مبحث نهم مقررات ملی ساختمان

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 آنها بوده و مشتمل بر یازده بخش و دو دستورالعمل در خصوص اجرای ساختمان های بتن آرمه در نواحی گرم و ساحلی به شرح زیر می باشد:

مقدمه

۹-۱- سازه‌های بتن‌آرمه

۹-۱-۱- کلیات

۹- ۱-۱-۱- گستره

۹-۱-۱-۲- تعاریف

۹- ۱-۲- ایمنی، یکپارچگی، قابلیت بهره‌برداری و پایانی

۹-۱-۳- طرح و محاسبه

۹-۱-۳-۱- ترکیب بارها

۹-۱-۳-۲- واژگونی، لغزش، بالارانش

۹-۱-۳-۳- مبانی تحلیل سازه‌های بتن‌آرمه

۹-۱-۳-۴- مبانی طراحی

۹-۱-۴- مقررات کلی ارائه و تصویب طرح و نظارت بر اجرا

۹-۱-۴-۱- نقشه‌ها و سایر مدارک فنی

۹-۱-۴-۲- نظارت و بازرسی

۹-۱-۵- مصالح بتن

۹-۱-۵-۱- انتخاب و تأیید مصالح

۹-۱-۵-۲- آزمایشهای مصالح

۹-۱-۵-۳- سیمان

۹-۱-۵-۴- سنگدانه‌ها

۹-۱-۵-۵- آب اختلاط

۹-۱-۵-۶- مواد افزودنی

۹-۱-۵-۷- انبار کردن و نگهداری مصالح بتن

۹-۱-۶- بتن

۹-۱-۶-۲ رده‌بندی بتن
۹-۱-۶-۳ مقاومت فشاری مشخصه f_{ck}
۹-۱-۶-۴ تعیین نسبتهای اختلاط بتن
۹-۱-۶-۵- ارزیابی مقاومت و پذیرش بتن
۹-۱-۶-۶- ضوابط کنترل روش عمل آوردن و محافظت بتن
۹-۱-۶-۷- نمونه‌های آگاهی
۹-۱-۶-۸- پایانی بتن و عوامل مؤثر بر آن
۹-۱-۷- فولاد
۹-۱-۷-۲- انواع فولاد
۹-۱-۷-۳- قطر اسمی
۹-۱-۷-۴- مشخصات مکانیکی
۹-۱-۷-۵- تغییرشکلها
۹-۱-۷-۶- شکل‌پذیری
۹-۱-۷-۷- جوش‌پذیری
۹-۱-۷-۸- انبارکردنو نگهداری میلگردها
۹-۱-۸- استانداردهای آزمایشهای مصالح
۹-۱-۹- اختلاط بتن و بتن‌ریزی
۹-۱-۹-۱- آماده‌سازی وسایل و محل بتن‌ریزی
۹-۱-۹-۲- اختلاط بتن و انتقال بتن
۹-۱-۹-۳- بتن‌ریزی
۹-۱-۹-۴- عمل آوردن بتن
۹-۱-۹-۵- بتن‌ریزی در هوای گرم
۹-۱-۹-۶- بتن‌ریزی در هوای سرد
۹-۱-۱۰- جزئیات آرماتوری
۹-۱-۱۰-۱- حمل و انبار کردن میلگردها
۹-۱-۱۰-۲- بریدن میلگردها
۹-۱-۱۰-۳- خم کردن میلگردها
۹-۱-۱۰-۴- شرایط رویه میلگردها

۹-۱-۱۰-۵- جاگذاری و بستن آرماتور
۹-۱-۱۰-۶- مهار میلگردها
۹-۱-۱۰-۷- وصله میلگردها
۹-۱-۱۰-۸- محدودیتهای فاصله میلگردها
۹-۱-۱۰-۹- پوشش بتنی روی میلگردها
۹-۱-۱۱- ضوابط قالب بندی،لوله هاومجراهای مدفون در بتن ودرزهای اجرائی
۹-۱-۱۱-۱- تعاریف
۹-۱-۱۱-۲- مصالح قالب
۹-۱-۱۱-۳- طراحی قالب
۹-۱-۱۱-۴- اجرای قالب‌بندی
۹-۱-۱۱-۵- تنظیم مجموعه قالب‌بندی
۹-۱-۱۱-۶- رواداریها
۹-۱-۱۱-۷- قالب‌برداری
۹-۱-۱۱-۸- لوله‌ها و مجراهای مدفون در بتن
۹-۱-۱۱-۹- درزهای اجرایی(سطوح واریز)
دستورالعملهای اجرای ساختمانهای بتن‌آرمه در نواحی گرم و ساحلی پیشگفتار
۹-۱-۹-۷- ضوابط الزامی و توصیه‌ها برای ساخت و نگهداری بتن و سازه‌های بتنی در مناطق گرم
۹-۱-۹-۸- ضوابط الزامی و توصیه‌ها برای ساخت و نگهداری بتن و سازه‌های بتنی درمناطق ساحلی

کلیـــات

۹-۱-۱ 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.

۹-۱-۲ 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 می شوند و مقاومت مشخصه آنها حداقل برابر ۲۰ مگاپاسکال می‌باشد.

۹-۱-۳ مبانی طراحی

۹-۱-۳-۱- در این مبحث مبنای 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.

۹-۱-۳-۲- پایایی سازه‌ها با توجه به شرایط رویارویی 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، نسبت های اختلاط، شرایط ریختن و جادادن بتن، عمل آوردن و مراقبت بتن، ضخامت پوشش بتن و درزهای ساختمانی،

تامین می‌شود.

۹-۱-۴ضوابط 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 تأمین کننده حد شکل‌پذیری کم و ضوابط ویژه فصل بیستم برای تامین حدود شکل‌پذیری متوسط و زیاد می باشد.

۹-۱-۵ واحدها

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

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

الف - برای طول مترm و میلی متر (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، مگاپاسکالMpa، 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 علایم و اختصارات

علایم و اختصارات مورد استفاده در این مبحث بطور کلی بنحوی اختیار شده است که هماهنگ با علائم و اختصارات متحد الشکل مورد تایید سازمان بین المللی استاندارد(ISO)می 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 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-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 نقشه‌های 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 – ویژگی‌های اصلی به طور اختصار و معرفی ساختمان از نظر نوع بهر برداری، محل اجرای، تعداد طبعات و ارتفاع.

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

پ – آئین‌نامه‌ها و سایر مباحث مورد استفاده

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

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

خ- پلان‌ها ونقشه قاب‌های بارگذاری شده.

د- روشهای 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 کروکی ها 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 رایانه‌ای باید مشخصات و مبنای برنامه های مورد استفاده، فرض‌ها، داده های اولیه و نتایج بدست آمده ضمیمه دفترچه محاسبه شوند.

۹-۲-۱-۳- بسته به مورد دو نوع نقشه برای اجرای ساختمان ها تهیه می‌شوند:
۹-۲-۱-۳-۱- 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 وصله ها و نظایر آن هستند، بطوریکه اجرای سازه به کمک این نقشه ها 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 ابعد تتمامی بازشوها و سوراخها باید در نقشه‌ها داده شوند.
ت- جزئیات و مقاطع لازم برای تهیه نقشه‌های کارآگاهی، 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.
۹-۲-۱-۳-۲ نقشه‌های کارگاهی، که متناسب با شرایط هرسازه 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.

۹-۲-۲ نظارت و بازرسی

۹-۲-۲-۱ اجرای سازه‌های بتن آرمه باید تحت نظر مهندسان صاحب صلاحیت انجام گیرد. توصیه می‌شود که تا حد امکان نظارت عالیه توسط مهندس محاسب یا افراد صلاحیت‌داری که نمایندگی او را دارند انجام پذیرد.
۹-۲-۲-۲ دفتری بنام دفتر کارگاه باید همواره، در کارگاه موجود باشد و در آن موارد زیر برای تمامی بتن‌ها درج شوند.

الف- رده، کیفیت و نسبت‌ها ی 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.

۹-۲-۳ در مواقعی که دما کمتر از ۵ ویا بیشتر از۳۲ درجه سیلیسیوس باشد درج ارقام کامل مربوط به دما در دفتر کارگاه ضرورت قطعی دارد. دراین گونه موارد باید تمامی تدابیری که برای حفظ بتن از سرما و گرما به کار برده شده است در دفتر کارگاه منعکس شود.
۹-۲-۴ دفتر کارگاه (یا پرونده گزارش‌های روزانه) شامل اطلاعات مذکور باید به امضای مهندس مسؤول 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 رایانه‌ای برای ساختمان‌های مهم الزامی است.
۹-۲-۵ 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 مسؤول کارگاه تذکر دهند و در صورتی که معایب موجود احتمال بروز خطری برای ساختمان داشته باشند، از کمیسیون فنی بدوی(یادآوری۲) 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 کمیسیون‌ها ی فنی بدوی و نهایی به موجب قوانین و مجموعه مقررات ملی ساختمان و شهرداری محل تعیین خواهند شد.

۹-۲-۳ آزمایش بارگذاری

۹-۲-۳-۱ 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.

۹-۲-۳-۲ 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.

۹-۲-۴ 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 دراین 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 توجیهات 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

۹-۳-۱ 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.

۹-۳-۲- سیمان

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

۹-۳-۲-۱- 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 براثر 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_3Sو 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 ۳۸۹ مطابقت دشته 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 ویژه‌ای که برای انواع دیگر سیمان‌ها مشخص شده است، نیاز نیست. سیمان پرتلند نوع یک، خود به سه نوع (۳۲۵-۱)، (۴۲۵-۱) و (۵۲۵-۱) 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 پرتلندنوع یک کمتر، و از سیمان پرتلند نوع پنج کمتر است. گرمای آبگیری 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 آبگیری 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-٤) 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.

۹-۳-۲-۱-۱- مشخصات شیمیایی الزامی سیمان های پرتلند

مشخصات شیمیایی الزامی سیمان های پرتلند مطابق جدول ۹-۳-۱ می باشد.

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

ردیف	ویژگی های شیمیایی		نوع سیمان پرتلند					شماره استاندارد ملی ایران برای روش آزمون مربوطه
			۱	۲	۳	۴	۵	
۱	C_3S (درصد وزنی سیمان)	حد اکثر مقدار مجاز	-	-	-	۳۵	-	۱۶۹۲
۲	C_2S (درصد وزنی سیمان)	حد اقل مقدار مجاز	-	-	-	۴۰	-	۱۶۹۲

۳	C_3A (درصد وزنی سیمان)		حد اکثر مقدار مجاز	-	۸	۱۵	۷	۵	۱۶۹۲
۴	$(C_4AF+C_2$ یا $(2C_3A+C_4AF)$ F (درصد وزنی سیمان)		حد اکثر مقدار مجاز	-	-	-	-	۲۵	۱۶۹۲
۵	کاهش وزنی ناشی از سرخ شدن (درصد وزنی)		حد اکثر مقدار مجاز	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰	۲/۵۰	۳/۰۰	۱۶۹۲
۶	میزان باقیمانده نامحلول (درصد وزنی)		حداکثر مقدار مجاز	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۱۶۹۲
۷	SiO_2 (درصد وزنی سیمان)		حداقل مقدار مجاز	-	۲۰	-	-	-	۱۶۹۲
۸	Al_2O_3(درصد وزنی)		حداکثر مقدار مجاز	-	۶	-	-	-	۱۶۹۲
۹	Fe_2O_3 (درصد وزنی سیمان)		حداکثر مقدار مجاز	-	۶/۰	-	۶/۵	-	۱۶۹۲
۱۰	MgO (درصد وزنی سیمان)		حد اکثر مقدار مجاز	۵	۵	۵	۵	۵	۱۶۹۲
۱۱	SO_3 (درصد وزنی سیمان)	اگر C_3A<۸% یا	حد اکثر مقدار مجاز	۳/۰	۳/۰	۳/۵	۲/۳	۲/۳	۱۶۹۲
		اگر C_3A>۸%		۳/۵	-	۴/۵	-	-	
۱۲	Na_2O + K_2O65/0(درصد وزنی سیمان)		حد اکثر مقدار مجاز	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۱۶۹۵

توضیح: در صورت رعایت ضابطه ردیف ۷ جدول ۲، رعایت ضوابط ردیف های ۳، ٤ فوق در سیمان نوع پنج الزامی نخواهد بود.

۹-۳-۲-۱-۲- مشخصات فیزیکی الزامی سیمان های پرتلند

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

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

ردیف	ویژگی فیزیکی		نوع سیمان پرتلند					شماره استاندارد ملی ایران برای روش آزمون مربوطه
			۱	۲	۳	۴	۵	
۱	سطح مخصوص، به دست آمده از آزمایش بلین (Cm^2/gr)	حداقل مقدار مجاز	۲۸۰۰	۲۸۰۰	۳۲۰۰	۲۸۰۰	۲۸۰۰	۳۹۰
۲	انبساط، در ازمایش اتوکلاو(درصد)	حد اکثر مقدار مجاز	۰/۸	۰/۸	۰/۸	۰/۸	۰/۸	۳۹۱
۳	زمان گیرش اولیه به دست آمده از آزمایش با سوزن ویکا(دقیقه)	حد اقل مقدار مجاز	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۳۹۲
۴	زمان گیرش نهایی، به دست آمده از آزمایش با سوزن ویکا (ساعت)	حد اکثر مقدار مجاز	۶	۶	۶	۶	۶	۳۹۲
۵	گرمای آبگیری7 ((col/gr روزه	حد اکثر مقدار مجاز	-	۷۰	-	۶۰	-	۳۹۴
۶	حرارت هیدراتاسیون۲۸ روزه cal/gr	حد اکثر مقدار مجاز	-	-	-	۷۰	-	۳۹۴
۷	انبساط سولفات، ۱٤ روزه (درصد)	حداکثر مقدار مجاز	-	-	-	-	۰/۰۴	۳۹۱

توضیح: در صورت رعایت ضوابط ردیف های ۳ و ٤ جدول۹-۳- ۱ در سیمان نوع پنج، رعایت ضابطه ردیف ۷ فوق الزامی نخواهد بود.

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

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

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

ردیف	ویژگی مکانیکی		نوع سیمان پرتلند						شماره استاندارد ملی ایران برای روش آزمون مربوطه
			۱			۲	۳	۴	۵	
			۱-۳۵	۱-۴۲۵	۱-۵۲۵					
۱	مقاومت فشاری نمونه یک روزه(N/mm^2)	حداقل مجاز	-	-	-	-	۱۲/۵	-	-	۳۹۳
۲	مقاومت فشاری نمونه دو روزه N/mm^2	حداقل مجاز	-	۱۰/۰	۲۰/۰	-	-	-	-	۳۹۳
۳	مقاومت فشاری نمونه سه روزه N/mm^2	حد اقل مجاز	۱۲/۰	-	-	۱۰/۰	۲۴/۰	-	۸/۵	۳۹۳
۴	مقاومت فشاری نمونه هفت روزه N/mm^2	حد اقل مجاز	۲۰/۰	-	-	۱۷/۵	-	۷/۰	۱۵/۰	۳۹۳
	مقاومت فشاری	حداقل								

۵	نمونه بیست و هشت روزه N/mm^2	مجاز	۳۲/۵	۴۲/۵	۵۲/۵	۳۱/۵	-	۱۸/۰	۲۷/۰	۳۹۳
		حداکثر مجاز	۵۲/۵	۶۲/۵	-	-	-	-	-	۳۹۳

توضیح:

1. آزمایش های مقاومت فشاری فوق الذکر بر روی نمونه های ملات های سیمان پرتلند ٌ به ابعاد50×50×50 mm، و ساخته شده ازبا 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.
2. منظور از مقاومت فشاری، میانگین حداقل ٤ نمونه به صورت مذکور در فوق می باشد.

۹-۳-۲-۱-۴- تواتر نمونه برداری از سیمان های پرتلند

نمونه برداری از سیمان پرتلند ٌباید به یکی از روش های زیر صورت گیرد:

۱. از هر محموله وارده به کارگاه، ۵ کیلو گرم نمونه
2. از محل تسمه نقاله یا لوله انتقال سیمان به سیلو، از هر ٤٠ تن سی‌مان در حال انتقال یا کمتر، ۵ کیلو گرم نمونه، به صورت پیوسته یا ناپیوسته
3. از محل تخلیه سیمان از سیلو، به ازای هر یکصد تن،۵ کیلوگرم نمونه
4. از انبار کیسه‌های سیمان،به ازای هر ۵ تن سیمان کیسه‌ای، یا کمتر ، یک کیسه به عنوان نمونه
5. آزمایش‌های فوق حداقل ماهی یک بار، باید انجام شوند.

سایر ضوابط نمونه برداری، مطابق با استاندارد ملی ایران، به شماره ۳۸۹ ، می باشد.

۹-۳-۲-۱-۵- ضوابط پذیرش سیمان های پرتلند

سیمان‌های پرتلند زمانی قابل قبول تلقی می‌شوند که ضوابط زیر برآورده شوند:

۱. نتایج حاصل از یک آزمونه یا میانگین نتایج حاصل از دو آزمونه متوالی، ضوابط مندرج در جدول۹-۳- ۱ و۹-۳- ۲ را برآورده سازند.
2. میانگین نتایج حاصل از دو آزمونه متوالی یا میانگین نتایج حاصل از سه آزمونه متوالی،ضوابط مندرج در جدول۹-۳- ۳ رابرآورده سازند.

۹-۳-۲-۱-۶- ضوابط الزامی بسته بندی،حمل و نقل، انبار کردن و مصرف سیمان های کیسه ای

1. سیمان پرتلند باید در کیسه‌های مناسب، قابل انعطاف بسته بندی شود، به گونه‌ای که رطوبت و مواد خارجی نتوانند به داخل آن نفوذ کنند و ضمنا کیسه سیمان در هنگام حمل و نقل پاره نشود.

2. مشخصات پاکت کاغذی سیمان‌های کیسه‌ای باید مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ٤٥٤٣ 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. سیمان های 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 کیسه ها، به ترتیب ورود به انبار مصرف شوند.
9. در مناطق خشک، حداکثر تعداد کیسه سیمان که می توان برروی 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 کیسه ها موجب خشک شدن سیمان بشود. در مناطق شرجی و با رطوبت نسبی ببیش از ۹۰ درصد،کیسه های سیمانی باید به یکدیگر چسب‌انیده شوند.
11. کیسه‌های سیمان، در همه مناطق،باید حداقل ۳۰۰ میلیمتر از دیوارها و ٦۰۰ 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 فصل ها، در ها، پنجره‌ها و سیستم های تهویه باید بسته نگهداشته شوند تا از جریان هوای مرطوب در انبار جلوگیری شود.
13. سیمان های کیسه‌ای باید در مناطق با رطوبت نس‌بی حداکثر ۹۰%، ٤٥ روز پس از تولی‌د، 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 کلوخه های فشرده درآید. اینگونه سیمان‌ها را می باید با غلتانیدن پاکت‌ها برروی کف اصلاح کرد. تا به صورت پودر درآیند در صورتی که با یک بار غلتانیدن، کلوخه به پودر تبدیل شود آن را می توان 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.

۹-۳-۲-۱-۷- 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 می گیرد و در نتیجه سیمان به تدرج متورم می شود، 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 استانداردملی ایران، به شماره ۲۷۶۱ می‌باشد.

۹-۳-۲-۲- سیمان های ویژه

۹-۳-۲-۱- 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 ۹-۳-٤- و ۹-۳-۵ و ۹-۳-٦ درج شده اند.

جدول ۹-۳-٤- 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

۲	SO_3 (درصد وزنی سیمان)	اگر C_3A=<%۸	۳/۵	۱۶۹۲
۳		اگر C_3A>%۸	۳/۰	۱۶۹۲
۴	کاهش وزن، در دمای ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد(درصد وزنی)		۳	۱۶۹۲
۵	میزان باقیمانده نامحلول (درصد وزنی)		۰/۷۵	۱۶۹۲

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	۷۵	۲۹۳۱
۲	سطح مخصوص به دست آمده از آزمایش بلین(Cm^2/gr)	حداقل مقدار مجاز	۳۰۰۰	۳۹۰
۳	انبساط در آزمایش اتوکلا و(درصد)	حداکثر مقدار مجاز	۰/۸	۳۹۱
۴	زمان گیرش اولیه، به دست آمده از آزمایش با سوزن و یکا (دقیقه)	حداقل مقدار مجاز	۴۵	۳۹۲
۵	زمان گیرش نهایی، به دست آمده از آزمایش با سوزن و یکا (ساعت)	حداکثر مقدار مجاز	۸	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

۹-۳-۲-۲-۳- سیمان پرتلند آمیخته

۹-۳-۲-۲-۱- 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 پوزلانی معمولی و سیمان پوزلانی ویژه تقسیم بندی می شوند.

سیمان پرتلند پوزلانی معمولی، دارای پوزولان به میزان حداقل ۵ و حد اکثر 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 پوزلانی ویژه، دارای پوزولان به میزان بیش از ۱۵ درصد تا ٤٠ 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 آبگیری کمی دارد، برابر املاح شیمیایی مقاوم است و مقاومت فشاری آن در روزهای اولیه تا (سه روز) کم است.

پوزلان مورد استفاده در سیمان های پوزلانی باید با استاندارد ملی ایران به شماره ۳٤۳۳ و سیمان پوزلانی باید با استاندارد ملی ایران به شماره ۳٤۳۲ مطابقت داشته باشد.

ویژگی های شیمیایی، فیزیکی و مکانیکی الزامی انواع سیمان های پرتلند پوزلانی، به ترتیب در جدول های ۹-۳-۷، ۹-۳-۸، ۹-۳-۹ درج شده اند.

جدول ۹-۳-۷- ویژگی های شیمیایی الزامی سیمان های 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_3 (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 بین المللی استفاده شود.

جدول ۹-۳-۸- ویژگی های فیزیکی الزامی سیمان های 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^2/gr)	حداقل مقدار مجاز	۰/۳	۰/۳۲	۳۹۰
۲	انبساط در آزمایش اتوکلاو(درصد)	حداکثر مقدار مجاز	۰/۸	۰/۸	۳۹۱
۳	انقباض در آزمایش اتوکلاو (درصد)	حداکثر مقدار مجاز	۰/۲	۰/۲	۳۹۱
۴	زمان گیرش اولیه به دست امده از آزمایش با سوزن ویکا (دقیقه)	حداقل مقدار مجاز	۶۰	۶۰	۳۹۲
۵	زمان گیرش نهایی به دست آمده از آزمایش با سوزن و یکا (ساعت)	حداکثر مقدار مجاز	۷	۷	۳۹۲

جدول ۹-۳-۹- ویژگی های مکانیکی الزامی سیمان های پرتلند پوزولانی

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

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

این سیمان، از آسیاب کردن ۱۵ تا ۹۵ درصد سرباره کوره آهنگدازی فعال وغیر کریستالی (آمورف)، با کلینکر سیمان پرتلند و مقدار مناسبی سنگ گچ به دست می آید. 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 آبگیری کمتر است.

مشخصات این سیمان باید با استاندارد ملی ایران به شماره ۳۵۱۷ مطابقت داشته باشد

۹-۳-۲-۲-۳-۳- 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.

۹-۳-۳ سنگدانه

سنگدانه های بزرگتر از ٤/٧٥ میلیمتر ($\frac{۳}{۱۶}$ اینچ ، بعد چشمه‌های الک نمره ٤) 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
۳۸ میلیمتر (۵/۱ اینچ) در بتن آرمه
۶۳ میلیمتر (۵/۲ اینچ) در بتن غیر مسلح

۹-۳-۳-۲-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 دانه‌بندی سنگدانه‌های ریز مصرفی در بتن

ردیف	اندازه الک (mm)	اندازه الک برحسب اینچ یا نمره الک	درصد وزنی ردشده از الک
۱	۹/۵۰	$\frac{3}{8}$ 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 دانه‌بندی سنگدانه های ریز با الک، باید مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ٤٩٧٧ 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 دانه‌بندی سنگدانه‌های درشت با الک، باید مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ٤٩٧٧ صورت گیرد.

۹-۳-۳-۴- حداکثر میزان مواد زیان‌آور 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

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

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

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

ردیف	ماده زیان آور		حداکثر درصد وزنی ماده زیان‌آور 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 نمره ۲۰۰)، حاوی رس یا شیل	در بتن هایی که در معرض سایش قرار می گیرند.	۳	۴۴۶
		در بتن هایی که در معرض سایش قرار نمی گیرند	۵	۴۴۶
	ذرات ریز تر از ۷۵ میکرون(رد شده	در بتن هایی که در معرض سایش قرار می گیرند.	۵	۴۴۶

۳	از الک نمره ۲۰۰)، فاقد رس یا شیل	در بتن هایی که در معرض سایش قرار نمی گیرند	۷	۴۴۶
۴	ذغال سنگ و لیگنیت	نمای ظاهری بتن اهمیت دارد.	۰/۵	-
		نمای ظاهری بن اهمیت ندارد.	۱	-
۵	میکا		۱	-
۶	کلریدهای محلول در آب، برحسب SO_3		۰/۴	-
۷	کلریدهای محلول در آب، برحسب Cl^-		۰/۰۴	-

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 ٦ 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.

۹-۳-۵- حداکثر میزان مجاز مواد زیان‌آور در سنگدانه های درشت(شن) مصرفی در بتن

این مقدار، مطابق با جدول ۹-۳-۱۳- می باشد.

جدول ۹-۳-۱۳- 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 نمره۲۰۰)، حای رس یا شیل		۱	۴۴۶
۳	ذرات ریزتر از ۷۵ میکرون (رد شده از الک نمره۲۰۰)، فاقد رس یا شیل		۱/۵	۴۴۶
۴	ذغال سنگ، لینگنیت، یا سایر مواد سبک	نمای ظاهری بتن اهمیت دارد	۰/۵	-
		نمای ظاهری بتن اهمیت ندارد	۱	
۵	سولفات محلول در آب، برحسب SO_3		۰/۴	-
۶	کلرید محلول در آب، برحسب Cl^-		۰/۰۴	-

توضیحات:

1. در مواردی که استاندارد ملی ایران برای آزمون مربوطه وجود ندارد، این آزمون‌ها باید مطابق با یکی از استانداردهای معتبر بین‌المللی انجام شود.
2. لیگنیت، یک نوع زغال سنگ است که به رنگ های قهوه ای و سیاه وجود دارد
3. 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.
4. اگر مقدار کلرید محلول در آب موجود در سنگدانه درشت، بیش از مقدار مندرج در ردیف ٦ 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.

۹-۳-۶ 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 ۰/٦ 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 ۹-۳-١٤ درج شده است.

جدول ۹-۳-١٤ 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 روش‌آزمون مربوطه
۱	دانه‌های پولکی موجود در سنگدانه‌های مانده بر روی الک ۶/۳ میلیمتر($\frac{۱}{۴}$ اینچ)	۳۰	-
۲	دانه‌های پولکی موجود در سنگدانه‌های با حداکثر اندازه ۹/۵ میلیمتر($\frac{۳}{۸}$ اینچ)	۴۵	-
۳	دانه‌های سوزنی موجود در سنگدانه‌های با حداکثر اندازه ۱۲/۵ میلیمتر($\frac{۱}{۲}$ اینچ)	۴۵	-
۴	دانه‌های سوزنی موجود در سنگدانه‌های با ۱۹ میلیمتر(اینچ)حد اکثر ان	۴۰	-
۵	دانه‌های سوزنی موجود در سنگدانه‌های مانده بر روی الک۲۵ میلیمتر ۱ اینچ	۴۰	-
۶	دانه‌های سوزنی موجود در سنگدانه‌های با حداکثر اندازه ۳۸ میلیمتر ($۱\frac{۱}{۲}$ اینچ)	۴۰	-
۷	دانه‌های سوزنی موجود در سنگدانه‌های با ۵۰ میلیمتر $\frac{۲}{۳}$ اینچ)حداکثر اندا	۳۵	-
۸	دانه‌های سوزنی موجود در سنگدانه‌های با حداکثر اندازه ۶۳ میلیمتر $۲\frac{۲}{۳}$ ای‌نچ	۳۵	-

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

شود.

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

جدول ۹-۳-۱۵ 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 آزمایشگاه سلامت با سولفات سدیم(درصد)	شن	۱۲	-	*
۳	میزان افت وزنی در آزمایش سلامت با سولفات منیزیم(درصد)	شن	۱۸	-	*
۴	مقدار مجاز جذب آب سنگدانه غوطه ور در آب، به مدت ۲٤ ساعت (درصد)	شن	۱	-	*

*** تا زمان تدوین استاندارد مربوط به روش آزمون ردیف های ۳,۲و ٤ جدول فوق، باید از یکی از استانداردهای معتبر بین المللی استفاده شود.**

۹-۳-۸-۳- سنگدانه‌های سبک مصرفی در بتن

سنگدانه‌های سبک مصرفی در بتن، عموما 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 می‌بایست 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 حداکثر میانگین وزن مخصوص سه آزمونه بتنی ۲۸ روزه خشک شده در هوا (N/m^3)	حداقل مقدار میانگین مقاومت فشاری سه آزمونه بتنی۲۸ روزه(MPa)	حداقل مقدار میانگین مقاومت کششی در آزمایش دو نیم شدن در هشت آزمونه بتنی ۲۸ روزه
۱	تمامی سنگدانه‌ها سبک هستند ۱۷۶۰۰	۲۸	۲/۲
۲	تمامی سنگدانه‌ها سبک هستند ۱۶۸۰۰	۲۱	
۳	تمامی سنگدانه‌ها سبک هستند ۱۶۰۰۰	۱۷	۲/۰
۴	سنگدانه‌ها، شامل سنگدانه‌های سبک و ماسه هستند ۱۸۴۰۰	۲۸	۲/۳

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

روشهای آزمون مشخصات مکانیکی مذکور در جدول ۹-۳-۱۶، باید مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ٤٩٨٥ 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

اندازه ها	**درصد وزنی رد شده از الکهای با سوراخ مربعی**								
	۲۵mm	۱۹ mm	۱۲mm/۵	۹ mm/۵	/۷۵ ۴mm	/۳۶ ۲mm	۱/۱۸ mm	۰/۳ mm	۰/۱۵ mm
سنگدانه ریز: شماره ٤ تا ۰	-	-	-	۱۰۰	۱۰۰-۸۵	-	۸۰-۴۰	۳۵-۱۰	۲۵-۵
سنگدانه درشت:									
۳۵ میلیمتر(شماره٤)	۱۰۰-۹۰	-	۶۰-۲۵	-	۱۰-۵۰	-	-	-	-
۱۹ میلیمتر(شماره٤)	۹۰	۱۰۰-۹۰	-	۵۰-۱۰	۱۵-۰	-	-	-	-
۱۲/۵میلیمتر(شماره٤)	۱۰۰	۹۰	۱۰۰-۹۰	۸۰-۴۰	۲۰-۰	۱۰-۰	-	-	-
۹/۵میلیمتر (شماره۸)	-	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰-۸۰	۵۰-۴۰	۲۰-۰	۱۰-۰	-	-
	-	-							
مخلوط سنگدانهای ریز و درشت									
۰ تا ۱۲/۵ میلیمتر	-	۱۰۰	۱۰۰-۹۰	-	۸۰-۵۰	-	-	۲۰-۵	۱۵-۲

۰ تا ۹/۵ میلیمتر	-	-	۱۰۰	۹۰-۱۰۰	۶۵-۹۰	۳۵-۶۰	-	۱۰-۲۵	۵-۱۵

۹-۳-۳-۹- تواتر نمونه برداری از سنگدانه‌ها

۱. به ازای هر محموله وارده به کارگاه، باید کلیه آزمایش‌های مذکور در بندهای ۹-۳-۳-۱ تا ۹-۳-۳-۸ 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 ۹-۳-۳-۱، ۹-۳-۳-۲، ۹-۳-۳-۳، ۹-۳-۳-۶ کنترل شوند.

آزمایش تعیین درصد رطوبت جذب شده سنگدانه‌ها، باید هنگام عملیات ساخت بتن، هر روزه در محل تولید بتن انجام شود.

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

سنگدانه‌های مصرفی در بتن زمانی قابل قبول تلقی می شوند که نتایج حاصل از یک آزمونه یا میانگین نتایج حاصل از دو آزمونه 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:

1. شرایط باید به گونه‌ای باشد که مواد خارجی و زیان‌آور در آنها نفوذ نکنند.
2. شرایط باید به گونه‌ای باشد که دانه‌های ریز و درشت در یک دپو از یکدیگر جا نشوند.
3. شرایط باید به گونه‌ای باشد که سنگدانه‌ها شکسته نشوند.
4. محل نگهداری سنگدانه‌ها باید دور از پوشش گیاهی و مواد آلوده کننده باشد.
5. شن‌های با حد اکثر اندازه بیش از ۳۸ میلیمتر، باید در دو گروه کمتر و بیشتر از ۲۵ میلیمتر نگهداری شوند. شن‌های با حد اکثر اندازه ۳۸ 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 دپوی 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 مخروط های دپوی شن و ماسه نباید زیاد باشد زیرا شیب زیاد دپوها موجب جداشدن دانه‌های ریز و درشت از هم می شود.

۱۰. سنگدانه‌ها تا حدامکان باید به صورت لایه هایی 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 قسمت هایی از همه لایه های افقی برداشته شوند.

۱۱. در صورت تخلیه سنگدانه‌ها در هنگام باد،باید تدابیری اتخاذ گردد که از جداشدن 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 درمحل 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 کناره های سیلو جلوگیری شده و دانه‌ها از هم جدا نشوند.

در صورتی که سیلوی ذخیره سنگدانه‌ها پرباشد امکان شکسته شدن سنگدانه‌ها وبه 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 درحین 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 جداشدن 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.

۹-۳-۴-آب

آب به سه صورت در بتن به کار می ورد: 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.

۹-۳-۴-۱آب 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.

۹-۳-۴-۲آب غیر آشامیدنی

آبی را که مشخصات آن مطابق با بند ٤-١ نیست به شرطی می‌توان در بتن به کار برد که ضوابط زیر رابرآورده سازند:

1) pH آب مصرفی در بتن نباید کمتر از ٥ یا بیشتر از ٨/٥ باشد.

٢)مقاومت فشاری ٧ و ٢٨ روزه آزمونه‌های ملات ساخته شده با آب غیر آشامیدنی باید حداقل معادل ٩٠ درصد مقاومت نظیر آزمونه‌های مشابه ساخته شده با آب مقطر باشد.

٣) 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 آزمونه ساخته شده با آب غیر آشامیدنی از نتیجه به دست آمده از آزمونه نظیر ساخت شده با آب آشامیدنی بیشتر نباشد.

روش انجام آزمایش مطابق با استاندارد ٣٩١ ملی ایران باشد.

٥) هیچیک از مواد زیان آور موجود در آب مصرفی در بتن نباید از مقادیر جدول۹-۳-۱۸بیشتر باشند.

۶) میزان چربی معدنی آب مصرفی در یک حجم معین از بتن نباید از ٢/٥ درصد وزن سیمان مصرفی در همان حجم از بتن بیشترنباشد.

آزمایش ضوابط بندهای ١ و ٢ و ٥ و ٦ فوق تا قبل از تدوین استاندارد ملی ایران باید مطابق با یکی از استانداردهای معتبر بین المللی صورت گیرد.

۹-۳-۴-۳ تواتر نمونه برداری

در صورت لزوم انجام آزمایش‌های لازم، مذکور در بند ۹-۳-٤-٢- 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 آزمونه یا میانگین نتایج حاصل از دو آزمونه متوالی، ضوابط مذکور در بند ۹-۳-٤-۲ 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 موادآلی 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 می شوند.

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 زیان‌آور	شرح مصرف	شماره استاندارد ایران برای روش آزمون مربوطه	حداکثر مقدا مجاز (وزنی (ppm)
		بتن بیش تنیده در هر شرایط محیطی		۱۰۰۰

۱	ذرات معلق جامد	بتن غیر مسلح و بدون آرماتور	-	۲۰۰۰
۲		بتن آرمه در شرایط محیطی ملایم و متوسط	-	۲۰۰۰
۳		بتن آرمه در شرایط محیطی شدید و بسیار شدید	-	۱۰۰۰
۴		و فوق العاده شدید	-	
۵	کل موادمحلول در آب	بتن پیش تنیده در هر شرایط محیطی	-	۱۰۰۰
۶		بتن غیر مسلح و بدون اقلام فلزی مدفون	-	۳۵۰۰
۷		بتن آرمه در شرایط محیطی ملایم و متوسط	-	۲۰۰۰
۸		بتن آرمه در شرایط محیطی شدید و بسیار شدید و فوق العاده شدید.	-	۱۰۰۰
۹	کل یون کلرید Cl^-	بتن بیش تنیده در هر شرایط محیطی		
۱۰		بتن غیر مسلح و بدون آرماتور و بدون اقلام فلزی مدفون	-	۵۰۰
۱۱		بتن آرمه در شرایط محیطی شدید و بسیار شدید وفوق العاده شدید	-	۱۰۰۰
۱۲		بتن آرمه در شرایط محیطی ملایم و متوسط بتن غیر مسلح و بدون آرماتور، ولی دارای مواد	-	۵۰۰
۱۳		آلومینیومی با فلزات غیر مشابه، یا دارای قالب های گالوانیزه	-	۱۰۰۰
۱۴	کل یون سولفات (SO_4^{--})	بتن بیش تنیده در هر شرایط محیطی	-	۱۰۰۰
۱۵		بتن آرمه در هر شرایط محیطی	-	۱۰۰۰
۱۶		بتن غیر مسلح بدون آرماتور و بدون اقلام فلزی مدفون	-	۳۰۰۰
۱۷	قلیایی معادل	در تمامی انواع بتن	-	۶۰۰

توضیح: ۱- منظور از قلیایی معادل، میزان وزنی ($Na_2O + 0.658K_2O$) 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 ٦-۹-۳-۳-٦- تجاوز نکند.

توضیح۳- در ردیف های ١٤-١٦، علاوه بر برآورده شدن ضوابط این جدول، میزان یون سولفات آب نیز باید به میزانی باشد به 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 ٤ درصد، وزن کل سولفات موجود در حجم معینی از بتن، برحسب درصدی از وزن سیمان همان حجم از بتن از ٥ درصد بیشتر نباشد.

توضیح٤- منظور از ppm ، غلظت برحسب قسمت در میلیون (وزنی) است که اگر اعداد مربوطه در جدول، برحسب ppm ، را در 10^{-4} ضرب کنیم غلظت بر حسب درصد وزنی به دست می‌آید.

توضیح ٥- 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 کندمواد افزودنی مورد نظر در این بند، مواد افزودنی شیمیایی هستند که به صورت صنعتی و شیمیایی تولید می‌شوند.

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.

۹-۳-۵-۳- میزان مصرف

حد اکثر میزان مصرف مواد افزودنی ٥ 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 می‌دهد.

۳. ماده افزودنی زود سخت کننده یا تسریع کننده زمان سخت شدگی

ماده‌ای است که بدون تاثیر بر روی زمان گیرش، روند کسب مقاومت بتن را تسریع می‌کند.

۴. ماده افزودنی حباب هواساز

ماده ای است که موجب ایجاد حباب های ریز و یکنواخت هوا در داخل بتن تازه می‌شود، به گونه‌ای 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 درنتیجه کاهش میزان از دست رفتن آب داخل بتن می‌شود.

۶. ماده افزودنی کاهنده جذب آب

ماه ای است که میزان جذب مویینگی در بتن سخت شده را کاهش می‌دهد.

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

ماده افزودنی کاهنده آب / روان کننده

ماده‌ای است که یا بدون تغییر روانی، مقدار آب مخلوط بتن را کاهش می‌دهد ، یا بدون تغییر مقدار آب، روانی بتن را افزایش می‌دهد، و یا هم موجب کاهش آب و هم افزایش روانی بتن می‌شود.

2. ماده افزودنی کاهنده آب قوی/ روان کننده قوی، یا فوق کاهنده آب / فوق روان کننده

ماده‌ای است که یا بدون تغییر روانی مقدار آب مخلوط بتن را به میزان زیادی کاهش می‌دهد، یا بدون تغییر مقدار آب، روانی بتن را به میزان زیاد افزایش می‌دهند، روانی بتن به طور همزمان می شود.

3. 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 همزان 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 می‌شود. معمولاً بسته به مورد مصرف، کاهش زیاد مقدار آب یا افزایش زیاد روانی عملکرد اصلی، و دو خاصیت دیگر عملکرد جنبی این ماده می‌باشند

۹-۳-۵-۵- آزمون های 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 آزمون ها از یکی از استانداردهای مذکور در بند. ۳-۵-۱ استفاده شود.

۹-۳-۵-۶- ضوابط بسته‌بندی، 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 می‌شوند. این مواد به منظور تامین یک یا چند خاصیت زیر، بسته به مورد، به کار می‌روند:

- کاهش مصرف سیمان
- کاهش سرعت و میزان حرارت آبگیری
- 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

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

۹-۳-۶-۲- 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 مرتعارف 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.

۹-۳-۶-۳- 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 می دهند. 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- علائم اختصاری

علامت اختصاری	مفهوم	واحد
E_s	مدول ارتجاعی میلگرد های فولادی	برحسب مگاپاسکال
$f_{su,obs}$	مقاومت کششی میگردهای فولادی، یعنی مقاومت در هنگام گسیختگی، که در آزمایش کششی برروی میلگردهای مصرفی مورد نظر عملاً به دست می آید	برحسب مگاپاسکال
f_y	تنش تسلیم میلگردهای فولادی، این تنش در میلگردهای s240 از روی تنش تسلیم مشهود آن به دست می‌آید. در سایر میلگردها، 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.	برحسب مگاپاسکال
f_{yk}	مقاومت مشخصه میلگردها فولادی، تنشی که به عنوان ویژگی	برحسب مگاپاسکال

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

۹-۴-۱- تعاریف

مقاومت مشخصه فولاد: مقاومت مشخصه فولاد بر اساس مقدار تنش تسلیم آن (مشهود یا قراردادی) تعیین می‌شود. مقاومت مشخصه فولاد عبارت است از آن مقدار تنشی که تنش تسلیم حداکثر ۵ درصد از نمونه‌های میلگرد فولادی کمتراز آن باشد.

رده میلگردهای فولادی: عبارت است از عدد مقاومت مشخصه میلگرد برحسب N/mm2، که پس از حرف S می‌آید. رده های میلگردها عبارتند از S400 ، S340 ، S240 و S500.

رده میلگردها باید در تمام اسناد فنی (دفترچه‌های محاسبات، نقشه‌ها 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 ،Cu و Ni 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 می‌گردد.

محموله: عبارت است از تعدادی بسته میلگرد. مشخصه‌های همه بسته‌ها باید یکسان،، ولی قطر آنها از یک بسته به بسته دیگر می‌تواند متفاوت باشد.

۹-۴-۲- استانداردهای مشخصات و آزمون‌های میلگردها

جدول ۹-٤-۱- استانداردهای ملی میلگردهای فولادی

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

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

۱) فولاد گرم نوردشده

۲) فولاد سرد اصلاح شده، که براثر 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 براثر انجام عملیات مکانیکی نظیر گرمایش و آب دادن، بر روی میلگردهای گرم نورد شده در حالت گرم به دست می‌آید.

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

میلگردهای فولادی براساس مقاومت مشخصه آنها تقسیم بندی می‌شوند. انواع رده‌های میلگرد فولادی از نظر مکانیکی در جدول۹- ٤-۲- 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 ۹-٤-۲- رده بندی مکانیکی میلگردهای فولادی

رده	علامت مشخصه در استاندارد ملی ایران ۳۱۳۲	حداقل تنش تسلیم (N/mm2)	حداقل مقدار مجاز مقاومت کششی حداکثر فولاد (N/mm2)	f_{yk} (N/mm2)	طبقه بندی	رده از نظر سختی
S240	س ۲٤۰	۲۴۰	۳۶۰	۲۲۰	ساده	نرم
S340	آج ۳٤۰	۳۴۰	۵۰۰	۳۰۰	آجدار مارپیچ	نیمه سخت
S400	آج ٤۰۰	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 می‌شود. این میلگردها فقط می‌توانند به عنوان میلگرد مارپیچ در سازه‌های بتن آرمه به کار روند و استفاده از آنها به عنوان میلگرد سازه‌ای غیر از مورد فوق، در سازه‌های بتن آرمه مجاز نیست.

۲) میلگردهای بارویه آجدار، که سایر میلگردها را شامل می‌شود. آج عبارت است از برجستگی‌هایی که به صورت طولی یا در امتدادی غیر از طول میلگرد در هنگام نورد بر روی آن ایجاد می‌شود.

آج‌ها 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 مارپیچ یا جناقی می‌باشند. ضوابط و مشخصات و شکل و ابعاد آج‌ها باید مطابق با استاندارد ۳۱۳۲ ایران باشد.

۳) میلگردهای با رویه آجدار پیچیده که از پیچانیدن میلگردهای آجدار به دست می‌آید. در این میلگردها، علاوه بر آج اولیه میلگرد، یک خط مارپیچ برروی 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 می‌آید:

(۹-۴-۲)

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

۲) قطر اسمی میلگردهای ساده یا آجدار، از رابطه زیر به دست می‌آید:

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

(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 ۹-٤-۳ 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 می‌گیرد.

۵) طول استاندارد میلگردهای شاخه‌ای:

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.

۹-۴-۷- مشخصات مکانیکی میلگردها

میلگردها زمانی از نظر مکانیکی قابل قبول شناخته می‌شوند که یکی از شرایط ۱ یا ۲ زیر، و علاوه بر آن همه شرایط بندهای ۳ و ٤ و ۵ همزمان برآورده شوند:

۱) درتمامی۵ نمونه میلگرد انتخابی، باید رابطه زیر برقرار باشد:

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

۲) در صورتی که تمامی یا بخشی از شرایط بند ۱ برآورده نشود، ۵ نمونه دیگر نیز انتخاب می‌شود. نتایج ۱۰ نمونه مذکور در بندهای ۱و۲ باید در رابطه زیر صدق کند:

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

جدول ۹-٤-۳- ضوابط و الزامات قطرهای: اسمی، زمینه و خارجی انواع میلگردها

	میلگردهای S340 وS400(با	میلگردهای S340 وS400(با آج

قطر اسمی میلگردهای S240 (d_b) (mm)	آج‌دوکی)			یکنواخت)			میلگردهای S500 با آج	
	قطراسمی (d_b) (mm)	قطرزمینه (d_1) (mm)	حداکثر ارتفاع برجستگی طولی (mm)	قطراسمی (d_b) (mm)	قطرزمینه (d_1) (mm)	قطرخارجی (mm)	قطراسمی (d_b) (mm)	قطرزمینه (d_1) (mm)
۶	۶	۵/۷۰	۰/۶	۶	۵/۷۵	۶/۷۵	-	-
۸	۸	۷/۶۰	۰/۸	۸	۷/۵۰	۹/۰۰	-	-
۱۰	۱۰	۹/۵۰	۱/۰	۱۰	۹/۳۰	۱۱/۳۰	-	-
۱۲	۱۲	۱۱/۴۰	۱/۲	۱۲	۱۱/۰۰	۱۳/۵۰	-	-
۱۴	۱۴	۱۳/۴۰	۱/۴	۱۴	۱۳/۰۰	۱۵/۵۰	۱۴	۱۳/۲۰
۱۶	۱۶	۱۵/۳۰	۱/۶	۱۶	۱۵/۰۰	۱۸/۰۰	۱۶	۱۵/۲۰
۱۸	۱۸	۱۷/۳۰	۱/۸	۱۸	۱۷/۰۰	۲۰/۰۰	۱۸	۱۷/۲۰
۲۰	۲۰	۱۹/۲۰	۲/۰	۲۰	۱۹/۰۰	۲۲/۰۰	۲۰	۱۹/۲۰
۲۲	۲۲	۲۱/۲۰	۲/۲	۲۲	۲۱/۰۰	۲۴/۰۰	۲۲	۲۱/۲۰
۲۵	۲۵	۲۴/۰۳	۲/۵	۲۵	۲۴/۰۰	۲۷/۰۰	۲۵	۲۴/۲۰
۲۸	۲۸	۲۶/۹۰	۲/۸	۲۸	۲۶/۵۰	۳۰/۵۰	۲۸	۲۶/۸۰
۳۲	۳۲	۳۰/۷۸	۳/۲	۳۲	۳۰/۵۰	۳۴/۵۰	-	-
۳۶	۳۶	۳۴/۸۰	۳/۶	۳۶	۳۴/۵۰	۳۹/۵۰	-	-
۴۰	۴۰	۳۸/۵۰	۴/۰	۴۰	۳۸/۵۰	۴۳/۵۰	-	-

$f_{y,obs,m}$ 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:

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

$$S_{10} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} \left[(f_{y,obs,m}) - (f_{y,obs})_i\right]^2}{9}} \qquad (۵-۴-۹)$$

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

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

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

$$\left|f_{y,obs} - f_{yk}\right| \leq 125 MP_a \qquad (۸-۴-۹)$$

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

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 ε_{10} و ε_5) ، باید حداقل برابر با مقادیر مندرج در جدول ۹-٤-٤ باشد.

جدول ۹-٤-٤- حداقل مجاز ازدیاد طول نسبی میلگردهای فولادی در آزمایش کشش

رده فولاد ازدیاد طول نسبی	S240	S340	S400	S500

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

۵) به عنوان ضابطه شکل پذیری، میلگردها باید با مشخصات و اندازه های زیر و مندرج درجدول ۹-٤-۵ تحت آزمون خمش قرارگیرند و ضوابط مندرج در جدول ۹-٤-۵ برآورده سازند.

جدول ۹-٤-۵- زاویه خمش و نسبت قطر خمش به قطر اسمی میلگرد اسمی میلگردها در آزمایش خمش میلگردهای فولادی

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

آزمون خمش به دو صورت خمش سرد و خمش مجدد صورت می‌گیرد.

آزمون خمش سرد برروی 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 ۱۰۱٦ صورت می گیرد.

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 می شود. پس از آنکه نمونه سرد شده و به دمای محیط رسید آن را با نیروی پیوسته و یکنواخت، به میزان ۲۰ درجه برمی گردانند.

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 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 آزمایش‌های 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 نسازند، غیر قابل قبول تلقی می‌شوند.
۹)میلگردهایی که دچارخم و اعوجاج شدید شده اند فقط هنگامی قابل مصرف می‌باشند که مجددا 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 وسایر میلگردها به میلگردهای طولی مجاز نیست.

۹-۴-۸- تواتر نمونه برداری

تعداد و تواتر نمونه ها 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 ۹-٤-۷ 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 ۹-٤-٦ آورده شده است:

جدول ۹-٤-٦- 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 $-18^{\circ}C$ 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 S240، S340 و S400 با قطر $d_b \leq 12mm$ 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 S240، S340 و S400 با قطر $d_b \geq 14mm$، و نیز تمامی میلگردهای S500 فقط به صورت شاخته مستقیم با طول های مساوی بسته بندی می شوند.

برروی شاخه های میلگردهای آجدار 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 ۲٤۰ و آج ۳٤۰ و...)

۳) نمره میلگرد (قطر اسمی برحسب میلیمتر)

۴) وزن بسته (برحسب کیلوگرم)

۵) شماره ذوب یا بهر

۶) نشانه تایید یه کنترل کیفیت از سوی کارخانه سازنده

۷) نام یا نشانه تجارتی کار خانه 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 ۹-٤-۷ 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- علائم اختصاری

علامت اختصاری	مفهوم	واحد
E_s	مدول ارتجاعی میلگرد های فولادی	برحسب مگاپاسکال
$f_{su,obs}$	مقاومت کششی میگردهای فولادی، یعنی مقاومت در هنگام گسیختگی، که در آزمایش کششی برروی میلگردهای مصرفی مورد نظر عملاً به دست می آید	برحسب مگاپاسکال
f_y	تنش تسلیم میلگردهای فولادی، این تنش در میلگردهای s240 از روی تنش تسلیم مشهود آن به دست می‌آید. در سایر میلگردها، 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.	برحسب مگاپاسکال
f_{yk}	مقاومت مشخصه میلگردها فولادی، تنشی که به عنوان ویژگی	برحسب مگاپاسکال

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

۹-۴-۱- تعاریف

مقاومت مشخصه فولاد: مقاومت مشخصه فولاد بر اساس مقدار تنش تسلیم آن (مشهود یا قراردادی) تعیین می‌شود. مقاومت مشخصه فولاد عبارت است از آن مقدار تنشی که تنش تسلیم حداکثر ۵ درصد از نمونه‌های میلگرد فولادی کمتراز آن باشد.

رده میلگردهای فولادی: عبارت است از عدد مقاومت مشخصه میلگرد برحسب N/mm2، که پس از حرف S می‌آید. رده های میلگردها عبارتند از S400 ، S340 ، S240 و S500.

رده میلگردها باید در تمام اسناد فنی (دفترچه‌های محاسبات، نقشه‌ها 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 ،Cu و Ni 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 می‌گردد.

محموله: عبارت است از تعدادی بسته میلگرد. مشخصه‌های همه بسته‌ها باید یکسان،، ولی قطر آنها از یک بسته به بسته دیگر می‌تواند متفاوت باشد.

۹-۴-۲- استانداردهای مشخصات و آزمون‌های میلگردها

جدول ۹-٤-۱- استانداردهای ملی میلگردهای فولادی

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

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

۱) فولاد گرم نوردشده

۲) فولاد سرد اصلاح شده، که براثر 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 براثر انجام عملیات مکانیکی نظیر گرمایش و آب دادن، بر روی میلگردهای گرم نورد شده در حالت گرم به دست می‌آید.

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

میلگردهای فولادی براساس مقاومت مشخصه آنها تقسیم بندی می‌شوند. انواع رده‌های میلگرد فولادی از نظر مکانیکی در جدول۹- ٤-۲- 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 ۹-٤-۲- رده بندی مکانیکی میلگردهای فولادی

رده	علامت مشخصه در استاندارد ملی ایران ۳۱۳۲	حداقل تنش تسلیم (N/mm2)	حداقل مقدار مجاز مقاومت کششی حداکثر فولاد (N/mm2)	f_{yk} (N/mm2)	طبقه بندی	رده از نظر سختی
S240	س ۲٤۰	۲۴۰	۳۶۰	۲۲۰	ساده	نرم
S340	آج ۳٤۰	۳۴۰	۵۰۰	۳۰۰	آجدار مارپیچ	نیمه سخت
S400	آج ٤۰۰	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 می‌شود. این میلگردها فقط می‌توانند به عنوان میلگرد مارپیچ در سازه‌های بتن آرمه به کار روند و استفاده از آنها به عنوان میلگرد سازه‌ای غیر از مورد فوق، در سازه‌های بتن آرمه مجاز نیست.

۲) میلگردهای بارویه آجدار، که سایر میلگردها را شامل می‌شود. آج عبارت است از برجستگی‌هایی که به صورت طولی یا در امتدادی غیر از طول میلگرد در هنگام نورد بر روی آن ایجاد می‌شود.

آج‌ها 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 مارپیچ یا جناقی می‌باشند. ضوابط و مشخصات و شکل و ابعاد آج‌ها باید مطابق با استاندارد ۳۱۳۲ ایران باشد.

۳) میلگردهای با رویه آجدار پیچیده که از پیچانیدن میلگردهای آجدار به دست می‌آید. در این میلگردها، علاوه بر آج اولیه میلگرد، یک خط مارپیچ برروی 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 می‌آید:

(۹-۴-۲)

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

۲) قطر اسمی میلگردهای ساده یا آجدار، از رابطه زیر به دست می‌آید:

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

(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 ۹-٤-۳ 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 می‌گیرد.

۵) طول استاندارد میلگردهای شاخه‌ای:

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.

۹-۴-۷- مشخصات مکانیکی میلگردها

میلگردها زمانی از نظر مکانیکی قابل قبول شناخته می‌شوند که یکی از شرایط ۱ یا ۲ زیر، و علاوه بر آن همه شرایط بندهای ۳ و ٤ و ۵ همزمان برآورده شوند:

۱) درتمامی۵ نمونه میلگرد انتخابی، باید رابطه زیر برقرار باشد:

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

۲) در صورتی که تمامی یا بخشی از شرایط بند ۱ برآورده نشود، ۵ نمونه دیگر نیز انتخاب می‌شود. نتایج ۱۰ نمونه مذکور در بندهای ۱و۲ باید در رابطه زیر صدق کند:

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

جدول ۹-٤-۳- ضوابط و الزامات قطرهای: اسمی، زمینه و خارجی انواع میلگردها

	میلگردهای S340 وS400(با	میلگردهای S340 وS400(با آج

قطر اسمی میلگردهای S240 (d_b) (mm)	آج‌دوکی)			یکنواخت)			میلگردهای S500 با آج	
	قطراسمی (d_b) (mm)	قطرزمینه (d_1) (mm)	حداکثر ارتفاع برجستگی طولی (mm)	قطراسمی (d_b) (mm)	قطرزمینه (d_1) (mm)	قطرخارجی (mm)	قطراسمی (d_b) (mm)	قطرزمینه (d_1) (mm)
۶	۶	۵/۷۰	۰/۶	۶	۵/۷۵	۶/۷۵	-	-
۸	۸	۷/۶۰	۰/۸	۸	۷/۵۰	۹/۰۰	-	-
۱۰	۱۰	۹/۵۰	۱/۰	۱۰	۹/۳۰	۱۱/۳۰	-	-
۱۲	۱۲	۱۱/۴۰	۱/۲	۱۲	۱۱/۰۰	۱۳/۵۰	-	-
۱۴	۱۴	۱۳/۴۰	۱/۴	۱۴	۱۳/۰۰	۱۵/۵۰	۱۴	۱۳/۲۰
۱۶	۱۶	۱۵/۳۰	۱/۶	۱۶	۱۵/۰۰	۱۸/۰۰	۱۶	۱۵/۲۰
۱۸	۱۸	۱۷/۳۰	۱/۸	۱۸	۱۷/۰۰	۲۰/۰۰	۱۸	۱۷/۲۰
۲۰	۲۰	۱۹/۲۰	۲/۰	۲۰	۱۹/۰۰	۲۲/۰۰	۲۰	۱۹/۲۰
۲۲	۲۲	۲۱/۲۰	۲/۲	۲۲	۲۱/۰۰	۲۴/۰۰	۲۲	۲۱/۲۰
۲۵	۲۵	۲۴/۰۳	۲/۵	۲۵	۲۴/۰۰	۲۷/۰۰	۲۵	۲۴/۲۰
۲۸	۲۸	۲۶/۹۰	۲/۸	۲۸	۲۶/۵۰	۳۰/۵۰	۲۸	۲۶/۸۰
۳۲	۳۲	۳۰/۷۸	۳/۲	۳۲	۳۰/۵۰	۳۴/۵۰	-	-
۳۶	۳۶	۳۴/۸۰	۳/۶	۳۶	۳۴/۵۰	۳۹/۵۰	-	-
۴۰	۴۰	۳۸/۵۰	۴/۰	۴۰	۳۸/۵۰	۴۳/۵۰	-	-

$f_{y,obs,m}$ 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:

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

$$S_{10} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} \left[(f_{y,obs,m}) - (f_{y,obs})_i\right]^2}{9}} \qquad (۵-۴-۹)$$

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

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

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

$$\left|f_{y,obs} - f_{yk}\right| \leq 125 MP_a \qquad (۸-۴-۹)$$

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

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 ε_{10} و ε_5) ، باید حداقل برابر با مقادیر مندرج در جدول ۹-٤-٤ باشد.

جدول ۹-٤-٤- حداقل مجاز ازدیاد طول نسبی میلگردهای فولادی در آزمایش کشش

رده فولاد ازدیاد طول نسبی	S240	S340	S400	S500

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

۵) به عنوان ضابطه شکل پذیری، میلگردها باید با مشخصات و اندازه های زیر و مندرج درجدول ۹-٤-۵ تحت آزمون خمش قرارگیرند و ضوابط مندرج در جدول ۹-٤-۵ برآورده سازند.

جدول ۹-٤-۵- زاویه خمش و نسبت قطر خمش به قطر اسمی میلگرد اسمی میلگردها در آزمایش خمش میلگردهای فولادی

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

آزمون خمش به دو صورت خمش سرد و خمش مجدد صورت می‌گیرد.

آزمون خمش سرد برروی 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 ۱۰۱٦ صورت می گیرد.

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 می شود. پس از آنکه نمونه سرد شده و به دمای محیط رسید آن را با نیروی پیوسته و یکنواخت، به میزان ۲۰ درجه برمی گردانند.

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 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 آزمایش‌های 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 نسازند، غیر قابل قبول تلقی می‌شوند.
۹)میلگردهایی که دچارخم و اعوجاج شدید شده اند فقط هنگامی قابل مصرف می‌باشند که مجددا 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 وسایر میلگردها به میلگردهای طولی مجاز نیست.

۹-۴-۸- تواتر نمونه برداری

تعداد و تواتر نمونه ها 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 ۹-٤-۷ 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 ۹-٤-٦ آورده شده است:

جدول ۹-٤-٦- 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 $-18^{\circ}C$ 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 S240، S340 و S400 با قطر $d_b \leq 12mm$ 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 S240، S340 و S400 با قطر $d_b \geq 14mm$، و نیز تمامی میلگردهای S500 فقط به صورت شاخته مستقیم با طول های مساوی بسته بندی می شوند.

برروی شاخه های میلگردهای آجدار 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 ۲٤۰ و آج ۳٤۰ و...)

۳) نمره میلگرد (قطر اسمی برحسب میلیمتر)

۴) وزن بسته (برحسب کیلوگرم)

۵) شماره ذوب یا بهر

۶) نشانه تایید یه کنترل کیفیت از سوی کارخانه سازنده

۷) نام یا نشانه تجارتی کار خانه 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 ۹-٤-۷ 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

علامت اختصاری	مفهوم	واحد
f_c	مقاومت فشاری مشخصه بتن، براساس آزمونه‌های استوانه	مگاپاسکال
f_{cm}	مقاومت فشاری متوسط بتن	مگاپاسکال
x_{123}	مقاومت فشاری نمونه‌های شماره ۱و۲و۳	
S	انحراف استاندارد مقاومت فشاری نمونه‌ها	
$\overline{X}_3$	میانگین مقاومت فشاری سه نمونه	
X_{min}	کمترین مقاومت فشاری نمونه‌ها	

ϕ	ضریب تبدیل مقاومت نمونه مکعبی به ابعاد ۲۰۰ میلیمتر، به مقاومت نظیر نمونه استوانه ای استاندارد	
ϕ_1	ضریب تبدیل مقاومت نمونه استوانه ای غیر ا ستاندارد به مقاومت نظیر نمونه استوانه ای استاندارد	
ϕ_2	ضریب تبدیل مقاومت نمونه مکعبی به ابعاد غیر۲۰ میلیمتر، به مقاومت نظیر نمونه مکعبی به ابعاد ۲۰۰ میلیمتر	
a	قطر نمونه استوانه ای	
b	بعد نمونه مکعبی	

۹-۶-۱- 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» الزامی‌است.

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 ۹-٦-٤-٤- نشان می‌دهند، حداقل باشد.

۹-۶-۱-۳- تمامی‌ضوابط مربوط به مقاومت فشاری مشخصه بتن براساس آزمایش آزمونه‌های استوانه ای به ابعاد ۳۰۰ × ۱۵۰میلیمتر 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 استوانه ای به ابعاد غیر استاندارد نسبت به استوانه استاندارد از رابطه زیر بدست می‌آید.

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

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

مقادیر ϕ_1

a × ۲a	۱۰۰ × ۲۰۰	۱۵۰ × ۳۰۰	۲۰۰ × ۴۰۰	۲۵۰ × ۵۰۰	۳۰۰ × ۶۰۰
ϕ_1	۱/۰۲	۱/۰۰	۰/۹۷	۰/۹۵	۰/۹۱

ب) مقاومت نظیر نمونه‌های مکعبی به ابعاد مختلف نسبت به مکعب ۲۰۰ میلیمتری از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$\text{مقاومت نظیر مکعب به ابعاد ۲۰۰ میلیمتر} = \frac{\text{مقاومت نمونه مکعبی به ابعاد } b}{\phi_2}$$

که در آن ϕ_2 برحسب b از جدول زیر به دست می‌آید.

مقادیر ϕ_2

مکعبی b	۱۰۰	۱۵۰	۲۰۰	۲۵۰	۳۰۰
ϕ_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:

$$\text{مقاومت نظیر استوانه استاندارد} = \frac{\text{مقاومت نمونه مکعبی به ابعاد ۲۰۰ میلیمتر}}{\phi}$$

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

مقادیر ϕ

مقاومت فشاری نمونه مکعبی (MPa)	≤ ۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵
ϕ	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

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

۹-۱-۶-۴-۱- «روش نمونه برداری از بتن تازه»، استاندارد ملی ایران به شماره ٤٨٩، برای نمونه برداری

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

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

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

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

۹-۱-۶-۷- 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 الزامی‌است.

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

۹-۶-۲-۱- تعیین نسبت های اختلاط بتن باید به گونه‌ای 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 دانه‌ها یا آب انداختن زیاد روی دهد.

۹-۶-۲-۱-۲- ملزومات پایایی بتن برای شرایط محیطی مختلف باید مطابق بند۹-۶-۳- 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 می‌شوند.

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 می‌شود. بتن پایا در شرایط محیطی مورد نظر،شکل،حداقل کیفیت اولیه و قابلیت بهره‌برداری مورد نظر از سازه‌های بتنی را حفظ می‌کند.

۹-۶-۳-۱-۱- انواع آسیب دیدگی های بتن

۹-۶-۳-۱-۱-۱- آسیب دیدگی بر اثر دوره‌های یخ زدن و آب شدن

آسیب دیدگی براثر دوره‌های یخ زدن وآب شدن در بتن به صورت ترک خوردگی و فروپاشی آن مشخص می‌شود. علت این آسیب دیدگی انبساط پیشرونده خمیر سیمان سخت شده بر اثر دوره‌های 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 می‌شوند 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.

۹-۶-۳-۱-۱-۳- واکنش قلیایی سنگدانه‌ها

در برخی از حالات سنگدانه‌هایی از نوع خاص با اکسیدهای قلیایی سیمان واکنش داده و این واکنش ها 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 تمامی‌جسم بتن ایجاد شده و به عکس آسیب دیدگی های دیگر که از سطح خارجی شروع می‌شوند از درون باعث تخریب می‌شود. به همین دلیل سنگدانه‌های مشکوک به توانایی واکنش زایی مانند اوپال، کلسدونی، بعضی از اشکال کوارتز، کریستوبالیت، تری دیمت و شیشه‌های سلیسی باید مورد بررسی قرار گرفته و در صورت فعال بودن آنها از سیمانی با قلیایی معادل کمتر از ۰/٦ درصد برای واکنش قلیایی-سلیسی و ۰/٤ 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، تنش های داخلی دربتن موجب ترک خوردن و ورآمدن 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 جداشدن 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- مکانیزم های کاهنده پایایی

۹-۶-۳-۲-۱- دوره‌های یخ زدن و آب شدن

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

۹-۶-۳-۲-۲- 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.

۹-۶-۳-۲-۳- 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.

۹-۶-۳-۲-۴- سنگدانه‌های واکنش زا

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

۹-۶-۳-۳- ضوابط ویژه برای افزایش پایایی در شرایط محیطی مختلف

۹-۶-۳-۳-۱- 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 کننده‌ه، 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 باخاک 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 pHبزرگتر 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 pHحداکثر 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 حادتر باشند.

ث- شرایط محیطی فوق العاده شدید: به شرایطی اطلاق می‌شودکه 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.

۹-۶-۳-۳-۳- استفاده 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 ٦-١ 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.

جدول۹-٦-١- مقدار کل حباب های هوا برای بتن مقاوم در برابر یخ زدن و آب شدن

حداکثر اندازه اسمی سنگدانه (میلیمتر)	مقدار درصد هوا * درشرایط محیطی	
	+ ١	+ + ٢
٩/٥	٧/٥	۶
١٢/٥	٧	٥/٥
١٩	۶	٥
٢٥	۶	۴/٥
٣٨	٥/٥	۴/٥
٥٠	٥	۴
۶٣	۴/٥	٣/٥

* رواداری مقدار هوا در محل مصرف ١/٥ $\pm$ درصد است.

+ مقصود از شرایط محیطی ١ آن است که بتن، قبل از یخ زدن در تماس تقریبا مداوم با رطوبت قرار گیرد یا 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.

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

بتن‌هایی که در معرض شرایط محیطی ویژه مندرج در جدول۹-۶-۲ قرار می‌گیرند، باید ضوابط مربوط به حداکثر نسبت آب به سیمان و حداقل مقاومت مشخصه جدول یاد شده را تامین نمایند.

جدول۹-۶-۲- 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

۹-۶-۳-۳-۵- 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 های۹-۶-۳-الف و ۹-۶-۳- ب مطابقت داشته باشد. در این جدول ها رده بندی سولفات ها درخاک 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

منظورها باید:

- برای ساختن بتن، از سیمان‌های پرتلند یا سیمان‌های پرتلند آمیخته مناسب نظیر سیمان‌های پرتلند روباره ای، سیمان‌های پرتلند آمیخته با پوزولان های طبیعی یا مصنوعی استفاده شود.
- نسبت آب به سیمان، با استفاده از مواد افزودنی مناسب، نظیر روان کننده‌ها و فوق روان کننده‌ها کاهش داده شود.
- با کاربرد مواد سیلیسی ریزدانه فعال، نظیر دوده سیلیسی (برای برخی ازسولفاتها) و خاکستر بادی، هیدروکسید حاصل از آبگیری سیمان، تا آنجا که ممکن است به سیلیکات کلسیم تبدیل شود.
- در مناطقی که علاوه بر سولفات آلوده به کلرید می‌باشند، باید در انتخاب نوع سیمان برای اعضا و قطعات بتن آرمه دقت بیشتری به عمل آید. بویژه از کاربرد سیمان پرتلند نوع پنج به تنهایی، که حفاظت ناچیزی در مقابل نفوذ یون کلر به بتن و ممانعت از خوردگی میلگردها دارد، خودداری گردد.

۹-۶-۳-۳-۶- شرایط محیطی خورنده

موقعی که احتمال دارد بتن آرمه در معرض آب دریا، آب های شور، یا نمک های یخ زدا قرار گیرد علاوه بر ضوابط ذکر شده در جدول۹-۶-۲- ضوابط بند۹-۶-۳-۳-۹ در مورد حداقل پوشش هم باید رعایت شوند.

۹-۶-۳-۳-۷- مقدار مجاز سولفات ها در بتن

مقدار کل سولفات قابل حل در آب در مخلوط بتن، برحسب SO3 نباید از ٤ درصد وزن سیمان بیشتر باشد و مقدار کل سولفات موجود نباید از ٥ درصد وزن سیمان در مخلوط تجاوز کند. مقدار سولفات موجود در بتن باید براساس مجموع مقادیر سولفات های موجود در مواد تشکیل دهنده بتن محاسبه شود.

۹-۶-۳-۳-۸- مقدار مجاز کلرید در بتن

به منظور حفاظت میلگرد در برابر خوردگی، حداکثر کلرید قابل حل در آب در بتن سخت شده ۲۸ روزه، ناشی از مواد تشکیل دهنده بتن یعنی آب، سنگدانه‌ها، مواد شیمیایی و مواد افزودنی نباید از مقادیر حداکثر مجاز داده شده در جدول۹-٦-٤ تجاوز کند.

جدول۹-٦-۳- الف- رده بندی سولفات ها در خاک و تدابیر احتیاطی توصیه شده برای مقاطع بتنی نازک

رده بندی سولفاتها در شرایط گوناگون محیطی				تدابیری احتیاطی توصیه شده *	
شرایط محیطی از نظر سولفات	SO_3 در آبهای زیرزمینی (PPM)	SO_3 در خاک		مقاطع بتنی نازک در زیر زمینها، آبروها، حفره های آدم رو	حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی
		مقدار کل (%)	درعصاره ۲به۱ ** (g/l)		
ملایم	کمتر از ۳۰۰	کمتر از۰/۲	-	الف- اگر کل سازه بالاتر از سفره آب قرار گیرد از سیمان نوع ۱ استفاده شود.	۰/۵۵
				ب- اگر سازه تحت اثر فشار اب از بیرون قرار گیرد، از سیمان نوع ۱ استفاده یا به طریقی دیگر، از آسفالت یاقیرگونی یا سایر مواد غشاساز استفاده شود.	۰/۵۵
متوسط	۳۰۰ تا ۱۲۰۰	۰/۲ تا ۰/۵	-	الف- اگرکل 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.	۰/۵
				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 اب قرار گیرد، از سیمان نوع ۱ استفاده یا از سیمان نوع ۵ استفاده شود.				۰/۵
*** شدید	ب- ۱- اگر سازه تحت اثر فشار آب از بیرون قرار گیرد، از سیمان نوع ۵ استفاده شود	۱/۹ تا ۳/۱	۰/۵ تا ۱	۱۲۰۰ تا ۲۵۰۰	۰/۵
	ب-۲- به طریقی دیگر، از آسفالت یا قیرگونی یا سایر مواد غشاساز می توان استفاده کرد.				-
	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.				۰/۴۵
بسیار شدید	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.	۳/۱ تا ۳/۱	۱ تا ۲	۲۵۰۰ تا ۵۰۰۰	-
	الف- اگر کل سازه بالاتر از سفره آب فرار گیرد و خاک همواره				

فوق العاده شدید	بیشتر از ۵۰۰۰	بیشتر از ۲	بیشتر از ۵/٦	خشک باقی بماند، از سیمان نوع ۱ یا از سیمان نوع ۵ استفاده شود	۰/۴۵
				ب-۱- اگر سازه در تماس با سفره آب متغیر قرار گیرد، ازسیمان آمیخته مناسب استفاده شود.	۰/۴
				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 مخلوط هایی مناسبند که کارایی آنها متوسط باشد (اسلامپ بتن ۵۰ تا ۷۵ میلیمتر)

(۱) برای تعریف شرایط محیطی به بند ٦-۳-۳-۲ 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 سمان 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 So3 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 متغییر در نظر گرفته می‌شود.

جدول ٦-۳-ب- رده بندی سولفات ها در خاک و تدابیر احتیاطی توصیه شده برای شمع های بتنی در جا

رده بندی سولفاتها در شرایط گوناگون	

محیطی				تدابیری احتیاطی توصیه شده *	
شرایط محیطی از نظر سولفات	SO_3 در آبهای زیرزمینی (PPM)	SO_3 در خاک		مقاطع بتنی نازک در زیر زمینها، آبروها، حفره های آدم رو	حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی
		مقدار کل (%)	درعصاره ۲ به۱ ** (g/l)		
ملایم	کمتر از ۳۰۰	کمتر از۰/۲	-	الف- اگر شمع ها به تمامی بالاتر از سفره آب فرار گیرند از سیمان نوع ۱ استفاده شود	۰/۵۵
				ب- اگر شمع ها در تماس با سفره آب متغیر قرار گیرند از سیمان نوع ۱ استفاده شود.	۰/۵۵
متوسط	۳۰۰ تا ۱۲۰۰	۰/۲ تا ۰/۵	-	الف- اگر شمع ها به تمامی بالاتر از سفره آب فرار گیرند از سیمان نوع ۱ استفاده شود	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
*** شدید	۱۲۰۰ تا ۲۵۰۰	۰/۵ تا ۱	۱/۹ تا ۳/۱	الف - اگر شمع ها به تمامی بالاتر از سفره آب قرار گیرند از سیمان نوع ۱ یا از سیمان نوع ۵ استفاده شود	۰/۵۰
				ب- اگر شمع ها در تماس با سفره آب متغیر قرار گیرند از سیمان نوع ۵ استفاده شود.	۰/۵۰

				فقط در مورد شمع های باربر انتهایی قابل اعمال است.+	-
بسیار شدید	۲۵۰۰ تا ۵۰۰۰	۱ تا ۲	۳/۱ تا ۵/۶	الف- اگر شمع ها به تمامی بالاتر 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 تلقی می شود. تدابیر احتیاطی ویژه ای لازم است. برای مثال، استفاده ازسیمان آمیخته مناسب، یا محافظت جدار شمع های باربر انتهایی باپوشش های غشاساز را می توان نام برد. نوع سیمان مصرفی بستگی به کاتیون ها دارد.	-
				الف- اگر شمع ها به تمامی بالاتر 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.-	۰/۴۵
				ب-سولفاتهای به مقدار بیش از ۳۰۰۰ قسمت در میلیون در	

فوق العاده شدید	بیشتر از ۵۰۰۰	بیشتر از ۲	بیشتر از ۵/٦	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.	-

* 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 ٦-۳ 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 آنتهایی معتبر است.

(۱)برای تعریف شرایط محیطی به بند ٦-۳-۳-۲ رجوع شود.

جدول۹-٦-٤- حداکثر مجاز یون کلرید از نظر خوردگی

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

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

۹-۶-۳-۳-۹- پوشش بتنی روی میلگردها

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

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

۹-۶-۳-۳-۹-۳- ضخامت پوشش بتنی میلگردها متناسب با شرایط محیطی و نوع قطعه مورد نظر نباید از مقادیر داده شده در جدول۹-۶-۵ و موارد زیر کمتر باشد:

الف- قطر میلگردها (در مورد قطر موثر گروههای میلگردها به بند۹-۸-۲-۵-۱-ج رجوع شود).

ب- چهارسوم بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه‌ها

۹-۶-۳-۳-۹-۴-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.

۹-۶-۳-۳-۹-۵- 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.

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

جدول۹-۶-۵- مقادیر حداقل ضخامت پوشش بتن روی میلگردها (میلیمتر)*

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

*مقادیر داده شده در جدول را می‌توان به استثنای شرایط محیطی بسیار شدید و فوق العاده شدید به اندازه ۵ میلیمتر برای بتن ها رده C35 وC40 یا ۱۰ میلیمتر برای بتن های 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 تمامی‌مقاومت 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 تلقی می‌شود که با شرایط بند ٦-۵ 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 بتن های بالاتر از رده C50 علاوه بر مقررات این بخش،ضوابط ویژه دیگری هم باید رعایت شود.

۹-۶-۴-۲-۱- روشهای تعیین نسبت های اختلاط

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

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

پ-برای بتن های رده C20و 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

۹-۴-۶-۳-۱- 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 بند۹-٦-٤ را دارد مشخص کند.

پ- باید شامل نتایج آزمایش حداقل ۳۰ نمونه متوالی یا دو گروه نمونه‌های متوالی با مجموع حداقل ۳۰ آزمایش باشد،مگر آن که شرایط بند ۹-٦-٤-۳-۲ تامین شود. نمونه‌های متوالی به نمونه‌هایی گفته می‌شود که فاصله زمانی هر نمونه برداری با نمونه برداری بعد از آن بیشتر از ۳ شبانه روز نباشد.

۹-۴-۶-۳-۲- در مواردی که در کارگاه پرونده آزمایش های مقاومت مطابق بند۹-٦-٤-۳-۱ موجود نباشد، ولی نتایج ۱۵ تا ۲۹ آزمایش نمونه‌های متوالی در دست باشد می‌توان با ضرب کردن انحراف استاندارد این نتایج در ضریب اصلاح مطابق جدول۹-٦-٦، انحراف استاندارد تقریبی قابل قبول به دست آورد.

پرونده آزمایش ها در صورتی قابل قبول است که شرایط «الف» و «ب» از بند۹-٦-٤-۳-۱ را برآورده کند، و تنها یک گزارش از آزمایش نمونه‌های متوالی در مدت حداقل ٤٥ روز ارائه دهد.

جدول۹-٦-٦- ضریب اصلاح انحراف استاندارد

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

۳۰ یا بیشتر	۱/۰۰

* 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 لازمی‌به عنوان مبنای تعیین نسبت های اختلاط بتن به کار می‌رود باید با توجه به انحراف استاندارد حاصل از بند۹-٦-٤-۳ 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 بندهای۹-٦-٤-۳-۱ یا۹-٦-٤-۳-۲ موجود نباشد، برای تعیین مقاومت فشاری متوسط لازم باید از جدول۹-٦-۷ استفاده کرد. در این صورت تدوین مدارک مربوط به مقاومت متوسط باید مطابق۹-٦-٤-۵ باشد.

جدول۹-٦-۷- مقاومت فشاری متوسط لازم در حالتی که نتایج برای تعیین انحراف استاندارد در دسترس نباشند

رده بتن	مقاومت فشاری متوسط لازم، مگاپاسکال
C12 و پایین‌تر	
C16	$f_{cm} = f_c + 6 \quad f_{cm} = f_c + 7.5$
C20	$f_{cm} = f_c + 8.5$

C25	$f_{cm} = f_c + 10.5$
C30 و C35	$f_{cm} = f_c + 11$
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 مقاومتت 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، می توان پرونده ای مشتمل بر حداقل ۱۰ آزمایش متوالی یا ۳۰ ازمایش متفرق رابه کار برد مشروط برآن که این پرونده آزمایشهای انجام شده در مدت حداقل ٤٥ روز رادر برگیرد.

نسبتهای لازم برای اختلاط بتن را می توان 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 پرونده های قابل قبول از نتایج آزمایشها موجود نباشد می توان نسبتهای اختلاط بتن رابراساس 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 محدوده ای از مقاومت های فشاری متوسط لازم را در برگیرند.

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

در محدوده ۲ ± میلیمتر باشد و برای بتن حبابدار، اختلاف مقدار هوا با هوای حداکثر مجاز در محدوده ۰/۵ ± درصد باشد.

ت- برای هر نسبت آب به سیمان یا هر مقدار سیمان باید حداقل سه آزمونه مطابق ((روش ساختن و عمل آوردن آزمونه های بتن در آزمایشگاه)) (دت ۵۰۳)، ساخته و عمل آورده شوند. آزمونه ها باید درسن ۲۸ روزه یا هر سن دیگری که در طرح برای تعیین مقاومت مشخصه بتن مقرر شده آزمایش شوند.

ث- بعد از حصول نتایج آزمایشهای فشاری آزمونه ها باید نمودواری رسم کرد که رابطه بین نسبت آب به سیمان با مقاومت فشاری در زمان آزمایش را نشان دهد.

ج- حداکثر نسبت آب به سیمان یا حداقل مقدار سیمان برای بتن مورد ا ستفاده در طرح، باید نظیر قسمتی از نمودار باشد که بر اساس آن مقاومت فشاری متوسط لازم مطابق بند ۹-٦-٤-٤ تامین شود، مگر آن که با توجه به بند ۹-٦-۳ مقداری کمتر برای نسبت آب به سیمان یا مقداری بیشتر برای عیار سیمان مورد نظر باشد.

۹-۶-۴-۶- تقلیل یا افزایش مقاومت فشاری متوسط

۹-۶-۴-۶-۱- بعد از به دست آمدن اطلاعات کافی از نتایج آزمایش های مقاومت ضمن اجرای سازه، می‌توان مقاومت فشاری متوسط لازم را تقلیل داد، مشروط بر آن که:

الف- نتایج حداقل ۳۰ آزمایش مقاومت موجود باشد و متوسط آنها از مقدار لازم مطابق بند۹-٦-٤-٤ بیشتر باشد.

ب- ضوابط مربوط به شرایط ویژه محیطی مطابق بند۹-٦-۳ تامین شود.

۹-۶-۴-۶-۲- در صورتی که متوسط نتایج حداقل ۳۰ آزمایش مقاومت از مقدار لازم مطابق بند۹-٦-٤-٤ کمتر باشد باید اقداماتی برای افزایش مقدار متوسط نتایج آزمایش های بعدی مقاومت صورت گیرد.

۹-۶-۵- ارزیابی و پذیرش بتن

۹-۶-۵-۱ پذیرش بتن، تواتر نمونه برداری و آزمایش مقاومت

پذیرش بتن در کارگاه براساس نتایج آزمایش فشاری نمونه‌های برداشته شده از بتن مصرفی صورت می‌پذیرد. دفعات نمونه برداری از بتن باید به نحوی یکنواخت در طول مدت تهیه و مصرف بتن توزیع شوند. نمونه‌ها باید از محل نهایی مصرف برداشته شوند.

۹-۶-۵-۱-۱ مقصود از هر نمونه برداری از بتن، تهیه حداقل دو آزمونه از آن است که آزمایش فشاری آنها در سن ۲۸

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

۹-۶-۵-۱-۲- 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 وکلاف ها، در صورتی که جدا از قطعات دیگر بتن ریزی می‌شوند، یک نمونه برداری از هر۱۰۰ متر طول.

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

۹-۶-۵-۱-۳- در صورتی که حجم هر اختلاط بتن کمتر از یک متر مکعب باشد، می‌توان مقادیر مذکور در بند۹-۶-۵-۱-۲ را به همان نسبت تقلیل داد.

۹-۶-۵-۱-۴- حداقل یک نمونه برداری از هر رده بتن درهر روز الزامی‌است.

۹-۶-۵-۱-۵- حداقل ٦ نمونه برداری از کل هر سازه الزامی‌است.

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

۹-۶-۵-۲-ضوابط پذیرش بتن- آزمونه‌های عمل آمده در آزمایشگاه

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

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

$$X_{123.} \geq f_c \qquad (۹-۶-۳)$$

ب- متوسط مقاومت های نمونه‌ها حداقل ۱/۵ مگاپاسکال بیشتر از مقاومت مشخصه باشد و کوچکترین مقاومت نمونه‌ها از مقاومت مشخصه منهای ٤ مگاپاسکال کمتر نباشد.

(۴-۶-۹)

$$X_{min} \geq f_c - 4$$ (۵-۶-۹)

۹-۶-۵-۲-۲- مشخصات بتن در صورتی غیر قابل قبول است که متوسط مقاومت های نمونه‌ها از مقاومت مشخصه کمتر باشد یا کوچکترین مقاومت نمونه‌ها از مقاومت مشخصه منهای ٤ مگاپاسکال کمتر باشد:

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

۹-۶-۵-۲-۳ - مشخصات بتنی را که با توجه به شرایط بند۹-٦-۵-۲-۲- غیر قابل قبول نباشد ولی مطابق شرایط بند۹-٦-۵-۲-۱-ب قابل قبول هم به شمار نیاید می‌توان به تشخیص طرح بدون انجام آزمایشی بیشتر، از نظر سازه ای قابل تلقی کرد. در صورتی که مشخصات بتن مطابق بند۹-٦-٦ الزامی‌است.

۹-۶-۵-۲-۴- در کنترل شرایط انطباق بتن بر رده مورد نظر، نباید از نتیجه آزمایش هیچکدام از ننمونه‌ها صرفنظر شود مگر آنکه با دلایل کافی ثابت شود اقداماتی مطابق ٦-٦ الزامی‌است.

۹-۶-۵-۲-۴- در کنترل شرایط انطباق بتن بر رده مورد نظر، نباید از نتیجه آزمایش هیچکدام از نمونه‌ها صرفنظر 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) معمولا تضمین کننده مقاومت مورد نظر در ۲۸ روز خواهد بود. البته این نتیجه منوط به عمل آوری صحیح و کافی است.

جدول۹-٦-۸- تاثیر نوع سمان و سن بتن بر روی مقاومت فشاری نسبی بتن

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

سیمان نوع I	۰/۲۳	۰/۵۶	۰/۸۶	۱/۶۰
سیمان نوع II	۰/۵۷	۰/۷۹	۱/۲۰	۱/۶۰
سیمان نوع III	۰/۱۷	۰/۴۳	۰/۶۶	۱/۶۰
سیمان نوع IV	۰/۲۰	۰/۵۰	۰/۷۶	۱/۶۰
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 آزمونه‌های عمل آمده و مراقبت شده در شرایط کارگاهی را درخواست کند

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

۹-۶-۵-۳-۳- در صورتی روش عمل آوردن و مراقبت بتن رضایت بخش تلقی می‌شود که مقاومت فشاری آزمونه‌های کارگاهی در سن مشخص شده برای مقاومت مشخصه حداقل معادل ۰/۸۵ مقاومت نظیر آزمونه‌های عمل آمده در آزمایشگاه یا به اندازه ٤ مگا پلسکال بیشتر از مقاومت مشخصه باشد. در غیر این صورت باید اقداماتی برای بهبود روش های مذکور صورت گیرد.

۹-۶-۵-۴- آزمونه‌های آگاهی

در صورتی که آگاهی از کیفیت بتن در موعدهای خاصی مانند زمان باز کردن قالبها و غیره ضرورت داشته باشد، علاوه بر آزمونه‌های متعارف ارزیابی مقاومت و روش عمل آوردن و مراقبت بتن «بندهای۹-٦-۵-۱ و۹-٦-۵-۳» آزمونه‌هایی از بتن گرفته می‌شوند و در موعدهای مورد نظر تحت آزمایش قرار میگیرند. این آزمونه‌ها به آزمونه‌های آگاهی موسومند.

۹-۶-۶-بررسی بتن های با مقاومت کم

در صورتی که براساس آزمایش های مقاومت آزمونه‌های عمل آمده در آزمایشگاه، مطابق بند۹-٦-۵ 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 بند۹-٦-٦-۱ برآورده نشود ولی با انجام تحلیل و طراحی مجدد بتوان ثابت کرد که ظرفیت باربری تمامی‌قسمت 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 بندهای۹-٦-٦-۱ یا ۹-٦-٦-۲ 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 آزمونه‌های عمل آمده در آزمایشگاه مربوطه به آنها شرایط پذیرش بتن مذکور در بند۹-٦-٥-۲ 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 ١٦ تا ٢٧ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی کمتر از ٦٠ 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 ٤٠ 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 بند۹-٦-٥-٥ برآورده نشوند و ظرفیت باربری سازه مورد تردید باقی بماند بایدآزمایش بارگذاری مطابق بند ۱۹-۳ آئین نامه بتن ایران بر روی قسمت های مشکوک به عمل آید یا اقدامات مقتضی دیگری ازجمله تقویت قطعه بتنی صورت گیرند.

۹ -۶-۶-۷-در صورتی‌که‌هیچکداماز موارد فوق‌برای‌پذیرش‌و یا اقداماتی‌که‌منجر به‌پذیرش بتن‌می‌شود عملی‌نگردد، تخریب بتن فوق‌الزامی‌است.

۹-۶-۶-۸-درصورتی که ضوابط لازم برای دستیابی به‌دوام پیش‌بینی شدۀبتن تأمین نشود لازم‌است با استفاده از سیستم‌های‌حفاظتی‌بتن، نفوذپذیری‌آن‌کاهش‌یابد تا حداقل‌ضوابط 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 ٦-۹ باشد.

جدول۹-٦-۹- کنترل و بازرسی مشخصه‌های بتن

ردیف	نوع آزمایش	نوع بازرسی – آزمایش	هدف	زمان تکرار
۱	تعیین نسبت ها برای طرح اختلاط	آزمایش در ابتدای کار	تامین دلیل آنکه ویژگی های مورد نظر در حاشیه ایمنی مناسب حاصل می‌شود	قبل از استفاده مخلوط جدید به ش 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 آزمایش های 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

۵	روانی بتن	بازرسی عینی	برای مقایسه با وضعیت ظاهری مورد نیاز بتن	هر مرتبه ساخت
۶		آزمایش روانی	ارزیابی انطباق میزان روانی مورد نیاز و کنترل تغییرات احتمالی یا سنگین	۱- هنگام تهیه آزمو آزمایش بتن سخت ۲- هنگام آزمایش مزان هوای بتن
۷	وزن مخصوص بتن تازه	آزمایش وزن مخصوص	بازرسی پیمانه و مخلوط کردن و کنترل وزن مخصوص بتن سبک یا سنگین	به تعداد دفعات آ مقاومت فشاری
۸	آزمایش مقاومت فشاری آزمونه‌ها قالب گیری شده	آزمایش مطابق استاندارد	ارزیابی مشخصه‌های مفاومت مخلوط	مطابق بند ٦-٥ این
۹	وزن مخصوص ظاهری بتن سخت شده سبک یا سنگین	آزمایش مطابق استاندارد	ارزیابی وزن مخصوص	به تعداد دفعات آ مقاومت فشاری
۱۰	مقدار آب اضافه شده به مخلوط	ثبت مقدار آب اضافه شده	تعیین نسبت آب به سیمان واقعی	هر بار پیمانه و مخلو
۱۱	مقدار سیمان بتن تازه	ثبت مقدار سیمان مصرف شده	کنترل مقدار سیمان و تعیین نسبت آب به سیمان واقعی	هر بار پیمانه و مخلو
۱۲	مقدار افزونه بتن تازه	ثبت مقدار افزونه مصرف شده	کنترل مقدار افزونه	هر بار پیمانه و مخلو
۱۳	نسبت آب به سیمان بتن تازه	با تقسیم نمودن جمع ردیف های ۳ و ٤ و ۹ بر ردیف ۱۰ یا هر روش آزمایش استاندارد توافق	ارزیابی انطباق مقدار هوا با مقدرا هوای مقرر شده	روزانه یا بیشتر ب نیاز

		شده		
۱۴	مقدار هـوای موجـود در مخلـوط بتن تازه برای بتن های با حباب هوا	آزمایش مطابق استاندارد	ارزیـابی انطبـاق مقـدار هوای مقرر شده	برای مخلوط هـای ب هوا ۱- اولیـن پیمانـه و یکبار در روز ۲- بـــه دفعـــات ب متناسب بـا شـرایط تاثیر عوامل محیطی
۱۵	یکنواختی	آزمایش از طریق مقایسـه مشخصه‌های نمونـه‌هـای برداشـتـه شـده از بخـش های مختلف یک مخلوط	ارزیـــابی یکنواختـــی مخلوط	در موارد تردید
۱۶	نفوذ پذیری	آزمایش مطابق استانداد	ارزیـــابی مقاومـــت در مقابل نفوذ آب	در ابتـدای کـار، دو بعدی براساس توافق
۱۷	سایر مشخصه‌ها	مطابق بـا ایین نامـه‌هـای مربوطـه یـا بـر اسـاس توافق به عمل آمده	ارزیـــابی انطبـــاق بـــا مشخصه مورد نیاز	براسـاس توافـق بـ آمده

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- تمامی‌وسایلی که برای مخلوط کردن و انتقال بتن به کار می‌رود باید تمیز باشند.

ب- پیمانه کردن مصالح تشکیل دهنده بتن باید تا حد امکان به طریق وزنی انجام گیرد.

پ- رواداری توزین هر یک از اجزای تشکیل دهنده بتن ± ۳ درصد است.

ت- رواداری دقت و حساسیت ترازوها و سایر قسمت های توزین باید $\pm ۰/٤$ درصد کل ظرفیت دستگاه باشد.

ث- استفاده از روش های دیگر برای پیمانه 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.

۹-۷-۱-۳- آماده سازی محل بتن ریزی

الف- تمامی‌مواد زاید از جمله یخ باید از محلهای 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- تمامی‌میلگردها قبل از بتن ریزی باید کاملاً تمیز شده و عاری از پوششهای آلاینده باشند.

ث- قبل از ریختن بتن، باید آب اضافه را از محل بتن‌ریزی 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 تمامی‌مواد 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 پیمانه کردن حجمی‌و اختلاط پیوسته» مخلوط و تحویل شود.

۹-۷-۲-۳- بتن مخلوط شده در کارگاه باید مطابق ضوابط زیر تهیه شود:

۹-۷-۲-۳-۱- اختلاط بتن باید با مخلوط کن مورد تایید دستگاه نظارت انجام گیرد.

۹-۷-۲-۳-۲- مخلوط کن باید با سرعت توصیه شده از طرف کارخانه سازنده چرخانده شود.

۹-۷-۲-۳-۳- ترتیب ورود مواد متشکله بتن به مخلوط کن باید متناسب با نوع مخلوط کن و نوع بتن باشد.

۹-۷-۲-۳-۴- عمل اختلاط باید حداقل تا ۱/۵ دقیقه، پس از ریختن تمامی‌مواد 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 می‌تواند قابل قبول باشد.

۹-۷-۲-۳-۵-اختلاط با کامیونهای مخلوط کن باید بر اساس ضوابط مندرج در استاندارد ملی شمارهٔ ٦٠٤٤ صورت گیرد.

۹-۷-۲-۳-۶- نقل و انتقال، پیمانه کردن و اختلاط مصالح بتن باید با ضوابط استاندارد « مشخصات بتن آماده» یا «مشخصات بتن تهیه شده از طریق پیمانه کردن حجمیو اختلاط پیوسته» مطابقت داشته باشد.

۹-۷-۲-۳-۷- سابقه کار روزانه باید برای تمامیمخلوط 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 بتنریزی.

۹-۷-۲-۴- اختلاط با دست

اختلاط بتن با دست به هیچ وجه مجاز نیست بجز موارد استثنایی و کم اهمیت، با د ستور دستگاه نظارت و برای بتن از رده پائین تر ازC16 .

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 میشود، در هر حالت ضخامت دو قشر نبایستی از ۳۰ سانتیمتر تجاوز نماید.

پ- سیمان خشک به صورت یکنواخت روی مصالح سنگی پخش و سپس با وسایل مناسب بطور کامل مخلوط میشود.

ت- پس از اختلاط کامل مصالح، آب بتدریج به مخلوط اضافه و بطور یکنواخت مخلوط میشود تا بتن همگن بدست آید.

ث- چنانچه از پیمانههای حجمیاستفاده شود باید وزن مصالح سنگی خشک قبلا به دقت اندازه گیری و پیمانههای حجمیبر 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 نمیباشد، مگر در موارد استثنایی و با کسب مجوز از دستگاه نظارت.

۹-۷-۳- انتقال بتن

۹-۷-۳-۱- انتقال بتن از مخلوط کن تا محل نهایی بتن ریزی باید چنیان صورت گیرد که از جداشدن یا از بین رفتن مصالح جلوگیری شود.

۹-۷-۳-۲- وسایل انتقال بتن بایدامکان رساندن بتن به پای کار را طوری تامین کنندکه موارد تشکیل دهنده جدا نشوند و حالت خمیری بتن بین بتن ریزی های متوالی از دست نرود.

۹-۷-۳-۲-۱- 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، ردة 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.

۹-۷-۳-۲-۲- ناو ه شیب دار

ناوه شیب‌دار باید فلزی یا دارای روکش فلزی بوده، کاملاً آب بند باشد و شیب آن ثابت و به گونه‌ای 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 مشخصه‌های ا صلی بتن توسط دستگاه نظارت صورت می‌گیرد.

۹ -۷-۳-۲-۳- تلمبه (پمپ) بتن

در انتقال‌بتن‌به‌وسیله‌پمپ، حداکثر نسبت‌اندازه‌سنگدانه‌ها به‌کوچکترین‌قطر داخلی‌لوله‌انتقال‌بتن‌نباید از مقادیر زیر تجاوز کند:

الف- ۰/۳۳ برای‌سنگدانه‌های‌تیزگوشه

ب- ۰/٤۰ برای‌سنگدانه‌های‌کاملاً گردگوشه

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

الف- ۰/۳۳ برای سنگدانه‌های تیزگوشه

ب- ۰/٤۰ برای سنگدانه‌های کاملا گردگوشه

۹-۷-۴-۲-۳- باکت یا جام

دریچهٔ تخلیه باکت باید در کف آن تعبیه شده باشد و جام باید دارای تعداد بازشو کافی باشد. اندازه دهانه بازشو نباید از $\frac{۱}{۳}$ طول باکت و ۵ برابر قطر بزرگترین دانه مصالح سنگی کمتر باشد. شیب جدار باکت در محل تخلیه آن نباید از ۶۰ درجه کمتر باشد. تخلیه بتن به داخل باکت باید به طور قائم و در مرکز آن باشد. چنانچه بتن داخل باکت، مستقیماً و یا از طریق ناوه شیبدار به داخل قالب تخلیه می شود، باید در انتهای نقطه تخلیه و در ارتفاع حداقل ۶۰ سانتیمتری، بتن توسط محفظه هدایت به محل نهایی ریخته شود.

۹-۷-۴-۲-۵- کامیون مخلوط کن

انتقال بتن با کامیون های مخلوط کن باید بر اساس استاندارد ملی ایران صورت گیرد.

۹-۷-۴- بتن ریزی

۹-۷-۴-۱ بتن باید تا حد امکان تزدیک به محل نهایی خود ریخته شود تا از جدایی دانه‌ها در اثر جابجایی مجدد جلوگیری شود.

۹-۷-۴-۲- روند بتن‌ریزی باید طوری باشد که بتن هنگام ریختن و جا دادن به حالت خمیری باقی بماند و بتواند به راحتی به فضاهای بین میلگردها راه یابد.

۹-۷-۴-۳- در صورتی که اسلامپ بتن در موقع تحویل برای مصرف کمتر از میزان مقرر باشد باید از مصرف آن خودداری شود، با این وجود افزودن اسلامپ بتن تا هنگامی‌که هنوز از مخلوط کن تخلیه نشده، فقط با اجازه دستگاه نظارت و با افزودن دوغاب سیمان با یا بدون مواد افزودنی روان کننده میسر می‌باشد مشروط بر اینکه نسبت آب به سیمان از حداکثر مقدار مجاز طرح فراتر نرود.

۹-۷-۴-۴-بتنی که به حالت نیمه سخت درآمده یا به مواد زیان‌آور بیرونی آلوده شده نبایددر بتن‌ریزی قطعات سازه‌ای به کار رود.

۹-۷-۴-۵- بتن‌ریزی باید از آغاز تا پایان به صورت عملیاتی سریع و پیوسته در محدوده مرزها یا درزهای از پیش تعیین شده قطعات ادامه یابد. درزهای اجرایی مورد نیاز باید با ضوابط مندرج در این مقررات مطابقت داشته باشد.

۹-۷-۴-۶- سطح بتن ریخته شده به صورت لایه‌های افقی باید تراز باشد

۹-۷-۴-۷- استفاده از مواد حباب زا و ساخت بتن با حباب هوا برای بتن هایی که در معرض رطوبت و یخ زدن و آب

شدنی های متوالی قرار می گیرند، الزامی است.

۹-۴-۷-۸- بتن‌ریزی 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.

۹-۴-۷-۹- بتن‌ریزی دال‌ها و سقف‌ها

بتن‌ریزی 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 بتن‌ریزی از قبل تعیین و در نقشه‌های اجرایی مشخص شود و عملیات تا محل درزهای ساختمانی ادامه یابد. چنانچه در اثر بروز اشکالات قطع بتن‌ریزی حادث شود باید محل قطع بتن‌ریزی برای ادامه عملیات بتن‌ریزی آماده شود.

۹-۴-۷-۱۰- بتن‌ریزی دیوار، ستون و تیرهای اصلی

بتن‌ریزی 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 بتن‌ریزی 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 بتن‌ریزی به سوی قسمت مرکزی سازه ادامه یابد. در تمام حالات باید از جمع شدن آب در انتها و گوشه‌ها جلوگیری شود. در بتن‌ریزی ستون‌ها حدامکان باید ارتفاع سقوط آزاد بتن را محدود نمود. این ارتفاع برای جلوگیری از جدا شدن دانه‌ها به ۰/۹ تا ۱/۲ متر محدود می‌شود.

۹-۴-۷-۱۱- بتن باید در طول عملیات بتن‌ریزی 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- ویبراتور 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 ویبراتور باید در لایه زیرین که هنوز حالت خمیری دارد، فرو رود.

۹-۷-۴-۱۳- ویبراتور باید تا حد امکان به صورت قائم وارد بتن گردد و به آرامی‌بیرون 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 می تواند موجب ترک خوردگی سطحی شود و مجاز نیست. جاروکشی و هر گونه روشی که موجب رفع لغزندگی سطوح می شود 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- عمل‌آوری

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 آبگیری 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 ازبخار 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 بطورمعمول نباید از مقادیر مندرج در جدول۹-۷-۱ کمتر باشد. این مدت زمان به نوع سیمان، شرایط محیطی و دمای بتن بستگی دارد وطی آن، دمای هیچ قسمت ازسطح بتن نباید از ۵ درجه سیلیوس کمتر شود.

۹-۷-۷- بتن‌ریزی در شرایط ویژه

۹-۷-۷-۱- بتن‌ریزی در هوای گرم

۹-۷-۷-۱-۱-هوای گرم هنگام بتن‌ریزی باعث پایین آمدن کیفیت بتن تازه وسخت 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 آبگیری

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.

۹-۷-۱-۲- 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.

۹-۷-۱-۳- 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.

جدول۹-۷-۱- حداقل زمان عمل آوردن بتن

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

نوع سیمان				
نوع ۱ و۲ و ۳ و ۵	متوسط	۴ روز	۳ روز	۲روز
	ضعیف	۶ روز	۴ روز	۵روز
همه سیمان‌ها به جز نوع ۱ و ۲ و ۳ و ۵ و همه سیمان‌های حاوی مواد پوزولانی یا روباره‌ای	متوسط			
	ضعیف	۱۰ روز	۷ روز	۵ روز
همه سیمان‌ها	خوب	اقدامی خاص ضرورت ندارد		

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

خوب: محیط مربوط و محافظت شده (رطوبتنسبی بیشتر از ۸۰ درصدو 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 سطحبتن اندازه‌گیری یامحاسبه 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 آبگیری، 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 ـ برنامه‌ریزی مناسب و دقیق برای زمان‌های شروع مراحل ساخت بتن و بتن‌ریزی.

ب ـ تنظیم زمان بتن‌ریزی در هنگام خنک بودن هوا.

پ ـ 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 ـ عدم استفاده از سیمان با دمای بیش از ۷۵ درجه سلسیوس.

ث ـ 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 مخلوط کن‌ها یا پاشیدن آب سرد یا دمیدن هوای سرد به آنها یا رنگ‌آمیزی آنها به سفید.

۹-۷-۷-۱-۶- میلگردها، اجزای توکارو قالب‌های با دمای بیش از ۵۰ درجه سلسیوس باید بالافاصله 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 بند۹-۷-۵، 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 جدول۹-۷-۱- 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 خلیج‌فارس و دریای عمان ضمن رعایت ضوابط بتن‌ریزی در هوای گرم (موضوع بند۹-۷-۶-۱) موارد زیر نیز باید مراعات شوند:

۹-۷-۷-۲-۱-مصالح مناسب به شرح فوق انتخاب و نسبت‌های 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 گرمازایی کم، سیمان پرتلند نوع ۲ و یا نوع ۱ با پوزولان و یا سیمان‌های پرتلند آمیخته پوزولانی یا روباره‌ای و یا سایر سیمان‌های 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 ٤٥٠ کیلوگرم در متر مکعب بتن می‌باشد.

۹-۷-۷-۲-۴- مقدار کلریدهای آب مصرفی باید کمتر از ۵۰۰ قسمت در میلیون باشد. سایر خصوصیات آب مصرفی باید با جدول۹-۳-۱۸ 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 جدول۹-٦-٤ تجاوز نماید.

۹-۷-۷-۲-۵- استفاده از آب نمکدار بویژه آب دریا برای شستشوی سنگدانه‌ها، تهیه و عمل آوردن بتن مجاز نمی‌باشد.

۹-۷-۷-۲-۶- حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی (سیمان بعلاوه مواد پوزولانی و یا روباره‌ای) ۰/٤ باشد.

۹-۷-۷-۲-۷- سنگدانه‌های مصرفی بویژه سنگدانه‌های ریز باید به نحوی مناسب شسته و تمیز شوند تا با مقادیر مندرج در جداول۹-۳-۱۰ و۹-۳-۱۵ مطابقت داشته باشند.

۹-۷-۷-۲-۸- حداکثر جذب آب سنگدانه‌های مصرفی در بتن، برای سنگدانه‌های درشت به ۲/۵ درصد و برای سنگدانه‌های ریز به ۳ درصد محدود می‌شود.

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

۹-۷-۷-۲-۱۰- در صورت استفاده از مواد افزودنی شیمیایی، پوزولان‌ها و مواد افزودنی شبه سیمانی این مواد باید با مشخصات بندهای۹-۳-۵ و۹-۳-٦ 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 زیان‌آور جلوگیری شود.

۹-۷-۷-۲-۱۲-مصرف میلگردهای آلوده به مواد یا املاح زیان‌آور (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 جدول۹-۶-۵، شرایط محیطی فوق‌العاده شدید باشد.

۹-۷-۷-۲-۱۵- الزامات عمل آوردن بتن تازه به شرح بندهای۹-۷-۶-۱-۷ تا۹-۷-۶-۱-۹ رعایت شوند.

۹-۷-۷-۳- بتن‌ریزی در هوای سرد

۹-۷-۷-۳-۱- هوای سرد به وضعیتی اطلاق می‌گردد که برای سه روز متوالی شرایط زیر برقرار باشد:

الف ـ 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 ـ دمای هوا برای بیشتر از نصف روز از ۱۰ درجه سلسیوس زیادتر نباشد.

۹-۷-۷-۳-۲- تدابیر احتیاطی

ـ 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.

ـ 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.

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

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

۹-۷-۷-۳-۳-مصالح مصرفی

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

ب ـ استفاده از سیمان روباره‌ای و سیمان‌های آمیخته در بتن‌ریزی در هوای سرد توصیه نمی‌گردد.

پ ـ 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 ـ 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.

۹-۷-۳-۴- الزامات طرح اختلاط بتن

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

ت ـ درصد حباب هوای مورد نیاز در طرح اختلاط باید مطابق جدول ٦-۱ انتخاب شود.

۹-۷-۳-۵- حداقل دمای بتن

- حداقل دمای مجاز بتن هنگام اختلاط، ریختن و نگهداری و نیز حداکثر مجاز افت تدریجی دما در ٢٤ ساعت اولیه پس از خاتمه دوره حفاظت بتن مطابق جدول۹- ۷-۲ است.

- دمای بتن هنگام اختلاط نباید بیش از ۸ درجه سلسیوس (سانتیگراد) زیادتر از مقادیر جدول۹-۷-۲ باشد زیرا موجب اتلاف انرژی بیشتر، افت شدید اسلامپ و در نهایت کاهش کیفیت بتن می‌گردد.

جدول۹-۷-۲- دمای بتن بر حسب درجه سلسیوس (سانتیگراد) در مراحل مختلف کار با توجه به دمای محیط و انداه اعضا و قطعات

ردیف	شرح	دمای محیط	ابعاد اعضا و قطعات (به میلیمتر)			
			کمتر از ۳۰۰	۳۰۰ تا ۹۰۰	۹۰۰ تا ۱۸۰۰	بیش ۰۰
۱	**حداقل دمای بتن هنگام اختلاط**	**بیش از ۱-**	**۱۶**	**۱۳**	**۱۰**	/
۲		**۱۸- تا ۱-**	**۱۸**	**۱۶**	**۱۳**	۰

۳		کمتر از18 ß	۲۱	۱۸	۱۶	۳
۴	حداقل دمای بتن هنگام ریختن و نگهداری	به هر میزان	۱۳	۱۰	۷	۵
۵	حداقل مجاز افت تدریجی دمای بتن در ۲٤ ساعت اولیه پس از خاتمه حفاظت از بتن	به هر میزان	۲۸	۲۲	۱۷	۱

✱ 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 از مقادیر جدول باشد، در غیر این صورت موجب کاهش کیفیت بتن می‌گردد.

۹-۷-۳-۶- 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 سربسته و عایق‌بندی شده حمل گردد.
- قبل از بتن‌ریزی باید میلگردها، قالب، سطح بتن سخت شده قبلی و زمین از هر نوع یخزدگی زدوده شود.

۹-۷-۳-۷-عمل آوردن بتن تازه

الف ـ عمل آوردن بتن تازه باید حداقل ۲٤ ساعت و تا رسیدن بتن به مقاومت ۵ مگاپاسکال ادامه یابد.

ب ـ 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 ـ بتن تازه باید در مقابل وزش باد، بویژه 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.

۹-۷-۳-۸- محافظت بتن سخت شده

لازم است که از یخزدگی بتن اشباع شده‌ای که مقاومت آن به ١٤ 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 کاهشی 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-بتن‌ریزی 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 ۰/٤٥ 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. اسلامپ بتن باید ۱۷۰ تا ۲۵۰ میلیمتر انتخاب شود.سرلوله ترمی همواره باید به میزان ٦۰ تا ۱۵۰ سانتیمتردر داخل بتن ریخته شده قرار گیرد.

ب ـ بتن‌ریزی 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 ۰/٦ تجاوز ننماید. مقدار سیمان باید نسبتاً زیاد باشد (در محدوده ۳۵۰ تا ٤۰۰ 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.

۹-۷-۸-۲-۲-روش اجرا

الف ـ 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 ـ در موقع بتن‌ریزی با قیف و لوله باید همیشه انتهای تحتانی 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 ـ باید از ایجاد سطوح افقی که لایه‌های مختلف بتن را از یکدیگر جدا می‌کنند اجتناب شود.

ت ـ 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 ـ استفاده از سایر روشهای بتن‌ریزی در زیر آب بنابر 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 جدول۹-۷-۳ باشد.

جدول۹-۷-۳کنترل و بازرسی تجهیزات ساخت بتن

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

۳	اندازه‌گیری	آزمایش دقت اندازه‌گیری وزن	حصول اطمینان از دقت مورد نظر	در مرحله نص بطور متناوب ب تشخیص دستگاه
۴	دستگاه اندازه‌گیری و توزین ماده افزودنی	بازدید عینی از نحوه کارکرد	حصول اطمینان از اینکه دستگاه اندازه‌گیری و توزیه تمیز است و با دقت عمل می‌نماید	برای اولین پیمانه افزودنی در ه
۵		آزمایش دقت	اجتناب از توزیع غیر یکنواخت	در مرحله نص بطور ماهانه پس در موارد تردید و تشخیص دستگاه
۶	آب‌سنج	مقایسه مقدار واقعی با مقدار قرائت شده روی درجه دستگاه اندازه‌گیری	حصول اطمینان از دقت مورد نظر	بشرح موارد ۱ و همین ستو
۷	تجهیزات اندازه‌گیری مداوم میزان رطوبت سنگدانه‌های ریز	مقایسه مقدار واقعی با مقدار قرائت شده روی درجه دستگاه اندازه‌گیری	حصول اطمینان از دقت مورد نظر	بشرح موارد ۱ و همین ستو
۸	سیستم پیمانه و مخلوط کردن	بازدید عینی	حصول اطمینان از دقت پیمانه کردن	بشرح موارد ۱ و همین ستو
۹		مقایسه جرم واقعی مواد تشکیل دهنده مخلوط با جرم مورد نظر بر اساس یک روش مناسب	حصول اطمینان از اینکه سیتم پیمانه و مخلوط کردن درست کار می‌کند	روزانه
۱۰	وسایل آزمایش	آزمایش‌های لازم مطابق با استانداردها با سایر	کنترل انطباق	بر حسب نوع و آزمایش بطور مرت

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

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

۹-۸-۱ مشخصات و شرایط اجرایی

۹-۸-۱-۱- مشخصات مکانیکی میلگردها

مشخصات مکانیکی میلگردها، باید با بند ٤-٤ مطابقت داشته باشد.

۹-۸-۱-۲- 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 تابیده سرد اصلاح شده ضروری باشد، یا وصله آنها به روش جوش دادن نوک به نوک لازم شود، سرهای نتابیده آنها باید قطع گردد.

۹-۸-۱-۳- خم کردن میلگردها

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

۹-۸-۱-۳-۲- 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.

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

مناسب باشد.

۹-۸-۱-۳-۴- 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 ۹-۸-۱-٤-۲ 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 ـ حداکثر انحراف ضخامت پوشش بتن محافظ میلگردها ۸ـ میلیمتر

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

ـ تا ۲۰۰ میلیمتر یا کمتر ± ۸ میلیمتر

ـ بین ۲۰۰ تا ٦۰۰ میلیمتر ± ۱۲ میلیمتر

ـ ٦۰۰ میلیمتر یا بیشتر ± ۲۰ میلیمتر

پ ـ انحراف فاصله جانبی بین میلگردها ± ۳۰ میلیمتر

ت ـ انحراف موقعیت طولی خمها و انتهای میلگردها:

ـ در انتهای ناپیوسته قطعات ± ۲۰ میلیمتر

ـ در سایر موارد ± ۵۰ میلیمتر

۹-۸-۱-۴-۳- مقدار حداکثر مجاز رواداری مذکور در بند ۹-۸-۱-٤-۲- الف برای ضخامت پوشش بتن محافظ

میلگردها تا جایی معتبر است که ضخامت مذکور از $\frac{۲}{۳}$ 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 ۹-۸-۱-٤-۲ 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 گیره‌ها ی فولادی استفاده کرد.باید توجه داشت که انتهای برجسته سیم ها،اتصال دهنده ها و گیره ها 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 ٤-٤ مطابقت داشته باشند.

۹-۸-۲-۲- قطرهای اسمی

قطرهای اسمی باید مطابق ضوابط بند ٤-۳ باشند.

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

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

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

ب ـ 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

۹-۸-۲-۴-۱- فاصله مجاز بین میلگردها در محل وصله‌های پوششی در بند۱۹-۸-٤ ارائه شده است.

۹-۸-۲-۴-۲- 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

۹-۸-۲-۶-۱-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 ٦-۳-۳-۹ 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 ـ قطر میلگردها (در مورد قطر موثر گروه‌های میلگردها به بند ۹-۸-۲-۷-۱- ج رجوع شود).

ب ــ 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 ٦-۵ 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 عضوی 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

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

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

ϕ_c	ضریب جزئی ایمنی مقاومت بتن	
ϕ_m	ضریب جزئی ایمنی مقاومت مصالح	
ϕ_n	ضریب اصلاح مقاومت	
ϕ_s	ضریب جزئی ایمنی مقاومت فولاد	

۹-۱۰-۱- گستره

۹-۱۰-۱- 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.

۹-۱۰-۲- اهداف طراحی

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

۹-۱۰-۲-۱- 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.

۹-۱۰-۲-۲- بهره‌برداری مناسب

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

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

ـ اجزای غیر سازه‌ای آسیب نبینند.

ـ ساکنان ساختمان در اثر لرزش سازه احساس ناامنی نکنند.

ب ـ پایائی:

ـ 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:

ـ از بین رفتن تعادل استاتیکی تمام یا قسمتی از سازه

ـ حصول شرایط گسیختگی یا تغییر شکل‌های بیش از حد (حد مقاومت مصالح) و یا تبدیل تمام یا بخشی از سازه به مکانیزم

ـ 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:

ـ 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.

ـ ترک‌خوردگی بیش از حد و خصوصاً باز شدن ترک‌ها به طوری که ضمن ایجاد شرایط ظاهری نامناسب، خطر خوردگی میلگردهایفلزی را افزایش دهد.

ـ لرزش بیش از حد سازه تحت اثر بارهای بهره‌برداری، ماشن‌آلات 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 γ_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 γ_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 ϕ_n یا γ_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.

۹-۱۰-۵-۱-۲- اعضای میله‌ای

در این اعضاء، یکی از ابعاد بطور قابل ملاحظه‌ای ازدو بعد دیگر بزرگتر است. در اعضای میله‌ای ساده نسبت طول به بعد بزرگ مقطع بیش از ٤ و در اعضای میله‌ای پیوسته بیش از ۲/۵ است.

۹-۱۰-۵-۲-۲- 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. $\frac{۱}{۱۰}$

۹-۱۰-۵-۲-۳- اعضای پوسته‌ای

در اعضای 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.

۹-۱۰-۵-۲-۴- اعضای 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 ضریب لاغری ستون‌ها $\frac{KL_u}{r}$ 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.

درقاب‌های مهار نشده استفاده از این روش به شرطی مجاز است که ضریب لاغری ستون‌ها از ۲۵ کمتربوده و مقادیر ρ 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 یاافزایش داد مشروط بر آنکه مقادیر لنگر درسایر مقاطع نیز با توجه به شرایط متقارن بارها تغییر داده شوند.

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

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

۹-۱۰-۶-۴- تحلیل غیر خطی

دراین روش مقادیر نیروهای داخلی در اعضای سازه با توجه به «رفتار غیر خطی مسالح» 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- مشخصات مصالح

۹-۱۰-۷-۱- در تحلیل خطی مقدارضریب 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 مؤثربرای 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 درنظرگرفته شده هرعضودرتحلیل سازه نبایستی باابعاد ارائه شده درنقشه 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:

ـ در قاب‌های مهار نشده سختی تیرها و ستون‌ها را به ترتیب معادل ۳۵ و ۰/۷ برابر سختی مقطع ترک‌نخورده آنها منظور نمود.

ـ در قاب‌های مهار شده سختی تیرها و ستون‌ها را به ترتیب معادل ۵/۰ و ۱برابر سختی مقطع ترک‌نخورده آنها منظور نمود.

سختی دیوارها نیز مشابه تیرها نسبت به مقطع ترک خورده 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

۹-۱۰-۹-۲- مشخصات و میزان بارهای وارد بر سازه بر اساس مبحث ششم مقررات ملی ساختمان تعیین می‌شوند.

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

۹-۱۰-۱۰- 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 برقرارباشد:

$$S_r \geq S_u$$

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

۹-۱۰-۱۰-۱- نیروی مقاوم S_r

۹-۱۰-۱۰-۱-۱- 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 مهاری باید در نظر گرفته شود.

۹-۱۰-۱۰-۱-۲- 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:

الف) ضریب ایمنی جزئی مقاومت بتن $\phi_c = 0.6$

ب) ضریب ایمنی جزئی مقاومت فولاد $\phi_s = 0.85$

در موارد استثنائی مقادیر ϕ برای هر حالت ارائه شده‌اند.

تبصره: درشرایطی که در یک عضو حاشیه ایمنی بیشتری مورد نیاز باشد یک ضریب ایمنی مکمل ϕ_n نیزبر

مقاومت نهایی مقطع اعمال می‌گردد.

۹-۱۰-۲-۱۰- نیروهای ایجاد شده درمقطع 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 سازه تحت ترکیبات مختلف بارهای نهایی محاسبه شوند.

برای تعیین بارهای نهایی، مقادیر بارها در ضرایب بار ضرب شده و مطابق جدول ۱۰-۱ با هم ترکیب می‌شوند.

جدول ۱۰-۱- 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، این 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 با۱/۲۸۵ 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 γ_f و مقاومت ϕ_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 می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.

فصل یازدهم
خمش و بارهای محوری

۹-۱۱-۰۰ علائم اختصاری

علامت اختصاری	مفهوم	واحد
A_c	مساحت هسته عضو فشاری با آرماتور مارپیچ که براساس قطر بیرونی مارپیچ محاسبه می‌شود	میلیمتر مربع
A_e	مساحت مقطع موثر (در مقطع مستطیل شکل bd=Ae)	میلیمتر مربع
A_g	مساحت کار مقطع	میلیمتر مربع
A_s	سطح مقطع آرماتور کششی	میلیمتر مربع
A_{st}	سطح مقطع کل آرماتور طولی	میلیمتر مربع
A_2	سطحی از عضو که در تماس با تکیه‌گاه به صورت اتکایی انتقال بار می‌نماید	میلیمتر مربع

b	مساحت تکیه‌گاه	میلیمتر مربع
b_w	پهنای بال فشاری	میلیمتر
d	پهنای جان تیر T شکل	میلیمتر
E_s	فاصله دورترین تار فشاری تا مرکز سطح آرماتور کششی طولی	میلیمتر
E_s	مدول الاستیسیته فولاد	مگاپاسکال
f_c	مقاومت فشاری مشخصه بتن	مگاپاسکال
f_y	مقاومت مشخصه فولاد (f_{yk}) که برای تسهیل کار در این فصل حرف k در زیرنویس حذف شده است.	مگاپاسکال
M_r	لنگر خمشی مقاوم	نیوتن ـ میلیمتر
M_u	لنگر خمشی نهایی	نیوتن ـ میلیمتر
N_{rb}	نیروی محوری مقاوم نظیر مقطع متعادل	نیوتن
$N_{r,\max}$	حداکثر نیروی محوری مقاوم	نیوتن
N_r	نیروی محوری مقاوم	نیوتن
N_u	نیروی محوری نهایی	نیوتن
X	فاصله تار خنثی از دورترین تار فشاری مقطع	میلیمتر
α_1	ضریب تنس معادل یکنواخت در بلوک فشاری مقطع	
β_1	ضریب تقلیل مقدار x برای استفاده از تنش معادل یکنواخت	
ε_s	تغییر شکل نسبی فولاد	
ρ	نسبت سطح مقطع آرماتور کششی به سطح مقطع موثر $(\rho = \frac{A_s}{A_e})$	

ρ_b	مقدار ρ در مقطع متعادل	
ρ_{min}	حداقل مقدار ρ	
ρ_{max}	حداکثر مقدار ρ	
ρ_s	نسبت حجم آرماتور مارپیچ به حجم کل هسته (براساس قطر بیرونی مارپیچ) در عضو فشاری با آرماتور مارپیچ	
ϕ_C	ضریب جزئی ایمنی بتن	
ϕ_S	ضریب جزئی ایمنی فولاد	

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:

$$M_u \le M_r$$ تحت اثر خمش خالص (۹-۱۱-۱)

$$N_u \le M_r$$ تحت اثر نیروی محوری خالص (۹-۱۱-۲)

در کنترل روابط (۹-۱۱-۱) و (۹-۱۱-۲) قدر مطلق نیروها و لنگرها لحاظ می‌گردد.

۹-۱۱-۲-۲- در مقاطع تحت اثر توام نیروی محوری و لنگر خمشی، کنترل حالت حد نهایی مقاومت، به گونه‌ای است که نقطه متناظر با M_u و N_u که از هر یک از ترکیب‌های بارگذاری مختلف طبق جدول۹-۱۰-۱ 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 ۰/۰۰۳۵ در نظر گرفته می‌شود.

۹-۱۱-۳-۳- تنش فولاد برای تغییر شکل‌های نسبی کوچکتر از مقدار نظیر جاری شدن، $\varepsilon_y = \frac{F_y}{E_s}$ ، باید برابر با $\phi_s E_s \varepsilon_s$ 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 α_1 و N_{max} 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 مارپیچ به ۸۵ درصد مقداری که براساس فرضیات بند ۹-۱۱-۳ 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)

در صورت استفاده از تنگ‌های موازی

$$N_{r\max} = 0.8[\alpha_1 \phi_C f_C (A_g - A_{St}) + \phi_S f_y A_{St}]$$

در صورت استفاده از مارپیچ

$$N_{r\max} = 0.85[\alpha_1 \phi_C f_C (A_g - A_{St}) + \phi_S f_y A_{St}]$$

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 ۹-۱۱-٤-۳ 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 ۹-۱۱-٦) برقرار گردد:

(۹-۱۱-۵)

$$\frac{x}{d} \le \frac{700}{700 + f_y}$$

(۹-۱۱-۶)

$$\rho \le 0.025$$

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 تیرچه‌هایی که در آنها جان مقطع در کشش قرار دارد، $\rho_{\min}$ 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- درصورتی که سطح مقطع فولاد کششی محاسبه شده با فرضیات بند ۹-۱۱-۳ کمتر از مقادیر حاصل از بند ۹-۱۱-۵-۲-۱ و ۹-۱۱-۵-۲-۲ باشد، در همه حالات شکل‌پذیری، قرار دادن ۱/۳۳ برابر مقدار حاصل از محاسبه به عنوان فولاد کششی مقطع کافی می‌باشد.

۹-۱۱-۵-۳- توزیع آرماتور خمشی

۹-۱۱-۵-۳-۱- 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 تیرچه‌های 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 درهر طرف جان تیر نیز نباید بیشتر از دو مقدار زیر اختیار گردد:

الف ـ هشت برابر ضخامت دال

ب ـ 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 ـ یک دوازدهم طول دهانه آزاد تیر

ب ـ شش برابر ضخامت دال

پ ـ 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 ـ 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 ـ 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

۹-۱۱-۶-۲-۱- سیستم تیرچه‌های بتنی، مرکب از تیرچه‌های با فواصل تقریبا 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 ـ عرض تیرچه نباید کمتر از ۱۰۰ میلیمتر و ارتفاع کل آنها نباید بیشتر از سه و نیم برابر حداقل عرض آنها باشد.

ب ـ 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 ـ ضخامت دال روی اجزای پرکننده نباید از یک دوازدهم فاصله آزاد بین تیرچه‌ها و نه از ٤٠ میلیمتر کمتر اختیار شود.

ب ـ در سیستم تیرچه‌های یکطرفه باید در دال فوقانی میلگردهایی عمود بر امتداد تیرچه‌ها و مطابق بند۹- ۱۵-۴ قرارداد. در سیستم تیرچه‌های دوطرفه باید در دال فوقانی میلگردهایی در دو امتداد عمود بر هم و مطابق بند۹- ۱۵-٤ 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 ـ ضخامت دال فوقانی نباید از یک دوازدهم فاصله آزاد بین تیرچه‌ها و نه از ۵۰ میلیمتر کمتر اختیار شود.

ب ـ 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 ۱۵-٤ 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 تکیه گاه‌های جانبی تیرها باید براساس بند ۹-۱۱-۷-۲ به گونه‌ای در نظر گرفته شوند که از کمانش جانبی 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- 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- در صورتی که قطعه‌ای میله‌ای فشاری با مارپیچ یا تنگ، با یک دیوار یا پایه به صورت یکپارچه ساخته شود، حداکثر ٤٠ میلیمتر خارج از مارپیچ یا تنگ‌ها را می‌توان جزء محدوده مقطع موثر قطعه فشاری فرض کرد.

۹-۱۱-۸-۳- در تعیین مقاومت مقطع و حداقل آرماتور مورد نیاز در یک عضو فشاری که دارای سطح مقطعی بزرگتر از مقدار لازم برای تحمل بارهای موردنظر 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- در قطعات فشاری سطح مقطع آرماتور طولی نباید کمتر از ۰/۰۱ و بیشتر از ۰/۰٦ 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 ۰/۰٤٥ سطح مقطع کل محدود گردد.

۹-۱۱-۹-۲- حداقل تعداد ملیگردهای طولی در قطعات فشاری به شرح زیر است:

الف ـ میلگردهای داخل تنگ‌های مدور یا مستطیلی، چهار عدد

ب ـ میلگردهای داخل تنگ‌های مثلثی، سه عدد

پ ـ میلگردهای داخل مارپیچ، شش عدد، مطابق بند ۹-۱۱-۹-۳.

۹-۱۱-۹-۳- نسبت حجمی آرماتور مارپیچ به حجم کل هسته، ρ_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_y (که مربوط به مارپیچ است) نباید بیشتر از ٤٠٠ مگاپاسکال منظور شود.

۹-۱۱-۹-۴- مارپیچ‌ها

در طراحی مارپیچ‌های اعضای فشاری علاوه بر مراعات ضوابط هیجدهم باید ضوابط زیر را هم در نظر گرفت:

۹-۱۱-۹-۴-۱- مارپیچ 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 میلگردها ی مصرفی در مارپیچ نباید از ٦ میلیمتر کمتر باشد.

۹-۱۱-۹-۴-۳- در هر گام مارپیچ فاصله آزاد بین میلگردها نباید از ۷۵ میلیمتر بیشتر و از ۲۵ میلیمتر کمتر باشد.

۹-۱۱-۹-۴-۴- گام مارپیچ نباید از $\frac{۱}{۶}$ قطر هسته بتنی داخل مارپیچ تجاوز کند.

۹-۱۱-۹-۴-۵- در هر طبقه، مارپیچ 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 مارپیچ تا کف دال یا کتیبه سرستون تعدادی خاموت قرار داد.

۹-۱۱-۹-۴-۷- در ستون‌های قارچی یا سرستون، مارپیچ باید تا ارتفاعی ادامه یابد که در آن قطر یا پهنای سرستون دو برابر قطر یا پهنای ستون باشد.

۹-۱۱-۹-۴-۸- مارپیچ باید با فاصله نگهدارهای مناسب در جای خود تنظیم و تثبیت شود.

۹-۱۱-۹-۴-۹- در صورتی که قطر میلگرد مارپیچ کمتر از ١٦ میلیمتر باشد، تعداد فاصله نگهدارها نباید کمتر از مقادیر زیر اختیار شود:

الف ـ دو عدد برای مارپیچ با قطر کمتر از ۵۰۰ میلیمتر

ب ـ سه عدد برای مارپیچ با قطر ۵۰۰ تا ۷۵۰ میلیمتر

پ ـ چهار عدد برای مارپیچ با قطر بیشتر از ۷۵۰ میلیمتر

۹-۱۱-۹-۴-۱۰- در صورتی که قطر میلگرد مارپیچ کمتر از ١٦ میلیمتر باشد، تعداد فاصله نگهدارها نباید کمتر از مقادیر زیر اختیار شود:

الف ـ سه عدد برای مارپیچ با قطر حداکثر ٦٠٠ میلیمتر

ب ـ چهار عدد برای مارپیچ با قطر بیشتر از ٦٠٠ میلیمتر

۹-۱۱-۹-۴-۹-۱۱- مهار کردن مارپیچ 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 $0.85\phi_c f_c A_1$ 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 ضریب $\sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$ ضرب کرد. این ضریب 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 ـ قطر میلگرد بزرگتر

ب ـ ۲۵ میلیمتر

پ ـ 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 مارپیچ، فاصله آزاد بین هر دو میلگرد طولی نباید از

۱/۵ برابر قطر بزرگترین میلگرد و نه از ٤٠ میلیمتر، کمتر باشد.

۹-۱۱-۱-۵- فاصله مجاز بین میلگردها در محل وصله‌های پوششی در بند۹- ۱۸-٤ ارائه شده است.

۹-۱۱-۱-۶- محدودیت‌های فاصله آزاد بین میلگردها باید در مورد فاصله آزاد وصله‌های پوششی با وصله‌ها یا میلگردهای مجاور نیز رعایت شوند.

۹-۱۱-۲- گروه میلگردهای در تماس

۹-۱۱-۲-۱- دراستفاده از گروه میلگردهای موازی که درآنها میلگردها در تماس با هم بسته می‌شوند تا به صورت واحد عمل کنند، ضوابط زیر باید رعایت شوند:

الف ـ تعداد میلگردهای هر گروه برای گروه‌های قائم تحت فشار نباید از ٤ عدد، و در سایر موارد از ۳ عدد تجاوز کند.

ب ـ در تمامی موارد تعداد میلگردهای هر گروه در محل وصله‌ها نباید بیشتر از ٤ باشد.

پ ـ 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 ـ در تیرها نباید میلگردها با قطر بزرگتر از ۳٦ میلیمتر را به صورت گروهی به کار برد.

ث ـ گروه‌های میلگردهای در تماس باید در خاموت‌های بسته یا مارپیچ محصور شوند.

ج ـ در مواردی نظیر تعیین محدودیت‌های فاصله و حداقل ضخامت پوشش بتن محافظ، که قطر میلگردها مبنای محاسبه قرارمی‌گیرد، 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 آرموتوربندی ستون

۹-۱۱-۱۲-۱- میلگردهای انتظار خمشده

میلگردهای انتظار خمشده ستون‌ها در محل تغییر مقطع، باید دارای شرایط زیر باشند:

۹-۱۱-۱۲-۱-۱- شیب قسمت مایل میلگردهای خمشده نسبت به محور ستون نباید از ۱ به ٦ تجاوز کند.قسمت‌های فوقانی و تحتانی قسمت مایل باید موازی با محور ستون باشند.

میلگردهای انتظار باید در محل خم با خاموت‌ها، مارپیچ‌ها ویا قسمت‌هایی از سیستم سازه‌ای کف مهار شوند. مهار مذکور باید برای تحمل نیرویی معادل ۱/۵ برابر مؤلفه نیروی محاسباتی قسمت مایل در امتداد مهار، طرح شود. در صورت استفاده از خاموت‌ها یا مارپیچ 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 داشته باشد میله گردهای طولی ممتد نباید به صورت خم شده به کار برده باشد ودر 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

علامت اختصاری	مفهوم	واحد
a	فاصله مرکز اثر نیروتا بر تکیه‌گاه - دهانه برشی	میلیمتر
A_c	سطح محصور توسط محیط خارجی مقطع بتن شامل سطح سوراخ‌ها (درصورت وجود)	میلیمترمربع
A_{cv}	سطح مقطعی از بتن که در مقابل انتقال برش مقاومت می‌کند	میلیمترمربع
A_f	سطح مقطع آرماتور خمشی در دستک‌ها و شانه‌ها	میلیمترمربع
A_g	مساحت کل مقطع	میلیمترمربع
A_h	سطح مقطع آرماتور برشی موازی با آرماتور کششی نظیر خمش	میلیمترمربع
A_l	سطح مقطع کل آرماتور طولی برای مقاومت در مقابل پیچش	میلیمترمربع

A_n	سطح مقطع آرماتوری که در دستک و شانه‌ها در مقابل نیروی کششی مقاومت می کند	میلیمتر مربع
A_o	مساحت سطح محصور شده به وسیله جریان برش ناشی از پیچش در مقاطع	میلیمتر مربع
A_{oh}	مساحت محصور شده به وسیله محورهای اضلاع خاموت بسته پیچشی بیرونی در مقطع،شامل سطح سوراخها (در صورت وجود)	میلیمترمربع
A_s	سطح مقطع آرماتور کششی	میلیمترمربع
A_t	سطح مقطع یک شاخه از خاموت بسته که در طول فاصله S در برابر پیچش مقاومت می‌کند،	میلیمترمربع
A_{sv}	سطح مقطع آرماتور برشی در فاصله s	
A_v	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	میلیمترمربع
A_{vf}	سطح مقطع آرماتور برش اصطکاکی	میلیمترمربع
A_{vh}	سطح مقطع آرماتور برشی موازی با آرماتور کششی نظیر خمش در فاصله S_2	میلیمترمربع
b_t	پهنای آن قسمتی از سطح مقطع که خاموت‌های بسته مقاوم در مقابل پیچش را در برمی‌گیرد	میلیمتر
b_w	پهنای جان با قطر مقطع مدور	میلیمتر
b_o	محیط مقطع بحرانی برای دالها و پی ها	میلیمتر
b_{om}	محیط مقطع بحرانی خاص برای دالها با کلاهک برشی	میلیمتر
c_1	بعد ستون مستطیلی یا ستون مستطیلی معادل، سر ستون با کتیبه سر ستون در امتداد دهانه‌ای که لنگرها برای آن محاسبه می‌شوند	میلیمتر
c_2	بعد ستون مستطیلی با ستون مستطیلی معادل، سر ستون با کتیبه سر ستون	میلیمتر

	در امتداد عمود بر دهانه‌ای که لنگرها برای آن محاسبه می‌شوند	
d	فاصله دورترین تار فشاری تا مرکز سطح آرماتور کششی طولی	میلیمتر
f_c	مقاومت فشاری مشخصه نمونه استوانه استاندارد بتن	مگا پاسکال
f_y	قاوممت مشخصه فولاد (f_{yk})، مگا پاسکال، که برای تسهیل کار در این فصل حرف k در زیرنویس حذف شده است.	
f_{yv}	مقاومت مشخصه فولادهای عرضی	
f_{yl}	مقاومت مشخصه فولادهای طولی	
h	ضخامت کل عضو	میلیمتر
h_b	فاصله بین وجه تحتانی تیر فرعی و وجه تحتانی تیر اصلی، امتداد در صورتی که h_b کمتر از ۷۵ میلیمتر باشد، مقاومت آن را می‌توان برابر با ۷۵ میلیمتر در نظر گرفت	میلیمتر
h_v	ارتفاع کل سرستون	میلیمتر
h_w	ارتفاع دیوار از پایین تا بالا،	میلیمتر
l_n	طول دهانه آزاد ـ فاصله بر تابر تکیه‌گاه‌ها	میلیمتر
l_r	حداقل طول هر بازوی کلاهک	
l_v	حداقل طول هر بازوی هر کلاهک برشی از مرکز	میلیمتر
l_w	طول افقی دیواره	میلیمتر
M_m	لنگر اصلاح شده	نیوتن ـ میلیمتر
M_p	لنگرپلاستیکی مقطع کلاهک برشی	نیوتن – میلیمتر

M_u	لنگر خمشی مقاوم نهایی مقطع	نیـــــوتن – میلیمتر
M_{uf}	کسری از لنگر متعادل نشده که به وسیله خمش منتقل می‌شود، به بند ۱۲-۱۷-۵-۱ رجوع شود	نیـــــوتن ـ میلیمتر
M_{uv}	کسری از لنگر متعادل نشده که به وسیله خمش منتقل می شود	
M_v	اضافه مقاومت خمشی هر نوار ستون در دال ناشی از وجود کلاهک برشی	نیـــــوتن ـ 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 ـ یا فاصله بین میلگردهای افقی دیوار	میلیمتر
T_{cr}	پیچشی نهایی ترک خوردگی	نیـــــوتن ـ میلیمتر
T_r	لنگر پیچشی نهایی	نیـــــوتن ـ میلیمتر

T_s	لنگر پیچشی مقاوم نهایی تامین شده توسط خاموت پیچشی	نیـــــــوتن ـ میلیمتر
T_u	لنگر پیچشی نهایی	نیـــــــوتن ـ میلیمتر
v_c	تنش برشی بتن، (رابطه ۱۲-٤)	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
α	زاویه بین خاموت‌های مایل و محور طولی عضو	
α_f	زاویه بین آرماتورهای برش اصطکاکی و صفحه برش	
α_s	ضریب ثابت به کار برده شده برای محاسبه V_c در دال‌ها	
α_V	نسبت سختی خمشی بازوی کلاهک برشی به سختی خمشی مقطع ترک‌خورده دال مرکب اطراف آن	
β_C	نسبت طول به عرض سطح اثر بار متمرکز با سطح تکیه‌گاه محدود	
η	تعداد بازوهای کلاهک برشی	
μ	ضریب اصطکاک	
ρ_h	نسبت سطح مقطع آرماتور برشی افقی به مساحت کل مقطع قائم بتن	
ρ_n	نسبت سطح مقطع آرماتور برشی قائم به مساحت کل مقطع افقی بتن	
ρ_w	$\frac{A_s}{b_w d}$	

ϕ_c	ضریب جزئی ایمنی بتن	
ϕ_s	ضریب جزئی ایمنی فولاد	

۹-۱۲-۱- گستره

۹-۱۲-۱-۱- ضوابط این فصل باید برای طراحی قطعات تحت اثر برش یا پیچش و یا اثر توام 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 می‌اید و V_r نیروی برشی مقاوم مقطع است که مطابق بند۹-۱۲-۲-۲ 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 قسمت‌های۹-۱۲-۳ و۹-۱۲-٤ 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 بندهای۹-۱۲-۳-۱-۱ تا۹-۱۲-۳-۱-۳ و یا با جزئیات دقیق‌تر مطابق بند۹-۱۲-۳-۲ محاسبه نمود.

۹-۱۲-۳-۱-۱- برای اعضایی 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 (۹-۱۲-٤) محاسبه می‌شود:

(۹-۱۲-۴)

$$v_c = 0.2\phi_C \sqrt{f_C}$$

۹-۱۲-۳-۱-۲- برای اعضایی که تحت اثر برش و خمش و فشار محوری قرار دارند:

(۹-۱۲-۵)

$$V_C = v_c (1+\frac{N_u}{12A_g})b_w d$$

۹-۱۲-۳-۱-۳- برای اعضایی 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.

۹-۱۲-۳-۲- نیروی برشی مقاوم بتن V_c را می‌توان با جزئیات دقیق‌تر مطابق بندهای۹-۱۲-۳-۲-۱ و۹-۱۲-۳-۲-۲ محاسبه نمود.

۹-۱۲-۳-۲-۱- برای اعضایی که تحت اثر همزمان برش و خمش قرار دارند:

(۹-۱۲-۷)

$$V_c = (0.95\nu_C + 12\rho_W \frac{V_U d}{M_u}) b_W d$$

مقدار V_c در هر حال نباید بزرگتر از $1.75\nu_C b_W d$ در نظر گرفته شود.

در محاسبه V_c از رابطه (۹-۱۲-۷) کمیت $\frac{V_U d}{M_u}$ 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.

۹-۱۲-۳-۲-۲- برای اعضایی که تحت اثر همزمان برش و خمش و فشار محوری قرار دارند:

دراین حالت برای محاسبه V_c می‌توان رابطه (۹-۱۲-۷) را به کار برد با این تفاوت که در آن به جای M_u مقدار M_m از رابطه (۹-۱۲-۸) را جایگزین نموده و کمیت $\frac{V_U d}{M_u}$ را نیز به مقدار واحد محدود نکرد.

(۹-۱۲-۸)

$$M_m = M_u - N_u \frac{4h - d}{8}$$

مقدار V_c درهر حال نباید بزرگتر از مقدار به دست آمده از رابطه (۹-۱۲-۹) در نظر گرفته شود:

(۹-۱۲-۹)

$$V_c = 1.75 v_C \sqrt{1 + \frac{N_U}{3A_g}} b_W d$$

در صورتی که مقدار M_u در رابطه (۹-۱۲-۸) منفی گردد، V_c از رابطه (۹-۱۲-۹) محاسبه می‌شود.

۹-۱۲-۴- نیروی برشی تامین‌شده توسط آرماتورها

۹-۱۲-۴-۱- آرماتورهای برشی می‌توانند شامل انواع زیر باشد:

الف ـ خاموت‌های عمود بر محور عضو

ب ـ خاموت‌هایی با زاویه ٤٥ درجه یا بیشتر نسبت به میلگردهای کششی طولی به نحوی که ترک‌های قطری احتمالی را قطع کنند.

پ ـ میلگردهای طولی خم شده به قطر حداکثر ٣٦ میلیمتر، تحت زاویه ٣٠ درجه یا بیشتر نسبت به میلگردهای کششی طولی به نحوی که ترک‌های قطری احتمالی را قطع کنند.

ت ـ ترکیبی از خاموت‌ها و میلگردهای طولی خم شده با شرایط مذکور در بندهای الف، ب و پ.

ث ـ آرماتورهای طولی توزیع شده در ارتفاع تیرهای عمیق.

ج ـ مارپیچ‌ها

۹-۱۲-۴-۲- نیروهای برشی مقاوم نهایی آرماتورها، V_s در حالات مختلف براساس بندهای۹-۱۲-٤-۲-۱ تا۹-۱۲-۴-۲-۶ محاسبه می شوند.

۹-۱۲-۴-۲-۱- وقتی که از آرماتور برشی عمود بر محور عضو استفاده می‌شود:

(۹-۱۲-۱۰)

$$V_s = \phi_s A_{sv} f_{yv} \frac{d}{S}$$

در این رابطه A_{sv} سطح مقطع آرماتور برشی به کار برده شده در طول فاصله S است.

۹-۱۲-۴-۲-۲- وقتی که از خاموت‌های مایل به عنوان آرماتورهای برشی استفاده می‌شود:

(۹-۱۲-۱۱)

$$V_s = \phi_s A_{sv} f_{yv} (\sin a + \cos a) \frac{d}{S}$$

۹-۱۲-۴-۲-۳- وقتی که آرماتور برشی شامل یک میلگرد منفرد یا یک ردیف میلگردهای متوازی باشد که همگی در فاصله‌ای یکسان از تکیه‌گاه خم شده باشند:

(۹-۱۲-۱۲)

$$V_s = \phi_s A_{sv} f_{yv} \sin a$$

مقدار V_s در این حالت نباید بیشتر از $1.5 v_c b_w d$ در نظر گرفته شود.

۹-۱۲-۴-۲-۴- وقتی آرماتور برشی شامل یک سری میلگردهای خم شده متوازی یا چند ردیف میلگرد خم شده متوازی در فواصل مختلف از تکیه‌گاه باشد، نیروی برشی مقاوم نهایی V_s برابر ۰/۷۵ مقدار داده شده در رابطه۹-۱۲-۱۱ در نظر گرفته می‌شود. در این حالت مقدار V_s نباید بیشتر از مقدار $2.5 v_c b_w d$ اختیار شود.

۹-۱۲-۴-۲-۵- آرماتورهای طولی خم شده را تنها در سه چهارم طول ناحیه مورب آنها می‌توان به عنوان آرماتور برشی موثر تلقی نمود، فواصل این آرماتورها باید طوری انتخاب شود که ضابطه گفته شده در بند ۹-۱۲-٦-٤-۲ در سه چهارم وسط طول ناحیه مورب میلگردها عملی گردد.

۹-۱۲-۴-۲-۶- در صورتی که بیش از یک نوع آرماتور برشی در یک ناحیه از عضوی مورد استفاده قرار گیرد،

نیروی برشی مقاوم نهایی V_s برابر مجموع مقادیر V_s محاسبه شده برای انواع مختلف آرماتورها می‌باشد.

۹-۱۲-۴-۳- 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 اعضای مقید (غیر آزاد) و نیز اثر کشش و فشار مورب ناشی از خمش در اعضای 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 ۹-۱۲-۵-٤ 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 بند۹-۱۲-۵-٤ 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 ٤۰۰ 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 بند۹-۱۸-۳-٤ برای

حصول مقاومت نظیر حد تسلیم مفروض، مهار شوند.

۹-۱۲-۶-۳- حداقل آرماتور برشی

۹-۱۲-۶-۳-۱- 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:
(۹-۱۲-۱۳)

$$A_{sv\,\min} = 0.35\frac{b_w s}{f_{yv}}$$

۹-۱۲-۶-۳-۲- در موارد زیر می‌توان ضابطه بند**۹-۱۲-۶-۳-۱** را نادیده گرفت.

الف ـ دال‌ها و پی‌ها

ب ـ سقف‌های ساخته شده با سیستم تیرچه‌های بتنی مطابق تعریف بند۹-۱۱-۶-۲

پ ـ تیرهایی که ارتفاع آنها کمتر از ۲۵۰ میلیمتر است.

ت ـ 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.

۹-۱۲-۶-۳-۳- 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 بند۹-۱۲-۶-۳-۱ 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.

۹-۱۲-۶-۳-۴- چنانچه براساس بند۹-۱۲-۸-۱ طراحی برای پیچش لازم باشد، حداقل سطح مقطع خاموت برشی و پیچشی بسته در مجموع از رابطه زیر محاسبه می‌شود:
(۹-۱۲-۱۴)

$$A_{sv} + 2A_t = 0.35\frac{b_w S}{f_{yv}}$$

این آرماتورها باید از نوع خاموت بسته با

$$S \le S_{max}$$

باشد، ضمنا تعبیه حداقل فولاد پیچیشی 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 ٤٥ 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 بندهای۹-۱۲-٦-٤-۱ و۹-۱۲-٦-٤-۲ 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:
(۹-۱۲-۱۶)

$$T_{cr} = 2\left(\frac{A_c^{\,2}}{P_c}\right)v_c$$

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)

$$T_u \le T_r$$

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 بند۹-۱۲-۸-۳ 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 قسمت‌های۹-۱۲-۸ 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 مارپیچ و آرماتور طولی که به طور یکنواخت در اطراف مقطع پخش می‌شود، می‌باشند.

۹-۱۲-۸-۲- لنگر پیچشی مقاوم نهایی سهم خاموت‌ها، T_s با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

(۹-۱۲-۱۸)

$$T_s = 2\phi_s A_0 A_t \frac{f_{yv}}{S}\cot\theta$$

در حالیکه مقدار θ بین ۳۰ تا ۶۰ درجه می‌باشد. در صورت عدم استفاده از محاسبات دقیق‌تر، مقدار A_0 را می‌توان برابر با $0.85A_{Oh}$ و $\theta = 45°$ منظور نمود.

۹-۱۲-۸-۳- آرماتور پیچشی طولی، A_l مورد نیاز برای تامین مقاومت پیچشی T_u نباید کمتر از مقدار زیر باشد:

(۹-۱۲-۱۹)

$$A_{l\,\min} = (\frac{A_t}{S})P_h(\frac{f_{yv}}{f_{yl}})\cot^2\theta$$

مقدار θ در دو رابطه (۹-۱۲-۱۸) و (۹-۱۲-۱۹) یکسان در نظر گرفته می‌شود و همچنین نسبت $\frac{A_t}{S}$ باید مقدار به دست آمده از رابطه (۹-۱۲-۱۸) 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.

۹-۱۲-۸-۴- در مقاطع توخالی تحت اثر پیچش، فاصله محوری اضلاع خاموت بسته پیچشی تا وجه درونی مقطع نباید کمتر از $0.5\frac{A_{oh}}{P_h}$ باشد.

۹-۱۲-۹- ترکیب پیچش و خمش

۹-۱۲-۹-۱- آرماتورهای پیچشی را می‌توان با توجه به اندرکنش برش ـ پیچش و خمش ـ 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.

۹-۱۲-۹-۱۰- محدودیت‌ها

۹-۱۲-۹-۱۰-۱- مقاومت مشخصه آرماتور پیچشی عرضی بسته نباید بیش از ٤٠٠ مگاپاسکال در نظر گرفته شود.

۹-۱۲-۹-۱۰-۲- خاموت‌های بسته و مارپیچ‌های پیچشی باید تا فاصله d از دورترین تار فشاری ادامه یافته و مهار آرماتورهای پیچشی باید مطابق فصل هیجدهم آبا صورت گیرد. ضمنا در هر گوشه خاموت‌های بسته پیچشی باید حداقل یک میلگرد طولی به قطر معادل $\frac{S}{16}$ یا بیشتر قرار داده شود.

۹-۱۲-۹-۱۰-۳- حداقل خاموت بسته پیچشی در اعضای تحت پیچش که طبق بند ۱۲-۷-۱ باید برای پیچش طراحی شوند طبق بند۹-۱۲-٦-۳-٤ تعیین می‌شود.

۹-۱۲-۹-۱۰-۴- باید تمام میلگردهای پیچشی (فولادهای طولی به علاوه خاموت‌های بسته و یا مارپیچ‌ها)، 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. ضمنا حداقل خاموت بسته پیچشی در اعضای تحت پیچش برابر است با:

(۹-۱۲-۲۱)

$$2A_{t\min} = 0.35\frac{b_w S}{f_{yv}}$$

و برای حداقل آرماتور پیچشی طولی از رابطه (۹-۱۲-۱۹) استفاده گردد.

۹-۱۲-۱۰-۵- حداکثر فاصله افقی بین خاموت‌های بسته پیچشی نباید بیشتر از کمترین دو مقدار $\frac{P_h}{8}$ و ۳۰۰ میلیمتر در نظر گرفته شود.

۹-۱۲-۱۰-۶- 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 بهره‌برداری 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.

۹-۱۲-۱۰-۷- حداکثر تنش در مقاطع قوطی شکل

(۹-۱۲-۲۱)

$$\frac{V_u}{b_w d} + \frac{T_u P_h}{1.7 A_{oh}^2} \le \left(\nu_C + 0.5\sqrt{f_c}\right)$$

۹-۱۲-۱۰-۸- حداکثر تنش در مقاطع توپر

(۹-۱۲-۲۲)

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1.7 A_{oh}^2}\right)^2} \le \left(\nu_C + 0.5\sqrt{f_c}\right)$$

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 قسمت۹-۱۲-۷ 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 پیچشین‌هایی 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 بند۹-۱۲-۱۱-۲ 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 ـ وجود ترک یا استعداد ترک خوردن بین دو سطح

ب ـ دو سطح ساخته شده با مصالح غیر متشابه

ت ـ دو سطح بتن‌ریزی شده در زمان‌های متفاوت

انتقال برش در موارد فوق توسط عملکرد برشی ـ اصطکاکی صورت می‌گیرد.

۹-۱۲-۱۳-۲- حالت حدی نهایی مقاومت

۹-۱۲-۱۳-۲-۱- در مقاطعی که انتقال برش در آنها به صورت برش ـ اصطکاکی است، کنترل حالت حدی نهایی مقاومت باید براسا رابطه۹-۱۲-۱ صورت گیرد. نیروی برشی نهایی مقاوم مقطع V_r در این رابطه طبق بند ۹-۱۲-۱۳-۲-۲ تعیین می‌گردد.

۹-۱۲-۱۳-۲-۲- نیروی برشی نهایی مقاوم مقطع V_r، با فرض وجود ترک در سراسر مقطع موردنظر بر طبق بندهای۹-۱۲-۱۳-۲-۳ تا۹-۱۲-۱۳-۲-۶ و یا طبق بند ۹-۱۲-۱۳-۲-۷ محاسبه می‌شود. در هر یک از حالات ضوابط بند۹-۱۲-۱۳-۳ نیز باید رعایت شوند.

۹-۱۲-۱۳-۲-۳- 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)

$$Vr = \phi_s A_{vf} f_y (\mu \sin \alpha_f + \cos \alpha_f)$$

در این رابطه α_f زاویه بین آرماتور برش اصطکاکی و صفحه برش است.

۹-۱۲-۱۳-۲-۴- 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 μ زاویه بین آرماتور برش اصطکاکی و صفحه برش است.

۱۲-۱۳-۲-۵- ضریب اصطکاک μ در روابط۹-۱۲-۲۳ و۹-۱۲-۲٤ برابر با یکی از مقادیر زیر در نظر گرفته می‌شود:

الف ـ برای بتنی که به صورت یکپارچه ریخته شده باشد: ۱/۲۵

ب ـ برای بتنی که در مجاورت بتن سخت شده‌ای با زبری سطحی قید شده در بند ۱۲-۱۳-۳-۵ ریخته شده باشد: ۰/۹۰

پ ـ برای بتنی که در مجاورت بتن سخت شده‌ای با زبری سطحی کمتر از قید شده در بند ۱۲-۱۳-۳-۵ ریخته شده باشد: ۰/۵۰

ت ـ برای بتنی که به وسیله گل میخ‌ها یا به وسیله میلگردهایی به پروفیل فولاد ساختمانی مهار شده باشد: ۰/۶۰

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 تایید شده باشد، تعیین نمود.

۹-۱۲-۱۳-۳- ضوابط طراحی برش اصطکاکی

۹-۱۲-۱۳-۳-۱- مقاومت مشخصه آرماتور برش اصطکاکی نباید بیشتر از ٤۰۰ مگاپاسکال در نظر گرفته شود.

۹-۱۲-۱۳-۳-۲- 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

۹-۱۲-۱۳-۳-۳- 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 رابطه۹-۱۲-۲٤ 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.

۹-۱۲-۱۳-۳-۵- 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 μ را برابر با ۰/۹ فرض نمود سطح تماس باید با ایجاد خراش‌های به عمق تقریبی پنج میلیمتر به حالت زبر درآورده شود.

۹-۱۲-۳-۱۳-۶- 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 ـ نسبت طول دهانه به ارتفاع موثر $\frac{l_n}{d}$ در آنها کمتر از پنج باشد.

ب ـ با روی تیر در وجه فشاری، مقابل وجهی که روی تکیه‌گاه‌ها می‌نشیند، وارد آید به طوری که امکان به وجود آمدت دستک‌های فشاری از سمت بار به سمت تکیه‌گاه موجود باشد.

۹-۱۲-۱۴-۲- حالت حدی مقاوم نهایی در برش

۹-۱۲-۱۴-۲-۱- در تیر تیغه‌ها کنترل حالت حدی نهایی مقاومت در برش باید براساس روابط۹-۱۲-۱ 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 بندهای۱۲-۱٤-۲-٤ و ۱۲-۱٤-۲-٥ تعیین می‌گردند.

۹-۱۲-۱۴-۲-۲- در تیر تیغه‌ها کنترل حالت حدی مقاوم نهایی تنها در مقطع بحرانی عضو، مطابق تعریف بند۹-۱۲-۱۴-۲-۳ 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:

(۹-۱۲-۲۴)

$$V_C = (3.5 - 2.5\frac{M_u}{V_u d})(0.95 v_c + 12\rho_w \frac{V_u d}{M_u}) b_w d$$

$(3.5 - 2.5\frac{M_u}{V_u d})$ محاسبه نمود. در رابطه ۹-۱۲-۲٤ مقدار عبارت نباید بیشتر از ۲/۵ و مقدار V_c نباید بیشتر از $3 v_c b_w d$ 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 بند۹- ۱۲-۱٤-۲-۳ اثر می‌کند.

۹-۱۲-۱۴-۲-۵- نیروی برشی مقاوم نهایی آرماتورها V_s، با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

(۹-۱۲-۲۵)

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.

۹-۱۲-۱۴-۲-۶- نیروی برشی مقاوم نهایی مقطع، V_r، نباید بیشتر از مقادیر زیر احتساب شود.

الف ـ در صورتی که $\frac{l_n}{d}$ کمتر از ۲ باشد:

$$V_r < 4 v_c b_w d$$

(۹-۱۲-۲۶)

ب ـ در صورتی که $\frac{l_n}{d}$ بین ۲ و ۵ باشد:

(۹-۱۲-۲۷)

$$V_r \le \frac{1}{3} v_C (10 + \frac{l_n}{d}) b_w d$$

۹-۱۲-۱۴-۳- محدودیت‌های آرماتورهای برشی

۹-۱۲-۱۴-۳-۱- سطح مقطع آرماتور برشی A_v نباید کمتر از $0.0015 b_w s$ اختیار شود. فاصله میلگردهای این آرماتور نیز نباید از مقادیر $\frac{d}{5}$ و ۳۵۰ میلیمتر تجاوز کند.

۹-۱۲-۱۴-۳-۲- سطح مقطع آرماتور برشی A_v نباید کمتر از $0.0025 b_w s_2$ اختیار شود. فاصله میلگردهای این آرماتور نیز نباید از مقادیر $\frac{d}{3}$ و ۳۵۰ 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 ـ نسبت دهانه به ارتفاع موثر مقطع در بر تکیه‌گاه $\frac{a}{d}$ بیشتر از یک نباشد.

ب ـ نیروی کششی نهایی موثر به آنها، N_u، بزرگتر از نیروی برشی نهایی موثر بر آنها، V_u نباشد.

پ ـ 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 محور سی کششی، باید براساس روابط۹-۱۲-۱ و۹-۱۱-۱ و۹- 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 بندهای۹- ۱۲-۱۵-۲-٤ تا۹-۱۲-۱۵-۲-۶ 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.

۹-۱۲-۱۵-۲-۳- لنگر خمشی نهایی M_u با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:
(۹-۱۲-۲۸)

$$M_u = V_u a + N_u (h - d)$$

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.

۹-۱۲-۱۵-۲-۴- نیروی برشی مقاوم نهایی مقطع، V_r، با فرض عملکرد مقطع به صورت برش اصطکاکی مطابق ضوابط قسمت ۹-۱۲-۱۳ 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.

۹-۱۲-۱۵-۲-۵- لنگر خمشی مقاوم نهایی مقطع، M_r، مطابق ضوابط فصل یازدهم محاسبه می‌شود. آرماتور کششی تامین‌کننده لنگر M_r، A_f نامیده می‌شود.

۹-۱۲-۱۵-۲-۶- نیروی کششی مقاوم نهایی مقطع، N_r، با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

(۹-۱۲-۲۹)

$$\mathrm{N}_r = \phi_s A_n f_y$$

دراین رابطه A_n آرماتور کششی تامین‌کننده نیروی N_r است.

۹-۱۲-۱۵-۳- ضوابط کلی طراحی

۹-۱۲-۱۵-۳-۱- سطح مقطع آرماتور کششی اصلی، A_s، نباید کمتر از دو مقدار $(\frac{2}{3}A_{vf} + A_n)$ و

$A_f + A_n$ اختیار شود.

۹-۱۲-۳-۱۵-۲- خاموت‌های بسته موازی یا A_s به سطح مقطع کل A_h 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.

۹-۱۲-۳-۱۵-۳- نسبت آرماتور کششی $\rho = \frac{A_s}{bd}$ نباید کمتر از $0.4\frac{f_c}{f_y}$ باشد.

۹-۱۲-۳-۱۵-۴- آماتور کششی اصلی باید در وجه جلوی دستک یا شانه به یکی از طریق زیر مهار شود:

الف ـ 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 ـ به وسیله خم کردن میلگرد کششی اصلی A_s به عقب به طوری که یک حلقه افقی تشکی شود.

پ ـ روش‌های دیگر.

۹-۱۲-۳-۱۵-۵- 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 مهاری 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 قسمت۹-۱۲-۱۷ 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 روابط۹-۱۲-۱ و۹

-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 ۹-۱۲-۱۶-۲-۱ تا۹-۱۲-۱۶-۲-۵ محاسبه می‌شوند.

۹-۱۲-۱۶-۲-۲- نیروی برشی مقاومنهایی بتن، V_s را در حالتی که دیوار تحت اثر برش یا تحت اثر توام برش و فشار قرار دارد می‌توان از رابطه۹-۱۲-۳ 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 بند۹-۱۲-۱۶-۲-۳ 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)

$$V_C = 1.65V_c hd + \frac{N_u d}{5f_w}$$

(۹-۱۲-۳۱)

$$V_C = [0.3v_c + \frac{l_w(0.6v_c + 0.15\frac{N_u}{l_w h})}{(\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2})}]hd$$

در این روابط مقدار N_u برای فشار مثبت و برای کشش منفی است در صورتی که مقدار $(\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2})$ منفی باشد رابطه۹-۱۲-۳۱ 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 $\frac{l_w}{2}$ و $\frac{h_w}{2}$ 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:
(۹-۱۲-۳۲)

$$V_s = \phi_s A_v f_y \frac{d}{s_2}$$

در این رابطه A_v سطح مقطع آراتور برشی در امتداد برش و در طول فاصله S_2 است. پارامتر d مطابق بند۹-۱۲-۱۶-۲-۳ 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 ۹-۱۲-۱۶-٤-۲- تعیین می‌شود.

۹-۱۲-۱۶-۲-۶- نیروی برشی مقاوم نهایی مقطع، V_r ، در هیچ حالت نمی‌تواند بیشتر از $5v_c hd$ اختیار شود.

۹-۱۲-۱۶-۳- ضوابط کلی طراحی

۹-۱۲-۱۶-۳-۱- 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 ۹-۱۲-۱٦-۲ محاسبه می‌گردند. در مورد این آرماتور محدودیت‌های بند ۹-۱۲-۱٦-٤ باید رعایت شوند. چنانچه V_u کمتر از $0.5V_c$ باشد، آرماتورگذاری در دیوار مطابق بند ۹-۱۲-۱٦-٤ با ضوابط طراحی دیوارهای باربر در فصل شانزدهم انجام می‌شود.

۹-۱۲-۱۶-۳-۲- 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.

۹-۱۲-۱۶-۳-۳- در محل درزهای اجرایی دیوارها، مقاومت برشی مقطع V_r باید براساس عملکرد برش اصطکاکی طبق قسمت۹-۱۲-۱۳ تعیین گردد.

۹-۱۲-۱۶-۴- محدودیت‌های آرماتورها

۹-۱۲-۱۶-۴-۱- نسبت سطح مقطع آرماتور برشی در امتداد برش به سطح مقطع کل بتن عمود بر آن امتداد ρ_h، نباید کمتر از ۰/۰۰۱۵ منظور شود. فاصله میلگردهای این آرماتور از هم S_2 نباید بیشتر از $3h$، $\frac{lw}{5}$ و یا ۳۵۰ میلیمتر در نظر گرفته شود.

۹-۱۲-۱۶-۴-۲- نسبت سطح مقطع آرماتور برشی در امتداد عمود بر برش به سطح مقطع کل بتن در امتداد برش ρ_n نباید کمتر از ۰/۰۰۲۵ و یا کمتر از مقدار زیر منظور شود:
(۹-۱۲-۳۳)

$$\rho_n = 0.0025 + 0.5(2.5 - \frac{h_w}{l_w})(\rho_h - 0.0025)$$

لازم‌نیست مقدار ρ_n بیشتر از ρ_h در نظر گرفته‌شود. فاصله‌میلگردهای‌این‌آرماتور از هم، S_2 نباید بیشتر از 3h، $\frac{l_w}{3}$ یا ۳۵۰ میلیمتر در نظر گرفته‌شود.

۹-۱۲-۱۷- 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 مستقیما 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 بند۹- 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 ـ 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 ـ 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 قسمت‌های۹- ۱۲-۲ تا۹- 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 بندهای۹-۱۲-۱۷-۲-٤ تا۹-۱۲-۱۷-۲-٦ رعایت شود.

۹-۱۲-۱۷-۲-۴- در دال‌ها و پی‌هایی که در آنها از آرماتور برشی با کلاهک 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:

(۹-۱۲-۳۴)

$$V_c = (1 + \frac{2}{\beta_c}) v_c b_w d$$

(۹-۱۲-۳۵)

$$V_c = (\frac{\alpha_s d}{b_o} + 1) v_c b_w d$$

(۹-۱۲-۳۶)

$$V_c = 2 v_c b_o d$$

در این روابط β_c نسبت طول به عرض سطح اثر بار متمرکز یا سطح تکیه‌گاه است. α_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_c و V_s بر اساس ضوابط زیر تعیین می‌شوند:

الف ـ نیروی برشی مقاوم نهایی بتن، V_c از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

(۹-۱۲-۳۷)

$$V_c = v_c b_o d$$

ب ـ نیروی برشی مقاوم نهایی آرماتورها، V_s با استفاده از ضوابط قسمت ۹-۱۲-٤ محاسبه می‌شود.

پ ـ 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 کلاهک 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 ۹-۱۲-۱۷-۳ طبق ضوابط زیر تعیین می‌شود:

الف ـ در حالتی که دال تنها برش ناشی از بارهای قائم را به ستون متصل می‌کند، V_s مساوی کمترین دو مقدار زیر گرفته می‌شود:

(۹-۱۲-۳۸)

$$V_r = 3.5 v_c b_o d$$

(۹-۱۲-۳۹)

$$V_r = 2 v_c b_{om} d$$

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 ـ 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 بند۹-۱۲-۱۷-۵-۳- ب تامین شود.

۹-۱۲-۱۷-۲-۷- مقطع بحرانی خاص که در دالهای با کلاهک 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 $0.75(l_v - 0.5c_1)$ 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 کلاهک‌های برشی

۹-۱۲-۱۷-۳-۱- هر کلاهک برشی باید از قطعات فولادی به شکل ۱ یا ناودانی و یا شکل مشابه که با جوش نفوذی کامل به هم متصل شده باشند تشکیل شود. بازوهای کلاهک باید یکسان و نسبت به هم متعامد باشند. بازوها نباید در مقطع ستون قطع شوند.

۹-۱۲-۱۷-۳-۲- لنگر خمشی مقاوم هر بازوی کلاهک 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 η تعداد بازوها و l_v حداقل طول بازوی کلاهک است که براساس ملاحظات بند ۹-۱۲-۱۷-۲-۶ مورد نیاز می‌باشد.

۹-۱۲-۱۷-۳-۳- انتهای هر بازوی کلاهک 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.

۹-۱۲-۱۷-۹۱۲-۴- مقطع کلاهک برشی باید با توجه به ضوابط زیر انتخاب شود:

الف ـ ارتفاع مقطع کلاهک نباید بیشتر از ۷۰ برابر ضخامت جان آن باشد.

ب ـ کلیه بال‌های فشاری مقطع کلاهک باید در داخل محدوده‌ای به فاصله $0.3d$ در دورترین تار فشاری دال قرار داده شود.

پ ـ نسبت سختی خمشی هر بازوی کلاهک به سختی خمشی مقطع ترک خورده دال مرکب یا پهنای

$(c_2 + d)$ ، α_v ، باید کمتر از ۰/۱۵ باشد.

۹-۱۲-۱۷-۳-۵- مقاومت خمشی بازوهای کلاهک 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 کلاهک، M_p

۹-۱۲-۷-۳-۱۶- در مواردی که دال باید لنگر خمشی به ستون منتقل نماید، کلاهک باید به قدر کافی مهار شده باشد که بتواند لنگر خمشی M_p را منتقل نماید.

۹-۱۲-۱۷-۴- بازشوها 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 ستنی دال تختی، مطابق تعریف بند ۹-۲-۱۵-۵ واقع شود، مقاطع بحرانی که برای کنترل برش در بندهای ۹-۱۲-۱۷-۲-۱-ب و ۹-۱۲-۱۷-۲-۷ تعریف شده‌اند، مطابق بندهای ۹-۱۲-۱۷-۲-٤ و ۹-۱۲-۷-٤-۱۳ اصلاح می‌شوند.

۹-۱۲-۱۷-۴-۲- برای دال‌های بدون کلاهک 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.

۹-۱۲-۱۷-۴-۳- برای دال‌های با کلاهک برشی، قسمتی از محیط مقطع بحرانی که طبق بند ۹-۱۲-۱۷-۴-۲ بی‌اثر فرض می‌شود، نصف می‌گردد.

۹-۱۲-۱۷-۵- انتقال لنگر خمشی در اتصالات دال به ستون

۹-۱۲-۱۷-۵-۱- 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_{uf}، با عملکرد خمشی بر اساس ضوابط بند ۹-۱۵-۴-۳ و بقیه آن، M_{uv}، از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

(۹-۱۲-۴۲)

$$M_{uv} = (1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3}\sqrt{\frac{b_1}{b_2}}})M_u$$

۹-۱۲-۱۷-۵-۲- برای تعیین تنش برشی ناشی از لنگر خمشی M_{uv} فرض می‌شود حداکثر این تنش در مقطع بحرانی طبق تعریف بند ۹-۱۲-۱۷-۲-۱-ب، ایجاد می‌شود و مقدار تنش در هر تار از این مقطع متناسب با فاصله آن تار از مرکز سطح مقطع است.

۹-۱۲-۱۷-۵-۳- 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 کلاهک برشی، مجموع تنش برشی ناشی از بارهای قائم در مقطع بحرانی طبق تعریف بند ۹-۱۲-۱۷-۲-۱- ب و حداکثر تنش برشی محاسبه شده در بند۹-۱۲-۱۷-۵-۲ 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 کلاهک برشی، مجموع تنش برشی ناشی از بارهای قائم در مقطع بحرانی خاص، طبق تعریف بند ۹-۱۲-۱۷-۲-۷ و حداکثر تنش برشی محاسبه شده در بند ۹-۱۲-۱۷-۵-۲ 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 اتصلات 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 تقریبا یکسان محصور شده باشد، رعایت ضابطه 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 می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.

فصل سیزدهم

آثار لاغری- کمانش

۹-۱۳-۰۰- علائم اختصاری

علامت اختصاری	مفهوم	واحد
A_g	مساحت کل مقطع	میلیمتر مربع
C_m	ضریبی که نمودار واقعی لنگر را به نموداری معادل با لنگر یکنواخت تبدیل می‌کند.	
e	برون محوری بار در محاسبه لنگر خمشی قطعه و اثر لاغری	میلیمتر
e_{min}	حداقل برون محوری بار در محاسبه لنگر خمشی قطع و اثر لاغری	میلیمتر
EI_e	سختی خمشی موثر عضو فشاری، روابط ۹-۱۳-۱۱ تا ۹-۱۳-۱۳	
E_c	مدول الاستیسیته بتن	مگاپاسکال

E_s	مدول الاستیسیته فولاد	مگاپاسکال
f_y	مقاومت مشخصه فولاد (f_{yk}) که برای تسهیل کار در این فصل حرف k در زیرنویس حذف شده است.	مگا پاسکال
h	ضخامت کل عضو	میلیمتر
h_s	ارتفاع طبقه	میلیمتر
H_u	بار کل جانبی نهایی وارد بر طبقه	نیوتن
I_g	ممان اینرسی کل مقطع	میلیمتر به توان چهار
k	ضریب طول موثر، روابط ۹-۱۳-۲ تا ۹-۱۳-۶	
l_u	طول آزاد یک قطعه فشاری- طول مهار نشده عضو فشاری	میلیمتر
M_c	لنگر خمشی نهایی تشدید شده	نیوتن- میلیمتر
M_1	کوچک‌ترین لنگر خمشی نهایی دو انتهای عضو فشاری، مقدار M_1 مثبت است اگر انحنای ستون در یک جهت باشد و منفی است اگر انحنای ستون در دو جهت باشد	نیوتن- میلیمتر
M_{1b}	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	نیوتن- میلیمتر
	لنگر خمشی نهایی انتهای عضو فشاری، در انتهایی که M_1 بر آن اثر	

M_{1s}	می‌کند، تحت اثر بارهایی که تغییر مکان جانبی قابل ملاحظه‌ای ایجاد می‌کنند	نیوتن- میلیمتر
M_2	بزرگ‌ترین لنگر خمشی نهایی دو انتهای عضو فشاری، مقدار M_2 همواره مثبت فرض می‌شود	نیوتن- میلیمتر
M_{2b}	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	نیوتن- میلیمتر
M_{2s}	لنگر خمشی نهایی انتهای عضو فشاری، در انتهایی که M_2 بر آن اثر می‌کندف تحت اثر بارهایی که تغییر مکان جانبی قابل ملاحظه‌ای ایجاد می‌کنند	نیوتن- میلیمتر
$M_{2\min}$	حداقل لنگر خمشی M_2 مطابق رابطه ۹-۱۳-۲۰	
N_c	بار بحرانی	نیوتن
N_u	بار محوری فشاری نهایی	نیوتن
Q	ضریب پایداری طبقه	
r	شعاع ژیراسیون	میلیمتر
β_d	الف- برای قاب‌های مهار شده β_d نسبت بار محوری مرده نهایی به بار محوری نهایی کل می‌باشد. ب- برای قاب‌های مهار نشده، β_d نسبت برش نهایی دائمی یک طبقه به برش نهایی کل آن طبقه می‌باشد	

δ_b	ضریب تشدید متعلق به اثر انحنای قطعه	
δ_s	ضریب تشدید متعلق به اثر تغییر مکان جانبی	
δ_u	تغییر مکان جانبی طبقه نسبت به طبقه زیرین به ازای هر ترکیب بار مشخص	
ϕ_m	ضریب اصلاحی	
Ψ	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	
Ψ_m	متوسط مقدار Ψ در دو انتهای عضو فشاری	
Ψ_{min}	کوچک‌ترین مقدار Ψ در دو انتهای عضو فشاری	

۹-۱۳-۱- گستره

۹-۱-۱-۱۳- 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.

۹-۱-۲-۱۳- 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 نبایستی 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 لنگرهای خمشی» طبق بند ۹-۱۳-۸ با رعایت محدودیت بند ۹-۱۳-۷-۳ محاسبه کرد.

۹-۱۳-۳- طبقات مهار شده جانبی

۹-۱۳-۳-۱- 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 اصطلاحا « مهار شده» نامیده می‌شود. (۹-۱۳-۱)

$$Q = \frac{\sum N_u \delta_u}{H_u h_s}$$

محاسبه δ_u با توجه به ضوابط بند ۹-۱۳-۸-۱ انجام می‌گیرد.

۹-۱۳-۳-۲- در ساختمان‌های کوتاه متعارف تا ٤ 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.

۹-۱۳-۴- طول آزاد قطعات فشاری

۹-۱۳-۴-۱- 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.

۹-۱۳-۴-۲- در صورتی که ستون دارای کتیبه یا سر ستون باشد، طول آزاد آن تا سطح تحتانی کتیبه یا سر ستون محاسبه می‌شود.

۹-۱۳-۵- طول موثر قطعات فشاری

۹-۱۳-۵-۱- طول موثر قطعه فشاری، kl_u را می‌توان طبق بندهای ۹-۱۳-۵-۲ تا ۹-۱۳-۵-٤ 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.

۹-۱۳-۵-۲- ضریب طول موثر، k در قطعات فشاری مهار شده در می‌توان برابر با یک و یا کوچکترین دو مقدار به دست آمده از روابط ۹-۱۳-۲ و ۹-۱۳-۳ منظور نمود.

(۹-۱۳-۲)

$$k = 0.7 + 0.1\psi_m \le 1$$

(۹-۱۳-۳)

$$k = 0.85 + 0.05\psi_{min} \le 1$$

۹-۱۳-۵-۳- ضریب طول موثر، k در قطعات فشاری مهار نشده‌ای که در دو انتها مقید باشند با استفاده از رابطه ۹-۱۳-٤ یا رابطه ۹-۱۳-۵ به دست می‌آید:

و در مواردی که $\psi_m < 2$ باشد:

(۹-۱۳-۴)

$$k = (1 - 0.05\psi_m)\sqrt{1+\psi_m} \geq 1$$

و در مواردی که $\Psi_m \geq 2$ باشد:
(۹-۱۳-۵)

$$k = 0.9\sqrt{1+\psi_m}$$

۹-۱۳-۵-۴- ضریب طول موثر، k در قطعه فشاری مهار نشده‌ای که یک انتهای آن مفصلی باشد، با استفاده از رابطه ۹-۱۳-۶ به دست می‌آید:
(۹-۱۳-۶)

$$k = 2 + 0.3\psi$$

که در آن Ψ مربوط به انتهای غیرمفصلی است.
۹-۱۳-۵-۵- در محاسبه ممان‌های اینرسی برای تعیین Ψ، روابط ۹-۱۳-۲ تا ۹-۱۳-۶ باید از ضوابط بند ۹-۱۳-۸-۱ استفاده نمود.

۹-۱۳-۶- شعاع ژیراسیون

۹-۱۳-۶-۱- شعاع ژیراسیون r را می‌توان به شرح زیر محاسبه کرد:
الف- در مقاطع مستطیلی: ۰/۳ برابر بعد کلی مقطع در امتدادی که اثر لاغری مورد بررسی است.
ب- در مقاطع گرد ۰/۲۵ برابر قطر.
پ- در سایر مقاطع شعال ژیراسیون در امتدارد مورد نظر با استفاده از رابطه ۹-۱۳-۷ محاسبه می‌شود:
(۹-۱۳-۷)

$$r = \sqrt{\frac{I_g}{A_g}}$$

۹-۱۳-۷- ضوابط اثر لاغری

۹-۱۳-۷-۱- در قطعات فشاری مهار شده در صورتی که $k\frac{\ell_u}{r} \le 34 - 12\frac{M_1}{M_2}$ باشد، می‌توان از اثر لاغری صرفنظر کرد. مقدار $34-12\frac{M_1}{M_2}$ را نبایستی بیش از ۴۰ در نظر گرفت. نسبت $\frac{M_1}{M_2}$ مثبت است اگر این دو لنگر موجب انحنای ستون در یک جهت شوند و ۹-۱۳-۷-۲- در قطعات فشاری مهار نشده در صورتی که

$k\frac{\ell_u}{r} \le 22$ باشد، می‌توان از اثر لاغری صرفنظر کرد.

۹-۱۳-۷-۳- در قطعات فشاری با $k\frac{\ell_u}{r} > 100$ اثر لاغری باید بر اساس تحلیل دقیق، مطابق بند ۹-۱۳-۲-۱ بررسی شود.

۹-۱۳-۷-۴- استفاده از قطعات فشاری با $k\frac{\ell_u}{r} > 200$ مجاز نیست.

۹-۱۳-۸- روش تشدید لنگرهای خمشی

۹-۱۳-۸-۱- در این روش لنگرهای خمشی نهایی به دست آمده از تحلیل الاستیکی معمولی با توجه به ضوابط بند ۹-۱۳-۸-۲ برای قاب‌های مهار شده و بند ۹-۱۳-۸-۳ برای قاب‌های مهار نشده تشدید می‌شوند و همراه با بار محوری نهایی به دست آمده از تحلیل مزبور مبنای 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 ۹-۱۳-۸-۲-۱۰ قابل قبول است. در صورت حضور بارهای جانبی دراز مدت، مقدار EI باید به مقدار $(1+\beta_d)$ تقسیم شوند.

۹-۱۳-۸-۲- طبقات مهار شده

۹-۱۳-۸-۲-۱- در قطعات فشاری طبقات مهار شده لنگر خمشی تشدید یافته، M_c از رابطه ۹-۱۳-۸ محاسبه می‌شود:

(۸-۱۳-۹)

$$M_c = \delta_b M_{2b}$$

ضریب δ_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)

$$C_m = 0.6 + 0.4(\frac{M_{1b}}{M_{2b}}) \geq 0.4$$

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)

$$N_c = \frac{\pi^2 \mathrm{EI}_e}{(k l_u)^2}$$

که در آن

(۹-۱۳-۱۲)

$$EI_e = \frac{0.2E_cI_g + E_SI_{se}}{1+\beta_d}$$

یا بطور تقریبی

(۹-۱۳-۱۳)

$$EI_e = 0.25E_cI_g$$

ضریب k در رابطه ۹-۱۳-۱۱، برای محاسبه δ_b ، از بند ۹-۱۳-۵-۲ به دست می‌آید.

۹-۱۳-۸-۳- طبقات مهار نشده

۹-۱۳-۸-۳-۱- در قطعات فشاری طبقات مهار نشده، لنگرهای M_1 و M_2 از روابط ۹-۱۳-۱٤ و ۹-۱۳-۱۵ محاسبه می‌گردند:

(۹-۱۳-۱۴)

$$M_1 = M_{1b} + \delta_S M_{1S}$$

(۹-۱۳-۱۵)

$$M_2 = M_{2b} + \delta_S M_{2S}$$

مقادیر $\delta_S M_{2S}$ و $\delta_S M_{1S}$ را می‌توان با استفاده از یکی از روش‌های بندهای ۹-۱۳-۸-۳-۲ الی ۹-۱۳-۸-۳-۴ محاسبه نمود. طراحی ستون بر مبنای بار محوری نهایی وارده و لنگر خمشی M_2 رابطه ۹-۱۳-۱۵ انجام می‌گیرد.

۹-۱۳-۸-۲-۳- لنگرهای تشدید یافته $\delta_S M_{2S}$ و $\delta_S M_{1S}$ لنگرهای انتهایی ستون هستند که با استفاده از تحلیل مرتبه دوم، با منظور نمودن مشخصات مصالح و ویژگی‌های هندسی مقطع مطابق ضوابط بند ۹-۱۳-۸-۱، محاسبه می‌گردند.

۹-۱۳-۸-۳-۳- روش دیگر محاسبه لنگرهای تشدید یافته $\delta_S M_{2S}$ و $\delta_S M_{1S}$ استفاده از رابطه ۹-۱۳-۱۶ می‌باشد. استفاده از این روش فقط در حالتی مجاز است که ضریب پایداری طبقه، Q از $\frac{1}{3}$ تجاوز ننماید.

(۹-۱۳-۱۶)

$$\delta_s M_s = \frac{M_s}{1-Q} \geq \mathrm{M}_s$$

۹-۱۳-۸-۴-۳- روش دیگر محاسبه لنگرهای تشدید یافته $\delta_S M_{2S}$ و $\delta_S M_{1S}$ استفاده از رابطه ۹-۱۳-۱۷ است.

(۹-۱۳-۱۷)

$$\delta_s M_s = \frac{M_s}{1-\dfrac{\sum N_u}{\phi_n \sum N_c}} \geq \mathrm{M}_s$$

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 ۹-۱۳-۱۱ تا ۹-۱۳-۱۳ محاسبه می‌گردد. ضریب k در رابطه ۹-۱۳-۱۱ با استفاده از بندهای ۹-۱۳-۵-۳ یا ۹-۱۳-۵-٤ به دست می‌آید.

۹-۱۳-۸-۳-۵- در صورتی که در یک عضو فشاری رابطه ۹-۱۳-۱۸ برقرار باشد:

(۹-۱۳-۱۸)

$$\frac{l_u}{r} > \frac{35}{\sqrt{\frac{N_u}{f_c A_g}}}$$

آن عضو باید بر مبنای بار محوری نهایی وارده و لنگر خمشی بحرانی M_c محاسبه شده مطابق بند ۹-۱۳-۸-۲-۱ طراحی شود. در این مورد ضریب طول موثر، k از بند ۹-۱۳-۵-۲ و مقادیر لنگر خمشی M_1 و M_2 از روابط ۹-۱۳-۱۴ و ۹-۱۳-۱۵ تعیین می‌شوند.

۹-۱۳-۹- حداقل برون محوری بار

۹-۱۳-۹-۱- 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:

(۹-۱۳-۱۹)

$$e_{\min} = 15 + 0.03h$$

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:

(۹-۱۳-۲۰)

$$\mathrm{M}_{2\min} = \mathrm{N}_u (15 + 0.03h)$$

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 ترک‌خوردگی

۹-۹-۱۴-۰۰- علائم اختصاری

علامت اختصاری	مفهوم	واحد
A	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 می‌شود	میلیمتر مربع
A_{sk}	سطح مقطع آرماتور جلدی (به بند ۹-۹-۱٤-۳-۱-۵ مراجعه شود)	میلیمتر مربع

d	ارتفاع موثر مقطع	میلیمتر
d_c	ضخامت قشر محافظ بتنی که برابر با فاصله دورترین تار کششی تا مرکز نزدیکترین میلگرد به آن در نظر گرفته می‌شود	میلیمتر
f_c	مقاومت فشاری مشخصه بتن	مگاپاسکال
f_r	مدول گسیختگی بتن	مگاپاسکال
f_s	تنش در آرماتور کششی زیر اثر بارهای بهره‌برداری	مگاپاسکال
f_y	مقاومت مشخصه فولاد(f_{yk}) که برای سهولت در این فصل حرف k در زیرنویس حذف شده است.	مگاپاسکال
h	ارتفاع کل مقطع	میلیمتر
I_{cr}	ممان اینرسی مقطع ترک‌خورده با در نظر گرفتن اثر آرماتورها	میلیمتر به توان چهار
I_e	ممان اینرسی موثر مقطع	میلیمتر به توان چهار
I_{eL}	ممان اینرسی موثر مقطع در تکیه‌گاه سمت چپ	
I_{eR}	ممان اینرسی موثر مقطع در تکیه‌گاه سمت راست	
I_{em}	ممان اینرسی موثر مقطع در تکیه‌گاه در وسط دهانه	
I_g	ممان اینرسی مقطع ترک‌نخورده بدون در نظر گرفتن اثر آرماتورها	میلیمتر به توان چهار

l	طول دهانه موثر	میلیمتر
l_n	طول دهانه آزاد در امتداد دهانه بزرگتر دال‌های دو طرفه، که برابر با فاصله بر تابر تکیه‌گاه‌ها یا تیرهای تکیه‌گاهی می‌باشد	میلیمتر
M_a	حداکثر لنگر خمشی در حالت بهره‌برداری	نیوتن-میلیمتر
M_{cr}	لنگر خمشی ترک‌خوردگی (به بند ۹-۹-۱٤-۲-٤-۲ مراجعه شود)	نیوتن-میلیمتر
Y_t	فاصله محور خنثی در مقطع ترک‌نخورده، بدون در نظر گرفتن اثر آرماتورها از دورترین تار کششی	میلیمتر
W	عرض ترک‌خوردگی	میلیمتر
α	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	
α_m	متوسط مقدار α برای تمام تیرهای روی لبه یک چشمه دال	
β	نسبت طول دهانه آزاد بزرگتر به طول دهانه آزاد کوچکتر در دال‌های دو طرفه	
ζ	ضریب تابع زمان برای بارهای مرده، به بند ۹-۱٤-۲-٤-۳ مراجعه شود.	
λ	ضریبی برای محاسبه اضافه افتادگی دراز مدت، به بند ۹-۱٤-۲-٤-۳ مراجعه شود.	
ρ'	نسبت آرماتور فشاری	

۹-۱۴-۱- گستره

۹-۱-۱-۱۴- ضوابط این فصل باید برای کنترل اجزا خمشی تحت شرایط حالت‌های حدی بهره‌برداری رعایت شوند. این

ضوابط شامل محاسبه تغییر شکل و ترک‌خوردگی و محدودیت‌های مربوط به آنها است.

۹-۱۴-۲-۱- محاسبه تغییر شکل و ترک‌خوردگی بر مبنای ترکیبات، بار گذاری مربوط به حالت حدی بهره‌بردای مطابق ضوابط بند۹-۱۰-۱۱ 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 ترک‌خوردگی 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 آنی 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 بند۹-۱٤-۲-٤-۲ در نظر گرفته شوند.

۹-۱۴-۲-۴-۲- ممان اینرسی موثر اعضا بر اساس مشخصات مقطع و میزان ترک‌خوردگی 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)

$$I_e = I_{cr} + (I_g - I_{cr})(\frac{M_{cr}}{M_a})^3$$

در این رابطه لنگر خمشی ترک‌خوردگی مقطع، M_{cr} از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

(۹-۱۴-۲)

$$M_{cr} = \frac{f_r . I_g}{y_t}$$

مدول گسیختگی بتن، f_r نیز با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:
(۹-۱۴-۳)

$$f_r = 0.6\sqrt{f_c}$$

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 ۹-۱٤-٤ 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.
(۹-۱۴-۴)

$$I_e = \frac{1}{4}(I_{eL} + 2I_{em} + I_{eR})$$

۹-۱۴-۲-۴-۳- تغییر شکل اضافی ایجاد شده در اعضا در طول زمان که معمولا «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 λ که از رابطه زیر مشخص شده است، بدست آورد:
(۹-۱۴-۵)

$$\lambda = \frac{\xi}{1 + 50\rho'}$$

در این رابطه ρ' نسبت آرماتور فشاری در مقطع وسط دهانه در اعضای با تکیه‌گاه‌های ساده یا پیوسته و در مقطع تکیه‌گاه در اعضای طره‌ای است. در اعضای طره‌ای است. مقدار ضریب وابسته به زمان ζ را می‌توان برابر با مقادیر زیر

در نظر گرفت:

- زمان ۵ سال یا بیشتر ۲/۰
- زمان ۱۲ ماه ۱/٤
- زمان ٦ ماه ۱/۲
- زمان ۳ ماه ۱/۰

۹-۱٤-۲-۵- محدودیت تغییر شکل در تیرها و دال‌ها

۹-۱٤-۲-۵-۱- تغییر شکل ایجاد شده در تیرها و دال‌ها نباید از مقادیر مشخص شده جدول ۹-۱٤-۱ تجاوز کند.

۹-۱٤-۲-۵-۲- در ساختمان‌های متعارف مسکونی، اداری و تجاری رعایت محدودیت‌های شماره ۲ و ٤ از جدول شماره ۹-۱٤-۱ کافی تلقی می‌شود.

۹-۱٤-۲-۵-۳- در ساختمان‌های متعارف و تحت بارگذاری‌های معمول در تیرها و دال‌های یکطرفه‌ای که ارتفاع با ضخامت آنها از مقادیر مندرج در جدول شماره ۹-۱٤-۲ 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.

۹-۱٤-۲-۶- محاسبه تغییر شکل در دال‌های دو طرفه

۹-۱٤-۲-۶-۱- در دال‌های دوطرفه تغییر شکل آنی را می‌توان با استفاده از روش‌های معمول تحلیل صفحات و روابطی که براسا رفتار خطی آنها تنظیم شده‌اند، محاسبه کرد. در ا ین روش‌ها و روابط، ضریب ارتجاعی بتن، E_c باید طبق رابطه ۹-۱۰-۱ و ممان اینرسی موثر دال‌ها طبق رابطه ۹-۱٤-۱ 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.

۹-۱٤-۲-۶-۳- در سیستم دال‌های دو طرفه که براساس ضوابط فصل پانزدهم طراحی شده‌اند در صورتی که ضخامت دال بیشتر از مقادیر مشخص شده در بندهای ۹-۱٤-۲-٦-٤ و ۹-۱٤-۲-٦-۵ باشد، محاسبه تغییر شکل الزامی نیست.

۹-۱٤-۲-۶-۴- حداقل ضخامت دال‌های تخت که در آنها تیرهای میانی بین تکیه‌گاه‌ها وجود ندارد، براساس مقادیر مندرج در جدول شماره ۹-۱٤-۳ در نظر گرفته شود. این ضخامت در هر حال نباید کمتر از مقادیر زیر اختیار شود:

جدول شماره ۹-۱٤-۱- محدودیت تغییر شکل در تیرها و دال‌ها

انواع قطعه	تغییر شکل مورد نظر	محدودیت تغییر شکل	ملاحظات
۱- بامهای تخت که به قطعاتی غیرسازه‌ای متصل نیستند یا آنها را نگهداری نمی‌کنند لذا تغییر شکل زیاد آسیبی در این قطعات ایجاد نمی‌کند	تغییر شکل آنی ناشی از بارهای زنده	$\frac{l}{180}$	-
۲- مانند بالا در مورد کف‌ها	مانند بالا	$\frac{l}{360}$	-
۳- بامها یا کف‌هایی که به قطعات غیرسازه‌ای متصل هستند یا انها را نگهداری می‌کنند و تغییر شکل زیاد ممکن است آسیبی در این قطعات ایجاد کند.	آن قسمت از تغییر شکل که بعد از اتصال قطعات غیرسازه‌ای ایجاد می‌شود. منظور مجموع اضافه افتادگی دراز مدت ناشی از بارهای دائمی و تغییر شکل آنی ناشی از بارهای زنده است.	$\frac{l}{480}$	تبصره ۱
۴- بامها یا کف‌هایی که به قطعات غیرسازه‌ای متصل هستند یا آنها را نگهداری می‌کنند ولی تغییر شکل زیاد آسیبی در این قطعات ایجاد نمی‌کند		$\frac{l}{240}$	تبصره ۲ و تبصره ۳

تبصره ۱ ـ در صورتی که بتوان با اتخاذ تدابیری ویژه از ایجاد آسیب به قطعات غیرسازه‌ای جلوگیری کرد، حد مربوط به محدودیت را می‌توان کاهش داد.

تبصره ۲ ـ تغییر شکل نباید زا 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 ـ اضافه تغییر شکل دراز مدت براساس ضابطه ۹-۱٤-۲-٤-۳ 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 ۹-۱٤-۲- 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 ـ جدول فوق برای فولاد طی نوع s400 تنظیم شده است. برای سایر انواع فولادها مقادیر جدول باید در ضریب $(0.4+\frac{f_y}{670})$ ضرب شوند.

جدول ۹-۱٤-۳- حداقل ضخامت دال‌های بدون تیر میانی

نوع فولاد	بدون کتیبه			با کتیبه		
	پانل‌های بیرونی		پانل‌های درونی	پانل‌های بیرونی		پانل‌های درونی
	بدون تیر لبه	با تیر لبه	-	بدون تیر لبه	با تیر لبه	-

S300	$\frac{l_n}{33}$	$\frac{l_n}{36}$	$\frac{l_n}{36}$	$\frac{l_n}{36}$	$\frac{l_n}{40}$	$\frac{l_n}{40}$
S400	$\frac{l_n}{30}$	$\frac{l_n}{33}$	$\frac{l_n}{33}$	$\frac{l_n}{33}$	$\frac{l_n}{36}$	$\frac{l_n}{36}$

تبصره ۱ ـ کتیبه‌ها یا سرستون‌های عنوان شده در این جدول باید مطابق تعریف بند ۱۵-۳-٤ باشند.

تبصره ۲ ـ تیرهای لبه باید دارای نسبت سختی، α برابر با حداقل ۰/۸ باشند.

الف ـ در دال‌های بدون کتیبه مطابق تعریف‌های بندهای ۱۵-۳-٤-۲ و ۱۵-۳-٤-۳، ۱۲۵ میلیمتر.

ب ـ در دال‌های با کتیبه یا سرستون مطابق تعریف بندهیا ۱۵-٤-۲-٤-۲ و ۱۵-٤-٤-۳.

۹-۱٤-۲-۶-۵- حداقل 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 ـ در دال‌هایی که نسبت α_m در آنها مساوری یا کوچکتر از ۰/۲ است، طبق ضابطه بند ۹-۱٤-۲-٦-٤

ب ـ در دال‌هایی که نسبت α_m در آنها بزرگتر از ۰/۲ و کوچکتر از ۲ است، طبق رابطه زیر:

(۹-۱۴-۶)

$$h = \frac{l_n(800 + 0.6 f_y)}{36000 + 5000\beta(\alpha_m - 0.2)}$$

ضخامت دال در این حالت نباید کمتر از ۱۲۵ میلیمتر در نظر گرفته شود:

پ ـ در دال‌هایی که نسبت α_m در آنها مساوری یا بزرگتر از ۲ است طبق رابطه زیر:

(۹-۱۴-۷)

$$h = \frac{l_n(800 + 0.6 f_y)}{36000 + 9000\beta}$$

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 ۹-۱٤-۲ را جوابگو نیستند، و یا سرستون‌های با بیش از سه درصد فولاد (در محلی غیر از محل وصله‌ها) مقدار تنش فشاری بتن تحت بارهای بلندمدت بدون ضریب به $0.45 f_c$ و تحت بارهای بهره‌برداری به $0.6 f_c$ محدود می‌شود.

۹-۱۴-۳- ترک خوردگی‌ها

۹-۱۴-۳-۱- کلیات

۹-۱۴-۳-۱-۲- در تیرها و دال‌های یکطرفه مقدار تقریبی عرض ترک‌خوردگی را می‌توان در بند ۹-۱٤-۳-۲ محاسبه نمود. در این قطعات رعایت محدودیت‌های مندرج در بند ۹-۱٤-۳-۳ الزامی است.

۹-۱۴-۳-۱-۳- در دال‌های دو طرفه یا دال‌های تخت و قارچی محاسبه عرض ترک‌خوردگی الزامی نیست و تنها رعایت ضوابط مربوط به آرماتور حرارت و جمع‌شدگی کافی است.

۹-۱۴-۳-۱-۴- در مواردی که بال‌های تیر با مقطع T شکل در کشش‌اند، قسمتی از آرماتور کششی باید در بال‌ها توزیع شود. این میلگردها در ناحیه‌ای 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.

۹-۱۴-۳-۱-۵- در مواردی که ارتفاع جان تیر از ٦۰۰ میلیمتر تجاوز می‌کند در شرایط محیطی ملایم، آرماتورگونه، A_{sk}، صرفنظر از جنبه ابعادی آن، به مقدار $(d - 750) \geq 150$ میلیمتر مربع در هر متر ارتفاع، در هر یک از گونه‌های طرفین تیر، باید در ناحیه‌ای به ارتفاع $\frac{d}{2}$ بالاتر از آرماتور کششی پیش‌بینی 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 فوق‌العاده 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.

۹-۱۴-۳-۲- محاسبه عرض ترک‌خوردگی

۹-۱۴-۳-۲-۱- در تیرها و دال‌های یکطرفه مقدار عرض ترک‌خوردگی 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 $\frac{1}{2} f_y$ محدودمی‌شود.

۹-۱۴-۳-۳- محدودیت عرض ترک‌خوردگی

۹-۱۴-۳-۳-۱- عرض ترک‌خوردگی در تیرها و دال‌های یکطرفه نباید از مقدار ۰/۳۵ میلیمتر تجاوز نماید.

۹-۱۴-۳-۳-۲- محدودیت عرض ترک خوردگی بند ۹-۱٤-۳-۳-۱ 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- علائم اختصاری

علامت اختصاری	مفهوم	واحد
b_1 و b_2	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)	میلیمتر
c_1	بعد ستون مستطیلی یا ستون مربع معادل، سر ستون یا کتیبه سرستون در امتداد دهانه‌ای که لنگرها برای آن محاسبه می‌شوند	میلیمتر
c_2	بعد ستون مستطیلی یا ستون مربع معادل، سرستون یا کتیبه سرستون در امتداد عمود بر دهانه‌ای که لنگرها برای آن محاسبه می‌شوند	میلیمتر
l_1	طول دهانه، مرکز تا مرکز تکیه‌گاه‌ها، در امتدادی که لنگرها برای آن محاسبه می‌شوند	میلیمتر
l_2	طول دهانه، مرکز تا مرکز تکیه‌گاه‌ها، در امتداد عمود بر امتداد A_c	میلیمتر

l_d	طول گیرایی	میلیمتر
l_n	طول آزاد دهانه، فاصله بر تا بر تکیه‌گاه‌ها	میلیمتر
M_u	لنگر خمشی نهایی	نیوتن- میلیمتر
M_{uf}	کسری از لنگر متعادل نشده که به وسیله خمش منتقل می‌شود	نیوتن- میلیمتر
M_{uv}	کسری از لنگر متعادل نشده که به وسیله برش منتقل می‌شود	نیوتن- میلیمتر
α	نسبت سختی خمشی مقطع تیر به سختی خمش نواری از دال که از طرفین به محورهای مرکزی چشمه های مجاور در صورت وجود، محدود شده باشد.	

۹-۱۵-۱- گستره

۹-۱۵-۱-۱- ضوابط این فصل مربوط به طراحی سیستم‌هایی از دال‌ها است که مشخصات هندسی آنها در بند۹-۱۰-۵ تعریف شده است. سیستم دال‌ها می‌تواند دارای تیرهای زیرسری باشد و یا مستقیما روی ستون یا دیوار تکیه کنند.

۹-۱۵-۱-۲- سیستم‌هایی که در آنها دال مستقیما 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 ٤٥ 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 ٤٥ 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 ۹-۱۵-٤ 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.

۹-۱۵-۳-۳- 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} ، باعملکرد 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 ۹-۱۵-۳-٤-۲ تا ۹-۱۵-۳-٤-٤ 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

۹-۱۵-۳-۵-۱- 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.

۹-۱۵-۳-۵-۲- در صورتی که تحلیل ویژه‌ای انجام نشود، باید ضوابط بندهای ۹-۱۵-۳-۵-۳ 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.

۹-۱۵-۳-۵-۳- در نواحی مشترک بین دو نوار میانی متقاطع دال می‌توان هر بازشویی با هر اندازه‌ای پیش‌بینی کرد.

۹-۱۵-۳-۵-۴- 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.

۹-۱۵-۳-۵-۵- 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.

۹-۱۵-۳-۵-۶- در صورت ایجاد بازشو در سیستم دال، باید ضوابط طراحی برای برش مطابق بند ۱۲-۱۷-٤ رعایت شوند.

۹-۱۵-۳-۵-۷- 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 زیرکمتر اختیار شود:

- برای میلگردهای S220 ,S300 و 002/0 S350
- برای میلگردهای 0018/0 S400
- برای میلگردهای 0015/0 S500

۹-۱۵-۴-۱-۳- فاصله میلگردهای خمشی در دال‌ها، جز در دال‌های مشبک، نباید از دو برابر ضخامت دال و نه از ۳۵۰ میلیمتر تجاوز کند. در دال‌های مشبک، حداقل آرماتورگذاری در ناحیه‌ای از دال که روی حفره‌ها قرار دارد بر طبق بند ۹-۱۵-٤-۱-۲ 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 مهاری 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 نا پیوسته 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 α بزرگتر از یک باشد، در گوشه‌های خارجی دال‌ها باید آرماتورهای ویژه‌ای به شرح بندهای ۹-۱۵-٤-۲-۲ تا ۹-۱۵-٤-۲-۵ 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 ٤۵ درجه و تقریبا 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 ۹-۱۵-٤-۲-۳ یا در دو شبکه به موازات دو ضلع دال قرار داد.

۹-۱۵-۴-۳- جزئیات ویژه برای آرماتورگذاری دال‌های بدون تیر

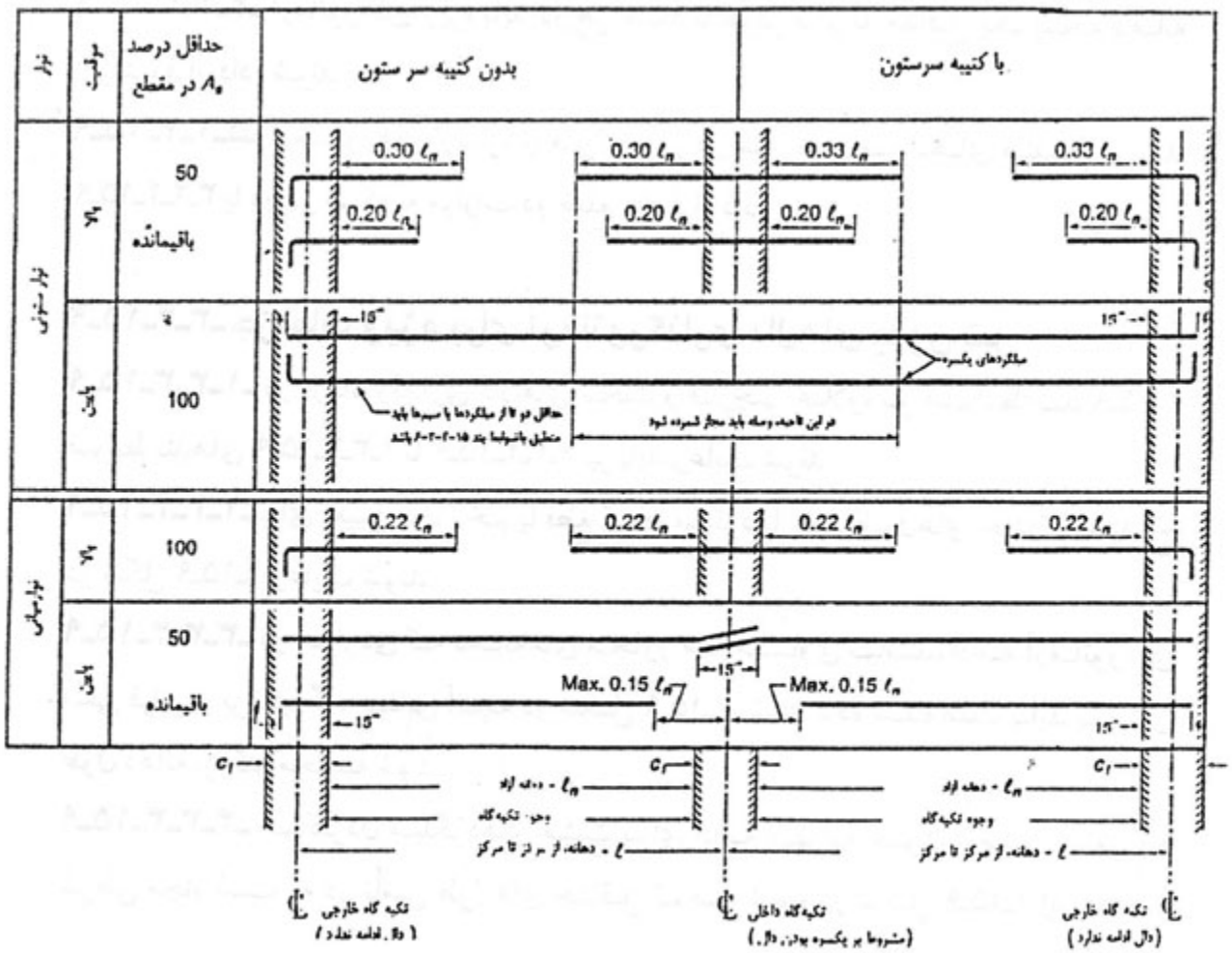
۹-۱۵-۴-۳-۱- در آرماتورگذاری دال‌های تخت و قارچی علاوه بر ضوابط بند ۹-۱۵-٤ ضوابط بندهای ۹-۱۵-٤-۳-۲ تا ۹-۱۵-٤-۳-٦ نیز باید رعایت شوند.

۹-۱۵-۴-۳-۲- برای تعیین محل خم یا قطع کردن میلیگردها باید طول‌های حداقل مندرج در شکل ۹-۱۵-۱ رعایت شوند.

۹-۱۵-۴-۳-۴- خم کردن میلگردهای مثبت برای ادامه آنها به عنوان آرماتور منفی به شرطی مجاز است که در تامین طول‌های حداقل توصیه شده در شکل ۹-۱۵-۱ زاویه خم بزرگتر از ٤٥ 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 می‌توان در محل ستون‌ها به طور کامل مهار یا با میلگردهای دیگری وصله کرد. مشروط بر آنکه طول وصله مطابق بند ۴-۱۸ باشد.چنانچه محل وصله این آرماتورها خارج از هسته ستون‌ها باشد، طول وصله باید حداقل $2l_d$ باشد.



شکل ۹-۱۵-۱

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

علامت اختصاری	مفهوم	واحد
A_g	مساحت کل مقطع	میلیمتر مربع
f_c	مقاومت فشاری مشخصه بتن	مگاپاسکال
h	ضخامت کل عضو	میلیمتر
k	ضریب طول موثر	
l_c	فاصله قائم آزاد بین تکیه‌گاه‌ها	میلیمتر
N_r	بار محوری محاسباتی نهایی دیوار	نیوتن
ϕ_c	ضریب جزئی ایمنی بتن	

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 دیواها 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 ضابطه۹-۱۷-٦ صورت گیرد.

۹-۱۶-۴- محدودیت آرماتورها

۹-۱۶-۴-۱- در دیوارها آرماتورهای قائم و افقی نباید به ترکیب کمتر از مقادیر مندرج در بندهای ۹-۱٦-٤-۲ و ۹-۱۶-۴-۳ اختیار شوند. در دیوارهایی که زیر اثر نیروی برشی قرار می‌گیرند، رعایت حداقل آرماتورها مطابق بند

۱۲-۹-۱۶-۴ نیر الزامی است.

۹-۱۶-۴-۲- حداقل نسبت مساحت مقطع آرماتور قائم به مساحت کل مقطع برای میلگردهای مختلف به شرح زیر است:

الف ـ برای میلگردهای آجدار با قطر ۱۶ میلیمتر و کمتر با مقاومت

مشخصه ٤۰۰ مگاپاسکال ۰/۰۰۱۲

ب ـ برای سایر میلگردهای آجدار ۰/۰۰۱۵

۹-۱۶-۴-۳- حداقل نسبت مساحت مقطع آرماتور افقی به مساحت کل مقطع برای آرماتورهای مختلف به شرح زیر است:

الف ـ برای میلگردهای آجدار با قطر ۱٦ میلیمتر یا کمتر و با مقاومت

مشخصه ٤۰۰ مگاپاسکال یا بیشتر ۰/۰۰۲۰

ب ـ برای سایر میلگردهای آجدار ۰/۰۰۲۵

۹-۱۶-۴-۴- نسبت مساحت آرماتور قائم و آرماتور افقی به مساحت کل مقطع نباید بیشتر از ۰/۰٤ اختیار شود. محدودیت مقدار حداکثر باید در محل وصله‌های میلگردها نیز رعایت شود.

۹-۱۶-۴-۵- 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 ۹-۱٦-٤-۵-۱ یا ۹-۱٦-٤-۵-۲ پیش‌بینی شوند.

۹-۱۶-۴-۶-۱- در دیوارهایی که یک رویه آنها در تماس با خاک یا هوای بیرون قرار دارد:

الف ـ 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 ـ 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 ٦-۳-۳-۹ را نیز برآورده کند.

۹-۱۶-۴-۵-۲- 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 ٦-٣-٣-٩ 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 ۳۵۰ 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 ١٦ میلیمتر یا معادل آن قرارداده 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 بندهای۹-۱۱-۲ تا۹- ۱۱-٤ 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)

$$N_r = 0.55\phi_c f_c A_g[1-(\frac{kl_c}{32h})^2]$$

در این رابطه k ضریب طول موثر دیوار است که به شرح زیر اختیار می‌شود:

الف ـ 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 ـ 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 ـ 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.

۹-۱۶-۵-۳- ضخامت دیوارهایی که براساس ضابطه بند ۹-۱۶-۵-۲ طراحی می‌شوند، نباید کمتر از مقادیر زیر باشد:

الف ـ A_c طول آزاد یا ارتفاع آزاد دیوار، هر کدام کوچکتر باشد، و ۱۵۰ میلیمتر

ب ـ 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 بند۹-۱۶-۱۲ 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

علامت اختصاری	مفهوم	واحد
A_b	سطح مقطع یک میلیگرد آرماتور جلدی برای بتن حجیم	میلیمتر مربع
$A_{s\,min}$	حداقل آرماتور کششی ناشی از حرارت و جمع‌شدگی در پی	میلیمتر مربع
d	ارتفاع موثر مقطع	میلیمتر
d_c	فاصله مرکز میلگرد آرماتور جلدی تا سطح بتن در بتن حجیم	میلیمتر
d_p	قطر شمع در محل اتصال به سرشمعی بتنی	میلیمتر
β	نسبت طول به عرض پی	
h	ارتفاع پی	متر

s	فاصله‌مرکز به‌مرکز میلگردها در بتن‌حجیم	میلیمتر
α	ضریب‌تعدیل‌آرماتور حرارت‌و جمع‌شدگی	

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 مستقیما 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 منفردبه 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 ضلعی منظم، دایره و یا هر شکل غیرمنظم دیگری باشد و مقطع آن نیز می‌تواند به شکل مربع مستطیل، ذوزنقه 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، ذوزنقه و یا پاشنه‌دار (T وارونه) باشد. در حالتی که پی نواری صرفا 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 ـ دال و یا صندوقه‌ای ساخته شود.

۹-۱۷-۲-۱-۴- پی باسکولی به مجموعه‌ای از دو پی منفرد اطلاق می‌شود که منتجه 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 می‌نماید. شمع‌ها ممکن است منفرد یا به صورت گروه شمع باشند.

۹-۱۷-۲-۲-۱- شمع منفرد به شمعی اطلاق می‌شود که مستقیما 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 ۱۰-۱۰-۲ 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 مهاری میلگرد ریشه باید در حالت حدی نهایی و براساس ضوابط فصول یازدهم، دوازدهم، سیزدهم و هیجدهم صورت گیرد.

۹-۱۷-۳-۵- طراحی پی های عمیق برای بارهای محوری، خمش و بارهای محوری، برش و طول مهاری میلگرد ریشه، باید در حالت حدی نهایی و برا ساس ضوابط فصول یازدهم، دوازدهم، سیزدهم و هیجدهم

صورت گیرد.

۹-۱۷-۳-۶- 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.

۹-۱۷-۳-۷- 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 ۹-۱۷-٤-۳-۲ برای خمش تعیین شده‌اند، شامل مقاطعی که در آنها ابعاد مقطع یا مقدار آرماتور تغییر می‌کند، نیز می‌شوند.

۹-۱۷-۳-۸- در گروه شمع‌ها میلگردهای طولی شمع‌ها باید، با توجه به نوع اتصال انتخابی (گیردار یا مفصلی) ، به نحوی مناسب در سرشمعی امتداد یافته ومهار شوند.

۹-۱۷-۳-۹- ضخامت پی‌ها نباید کمتر از ۲۵۰ میلیمتر و ضخامت صفحه سرشمعی گروه نباید کمتر از ٤۰۰ میلیمتر اختیار شود.

۹-۱۷-۳-۱۰- 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.

۹-۱۷-۴-۱-۲- در پی‌ها به جای استفاده از ضوابط بند ۹-۱۷-٤-۱-۱، 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.

۹-۱۷-۴-۱-۳- در پی‌ها روی شمع، لنگرهای خمشی ونیروهای 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- 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- 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.

۹-۱۷-۴-۳- لنگر خمشی

۹-۱۷-۴-۳-۱- 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.

۹-۱۷-۴-۳-۲- مقطع بحرانی برای تعیین حداکثر لنگر خمشی در پی‌ها، در مجاورت ستون‌ها و ستون پایه‌ها و

دیوارها باید به شرح زیر در نظر گرفته شود:

الف ـ در بر ستون، ستون پایه و یا دیوار برای پی‌هایی که زیر ستون، ستون پایه یا دیوار بتنی قرار دارند.

ب ـ در وسط فاصله لبه دیوار تا محور دیوار، برای پی‌هایی که زیر دیوار با مصالح بنایی قرار دارند.

پ ـ در وسط فاصله بر ستون تا لبه صفحه فولادی کف ستون، برای پی‌هایی که زیر صفحه فلزی کف ستون قرار دارند.

۹-۱۷-۴-۳-۳- در پی‌های منفرد و زیر دیوار، امکان ایجاد لنگر خمشی منفی و لزوم آرماتورگذاری در بالای مقطع پی باید کنترل شود.

۹-۱۷-۴-۴- تلاش برشی

۹-۱۷-۴-۴-۱- مقطع بحرانی برای محاسبات برش یکطرفه به فاصله d و برای برش دو طرفه به فاصله $\frac{d}{2}$ از محل‌های تعیین شده زیر در نظر گرفته می‌شود:

الف ـ از بر ستون، ستون پایه و یا دیوار برای پی‌هایی که زیر ستون، ستون پایه یا دیوار قرار دارند.

ب ـ از وسط فاصله بر ستون، تا لبه صفحه فولادی کف ستون، برای پی‌هایی که زیر صفحه فلزی کف ستون قرار دارند.

۹-۱۷-۴-۴-۲- تلاش برشی در هر مقطع از سرشمعی باید براساس ضوابط زیر محاسبه شود:

الف ـ عکس‌العمل هر شمع که مرکز آن به فاصله $\frac{d_p}{2}$ یا بیشتر از مقطع مورد نظر و در خارج مقطع مزبور قرار دارند، در مقطع ایجاد برش می‌کند.

ب ـ عکس‌العمل هر شمع که مرکز آن به فاصله $\frac{d_p}{2}$ یا بیشتر از مقطع مورد نظر و در داخل مقطع مزبور قرار دارد، در مقطع ایجاد برش نمی‌کند.

پ ـ در حالت بینابینی آن قسمت از عکس‌العمل شمع که در مقطع مورد نظر ایجاد برش می‌کند، باید با درون‌یابی خطی بین مقدار کامل عکس‌العمل برای حالتی که مرکز شمع به فاصله $\frac{d_p}{2}$ و در خارج مقطع 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 بند۹-۱۱-۵-۲-۱ اختیار شود.

۹-۱۷-۵-۲- در پی‌های نواری مقدار نسبت آرماتور کششی نباید کمتر از ۰/۲۵ 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 ۰/۱۵ 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 ۹-۱۷-۸-٦ 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 یا 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 ـ میلگردهای طولی پی به طور یکنواخت در سراسر عرض پی توزیع می‌شوند.

ب ـ 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.

$$\frac{\text{میلگردهاي نواري در امتداد عرضي}}{\text{کل میلگردهاي عرضي شالوده}} = \frac{2}{1+\beta}$$

۹-۱۷-۵-۶- حداقل و حداکثر درصد آرماتور طولی شمع‌های پیش‌ساخته و شمع‌های درجا با قطر کمتر یا برابر ۸۰۰میلیمتر مشابه ستون وبا توجه به ضوابط فصل یازدهم تعیین می‌شود.

۹-۱۷-۵-۷- حداقل و حداکثر درصد آرماتور طول 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 ضمع‌ها 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 مارپیچ 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 ۹-۱۷-٦-٦ و ۹-۱۷-۶-۷ را تامین کنند:

الف ـ آن قسمت از نیروی فشاری که از مقاومت اتکایی بتن بین دو عضو تجاوز کند.

ب ـ 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 ۱۲-۱٤، 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 ۰/۰۰۵ 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 ۱۶-٤-۲ 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 مهاری و اتصال دهنده‌های مکانیکی باید چنان طراحی شوند که قبل از گسیختگی پیچ مهاری 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 ١٤ 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- حداقل آرماتور کششی پی ناشی از حرارت و جمع‌شدگی

۹-۱۷-۸-۱- نسبت سطح مقطع حداقل 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 کمتراختیار 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 α برابر نسبت‌های مندرج در بند ۹-۱۷-۸-۱ کمتر اختیار شود. مقدار α از رابطه زیر تعیین می‌شود:

(۹-۱۷-۲)

$$\alpha = 1.3 - 0.3h$$

۹-۱۷-۸-۳- مقدار حداقل 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 $A_{s\,min} = 2800 \ \ (mm^2/m)$
- برای میلگردهای آجدار: S400 $A_{s\,min} = 2500 \ \ (mm^2/m)$
- برای میلگردهای آجدار: S500 و بالاتر $A_{s\,min} = 2100 \ \ (mm^2/m)$

۹-۱۷-۸-۴- در پی‌های با ضخامت متغیر، می‌توان ضخامت را برای محاسبه حداقل مقدار آرماتور کششی پی ناشی از حرارت و جمع‌شدگی برابر با ضخامت پی فرضی هم حجم آن اختیار کرد.

۹-۱۷-۸-۵- توزیع حداقل آرماتور کششی پی ناشی از حرارت و جمع‌شدگی

در پی‌های با ضخامت بیش از ۱۰۰۰ میلیمتر حداقل آرماتور کششی ناشی از حرارات 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- آرماتور جلدی

در بتن‌های حجیم مقدار آرماتور جلدی از رابطه زیر به دست می‌آید:

(۹-۱۷-۳)

$$A_b = \frac{1.6 d_c s}{100}$$

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

مهارو وصله آرماتورها

۹-۱۸-۰۰ علائم اختصاری

علامت اختصاری	مفهوم	واحد
A_b	سطح مقطع یک میلگرد	میلیمتر مربع
A_{tr}	سطح مقطع کل آماتور عرضی قرار گرفته با فاصله s از یکدیگر در امتداد عمود بر سفره میلگردهایی که مهار یا وصله می شوند	میلیمترمربع
b_w	پهنای جان یا قطر مقطع مدور	میلیمتر
c	پوشش بتن روی میلگرد و یا فاصله مرکز تا مرکز میلگردها از یکدیگر	میلیمتر
d	فاصله دورترین تار فشاری تا مرکز سطح آماتور کششی	میلیمتر

d_b	قطر اسمی میلگرد یا سیم	میلیمتر
f_c	مقاومت فشاری مشخصه بتن	مگاپاسکال
f_y	مقاومت مشخصه فولاد f_{yk} که تسهیل کار در این فصل حرفk در زیرنویس حذف شده است.	مگاپاسکال
h	ضخامت کل عضو	میلیمتر
K_{tr}	ضریب میلگردهای عرضی	
l_a	طول گیرداری اضافه در تکیه گاه یا درنقطه عطف	میلیمتر
l_d	طول گیرایی میلگرد کششی	میلیمتر
l_{dc}	طول گیرایی میلگرد فشاری	میلیمتر
l_{dh}	طول گیرایی میلگرد قلابدار در کشش	میلیمتر
M_r	لنگرخمشی مقاوم مقطع	نیوتن- میلیمتر
n	تعداد میلگردهایی که در یک محل مهار و یا وصله می شوند.	میلیمتر
s	فاصله بین خاموتها	میلیمتر
V_r	نیروی برشی مقاوم مقطع	نیوتن
V_u	نیروی برشی نهایی در مقطع	نیوتن
β_b	نسبت سطح مقطع آماتور قطع شده به سطح مقطع کل آرماتور کششی در مقطع	
ϕ_c	ضریب جزئی ایمنی بتن	
ϕ_s	ضریب جزئی ایمنی فولاد	

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 مقرارت 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، ϕ_c ، ϕ_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- قلابهای استاندارد

در این مبحث هر یک از خم های مشروح زیر قلاب استادندارد تلقی می شود:

الف- میلگردهای اصلی

- خم نیمدایره(قلاب انتهایی ۱۸۰ درجه) به اضافه حداقل $4d_b$ طول مستقیم ولی نه کمتر از ٦٠ 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 ٦٠ میلیمتر در انتهای آزاد میلگرد، برای میلگردهای به قطر ١٦ میلیمتر و کمتر

- خم ۹۰ درجه (گونیا) به اضافه حداقل $12d_b$ طول مستقیم در انتهای آزاد میلگردف برای میلگردهای به قطر بیشتر از ١٦ میلیمتر و کمتر از ٢٥ میلیمتر

- خم ١٣٥ درجه(چنگک) به اضافه حداقل $6d_b$ طول مستقیم ولی نه کمتر از ٦٠ 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

قطر میلگرد	حداقل قطر خم ها
کمتر از ٢٨ میلیمتر	$6d_b$
٢٨ تا ٣٤ میلیمتر	$8d_b$
٣٦ تا ٥٥ میلیمتر	$10d_b$

برای خم کردن میلگردهای به قطر ٣٦ 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 شودف در هر حال کمتر از ۳۰۰ میلیمتر اختیار نشود.

(۹-۱۸-۱)

$$l_d = [\frac{f_y}{\sqrt{f_c}} \frac{\alpha\beta\gamma\lambda}{(\frac{c+k_{tr}}{d_b})}]d_b$$

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

الف- ضریب α، یا ضریب موقعیت میلگردها، برای میلگردهای افقی که حداقل ۳۰۰ میلمتر 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 β، 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 با 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 α و β بیشتر از ۱/۷ در نظر گرفته شود.

پ- ضریب γ یا ضریب قطر میلگرد برای میلگردهای با قطر کمتر و یا مساوی ۲۰ میلیمتر برابر با ۰/۸ و برای میلگردهای با قطر بیش از ۲۰ میلیمتر برابر با یک است.

ت- ضریب λ یا ضریب نوع بتن، برای 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 می‌شوند.

ج- ضریب K_{tr}، ضریبی است که با توجه به مقدار آرماتور عرضی موجود در طول گیرایی از رابطه زیر به دست

میآید:

(۹-۱۸-۲)

$$k_{tr} = \frac{A_{tr} \cdot f_y}{10sn}$$

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.

۹-۱۸-۲-۵-۱-طول گیرایی میلگردهای فشاری

۹-۱۸-۲-۵- 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.

(۹-۱۸-۳)

$$l_{dc} = [0.25 \frac{f_y}{\sqrt{f_c}}] d_b$$

(۹-۱۸-۴)

$$l_{dc} = [0.04 f_y] d_b$$

.

۹-۱۸-۲-۶- طول گیرایی در گروه میلگردها

۹-۱۸-۲-۶-۱- طول گیرایی گروه میلگردهای سه تایی و چهارتایی در کشش یا فشار باید به ترتیب ۱/۲ و ۱/۳۳ برابر طول گیرایی یک میلگرد تنها در نظر گرفته شود. برای گروه میلگیردهای 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 میلگرد 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)

$$l_{dh} = [0.25k_\beta\lambda\frac{f_y}{\sqrt{f_c}}]d_b$$

برای تعیین ضرایب β و λ به بند ۹-۱۸-۲-٤-۱ 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 ٦٥ میلیمتر و پوشش بتن روی قلاب در امتداد عمود بر صحفه قلاب و پوشش در صفحه قلاب در قلابهای با خم ۹۰ درجه به ترتیب مساوی یا بیشتر از ٦٥ و ٥٠ میلیمتر باشدو در این مورد ضریب k را می توان برابر با ۰/۷ منظور کرد.

۹-۱۸-۲-۷-۲- در انتهای غیر ممتد یک عضو که در آن برای مهار کردن میلگرد از قلاب استفاده شده است در صورتی که پوشش بتنی روی میلگرد در هر دو جهت، بالا و پایین و عمود بر صحفه قلاب، کمتر از ٦٥ 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، ۹-۱۸-٤ و ۹-۱۸-٥ 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.

۹-۱۸-۳- ضوابط مهار آرماتورهای خمشی

۹-۱۸-۳-۱- 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- مقاطعی که در آنها، در طول دهانه قطعه،آرماتور قطع یا خم می شود.

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

۹-۱۸-۳-۱-۳- میلگردها باید از محل مقطعی که وجودشان دیگر برای تحمل خمش لازم نیست بطول حداقل برابر با d یا $12d_b$ ، هرکدام بزرگترند، ادامه داده شوند. رعایت این ضابطه در انتهای عضو با تکیه‌گاه ساده و یا انتهای آزاد طره‌ای 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 ناحیه‌ای به طول حداقل $0.75d$ آرماتور عرضی اضافه برآنچه برای تحمل یا پیچش لازم است، تامین گردد. سطح مقطع آرماتور عرضی اضافی لازم باید حداقل برابر با $(0.42b_w \frac{s}{f_y})$ باشد و فاصله میلگردهای عرضی از یکدیگر در این ناحیه بیشتر از $\frac{d}{8\beta_b}$ نباشد. β_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 مستقیما متناسب با لنگر خمشی نیست، مانند پی‌های با مقطع متغیر، پلکانی و یا باریک شونده و همچنین نشیمن‌گاه ها،اعضای خمشی با ارتفاع زیاد و یا اعضایی که در آنها آرماتور کششی موازی سطح بتن فشاری نیست،باید مهار میلگردهای کششی در مقاطع مختلف کنترل شود.

۹-۱۸-۳-۲- ضوابط خاص مهار آرماتور خمشی مثبت

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

۹-۱۸-۳-۲-۲- 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 ۹-۱۸-۳-۲-۱ تا روی تکیه گاه ادامه می‌یابد باید بطور کامل در تکیه گاه مهار شود به طوری که آرماتور بتواند در مقطع بر تکیه‌گاه به تنش جاری شدن، f_y ، برسد.

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

(۹-۱۸-۹)

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

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 تکیه گاه 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 می‌توانا به اندازه یک سوم افزایش داد.

۹-۱۸-۳-۳- ضوابط خاص مهار آرماتور خمشی منفی

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

۹-۱۸-۳-۳-۲- حداقل یک سوم آرماتور خمشی منفی موجود در تکیه گاه 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

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

۹-۱۸-۳-۴-۲- دو انتهای آرماتور عرضی تک شاخه‌ای و آرماتور به شکل U باید به یکی از طرق زیر مهار شوند:
الف- برای میلگردهای به قطر کوچکتر از ۱۶ میلیمتر و یا سیمهای با قطر کوچکتر از ۱۶ میلیمتر و برای میلگردهای با قطر ۱۶ تا ۲۵ میلیمتر از نوع S300 یا مقاومت کمتر، باید از قلاب استاندارد استفاده شود. قلاب باید حداقل یک میلگرد طولی را در برگیرد.
ب- برای میلگردهای با قطر ۱۶ تا ۲۵ میلیمتر 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 ۹-۱۸-۲-۷) نیز تامین شود. طول گیرایی میلگرد قلابدار از محل وسط ارتفاع موثر مقطع اندازه‌گیری می‌شود.

۹-۱۸-۳-۴-۳- 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.

۹-۱۸-۴-۳-۴- 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.

۹-۱۸-۴-۳-۵- 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 ٤٠ کیلونیوتن و ارتفاع مقطع عضو بیشتر از ٤٥٠ 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.

۹-۱۸-۴- وصله میلگردها

۹-۱۸-۴-۱- ضوابط کلی

۹-۱۸-۴-۱-۱- 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 قرارداده شوند،« طول پوشش» نامیده می شود.

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

ج ـ وصله مکانیکی: که با بکارگیری وسایل مکانیکی خاص حاصل می‌شود.

ت ـ وصله اتکایی: که با بر روی هم قراردادن دو انتهای میلگردهای فشاری عملی می‌گردد.

۹-۱۸-۴-۱-۲- وصله پوششی تنها در مورد میلگردهای با قطر کمتر از ٣٦ میلیمتر مجاز می‌باشد.

۹-۱۸-۴-۱-۳- 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.

۹-۱۸-۴-۱-۴- 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 ۹-۱۸-۲-٤ 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 $1.25A_b f_y$ باشد، مگر آنکه الزامات بند ۹-۱۸-٤-۲-۲- تامین شده باشد.

الف ـ اتصال جوشی نوک به نوک خمیری(جوش الکتریکی تماسی).

ب ـ اتصال جوشی با الکترود (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 ١٤ میلیمتر برای فولادهای سرد اصلاح شده کمتر نباشد، و نسبت به سطح مقطع دو میلیگرد وصله شونده از ۱/۵ تجاوز نکند.

اتصال جوشی ذوبی با الکترود در صورتی مجاز است که برای هر نوع فولاد، از الکترود و ورش جوشکاری مناسب آن استفاده شود.

اتصال جوشی ذوبی با الکترود به طور معمول به یکی از روش های 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 ٣٦ میلیمتر مجاز است. در این روش طول نوار جوش از یک رو نباید از ۱۰ برابر قطر میلگرد کوچکتر، کمتر باشد وطول نوار جوش دورو نباید از ۵ برابر قطر میلگرد کوچکتر، کمتر اختیار شود.

اتصال جوشی با وصله یا وصله های 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 وصله ها 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

آن بریده شود.

۹-۱۸-۴-۱-۷- وصله مکانیکی میلگردها باید در کشش و فشار دارای مقاومت حداقل برابر با $1.25A_b f_y$ باشد مگر آنکه ضابطه بند ۹-۱۸-٤-۲-۲ تامین شده باشد.

۹-۱۸-۴-۲- وصله میلگردهای کششی

۹-۱۸-۴-۲-۱- در وصله های پوششی طول پوشش باید حداقل برابر با $1.3l_d$ باشد. تنها در مواردی که دو شرط زیر بطور توام تامین باشد طول پوشش را می توان به مقدار l_d کاهش داد:

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

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

l_d طول گیرایی میلگرد در کشش است که باید بر اساس ضوابط قسمت ۹-۱۸-۲-٤ محاسبه شود. در محاسبه l_d ضریب اضافه آرماتور موضوع بند ۹-۱۸-۲-۸ باید برابر با یک منظور شود.

طول پوشش در هیچ حالت نباید کمتر از ۳۰۰ میلیمتر اختیار شود.

۹-۱۸-۴-۲-۲- در وصله های جوشی یا مکانیکی در مواردی که مقدار آرماتور موجود در مقطع کمتر از دو برابر مورد نیاز باشد، مقاومت وصله باید برابر با $1.25A_b f_y$ باشد ولی در سایر موارد مقاومت وصله را می توان کمتر از این مقدار و مطابق ضابطه زیر در نظر گرفت:

الف ـ مقاومت وصله در هر میلگرد باید چنان باشد که کل میلگردهای موجود در این مقطع بتوانند نیرویی حداقل معادل دو برابر نیروی لازم در آن مقطع را تحمل نمایند. این نیرو نباید کمتر از $140A_b$ برای کل میلگردها در نظر گرفته شود. فاصله وصله ها از یکدیگر در مقاطع مختلف متوالی نباید کمتر از ٦۰۰ میلیمتر باشد.

ب ـ نیروی کششی مقاوم مورد نظر در بند الف را باید به طریق زیر محاسبه کرد:

- برای میلگردهای وصله داده شده برابر با نیروی مقاوم وصله

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

۹-۱۸-۴-۲-۳- در قطعات کششی وصله میلگردها باید تنها به وسیله وصله های جوشی یا مکانیکی انجام شود و در آنها ضوابط بند ۹-۱۸-٤-۱- ٦ یا ۹-۱۸-٤-۱-۷ رعایت گردد. فاصله وصله ها در میلگردهای مجاور هم باید بیشتر از ۷۵۰ میلیمتر در نظر گرفته شود.

۹-۱۸-۴-۳- وصله میلگردهای فشاری

۹-۱۸-۴-۳-۱- در وصله های پوششی طول پوشش برای فولادهای از نوع s400 یا با مقاومت کمتر باید حداقل برابر با $0.07 f_y d_y$ و برای فولادهای مقاوم تر برابر با $(0.13 f_y - 24) d_b$ 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.

۹-۱۸-۴-۳-۲- 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 ۳۶ میلیمتر اتصال دارد.

۹-۱۸-۴-۳-۳- 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 کاملا 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 مارپیچ هستند، مجاز می باشد.

۹-۱۸-۴-۴- ضوابط خاص وصله آرماتورها در ستون ها

۹-۱۸-۴-۴-۱- 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.

۹-۱۸-۴-۴-۲- وصله پوششی میلگردهایی که در فشار قرار دارند مشمول ضوابط وصله ها در فشار ومیلگردهایی 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 $0.5 f_y$ و در غیر این صورت باید حداقل برابر با $1.3 l_d$ در نظر گرفته شود. در حالت اول فاصله وصله ها در میلگردهای مختلف از یکدیگر نبایدکمتر از l_d اختیار شود.

۹-۱۸-۴-۴-۳- در قطعات تحت فشار چنانچه در ناحیه وصله پوششی آرماتور عرضی به صورت خاموت با سطح

مقطع بیشتراز $0.0015hs$ وجود داشته باشد طول پوشش را می توان به اندازه ۲۰ درصد و چنانچه آرماتور عرضی به صورت مارپیچ 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.

۹-۱۸-۴-۴-۴- در ستون ها وصله های اتکایی میلگردها را مطابق ضابطه بند ۹-۱۸-٤-۳-٤ 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

علامت اختصاری	مفهوم	واحد
T	دمای بتن یا فولاد	درجه سانتیگراد
f_{ct}	مقاومت فشاری بتن در دمای T	
f_{yt}	تنش حد تسلیم فولاد در دمای T	

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 مقرارت 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 ۲٤۰ 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 ٥ طبقه: ٦۰ دقیقه
- در ساختمان های خصوصی ٦ 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: ۱٥۰ 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 نسبته به مقاومت مبنا (۲۰ درجه سانتیگراد) از جداول ۹-۱۹-۱ تعیین می شود:

جدول ۹-۱۹-۱

T	۳۰۰	۴۰۰	۵۰۰	۶۰۰	۷۰۰	۸۰۰	۱۰۰۰
f_{cT}/f_c	۰/۹۲	۰/۷۷	۰/۶	۰/۴۵	۰/۳۴	۰/۲۳	۰

۹-۱۹-۳-۲- فولاد

مقدار تنش تسلیم فولاد در دمای T درجه سانتیگراد نسبت به تنش حد تسلیم مبنا (۲۰ درجه سانتیگراد) از جدول ۹-۱۹-۲ تعیین می شود:

جدول ۹-۱۹-۲

T	۳۰۰	۴۰۰	۵۰۰	۶۰۰	۷۰۰	۷۵۰
f_{yT}/f_y	۰/۹۳	۰/۸۱	۰/۶۴	۰/۵۵	۰/۱۲	۰

۹-۱۹-۴- 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 یکنواخت در یک عضو یا جمعی از اعضای سازه ای و اثرات انبساط حا صله 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 اعضاء می شود.

۹-۱۹-۴-۱- 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 ۹-۱۹-۳ ارائه شده است.

جدول ۹-۱۹-۳- 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	۳۵
۳	۹۰	۲۴۰	۵۰
۴	۱۲۰	۳۰۰	۵۰
۵	۱۸۰	۴۰۰	۵۰
۶	۲۴۰	۴۵۰	۵۵

۹-۱۹-۴-۲- تیرها

- ضوابط هندسی الزامی تیرها در جدول های ۹-۱۹-٤ و ۹-۱۹-۵ 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 ۹-۱۹-٤- 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)

۱	۳۰	۸۰	۲۵	۸۰
۲		۱۲۰	۱۵	
۳		۱۶۰	۱۰	
۴		۲۰۰	۱۰	
۵	۶۰	۱۲۰	۴۰	۱۰۰
۶		۱۶۰	۳۵	
۷		۲۰۰	۳۰	
۸		۳۰۰	۲۵	
۹	۹۰	۱۵۰	۵۵	۱۲۰
۱۰		۲۰۰	۴۵	
۱۱		۲۵۰	۴۰	
۱۲		۴۰۰	۳۵	
۱۳	۱۲۰	۲۰۰	۶۵	۱۴۰
۱۴		۲۴۰	۵۵	
۱۵		۳۰۰	۵۰	
۱۶		۵۰۰	۴۵	
۱۷	۱۸۰	۲۴۰	۸۰	۱۶۰
۱۸		۳۰۰	۷۰	
۱۹		۴۰۰	۶۵	
۲۰		۶۰۰	۶۰	
۲۱	۲۴۰	۲۸۰	۹۰	۱۸۰
۲۲		۳۵۰	۸۰	
۲۳		۵۰۰	۷۵	
۲۴		۷۰۰	۷۰	

جدول ۹-۱۹-۵- 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
۲		۱۲۰	۱۲	
۳	۶۰	۱۲۰	۲۵	۱۰۰
۴		۲۰۰	۱۲	
۵		۳۰۰	۱۲	
۶	۹۰	۱۵۰	۳۵	۱۲۰
۷		۲۵۰	۲۵	
۸		۴۰۰	۲۵	
۹	۱۲۰	۲۰۰	۴۵	۱۴۰
۱۰		۳۰۰	۳۵	
۱۱		۵۰۰	۳۵	
۱۲	۱۸۰	۲۴۰	۵۰	۱۶۰
۱۳		۶۰۰	۵۰	
۱۴	۲۴۰	۲۸۰	۶۰	۱۸۰
۱۵		۷۰۰	۶۰	

۹-۱۹-۴-۳- دال ها

ضوابط هندسی الزامی دال ها در جدول های ۹-۱۹-۶- و ۹-۱۹-۷ ارائه شده است.

جدول ۹-۱۹-۶- ضوابط هندسی الزامی دال های با تکیه گاه ساده، از نظر مقاومت در برابر آتش سوزی

ردیف	مدت زمان مقاومت در برابر آتش سوزی (دقیقه)	حداقل ضخامت دال (h_s) (میلیمتر)	حداقل فاصله مرکز هر یک از میلگردها تا وجه خارجی (a) (میلیمتر)		
			در دال های یکطرفه	در دال های دو طرفه	
				$l_x/l_y \geq 2.0$	$l_x/l_y \leq 2.0$
۱	۳۰	۶۰	۱۰	۱۰	۱۰
۲	۶۰	۸۰	۲۵	۱۰	۲۵
۳	۹۰	۱۰۰	۳۵	۱۵	۳۵
۴	۱۲۰	۱۲۰	۴۵	۲۰	۴۵
۵	۱۸۰	۱۵۰	۶۰	۳۰	۶۰
۶	۲۴۰	۱۷۵	۷۰	۴۰	۷۰

جدول ۹-۱۹-۷- ضوابط الزامی هندسی دال های یکسره از نظر مقاومت در برابر آتش سوزی

ردیف	مدت زمان مقاومت در برابر آتش سوزی (دقیقه)	حداقل ضخامت دال (h_s) (میلیمتر)	حداقل فاصله مرکز هر یک از میلگردها تا وجه خارجی (a) (میلیمتر)
۱	۳۰	۶۰	۱۰
۲	۶۰	۸۰	۱۰
۳	۹۰	۱۰۰	۱۵
۴	۱۲۰	۱۲۰	۲۰
۵	۱۸۰	۱۵۰	۳۰

۶	۲۴۰	۱۷۵	۴۰

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

علامت اختصاری	مفهوم	واحد
A_g	سطح مقطع کل قطعه	میلیمتر مربع
A_c	مساحت قسمتی از مقطع که داخل میلگرد مارپیچ واقع شده است. این مساحت بر اساس اندازه پشت تا پشت میلگرد مارپیچ محاسبه می‌شود	میلیمتر مربع
A_{ch}	مساحت قسمتی ازمقطع که داخل میلگرد عرضی واقع شده است. این مساحت بر اساس اندازه پشت تا پشت میلگرد عرضی محاسبه می‌شود	میلمتر مربع
	مساحت مقطع بتن یک پایه یا یک قطعه دیوار افقی، که در مقابل	

A_{cp}	برش مقاومت می‌کند	میلیمتر مربع
A_{cv}	مساحت خالص مقطع بتن محدودبه ضخامت جان و طول مقطع در امتدادی که نیروی برشی در نظر گرفته می‌شود	میلیمتر مربع
A_j	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 ـ عرض تیر به اضافه عمق کل مقطع اتصال. ب ـ دو برابر کوچکترین فاصله محور تیر از بر ستون در جهت عمود بر محور تیر.	میلیمتر مربع
A_{sh}	سطح مقطع کل آرماتور عرضی، با احتساب رکابی‌های تک‌شاخه‌ای، در فاصله s در امتداد عمود بر h_c	میلیمتر مربع
A_v	سطح مقطع کل آرماتوربرشی در فاصله s در امتداد عمود بر محور طولی عضو	میلیمتر مربع
A_{vd}	سطح مقطع میلگردهای قطری (به بند ۹-۲۰-٤-۳-٤-۲ مراجعه شود)	میلمتر مربع
b	پهنای بال مؤثرفشاری	میلیمتر
d	ارتفاع مؤثر مقطع	میلیمتر
f_{bd}	مقاومت پیوستگی مبنای بتن	مگاپاسکال
f_c	مقاومت فشاری مشخصه بتن	مگاپاسکال
f_y	مقاومت مشخصه فولاد f_{yk} که برای تسهیل کار در این فصل	مگاپاسکال

	حرف k در زیرنویس حذف شده است.	
f_{yh}	مقاومت تسلیم مشخصه آرماتور عرضی	مگاپاسکال
h_c	بعد مقطع ستون (محور تا محور میلگردهای محصور کننده)	میلیمتر
h_w	ارتفاع کل دیوار یا دیافراگم، ارتفاع قطعه‌ای از دیوار یا دیافراگم	میلیمتر
l_d	طول گیرایی میلگرد مستقیم	میلیمتر
l_{dh}	طول گیرایی میلگرد قلابدار	میلیمتر
l_0	طول ناحیه بحرانی که در آن باید آرماتور عرضی ویژه به کار برده شود	میلیمتر
l_w	طول دیوار	میلیمتر
M_c	به بند ۹-۲۰-٤-۲-٤-۱- رجوع شود	نیوتن ـ میلیمتر
M_g	به بند ۹-۲۰-٤-۲-٤-۱ رجوع شود	نیوتن ـ میلیمتر
M_n	لنگرخمشی مقاوم اسمی، به بند ۹-۲۰-۲-۱ رجوع شود	نیوتن ـ میلیمتر
M_{pr}	لنگرخمشی مقاوم محتمل	نیوتن ـ میلیمتر
M_r	لنگر خمشی مقاوم مقطع	نیوتن ـ میلیمتر
N_u	نیروی محوری نهایی در مقطع	نیوتن
S	فاصله بین سفره‌های میلگردهای عرضی در امتداد محور طولی عضو	میلیمتر
V_r	نیروی برشی مقاوم مقطع	نیوتن
V_u	نیروی ببرشی نهایی درمقطع	نیوتن
V_c	مقاومت برشی بتن، رابطه ۱۲-٤	مگاپاسکال
a_c	به بند ۹-۲۰-٤-۵-۲-۲- مراجعه شود	

ϕ_c	ضریب جزئی ایمنی مقاومت بتن	
ϕ_s	ضریب جزئی ایمنی فولاد	
ϕ_n	ضریب اصلاحی مقاومت	
ρ_s	نسبت حجم میلگرد مارپیچ به حجم بتن محصور شده که از پشت تا پشت میلگرد مارپیچ اندازه‌گیری می‌شود.	
ρ_v	نسبت میلگرد قائم بر صفحه برشی A_{cv} به سطح A_v	
ρ_n	نسبت میلگرد برشی افقی بر صفحه‌ای عمود بر صفحه برشی A_{cv}	

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 ننمود، 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 وخمش که مطابق ضوابط بندهای ۹-۲۰-٤-۲-۳-۲- تا ۹-۲۰-٤-۲-۳-٦

انجام شده باشد.

اعضای تحت فشار و خمش و اعضای تحت خمش

اعضای تحت فشار و خمش به اعضایی 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 با شد، 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 آرماتورهای طولی و عرضی تقویت شده باشند. این اجزا می‌توانند هم ضخامت دیوارها یا دیافراگمها و یا ضخیمتر از آنها باشند. در صورت لزوم می‌توان درلبه‌های بازشوها در دیوارها و دیافراگمها نیز از اجزای مرزی استفاده کرد.

شکل‌پذیری

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 ۷۵میلیمتر 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 درطول 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 مانند 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 $\phi_c = \phi_s = 1$ (f_s، مقاومت میلگردهای فولادی می‌باشد).

ناحیه بحرانی

ناحیه‌ای است که در آن مفصل پلاستیکی تحت اثربارهای 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 ازیک یا چند میلگرد که هر یک از آنها در دو انتها به قلاب ویژه ختم شده باشند. تنگ ویژه می‌تواند به صورت دوپیچ 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 ازنیروهای 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.

قلاب ویژه

قلابی است که با خم حداقل ۱۳۵ درجه با انتهای مستقیمی به طول حداقل ٦ 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 برابربارهای 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.

۹-۲۰-۲-۲- تحلیل سازه

۹-۲۰-۲-۲-۱- در تحلیل سازه برای بارهای جانبی باید عملکرد توأم تمامی اجزای سازه ای و غیر سازه‌ای که بر اساس خواص مکانیکی مصالح، بر بازتاب خطی و غیر خطی آن تأثیر دارند، منظور شود.

۹-۲۰-۲-۲-۲- 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.

۹-۲۰-۲-۲-۳- 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.

۹-۲۰-۲-۲-۴- مقاومت و سختی اعضای سازه‌ای که بین تراز پایه و پی قرار دارند نباید کمتر از مقادیر نظیر در اعضای بالای ترازپایه منظور شوند.

۹-۲۰-۲-۲-۵- 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 ۹-۲۰-٤-٦ طراحی شوند.

۹-۲۰-۳- مشخصات مصالح

۹-۲۰-۳-۱- مقاومت بتن در اجزای مقاوم در برابر زلزله برای سازه‌های با شکل‌پذیری زیاد نباید کمتر از ۲۵

مگاپاسکال و برای سایر سطوح کمتر از ۲۰ مگاپاسکال باشد.

۹-۲۰-۲-۳-۲- مقاومت تسلیم مشخصه فولاد قاب‌ها و یا اجزای مرزی دیوارها که برای مقابله با نیروهای جانبی زلزله به کار گرفته می‌شوند نباید بیشتر از ٤۰۰ مگاپاسکال اختیار شود. به علاوه بایدضابطه بند ۹-٤-۷ را داشته باشد.

۹-۲۰-۲-۳-۲- استفاده از اتصالات جوشی در میلگرد طولی تنها با شرط رعایت ضوابط بندهای ۹-۲۰-٤-۱-۲-۷- و ۹-۲۰-٤-۲-۲-٤ مجاز است. بعلاوه باید از جوش دادن خاموت‌ها و سایر میلگردها به میلگردهای طولی خودداری شود.

۹-۲۰-۲-۴- کنترل سازه در شرایط بهره‌برداری

به منظور عدم محدودیت جریان بهره‌برداری درشرایط زلزله، لازم است تغییر مکان‌های جانبی سازه مطابق الزامات مبحث ششم مقررات ملی ساختمان محدود شود.

۹-۲۰-۲-۵- حدود شکل‌پذیری سازه

۹-۲۰-۲-۵-۱- اجزای مقاوم در برابر بارهای جانبی زلزله باید برای یکی از سه حد شکل‌پذیری که در بندهای ۹-۲۰-۲-۵-۲ تا ۲-۲-۵-٤ تعریف شده‌اند، طراحی شوند. ضوابط طراحی برای هر یک از این حدود قسمت‌های ۹-۲۰-۳ تا ۹-۲۰-٤ تعیین شده‌اند.

۹-۲۰-۲-۵-۲- حد شکل‌پذیری کم: این حد برای سازه‌هایی مناسب است که در آنها انتظار به وجود آمدن تغییرشکل زیاد نمی‌رود. این شرط در مناطق با خطر زلزله نسبی کم و متوسط قابل کاربرد است و در ساختمان‌های با اهمیت کم و متوسط و با ارتفاع کمتر از ۱۰ متر قابل استفاده است.

۹-۲۰-۲-۵-۳- حد شکل‌پذیری‌متوسط: این‌حد برای‌سازه‌هایی‌الزامی‌است‌که‌در آنها بازتاب‌سازه‌در برابر نیروهای‌زلزله‌وارد ناحیه‌غیرخطی‌می‌شود و مقاطع‌سازه‌باید آنچنان‌طراحی‌شوند که‌از ایمنی‌کافی‌در مقابل‌گسیختگی‌ترد برخوردار باشند.

۹-۲۰-۲-۵-۴- حد شکل‌پذیری زیاد: این حد برای سازه‌هایی الزامی است که در آنها بازتاب سازه در برابر نیروهای زلزله وارد ناحیه غیر خطی می‌شود و مقاطع سازه باید آنچنان طراحی شوند که ازایمنی کافی در مقابل گسیختگی ترد برخوردار باشند.

۹-۲۰-۲-۵-۵- حد شکل‌پذیری زیاد: این حد برای سازه‌هاییی الزامی است که اعضای آنها در مقاطع خاصی باید از ظرفیت جذب و استهلاک انرژی زیاد برخوردار باشند به طوری که در صورت ایجاد مکانیزم در آنها پایداری و

انسجام کلی سازه محفوظ مانده و از این نظر اطمینان کافی موجود باشد.

۹-۲۰-۲-۵-۶- سازه‌هایی را که در آنها حدود شکل‌پذیری بیشتر تأمین می‌شود، با توجه به قابلیت جذب انرژی و رفتار غیر خطی بیشتر، می‌توان برای بارهای جانبی زلزله کمتری طراحی نمود. ضوابط مربوط به چگونگی کاهش این بارها در آئین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (مبحث ششم) تعیین شده‌اند.

۹-۲۰-۳- ضوابط سازه‌های با شکل‌پذیری متوسط

۹-۲۰-۳-۱- اعضای تحت خمش در قاب‌ها $(N_u \le 0.15 \phi_c f_c A_g)$

۹-۲۰-۳-۱-۱- محدودیت‌های هندسی

۹-۲۰-۳-۱-۱-۱- در اعضای خمشی قاب‌ها محدودیت‌های هندسی زیر باید رعایت شوند:

الف ـ ارتفاع مؤثر مقطع نباید بیشتر از یک چهارم طول دهانه آزاد باشد.

ب ـ عرض مقطع نباید کمتر از یک چهارم ارتفاع آن باشد.

پ ـ عرض مقطع نباید:

- بیشتراز عرض عضو تکیه‌گاهی، درصفحه عمود بر محور طولی عضو خمشی، به اضافه سه چهارم ارتفاع عضو خمشی، در هر طرف عضو تکیه گاهی
- بیشتر از عرض عضو تکیه‌گاهیبه اضافه یک چهارم بعد دیگر مقطع تکیه گاهی، در هر طرف عضو تکیه گاهی
- کمتر از ۲۵۰ میلیمتر

اختیار شود.

۹-۲۰-۳-۱-۲- 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.

۹-۲۰-۳-۱-۲- آرماتورهای طولی و عرضی

۹-۲۰-۳-۱-۲-۱- در تمامی مقاطع عضو خمشی نسبت آرماتورها، هم در پایین و هم در بالا، نباید کمتر از مقادیر $\frac{1.4}{f_y}$ و $\frac{0.25\sqrt{f_c}}{f_y}$ و نسبت آرماتور کششی نباید بیشتر از ۰/۰۲۵ اختیار شود. حداقل دو میلگرد با قطر مساوی یا بزرگتر از ۱۲ میلیمتر باید هم در پایین و هم در بالای مقطع درسراسر طول ادامه یابند.

۹-۲۰-۳-۱-۲-۲- در تکیه‌گاه عضو خمشی در هر مقطعی که در آن امکان تشکیل مفصل پلاستیک وجود

داشته باشد، مقاومت خمشی مثبت نباید از نصف مقاومت خمشیم نفی کمتر باشد. همچنین، مقاومت خمشی مثبت یا منفی در هر مقطعی در طول عضو، نباید از یک چهارم حداکثر مقاومت خمشی هر یک از دو انتهای عضو کمتر باشد

۹-۲۰-۳-۲-۱-۳- در هر عضو خمشی حداقل یک پنجم آرماتور موجود در مقاطع بر تکیه‌گاه‌ها، هر انتها که آرماتور بیشتری دارد، باید در سراسر طول تیر در بالا و پایین ادامه داده شوند.

۹-۲۰-۳-۲-۱-۴- دراعضای خمشی در طول قسمت‌های بحرانی که در زیر مشخص می‌شوند باید خاموت مطابق ضوابط بند ۹-۲۰-۳-۲-۱-۵ به کار برده شود، مگر آنکه طراحی برای برش نیاز به آرماتور بیشتری را ایجاب کند:

الف ـ درطولی معادل دو برابر ارتفاع مقطع از بر تکیه گاه به سمت وسط دهانه

ب- در طولی معادل دو برابر ارتفاع در هر دو قسمت مقطعی که در آن امکان تشکیل مفصل پلاستیکی در اثر تغییر مکان جانبی غیر لاستیکی قاب وجود داشته باشد

پ ـ در طولی که در آن برای تأمین ظرفیت خمشی مقطع به آرماتور فشاری نیازباشد.

۹-۲۰-۳-۲-۱-۵- خاموت‌ها و فواصل آنها از یکدیگر باید دارای شرایط زیر باشند:

الف ـ قطر خاموت‌ها کمتر از ٦ میلیمتر نباشد.

ب ـ فاصله خاموت‌ها ازیکدیگر بیشتر ازمقادیر: یک چهارم ارتفاع مؤثر مقطع، ۸ برابر قطر کوچکترین آرماتور طولی، ٢٤ برابر قطر خاموت‌ها و ۳۰۰ میلیمتر اختیار نشود.

پ ـ فاصله اولین خاموت ازبر تکیه‌گاه بیشتر از ۵۰ میلیمتر نباشد.

۹-۲۰-۳-۲-۱-۶- در قسمت‌هایی ازطول عضو خمشی که مطابق ضابطه بند ۹-۲۰-۳-۲-۱-۵ خاموت‌گذاری نمی‌شود، فاصله خاموت‌ها از یکدیگر نباید بیشتر از نصف ارتفاع مؤثر مقطع اختیار شود.

۹-۲۰-۳-۲- اعضای تحت فشار و خمش در قاب‌ها ($N_u \leq 0.15 \phi_c f_c A_g$)

۹-۲۰-۳-۲-۱- محدودیت‌های هندسی

۹-۲۰-۳-۲-۱-۱- درستون‌ها محدودیت‌های هندسیزیر باید رعایت شوند:

الف ـ عرض مقطع نباید کمتر از سه دهم بعد دیگر آن و نباید کمتر از ۲۵۰ میلیمتر باشد.

ب ـ نسبت طول آزاد ستون به عرض مقطع آن نبایدبیشتر از ۲۵ باشد.

۹-۲۰-۳-۲-۲- آرماتورهای طولی و عرضی

۹-۲۰-۳-۲-۲-۱- درستون‌ها نسبت آرماتور طولی نباید کمتر ازیک 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.

۹-۲۰-۳-۲-۲-۲- فاصله محور تا محور میلگردهای طولی از یکدیگر نباید بیشتر از ۲۰۰ میلیمتر باشد.

۹-۲۰-۳-۲-۲-۳- در دو انتهای ستون‌ها به طول l_0،باید آرموتورهای عرضی مطابق ضوابط بند۹-۲۰-۳-۲-۲-٤ به کار برده شود مگر آنکه طراحی برای برش نیاز به آرموتور بیشتری را ایجاب 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 ـ یک ششم ارتفاع آزاد ستون

ب ـ ضلع بزرگتر مقطع مستطیلی شکل ستون یا قطر مقطع دایره‌ای شکل ستون

پ ـ ٤٥٠ میلیمتر

۹-۲۰-۳-۲-۲-۴- آرماتور عرضی مورد نیاز در طول l_0 باید دارای قطر ۸ میلی متر بوده وفواصل آنها از یکدیگر در مواردی که به صورت مارپیچ به کارگرفته می شوند از ضابطه بند ٤-۹-۱۱ تعیین گردد فواصل آرموتورها ی عرضی در مواردی به صورت خاموت به کار می روند باید کمتر از مقادیر زیر در نظر گرفته شود.

الف)۸ برابر قطر کوچکترین میلگرد طولی ستون

ب) ۲٤ برابر قطر خاموت ها

پ) نصف کوچکترین ضلع مقطع ستون

ت) ۲۵۰میلی متر

فاصله اولین خاموت از برا تصال ستون به تیر نباید بیشتر از نصف مقادیر فوق در نظر گرفته شود.

۹-۲۰-۳-۲-۲-۵- در قسمت هایی از طول ستون که شامل طول l_0 نمی شود، ضوابط میلگردگذاری عرضی مشابه ضوابط در ستون های عادی است

۹-۲۰-۳-۲-۲-۶- در ستون هایی که بار اعضای با سختی زیاد را تحمل می کنند، مانند ستون هایی که در زیر

دیوار بتن آرمه قرار دارند، در تمام طول ستون باید آرماتور عرضی مطابق ضابطه بند ۹-۲۰-۳-۲-۲-٤ 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.

۹-۲۰-۳-۲-۲-۷- در محل اتصال ستون به شالوده، آرماتور طولی ستون که به داخل پی برده شده است باید در طول حداقل برابر ۳۰۰ میلیمتر با آرماتورعرضی مطابق ضابطه بند ۹-۲۰-۳-۲-۲-٤ تقویت گردد.

۹-۲۰-۳-۳- دیوارهای سازه‌ای، دیافراگمها و خرپاها

۹-۲۰-۳-۳-۱- در دیوارهای سازه‌ای، دیافراگم و خرپاها باید ضوابط بندهای ۹-۲۰-٤-۳-۱ تا ۹-۲۰-٤-۳-۳، مربوط به سازه‌های با شکل‌پذیری زیاد، و با در نظر گرفتن استثناهای بندهای ۹-۲۰-۳-۳-۲ و ۹-۲۰-۳-۳-٤ رعایت شوند.

۹-۲۰-۳-۳-۲- به جای آرماتورگذاری عرضی بویژه در هر مورد که در بندهای ۹-۲۰-٤-۳-۱ تا ۹-۲۰-٤-۳-۳ ضرورت پیدا کند می‌توان آرماتورگذاری عرضی مطابق ضابطه بند ۹-۲۰-۳-۲-۲-٤ به کار برد.

۹-۲۰-۳-۳-۳- برای مهار و وصله میلگردها رعایت ضابطه بند ۹-۲۰-٤-۳-۲-٦ الزامی نیست. مهار و وصله میلگردها مطابق ضوابط فصل هیجدهم صورت می‌گیرد.

۹-۲۰-۳-٤- اتصالات به ستون‌ها در قاب‌ها

۹-۲۰-۳-٤-۱- در اتصالات تیرها به ستون‌ها، درطول 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 ـ سطح مقطع میلگرد عرضی نباید کمتر از مقدار محاسبه شده از رابطه۹-۱۲-۱۳باشد.

ب ـ مقدار آرماتور عرضی نباید کمتر از دو سوم مقدار آرماتور عرضی در ناحیه l_0 ستون، مطابق بند ۹-۲۰-۳-۲-۲-۴ باشد. فاصله سفره‌های این آرماتور از یکدیگر نباید بیشتر از یک و نیم برابر فاصله سفرهای نظیر در ناحیه l_0 اختیار شود.

۹-۲۰-۳-۵- ضوابط طراحی برای برش در اعضای قاب‌ها

۹-۲۰-۳-۵-۱- در اعضای تحت خمش و تحت نیروی محوری و خمش در قاب‌ها، کنترل حالت حدی نهایی مقاومت در برش باید بر اساس رابطه۹-۱۲-۱ صورت گیرد. مقدار V_u در این رابطه نباید از یکی از دو مقدار زیر

کمتر در نظر گرفته شود:

الف ـ مجموع نیروی برشی ایجادشده در عضو در اثر بارهای قائم، در صورت وجودو نیروی برشی همسازبا لنگرهای خمشی اسمی (مدول ضریب) موجود در مقاطع انتهایی آن، با فرض آنکه دراین مقاطع مفصل‌های پلاستیکی تشکیل شده‌اند.

ب ـ 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 مقدارتعیین شده در مبحث ششم مقررات ملی ساختمان منظور شود.

۹-۲۰-۴- ضوابط سازه‌های باشکل‌پذیری زیاد

۹-۲۰-۴-۱- اعضای تحت خمش در قاب‌ها $(N_u \le 0.15 \phi_c f_c A_g)$

۹-۲۰-۴-۱-۱- محدودیت‌های هندسی

۹-۲۰-۴-۱-۱-۱- دراعضای خمشی قاب‌ها محدودیت‌های هندسی زیر باید رعایت شوند:

الف ـ ارتفاع موثر مقطع نباید بیشتر از یک چهارم طول دهانه آزاد باشد.

ب ـ عرض مقطع نباید کمتر از سه دهم ارتفاع آن باشد.

پ ـ عرض مقطع نباید:

- بیشتر از عرض عضوتکیه 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.

۹-۲۰-۴-۱-۲- 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 $\frac{1.4}{f_y}$ و $\frac{0.25\sqrt{f_c}}{f_y}$ و نسبت آرماتور کششی نباید بیشتر از ۰/۰۲۵ اختیار شود. حداقل دو میلگرد با قطر ۱۲

میلیمتر یابیشتر 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.

۹-۲۰-۴-۱-۲-۳- درهر 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.

۹-۲۰-۴-۱-۲-۴- در اعضای خمشی T یا L شکل که با دال‌ها به صورت یکپارچه اجرا می‌شوند، م قدارآرماتوری که در بر ستون‌ها می‌توان برای خمش موثر در نظر گرفت، علاوه بر میلگرد واقع در جان تیر، به شرح زیر است:

الف ـ 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 ـ 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 شده اند.

پ ـ درستون‌های خارجی وقتی که تیر عرضی درمحل اتصال به ستون در حدود ابعاد عضو خمشی طولی است و لازم است میلگردهای عضو خمشی طولی مهارشوند: تمامی میلگردهاییکه در عرضی از دال مساوی با دو برابر ضخامت آن در هر طرف ستون واقع شده‌اند.

ت ـ در ستون‌های خارجی وقتی که تیر عرضی وجود ندارد: تمامی میلگردهایی که در عرض ستون واقع شده‌اند.

ث ـ 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 مارپیچ 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 ـ در اتصالات تیرها به ستون‌ها

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

پ ـ 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 ۱۸-٤-۱-٦ و ۱۸-٤-۱-۷ 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 ٦۰۰ 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 ۹-۲۰-٤-۱-۳-۲ در نظر گرفته شود، مگر آنکه طراحی برای برش نیاز به آرماتوری بیشتری را ایجاب کند:

الف ـ در طولی معادل دوبرابر ارتفاع مقطع از بر تکیه‌گاه به سمت وسط دهانه

ب ـ 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 ـ 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 ـ قطر تنگ‌های کمتر از ۸ میلیمتر نباشد.

ب ـ 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 ـ 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 ۹-۲۰-٤-۱-۳-۱ 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 دو سمت عضو خمشی قرار داده شوند. چنانچه میلگردهای طولی که توسط قلاب‌های دوخت نگهداری شده‌اند در داخل یک دال که تنها در یک سمت عضو خمشی قرار دارد محصور باشند، خم ۹۰ درجه قلاب‌های دوخت را می‌توان در آن سمت، در دال، قرار داد.

۹-۲۰-۴-۲- اعضای تحت اثر توأم فشار و خمش در قاب‌ها $(N_u > 0.15\phi_c f_c A_g)$

۹-۲۰-۴-۲-۱ محدودیت‌های هندسی

۹-۲۰-۴-۲-۱-۱- دراین اعضاء محدودیت‌های هندسی زیر باید رعایت شوند:

الف ـ عرض مقطع نباید کمتر از چهاردهم بعد دیگر آن و نباید کمتر از ۳۰۰ میلیمتر باشد.

ب ـ نسبت طول آزاد عضو به عرض مقطع آن در اعضایی که زیر اثر لنگرهای خمشی موجود در دو انتها در دو جهت خم می‌شوند نباید بیشتر از ۱۶ و در اعضای طره‌ای نباید بیشتر از ۱۰ باشد.

۹-۲۰-۴-۲-۲- آرماتور طولی

۹-۲۰-۴-۲-۲-۱- در این اعضاء 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 آرماتور در خارج از محل وصله‌ها به حداکثر چهار و نیم درصد محدود می‌شود.

۹-۲۰-۴-۲-۲-۲- فاصله محور تا محور میلگردهای طولی از یکدیگر نباید بیشتر از ۲۰۰ میلی متر باشد.

۹-۲۰-۴-۲-۲-۳- استفاده از وصله پوششی در میلگردهای طولی فقط در نیمه میانی طول ستون مجاز است. طول پوشش این وصله‌ها باید برای وصله‌های کششی در نظر گرفته شود.

۹-۲۰-۴-۲-۲-۴- در صورتی که در هر مقطع از ستون، میلگردهای طولی به صورت حداکثر یک در میان وصله شوند، محل وصله‌ها می‌تواند در هر قسمت از طول ستون به جز در طول مفصل پلاستیک و در مجاورت اتصال‌های تیر به ستون باشد. در این حالت لازم نیست طول پوشش این وصله‌ها از طول وصله‌های کششی بیشتر در نظر گرفته شود. استفاده از میلگرد گذاری عرضی ویچه مطابق ضوابط بند ۹-۲۰-٤-۲-۳-۲- در وصله‌هایی که خارج از نیمه میانی ستون واقع شده‌اند الزامی است.

۹-۲۰-۴-۲-۲-۶- وصله‌های جوشی یا مکانیکی، مطابق ضوابط بند ۱۸-٤-۱-٦ و ۱۸-٤-۱-۷ در میلگردهای طولی به شرطی مجاز است که وصله میلگردها در هر مقطع به صورت یک در میان انجام شود و فاصله وصله‌ها

در میلگردهای مجاور یکدیگر، در امتداد طول ستون، کمتر از ۶۰۰ میلیمتر نباشد.

۹-۲۰-۴-۲-۳- آرماتور عرضی

۹-۲۰-۴-۲-۳-۱ 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 ۹-۲۰-٤-۲-۳-۲ تا ۹-۲۰-٤-۲-۳-٦ 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 ـ یک ششم ارتفاع یا دهانه آزاد عضو

ب ـ ضلع بزرگتر مستطیلی شکل یا قطر مقطع دایره‌ای شکل

پ ـ ٤٥٠ میلیمتر

۹-۲۰-۴-۲-۳-۲ مقدار آرماتور عرضی لازم در ناحیه بحرانیبر اساس ضوابط زیرا تعیین می‌شود:

الف ـ در ستون‌های با مقطع دایره نسبت حجمی آرماتور مارپیچ یا تنگ‌های حلقوی، ρ_s ، نباید کمتر از دو مقدار زیر باشد:

$$\rho_s = 0.12\frac{f_c}{f_{yh}}$$

$$\rho_s = 0.45(\frac{A_g}{A_c} - 1)\frac{f_c}{f_{yh}}$$

ب ـ در ستون‌های با مقطع مربع مستطیل سطح مقطع کل تنگ‌های ویژه در هر امتداد، A_{sh} ، نباید کمتر از دو مقدار زیر باشد:

$$A_{sh} = 0.3(s.h_c \frac{f_c}{f_{yh}})(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1)$$

$$A_{sh} = 0.09 s.h_c \frac{f_c}{f_{yh}}$$

۹-۲۰-۴-۲-۳- در ستون‌هایی که مقاومت هسته ستون به تنهایی جوابگوی بارهای وارده از جمله بارهای ناشی از زلزله می‌باشد، نیازی به کنترل روابط ۹-۲۰-۲ و ۹-۲۰-۳ نیست.

۹-۲۰-۴-۲-۴- قطرمیلگردهای عرضی درناحیه بحرانی نباید کمتر از ۸ میلیمتر باشد. فاصله سفره میلگردها از یکدیگر نباید بیشتر از مقادیر زیر باشد:

الف ـ یک چهارم ضلع کوچکتر مقطع ستون

ب ـ هشت برابر کوچکترین قطر میلگرد طولی

پ ـ ۱۲۵ میلیمتر

۹-۲۰-۴-۲-۵- 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 قطرو فاصله مشابه تنگ‌ها که دارای خم ۹۰ درجه در یک انتهای آن است استفاده کرد. هر دو انتهای میلگردهای رکابی باید در برگیرنده یک میلگرد طولی باشد و محل خم ۹۰ درجه آن باید در امتداد میلگرد طولی یک در میان عوض شود.

۹-۲۰-۴-۲-۶- 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.

۹-۲۰-۴-۲-۷- در عضوهایی 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.

۹-۲۰-۴-۲-۸- در عضوهایی 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 عضوهایی 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 باید آرماتور عرضی به صورت مارپیچ یا تنگ ویژه به قطر ۸ میلیمتربه 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 ۹-۲۰-٤-۲-٤-۲ و ۹-۲۰-۴-۲-۱-۳، 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

گیرند. رابطه ۹-۲۰-۵ باید در حالاتی که لنگرهای خمشی تیرها در دو جهت صفحه قائم قاب، عمل نمایند برقرار باشد.

۹-۲۰-۴-۲-۴-۲- چنانچه تعداد ستون‌های موجود در یک طبقه در یک قاب بیشتر از چهار عدد باشند، ازهر چهار ستون یک ستون می‌تواند رابطه ۹-۲۰-۵ را ارضا نکند.

۹-۲۰-۴-۲-۴-۳- ستون‌های قاب‌های یک و دو طبقه و نیز ستون‌های طبقه آخر در قاب‌های چند طبقه می‌توانند رابطه ۹-۲۰-۶ را ارضا نکنند. در این صورت این ستون‌ها باید ضابطه بند ۹-۲۰-٤-۲-٤-٤ ارضا کنند. این ستون‌ها مشمول ضابطه بند ۹-۲۰-٤-۲-٤-۵ نمی‌شوند.

۹-۲۰-۴-۲-۴-۴- چنانچه ستونی رابطه ۹-۲۰-۶ را ارضا نکند، باید در تمام طول دارای میلگردگذاری عرضی ویژه مطابق ضوابط بندهای ۹-۲۰-٤-۲-۳-۲ تا ۹-۲۰-٤-۲-۳-۶ باشد.

۹-۲۰-۴-۲-۴-۵- چنانچه ستونی ضابطه بند ۹-۲۰-٤-۲-٤-۱ را تأمین نکند باید از کمک آن به سختی جانبی و مقاومت سازه در مقابل بار جانبی زلزله صرفنظر شود. این ستون در هر حال باید ضوابط قسمت ۹-۲۰-٤-۶ را تأمین نماید.

۹-۲۰-۴-۳- دیوارهای سازه‌ای، دیافراگم و خرپاها

۹-۲۰-۴-۳-۱- محدودیت‌های هندسی

۹-۲۰-۴-۳-۱-۱- در دیوارهای سازه‌ای محدودیت‌های هندسی زیر باید مورد توجه قرار گیرند:

الف ـ ضخامت دیوار نباید کمتر از ۱۵۰ میلیمتر اختیار شود.

ب ـ در دیوارهایی که در آنها اجزای مرزی مطابق بند ۹-۲۰-٤-۳-۳ به کار گرفته می‌شود، عرض عضوی مرزی نباید کمتر از ۳۰۰ میلیمتر در نظر گرفته شود.

۹-۲۰-۴-۳-۱-۲- در دیوارهای سازه‌ای باید تا حد امکان از ایجاد بازشوهای با ابعاد بزرگ خودداری کرد. در مواردی که ایجاد این بازشوها اجتناب‌ناپذیر باشد باید موقعیت هندسی آنها را طوری در نظر گرفت که دیوار بتواند به صورت دیوارهای همبسته عمل نماید. در غیر این صورت باید با کمک تحلیل دقیق یا آزمایش‌های مناسب اثر وجود باز شود در عملکرد دیوار بررسی شود.

۹-۲۰-۴-۳-۱-۳- در دیافراگم‌هایی که باز شوهای با ابعاد بزرگ در آنها وجود دارد، شکل و موقعیت بازشو نباید

روی سختی جانبی دیافراگم اثر تعیین‌کننده داشته باشد. رفتار دیافراگم‌ها در هر حالت باید با فرض‌های تحلیل در ارتباط با درجه صلیب آنها مطابقت داشته باشد.

۹-۲۰-۴-۳-۲-۱-۴- در طراحی دیوارهای با مقطع U و T عرض موثربال، اندازه‌گیری شده و از برجان در هر سمت، که در محاسبات به کار برده می‌شود نباید بیشتر از مقادیر زیر در نظر گرفته شود، مگر آنکه با تحلیل دقیق‌تر بتوان مقدار آن را تعیین کرد:

الف ـ نصف فاصله بین جان دیوار تا جان دیوار مجاور

ب ـ ده درصد ارتفاع کل دیوار

۹-۲۰-۴-۳-۲-۱-۵- 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.

۹-۲۰-۴-۳-۲-۱-۶- دال‌های بتن آرمه که روی کف‌های مرکب از قطعات پیش ساخته ریخته می‌شوند را می‌توان به عنوان دیافراگم منظور نمود، مشروط بر آنکه اتصالات این دال‌ها به دستک‌ها، کلاف‌ها، جمع‌کننده‌ها و سیستم‌های مقاوم چنان طراحی گردند که قادر به انتقال نیروهای وارده باشند. سطوح بتن‌های پیش‌ساخته در محل اتصال با دال بتن‌آرمه در جا باید زبر، تمیز و عاری از مواد اضافی باشند.

۹-۲۰-۴-۳-۲- آرماتورهای قائم و افقی

۹-۲۰-۴-۳-۲-۱-در دیوارهای سازه ای نسبت آرماتور در هیچ یک از دو امتداد قائم وافقی 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 ١٦-٤ در فصل شانزدهم رعایت شود.

۹-۲۰-۴-۳-۲-۲- نسبت میلگرد قائم در هیچ ناحیه از طول دیوار نباید از چهار درصد بیشتر باشد.

۹-۲۰-۴-۳-۲-۳- فاصله محور تا محور میلگردها از یکدیگر در هر دو امتداد قائم وافقی نباید بیشتر از ۳۵۰ 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 پاها، دستک ها، کلافها، واجزای 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 ۹-۲۰-٤-۲-۳-۲- تا ۹-۲۰-۴-۲-۳-۶-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 وبا فرض توزیع خطی تنش در مقطع وبر اساس مشخصات مقطع ترک نخورده محاسبه می شود.

۹-۲۰-۴-۲-۳-۶-تمامی میلگردهای ممتد در دیوارهای سازه ای، دیافراگم ها، خر پاها، دستکها، کلاف ها، واعضای جمع کننده نیروها باید به عنوان میلگردهای کششی مطابق ضوابط بند ۹-۲۰-٤-٤-۳ مهار یا وصله شوند.

۹-۲۰-۴-۳-۳- اجزای مرزی در دیوارهای سازه ای ودیافراگم ها

۹-۲۰-۴-۳-۳-۱- در کناره‌ها و اطراف بازشوها در دیوارهای سازه‌ای 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 ۹-۲۰-٤-۳-۳-۲ تا ۹-۲۰-٤-۳-۳-٤ پیش‌بینی می‌شود. مگر آنکه در تمام طول دیوار یا دیافراگم میلگردگذاری عرضی ویژه پیش‌بینی شده باشد. اجزای مرزی را می‌توان در قسمت‌هایی که تنش فشاری بتن در آنها از $0.15f_c$ کمتر باشد قطع کرد. تنش فشاری بتن با فرض توزیع خطی تنش درمقطع دیوار و بر اساس مشخصات مقطع ترک نخورده محاسبه می‌شود.

۹-۲۰-۴-۳-۳-۲- 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 دیوارو نیروی محوری ناشی از لنگر واژگونی حاصل از نیروهای جانبی زلزله طراحی شوند.

۹-۲۰-۴-۳-۳-۳-اجزای مرزی در دیافراگم باید در حالت حدی نهایی مقاومت برای مجموع نیروهای محوری که درصفحه دیافراگم عمل می‌کنند و نیروی محوری ناشی از تقسیم لنگر خمشی موثر در مقطع دیافراگم به فاصله بین دو جزء لبه‌های دیافراگم در آن مقطع طراحی شوند.

۹-۲۰-۴-۳-۳-۴- اجزای مرزی باید در سراسر طول خود مطابق ضوابط بندهای ۹-۲۰-٤-۲-۳-۲- تا ۹-۲۰-٤-۲-۳-۶ آرماتور گذاری عرضی ویژه شوند.

۹-۲۰-۴-۳-۳-۵- دردیوارهایی 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.

۹-۲۰-۴-۳-۳-۶- در دیوارهایی که دارای اجزای مرزی نیستند آرماتورهای افقی دیوار باید به قلاب استاندارد ختم شوند و میلگردهای قائم لبه‌های دیوار را در برگیرند. 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.

۹-۲۰-۴-۳-۴- تیرهای همبند در دیوارهای همبسته

۹-۲۰-۴-۳-۴-۱- 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 ۹-۲۰-٤-۳-٤-۲ و ۹-۲۰-۴-۳-۴-۳ آرماتورگذاری شوند، در غیر این صورت آرماتورگذاری در این تیرها مطابق ضوابط در این تیرها مطابق ضوابط قطعات خمشی انجام می‌شود. عرض این تیرهادر هیچ حالت نباید کمتر از ۲۰۰ میلیمتر اختیار شود.

۹-۲۰-۴-۳-۴-۲- مقاومت برشی در تیرهای همبند باید کلا 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 α زاویه بین میلگرد قطری و محور طولی تیر است.

۹-۲۰-۴-۳-۴-۳- آرماتورهای قطری باید به وسیله میلگردهای عرضی به صورت مارپیچ یا تنگ با قطر حداقل ۸ میلیمتر محصور شوند، فاصله میلگردهای عرضی از یکدیگر برابر با کوچکترین سه مقدار زیر است:

الف ـ ۸ برابر قطر کوچکترین میلگرد قطری

ب ـ ٢٤ برابر قطر تنگ‌ها یا مارپیچ‌ها

پ ـ ۱۲۵ میلیمتر

۹-۲۰-۴-۴-۳-۴- مقاومت خمشی تأمین شده توسط میلگردهای قطری را می‌توان در محاسبه ظرفیت خمشی تیر همبند منظور کرد.

۹-۲۰-۴-۴-۳-۵- درزهای اجرایی

۹-۲۰-۴-۴-۳-۵-۱- تمامی درزهای اجرایی در دیوارهاو دیافراگمها باید ضوابط قسمت ۹-۷ را تأمین کند. سطح این درزها باید زبری گفته شده در بند ۱۲-۱٤-۳-۵ را دارا باشند. ضوابط طراحی درزهای اجرایی برای برش در بند ۱۲-۱۷-۳-۳ آمده است.

۹-۲۰-۴-۴- 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 ۹-۲۰-٤-۴-۱-۲ و ۹-۲۰-٤-۴-۱-۳ 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 ودر 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 ۹-۲۰-٤-۴-۲ حداکثر برابر با مقادیر زیر در نظر گرفت:

الف ـ برای اتصالات محصور شده در چهار سمت $12A_j\sqrt{v_c}$

ب ـ برای اتصالات محصور شده در سه سمت و یا در دو سمت مقابل هم $9A_j\sqrt{v_c}$

پ ـ برای سایر اتصالات $7.5A_j\sqrt{v_c}$

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 اتصلات به جز آنها یی در بند ۹-۲۰-٤-۲-۲- گفته شده اند آرماتوری گذاری عرضی ویژه مطابق ضوابط بندهای ۹-۲۰-٤-۲-۳-۲- تا ۹-۲۰-٤-۲-۳-٦-به کار برده شود.

۹-۲۰-۴-۴-۲-۲- در اتصالاتی که در چهار سمت توسط تیرهای محصور شده‌اند و عرض تیرها کمتر از سه چهارم نیستند، باید در طولی به اندازه کوتاه‌ترین ارتفاع تیر در اتصال آرماتورگذاری عرضی ویژه، مساوی با نصف آنچه در بند ۹-۲۰-٤-۲-۱- گفته شد، به کار برده شود. فاصله آرماتورهای عرضی در این اتصالات را می‌توان تا ۱۵۰ میلیمتر افزایش داد.

۹-۲۰-۴-۴-۲-۳- آرماتورهای طولی تیرها که به ستون ختم می‌شوند باید تا انتهای دیگر هسته محصور شده ستون ادامه یابند و در صورت کششی بودن مطابق ضوابط بند ۹-۲۰-٤-۳ و در صورت فشاری بودن مطابق ضوابط فصل هیجدهم مهار شوند.

۹-۲۰-۴-۴-۲-۴- در تیرهایی که آرماتور طولی آنها از داخل هسته محصور شده ستون عبور نمی‌کنند، در صورتی که این آرماتورها توسط تیر دیگری که به اتصال می‌رسد محصور نشده باشند، باید در سراسر طول آرماتور طولی که در خارج از هسته ستون قرار دارند آرماتورگذاری عرضی ویژه اجرا شود.

۹-۲۰-۴-۴-۳- طول گیرایی میلگردهای کششی

۹-۲۰-۴-۴-۳-۱- طول گیرایی قلابدار، l_{dh}، 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.

۹-۲۰-۴-۴-۳-۲- قلاب‌ها باید در هستهٔ محصور شده ستون‌ها و یا در اجزای لبه دیوارها مهار شوند.

۹-۲۰-۴-۴-۳-۳- طول گیرایی میلگردهای مستقیم، l_d، در میلگردهای تحتانی، مطابق تعریف بند ۱۸-۲-٤-۱، نباید کمتر از ۲/۵ برابر طول گیرایی میلگردهای قلابدار و در میلگردهای فوقانی نباید کمتر از ۳/۵ برابر طول گیرایی میلگردهای قلابدار منظور گردد.

۹-۲۰-۴-۴-۳-۴- میلگردهای مستقیمی که به یک اتصال ختم می‌شوند 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 ۱/٦ 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_r و V_u در این رابطه باید بر طبق ضوابط بندهای ۹-۲۰-۴-۵-۱-۲ تا ۹-۲۰-٤-۵-۱-٤ 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 ـ 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 پلاستیکی 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 ـ 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 ۹-۲۰-٤-۵-۱-۲ 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 رابطه۹- ۱۲-۲ محاسبه شود. در اعضایی از قاب که در آن نیروی فشار محوری کمتر از $0.075\phi_c f'_c A_g$ باشند و نیروی برشی ناشی از زلزله در نواحی بحرانی‌تیرها، مطابق بند ۹-۲۰-٤-۵-۱-۳، در نواحی l_0، ستون‌ها، مطابق بند ۹-۲۰-٤-۲-۳-۱، بزرگتر

ازنصف 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 مفصل‌های پلا ستیکی ایجاد شده در دو انتهای عضو بر طبق ضوابط بند ۹-۲۰-٤-۵-۱-۲ است.

۹-۲۰-۴-۵-۱-۵- خاموت‌هایی که برای مقاومت در برابر برش بهکار برده می‌شوند، در قسمت‌های خاصی از عضو که در بندهای ۹-۲۰-٤-۱-۳ و ۹-۲۰-٤-۲-۳ و ۹-۲۰-٤-۲-۲ مشخص شده‌اند، باید از نوع تنگ ویژه باشند.

۹-۲۰-۴-۵-۲- دیوارهای سازه‌ای و دیافراگمها

۹-۲۰-۴-۵-۲-۱- در دیوارهای سازه‌ای و دیافراگمها، کنترل حالت حدی نهایی مقاومت در برش باید بر اساس رابطه زیر صورت گیرد:

(۹-۲۰-۸)

$$V_u \le \phi_n . V_r$$

دراین رابطه V_u نیروی برشی نهایی است که از تحلیل سازه زیر 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 ۹-۲۰-٤-۵-۲-۲ محاسبه می‌شود. ϕ_n ضریب اصلاحی مقاومت است که دراین قطعات مساوی با ۷/۰ منظور می‌گردد.

۹-۲۰-۴-۵-۲-۲- 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 α_c ضریبی است که به شرح زیر در نظر گرفته می‌شود:

الف ـ در دیوارها و دیافراگم‌هایی که در آنها نسبت $\frac{h_w}{l_w}$ بزرگتر یا مساوی ۲ است، $a_c = 1$

ب ـ در دیوارها و دیافراگم‌هایی که در آنها نسبت $\frac{h_w}{l_w}$ کوچکتر یا مساوی ۱/۵ است، $a_c = 1.5$

پ ـ در دیوارها و دیافراگم‌هایی که در آنها نسبت $\frac{h_w}{l_w}$ بین ۱/۵ و ۲ است، ضریب α_c با درونیابی خطی بین اعداد فوق تعیین می‌شود.

۹-۲۰-۴-۵-۲-۳-در تعیین مقاومت برشی نهایی مقطع درقطعات یک دیوار یا یک دیافراگم مقدار ضریب α_c باید برای بیشترین مقدار $\frac{h_w}{l_w}$ در کل دیوار یا دیافراگم و در قطعه مورد نظر محاسبه شود.

۹-۲۰-۴-۵-۲-۴- میلگردهای برشی در دیوار یا دیافراگم باید در صفحه دیوار یا دیافراگم در دو جهت عمود بر هم توزیع شوند به طوری که در این دو جهت مقاومت برشی ایجاد نمایند. در مواردی که نسبت $\frac{h_w}{l_w}$ کمتر از ۲ است نسبت میلگرد قائم، ρ_v ، نباید کمتر از نسبت میلگرد افقی برشی، ρ_n ، در نظر گرفته شوند.

۹-۲۰-۴-۵-۲-۵- مقاومت برشی نهایی مقطع، V_r ، در دیوارهایی که متشکل از تعدادی پایه‌های دیوار گونه‌اند و بطور مشترک نیروی جانبی واحدی را تحمل می‌کنند نباید بیشتر از $4A_{cv}V_c$ در نظر گرفته شود. در این دیوارها مقاومت برش نهایی مقطع هر پایه دیوار گونه نیز نباید بیشتر از $5A_{cp}v_c$ منظور گردد.

A_{cp} سطح مقطع هر پایه دیوارگونه و A_{cv} مجموع سطح مقطع‌های این پایه‌هاست.

۹-۲۰-۴-۵-۲-۶- مقاومت برش نهایی مقطع در قطعات افقی در دیوارها، نظیر تیرهای رابط در دیوارهای همبسته نباید بیشتراز $5A_{cp}v_c$ در نظر گرفته شود. A_{cp} سطح مقطع قطعه افقی دیوار است.

۹-۲۰-۴-۶- اعضایی ازقاب‌ها که برای تحمل نیروهای زلزله طراحی نمی‌شوند

۹-۲۰-۴-۶-۱- اعضایی از قاب‌ها که برای تحمل نیروهای زلزله به کار گرفته نمی‌شوند باید با توجه به لنگرهای

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 ۹-۲۰-٤-٦-۱-۱ و ۹-۲۰-٤-٦-۱-۱- طراحی شوند.

۹-۲۰-۴-۶-۱-۱- چنانچه لنگرخمشی ایجاد شده در عضو بیشتر از لنگر خمشی مقاوم عضو، M_r ، باشد در اعضای خمشی باید ضابطه آرماتورگذاری طولی بند ۹-۲۰-٤-۱-۲-۱ و در اعضای تحت فشار و خمش باید ضوابط آرماتورگذاری عرضی بند ۹-۲۰-٤-۲-۳ 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 لنگرخمشی ایجاد شده در عضو کمتر از لنگرخمشی مقاوم عضو، M_r ، باشد در اعضای خمشی باید ضابطه آرماتورگذاری طولی بند ۹-۲۰-٤-۱-۲-۱رعایت شود.

۹-۲۰-۴-۶-۲- تمامی اعضای تحت فشار و خمش که در آنها ضوابط آرماتورگذاری عرضی مطابق بند ۹-۲۰-٤-۲-۳ رعایت نشده باشد، باید مطابق ضوابط بندهای ۹-۲۰-٤-٦-۲-۱ تا ۹-۲۰-٤-٦-۲-۳ آرماتورگذاری شوند.

۹-۲۰-۴-۶-۲-۱- خاموت‌ها باید دارای قلاب‌های با زاویه حداقل ۱۳۵ درجه و طول مستقیم به اندازه حداقل ٦ برابر قطر خامت‌ها یا ٦۰ میلیمترباشد. استفاده از قلاب‌های دوخت مطابق تعریف این فصل نیز بلامانع است.

۹-۲۰-۴-۶-۲-۲- در دو انتهای عضو در طولی برابر با l_0 ، مطابق تعریف بند ۹-۲۰-٤-۲-۳-۱، فاصله سفره‌های آرماتور عرضی از یکدیگر نباید بیشتر از مقادیر زیر در نظر گرفته شود:

الف ـ ۸ برابر قطر کوچکترین میلگرد طولی

ب ـ ۲٤ برابر قطر خاموت‌ها

پ ـ نصف کوچکترین ضلع مقطع عضو

فاصله اولین خاموت از بر اتصال عضو به تیر نباید بیشتر از نصف مقادیر فوق در نظر گرفته شود.

۹-۲۰-۴-۶-۲-۳- 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.