در صورت عریض شدن بیش از حد ترک‌های مورب نیز هست. بنابراین محدود کردن تنش‌های برشی در مقطع منجر به محدود کردن عرض ترک‌های برشی خواهد شد.

#### **۷-۱۰-۱۲-۹- حداکثر تنش در مقاطع قوطی شکل**

(۲۱-۱۲-۹)

$$\frac{V_u}{b_w d} + \frac{T_u P_h}{1.7 A_{oh}^2} \leq (v_c + 0.5 \sqrt{f_c})$$

#### **۸-۱۰-۱۲-۹- حداکثر تنش در مقاطع توپر**

(۲۲-۱۲-۹)

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1.7 A_{oh}^2}\right)^2} \leq (v_c + 0.5 \sqrt{f_c})$$

با توجه به اینکه عریض شدن بیشتر ترک‌های مورب فشاری بتن منجر به محدودیت بیشتر مقادیر فوق می‌گردد، بنابراین حداکثر مجاز این مقادیر نباید بیش از  $0.25\phi_c f_c$  منظور گردد، در غیر اینصورت باید ابعاد مقطع افزایش یابد.

#### ۹-۱۲-۱۱- لنگر پیچشی نهایی در اعضای سازه‌های نامعین

۹-۱۲-۱۱-۱- در مواردی که مقاومت در برابر لنگر پیچشی نهایی  $T_u$  برای برقراری تعادل عضوی لازم باشد، عضو مورد نظر باید برای تحمل تمام لنگر پیچشی نهایی مطابق ضوابط قسمت ۹-۱۲-۷ طراحی شود.

۹-۱۲-۱۱-۲- در مواردی که امکان کاهش لنگر پیچشی در اثر باز پخش لنگرهای داخلی در عضوی از یک سازه نامعین موجود باشد، می‌توان حداکثر لنگر پیچشی‌هایی را به  $0.67T_{cr}$  کاهش داد به شرطی که اثر لنگرها و برش‌های تعدیل شده عضو در سایر اعضای مجاور با استفاده از روابط تعادل، محاسبه و در طراحی به کار گرفته شود.

۹-۱۲-۱۱-۳- در صورت استفاده از بند ۹-۱۲-۱۱-۲ و در صورت عدم استفاده از تحلیل دقیق‌تر، می‌توان لنگر پیچشی نهایی ناشی از اثر دال‌ها روی تیرهای باربر را با یک توزیع خطی یکنواخت جایگزین کرد.

#### ۹-۱۲-۱۲- اثر توام برش و پیچش

۹-۱۲-۱۲-۱- برای طراحی اعضای تحت اثر برش و پیچش باید مقطع را یک بار برای برش و بار دیگر برای پیچش، مطابق ضوابط این مبحث، طراحی نمود. آرماتورهای به دست آمده در هر یک از حالات یاد شده با هم جمع شده و در عضو مورد نظر به کار برده می‌شوند. این آرماتورها در صورت لزوم به آرماتورهای مورد نیاز برای سایر موارد افزوده می‌شوند.

#### ۹-۱۲-۱۳- برش اصطکاکی

##### ۹-۱۲-۱۳-۱- گستره

ضوابط این قسمت در مواردی که انتقال نیروی برشی بین دو سطح با مشخصات زیر مورد نظر باشد، به کار گرفته می‌شود:

الف - وجود ترک یا استعداد ترک خوردن بین دو سطح

ب - دو سطح ساخته شده با مصالح غیر متشابه

ت - دو سطح بتن‌ریزی شده در زمان‌های متفاوت

انتقال برش در موارد فوق توسط عملکرد برشی - اصطکاکی صورت می‌گیرد.

#### ۹-۱۲-۲- حالت حدی نهایی مقاومت

۹-۱۲-۱۳-۱- در مقاطعی که انتقال برش در آنها به صورت برش - اصطکاکی است، کنترل حالت حدی نهایی

مقاومت باید براسا رابطه ۹-۱۲-۱ صورت گیرد. نیروی برشی نهایی مقاوم مقطع  $V_r$  در این رابطه طبق بند ۹-۱۲-۱۳-۲ تعیین می‌گردد.

۹-۱۲-۱۳-۲- نیروی برشی نهایی مقاوم مقطع  $V_r$ ، با فرض وجود ترک در سراسر مقطع موردنظر بر طبق بندهای ۹-۱۲-۱۳-۲ تا ۹-۱۲-۱۳-۶ و یا طبق بند ۹-۱۲-۱۳-۷ محاسبه می‌شود. در هر یک از حالات ضوابط بند ۹-۱۲-۱۳-۳ نیز باید رعایت شوند.

۹-۱۲-۱۳-۳- در مواردی که آرماتور برش اصطکاکی نسبت به صفحه برش مایل باشد، به طوری که نیروی برشی در آن ایجاد کشش کند:

(۹-۱۲-۲۳)

$$V_r = \phi_s A_{vf} f_y (\mu \sin \alpha_f + \cos \alpha_f)$$

در این رابطه  $\alpha_f$  زاویه بین آرماتور برش اصطکاکی و صفحه برش است.

۹-۱۲-۱۳-۴- در مواردی که آرماتور برش اصطکاکی عمود بر صفحه برش باشد:

(۹-۱۲-۲۴)

$$V_r = \mu \phi_s A_{vf} f_y$$

در این رابطه  $\mu$  زاویه بین آرماتور برش اصطکاکی و صفحه برش است.

۹-۱۲-۱۳-۵- ضریب اصطکاک  $\mu$  در روابط ۹-۱۲-۲۳ و ۹-۱۲-۲۴ برابر با یکی از مقادیر زیر در نظر گرفته می‌شود:

- الف - برای بتنی که به صورت یکپارچه ریخته شده باشد:  $1/25$
- ب - برای بتنی که در مجاورت بتن سخت شده‌ای با زبری سطحی قید شده در بند ۱۲-۱۳-۳-۵ ریخته شده باشد:  $0/90$
- پ - برای بتنی که در مجاورت بتن سخت شده‌ای با زبری سطحی کمتر از قید شده در بند ۱۲-۱۳-۳-۵ ریخته شده باشد:  $0/50$
- ت - برای بتنی که به وسیله گل میخ‌ها یا به وسیله میلگردهایی به پروفیل فولاد ساختمانی مهار شده باشد:  $0/60$

۹-۱۲-۱۳-۲-۶- نیروی برشی نهایی مقاوم مقطع  $V_r$  در هیچ حالت نباید بزرگتر از مقادیر  $0.25\phi_c f_c A_{cv}$  و  $6.5\phi_c A_{cv}$  در نظر گرفته شود.  $A_{cv}$  سطح مقطع بتنی است که در مقابل برش مقاومت می‌کند.

۹-۱۲-۱۳-۲-۷- نیروی برشی نهایی مقاوم مقطع  $V_r$  را می‌توان با استفاده از هر روش طراحی دیگری که صحت آن به وسیله آزمایش‌های جامع تأیید شده باشد، تعیین نمود.

#### ۹-۱۲-۱۳-۳- ضوابط طراحی برش اصطکاکی

- ۹-۱۲-۱۳-۲-۱- مقاومت مشخصه آرماتور برش اصطکاکی نباید بیشتر از  $400$  مگاپاسکال در نظر گرفته شود.
- ۹-۱۲-۱۳-۲-۲- در مواردی که در سطح برش علاوه بر نیروی برشی کششی نیز اثر کند، باید آرماتور اضافی برای تحمل کشش در امتداد نیروی کششی اعمال شده، پیش‌بینی شود
- ۹-۱۲-۱۳-۲-۳- در مواردی که در سطح برش علاوه بر نیروی برشی نیروی فشاری دائمی نیز اثر کند، مقدار این نیرو را می‌توان به نیروی  $\phi_s A_{vf} f_y$ ، متعلق به آرماتور برش اصطکاکی در رابطه ۹-۱۲-۲۴ اضافه نمود.

۹-۱۲-۱۳-۳-۴- میلگردهای آرماتور برش اصطکاکی باید بنحوی مناسب در سطوح صفحه برش توزیع شوند و برای آنکه بتوانند به تنش نظیر جاری شدن برسند باید به طور کامل در دو سمت صفحه برش در بتن مهار گردند. برای مهار کردن آرماتورها می‌توان از ادوات مکانیکی استفاده نمود.

۹-۱۲-۱۳-۲-۵- در مواردی که بتن در مجاورت بتن سخت شده قبلی ریخته می‌شود، سطح تماس برای انتقال



برش باید تمیز و عادی از دو غال خشک شده باشد. برای آنکه بتوان ضریب اصطکاک  $\mu$  را برابر با ۰/۹ فرض نمود سطح تماس باید با ایجاد خراش‌های به عمق تقریبی پنج میلیمتر به حالت زیر درآورده شود.

۹-۱۲-۱۳-۶- در مواردی که برش بین پروفیل‌های فولاد ساختمانی و بتن با استفاده از گل میخ‌ها یا میلگردهای جوش شده به پروفیل انتقال داده می‌شود، فولادها باید تمیز و زنگ نخورده باشند.

### ۹-۱۲-۱۴- ضوابط ویژه برای اعضای خمشی با ارتفاع زیاد (تیر تیغه‌ها)

#### ۹-۱۲-۱۴-۱- گستره

ضوابط این قسمت باید در مورد اعضای خمشی که دارای شرایط زیر باشند رعایت شوند:

الف - نسبت طول دهانه به ارتفاع موثر  $d$  در آنها کمتر از پنج باشد.  
 ب - با روی تیر در وجه فشاری، مقابل وجهی که روی تکیه‌گاه‌ها می‌نشیند، وارد آید به طوری که امکان به وجود آمدن دستک‌های فشاری از سمت بار به سمت تکیه‌گاه موجود باشد.

#### ۹-۱۲-۱۴-۲- حالت حدی مقاوم نهایی در برش

۱۲-۱۴-۲-۱- در تیر تیغه‌ها کنترل حالت حدی نهایی مقاومت در برش باید براساس روابط ۹-۱۲-۱ و ۹-۱۲-۲ صورت گیرد. در این روابط نیروی برش مقاوم نهایی بتن،  $V_c$ ، و نیروی برش مقاوم نهایی آرماتورها،  $V_s$ ، طبق بندهای ۱۲-۱۴-۲-۴ و ۱۲-۱۴-۲-۵ تعیین می‌گردند.

۹-۱۲-۱۴-۲-۲- در تیر تیغه‌ها کنترل حالت حدی مقاوم نهایی تنها در مقطع بحرانی عضو، مطابق تعریف بند ۹-۱۲-۱۴-۲-۳ صورت می‌گیرد و آرماتور برشی مورد نیاز در این مقطع در سراسر طول دهانه تیز تیغه ادامه داده می‌شود.

۹-۱۲-۱۴-۲-۳- مقطع بحرانی تیر تیغه‌ها مقطعی است که فاصله آن از بر داخلی تکیه‌گاه در تیرهای زیر اثر بار یکنواخت برابر با  $0.15l_n$  و در تیرهای زیر بار متمرکز برابر  $0.5a$  باشد. این فاصله در هیچ حالت نباید بیشتر از  $d$  در نظر گرفته شود.

۹-۱۲-۱۴-۲-۴- نیروی برشی تامین شده توسط بتن،  $V_c$  را می‌توان از رابطه: (۹-۱۲-۲۳)

$$V_c = v_c b_w d$$

و یا جزییات بیشتر از رابطه:

(۲۴-۱۲-۹)

$$V_c = (3.5 - 2.5 \frac{M_u}{V_u d}) (0.95 v_c + 12 \rho_w \frac{V_u d}{M_u}) b_w d$$

محاسبه نمود. در رابطه ۲۴-۱۲-۹ مقدار عبارت  $(3.5 - 2.5 \frac{M_u}{V_u d})$  نباید بیشتر از ۲/۵ و مقدار  $V_c$  نباید بیشتر از  $3v_c b_w d$  در نظر گرفته شود.  $M_u$  لنگر خمشی نهایی است که به طور همزمان با نیروی برشی نهایی  $V_u$  در مقطع بحرانی طبق تعریف بند ۹-۱۲-۱۴-۲ اثر می‌کند. **۵-۲-۱۴-۱۲-۹** نیروی برشی مقاوم نهایی آرماتورها  $V_s$  با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

(۲۵-۱۲-۹)

در این رابطه  $A_v$  سطح مقطع آرماتور برشی عمود بر آرماتور خمشی طولی در طول فاصله  $s$  و  $A_{vh}$  سطح مقطع آرماتور برشی موازی با آرماتور خمشی طولی در طول فاصله  $S_2$  است. **۶-۲-۱۴-۱۲-۹** نیروی برشی مقاوم نهایی مقطع  $V_r$ ، نباید بیشتر از مقادیر زیر احتساب شود.

الف - در صورتی که  $\frac{l_n}{d}$  کمتر از ۲ باشد:

(۲۶-۱۲-۹)

$$V_r < 4v_c b_w d$$

ب - در صورتی که  $\frac{l_n}{d}$  بین ۲ و ۵ باشد:

(۲۷-۱۲-۹)

$$V_r \leq \frac{1}{3} v_c (10 + \frac{l_n}{d}) b_w d$$

**۲-۱۴-۱۲-۹** محدودیت‌های آرماتورهای برشی

۹-۱۲-۱۴-۳-۱- سطح مقطع آرماتور برشی  $A_v$  نباید کمتر از  $0.0015b_w s$  اختیار شود. فاصله میلگردهای این آرماتور نیز نباید از مقادیر  $\frac{d}{5}$  و ۲۵۰ میلیمتر تجاوز کند.

۹-۱۲-۱۴-۳-۲- سطح مقطع آرماتور برشی  $A_v$  نباید کمتر از  $0.0025b_w s_2$  اختیار شود. فاصله میلگردهای این آرماتور نیز نباید از مقادیر  $\frac{d}{3}$  و ۲۵۰ میلیمتر تجاوز کند.

### ۹-۱۲-۱۵- ضوابط ویژه برای دستک‌ها و شانه‌ها

#### ۹-۱۲-۱۵-۱- گستره

ضوابط این قسمت باید در مورد دستک‌ها و شانه‌هایی که دارای شرایط زیر باشد رعایت شوند:

- الف - نسبت دهانه به ارتفاع موثر مقطع در بر تکیه‌گاه  $\frac{a}{d}$  بیشتر از یک نباشد.
- ب - نیروی کششی نهایی موثر به آنها،  $N_u$ ، بزرگتر از نیروی برشی نهایی موثر بر آنها،  $V_u$  نباشد.
- پ - ارتفاع موثر مقطع در لبه خارجی سطح اتکا کمتر از  $0.5d$  نباشد.

#### ۹-۱۲-۱۵-۲- حالت حدی مقاوم نهایی در برش، خمش و کشش

۹-۱۲-۱۵-۲-۱- در دستک‌ها و شانه‌ها کنترل حالات حدی مقاوم نهایی در برش، خمش و نیروی محوری کششی، باید براساس روابط ۹-۱۲-۱ و ۹-۱۱-۱ و ۹-۱۱-۲ صورت گیرد.

در این روابط  $V_u$  و  $M_u$  و  $N_u$  به ترتیب نیروی برشی نهایی، لنگر خمشی نهایی و نیروی محوری کششی نهایی است، که همزمان در مقطع تکیه‌گاه اثر می‌کنند و  $V_r$  و  $M_r$  و  $N_r$  به ترتیب نیروی مقاوم نهایی مقطع در برش، خمش و نیروی محوری کششی هستند. این نیروها باید براساس ضوابط بندهای ۹-۱۲-۱۵-۲-۴ تا ۹-۱۲-۱۵-۲-۶ محاسبه شوند.

۹-۱۲-۱۵-۲-۲- نیروهای  $V_u$  و  $N_u$  از طراحی سازه تحت اثر بارهای نهایی به دست می‌آیند. مقدار  $N_u$  که در طراحی مورد استفاده قرار می‌گیرد نباید کمتر از مقدار  $0.2V_u$  اختیار شود مگر آنکه برای جلوگیری نیروی

کششی تدابیر خاصی در نظر گرفته شده باشد. نیروی کششی،  $N_u$  همواره باید جزء بارهای زنده، به حساب آورده شود.

۳-۳-۱۵-۱۲-۹- لنگر خمشی نهایی  $M_u$  با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:  
(۲۸-۱۲-۹)

$$M_u = V_u a + N_u (h - d)$$

در این رابطه  $a$  فاصله مرکز اثر نیرو از بر تکیه‌گاه و  $b$  و  $d$  به ترتیب ارتفاع کل و ارتفاع موثر مقطع در بر تکیه‌گاه باشد.

۴-۳-۱۵-۱۲-۹- نیروی برشی مقاوم نهایی مقطع،  $V_r$ ، با فرض عملکرد مقطع به صورت برش اصطکاکی مطابق ضوابط قسمت ۱۳-۱۲-۹ محاسبه می‌شود. آرماتور برش اصطکاکی در این محاسبات  $A_{vf}$  نامیده می‌شود. نیروی برشی  $V_r$  نباید از دو مقدار  $0.25\phi_c f_c b_w d$  و  $0.5\phi_c b_w d$  بزرگتر اختیار شود.

۵-۳-۱۵-۱۲-۹- لنگر خمشی مقاوم نهایی مقطع،  $M_r$ ، مطابق ضوابط فصل یازدهم محاسبه می‌شود. آرماتور کششی تامین‌کننده لنگر  $M_r$ ،  $A_f$  نامیده می‌شود.

۶-۳-۱۵-۱۲-۹- نیروی کششی مقاوم نهایی مقطع،  $N_r$ ، با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

(۲۹-۱۲-۹)

$$N_r = \phi_s A_n f_y$$

در این رابطه  $A_n$  آرماتور کششی تامین‌کننده نیروی  $N_r$  است.

۳-۱۵-۱۲-۹- ضوابط کلی طراحی

$$\left(\frac{2}{3} A_{vf} + A_n\right)$$

۱-۳-۱۵-۱۲-۹- سطح مقطع آرماتور کششی اصلی،  $A_s$ ، نباید کمتر از دو مقدار

$A_f + A_n$  اختیار شود.

۹-۱۲-۱۵-۳-۲- خاموت‌های بسته موازی یا  $A_s$  به سطح مقطع کل  $A_n$  مساوی  $0.5(A_s - A_n)$  یا بزرگتر از آن باید در داخل محدوده دو سوم ارتفاع موثر مقطع در مجاور  $A_s$  توزیع شوند.

۹-۱۲-۱۵-۳-۲- نسبت آرماتور کششی  $\rho = \frac{A_s}{bd}$  نباید کمتر از  $0.4 \frac{f_c}{f_y}$  باشد.

۹-۱۲-۱۵-۳-۴- آرماتور کششی اصلی باید در وجه جلوی دستک یا شانه به یکی از طریق زیر مهار شود:

الف - به وسیله جوش دادن به یک میلگرد عرضی با قطری حداقل مساوی با قطر میلگردهای کششی اصلی، مقاومت جوش باید بحدی باشد که بتواند نیروی را منتقل نماید.

ب - به وسیله خم کردن میلگرد کششی اصلی  $A_s$  به عقب به طوری که یک حلقه افقی تشکی شود.  
پ - روش‌های دیگر.

۹-۱۲-۱۵-۳-۵- سطح اتکای بار روی دستک یا شانه نباید از قسمت مستقیم میلگردهای کششی اصلی،  $A_s$  فراتر رود. این سطح همچنین نباید از وجه داخلی میلگردهای مهار عرضی، در صورت استفاده از آنها، جلوتر رود.

### ۹-۱۲-۱۶- ضوابط ویژه برای دیوارها

#### ۹-۱۲-۱۶-۱- گستره

۹-۱۲-۱۶-۱-۱- ضوابط این قسمت باید در طراحی دیوارهایی که تحت اثر نیروی برشی افقی در امتداد صفحه دیوار قرار دارند، رعایت شوند.

۹-۱۲-۱۶-۱-۲- دیوارهایی که تحت اثر نیروی برشی افقی در امتداد عمود بر صفحه دیوار قرار دارند، باید براساس ضوابط مربوط به دال‌ها در قسمت ۹-۱۲-۱۷ طراحی شوند.

#### ۹-۱۲-۱۶-۲- حالت حدی مقاوم نهایی در برش

۹-۱۲-۱۶-۲-۱- در مقاطع افقی دیوارها کنترل حالت حدی مقاوم نهایی در برش باید بر مبنای روابط ۹-۱۲-۱ و ۹

۲-۱۲-۲ صورت گیرد. در این روابط مقادیر نیروی برشی مقاوم نهایی بتن،  $V_c$  و نیروی برشی مقاوم نهایی خاموتها،  $V_s$  براساس بندهای ۹-۱۲-۱۶-۲ تا ۹-۱۲-۱۶-۲-۵ محاسبه می‌شوند.

۹-۱۲-۱۶-۲-۲- نیروی برشی مقاوم نهایی بتن،  $V_s$  را در حالتی که دیوار تحت اثر برش یا تحت اثر توام برش و فشار قرار دارد می‌توان از رابطه ۹-۱۲-۳ و در حالتی که دیوار تحت اثر برش و کشش قرار دارد می‌توان از رابطه ۹-۱۲-۹ محاسبه نمود. این نیروی مقاوم را نیز می‌توان با جزئیات بیشتر مطابق بند ۹-۱۲-۱۶-۲-۳ محاسبه کرد. ارتفاع موثر مقطع دیوار،  $d$ ، در تمامی این روابط طبق بند ۹-۱۲-۱۶-۲-۳ تعیین می‌شود.

۹-۱۲-۱۶-۲-۳- در مواردی که محاسبه نیروی برشی مقاوم نهایی بتن،  $V_c$ ، با جزئیات بیشتر موردنظر می‌باشد، آن را می‌توان با کمترین مقدار به دست آمده از دو رابطه زیر در نظر گرفت:

(۹-۱۲-۳۰)

$$V_c = 1.65V_c h d + \frac{N_u d}{5f_w}$$

(۹-۱۲-۳۱)

$$V_c = \left[ 0.3v_c + \frac{l_w (0.6v_c + 0.15 \frac{N_u}{l_w h})}{\left( \frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2} \right)} \right] h d$$

در این روابط مقدار  $N_u$  برای فشار مثبت و برای کشش منفی است در صورتی که مقدار  $\left( \frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2} \right)$  منفی باشد رابطه ۹-۱۲-۳۱ به کار برده نمی‌شود.

۹-۱۲-۱۶-۲-۴- نیروی برشی مقاوم نهایی بتن  $V_c$  برای همه مقاطعی که در فاصله‌ای کمتر از کوچکترین دو مقدار  $\frac{h_w}{2}$  و  $\frac{l_w}{2}$  از پایه دیوار قرار دارند برابر با مقاومت برشی مقطع در کوچکترین این دو مقدار در نظر گرفته

می‌شود.

۹-۱۲-۱۶-۲-۵- نیروی برشی مقاوم نهایی آرماتورها،  $V_s$  از رابطه زیر محاسبه می‌شود:  
(۳۲-۱۲-۹)

$$V_s = \phi_s A_v f_y \frac{d}{s_2}$$

در این رابطه  $A_v$  سطح مقطع آراتور برشی در امتداد برش و در طول فاصله  $s_2$  است. پارامتر  $d$  مطابق بند ۹-۱۲-۱۶-۲-۳ تعیین می‌شود. برای تامین برش مقاوم  $V_s$  علاوه بر آرماتورهای برشی افقی  $A_v$ ، آرماتورهای برشی قائم نیز باید در دیوار پیش‌بینی شود. مقدار این آرماتورها طبق بند ۹-۱۲-۱۶-۲-۴ تعیین می‌شود. ۹-۱۲-۱۶-۲-۶- نیروی برشی مقاوم نهایی مقطع،  $V_r$ ، در هیچ حالت نمی‌تواند بیشتر از  $5v_c h d$  اختیار شود.

#### ۹-۱۲-۱۶-۲- ضوابط کلی طراحی

۹-۱۲-۱۶-۲-۱- در دیوارها چنانچه نیروی برشی نهایی  $v_u$  بیشتر از  $0.5V_c$  باشد طراحی برای برش لازم است. مقادیر آرماتور برشی مورد نیاز براساس ضوابط بند ۹-۱۲-۱۶-۲ محاسبه می‌گردند. در مورد این آرماتور محدودیت‌های بند ۹-۱۲-۱۶-۴ باید رعایت شوند. چنانچه  $v_u$  کمتر از  $0.5V_c$  باشد، آرماتورگذاری در دیوار مطابق بند ۹-۱۲-۱۶-۴ با ضوابط طراحی دیوارهای باربر در فصل شانزدهم انجام می‌شود.

۹-۱۲-۱۶-۲-۲- در طراحی دیوارها برای برش، ارتفاع موثر مقطع،  $d$  باید برابر با  $8l_w$  در نظر گرفته شود. برای  $d$  می‌توان مقدار بزرگتری برابر با فاصله دورترین تار فشاری تا مرکز سطح نیروی کششی میلگردهای تحت کشش در نظر گرفت مشروط بر آنکه نیروهای کششی مورد نظر با توجه به سازگاری تغییر شکل‌های نسبی در مقطع به دست آمده باشند.

۹-۱۲-۱۶-۲-۳- در محل درزهای اجرایی دیوارها، مقاومت برشی مقطع  $V_r$  باید براساس عملکرد برش اصطکاکی طبق قسمت ۹-۱۲-۱۳ تعیین گردد.

### ۹-۱۲-۱۶-۴- محدودیت‌های آرمانورها

۹-۱۲-۱۶-۴-۱- نسبت سطح مقطع آرمانور برشی در امتداد برش به سطح مقطع کل بتن عمود بر آن امتداد

$\rho_h$ ، نباید کمتر از ۰/۰۰۱۵ منظور شود. فاصله میلگردهای این آرمانور از هم  $S_2$  نباید بیشتر از  $3h$ ،  $5$  و یا  $350$  میلی‌متر در نظر گرفته شود.

۹-۱۲-۱۶-۴-۲- نسبت سطح مقطع آرمانور برشی در امتداد عمود بر برش به سطح مقطع کل بتن در امتداد

برش  $\rho_n$  نباید کمتر از ۰/۰۰۲۵ و یا کمتر از مقدار زیر منظور شود:  
(۹-۱۲-۲۳)

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

لازم نیست مقدار  $\rho_n$  بیشتر از  $\rho_h$  در نظر گرفته شود. فاصله میلگردهای این آرمانور از هم،  $S_2$  نباید بیشتر از  $3h$ ،  $3$  یا  $350$  میلی‌متر در نظر گرفته شود.

### ۹-۱۲-۱۷-۱۷- ضوابط ویژه برای دال‌ها و پی‌ها

#### ۹-۱۲-۱۷-۱- گستره

۹-۱۲-۱۷-۱-۱- ضوابط این قسمت باید برای کنترل برش در دال‌ها و پی‌هایی مانند دال تخت روی ستون و پی

زیر اثر بار ستون که تحت اثر بار متمرکز قرار می‌گیرند و یا بارهای خود را به تکیه‌گاه‌هایی با سطح محدود منتقل می‌کنند، رعایت شوند.

۹-۱۲-۱۷-۱-۲- دال‌هایی که زیر اثر بار گسترده قرار دارند و بارهای خود را به تیرها و یا دیوارها منتقل می‌کنند

رفتاری مشابه تیرها دارند و مشمول ضوابط مربوط به اعضای تحت اثر برش و خمش می‌شوند. کنترل برش در این دال‌ها بر طبق ضوابط قسمت‌های ۹-۱۲-۲ تا ۹-۱۲-۶ به عمل می‌آید.

۹-۱۲-۱۷-۱-۳- در دال‌هایی که تحت اثر بارهای قائم یا بارهای جانبی ناشی از باد یا زلزله مستقیماً لنگرهای



خمشی را به ستونها منتقل می‌کنند، قسمتی از این لنگر را توسط برش ایجاد شده در مقاطع دال در اطراف ستونها منتقل می‌نمایند. نیروی برشی ایجاد شده به این صورت باید در محاسبات برش منظور گردد. ضوابط مربوط به محاسبه این برش در بند ۹-۱۲-۱۷-۵ داده شده است.

#### ۹-۱۲-۱۷-۲- حالت حدی مقاوم نهایی در برش

۹-۱۲-۱۷-۲-۱- برش دالها و پی‌ها در حوالی بارهای متمرکز و تکیه‌گاه‌های با سطح محدود باید برای دو نوع عملکرد به شرح زیر کنترل شود:

الف - عملکرد یک طرفه به صورت تیر: در این حالت دال یا پی باید نیروی برشی را مانند یک تیر در تمام عرض خود تحمل کند. مقطع بحرانی که مقاومت دال یا پی باید در آن کنترل شود به صورت صفحه‌ای عمود بر دال و یا فاصله  $d$  از لبه سطح اثر بار متمرکز یا از وجه کتیبه هر تغییر دتیگر در ضخامت دال با تکیه‌گاه، در تمام عرض دال در نظر گرفته می‌شود.

ب - عملکرد دو طرفه: در این حالت دال یا پی باید نیروی برشی را در دو جهت ولی در ناحیه‌ای محدود در اطراف بار متمرکز یا تکیه‌گاه تحمل کند. مقطع بحرانی در این حالت سطح جانبی منشوری است که وجوه آن عمود بر سطح دال بوده و از لبه‌ها و گوشه‌های سطح اثر بار متمرکز یا تکیه‌گاه و یا مقاطعی از دال که ضخامت

دال در آنجا تغییر می‌کند دارای فاصله‌ای حداقل برابر با  $\frac{d}{2}$  باشند. مقطع بحرانی باید چنان در نظر گرفته شود که محیط چند ضلعی قاعده منشور در آن حداقل باشد. مقدار این محیط  $b_o$  نامیده می‌شود. برای ستونها، بارهای متمرکز و سطوح تکیه‌گاهی دارای مقطع مربع یا مستطیل مقاطع بحرانی می‌توانند دارای چهار ضلع مستقیم باشند.

۹-۱۲-۱۷-۲-۲- در دالها و پی‌ها کنترل برش در حالت حدی مقاوم نهایی برای عملکرد یکطرفه مشابه تیرها است و براساس ضوابط قسمت‌های ۹-۱۲-۲ تا ۹-۱۲-۶ انجام می‌گیرد.

۹-۱۲-۱۷-۲-۳- در دالها و پی‌ها کنترل برش در حالت حدی مقاوم نهایی برای عملکرد دو طرفه باید براساس روابط ۹-۱۲-۱ و ۹-۱۲-۲ صورت گیرد. برای تعیین مقادیر  $V_c$  یا  $V_s$  و  $V_r$  در این روابط برای حالات مختلف طبق ضوابط بندهای ۹-۱۲-۱۷-۲ تا ۹-۱۲-۶ رعایت شود.

۹-۱۲-۱۷-۲-۴- در دالها و پی‌هایی که در آنها از آرماتور برشی با کلاhek برشی استفاده نمی‌شود نیروی برشی مقاوم نهایی بتن،  $V_c$ ، برابر با کمترین مقادیر به دست آمده از سه رابطه زیر در نظر گرفته می‌شود:

$$V_c = (1 + \frac{2}{\beta_c})v_c b_w d \quad (۲۴)$$

$$V_c = (\frac{\alpha_s d}{b_o} + 1)v_c b_w d \quad (۲۵)$$

$$V_c = 2v_c b_o d \quad (۲۶)$$

در این روابط  $\beta_c$  نسبت طول به عرض سطح اثر بار متمرکز یا سطح تکیه‌گاه است.  $\alpha_s$  عددی است که برای ستون‌های میانی برابر با ۲۰، برای ستون‌های کناری ۱۵ و برای ستون‌های گوشه ۱۰ در نظر گرفته می‌شود.

۹-۱۲-۱۷-۲-۵- در دالها و پی‌هایی که در آنها از آرماتور برشی به صورت میلگرد یا شبکه جوشی برای تامین مقاومت برشی استفاده می‌شود، نیروهای برشی مقاوم نهایی  $V_s$  و  $V_c$  بر اساس ضوابط زیر تعیین می‌شوند:

الف - نیروی برشی مقاوم نهایی بتن،  $V_c$  از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$V_c = v_c b_o d$$

ب - نیروی برشی مقاوم نهایی آرماتورها،  $V_s$  با استفاده از ضوابط قسمت ۹-۱۲-۹-۲ محاسبه می‌شود.  
 پ - در این حالت نیروی برشی مقاوم نهایی مقطع،  $V_r$  نباید بیشتر از  $3v_c b_o d$  در نظر گرفته شود.

۹-۱۲-۱۷-۲-۶- در دالهایی که در آنها از کلاhek برشی به صورت پروفیل‌های فولادی به شکل  $L$  یا ناودانی و یا مشابه آنها برای تامین مقاومت برشی استفاده می‌شود، نیروی برشی مقاوم نهایی مقطع،  $V_r$  با شرط رعایت محدودیت‌های بند ۹-۱۲-۱۷-۲ طبق ضوابط زیر تعیین می‌شود:

الف - در حالتی که دال تنها برش ناشی از بارهای قائم را به ستون متصل می‌کند،  $V_s$  مساوی کمترین دو مقدار زیر گرفته می‌شود:

$$(۲۸-۱۲-۹)$$

$$V_r = 3.5v_c b_o d$$

$$(۲۹-۱۲-۹)$$

$$V_r = 2v_c b_{om} d$$

در این روابط  $b_o$  محیط چند ضلعی مقطع بحرانی طبق تعریف بند ۹-۱۲-۱۷-۲-۱-ب و  $b_{om}$  محیط چند ضلعی مقطع بحرانی خاص طبق تعریف بند ۹-۱۲-۱۷-۲-۷ است.

ب - در حالتی که دال علاوه بر برش ناشی از بارهای قائم باید لنگر خمشی به ستون منتقل نماید،  $V_r$  باید چنان باشد که ضوابط بند ۹-۱۲-۱۷-۲-۵-۳ ب تامین شود.

۹-۱۲-۱۷-۲-۷- مقطع بحرانی خاص که در دالهای با کلاhek برشی برای کنترل نیروی برشی مقاوم نهایی مقطع باید مورد استفاده قرار گیرد سطح جانبی منشوری است که وجوه آن عمود بر دال و در فاصله  $(0.75l_v - 0.5c_1)$  از بر ستون قرار دارند. مقطع بحرانی خاص باید چنان در نظر گرفته شود که محیط چند

ضلعی قاعده منشور در آن حداقل باشد لزومی ندارد فاصله وجوه منشور از بر ستون کمتر از  $\frac{d}{2}$  در نظر گرفته شود مقدار محیط این چند ضلعی  $b_{om}$  نامیده می‌شود.

### ۹-۱۲-۱۷-۳- ضوابط و محدودیت‌های کلاهای برشی

۹-۱۲-۱۷-۳-۱- هر کلاهای برشی باید از قطعات فولادی به شکل ۱ یا ناودانی و با شکل مشابه که با جوش نفوذی کامل به هم متصل شده باشند تشکیل شود. بازوهای کلاهای باید یکسان و نسبت به هم متعام باشند. بازوها نباید در مقطع ستون قطع شوند.

۹-۱۲-۱۷-۳-۲- لنگر خمشی مقاوم هر بازوی کلاهای برشی در حد پلاستیک نباید کمتر از مقدار زیر باشد:  
(۹-۱۲-۴۰)

$$M_p = \frac{V_u}{2\eta} [h_v + \alpha_v (l_v - 0.5c_1)]$$

در این رابطه  $\eta$  تعداد بازوها و  $l_v$  حداقل طول بازوی کلاهای است که براساس ملاحظات بند ۹-۱۲-۱۷-۲-۶ مورد نیاز می‌باشد.

۹-۱۲-۱۷-۳-۳- انتهای هر بازوی کلاهای را می‌توان با زاویه‌ای بیشتر از ۳۰ درجه نسبت به افق برید به شرطی که لنگر خمشی پلاستیک مقطع باریک شده باقیمانده، برای تحمل نیروی برشی تخصیص داده شده برای آن بازو کافی باشد.

۹-۱۲-۱۷-۳-۴- مقطع کلاهای برشی باید با توجه به ضوابط زیر انتخاب شود:

الف - ارتفاع مقطع کلاهای نباید بیشتر از ۷۰ برابر ضخامت جان آن باشد.

ب - کلیه بال‌های فشاری مقطع کلاهای باید در داخل محدوده‌ای به فاصله  $0.3d$  در دورترین تار فشاری دال قرار داده شود.

پ - نسبت سختی خمشی هر بازوی کلاهای به سختی خمشی مقطع ترک خورده دال مرکب یا پهنای

$(c_2 + d)$ ،  $\alpha_v$ ، باید کمتر از ۰/۱۵ باشد.

**۹-۱۲-۱۷-۳-۵-** مقاومت خمشی بازوهای کلاhek را می‌توان در کمک به لنگر خمشی مقاوم دال در نوار ستونی دخالت داد. مقدار کمک هر بازو از رابطه زیر تعیین می‌شود:  
(۹-۱۲-۴۱)

$$M_v = \frac{\alpha_v V_u}{2\eta} (l_v - 0.5c_1)$$

در این رابطه  $l_v$  طول واقعی بازو است که به کار گرفته شده است، مقدار  $M_v$  نباید بیشتر از مقادیر زیر در نظر گرفته شود:

الف- ۳۰ درصد کل لنگر خمشی نهایی موجود در نوار ستونی دال

ب- مقدار تغییر لنگر خمشی موجود در نوار ستونی دال در طول  $l_v$

پ- مقدار لنگر خمشی مقاوم پلاستیک کلاhek،  $M_p$

**۹-۱۲-۷-۳-۱۶-** در مواردی که دال باید لنگر خمشی به ستون منتقل نماید، کلاhek باید به قدر کافی مهار شده باشد که بتواند لنگر خمشی  $M_p$  را منتقل نماید.

#### **۹-۱۲-۱۷-۴- بازوها در دالها**

**۹-۱۲-۷-۴-۱-** در مواردی که در یک دال بازشویی در فاصله کمتر از ده برابر ضخامت دال از سطح اثر بار متمرکز یا سطح تکیه‌گاه محدود واقع شود و یا در مواردی که بازشویی در نوار ستونی دال تختی، مطابق تعریف بند ۹-۱۵-۲-۵ واقع شود، مقاطع بحرانی که برای کنترل برش در بندهای ۹-۱۲-۱۷-۳-۱ ب و ۹-۱۲-۱۷-۳-۷ تعریف شده‌اند، مطابق بندهای ۹-۱۲-۱۷-۳-۲ و ۹-۱۲-۷-۳-۱۲ اصلاح می‌شوند.

**۹-۱۲-۱۷-۴-۲-** برای دالهای بدون کلاhek برشی، قسمتی از محیط مقطع بحرانی که به وسیله خطوط مماس بر محدوده بازشو رسم شده از مرکز سطح اثر بار متمرکز یا مرکز تکیه‌گاه، قطع می‌شود بی‌اثر فرض می‌گردد.

۲-۴-۱۷-۱۲-۹- برای دال‌های با کلاhek برشی، قسمتی از محیط مقطع بحرانی که طبق بند ۲-۴-۱۷-۱۲-۹ بی‌اثر فرض می‌شود، نصف می‌گردد.

#### ۵-۱۷-۱۲-۹- انتقال لنگر خمشی در اتصالات دال به ستون

۱-۵-۱۷-۱۲-۹- در مواردی که لنگر خمشی متعادل نشده‌ای،  $M_u$ ، ناشی از بارهای قائم، باد یا زلزله باید بین دال و ستون منتقل شود، قسمتی از آن،  $M_{uv}$ ، با عملکرد خمشی بر اساس ضوابط بند ۳-۴-۱۵-۹ و بقیه آن،  $M_{uv}$ ، از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

(۴۲-۱۲-۹)

$$M_{uv} = \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{b_1}{b_2}}}\right) M_u$$

۲-۵-۱۷-۱۲-۹- برای تعیین تنش برشی ناشی از لنگر خمشی  $M_{uv}$  فرض می‌شود حداکثر این تنش در مقطع بحرانی طبق تعریف بند ۱-۲-۱۷-۱۲-۹، ایجاد می‌شود و مقدار تنش در هر تار از این مقطع متناسب با فاصله آن تار از مرکز سطح مقطع است.

۳-۵-۱۷-۱۲-۹- در مواردی که دال علاوه بر نیروی برشی  $V_u$  تحت اثر برش ناشی از انتقال لنگر خمشی قرار می‌گیرد، مقاومت برشی دال باید برای مقابله با این دو اثر کافی باشد. برای کنترل مقاومت برشی دال در حالت حدی نهایی باید ضوابط زیر رعایت شوند:

الف- در دال‌های بدون کلاhek برشی، مجموع تنش برشی ناشی از بارهای قائم در مقطع بحرانی طبق تعریف

بند ۱-۲-۱۷-۱۲-۹، ب و حداکثر تنش برشی محاسبه شده در بند ۲-۵-۱۷-۱۲-۹ باید کمتر از مقدار  $\frac{V_r}{b_{od}}$  باشد. در این عبارت  $V_r$  نیروی برشی مقاوم نهایی مقطع بحرانی است.

ب- در دال‌های با کلاhek برشی، مجموع تنش برشی ناشی از بارهای قائم در مقطع بحرانی خاص، طبق تعریف بند ۷-۲-۱۷-۱۲-۹ و حداکثر تنش برشی محاسبه شده در بند ۲-۵-۱۷-۱۲-۹ باید کمتر از  $2V_c$  باشد.

### ۹-۱۲-۱۸- ضوابط ویژه برای اتصالات قابها

۹-۱۲-۱۸-۱- در مواردی که بارهای قائم، باد، زلزله و یا سایر بارهای جانبی موجب انتقال لنگر خمشی در اتصالات اعضای قاب به ستونها می‌شوند، ستونها و اتصالات آنها به اعضای قاب باید برای برش حاصل از این لنگر خمشی طراحی شوند.

۹-۱۲-۱۸-۲- در محل اتصالات گیردار اعضای قاب به ستونها باید آرماتور برشی معادل حداقل آنچه در رابطه ۹-۱۲-۱۳ داده شده است در ستون قرار داده شود. این آرماتورها باید در ناحیه‌ای به طول حداقل برابر با ارتفاع بلندترین عضوی که به اتصال می‌رسد ادامه داشته باشند.

۹-۱۲-۱۸-۳- در مواردی که اتصال در ستون از چهار سمت با اعضای قاب با ارتفاع تقریباً یکسان محصور شده باشد، رعایت ضابطه ۹-۱۲-۱۸-۲ الزامی نیست.

۹-۱۲-۱۸-۴- در اتصالات قاب‌هایی که جز عناصر مقاوم در مقابل بارهای جانبی زلزله می‌باشند، ضوابط خاص باید رعایت شوند، این ضوابط در فصل بیستم داده شده‌اند.

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می‌باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.



**فصل سیزدهم**  
**آثار لاغری- کمانش**

**۹-۱۳-۰۰- علائم اختصاری**

واحد	مفهوم	علامت اختصاری
میلیمتر مربع	مساحت کل مقطع	$A_g$
	ضریبی که نمودار واقعی لنگر را به نموداری معادل با لنگر بکنواخت تبدیل می‌کند.	$C_m$
میلیمتر	برون محوری بار در محاسبه لنگر خمشی قطعه و اثر لاغری	$e$
میلیمتر	حداقل برون محوری بار در محاسبه لنگر خمشی قطع و اثر لاغری	$e_{min}$
	سختی خمشی موثر عضو فشاری، روابط ۹-۱۳-۱۱ تا ۹-۱۳-۱۳	$EI_e$
مگاپاسکال	مدول الاستیسیته بتن	$E_c$



مگا پاسکال	مدول الاستیسیته فولاد	$E_s$
مگا پاسکال	مقاومت مشخصه فولاد $(f_{yk})$ که برای تسهیل کار در این فصل حرف k در زیرنویس حذف شده است.	$f_y$
میلیمتر	ضخامت کل عضو	$h$
میلیمتر	ارتفاع طبقه	$h_s$
نیوتن	بار کل جانبی نهایی وارد بر طبقه	$H_u$
میلیمتر به توان چهار	ممان اینرسی کل مقطع	$I_g$
	ضرب طول موثر، روابط ۲-۱۳-۹ تا ۶-۱۳-۹	$k$
میلیمتر	طول آزاد یک قطعه فشاری- طول مهار نشده عضو فشاری	$l_u$
نیوتن- میلیمتر	لنگر خمشی نهایی تشدید شده	$M_c$
نیوتن- میلیمتر	کوچکترین لنگر خمشی نهایی دو انتهای عضو فشاری، مقدار $M_1$ مثبت است اگر انحنای ستون در یک جهت باشد و منفی است اگر انحنای ستون در دو جهت باشد	$M_1$
نیوتن- میلیمتر	لنگر خمشی نهایی انتهای عضو فشاری، در انتهایی که $M_1$ بر آن اثر می‌کند، تحت اثر بارهای که تغییر مکان جانبی قابل ملاحظه‌ای ایجاد نمی‌کنند	$M_{1b}$
	لنگر خمشی نهایی انتهای عضو فشاری، در انتهایی که $M_1$ بر آن اثر	

نیوتن- میلیمتر	می‌کند، تحت اثر بارهایی که تغییر مکان جانبی قابل ملاحظه‌ای ایجاد می‌کنند	$M_{1s}$
نیوتن- میلیمتر	بزرگ‌ترین لنگر خمشی نهایی دو انتهای عضو فشاری، مقدار $M_2$ همواره مثبت فرض می‌شود	$M_2$
نیوتن- میلیمتر	لنگر خمشی نهایی انتهای عضو فشاری، در انتهایی که $M_2$ بر آن اثر می‌کند، تحت اثر بارهایی که تغییر مکان جانبی قابل ملاحظه‌ای ایجاد نمی‌کنند	$M_{2b}$
نیوتن- میلیمتر	لنگر خمشی نهایی انتهای عضو فشاری، در انتهایی که $M_2$ بر آن اثر می‌کند، تحت اثر بارهایی که تغییر مکان جانبی قابل ملاحظه‌ای ایجاد می‌کنند	$M_{2s}$
	حداقل لنگر خمشی $M_2$ مطابق رابطه ۹-۱۳-۲۰	$M_{2 \min}$
نیوتن	بار بحرانی	$N_c$
نیوتن	بار محوری فشاری نهایی	$N_u$
	ضریب پایداری طبقه	$Q$
میلیمتر	شعاع ژیراسیون	$r$
	الف- برای قاب‌های مهار شده $\beta_d$ نسبت بار محوری مرده نهایی به بار محوری نهایی کل می‌باشد. ب- برای قاب‌های مهار نشده، $\beta_d$ نسبت برش نهایی دائمی یک طبقه به برش نهایی کل آن طبقه می‌باشد	$\beta_d$

	ضرب تشدید متعلق به اثر انحنای قطعه	$\delta_b$
	ضرب تشدید متعلق به اثر تغییر مکان جانبی	$\delta_s$
	تغییر مکان جانبی طبقه نسبت به طبقه زیرین به ازای هر ترکیب بار مشخص	$\delta_u$
	ضرب اصلاحی	$\phi_n$
	پارامتر نشان دهنده شرایط تکیه‌گاه‌های انتهایی عضو فشاری، برابر با نسبت مجموع سختی ستون‌ها به مجموع سختی تیرهای منتهی به یک گره در یک صفحه	$\Psi$
	متوسط مقدار $\Psi$ در دو انتهای عضو فشاری	$\Psi_m$
	کوچک‌ترین مقدار $\Psi$ در دو انتهای عضو فشاری	$\Psi_{min}$

### ۹-۱۳-۱- گستره

۹-۱۳-۱-۱ در این فصل آثار ناشی از بار محوری در قطعات میله‌ای لاغر تحت فشار بدون خمشی یا همراه با خمش و نحوه منظور کردن آنها در طراحی قطعات مورد بررسی قرار می‌گیرد. این آثار لاغری نامیده خواهند شد.

۹-۱۳-۲-۱ آثار لاغری شامل آثار ناشی از وجود انحنا در قطعه و آثار ناشی از تغییر مکان جانبی نسبی دو انتهای قطعه به شرح زیر است:

الف- آثار ناشی از وجود انحنا در قطعه، لنگرهای خمشی هستند که به علت عدم انطباق مرکز سطح مقطع بر خطی که دو انتهای آن را به هم وصل می‌کند، به وجود می‌آیند.

ب- آثار ناشی از تغییر مکان جانبی، لنگرهای خمشی و تلاش‌های دیگری هستند که در مقاطع قطعه به علت برون محوری ناشی از تغییر مکان جانبی یک انتهای قطعه نسبت به انتهای دیگر آن به وجود می‌آیند. تغییر

مکان جانبی نسبی دو انتهای قطعه ممکن است به علت بارهای قائم یا بارهای جانبی یا ترکیبی از آنها باشد.

### ۹-۱۳-۲- کلیات

۹-۱۳-۲-۱- طراحی قطعات فشاری، تیرهای مقید کننده آنها و اعضای دیگر تحمیل کننده بار این قطعات باید برای نیروها و لنگرهایی که از تحلیل سازه مرتبه دوم به دست آمده‌اند، انجام گیرد. در این تحلیل علاوه بر نیروهای وارده بر سازه که در تحلیل معمولی سازه‌ها مورد نظر قرار می‌گیرند، باید آثار لاغری مطابق آنچه در بند ۹-۱۳-۱ گفته شد، آثار تغییرات ممان اینرسی ناشی از ترک‌خوردگی، رفتار غیرخطی مصالح، جمع‌شدگی و نیز آثار تابع زمان بارهای دراز مدت در نظر گرفته شوند. ابعاد در نظر گرفته شده هر عضو در تحلیل سازه نایبستی با ابعاد نهایی در نقشه‌های اجرایی بیش از ۵ درصد اختلاف داشته باشد.

۹-۱۳-۲-۲- در صورتی که آثار گرفته شده در بند ۹-۱۳-۲-۱ در تحلیل سازه منظور نشده باشند، می‌توان آنها را به طور تقریب با استفاده از روش «تشدید لنگره‌های خمشی» طبق بند ۹-۱۳-۸ با رعایت محدودیت بند ۹-۱۳-۷ محاسبه کرد.

### ۹-۱۳-۲- طبقات مهار شده جانبی

۹-۱۳-۲-۱- طبقه مهار شده به طبقه‌ای گفته می‌شود که تغییر مکان جانبی نسبی آن ناچیز باشد. چنانچه ضریب پایداری طبقه، که از رابطه ۹-۱۳-۱ به دست می‌آید کوچکتر از ۰/۰۵ باشد، طبقه مهار شده جانبی تلقی می‌شود. در این حالت تمامی قطعات فشاری واقع در این طبقه اصطلاحاً «مهار شده» نامیده می‌شود.

(۹-۱۳-۱)

$$Q = \frac{\sum N_u \delta_u}{H_u h_g}$$

محاسبه  $\delta_u$  با توجه به ضوابط بند ۹-۱۳-۸ انجام می‌گیرد.

۹-۱۳-۲-۲- در ساختمان‌های کوتاه متعارف تا ۴ طبقه در صورتی که مجموع سختی‌های جانبی اعضای مهار کننده طبقه، مانند دیوارهای برشی و باد بندها، مساوی یا بزرگتر از شش برابر مجموع سختی جانبی ستون‌های طبقه باشد، آن طبقه را می‌توان مهار شده تلقی کرد.

**۹-۱۲-۴- طول آزاد قطعات فشاری**

۹-۱۲-۴-۱- طول آزاد قطعه فشاری،  $l_u$  برابر است با فاصله آزاد بین دال‌های طبقات، تیرها یا سایر قطعاتی که قادر به ایجاد تکیه‌گاه جانبی برای آن قطعه باشند.

۹-۱۲-۴-۲- در صورتی که ستون دارای کتیبه یا سر ستون باشد، طول آزاد آن تا سطح تحتانی کتیبه یا سر ستون محاسبه می‌شود.

**۹-۱۲-۵- طول موثر قطعات فشاری**

۹-۱۲-۵-۱- طول موثر قطعه فشاری،  $k l_u$  را می‌توان طبق بندهای ۹-۱۲-۵-۲ تا ۹-۱۲-۵-۴ محاسبه کرد مگر آن که با انجام تحلیل دقیقی که در آن آثار ناشی از ترک‌خوردگی قطعات بر روی سختی جانبی آنها منظور شده باشد، بتوان طول موثر دیگری به دست آورد.

۹-۱۲-۵-۲- ضریب طول موثر،  $k$  در قطعات فشاری مهار شده در می‌توان برابر با یک و یا کوچکترین دو مقدار به دست آمده از روابط ۹-۱۲-۲ و ۹-۱۲-۳ منظور نمود.

(۹-۱۲-۲)

$$k = 0.7 + 0.1\psi_m \leq 1$$

(۹-۱۲-۳)

$$k = 0.85 + 0.05\psi_{\min} \leq 1$$

۹-۱۲-۵-۳- ضریب طول موثر،  $k$  در قطعات فشاری مهار نشده‌ای که در دو انتها مقید باشند با استفاده از رابطه ۹-۱۲-۴ یا رابطه ۹-۱۲-۵ به دست می‌آید:

و در مواردی که  $\psi_m < 2$  باشد:

(۹-۱۲-۴)

$$k = (1 - 0.05\psi_m)\sqrt{1 + \psi_m} \geq 1$$

و در مواردی که  $\psi_m \geq 2$  باشد:  
(۵-۱۳-۹)

$$k = 0.9\sqrt{1 + \psi_m}$$

۴-۵-۱۳-۹- ضریب طول موثر،  $k$  در قطعه فشاری مهار نشده‌ای که یک انتهای آن مفصلی باشد، با استفاده از رابطه ۶-۱۳-۹ به دست می‌آید:  
(۶-۱۳-۹)

$$k = 2 + 0.3\psi$$

که در آن  $\Psi$  مربوط به انتهای غیرمفصلی است.  
۵-۵-۱۳-۹- در محاسبه ممان‌های اینرسی برای تعیین  $\Psi$ ، روابط ۲-۱۳-۹ تا ۶-۱۳-۹ باید از ضوابط بند ۸-۱۳-۹ استفاده نمود.

#### ۶-۱۳-۹- شعاع ژیراسیون

- ۱-۶-۱۳-۹- شعاع ژیراسیون  $r$  را می‌توان به شرح زیر محاسبه کرد:  
الف- در مقاطع مستطیلی:  $0/3$  برابر بعد کلی مقطع در امتدادی که اثر لاغری مورد بررسی است.  
ب- در مقاطع گرد  $0/25$  برابر قطر.  
پ- در سایر مقاطع شعاع ژیراسیون در امتداد مورد نظر با استفاده از رابطه ۷-۱۳-۹ محاسبه می‌شود:  
(۷-۱۳-۹)

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

#### ۷-۱۳-۹- ضوابط اثر لاغری

۹-۱۲-۷-۱- در قطعات فشاری مهار شده در صورتی که  $k \frac{t_u}{r} \leq 34 - 12 \frac{M_1}{M_2}$  باشد، می‌توان از اثر لاغری صرف‌نظر کرد. مقدار  $34 - 12 \frac{M_1}{M_2}$  را نایبستی بیش از ۴۰ در نظر گرفت. نسبت  $\frac{M_1}{M_2}$  مثبت است اگر این دو لنگر موجب انحنای ستون در یک جهت شوند و ۹-۱۲-۷-۲- در قطعات فشاری مهار نشده در صورتی که

$$k \frac{t_u}{r} \leq 22$$

باشد، می‌توان از اثر لاغری صرف‌نظر کرد.

۹-۱۲-۷-۳- در قطعات فشاری با  $k \frac{t_u}{r} > 100$  اثر لاغری باید بر اساس تحلیل دقیق، مطابق بند ۹-۱۲-۲-۱- بررسی شود.

۹-۱۲-۷-۴- استفاده از قطعات فشاری با  $k \frac{t_u}{r} > 200$  مجاز نیست.

### ۹-۱۲-۸- روش تشدید لنگرهای خمشی

۹-۱۲-۸-۱- در این روش لنگرهای خمشی نهایی به دست آمده از تحلیل الاستیکی معمولی با توجه به ضوابط بند ۹-۱۲-۸-۲- برای قاب‌های مهار شده و بند ۹-۱۲-۸-۳- برای قاب‌های مهار نشده تشدید می‌شوند و همراه با بار محوری نهایی به دست آمده از تحلیل مزبور مینای طراحی قطعه فشاری قرار می‌گیرند. در تحلیل الاستیکی خطی باید آثار ترک‌خوردگی اجزای سازه‌ای و آثار بارهای دراز مدت به نحوی منظور گردد. به این منظور استفاده از مقادیر توصیه شده در بند ۹-۱۲-۸-۱۰ قابل قبول است. در صورت حضور بارهای جانبی دراز مدت، مقدار  $EI$  باید به مقدار  $(1 + \beta_d)$  تقسیم شوند.

### ۹-۱۲-۸-۲- طبقات مهار شده

۹-۱۲-۸-۱-۱- در قطعات فشاری طبقات مهار شده لنگر خمشی تشدید یافته،  $M_c$  از رابطه ۹-۱۲-۸- محاسبه می‌شود:

(۸-۱۳-۹)

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

ضریب  $\delta_b$  از رابطه ۹-۱۳-۹ محاسبه می‌شود:  
(۹-۱۳-۹)

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{N_u}{\phi_n N_c}} \geq 1$$

که در آن  $\phi_n = 0.75$  است.

در این رابطه ضریب  $C_m$  و بار بحرانی  $N_c$  به شرح زیر محاسبه می‌شوند:  
ضریب  $C_m$ ، در مواردی که در فاصله بین دو انتهای قطعه فشاری بار جانبی وارد نشود از رابطه ۱۰-۱۳-۹ محاسبه می‌گردد:  
(۱۰-۱۳-۹)

$$C_m = 0.6 + 0.4 \left( \frac{M_{1b}}{M_{2b}} \right) \geq 0.4$$

در سایر موارد  $C_m = 1$  است.

در رابطه ۱۰-۱۳-۹ نسبت  $\frac{M_{1b}}{M_{2b}}$  با توجه به بند ۱-۷-۱۳-۹ در نظر گرفته شود.  
بار بحرانی  $N_c$  از رابطه ۱۱-۱۳-۹ محاسبه می‌شود:  
(۱۱-۱۳-۹)

$$N_c = \frac{\pi^2 EI_e}{(k t_u)^2}$$



که در آن

(۱۲-۱۳-۹)

$$EI_e = \frac{0.2E_c I_g + E_s I_{se}}{1 + \beta_d}$$

یا بطور تقریبی

(۱۳-۱۳-۹)

$$EI_e = 0.25E_c I_g$$

ضریب  $k$  در رابطه ۱۱-۱۳-۹، برای محاسبه  $\delta_b$ ، از بند ۲-۵-۱۳-۹ به دست می‌آید.

**۲-۸-۱۳-۹- طبقات مهار نشده**

۱-۳-۸-۱۳-۹ در قطعات فشاری طبقات مهار نشده، لنگرهای  $M_1$  و  $M_2$  از روابط ۱۴-۱۳-۹ و ۱۵-۱۳-۹ محاسبه می‌گردند:

(۱۴-۱۳-۹)

$$M_1 = M_{1b} + \delta_S M_{1s}$$

(۱۵-۱۳-۹)

$$M_2 = M_{2b} + \delta_S M_{2s}$$

مقادیر  $\delta_S M_{1s}$  و  $\delta_S M_{2s}$  را می‌توان با استفاده از یکی از روش‌های بندهای ۲-۳-۸-۱۳-۹ الی ۲-۸-۱۳-۹ محاسبه نمود. طراحی ستون بر مبنای بار محوری نهایی وارده و لنگر خمشی  $M_2$  رابطه ۱۵-۱۳-۹ انجام می‌گیرد.

۲-۳-۸-۱۳-۹- لنگرهای تشدید یافته  $\delta_S M_{1S}$  و  $\delta_S M_{2S}$  لنگرهای انتهایی ستون هستند که با استفاده از تحلیل مرتبه دوم، با منظور نمودن مشخصات مصالح و ویژگی‌های هندسی مقطع مطابق ضوابط بند ۸-۱۳-۹-۱، محاسبه می‌گردند.

۲-۳-۸-۱۳-۹- روش دیگر محاسبه لنگرهای تشدید یافته  $\delta_S M_{1S}$  و  $\delta_S M_{2S}$  استفاده از رابطه ۱۶-۱۳-۹-۱ می‌باشد. استفاده از این روش فقط در حالتی مجاز است که ضریب پایداری طبقه،  $Q$  از  $\frac{1}{3}$  تجاوز ننماید. (۱۶-۱۳-۹)

$$\delta_S M_s = \frac{M_s}{1-Q} \geq M_s$$

۲-۳-۸-۱۳-۹- روش دیگر محاسبه لنگرهای تشدید یافته  $\delta_S M_{1S}$  و  $\delta_S M_{2S}$  استفاده از رابطه ۱۷-۱۳-۹-۱ است.

(۱۷-۱۳-۹)

$$\delta_S M_s = \frac{M_s}{1 - \frac{\sum N_u}{\phi_n \sum N_c}} \geq M_s$$

در این رابطه ضریب اصلاحی  $\phi_n = 0.75$  است،  $\sum N_u$  مجموع بارهای قائم نهایی طبقه و  $\sum N_c$  مجموع بارهای بحرانی ستون‌هایی از طبقه است که در برابر تغییر مکان جانبی مقاومت می‌کنند. مقدار  $N_c$  برای هر عضو فشاری با استفاده از روابط ۱۱-۱۳-۹ تا ۱۳-۱۳-۹ محاسبه می‌گردد. ضریب  $k$  در رابطه ۱۱-۱۳-۹ با استفاده از بندهای ۲-۵-۱۳-۹ یا ۳-۵-۱۳-۹ به دست می‌آید.

۵-۳-۸-۱۳-۹- در صورتی که در یک عضو فشاری رابطه ۱۸-۱۳-۹ برقرار باشد:

(۱۸-۱۳-۹)

$$\frac{l_u}{r} > \frac{35}{\sqrt{\frac{N_u}{f_c A_g}}}$$

آن عضو باید بر مبنای بار محوری نهایی وارده و لنگر خمشی بحرانی  $M_c$  محاسبه شده مطابق بند ۲-۸-۱۳-۹ طراحی شود. در این مورد ضریب طول موثر،  $k$  از بند ۲-۵-۱۳-۹ و مقادیر لنگر خمشی  $M_1$  و  $M_2$  از روابط ۱۴-۱۳-۹ و ۱۵-۱۳-۹ تعیین می‌شوند.

#### ۹-۱۳-۹- حداقل برون محوری بار

۱-۹-۱۳-۹- در قطعات فشاری مهار شده چنانچه بار محوری و لنگر خمشی حاصل از تحلیل الاستیکی معمولی چنان باشد که برون محوری بار در آنها کمتر از مقادیر زیر باشد:

(۱۹-۱۳-۹)

$$e_{\min} = 15 + 0.03h$$

باید  $e_{\min}$  را به عنوان حداقل برون محوری بار در محاسبات لنگر خمشی عضو و اثر لاغری منظور کرد. این برون محوری باید برای خمش حول هر دو محور اصلی مقطع، به طور جداگانه، به کار گرفته شود. در این صورت لنگر خمشی  $M_{2 \min}$  برابر با:

(۲۰-۱۳-۹)

$$M_{2 \min} = N_u (15 + 0.03h)$$

منظور می‌گردد. در این حالت می‌توان  $C_m$  را برابر با یک در نظر گرفته و یا بر اساس لنگر خمشی  $M_1$  و

$M_2$  دو انتهای عضو محاسبه نمود.

#### ۹-۱۳-۱۰- اثر لاغری در قطعات فشاری تحت اثر خمش دو محوره

۹-۱۳-۱۰-۱- اثر لاغری در قطعات فشاری تحت اثر خمش دو محوره برای هر یک از دو محور اصلی، با توجه به شرایط تکیه‌گاهی دو انتهای قطعه حول همان محور، به طور جداگانه محاسبه می‌شوند.

#### ۹-۱۳-۱۱- تشدید لنگر خمشی در قطعات خمشی متصل به قطعات فشاری

۹-۱۳-۱۱-۱- در قاب‌های مهار نشده، قطعات خمشی متصل به قطعات فشاری باید برای مجموع لنگرهای خمشی تشدید شده قطعات فشاری در آن اتصال طراحی شوند.

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.



### فصل چهاردهم

### تغییر شکل و ترک خوردگی

۹-۹-۱۴-۰۰- علائم اختصاری

واحد	مفهوم	علامت اختصاری
میلیمتر مربع	مساحت موثر کششی بتن تقسیم بر تعداد میلگردها، سطح موثر کششی بتن سطحی است که مرکز آن بر مرکز سطح آرماتورهای کششی منطبق است. در صورتی که قطرهای میلگردها متفاوت باشد، تعداد میلگردها برابر سطح مقطع کل آنها تقسیم بر سطح مقطع بزرگترین آنها در نظر گرفته می شود	$A$
میلیمتر مربع	سطح مقطع آرماتور جلدی (به بند ۹-۹-۱۴-۳-۱-۵ مراجعه شود)	$A_{st}$

میلیمتر	ارتفاع موثر مقطع	$d$
میلیمتر	ضخامت قشر محافظ بتنی که برابر با فاصله دورترین تار کششی تا مرکز نزدیکترین میلگرد به آن در نظر گرفته می‌شود	$d_c$
مگاپاسکال	مقاومت فشاری مشخصه بتن	$f_c$
مگاپاسکال	مدول گسیختگی بتن	$f_r$
مگاپاسکال	تنش در آرماتور کششی زیر اثر بارهای بهره‌برداری	$f_s$
مگاپاسکال	مقاومت مشخصه فولاد ( $f_{yk}$ ) که برای سهولت در این فصل حرف $k$ در زیرنویس حذف شده است.	$f_y$
میلیمتر	ارتفاع کل مقطع	$h$
میلیمتر به توان چهار	ممان اینرسی مقطع ترک‌خورده با در نظر گرفتن اثر آرماتورها	$I_{cr}$
میلیمتر به توان چهار	ممان اینرسی موثر مقطع	$I_e$
	ممان اینرسی موثر مقطع در تکیه‌گاه سمت چپ	$I_{eL}$
	ممان اینرسی موثر مقطع در تکیه‌گاه سمت راست	$I_{eR}$
	ممان اینرسی موثر مقطع در تکیه‌گاه در وسط دهانه	$I_{em}$
میلیمتر به توان چهار	ممان اینرسی مقطع ترک‌نخورده بدون در نظر گرفتن اثر آرماتورها	$I_g$

میلیمتر	طول دهانه موثر	$l$
میلیمتر	طول دهانه آزاد در امتداد دهانه بزرگتر دال‌های دو طرفه، که برابر با فاصله بر تابر تکیه‌گاه‌ها یا تیرهای تکیه‌گاهی می‌باشد	$l_n$
نیوتن-میلیمتر	حداکثر لنگر خمشی در حالت بهره‌برداری	$M_a$
نیوتن-میلیمتر	لنگر خمشی ترک‌خوردگی (به بند ۹-۹-۹-۱۴-۲-۴-۲ مراجعه شود)	$M_{cr}$
میلیمتر	فاصله محور خنثی در مقطع ترک‌نخورده، بدون در نظر گرفتن اثر آرماورها از دورترین تار کششی	$Y_t$
میلیمتر	عرض ترک‌خوردگی	$W$
	نسبت سختی خمشی مقطع تیر به سختی خمشی نواری از دال که از طرفین به محورهای مرکزی چشمه‌های مجاور در صورت وجود، محدود شده باشد	$\alpha$
	متوسط مقدار $\alpha$ برای تمام تیرهای روی لبه یک چشمه دال	$\alpha_m$
	نسبت طول دهانه آزاد بزرگتر به طول دهانه آزاد کوچکتر در دال‌های دو طرفه	$\beta$
	ضریب تابع زمان برای بارهای مرده، به بند ۹-۹-۱۴-۲-۴-۲ مراجعه شود.	$\zeta$
	ضریبی برای محاسبه اضافه افتادگی دراز مدت، به بند ۹-۹-۱۴-۲-۴-۲ مراجعه شود.	$\lambda$
	نسبت آرماور فشاری	$\rho'$

۹-۱۴-۱-۱ گستره

۹-۱۴-۱-۱- ضوابط این فصل باید برای کنترل اجزا خمشی تحت شرایط حالت‌های حدی بهره‌برداری رعایت شوند. این

ضوابط شامل محاسبه تغییر شکل و ترک خوردگی و محدودیت‌های مربوط به آنها است.

۹-۱۴-۱-۲- محاسبه تغییر شکل و ترک خوردگی بر مبنای ترکیبات، بار گذاری مربوط به حالت حدی بهره‌بردار مطابق ضوابط بند ۹-۱۰-۱۱ و تغییرات خطی تنش- کرنش بتن و فولاد انجام می‌شود.

#### ۹-۱۴-۲- تغییر شکل

۹-۱۴-۲-۱- در قطعات تحت خمش، سختی قطعات باید به اندازه‌ای باشد که تغییر شکل ایجاد شده شرایط مطلوب بهره‌برداری را حفظ کند.

۹-۱۴-۲-۲- در محاسبه سختی قطعات باید اثر ترک خوردگی بتن و اثر میلگردها در نظر گرفته شود.

۹-۱۴-۲-۳- تغییر شکل مربوط به بارهای دائمی و دراز مدت نیز منظور گردد.

#### ۹-۱۴-۲-۴- محاسبه تغییر شکل در تیرها و دال‌های یکطرفه

۹-۱۴-۲-۴-۱- تغییر شکل آتی اجزای بتن آرمه را می‌توان با استفاده از روش‌های معمول تحلیل سازه‌ها و روابطی که بر اساس رفتار خطی مصالح تنظیم شده‌اند، محاسبه کرد. در این روش‌ها و روابط، ضریب ارتجاعی بتن،  $E_c$  باید بر طبق رابطه ۹-۱۰-۱ و ممان اینرسی موثر قطعه باید طبق ضوابط بند ۹-۱۴-۲-۴-۲ در نظر گرفته شوند.

۹-۱۴-۲-۴-۲- ممان اینرسی موثر اعضا بر اساس مشخصات مقطع و میزان ترک خوردگی آنها به شرح زیر محاسبه می‌شود:

الف- اعضای با تکیه‌گاه‌های ساده و اعضای طره‌ای، ممان اینرسی موثر بر اساس مشخصات مقطع به ترتیب در وسط دهانه و در تکیه‌گاه از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

(۹-۱۴-۱)

$$I_e = I_{cr} + (I_g - I_{cr}) \left( \frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3$$

در این رابطه  $M_{cr}$  لنگر خمشی ترک خوردگی مقطع، از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

(۹-۱۴-۲)



$$M_{cr} = \frac{f_r \cdot I_g}{y_t}$$

مدول گسیختگی بتن،  $f_r$  نیز با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:  
(۲-۱۴-۹)

$$f_r = 0.6 \sqrt{f_c}$$

مقدار  $I_e$  در هیچ حالت نباید بیشتر از  $I_g$  در نظر گرفته شود.  
ب- در قطعات یکسره، ممان اینرسی موثر برابر با مقدار متوسط ممان اینرسی موثر قطعه که بر اساس مشخصات مقاطع بحرانی در وسط دهانه و بر روی تکیه‌گاه‌ها و با استفاده از رابطه ۹-۱۴-۲ محاسبه شده باشد، در نظر گرفته می‌شود. در اعضای یکسره ممان اینرسی موثر را می‌توان برابر با مقدار این ممان اینرسی در مقطع بحرانی، در وسط دهانه منظور کرد.

(۴-۱۴-۹)

$$I_e = \frac{1}{4} (I_{eL} + 2I_{em} + I_{eR})$$

۹-۱۴-۲-۳-۴- تغییر شکل اضافی ایجاد شده در اعضا در طول زمان که معمولاً «اضافه افتادگی دراز مدت» نامیده می‌شود، در صورت عدم استفاده از روش‌های تحلیلی دقیق‌تر، می‌توان از حاصلضرب تغییر شکل آنی ناشی از بار دائمی در ضریب  $\lambda$  که از رابطه زیر مشخص شده است، بدست آورد:  
(۵-۱۴-۹)

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

در این رابطه  $\rho'$  نسبت آرماتور فشاری در مقطع وسط دهانه در اعضای با تکیه‌گاه‌های ساده یا پیوسته و در مقطع تکیه‌گاه در اعضای طره‌ای است. مقدار ضریب وابسته به زمان  $\xi$  را می‌توان برابر با مقادیر زیر

در نظر گرفت:

- زمان ۵ سال یا بیشتر ۲/۰	
- زمان ۱۲ ماه	۱/۴
- زمان ۶ ماه	۱/۲
- زمان ۳ ماه	۱/۰

#### ۹-۱۴-۲-۵- محدودیت تغییر شکل در تیرها و دالها

۹-۱۴-۲-۵-۱- تغییر شکل ایجاد شده در تیرها و دالها نباید از مقادیر مشخص شده جدول ۹-۱۴-۱ تجاوز کند.  
 ۹-۱۴-۲-۵-۲- در ساختمان‌های متعارف مسکونی، اداری و تجاری رعایت محدودیت‌های شماره ۲ و ۴ از جدول شماره ۹-۱۴-۱ کافی تلقی می‌شود.

۹-۱۴-۲-۵-۳- در ساختمان‌های متعارف و تحت بارگذاری‌های معمول در تیرها و دال‌های یکطرفه‌ای که ارتفاع با ضخامت آنها از مقادیر مندرج در جدول شماره ۹-۱۴-۲ بیشتر است، محاسبه تغییر شکل الزامی نیست. مشروط بر آنکه این تیرها و دال‌ها بر قطعاتی غیرسازه‌ای مانند دیوارهای تقسیم متصل نباشند و یا آنها را نگهداری نکنند، به طوری که تغییر شکل زیاد در آنها خساراتی ایجاد کند.

#### ۹-۱۴-۲-۶- محاسبه تغییر شکل در دال‌های دو طرفه

۹-۱۴-۲-۶-۱- در دال‌های دو طرفه تغییر شکل آنی را می‌توان با استفاده از روش‌های معمول تحلیل صفحات و روابطی که براساس رفتار خطی آنها تنظیم شده‌اند، محاسبه کرد. در این روش‌ها و روابط، ضریب ارتجاعی بتن،  $E_c$  باید طبق رابطه ۹-۱۰-۱ و ممان اینرسی موثر دال‌ها طبق رابطه ۹-۱۴-۱ در نظر گرفته شوند. مقادیر دیگری در محاسبه تغییر شکل آنی نیز می‌توان به کاربرد مشروط بر آنکه نتایج حاصل با انجام آزمایش‌های کافی تایید شده باشند.  
 ۹-۱۴-۲-۶-۲- در سیستم دال‌های دو طرفه که براساس ضوابط فصل پانزدهم طراحی شده‌اند در صورتی که ضخامت دال بیشتر از مقادیر مشخص شده در بندهای ۹-۱۴-۲-۶-۲ و ۹-۱۴-۲-۶-۵ باشد، محاسبه تغییر شکل الزامی نیست.  
 ۹-۱۴-۲-۶-۳- حداقل ضخامت دال‌های تخت که در آنها تیرهای میانی بین تکیه‌گاه‌ها وجود ندارد، براساس مقادیر مندرج در جدول شماره ۹-۱۴-۲ در نظر گرفته شود. این ضخامت در هر حال نباید کمتر از مقادیر زیر اختیار شود:

جدول شماره ۹-۱۴-۱- محدودیت تغییر شکل در تیرها و دالها

--	--	--	--

ملاحظات	محدودیت تغییر شکل	تغییر شکل مورد نظر	انواع قطعه
-	$\frac{l}{180}$	تغییر شکل آنی ناشی از بارهای زنده	۱- بام‌های تخت که به قطعاتی غیرسازه‌ای متصل نیستند یا آنها را نگهداری نمی‌کنند لذا تغییر شکل زیاد آسبیدی در این قطعات ایجاد نمی‌کند
-	$\frac{l}{360}$	مانند بالا	۲- مانند بالا در مورد کفها
تبصره ۱	$\frac{l}{480}$	آن قست از تغییر شکل که بعد از اتصال قطعات غیرسازه‌ای ایجاد می‌شود. منظور مجموع اضافه	۳- بام‌ها یا کف‌هایی که به قطعات غیرسازه‌ای متصل هستند یا آنها را نگهداری می‌کنند و تغییر شکل زیاد ممکن است آسبیدی در این قطعات ایجاد کند.
تبصره ۲ و تبصره ۳	$\frac{l}{240}$	افتادگی دراز مدت ناشی از بارهای دائمی و تغییر شکل آنی ناشی از بارهای زنده است.	۴- بام‌ها یا کف‌هایی که به قطعات غیرسازه‌ای متصل هستند یا آنها را نگهداری می‌کنند ولی تغییر شکل زیاد آسبیدی در این قطعات ایجاد نمی‌کند

تبصره ۱ - در صورتی که بتوان با اتخاذ تدابیری ویژه از ایجاد آسبید به قطعات غیرسازه‌ای جلوگیری کرد، حد مربوط به محدودیت را می‌توان کاهش داد.

تبصره ۲ - تغییر شکل نباید از حد رواداری قطعات غیرسازه‌ای تجاوز کند. در صورتی که در قطعه خیز ایجاد شده باشد، حد محدودیت مشخص شده در مورد تفاضل تغییر شکل و خیز اعمال می‌گردد.

تبصره ۳ - اضافه تغییر شکل دراز مدت براساس ضابطه ۹-۱۴-۲-۳ محاسبه می‌شود ولی می‌توان اضافه تغییر شکل

دراز مدت را که قبل از اتصال قطعات غیرسازه‌ای در عضو ایجاد شده محاسبه نمود و از کل مقدار اضافه تغییر شکل دراز مدت کاست. در محاسبات تغییر شکل مورد نظر مقدار باقیمانده دخالت داده می‌شود.

جدول ۹-۱۴-۲- حداقل ارتفاع یا ضخامت تیر یا دال یکطرفه

عضو	با تکیه‌گاه‌های ساده	با تکیه‌گاه‌های پیوسته از یک طرف	با تکیه‌گاه‌های پیوسته از دو طرف	کنسول
تیرها یا دال‌های یکطرفه پشت بنددار	$\frac{l}{16}$	$\frac{l}{18.5}$	$\frac{l}{21}$	$\frac{l}{8}$
دال‌های دو طرفه توپر یا سقف تیرچه و بلوک	$\frac{l}{20}$	$\frac{l}{24}$	$\frac{l}{28}$	$\frac{l}{10}$

تبصره - جدول فوق برای فولاد طی نوع s400 تنظیم شده است. برای سایر انواع فولادها مقادیر جدول باید در ضریب

$$\left(0.4 + \frac{f_y}{670}\right)$$

ضرب شوند.

جدول ۹-۱۴-۳- حداقل ضخامت دال‌های بدون تیر میانی

نوع فولاد	بدون کتیبه		با کتیبه	
	پانل‌های بیرونی		پانل‌های درونی	
	بدون تیر لبه	با تیر لبه	بدون تیر لبه	با تیر لبه

$\frac{l_n}{40}$	$\frac{l_n}{40}$	$\frac{l_n}{36}$	$\frac{l_n}{36}$	$\frac{l_n}{36}$	$\frac{l_n}{33}$	S300
$\frac{l_n}{36}$	$\frac{l_n}{36}$	$\frac{l_n}{33}$	$\frac{l_n}{33}$	$\frac{l_n}{33}$	$\frac{l_n}{30}$	S400

تبصره ۱ - کتیبه‌ها یا سرستون‌های عنوان شده در این جدول باید مطابق تعریف بند ۴-۳-۱۵ باشند.

تبصره ۲ - تیرهای لبه باید دارای نسبت سختی،  $\alpha$  برابر با حداقل ۰/۸ باشند.

الف - در دال‌های بدون کتیبه مطابق تعریف‌های بندهای ۲-۴-۳-۱۵ و ۳-۴-۳-۱۵، ۱۲۵ میلیمتر.

ب - در دال‌های با کتیبه یا سرستون مطابق تعریف بندهای ۲-۴-۴-۱۵ و ۳-۴-۴-۱۵.

۹-۱۴-۲-۵-۵- حدافل ضخامت دال‌هایی که در تمام اضلاع روی تیرها تکیه دارند و نسبت طول دهانه بزرگتر به طول

دهانه کوچکتر در آنها کمتر از ۲ است، باید به شرح زیر تعیین شود:

الف - در دال‌هایی که نسبت  $\alpha_m$  در آنها مساوری یا کوچکتر از ۰/۲ است، طبق ضابطه بند ۴-۶-۲-۱۴-۹

ب - در دال‌هایی که نسبت  $\alpha_m$  در آنها بزرگتر از ۰/۲ و کوچکتر از ۲ است، طبق رابطه زیر:

(۶-۱۴-۹)

$$h = \frac{l_n(800 + 0.6f_y)}{36000 + 5000\beta(\alpha_m - 0.2)}$$

ضخامت دال در این حالت نباید کمتر از ۱۲۵ میلیمتر در نظر گرفته شود:

پ - در دال‌هایی که نسبت  $\alpha_m$  در آنها مساوری یا بزرگتر از ۲ است طبق رابطه زیر:

(۷-۱۴-۹)

$$h = \frac{l_n(800 + 0.6f_y)}{36000 + 9000\beta}$$

ضخامت دال در این حالت نباید کمتر از ۹۰ میلیمتر در نظر گرفته شود.

۹-۱۴-۲-۶-۶- در مورد تیرهایی که محدودیت های نسبت دهانه به ارتفاع جدول شماره ۹-۱۴-۲ را جوابگو نیستند، و یا سرستون های با بیش از سه درصد فولاد (در محلی غیر از محل وصله ها) مقدار تنش فشاری بتن تحت بارهای بلندمدت بدون ضریب به  $0.45f_c$  و تحت بارهای بهره برداری به  $0.6f_c$  محدود می شود.

### ۹-۱۴-۲- ترک خوردگی ها

#### ۹-۱۴-۲-۱- کلیات

۹-۱۴-۲-۱-۲- در تیرها و دال های یک طرفه مقدار تقریبی عرض ترک خوردگی را می توان در بند ۹-۱۴-۲-۲ محاسبه نمود. در این قطعات رعایت محدودیت های مندرج در بند ۹-۱۴-۲-۳ الزامی است.

۹-۱۴-۲-۱-۳- در دال های دو طرفه یا دال های تخت و قارچی محاسبه عرض ترک خوردگی الزامی نیست و تنها رعایت ضوابط مربوط به آرماتور حرارت و جمع شدگی کافی است.

۹-۱۴-۲-۱-۴- در مواردی که بال های تیر با مقطع T شکل در کشش اند، قسمتی از آرماتور کششی باید در بال ها توزیع شود. این میلگردها در ناحیه ای به طول عرض در مواردی که عرض موثر تیر T از یکدهم طول دهانه، هر کدام کوچکترند، قرار داده شوند. در مواردی که عرض موثر تیر T از یکدهم طول دهانه تیر بزرگتر است، مقداری آرماتور کششی اضافی باید در نواحی خارج از ناحیه توزیع شده میلگردها در بال قرار داده شوند.

۹-۱۴-۲-۱-۵- در مواردی که ارتفاع جان تیر از ۶۰۰ میلیمتر تجاوز می کند در شرایط محیطی ملایم، آرماتورگونه،  $A_{st}$ ، صرف نظر از جنبه ابعادی آن، به مقدار  $(d - 750) \geq 150$  میلیمتر مربع در هر متر ارتفاع، در هر یک از گونه های طرفین

تیر، باید در ناحیه ای به ارتفاع  $\frac{d}{2}$  بالاتر از آرماتور کششی پیش بینی شود. لزومی ندارد مقدار کل این آرماتور در تیر بیشتر از نصف آرماتور کششی تیر در نظر گرفته شود. در شرایط محیطی شدید مقدار سطح مقطع آرماتورگونه بازای هر متر طول جدار از ۳۰۰ میلیمتر مربع و در شرایط محیطی خیلی شدید و فوق العاده شدید مقدار این سطح مقطع از ۵۰۰

میلیمتر مربع نباید کمتر منظور گردد. فاصله میلگردهای گونه از یکدیگر نباید بیشتر از  $\frac{d}{6}$  یا ۳۰۰ میلیمتر اختیار شود. کمک این میلگردها را به مقاومت خمشی تیر نیز می‌توان در محاسبات منظور کرد.

#### ۹-۱۴-۲-۲- محاسبه عرض ترک خوردگی

۹-۱۴-۲-۱- در تیرها و دال‌های یکطرفه مقدار عرض ترک خوردگی را، در صورت عدم انجام محاسبات دقیق‌تر، می‌توان از رابطه زیر محاسبه کرد:  
(۹-۱۴-۷)

$$W = 13 \times 10^{-6} f_c \sqrt[3]{d_c A}$$

در شرایط محیطی ملایم، متوسط و شدید مقدار تنش  $f_s$  به  $\frac{2}{3} f_y$  و در شرایط محیطی خیلی شدید و فوق‌العاده شدید مقدار این تنش به  $\frac{1}{2} f_y$  محدود می‌شود.

#### ۹-۱۴-۲-۲- محدودیت عرض ترک خوردگی

۹-۱۴-۲-۱- عرض ترک خوردگی در تیرها و دال‌های یکطرفه نباید از مقدار ۰/۳۵ میلیمتر تجاوز نماید.  
۹-۱۴-۲-۲- محدودیت عرض ترک خوردگی بند ۹-۱۴-۳-۱-۳ در مواردی که سازه در معرض شرایط محیطی مهاجم قرار دارد و یا در مواردی که سازه باید آب‌بندی شود، کافی نیست. در این نوع موارد به کارگیری ضوابط ویژه دیگری الزامی است.  
مقدار عرض ترک در تیرها و دال‌های یکطرفه متناسب با شرایط محیطی ذکر شده در بخش به مقادیر زیر محدود می‌شود:

- شرایط محیطی ملایم یا متوسط ۰/۳۵ میلیمتر
- شرایط محیطی شدید ۰/۲ میلیمتر
- شرایط محیطی خیلی شدید و فوق‌العاده شدید ۰/۱ میلیمتر

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.





### فصل پانزدهم

### طراحی دالها

#### ۹-۱۵-۰۰- علامت اختصاری

واحد	مفهوم	علامت اختصاری
میلیمتر	ابعاد مربوط به محیط بحرانی برش سوراخ‌شدگی که به فاصله $\frac{d}{2}$ از لبه تکیه‌گاه قرار دارند ( $b_1$ در امتداد محور طولی نوار پوششی و $b_2$ در امتداد عرض آن)	$b_1$ و $b_2$
میلیمتر	بعد ستون مستطیلی یا ستون مربع معادل، سر ستون یا کنیبه سرستون در امتداد دهانه‌ای که لنگرها برای آن محاسبه می‌شوند	$c_1$
میلیمتر	بعد ستون مستطیلی یا ستون مربع معادل، سرستون یا کنیبه سرستون در امتداد عمود بر دهانه‌ای که لنگرها برای آن محاسبه می‌شوند	$c_2$
میلیمتر	طول دهانه، مرکز تا مرکز تکیه‌گاه‌ها، در امتدادی که لنگرها برای آن محاسبه می‌شوند	$l_1$
میلیمتر	طول دهانه، مرکز تا مرکز تکیه‌گاه‌ها، در امتداد عمود بر امتداد $A_c$	$l_2$

طول گیرایی	$l_d$	میلیمتر
طول آزاد دهانه، فاصله بر تا بر تکیه‌گاه‌ها	$l_n$	میلیمتر
لنگر خمشی نهایی	$M_u$	نیوتن-میلیمتر
کسری از لنگر متعادل نشده که به وسیله خمش منتقل می‌شود	$M_{uf}$	نیوتن-میلیمتر
کسری از لنگر متعادل نشده که به وسیله برش منتقل می‌شود	$M_{uv}$	نیوتن-میلیمتر
نسبت سختی خمشی مقطع تیر به سختی خمش نواری از دال که از طرفین به محورهای مرکزی چشمه‌های مجاور در صورت وجود، محدود شده باشد.	$\alpha$	

#### ۹-۱۵-۱-۱- گستره

۹-۱۵-۱-۱- ضوابط این فصل مربوط به طراحی سیستم‌هایی از دال‌ها است که مشخصات هندسی آنها در بند ۹-۱۰-۵ تعریف شده است. سیستم دال‌ها می‌تواند دارای تیرهای زیرسری باشد و یا مستقیماً روی ستون یا دیوار تکیه کنند.

۹-۱۵-۱-۲- سیستم‌هایی که در آنها دال مستقیماً روی ستون‌هایی بدون سرستون، دال تخت، یا با سرستون، دال قارچی، تکیه دارند به شرطی مشمول ضوابط این فصل می‌شوند که آن قسمت از سرستون که خارج از بزرگترین مخروط یا هرم ناقص محاط در داخل ستون و سرستون با زاویه تمایل یال‌ها یا وجه کمتر از ۴۵ درجه نسبت به محور ستون، قرار می‌گیرد از نظر سازه‌ای نادیده انگاشته می‌شود. در این حالت ابعاد  $c_1$  و  $c_2$  ابعاد سطح تقاطع همین مخروط یا هرم با دال، یا کتیبه سرستون، در صورت وجود، محسوب می‌شود و دهانه آزاد دال،  $l_n$ ، با توجه به همین ابعاد تعیین می‌شود.

۹-۱۵-۱-۳- سیستم‌های دال‌های مشبک با یا بدون قطعات پرکننده بین تیرچه‌ها، با شرط آنکه تیرچه‌ها در دو امتداد وجود داشته باشند، مشمول ضوابط این فصل می‌شوند.

#### ۹-۱۵-۲- تعاریف

##### سیستم دال

به مجموعه‌ای از قطعات صفحه‌ای با یا بدون تیر گفته می‌شود که تحت اثر بارهای عمود بر صفحه خود قرار می‌گیرند. سیستم‌های معمول دال‌ها عبارتند از تیر-دال، دال تخت، دال قارچی و دال مشبک.

### نوار پوششی

به قسمتی از سیستم دال گفته می‌شود که در دو سمت محور ستون‌های واقع در یک ردیف در پلان قرار می‌گیرد و به محورهای طولی گذرنده از وسط چشمه‌های مجاور محدود شود.

### نوار ستونی

به قسمتی از نوار پوششی گفته می‌شود که در دو سمت محور ستون‌ها واقع شود و عرض آن در هر سمت محور برابر با  $0.25l_1$  و یا  $0.25l_2$  هر کدام کوچکتر است، باشد. این نوار شامل تیر بین ستون‌ها در صورت وجود، نیز می‌شود.

### نوار میانی

نواری از سیستم دال است که در حد فاصل دو نوار ستونی قرار می‌گیرد.

### نوار کناری

در سیستم تیر-دال نواری از دال است که در هر سمت تیر در نوار ستونی قرار می‌گیرد.

### تیر در سیستم تیر-دال

تیر در دال‌ها شامل جان تیر و قسمتی از دال است که در هر سمت تیر دارای عرضی برابر با تصویر مایل  $45^\circ$  درجه آن قسمت از جان تیر باشد که در زیر یا در روی دال، هر کدام ارتفاع بیشتری دارد، قرار می‌گیرد مشروط بر آنکه این عرض در هر سمت جان بزرگتر از چهار برابر ضخامت دال نباشد.

### چشمه دال

قسمتی از سیستم دال است که به محورهای ستون‌هاف تیرها، یا دیوارهای تکیه‌گاهی محدود می‌شود.

## ۹-۱۵-۳- ضوابط کلی طراحی دالها

### ۹-۱۵-۳-۱- ضخامت دال

۹-۱۵-۳-۱-۱- در تعیین ضخامت دال‌های مشمول این فصل باید ضوابط مربوط به حالات حدی بهره‌برداری مطابق فصل چهاردهم رعایت شوند.

### ۹-۱۵-۳-۲- طراحی برای خمش و برش

۹-۱۵-۳-۲-۱- دال‌ها و تیرهای زیر سری آنها باید برای لنگرهای خمشی و نیروهای برشی موجود در هر مقطع و بر اساس ضوابط فصل‌های یازدهم و دوازدهم طراحی شوند. در دال‌ها حداقل آرماتور کششی مطابق بند ۹-۱۵-۴ تعبیه می‌شود.

۹-۱۵-۳-۲-۲- طراحی برای انتقال بار از دال به ستون و یا دویار زیر سری به صورت برشی یا پیچشی باید بر اساس ضوابط فصل

دوازدهم صورت گیرد.

#### ۹-۱۵-۳-۲- انتقال لنگر خمشی در اتصالات دال به ستون

۹-۱۵-۳-۳-۱- در مواردی که لنگر خمشی متعادل نشده‌ای،  $M_u$ ، ناشی از بارهای قائم، باد یا زلزله باید بین دال، بدون تیر و ستون منتقل شود، قسمتی از آن،  $M_{uf}$ ، با عملکرد خمشی و بقیه آن،  $M_{uv}$ ، با اثر نیروی برشی خارج از مرکزی که در اطراف ستون در دال ایجاد می‌شود، منتقل می‌گردد. مقدار  $M_{uf}$  از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

(۹-۱۵-۱)

$$M_{uf} = \frac{M_u}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{b_1}{b_2}}}$$

۹-۱۵-۳-۳-۲- لنگر خمشی  $M_{uf}$  توسط عرضی از دال که به دو مقطع به فواصل ۱/۵ برابر ضخامت دال یا ضخامت کتیبه دال از بر خارجی ستون در دو سمت آن محدود است، تحمل می‌شود. آرماتورهای مورد نیاز برای تحمل این لنگر خمشی باید در همین عرض جای داده شوند.

۹-۱۵-۳-۳-۳- طراحی برای آن قسمت از لنگر خمشی که با اثر نیروی برشی خارج از محوری که در اطراف ستون در دال یا کتیبه دال منتقل می‌شود،  $M_{uv}$ ، باید بر اساس ضوابط بند ۱۲-۱۷-۵ صورت گیرد.

#### ۹-۱۵-۳-۴- کتیبه دالها

۹-۱۵-۳-۴-۱- در مواردی که برای کاهش مقدار آرماتور منفی روی ستون‌های دال‌های تخت یا قارچی، اقدام به ایجاد کتیبه در روی ستون می‌شود، ضوابط بندهای ۹-۱۵-۳-۴-۲ تا ۹-۱۵-۳-۴-۴ باید رعایت شوند.

۹-۱۵-۳-۴-۲- بعد کتیبه در هر سمت محور ستون نباید کمتر از یک ششم طول دهانه (مرکز تا مرکز تکیه‌گاه‌ها) در امتداد آن دهانه در نظر گرفته شود.

۹-۱۵-۳-۴-۳- ضخامت کتیبه نباید کمتر از یک چهارم ضخامت دال باشد.

۹-۱۵-۳-۴-۴- در محاسبه مقدار آرماتورهای منفی در ناحیه کتیبه نباید ضخامت کتیبه را بیشتر از یک چهارم فاصله بعد کتیبه از بر ستون یا از بر ستون منظور کرد.

#### ۹-۱۵-۳-۵- بازشوها در سیستم دالها

۹-۱۵-۳-۱-۵- در سیستم‌های دال‌ها می‌توان بازشوهایی با هر اندازه پیش‌بینی کرد، مشروط بر آنکه با انجام تحلیل ویژه بتوان نشان داد سیستم از مقاومت کافی برخوردار باشد و ضوابط مربوط به حالات حدی بهره‌برداری به ویژه ضوابط مربوط به تغییر شکل‌ها را ارضا می‌کند.

۹-۱۵-۳-۲-۵- در صورتی که تحلیل ویژه‌ای انجام نشود، باید ضوابط بندهای ۹-۱۵-۳-۲-۵ تا ۹-۱۵-۳-۵-۵ را در تعیین محل و ابعاد بازشوها رعایت کرد. در تمامی موارد باید در طرفین بازشوها در هر امتداد، آرماتورهای اضافی به اندازه آرماتورهای قطع شده قرار داد.

۹-۱۵-۳-۲-۵-۲- در نواحی مشترک بین دو نوار میانی متقاطع دال می‌توان هر بازشویی با هر اندازه‌ای پیش‌بینی کرد.

۹-۱۵-۳-۲-۵-۴- در نواحی مشترک بین دو نوار ستونی متقاطع دال فقط بازشوهایی با ابعاد کمتر از یک هشتم عرض نوار در هر جهت می‌توان پیش‌بینی کرد.

۹-۱۵-۳-۲-۵-۵- در نواحی مشترک بین یک نوار ستونی و یک نوار میانی متقاطع دال فقط بازشوهایی با ابعاد کمتر از یک چهارم عرض نوار در هر جهت می‌توان پیش‌بینی کرد.

۹-۱۵-۳-۲-۵-۶- در صورت ایجاد بازشو در سیستم دال، باید ضوابط طراحی برای برش مطابق بند ۱۲-۱۷-۴ رعایت شوند.

۹-۱۵-۳-۲-۵-۷- در دال‌های تیر- ستونی، بازشوها نباید از محل تیرها عبور کند، مگر آنکه تحلیل قابل قبولی ارائه شود.

#### ۹-۱۵-۴- آرماتورگذاری در دال‌ها

##### ۹-۱۵-۴-۱- ضوابط کلی آرماتورگذاری

۹-۱۵-۴-۱-۱- مقادیر آرماتورهای لازم در مقاطع مختلف دال در هر امتداد بر مبنای لنگرهای خمشی وارد بر آن مقاطع محاسبه می‌شوند. مقادیر آرماتورهای کششی بکار رفته در دال‌ها در هر صورت نباید کمتر از مقادیر نظیر حرارت و جمع‌شدگی مطابق بند ۹-۱۵-۳-۱-۲ در نظر گرفته شوند.

۹-۱۵-۴-۱-۲- نسبت سطح مقطع میلگردهای حرارت و جمع‌شدگی به کل سطح مقطع بتن برای دال‌هایی به ضخامت کمتر از مساوی ۱۰۰۰ میلیمتر نباید از مقادیر زیر کمتر اختیار شود:

S350	002/0 و S300, S220	- برای میلگردهای
S400	0018/0	- برای میلگردهای
S500	0015/0	- برای میلگردهای

۹-۱۵-۴-۱-۲- فاصله میلگردهای خمشی در دالها، جز در دالهای مشبک، نباید از دو برابر ضخامت دال و نه از ۲۵۰ میلیمتر تجاوز کند. در دالهای مشبک، حداقل آرماتورگذاری در ناحیه‌ای از دال که روی حفره‌ها قرار دارد بر طبق بند ۹-۱۵-۴-۱-۲ تعیین می‌شوند. در مورد دالهای در معرض شرایط محیطی شدید فاصله میلگردها به دو برابر ضخامت و ۲۵۰ میلیمتر و برای شرایط محیطی خیلی شدید و فوق‌العاده شدید به ۱/۵ برابر ضخامت و ۲۰۰ میلیمتر محدود می‌شود.

۹-۱۵-۴-۱-۴- میلگردهای خمشی مثبت عمود به بعد ناپیوسته دال باید تا لبه دال ادامه یابند و بعلاوه، به طولی حداقل معادل ۱۵۰ میلیمتر به طور مستقیم، با قلاب یا بدون آن، در تیر پیشانی یا دیوار یا ستون داخل شوند.

۹-۱۵-۴-۱-۵- میلگردهای خمشی منفی عمود بر لبه ناپیوسته دال باید با خم یا قلاب یا وسیله مهار دیگری در داخل تیر پیشانی یا دیوار ستون به طور کامل مهار شوند. برای این میلگردها باید گیرایی کامل در مقطع بر داخلی تکیه‌گاه، بر اساس ضوابط فصل هیجدهم، تامین شود.

۹-۱۵-۴-۱-۶- در مواردی که دال در لبه ناپیوسته به تیر پیشانی یا دیوار منتهی نشود یا فراتر از تکیه‌گاه کنسول شود، مهار کردن میلگردهای عمود بر این لبه می‌تواند داخل دال صورت گیرد.

#### ۹-۱۵-۴-۲- جزئیات ویژه برای آرماتورگذاری دالهای با تیر

۹-۱۵-۴-۲-۱- سیستم‌های تیر-دالی که در آنها  $\alpha$  بزرگتر از یک باشد، در گوشه‌های خارجی دالها باید آرماتورهای ویژه‌ای به شرح بندهای ۹-۱۵-۴-۲-۲ تا ۹-۱۵-۴-۲-۵ در پایین و بالای دال اضافه کرد

۹-۱۵-۴-۲-۲- هر یک از آرماتورهای ویژه در پایین و بالای دال در واحد عرض، باید قادر باشد حداکثر لنگر خمشی مثبت دال را تحمل کند.

۹-۱۵-۴-۲-۳- آرماتورهای ویژه باید بالای دال به زاویه ۴۵ درجه و تقریباً در امتداد قطر گذرنده از گوشه دال و در پایین دال عمود بر این قطر قرار گیرند.

۹-۱۵-۴-۲-۴- آرماتورهای ویژه باید در هر امتداد تا طولی برابر با حداقل یک پنجم دهانه بزرگتر، قرار داده شوند.

۹-۱۵-۴-۲-۵- آرماتورهای ویژه را می‌توان در دو سفره در امتدادهای مندرج در بند ۹-۱۵-۴-۲-۳ یا در دو شبکه به موازات دو ضلع دال قرار داد.

#### ۹-۱۵-۴-۳- جزئیات ویژه برای آرماتورگذاری دالهای بدون تیر

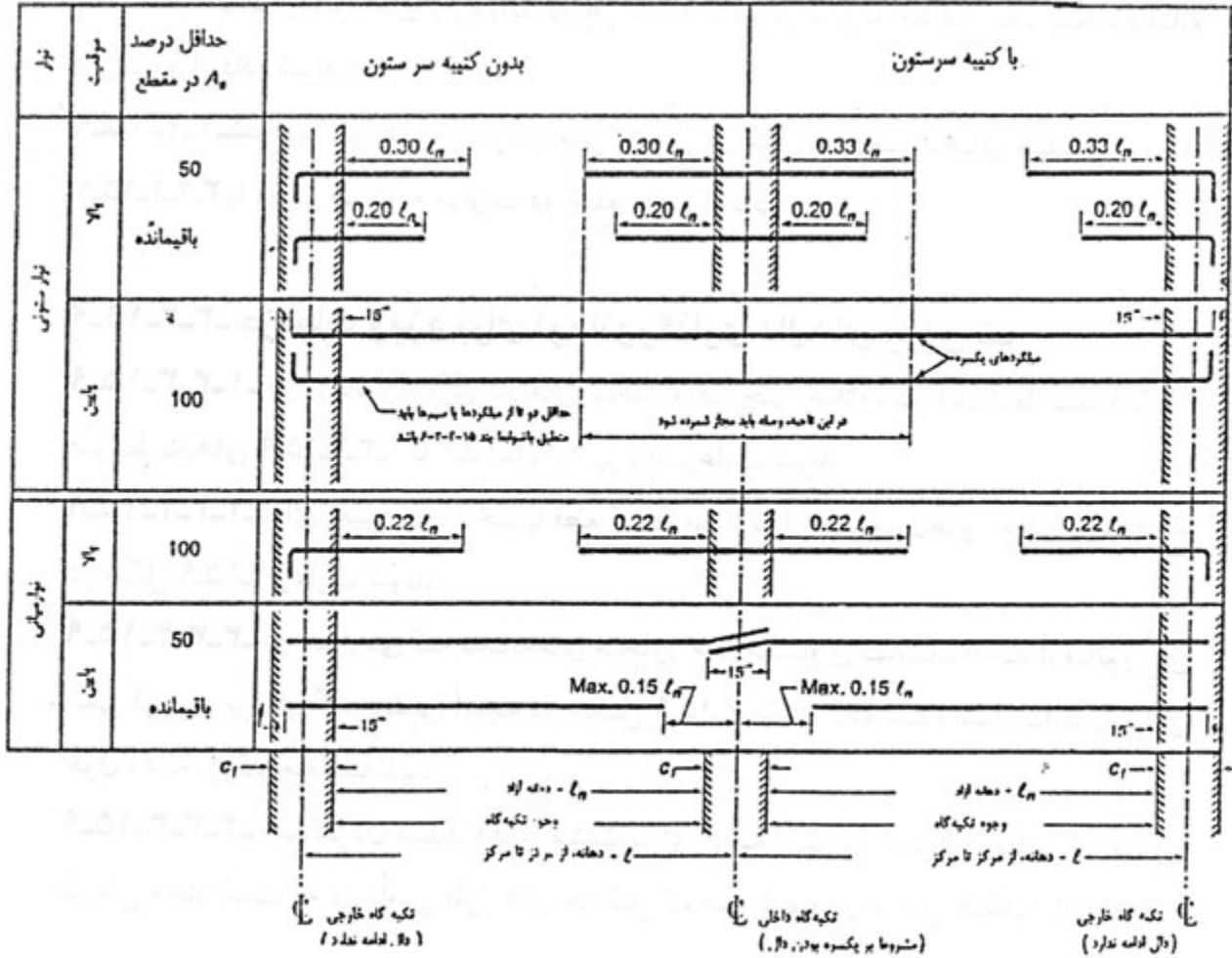
۹-۱۵-۴-۳-۱- در آرماتورگذاری دالهای تخت و قارچی علاوه بر ضوابط بند ۹-۱۵-۴-۲-۱ تا ۹-۱۵-۴-۳-۶ نیز باید رعایت شوند.

۹-۱۵-۴-۳-۲- برای تعیین محل خم یا قطع کردن میلگردها باید طولهای حداقل مندرج در شکل ۹-۱۵-۴-۱ رعایت شوند.

۹-۱۵-۴-۳-۴- خم کردن میلگردهای مثبت برای ادامه آنها به عنوان آرما تور منفی به شرطی مجاز است که در تامین طولهای حداقل توصیه شده در شکل ۹-۱۵-۱ زاویه خم بزرگتر از ۴۵ درجه در نظر گرفته نشود.

۹-۱۵-۴-۳-۵- در دالهای واقع در قابهای مهار نشده، محل قطع یا خم میلگردها باید با محاسبه تعیین شوند ولی در هر صورت طول میلگردها نباید کوچکتر از مقادیر توصیه شده در شکل ۹-۱۵-۱ در نظر گرفته شوند.

۹-۱۵-۴-۳-۶- در هر نوار ستونی در زیر دل باید حداقل دو میلیگرد به طور سراسری از داخل هسته ستون عبور داده شوند. این میلگردها را می توان در محل ستونها به طور کامل مهار یا با میلگردهای دیگری وصله کرد. مشروط بر آنکه طول وصله مطابق بند ۱۸-۴ باشد. چنانچه محل وصله این آرماتورها خارج از هسته ستونها باشد، طول وصله باید حداقل  $2l_d$  باشد.



شکل ۱-۱۵۹

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.





## فصل شانزدهم

### دیوارها

۹-۱۶-۰۰- علائم اختصاری

واحد	مفهوم	علامت اختصاری
میلیمتر مربع	مساحت کل مقطع	$A_g$
مگاپاسکال	مقاومت فشاری مشخصه بتن	$f_c$
میلیمتر	ضخامت کل عضو	$h$
	ضریب طول موثر	$k$
میلیمتر	فاصله قائم آزاد بین تکیه‌گاه‌ها	$l_c$
نیوتن	بار محوری محاسباتی نهایی دیوار	$N_r$
	ضریب جزئی ایمنی بتن	$\phi_c$

**۹-۱۶-۱- گستره**

ضوابط این فصل برای طراحی دیوارهای بتن آرمه رعایت شوند.

**۹-۱۶-۲- تعاریف**

دیوار باربر، دیواری است که به طور عمده زیر اثر بارهای قائمی است که در امتداد میان صفحه آن، توام با لنگر خمشی یا بدون آن، بر آن وارد می‌شود.

**دیوار برشی**

دیوار برشی، دیواری است که به طور عمده زیر اثر بارهای افقی‌ای است که در امتداد میان صفحه آن وارد می‌آید. نقش عمده این دیوار شرکت در انتقال نیروهای جانبی ناشی از زلزله یا اثر باد است.

**دیوار حایل**

دیوار حایل، دیواری است که به طور عمده زیر اثر بارهای عمود بر میان صفحه خود قرار می‌گیرد.

**۹-۱۶-۳- ضوابط کلی طراحی**

۹-۱۶-۳-۱- دیوارها باید برای تمامی بارهایی که به آنها وارد می‌شوند، از جمله بارهای با برون محوری و بارهای جانبی طراحی شوند.

۹-۱۶-۳-۲- اعضای فشاری که به طور یکپارچه با دیوارها ساخته می‌شوند، باید براساس ضابطه بند ۹-۱۱-۸- ۲ طراحی شوند.

۹-۱۶-۳-۳- برای تامین پایداری دیوارها باید آنها را به قطعات متقاطع مجاور مانند کفها، بامها، ستونها، پست‌بندهای دیواری، ستونهای دیواری، دیوارهای متقاطع یا پی‌ها مهار کرد.

۹-۱۶-۳-۴- انتقال نیرو از پای دیوار به پی باید براساس ضابطه ۹-۱۷-۶ صورت گیرد.

**۹-۱۶-۴- محدودیت آرمانورها**

۹-۱۶-۴-۱- در دیوارها آرمانورهای قائم و افقی نباید به ترکیب کمتر از مقادیر مندرج در بندهای ۹-۱۶-۴-۲ و ۹-۱۶-۴-۳ اختیار شوند. در دیوارهایی که زیر اثر نیروی برشی قرار می‌گیرند، رعایت حداقل آرمانورها مطابق بند

۴-۱۶-۹-۱۲- نیر الزامی است.

۲-۴-۱۶-۹- حداقل نسبت مساحت مقطع آرماتور قائم به مساحت کل مقطع برای میلگردهای مختلف به شرح زیر است:

الف - برای میلگردهای آجدار با قطر ۱۶ میلیمتر و کمتر با مقاومت

مشخصه ۴۰۰ مگاپاسکال ۰/۰۰۱۲

ب - برای سایر میلگردهای آجدار ۰/۰۰۱۵

۳-۴-۱۶-۹- حداقل نسبت مساحت مقطع آرماتور افقی به مساحت کل مقطع برای آرماتورهای مختلف به شرح زیر است:

الف - برای میلگردهای آجدار با قطر ۱۶ میلیمتر یا کمتر و با مقاومت

مشخصه ۴۰۰ مگاپاسکال یا بیشتر ۰/۰۰۲۰

ب - برای سایر میلگردهای آجدار ۰/۰۰۲۵

۴-۴-۱۶-۹- نسبت مساحت آرماتور قائم و آرماتور افقی به مساحت کل مقطع نباید بیشتر از ۰/۰۴ اختیار شود. محدودیت مقدار حداکثر باید در محل وصله‌های میلگردها نیز رعایت شود.

۵-۴-۱۶-۹- در دیوارهای با ضخامت بیشتر از ۲۵۰ میلیمتر، به جز دیوارهای زیرزمین و دیوارهای حایل، هر یک از آرماتورهای قائم و افقی باید در دو سفره به موازات سطوح دیوار، مطابق بندهای ۱-۵-۴-۱۶-۹ یا ۱-۵-۴-۱۶-۹-۲ پیش‌بینی شوند.

۱-۵-۴-۶- در دیوارهایی که یک رویه آنها در تماس با خاک یا هوای بیرون قرار دارد:

الف - یک شبکه آرماتور شامل حداقل نصب و حداکثر دو سوم کل آرماتور لازم برای هر امتداد باید در فاصله‌ای بیشتر از ۵۰ میلیمتر و کمتر از یک سوم ضخامت دیوار از رویه در تماس با خاک یا هوای بیرون قرار داده شود.  
ب - یک شبکه آرماتور شامل باقیمانده آرماتور لازم برای هر امتداد باید در فاصله‌ای بیشتر از ۲۰ میلیمتر و کمتر از یک سوم ضخامت دیوار از زاویه دیگر قرار داده شود. پوشش بتنی روی میلگردها باید ضوابط بند ۶-۳-۳-۹ را نیز برآورده کند.

۲-۵-۴-۱۶-۹- در سایر دیوارها هر شبکه آرماتور شامل نصف آرماتور لازم در هر امتداد باید در فاصله‌ای بیشتر از ۲۰ میلیمتر و کمتر از یک سوم ضخامت دیوار از هر رویه قرار داده شود. پوشش بتنی روی میلگردها باید

ضوابط بند ۶-۳-۳-۹ را نیز برآورده کند.

۹-۱۶-۴-۶- فاصله میلگردهای قائم و میلگردهای افقی مجاور در هر شبکه نباید بیشتر از سه برابر ضخامت دیوار و ۲۵۰ میلیمتر باشد.

۹-۱۶-۴-۷- در مواردی که مساحت مقطع کل آرماتور قائم از یک درصد مساحت کل مقطع کمتر است و یا در مواردی که براساس طراحی سازه آرماتور قائم به عنوان آرماتور فشاری مورد نیاز نیست، محصور کردن میلگردهای قائم یا خاموت الزامی نیست. برای مقادیر بیشتر میلگردهای قائم، آرماتوربندی دیوارها باید مشابه ستون‌ها باشد.

۹-۱۶-۴-۸- دورتا دور بازشوهای در و پنجره‌ها، باید حداقل دو میلگرد با قطر ۱۶ میلیمتر یا معادل آن قرارداد شود. این میلگردها باید از گوشه بازشو به داخل دیوار ادامه یافته به نحوی مناسب مهار شوند.

#### ۹-۱۶-۵- دیوارهای باربر

۹-۱۶-۵-۱- در دیوارهای باربر کنترل مقاطع افقی در حالت حدی نهایی مقاومت باید مانند مقاطع تحت فشار و خمش انجام گیرد و ضوابط بندهای ۹-۱۱-۲ تا ۹-۱۱-۴ همراه با ضوابط فصل سیزدهم، مربوط به آثار لاغری، در مورد آنها رعایت شود.

۹-۱۶-۵-۲- در دیوارهای با مقطع مربع مستطیل توپر که در آنها برون محوری بار در حالت حدی نهایی مقاومت می‌توان براساس رابطه ۹-۱۱-۲ انجام داد و مقاومت محاسباتی مقطع در برابر بار محوری،  $N_r$  را با رابطه تجربی زیر محاسبه کرد:

(۹-۱۶-۱)

$$N_r = 0.55 \phi_c f_c A_g \left[ 1 - \left( \frac{k l_c}{32h} \right)^2 \right]$$

در این رابطه  $k$  ضریب طول موثر دیوار است که به شرح زیر اختیار می‌شود:

الف - در دیوارهای مهار شده در مقابل حرکت جانبی در بالا و پایین که در آنها از چرخش در یک یا در هر دو انتها (بالا و پایین دیوار) جلوگیری به عمل آمده باشد:

$$k = 0.8$$

ب - در دیوارهای مهار شده در مقابل حرکت جانبی در بالا و پایین که در آنها از چرخش در دو انتها (بالا و پایین دیوار) جلوگیری به عمل نیامده باشد:

$$k = 1$$

پ - در دیوارهای مهار نشده در مقابل حرکت جانبی:

$$k = 2$$

در حالت کلی هنگامی که از رابطه (۹-۱۶-۱) استفاده نشود، روش طراحی دیوارهای باربر مانند ستون‌ها می‌باشد.

۹-۱۶-۵-۲- ضخامت دیوارهایی که براساس ضابطه بند ۹-۱۶-۵-۲ طراحی می‌شوند، نباید کمتر از مقادیر زیر باشد:

الف -  $A_c$  طول آزاد یا ارتفاع آزاد دیوار، هر کدام کوچکتر باشد، و ۱۵۰ میلیمتر  
ب - در دیوارهای بیرونی زیرزمینی‌ها و سایر دیوارهایی که به طور مستقیم در تماس با خاک قرار دارند. ۲۰۰ میلیمتر

۹-۱۶-۵-۴- طول افقی دیوار که به عنوان ناحیه موثر برای هر یک از بارهای متمرکز قائم در نظر گرفته می‌شود نباید از پهنای سطح اثر بار به اضافه دو برابر ضخامت دیوار در هر طرف سطح اثر و یا از فاصله مرکز بارهای متمرکز تجاوز کند. در صورت انجام طراحی دقیق‌تر، این طول را می‌توان تغییر داد.

#### ۹-۱۶-۶- دیوارهای برشی

۹-۱۶-۶-۱- طراحی دیوارهای برشی برای مقاومت در برابر برش باید براساس ضوابط بند ۹-۱۲-۱۶ انجام گیرد.

۹-۱۶-۶-۲- طراحی دیوارهای برشی برای مقاومت در برابر لنگر خمشی و نیروی محوری باید براساس ضوابط فصل یازدهم انجام گیرد.

**۹-۱۶-۷- دیوارهای حائل**

۹-۱۶-۷-۱- دیوارهای حائل باید به صورت اعضای خمشی بر طبق ضوابط فصل یازدهم و پانزدهم طراحی شوند.

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.



## فصل هفدهم

### پی‌ها

#### ۹-۱۷-۰۰- علائم اختصاری

واحد	مفهوم	علامت اختصاری
میلیمتر مربع	سطح مقطع یک میلیگرد آرماتور جلدی برای بتن حجیم	$A_b$
میلیمتر مربع	حداقل آرماتور کششی ناشی از حرارت و جمع‌شدگی در پی	$A_s \min$
میلیمتر	ارتفاع موثر مقطع	$d$
میلیمتر	فاصله مرکز میلیگرد آرماتور جلدی تا سطح بتن در بتن حجیم	$d_c$
میلیمتر	قطر شمع در محل اتصال به سرشمعی بتنی	$d_p$
	نسبت طول به عرض پی	$\beta$
متر	ارتفاع پی	$h$

۴	فاصله مرکز به مرکز میلگردها در بتن حجیم	میلیمتر
۴	ضریب تعدیل آرماتور حرارت و جمع شدگی	

### ۹-۱۷-۱- گستره

۹-۱۷-۱-۱- ضوابط این فصل باید برای طراحی پی‌های متکی بر زمین یا بر روی شمع و شمع‌های بتنی رعایت شوند.

۹-۱۷-۱-۲- طراحی پی‌ها و شمع‌ها برای خمش و بارهای محوری و برش مشمول ضوابط فصول یازدهم و دوازدهم و پیوستگی بتن و آرماتور در فصل هیجدهم با در نظر گرفتن آثار کمانش می‌شود. ضوابط این فصل مربوط به الزامات اضافی یا جایگزینی است که باید در مورد پی‌ها و شمع‌ها رعایت شوند.

### ۹-۱۷-۲- تعاریف

در این مبحث پی به قسمتی از سازه ساختمان اطلاق می‌شود که روی سطح فوقانی آن ستون با دیوار قرار گرفته و سطح تحتانی آن مستقیماً روی زمین یا روی شمع تکیه دارد و بار سازه را به زمین منتقل می‌کند.

### ۹-۱۷-۲-۱- انواع پی‌ها

۹-۱۷-۲-۱-۱- پی منفرد به پی‌ای اطلاق می‌شود که بار یک یا دو ستون نزدیک به هم را در محل درز انبساط به زمین منتقل می‌نماید. پی منفرد می‌تواند به شکل مربع مستطیل، چند شلعی منظم، دایره و یا هر شکل غیرمنظم دیگری باشد و مقطع آن نیز می‌تواند به شکل مربع مستطیل، دوزنقه و یا پلکانی باشد. پی‌های منفردی که نزدیک به هم باشند، می‌توانند به یکدیگر پیوسته و به صورت پی مرکب کار کنند.

۹-۱۷-۲-۱-۲- پی نواری به پی یکسره‌ای اطلاق می‌شود که بار دیوار و یا چندستون را، که در یک ردیف قرار دارند به زمین منتقل می‌نماید. مقطع پی می‌تواند به شکل مربع مستطیل، دوزنقه و یا پاشنه‌دار (T وارونه) باشد. در حالتی که پی نواری صرفاً بار دیوار را به زمین منتقل کند پی دیواری نامیده می‌شود.

۹-۱۷-۲-۱-۳- پی گسترده به پی‌ای اطلاق می‌شود که بار چند ستون یا دیوار را که در ردیف‌ها و امتدادهای مختلف قرار دارند به زمین منتقل می‌نماید. پی گسترده ممکن است به شکل دال، مجموعه تیر- دال و یا صندوقه‌ای ساخته شود.



**۹-۱۷-۱-۲-۴-** پی باسکولی به مجموعه‌ای از دو پی منفرد اطلاق می‌شود که نتیجه بارهای وارد بر یکی دارای برون محوری زیاد نسبت به مرکز پی بوده و پی‌ها با تیری صلب به یکدیگر مرتبط شده‌اند. این تیر صلب، که بخشی از بار یکی از پی‌ها را به دیگری منتقل می‌نماید، نباید متکی بر خاک باشد. چنانچه این تیر رابط تحت اثر فشار خاک زیرین قرار گیرد باید طبق ضوابط مربوط به پی نواری طراحی گردد.

#### **۹-۱۷-۲-۲- انواع شمع‌ها**

شمع‌ها از اجزای پی عمیق می‌باشند که بارهای سازه را به زمین منتقل می‌نمایند. شمع‌ها ممکن است منفرد یا به صورت گروه شمع باشند.

**۹-۱۷-۲-۲-۱-** شمع منفرد به شمعی اطلاق می‌شود که مستقیماً بار یک ستون را دریافت نموده و به زمین منتقل نماید.

**۹-۱۷-۲-۲-۲-** گروه شمع‌ها به تعدادی شمع اطلاق می‌شود که بار خود را از یک یا چند ستون از طریق صفحه سرشمعی دریافت نمایند.

#### **۹-۱۷-۳- ضوابط کلی طراحی**

**۹-۱۷-۳-۱-** مساحت کف پی یا تعداد و ترتیب قرار گرفتن شمع‌ها باید براساس نیروهای نظیر بحرانی‌ترین ترکیب عامل‌های بدون ضریب که از پی به خاک یا شمع‌ها منتقل می‌شوند و با توجه به تنش مجاز خاک یا شمع‌ها که براساس مطالعات مکانیک خاک بدست می‌آیند، تعیین شوند.

**۹-۱۷-۳-۲-** ترکیبات بارگذاری عامل‌ها که در بند ۹-۱۷-۳-۱ مورد نظر می‌باشند تمامی ترکیبات عنوان شده در بند ۱۰-۱۰۰-۲ هستند که در آنها ضرایب جزئی ایمنی بارها باید برابر با یک منظور شوند.

**۹-۱۷-۳-۳-** در مواردی که باد یا زلزله یکی از عامل‌های ترکیب بار باشند تنش مجاز خاک یا بار مجاز شمع را می‌توان حداکثر تا ۳۳ درصد افزایش داد.

**۹-۱۷-۳-۴-** طراحی پی‌های سطحی و سرشمعی برای خمش، خمش و بارهای محوری، برش و طول مهارتی میلگرد ریشه باید در حالت حدی نهایی و براساس ضوابط فصول یازدهم، دوازدهم، سیزدهم و هیجدهم صورت گیرد.

**۹-۱۷-۳-۵-** طراحی پی‌های عمیق برای بارهای محوری، خمش و بارهای محوری، برش و طول مهارتی میلگرد ریشه، باید در حالت حدی نهایی و براساس ضوابط فصول یازدهم، دوازدهم، سیزدهم و هیجدهم

صورت گیرد.

۹-۱۷-۲-۶- در شمع‌هایی که تمام طول آنها در لایه‌های خاک متراکم قرار دارد، بررسی کمانش ضروری نیست. اما در خاک سست قرار گرفته و یا از خاک خارج باشد، بررسی کمانش با توجه به شرایط خاص تکیه‌گاهی ضروری است.

۹-۱۷-۲-۷- کنترل پیوستگی بتن و آرماتور در مقاطع مختلف پی و سرشمعی و نحوه مهار میلگردها در آنها باید بررسی شوند، علاوه بر مقاطعی که در بند ۹-۱۷-۴-۲- برای خمش تعیین شده‌اند، شامل مقاطعی که در آنها ابعاد مقطع یا مقدار آرماتور تغییر می‌کند، نیز می‌شوند.

۹-۱۷-۲-۸- در گروه شمع‌ها میلگردهای طولی شمع‌ها باید، با توجه به نوع اتصال انتخابی (گیردار یا مفصلی) ، به نحوی مناسب در سرشمعی امتداد یافته و مهار شوند.

۹-۱۷-۲-۹- ضخامت پی‌ها نباید کمتر از ۲۵۰ میلیمتر و ضخامت صفحه سرشمعی گروه نباید کمتر از ۴۰۰ میلیمتر اختیار شود.

۹-۱۷-۲-۱۰- طراحی شمع‌های قائم که تحت اثر نیروی جانبی قرار می‌گیرند مطابق ضوابط شمع‌های خمشی صورت می‌گیرد.

#### ۹-۱۷-۴- ضوابط تعیین بارهای وارد بر پی‌ها

##### ۹-۱۷-۴-۱- کلیات

۹-۱۷-۴-۱-۱- لنگرهای خمشی و نیروهای برشی نهایی که در طراحی مقاطع مختلف پی مورد استفاده قرار می‌گیرند باید زیر اثر بارهای نهایی و واکنش‌های متناظر با آنها و براساس اصول شناخته شده تحلیل سازه‌ها تعیین شوند.

۹-۱۷-۴-۲- در پی‌ها به جای استفاده از ضوابط بند ۹-۱۷-۴-۱-، لنگرهای خمشی و نیروهای برشی نهایی در مقاطع مختلف را می‌توان به صورت تقریبی از حاصلضرب مقادیر این عامل‌ها زیر اثر بارهای بدون ضریب در یک ضریب کلی ایمنی بارها به دست آورد این ضریب کلی ایمنی را باید به نحوی مناسب از تقسیم بارهای نهایی به بارهای بهره‌برداری تعیین نمود.

۹-۱۷-۴-۳- در پی‌ها روی شمع، لنگرهای خمشی و نیروهای برشی نهایی در مقاطع مختلف سرشمعی را می‌توان با این فرض که عکس‌العمل هر شمع به صورت متمرکز در مرکز آن شمع اثر می‌کند، تعیین نمود.

۹-۱۷-۴-۱-۴-۴ در پی‌هایی که زیر ستون یا ستون پایه های بتنی با مقاطع دایره یا چند ضلعی منظم قرار دارند، برای تعیین موقعیت مقاطع بحرانی در خمش و برش، می‌توان مقطع ستون یا ستون پایه را با یک مقطع مربع شکل با مساحتی برابر مساحت ستون یا ستون پایه جایگزین نمود.

۹-۱۷-۴-۱-۵-۱ پی‌های منفرد که به صورت شیبدار یا پلکانی ساخته می‌شوند باید چنان طراحی و اجرا شوند که عملکرد پی به صورت یکپارچه تامین گردد.

#### ۹-۱۷-۴-۲- توزیع فشار خاک

۹-۱۷-۴-۲-۱- توزیع فشار خاک در زیر پی‌ها و فشار جانبی روی شمع باید با توجه به مشخصات خاک و نحوه تاثیر بارها روی پی و براساس اصول شناخته شده مکانیک خاک تعیین شود.

۹-۱۷-۴-۲-۲- در پی‌های منفرد، در صورت عدم انجام تحلیل با جزئیات دقیق‌تر، توزیع فشار خاک را می‌توان با فرض صلب بودن پی تعیین نمود.

۹-۱۷-۴-۲-۳- در پی‌های منفرد و گسترده، توزیع فشار خاک می‌تواند به نحوی باشد که در قسمتی از آن فشار روی خاک به صفر برسد، مشروط بر آنکه طول این قسمت در هیچ امتداد از یک چهارم بعد پی در آن امتداد تجاوز نکند.

۹-۱۷-۴-۲-۴- در مواردی که نیروهای وارده بر پی کششی باشند باید با پیش‌بینی تدابیر مناسب از جمله استفاده از شمع یا میل مهار مانع از بلند شدن پی از روی زمین شد. این تدابیر باید به نحوی باشند که ضریب ایمنی در مقابل نیروهای بلندکننده حداقل برابر با ۱/۵ باشد.

۹-۱۷-۴-۲-۵- در پی‌های باسکولی، تیر رابط بین پی‌ها باید به اندازه کافی صلب باشد تا بتواند مانع چرخش پی‌ای که زیر اثر بارون محوری قرار دارد، بشود. در صورت عدم انجام تحلیل دقیق‌تر ممان اینرسی مقطع این تیر باید حداقل برابر ممان اینرسی مقطع پی زیر اثر بار برون محور در نظر گرفته شود. این تیر باید برای خمش و برش طراحی شود. در این حالت توزیع فشار خاک زیر پی‌ها را می‌توان یکنواخت در نظر گرفت.

#### ۹-۱۷-۴-۲- لنگر خمشی

۹-۱۷-۴-۲-۱- لنگر خمشی موثر در هر مقطع پی باید با گذراندن یک صفحه قائم از سراسر پی و محاسبه لنگرهای خمشی حاصل از نیروها و فشارهای موثر بر تمام سطوح پی واقع در یک سمت این صفحه تعیین گردد.

۹-۱۷-۴-۲-۲- مقطع بحرانی برای تعیین حداکثر لنگر خمشی در پی‌ها، در مجاورت ستون‌ها و ستون پایه‌ها و



مقدار صفر برای حالتی که مرکز شمع به فاصله  $\frac{d}{2}$  و در داخل مقطع قرار دارد، محاسبه شود.

#### ۹-۱۷-۵- محدودیت آرماتورها

۹-۱۷-۵-۱- در پی‌های منفرد، گسترده و باسکولی (بجز تیر رابط) نسبت آرماتور کششی نباید کمتر از مقادیر ذکر شده در بند ۹-۱۷-۸ باشد. در مورد تیرهای رابط پی‌های باسکولی حداقل آرماتور باید براساس بند ۹-۱۱-۵-۱-۲ اختیار شود.

۹-۱۷-۵-۲- در پی‌های نواری مقدار نسبت آرماتور کششی نباید کمتر از  $\frac{0}{25}$  اختیار شود، مگر آنکه آرماتور بکار رفته به اندازه یک سوم بیشتر از مقدار آرماتور تعیین شده در محاسبات باشد. در حالت اخیر این نسبت نمی‌تواند کمتر از  $\frac{0}{15}$  اختیار گردد.

۹-۱۷-۵-۳- در پی‌ها قطر میلگردها نباید کمتر از ۱۰ میلی‌متر و فاصله محور تا محور آنها از یکدیگر، نباید کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر و بیشتر از ۳۵۰ میلی‌متر در نظر گرفته شود.

۹-۱۷-۵-۴- در پی‌های حجیمی که در آنها ابعاد و حجم بتن مستقل از نیازهای محاسباتی در نظر گرفته می‌شوند، رعایت حداقل آرماتور خمشی مطابق بند ۹-۱۷-۵-۱ ضرورتی ندارد. در این پی‌ها در صورتی که کنترل ترک‌های سطحی مورد نظر باشد باید در آن سطوح یک شبکه میلگرد جلدی مطابق بند ۹-۱۷-۸-۶ به کار برد. حداکثر فاصله میلگردهای جلدی ۳۵۰ میلی‌متر است.

۹-۱۷-۵-۵- در پی‌های منفرد در صورتی که عملکرد پی یکطرفه باشد و با عملکرد آن دو طرفه بوده و شکل آن مربع باشد، توزیع میلگردها در سراسر عرض پی باید به طور یکنواخت صورت گیرد. در غیر اینصورت توزیع میلگردها باید به صورت زیر باشد:

الف - میلگردهای طولی پی به طور یکنواخت در سراسر عرض پی توزیع می‌شوند.

ب - قسمت یاز میلگردهای عرضی پی، کمه مقدار آن از رابطه ۹-۱۷-۱ تعیین می‌شود، در نوار میانی که عرض آن برابر با بعد کوچکتر سطح پی است و به طور متقارن نسبت به ستون پایه قرار دارد، به طور یکنواخت توزیع می‌شوند و بقیه میلگردهای عرضی با رعایت بند ۹-۱۷-۵-۳ در دو سمت میانی به طور یکنواخت قرار داده می‌شوند.

$$\frac{\text{میلگردهای نواری در امتداد عرضی}}{\text{کل میلگردهای عرضی شالوده}} = \frac{2}{1+\beta}$$

- ۹-۱۷-۵-۶- حداقل و حداکثر درصد آرماتور طولی شمع‌های پیش‌ساخته و شمع‌های درجا با قطر کمتر یا برابر ۸۰۰ میلی‌متر مشابه ستون و با توجه به ضوابط فصل یازدهم تعیین می‌شود.
- ۹-۱۷-۵-۷- حداقل و حداکثر درصد آرماتور طولی شمع‌های درجا با قطر بیش از ۸۰ میلی‌متر به ترتیب به میزان نیم درصد و سه درصد منظور می‌گردد.
- ۹-۱۷-۵-۸- حداقل درصد فولاد طولی ضمه‌ها برای شمع‌های پیش‌ساخته معادل یک درصد و برای شمع‌های درجا ریخته شده معادل نیم درصد تعیین می‌گردد.
- ۹-۱۷-۵-۹- آرماتور عرضی شمع‌ها به صورت تنگ یا ماریچ در نظر گرفته می‌شود.

#### ۹-۱۷-۶- انتقال نیرو از پای ستون، دیوار یا ستون پایه بتنی به پی

- ۹-۱۷-۶-۱- نیروها و لنگرهای پای ستون، دیوار، یا ستون پایه باید با عملکرد اتکایی بتن و کشش یا فشار میلگردهای ادامه یافته طولی ستون، میلگردهای انتظار و یا اتصال دهنده‌های مکانیکی به پی یا ستون پایه منتقل شوند.
- ۹-۱۷-۶-۲- تنش اتکایی بتن در سطح تماس عضو تکیه‌گاهی، پی و عضو متکی بر آن نباید از مقاومت اتکایی نهایی بتن در هر یک از سطوح تماس، ضوابط بند ۱۱-۱۰ تجاوز کند.
- ۹-۱۷-۶-۳- میلگردهای طولی ستون، میلگردهای انتظار، یا اتصال دهنده‌های مکانیکی بین عضو تکیه‌گاهی و عضو متکی بر آن باید برای انتقال نیروهای زیر کافی باشند و علاوه بر آن محدودیت‌های بندهای ۹-۱۷-۶-۶ و ۹-۱۷-۶-۷ را تامین کنند:
- الف - آن قسمت از نیروی فشاری که از مقاومت اتکایی بتن بین دو عضو تجاوز کند.
- ب - هر گونه نیروی کششی محاسبه شده در سطح تماس.
- ۹-۱۷-۶-۴- برای انتقال لنگرهای خمشی به ستون پایه یا پی، میلگردهای انتظار یا اتصال دهنده‌های مکانیکی باید ضوابط پیوستگی بتن و فولاد را، مطابق فصل هیجدهم تامین نمایند.
- ۹-۱۷-۶-۵- نیروهای برشی باید با عملکرد برش اصطکاکی، مطابق ضوابط بند ۱۲-۱۴، و یا به روش مناسب

دیگری به ستون پایه یا پی انتقال داده شوند.

**۹-۱۷-۶-۶-** در ستون‌ها و ستون پایه‌ها سطح مقطع میلگردهای قطع‌کننده سطح تماس بین عضو تکیه‌گاهی و عضو متکی بر آن، نباید کمتر از  $0/005$  سطح مقطع عضو متکی باشد.

**۹-۱۷-۶-۷-** در دیوارها سطح مقطع میلگردهای قطع‌کننده سطح تماس دیوار با پی، نباید کمتر از مقدار حداقل میلگردهای قائم داده شده در بند ۱۶-۴-۲ باشد.

**۹-۱۷-۶-۸-** در صورت استفاده از وسایل مکانیکی برای ایجاد مفصل یا غلتک گهواره‌ای بین ستون و پی، در اتصال این وسایل به ستون و پی باید علاوه بر ضوابط بندهای ۹-۱۷-۶-۱ تا ۹-۱۷-۶-۵ ضابطه بند ۹-۱۷-۶-۹ نیز رعایت شود.

**۹-۱۷-۶-۹-** مهره‌های مهار و اتصال دهنده‌های مکانیکی باید چنان طراحی شوند که قبل از گسیختگی پیچ مهار یا گسیختگی بتن اطراف آن، به مقاومت تسلیم خود برسند.

#### **۹-۱۷-۷- کلاف‌های رابط بین پی‌ها**

**۹-۱۷-۷-۱-** پی‌های جدا از هم در یک سازه باید در دو امتداد ترجیحا عمود بر هم، به وسیله کلاف‌های رابط به هم متصل شوند، به طوری که کلاف‌ها مانع حرکت دو پی نسبت به هم گردند. در سازه‌های یک طبقه که دارای دهانه بزرگ هستند مانند سازه‌های ساختمان‌های صنعتی، آشیانه‌ها و غیره که در آنها پی‌ها دارای عمق استقرار و پایداری کافی در برابر نیروهای جانبی هستند، از پیش‌بینی کلاف در امتداد دهانه قاب می‌توان صرف‌نظر کرد. در این پی‌ها خاکریز اطراف پی باید بعدا به خوبی کوبیده و متراکم شود.

**۹-۱۷-۷-۲-** کلاف‌های رابط بین پی‌ها باید برای نیروی کششی معادل ده درصد بزرگترین نیروی محوری نهایی وارد به ستون‌های طرفین خود طراحی شوند.

**۹-۱۷-۷-۳-** ابعاد مقطع کلاف رابط باید متناسب با ابعاد پی و حداقل ۳۰۰ میلیمتر اختیار شود، به گونه‌ای که سطح فوقانی آن با فونداسیون یکسان باشد.

**۹-۱۷-۷-۴-** تعداد میلگردهای طولی کلاف‌ها باید حداقل چهار عدد آرماتور با قطر ۱۴ میلیمتر باشد. این میلگردها باید توسط میلگردهای عرضی به قطر حداقل ۸ میلیمتر و با فواصل حداکثر ۲۵۰ میلیمتر از یکدیگر گرفته شوند.

**۹-۱۷-۷-۵-** میلگردهای طولی کلاف‌ها باید در پی‌ها میانی ممتد باشند و در پی‌های کناری از محاذات بر

ستون مهار شوند.

### ۹-۱۷-۸- حدافل آرماتور کششی پی ناشی از حرارت و جمع‌شدگی

۹-۱۷-۸-۱- نسبت سطح مقطع حدافل آرماتور کششی پی ناشی از حرارت و جمع‌شدگی به کل سطح مقطع بتن برای پی‌های به ضخامت کمتر یا مساوی ۱۰۰۰ میلیمتر نباید از مقادیر زیر کمتر اختیار شود:

- برای میلگردهای آجدار: 002/0 S220، S300، S350

- برای میلگردهای آجدار: 0018/0 S400

- برای میلگردهای آجدار: S500 و بالاتر ۰/۰۰۱۵

۹-۱۷-۸-۲- نسبت سطح مقطع آرماتور کششی ناشی از حرارت و جمع‌شدگی به کل سطح مقطع بتن برای پی‌های به ضخامت بیشتر از ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ میلیمتر نباید از  $\alpha$  برابر نسبت‌های مندرج در بند ۹-۱۷-۸-۱ کمتر اختیار شود. مقدار  $\alpha$  از رابطه زیر تعیین می‌شود:

(۹-۱۷-۲)

$$\alpha = 1.3 - 0.3h$$

۹-۱۷-۸-۳- مقدار حدافل آرماتور کششی ناشی از حرارت و جمع‌شدگی  $A_{s \min}$ ، برای پی‌های به ضخامت بیشتر از ۲۰۰۰ میلیمتر برابر مقدار آرماتور برای صفحه به ضخامت ۲۰۰۰ میلیمتر و به شرح زیر است:

- برای میلگردهای آجدار: S220، S300، S350  $A_{s \min} = 2800 \text{ (mm}^2 / \text{m)}$

- برای میلگردهای آجدار: S400  $A_{s \min} = 2500 \text{ (mm}^2 / \text{m)}$

- برای میلگردهای آجدار: S500 و بالاتر  $A_{s \min} = 2100 \text{ (mm}^2 / \text{m)}$

۹-۱۷-۸-۴- در پی‌های با ضخامت متغیر، می‌توان ضخامت را برای محاسبه حدافل مقدار آرماتور کششی پی ناشی از حرارت و جمع‌شدگی برابر با ضخامت پی فرضی هم حجم آن اختیار کرد.

### ۹-۱۷-۸-۵- توزیع حدافل آرماتور کششی پی ناشی از حرارت و جمع‌شدگی

در پی‌های با ضخامت بیش از ۱۰۰۰ میلیمتر حدافل آرماتور کششی ناشی از حرارت و جمع‌شدگی در ناحیه



کششی قرار داده می‌شود، در ضمن لازم است حداقل به اندازه  $\frac{1}{3}$  آن در وجه فوقانی پی تعبیه گردد.  
**۹-۱۷-۸-۶- آرمانور جلدی**

در بتن‌های حجیم مقدار آرمانور جلدی از رابطه زیر به دست می‌آید:  
 (۹-۱۷-۳)

$$A_b = \frac{1.6d_c s}{100}$$

این مقدار نباید در هیچ حال از یک میلگرد به قطر ۱۰ میلیمتر در هر ۲۰۰ میلیمتر کمتر باشد.

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.



## فصل هیجدهم

### مهار و وصله آرماتورها

#### ۹-۱۸-۰۰- علائم اختصاری

واحد	مفهوم	علامت اختصاری
میلیمتر مربع	سطح مقطع یک میلگرد	$A_g$
میلیمترمربع	سطح مقطع کل آماور عرضی قرار گرفته با فاصله s از یکدیگر در امتداد عمود بر سفره میلگردهایی که مهار یا وصله می شوند	$A_{tr}$
میلیمتر	پهنای جان یا قطر مقطع مدور	$b_w$
میلیمتر	پوشش بتن روی میلگرد و یا فاصله مرکز تا مرکز میلگردها از یکدیگر	$c$
میلیمتر	فاصله دورترین تار فشاری تا مرکز سطح آماور کششی	$d$

میلیمتر	قطر اسمی میلگرد یا سیم	$d_b$
مگاپاسکال	مقاومت فشاری مشخصه بتن	$f_c$
مگاپاسکال	مقاومت مشخصه فولاد $f_{yk}$ که تسهیل کار در این فصل حرف k در زیرنویس حذف شده است.	$f_y$
میلیمتر	ضخامت کل عضو	$h$
	ضریب میلگردهای عرضی	$K_{tr}$
میلیمتر	طول گیرداری اضافه در تکیه گاه یا در نقطه عطف	$l_a$
میلیمتر	طول گیرایی میلگرد کششی	$l_d$
میلیمتر	طول گیرایی میلگرد فشاری	$l_{dc}$
میلیمتر	طول گیرایی میلگرد قلابدار در کشش	$l_{dh}$
نیوتن- میلیمتر	لنگر خمشی مقاوم مقطع	$M_r$
میلیمتر	تعداد میلگردهایی که در یک محل مهار و یا وصله می شوند.	$n$
میلیمتر	فاصله بین خاموتها	$s$
نیوتن	نیروی برشی مقاوم مقطع	$V_r$
نیوتن	نیروی برشی نهایی در مقطع	$V_u$
	نسبت سطح مقطع آرماتور قطع شده به سطح مقطع کل آرماتور کششی در مقطع	$\beta_b$
	ضریب جزئی ایمنی بتن	$\phi_c$
	ضریب جزئی ایمنی فولاد	$\phi_s$

۹-۱۸-۱- گستره

۹-۱۸-۱-۱- ضوابط این فصل باید برای تامین مهار میلگردهای آجدار در بتن و چگونگی وصله آنها به یکدیگر در تمامی قطعات بتن آرمه رعایت شوند.

۹-۱۸-۱-۲- ضوابط این فصل تمامی میلگردها را که بطور عمده تحت اثر بارهای استاتیک قرار می گیرند، مشمول مقررات این فصل نمی شوند. برای سازه هایی که تحت اثر بارهای جانبی زلزله قرار می گیرند باید علاوه بر ضوابط این فصل، ضوابط اضافی فصل بیستم نیز رعایت شوند.

۹-۱۸-۱-۳- در این فصل تمامی محاسبات مربوط به پیوستگی بتن و آرماتور در حالت حدی نهایی مقاومت صورت می گیرد و در آنها ضرایب جزئی ایمنی مقاومت ها،  $\phi_c$ ،  $\phi_s$ ، برابر با یک منظور می شوند. در مواردی که به دیگر فصل های این مبحث رجوع شده است، ضوابط همان فصل باید رعایت شوند.

## ۹-۱۸-۲- مهار میلگردها

### ۹-۱۸-۲-۱- کلیات

۹-۱۸-۲-۱-۱- در تمامی قطعات بتن آرمه نیروهای کششی یا فشاری موجود در میلگردها در هر مقطع باید به وسیله مهار میلگردها در دو سمت آن مقطع به بتن منتقل گردد. مهار میلگردها در بتن به یکی از سه طریق زیر و یا با ترکیبی از آنها امکان پذیر است:

الف- پیوستگی موجود بین بتن و آرماتور در سطح جانبی آرماتور

ب- ایجاد قلاب استاندارد در انتهای میلگرد

ج- به کارگیری وسایل مکانیکی در طول میلگرد

۹-۱۸-۲-۱-۲- برای مهار میلگردهای کششی به وسیله قلاب، انتهای میلگردها خم شده و به صورت قلاب

درآورده می شود. برای انتقال نیروی  $A_b f_y$  از میلگرد به بتن ایجاد قلاب به تنهایی کافی نیست و باید علاوه بر آن طول اضافی مستقیم میلگرد از مقطع موردنظر تا شروع قلاب در بتن وجود داشته باشد. حداقل این طول

اضافی بعلاوه شعاع قلاب انتهایی آن بعلاوه قطر میلگرد، که برای انتقال نیروی  $A_b f_y$  لازم است، « طول گیرایی میلگرد قلابدار» نامیده می شوند. ضوابط مربوط به تامین طول گیرایی میلگردهای قلابدار در کشش در بند ۹-۱۸-۲-۷ داده شده اند.

قلابها برای مهار آرماتور فشاری موثر نیستند.

۹-۱۸-۲-۱-۳- استفاده از هرگونه وسیله مکانیکی که بتواند بدون ایجاد خسارت به بتن نیروی مقاومت

میلگردها را که بتن منتقل نماید مجاز است. اطمینان از توانایی مناسب وسیله مکانیکی در انتقال نیرو باید از طریق آزمایش و یا روش محاسباتی شناخته شده نشان داده شود.

#### ۹-۱۸-۲-۲- فلابهای استاندارد

در این مبحث هر یک از خم های مشروح زیر فلاب استاندارد تلقی می شود:

الف- میلگردهای اصلی

- خم نیمدایره ( فلاب انتهایی ۱۸۰ درجه) به اضافه حداقل  $4d_b$  طول مستقیم ولی نه کمتر از ۶۰ میلیمتر در انتهای آزاد میلگرد

- خم ۹۰ درجه (گونیا) به اضافه طول مستقیم برابر حداقل  $12d_b$  در انتهای آزاد میلگرد  
ب- برای میلگردهای تقسیم و خاموت ها

- خم ۹۰ درجه ( گونیا) به اضافه حداقل  $6d_b$  طول مستقیم ولی نه کمتر از ۶۰ میلیمتر در انتهای آزاد میلگرد، برای میلگردهای به قطر ۱۶ میلیمتر و کمتر

- خم ۹۰ درجه ( گونیا) به اضافه حداقل  $12d_b$  طول مستقیم در انتهای آزاد میلگردف برای میلگردهای به قطر بیشتر از ۱۶ میلیمتر و کمتر از ۲۵ میلیمتر

- خم ۱۳۵ درجه (چنگک) به اضافه حداقل  $6d_b$  طول مستقیم ولی نه کمتر از ۶۰ میلیمتر در انتهای آزاد میلگرد

#### ۹-۱۸-۲-۳- حداقل قطر خم ها

الف- قطر داخلی خم ها به جز برای خاموت ها نباید از مقادیر مندرج در جدول ۹-۱۸-۱ کمتر اختیار شود:

جدول ۹-۱۸-۱- حداقل قطر خم ها

حداقل قطر خم ها	قطر میلگرد
$6d_b$	کمتر از ۲۸ میلیمتر
$8d_b$	۲۴ تا ۲۸ میلیمتر
$10d_b$	۲۶ تا ۵۵ میلیمتر

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

ب- 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.

۹-۱۸-۲-۴- طول گیرایی یک میلگرد در کشش،  $l_d$ ، باید حداقل برابر با مقدار زیر در نظر گرفته شود در هر حال کمتر از ۳۰۰ میلیمتر اختیار نشود.  
(۹-۱۸-۱)

$$l_d = \left[ \frac{f_y}{\sqrt{f_c}} \frac{\alpha \beta \gamma \lambda}{\left( \frac{c + k_{tr}}{d_b} \right)} \right] d_b$$

مقدار  $\frac{c + k_{tr}}{d_b}$  نایبستی بیش از ۲/۵ در نظر گرفته شود.  
الف- ضریب  $\alpha$ ، یا ضریب موقعیت میلگردها، برای میلگردهای افقی که حداقل ۳۰۰ میلیمتر بتن تازه در زیر آنها، در ناحیه طول گیرایی، ریخته می شوند برابر با ۱/۳ و برای سایر میلگردها برابر با یک است.  
ب- ضریب  $\beta$ ، یا ضریب اندود میلگرد، برای میلگردهایی که با ماده اپوکسی اندود شده اند و در آنها ضخامت پوشش بتنی روی میلگرد کمتر از  $3d_b$  و فاصله آزاد میلگردها کمتر از  $6d_b$  است، برابر ۱/۵ برای سایر میلگردهایی که با ماده اپوکسی اندود شده اند برابر ۱/۲ و برای میلگردهایی که اندود اپوکسی نشده اند برابر با یک است.

لازم نیست حاصلضرب  $\alpha$  و  $\beta$  بیشتر از ۱/۷ در نظر گرفته شود.  
پ- ضریب  $\gamma$  یا ضریب قطر میلگرد برای میلگردهای با قطر کمتر و یا مساوی ۲۰ میلیمتر برابر با ۰/۸ و برای میلگردهای با قطر بیش از ۲۰ میلیمتر برابر با یک است.

ت- ضریب  $\lambda$  یا ضریب نوع بتن، برای بتن های سبک برابر ۱/۳ و برای بتن های معمولی برابر با یک می باشد.  
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.

ج- ضریب  $K_{tr}$ ، ضریبی است که با توجه به مقدار آرماتور عرضی موجود در طول گیرایی از رابطه زیر به دست

میآید:

(۲-۱۸-۹)

$$k_{tr} = \frac{A_{tr} \cdot f_y}{10sn}$$

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

برای سهولت در محاسبات 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.

#### ۱-۵-۲-۱۸-۹- طول گیرایی میلگردهای فشاری

۵-۲-۱۸-۹- طول گیرایی یک میلگرد در فشار، باید حداقل برابر مقدار بزرگتر دو رابطه زیر در نظر گرفته شود. در هر حال کمتر از ۲۰۰ میلیمتر اختیار نشود.

(۳-۱۸-۹)

$$l_{dc} = \left[ 0.25 \frac{f_y}{\sqrt{f_c}} \right] d_b$$

(۴-۱۸-۹)

$$l_{dc} = [0.04 f_y] d_b$$

#### ۶-۲-۱۸-۹- 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 ۱/۲ و ۳/۳ برابر طول گیرایی یک میلگرد تنها در نظر گرفته شود. برای گروه میلگردهای دوتایی افزایش طول گیرایی

الزامی نیست.

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

#### ۹-۱۸-۲-۷- طول گیرایی میلگردهای قلابدار در کشش

۹-۱۸-۲-۷-۱- طول گیرایی یک میلیگرد قلابدار در کشش،  $l_{dh}$ ، باید حداقل برابر مقدار زیر در نظر گرفته شود. مقدار  $l_{dh}$  در هیچ حالت نباید کمتر از  $8d_b$  و یا ۱۵۰ میلیمتر اختیار گردد. (۹-۱۸-۵)

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

برای تعیین ضرایب  $\lambda$  و  $\beta$  به بند ۹-۱۸-۲-۴-۱ مراجعه شود. ضریب  $k$  در تمامی موارد با یک منظور می شود مگر در مواردی که پوشش بتنی روی قلاب، در امتداد عمود بر صفحه قلاب، در قالبهای با خم ۱۸۰ درجه بیشتر از ۶۵ میلیمتر و پوشش بتن روی قلاب در امتداد عمود بر صفحه قلاب و پوشش در صفحه قلاب در قالبهای با خم ۹۰ درجه به ترتیب مساوی یا بیشتر از ۶۵ و ۵۰ میلیمتر باشد در این مورد 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 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 ۶۵ میلیمتر باشد باید میلگرد در طول گیرایی با خاموت هایی به فاصله کمتر از  $3d_b$  از یکدیگر محصور شود.

#### ۹-۱۸-۲-۸- اضافه آرماتور

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 روابط ۹-۱۸-۱، ۹-۱۸-۳، ۹-۱۸-۴ و ۹-۱۸-۵ را در نسبت مقدار آرماتور لازم به مقدار آرماتور مصرفی ضرب نمود. این ضریب در مورد سازه های با شکل پذیری زیاد (فصل ۲۰) باید برابر یک منظور گردد.

#### ۹-۱۸-۲- ضوابط مهار آرماتورهای خمشی

#### ۹-۱۸-۲-۱- ضوابط کلی



۹-۱۸-۳-۱-۱- آرماتور کششی در قطعات خمشی را می توان با رعایت محدودیت های 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 می توان در سمت مقابل قطعه به عنوان آرماتور کششی یا فشاری مورد استفاده قرارداد.

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 می شود.

در این قطعات در مقاطع مجاور تکیه گاه های ساده و مقاطع نقاط عطف منحنی تغییر شکل ضوابط بند ۹-۱۸-۳-۲ 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  $12d_b$ ، هرکدام بزرگترند، ادامه داده شوند. رعایت این ضابطه در انتهای عضو با تکیه گاه ساده و یا انتهای آزاد طره ای الزامی نیست.

۹-۱۸-۳-۱-۴- در مواردی که تعدادی از میلگردها قطع یا خم می شوند، آن دسته از میلگردها که ادامه پیدا می کنند 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.

۹-۱۸-۳-۱-۵- آرماتور خمشی را نمی توان 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 ناحیه ای به طول حداقل  $0.75d$  آرماتور عرضی اضافه بر آنچه برای تحمل یا پیچش لازم است، تامین گردد. سطح مقطع آرماتور عرضی اضافی لازم باید حداقل برابر با

$$\left(0.42b_w \frac{s}{f_y}\right)$$

باشد و فاصله میلگردهای عرضی از یکدیگر در این ناحیه بیشتر از  $\frac{d}{8\beta_b}$  نباشد.  $\beta_b$  نسبت

آرماتور قطه شده به کل آرماتور کششی مقطع است.

پ- مقدار آرماتوری که ادامه پیدا می کند حداقل دو برابر مقدار مورد نیاز در مقطع باشد و نیروی برشی مقاوم مقطع،  $V_r$ ، 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 پی‌های با مقطع متغیر، پلکانی و یا باریک شونده و همچنین نشیمن‌گاه‌ها، 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.

#### ۹-۱۸-۲-۲- ضوابط خاص مهار آرماتور خمشی مثبت

۹-۱۸-۲-۳-۱- 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.

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

۹-۱۸-۲-۳-۳- 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:  
(۹-۱۸-۹)

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

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 می شود، 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 می شود کنترل رابطه فوق الزامی نیست. در تکیه‌گاه‌هایی که آرماتور خمشی مثبت در داخل بتن فشاری ناشی از عکس‌العمل فشاری تکیه‌گاه محصور

شده باشد، مقدار  $\frac{M_r}{V_u}$  در رابطه فوق را می‌توان به اندازه یک سوم افزایش داد.

#### ۹-۱۸-۳-۳- ضوابط خاص مهار آرماتور خمشی منفی

۹-۱۸-۳-۱- آرماتور خمشی منفی در قطعات خمشی یکسره، گیردار، طره و یا تماس قطعات قلاب‌های پیوسته باید با یکی از روش‌های گفته شده در بند ۹-۱۸-۳-۱-۱ در تکیه‌گاه‌ها مهار شوند.

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

#### ۹-۱۸-۳-۴- ضوابط خاص مهار آرماتور عرضی در جان قطعات خمشی

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

۹-۱۸-۳-۲- دو انتهای آرماتور عرضی تک شاخه‌ای و آرماتور به شکل  $U$  باید به یکی از طرف 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 با مقاومت مشخصه بیش از ۳۰۰ مگاپاسکال، 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 ۹-۱۸-۳-۷) نیز تامین شود. طول گیرایی میلگرد قلابدار از محل وسط ارتفاع موثر مقطع اندازه‌گیری می‌شود.

۹-۱۸-۳-۳- 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.

۹-۱۸-۲-۴-۴- میلگردهای طولی خم شده که به عنوان آرماتور برشی مورد استفاده قرار می‌گیرند اگر به ناحیه بتن کششی برده شوند باید به صورت 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 موثر مقطع،  $\frac{d}{2}$  اندازه‌گیری می‌شود.

۹-۱۸-۲-۴-۵- در زوج خاموت‌های U شکل که با وصله پوششی، یک خاموت بسته می‌سازند، باید طول پوشش برابر با حداقل  $1.3l_d$  رعایت شود. در این خاموت‌ها، چنانچه مقدار  $A_b f_y$  هر شاخه کمتر از  $40$  کیلونیوتن و ارتفاع مقطع عضو بیشتر از  $450$  میلیمتر باشد، می‌توان طول پوشش را کمتر از  $1.3l_d$  در نظر گرفت مشروط بر آنکه هر شاخه از U تا وجه مقابل ادامه داده شود.

#### ۹-۱۸-۲- وصله میلگردها

##### ۹-۱۸-۲-۱- ضوابط کلی

۹-۱۸-۲-۱-۱- 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 می‌شود. طولی که دو میلگرد باید در مجاور هم قرارداد شوند، «طول پوشش» نامیده می‌شود.
- ب - وصله جوشی: که با جوش دادن دو میلگرد به یکدیگر انجام می‌شود.
- ج - وصله مکانیکی: که با بکارگیری وسایل مکانیکی خاص حاصل می‌شود.
- ت - وصله اتکایی: که با بر روی هم قراردادن دو انتهای میلگردهای فشاری عملی می‌گردد.

۹-۱۸-۲-۱-۲- وصله پوششی تنها در مورد میلگردهای با قطر کمتر از  $36$  میلیمتر مجاز می‌باشد.

۹-۱۸-۲-۱-۳- وصله پوششی برای گروه میلگردها، به عنوان 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.

۹-۱۸-۲-۱-۴- طول پوشش لازم برای وصله پوششی هر میلگرد در گروه میلگردها باید بر اساس طول پوشش

لازم برای هر یک از میلگردها تعیین شود و در آن ضوابط قسمت ۹-۱۸-۲-۴ رعایت شود.

۹-۱۸-۴-۱-۵- در قطعات خمشی فاصله دو میلگرد که با وصله پوششی بهم متصل می شوند نباید بیشتر از یک پنجم طول پوشش لازم و یا بیشتر از ۱۵۰ میلیمتر می باشد.

۹-۱۸-۴-۱-۶- وصله جوشی میلگردها باید به صورت یکی از روشهای زیر انجام شود.

مقاومت این وصله‌ها در کشش باید حداقل برابر با  $1.25 A_b f_y$  باشد، مگر آنکه الزامات بند ۹-۱۸-۴-۲-۲- تامین شده باشد.

الف - اتصال جوشی نوک به نوک خمیری (جوش الکتریکی تماسی).

ب - اتصال جوشی با الکتروود (جوش با قوس الکتریکی).

اتصال جوشی نوک به نوک خمیری فقط در شرایط کارخانه‌ای و در صورتی مجاز است که قطر میلگردها از ۱۰ میلیمتر برای فولادهای گرم نورد شده یا ۱۴ میلیمتر برای فولادهای سرد اصلاح شده کمتر نباشد، و نسبت به سطح مقطع دو میلگرد وصله شونده از ۱/۵ تجاوز نکند.

اتصال جوشی ذوبی با الکتروود در صورتی مجاز است که برای هر نوع فولاد، از الکتروود و ورش جوشکاری مناسب آن استفاده شود.

اتصال جوشی ذوبی با الکتروود به طور معمول به یکی از روش‌های زیر انجام می پذیرد:

اتصال جوشی پهلو به پهلو با جوش از یک رو یا دورو، که فقط برای میلگردهای گرم نورد شده با قطر ۳۶ میلیمتر مجاز است. در این روش طول نوار جوش از یک رو نباید از ۱۰ برابر قطر میلگرد کوچکتر، کمتر باشد و طول نوار جوش دورو نباید از ۵ برابر قطر میلگرد کوچکتر، کمتر اختیار شود.

اتصال جوشی با وصله یا وصله‌های جانبی اضافه با جوش از یک رو یا دورو، که فقط برای میلگردهای گرم نورد شده مجاز است. حداقل طول نوار جوش برای اتصال هر میلگرد به وصل یا وصله‌ها مشابه اتصال جوشی پهلو به پهلو است.

اتصال جوشی نوک به نوک با پشت بند با آمادگی یا بدون سر میلگردها، که طول پشت بند نباید کمتر از ۳ برابر قطر میلگردها برای فولادهای گرم نورد شده یا ۸ برابر قطر میلگردها برای فولادهای سرد اصلاح شده اختیار شود. فاصله دو سر میلگردهای وصله شونده از هم در حالت با آمادگی ۳ میلیمتر و در حالت بدون آمادگی باید معادل نصف قطر میلگرد الزامی است. در صورتی که میلگردهای وصله شونده در وضعیت قائم یا نزدیک به قائم قرار گیرند، آماده کردن انتهای میلگرد فوقانی الزامی است و انتهای تحتانی باید عمود بر محور



### ۹-۱۸-۴-۲- وصله میلگردهای فشاری

۹-۱۸-۴-۱- در وصله های پوششی طول پوشش برای فولادهای از نوع s400 یا با مقاومت کمتر باید حداقل برابر با  $0.07f_y d_y$  و برای فولادهای مقاوم تر 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 مگا پاسکال است، طول پوشش باید به اندازه سی و سه درصد افزایش داده شود.

۹-۱۸-۴-۲- در مواردی که میلگردهای با قطرهای مختلف با وصله پوشش بهم متصل می شوند طول پوشش باید برابر بزرگترین دو مقدار، طول گیرایی میلگرد با قطر بزرگتر یا طول پوشش لازم برای میلگرد با قطر کوچکتر، در نظر گرفته شود. میلگردهای با قطر بزرگتر از ۳۶ میلیمتر را می توان به میلگردهای با قطر کوچکتر از ۲۶ میلیمتر اتصال دارد.

۹-۱۸-۴-۳- در وصله های اتکایی که در آنها برای انتقال فشار از یک میلگرد به دیگری، انتهای آن دو بهم تکیه داده می شوند 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 ۱/۵ 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 وصله تنها در قطعاتی که دارای خاموت عرضی بسته یا ماریچ هستند، مجاز می باشد.

### ۹-۱۸-۴-۲- ضوابط خاص وصله آرماتورها در ستون ها

۹-۱۸-۴-۱- در ستون ها وصله آرماتورها می تواند از نوع پوششی، جوشی، مکانیکی و یا اتکایی باشد. وصله آرماتورها باید برای تمامی ترکیبات بارگذاری مناسب باشد.

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

۹-۱۸-۴-۳- در قطعات تحت فشار چنانچه در ناحیه وصله پوششی آرماتور عرضی به صورت خاموت با سطح

مقطع بیشتر از  $0.0015h_s$  وجود داشته باشد طول پوشش را می توان به اندازه ۲۰ درصد و چنانچه آرماتور عرضی به صورت ماریچ وجود داشته باشد، طول پوشش را می توان 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 شاخه های عمود در امتداد  $h$  منظور می گردد.

۹-۱۸-۴-۴- در ستون ها وصله های اتکایی میلگردها را مطابق ضابطه بند ۹-۱۸-۴-۳- می توان به کار برد مشروط بر آنکه یا این نوع وصله برای هر تعداد از میلگردها در مقاطع مختلف انجام شود و یا در محل وصله، میلگرد اضافی به کار برده شود، به طوری که 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.

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.





### فصل نوزدهم

#### ضوابط ویژه طراحی در برابر آتش سوزی

#### ۹-۱۹-۰۰- علائم اختصاری

واحد	مفهوم	علامت اختصاری
درجه سانتیگراد	دمای بتن یا فولاد	$T$
	مقاومت فشاری بتن در دمای $T$	$f_{ct}$
	تنش حد تسلیم فولاد در دمای $T$	$f_{yt}$

#### ۹-۱۹-۱- گستره

هدف از مطالب این فصل، ارائه حداقل ضوابط، ابعاد و مشخصات اجزای سازه ای به منظور مقاومت در برابر آتش سوزی است. علاوه بر مطالب این فصل ضروری است ضوابط مندرج در مبحث سوم مقررات ملی ساختمان نیز رعایت شود.

### ۹-۱۹-۲- مدت زمان مقاومت در برابر آتش سوزی

حداقل زمان لازم برای تخلیه افراد و اشیاء مهم (مدت زمان مقاومت) بسته به عوامل زیر بین ۳۰ دقیقه تا ۲۴۰ دقیقه می شود.

- نوع کاربری ساختمان
  - مشخصات هندسی ساختمان (تعداد طبقات و وسعت هر طبقه)
  - میزان جمعیت ساکن در بنا
  - نوع مصالح اجزای سازه ای و غیر سازه ای
  - فاصله ساختمان از بناهای مجاور
  - مشخصات تاسیسات مکانیکی و برقی و سیستم های اعلام و اطفای حریق
- مدت زمان مقاومت در برابر آتش سوزی نباید از مقادیر زیر کمتر در نظر گرفته شود:
- در ساختمان های خصوصی ۲ تا ۵ طبقه: ۶۰ دقیقه
  - در ساختمان های خصوصی ۶ تا ۱۰ طبقه: ۹۰ دقیقه
  - در ساختمان های خصوصی ۱۱ تا ۲۰ طبقه و با جمعیت کمتر از ۳۰۰ نفر: ۱۲۰ دقیقه
  - در ساختمان های عمومی یا ساختمان های خصوصی با جمعیت بیش از ۳۰۰ نفر: ۱۵۰ دقیقه

### ۹-۱۹-۳- اثر تغییرات درجه حرارت بر مقاومت مصالح مصرفی

در بررسی عملکرد اجزای سازه ای لازم است اثر تغییرات مقاومت بتن و فولاد برحسب افزایش درجه حرارت به شرح زیر منظور شود:

در جداول ۹-۱۹-۱ و ۹-۱۹-۲ تغییرات متوسط مقاومت بتن و فولاد برحسب تغییرات دما ارائه شده است.

#### ۹-۱۹-۳-۱- بتن

مقدار مقاومت فشاری بتن در دمای T درجه سانتیگراد نسبت به مقاومت مینا ( ۲۰ درجه سانتیگراد) از جداول ۹-۱۹-۱ تعیین می شود:

جدول ۹-۱۹-۱

--	--	--	--	--	--	--	--

۱۰۰۰	۸۰۰	۷۰۰	۶۰۰	۵۰۰	۴۰۰	۳۰۰	T
•	۰/۳۳	۰/۳۴	۰/۴۵	۰/۶	۰/۷۷	۰/۹۳	$f_{cT}/f_c$

### ۲-۳-۱۹-۹- فولاد

مقدار تنش تسلیم فولاد در دمای T درجه سانتیگراد نسبت به تنش حد تسلیم مینا (۲۰ درجه سانتیگراد) از جدول ۲-۱۹-۹ تعیین می شود:

جدول ۲-۱۹-۹

۷۵۰	۷۰۰	۶۰۰	۵۰۰	۴۰۰	۳۰۰	T
•	۰/۱۲	۰/۵۵	۰/۶۴	۰/۸۱	۰/۹۳	$f_{yT}/f_y$

### ۲-۱۹-۹- ملاحظات طراحی

طراحی اجزای بتن آرمه در مقابل آتش سوزی در حالت حدی نهایی مقاومت انجام می گیرد. اثر افزایش درجه حرارت ناشی از حریق به دو شکل در محاسبات مطرح می شود:

الف) افزایش درجه حرارت بکنواخت در یک عضو یا جمعی از اعضای سازه ای و اثرات انبساط حاصله در توزیع نیروهای داخلی سیستم های نامعین

ب) اثر گرادیان حرارتی ( اختلاف درجه حرارت ) در اجزای بتنی و تغییر شکل های حاصله که باعث ایجاد نیروهای داخلی در اعضا می شود.

### ۱-۴-۱۹-۹- ستون ها

در ستون های ساختمان های با مدت زمان مقاومت در برابر آتش سوزی ۹۰ دقیقه یا بیشتر، ملاحظات زیر باید رعایت شود:

- لاغری ستون ها به عدد ۵۰ محدود می گردد.
- درصد فولاد ستون ها ( غیر از محل وصله ها) به دو درصد محدود می شود.
- میلگردهای طولی باید در امتداد وجوه ستون توزیع شده و میلگردهای عرضی نیز در محیط و سطح میانی مقطع توزیع شوند.

- برای محصور کردن بتن و آرماتورهای طولی نباید به خاموت های محیطی اکتفا شود بلکه باید سنجاق ها و خاموت های میانی نیز به طور همزمان در آنها به کار برده شود.  
ضوابط هندسی الزامی ستون ها در جدول ۳-۱۹-۹ ارائه شده است.

جدول ۳-۱۹-۹- ضوابط هندسی الزامی ستون ها، از نظر مقاومت در برابر آتش سوزی

ردیف	مدت زمان مقاومت در برابر آتش سوزی (دقیقه)	حداقل کوچکترین بعد مقطع ستون (b) (میلیمتر)	حداقل فاصله مرکز میلگردهای سفره خارجی تا وجه ستون (a) (میلیمتر)
۱	۳۰	۱۵۰	۲۵
۲	۶۰	۲۰۰	۲۵
۳	۹۰	۲۴۰	۵۰
۴	۱۲۰	۳۰۰	۵۰
۵	۱۸۰	۴۰۰	۵۰
۶	۲۴۰	۴۵۰	۵۵

#### ۲-۴-۱۹-۹- تیرها

- ضوابط هندسی الزامی تیرها در جدول های ۴-۱۹-۹ و ۵-۱۹-۹ ارائه شده است.  
- میلگردهای طولی باید در عرض تیر توزیع شده و میلگردهای عرضی نیز علاوه بر خاموت خارجی در بخش میانی مقطع تعبیه گردند.

جدول ۴-۱۹-۹- ضوابط هندسی الزامی تیرهای ساده، از نظر مقاومت در برابر آتش سوزی

ردیف	دوره زمانی مقاومت در برابر آتش سوزی	عرض تیر (b) (میلیمتر)	حداقل فاصله مرکز هر یک از میلگردها تا وجه خارجی ستون (a) (میلیمتر)	حداقل ضخامت جان ( $b_w$ ) (میلیمتر)

۸۰	۲۵	۸۰	۳۰	۱
	۱۵	۱۲۰		۲
	۱۰	۱۶۰		۳
	۱۰	۲۰۰		۴
۱۰۰	۴۰	۱۲۰	۶۰	۵
	۳۵	۱۶۰		۶
	۳۰	۲۰۰		۷
	۲۵	۲۰۰		۸
۱۲۰	۵۵	۱۵۰	۹۰	۹
	۴۵	۲۰۰		۱۰
	۴۰	۲۵۰		۱۱
	۳۵	۴۰۰		۱۲
۱۴۰	۶۵	۲۰۰	۱۲۰	۱۳
	۵۵	۲۴۰		۱۴
	۵۰	۳۰۰		۱۵
	۴۵	۵۰۰		۱۶
۱۶۰	۸۰	۲۴۰	۱۸۰	۱۷
	۷۰	۳۰۰		۱۸
	۶۵	۴۰۰		۱۹
	۶۰	۶۰۰		۲۰
۱۸۰	۹۰	۲۸۰	۲۴۰	۲۱
	۸۰	۳۵۰		۲۲
	۷۵	۵۰۰		۲۳
	۷۰	۷۰۰		۲۴



جدول ۵-۱۹-۹- ضوابط هندسی الزامی تیرهای یکسره، از نظر مقاومت در برابر آتش سوزی

ردیف	دوره زمانی مقاومت در برابر آتش سوزی	عرض تیر (b) ( میلیمتر )	حداقل فاصله مرکز هر یک از میلگردها تا وجه خارجی ستون (a) (میلیمتر)	حداقل ضخامت جان ( $b_w$ ) ( میلیمتر )
۱	۳۰	۸۰	۱۲	۸۰
		۱۲۰	۱۲	
۲	۶۰	۱۲۰	۲۵	۱۰۰
		۲۰۰	۱۲	
		۳۰۰	۱۲	
۳	۹۰	۱۵۰	۳۵	۱۲۰
		۲۵۰	۲۵	
		۴۰۰	۲۵	
۴	۱۲۰	۲۰۰	۴۵	۱۴۰
		۳۰۰	۳۵	
		۵۰۰	۲۵	
۵	۱۸۰	۲۴۰	۵۰	۱۶۰
		۶۰۰	۵۰	
۶	۳۴۰	۲۸۰	۶۰	۱۸۰
		۷۰۰	۶۰	

## ۵-۱۹-۹-۲-۳- دال ها

ضوابط هندسی الزامی دال ها در جدول های ۶-۱۹-۹ و ۷-۱۹-۹ ارائه شده است.

جدول ۶-۱۹-۹- ضوابط هندسی الزامی دال های با تکیه گاه ساده، از نظر مقاومت در برابر آتش سوزی

حداقل فاصله مرکز هر یک از میلگردها تا وجه خارجی (a) ( میلیمتر )		در دال های دو طرفه	حداقل ضخامت دال ( $h_s$ ) ( میلیمتر )	مدت زمان مقاومت در برابر آتش سوزی ( دقیقه )	ردیف
$l_x / l_y \leq 2.0$	$l_x / l_y \geq 2.0$				
۱۰	۱۰	۱۰	۶۰	۳۰	۱
۲۵	۱۰	۲۵	۸۰	۶۰	۲
۳۵	۱۵	۳۵	۱۰۰	۹۰	۳
۴۵	۲۰	۴۵	۱۲۰	۱۲۰	۴
۶۰	۳۰	۶۰	۱۵۰	۱۸۰	۵
۷۰	۴۰	۷۰	۱۷۵	۲۴۰	۶

جدول ۷-۱۹-۹- ضوابط الزامی هندسی دال های یکسره از نظر مقاومت در برابر آتش سوزی

حداقل فاصله مرکز هر یک از میلگردها تا وجه خارجی (a) ( میلیمتر )	حداقل ضخامت دال ( $h_s$ ) ( میلیمتر )	مدت زمان مقاومت در برابر آتش سوزی ( دقیقه )	ردیف
۱۰	۶۰	۳۰	۱
۱۰	۸۰	۶۰	۲
۱۵	۱۰۰	۹۰	۳
۲۰	۱۲۰	۱۲۰	۴
۳۰	۱۵۰	۱۸۰	۵



۴۰	۱۷۵	۲۴۰	۶
----	-----	-----	---

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.



### فصل بیستم

### ضوابط ویژه برای طراحی در برابر زلزله

#### ۹-۲۰-۰۰ علائم اختصاری

واحد	مفهوم	علامت اختصاری
میلیمتر مربع	سطح مقطع کل قطعه	$A_g$
میلیمتر مربع	مساحت قسمتی از مقطع که داخل میلگرد ماریچ واقع شده است. این مساحت بر اساس اندازه پشت تا پشت میلگرد ماریچ محاسبه می شود	$A_c$
میلیمتر مربع	مساحت قسمتی از مقطع که داخل میلگرد عرضی واقع شده است. این مساحت بر اساس اندازه پشت تا پشت میلگرد عرضی محاسبه می شود	$A_{ch}$
	مساحت مقطع بتن یک پایه یا یک قطعه دیوار افقی، که در مقابل	

برش مقاومت می‌کند	میلیمتر مربع	$A_{cp}$
مساحت خالص مقطع بتن محدود به ضخامت جان و طول مقطع در امتدادی که نیروی برشی در نظر گرفته می‌شود	میلیمتر مربع	$A_{cv}$
حداقل مساحت مقطع داخلی اتصال در صفحه‌ای به موازات محور آرماتوری که در اتصال ایجاد برش می‌کند عمق این مقطع برابر با عمق کلی مقطع ستون است. در مواردی که تیر اصلی به تکیه‌گاهی به پهنای بیشتر اتصال می‌یابد عرض مؤثر اتصال کوچکترین دو مقدار زیر اختیار شود: الف - عرض تیر به اضافه عمق کل مقطع اتصال. ب - دو برابر کوچکترین فاصله محور تیر از بر ستون در جهت عمود بر محور تیر.	میلیمتر مربع	$A_j$
سطح مقطع کل آرماتور عرضی، با احتساب رکابی‌های تک‌شاخه‌ای، در فاصله $s$ در امتداد عمود بر $h_c$	میلیمتر مربع	$A_{sh}$
سطح مقطع کل آرماتور برشی در فاصله $s$ در امتداد عمود بر محور طولی عضو	میلیمتر مربع	$A_v$
سطح مقطع میلگردهای قطری (به بند ۹-۲۰-۴-۳-۲ مراجعه شود)	میلیمتر مربع	$A_{vd}$
پهنای بال مؤثر فشاری	میلیمتر	$b$
ارتفاع مؤثر مقطع	میلیمتر	$d$
مقاومت پیوستگی مبنای بتن	مگاپاسکال	$f_{bd}$
مقاومت فشاری مشخصه بتن	مگاپاسکال	$f_c$
مقاومت مشخصه فولاد $f_{yk}$ که برای تسهیل کار در این فصل	مگاپاسکال	$f_y$

	حرف k در زیرنویس حذف شده است.	
مگاپاسکال	مقاومت تسلیم مشخصه آرماتور عرضی	$f_{yh}$
میلیمتر	بعد مقطع ستون (محور تا محور میلگردهای محصور کننده)	$h_c$
میلیمتر	ارتفاع کل دیوار یا دیافراگم، ارتفاع قطعه‌ای از دیوار یا دیافراگم	$h_w$
میلیمتر	طول گیرایی میلگرد مستقیم	$l_d$
میلیمتر	طول گیرایی میلگرد قلابدار	$l_{dh}$
میلیمتر	طول ناحیه بحرانی که در آن باید آرماتور عرضی ویژه به کار برده شود	$l_0$
میلیمتر	طول دیوار	$l_w$
نیوتن - میلیمتر	به بند ۹-۲۰-۴-۲-۱-۴ رجوع شود	$M_c$
نیوتن - میلیمتر	به بند ۹-۲۰-۴-۲-۱ رجوع شود	$M_g$
نیوتن - میلیمتر	لنگر خمشی مقاوم اسمی، به بند ۹-۲۰-۲-۱ رجوع شود	$M_n$
نیوتن - میلیمتر	لنگر خمشی مقاوم محتمل	$M_{pr}$
نیوتن - میلیمتر	لنگر خمشی مقاوم مقطع	$M_r$
نیوتن	نیروی محوری نهایی در مقطع	$N_u$
میلیمتر	فاصله بین سفره‌های میلگردهای عرضی در امتداد محور طولی عضو	S
نیوتن	نیروی برشی مقاوم مقطع	$V_r$
نیوتن	نیروی برشی نهایی در مقطع	$V_u$
مگاپاسکال	مقاومت برشی بتن، رابطه ۱۲-۴	$V_c$
	به بند ۹-۲۰-۴-۲-۵-۲ مراجعه شود	$\alpha_c$

	ضریب جزئی ایمنی مقاومت بتن	$\phi_c$
	ضریب جزئی ایمنی فولاد	$\phi_s$
	ضریب اصلاحی مقاومت	$\phi_n$
	نسبت حجم میلگرد ماریچ به حجم بتن محصور شده که از پشت تا پشت میلگرد ماریچ اندازه‌گیری می‌شود.	$\rho_s$
	نسبت میلگرد قائم بر صفحه برشی $A_{cv}$ به سطح $A_v$	$\rho_v$
	نسبت میلگرد برشی افقی بر صفحه‌ای عمود بر صفحه برشی $A_{cv}$	$\rho_n$

#### ۹-۲۰-۱- گستره

۹-۲۰-۱-۱- ضوابط این فصل باید در طرح و ساخت اعضای سازه‌هایی که در آنها نیروهای طراحی ناشی از زلزله بر اساس استهلاک انرژی در ناحیه غیرخطی پاسخ سازه‌ها محاسبه شده‌اند، رعایت شوند.

۹-۲۰-۱-۲- در طراحی سازه‌های مشمول این فصل رعایت ضوابط سایر فصول مبحث نهم به جز مواردی که در این فصل به نحو دیگری مقرر شده‌اند، الزامی است.

۹-۲۰-۱-۳- در طراحی سازه‌های مشمول این فصل می‌توان ضوابط این فصل را رعایت نمود، مشروط بر آنکه با شواهد آزمایشگاهی و تحلیلی نشان داده شود که مقاومت سازه در مقابل بارهای رفت و برگشتی از مقداری که در سازه طراحی شده بر اساس ضوابط این فصل کمتر نیست.

#### ۹-۲۰-۲- ضوابط کلی طراحی

##### ۹-۲۰-۲-۱- تعاریف

##### آرماتورگذاری عرضی ویژه

آرماتورگذاری عرضی در اعضای تحت فشار و خمش که مطابق ضوابط بندهای ۹-۲۰-۲-۴ تا ۹-۲۰-۲-۶

انجام شده باشد.

### اعضای تحت فشار و خمش و اعضای تحت خمش

اعضای تحت فشار و خمش به اعضای اطلاق می‌شود که در آنها نیروی محوری فشاری نهایی بیشتر از  $0.15\phi_c f_c A_g$  باشد. در صورتی که نیروی محوری فشاری نهایی کمتر از این مقدار باشد، عضو خمشی محسوب می‌شود.

### اجزای جمع‌کننده

اجزایی که بخشی از نیروهای اینرسی ناشی از زلزله داخل دیافراگم را به سیستم مقاوم در برابر بارهای جانبی منتقل می‌کنند.

### اجزای مرزی

اجزایی در امتداد لبه دیوارها یا دیافراگم‌ها که با آرمان‌ورهای طولی و عرضی تقویت شده باشند. این اجزا می‌توانند هم ضخامت دیوارها یا دیافراگم‌ها و یا ضخیم‌تر از آنها باشند. در صورت لزوم می‌توان در لبه‌های بازشوها در دیوارها و دیافراگم‌ها نیز از اجزای مرزی استفاده کرد.

### شکل پذیری

عبارت است از قابلیت استهلاک انرژی توسط رفتار غیر الاستیکی کل سازه یا اعضای آن تحت اثر تغییر شکل‌های رفت و برگشتی با دامنه بزرگ بدون کاهش قابل ملاحظه در مقاومت آنها.

### قلاب‌دوخت

میلگردی که در یک انتها دارای قلابی با زاویه خم حداقل ۱۳۵ درجه و قسمت مستقیم انتهایی به طول حداقل ۶ برابر قطر میلگرد یا ۷۵ میلی‌متر و در انتهای دیگر دارای قلابی با زاویه خم حداقل ۹۰ درجه و قسمت مستقیم انتهایی به طول حداقل ۸ برابر قطر میلگرد باشد. این قلاب‌ها باید میلگردهای طولی واقع در محیط مقطع عضو را در برگیرند. محل خم ۹۰ درجه قلاب‌ها باید به صورت یک در میان، در مقاطع متوالی در طول عضو، عوض شود.

### کلافها

قطعاتی که معمولاً به صورت عضو کششی نیروهای اینرسی ناشی از زلزله را منتقل می‌کنند و مانع جدا شدن اجزای دیگر سازه مانده پی‌ها و دیوارها از یکدیگر می‌شوند.

### لنگر خمشی مقاوم محتمل

لنگر خمشی مقاوم محتمل مساوی است با لنگر خمشی مقاوم با فرض  $f_s = 1.25 f_y$  و  $\phi_c = \phi_s = 1$  ) ، مقاومت میلگردهای فولادی می‌باشد).

### ناحیه بحرانی

ناحیه‌ای است که در آن مفصل پلاستیکی تحت اثر بارهای زلزله طراحی ایجاد شود.

### هسته محصور

قسمتی از سطح مقطع عضو، که در داخل میلگردهای عرضی و یا طولی محصور شده باشد.

### بتن پوسته

بتن قسمتی از مقطع عضو که در خارج از قسمت محصور شده با میلگردهای عرضی، هسته، واقع شده باشد.

### تراز پایه

ترازی که فرض می‌شود تکان‌های زلزله تا آن تراز از زمین به ساختمان منتقل می‌شود و از آن تراز به بالا ساختمان حرکت جداگانه خود را نسبت به زمین دارا است. این تراز لزوماً در محاذات سطح زمین نیست.

### تنگ ویژه

خاموتی است بسته متشکل از یک یا چند میلگرد که هر یک از آنها در دو انتها به قلاب ویژه ختم شده باشند. تنگ ویژه می‌تواند به صورت دویچ باشد و در دو انتها به قلاب ویژه ختم شود.

### **دیافراگم‌های سازه‌ای**

قطعات سازه‌ای مانند دال‌های کف و سقف که نیروهای اینرسی ناشی از زلزله را به سیستم مقاوم در برابر بارهای جانبی منتقل می‌کنند.

### **دیوارهای سازه‌ای**

دیوارهایی که برای مقاومت در برابر ترکیبی از نیروهای محوری، لنگرهای خمشی و نیروی برشی ناشی از بارهای زلزله و همچنین بارهای ثقلی آنها طراحی می‌شوند.

### **دیوار برشی**

دیواربرشی نوعی دیوار سازه‌ای است.

### **دیوار همبسته**

دیوار همبسته نوعی دیوارسازه‌ای است که از دو یا چند دیواربرشی که با تیرهایی با شکل‌پذیری زیاد بهم متصل شده‌اند تشکیل یافته است.

### **قلاپ ویژه**

قلاپی است که با خم حداقل ۱۳۵ درجه با انتهای مستقیمی به طول حداقل ۶ برابر قطر میلگرد و یا ۷۵ میلیمتر. این قلاب باید میلگردهای طولی را در بر گیرد و انتهای آن به سمت داخل خاموت متمایل باشد.

### **سیستم مقاوم در برابر بارهای جانبی**

قسمتی از سازه که برای مقاومت در برابر نیروهای جانبی زلزله محاسبه شده باشد.

### **مفصل پلاستیکی**

مقطعی از عضو که در آن ابتدا میلگرد کششی به حد جاری شدن رسیده باشد و سپس کرنش بتن به حد



نهایی خود رسیده باشد.

### ناحیه پلاستیکی

قسمتی از عضو که در آن ضمن تشکیل شدن مفصل پلاستیک دوران پلاستیک صورت گیرد.

### ۹-۲-۲۰-۲- تحلیل سازه

۹-۲-۲۰-۱- در تحلیل سازه برای بارهای جانبی باید عملکرد توأم تمامی اجزای سازه ای و غیر سازه‌ای که بر اساس مکانیکی مصالح، بر بازتاب خطی و غیر خطی آن تأثیر دارند، منظور شود.

۹-۲-۲۰-۲- استفاده از اجزای صلب در سازه، به صورتی که جزء سیستم مقاوم در برابر بارهای جانبی نباشند، مجاز است مشروط بر آنکه اثر این اجزاء در بازتاب سیستم در برابر بارهای جانبی بررسی شده و در محاسبات منظور شود. پیامدهای ناشی از خرابی احتمالی اجزای سازه‌ای و غیر سازه‌ای که جزء سیستم مقاوم در برابر بارهای جانبی نیستند نیز باید بررسی شوند.

۹-۲-۲۰-۳- اعضای سازه‌ای که در زیر تراز پایه آن قرار دارند، در صورتی که برای انتقال بارهای زلزله به پی مورد نیاز باشند باید بر اساس ضوابط این فصل طراحی شوند.

۹-۲-۲۰-۴- مقاومت و سختی اعضای سازه‌ای که بین تراز پایه و پی قرار دارند نباید کمتر از مقادیر نظیر در اعضای بالای ترازپایه منظور شوند.

۹-۲-۲۰-۵- در سازه‌هایی که برای حد شکل‌پذیری زیاد طراحی می‌شوند، تمامی اعضای سازه که جزء سیستم مقاوم در برابر جانبی زلزله نیستند باید بر اساس ضوابط بند ۹-۲۰-۴-۶ طراحی شوند.

### ۹-۲-۲۰-۲- مشخصات مصالح

۹-۲-۲۰-۱- مقاومت بتن در اجزای مقاوم در برابر زلزله برای سازه‌های با شکل‌پذیری زیاد نباید کمتر از ۲۵







ب - نسبت طول آزاد ستون به عرض مقطع آن نباید بیشتر از ۲۵ باشد.

#### ۹-۲۰-۳-۲-۲-آرماتورهای طولی و عرضی

۹-۲۰-۳-۳-۱- در ستون‌ها نسبت آرماتور طولی نباید کمتر از یک درصد و بیشتر از شش

درصد در نظر گرفته شود. محدودیت حداکثر مقدار آرماتور باید در محل وصله‌ها نیز رعایت شود. در مواردی که آرماتور طولی از نوع فولاد S400 است نسبت به آرماتور در خارج از محل وصله‌ها به حداکثر چهار و نیم درصد محدود می‌شود.

۹-۲۰-۳-۳-۲- فاصله محور تا محور میلگردهای طولی از یکدیگر نباید بیشتر از ۲۰۰ میلی‌متر باشد.

۹-۲۰-۳-۳-۳- در دو انتهای ستون‌ها به طول  $l_0$ ، باید آرماتورهای عرضی مطابق ضوابط بند ۹-۲۰-۳-۳-۲ به کار برده شود مگر آنکه طراحی برای برش نیاز به آرماتور بیشتری را ایجاد کند طول  $l_0$  ناحیه بحرانی، که از بر اتصال به اعضای جانبی اندازه‌گیری می‌شود نباید کمتر از مقادیر زیر در نظر گرفته شود:

الف - یک ششم ارتفاع آزاد ستون

ب - ضلع بزرگتر مقطع مستطیلی شکل ستون یا قطر مقطع دایره‌ای شکل ستون

پ - ۴۵۰ میلی‌متر

۹-۲۰-۳-۳-۴- آرماتور عرضی مورد نیاز در طول  $l_0$  باید دارای قطر ۸ میلی متر بوده و فواصل آنها از یکدیگر در مواردی که به صورت مارپیچ به کار گرفته می‌شوند از ضابطه بند ۴-۹-۱۱ تعیین گردد فواصل آرماتورهای عرضی در مواردی که به صورت خاموت به کار می‌روند باید کمتر از مقادیر زیر در نظر گرفته شود.

الف) ۸ برابر قطر کوچکترین میلگرد طولی ستون

ب) ۲۴ برابر قطر خاموت‌ها

پ) نصف کوچکترین ضلع مقطع ستون

ت) ۲۵۰ میلی متر

فاصله اولین خاموت از برا اتصال ستون به تیر نباید بیشتر از نصف مقادیر فوق در نظر گرفته شود.

۹-۲۰-۳-۳-۵- در قسمت‌هایی از طول ستون که شامل طول  $l_0$  نمی‌شود، ضوابط میلگردگذاری عرضی مشابه ضوابط در ستون‌های عادی است

۹-۲۰-۳-۳-۶- در ستون‌هایی که بار اعضای با سختی زیاد را تحمل می‌کنند، مانند ستون‌هایی که در زیر

دیوار بتن آرمه قرار دارند، در تمام طول ستون باید آرماتور عرضی مطابق ضابطه بند ۹-۲۰-۳-۲-۴ به کار برده شود. به علاوه این آرماتورگذاری باید در قسمتی از آرماتور طولی ستون که به اندازه طول گیرایی است و در داخل دیوار قرار دارد، ادامه داده شود. ضابطه ادامه آرماتور عرضی در دیوار در مورد ستون هایی که روی دیوار قرار دارند نیز باید رعایت شود.

۹-۲۰-۳-۲-۷-۷ در محل اتصال ستون به شالوده، آرماتور طولی ستون که به داخل پی برده شده است باید در طول حداقل برابر ۳۰۰ میلیمتر با آرماتور عرضی مطابق ضابطه بند ۹-۲۰-۳-۲-۴ تقویت گردد.

#### ۹-۲۰-۳-۲-۸-۲ دیوارهای سازه‌ای، دیافراگم‌ها و خریاها

۹-۲۰-۳-۲-۱-۱ در دیوارهای سازه‌ای، دیافراگم و خریاها باید ضوابط بندهای ۹-۲۰-۳-۲-۱ تا ۹-۲۰-۳-۲-۳، مربوط به سازه‌های با شکل‌پذیری زیاد، و با در نظر گرفتن استثنای بندهای ۹-۲۰-۳-۲-۲ و ۹-۲۰-۳-۲-۳ رعایت شوند.

۹-۲۰-۳-۲-۲-۲ به جای آرماتورگذاری عرضی بویژه در هر مورد که در بندهای ۹-۲۰-۳-۲-۱ تا ۹-۲۰-۳-۲-۳ ضرورت پیدا کند می‌توان آرماتورگذاری عرضی مطابق ضابطه بند ۹-۲۰-۳-۲-۴ به کار برد.

۹-۲۰-۳-۲-۳-۲ برای مهار و وصله میلگردها رعایت ضابطه بند ۹-۲۰-۳-۲-۶ الزامی نیست. مهار و وصله میلگردها مطابق ضوابط فصل هیجدهم صورت می‌گیرد.

#### ۹-۲۰-۳-۲-۴-۴ اتصالات به ستون‌ها در قاب‌ها

۹-۲۰-۳-۲-۱-۴ در اتصالات تیرها به ستون‌ها، در طول ارتفاع تیر یا دالی که بیشترین ارتفاع را دارد و به محل اتصال منتهی می‌شود، باید در امتداد عمود بر میلگرد طولی ستون، میلگرد عرضی به مقدار حداقل برابر با مقادیر زیر پیش‌بینی نمود:

الف - سطح مقطع میلگرد عرضی نباید کمتر از مقدار محاسبه شده از رابطه ۹-۱۲-۱۲ باشد.

ب - مقدار آرماتور عرضی نباید کمتر از دو سوم مقدار آرماتور عرضی در ناحیه  $l_0$  ستون، مطابق بند ۹-۲۰-۳-۲-۴ باشد. فاصله سفره‌های این آرماتور از یکدیگر نباید بیشتر از یک و نیم برابر فاصله سفره‌های نظیر در ناحیه  $l_0$  اختیار شود.

#### ۹-۲۰-۳-۲-۵-۵ ضوابط طراحی برای برش در اعضای قاب‌ها

۹-۲۰-۳-۲-۱-۵ در اعضای تحت خمش و تحت نیروی محوری و خمش در قاب‌ها، کنترل حالت حدی نهایی مقاومت در برش باید بر اساس رابطه ۹-۱۲-۱۲ صورت گیرد. مقدار  $V_u$  در این رابطه نباید از یکی از دو مقدار زیر

کمتر در نظر گرفته شود:

الف - مجموع نیروی برشی ایجادشده در عضو در اثر بارهای قائم، در صورت وجود نیروی برشی همسازبا لنگرهای خمشی اسمی (مدول ضریب) موجود در مقاطع انتهایی آن، با فرض آنکه دراین مقاطع مفصل‌های پلاستیکی تشکیل شده‌اند.

ب - نیروی برشی به دست آمده از تحلیل سازه زیر اثر بارهای نهایی ناشی از بارهای قائم و نیروی جانبی زلزله با فرض آنکه نیروی زلزله مؤثر به سازه دوبرابر مقدار تعیین شده در مبحث ششم مقررات ملی ساختمان منظور شود.

#### ۹-۲۰-۴- ضوابط سازه‌های باشکل‌پذیری زیاد

$$(N_u \leq 0.15 \phi_c f_c A_g) \quad \text{۹-۲۰-۴-۱- اعضای تحت خمش در قاب‌ها}$$

#### ۹-۲۰-۴-۱- محدودیت‌های هندسی

۹-۲۰-۴-۱-۱-۱- دراعضای خمشی قاب‌ها محدودیت‌های هندسی زیر باید رعایت شوند:

الف - ارتفاع مؤثر مقطع نباید بیشتر از یک چهارم طول دهانه آزاد باشد.

ب - عرض مقطع نباید کمتر از سه دهم ارتفاع آن باشد.

پ - عرض مقطع نباید:

- بیشتر از عرض عضو تکیه گاهی، در صفحه عمود بر محور طولی عضو خمشی، به اضافه سه چهارم ارتفاع عضو خمشی در هر طرف عضو تکیه‌گاهی،

- بیشتر از عرض عضو تکیه‌گاهی، به اضافه یک چهارم بعد دیگر مقطع عضو تکیه‌گاهی در هر طرف آن،

- کمتر از ۲۵۰ میلیمتر، اختیار شود.

۹-۲۰-۴-۱-۱-۲- برون محوری هر عضو خمشی نسبت به ستونی که با آن قاب تشکیل می‌دهد، یعنی فاصله

محورهای هندسی دو عضو از یکدیگر، نباید بیشتر از یک چهارم عرض مقطع ستون باشد.

#### ۹-۲۰-۴-۲- آرماتور طولی

۹-۲۰-۴-۱-۲-۱- در تمامی مقاطع عضو خمشی نسبت آرماتور، هم در پایین و هم در بالا، نباید کمتر از مقادیر

$$\frac{1.4}{f_y} \quad \text{و} \quad \frac{0.25 \sqrt{f_c}}{f_y}$$

و نسبت آرماتور کششی نباید بیشتر از ۰/۰۲۵ اختیار شود. حداقل دو میلگرد با قطر ۱۲

میلیمتر یا بیشتر باید هم در پایین و هم در بالای مقطع در سراسر طول تعبیه شود.

۹-۲۰-۴-۱-۲-۲- در تکیه‌گاه‌های عضو خمشی و در هر مقطعی که در آن امکان تشکیل مفصل پلاستیک وجود داشته باشد، باید آرماتور فشاری به مقدار نصف آرماتور کششی موجود در آن مقطع تأمین گردد.

۹-۲۰-۴-۱-۲-۲- در هر عضو خمشی حداقل یک چهارم آرماتور موجود در مقاطع تکیه‌گاه‌ها، هر انتها که آرماتور بیشتری دارد، باید در سراسر طول تیر در بالا و در پایین ادامه داده شوند.

۹-۲۰-۴-۱-۲-۲- در اعضای خمشی T یا L شکل که با دال‌ها به صورت یکپارچه اجرا می‌شوند، مقدار آرماتوری که در بر ستون‌ها می‌توان برای خمش موثر در نظر گرفت، علاوه بر میلگرد واقع در جان تیر، به شرح زیر است:  
الف - در ستون‌های داخلی وقتی که ابعاد تیر عرضی در محل اتصال به ستون در حدود ابعاد عضو خمشی طولی است: تمامی میلگردهایی که در عرضی از دال مساوی با چهار برابر ضخامت آن در هر طرف ستون واقع شده‌اند.

ب - در ستون‌های داخلی وقتی که ابعاد تیر عرضی وجود ندارد: تمامی میلگردهایی که در عرضی از دال مساوی دو و نیم برابر ضخامت آن در هر طرف ستون واقع شده‌اند.

پ - در ستون‌های خارجی وقتی که تیر عرضی در محل اتصال به ستون در حدود ابعاد عضو خمشی طولی است و لازم است میلگردهای عضو خمشی طولی مهار شوند: تمامی میلگردهایی که در عرضی از دال مساوی با دو برابر ضخامت آن در هر طرف ستون واقع شده‌اند.

ت - در ستون‌های خارجی وقتی که تیر عرضی وجود ندارد: تمامی میلگردهایی که در عرض ستون واقع شده‌اند.

ث - در تمام حالات حداقل ۷۵ درصد آرماتور فوقانی و نیز آرماتور تحتانی که ظرفیت خمشی مورد لزوم را تأمین می‌کنند باید از ناحیه هسته ستون عبور کنند و یا در آن مهار شوند.

۹-۲۰-۴-۱-۲-۵- استفاده از وصله پوششی در میلگردهای طولی خمشی فقط در شرایط مجاز است که در تمام طول وصله آرماتور عرضی از نوع تنگ یا ماریچ موجود باشد. فواصل سفره‌های آرماتور عرضی در برگیرنده وصله از یکدیگر نباید بیشتر از یک چهارم ارتفاع موثر مقطع و ۱۰۰ میلیمتر اختیار شود.

۹-۲۰-۴-۱-۲-۶- استفاده از وصله پوششی در محل‌های زیر مجاز نیست:

الف - در اتصالات تیرها به ستون‌ها

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



پ - در محل‌هایی که امکان تشکیل مفصل پلاستیک در آنها بر اثر تغییر مکان جانبی غیرالاستیک قاب موجود باشد.

۹-۲۰-۴-۱-۲-۷- وصله‌های جوشی یا مکانیکی مطابق ضوابط بندهای ۱۸-۴-۱-۶ و ۱۸-۴-۱-۷ به شرطی مجاز است که وصله میلگرد در هر سفره میلگرد به صورت یک در میان انجام شود و فاصله وصله‌ها در میلگردهای مجاور یکدیگر در امتداد طول عضو، کمتر از ۶۰۰ میلیمتر نباشد.

#### ۹-۲۰-۴-۱-۳- آرماتور عرضی

۹-۲۰-۴-۱-۳-۱- در اعضای خمشی در طول قسمت‌های بحرانی که در زیر مشخص می‌شوند، آرماتور عرضی باید از نوع تنگ ویژه بوده و شرایط آن مطابق بند ۹-۲۰-۴-۱-۳-۲ در نظر گرفته شود، مگر آنکه طراحی برای برش نیاز به آرماتوری بیشتری را ایجاب کند:

الف - در طولی معادل دوبرابر ارتفاع مقطع از بر تکیه‌گاه به سمت وسط دهانه

ب - در طولی معادل دوبرابر ارتفاع مقطع در دو سمت مقطعی که در آن امکان تشکیل مفصل پلاستیک در اثر تغییر مکان جانبی غیر الاستیک قاب وجود داشته باشد.

پ - در طولی که در آن برای تأمین ظرفیت خمشی مقطع به میلگرد فشاری نیاز باشد.

۹-۲۰-۴-۱-۳-۲- تنگ‌های ویژه و فواصل آنها از یکدیگر باید دارای شرایط زیر باشند:

الف - قطر تنگ‌های کمتر از ۸ میلیمتر نباشد.

ب - فاصله تنگ‌ها از یکدیگر بیشتر از مقادیر: یک چهارم ارتفاع موثر مقطع، ۸ برابر قطر کوچکترین میلگرد طولی، ۲۴ برابر قطر خاموت‌ها و ۳۰۰ میلیمتر اختیار نشود.

پ - فاصله اولین تنگ از بر تکیه‌گاه بیشتر از ۵۰ میلیمتر نباشد.

۹-۲۰-۴-۱-۳-۳- در قسمت‌هایی از طول عضو خمشی که مطابق ضابطه بند ۹-۲۰-۴-۱-۳-۱ تنگ ویژه به کار برده می‌شود، میلگردهای طولی در محیط مقطع باید دارای تکیه‌گاه عرضی باشند.

۹-۲۰-۴-۱-۳-۴- در قسمت‌هایی از طول عضو خمشی که به تنگ ویژه نیاز نیست، خاموت‌ها باید در دو انتهای دارای قلاب ویژه بوده و فاصله آنها از یکدیگر کمتر یا مساوی نصف ارتفاع موثر باشد.

۹-۲۰-۴-۱-۳-۵- تنگ‌های ویژه در اعضای خمشی را می‌توان با دو قطعه میلگرد ساخت. یک میلگرد به شکل U در دو انتهای دارای قلاب ویژه باشند و میلگرد دیگر به شکل قلاب دوخت که با میلگرد اول یک تنگ بسته تشکیل دهد. خم ۹۰ دره قلاب‌های دوخت متوالی که یک میلگرد طولی را در بر می‌گیرند، باید بطور یک در میان



در میلگردهای مجاور یکدیگر، در امتداد طول ستون، کمتر از ۶۰۰ میلیمتر نباشد.

#### ۹-۲۰-۴-۲-۲-آرماتور عرضی

۹-۲۰-۴-۲-۱- در ستون‌ها قسمت‌هایی از دو انتهای آنها به طول  $l_0$  «ناحیه بحرانی» تلقی شده و در آنها باید آرماتورگذاری عرضی ویژه مطابق ضوابط بندهای ۹-۲۰-۴-۲-۱ تا ۹-۲۰-۴-۲-۶ انجام شود، مگر آنکه طراحی برای برش نیاز به میلگرد بیشتری را ایجاب کند. طول  $l_0$  که از بر اتصال به اعضای جانبی اندازه‌گیری می‌شود نباید کمتر از مقادیر زیر در نظر گرفته شود:

الف - یک ششم ارتفاع یا دهانه آزاد عضو

ب - ضلع بزرگتر مستطیلی شکل یا قطر مقطع دایره‌ای شکل

پ - ۴۵۰ میلیمتر

۹-۲۰-۴-۲-۲- مقدار آرماتور عرضی لازم در ناحیه بحرانی بر اساس ضوابط زیر تعیین می‌شود:

الف - در ستون‌های با مقطع دایره نسبت حجمی آرماتور ماریچ یا تنگ‌های حلقوی،  $\rho_s$ ، نباید کمتر از دو مقدار زیر باشد:

$$\rho_s = 0.12 \frac{f_c}{f_{yh}}$$

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

ب - در ستون‌های با مقطع مربع مستطیل سطح مقطع کل تنگ‌های ویژه در هر امتداد،  $A_{sh}$ ، نباید کمتر از دو مقدار زیر باشد:

$$A_{sh} = 0.3 \left( s \cdot h_c \frac{f_c}{f_{yh}} \right) \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$$

$$A_{sh} = 0.09 s \cdot h_c \frac{f_c}{f_{yh}}$$

۹-۲۰-۴-۲-۲-۲- در ستون‌هایی که مقاومت هسته ستون به تنهایی جوابگوی بارهای وارده از جمله بارهای ناشی از زلزله می‌باشد، نیازی به کنترل روابط ۹-۲۰-۹ و ۳-۲۰-۹ نیست.

۹-۲۰-۴-۲-۲-۴- قطر میلگردهای عرضی در ناحیه بحرانی نباید کمتر از ۸ میلیمتر باشد. فاصله سفره میلگردها از یکدیگر نباید بیشتر از مقادیر زیر باشد:

الف - یک چهارم ضلع کوچکتر مقطع ستون

ب - هشت برابر کوچکترین قطر میلگرد طولی

پ - ۱۲۵ میلیمتر

۹-۲۰-۴-۲-۲-۵- آرماتور عرضی در ناحیه بحرانی را می‌توان با تنگ‌های ویژه یکپارچه و یا تنگ‌های ویژه چند قطعه‌ای که با یکدیگر پوشش دارند ساخت. همچنین می‌توان از میلگردهای رکابی با قطر و فاصله مشابه تنگ‌ها که دارای خم ۹۰ درجه در یک انتهای آن است استفاده کرد. هر دو انتهای میلگردهای رکابی باید در برگزیده یک میلگرد طولی باشد و محل خم ۹۰ درجه آن باید در امتداد میلگرد طولی یک در میان عوض شود.

۹-۲۰-۴-۲-۲-۶- در هر مقطع عضو فاصله میلگرد رکابی یا ساق‌های تنگ‌ها از یکدیگر در جهت عمود بر محور طولی عضو، نباید بیشتر از ۳۵۰ میلیمتر باشد.

۹-۲۰-۴-۲-۲-۷- در عضوایی که بر اثر تغییر مکان جانبی غیر الاستیک قاب در مقطعی غیر از مقاطع انتهایی آن امکان تشکیل مفصل پلاستیک وجود داشته باشد، در هر سمت آن مقطع طولی به اندازه  $l_0$  ناحیه بحران تلقی شده و در آن باید میلگرد گذاری عرضی ویژه اجرا شود.

۹-۲۰-۴-۲-۲-۸- در عضوایی که بار اعضای با سختی زیاد را تحمل می‌کنند، مانند عضوهای واقع در زیر دیوار بتن‌آرمه، در تمام طول عضو باید آرماتورگذاری عرضی ویژه اجرا شود. بعلاوه این آرماتور گذاری باید در قسمتی از آرماتور طولی عضو که به اندازه طول گیرایی است و در داخل دیوار قرار دارد، ادامه داده شود. ضابطه ادامه آرماتورگذاری عرضی ویژه در دیوار، درمورد عضوایی که روی دیوار قرار دارند نیز باید رعایت شود.

۹-۲۰-۴-۲-۳-۹- در عضوهایی که قسمتی از ارتفاع آنها با یک دیوار بتنی گرفته شده است، در تمام قسمت آزاد عضو باید آرماتورگذاری ویژه اجرا شود.

۹-۲۰-۴-۲-۳-۱۰- در محل اتصال عضو به شالوده، آرماتور طولی عضو به شالوده، آرماتور طولی عضو که به داخل شالوده برده شده است باید در طولی حداقل برابر با ۳۰۰ میلیمتر با آرماتورگذاری عرضی ویژه تقویت گردد.

۹-۲۰-۴-۲-۳-۱۱- در قسمت‌هایی از طول عضو که آرماتورگذاری عرضی ویژه اجرا نمی‌شود باید آرماتور عرضی ویژه اجرا نمی‌شود به صورت ماریچ یا تنگ ویژه به قطر ۸ میلیمتر به کار برده شود. فاصله سفره‌های این میلگردها از یکدیگر باید بر اساس نیاز طراحی برای برش تعیین شوند ولی در هر حال این فاصله نباید بیشتر از نصف ضلع کوچکترمقطع مستطیلی شکل عضو، نصف قطر مقطع دایره‌ای شکل عضو، شش برابر قطر میلگرد طولی و یا ۲۰۰ میلیمتر اختیار شود.

#### ۹-۲۰-۴-۲-۴- حداقل مقاومت خمشی ستونها

۹-۲۰-۴-۲-۴-۱- در تمامی اتصالات تیرها به ستونها، به جز موارد گفته شده در بندهای ۹-۲۰-۴-۲-۴-۲ و ۹-۲۰-۴-۲-۴-۳، لنگرهای خمشی مقاوم ستونها باید در رابطه زیر صدق کنند:

(۹-۲۰-۵)

$$\sum M_c \geq 1.2 \sum M_g$$

در این رابطه:

$\sum M_c$  مجموع لنگرهای مقاوم خمشی ستونها در بالا و پایین اتصال است که در مرکز اتصال محاسبه شده باشند. لنگرهای مقاوم خمشی ستونها باید برای مساعدترین حالت بار محوری، در جهت بارگذاری جانبی مورد نظر، که کمترین مقدار لنگرها را به دست دهد، محاسبه شوند.

$\sum M_g$  مجموع لنگرهای مقاوم خمشی تیرها در دو سمت اتصال است که در مرکز اتصال محاسبه شده باشند.

جمع لنگرها در رابطه ۹-۲۰-۵ باید چنان صورت گیرد که لنگرهای ستونها در جهت مخالف لنگرهای تیرها قرار



روی سختی جانبی دیافراگم اثر تعیین کننده داشته باشد. رفتار دیافراگمها در هر حالت باید با فرضهای تحلیل در ارتباط با درجه صلب آنها مطابقت داشته باشد.

۹-۲۰-۴-۳-۱-۴- در طراحی دیوارهای با مقطع U و T عرض موثر بال، اندازه گیری شده و از برجان در هر سمت، که در محاسبات به کار برده می شود نباید بیشتر از مقادیر زیر در نظر گرفته شود، مگر آنکه با تحلیل دقیق تر بتوان مقدار آن را تعیین کرد:

الف - نصف فاصله بین جان دیوار تا جان دیوار مجاور

ب - ده درصد ارتفاع کل دیوار

۹-۲۰-۴-۳-۱-۵- ضخامت دیافراگمهای بتن آرمه در جا یا دالهای بتنی رویه تیرهای فولادی یا قطعات پیش ساخته بتن آرمه که به صورت مرکب عمل نموده و از آنها به عنوان دیافراگم برای انتقال و توزیع نیروی زلزله استفاده می شود نباید کمتر از ۵۰ میلیمتر باشد.

۹-۲۰-۴-۳-۱-۶- دالهای بتن آرمه که روی کفهای مرکب از قطعات پیش ساخته ریخته می شوند را می توان به عنوان دیافراگم منظور نمود، مشروط بر آنکه اتصالات این دالها به دستکها، کلافها، جمع کننده ها و سیستمهای مقاوم چنان طراحی گردند که قادر به انتقال نیروهای وارده باشند. سطوح بتنهای پیش ساخته در محل اتصال با دال بتن آرمه در جا باید زیر، تمیز و عاری از مواد اضافی باشند.

#### ۹-۲۰-۴-۲- آرماتورهای قائم و افقی

۹-۲۰-۴-۳-۱-۱- در دیوارهای سازه ای نسبت آرماتور در هیچ یک از دو امتداد قائم و افقی نباید کمتر از ۲۵٪ درصد باشد، مگر آنکه نیروی برشی نهایی موجود در مقطع دیوار از  $0.5A_{cv}V_c$  کمتر باشد در این حالت برای حداقل میلگرد مورد نیاز در دیوار باید ضوابط بند ۱۶-۴ در فصل شانزدهم رعایت شود.

۹-۲۰-۴-۳-۲- نسبت میلگرد قائم در هیچ ناحیه از طول دیوار نباید از چهار درصد بیشتر باشد.

۹-۲۰-۴-۳-۲-۲- فاصله محور تا محور میلگردها از یکدیگر در هر دو امتداد قائم و افقی نباید بیشتر از ۲۵۰ میلیمتر اختیار شود. در اجزای مرزی فاصله میلگردهای قائم نباید بیشتر از ۲۰۰ میلیمتر در نظر گرفته شوند.

۹-۲۰-۴-۳-۲-۴- در دیواره هایی که نیروی برشی نهایی در مقطع آنها  $A_{cv}V_c$  بیشتر است به کارگیری دو شبکه میلگرد الزامی است.

۹-۲۰-۴-۳-۲-۵- در اعضای خر پاهای، دستک ها، کلافها، و اجزای جمع کننده نیروها که در آنها تنش فشاری بتن

بیشتر از  $0.2f_c$  باشد باید در سراسر طول قطعه، میلگردگذاری عرضی ویژه مطابق بندهای ۹-۲۰-۴-۳-۲ تا ۹-۲۰-۴-۳-۶ انجام شود. این میلگرد گذاری را در قسمتهایی از طول قطعه که در آنها تنش فشاری بتن از  $0.25\phi_c f_c$  کمتر باشد می توان قطع کرد تنش فشاری موجود در قطعه زیر اثر بارهای نهایی و با فرض توزیع خطی تنش در مقطع و بر اساس مشخصات مقطع ترک نخورده محاسبه می شود.

۹-۲۰-۴-۳-۶-تمامی میلگردهای ممتد در دیوارهای سازه ای، دیافراگم ها، خرپاها، دستکها، کلاف ها، و اعضای جمع کننده نیروها باید به عنوان میلگردهای کششی مطابق ضوابط بند ۹-۲۰-۴-۳ مهار یا وصله شوند.

#### ۹-۲۰-۴-۳-۲- اجزای مرزی در دیوارهای سازه ای و دیافراگم ها

۹-۲۰-۴-۳-۱- در کناره ها و اطراف بازشوها در دیوارهای سازه ای و دیافراگمها که در آنها تنش فشاری بتن در دورترین تا فشاری مقطع تحت اثر بارهای نهایی، به انضمام اثر زلزله، از  $0.2f_c$  بیشتر باشد باید اجزای لبه مطابق ضوابط بندهای ۹-۲۰-۴-۳-۲ تا ۹-۲۰-۴-۳-۴ پیش بینی می شود. مگر آنکه در تمام طول دیوار یا دیافراگم میلگردگذاری عرضی ویژه پیش بینی شده باشد. اجزای مرزی را می توان در قسمت هایی که تنش فشاری بتن در آنها از  $0.15f_c$  کمتر باشد قطع کرد. تنش فشاری بتن با فرض توزیع خطی تنش در مقطع دیوار و بر اساس مشخصات مقطع ترک نخورده محاسبه می شود.

۹-۲۰-۴-۳-۲- اجزای مرزی در دیوارها باید در حالت حدی نهایی مقاومت برای مجموع بارهای قائم وارد به دیوار شامل بارهای اجزای مرتبط با دیوار و وزن دیوار و نیروی محوری ناشی از لنگر واژگونی حاصل از نیروهای جانبی زلزله طراحی شوند.

۹-۲۰-۴-۳-۳- اجزای مرزی در دیافراگم باید در حالت حدی نهایی مقاومت برای مجموع نیروهای محوری که در صفحه دیافراگم عمل می کنند و نیروی محوری ناشی از تقسیم لنگر خمشی موثر در مقطع دیافراگم به فاصله بین دو جزء لبه های دیافراگم در آن مقطع طراحی شوند.

۹-۲۰-۴-۳-۴- اجزای مرزی باید در سراسر طول خود مطابق ضوابط بندهای ۹-۲۰-۴-۳-۲ تا ۹-۲۰-۴-۳-۶ آرماتور گذاری عرضی ویژه شوند.

۹-۲۰-۴-۳-۵- در دیوارهایی که دارای اجزای لبه هستند، میلگردهای افقی دیوار باید در ناحیه محصور شده اجزای لبه مهار شوند، به طوری که امکان بوجود آمدن تنش کششی در حد مقاومت تسلیم در آنها میسر گردد.



۹-۲۰-۴-۳-۶- در دیوارهایی که دارای اجزای مرزی نیستند آرماتورهای افقی دیوار باید به قلاب استاندارد ختم شوند و میلگردهای قائم لبه‌های دیوار را در بگیرند. در غیر این صورت میلگردهای قائم لبه دیوار باید به وسیله رکابی‌هایی که دارای قطر و فاصله مشابه میلگرد افقی هستند و به آنها وصله می‌شوند، نگهداری شوند. در مواردی که نیروی برشی نهایی در مقطع دیوار  $0.5A_{cv}V_c$  کمتر است، رعایت ضوابط این بند الزامی نیست.

#### ۹-۲۰-۴-۳-۲- تیرهای همبند در دیوارهای همبسته

۹-۲۰-۴-۳-۱- تیرهای همبند در دیوارهای همبسته که در آنها نیروی برشی نهایی از  $2A_{cv}V_c$  بیشتر و نسبت طول دهانه آزاد به ارتفاع مقطع آنها از ۳ کمتر باشد، باید مطابق ضوابط بندهای ۹-۲۰-۴-۳-۲ و ۹-۲۰-۴-۳-۴ آرماتورگذاری شوند، در غیر این صورت آرماتورگذاری در این تیرها مطابق ضوابط مطابق ضوابط قطعات خمشی انجام می‌شود. عرض این تیرها در هیچ حالت نباید کمتر از ۲۰۰ میلیمتر اختیار شود.

۹-۲۰-۴-۳-۲- مقاومت برشی در تیرهای همبند باید کلاً به وسیله آرماتورهای قطری که به صورت ضربدری و متقارن در سراسر طول تیر ادامه داشته و در دیوارهای طرفین تیر در طولی به اندازه یک و نیم برابر طول گیرایی میلگردها مهار می‌شوند، تأمین گردد. سطح مقطع آرماتور قطری در هر یک از شاخه‌های ضربدری از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

(۹-۲۰-۷)

$$A_{vd} = \frac{V_u}{2f_y \sin \alpha}$$

در این رابطه  $\alpha$  زاویه بین میلگرد قطری و محور طولی تیر است.

۹-۲۰-۴-۳-۳- آرماتورهای قطری باید به وسیله میلگردهای عرضی به صورت ماریچ یا تنگ با قطر حداقل ۸ میلیمتر محصور شوند، فاصله میلگردهای عرضی از یکدیگر برابر با کوچکترین سه مقدار زیر است:

الف - ۸ برابر قطر کوچکترین میلگرد قطری

ب - ۲۴ برابر قطر تنگ‌ها یا ماریچ‌ها

پ - ۱۲۵ میلیمتر

۹-۲۰-۴-۳-۴-۴- مقاومت خمشی تأمین شده توسط میلگردهای قطری را می‌توان در محاسبه ظرفیت خمشی تیر همبند منظور کرد.

#### ۹-۲۰-۴-۳-۵- درزهای اجرایی

۹-۲۰-۴-۳-۵-۱- تمامی درزهای اجرایی در دیوارها و دیافراگم‌ها باید ضوابط قسمت ۹-۷ را تأمین کند. سطح این درزها باید زبری گفته شده در بند ۱۲-۱۴-۳-۵ را دارا باشند. ضوابط طراحی درزهای اجرایی برای برش در بند ۱۲-۱۷-۳-۳ آمده است.

#### ۹-۲۰-۴-۴-۴- اتصالات تیر به ستون در قاب‌ها

##### ۹-۲۰-۴-۴-۱- ضوابط کلی طراحی

۹-۲۰-۴-۴-۱-۱- طراحی اتصالات تیرها به ستون‌ها در قاب‌ها برای برش باید بر اساس رابطه ۱۲-۱ صورت

گیرد. مقادیر  $V_u$  و  $V_r$  در این رابطه باید طبق ضوابط بندهای ۹-۲۰-۴-۴-۱-۲ و ۹-۲۰-۴-۴-۱-۳ تعیین شوند.

۹-۲۰-۴-۴-۱-۲- نیروی برشی نهایی موثر به اتصال،  $V_u$ ، باید بر اساس بیشترین نیروی کششی که ممکن است در میلگردهای کششی تیرهای دو سمت اتصال و نیز برش موجود در ستون‌های بالا و پایین اتصال پدید آید، محاسبه گردد. برای تعیین این مقادیر فرض می‌شود در تیرهای دو سمت اتصال مفصل‌های پلاستیک با

ظرفیت خمشی مثبت یا منفی برابر با لنگرهای خمشی مقاوم محتمل،  $M_{pr}$ ، در مقاطع بر اتصال تشکیل شده باشند. جهت‌های این لنگرها باید به صورتی در نظر گرفته شوند که بیشترین برش در اتصال ایجاد شود.

۹-۲۰-۴-۴-۱-۳- نیروی برشی مقاوم نهایی اتصال،  $V_r$ ، را می‌توان با شرط رعایت ضوابط بند ۹-۲۰-۴-۴-۱-۴ حداکثر برابر با مقادیر زیر در نظر گرفت:

الف - برای اتصالات محصور شده در چهار سمت  $12A_j v_c$

ب - برای اتصالات محصور شده در سه سمت و یا در دو سمت مقابل هم  $9A_j v_c$

پ - برای سایر اتصالات  $7.5A_j v_c$

یک اتصال زمانی توسط نیرویی که به یک وجه آن می‌رسد محصور شده تلقی می‌گردد که تیر حداقل سه چهارم سطح آن اتصال را پوشانده باشد.

#### ۹-۲۰-۴-۴-۲- آرماتورگذاری

۹-۲۰-۴-۴-۲-۱- در تمامی اتصالات به جز آنها پی در بند ۹-۲۰-۴-۴-۲-۲- گفته شده اند آرماتوری گذاری عرضی ویژه مطابق ضوابط بندهای ۹-۲۰-۴-۴-۲-۲- تا ۹-۲۰-۴-۴-۲-۶- به کار برده شود.

۹-۲۰-۴-۴-۲-۲- در اتصالاتی که در چهار سمت توسط تیرهای محصور شده اند و عرض تیرها کمتر از سه چهارم نیستند، باید در طولی به اندازه کوتاه ترین ارتفاع تیر در اتصال آرماتورگذاری عرضی ویژه، مساوی با نصف آنچه در بند ۹-۲۰-۴-۴-۲-۱- گفته شد، به کار برده شود. فاصله آرماتورهای عرضی در این اتصالات را می توان تا ۱۵۰ میلیمتر افزایش داد.

۹-۲۰-۴-۴-۲-۲- آرماتورهای طولی تیرها که به ستون ختم می شوند باید تا انتهای دیگر هسته محصور شده ستون ادامه یابند و در صورت کششی بودن مطابق ضوابط بند ۹-۲۰-۴-۴-۲-۳- و در صورت فشاری بودن مطابق ضوابط فصل هجدهم مهار شوند.

۹-۲۰-۴-۴-۲-۴- در تیرهایی که آرماتور طولی آنها از داخل هسته محصور شده ستون عبور نمی کنند، در صورتی که این آرماتورها توسط تیر دیگری که به اتصال می رسد محصور نشده باشند، باید در سراسر طول آرماتور طولی که در خارج از هسته ستون قرار دارند آرماتورگذاری عرضی ویژه اجرا شود.

#### ۹-۲۰-۴-۴-۲- طول گیرایی میلگردهای کششی

۹-۲۰-۴-۴-۲-۱- طول گیرایی قلابدار،  $l_{dn}$ ، که خم آنها ۹۰ درجه است باید با استفاده از رابطه ۱۸-۵ و با منظور کردن مقاومت پیوستگی معادل بتن برابر با  $2f_{bd}$ ، در نظر گرفته شود. طول گیرایی قلاب همچنین نباید کمتر از مقادیر: ۸ برابر قطر میلگرد و ۱۵۰ میلیمتر اختیار گردد.

۹-۲۰-۴-۴-۲-۲- قلابها باید در هسته محصور شده ستونها و یا در اجزای لبه دیوارها مهار شوند.

۹-۲۰-۴-۴-۲-۳- طول گیرایی میلگردهای مستقیم،  $l_d$ ، در میلگردهای تحتانی، مطابق تعریف بند ۱۸-۴-۱، نباید کمتر از ۲/۵ برابر طول گیرایی میلگردهای قلابدار و در میلگردهای فوقانی نباید کمتر از ۲/۵ برابر طول گیرایی میلگردهای قلابدار منظور گردد.

۹-۲۰-۴-۴-۲-۴- میلگردهای مستقیمی که به یک اتصال ختم می شوند باید از داخل هسته محصور شده ستون و یا جزء لبه دیوار عبور داده شوند. طول گیرایی برای آن قسمت از میلگردهایی که در خارج از هسته محصور شده قرار دارند باید به اندازه ۱/۶ برابر افزایش داده شود.

#### ۹-۲۰-۴-۵- ضوابط طراحی برای برش

### ۹-۲۰-۴-۵-۱- اعضای تحت خمش و تحت فشار و خمش در قاب‌ها

۹-۲۰-۴-۵-۱-۱- در اعضای تحت خمش و تحت فشار و خمش در قاب‌ها، کنترل حالت حدی نهایی مقاومت در برش باید بر اساس رابطه ۹-۱۲-۱ صورت گیرد. مقادیر  $V_u$  و  $V_r$  در این رابطه باید بر طبق ضوابط بندهای ۹-۲۰-۴-۵-۱ تا ۹-۲۰-۴-۵-۲ محاسبه شوند.

۹-۲۰-۴-۵-۱-۲- نیروی برشی نهایی،  $V_u$ ، در اعضای خمشی باید با در نظر گرفتن تعادل استاتیکی بارهای قائم و لنگرهای خمشی موجود در مقاطع انتهایی عضو با فرض آنکه این مقاطع مفصل‌های پلاستیک تشکیل شده‌اند، تعیین شود. ظرفیت خمشی مفصل‌های پلاستیک، مثبت یا منفی باید برابر با لنگر خمشی مقاوم محتمل مقطع،  $M_{pr}$ ، در نظر گرفته شود. جهت‌های این لنگرهای خمشی باید چنان در نظر گرفته شوند که نیروی برشی ایجاد شده در عضو بیشتری باشد.

۹-۲۰-۴-۵-۱-۳- نیروی برشی نهایی،  $V_u$ ، در اعضای تحت فشار و خمش باید برابر با کمترین دو مقدار زیر نظر گرفته شود ولی این نیرو در هیچ حالت نباید کمتر از مقدار نیروی برشی باشد که از تحلیل سازه زیر اثر بارهای نهایی ناشی از بارهای قائم و نیروی جانبی زلزله به دست آمده است.

الف - نیروی برشی ایجاد شده در عضو زیر اثر نیروهای استاتیک وارد به آن شامل بارهای قائم، در صورت وجود، و لنگرهای خمشی موجود در مقاطع انتهایی آن با فرض آنکه در این مقاطع مفصل‌های پلاستیک تشکیل شده باشد، محاسبه می‌گردد. ظرفیت خمشی مفصل‌های پلاستیک، مثبت یا منفی، باید برابر لنگر خمشی مقاوم محتمل مقطع،  $M_{pr}$ ، در نظر گرفته شود و در تعیین آن باید نامساعدترین نیروی محوری نهایی موجود که در عضو، که منتج به بیشترین لنگر خمشی می‌شود، منظور گردد. جهت‌های این لنگرهای خمشی باید چنان در نظر گرفته شود که نیروی برش ایجاد شده در عضو بیشترین باشد.

ب - نیروی برشی ایجاد شده در عضو با فرض آنکه در تیرهای متصل به دو انتهای عضو، در مقاطع مجاور به اتصال‌ها، مفصل‌های پلاستیکی با مشخصات گفته شده در بند ۹-۲۰-۴-۵-۲ تشکیل شده باشند. جهت‌های این لنگرهای خمشی باید چنان در نظر گرفته شوند که نیروی برش ایجاد شده در عضو مورد نظر بیشترین باشد.

۹-۲۰-۴-۵-۱-۴- مقاومت برشی نهایی مقاطع میله ای،  $V_r$ ، باید بر اساس رابطه ۹-۱۲-۲ محاسبه شود. در اعضایی از قاب که در آن نیروی فشار محوری کمتر از  $0.075 f_c A_g$  باشند و نیروی برشی ناشی از زلزله در نواحی بحرانی تیرها، مطابق بند ۹-۲۰-۴-۵-۳، در نواحی  $l_0$ ، ستون‌ها، مطابق بند ۹-۲۰-۴-۵-۱، بزرگتر

از نصف نیروی برشی طرح،  $V_u$ ، باشد نیروی برشی مقاوم بتن،  $V_c$ ، در این نواحی مساوی با صفر منظور می‌گردد. منظور از نیروی برشی ناشی از زلزله، نیروی برشی ایجاد شده در عضو به علت اختلاف لنگرهای خمشی موجود در مفاصل‌های پلاستیکی ایجاد شده در دو انتهای عضو بر طبق ضوابط بند ۲-۱-۵-۴-۲۰-۹ است.

۲-۱-۵-۴-۲۰-۹-۵- خاموت‌هایی که برای مقاومت در برابر برش بهکار برده می‌شوند، در قسمت‌های خاصی از عضو که در بندهای ۲-۱-۴-۲۰-۹ و ۳-۲-۴-۲۰-۹ و ۲-۴-۴-۲۰-۹ مشخص شده‌اند، باید از نوع تنگ ویژه باشند.

#### ۲-۵-۴-۲۰-۹ دیوارهای سازه‌ای و دیافراگمها

۱-۲-۵-۴-۲۰-۹ در دیوارهای سازه‌ای و دیافراگمها، کنترل حالت حدی نهایی مقاومت در برش باید بر اساس رابطه زیر صورت گیرد:

(۹-۲۰-۸)

$$V_u \leq \phi_n V_r$$

در این رابطه  $V_u$  نیروی برشی نهایی است که از تحلیل سازه‌زیر اثر بارهای نهایی ناشی از بارهای قائم و بارهای جانبی زلزله به دست آمده است و  $V_r$  مقاومت برشی نهایی مقطع است که مطابق بند ۲-۲-۵-۴-۲۰-۹ محاسبه می‌شود. ضریب اصلاحی مقاومت است که در این قطعات مساوی با ۷/۰ منظور می‌گردد.

۲-۲-۵-۴-۲۰-۹ مقاومت برش نهایی مقطع،  $V_r$ ، با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

(۹-۲۰-۹)

$$V_r = A_{cv} (\alpha_c v_c + \phi_s \rho_n f_y)$$

در این رابطه  $\alpha_c$  ضریبی است که به شرح زیر در نظر گرفته می‌شود:



خمشی ایجاد شده در آنها زیر اثر تغییر مکان جانبی مساوی دو برابر آنچه در زیر اثر بار نهایی در سازه ایجاد می‌شود، بر اساس ضوابط بندهای ۹-۲۰-۴-۶-۱-۱ و ۹-۲۰-۴-۶-۱-۱-۱ طراحی شوند.

۹-۲۰-۴-۶-۱-۱-۱ چنانچه لنگر خمشی ایجاد شده در عضو بیشتر از لنگر خمشی مقاوم عضو،  $M_r$  باشد در اعضای خمشی باید ضابطه آرماتورگذاری طولی بند ۹-۲۰-۴-۶-۱-۱ و در اعضای تحت فشار و خمش باید ضوابط آرماتورگذاری عرضی بند ۹-۲۰-۴-۶-۱ رعایت شود. بعلاوه تمامی این اعضاء باید بر اساس ضوابط قسمت ۹-۲۰-۴-۵ برای برش طراحی شوند.

۹-۲۰-۴-۶-۱-۲ چنانچه لنگر خمشی ایجاد شده در عضو کمتر از لنگر خمشی مقاوم عضو،  $M_r$  باشد در اعضای خمشی باید ضابطه آرماتورگذاری طولی بند ۹-۲۰-۴-۶-۱ رعایت شود.

۹-۲۰-۴-۶-۲ تمامی اعضای تحت فشار و خمش که در آنها ضوابط آرماتورگذاری عرضی مطابق بند ۹-۲۰-۴-۲ رعایت نشده باشد، باید مطابق ضوابط بندهای ۹-۲۰-۴-۶-۱ تا ۹-۲۰-۴-۶-۳ آرماتورگذاری شوند.

۹-۲۰-۴-۶-۱-۱ خاموت‌ها باید دارای قلاب‌های با زاویه حداقل ۱۳۵ درجه و طول مستقیم به اندازه حداقل ۶ برابر قطر خامت‌ها یا ۶۰ میلیمتر باشد. استفاده از قلاب‌های دوخت مطابق تعریف این فصل نیز بلامانع است.

۹-۲۰-۴-۶-۲ در دو انتهای عضو در طولی برابر با  $l_0$ ، مطابق تعریف بند ۹-۲۰-۴-۱، فاصله سفره‌های آرماتور عرضی از یکدیگر نباید بیشتر از مقادیر زیر در نظر گرفته شود:

الف - ۸ برابر قطر کوچکترین میلگرد طولی

ب - ۲۴ برابر قطر خاموت‌ها

پ - نصف کوچکترین ضلع مقطع عضو

فاصله اولین خاموت از بر اتصال عضو به تیر نباید بیشتر از نصف مقادیر فوق در نظر گرفته شود.

۹-۲۰-۴-۶-۳ در قسمتی از طول عضو که شامل طول  $l_0$  نمی‌شود، ضوابط آرماتورگذاری عرضی مشابه ضوابط ستون‌های عادی است.

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.