

**مرجع دانشجویان و مهندسان عمران و معماری**

**سایت سیویلان**



**[www.civilan.ir](http://www.civilan.ir)**



وزارت مسکن و شهرسازی  
معاونت امور مسکن و ساختمان

# مقررات ملّی ساختمان ایران

## مبحث نهم

### طرح و اجرای ساختمان‌های بتن‌آرم‌ه

۱۳۸۸

دفتر امور مقررات ملّی ساختمان

بسم الله تعالى

## پیش‌گفتار

مقررات ملی ساختمان ایران، به عنوان فرآگیرترین ضوابط موجود در عرصه ساختمان، بی‌تردید نقش مؤثری در نیل به‌اهداف عالی تأمین ایمنی، بهداشت، سلامت و صرفه اقتصادی فرد و جامعه دارد و رعایت آن ضمن تأمین اهداف مذکور موجب ارتقای کیفیّت و افزایش عمر مفید ساختمان‌ها می‌گردد. براساس این اهمیت، تدوین مقررات ملی ساختمان که به‌عنوان نقطه عطفی در تاریخ مهندسی ساختمان کشور محسوب می‌شود بیش از دو دهه است که توسط وزارت مسکن و شهرسازی آغاز و با مشارکت جامعه مهندسی کشور و در قالب شورای تدوین مقررات ملی ساختمان و کمیته‌های تخصصی مباحث، سازماندهی و بی‌وقفه سیر تکامل خود را طی نموده است. در این مسیر ضمن تکمیل و تجدیدنظر مباحث از پیش تعریف شده و مطابقت آنها با مقتضیات شرایط کشور از حیث اقتصادی، فنی، فرهنگی و اجتماعی، تدوین مباحث جدیدی هم در دستور کار قرار گرفته است که پس از تدوین نهایی و طی مراحل تصویب در اختیار جامعه مهندسی قرار خواهد گرفت.

در حال حاضر مدارک فنی متعددی نظیر مقررات ملی ساختمان، آیین‌نامه‌ها، استانداردها و مشخصات فنی در کشور منتشر می‌شود و استفاده کنندگان لازم است به تفاوت‌های آنها از نظر هدف از تهیه هر مدرک، لازم‌الاجرا بودن، قلمرو، حدود تفصیل، محتوا و سایر ویژگی‌های خاص هر مدرک توجه داشته باشند که در مورد مقررات ملی ساختمان می‌توان ویژگی‌های زیر را برشمود:

- «مقررات ملی ساختمان» در سراسر کشور لازم‌الاجرا است.
- احکام «مقررات ملی ساختمان» به‌طور خلاصه و اجمالی تدوین می‌شود.
- با توجه به الزامی بودن «مقررات ملی ساختمان» این مقررات فاقد موارد توصیه‌ای و راهنمایی است.
- «مقررات ملی ساختمان» بر هرگونه عملیات ساختمان نظیر تخریب، احداث بنا، تغییر کاربری، توسعه بنا، تعمیر اساسی و نظایر آن حاکم است.

مقررات تدوین شده به خودی خود متضمن کیفیت ساختمان‌ها نیستند بلکه در کنار تدوین مقررات مذکور توجه به امر ترویج و آموزش آن در میان جامعه مهندسی کشور به طور خاص و دانشجویان، دانشآموزان و آحاد مردم به طور عام از یکسو و ایجاد نظامی کارآمد برای اعمال و کنترل این مقررات و تنظیم روابط دخیل در امر ساخت و ساز، مسئولیت‌ها، شرح وظایف و مراحل قانونی اقدامات احداث، توسعه بنا، تغییر کاربری و سایر موارد مربوط به ساختمان از طرف دیگر، باید همواره به عنوان راهکارها و ضمانت‌های اجرایی این مقررات مد نظر سیاست‌گزاران، مجریان و دست‌اندرکاران ساخت و ساز قرار گیرد.

با تصویب قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان و در اجرای مفاد آن به ویژه مواد ۳۳ و ۳۴ قانون مذکور، وضع مقررات ملی ساختمان و الزام به رعایت آنها در طراحی، محاسبه، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری ساختمان‌ها به منظور اطمینان از این‌منی، بهداشت، بهره‌دهی مناسب، آسایش و صرفة اقتصادی، این اطمینان را در میان مهندسان و صاحبان حرفة‌های ساختمانی به وجود می‌آورد که با پشت‌گرمی، بهایفای وظیفه‌ای که در توسعه و آبادانی کشور دارند مبادرت ورزند و از این رهگذر، سهم خود را در تحقق آرمان‌های والای انقلاب عینیت بخشدند.

فرصت را مغتنم شمرده از اعضای محترم شورای تدوین مقررات ملی ساختمان و کمیته‌های تخصصی و سایر کسانی که به‌نحوی در تدوین، ترویج و کنترل اعمال مقررات ملی ساختمان در کشور کوشش می‌نمایند سپاسگزاری نموده و از اساتید، صاحب نظران، مهندسان و کلیه دست‌اندرکاران ساخت و ساز انتظار دارد با نظرات و پیشنهادات خود این دفتر را در غنای هرچه بیشتر مقررات مذکور یاری رسانند.

**غلامرضا هوائی**  
**مدیر کل امور مقررات ملی ساختمان**

## مقدمه

وزارت مسکن و شهرسازی در اجرای قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان، امور مقررات ملی ساختمانی ایران را بر عهده دارد.

این مقررات به عنوان بخشی از مدارک فنی ساختمانی محسوب می‌شود و حاوی ضوابط حداقل برای طراحی، اجرا و نگهداری ساختمان است. مقررات ملی ساختمان، دارای اصول مشترک و متحداً شکل در کشور است و رعایت ضوابط آنها لازم‌الاجرا است. مبحث نهم مقررات ملی ساختمان به «طرح و اجرای ساختمان‌های بتن آرمه» اختصاص دارد. پیش از این مدارک و مستندات دیگری در مورد اصول طراحی و اجرای ساختمان‌های بتن آرمه در کشور منتشر شده بود که مهمترین آن نشریه شماره ۱۲۰ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری با عنوان «آیین‌نامه بتن ایران» و تفسیر آن می‌باشد.

در تدوین مبحث نهم، مقررات ملی استفاده شده و ملاحظات مربوط به سازه‌های مقاوم در برابر زلزله نیز در همه بخش‌ها منظور شده است. همچنین شرایط ساخت و ساز کشور و نیز محدوده پروژه‌های مشمول مقررات ملی ساختمان که بیشتر جنبه‌های شهری را دربر می‌گیرد مدنظر بوده است.

علايم اختصاری به کار رفته در این مبحث به نحوی اختیار شده است که هماهنگ با علایم و اختصارات متحداً شکل مورد تأیید سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO) می‌باشد و واژه‌ها و عناوین نیز هماهنگ با سایر آیین‌نامه‌های ملی در این زمینه می‌باشد.

### کمیته تخصصی

مبحث نهم «طرح و اجرای ساختمان‌های بتن آرمه»



## هیأت تدوین کنندگان مبحث نهم «طرح و اجرای ساختمان‌های بتن آرمه»

### (الف) شورای تدوین مقررات ملی ساختمان

عضو	دکتر محمدتقی احمدی
عضو	دکتر محمدحسن بازیار
عضو	دکتر محسن تهرانی‌زاده
عضو	مهندس علی‌اصغر جلال‌زاده
رئیس	مهندس منوچهر خواجه‌دلوبی
عضو	دکتر علی‌اکبر رمضانیانپور
عضو	دکتر علیرضا رهایی
عضو	دکتر اصغر ساعدسیعی
عضو	مهندس حسین شیخ زین‌الدین
عضو	مهندس شاپور طاحونی
عضو	دکتر محسن غفوری‌آشتیانی
عضو	دکتر محمود گلابچی
عضو	دکتر شاهرخ مالک
دبیر	دکتر غلامرضا هوائی

### (ب) کمیته تخصصی و کاری مبحث نهم «طرح و اجرای ساختمان‌های بتن آرمه»

عضو	دکتر حمیدرضا اشرفی
عضو	دکتر عباسعلی تسنیمی
عضو	دکتر فرزاد حاتمی‌برق
عضو	مهندس حمیدرضا خاشعی
عضو	دکتر علی‌اکبر رمضانیانپور
رئیس و تنظیم‌کننده نهایی	دکتر علیرضا رهایی
عضو	مهندس شاپور طاحونی
عضو	دکتر امیر طریقت
عضو	دکتر ابوالقاسم کرامتی
عضو	دکتر علی‌اکبر مقصودی
عضو	مهندس پژمان وهاب‌کاشی



## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۳	کلیات ۱-۹
	۱-۱ هدف، ۳
	۲-۱ دامنه کاربرد، ۳
	۳-۱ مبانی طراحی، ۴
	۴-۱ ضوابط خاص برای تأمین ایمنی در برابر زلزله، ۴
	۵-۱ واحدها، ۵
	۶-۱ علایم و اختصارات، ۵
۷	شرایط کلی ارایه و تصویب طرح و نظارت ۲-۹
	۱-۲ ارایه طرح و محاسبه، نقشه‌ها و مدارک فنی، ۷
	۲-۲ نظارت و بازرگانی، ۹
	۳-۲ آزمایش بارگذاری، ۱۲
	۴-۲ تصویب روش‌های خاص طراحی یا اجرا، ۱۲
۱۵	مصالح بتن ۳-۹
	۱-۳ کلیات، ۱۵
	۲-۳ سیمان، ۱۵
	۳-۳ سنگدانه، ۲۸
	۴-۳ آب، ۳۹
	۵-۳ مواد افزودنی، ۴۱
	۶-۳ مواد جایگزین سیمان، ۴۵
۴۹	میلگردهای فولادی ۴-۹
	۰-۴ علایم اختصاری، ۴۹
	۱-۴ تعاریف، ۵۱
	۲-۴ استانداردهای مشخصات و آزمون‌های میلگرد، ۵۱

<p>٦٥</p> <p>٧٥</p> <p>١٠٩</p>	<p>٣ - ٤ - ٩ طبقه‌بندی میلگردها از نظر روش ساخت، ٥٢          ٤ - ٤ - ٩ طبقه‌بندی میلگردها از نظر مکانیکی، ٥٢          ٥ - ٤ - ٩ رده‌بندی مکانیکی میلگردهای فولادی، ٥٣          ٦ - ٤ - ٩ مشخصات هندسی میلگردها، ٥٤          ٧ - ٤ - ٩ مشخصات مکانیکی میلگردها، ٥٥          ٨ - ٤ - ٩ سایر مشخصات، ٥٩          ٩ - ٤ - ٩ تواتر نمونه‌برداری، ٦٠          ١٠ - ٤ - ٩ جوش‌پذیری، ٦٠          ١١ - ٤ - ٩ نشانه‌گذاری و بسته‌بندی میلگردها، ٦١          ١٢ - ٤ - ٩ گواهینامه فنی، ٦٢          ١٣ - ٤ - ٩ ضوابط حمل و نقل، انبار کردن و نگهداری، ٦٢</p> <p>٥ - ٩ استانداردهای مشخصات و آزمایش‌ها          ٥ - ٩ - ١ استانداردهای مربوط به این مبحث، ٦٥</p> <p>٦ - ٩ کیفیت بتن          ٠ - ٦ - ٩ علایم اختصاری، ٧٥          ١ - ٦ - ٩ کلیات، ٧٦          ٢ - ٦ - ٩ میانی تعیین نسبت‌های اختلاط بتن، ٧٨          ٣ - ٦ - ٩ پایایی بتن، ٧٩          ٤ - ٦ - ٩ تعیین نسبت‌های اختلاط براساس تجربه کارگاهی و مخلوط‌های آزمایشی، ٩٣          ٥ - ٦ - ٩ ارزیابی و پذیرش بتن، ٩٨          ٦ - ٦ - ٩ بررسی بتن‌های با مقاومت کم یا دوام کم، ١٠٣          ٧ - ٦ - ٩ کنترل و بازرگانی، ١٠٥</p> <p>٧ - ٩ اختلاط بتن و بتن‌ریزی          ١ - ٧ - ٩ نیروی انسانی تجهیزات و آماده‌سازی محل بتن‌ریزی، ١٠٩          ٢ - ٧ - ٩ اختلاط بتن، ١١٠          ٣ - ٧ - ٩ انتقال بتن، ١١٣          ٤ - ٧ - ٩ بتن‌ریزی، ١١٥          ٥ - ٧ - ٩ ماله‌کشی و پرداخت بتن، ١١٨</p>
--------------------------------	---

۱۳۵	آرماتوربندی ۸ - ۹ ۱ - ۸ - ۹ مشخصات و شرایط اجرایی، ۱۳۵ ۲ - ۸ - ۹ جزییات آرماتوربندی، ۱۳۸
۱۴۱	ضوابط قالببندی در بتن، لوله‌ها و مجراهای مدفون و درزهای بتن ۹ - ۹ ۰ - ۹ علایم اختصاری، ۱۴۱ ۱ - ۹ - ۹ کلیات، ۱۴۲ ۲ - ۹ - ۹ مصالح مصرفی در قالب، ۱۴۶ ۳ - ۹ - ۹ ضوابط طراحی قالب، ۱۴۶ ۴ - ۹ - ۹ اجرای قالب، ۱۴۸ ۵ - ۹ - ۹ قالب برای بتن ریزی در زیر آب، ۱۵۳ ۶ - ۹ - ۹ لوله‌ها و مجراهای مدفون در بتن، ۱۵۴ ۷ - ۹ - ۹ درزهای بتن، ۱۵۶
۱۵۹	اصول تحلیل و طراحی ۱۰ - ۹ ۰ - ۹ علایم اختصاری، ۱۵۹ ۱ - ۱۰ - ۹ گستره، ۱۶۱ ۲ - ۱۰ - ۹ اهداف طراحی، ۱۶۱ ۳ - ۱۰ - ۹ روش طراحی، ۱۶۲ ۴ - ۱۰ - ۹ ضرایب ایمنی، ۱۶۳ ۵ - ۱۰ - ۹ اعضای سازه، ۱۶۳ ۶ - ۱۰ - ۹ اصول تحلیل، ۱۶۵ ۷ - ۱۰ - ۹ مشخصات مصالح، ۱۶۶ ۸ - ۱۰ - ۹ مشخصات هندسی، ۱۶۸ ۹ - ۱۰ - ۹ بارگذاری، ۱۶۹ ۱۰ - ۱۰ - ۹ طراحی در حالت حدی نهایی مقاومت، ۱۶۹

۱۷۲	۱۱-۹ کنترل در حالت حدی بهره‌برداری، ۱۷۱ ۱۱-۹ خمش و بارهای محوری ۱۱-۹ عالیم اختصاری، ۱۷۳ ۱۱-۹ گستره، ۱۷۵ ۱۱-۹ حالت حدی نهایی مقاومت در خمش و نیروی محوری، ۱۷۶ ۱۱-۹ فرضیات طراحی مقطع، ۱۷۷ ۱۱-۹ ضوابط کلی طراحی، ۱۷۸ ۱۱-۹ محدودیت‌های آرماتورها در قطعات خمشی، ۱۷۹ ۱۱-۹ ضوابط تیرهای T شکل و تیرچه‌های بتنی، ۱۸۱ ۱۱-۹ فاصله تکیه‌گاه‌های جانبی قطعات خمشی، ۱۸۴ ۱۱-۹ ابعاد طراحی برای قطعات فشاری، ۱۸۴ ۱۱-۹ محدودیت‌های آرماتورها در قطعات فشاری (ستون‌ها)، ۱۸۵ ۱۱-۹ مقاومت اتکایی، ۱۸۸ ۱۱-۹ محدودیت‌های فولادگذاری جهت اعضای خمشی یا فشاری، ۱۸۸
۱۹۳	۱۲-۹ برش و پیچش ۱۲-۹ عالیم اختصاری، ۱۹۳ ۱۲-۹ گستره، ۱۹۷ ۱۲-۹ حالت حدی نهایی مقاومت در برش، ۱۹۷ ۱۲-۹ نیروی برشی مقاوم تأمین شده توسط بتن، ۱۹۸ ۱۲-۹ نیروی برشی تأمین شده توسط آرماتورها، ۲۰۰ ۱۲-۹ ضوابط کلی طراحی برای برش، ۲۰۲ ۱۲-۹ محدودیت‌های آرماتورهای برشی، ۲۰۳ ۱۲-۹ حالت حدی نهایی پیچش، ۲۰۵ ۱۲-۹ لنگر پیچشی مقاوم تأمین شده توسط آرماتورهای پیچشی، ۲۰۶ ۱۲-۹ ترکیب پیچش و خمش - پیچش و برش، ۲۰۷ ۱۲-۹ محدودیت‌های آرماتورهای پیچشی، ۲۰۸ ۱۲-۹ لنگرپیچشی نهایی در اعضای سازه‌های نامعین، ۲۰۹

۱۲-۹ جزییات تکمیلی آرماتورهای عرضی، ۲۱۰

۱۳-۹ برش اصطکاکی، ۲۱۲

۱۴-۹ ضوابط ویژه برای اعضای خمشی با ارتفاع زیاد (تیرهای عمیق)، ۲۱۶

۱۵-۹ ضوابط ویژه برای دستکها و شانه‌ها، ۲۱۸

۱۶-۹ ضوابط ویژه برای دیوارها، ۲۲۱

۱۷-۹ ضوابط ویژه برای دالها و پی‌ها، ۲۲۴

۱۸-۹ ضوابط ویژه برای اتصالات قاب‌ها، ۲۳۱

### ۱۳-۹ آثار لاغری - کمانش ۲۳۳

۰-۱۳-۹ علایم اختصاری، ۲۳۳

۱-۱۳-۹ گستره، ۲۳۵

۲-۱۳-۹ کلیات، ۲۳۶

۳-۱۳-۹ طبقات مهارشده جانبی، ۲۳۷

۴-۱۳-۹ طول آزاد قطعات فشاری، ۲۳۷

۵-۱۳-۹ طول مؤثر قطعات فشاری، ۲۳۸

۶-۱۳-۹ شعاع ژیراسیون، ۲۳۹

۷-۱۳-۹ ضوابط اثر لاغری، ۲۳۹

۸-۱۳-۹ روش تشید لنگرهای خمشی، ۲۴۰

۹-۱۳-۹ حداقل برونو محوری بار، ۲۴۴

۱۰-۱۳-۹ اثر لاغری در قطعات فشاری تحت اثر خمش دو محوره، ۲۴۴

۱۱-۱۳-۹ تشید لنگر خمشی در قطعات خمشی متصل به قطعات فشاری، ۲۴۵

### ۱۴-۹ تغییرشکل و ترک خوردگی ۲۴۷

۰-۱۴-۹ علایم اختصاری، ۲۴۷

۱-۱۴-۹ گستره، ۲۴۹

۲-۱۴-۹ تغییرشکل، ۲۴۹

۳-۱۴-۹ ترک خوردگی‌ها، ۲۵۵

### ۱۵-۹ طراحی دالها ۲۵۹

۰-۱۵-۹ علایم اختصاری، ۲۵۹

۱-۱۵-۹ گستره، ۲۶۰

۲۶۱ - ۹ - ۲ تعاریف،

۲۶۲ - ۹ - ۳ ضوابط کلی طراحی دالها،

۲۶۶ - ۹ - ۴ آرماتورگذاری در دالها،

۲۷۱

۱۶ - ۹ - دیوارها

۲۷۱ - ۹ - ۰ علایم اختصاری،

۲۷۱ - ۹ - ۱ گستره،

۲۷۲ - ۹ - ۲ تعاریف،

۲۷۲ - ۹ - ۳ ضوابط کلی طراحی،

۲۷۳ - ۹ - ۴ محدودیت آرماتورها،

۲۷۵ - ۹ - ۵ دیوارهای باربر،

۲۷۷ - ۹ - ۶ دیوارهای برشی،

۲۷۷ - ۹ - ۷ دیوارهای حائل،

۲۷۹

۱۷ - ۹ - پی‌ها

۲۷۹ - ۹ - ۰ علایم اختصاری،

۲۸۰ - ۹ - ۱ گستره،

۲۸۰ - ۹ - ۲ تعاریف،

۲۸۲ - ۹ - ۳ ضوابط کلی طراحی،

۲۸۳ - ۹ - ۴ ضوابط تعیین بارهای وارد بر پی‌ها،

۲۸۷ - ۹ - ۵ آرماتورهای پی‌ها و شمع‌ها و محدودیت‌های آنها،

۲۹۰ - ۹ - ۶ انتقال نیرو از پای ستون، دیوار یا ستون پایه بتنی به پی،

۲۹۱ - ۹ - ۷ محدود کردن حرکت نسبی پی‌ها،

۲۹۲ - ۹ - ۸ آرماتورهای حرارت و جمع‌شدگی در پی‌ها،

۲۹۵

۱۸ - ۹ - مهار و وصله آرماتورها

۲۹۵ - ۹ - ۰ علایم اختصاری،

۲۹۶ - ۹ - ۱ گستره،

۲۹۷ - ۹ - ۲ مهار میلگردها،

۳۰۳ - ۹ - ۳ ضوابط مهار آرماتورهای خمشی،

۳۰۸ - ۹ - ۴ وصله میلگردها،

۳۱۵	۱۹-۹ ضوابط ویژه طراحی در برابر حریق ۰-۱۹-۹ علایم اختصاری، ۳۱۵ ۱-۱۹-۹ گستره، ۳۱۵ ۲-۱۹-۹ مدت زمان مقاومت در برابر حریق، ۳۱۶ ۳-۱۹-۹ اثر تغییرات درجه حرارت بر مقاومت مصالح مصرفی، ۳۱۶ ۴-۱۹-۹ ملاحظات طراحی، ۳۱۸
۳۲۳	۲۰-۹ ضوابط ویژه برای طراحی در برابر زلزله ۰-۲۰-۹ علایم اختصاری، ۳۲۳ ۱-۲۰-۹ گستره، ۳۲۵ ۲-۲۰-۹ ضوابط کلی طراحی، ۳۲۶ ۳-۲۰-۹ ضوابط سازه‌های با شکل پذیری متوسط، ۳۲۳ ۴-۲۰-۹ ضوابط سازه‌های با شکل پذیری زیاد، ۳۳۹

### فهرست شکل‌ها

۲۷۰	۱-۱۵-۹ شکل
-----	------------

### فهرست جدول‌ها

۱۷	جدول ۱-۳-۹
۱۸	جدول ۲-۳-۹
۱۹	جدول ۳-۳-۹
۲۳	جدول ۴-۳-۹

۲۴	جدول ۹ - ۳ - ۹
۲۴	جدول ۹ - ۳ - ۹
۲۶	جدول ۹ - ۳ - ۹
۲۶	جدول ۹ - ۳ - ۹
۲۷	جدول ۹ - ۳ - ۹
۲۹	جدول ۱۰ - ۳ - ۹
۳۰	جدول ۱۱ - ۳ - ۹
۳۱	جدول ۱۲ - ۳ - ۹
۳۲	جدول ۱۳ - ۳ - ۹
۳۳	جدول ۱۴ - ۳ - ۹
۳۴	جدول ۱۵ - ۳ - ۹
۳۵	جدول ۱۶ - ۳ - ۹
۳۶	جدول ۱۷ - ۳ - ۹
۴۲	جدول ۱۸ - ۳ - ۹
۴۶	جدول ۱۹ - ۳ - ۹
۵۱	جدول ۱ - ۴ - ۹
۵۳	جدول ۲ - ۴ - ۹
۵۶	جدول ۳ - ۴ - ۹
۵۷	جدول ۴ - ۴ - ۹
۵۸	جدول ۵ - ۴ - ۹
۶۰	جدول ۶ - ۴ - ۹
۷۷	جدول ۱ - ۰ - ۶ - ۹
۷۷	جدول ۲ - ۰ - ۶ - ۹
۷۷	جدول ۳ - ۰ - ۶ - ۹
۸۴	جدول ۱ - ۶ - ۹
۸۵	جدول ۲ - ۶ - ۹
۸۸ و ۸۷	جدول ۳ - ۶ - ۹ - الف
۹۰ و ۸۹	جدول ۳ - ۶ - ۹ - ب
۹۱	جدول ۴ - ۶ - ۹
۹۲	جدول ۵ - ۶ - ۹
۹۵	جدول ۶ - ۶ - ۹

۹۶	جدول ۷-۶-۹
۱۰۲	جدول ۸-۶-۹
۱۰۷ و ۱۰۶	جدول ۹-۶-۹
۱۲۱	جدول ۱-۷-۹
۱۲۸	جدول ۲-۷-۹
۱۳۳	جدول ۳-۷-۹
۱۴۵ و ۱۴۴	جدول ۱-۹-۹
۱۵۱	جدول ۲-۹-۹
۱۷۱	جدول ۱-۱۰-۹
۲۵۳	جدول ۱-۱۴-۹
۲۵۴	جدول ۲-۱۴-۹
۲۵۴	جدول ۳-۱۴-۹
۲۹۹	جدول ۱-۱۸-۹
۳۱۷	جدول ۱-۱۹-۹
۳۱۷	جدول ۲-۱۹-۹
۳۱۹	جدول ۳-۱۹-۹
۳۲۰	جدول ۴-۱۹-۹
۳۲۱	جدول ۵-۱۹-۹
۳۲۲	جدول ۶-۱۹-۹
۳۲۲	جدول ۷-۱۹-۹



## بحث نهم

### طرح و اجرای ساختمان‌های بتن‌آرمه

۳	کلیات ۱-۹
۷	شرایط کلی ارایه و تصویب طرح و نظارت ۲-۹
۱۵	مصالح بتن ۳-۹
۴۹	میلگرددهای فولادی ۴-۹
۶۵	استانداردهای مشخصات و آزمایش‌ها ۵-۹
۷۵	کیفیت بتن ۶-۹
۱۰۹	اختلاط بتن و بتن‌ریزی ۷-۹
۱۳۵	آرماتوربندی ۸-۹
	ضوابط قالببندی در بتن، لوله‌ها و مجراهای مدفون ۹-۹
۱۴۱	و درزهای بتن
۱۵۹	اصول تحلیل و طراحی ۱۰-۹
۱۷۳	خمش و بارهای محوری ۱۱-۹
۱۹۳	برش و پیچش ۱۲-۹
۲۳۳	آثار لاغری - کمانش ۱۳-۹
۲۴۷	تغییرشکل و ترک خوردگی ۱۴-۹
۲۵۹	طراحی دال‌ها ۱۵-۹
۲۷۱	دیوارها ۱۶-۹
۲۷۹	پی‌ها ۱۷-۹
۲۹۵	مهار و آرماتورها ۱۸-۹
۳۱۵	ضوابط ویژه طراحی در برابر حریق ۱۹-۹
۳۲۳	ضوابط ویژه برای طراحی در برابر زلزله ۲۰-۹
۳۶۵	فهرست مراجع



## ۱ - ۹ کلیات

### ۱ - ۱ - ۹ هدف

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

### ۱ - ۲ - ۹ دامنه کاربرد

ضوابط و مقررات این مبحث باید در طرح ، محاسبه ، اجرا و کنترل مشخصات مواد تشکیل‌دهنده و کیفیت اجرای ساختمان‌های بتُنی که رعایت ضوابط مقررات ملی ساختمان، مطابق آنچه که در مبحث دوم این مقررات یادآور شده در آنها الزامی است، رعایت شوند و حاوی ضوابط و مقررات مربوط به سازه‌های بتُن آرمه‌ای است که با سنگدانه‌های معمولی و سیمان پرتلند یا سیمان آمیخته ساخته می‌شوند و مقاومت مشخصه آنها حداقل برابر ۲۰ مگاپاسکال می‌باشد.

**مبحث نهم****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 بر سازه 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، نسبت آب به سیمان، نوع و کیفیت سنگدانه‌ها، حداکثر مقدار مواد زیان‌آور در مواد تشکیل‌دهنده بتن، نسبت‌های اختلاط، شرایط ریختن و جا دادن بتن، عمل آوردن و مراقبت بتن، ضخامت پوشش بتن و درزهای ساختمانی، تأمین می‌شود.

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

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

---

۱-۹ کلیات**۱-۹ واحدها**

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

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

- (الف) برای طول متر (m) و سانتی‌متر (cm) و میلی‌متر (mm)
- (ب) برای سطح، مترمربع ( $m^2$ ) و میلی‌متر مربع ( $mm^2$ )
- (پ) برای بارهای متمرکز و وزن، کیلونیوتن (kN) و دکانیوتن (dkN) و برای بارهای گسترده خطی ، کیلونیوتن بر متر ( $kN/m$ ) و برای بارهای گسترده در سطح، کیلونیوتن بر مترمربع ( $kN/m^2$ ) ، برابر با یک کیلوپاسکال (kPa)
- (ت) برای جرم مخصوص (جرم واحد حجم)، کیلوگرم بر متر مکعب ( $kg/m^3$ )
- (ث) برای وزن مخصوص (وزن واحد حجم)، کیلونیوتن بر متر مکعب ( $kN/m^3$ )
- (ج) برای تنش‌ها و مقاومت‌ها، مگاپاسکال (MPa)، معادل یک نیوتن بر میلی‌متر مربع، یا مگانیوتن بر مترمربع ( $MN/m^2$ )
- (چ) برای لنگرهای، کیلونیوتن - متر (kN.m)
- (ح) برای دما، درجه سلسیوس (سانتی‌گراد) ( $^{\circ}C$ )

**۱-۶ علایم و اختصارات**

علایم و اختصارات مورد استفاده در این مبحث به‌طور کلی به‌نحوی اختیار شده است که هماهنگ با علائم و اختصارات متحددالشکل مورد تأیید سازمان بینالمللی استاندارد (ISO) باشد.



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

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

۹-۲-۱-۱ نقشه‌های سازه‌های بتن آرمه باید بر مبنای نقشه‌های معماری، که در آن تمامی اندازه‌ها، ارتفاع‌ها و سایر ویژگی‌های اصلی ساختمان به وضوح تعیین شده است، تهیه شوند. یک نسخه از نقشه‌های معماری مذکور که مبنای محاسبات سازه بتن آرمه قرار گرفته و به امضای مهندس محاسب رسیده باشد باید به نقشه‌های سازه بتن آرمه ضمیمه و به مقامات رسیدگی‌کننده تحويل شود.

۹-۲-۱-۲ همراه با نقشه‌های سازه بتن آرمه، که برای تصویب ارائه می‌شوند، باید دفترچه محاسبات فنی شامل نکات زیر ارائه شود.  
الف) ویژگی‌های اصلی بهطور اختصار و معرفی ساختمان از نظر نوع بهره‌برداری، محل اجرا، تعداد طبقات و ارتفاع.

---

مبحث نهم

---

- ب) فرضیات و مطالعات انجام شده در مورد مقاومت خاک، سطح سفره آب زیرزمینی و سایر اطلاعات ژئوتکنیکی لازم.
- پ) آبین نامه‌ها و سایر مباحث مورد استفاده.
- ت) 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 بهره‌برداری، بارهای جوی (باد و برف) و بارهای اتفاقی (زلزله و ...)
- ج) پلان‌ها و نقشه قاب‌های بارگذاری شده.
- چ) روش‌های مورد استفاده برای تحلیل و طراحی، نرم‌افزارهای مورد استفاده برای این امر و تنش‌ها و ضرایب ویژه‌ای که مبنای محاسبه قرار گرفته‌اند.
- ح) جزییات عملیات محاسباتی با افزودن کروکی‌ها و توضیحات لازم و مشخص کردن نتایج اصلی محاسباتی به صورت واضح و روشن، به‌طوری‌که رسیدگی به محاسبات تا حد امکان آسان باشد. در صورت به کار بردن روش‌های رایانه‌ای باید مشخصات و مبنای برنامه‌های مورد استفاده، فرض‌ها، داده‌های اولیه و نتایج به‌دست آمده ضمیمه دفترچه محاسبه شوند.

**۹ - ۱ - ۲ - ۳** بسته به مورد، دو نوع نقشه برای اجرای ساختمان‌ها تهیه می‌شوند:

**۹ - ۱ - ۲ - ۳ - ۱** نقشه‌های اجرایی، که علاوه بر اطلاعات نقشه‌های محاسباتی، شامل جزییات اجرایی سازه از قبیل قطر، تعداد و طول میلگردها، محل قطع و وصلة کردن آنها، نوع وصله‌ها و نظایر آن هستند، به‌طوری‌که اجرای سازه به کمک این نقشه‌ها بدون ابهام میسر باشد. نقشه‌های اجرایی سازه‌های بتن آرمه با رعایت شرایط زیر باید توسط مهندس محاسب صلاحیت‌دار تهیه و به مقامات رسیدگی‌کننده تسلیم شود:

- الف) نقشه‌ها باید با اطلاعات کافی و به‌طور واضح و با مقیاس قابل قبول تهیه شوند.
- ب) مقاومت خاک مبنای محاسبه و نیز ویژگی‌های مکانیکی بتن و فولاد باید ذکر شود.

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

پ) ابعاد و موقعیت تمام قطعات سازه‌ای، موقعیت و ابعاد تمامی بازشوها و سوراخ‌ها باید در نقشه‌ها داده شوند.

ت) جزیيات و مقاطع لازم برای تهیه نقشه‌های کارگاهی، قطر میلگردها، محل خم، قطع و وصله کردن آنها و اندازه‌های مربوط، باید داده شوند. قسمتی از این اطلاعات را می‌توان در جدول میلگردها قید کرد.

ث) ضخامت پوشش بتن روی میلگردها، قطر بزرگترین سنگدانه قابل مصرف در بتن و حداکثر نسبت آب به سیمان و مقاومت مشخصه بتن و فولاد باید در نقشه‌ها داده شوند.

ج) موقعیت درزهای انقطاع، انبساط، اجرایی و جزیيات 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 پرونده ساختمان ضرورت ندارد مگر موقعی که قسمتی از اطلاعات مربوط به میلگردها و نقشه‌های اجرایی قید نشده و تنها در این جدول‌ها به آنها اشاره شده باشد.

**۳ - ۱ - ۲ - ۹ نقشه‌های کارگاهی**، که متناسب با شرایط هر سازه و سازندگان آن، با استفاده از جزیيات داده شده در نقشه‌های اجرایی و با مقیاس بزرگ، برای قسمت‌های خاص و حساس سازه تهیه می‌شوند. این نقشه‌ها باید براساس نیازهای کارگاه و برمبانی نقشه‌های اجرایی، همزمان با عملیات اجرایی تهیه شوند و به تأیید دستگاه نظارت بررسند.

**۲ - ۲ - ۹ نظارت و بازرسی**

**۱ - ۲ - ۲ - ۹ اجرای سازه‌های بتن آرم**ه 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.

**مبحث نهم**

**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 نسبت‌های اختلاط مصالح بتن.

(ب) تاریخ قالب‌بندی، آرماتور‌گذاری، بتن‌ریزی و قالب‌برداری.

(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 یادشده می‌تواند جایگزین دفتر کارگاه شود.

**۹ - ۲ - ۲ - ۳** در مواقعي که دما کمتر از ۵ و یا بیشتر از ۳۲ درجه سلسیوس باشد درج ارقام کامل مربوط به دما در دفتر کارگاه ضرورت قطعی دارد. در این‌گونه موارد باید تمامی تدابیری که برای حفظ بتن از سرما و گرما به کار برده شده است در دفتر کارگاه منعکس شود.

**۹ - ۲ - 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، به‌طوری‌که هنگام مراجعت 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

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

حفظ و نگهداری شود. ضبط و نگهداری این اطلاعات به صورت رایانه‌ای برای ساختمان‌های مهم الزامی است.

**۲ - ۹ - 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 دهنده و در صورتی که معایب موجود احتمال بروز خطری برای ساختمان داشته باشند، از کمیسیون فنی بدوى (یادآوری ۲) تقاضای رسیدگی فوری کنند.

کمیسیون فنی بدوى بلافضله 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 مربوط 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 اینمی اقدام و تصمیم مقتضی اتخاذ می‌کند.

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

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

**مبحث نهم****۹ - ۲ - ۳ آزمایش بارگذاری**

**۹ - ۲ - ۱** هرگاه شرایط و وضع ساختمان طوری باشد که بازرسان ساختمان نسبت به اینمی آن تردید داشته باشند، و ارزیابی اینمی از طریق انجام محاسبات فنی به رفع ابهام و تردید منجر نشود، بازرسان می‌توانند از طریق کمیسیون فنی بدوى و تصویب کمیسیون فنی نهایی دستور آزمایش بارگذاری تمام ساختمان و قسمتی از آن را که مشکوک است صادر کنند. در این دستور باید جزئیات و مشخصات فنی و نقشه‌های لازم برای آزمایش بارگذاری اعلام شود.

**۹ - ۲ - ۲** آزمایش بارگذاری باید تحت نظر کمیسیون فنی بدوى 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 بهنحوی انجام گیرد که در صورت بروز خرابی، امنیت جانی افراد آزمایش‌کننده و سالم ماندن تجهیزات تأمین شده باشد.

**۹ - ۲ - ۴ تصویب روش‌های خاص طراحی یا اجرا**

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

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

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 بهوسیله 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 بهوسیله هیأت فنی، می‌تواند قابل قبول باشد.



### ۹ - ۳ - مصالح بتن

#### ۹ - ۳ - ۱ - کلیات

مصالح مصرفی اصلی بتن عبارتند از سیمان، مصالح سنگی درشت دانه (شن)، مصالح سنگی ریزدانه (ماسه)، و آب. علاوه بر این مصالح، مواد اصلاح‌کننده خواص بتن، یعنی مواد افزودنی، پوزولان‌ها و مواد شبه سیمانی، نیز می‌توانند در بتن استفاده شوند. بتن و مصالح آن، باید ضوابط و مشخصات مندرج در مقررات ملی ساختمان را برآورده سازند. به عبارت دیگر، بتی قابل قبول است که خود و مصالح تشکیل‌دهنده آن، ضوابط الزامی مربوط را برآورده سازند.

#### ۹ - ۳ - ۲ - سیمان

سیمان‌های مصرفی در بتن عبارتند از سیمان‌های پرتلند پنج‌گانه و سیمان‌های ویژه.

**مبحث نهم****۹ - ۳ - ۲ - ۱ سیمان‌های پرتلند**

سیمان پرتلند، سیمانی آبی است که از آسیاب کردن کلینکر، به همراه مقدار مناسب سنگ‌گچ یا سولفات کلسیم متبلور خام به دست می‌آید. به طور کلی، ویژگی‌های انواع سیمان‌های پرتلند باید با استاندارد ملی ایران به شماره ۳۸۹ مطابقت داشته باشد.

انواع سیمان‌های پرتلند عبارتند از:

- ۱) سیمان پرتلند نوع یک (I)، یا سیمان پرتلند معمولی، که با «پ-۱» نشان داده می‌شود. سیمان پرتلند نوع یک، خود به سه نوع «۱-۴۲۵»، «۱-۳۲۵» و «۱-۵۲۵» تقسیم می‌شود.
- ۲) سیمان پرتلند نوع دو (II)، یا سیمان پرتلند اصلاح شده، که با «پ-۲» نشان داده می‌شود.
- ۳) سیمان پرتلند نوع سه (III)، یا سیمان زود سخت‌شونده، که با «پ-۳» نشان داده می‌شود.
- ۴) سیمان پرتلند نوع چهار (IV)، یا سیمان با حرارت‌زاوی کم، که با «پ-۴» نشان داده می‌شود.
- ۵) سیمان پرتلند نوع پنج (V)، یا سیمان مقاوم در برابر سولفات، که با «پ-۵» نشان داده می‌شود.

**۹ - ۳ - ۲ - ۱ - ۱ مشخصات شیمیایی الزامی سیمان‌های پرتلند**

مشخصات شیمیایی الزامی سیمان‌های پرتلند مطابق جدول ۹ - ۳ - ۱ می‌باشد.

## ۳ - ۹ مصالح بتن

جدول ۳ - ۹ مشخصات شیمیایی الزامی سیمان‌های پرتلند

شماره استاندارد ملی ایران برای روش آزمون مربوط	نوع سیمان پرتلند					ویژگی شیمیایی	ردیف	
	۵	۴	۳	۲	۱			
۱۶۹۲	-	۳۵	-	-	-	حداکثر مقدار مجاز	(درصد وزنی سیمان) C۳S	
۱۶۹۲	-	۴۰	-	-	-	حداقل مقدار مجاز	(درصد وزنی سیمان) C۲S	
۱۶۹۲	۵	۷	۱۵	۸	-	حداکثر مقدار مجاز	(درصد وزنی سیمان) C۲A	
۱۶۹۲	۲۵	-	-	-	-	حداکثر مقدار مجاز	(۲C۲A + C۴AF) (C۴AF + C۲F) (درصد وزنی سیمان)	
۱۶۹۲	۳/۰۰	۲/۵۰	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰	حداکثر مقدار مجاز	کاهش وزن ناشی از سرخ شدن (درصد وزنی)	
۱۶۹۲	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	حداکثر مقدار مجاز	میزان باقیمانده نامحلول (درصد وزنی)	
۱۶۹۲	-	-	-	۲۰	-	حداقل مقدار مجاز	(درصد وزنی سیمان) SiO <sub>2</sub>	
۱۶۹۲	-	-	-	۶	-	حداکثر مقدار مجاز	(درصد وزنی سیمان) Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
۱۶۹۲	-	۶/۵	-	۶/۰	-	حداکثر مقدار مجاز	(درصد وزنی سیمان) Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
۱۶۹۲	۵	۵	۵	۵	۵	حداکثر مقدار مجاز	(درصد وزنی سیمان) MgO	
۱۶۹۲	۲/۳	۲/۳	۳/۵	۳/۰	۳/۰	حداکثر مقدار مجاز	%۸ C۲A ≤	۱۱
	-	-	۴/۵	-	۳/۵		%۸ C۲A >	
							SO <sub>3</sub> (درصد وزنی سیمان)	

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

مبحث نهم**۹ - ۳ - ۲ - ۱ - ۲ - مشخصات فیزیکی الزامی سیمان‌های پرتلند**

مشخصات فیزیکی الزامی سیمان‌های پرتلند مطابق جدول ۹ - ۳ - ۲ می‌باشد.

**جدول ۹ - ۳ - ۲ - مشخصات فیزیکی الزامی سیمان‌های پرتلند**

شماره استاندارد ملی برای روش آزمون مربوطه	نوع سیمان پرتلند					ویژگی فیزیکی	ردیف	
	۵	۴	۳	۲	۱			
۳۹۰	۲۸.....	۲۸.....	۳۲.....	۲۸.....	۲۸.....	حداکثر مقدار مجاز	سطح مخصوص، به دست آمده از آزمایش بلین (mm <sup>۳</sup> / gr)	۱
۳۹۱	۰/۸	۰/۸	۰/۸	۰/۸	۰/۸	حداکثر مقدار مجاز	انبساط، در آزمایش اتوکلاو (درصد)	۲
۳۹۲	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	حداکثر مقدار مجاز	زمان گیریش اولیه، به دست آمده از آزمایش با سوزن ویکا (دقیقه)	۳
۳۹۲	۶	۶	۶	۶	۶	حداکثر مقدار مجاز	زمان گیریش نهایی، به دست آمده از آزمایش با سوزن ویکا (ساعت)	۴
۳۹۴	-	۶۰	-	۷۰	-	حداکثر مقدار مجاز	گرمای آبگیری ۷ (cal / gr) روزه	۵
۳۹۴	-	۷۰	-	-	-	حداکثر مقدار مجاز	حرارت هیدراتاسیون ۲۸ (cal / gr) روزه	۶
۳۹۱	%۴	-	-	-	-	حداکثر مقدار مجاز	انبساط سولفات، روزه (درصد) ۱۴	۷

توضیح: در صورت رعایت ضوابط ردیف‌های ۳ و ۴ جدول ۹ - ۳ - ۱، در سیمان نوع ۵، رعایت ضابطه ردیف ۷ فوق الزامی نخواهد بود.

## ۳ - ۹ مصالح بتن

## ۳ - ۱ - ۲ - ۳ مشخصات مکانیکی الزامی سیمان‌های پرتلند

مشخصات مکانیکی الزامی سیمان‌های پرتلند مطابق جدول ۳ - ۳ می‌باشد.

جدول ۳ - ۳ مشخصات مکانیکی الزامی سیمان‌های پرتلند

شماره استاندارد ملی ایران برای روش آزمون مربوطه	نوع سیمان پرتلند							ویژگی مکانیکی ج		
	۵		۴		۳		۲	۱		
								۱-۵۲۵	۱-۴۲۵	۱-۳۲۵
۳۹۳	-	-	۱۲/۵	-	-	-	-	حداقل مجاز	مقاومت فشاری نمونه یک روزه (N/mm <sup>۲</sup> )	۱
۳۹۳	-	-	-	-	۲۰/۰	۱۰/۰	-	حداقل مجاز	مقاومت فشاری نمونه دو روزه (N/mm <sup>۲</sup> )	۲
۳۹۳	۸/۵	-	۲۴/۰	۱۰/۰	-	-	۱۲/۰	حداقل مجاز	مقاومت فشاری نمونه سه روزه (N/mm <sup>۲</sup> )	۳
۳۹۳	۱۵/۰	۷/۰	-	۱۷/۵	-	-	۲۰/۰	حداقل مجاز	مقاومت فشاری نمونه هفت روزه (N/mm <sup>۲</sup> )	۴
۳۹۳	۲۷/۰	۱۸/۰	-	۳۱/۵	۵۲/۵	۴۲/۵	۳۲/۵	حداقل مجاز	مقاومت فشاری نمونه بیست و هشت روزه (N/mm <sup>۲</sup> )	۵
۳۹۳	-	-	-	-	-	۶۲/۵	۵۲/۵	حداکثر مجاز		

توضیح: منظور از مقاومت فشاری، میانگین حداقل ۴ آزمونه می‌باشد.

**مبحث نهم****۹ - ۳ - ۲ - ۱ - ۴ توادر نمونهبرداری از سیمان‌های پرتلند**

نمونهبرداری از سیمان پرتلند، باید بهیکی از روش‌های زیر صورت گیرد:

(۱) از هر محمولة واردہ به کارگاه، ۵ کیلوگرم نمونه

(۲) از محل تسمه نقاله یا لوله انتقال سیمان به سیلو، از هر ۴۰ تن سیمان در حال انتقال، یا کمتر، ۵ کیلوگرم نمونه، بهصورت پیوسته یا ناپیوسته

(۳) از محل تخلیه سیمان از سیلو، بهازای هر یکصد تن، ۵ کیلوگرم نمونه

(۴) از انبار کیسه‌های سیمان، بهازای هر ۵ تن سیمان کیسه‌ای، یا کمتر، یک کیسه بهعنوان نمونه

(۵) آزمایش‌های فوق حداقل ماهی یکبار، باید انجام شوند.

سایر ضوابط نمونهبرداری، مطابق با استاندارد ملی ایران بهشماره ۳۸۹، می‌باشد.

**۹ - ۳ - ۲ - ۱ - ۵ ضوابط پذیرش سیمان‌های 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 جدول‌های ۹ - ۳ - ۱ و ۹ - ۳ - ۲ را برآورده سازند.

(۲) میانگین نتایج حاصل از دو آزمونه متوالی یا میانگین نتایج حاصل از سه آزمونه متوالی، ضوابط مندرج در جدول ۹ - ۳ - ۳ را برآورده سازند.

**۹ - ۳ - ۲ - ۱ - ۶ ضوابط الزامی بسته‌بندی، حمل و نقل، انبارکردن و****صرف سیمان‌های کیسه‌ای**

(۱) سیمان پرتلند باید در کیسه‌های مناسب، مقاوم و قابل انعطاف بسته‌بندی شود، به‌گونه‌ای که رطوبت و مواد خارجی نتوانند به داخل آن نفوذ کنند و کیسه سیمان در هنگام حمل و نقل پاره نشود.

---

٣ - ٩ مصالح بتن

- (۲) مشخصات پاکت کاغذی سیمان‌های کیسه‌ای باید مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۴۵۴۳ باشد.
- (۳) روی کیسه‌های سیمان باید نوع سیمان پرتلند (یک تا پنج) و تاریخ تولید سیمان درج شود. در سیمان‌های نوع یک، باید مقاومت سیمان نیز قید گردد.
- (۴) وزن اسمی هر کیسه سیمان پرتلند ۵۰ کیلوگرم می‌باشد.
- (۵) برای هر محموله وارد شده به کارگاه، مشخصات کارخانه و نوع سیمان و تاریخ تولید باید در برگ تحویل ثبت شده باشد.
- (۶) سیمان‌های کیسه‌ای باید براساس نوع به‌طور جداگانه نگهداری شوند، به‌گونه‌ای که امکان اشتباه آنها با هم وجود نداشته باشد.
- (۷) سیمان‌های کیسه‌ای باید روی کف خشک، که دست کم به اندازه ۱۰۰ میلی‌متر از سطح اطراف خود بالاتر باشد، قرار گیرند.
- (۸) ترتیب قرار دادن کیسه‌های سیمان در انبار باید به‌گونه‌ای باشد که کیسه‌ها، به ترتیب ورود به انبار مصرف شوند.
- (۹) در مناطق خشک، حداقل تعداد کیسه سیمان که می‌توان بر روی هم انبار کرد ۱۲ پاکت است، مشروط بر اینکه ارتفاع کل آنها از  $1/8$  متر تجاوز نکند. اعداد فوق در مناطق شرجی و با رطوبت نسبی بیش از ۹۰ درصد، به ترتیب ۸ پاکت و  $1/2$  متر می‌باشد.
- (۱۰) در مناطق خشک، کیسه‌های سیمان باید نزدیک به‌یکدیگر، با فاصله ۵۰ تا ۸۰ میلی‌متر از یکدیگر قرار داده شوند تا عبور جریان هوا از بین کیسه‌ها موجب خشک شدن سیمان بشود. در مناطق شرجی و با رطوبت نسبی بیش از ۹۰ درصد، کیسه‌های سیمان باید به‌یکدیگر چسبانیده شوند.
- (۱۱) کیسه‌های سیمان، در همه مناطق، باید حداقل ۳۰۰ میلی‌متر از دیوارها و ۶۰۰ میلی‌متر از سقف فاصله داشته باشند.
- (۱۲) 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
-

**مبحث نهم**

پلاستیکی پوشانیده شده و این ورقه‌ها به نحو کاملاً مطمئنی در اطراف پایدار و محکم شود. در این مناطق و در این فصل‌ها، درها، پنجره‌ها و سیستم‌های تهویه باید بسته نگهدارشته شوند تا از جریان هوای مرطوب در انبار جلوگیری شود.

(۱۳) سیمان‌های کیسه‌ای باید در مناطق با رطوبت نسبی حداقل ۹۰٪، ۴۵ روز پس از تولید، و در سایر مناطق ۹۰ روز پس از تولید مصرف شوند، و اگر بنا به دلایل غیرقابل اجتناب این امر میسر نشد، این سیمان‌ها باید قبل از مصرف مورد آزمایش قرار گیرند.

(۱۴) سیمانی که به مدت زیاد انبار شود ممکن است به صورت کلوخه‌های فشرده درآید. اینگونه سیمان‌ها را باید با غلتانیدن پاکت‌ها بر روی کف اصلاح کرد تا به صورت پودر درآیند. در صورتی که با یک بار غلتانیدن، کلوخه به پودر تبدیل شود آن را می‌توان مصرف کرد و گرنه قبل از مصرف باید تحت آزمایش‌های مندرج در بند ۳ - ۲ - ۱ - ۳ قرار گیرد و ضوابط این بند کنترل شود.

(۱۵) 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 سیمان‌های فله**

- (۱) سیمان‌های فله، باید در سیلوهای استاندارد نگهداری شوند.
- (۲) سیلوهای سیمان و شالوده‌های آنها باید از نظر سازه‌ای محاسبه و طراحی شده باشند.
- (۳) سیلوهای سیمان باید 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.
- (۴) برای هر محموله وارد شده به کارگاه، مشخصات کارخانه و نوع سیمان و تاریخ تولید سیمان باید در برگ تحویل ثبت شده باشد.
- (۵) از آنجا که انتقال سیمان از مخزن کامیون به داخل سیلو به کمک هوای فشرده صورت می‌گیرد و در نتیجه سیمان به تدریج متورم می‌شود، نباید بیش از ۸۰ درصد ظرفیت اسمی سیلوها را پر کرد.

**۳ - ۹ مصالح بتن**

۶) سیمان‌های فله را باید براساس نوع آنها به‌طور جداگانه نگهداری کرد، به‌گونه‌ای که امکان اشتباه آنها با هم وجود نداشته باشد. نوع سیمان موجود در هر سیلو باید به‌نحو مناسبی مشخص شود.

۷) سیمان نگهداری شده در سیلو، باید حداقل ۹۰ روز پس از تولید مصرف شود، و اگر بنا به دلایل غیرقابل اجتناب این امر امکان‌پذیر نشد، باید قبل از مصرف تحت آزمایش قرار گیرد.

۸) سایر مشخصات سیلوها و ضوابط نگهداری سیمان در آنها، مطابق با استاندارد ملی ایران، به شماره ۲۷۶۱ می‌باشد.

**۲ - ۳ - ۹ سیمان‌های ویژه****۹ - ۳ - ۲ - ۱ سیمان پرتلند سفید**

این سیمان، از آسیاب کردن کلینکر سیمان سفید با مقدار مناسبی سنگ‌گچ به دست می‌آید. به‌طور کلی این سیمان باید ضوابط استاندارد ملی ایران، به شماره ۲۹۳۱ را برآورده سازد.

مشخصات شیمیایی، فیزیکی و مکانیکی الزامی سیمان پرتلند سفید به ترتیب در جدول‌های ۹ - ۳ - ۴، ۹ - ۳ - ۵ و ۹ - ۳ - ۶ درج شده‌اند.

**جدول ۹ - ۳ - ۴ مشخصات شیمیایی الزامی سیمان پرتلند سفید**

ردیف	ویژگی شیمیایی	حداکثر مقدار مجاز	شماره استاندارد ملی ایران برای روش آزمون مربوط
۱	MgO (درصد وزنی سیمان)	۵	۱۶۹۲
۲	SO <sub>۳</sub>	۳/۵	C <sub>۲</sub> A ≤٪۸
	(درصد وزنی سیمان)	۳/۰	C <sub>۲</sub> A >٪۸
۴	کاهش وزن، در دمای ۱۰۰۰ درجه سلسیوس (درصد وزنی)	۳	۱۶۹۲
۵	میزان باقیمانده نامحلول (درصد وزنی)	۰/۷۵	۱۶۹۲

بحث نهم**۹ - ۳ - ۲ - ۲ - سیمان پرتلنده رنگی**

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

**جدول ۹ - ۳ - ۵ مشخصات فیزیکی الزامی سیمان پرتلنده سفید**

ردیف	ویژگی فیزیکی	ضابطه	شماره استاندارد ملی ایران برای روش آزمون مربوطه
۱	درجه سفیدی	۷۵	۲۹۳۱
۲	سطح مخصوص، به دست آمده از آزمایش بلین (mm <sup>۲</sup> / gr)	۳۰۰۰۰	۳۹۰
۳	انبساط، در آزمایش اتوکلاو (درصد)	۰/۸	۳۹۱
۴	زمان گیریش اولیه، به دست آمده از آزمایش با سوزن ویکا (دقیقه)	۴۵	۳۹۲
۵	زمان گیریش نهایی، به دست آمده از آزمایش با سوزن ویکا (ساعت)	۸	۳۹۲

**جدول ۹ - ۳ - ۶ مشخصات مکانیکی الزامی سیمان پرتلنده سفید**

ردیف	ویژگی مکانیکی	حداقل مقدار مجاز (N/mm <sup>2</sup> )	شماره استاندارد ملی ایران برای روش آزمون مربوطه
۱	مقاومت فشاری نمونه مکعبی به بعد ۵۰ mm پس از ۲ روز قرارگیری در آب	۱۱	۳۹۳
۲	مقاومت فشاری نمونه مکعبی به بعد ۵۰ mm پس از ۶ روز قرارگیری در آب	۱۷/۵	۳۹۳
۳	مقاومت فشاری نمونه مکعبی به بعد ۵۰ mm پس از ۲۷ روز قرارگیری در آب	۳۱/۵	۳۹۳

---

٣ - ٩ مصالح بتن

## ٩ - ٣ - ٢ - ٢ - سیمان پرتلند آمیخته

## ٩ - ٣ - ٢ - ٢ - سیمان پرتلند پوزولانی

سیمان پرتلند پوزولانی، چسبانندهای آبی است که مخلوط کامل، یکنواخت و همگنی از سیمان پرتلند و پوزولان و سنگ‌گچ آسیاب شده می‌باشد.

سیمان‌های پرتلند آمیخته با پوزولان‌های طبیعی، به دو گروه سیمان پرتلند پوزولانی معمولی و سیمان پرتلند پوزولانی ویژه تقسیم‌بندی می‌شوند.

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

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

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

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

**مبحث نهم****جدول ۹ - ۳ - ۷** ویژگی‌های شیمیایی الزامی سیمان‌های پرتلند پوزولانی

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

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

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

ردیف	ویژگی فیزیکی	حداکثر مقدار مجاز	سیمان ب.پ.و	سیمان ب.پ.	شماره استاندارد ملی ایران برای روش آزمون مربوط
۱	سطح مخصوص ، به دست آمده از آزمایش بین (mm <sup>۲</sup> / gr)	حدائق مقدار مجاز	۳۲۰۰۰۰	۳۰۰۰۰۰	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 آمده از آزمایش با سوزن ویکا (دقیقه)	حدائق مقدار مجاز	۶۰	۶۰	۳۹۲
۵	زمان گیرش نهایی به دست آمده از آزمایش با سوزن ویکا (ساعت)	حداکثر مقدار مجاز	۷	۷	۳۹۲

**۳ - ۹ مصالح بتن****جدول ۹ - ۳ - ۶ ویژگی‌های مکانیکی الزامی سیمان‌های پرتلند پوزولانی**

ردیف	ویژگی فیزیکی	حداقل مقدار مجاز (N/mm <sup>2</sup> )	شماره استاندارد ملی ایران برای روش آزمون مربوط	
			سیمان پ. پ. و	سیمان پ. پ.
۱	مقاومت فشاری ۳ روزه	۱۰	-	۳۹۳
۲	مقاومت فشاری ۷ روزه	۱۷/۵	۱۵	۳۹۳
۳	مقاومت فشاری ۲۸ روزه	۳۰	۲۷/۵	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 و غیرکربستالی (آمورف)، با کلینکر سیمان پرتلند و مقدار مناسبی سنگ‌گچ به‌دست می‌آید. این نوع سیمان پایداری بیشتری در برابر سولفات‌ها دارد و بتن ساخته شده با آن، نفوذپذیری کمتر و دوام بیشتری دارد. این نوع سیمان، در مقایسه با سیمان پرتلند معمولی، دیرگیرتر و گرمای آبگیری آن کمتر است.

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

**۹ - ۳ - ۲ - 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 به کار می‌رود.

بحث نهم**۳ - ۳ - ۹ سنگدانه**

سنگدانه‌های بزرگتر از  $\frac{3}{16}$  میلی‌متر ( $\frac{3}{16}$  اینچ، یعنی بعد چشمehهای الک نمره<sup>۴</sup>) را سنگدانه درشت یا شن، و سنگدانه‌های ریزتر از  $\frac{4}{75}$  میلی‌متر را سنگدانه ریز یا ماسه می‌نامند.

طبق تعریف، «بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه» عبارت است از اندازه کوچکترین الکی که حداکثر ۱۰ درصد وزنی سنگدانه روی آن باقی بماند. به طور کلی، ویژگی‌های سنگدانه‌های مصرفی در بتن باید با استاندارد ملی ایران به شماره ۳۰۲ مطابقت داشته باشد.

**۳ - ۳ - ۹ - ۱ محدودیت بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه‌های درشت**

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

- (۱) یک‌پنجم کوچکترین بعد داخلی قالب بتن
- (۲) یک‌سوم ضخامت دال
- (۳) سه‌چهارم حداقل فاصله آزاد بین میلگردها
- (۴) سه‌چهارم ضخامت پوشش روی میلگردها
- (۵) ۳۸ میلی‌متر ( $1\frac{1}{5}$  اینچ) در بتن آرمه
- (۶) ۶۳ میلی‌متر ( $2\frac{1}{5}$  اینچ) در بتن غیرمسلح

**۳ - ۳ - ۲ ضوابط الزامی دانه‌بندی سنگدانه ریز (ماسه) مصرفی در بتن**

این ضوابط، مطابق جدول ۹ - ۳ - ۱۰ می‌باشد.

**٣ - ٩ مصالح بتن****جدول ٩ - ٣ - ١٠ ضوابط الزامی دانه‌بندی سنگدانه‌های ریز مصرفی در بتن**

ردیف	اندازه الک (mm)	اندازه الک بر حسب اینچ یا نمره الک	درصد وزنی رد شده از الک
۱	۹/۵۰	۳/۸ 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	-۱۵

روش آزمون دانه‌بندی سنگدانه‌های ریز با الک، باید مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۴۹۷۷ صورت گیرد.

**٣ - ٣ - ٣ - ٣ - ١٠ ضوابط الزامی دانه‌بندی سنگدانه درشت (شن) مصرفی در بتن**  
این ضوابط، مطابق جدول ٩ - ٣ - ١١ می‌باشد.

روش آزمون دانه‌بندی سنگدانه‌های درشت با الک، باید مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۴۹۷۷ صورت گیرد.

**مبحث نهم****جدول ۹ - ۳ - ۱۱** ضوابط الزامی دانه‌بندی سنگدانه‌های درشت مصرفی در بتن

اعداد داخل جدول درصد وزنی مصالح سنگی رد شده از الک‌ها را نشان می‌دهند.										اندازه اسمی الک‌ها (یا بعد چشمۀ مربع) mm	نمره
۲/۳۶ mm	۴/۷۵ mm	۹/۵ mm	۱۲/۵ mm	۱۹ mm	۲۵ mm	۳۷/۵ mm	۵۰ mm	۶۳ mm			
-	-	-	-۵	-	-۱۵	۳۵-۷۰	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	۵۰ تا ۲۵	۱	
-	+۵	-	۱۰-۳۰	-	۳۵-۷۰	-	۹۵-۱۰۰	۱۰۰	۵۰ تا ۴/۷۵	۲	
-	-	+۵	-	-۱۵	۲۰-۵۵	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	-	۳۷/۵ تا ۱۹	۳	
-	+۵	۱۰-۳۰	-	۳۵-۷۰	-	۹۵-۱۰۰	۱۰۰	-	۴/۷۵ تا ۳۷/۵	۴	
-	-	+۵	-۱۰	۲۰-۵۵	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	-	-	۲۵ تا ۱۲/۵	۵	
-	+۵	+۱۵	۱۰-۴۰	۴۰-۸۵	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	-	-	۲۵ تا ۹/۵	۶	
+۵	+۱۰	-	۲۵-۶۰	-	۹۵-۱۰۰	۱۰۰	-	-	۲۵ تا ۴/۷۵	۷	
-	+۵	+۱۵	۲۰-۵۵	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	-	-	-	۱۹ تا ۹/۵	۸	
+۵	+۱۰	۲۰-۵۵	-	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	-	-	-	۱۹ تا ۴/۷۵	۹	
+۵	+۱۵	۴۰-۷۰	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	-	-	-	-	۴/۷۵ تا ۱۲/۵	۱۰	

**۹ - ۳ - ۳ - ۴** حداکثر میزان مجاز مواد زیان‌آور در سنگدانه‌های ریز  
(ماسه) مصرفی در بتن

این مقادیر، مطابق با جدول ۹ - ۳ - ۱۲ می‌باشد.

## ۳ - ۹ مصالح بتن

## جدول ۹ - ۳ - ۱۲ حداکثر میزان مجاز مواد زیان آور در سنگدانه‌های ریز

ردیف	ماده زیان آور	حداکثر وزنی ماده	شماره استاندارد ایران برای روش آزمون مربوط
۱	کلوجه‌های رسی و ذرات سست	۳	-
۲	ذرات ریزتر از ۷۵ میکرون (رد شده از الک نمره ۲۰۰)، حاوی رس یا شیل	۳	در بتنهایی که در معرض سایش قرار می‌گیرند.
	ذرات ریزتر از ۷۵ میکرون (رد شده از الک نمره ۲۰۰)، فاقد رس یا شیل	۵	در بتنهایی که در معرض سایش قرار نمی‌گیرند.
۳	ذرات ریزتر از ۷۵ میکرون (رد شده از الک نمره ۲۰۰)	۵	در بتنهایی که در معرض سایش قرار می‌گیرند
	ذرات ریزتر از ۷۵ میکرون (رد شده از الک نمره ۲۰۰)	۷	در بتنهایی که در معرض سایش قرار نمی‌گیرند.
۴	زغال سنگ و لیگنیت	۰/۵	نمای ظاهری بتن اهمیت دارد.
	زغال سنگ و لیگنیت	۱	نمای ظاهری بتن اهمیت ندارد.
۵	میکا	۱	-
۶	سولفات‌های محلول در آب، بر حسب SO <sub>۳</sub>	۰/۴	-
۷	کلریدهای محلول در آب، بر حسب Cl <sup>-</sup> (در بتن آرمه)	۰/۰۴	-

## توضیحات:

- ۱) در مواردی که استاندارد ملی ایران برای آزمون مربوط وجود ندارد، این آزمون‌ها باید مطابق با یکی از استانداردهای معتربر بین‌المللی انجام شود.
- ۲) لیگنیت، یک نوع زغال سنگ است که به رنگ‌های قهوه‌ای و سیاه وجود دارد.
- ۳) اگر مقدار سولفات‌های محلول در آب موجود در سنگدانه ریز، بیش از مقدار مندرج در ردیف ۵ باشد، مصرف آن به شرطی مجاز است که مقدار سولفات‌های 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 ریز، بیش از مقدار مندرج در ردیف ۶ باشد مصرف آن به شرطی مجاز است که مقدار کلرید محلول در آب موجود در کل سنگدانه ریز و درشت از حداکثر مجاز کمتر باشد.

مبحث نهم

**٩ - ٣ - ٣ - ٥ حداکثر میزان مجاز مواد زیان آور در سنگدانه‌های درشت  
(شن) مصرفی در بتن**

این مقادیر، مطابق با جدول ٩ - ٣ - ١٣ می‌باشد.

**جدول ٩ - ٣ - ١٣ حداکثر میزان مجاز مواد زیان آور در سنگدانه‌های درشت**

ردیف	ماده زیان آور	حداکثر درصد وزنی ماده زیان آور، نسبت به کل نمونه	شماره استاندارد ملی ایران برای روش آزمون مربوط
١	کلوخه‌های رسی و ذرات سست	٥	-
٢	ذرات ریزتر از ٧٥ میکرون (رددشده از الک نمره ٢٠٠)، حاوی رس یا شیل	١	٤٤٦
٣	ذرات ریزتر از ٧٥ میکرون (رددشده از الک نمره ٢٠٠)، فاقد رس یا شیل	١/٥	٤٤٦
٤	نمای ظاهری بتن اهمیت دارد.	٠/٥	-
	نمای ظاهری بتن اهمیت ندارد.	١	
٥	سولفات‌های محلول در آب، بر حسب $\text{SO}_4^{2-}$	٠/٤	-
٦	کلراید‌های محلول در آب، بر حسب $\text{Cl}^-$	٠/٠٤	-

**توضیحات:**

- در مواردی که استاندارد ملی ایران برای آزمون مربوط وجود ندارد، این آزمون‌ها باید مطابق با یکی از استانداردهای معتربر بین‌المللی انجام شود.
- لیگنیت، یک نوع زغال‌سنگ است که به رنگ‌های قهوه‌ای و سیاه وجود دارد.
- اگر مقدار سولفات محلول در آب موجود در سنگدانه درشت، بیش از مقدار مندرج در ردیف ٥ باشد، مصرف آن به‌شرطی مجاز است که مقدار سولفات محلول در آب موجود در کل سنگدانه ریز و درشت از حداکثر مجاز کمتر باشد.
- اگر مقدار کلراید محلول در آب موجود در سنگدانه درشت، بیش از مقدار مندرج در ردیف ٦ باشد، مصرف آن به‌شرطی مجاز است که مقدار کلراید محلول در آب موجود در کل سنگدانه ریز و درشت از حداکثر مجاز کمتر باشد.

## ۳ - ۹ مصالح بتن

### ۶ - ۳ - 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  $1/6$  برابر میانگین اندازه الک‌ها است. دانه‌های سوزنی دانه‌هایی هستند که بزرگترین بعد آنها بیشتر از  $1/8$  برابر میانگین اندازه الک‌ها است. حداکثر مقدار مجاز دانه‌های پولکی و سوزنی موجود در شن، در جدول ۹ - ۳ - ۱۴ درج شده است.

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

ردیف	شرح	سنگدانه سوزنی یا پولکی نسبت به کل نمونه	حداکثر درصد وزنی دانه‌های پولکی موجود در سنگدانه‌های مانده بر روی الک	شماره استاندارد ملی ایران برای روش آزمون مربوطه
۱	دانه‌های پولکی موجود در سنگدانه‌های مانده بر روی الک $\frac{1}{6}$ میلی‌متر ( $\frac{1}{4}$ اینچ)	۳۰	-	
۲	دانه‌های سوزنی موجود در سنگدانه‌های با حداکثر اندازه $\frac{1}{5}$ میلی‌متر ( $\frac{1}{3}$ اینچ)	۴۵	-	
۳	دانه‌های سوزنی موجود در سنگدانه‌های با حداکثر اندازه $\frac{1}{25}$ میلی‌متر ( $\frac{1}{4}$ اینچ)	۴۵	-	
۴	دانه‌های سوزنی موجود در سنگدانه‌های با حداکثر اندازه $\frac{1}{40}$ میلی‌متر ( $\frac{3}{4}$ اینچ)	۴۰	-	
۵	دانه‌های سوزنی موجود در سنگدانه‌های با حداکثر اندازه ۰۵ میلی‌متر (۱ اینچ)	۴۰	-	
۶	دانه‌های سوزنی موجود در سنگدانه‌های با حداکثر اندازه $\frac{1}{40}$ میلی‌متر ( $\frac{1}{4}$ اینچ)	۴۰	-	
۷	دانه‌های سوزنی موجود در سنگدانه‌های با حداکثر اندازه ۰۵ میلی‌متر (۲ اینچ)	۳۵	-	
۸	دانه‌های سوزنی موجود در سنگدانه‌های با حداکثر اندازه $\frac{1}{35}$ میلی‌متر ( $\frac{1}{2}$ اینچ)	۳۵	-	

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

مبحث نهم**۹ - ۳ - ۳ - ۷ - 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 لس آنجلس (درصد)	شن	۵۰	-	۴۴۸
۲	میزان افت وزنی، در آزمایش سلامت با سولفات سدیم (درصد)	شن	۱۲	-	۴۴۹
۳	میزان افت وزنی، در آزمایش سلامت با سولفات سدیم (درصد)	ماسه	۱۰	-	۴۴۹
۴	میزان افت وزنی، در آزمایش سلامت با سولفات منیزیم (درصد)	شن	۱۸	-	۴۴۹
۵	میزان افت وزنی، در آزمایش سلامت با سولفات منیزیم (درصد)	ماسه	۱۲	-	۴۴۹

**۹ - ۳ - ۳ - ۸ - سنگدانه‌های سبک مصرفی در بتن**

به طور کلی سنگدانه‌های سبک مصرفی در بتن، به دو صورت تهیه می‌شوند:

- ۱) سنگدانه‌های حاصل از شیشه‌ای شدن، انبساط، گلوله شدن مواد، و یا موادی نظری سرباره کوره آهن‌گدازی، خاک رس، دیاتومه، خاکستر بادی، شیل یا سنگ لوح.

## ۳ - ۹ مصالح بتن

۲) سنگدانه‌های حاصل از فرآوری مواد طبیعی نظیر پومیس، اسکوریا و توف سنگدانه‌های سبک می‌توانند هم در بتن سازه‌ای و هم در بتن غیرسازه‌ای به کار روند.

ویژگی‌های سنگدانه‌های سبک مصرفی در بتن سازه‌ای باید 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 نمونه‌های بتن سازه‌ای با سنگدانه‌های سبک، مطابق با جدول ۹ - ۳ - ۱۶ است.

جدول ۹ - ۳ - ۱۶ ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی الزامی نمونه‌های بتن سازه‌ای با سنگدانه‌های سبک

ردیف	نوع بتن		حداکثر مقدار میانگین وزن مخصوص سه آزمونه بتنی ۲۸ روزه خشک شده در هوا (N/m <sup>3</sup> )
	حداقل مقدار میانگین مقاومت مقاومت فشاری سه آزمونه (MPa)	حداقل مقدار میانگین مقاومت کششی، در آزمایش دو نیم شدن، در هشت آزمونه بتنی ۲۸ روزه	
۱	تمامی سنگدانه‌ها سبک هستند.	۲۸	۱۷۶۰۰
			۱۶۸۰۰
۲	تمامی سنگدانه‌ها سبک هستند	۲۱	۱۶۸۰۰
			۱۶۰۰۰
۳	تمامی سنگدانه‌ها سبک هستند	۱۷	۱۶۰۰۰
			۱۶۴۰۰
۴	سنگدانه‌ها، شامل سنگدانه‌های سبک و ماسه هستند	۲۸	۱۸۴۰۰
			۱۷۶۰۰
۵	سنگدانه‌ها، شامل سنگدانه‌های سبک و ماسه هستند	۲۱	۱۷۶۰۰
			۱۶۸۰۰
۶	سنگدانه‌ها، شامل سنگدانه‌های سبک و ماسه هستند	۱۷	۱۶۸۰۰
			۱۶۰۰۰

**مبحث نهم**

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

**جدول ۹ - ۳ - ۱۷ - ضوابط الزامی دانه‌بندی سنگدانه‌های سبک مصرفی در بتن سازه‌ای**

درصد وزنی رد شده از الکهای با سوراخ مربعی									اندازه‌ها
۰/۱۵ mm	۰/۳ mm	۱/۱۸ mm	۲/۳۶ mm	۴/۷۵ mm	۹/۵ mm	۱۲/۵ mm	۱۹ mm	۲۵ mm	
۵-۲۵	۱۰-۳۵	۴۰-۸۰	-	۸۵-۱۰۰	۱۰۰	-	-	-	سنگدانه ریز: شماره ۰ تا ۴
-	-	-	-	۵-۱۰	-	۲۵-۶۰	-	۹۰-۱۰۰	سنگدانه درشت: ۳۵ میلی‌متر (شماره ۴)
-	-	-	-	۰-۱۵	۱۰-۵۰	-	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	۱۹ میلی‌متر (شماره ۴)
-	-	-	۰-۱۰	۰-۲۰	۴۰-۸۰	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	-	۱۲/۵ میلی‌متر (شماره ۴)
-	-	۰-۱۰	۰-۲۰	۴۰-۵۰	۸۰-۱۰۰	۱۰۰	-	-	۹/۵ میلی‌متر (شماره ۸)
۲-۱۵	۵-۲۰	-	-	۵۰-۸۰	-	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	-	مخلوط سنگدانه‌های ریز و درشت: ۰ تا ۱۲/۵ میلی‌متر
۵-۱۵	۱۰-۲۵	-	۳۵-۶۰	۶۵-۹۰	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	-	-	۰ تا ۹/۵ میلی‌متر

**۹ - ۳ - ۳ - ۹ توادر نمونه‌برداری از سنگدانه‌ها**

- (۱) بهازای هر محموله واردہ به کارگاه، باید تمامی آزمایش‌های مذکور در بندهای ۹ - ۳ - ۳ - ۹ تا ۹ - ۳ - ۳ - ۸ بر روی سنگدانه‌ها انجام 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 - ۹ ، ۲ - ۳ - ۳ - ۹ و ۳ - ۳ - ۳ - ۹ - ۱ - ۳ - ۳ - ۶ کنترل شوند.

**۳ - ۹ مصالح بتن**

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

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

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

**۳ - ۹ - ۱۱ ضوابط حمل و نقل، تحويل و نگهداری سنگدانه‌های مصرفی در بتن**

ضوابط بارگیری، حمل و نقل، تخلیه، و انبارکردن سنگدانه‌های مصرفی در بتن به قرار زیر است:

(۱) شرایط باید به گونه‌ای باشد که مواد خارجی و زیان‌آور در سنگدانه‌ها نفوذ نکنند.  
 (۲) شرایط باید به گونه‌ای باشد که دانه‌های ریز و درشت در یک دپو از یکدیگر جدا نشوند.

(۳) شرایط باید به گونه‌ای باشد که سنگدانه‌ها شکسته نشوند.

(۴) محل نگهداری سنگدانه‌ها باید دور از پوشش گیاهی و مواد آلوده کننده باشد.

(۵) شن‌های با حداکثر اندازه بیش از ۳۸ میلی‌متر، باید در دو گروه کمتر و بیشتر از ۲۵ میلی‌متر نگهداری شوند. شن‌های با حداکثر 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.

**مبحث نهم**

- (۶) دیوارهای تقسیم دپوی مصالح سنگی باید به گونه‌ای مقاوم و پایدار باشد که در صورت خالی بودن یک قسمت و پربودن قسمت مجاور، دیواره بر اثر رانش سنگدانه‌ها تخریب یا جابه‌جا نشود.
- (۷) در هنگام بارش و یخ‌بندان، باید سنگدانه‌های واقع در فضای آزاد با بروزنت یا ورقه‌های پلاستیکی پوشانیده شود.
- (۸) در هنگام گرمای شدید، باید بر روی سنگدانه‌های واقع در فضای آزاد، سایبان درست شود.
- (۹) شیب مخروطهای دپوی شن و ماسه نباید زیاد باشد زیرا شیب زیاد دپوها موجب جدا شدن دانه‌های ریز و درشت از هم می‌شود.
- (۱۰) سنگدانه‌ها تا حد امکان باید به صورت لایه‌هایی با ضخامت یکسان بر روی یکدیگر ریخته شده و انبار شوند. سنگدانه‌ها باید با لودر یا وسایل مناسب دیگر به گونه‌ای برداشته شوند که هر بار قسمت‌هایی از همه لایه‌های افقی برداشته شوند.
- (۱۱) در صورت تخلیه سنگدانه‌ها هنگام باد، باید تدبیری اتخاذ گردد که از جدا شدن ذرات ریز جلوگیری شود.
- (۱۲) محل دپوی شن و ماسه باید به گونه‌ای باشد که همواره امکان تخلیه آب مازاد وجود داشته باشد.
- (۱۳) سنگدانه‌های انبار شده در دپو باید حداقل ۱۲ ساعت در محل باقی مانده و سپس مصرف شود. این امر موجب می‌شود که رطوبت سنگدانه‌ها به حد یکنواخت و پایدار برسد.
- (۱۴) سیلوی ذخیره سنگدانه‌ها حتی المقدور باید با مقطع مربع یا دایره و شیب مخروط یا هرم تحتانی آن کمتر از ۵۰ درجه باشد. مصالح سنگی باید به صورت قائم در داخل سیلو ریخته شود تا از برخورد مواد سنگی با کناره‌های سیلو جلوگیری شده و دانه‌ها از هم جدا نشوند.

**۳ - ۹ مصالح بتن**

در صورتی که سیلوی ذخیره سنگدانه‌ها پر باشد امکان شکسته شدن سنگدانه‌ها و بههم خوردن دانه بندی آن کاهش می‌یابد. برای خالی کردن سنگدانه‌ها به داخل سیلو، باید از نردهبان ویژه مصالح سنگی استفاده شود.

۱۵) در صورتی که شرایط به‌گونه‌ای باشد که امکان شکسته شدن سنگدانه‌ها در حین جابه‌جا کردن یا انبار کردن وجود داشته باشد، باید قبل از ساخت بتن با این سنگدانه‌ها، بار دیگر آنها را دانه‌بندی کرد.

۱۶) ضوابط مربوط به جلوگیری از جداشدن سنگدانه‌ها باید در مورد سنگدانه‌های گرد گوش، که بیشتر مستعد این امر هستند، جدی‌تر رعایت شود.

۱۷) در هنگام بارش برف و یخ‌بندان، سنگدانه‌ها باید به‌گونه‌ای انبار شوند که امکان یخ‌زدگی و نیز جمع شدن برف و یخ بین دانه‌ها وجود نداشته باشد.

۱۸) هنگام تحویل هر محموله از سنگدانه‌های واردہ به کارگاه، باید مشخصات مذکور در اسناد تحویل سنگدانه‌ها با مشخصات سفارش داده شده و نیز سنگدانه‌های واردہ مقایسه و انطباق آن کنترل شود.

۱۹) در هنگام تحویل هر محموله از سنگدانه‌های واردہ به کارگاه، باید وضعیت ظاهری آنها از نظر اندازه، شکل دانه‌ها و ناخالصی‌های آن با چشم کنترل شود.

**۴ - ۳ - ۹ آب**

آب به سه صورت در بتن به کار می‌رود: آب مصرفی برای شستشوی سنگدانه‌ها، آب به عنوان یکی از اجزای تشکیل‌دهنده بتن که در هنگام ساخت آن به کار می‌رود، و آب مصرفی برای عمل‌آوری بتن.

**۱ - ۴ - ۳ - ۹ آب آشامیدنی**

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

**بحث نهم****۹ - ۳ - ۴ - ۲ آب غیرآشامیدنی**

آبی را که مشخصات آن مطابق با بند ۹ - ۳ - ۴ - ۱ نیست به شرطی می‌توان در بتن به کار برد که ضوابط زیر را برآورده سازند:

- (۱) pH آب مصرفی در بتن نباید کمتر از ۵ یا بیشتر از ۸/۵ باشد.
- (۲) مقاومت فشاری ۷ و ۲۸ روزه آزمونهای ملات ساخته شده با آب غیرآشامیدنی حداقل معادل ۹۰ درصد مقاومت نظیر آزمونهای مشابه ساخته شده با آب مقطر باشد.
- (۳) زمان گیرش اولیه خمیر سیمان ساخته شده با آب غیرآشامیدنی بیش از (یک ساعت  $\pm$ ) با زمان گیرش نظیر خمیر سیمان ساخته شده با آب مقطر تفاوت نداشته باشد.
- (۴) نتیجه انبساط حجم به دست آمده از آزمایش سلامت سیمان، در آزمونه ساخته شده با آب غیرآشامیدنی از نتیجه به دست آمده از آزمونه نظیر ساخته شده با آب آشامیدنی بیشتر نباشد.

روش انجام آزمایش مطابق با استاندارد ۳۹۱ ملی ایران می‌باشد.

- (۵) هیچ یک از مواد زیان‌آور موجود در آب مصرفی در بتن از مقادیر جدول ۹ - ۳ - ۱۸ بیشتر نباشند.

- (۶) میزان چربی معدنی آب مصرفی در یک حجم معین از بتن از ۲/۵ درصد وزن سیمان مصرفی در همان حجم از بتن بیشتر نباشد.

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

**۹ - ۳ - ۴ - ۳ تواتر نمونه‌برداری**

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

- (۱) در ابتدای کار
- (۲) پس از هر بار تغییر منبع تأمین آب

**۳ - ۹ مصالح بتن****۶ - ۳ - ۴ - ۶ ضوابط پذیرش آب‌های غیرآشامیدنی**

آب‌های غیرآشامیدنی هنگامی قابل قبول تلقی می‌شوند که نتایج حاصل از یک آزمونه یا میانگین نتایج حاصل از دو آزمونه متوالی، ضوابط مذکور در بند ۶ - ۳ - ۴ - ۲ را برآورده سازند.

**۶ - ۳ - ۴ - ۵ ضوابط حمل و نقل، نگهداری و ذخیره کردن آب مصرفی در بتن**

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

**۶ - ۳ - ۵ مواد افزودنی**

مواد افزودنی یا چاشنی‌های بتن موادی هستند که غیر از مواد اصلی (سیمان، آب و مصالح سنگی)، کمی قبل از اختلاط یا در حین اختلاط به بتن یا ملات افزوده می‌شوند. مقدار افزودنی‌ها کم است و در تعیین نسبت‌های اختلاط به حساب نمی‌آیند. مواد افزودنی معمولاً به صورت گرد یا مایع هستند و یک یا چند ویژگی بتن تازه یا سخت‌شده 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.

بحث نهم

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

ردیف	نوع ماده زیان آور	شرح مصرف	شماره استاندارد ایران برای روش آزمون مربوط	حداکثر مقدار مجاز (وزنی) (ppm)
۱	ذرات معلق جامد	بتن پیش تنبیده در هر شرایط محیطی	-	۱۰۰۰
		بتن غیرمسلح و بدون آرماتور	-	۲۰۰۰
		بتن آرمه در شرایط محیطی ملایم و متوسط	-	۲۰۰۰
		بتن آرمه در شرایط محیطی شدید و بسیار شدید و فوق العاده شدید	-	۱۰۰۰
۵	کل مواد محلول در آب	بتن پیش تنبیده در هر شرایط محیطی	-	۱۰۰۰
		بتن غیرمسلح و بدون اقلام فلزی مدفون	-	۲۵۰۰۰
		بتن آرمه در شرایط محیطی ملایم و متوسط	-	۲۰۰۰
		بتن آرمه در شرایط محیطی شدید و بسیار شدید و فوق العاده شدید	-	۱۰۰۰
۹	کل یون کلرید ( $Cl^-$ )	بتن پیش تنبیده در هر شرایط محیطی	-	۵۰۰
		بتن غیرمسلح و بدون آرماتور و بدون اقلام فلزی مدفون	-	۱۰۰۰
		بتن آرمه در شرایط محیطی شدید و بسیار شدید و فوق العاده شدید	-	۵۰۰
		بتن آرمه در شرایط محیطی ملایم و متوسط	-	۱۰۰۰
۱۱		بتن غیرمسلح و بدون آرماتور، ولی دارای مواد آلومینیمی یا فلزات غیر مشابه، یا دارای قالب های گالوانیزه	-	۱۰۰۰
		بتن غیرمسلح بدون آرماتور و بدون اقلام فلزی مدفون	-	۱۰۰۰
۱۴	کل یون سولفات ( $SO_4^-$ )	بتن پیش تنبیده در هر شرایط محیطی	-	۱۰۰۰
		بتن آرمه در هر شرایط محیطی	-	۱۰۰۰
		بتن غیرمسلح بدون آرماتور و بدون اقلام فلزی مدفون	-	۳۰۰۰
۱۷	قلیایی معادل	در تمامی انواع بتن ها	-	۶۰۰

**۳ - ۹ مصالح بتن**

**توضیحات جدول:**

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

**توضیح ۲-** در ردیف های ۹ تا ۱۲، علاوه بر برآورده شدن ضوابط این جدول، میزان یون کلرید آب نیز باید به میزانی باشد که وزن کل کلراید قابل حل در آب در حجم معینی از بتن (که منبع آن می‌تواند از هر یک از اجزای بتن یا از محیط باشد)، بر حسب درصدی از وزن سیمان همان حجم بتن، از مقادیر مندرج در جدول ۶ - ۴ - ۶ تجاوز نکند.

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

**توضیح ۴-** منظور از ppm، غلظت بر حسب قسمت در میلیون (وزنی) است که‌اگر اعداد مربوطه در جدول، بر حسب ppm را در  $10^{-4}$  ضرب کنیم غلظت بر حسب درصد وزنی به دست می‌آید.

**توضیح ۵-** آزمایش ضوابط مندرج در این جدول، تا قبل از تدوین استاندارد ملی ایران باید مطابق با یکی از استانداردهای معتبر بین‌المللی صورت گیرد.

**توضیح ۶-** رعایت مفاد ردیف ۱۷ جدول فوق در مواردی که سنگدانه فعال باشد الزامی است.

مواد افزودنی اگر فقط بر روی یکی از خواص بتن (تازه یا سخت شده) تأثیر بگذارند مواد افزودنی تک‌منظوره، و در غیر این صورت مواد افزودنی چند منظوره نامیده می‌شوند. مواد افزودنی چندمنظوره دارای یک عملکرد اصلی و یک یا چند عملکرد جنبی هستند که بسته به مورد مصرف ممکن است عملکرد اصلی آنها تغییر کند. مواد افزودنی مورد نظر در این بند، مواد افزودنی شیمیایی هستند که به صورت صنعتی و شیمیایی تولید می‌شوند.

**۳ - ۵ - ۱ استانداردها**

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

**مبحث نهم****۹ - ۳ - ۵ - ۲ میزان مصرف**

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

**۹ - ۳ - ۵ - ۳ انواع مواد افزودنی تکمنظوره**

- (۱) ماده افزودنی کندگیرکننده
- (۲) ماده افزودنی تندگیرکننده
- (۳) ماده افزودنی زود سختکننده یا تسریعکننده زمان سختشدگی
- (۴) ماده افزودنی حباب هواساز
- (۵) ماده افزودنی نگهدارنده آب
- (۶) ماده افزودنی کاهنده جذب آب

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

- (۱) ماده افزودنی کاهنده آب / روان کننده
- (۲) ماده افزودنی کاهنده آب قوی / روان کننده قوی، یا فوق کاهنده آب / فوق روان کننده
- (۳) ماده کندگیرکننده / کاهنده آب / روان کننده
- (۴) ماده افزودنی تندگیرکننده / کاهنده آب / روان کننده
- (۵) ماده افزودنی کندگیرکننده / کاهنده آب قوی / روان کننده قوی، یا کندگیرکننده / فوق کاهنده آب / فوق روان کننده

**۳ - ۹ مصالح بتن****۳ - ۹ - ۵ آزمون‌های الزامی**

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

**۳ - ۹ - ۶ ضوابط بسته‌بندی، عرضه و انبار کردن**

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

**۳ - ۹ - ۷ مواد جایگزین سیمان**

مواد جایگزین سیمان شامل پوزولان‌ها و مواد شبه‌سیمانی مطابق استانداردهای ملی ایران به شماره‌های ۳۴۳۳ و ۶۱۷۱ می‌شوند. این مواد به منظور تأمین یک یا چند خاصیت زیر، بسته به مورد، به کار می‌روند:

- کاهش مصرف سیمان
- کاهش سرعت و میزان گرمای آبگیری
- افزایش مقاومت بتن
- افزایش پایایی بتن از طریق کاهش نفوذپذیری آن

**مبحث نهم****جدول ۹ - ۳ - ۱۹ آزمون‌های الزامی مواد افزودنی بتن**

ردیف	نوع	موارد الزامی که باید کنترل شوند
۱	همه مواد افزودنی	یکنواختی، رنگ، ترکیبات مؤثر، pH، چگالی نسبی (فقط برای افزودنی‌های مایع)، مقدار مواد خشک، تأثیر بر روی گیریش، کل کلرین (کلر)، کلرید محلول در آب، قلیاًیت معادل، رفتار از نظر خوردگی فولاد
۲	کندگیرکننده	زمان گیریش، مقاومت فشاری، مقدار هوای بتن تازه
۳	تندگیرکننده	زمان گیریش اولیه، مقاومت فشاری، مقدار هوای بتن تازه
۴	زوتسختکننده	مقاومت فشاری، مقدار هوای بتن تازه
۵	حباب هواساز	مقدار هوای بتن تازه، مشخصات حباب‌های هوا در بتن سخت‌شده، مقاومت فشاری
۶	نگهدارنده آب	آب‌انداختگی، مقاومت فشاری، مقدار هوای بتن تازه
۷	کاهنده جذب آب	جذب مویینه، مقاومت فشاری، مقدار هوای بتن تازه
۸	کاهنده آب / روان‌کننده (با هدف کاهندگی آب)	میزان کاهش آب، مقاومت فشاری، مقدار هوای بتن
۹	فوق کاهنده آب / فوق روان‌کننده (با هدف کاهندگی آب)	میزان کاهش آب، مقاومت فشاری، مقدار هوای بتن
۱۰	فوق کاهنده آب / فوق روان‌کننده (با هدف افزایش روانی)	افزایش روانی، حفظ و تداوم روانی، مقاومت فشاری، مقدار هوای بتن تازه
۱۱	کندگیرکننده / کاهنده آب / روان‌کننده	مقاومت فشاری، زمان گیریش، میزان کاهش آب، مقدار هوای بتن تازه
۱۲	تندگیرکننده / کاهنده آب / روان‌کننده	مقاومت فشاری، زمان گیریش اولیه، میزان کاهش آب، مقدار هوای بتن تازه
۱۳	کندگیرکننده / فوق کاهنده آب / فوق روان‌کننده (با هدف کاهش آب، و کندگیری)	مقاومت فشاری، زمان گیریش، میزان کاهش آب، مقدار هوای بتن تازه
۱۴	کندگیرکننده / فوق کاهنده آب / فوق روان‌کننده (با هدف افزایش آب، و کندگیری)	حفظ و تداوم روانی، مقاومت فشاری، مقدار هوای بتن تازه

---

٣ - ٩ مصالح بتن**٣ - ٦ - ١ پوزولان‌ها**

پوزولان‌ها عبارتند از مواد سیلیسی یا سیلیسی و آلومینی که خود به تنها یکی فاقد ارزش چسبانندگی هستند یا ارزش چسبانندگی آنها کم است، اما به صورت ذرات بسیار ریز، در دمای متعارف و در مجاورت رطوبت با هیدرولسید کلسیم واکنش می‌دهند و ترکیباتی را تولید می‌کنند که ساختار آنها تا حدودی مشابه ترکیباتی است که بر اثر آبگیری سیمان پرتلند تولید می‌شود. پوزولان‌ها بر دو نوعی: پوزولان‌های طبیعی، و پوزولان‌های مصنوعی یا صنعتی.

پوزولان‌های طبیعی در انواع خام یا تکلیس شده وجود دارند و به طور عمده شامل خاکسترها آتشفشاری غیربلورین باشند..

پوزولان‌های مصنوعی یا صنعتی به طور عمده شامل دوده سیلیسی، خاکستر بادی، و خاکستر پوسته برنج می‌باشند.

دوده سیلیسی یا میکروسیلیس محصول فرعی کوره‌های قوس الکتریکی صنایع فرو آلیاژ و فرو سیلیس بوده و ماده‌ای است با فعالیت پوزولانی بسیار شدید که بیش از ٨٥ درصد سیلیس بلوری نشده دارد.

خاکستر بادی محصول فرعی سوخت زغال سنگ است که شامل سیلیسی، آلومین و اکسیدهای آهن و کلسیم است.

خاکستر بادی در انواع F و C وجود دارد. نوع C خاکستر بادی به دلیل دارا بودن بیش از ١٠ درصد اکسید کلسیم خاصیت سیمانی شدن نیز دارد. خاکستر پوسته برنج از سوختن پوسته برنج به دست می‌آید و دارای میزان زیادی سیلیس غیرکریستالی است.

مشخصات پوزولان‌ها باید با استانداردهای ملی ایران، و در صورت نبود آنها باید با یکی از استانداردهای معترض بین‌المللی مطابقت داشته باشد.

مبحث نهم**۹ - ۳ - ۶ - ۲ مواد شبہ سیمانی**

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

مشخصات مواد شبہ سیمانی باید با استانداردهای ملی ایران، از جمله استاندارد ملی ۳۵۱۷، و در صورت نبود آنها باید با یکی از استانداردهای معتبر بین‌المللی مطابقت داشته باشد.

## ۹ - ۴ میلگردهای فولادی

### ۹ - ۴ - ۰ علایم اختصاری

$E_s$  = مدول ارتعاعی میلگردهای فولادی، بر حسب مگاپاسکال

$f_{su}$  = تنش نهایی حداکثر ۵٪ از نمونه‌های میلگرد فولادی کمتر از آن باشد؛ بر حسب مگاپاسکال

$f_{su,obs}$  = مقاومت کششی میلگردهای فولادی، یعنی مقاومت حد نهایی، که در آزمایش کششی بر روی میلگردهای مصرفی مورد نظر به دست می‌آید،  
بر حسب مگاپاسکال

$f_y$  = تنش تسلیم میلگردهای فولادی، بر حسب مگاپاسکال؛ این تنش در میلگردهای S240 از روی تنش تسلیم مشهود آن به دست می‌آید. در سایر میلگردها تنش تسلیم قراردادی (تنش نظیر تغییرشکل نسبی ماندگار ۰/۲ درصد، و یا تنش نظیر تغییرشکل نسبی ۳۵/۰ درصد) تعریف می‌شود.

بحث نهم

$f_{yk}$  = مقاومت مشخصه میلگردهای فولادی؛ کمترین تنشی که تنش تسلیم حداقل ۵٪ از نمونه‌های میلگرد فولادی کمتر از آن باشد؛ برحسب مگاپاسکال

$f_{y,obs}$  = تنش تسلیمی که در آزمایش کششی بر روی میلگردهای مصرفی مورد نظر عملاً به دست می‌آید؛ برحسب مگاپاسکال

$f_{y,obs,m}$  = متوسط مقادیر  $f_{y,obs}$  برای آزمونه‌های میلگرد  
 $M$  = جرم یک قطعه میلگرد؛ برحسب گرم

$S$  = سطح مقطع موثر یا اسمی میلگرد؛ برحسب میلی‌متر مربع

$s$  = انحراف معیار برای آزمونه‌های میلگرد

$L$  = طول یک قطعه میلگرد؛ برحسب میلی‌متر

$d_b$  = قطر اسمی میلگردهای ساده یا آجدار؛ برحسب میلی‌متر

$\phi$  = قطر اسمی میلگردهای ساده، که معمولاً در نقشه‌ها و سایر مدارک فنی به کار می‌رود.

$\Phi$  = قطر اسمی میلگردهای آجدار، که معمولاً در نقشه‌ها و سایر مدارک فنی به کار می‌رود.

$d_1$  = قطر زمینه میلگردهای آجدار؛ برحسب میلی‌متر

$d_2$  = قطر خارجی میلگردهای آجدار؛ برحسب میلی‌متر

**۹ - ۱ - ۴ - ۱ تعاریف**

**۹ - ۱ - ۱ - ۱ رده میلگردهای فولادی:** عبارت است از عدد مقاومت مشخصه میلگرد برحسب  $N/mm^2$ ، که پس از حرف S می‌آید. رده‌های میلگردها عبارتند از S۲۴۰، S۳۴۰، S۴۰۰ و S۵۰۰.

رده میلگردها باید در تمامی اسناد فنی (دفترچه‌های محاسبات، نقشه‌ها و ...) قید شود.

**۴ - ۹ میلگردهای فولادی**

**۲ - ۱ - ۴ - ۹ کربن معادل فولاد:** از فرمول زیر به دست می‌آید:

$$C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + V + Mo}{5} + \frac{Cu + Ni}{15} \quad (1 - 4 - 9)$$

در این رابطه  $C$ ،  $Mn$ ،  $Cr$ ،  $V$ ،  $Mo$ ،  $Cu$  و  $Ni$  به ترتیب درصد هر یک از عناصر کربن، منگنز، کرم، وانادیم، مولیبدن، مس و نیکل در فولاد می‌باشد.

**۳ - ۱ - ۴ - ۹ بسته:** عبارت است از دو یا چند کلاف میلگرد بهم بسته شده، و یا تعدادی میلگرد شاخه مستقیم هم قطر و هم شکل و با یک مشخصه.

**۴ - ۱ - ۴ - ۹ شماره ذوب:** عدد نشان‌دهنده شماره فرآیند تولید هنگام ساخت فولاد است.

**۵ - ۱ - ۴ - ۹ 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 می‌شود تولید می‌گردد.

**۶ - ۱ - ۴ - ۹ محموله:** عبارت است از تعدادی بسته میلگرد. مشخصه‌های همه بسته‌ها باید یکسان، ولی قطر آنها از یک بسته به بسته دیگر می‌تواند متفاوت باشد.

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

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

شماره استاندارد ملی ایران	عنوان استاندارد
۳۱۳۲	ویژگی‌ها و روش‌های آزمون میلگردهای گرم نوردیده مصرفی در بتن
۱۷۹۷	اندازه‌های میلگردهای فولادی گرم نوردیده
۱۰۱۶	آزمون خمس سرد
۱۰۱۴	آزمون کشش فلزات

مبحث نهم**۹ - ۴ - ۳ طبقه‌بندی میلگردها از نظر روش ساخت**

- (۱) فولاد گرم نورده شده
- (۲) فولاد سرد اصلاح شده، که بر اثر انجام عملیات مکانیکی نظیر پیچانیدن، کشیدن، نورد کردن یا گذرانیدن از حدیده، بر روی میلگردهای گرم نورده شده در حالت سرد به دست می‌آید.
- (۳) فولاد گرم اصلاح شده یا فولاد ویژه، که بر اثر انجام عملیات مکانیکی نظیر گرمایش و آب دادن، بر روی میلگردهای گرم نورده شده در حالت گرم به دست می‌آید.

**۹ - ۴ - ۴ طبقه‌بندی میلگردها از نظر مکانیکی**

- ميلگردهای فولادی براساس مقاومت مشخصه آنها تقسیم‌بندی می‌شوند. انواع رده‌های میلگرد فولادی از نظر مکانیکی در جدول ۹ - ۴ - ۲ درج شده است.
- فولادهای فوق از نظر شکل‌پذیری به سه رده طبقه‌بندی می‌شوند:
- (۱) فولاد نرم (S۲۴۰)، که منحنی تنش - تغییرشکل نسبی آن دارای پله تسلیم مشهود است.
  - (۲) فولاد نیمسخت (S۲۴۰ و S۴۰۰)، که منحنی تنش - تغییرشکل نسبی آن دارای پله تسلیم بسیار محدود است.
  - (۳) فولاد سخت (S۵۰۰)، که منحنی تنش - تغییرشکل نسبی آن فاقد پله تسلیم است.

**۴ - ۹ میلگردهای فولادی****جدول ۴ - ۹ - ردهبندی مکانیکی میلگردهای فولادی**

ردۀ از نظر سختی	طبقه بندی از نظر شکل رویه	$f_{yk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{su}$ حداقل مقدار مجاز مقاومت کششی حداکثر فولاد (N/mm <sup>2</sup> )	علامت مشخصه در استاندارد ملی ایران ۱۳۱۳۲	ردۀ
نرم	ساده	۲۴۰	۳۶۰	۲۴۰ س	S ۲۴۰
نیم سخت	آجدار مارپیچ	۳۴۰	۵۰۰	۳۴۰ آج	S ۳۴۰
نیم سخت	آجدار جناقی	۴۰۰	۶۰۰	۴۰۰ آج	S ۴۰۰
سخت	آجدار مرکب	۵۰۰	۶۵۰	۵۰۰ آج	S ۵۰۰

**۴ - ۹ - ۵ انواع شکل رویه**

ميلگردهای مصرفی از نظر شکل رویه به سه دسته طبقه‌بندی می‌شوند:

- (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 دورپیچ 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 با رویه 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 دوکی‌شکل (آج با مقطع متغیر) یا به صورت یکنواخت (آج با مقطع ثابت)، و از نظر امتداد به صورت مارپیچ یا جناقی می‌باشند. ضوابط، مشخصات، شکل و ابعاد آج‌ها باید مطابق با استاندارد ۱۳۱۳۲ 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 بر روی میلگرد نیز

**مبحث نهم**

به چشم می خورد که هر چه میزان تابانیدن میلگرد بیشتر باشد گام این خط کمتر خواهد بود.

### **۶ - ۴ - ۹ مشخصات هندسی میلگردها**

**۶ - ۴ - ۱ سطح مقطع اسمی میلگردهای ساده، و سطح مقطع اسمی یا مؤثر میلگردهای آجدار از رابطه (۲ - ۴ - ۹) به دست می آید:**

$$S = \frac{M}{0.00785 L} \quad (2 - 4 - 9)$$

**۳ - ۴ - ۶ - ۲ قطر اسمی میلگردهای ساده یا آجدار، از رابطه (۳ - ۴ - ۹) به دست می آید:**

$$d_b = \sqrt{\frac{M}{0.00785 \pi L}} \quad (3 - 4 - 9)$$

**۳ - ۴ - ۶ - ۳ ضوابط و الزامات قطر اسمی انواع میلگردهای ساده و آجدار، قطر زمینه میلگردهای آجدار ( $d_1$ )، یعنی قطر میلگرد آجدار بدون در نظر گرفتن آج آن، و نیز قطر خارجی میلگردهای آجدار ( $d_2$ )، یعنی قطر میلگرد با احتساب کامل آج آن، مطابق جدول ۳ - ۴ - ۹ می باشد. سایر ویژگی های میلگردها باید مطابق با استاندارد ۳۱۳۲ ایران باشد.**

**۴ - ۶ - ۴ - ۶ تفکیک میلگردها از یکدیگر، به لحاظ هندسی، براساس قطر اسمی آنها صورت می گیرد.**

**۴ - ۹ میلگردهای فولادی**

**۴ - ۹ - ۵** طول استاندارد میلگردهای شاخه‌ای به‌طور معمول ۱۲ متر است.

**۴ - ۹ - ۶** رواداری طول‌ها و قطرهای میلگردها و آج‌های میلگردهای آجردار باید مطابق با استاندارد ملی ایران به‌شماره ۳۱۳۲ باشد.

**۴ - ۹ - ۷ مشخصات مکانیکی میلگردها**

ميلگردها زمانی از نظر مکانیکی قابل قبول شناخته می‌شوند که یکی از شرایط بندهای شماره ۹ - ۴ - ۷ - ۱ - ۶ - ۲ - ۷ - ۴ - ۱ یا ۹ - ۷ - ۴ - ۱ - ۶ - ۲ - ۷ - ۴ - ۱ براورد شرایط بندهای ۹ - ۹ - ۴ - ۹ - ۳ - ۷ - ۴ - ۹ - ۴ - ۷ - ۴ - ۹ - ۴ - ۹ - ۵ که در ذیل می‌آیند، برآورده نمایند:

**۴ - ۹ - ۷ - ۱** در تمامی ۵ آزمونه میلگرد انتخابی، باید رابطه زیر برقرار باشد:

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

**۴ - ۹ - ۷ - ۲** در صورتی که تمام یا بخشی از شرایط بند ۹ - ۴ - ۷ - ۱ - ۶ - ۲ - ۷ - ۴ - ۱ براورد نشود، ۵ آزمونه دیگر انتخاب می‌شود. نتایج ۱۰ آزمونه مذکور در بندهای ۹ - ۴ - ۹ - ۱ - ۶ - ۲ - ۷ - ۴ - ۹ - ۴ - ۹ - ۵ صدق کند:

$$f_{y,obs,m} \geq f_{yk} + 0.7s \quad (4 - 4 - 9)$$

$$f_{y,obs,m} = \frac{\sum_{i=1}^{10} (f_{y,obs})_i}{10} \quad (1 - 5 - 4 - 9)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} [(f_{y,obs,m}) - (f_{y,obs})_i]^2}{9}} \quad (2 - 5 - 4 - 9)$$

**جدول ۴-۹** ضوابط و الزامات قطعه‌های اسی، زمینه و خارجی انواع میلگردها

میلگرد ۳۰۱۴۰ (با ج ورکی)		میلگرد ۳۰۱۴۰ (با ج ورکی)		میلگرد ۳۰۱۴۰ (با ج ورکی)		میلگرد ۳۰۱۴۰ (با ج ورکی)	
میلگرد های (ج ورکی)	میلگرد های (ج ورکی)	میلگرد های (بای ج بکتوخت)	میلگرد های (بای ج بکتوخت)	میلگرد های (بای ج بکتوخت)	میلگرد های (بای ج بکتوخت)	میلگرد های (بای ج بکتوخت)	میلگرد های (بای ج بکتوخت)
قطر خارجی در پلیمرین قفل آج عرضی و یا اج طولی (d <sub>b</sub> ) (mm)	قطر زینه (d <sub>b</sub> ) (mm)	قطر اسی (d <sub>b</sub> ) (mm)	قطر خارجی (d <sub>t</sub> ) (mm)	قطر اسی (d <sub>b</sub> ) (mm)	حداکثر انتفاع بر جستجوی طولی (mm)	قطر زینه (d <sub>t</sub> ) (mm)	قطر اسی میلگرد های (d <sub>b</sub> ) (mm)
-	-	-	۶۷۵	۶۷۵	۰/۶	۰/۷۰	۰/۸
-	-	-	۷/۵۰	۷/۵۰	۱۰	۱۰	۱۰
-	-	-	۹/۰۰	۹/۰۰	۱۱۰	۹۳۰	۹۳۰
-	-	-	-	-	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰
-	-	-	-	-	۱۳/۰	۱۲	۱۲
۱۵/۰	۱۴	۱۵/۰	۱۴	۱۴	۱۳/۰	۱۳/۰	۱۴
۱۳/۰	۱۴	۱۵/۰	۱۴	۱۴	۱۳/۴۰	۱۳/۴۰	۱۴
۱۸/۰	۱۶	۱۸/۰	۱۶	۱۶	۱۵/۰	۱۵/۰	۱۶
۲۰/۰	۱۸	۲۰/۰	۱۸	۱۸	۱۷/۰	۱۷/۰	۱۸
۲۰/۰	۲۰	۲۰/۰	۲۰	۲۰	۱۹/۰	۱۹/۰	۲۰
۲۲/۰	۲۰	۲۲/۰	۲۰	۲۰	۲۰/۰	۱۹/۰	۲۰
۲۴/۰	۲۲	۲۴/۰	۲۲	۲۲	۲۱/۰	۲۱/۰	۲۲
۲۷/۰	۲۴	۲۷/۰	۲۴	۲۴	۲۱/۰	۲۱/۰	۲۴
۳۰/۰	۲۶	۳۰/۰	۲۶	۲۶	۲۶/۰	۲۶/۰	۲۶
-	-	-	-	-	۳۰/۰	۳۰/۰	۳۰
-	-	-	-	-	۳۰/۰	۳۰/۰	۳۰
-	-	-	۴۳/۰	۴۳/۰	۴۰	۴۰	۴۰

**۴ - ۹ میلگردهای فولادی**

**۲ - ۷ - ۴ - ۹** در هریک از آزمونهای مذکور در بندهای ۱ - ۷ - ۴ - ۹ و ۲ - ۷ - ۴ - ۹ باشد: تمامی روابط زیر برقرار باشد:

$$f_{su} \geq 1/18 (f_{y,obs})_i \quad (6 - 4 - 9)$$

$$(f_{su,obs})_i \geq 1/25 f_{yk} \quad (7 - 4 - 9)$$

$$\left| (f_{y,obs})_i - f_{yk} \right| \leq 125 \text{ MPa} \quad (8 - 4 - 9)$$

$$(f_{su,obs})_i \geq 1/25 (f_{y,obs})_i \quad (9 - 4 - 9)$$

**۴ - ۷ - ۴ - ۹** به عنوان ضابطه شکل پذیری، از دیاد طول نسبی دو طول معیار، یکی به طول ۱۰ برابر و دیگری به طول ۵ برابر قطر میلگرد (یعنی ۴۱۰ و ۴۵)، باید حداقل برابر با مقادیر مندرج در جدول ۹ - ۴ - ۴ باشد.

جدول ۹ - ۴ - ۴ حداقل مجاز از دیاد طول نسبی میلگردهای فولادی در آزمایش کشش (بر حسب درصد)

S ۵۰۰	S ۴۰۰	S ۳۴۰	S ۲۴۰	از دیاد طول نسبی ردیه فولاد
۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۱۵	۰/۱۸	حداقل مقدار مجاز ۱۰
۰/۱۰	۰/۱۶	۰/۱۸	۰/۲۵	حداقل مقدار مجاز ۵

**۵ - ۴ - ۷ - ۴ - ۹** به عنوان ضابطه شکل پذیری، میلگردها باید با مشخصات و اندازه های مندرج در جدول ۹ - ۴ - ۵ تحت آزمون خمش قرار گیرند.

**مبحث نهم**

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

نسبت قطر فک خمش به قطر اسمی میلگرد	زاویه خمش (درجه)		رد
	خمش سرد	خمش مجدد	
۲	۹۰	۱۸۰	S ۲۴۰
۳	۹۰	۱۸۰	S ۳۴۰
۵	۹۰	۱۸۰	S ۴۰۰
۵	۹۰	۹۰	S ۵۰۰

آزمون خمش بهدو صورت خمش سرد و خمش مجدد صورت می‌گیرد.

آزمون خمش سرد بر روی نمونه‌هایی با طول حداقل ۲۵۰ میلی‌متر که مستقیماً از خط تولید به دست آمده و هیچ‌گونه عملیات مکانیکی (از جمله تراشکاری) بر روی آن اعمال نشده است انجام می‌شود. روش آزمون خمش سرد مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۱۰۱۶ صورت می‌گیرد.

در آزمون خمش مجدد، نمونه‌های آزمون که مشابه نمونه‌های خمش سرد است، به میزان ۹۰ درجه در دمای محیط خم و سپس نمونه به مدت حداقل نیم ساعت تا دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس گرم می‌شود. پس از آنکه نمونه سرد شده و به دمای محیط رسید آن را با نیروی پیوسته و یکنواخت، به میزان ۲۰ درجه برمی‌گردانند.

میلگرد زمانی از نظر هر یک از آزمون‌های خمش قابل قبول تلقی می‌گردد که پس از خمش، هیچ‌گونه ترک، شکستگی یا سایر عیوب (مطابق استانداردهای ملی مربوطه) در آن ایجاد نگردد و مشاهده نشود.

**۴ - ۹ میلگردهای فولادی****۸ - ۴ - سایر مشخصات**

**۱ - ۴ - ۸ - ۱** در صورتی که قرار است در میلگردها از وصله جوشی استفاده شود، باید این میلگردها تحت آزمایش جوش‌پذیری قرار گیرند. در این آزمایش نمونه‌های جوش‌شده باید تحت آزمایش کشش و خمش قرار گیرند. در آزمایش کشش، زمانی میلگرد از نظر جوش‌پذیری قابل قبول تلقی می‌گردد که مقطع گسیخته شده، در محل جوش یا در مجاورت آن نباشد. در آزمایش خمش، زمانی میلگرد از نظر جوش‌پذیری قابل قبول تلقی می‌گردد که پس از خم کردن، ترکی در منطقه جوش شده و خود جوش به وجود نیاید.

**۲ - ۴ - ۸ - ۲** در مورد میلگردهایی که تا حد پوسته شدن زنگ زده باشند، بهویژه میلگردهایی که به طور موضعی و عمیق دچار خوردگی شده باشند باید پس از ماسه‌پاشی آزمایش‌های (الف) و (ب) بر روی نمونه‌های آنها انجام شود:

(الف) آزمایش و کنترل مجدد موارد مذکور در بند ۷ - ۴ - ۹

(ب) اندازه‌گیری مجدد قطر اسمی میلگردها و مطابقت آن با روابطی‌های مذکور در استاندارد ۳۱۳۲ ملی ایران

در صورتی که میلگردهای پوسته شده ضوابط (الف) و (ب) را برآورده نسازند، غیرقابل قبول تلقی می‌شوند.

**۳ - ۴ - ۸ - ۴** میلگردهایی که دچار خم و اعوجاج شدید شده‌اند فقط هنگامی قابل مصرف می‌باشند که مجدداً تحت آزمایش خمش قرار گرفته و ضوابط مذبور را برآورده سازند.

**مبحث نهم****۹ - ۴ - تواتر نمونه برداری**

تعداد و تواتر نمونه ها باید به گونه ای باشد که نتایج آزمایش های انجام شده بر روی آنها معرف

کیفیت کل آرماتور مصرفی و حداقل به میزان ذکر شده در (الف) تا (پ) این بند باشند:

(الف) بهازای هر پانصد کیلونیوتن وزن میلگرد و کسر آن یک سری نمونه

(ب) از هر قطر یک سری نمونه

(پ) از هر نوع فولاد یک سری نمونه

بر روی هر سری نمونه، باید آزمایش های مذکور در بند های ۹ - ۴ - ۷ و ۸ - ۴ - ۶ انجام شود.

**۹ - ۴ - ۱۰ - جوش پذیری**

(۱) قابلیت جوش پذیری میلگردها براساس مقدار کربن معادل آنها تعیین می شود. در صورتی که مقدار کربن معادل از ۰/۵۱ درصد کمتر باشد میلگرد قابل جوشکاری است و هرچه این مقدار کمتر باشد قابلیت جوش پذیری فولاد بیشتر است. حداکثر کربن معادل مجاز انواع فولادها در جدول ۹ - ۴ - ۶ آورده شده است. الکترود مناسب برای جوشکاری براساس مبحث دهم مقررات ملی ساختمان تعیین می گردد.

**جدول ۹ - ۴ - ۶ حداکثر کربن معادل مجاز انواع فولادها**

S ۵۰۰	S ۴۰۰	S ۳۴۰	S ۲۴۰	نوع فولاد
*	*	۰/۵۰	-	حداکثر کربن معادل (%)

\* میلگردهای رده S ۴۰۰ و S ۵۰۰ ، 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 بتون در دمای زیر  $-18^{\circ}\text{C}$  - ممنوع است.

پس از پایان جوشکاری باید میلگرد به طور طبیعی سرد شده و به دمای محیط برسد. شتاب دادن به فرآیند سرد شدن میلگردهای جوش شده ممنوع است.

**۴ - ۹ میلگردهای فولادی****۱۱ - ۴ - نشانه‌گذاری و بسته‌بندی میلگردها**

میلگردهای S۲۴۰ ، S۳۴۰ و S۴۰۰ با قطر ( $d_b \leq 12\text{mm}$ ) به صورت کلاف و یا به صورت شاخه مستقیم با طول‌های مساوی بسته‌بندی می‌شوند. قطر کلاف میلگردهای کلاف باید حداقل ۲۰۰ برابر قطر میلگرد باشد.

میلگردهای S۲۴۰ ، S۳۴۰ و S۴۰۰ با قطر ( $d_b \geq 14\text{mm}$ ) ، و نیز تمامی میلگردهای S۵۰۰ فقط به صورت شاخه مستقیم با طول‌های مساوی بسته‌بندی می‌شوند. بر روی شاخه‌های میلگردهای آجردار تولیدی، به صورت یک در میان باید علامت مشخصه‌ای حک شود تا از روی آن نام کارخانه سازنده و نوع میلگرد معلوم شود. هر یک از بسته‌های میلگرد باید دارای حداقل دو پلاک فلزی باشد که بر روی هریک از پلاک‌های مزبور مشخصات (الف) تا (ح) به صورتی خوانا حک و یا به صورتی که نتواند مخدوش شود نوشته شده باشد:

- (الف) شماره بسته
- (ب) نوع میلگرد (س ۲۴۰ ، آج ۳۴۰ ، ...)
- (پ) نمره میلگرد (قطر اسمی بر حسب میلی‌متر)
- (ت) وزن بسته (بر حسب کیلونیوتن)
- (ث) شماره ذوب یا بهر
- (ج) نشانه تأییدیه کنترل کیفیت از سوی کارخانه سازنده
- (چ) نام یا نشانه تجاری کارخانه سازنده
- (ح) علامت استاندارد ملی ایران

مبحث نهم**۹ - ۴ - ۱۲ - گواهینامه فنی**

هر یک از محموله‌های بیش ۲۵۰ کیلونیوتن باید دارای گواهینامه فنی صادره از طرف تولیدکننده باشند و این گواهینامه همراه محموله به مصرف‌کننده تحویل شود. قید موارد (الف) تا (ر) این بند در گواهینامه فنی الزامی است:

- (الف) نام و نشانی کارخانه سازنده
- (ب) شماره گواهینامه
- (پ) تاریخ صدور گواهینامه
- (ت) علامت مشخصه نوع میلگرد
- (ث) شماره ذوب یا بهر
- (ج) نمره (قطر اسم) میلگرد
- (چ) طول اسمی شاخه‌ها
- (ح) تعداد بسته‌ها
- (خ) مشخصات فنی شیمیایی شامل ترکیبات شیمیایی و کربن معادل
- (د) مشخصات مکانیکی
- (ذ) رنگ انتخابی برای مقطع میلگرد
- (ر) نوع علامت حک شده و به کار رفته بر روی پلاک‌های الصاقی

**۹ - ۴ - ۱۳ - ضوابط حمل و نقل، انبارکردن و نگهداری**

**۹ - ۴ - ۱۳ - ۱** میلگردهای فولادی را باید در محلهای تمیز و عاری از رطوبت و گل و خاک و سایر آلودگی‌ها نگهداری کرد تا از زنگزدگی و کثیف شدن سطح آنها جلوگیری شود.

**۴ - ۹ میلگردهای فولادی**

**۲ - ۱۳ - ۴ - ۹** از هر نوع صدمه مکانیکی یا تغییرشکل پلاستیک، نظیر بریدگی و ضربه و...، جلوگیری شود.

**۳ - ۱۳ - ۴ - ۹** میلگردهای پوسته شده باید ماسه پاشی و پس از برآوردن ضوابط مذکور در بندهای ۹ - ۴ - ۸ و ۷ - ۴ - ۹، مصرف شوند. رفع پوسته ها با استفاده از برس سیمی و سایر روش های مشابه مجاز نیست.

**۴ - ۱۳ - ۴ - ۹** میلگردها باید به روشی حمل و انبار شوند که دچار خمیدگی بیش از حد نشوند.

**۵ - ۱۳ - ۴ - ۹** میلگردها نباید به طور مستقیم بر روی زمین انبار شوند.

**۶ - ۱۳ - ۴ - ۹** میلگردها باید بسته به قطر و رده آنها، به صورت مجزا انبار شوند.

**۷ - ۱۳ - ۴ - ۹** میلگردهایی که هنوز بریده یا خم نشده اند باید به گونه ای انبار و نگهداری شوند که برچسب و علامت کارخانه سازنده فولاد بر روی آنها قابل رؤیت باشد.

**۸ - ۱۳ - ۴ - ۹** میلگردها باید به نحوی تخلیه شوند که هم به کارگران صدمه نزنند و هم خود صدمه نبینند.



## ۹-۵ استانداردهای مشخصات و آزمایش‌ها

### ۹-۵-۱ استانداردهای مربوط به این مبحث

در این فصل، فهرست مشخصات و آزمایش‌های استاندارد ارائه شده است. این استانداردها تا حد امکان براساس مشخصات و آزمایش‌های مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران تهیه شده‌اند.

شماره‌ها و عنوان‌ی استانداردهای : سیمان و ملات			
ردیف	مشخصات / آزمایش	عنوان	استاندارد ملی ایران
۱	مشخصات	سیمان پرتلند	۳۸۹
۲	مشخصات	سیمان پرتلند روباره‌ای	۳۵۱۷
۳	مشخصات	سیمان‌های پرتلند آمیخته پوزولای	۳۴۳۲
۴	مشخصات	سیمان منبسط شونده	*
۵	آزمایش	مقدار بهینه $SO_3$ در سیمان پرتلند	۱۶۹۴
۶	آزمایش	نمونه‌گیری از سیمان	*

## مبحث نهم

## شماره‌ها و عنوانین استانداردهای سیمان و ملات

ردیف	مشخصات / آزمایش	عنوان	استاندارد ملی ایران
۷	آزمایش	تجزیه شیمیایی سیمان	۱۶۹۲ ۱۶۹۳ ۱۶۹۴ ۱۶۹۵
۸	آزمایش	جرم مخصوص سیمان بهوسیله نفوذ هوا	*
۹	آزمایش	نرمی سیمان (نفوذ هوا) (بلین)	۳۹۰
۱۰	آزمایش	نرمی سیمان (کدری سنج و اگر)	*
۱۱	آزمایش	اختلاط مکانیکی خمیرهای سیمان و ملات	*
۱۲	آزمایش	میز جاری شدن	*
۱۳	آزمایش	زمان گیرش سیمان بهوسیله سوزن ویکا	۳۹۲
۱۴	آزمایش	زمان گیرش سیمان بهوسیله سوزن گیلمور	*
۱۵	آزمایش	مقدار هوای ملات	*
۱۶	آزمایش	روانی و زمان گیرش سیمان	*
۱۷	آزمایش	مقاومت کششی ملات	*
۱۸	آزمایش	مقاومت خمثی ملات	۳۹۳
۱۹	آزمایش	مقاومت فشاری ملات (آزمایش نمونه مکعبی)	*
۲۰	آزمایش	مقاومت فشاری ملات (آزمایش نمونه منشوری)	۳۹۳
۲۱	آزمایش	آب انداختن خمیرهای سیمان و ملات	*
۲۲	آزمایش	گرمای آبگری سیمان	۳۹۴
۲۳	آزمایش	انبساط سیمان در اتوکلاو (آزمایش سلامت)	۳۹۱
۲۴	آزمایش	تغییر طول ملات و بتن سخت شده	*
۲۵	آزمایش	قابلیت انبساط سولفاتی ملات ها	*
۲۶	آزمایش	انبساط مقید سیمان منبسط شونده	*
۲۷	آزمایش	جمع شدگی خشک شدن ملات	*
۲۸	مشخصات	سیمان سوپر سولفات	*
۲۹	مشخصات	سیمان آمیخته آهکی	۴۲۲۰
۳۰	مشخصات	سیمان بنایی	۳۵۱۶
۳۱	مشخصات	مشخصات ملات بنایی	*
۳۲	آزمایش	سختی اولیه سیمان پرتلند (روش ملات)	*

## ۵ - ۹ استانداردهای مشخصات و آزمایش‌ها

شماره‌ها و عنوان استانداردهای: سنگدانه‌ها			
ردیف	مشخصات / آزمایش	عنوان	استاندارد ملی ایران
۱	مشخصات	سنگدانه‌های بتن	۳۰۲
۲	مشخصات	سنگدانه‌ها برای بتن حفاظت‌کننده در برابر تشعشع	*
۳	مشخصات	سبکدانه‌ها برای بتن سازه‌ای	*
۴	آزمایش	نمونه‌برداری از سنگدانه‌ها	*
۵	آزمایش	آزمایش سنگ‌شناسی	*
۶	آزمایش	دانه‌بندی با الک	۴۴۷
۷	آزمایش	مقدار کل رطوبت	*
۸	آزمایش	رطوبت سطحی سنگدانه‌های ریز	*
۹	آزمایش	وزن مخصوص	*
۱۰	آزمایش	چگالی و جذب آب سنگدانه‌های درشت	۶۱۱
			۵۷۸
۱۱	آزمایش	چگالی و جذب آب سنگدانه‌ای ریز	۱۶۸۶
۱۲	آزمایش	سلامت سنگدانه‌ها	۴۴۹
۱۳	آزمایش	ارزیابی مقاومت سنگدانه‌های درشت در برابر یخ‌بندان در بتن با حباب هوا	۵۷۸
۱۴	آزمایش	ضربه و خرد شدن	۶۶۹
۱۵	آزمایش	مقاومت در برابر سایش (ماشین لوس آنجلس)	۴۴۸
۱۶	آزمایش	ناخالصی‌های آلی در ماسه	*
۱۷	آزمایش	اثر ناخالصی‌های آلی روی مقاومت	*
۱۸	آزمایش	مصالح ریزتر از الک شماره ۲۰۰ (۷۵ میکرومتر)	۴۴۶
۱۹	آزمایش	تکه‌های سبک	*
۲۰	آزمایش	دانه‌های پولکی و سوزنی	*
۲۱	آزمایش	کلوخه‌های رسی و دانه‌های سست	*
۲۲	آزمایش	سنگدانه برای ملات بنایی	۲۹۹
۲۳	آزمایش	دانه‌های نرم	*
۲۴	آزمایش	قابلیت واکنش قلیایی مخلوطهای سیمان و سنگدانه (روش منشور ملات)	*
۲۵	آزمایش	واکنش قلیایی سنگدانه (منشورهای بتنی)	*

## مبحث نهم

شماره‌ها و عنوان‌ین استانداردهای: سنگدانه‌ها			
ردیف	مشخصات / آزمایش	عنوان	استاندارد ملی ایران
۲۶	آزمایش	قابلیت واکنش‌زایی سنگدانه (روش شیمیایی)	*
۲۷	آزمایش	واکنش قلیایی بالقوه سنگ‌های کربناتی	*
۲۸	آزمایش	قابلیت تغییرات حجمی مخلوط‌های سیمان و سنگدانه‌ها	*
۲۹	آزمایش	کنترل واکنش قلیایی سنگدانه با استفاده از مواد افزودنی معدنی	*
۳۰	آزمایش	مقدار کل یون سولفات قابل حل در آب	*
۳۱	آزمایش	مقدار کلرید سنگدانه	*
۳۲	آزمایش	ارزش ماسه‌ای خاک و سنگدانه‌های ریز	*

شماره‌ها و عنوان‌ین استانداردهای: آب			
ردیف	مشخصات / آزمایش	عنوان	استاندارد ملی ایران
۱	مشخصات	تعریف واژه‌هایی که به آب ارتباط دارند	*
۲	آزمایش	کلسیم و منیزیم در آب	*
۳	آزمایش	pH آب و فاضلاب	*
۴	آزمایش	اسیدی یا قلیایی بودن آب	*
۵	آزمایش	ذرات معلق و مواد محلول در آب	*
۶	آزمایش	یون کلرید در آب و فاضلاب	*
۷	آزمایش	یون سولفات در آب‌های زیرزمینی	*
۸	آزمایش	کیفیت آب مصرفی در بتون	*

## ۵ - ۹ استانداردهای مشخصات و آزمایش‌ها

شماره‌ها و عناوین استانداردهای: مواد افزودنی و مواد جایگزین سیمان			
ردیف	مشخصات / آزمایش	عنوان	استاندارد ملی ایران
۱	مشخصات	مواد افزودنی شیمیایی	*
۲	مشخصات	مواد افزودنی حباب‌ساز	*
۳	مشخصات	خاکستر بادی و پوزولان‌های طبیعی خام یا تکلیس‌شده	۳۴۳۳
۴	مشخصات	ضوابط کلرید کلسیم	*
۵	آزمایش	نمونه‌گیری و آزمایش کلرید کلسیم	*
۶	آزمایش	مواد افزودنی حباب‌ساز	*
۷	آزمایش	نمونه‌برداری و آزمایش خاکستر بادی یا پوزولان‌های طبیعی	*
۸	مشخصات	مواد افزودنی شیمیایی برای تولید بتن سیال	*
۹	مشخصات	دوده سیلیسی مصرفی در بتن و ملات	*
۱۰	مشخصات	روباره‌دانه‌ای کوره آهن‌گدازی برای مصرف در بتن و ملات	*
۱۱	مشخصات	افزودنی رنگدانه‌ای برای تولید بتن رنگی	*
۱۲	مشخصات	افروندنی‌های مصرفی برای بتن‌پاشی	*
۱۳	آزمایش	زمان گیرش خمیر سیمان حاوی افزودنی تسريع‌کننده فوری گیرش مصرفی در شات‌کریت با سوزن گیلمور	*
۱۴	آزمایش	فعالیت هیدرولیکی روباره از طریق واکنش با قلیایی‌ها	*

## مبحث نهم

## شماره‌ها و عنوان‌ین استانداردهای: بتن تازه

ردیف	مشخصات / آزمایش	عنوان	استاندارد ملی ایران
۱	مشخصات	بتن آماده	۶۰۴۴
۲	آزمایش	نمونه برداری بتن تازه	۴۸۹
۳	آزمایش	ساختن و عمل آوردن نمونه‌های آزمایشی بتنی در آزمایشگاه	۵۸۱
۴	آزمایش	ساختن و عمل آوردن نمونه‌های آزمایشی بتن در کارگاه	*
۵	آزمایش	آزمایش اسلامی	۴۹۲
۶	آزمایش	آزمایش روان سنجی وی-بی	*
۷	آزمایش	نفوذ گلوله در بتن تازه (گلوله کلی)	۵۱۱
۸	آزمایش	آزمایش ضریب تراکم	*
۹	آزمایش	وزن مخصوص، بازدهی و مقدار هوای (اندازه‌گیری وزنی)	*
۱۰	آزمایش	مقدار هوای بتن تازه (اندازه‌گیری حجمی)	*
۱۱	آزمایش	مقدار هوای بتن تازه (روش فشاری)	*
۱۲	آزمایش	تجزیه بتن تازه	*
۱۳	آزمایش	آب انداختن	*
۱۴	آزمایش	زمان گیریش به وسیله مقاومت در برابر نفوذ	*
۱۵	آزمایش	تغییرات حجمی اولیه	*
۱۶	آزمایش	نگهداری آب به وسیله مواد عمل آورنده بتن	*
۱۷	آزمایش	بتن ساخته شده به وسیله پیمانه کردن حجمی و اختلاط پیوسته	*
۱۸	مشخصات	مواد مایع عمل آورنده بتن	*
۱۹	مشخصات	مواد غشایی عمل آورنده بتن	*
۲۰	مشخصات	دانه‌بندی سنگدانه‌های مصرفی در بتن پاشیده	*
۲۱	آزمایش	ارزیابی اثر مواد عمل آورنده بتن	*
۲۲	آزمایش	نمونه گیری از بتن پاشیده	*
۲۳	آزمایش	زمان گیریش بتن پاشیده به وسیله مقاومت در برابر نفوذ	*
۲۴	آزمایش	تهییه و آزمایش نمونه از ورقه‌های بتن پاشیده	*

## ۵ - ۹ استانداردهای مشخصات و آزمایش‌ها

شماره‌ها و عنوان‌ین استانداردهای: بتن سخت‌شده			
ردیف	مشخصات / آزمایش	عنوان	استاندارد ملی ایران
۱	آزمایش	کلاهک‌گذاری نمونه‌های استوانه‌ای	*
۲	آزمایش	مقاومت فشاری	*
۳	آزمایش	مقاومت فشاری بتن (نمونه منشوری)	*
۴	آزمایش	آزمایش‌های فشاری بتن بدون اسلامپ	*
۵	آزمایش	عمل آوردن تسریع شده و آزمایش بتن	*
۶	آزمایش	مقاوت کششی دونیم کردن	*
۷	آزمایش	مقاومت خمی بتن با استفاده از تیر ساده با بارگذاری متمرکز در نقاط یک‌سوم دهانه	۴۹۰
۸	آزمایش	مقاومت خمی بتن با استفاده از تیر ساده با بارگذاری متمرکز در وسط دهانه	*
۹	آزمایش	تعیین خشکشیدگی، جمع شدگی، و حرکت رطوبت	*
۱۰	آزمایش	مدول الاستیستیته استاتیکی و نسبت پواسون	۵۲۵
۱۱	آزمایش	فرکانس‌های اصلی، عرضی، طولی و پیچشی	*
۱۲	آزمایش	ویژگی‌های مکانیکی تحت اثر بارهای سه محوری	*
۱۳	آزمایش	وارفتگی بتن در فشار	*
۱۴	آزمایش	تغییر طول نمونه‌های متنه یا ارهشده	*
۱۵	آزمایش	چگالی، جذب آب و فضاهای خالی	*
۱۶	آزمایش	تعیین میکروسکوپی سیستم حباب‌های هوا	*
۱۷	آزمایش	عبار سیمان بتن سخت‌شده	*
۱۸	آزمایش	مقاومت در برابر یخ‌زدن و آب شدن سریع	*
۱۹	آزمایش	اتساع بحرانی بتن در اثر یخ‌بندان	*
۲۰	آزمایش	مقاومت در برابر سایش بهوسیله ماسه‌پاشی	*
۲۱	آزمایش	مقاومت سایشی سطوح افقی	*
۲۲	آزمایش	مقاومت پوسته شدن بتن در معرض مواد شیمیایی یخ‌زا	*
۲۳	آزمایش	پیوستگی ایجادشده با میلگردهای فولادی	*

## مبحث نهم

شماره‌ها و عنوان‌ین استانداردهای بتن سخت‌شده			
ردیف	مشخصات / آزمایش	عنوان	استاندارد ملی ایران
۲۴	آزمایش	امتحان و نمونه‌برداری از بتن در عملیات اجرایی	*
۲۵	آزمایش	آزمایش مغزه‌های متنه‌شده و تیرهای اره‌شده	*
۲۶	آزمایش	عدد بر جهندگی	*
۲۷	آزمایش	مقاومت در برابر نفوذ	*
۲۸	آزمایش	آزمایش بتن بهروش فراصوتی	*
۲۹	آزمایش	مقاومت در برابر بیرون کشیدن	*
۳۰	آزمایش	تجزیه بتن سخت‌شده	*
۳۱	آزمایش	دستگاه‌های الکترومغناطیسی اندازه‌گیری پوشش	*
۳۲	آزمایش	رادیوگرافی با اشعه گاما	*
۳۳	آزمایش	کلر قابل حل در آب موجود در بتن و ملات	*
۳۴	آزمایش	کلر قابل حل در اسید موجود در بتن و ملات	*
۳۵	آزمایش	مقاومت در مقابل نفوذ یون کلر با روش الکتریکی	*
۳۶	آزمایش	فعالیت خوردگی میلگرد بدون پوشش در بتن	*
۳۷	آزمایش	آزمایش جذب آب بتن	*
۳۸	آزمایش	آزمایش نفوذ آب	*

## ۵ - ۹ استانداردهای مشخصات و آزمایش‌ها

شماره‌ها و عناوین استانداردهای فولاد			
ردیف	مشخصات / آزمایش	عنوان	استاندارد ملی ایران
۱	آزمایش کششی میلگرد	آزمایش کششی بعد از خم کردن و باز کردن خم (برای میلگرد و سیم به قطر کمتر از ۹ میلی‌متر)	*
۲	آزمایش	آزمایش خم کردن و باز کردن خم	*
۳	آزمایش	آزمایش پیوستگی میلگرد با بتن (آزمایش تیر)	*
۴	آزمایش	آزمایش پیوستگی میلگرد با بتن (آزمایش بیرون کشیدن میلگرد)	*
۵	آزمایش	آزمایش وصله‌های جوش شده میلگرد	*
۶	آزمایش	آزمایش خستگی میلگرد	*
۷	آزمایش		

\*: تا زمانی که استاندارد مربوطه تدوین نگردیده است، از استانداردهای معتبر بین‌المللی (EN و BS,ASTM) استفاده گردد.



## ۶-۹ کیفیت بتن

### ۶-۹-۰ علایم اختصاری

$f_c$  = مقاومت فشاری مشخصه بتن، براساس آزمونهای استوانه‌ای، مگاپاسکال

$f_{cm}$  = مقاومت فشاری متوسط لازم (مقاومت متوسط هدف) بتن، مگاپاسکال

$x_i$  = مقاومت فشاری نمونه  $i$  ام

$s$  = انحراف استاندارد مقاومت فشاری نمونه‌ها

$x_m$  = میانگین مقاومت فشاری سه نمونه

$x_{min}$  = کمترین مقاومت فشاری نمونه‌ها

$r_1$  = ضریب تبدیل مقاومت نمونه استوانه‌ای استاندارد به مقاومت نظیر نمونه استوانه‌ای غیراستاندارد

$r_2$  = ضریب تبدیل مقاومت نمونه مکعبی به ابعاد ۲۰۰ میلی‌متر، به مقاومت نظیر نمونه مکعبی به ابعاد غیر از ۲۰۰ میلی‌متر

**بحث نهم**

$r_7$  = ضریب تبدیل مقاومت نمونه استوانه‌ای استاندارد، به مقاومت نظیر نمونه مکعبی  
 به ابعاد ۲۰۰ میلی‌متر  
 $a$  = قطر نمونه استوانه‌ای  
 $b$  = بعد نمونه مکعبی

**۱ - ۶ - ۹ کلیات**

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

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

**۳ - ۶ - ۹** نمونه استوانه‌ای استاندارد به ابعاد  $300 \times 150$  میلی‌متر می‌باشد. در صورت استفاده از آزمونه‌های غیر، باید مقاومت آنها به مقاومت نظیر آزمونه‌های استوانه‌ای استاندارد تبدیل شود. برای تبدیل مقاومت نمونه‌های غیراستاندارد به استاندارد از ضرایب تبدیل ۱۳, ۱۲, ۱۱ مطابق جدول‌های ۳ - ۶ - ۱ تا ۳ - ۰ - ۶ استفاده می‌گردد.

**۶-۹ کیفیت بتن****جدول ۶-۰-۱ مقادیر  $I_1$** 

$a \times 2a$	$100 \times 200$	$150 \times 300$	$200 \times 400$	$250 \times 500$	$300 \times 600$
$I_1$	۱/۰۲	۱/۰۰	۰/۹۷	۰/۹۵	۰/۹۱

**جدول ۶-۰-۲ مقادیر  $I_2$** 

$b$ مکعبی	۱۰۰	۱۵۰	۲۰۰	۲۵۰	۳۰۰
$I_2$	۱/۰۵	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۹۵	۰/۹

**جدول ۶-۰-۳ مقادیر  $I_3$** 

مقاومت فشاری نمونه مکعبی (MPa)	$\leq 25$	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵
$I_3$	۱/۲۵	۱/۲۰	۱/۱۷	۱/۱۴	۱/۱۳	۱/۱۱	۱/۱۰
مقاومت فشاری نمونه استوانه ای (MPa)	با توجه به ضریب	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰

**۶-۱-۴** تهیه و آزمایش آزمونهای استوانه‌ای بتن باید مطابق استانداردهای مندرج در بند ۶-۹-۱-۴-۱-۶-۹-۱-۴-۳ باشد:

**۶-۱-۴-۱** «روش نمونهبرداری از بتن تازه»، استاندارد ملی ایران به شماره ۴۸۹، برای نمونهبرداری

**۶-۱-۶-۲** «روش ساختن و عمل آوردن آزمونه بتن در کارگاه»، مطابق استانداردهای معترض بین‌المللی برای ساختن آزمونهای

**۶-۱-۶-۳** «روش آزمایش مقاومت فشاری آزمونهای استوانه‌ای بتن» مطابق استانداردهای معترض بین‌المللی

بحث نهم

**۱ - ۶ - ۵** مقاومت فشاری مشخصه بتن مقاومتی است که حداقل ۵ درصد تمامی مقاومت‌های اندازه‌گیری شده در نمونه‌های استوانه‌ای استاندارد براساس آزمایش‌های ۲۸ روزه کمتر از آن باشد.

**۱ - ۶ - ۶** آزمایش‌های مقاومت کششی بتن نباید مبنای پذیرش بتن در کارگاه باشد.

**۱ - ۶ - ۷** دستگاه نظارت باید تا خاتمه دوره تضمین و حداقل یکسال پس از پایان کار هر پروژه، سابقه کامل نتایج آزمایش‌های انجام شده روی بتن مصرفی را نگهداری و سپس به کارفرما تحويل دهد. ضبط و نگهداری این اطلاعات به صورت رایانه‌ای برای ساختمان‌های مهم الزامی است.

## **۲ - ۶ - ۹ مبانی تعیین نسبت‌های اختلاط بتن**

**۱ - ۶ - ۱** تعیین نسبت‌های اختلاط بتن باید به‌گونه‌ای باشد که شرایط بند ۹ - ۶ - ۱ - ۱ - ۲ - ۶ - ۹ را برآورده سازد:

**۱ - ۶ - ۲ - ۱** کارایی و روانی بتن به‌اندازه کافی باشد تا بتن بتواند به سهولت در قالب‌ها ریخته شود و به خوبی میلگردها را در برگیرد بدون اینکه جدایی دانه‌ها یا آب انداختن زیاد روی دهد.

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

**۶ - ۹ کیفیت بتن**

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

**۶ - ۹ - ۲ - ۲** نسبت‌های اختلاط مواد تشکیل‌دهنده بتن براساس تجارب کارگاهی و استفاده از مخلوط‌های آزمایشگاه مبتنی بر روش‌های متداول با صالح مصرفی کارگاه تعیین می‌شوند.

**۶ - ۹ - ۳ پایایی بتن****۶ - ۹ - 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.

**۶ - ۹ - ۱ - ۱ - ۱ انواع آسیب‌دیدگی‌های بتن****۶ - ۹ - ۱ - ۱ - ۱ آسیب‌دیدگی بر اثر دوره‌های یخ‌زدن و آب شدن**

آسیب‌دیدگی بر اثر دوره‌های یخ‌زدن و آب شدن در بتن به صورت ترک‌خوردگی و فروپاشی آن مشخص می‌شود. علت این آسیب‌دیدگی انبساط پیش‌رونده خمیر سیمان سخت‌شده بر اثر دوره‌های یخ‌زدگی و آب شدن مکرر است.

**۶ - ۹ - ۱ - ۱ - ۲ حمله سولفاتی**

به علت نفوذ یون سولفات موجود در آب یا خاک مجاور بتن، موادی منبسط‌شونده در بتن ایجاد می‌شوند که با گذشت زمان باعث فروپاشی سطح بتن شده و خرابی به مرور

**مبحث نهم**

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 - ۱ - ۱ - ۳ - واکنش قلیایی سنگدانه‌ها**

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

**۹ - ۶ - ۱ - ۱ - ۴ - خوردگی فولاد مدفون در بتن**

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

---

٦-٩ کیفیت بتن**٦-٩-١-١-٥ سایش و فرسایش**

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

**٦-٩-٣-٢ مکانیزم‌های کاهنده پایایی****٦-٩-٣-٢-١ دوره‌های یخ‌زدن و آب شدن**

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

**٦-٩-٣-٢-٢ عوامل شیمیایی خورنده**

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

**٦-٩-٣-٢-٣ سایش و فرسایش**

در بعضی موارد سطح بتن دچار تخریب می‌شود و این امر به‌ویژه 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.

**مبحث نهم****۶-۳-۴ - سنگدانه‌های واکنش‌زا**

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

**۶-۳-۳ - ضوابط ویژه برای افزایش پایایی در شرایط محیطی مختلف****۶-۳-۱ - عوامل مؤثر بر کاهش نفوذپذیری بتن**

برای افزایش پایایی بتن باید نفوذپذیری آن را با رعایت موارد (الف) الی (چ) تقلیل داد:

(الف) استفاده از سیمان مناسب

(ب) بهینه‌سازی عیار سیمان

(پ) انتخاب صحیح و مناسب نسبت‌های اختلاط بتن

(ت) استفاده از افروندنی‌های شیمیایی مانند روان‌کننده‌ها، مواد حباب هواساز و ...

(ث) کاهش و محدود نمودن نسبت آب به مواد سیمانی (سیمان و پوزولان و مواد شبه‌سیمانی)

(ج) تأمین حداکثر تراکم با وسایل و روش‌های مناسب

(چ) عملآوری دقیق و کافی با روش‌های مناسب

**۶-۳-۲ - 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، یخ‌زدن و ذوب شدن، سرد و گرم شدن متناوب، تماس با خاک مهاجم یا غیرمهاجم، مواد خورنده، فرسایش شدید،

---

۶-۹ کیفیت بتن

عبور وسایل نقلیه یا ضربه موجود نباشد، یا قطعه در مقابل این‌گونه عوامل مهاجم بهنحوی 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 غیرمهاجم یا آب تماس دارند یا زیر آب با pH بزرگتر از ۵ قرار می‌گیرند، دارای شرایط محیطی متوسط تلقی می‌شوند.

پ) شرایط محیطی شدید: به شرایطی اطلاق می‌شود که در آن قطعات بتنی در معرض رطوبت یا تعریق شدید یا تر و خشک شدن متناوب یا یخ زدن و آب شدن و سرد و گرم شدن متناوب نه‌چندان شدید قرار می‌گیرند. قطعاتی که در معرض پاشش آب دریا باشند یا در آب غوطه‌ور شوند، طوری که یکوجه آنها در تماس با هوا قرار گیرد، قطعات واقع در هوای دارای یون کلر و نیز قطعاتی که سطح آنها در معرض خوردگی ناشی از مصرف مواد یخ‌زدا قرار می‌گیرد دارای شرایط محیطی شدید محسوب می‌شوند.

ت) شرایط محیطی بسیار شدید: به شرایطی اطلاق می‌شود که در آن قطعات بتنی در معرض گازها، آب و فاضلاب ساکن با pH حداقل 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 می‌شود که در آن قطعات بتنی در معرض فرسایش شدید، عبور وسایل نقلیه، یا آب و فاضلاب جاری با pH حداقل ۵ قرار می‌گیرند. رویه بتن محافظت‌نشده پارکینگ‌ها و قطعات موجود در آبی که اجسام صلبی را با خود جابه‌جا می‌کند، دارای شرایط محیطی فوق العاده شدید تلقی می‌شوند. شرایط محیط جزایر و حاشیه خلیج فارس و دریای عمان به طور عمدۀ جزو این شرایط محیطی قرار می‌گیرند.

**مبحث نهم****۹-۶-۳-۳- استفاده از مواد حباب‌ساز**

بتنی که احتمال دارد در معرض بخزدن و آب شدن یا تحت اثر مواد شیمیایی بخزدا قرار گیرد باید با مواد افزودنی حباب‌ساز ساخته شود. مقدار درصد حباب‌ها در بتن تازه باید طبق استاندارد ملی ۳۸۲۱ ایران اندازه‌گیری شده و مطابق جدول ۹-۶-۳ باشد. در صورتی که مقاومت فشاری بتن، از ۳۵ مگاپاسکال بیشتر باشد، می‌توان مقادیر درج شده در جدول را بهمیزان یک درصد کاهش داد.

**جدول ۹-۶-۱** مقدار کل حباب‌های هوا برای بتن مقاوم در برابر بخزدن و آب شدن

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

\* رواداری مقدار هوا در محل مصرف  $\pm 1/5$  درصد است.

+ مقصود از شرایط محیطی ۱ آن است که بتن، قبل از بخزدن در تماس تقریباً مداوم با رطوبت قرار گیرد یا تحت اثر مواد شیمیایی بخزدا باشد. این حالت برای رویه‌های بتنی، عرشه‌های پل، پیاده‌روها و مخازن آب محتمل است.

++ مقصود از شرایط محیطی ۲ آن است که بتن، قبل از بخزدن در هوای سرد فقط گاهی در تماس با رطوبت قرار گیرد یا تحت اثر مواد شیمیایی بخزدا نباشد. این حالت برای بعضی تیرها و دیوارهای خارجی و نیز دالهایی که در تماس مستقیم با خاک نباشند محتمل است.

**۶ - ۹ کیفیت بتن****۶ - ۳ - ۴ - محدودیت نسبت آب به سیمان، حداقل مقاومت و حداقل****مقدار سیمان**

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

**جدول ۶ - ۲ الزامات بتن مسلح در شرایط محیطی مختلف**

حداقل مقدار سیمان در واحد حجم بتن (دکانیوتون بر متر مکعب)	حداقل مقاومت مشخصه بتن (مگاپاسکال)	حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی	شرایط محیطی یا موقعیت سازه
۳۰۰	۳۰	۰/۵	متوسط
۳۲۵	۳۰	۰/۴۵	شدید
۳۵۰	۳۵	۰/۴	بسیار شدید
۳۵۰	۴۰	۰/۴	فوق العاده شدید

**۶ - ۳ - ۵ - تدبیر احتیاطی در محیط‌های سولفاتی**

بتنی که احتمال دارد در محیط سولفاتی، و نه محیط تؤام سولفاتی و کلریدی قرار گیرد باید با ضوابط جدول‌های ۶ - ۳ - ۳ - ۹ - الف و ۶ - ۳ - ۳ - ب، مطابقت داشته باشد. در این جدول‌ها رده‌بندی سولفات‌ها در خاک در شرایط گوناگون محیطی و نیز تدبیر احتیاطی قابل توصیه برای انواع مختلف قطعات بتنی ارایه شده است.

این بتن‌ها باید دارای مقاومت مناسب و نفوذپذیری کم و تا حد امکان فاقد مواد آسیب‌پذیر باشند. برای تأمین این منظورها باید ملاحظات (الف) تا (ت) مد نظر باشد :

(الف) برای ساختن بتن، از سیمان‌های پرتلند یا سیمان‌های پرتلند آمیخته مناسب نظیر سیمان‌های پرتلند روبارهای، سیمان‌های پرتلند آمیخته با پوزولان‌های طبیعی یا مصنوعی استفاده شود.

**مبحث نهم**

ب) نسبت آب به سیمان، با استفاده از مواد افزودنی مناسب، نظیر روان‌کننده‌ها و فوق‌روان‌کننده‌ها کاهش داده شود.

پ) با کاربرد مواد سیلیسی ریزدانه فعال، نظیر دوده سیلیسی (برای برخی از سولفات‌ها) و خاکستر بادی، تا آنجا که ممکن است هیدروکسید حاصل از آبگیری سیمان به سیلیکات کلسیم تبدیل شود.

ت) 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. بهویژه از کاربرد سیمان پرتالند نوع پنج به تنها، که حفاظت ناچیزی در مقابل نفوذ یون کلر به بتن و ممانعت از خوردگی میلگردها دارد، خودداری گردد.

**۶ - ۳ - ۳ - ۶ - شرایط محیطی خورنده**

در حالتی که احتمال دارد بتن آرمه در معرض آب دریا، آبهای شور، یا نمک‌های یخ‌زدا قرار گیرد علاوه بر ضوابط ذکر شده در جدول ۲-۶-۹ ضوابط بند ۳-۶-۹-۳-۶-۹ نیز در مورد حداقل پوشش باید رعایت شوند.

**۶ - ۳ - ۳ - ۷ - مقدار مجاز سولفات‌ها در بتن**

مقدار کل سولفات قابل حل در آب در مخلوط بتن، بر حسب  $\text{SO}_3$  نباید از ۴ درصد وزن سیمان بیشتر باشد و مقدار کل سولفات موجود نباید از ۵ درصد وزن سیمان در مخلوط تجاوز کند. مقدار سولفات موجود در بتن باید براساس مجموع مقادیر سولفات‌های موجود در مواد تشکیل‌دهنده بتن محاسبه شود.

**۶ - ۳ - ۳ - ۸ - مقدار مجاز کلرید در بتن**

به منظور حفاظت میلگردها در برابر خوردگی، حداکثر کلرید قابل حل در آب در بتن سخت شده ۲۸ روزه، ناشی از مواد تشکیل‌دهنده بتن یعنی آب، سنگدانه‌ها، مواد

## ۶ - ۹ کیفیت بتن

شیمیایی و مواد افزودنی نباید از مقادیر حداکثر مجاز داده شده در جدول ۴-۶ تجاوز کند.

جدول ۶ - ۳ - الف ردهبندی سولفات‌ها در خاک و تدبیر احتیاطی توصیه شده برای مقاطع بتونی نازک

حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی	تدبیر احتیاطی توصیه شده*	ردهبندی سولفات‌ها در شرایط گوناگون محیطی							
		در SO <sub>4</sub> در خاک	در SO <sub>4</sub> آب‌های زیرزمینی (ppm)	مقدار کل (%)	در عصاره ** ۱ به ۲ (g/l)				
۰/۵۵	مقاطع بتونی نازک در زیرزمین‌ها، آبروها، حفره‌های آدمرو	*	کمتر از ۰/۲	کمتر از ۳۰۰	ملایم				
	(الف) اگر کل سازه بالاتر از سفره آب قرار گیرد از سیمان نوع ۱ استفاده شود.								
۰/۵۵	(ب) اگر سازه تحت اثر فشار آب از بیرون قرار گیرد، از سیمان نوع ۱ استفاده یا به طریقی دیگر، از سفالت یا قیرگونی یا سایر مواد غشاساز استفاده شود.								
	(الف) اگر کل سازه بالاتر از سفره آب قرار گیرد، از سیمان نوع ۱ استفاده شود								
۰/۵	(ب) اگر سازه تحت اثر فشار آب از بیرون قرار گیرد، از سیمان نوع ۱ استفاده شود.	*	۰/۲ تا ۰/۵	۳۰۰ تا ۱۲۰۰	متوسط				
۰/۵	یا از سیمان نوع ۵ یا به طریقی دیگر، از آسفالت یا قیرگونی یا سایر مواد غشاساز استفاده شود.								
۰/۵	(الف) اگر کل سازه بالاتر از سفره آب قرار گیرد، از سیمان نوع ۱ استفاده یا از سیمان نوع ۵ استفاده شود.	۱/۹ تا ۳/۱	۰/۵ تا ۱	۱۲۰۰ تا ۲۵۰۰	شدید ***				
۰/۵	ب - (۱) اگر سازه تحت اثر فشار آب از بیرون قرار گیرد، از سیمان نوع ۵ استفاده شود.								
*	ب - (۲) به طریقی دیگر، از آسفالت یا قیرگونی یا سایر مواد غشاساز می‌توان استفاده کرد.								
۰/۴۵	(الف) اگر کل سازه بالاتر از سفره آب قرار گیرد و خاک همواره خشک باقی بماند، از سیمان نوع ۲ یا از سیمان نوع ۵ استفاده شود.	۵/۶ تا ۳/۱	۱ تا ۲	۲۵۰۰ تا ۵۰۰۰	بسیار شدید				
*	ب) اگر سازه در تماس با سفره آب متغیر قرار گیرد، تعیین کاتیون‌ها ضروری است. تا بهاین وسیله تصمیم لازم از نظر استفاده از سیمان نوع +۵، سیمان آمیخته مناسب، آسفالت، قیرگونی یا سایر مواد غشاساز نفوذناپذیر اتخاذ شود.								

**مبحث نهم****جدول ۹ - ۶ - ۳ - الف** ردهبندی سولفات‌ها در خاک و تدبیر احتیاطی توصیه شده برای مقاطع بتنی نازک

(ادامه)

تدبیر احتیاطی توصیه شده*		ردهبندی سولفات‌ها در شرایط گوناگون محیطی			
حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی	مقاطع بتنی نازک در زیرزمین‌ها، آبروها، حفره‌های آدمرو	در خاک SO <sub>4</sub>		در SO <sub>4</sub> آب‌های زیرزمینی (%)	شرایط محیطی از نظر سولفات
		دو عصاره ** ۱ به ۲ (g/l)	مقدار کل (%)		
۰/۴۵	الف) اگر کل سازه بالاتر از سفره آب فرار گیرد و خاک همواره خشک باقی بماند، از سیمان نوع ۱ یا از سیمان نوع ۵ استفاده شود.	بیشتر از ۵/۶	بیشتر از ۲	بیشتر از ۵۰۰۰	فوق العاده شدید
	ب - (۱) اگر سازه در تماس با سفره آب متغیر قرار گیرد، از سیمان آمیخته مناسب استفاده شود.				
	ب - (۲) با استفاده از پوشش‌های آسفالتی یا روکش‌های پلاستیکی چسبنده محافظت‌های لازم به عمل آید.				

\* عباره‌ای سیمان توصیه شده در این جدول برای مخلوط‌هایی مناسب‌بند که کارایی آنها متوسط باشد (اسلام پ بین ۵۰ تا ۷۵ میلی‌متر).

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

\*\*\*\* سیمان‌های پرتلند روبارهای یا سیمان‌های پرتلند پوزولانی با کمتر از ۲۵ درصد پوزولان را می‌توان جایگزین سیمان نوع ۵ دانست مشروط برآنکه مقدار SO<sub>4</sub> از ۱۲۰۰ قسمت در میلیون در آب (یا ۰/۵ درصد در خاک) تجاوز نکند. سیمان‌های پرتلند پوزولانی با بیش از ۲۵ درصد پوزولان را تنها در صورتی می‌توان جایگزین سیمان نوع ۵ درنظر گرفت که مقدار SO<sub>4</sub> از ۲۵۰۰ قسمت در میلیون در آب (یا ۱ درصد در خاک) تجاوز نکند.

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

## ۶ - ۹ کیفیت بتن

جدول ۶ - ۳ - ب ردبندی سولفات‌ها در خاک و تدابیر احتیاطی توصیه شده برای شمع‌های بتُنی در جا

تدابیر احتیاطی توصیه شده *		ردبندی سولفات‌ها در شرایط گوناگون محیطی		
حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی	مقاطعه بتُنی نازک در زیرزمین‌ها، آبروها، حفره‌های آدمرو	SO <sub>4</sub> در خاک		شرایط محیطی از نظر سولفات
		در عصارة ** ۲ به ۱ (g/l)	مقدار کل (%)	
۰/۵۵	(الف) اگر شمع‌ها به تمامی بالاتر از سفره آب فرار گیرند از سیمان نوع ۱ استفاده شود	-	کمتر از ۰/۲	کمتر از ۳۰۰ ملایم
۰/۵۵	(ب) اگر شمع‌ها در تماس با سفره آب متغیر قرار گیرند از سیمان نوع ۱ استفاده شود.	-	۰/۵ تا ۰/۲	۱۲۰۰ تا ۳۰۰ متوسط
۰/۵۰	(الف) اگر شمع‌ها به تمامی بالاتر از سفره آب فرار گیرند از سیمان نوع ۱ استفاده شود	-	۰/۵ تا ۰/۲	۱۲۰۰ تا ۳۰۰ متوسط
۰/۵۰	(ب) اگر شمع‌ها در تماس با سفره آب متغیر قرار گیرند از سیمان نوع ۱ یا از سیمان نوع ۵ استفاده شود	۳/۱ تا ۱/۹	۰/۵ تا ۱	۲۵۰۰ تا ۱۲۰۰ شدید ***
۰/۵۰	(ب) اگر شمع‌ها در تماس با سفره آب متغیر قرار گیرند از سیمان نوع ۵ استفاده شود فقط در مورد شمع‌های باربر انتهایی قبل اعمال + است.	۳/۱ تا ۱/۹	۰/۵ تا ۱	۲۵۰۰ تا ۱۲۰۰ شدید ***
-	(الف) اگر شمع‌ها 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.	۳/۱ ۵/۶	۱ تا ۲	۵۰۰۰ تا ۲۵۰۰ بسیار شدید
-	(ب) سولفات‌ها به مقدار بیش از ۳۰۰۰ قسمت در میلیون در آب‌های زیر زمینی بسیار مهاجم تلقی می‌شود. تدابیر احتیاطی ویژه ای لازم است. برای مثال، استفاده از سیمان آمیخته مناسب، یا محافظت جدار شمع‌های باربر انتهایی با پوشش‌های غشاگر را می‌توان نام برد. نوع سیمان مصرفی بستگی به کاتیون‌ها دارد.	۳/۱ ۵/۶	۱ تا ۲	۵۰۰۰ تا ۲۵۰۰ بسیار شدید

**مبحث نهم****جدول ۹ - ۶ - ۳ - ب** رده‌بندی سولفات‌ها در خاک و تدابیر احتیاطی توصیه شده برای شمع‌های بتنی درجا

(ادامه)

حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی	نتدابیر احتیاطی توصیه شده *	رده‌بندی سولفات‌ها در شرایط گوناگون محیطی		
		در خاک SO <sub>2</sub>	در SO <sub>2</sub> آب‌های زیرزمینی	شرایط محیطی از نظر سولفات
در عصاره *** ۱ به ۲ (g/l)	مقدار کل (%)	(PPM)		
۰/۴۵	ماقاطع بتنی نازک در زیر زمین‌ها، آبروها، حفره‌های آدمرو	الف) اگر شمع‌ها 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) سولفات‌های به مقدار بیش از ۳۰۰۰ قسمت در میلیون در آب‌های زیرزمینی بسیار مهاجم تلقی می‌شود. تدابیر احتیاطی ویژه‌ای لازم است. برای مثال استفاده از سیمان آمیخته مناسب با محافظت جدار شمع‌های برابر انتهایی با پوشش‌های غشا‌ساز را می‌توان نام برد. نوع سیمان مصرفی بستگی به کاتیون‌ها دارد.	بیشتر از ۵/۶	بیشتر از ۲	بیشتر از ۵۰۰ فوق العاده شدید

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

\*\*\* ، به زیرنویس جدول ۹ - ۶ - ۳ الف رجوع شود.

+ حمله سولفات ممکن است موجب پدیدآمدن پوسته‌ای نازک روی سطح شمع و در نتیجه کاهش اصطکاک در جداره آن شود. بنابراین تدابیر احتیاطی مذکور در این مورد فقط برای شمع‌های برابر انتهایی معتبر است.

(۱) برای تعریف شرایط محیطی به بند ۹ - ۶ - ۳ - ۲ رجوع شود.

**۶ - ۹ کیفیت بتن****جدول ۶ - ۹ حداکثر مجاز بونکلرید از نظر خوردگی**

نوع قطعه بتنی	حداکثر نسبت کلرید قابل حل در آب در بتن، به وزن سیمان بر حسب درصد
بتن پیش‌تنیده	۰/۰۶
بتن آرمهای که در زمان بهره‌برداری 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 - ۳ - ۳ - ۶ - ۹ پوشش بتنی روی میلگردها**

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

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

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

(الف) قطر میلگردها (در مورد قطر مؤثر گروه‌های میلگردها به بند ۹ - ۲ - ۶ - ۱۸ - ۲ - ۶ - ۲).

رجوع شود).

(ب) چهارسوم بزرگ‌ترین اندازه اسمی سنگدانه‌ها

**مبحث نهم**

**۶-۳-۳-۴** در صورتی که بتن در جوار دیواره خاکی مقاوم ریخته شود و به طور دائم با آن در تماس باشد، ضخامت پوشش نباید کمتر از ۷۵ میلی‌متر اختیار گردد.

**۶-۳-۳-۵** در صورتی که بتن دارای سطح فرورفته و برجسته (نقش‌دار یا دارای شکستگی) باشد، ضخامت پوشش باید در عمق فرورفتگی‌ها اندازه‌گیری شود.

**۶-۳-۳-۶** میلگردها و تمامی قطعات و صفحه‌های فولادی پیش‌بینی شده برای توسعه آتی ساختمان باید به نحوی مناسب در مقابل خوردگی محافظت شوند.

**۶-۳-۳-۷** در صورتی که لازم باشد عضوی دارای درجه آتشبادی معینی باشد، حداقل ضخامت پوشش بتن محافظ میلگردها در برابر حریق باید ضوابط مندرج در فصل نوزدهم را تأمین نماید.

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

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

\* مقادیر داده شده در جدول را می‌توان با استثنای شرایط محیطی بسیار شدید و فوق العاده شدید به اندازه ۵ میلی‌متر برای بتن‌های رده C۳۵ و C۴۰ یا ۱۰ میلی‌متر برای بتن‌های رده 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.

**۶ - ۹ کیفیت بتن****۶ - ۹ - ۴ تعیین نسبت‌های اختلاط براساس تجربه کارگاهی و****مخلوط‌های آزمایشی****۶ - ۹ - ۱ - ۴ رده‌بندی بتن**

رده‌بندی بتن براساس مقاومت فشاری مشخصه آن به ترتیب زیر است:

C6	C8	C10	C12	C16	C20	C25	C30	C35
								C40
								C45
								C50

اعداد بعد از C بیانگر مقاومت فشاری مشخصه بتن بر حسب مگاپاسکال می‌باشند.  
در عمل، در شرایط اجرایی کارگاهی، در صورتی بتن منطبق بر مشخصات و قابل قبول  
تلقی می‌شود که با شرایط بند ۶ - ۹ - ۵ مطابقت داشته باشد.

**۶ - ۹ - ۴ - ۲ روش‌های تعیین نسبت‌های اختلاط**

**۶ - ۹ - ۴ - ۲ - ۱** برای بتن‌های پایین‌تر از رده C20 می‌توان نسبت‌های اختلاط را براساس تجارب قبلی و بدون مطالعه آزمایشگاهی تعیین کرد و یا به شرط آنکه مصالح مصرفی استاندارد باشند، «نسبت‌های اختلاط استاندارد» مطابق دفترچه مشخصات فنی عمومی را ملاک قرار داد.

**۶ - ۹ - ۴ - ۲ - ۲** برای بتن‌های رده C20 و بالاتر، تعیین نسبت‌های بهینه اختلاط باید از طریق مطالعات آزمایشگاهی و با در نظر گرفتن ضوابط طراحی براساس دوام صورت گیرد.

**مبحث نهم**

این مطالعات ممکن است قبل از شروع عملیات اجرایی توسط طراح انجام پذیرد و نتیجه به دست آمده به عنوان «نسبت‌های اختلاط مقرر» در دفترچه مشخصات فنی خصوصی درج شود، یا توسط مجری به انجام رسید و نتیجه به دست آمده به عنوان «نسبت‌های اختلاط تعیین شده» به کار رود.

**۹ - ۶ - ۴ - ۳ - انحراف استاندارد**

**۹ - ۶ - ۴ - ۳ - ۱** در مواردی که در کارگاه پرونده آزمایش‌های مقاومت بتن موجود باشد باید انحراف استاندارد نتایج محاسبه شود. پرونده مذکور باید دارای شرایط (الف) تا (پ) 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 نسبت‌های اختلاط در پرونده مذکور نباید محدودیتی بیشتر از حدود تعیین شده در طرح مورد نظر داشته باشد.  
 (ب) باید روش ساخت بتی که مقاومت میانگین لازم مطابق بند ۹ - ۶ - ۴ - ۴ 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 آنکه شرایط بند ۹ - ۶ - ۴ - ۳ - ۲ تأمین 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 - ۶ - ۴ - ۳ - ۲** در مواردی که در کارگاه پرونده آزمایش‌های مقاومت مطابق بند ۹ - ۶ - ۴ - 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 جدول ۹ - ۶ - ۶ ، انحراف استاندارد تقریبی قابل قبولی به دست آورد.

**۶ - ۹ کیفیت بتن**

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

**جدول ۶ - ۶ - ۶ ضریب اصلاح انحراف استاندارد**

ضریب اصلاح برای انحراف استاندارد	تعداد آزمایش‌ها*
۱/۱۶	۱۵
۱/۰۸	۲۰
۱/۰۳	۲۵
۱/۰۰	۳۰ یا بیشتر

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

**۶ - ۶ - ۴ - ۴ مقاومت فشاری متوسط لازم**

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

$$f_{cm} = f_c + 1/34 s + 1/5 \text{ MPa} \quad (1 - 6 - 9)$$

$$f_{cm} = f_c + 2/33 s - 4 \text{ MPa} \quad (2 - 6 - 9)$$

۶ - ۶ - ۴ - ۲ در مواردی که در کارگاه پرونده آزمایش‌های مقاومت برای تعیین انحراف استاندارد مطابق بندهای ۹ - ۶ - ۴ - ۳ - ۱ یا ۹ - ۶ - ۴ - ۳ - ۲

بحث نهم

موجود نباشد، برای تعیین مقاومت فشاری متوسط لازم باید از جدول ۹ - ۶ استفاده شود. در این صورت تدوین مدارک مربوط به مقاومت متوسط باید مطابق بند ۹ - ۶ - ۴ - ۵ باشد.

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

ردیه بتن	مقاومت فشاری متوسط لازم، مگاپاسکال
C <sub>12</sub> و پایین‌تر	$f_{cm} = f_c + \gamma$
C <sub>14</sub>	$f_{cm} = f_c + \gamma/5$
C <sub>20</sub>	$f_{cm} = f_c + \gamma/5$
C <sub>25</sub>	$f_{cm} = f_c + \gamma/5$
C <sub>35</sub> و C <sub>30</sub>	$f_{cm} = f_c + 10/5$
C <sub>40</sub> و بالاتر	$f_{cm} = f_c + 11$

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

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

**۹ - ۶ - ۴ - ۵ - ۱** پرونده آزمایش‌های مقاومت باید معرف مصالح و شرایط مورد انتظار در عمل باشد. تغییرات در مصالح و نسبت‌های اختلاط نباید محدودیتی بیشتر از

**٦ - ٩ کیفیت بتن**

حدود تعیین شده در طرح مورد نظر داشته باشد. به منظور تدوین مدارکی که نشان دهد مخلوط بتن مقاومت متوسط لازم را خواهد داشت، می‌توان پروندهای مشتمل بر حداقل ۱۰ آزمایش متوالی یا ۳۰ آزمایش متفرق را به کار برد مشروط بر آنکه این پرونده آزمایش‌های انجام شده در مدت حداقل ۴۵ روز را در برگیرد.

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

**٦ - ٤ - ٥ - ٢** در صورتی که در کارگاه پروندهای قابل قبول از نتایج آزمایش‌ها موجود نباشد می‌توان نسبت‌های اختلاط بتن را براساس مخلوط‌های آزمایشی آزمایشگاهی و با مراعات شرایط زیر تعیین کرد:

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

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

پ) مخلوط‌های آزمایشی آزمایشگاهی باید طوری طراحی شوند که اختلاف اسلام‌پ آنها با مقدار حداکثر مجاز اسلام‌پ در محدوده  $2 \pm 0.5$  میلی‌متر باشد و برای بتن حباب‌دار، اختلاف مقدار هوا با هوای حداکثر مجاز در محدوده  $0.5 \pm 0.1$  درصد باشد.

ت) برای هر نسبت آب به سیمان یا هر مقدار سیمان باید حداقل سه آزمونه مطابق «روش ساختن و عمل آوردن آزمونه‌های بتن در آزمایشگاه» (دت ۵۰۳)، ساخته و عمل آورده شوند. آزمونه‌ها باید در سن 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 آزمونه‌ها باید نموداری رسم کرد که رابطه بین نسبت آب به سیمان با مقاومت فشاری در زمان آزمایش را نشان دهد.

**مبحث نهم**

ج) حداکثر نسبت آب بهسیمان یا حداقل مقدار سیمان برای بتن مورد استفاده در طرح، باید نظیر قسمتی از نمودار باشد که براساس آن مقاومت فشاری متوسط لازم مطابق بند ۹ - ۶ - ۴ - ۴ تأمین شود، مگر آنکه با توجه بهبند ۹ - ۶ - ۳ مقداری کمتر برای نسبت آب بهسیمان یا مقداری بیشتر برای عیار سیمان مورد نظر باشد.

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

۹ - ۶ - ۶ - ۱ بعد از بهدست آمدن اطلاعات کافی از نتایج آزمایش‌های مقاومت ضمن اجرای سازه، می‌توان مقاومت فشاری متوسط لازم را تقلیل داد، مشروط بر آنکه:

الف) نتایج حداقل ۳۰ آزمایش مقاومت موجود باشد و متوسط آنها از مقدار لازم مطابق بند ۹ - ۶ - ۴ - ۴ بیشتر باشد.

ب) ضوابط مربوط به شرایط ویژه محیطی مطابق بند ۹ - ۶ - ۳ تأمین شود.

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

**۹ - ۶ - ۵ - ۶ ارزیابی و پذیرش بتن****۹ - ۶ - ۵ - ۱ تواتر نمونه‌برداری و آزمایش مقاومت**

پذیرش بتن در کارگاه براساس نتایج آزمایش فشاری نمونه‌های اخذشده از بتن و تأیید دستگاه نظارت مبنی بر نحوه مناسب اجرا در مراحل کار مانند، جا انداختن، ایجاد تراکم

**٦ - ٩ کیفیت بتن**

لازم و نگهداری مناسب در زمان تعیین شده می باشد. دفعات تصادفی نمونه برداری از بتن باید به نحوی یکنواخت در طول مدت تهیه و مصرف بتن توزیع شوند و حداقل تعداد آنها به گونه ای باشد که ضوابط بندهای (٩ - ٦ - ٥ - ١ - ٥ - ٦ - ٢ - ١ - ٥ - ٦) را تأمین نماید. نمونه ها باید قبل از ریختن در محل نهایی مصرف برداشته شوند.

**٦ - ١ - ٥ - ١** 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 دیگری انجام می پذیرد و متوسط مقاومت های فشاری به دست آمده به عنوان نتیجه نهایی آزمایش منظور می شود. برای ارزیابی کیفیت بتن قبل از موعد مقرر می توان حداقل یک آزمونه دیگر نیز به منظور انجام آزمایش مقاومت فشاری تهیه کرد.

**٦ - ١ - ٥ - ٦ - ٢** در صورتی که حجم هر اختلاط بتن بیشتر از یک مترمکعب باشد، تواتر نمونه برداری به ترتیب زیر خواهد بود:

(الف) برای دال ها و دیوارها و پی ها، یک نمونه برداری از هر ۳۰ مترمکعب بتن یا ۱۵۰ مترمربع سطح.

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

(پ) برای ستون ها، یک نمونه برداری از هر ۵۰ متر طول.

**٦ - ١ - ٥ - ٦ - ٣** در صورتی که حجم هر اختلاط بتن کمتر از یک مترمکعب باشد، باید مقادیر مذکور در بند ٩ - ٦ - ٥ - ١ - ٢ را به همان نسبت تقلیل داد.

**٦ - ١ - ٥ - ٦ - ٤** حداقل یک نمونه برداری از هر رده و از هر نوع بتن در هر روز الزامی است.

بحث نهم

**٦ - ٥ - ١ - ٥ - ٦ - ٩** حداقل ۶ نمونه برداری از هر رده بتن و از هر نوع بتن در کل سازه الزامی است.

**٦ - ٥ - ٦ - ٦ - ٥ - ١** در صورتی که کل حجم بتن مصرفی یک پروژه ساختمانی از ۳۰ متر مکعب کمتر باشد می‌توان از نمونه برداری و آزمایش مقاومت صرف نظر کرد مشروط بر آنکه به تشخیص دستگاه نظارت دلیلی برای رضایت‌بخش بودن کیفیت بتن موجود باشد.

**٩ - ٦ - ٥ - ٢** ضوابط پذیرش بتن - آزمونهای عمل آمده در آزمایشگاه

**٩ - ٦ - ٥ - ١ - ٢ - ٦** مشخصات بتن در صورتی منطبق بر رده مورد نظر و از لحاظ مقاومتی قابل قبول تلقی می‌شود که حداقل یکی از شرایط (الف) و (ب) برقرار باشد:

(الف) در آزمایش سه نمونه برداری متواالی، مقاومت هیچ‌کدام کمتر از مقاومت فشاری مشخصه نباشد:

$$x_i \geq f_c \quad ; \quad i = 1, 2, 3 \quad (3 - 6 - 9)$$

(ب) متوسط مقاومت‌های سه نمونه برداری متواالی حداقل  $1/5$  مگاپاسکال بیشتر از مقاومت فشاری مشخصه باشد و کوچکترین مقاومت نمونه‌ها از مقاومت فشاری مشخصه بیش از  $4$  مگاپاسکال کمتر نباشد:

$$x_m \geq f_c + 1/5 \quad (4 - 6 - 9)$$

$$x_{min} \geq f_c - 4 \quad (5 - 6 - 9)$$

**۶ - ۹ کیفیت بتن**

**۲ - ۵ - ۶ - ۹** مشخصات بتن در صورتی غیرقابل قبول است که متوسط مقاومت‌های نمونه‌ها از مقاومت فشاری مشخصه کمتر باشد یا کوچکترین مقاومت فشاری نمونه‌ها از مقاومت فشاری مشخصه بیش از ۴ مگاپاسکال کمتر باشد:

$$x_{min} < f_c - 4 \quad \text{یا} \quad x_m < f_c \quad (6 - 9)$$

**۲ - ۲ - ۵ - ۶ - ۹** مشخصات بتنی را که با توجه به شرایط بند ۹ - ۵ - ۶ - ۲ - ۲ - ۱ قابل قبول نیز به شمار نیاید می‌توان به تشخیص طراح بدون انجام بررسی بیشتر، از نظر سازه‌ای قابل قبول تلقی کرد. در صورتی که مشخصات بتن مطابق بند ۹ - ۶ - ۵ - ۲ - ۵ - ۶ - ۲ و یا نظر طراح در شرایط فوق الذکر به هر حال غیرقابل قبول باشد، اقداماتی مطابق بند ۹ - ۶ - ۶ - ۹ الزامی است.

**۴ - ۲ - ۵ - ۶ - ۹** 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 عمدی در نمونه‌برداری، نگهداری، حمل، عمل‌آوری، یا آزمایش روی داده است. اگر با وجود رعایت ضوابط بند (۹ - ۶ - ۵ - ۱)، سه نمونه متوالی اخذ نگردید، برای پذیرش بتن هر قسمت از سازه از لحاظ مقاومت می‌باشد مقاومت نمونه اخذ شده در آن قسمت و یا نمونه‌ای که معرف بتن آن قسمت است بزرگتر از مقاومت فشاری مشخصه بتن در طرح باشد.

**۵ - ۲ - ۵ - ۶ - ۹** آزمایش بتن در سنین کم و اثر انواع سیمان بر روی مقاومت بتن تجربیات و شواهد به دست آمده نشان‌دهنده این است که تأمین حداقل مقاومت به میزان ۷۵ درصد مقاومت بتن در سنین کم (یک تا سه روز) معمولاً تضمین کننده مقاومت مورد نظر در ۲۸ روز خواهد بود. البته این نتیجه منوط به عمل‌آوری صحیح و کافی است.

**مبحث نهم**

در صورت استفاده از نوع سیمان‌های پرتلند استاندارد، می‌توان با اجازه مهندس ناظر مقاومت‌های فشاری مشخصه مورد انتظار را با استفاده از جدول ۹-۶-۸ به دست آورد.

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

مقاومت فشاری (به صورت نسبی)				نوع سیمان
روزه ۹۰	روزه ۲۸	روزه ۷	یک روزه	
۱/۲۰	۱/۰۰	۰/۶۶	۰/۳۰	سیمان نوع I
۱/۲۰	۰/۹۰	۰/۵۶	۰/۲۳	سیمان نوع II
۱/۲۰	۱/۱۰	۰/۷۹	۰/۵۷	سیمان نوع III
۱/۲۰	۰/۷۵	۰/۴۳	۰/۱۷	سیمان نوع IV
۱/۲۰	۰/۸۵	۰/۵۰	۰/۲۰	سیمان نوع V

توضیح: در صورت مصرف انواع سیمان‌های پرتلند دیرسخت شونده و یا استفاده از سیمان‌های پرتلند پوزولانی استاندارد در بتن، با توجه به دیرتر سخت شدن این نوع سیمان‌ها، می‌بایست با انجام آزمایشات لازم بر روی سیمان مورد استفاده و کسب اطلاع از روند افزایش مقاومت آن، نسبت به سیمان تیپ I، زمان انجام قالب‌برداری، باز کردن پایه‌های اطمینان، عمل آوری و هر آنچه که به مقاومت لازم در سنین مشخص مربوط است، به روش مناسب تصحیح گردد.

**۹-۶-۵-۳ ضوابط کنترل روش عمل آوردن و مراقبت بتن**

**۹-۶-۵-۳-۱** دستگاه ناظارت 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 استانداردهای معتبر بین‌المللی با عنوان «روش ساختن و عمل آوردن آزمونه‌های بتنی در کارگاه» باشد.

**۶ - ۹ کیفیت بتن**

**۳ - ۵ - ۶ - ۹** در صورتی روش عمل آوردن و مراقبت بتن رضایت‌بخش تلقی می‌شود که مقاومت فشاری آزمونه‌های کارگاهی در سن مشخص شده برای مقاومت فشاری مشخصه، حداقل معادل  $0.85$  مقاومت نظری آزمونه‌های عمل آمده در آزمایشگاه یا به اندازه  $4$  مگاپاسکال بیشتر از مقاومت فشاری مشخصه باشد. در غیر این صورت باید اقداماتی برای بهبود روش‌های مذکور صورت گیرد.

**۶ - ۹ - 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 (بندهای  $۹ - ۶ - ۵ - ۱$  و  $۹ - ۶ - ۵ - ۳$ ) آزمونه‌هایی از بتن گرفته می‌شوند و در موعدهای مورد نظر تحت آزمایش قرار می‌گیرند. این آزمونه‌ها به آزمونه‌های آگاهی موسومند.

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

در صورتی که براساس آزمایش‌های مقاومت آزمونه‌های عمل آمده در آزمایشگاه، مطابق بند  $۹ - ۶ - ۵$  معلوم شود که بتن بر رده مورد نظر منطبق نیست و غیرقابل قبول است، باید تدبیری به شرح زیر برای حصول اطمینان از ظرفیت برابر سازه اتخاذ شود:

**۱ - ۶ - ۶ - ۹** در صورتی که با استفاده از تحلیل سازه موجود و بازبینی طراحی، بتوان ثابت کرد که ظرفیت برابری سازه به‌ازای مقاومت بتن، کمتر از مقدار پیش‌بینی شده هم قابل قبول است، نوع بتن از نظر تأمین مقاومت سازه قابل قبول تلقی می‌شود.

**مبحث نهم**

**۶ - ۶ - ۲** در صورتی که شرط بند ۹ - ۶ - ۶ - ۱ برآورده نشد و لی با انجام تحلیل و طراحی مجدد بتوان ثابت کرد که ظرفیت باربری تمامی قسمت‌های سازه با فرض وجود بتن با مقاومت کمتر در قسمت‌های احتمالی قابل قبول خواهد بود، نوع بتن از نظر تأمین مقاومت سازه قابل قبول تلقی می‌شود.

**۶ - ۶ - ۳** در صورتی که شرایط بند‌های ۹ - ۶ - ۱ و ۹ - ۶ - ۲ برآورده نشوند لازم است روی مغزه‌های گرفته شده از بتن در قسمت‌هایی که احتمال وجود بتن با مقاومت کمتر داده می‌شود، آزمایش به عمل آید. این آزمایش‌ها باید با روش «آزمایش مغزه‌های متده شده و تیرهای اره شده» مطابقت داشته باشند. برای قسمت‌هایی از سازه که نتایج آزمایش‌های آزمونه‌های عمل آمده در آزمایشگاه مربوط به آنها شرایط پذیرش بتن مذکور در بند ۹ - ۶ - ۵ - ۲ را برآورده نکند باید سه مغزه تهیه و آزمایش شود.

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

**۶ - ۶ - ۵** در قسمت‌هایی از سازه که مقاومت بتن از طریق آزمایش مغزه‌ها ارزیابی می‌شود، در صورتی بتن از نظر تأمین مقاومت قابل قبول تلقی می‌شود که متوسط مقاومت‌های فشاری سه مغزه حداقل برابر  $85/0$  مقاومت فشاری مشخصه باشد و به علاوه مقاومت هیچ‌یک از مغزه‌ها از  $75/0$  مقاومت فشاری مشخصه کمتر نباشد. برای کنترل دقیق نتایج می‌توان مغزه‌گیری را تکرار کرد.

**۶ - ۹ کیفیت بتن**

**۶ - ۶ - ۶ - ۶ - ۶ - ۵** در صورتی که شرایط بند ۹ - ۶ - ۶ - ۵ برآورده نشوند و ظرفیت باربری سازه مورد تردید باقی بماند، باید آزمایش بارگذاری مطابق استانداردهای مربوطه بر روی قسمت‌های مشکوک به عمل آید یا اقدامات مقتضی دیگری از جمله تقویت قطعه بتنی صورت گیرند.

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

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

**۶ - ۶ - ۷ کنترل و بازرگانی**

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

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

ردیف	نوع آزمایش	هدف	نوع بازرسی - آزمایش	زمان تکرار
۱	تعیین نسبتها برای طرح اختلال	قبل از استفاده از هر مخلوط جدید به شرط آنکه داده‌لی براسلس تحریکی پلندمت در اختبار نباشد.	تامین دلیل آنکه ویرگی‌های مورد نظر در حاشیه اینچی مناسب حاصل می‌شود	تعیین دلیل آنکه ویرگی‌های مورد نظر در حاشیه اینچی مناسب حاصل می‌شود
۲	منزان کرید در مخلوط	در ابتدای کار و در مواردی که میزان فراتر نمی‌رود	محاسبه براسلس کرید موجود در مواد تشکیل دهنده بتن	حصول اطمینان از اینکه میزان کرید از حد مجاز کلیده باشد.
۳	میزان رطوبت در سنجکله درشت	در صورت غیرمداوم بوند به طور روزانه بسته به شرایط جوی محفله ممکن است آزمایش های مورد نیاز کم بازدید شود.	آزمایش خشک کردن با معادل آن	آزمایش خشک در مخلوط
۴	میزان رطوبت سنجکله‌های ریز	املاح مقدار مورد نیاز	اصلاح مقدار آب مورد نیاز	آزمایش ریزی داده شده با طور روزانه
۵	میزان رطوبت سنجکله‌های ریز	اصلاح مقدار مورد نیاز	آزمایش خشک کردن با معادل آن	آزمایش ریزی داده شده با طور روزانه
۶	بازرسی عینی	امداد ریزی بالای همین سنتون	آذاره گیری بطری مادر، آزمایش خشک	آذاره گیری بطری مادر، آزمایش خشک
۷	بازرسی عینی	هر مرتبه ساخت	آذاره گیری بطری مادر، آزمایش خشک	آذاره گیری بطری مادر، آزمایش خشک
۸	روانی بتن	آزمایش روانی	برای مقایسه با وضعیت ظاهری مورد نیاز بتن	آزمایش روانی برای آزمایش بتن
۹	روانی بتن	آزمایش روانی با روائی مورد نیاز و کنترل تغییرات احتمالی مقدار آب	برای مقایسه با وضعیت ظاهری مورد نیاز بتن	آزمایش روانی با روائی مورد نیاز و کنترل تغییرات احتمالی مقدار آب
۱۰	روانی بتن	آزمایش روانی با روائی مورد نیاز و کنترل تغییرات احتمالی مقدار آب	آزمایش روانی با روائی مورد نیاز و کنترل تغییرات احتمالی مقدار آب	آزمایش روانی با روائی مورد نیاز و کنترل تغییرات احتمالی مقدار آب
۱۱	وزن مخصوص بتن تاره	آزمایش وزن مخصوص	آزمایش وزن مخصوص	آزمایش بتن و مخلوط کردن و کنترل وزن بازرسی پیمانه و مخلوط کردن و کنترل وزن
۱۲	وزن مخصوص بتن تاره	آزمایش وزن مخصوص	آزمایش وزن مخصوص	آزمایش بتن و مخلوط کردن و کنترل وزن
۱۳	آزمایش مقاومت شماری آنونمهای قابل گیری شده	آزمایش مطابق استاندارد	آزمایش مقاومت شماری آنونمهای قابل گیری شده	آزمایش مطابق استاندارد
۱۴	وزن مخصوص تالوی بتن	آزمایش مطابق استاندارد	آزمایش مطابق استاندارد	آزمایش مطابق استاندارد
۱۵	وزن مخصوص تالوی بتن	آزمایش سبک با سنجکله	آزمایش سبک با سنجکله	آزمایش سبک با سنجکله
۱۶	وزن مخصوص تالوی بتن	آزمایش مطابق استاندارد	آزمایش مطابق استاندارد	آزمایش مطابق استاندارد
۱۷	وزن مخصوص تالوی بتن	آزمایش سبک با سنجکله	آزمایش سبک با سنجکله	آزمایش سبک با سنجکله
۱۸	وزن مخصوص تالوی بتن	آزمایش مطابق استاندارد	آزمایش مطابق استاندارد	آزمایش مطابق استاندارد
۱۹	وزن مخصوص تالوی بتن	آزمایش مطابق استاندارد	آزمایش مطابق استاندارد	آزمایش مطابق استاندارد
۲۰	وزن مخصوص تالوی بتن	آزمایش مطابق استاندارد	آزمایش مطابق استاندارد	آزمایش مطابق استاندارد

## ۶-۹ کیفیت بتن

ردیف	نوع آزمایش	هدف	زمان تکرار
۱۱	نوع بازرسی - آزمایش	کترنل مقادار سیمان و تعیین نسبت آب به سیمان سبت مقادار سیمان مصرف شده	هر بار پیمانه و مخلوط کردن
۱۲	مقدار سیمان بتن تازه	ثبت مقادار افزونه مصرف شده	کترنل مقادار افزونه
۱۳	مقدار افزونه بتن تازه	با تقسیم نموند جمع زدهای ۳ و ۴ و ۹ بر ردیف ۱۰ پا هر روش آزمایش استاندار توافق شده	نسبت آب به سیمان بتن تازه
۱۴	مقدار هوای موجود در مخلوط بتن تازه بزنی بتنی با حباب هوا	آزمایش مطابق استاندار	برای مخلوط های با حباب هوا ۱- اولین پیمانه و حدائقی بکلر در درز ۲- به دفعات پیشرفت مناسب با شرایط نویلید و تاثیر عوامل محیطی
۱۵	یک واختنی	آزمایش از طریق مقایسه مشخصه های نمونه هی برداشته شده از پيشش های مختلف	از زبانی یک واختنی مخلوط در مواد تردد
۱۶	نفوذپذیری	آزمایش مطابق استاندار	در پشتی کار، دوره های بعدی براساس توافق
۱۷	سایر مشخصه ها	مطابق با این نامه های مربوطه براساس توافق به عمل آمده	از زبانی انتلاق با مشخصه موره بیان



## ۷ - ۹ اختلاط بتن و بتن ریزی

### ۱ - ۷ - ۹ نیروی انسانی، تجهیزات و آماده‌سازی محل

بتن ریزی

### ۱ - ۱ - ۷ - ۹ 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.

### ۲ - ۱ - ۷ - ۹ تجهیزات و وسائل

الف) تمامی وسائلی که برای مخلوط کردن و انتقال بتن به کار می‌روند باید تمیز باشند.

**مبحث نهم**

ب) پیمانه کردن مصالح تشكیلدهنده بتن باید تا حد امکان به طریق وزنی انجام گیرد.

پ) رواداری توزین هر یک از اجزای تشكیلدهنده بتن  $3 \pm$  درصد است.

ت) دقت و حساسیت ترازوها و سایر قسمتهای توزین باید  $0.4 \pm$  درصد کل ظرفیت دستگاه باشد.

ث) استفاده از روش‌های 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.

### **۹ - ۱ - ۷ - ۳ آماده‌سازی محل بتن ریزی**

الف) تمامی مواد زاید از جمله یخ باید از محلهای مورد بتن‌ریزی زدوده شوند.

ب) قالب‌ها باید بهنحوی مناسب تمیز و اندوed شوند.

پ) مصالح بنایی که در تماس با بتن خواهند بود باید به خوبی خیس شوند.

ت) تمامی میلگردها قبل از بتن‌ریزی باید کاملاً تمیز شده و عاری از پوشش‌های آلائینده باشند.

ث) قبل از ریختن بتن، باید آب اضافه از محل بتن‌ریزی خارج شود، مگر آنکه استفاده از قیف و لوله مخصوص بتن‌ریزی در آب (ترمی) مورد نظر باشد.

ج) قبل از ریختن بتن جدید روی بتن سخت‌شده قبلی باید لایه ضعیف احتمالی سطح بتن و هر نوع ماده زاید دیگر زدوده شود.

### **۹ - ۲ - ۷ - ۲ اختلاط بتن**

۹ - ۲ - ۱ بتن باید طوری مخلوط شود که تمامی مواد تشكیلدهنده آن به صورت همگن در مخلوط کن پخش شوند. قبل از پرکردن مجدد، باید مخلوط کن را به طور کامل تخلیه کرد. برای توزیع یکنواخت افزودنی‌های شیمیایی در حجم بتن باید ضمن استفاده از تجهیزات مناسب دقت‌های لازم به کار گرفته شده و دستورالعمل

**۷ - ۹ اختلاط بتن و بتن ریزی**

کارخانه سازنده رعایت شود. رطوبت مصالح سنگی به ویژه 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.

**۷ - ۲ - ۲ بتن آماده** باید مطابق استانداردهای «مشخصات بتن آماده» یا «مشخصات بتن تهیه شده از طریق پیمانه کردن حجمی و اختلاط پیوسته» مخلوط و تحويل شود.

**۷ - ۲ - ۳ بتن مخلوط شده در کارگاه** باید مطابق ضوابط بندهای ۹ - ۷ - ۲ - ۳ - ۱ الی ۹ - ۷ - ۲ - ۳ - ۲ - ۷ - ۹ تهیه شود.

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

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

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

**۷ - ۳ - ۴ عمل اختلاط** باید حداقل تا ۱/۵ دقیقه، پس از ریختن تمامی مواد تشکیل دهنده به داخل مخلوط کن ادامه یابد، مگر آنکه با آزمایش های انجام شده براساس «مشخصات بتن آماده» ثابت شود زمانی کوتاه تر هم می تواند قابل قبول باشد.

**مبحث نهم**

**۹ - ۷ - ۲ - ۳ - ۵** اختلاط با کامیون‌های مخلوط کن باید براساس ضوابط مندرج در استاندارد ملی شماره ۶۰۴۴ 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 حجمی و اختلاط پیوسته» مطابقت داشته باشد.

**۹ - ۷ - ۲ - ۳ - ۷** سابقه کار روزانه باید برای تمامی مخلوط‌های تهیه شده به طور 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 بتن‌ریزی.
- ت) محل نهایی و حجم تقریبی بتن‌های ریخته شده در سازه.
- ث) زمان و تاریخ اختلاط و بتن‌ریزی.

**۹ - ۷ - ۲ - ۴** اختلاط بتن با دست به هیچ‌وجه مجاز نیست به جز موارد استثنایی و کم‌اهمیت، با دستور دستگاه نظارت و برای بتن از رده پایین تر از C16 رعایت نکات زیر توسط مجری 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 غیرقابل نفوذ شن به صورت یکنواخت ریخته، سپس روی آن ماسه یکنواخت پخش می‌شود، در هر حالت ضخامت مجموع دو قشر نباید از ۳۰۰ میلی‌متر تجاوز نماید.
- پ) سیمان خشک به صورت یکنواخت روی مصالح سنگی پخش و سپس با وسائل مناسب به طور کامل مخلوط می‌شود.
- ت) پس از اختلاط کامل مصالح، آب به تدریج به مخلوط اضافه و به طور یکنواخت مخلوط گردد تا بتن همگن به دست آید.

**۷ - ۹ اختلاط بتن و بتن ریزی**

- ث ) چنانچه از پیمانه‌های حجمی استفاده شود باید وزن مصالح سنگی خشک قبلاً به دقت اندازه‌گیری و پیمانه‌های حجمی بر این اساس ساخته شده باشد.
- ج ) بتن ساخته شده با دست باید حداقل ۳۰ دقیقه پس از ساخت مصرف شود.

**۷ - ۲ - ۵** باز آمیختن بتن با آب پس از اتمام اختلاط، ضمن نقل و انتقال با در محل بتن ریزی مجاز نمی‌باشد، مگر در موارد استثنایی و با کسب مجوز از دستگاه نظارت و رعایت حداقل نسبت آب به سیمان مجاز در طرح.

**۷ - ۳ - ۹ انتقال بتن**

**۷ - ۳ - ۱** انتقال بتن از مخلوط‌کن تا محل نهایی بتن ریزی باید چنان صورت گیرد که از جدا شدن یا از بین رفتن مصالح جلوگیری شود.

**۷ - ۳ - ۲** وسایل انتقال بتن باید امکان رساندن بتن به‌پای کار را طوری تأمین کنند که مواد تشکیل‌دهنده جدا نشوند و حالت خمیری بتن بین بتن ریزی‌های متوالی از دست نرود.

**۷ - ۳ - ۱ - ۲ - ۹ چرخ‌های دستی و دامپر**

حمل بتن با انواع چرخ‌های دستی و دامپر فقط تحت شرایط الف تا ت مجاز است:

- الف) حجم ساخت بتن از ۳۰۰ لیتر در هر نوبت تجاوز نکند
- ب ) رده بتن از C16 کمتر باشد
- پ ) فاصله حمل در چرخ‌های دستی حداقل ۶۰ متر و در دامپر حداقل ۱۲۰ متر باشد.
- ت ) وسایل مزبور دارای چرخ‌های لاستیکی باشد و مسیر حمل کاملاً صاف و افقی باشد.

**مبحث نهم****۹ - ۷ - ۳ - ۲ - ناوه شیب دار**

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

**۹ - ۷ - ۳ - ۲ - ۳ - تلمبه (پمپ) بتون**

در انتقال بتون به وسیله پمپ، حداکثر نسبت اندازه سنگدانه ها به کوچکترین قطر داخلی لوله انتقال بتون نباید از مقادیر (الف) و (ب) این بند تجاوز کند:

الف) ۰/۳۳ برای سنگدانه های تیز گوشه

ب) ۰/۴۰ برای سنگدانه های کاملاً گرد گوشه

**۹ - ۷ - ۳ - ۲ - ۴ - باکت یا جام**

دریچه تخلیه باکت باید در کف آن تعییه شده باشد و باکت باید دارای تعداد بازشو کافی باشد. اندازه دهانه بازشو نباید از  $\frac{1}{3}$  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 بتون به داخل باکت باید به طور قائم و در مرکز آن باشد. چنانچه بتون داخل باکت، مستقیماً و یا از طریق ناوه شیب دار به داخل قالب تخلیه می شود، باید در انتهای نقطه تخلیه و توسط محفظه هدایت که ارتفاع آن حداقل ۶۰۰ میلی متر می باشد، به محل نهایی ریخته شود.

**۷ - ۹ اختلاط بتن و بتن ریزی****۷ - ۹ - ۳ - ۲ - ۵ کامیون مخلوطکن**

انتقال بتن با کامیون‌های مخلوطکن باید براساس استاندارد ملی ایران صورت گیرد.

**۷ - ۹ - ۴ بتن ریزی**

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

**۷ - ۹ - ۲ - ۴ - ۷** روند بتن ریزی 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.

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

**۷ - ۹ - ۴ - ۴ - ۷** بتنی که به حالت نیمه‌سخت در آمده یا به مواد زیان‌آور بیرونی آلوده شده نباید در بتن ریزی قطعات سازه‌ای به کار رود.

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

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

**مبحث نهم**

**۷ - ۴ - ۷ - ۹** استفاده از مواد حبابزا 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.

**۷ - ۴ - ۸ - ۹ بتن ریزی پی**

پس از رسیدن به تراز زیرپی و بستر مناسب مجری باید با توجه به بارهای واردہ به پی از طریق روش های مورد تأیید دستگاه نظارت نسبت به اجرای پی اقدام نماید. در صورت سست بودن محل پی باید عملیات پی کنی 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 ۱۰۰ میلی متر بتن رده C10 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 تعییه پوشش های پلاستیکی و دیگر روش های مشابه از جذب آب بتن تازه توسط زمین اطراف پی جلوگیری نماید.

**۷ - ۴ - ۹ - ۹ بتن ریزی دال ها و سقف ها**

بتن ریزی در دال ها باید در یک جهت و به طور متوالی انجام شود. محموله های 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 روش های حمل و تخلیه، عملیات باید به صورتی انجام شود که تا حد امکان از به وجود آمدن اتصال سرد در دال ها پرهیز گردد. در عملیات بزرگ باید محل ختم بتن ریزی از قبل تعیین و در نقشه های اجرایی مشخص شود و عملیات تا محل درزهای ساختمانی ادامه باید چنانچه در اثر بروز اشکالات قطع بتن ریزی حادث شود باید محل قطع بتن ریزی برای ادامه عملیات بتن ریزی آماده شود.

**۷ - ۹ اختلاط بتن و بتن ریزی****۷ - ۹ - ۱۰ بتن ریزی دیوار، ستون و تیرهای اصلی**

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

**۷ - ۹ - ۱۱** بتن باید در طول عملیات بتن ریزی با استفاده از وسایل مناسب متراکم شود، به طوری که میلگردها و اقلام مدفون را به طور کامل در برگیرد و قسمت‌های داخلی و به خصوص گوشه‌های قالب‌ها را به خوبی پر کند. در بتن‌های خود تراکم نیازی به استفاده از وسایل متراکم کننده نمی‌باشد.

**۷ - ۹ - ۱۲** ویبراتور در داخل بتن باید به طور منظم و فواصل مشخص به‌نحوی فروبرده 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.

**۷ - ۹ - ۱۳** ویبراتور باید تا حد امکان به صورت قائم وارد بتن گردد و به‌آرامی بیرون کشیده شود تا حباب هوا داخل بتن باقی نماند.

**مبحث نهم**

**۹ - ۷ - ۴ - ۱۴** 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 بتن ریزی برسد، ضخامت میله باید چنان انتخاب شود که به راحتی از بین میلگردها عبور نماید.

**۹ - ۷ - ۵ - ماله‌کشی و پرداخت بتن**

ماله‌کشی 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 درآوردن سطح بتن، از جمله روش‌های مختلف ماله‌کشی و پرداخت بتن عبارتند از: شمشه‌کشی، استفاده از تخته ماله، استفاده از ماله فلزی، استفاده از ماله دسته‌بلند، استفاده از شمشه دسته‌دار، جاروکشی.

انجام هرگونه عملیات پرداخت بر روی سطوح دال‌های بتنی، مدام که آب ناشی از آب‌انداختگی وجود داشته باشد، ممنوع است. لیسه‌ای کردن سطحی که ماله‌کشی نشده است مجاز نیست. پاشیدن سیمان خشک بر روی سطوح خیس برای جذب آب اضافی می‌تواند موجب ترک خوردگی سطحی شود و مجاز نیست. جاروکشی و هرگونه روشی که موجب رفع لغزنده‌گی سطوح می‌شود باید زمانی صورت گیرد که بتن کاملاً سخت نشده است ولی به اندازه کافی سخت شده باشد که بافت ایجادشده را حفظ کند.

**۹ - ۷ - ۶ - عمل آوری****۹ - ۷ - ۶ - ۱ - کلیات**

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

**۷ - ۹ اختلاط بتن و بتن ریزی**

باید بلا فاصله پس از تراکم بتن آغاز شود تا بتن در برابر عوامل زیان بار مورد محافظت قرار گیرد. عمل آوردن بتن از مراقبت و محافظت و گاهی پروراندن تشکیل می شود.

**۱ - ۶ - ۷ - ۹** مراقبت به مجموعه تدبیری گفته می شود که باعث شود سیمان موجود در بتن به مدت کافی مطروب بماند به طوری که حداکثر میزان آبگیری آن، چه در لایه های سطحی دانه ها و چه در حجم آنها میسر باشد.

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

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

**۹ - ۶ - ۷ - ۲ روش های عمل آوردن**

برای حفظ رطوبت بتن و نیز در صورت لزوم نگهداری آن در دمایی مساعد می توان از یکی از روش های مندرج در بند ۹ - ۷ - ۲ - ۱ الی ۹ - ۷ - ۲ - ۳ استفاده کرد:

**۱ - ۶ - ۷ - ۲ - ۹** هر روشی که به تداوم حضور آب اختلاط در بتن در دوره سخت شدن اولیه منجر شود، مانند استفاده از آب پاشی یا پوشش های خیس اشباع شده.

**مبحث نهم**

**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 ضدآب یا کاربرد ترکیبات عمل آورنده غشایی.**

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

**۶ - ۲ - ۳ - مدت عمل آوردن**

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

**۷ - ۷ - ۱ - بتن‌ریزی در شرایط ویژه****۷ - ۷ - ۱ - بتن‌ریزی در هوای گرم**

**۷ - ۱ - ۱ - هوای گرم هنگام بتن‌ریزی باعث پایین آمدن کیفیت بتن تازه و سخت‌شده می‌گردد.** هوای گرم به دمای زیاد هوا همراه با باد یا بدون باد و رطوبت کم اطلاق می‌شود. این عوامل باعث تبخیر سریع آب، افزایش سرعت آبگیری سیمان، کاهش کارایی بتن تازه و تسريع گیرش آن می‌شوند که می‌توانند موجب کاهش مقاومت نهایی بتن گردند. هوای گرم همچنین باعث ایجاد مشکلاتی در بتن‌ریزی و مترابکم کردن آن و تشدید جمع‌شدگی خمیری می‌شود و موجب ترک در بتن جوان می‌گردد.

**۷ - ۹ اختلاط بتن و بتن ریزی**

**۷ - ۱ - ۲ - ۶ - ۹** حداکثر جذب آب سنگدانه‌های مصرفی در بتن، برای مناطق شدید و فوق العاده شدید برای سنگدانه‌های درشت به  $2/5$  درصد و برای سنگدانه‌های ریز به  $3$  درصد محدود می‌شود.

**۷ - ۱ - ۳ - ۷ - ۹** دمای بتن در هنگام بتن ریزی نباید بیش از  $32$  درجه سلسیوس برای بتن معمولی و  $15$  درجه سلسیوس برای بتن حجیم باشد. بتن ریزی در هوای گرم باید با فراهم کردن شرایط مناسب، اتخاذ تدابیر لازم و تأیید دستگاه نظارت صورت گیرد.

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

دماهی متوسط سطح بتن **				شرایط محیطی پس از ریختن بتن در قالب *	نوع سیمان
۲۱ درجه سلسیوس و بیشتر	۲۰ درجه سلسیوس	۱۰ درجه سلسیوس	۵ تا ۱۱ درجه سلسیوس		
۲ روز	۳ روز	۴ روز	۴ روز	متوسط	نوع ۱ و ۲ و ۳ و ۵
۳ روز	۴ روز	۶ روز	۶ روز	ضعیف	
۵ روز	۷ روز	۱۰ روز	۱۰ روز	متوسط	
اقدامی خاص ضرورت ندارد				ضعیف	همه سیمان‌ها به جز نوع ۱ و ۲ و ۳ و ۵ و همه سیمان‌های حاوی مواد پوزولای یا روبارهای
				خوب	
همه سیمان‌ها					

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

خوب: محیط مرطوب و محافظت شده (رطوبت نسبی بیشتر از  $80$  درصد و محافظت شده در برابر تابش مستقیم خورشید و باد).

ضعیف: محیط خشک و محافظت نشده (رطوبت نسبی کمتر از  $50$  درصد و محافظت نشده در برابر تابش مستقیم خورشید و باد).

متوسط: شرایطی بین دو حد خوب و ضعیف.

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

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

بحث نهم

**۹ - ۷ - ۱ - ۵** برای کاهش دمای بتن بر حسب مورد کاربرد روش‌های (الف) تا (د) الزامی است:

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

(ب) تنظیم زمان بتن‌ریزی در هنگام خنک بودن هوا.

(پ) به کار بردن سیمان‌های مناسب با حرارت‌زاوی کم یا جایگزین کردن مقداری از سیمان با مواد پوزولانی یا استفاده از سیمان پرتلند پوزولانی یا روبارهای و استفاده از طرح اختلاط مناسب به منظور احتراز از مصرف سیمان زیاد.

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

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

(ج) کاهش دمای سنگدانه‌ها با انبار کردن آنها در سایه یا آب‌پاشی یا دمیدن هوای سرد به آنها.

(چ) خنک کردن آب مصرفی و یا جایگزینی بخشی از آن با یخ خردشده 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 یا آب‌پاشی آنها.

(د) عایق کردن مخلوط‌کن‌ها یا پاشیدن آب سرد یا دمیدن هوای سرد به آنها یا رنگ‌آمیزی آنها به رنگ سفید.

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

**۷ - ۹ اختلاط بتن و بتن ریزی**

**۷ - ۱ - ۷ - ۷ - ۹** به منظور جلوگیری از ایجاد ترک، باید تدبیر (الف) تا (پ) برای جلوگیری از کاهش رطوبت و افزایش دمای بتن پس از بتن ریزی اتخاذ شود:

- الف) حفظ بتن از جریان باد و تابش آفتاب توسط بادشکن و سایبان.
- ب) جلوگیری از تبخیر آب بتن با آبپاشی بتن و هوای مجاور آن.
- پ) در سازه‌هایی که ترک خوردن بتن به طور کلی غیرقابل قبول باشد، لازم است تدبیر احتیاطی ویژه‌ای اتخاذ گردد.

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

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

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

در مناطق ساحلی خلیج فارس و دریای عمان ضمن رعایت ضوابط بتن ریزی در هوای گرم (موضوع بند ۹ - ۷ - ۱) موارد زیر نیز باید مراعات شوند. در صورت وجود رطوبت کافی، فقط ضوابط زیر الزامی است.

**۹ - ۲ - 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 نفوذ پذیری کاهش یابند.

**مبحث نهم**

**۶ - ۷ - ۲ - ۲ - ۱** از سیمان مناسب با گرمایشی 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.

**۶ - ۷ - ۲ - ۳ - ۱** حداقل مقدار سیمان یا مواد سیمانی ۳۵۰ کیلوگرم در مترمکعب بتن و حداکثر آن ۴۲۵ کیلوگرم در مترمکعب بتن می‌باشد.

**۶ - ۷ - ۲ - ۴ - ۱** مقدار کلریدهای آب مصرفی باید کمتر از ۵۰۰ قسمت در میلیون باشد. سایر خصوصیات آب مصرفی باید با جدول ۹ - ۳ - ۱۸ مطابقت داشته باشد. میزان کل کلرید قابل حل در آب در بتن سخت شده ۲۸ روزه، ناشی از تمامی مواد تشکیل‌دهنده بتن نباید از مقادیر جدول ۹ - ۶ - ۴ تجاوز نماید.

**۶ - ۷ - ۲ - ۵ - ۱** استفاده از آب نمکدار به‌ویژه آب دریا برای شستشوی سنگدانه‌ها، تهیه و عمل آوردن بتن مجاز نمی‌باشد.

**۶ - ۷ - ۲ - ۶ - ۱** حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی (سیمان به علاوه مواد پوزولانی و یا روبارهای) ۴/۰ باشد.

**۶ - ۷ - ۷ - ۲ - ۱** سنگدانه‌های مصرفی به ویژه سنگدانه‌های ریز باید به‌نحوی مناسب شسته و تمیز شوند تا با مقادیر مندرج در جدول‌های ۹ - ۳ - ۱۰ الی ۹ - ۳ - ۱۵ مطابقت داشته باشند.

**۶ - ۷ - ۷ - ۸ - ۱** حداکثر جذب آب سنگدانه‌های مصرفی در بتن، برای سنگدانه‌های درشت به ۲/۵ درصد و برای سنگدانه‌های ریز به ۳ درصد محدود می‌شود.

**۷ - ۹ اختلاط بتن و بتن ریزی**

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

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

**۹ - ۷ - ۲ - ۱۲** میلگردهای آلوده به خاک، املاح و مواد زیان آور که از راه تماس با زمین و یا به علل دیگر دچار آلودگی شده‌اند، باید قبل از مصرف کاملاً تمیز شده و زنگ آن زدوده شود. این میلگردها تنها در صورتی قابل استفاده هستند که خواص فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی آن تغییر نکرده و طبق ویژگی‌های استاندارد باشد.

**۹ - 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 - ۲ - ۱۴** پوشش بتنی میلگردها باید مطابق جدول ۹ - ۶ - ۵، شرایط محیطی فوق العاده شدید باشد.

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

**مبحث نهم****۹ - ۷ - ۷ - ۳ بتن ریزی در هوای سرد**

**۹ - ۷ - ۳ - ۱** هوای سرد به وضعيتی اطلاق می‌گردد که برای سه روز متوالی شرایط (الف) و (ب) برقرار باشد:

(الف) دمای متوسط هوا در شباهنگی روز کمتر از ۵ درجه سلسیوس باشد دمای متوسط روزانه میانگین حداقل و حداقل دمای هوا در فاصله زمانی نیمه‌شب تا نیمه‌روز است.

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

**۹ - ۷ - ۳ - ۲ تدبیر احتیاطی**

(الف) در بتن ریزی در هوای سرد باید دقیق باشند 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.

(ب) دمای بتن در طول مدت بتن ریزی و عمل آوردن باید ثابت گردد تا اطمینان حاصل شود که محدوده توصیه شده در این مقررات حفظ شده باشد.

(پ) دمای بتن باید حداقل دو بار در شباهنگی روز در نقاط مختلف سازه ثابت گردد تا از وضعیت نگهداری بتن اطمینان کافی حاصل شود.

(ت) گوشها و لبه‌های بتن در مقابل یخ زدن آسیب پذیرند، بنابراین دمای این نقاط باید با دقیق بیشتری کنترل شود.

**۹ - ۷ - ۳ - ۳ مصالح مصرفی**

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

(ب) استفاده از سیمان روبارهای و سیمان‌های آمیخته در بتن ریزی در هوای سرد توصیه نمی‌گردد.

**۷ - ۹ اختلاط بتن و بتن ریزی**

- پ) می‌توان از آب گرم برای رساندن بتن به دمای مطلوب استفاده نمود، در این حالت باید از تماس مستقیم آب گرم بیش از  $40^{\circ}\text{C}$  و سیمان جلوگیری شود و این موضوع در نحوه ریختن مصالح در مخلوط کن مراعات گردد.
- ت) سنگدانه‌ها نباید آغشته به یخ و برف باشند. معمولاً ماسه از شن مرطوب‌تر و احتمال وجود یخ در آن بیشتر است بنابراین اغلب گرم کردن ماسه ضرورت پیدا می‌کند.

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

- الف) نسبت آب به سیمان باید با توجه به روند کسب مقاومت بتن در دمای محیط انتخاب گردد. نسبت آب به سیمان نباید از  $0/5$  بیشتر باشد، بنابراین لازم است قبل از شروع بتن‌ریزی تدبیر لازم برای کسب مقاومت بتن صورت گیرد.
- ب) برای کاهش میزان آب قابل یخ‌زدن در بتن و همچوین کاهش میزان آب انداختن بتن تازه باید مقدار آب اختلاط حداقل ممکن باشد بنابراین برای تأمین کارایی لازم می‌توان از مواد افزودنی خمیری‌کننده و روان‌کننده استفاده نمود.
- پ) در صورتی که از مواد افزودنی روان‌کننده استفاده نمی‌شود اسلامپ بتن نباید بیشتر از  $50$  میلی‌متر انتخاب گردد.
- ت) در صد حباب هوای مورد نیاز در طرح اختلاط باید مطابق جدول ۹ - ۶ - ۱ انتخاب شود.

**۷ - ۹ - ۳ - ۵ حداقل دمای بتن**

- الف) حداقل دمای مجاز بتن هنگام اختلاط، ریختن و نگهداری و نیز حداقل مجاز افت تدریجی دما در  $24$  ساعت اولیه پس از خاتمه دوره عمل‌آوری بتن مطابق جدول ۹ - ۷ - ۲ است.

**مبحث نهم**

- ب) دمای بتن هنگام اختلاط باید بیش از ۸ درجه سلسیوس (سانتی گراد) زیادتر از مقادیر جدول ۹-۲ باشد زیرا موجب اتلاف انرژی بیشتر، افت شدید اسلامپ و در نهایت کاهش کیفیت بتن می‌گردد.
- پ) دمای بتن هنگام ریختن باید بیش از ۱۱ درجه سلسیوس زیادتر از مقادیر جدول باشد، در غیر این صورت موجب کاهش کیفیت بتن می‌گردد.

**جدول ۹-۷-۲** دمای بتن بر حسب درجه سلسیوس (سانتی گراد) در مراحل مختلف کار با توجه

به دمای محیط و حداقل اندازه اعضا و قطعات

ردیف	شرح	دمای محیط (سلسیوس)	ابعاد اعضا و قطعات (به میلی متر)			
			کمتر از ۳۰۰	۹۰۰ تا ۳۰۰	۱۸۰۰ تا ۹۰۰	بیش از ۱۸۰۰
۱	حداقل دمای بتن هنگام اختلاط	بیش از -۱	۱۶	۱۳	۱۰	۷
۲		-۱ تا -۱۸	۱۸	۱۶	۱۳	۱۰
۳		کمتر از -۱۸ <sup>*</sup>	۲۱	۱۸	۱۶	۱۳
۴	حداقل دمای بتن هنگام ریختن و نگهداری	به هر میزان	۱۳	۱۰	۷	۵
۵	حداکثر مجاز افت تدریجی دمای بتن در ۲۴ ساعت اولیه پس از خاتمه عمل آوری از بتن	به هر میزان	۲۸	۲۲	۱۷	۱۱

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

**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 بتن ریزی باید میلگردها، قالب، سطح بتن سخت شده قبلی و زمین از هر نوع یخ‌زدگی زدوده شود.

**۷ - ۹ اختلاط بتن و بتن ریزی****۷ - ۹ - ۳ - ۷ عمل آوردن بتن تازه**

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

(ب) برای عمل آوردن بتن تازه و محافظت آن از یخ زدن می‌توان از روش‌های (۱) الی (۳) استفاده نمود:

(۱) با استفاده از پوشش‌های عایق

(۲) با استفاده از گرم کردن بتن و محیط اطراف

(۳) سایر روش‌ها به تأیید دستگاه نظارت

(پ) بتن تازه باید در مقابل وزش باد، به ویژه پس از برداشتن پوشش‌ها محافظت‌گردد. باید توجه داشت که از تبخیر زیاد آب و کربناتی شدن سطوح بتن در اثر احتراق مواد سوختی برای گرم کردن آن جلوگیری شود.

**۷ - ۹ - ۳ - ۸ محافظت بتن سخت شده**

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

**۷ - ۹ - ۸ - ۱ روش‌های ویژه کاربرد بتن****۷ - ۹ - ۸ - ۱ - ۱ بتن پاشیده**

بتن پاشیده فرآیندی است که در آن بتن یا ملات بر روی یک سطح پاشیده می‌شود تا لایه‌ای متراکم، خود نگهدار و باربر ایجاد گردد. در مواردی که شکل کار پیچیده یا قالب‌بندی مشکل و پرهزینه باشد، به ویژه در بهسازی ساختمان‌ها و پل‌ها، از این نوع بتن استفاده می‌شود. استفاده از این نوع بتن به تجربه، تأمین تدبیر مناسب و کارگران فنی متخصص به ویژه در امر بتن‌پاشی نیاز دارد. امتیاز عمدی این نوع بتن در مقایسه با

**بحث نهم**

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.

**۱ - ۸ - ۷ - ۹ مشخصات کلی**

برای حصول اطمینان از چسبندگی مناسب، تراکم کافی و خواص فیزیکی مطلوب، تهییه طرح اختلاط بتن پاشیده نیاز به دقت ویژه دارد. نسبت آب به سیمان برای این نوع بتن معمولاً در محدوده  $0.35 / 0.5$  قرار می‌گیرد. حداکثر اندازه سنگدانه مخلوط مصرفی ۲۰ میلی متر است. وزن مخصوص بتن پاشیده مشابه بتن معمولی مترآکم شده است. افزودن مواد ریزدانه نظیر پودر سنگ، پوزولان‌ها شبیه دوده سیلیسی و سرباره به‌این 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 نازل (سرشیلنگی) و مخلوط پاشیده شده بر روی سطح، تفاوت قابل شد. به دلیل همین تفاوت، کنترل دقیق و انجام آزمایش در مراحل مختلف بتن پاشی ضروری است. به دلیل سرعت بیش از اندازه ذرات در موقع پاشیدن بتن، توجه به مسائل ایمنی برای عوامل اجرایی از اهمیتی ویژه برخوردار است.

جزئیات امر در مورد بتن پاشیده باید در مشخصات فنی خصوصی درج گردد.

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

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

---

٧ - ٩ اختلاط بتن و بتن ریزی

---

## الف) بتن ریزی با قیف و لوله (ترمی)

در این روش باید دقیق شود تا در اثر جریان آب مواد سیمانی شسته نشوند. لازم است برای بتن با کارآیی زیاد بتن ریخته شده در آب حداقل ۳۵۰ کیلوگرم در مترمکعب، مواد سیمانی داشته باشد. نسبت آب به سیمان در طرح اختلاط نباید از ۰/۴۵ تجاوز کند. سیستم قیف و لوله باید کاملاً آب بند بوده و بتن به راحتی در آن حرکت نماید. در طول مدت بتن ریزی باید این سیستم از بتن پر باشد.

قطر لوله ترمی باید حداقل برابر قطر بزرگترین اندازه سنگدانه مصرفی باشد. اسلامپ بتن باید بین ۱۷۰ تا ۲۵۰ میلی متر انتخاب شود. سر لوله ترمی همواره باید میزان ۱۵۰ تا ۱۵۰ میلی متر در داخل بتن ریخته شده قرار گیرد.

## ب) بتن ریزی با پمپ

برای بتن ریزی با پمپ، باید طرح اختلاط بتن چنان انتخاب شود که نسبت آب به سیمان کمترین مقدار ممکن را داشته و مقدار آن از ۰/۶ تجاوز ننماید. مقدار سیمان باید نسبتاً زیاد باشد (در محدوده ۳۵۰ تا ۴۰۰ کیلوگرم در مترمکعب) تا چسبندگی کافی بتن تأمین شود و خطر شسته شدن سیمان از بین برود. به منظور افزایش کارایی بتن می‌توان از سنگدانه‌های گردگوش استفاده نمود. استفاده از دانه‌بندی پیوسته با حداکثر اندازه ۳۸ میلی متر و همچنین مقدار کافی ریزدانه ضروری است. چنانچه سنگدانه‌ها 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. به منظور آنکه نسبت آب به سیمان از حد مجاز بالاتر نرود باید برای تأمین روانی از مواد افزودنی مناسب نظری فوق روان‌کننده‌ها یا مواد افزودنی آبنگهدار استفاده شود.

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

**مبحث نهم**

بتن ریزی در زیر آب میتواند با روش پیش آکنده نیز با رعایت ضوابط مربوطه انجام شود.

**۹ - ۷ - ۸ - ۲ - ۲ - روش اجرا**

(الف) هنگام بتن ریزی باید اختلاف فشار هیدرولیکی داخل و خارج قالب از بین رفته و سطح آب در داخل و خارج قالب در یک تراز باشد.

(ب) در موقع بتن ریزی با قیف و لوله باید همیشه انتهای تحتانی لوله حداقل به طول ۱ تا  $1/5$  متر داخل بتن باشد به طوری که آب نتواند از پایین وارد لوله شود. برای این منظور باید به تدریج با پرشدن لوله آن را بالا کشید.

(پ) باید از ایجاد سطوح افقی که لایه های مختلف بتن را از یکدیگر جدا می کنند اجتناب شود.

(ت) وقتی سطح بتن به حد فوقانی مورد نظر رسید، باید آن قسمت از بتن که با مواد بیرونی درآمیخته و دانه های شن و ماسه و شیره بتن از هم جدا شده، جمع آوری و بیرون ریخته شود. این کار باید تا رسیدن به بتن خمیری سالم ادامه یابد.

(ث) استفاده از سایر روش های بتن ریزی در زیر آب بنا بر توصیه و تأیید دستگاه نظارت بلامانع است.

جزییات بتن ریزی زیر آب باید در مشخصات فنی خصوصی درج گردد.

**۹ - ۷ - ۶ - کنترل و بازررسی**

به منظور اطمینان از انطباق تجهیزات ساخت و روش تولید با استانداردها و ضوابط این مبحث، حداقل تواتر کنترل و بازررسی باید مطابق جدول ۹ - ۷ - ۳ باشد.

## ۷ - ۹ اختلاط بتن و بتن ریزی

جدول ۶ - ۷ - ۳

ردیف	شرح تجهیزات	نوع بازرسی آزمایش	هدف جدول	زمان تکرار
۱	دبوی مصالح سیلو و غیره	بازرسی عینی	حصول اطمینان از اطباقی مواد مورد نیاز	بکار رفته در تجهیزات مروط به امنیت از اینکه تجهیزات مروط به اندازه گیری وزن به طور صحیح عمل می نمایند.
۲	تجهیزات مروط به اندازه گیری	بازرسی عینی از نحوه کار کرد	حصل اطمینان از دقت مورد نظر	در مونتاژ نصب ۱- در مونتاژ نصب ۲- به طور متناسب با بدنه شخص دستگاه نظارت
۳	آزمایش دقت اندازه گیری وزن	آزمایش دقت اندازه گیری وزن	حصل اطمینان از اینکه دستگاه اندازه گیری و توزین تمیز است و با دقت عمل می نماید	برای اولین پیمانه هر ماهه افزودنی در هر روز
۴	دستگاه اندازه گیری و توزین	بازدید عینی از نحوه کار کرد	حصل اطمینان از اینکه دستگاه اندازه گیری و توزین تمیز است و با دقت عمل می نماید	در مونتاژ نصب ۱- در مونتاژ نصب ۲- به طور ماهانه پس از نصب ۳- در موارد تردید و با به تنخیص دستگاه نظارت
۵	ماهه افزودنی	آزمایش دقت	آزمایش از توزیع غیردکل از احتساب از توزیع غیردکل از احتساب	آزمایش مقدار واقعی با مقادیر قرائت شده روی حاصل اطمینان از دقت مورد نظر
۶	آبستیج	مقایسه مقادیر واقعی با مقادیر درجه دستگاه اندازه گیری	آزمایش مقدار واقعی با مقادیر درجه دستگاه اندازه گیری	پیش موارد او ۲ بالا در همین ستون
۷	تجهیزات اندازه گیری مدام	مقایسه مقادیر واقعی با مقادیر درجه دستگاه اندازه گیری	آزمایش مقدار واقعی با مقادیر درجه دستگاه اندازه گیری	پیش موارد ۱ و ۲ بالا در همین ستون
۸	میزان رطوبت مستگذارانه لایز	مقایسه جرم راچعی مواد تشکیل دهنده مخلوط بازدید عینی	آزمایش دهنده مخلوط	پیش موارد ۱ و ۲ بالا در همین ستون
۹	سیستم پیشانه و مخلوط کردن	مقایسه جرم راچعی مواد تشکیل دهنده مخلوط بازدید عینی	آزمایش جرم نظر بر اساس یک روش مناسب	با جرم مورد نظر بر اساس یک روش مناسب
۱۰	وسایل آزمایش	آزمایش لایز مطابق با استاندارها	آزمایش لایز مطابق با استاندارها	آزمایش لایز مطابق با استاندارها
۱۱	مخواطکن (از جمله کامپون های بازدید عینی	کنترل اطباق	کنترل اطباق	بر حسب نوع وسائل آزمایش به طور مرتبت، اما حداقل سالی پکیدار ماهانه
		کنترل اطباق	کنترل اطباق	مخواطکن (از جمله کامپون های بازدید عینی)



## ۸ - ۹ آرماتوربندی

### ۱ - ۸ - ۹ مشخصات و شرایط اجرایی

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

مشخصات مکانیکی میلگردها، باید با بند ۹ - ۴ - ۷ مطابقت داشته باشد.

#### ۲ - ۱ - ۸ - ۹ بریدن میلگردها

ميلگردها 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.

**مبحث نهم****٩ - ٨ - ١ - ٣ - خم کردن میلگردها**

**٩ - ٨ - ١ - ٣ - ١** تمامی میلگردها باید به صورت سرد خم شوند، مگر آنکه دستگاه نظارت روشنی دیگر را مجاز بداند.

**٩ - ٨ - ١ - ٣ - ٢** خم کردن میلگردها تا حد امکان باید به طور مکانیکی به وسیله ماشین مجهز به فلکه خم کن و با یک عبور در سرعت ثابت انجام پذیرد، به طوری که قسمت خمشده دارای شعاع انحنای ثابتی باشد.

**٩ - ٨ - ٣ - ١** برای خم کردن میلگردها باید از فلکه هایی استفاده شود که قطر آنها برای نوع فولاد مورد نظر مناسب باشد.

**٩ - ٨ - ١ - ٣ - ٤** 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 می شود.

**٩ - ٨ - ١ - ٣ - ٥** در شرایطی که دمای میلگردها از ۵- درجه سلسیوس کمتر باشد، باید از خم کردن آنها خودداری شود.

**٩ - ٨ - ١ - ٣ - ٦** به طور کلی باز و بسته کردن خم ها 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.

**۸ - ۹ آرماتوربندی**

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

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

**۹ - ۱ - ۴ - ۱** آرماتورها باید قبل از بتن ریزی مطابق نقشه‌های اجرایی در جای خود قرار گیرند و طوری بسته و نگهداشته شوند که از جایه‌جایی آنها خارج از محدوده رواداری‌های داده شده در بند **۹ - ۸ - ۱ - ۴ - ۲** جلوگیری شود.

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

-۸ میلی‌متر

الف) حداقل انحراف ضخامت پوشش بتن محافظ میلگردها

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

$\pm 8$  میلی‌متر

- تا ۲۰۰ میلی‌متر یا کمتر

$\pm 12$  میلی‌متر

- بین ۲۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر

$\pm 20$  میلی‌متر

- ۶۰۰ میلی‌متر یا بیشتر

$\pm 30$  میلی‌متر

پ) انحراف فاصله جانبی بین میلگردها

ت) انحراف موقعیت طولی خم‌ها و انتهای میلگردها:

$\pm 20$  میلی‌متر

- در انتهای ناپیوسته قطعات

$\pm 50$  میلی‌متر

- در سایر موارد

**۹ - ۸ - ۱ - ۴ - ۳** مقدار حداقل رواداری مذکور در بند **۹ - ۸ - ۲ - ۴ - ۱** - الف برای ضخامت پوشش بتن محافظ میلگردها تا جایی معتبر است که ضخامت مذکور

**مبحث نهم**

**۲ - ۳** از مقدار تعیین شده کمتر نشود. در نقشه های اجرایی باید ضخامت پوشش بتن برای تمامی میلگردها از جمله خاموت ها مشخص شود.

**۹ - ۸ - ۱ - ۴ - ۶ - ۴ - ۱ - ۸ - ۹** جنس، ابعاد، تعداد و فاصله لقمه ها و خرک ها و سایر قطعات مورد استفاده برای تثبیت موقعیت میلگردها در جای صحیح باید طوری باشند که علاوه بر برقراری شرایط بند **۹ - ۸ - ۱ - ۴ - ۲** مانعی در برابر ریختن بتن و نقطه ضعفی در مقاومت و پایایی آن ایجاد نشود.

**۹ - ۸ - ۱ - ۴ - ۵** برای به هم بستن میلگردها و عناصر غیرسازه ای به آنها باید از مفتول ها یا اتصال دهنده ها و گیره های 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 متقطع فقط برای فولادهای جوش پذیر و با تأیید دستگاه نظارت مجاز می باشد. در این صورت جوش نباید باعث کاهش سطح مقطع میلگرد و ایجاد زدگی در آن شود.

## **۹ - ۸ - ۲ - ۲ - جزئیات آرماتور بندی**

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

انواع میلگردهای مصرفی باید با ضوابط فصل چهارم مطابقت داشته باشند.

**۸ - ۹ آرماتوربندی****۸ - ۲ - ۲ - قطراهای اسمی**

قطراهای اسمی باید مطابق ضوابط بند ۶ - ۴ - ۶ باشند.

**۸ - ۲ - ۳ - کاربرد توأم انواع مختلف فولاد**

کاربرد توأم انواع مختلف فولاد در یک قطعه مجاز نیست مگر آنکه:

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

ب) امکان اشتباه در مرحله اجرا وجود نداشته باشد.

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

**۸ - ۲ - ۴ - محدودیت های فاصله بین میلگردها**

فاصله میلگردها می باید به گونه ای باشند که ضوابط ارایه شده در فصول یازدهم الى بیستم را برآورده سازند.

**۸ - ۲ - ۵ - پوشش بتنی روی میلگردها**

پوشش بتن روی میلگردها باید به گونه ای باشند که ضوابط بند ۶ - ۳ - ۳ - ۹ و ضوابط فصل نوزدهم را برآورده سازند.



## ۹ - ۹ ضوابط قالب‌بندی در بتن، لوله‌ها و مجراهای

### مدفون و درزهای بتن

#### ۹ - ۰ علایم اختصاری

$P_m$  = فشار حدی بتن بر روی قالب ( $\text{kN/m}^2$ )

$V_1$  = سرعت بتن‌ریزی (متر بر سرعت)

$T_c$  = درجه حرارت بتن تازه

$H$  = ارتفاع کل بتن‌ریزی

$\alpha$  = ضریب انبساط حرارتی بتن

$L$  = فاصله بین دو درز انبساط متواالی

$\Delta T$  = تفاوت بین حداکثر و حداقل دمای سالیانه منطقه (درجه سلسیوس)

**مبحث نهم****۱ - ۹ - ۹ کلیات****۱ - ۹ - ۹ تعاریف**

واژه‌ها و ترکیب‌های مورد استفاده در این فصل به شرح زیر تعریف می‌شوند:

**۱ - ۹ - ۱ - ۱ قالب**

سازه‌ای موقت است برای در برگرفتن بتن قبل از سخت شدن و کسب مقاومت کافی برای تحمل بار خود.

**۲ - ۱ - ۹ - ۹ مجموعه قالب‌بندی**

مجموعه‌ای است که برای نگهداری بتن در شکل مورد نظر به کار می‌رود، مشتمل بر رویه قالب، بدنه قالب، پشت‌بندها، کلاف‌ها، چپ و راست‌ها، حایل‌ها، پایه‌های قائم، کمرکش‌های افقی، فاصله‌نگهدارها و نظایر آن.

**۳ - ۱ - ۹ - ۹ داربست**

سازه‌ای موقت است که برای نگهداری قالب در موقعیت مورد نظر، سکوهای کار و تحمل بارهای حین اجرا برپا می‌شود مشتمل بر شمع‌بندی، پایه‌های قائم، صفحات افقی، بادبندها، زیرسربی‌ها و نظایر آن.

**۴ - ۱ - ۹ - ۹ عملکردهای قالب**

۱ - ۹ - ۲ - ۱ - ۱ قالب باید بتن را در شکل مورد نظر در محدوده رواداری‌ها نگاه دارد، به سطح آن نمای دلخواه بدهد، و وزن بتن را تا زمان سخت شدن و کسب مقاومت کافی تحمل کند.

**٩ - ٩ ضوابط قالب بندی در بتن، لوله‌ها و مجراهای مدفون و درزهای بتن**

**٢ - ١ - ٩ - ٩** قالب باید در برابر نیروهای ناشی از وزن و فشار بتن، به خوبی محاسبه شده و اینمی لازم را داشته باشد، و بتن را در برابر صدمات مکانیکی حفظ کند، از کم شدن رطوبت بتن و نشت شیره آن جلوگیری نماید، عایقی مناسب در برابر سرما و گرمای محیط باشد، میلگردها و سایر اجزا و قطعاتی را که داخل بتن قرار می‌گیرند در محل مورد نظر نگاه دارد، در برابر نیروهای ناشی از لرزاندن و مرتعش ساختن بتن مقاومت کند و بدون آسیب رساندن به بتن از آن جدا شود.

**٣ - ١ - ٩ - ٩ نقشه‌ها و مشخصات**

نقشه‌های قالب و داربست باید برای سازه‌های خاص و پیچیده یا هر مورد ضروری دیگر، با مراعات تمامی جوانب از قبیل ضوابط طراحی قالب مطابق بند ٩ - ٣ - ٩ و رواداری‌های مطابق بندھای ٩ - ١ - ٩ - ٤ و ٩ - ٤ - ٢ تهیه شوند.

**٤ - ١ - ٩ - ٩ رواداری‌ها**

رواداری‌ها را باید تا حد امکان و تا جایی که اهداف پیش‌بینی شده برای کل سازه یا هر قسمت از آن در حدی غیرقابل قبول مخدوش نشود، بزرگ اختیار کرد. مبنای سنجش خطاهای احتمالی، نقاط و خطوطی است که در شروع کار ایجاد و تا پایان کار به نحوی مقتضی حفظ می‌شوند. چنانچه رواداری‌ها توسط طراح تعیین نشده باشد، انحراف ابعاد و موقعیت قالب‌ها باید از حدودی معین تجاوز کند. حدود رواداری‌های قالب‌ها برای ساختمان‌ها و قطعات متداول بتن آرمه در جدول (٩ - ١) درج شده‌اند.

جدول ۹ - ۱ - رواداری‌های سازه‌های بتنی متعارف

ردیف	شرط	الف	درواداری
۱	انحراف از امتداد قائم نیشها و کنیچها برای گوشش نمایان سستون‌ها، در زهای کنترل، شیشه‌ها و دیگر خطوط بر جسته نمایان و مهم	ب	۶ میلی‌متر در هر ۳ متر طول حداکثر ۲۵ میلی‌متر در کل طول
۲	انحراف سطوح با ترازهای مشخص شده در نقشهها تیره، نیشها و کنیچها قبل از برچینن حایلها	الف	در سطح زیرین دال‌های سقفها، سطح زیرین حداکثر ۱۹ میلی‌متر در کل طول
۳	انحراف سطوح با ترازهای مشخص شده در نقشهها تیره، زیرسرسی‌ها، جانپناه‌های نمایان شیلهای افتی و دیگر خطوط پر جسته نمایان و مهم	ب	در نعل در گاههای زیرسرسی‌ها، جانپناه‌های نمایان حداکثر ۱۶ میلی‌متر در کل طول
۴	انحراف از اندازه و موقعیت پارشهوهای افق در کف و دیوار و غلافها اختلاف در ابعاد سستون‌ها، مقطع عرضی	الف	انحراف از اندازه و موقعیت پارشهوهای افق در کف و دیوار و غلافها در جهت تقاضی ۶ میلی‌متر
۵	ستون‌ها و تیرهای و ضخامت دال‌ها و دیوارها	ب	در جهت اضافی ۱۲ میلی‌متر

مبحث نهم

## ۹-۹ ضوابط قالب بندی در بتن، لوله‌ها و مجراهای مدفون و درزهای بتن

۱۲ میلی‌متر	تفصیلی	اختلاف اندازه‌های در پلان	الف
۵۰ میلی‌متر	اضافی	دو درصد عرض شالوده در امتداد طول موردنظر مشروط بر آنکه بیش از ۵۰ میلی‌متر نباشد	جایه‌جایی با خروج از مرکز
۵ درصد به‌آینجه تعیین شده	گاهی ضخامت نسبت افزایش ضخامت نسبت محدودیتی نadar	ضخامت	بی‌ها
۳ ± میلی‌متر	ارتفاع پله	۴	
۶ ± میلی‌متر	کف پله		
۱/۵ میلی‌متر	ارتفاع پله		
۳ ± میلی‌متر	کف پله		
۰	بلدها		
۷			
در پله‌های متوازن	الف		

**مبحث نهم****۹ - ۲ - مصالح مصرفی در قالب**

مصالح مناسب برای قالب را باید با توجه به ملاحظات اقتصادی، ایمنی و سطح تمام شده مورد نظر انتخاب کرد. مشخصه های فیزیکی و مکانیکی مصالح باید در ساخت قسمت های مختلف مانند بدنه، رویه، ملحقات، اجزای نگهدارنده قالب و نظایر آن مورد توجه قرار گیرند.

چوب مصرفی برای قالب باید صاف، بدون پیچ و تاب، سالم و بدون گره باشد. از مصرف چوب تازه برای قالب بندی باید خودداری شود. در قالب های آلミニومی باید از تماس مستقیم بتن با آلومینیوم اجتناب شود.

**۹ - ۳ - ضوابط طراحی قالب****۹ - ۳ - ۱ - کلیات**

قالب باید طوری طراحی شود که بتواند بارهای وارد را قبل از این که سازه بتنی مقاومت کافی به دست آورد، با ایمنی مناسبی تحمل کند.

**۹ - ۳ - ۲ - بارهای وارد بر قالب****۹ - ۳ - ۲ - ۱ - بارهای قائم**

مهمترین بارهای قائم زنده و مرده وارد بر قالب عبارتند از:

الف) وزن قالب ها و پشت بند ها

ب) وزن بتن تازه

پ) وزن آرماتورها و سایر اقلام کار گذاشته شده در بتن

ت) وزن افراد، وسایل کار، گذرگاه ها و سکوهای کار معادل حداقل ۲/۵ کیلونیوتن بر

مترمربع سطح افقی قالب

**۹ - ۹ ضوابط قالب بندی در بتن، لوله‌ها و مجراهای مدفون و درزهای بتن**

ث) بارهای موقت حاصل از انبار کردن مصالح

ج) فشار رو به بالای باد

**تبصره:** مجموع بارهای مرده و زنده طراحی نباید کمتر از ۵ کیلونیوتن بر مترمربع سطح افقی قالب اختیار شود.

**۹ - ۳ - ۲ - ۲ بارهای جانبی**

مهمترین بارهای جانبی وارد بر قالب عبارتند از:

الف) رانش بتن تازه

ب) فشار و مکش باد

پ) بارهای ناشی از تغییرات دما

**۹ - ۳ - ۲ - ۳ فشار رانشی بتن تازه طبق روابط زیر محاسبه می‌گردد:**

فشار جانبی بتن برای بتن‌های ساخته شده از سیمان نوع یک با وزن مخصوص ۲۴ کیلونیوتن بر مترمکعب که حاوی مواد پوزولانی یا مواد افزودنی نباشد و اسلامپ آنها مساوی یا کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر باشد، مساوی فشار هیدرواستاتیک مایعی با وزن مخصوص ۲۴ کیلونیوتن بر مترمکعب می‌باشد. لازم نیست فشار حاصل از فرض فوق از مقادیر حدی (الف) و (ب) بیشتر در نظر گرفته شود.

(الف) دیوارها:

$$P_m = \frac{V_1}{T_c + 18} + \frac{100 V_1}{(T_c + 18)^2} \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$V_1 < 2(m/h)$$

$$P_m = \frac{1200}{T_c + 18} + \frac{250 V_1}{(T_c + 18)^2} \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$2(m/h) \leq V_1 \leq 3(m/h)$$

$$P_m = 24 H \quad V_1 > 3(m/h)$$

$$30 \leq P_m \leq 100 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

مبحث نهم

**ب) ستون‌ها :**

$$P_m = \gamma / 2 + \frac{\gamma \cdot V_1}{T_c + 18} (\text{kN/m}^2)$$

$$30 \leq P_m \leq 150 \quad (\text{kN/m}^2)$$

### ۹ - ۳ - ۲ - ۴ - بارهای ویژه

مهتمترین بارهای ویژه عبارتند از:

- الف) بار ناشی از بتون‌ریزی نامتقارن
- ب) ضربه حاصل از ماشین‌آلات و پمپ بتون
- پ) نیروهای رو به بالا در قالب‌ها و افلاام کار گذاشته در بتون
- ت) اثرهای دینامیکی نظیر اثر تخلیه بتون از جام حمل بتون
- ث) بارهای حاصل از نشست نامتقارن تکیه‌گاه‌های قالب
- ج) بارهای ناشی از لرزاندن و متراکم کردن بتون

### ۹ - ۴ - اجرای قالب

#### ۹ - ۴ - ۱ - کلیات

**۹ - ۱ - ۱ - ۴ - ۹** توصیه می‌شود سطوح فوقانی با شیب بیشتر از ۳:۲ (۲ قائم، ۳ افقی) قالب‌بندی شوند، به‌حال تعییه قالب برای سطح فوقانی با شیب بیشتر از ۱:۱ الزامی است.

**۹ - ۱ - ۴ - ۹ - ۲** قبل از جاگذاری آرماتورها باید تا حد امکان رویه قالب‌ها را نصب کرد و مواد رهاساز را روی قالب‌ها مالید.

**۹ - ۹ ضوابط قالب بندی در بتن، لوله‌ها و مجراهای مدفون و درزهای بتن**

**۳ - ۱ - ۴ - ۹ - ۹** قطعات رویه قالب‌ها باید در کنار هم طوری قرار گیرند (جذب و جفت شوند) که هدر رفتن شیره بتن ممکن نباشد.

**۴ - ۱ - ۴ - ۹ - ۹** قالب‌ها باید از هر نوع آلودگی، ملات‌ها، مواد خارجی و نظایر اینها عاری باشند و قبل از هر بار مصرف با مواد رهاساز پوشانده شوند. این مواد را باید چنان به کار برد که بدون آلوده شدن آرماتورها، روی سطوح قالب لایه‌ای یکنواخت و نازک به وجود آید.

**۵ - ۱ - ۴ - ۹ - ۹** در مواردی که دسترسی به کف قالب‌ها دشوار یا غیرممکن باشد، باید با تعییه دریچه‌های بازدید و کفشوی‌های قالب امکان تمیز کردن قالب قبل از بتن‌ریزی فراهم گردد.

**۶ - ۱ - ۴ - ۹ - ۹** در صورتی که کیفیت سطح تمام‌شده، اهمیتی خاص داشته باشد، نباید از قطعات قالب‌های صدمه‌دیده در مراحل قبلی استفاده کرد.

**۷ - ۱ - ۴ - ۹ - ۹** هنگام برداشتن قالب سطوح زیرین قطعات بتن آرمه باید با رعایت بند ۹ - ۹ - ۴ - ۱ - ۸ پایه‌هایی به عنوان پایه‌های اطمینان در زیر سطح باقی گذاشت، تا از بروز تغییرشکل‌های تابع زمان جلوگیری شود.

**۸ - ۱ - ۴ - ۹ - ۹** پیش‌بینی پایه‌های اطمینان برای تیرهای با دهانه بزرگتر از پنج متر، تیرهای کنسول به طول بیشتر از دو و نیم متر، دال‌های با دهانه بزرگتر از سه متر، و دال‌های کنسول به طول بیشتر از یک و نیم متر اجباری است. تعداد پایه‌های اطمینان باید طوری باشد که فاصله آنها به هر حال از سه متر تجاوز نکند.

**مبحث نهم****۹ - ۴ - ۲ - تنظیم مجموعه قالب‌بندی**

مجموعه قالب‌بندی باید در تمامی مراحل قبل از بتن‌ریزی، ضمن و بعد از آن به‌دقیق زیر نظر باشد و به منظور حفظ مجموعه در محدوده رواداری‌های تعیین شده تنظیم شود. تعییه خیز اولیه برای تیرها و دال‌های دهانه بزرگ به طوری که بتواند تغییرشکل دراز مدت ناشی از بار مرده را جبران نماید، الزامی است.

**۹ - ۴ - ۳ - قالب‌برداری****۹ - ۴ - ۳ - ۱ - نحوه قالب‌برداری**

- (الف) قالب باید زمانی برداشته شود که بتن بتواند تنش‌های موثر را تحمل کند و تغییرشکل آن از تغییرشکل‌های پیش‌بینی شده تجاوز نکند.
- (ب) پایه‌ها و قالب‌های باربر نباید قبل از آنکه اعضا و قطعات بتنی مقاومت کافی را برای تحمل وزن خود و بارهای وارد کسب کنند، برچیده شوند.
- (پ) عملیات قالب‌برداری و برچیدن پایه‌ها باید گام به گام، بدون اعمال نیرو و ضربه، طوری صورت گیرد که اعضا و قطعات بتنی تحت اثر بارهای ناگهانی قرار نگیرند، بتن صدمه نبیند و ایمنی و قابلیت بهره‌برداری قطعات مخدوش نشود.
- (ت) در صورتی که قالب‌برداری قبل از پایان دوره مراقبت انجام پذیرد، باید تدبیری برای مراقبت بتن پس از قالب‌برداری اتخاذ کرد.

**۹ - ۴ - ۳ - ۲ - زمان قالب‌برداری**

- (الف) در صورتی که زمان قالب‌برداری در طرح تعیین و تصریح نشده باشد باید زمان‌های داده شده در جدول ۹ - ۹ - ۲ را به عنوان حداقل زمان لازم برای برچیدن قالب‌ها و پایه‌ها ملاک قرار داد.

**۹ - ۹ ضوابط قالب بندی در بتن، لوله‌ها و مجراهای مدفون و درزهای بتن****جدول ۹ - ۹ - ۲ حداقل زمان لازم برای قالببرداری**

دماهی مجاور سطح بتن (درجه سلسیوس)				شرح	نوع قالب بندی
.	۸	۱۶	۲۴ و بیشتر		
۳۰	۱۸	۱۲	۹	قالب های قائم ، ساعت	قالب های قائم ، ساعت
۱۰	۶	۴	۳	قالب زیرین ، شبانه روز	دالها
۲۵	۱۵	۱۰	۷	پایه های اطمینان ، شبانه روز	
۲۵	۱۵	۱۰	۷	قالب زیرین ، شبانه روز	تیرها
۳۶	۲۱	۱۴	۱۰	پایه های اطمینان ، شبانه روز	

زمان های داده شده با رعایت نکات مشروح زیر معتبرند:

- بتن با سیمان پرتلند معمولی نوع یک یا دو یا سایر سیمان هایی که روند کسب مقاومت مشابه دارند، ساخته شده باشد.
  - در صورتی که ضمن سخت شدن بتن دمای محیط به کمتر از صفر درجه سلسیوس تنزل کند زمان های داده شده را باید با توجه به شرایط بند ۹ - ۷ - ۳ اصلاح کرد.
  - در صورت استفاده از سیمان پرتلند نوع سه یا مواد تسریع کننده یا عمل آوری با بخار می توان زمان های داده شده را کاهش داد.
  - در صورت استفاده از مواد کندگیر کننده، سیمان پرتلند نوع پنج یا سیمان هایی که روند کسب مقاومت مشابه دارند، باید زمان های داده شده را افزایش داد.
  - در صورتی که ملاحظاتی خاص برای جلوگیری از ترک ها (به خصوص در اعضا و قطعات با ضخامت هایی متفاوت یا رویارو با دماهای مختلف)، یا تقلیل تغییر شکل های ناشی از وارفتگی مورد نظر باشد، باید زمان های داده شده را افزایش داد.
  - در صورتی که عمل آوردن تسریع شده یا قالب بندی خاصی مورد نظر باشد تقلیل زمان های داده شده امکان پذیر است.
- ب) برچیدن قالب ها و پایه ها در مدتی کمتر از زمان های داده شده در جدول ۹ - ۹ - ۲ فقط به شرط آزمایش قبلی میسر است.

در صورتی که آزمایش آزمونه های آگاهی (نگهداری شده در کارگاه) حاکی از رسیدن مقاومت بتن به حداقل هفتاد درصد مقاومت مشخصه باشد، می توان قالب های سطوح

---

مبحث نهم

---

زیرین را برداشت ولی برچیدن پایه‌های اطمینان فقط در صورتی مجاز است که علاوه بر مراعات تمامی محدودیت‌ها، بتن به مقاومت بیست و هشت روزه مورد نظر رسیده باشد.

### ۹ - ۴ - ۳ - ۳ - برداشت پایه‌های اطمینان

الف) برای تیرهای با دهانه تا هفت متر برداشتن کل قالب و داربست و زدن پایه‌های اطمینان مجاز است ولی برای دهانه‌های بزرگ‌تر از هفت متر، تنظیم قالب و داربست باید طوری باشد که برداشتن قالب بدون جابه‌جایی پایه‌های اطمینان میسر باشد و یا برداشتن قالب و زدن پایه موقت، به صورت مرحله‌ای باشد.

ب) برای سازه‌های متشكل از دیوارها و دالهای بتن آرمه، نظیر سازه‌هایی که با قالب‌های تونلی یا قالب‌واره‌های به‌بعد بزرگ‌تر ساخته شوند، می‌توان برچیدن پایه‌های اطمینان و برپایی مجدد آنها را در دهانه‌های تا ده متر مجاز دانست مشروط بر آنکه زدن پایه‌های اطمینان بلافصله پس از برداشتن قالب باشد و در عمل اطمینان حاصل شود که هیچ نوع ترک یا تغییرشکل نامطلوب بروز نخواهد کرد. در این حالت نیز اجرای مرحله‌ای پایه اطمینان قالب توصیه می‌گردد.

پ) به‌طور کلی در صورتی که قطعه مورد نظر جزئی از سیستمی پیوسته باشد، موقعی می‌توان پایه‌های اطمینان را برداشت که تمامی قطعات مجاور آن هم بتن‌ریزی شده باشند و بتن مقاومت کافی را کسب کرده باشد.

در صورتی که تیر یا دال یکسره طراحی شده باشد، نمی‌توان پایه‌های اطمینان دهانه‌ای را برچید مگر آنکه دهانه‌های طرفین آن بتن‌ریزی شده باشند و بتن آن نیز مقاومت لازم را به دست آورده باشد.

ت) در صورت تکیه کردن مجموعه قالب‌بندی طبقه فوقانی روی طبقه تحتانی فقط وقتی می‌توان پایه‌های اطمینان طبقه زیرین را برچید که بتن طبقه بالا مقاومت لازم را به دست آورده باشد.

**۹ - ۹ ضوابط قالب بندی در بتن، لوله‌ها و مجراهای مدفون و درزهای بتن**

توصیه می‌شود پایه‌های اطمینان همیشه در دو طبقه متواالی وجود داشته باشند و تا حد امکان هر دو پایه اطمینان نظیر در دو طبقه، روی هم و در امتدادی واحد قرار گیرند.

ث) برداشتن پایه‌های اطمینان باید بدون اعمال فشار و ضربه و طوری باشد که بار به تدریج از روی آنها حذف شود، (در دهانه‌های بزرگ از وسط دهانه به سمت تکیه‌گاه‌ها و در کنسول‌ها از لبه به طرف تکیه‌گاه). برداشتن بار از روی پایه‌های اطمینان در دهانه‌های بزرگ و قطعاتی که نقش سازه‌ای حساسی دارند، باید با وسایل قابل کنترل انجام‌پذیرد به‌طوری که در صورت لزوم در هر لحظه بتوان باربرداری از روی پایه‌ها را متوقف کرد.

**۹ - ۹ - ۱ قالب برای بتن ریزی در زیر آب**

قالب برای بتن ریزی در زیر آب، با توجه به ملاحظاتی که در مورد دیگر انواع قالب آمده است، طرح و محاسبه می‌شود با این تفاوت که جرم بتن در زیر آب در اثر نیروی ارشمیدس به اندازه جرم آب جایه‌جاشده کاوش می‌یابد.

در ناحیه جزر و مد، قالب‌ها باید برای پایین‌ترین تراز آب طرح و محاسبه شوند.

تغییرات در برنامه‌های اجرایی ممکن است بتن ریزی را که برای حالت غوطه‌وری برنامه‌ریزی شده با تغییر شرایط مواجه سازد و به‌این ترتیب فشار آب را از دایره عمل خارج نماید.

قالب‌های زیرآبی را باید تا حد امکان در قطعات بزرگ و در بالای سطح آب ساخت و سپس در محل خود در زیر آب مستقر کرد.

باید از به‌کار بردن کش‌های درونی در قالب که می‌تواند در کار بتن ریزی اختلال ایجاد کند، تا حد امکان پرهیز شود.

قالب‌ها باید به‌دقت به‌یکدیگر متصل شده و به‌ترتیبی در کنار مصالح و یا قسمت‌های ساخته شده قبلی قرار گیرند که دوغاب و ملات تحت تأثیر فشار از درزها خارج نشود.

**مبحث نهم**

چنانچه قالب در معرض عبور جریان آب قرار می‌گیرد باید از وجود منافذ کوچک در قالب که امکان شسته شدن ذرات بتن تازه را فراهم می‌سازد، پرهیز گردد.

### **۶ - ۹ - ۹ لوله‌ها و مجراهای مدفون در بتن**

**۱ - ۹ - ۹** مدفون کردن لوله‌ها و مجراهای آب، فاضلاب، بخار و گاز در بتن تیرها و ستون‌ها و در امتداد محور آنها، یا در بتن قطعات صفحه‌ای و به موازات میان صفحه آنها جز در موارد مندرج در بند ۹ - ۹ - ۶ ممنوع است. از عبور دادن لوله‌ها و مجراهای مذکور عمود بر امتدادهای ذکر شده هم باید تا حد امکان احتراز کرد. در صورت ضرورت باید اطراف لوله‌ها و مجراهای بهنحوی مناسب تقویت شود.

**۲ - ۹ - ۹** در مناطقی که بارندگی مستمر ندارند، می‌توان برای ساختمان‌های تا سه طبقه، ناوдан را در داخل بتن ستون دفن کرد مشروط بر اینکه در انجام محاسبات سازه فضای اشغال شده توسط ناوдан، خالی در نظر گرفته شود.

**۳ - ۹ - ۹** عبور دادن لوله‌ها و مجراهای از داخل فضای خالی تیرها و ستون‌های با مقطع مجوف مشروط بر اینکه قابل بازدید و قابل تعویض باشند بلامانع است.

**۴ - ۹ - ۹** دفن کردن لوله‌ها و مجراهای تأسیساتی و برقی جز در موارد مندرج در بند ۹ - ۹ - ۶ - ۱ مجاز است، مشروط بر اینکه سایر ضوابط بند ۹ - ۹ - ۶ رعایت شوند.

**۹ - ۹ ضوابط قالب بندی در بتن، لوله‌ها و مجراهای مدفون و درزهای بتن**

**۹ - ۹ - ۵** لوله‌ها و مجراهای آلومینیومی نباید در قطعات بتنی دفن شوند مگر آنکه به طرزی مؤثر روکش شده باشند به‌طوری که ترکیب شیمیایی میان بتن و آلومینیوم و نیز فعل و انفعال الکتروشیمیایی بین آلومینیوم و فولاد امکان‌پذیر نباشد.

**۹ - ۹ - ۶** در قالب‌بندی پوشش‌های طبقات و نیز دیوارهای باربر باید عبور لوله‌ها و مجراهای مورد نیاز تأسیسات مکانیکی و برقی مطابق نقشه‌های مربوط پیش‌بینی شود، تا تخریب بتن پس از اتمام بتن‌ریزی لازم نشود. در موارد اضطراری که تعییه سوراخ‌ها در زمان قالب‌بندی و بتن‌ریزی پیش‌بینی نشده باشد، سوراخ کردن دال یا دیوار فقط با استفاده از وسایل مناسب و مصوب مجاز است.

**۹ - ۹ - ۷** قراردادن لوله‌های پلاستیکی داخل ستون‌ها و دیوارها برای عبور میل مهارهای قالب به‌شرط پرکردن آنها با ملات ماسه سیمان پس از قالب‌برداری، مجاز است. در صورتی که تعداد و قطر این لوله‌ها در حدی باشد که هیچ‌یک از مقاطع بتن بیشتر از ۳ درصد تقلیل نیابد، می‌توان از پرکردن داخل آنها صرف‌نظر کرد.

**۹ - ۹ - ۸** سطح اشغال شده توسط لوله‌ها و مجراهایی که همراه بسته‌های خود در بتن ستون دفن می‌شوند نباید از ۳ درصد سطح مقطعی که محاسبه مقاومت قطعه بر آن اساس بوده یا برای مقابله با اثر آتش سوزی مورد نیاز است بیشتر باشد. به علاوه این‌گونه لوله‌ها و مجراهای باید در حوالی محور طولی ستون قرار گیرند. به‌هر حال نباید عملکرد قطعه با خدشه قابل ملاحظه‌ای مواجه شود. در صورت برآورده نشدن شروط فوق باید اثر مجراهای در مقاومت ستون‌ها منظور شود.

**۹ - ۹ - ۹** لوله‌ها و مجراهای مدفون در بتن دال‌ها، تیرها و دیوارها جز در مواردی که نقشه‌های آنها به تصویب مهندس طراح رسیده باشند، باید با ضوابط ۹ - ۹ - ۱ و ۹ - ۹ - ۲ مطابقت داشته باشند.

**مبحث نهم**

**۱ - ۹ - ۶ - ۹ - ۹** ابعاد بیرونی آنها نباید از  $\frac{1}{3}$  ضخامت کل قطعه مورد نظر بیشتر باشد.

**۲ - ۹ - ۶ - ۹ - ۹** فاصله مرکز تا مرکز هر دو لوله یا مجرای مجاور هم نباید از ۳ برابر قطر یا عرض آنها کمتر باشد.

**۷ - ۹ - ۹ درزهای بتن****۱ - ۹ - ۹ درزهای اجرایی**

تعداد درزهای اجرایی باید در کمترین حد لازم برای انجام کار انتخاب شود. در تعیین موقعیت درزهای اجرایی باید دقت کافی به عمل آید. شکل درزهای اجرایی و موقعیت آنها بسته به اهمیت کار باید در نقشه‌ها منعکس یا در کارگاه به وسیله دستگاه نظارت تعیین شود. در هر حال تعیین موقعیت درزهای اجرایی را نباید به محل یا زمانی دلخواه از قبیل پایان روز کار موکول کرد.

**۱ - ۹ - ۱ - ۱ - ۹** در درزهای اجرایی باید سطح بتن را تمیز کرد و دوغاب خشک شده را از روی آن زدود.

**۹ - ۹ - ۱ - ۷ - ۲** درزهای اجرایی را باید در مقاطعی پیش‌بینی کرد که در آنها نیروهای داخلی و بهویژه نیروهای برشی کمترین مقدار را دارند. در صورت لزوم برای انتقال نیروهای برشی و سایر نیروهای داخلی، در محل درزهای اجرایی باید پیش‌بینی‌های لازم به عمل آید.

**٩ - ٩ ضوابط قالب بندی در بتن، لوله‌ها و مجراهای مدفون و درزهای بتن**

**٣ - ١ - ٧ - ٩ - ٩** برای تأمین پیوستگی بتن در محل درزهای اجرایی باید سطح بتن قبلی را خشن ساخت و سپس لایه بعد را ریخت.

**٤ - ١ - ٧ - ٩ - ٩** باید تمامی سطوح درزهای اجرایی را قبل از بتن‌ریزی جدید به صورت اشباع با سطح خشک درآورد.

**٥ - ١ - ٧ - ٩ - ٩** درزهای اجرایی نباید بدون شکل باشند بلکه باید امتدادی عمود بر امتداد تنש‌های عمود بر سطح داشته باشند. از ایجاد درزهای بزرگ اجرایی باید خودداری کرد و درزهای لازم را به صورت پلکانی یا سطوح شکسته در نظر گرفت.

**٦ - ١ - ٧ - ٩ - ٩** ایجاد درزهای اجرایی قائم باید با قالب‌های مناسب انجام شود.

**٧ - ١ - ٧ - ٩ - ٩** ایجاد درزهای اجرایی کف‌ها باید در ثلث میانی دهانه دال‌ها و تیرهای اصلی و فرعی قرار گیرند. در تیرهای اصلی فاصله هر درز اجرایی تا تیر فرعی متقطع با آنها نباید از دو برابر عرض تیر فرعی کمتر باشد. در صورت تعارض مفاد بند ٩ - ٧ - ١ - ٢ اولویت دارد.

**٨ - ١ - ٧ - ٩ - ٩** تیرها یا دال‌های متکی بر ستون‌ها یا دیوارها را تا زمانی که این اعضای قائم حالت خمیری دارند، نباید بتن‌ریزی کرد.

**٩ - ١ - ٧ - ٩ - ٩** بتن تیرها و سر ستون‌ها را باید به صورت یکپارچه با بتن دال ریخت، مگر آنکه خلاف آن در نقشه‌ها یا دفترچه مشخصات تصریح شده باشد.

مبحث نهم**۲ - ۷ - ۹ - ۹ درزهای انبساط**

در صورت عدم در نظر گرفتن تأثیر تغییرات حرارتی و عوامل ناشی از آن و در صورتی که طول یا عرض ساختمان از ۲۵ متر در مناطق خشک، یا ۳۵ متر در مناطق معتدل، یا ۵۰ متر در مناطق مرطوب تجاوز کند اجرای درز انبساط در آن الزامی است. این درز باید در محل یا محلهایی در نظر گرفته شود که فاصله بین هر دو درز متواالی از مقادیر فوق تجاوز نکند. در صورت عدم اجرای درز در پی اثرات ناشی از رفتار ناهمسان دو قسمت سازه، در پی اعمال گردد.

حداقل عرض درز انبساط برابر با  $\alpha L(\Delta T)$  می‌باشد. در این رابطه،  $\alpha$  برابر با  $10 \times 10^{-6}$  در نظر گرفته می‌شود. در صورتی که آمار قابل قبول مورد نیاز برای  $\Delta T$  وجود نداشته باشد مقدار آن برابر با ۶۰ درجه سلسیوس برحسب حداقل  $-30^{\circ}\text{C}$  و حداکثر  $+30^{\circ}\text{C}$ ، در نظر گرفته می‌شود. مقدار عرض درز لازم است ضوابط مبحث ششم مقررات ملی ساختمان را برای درز انقطاع نیز تأمین نماید.

**۲ - ۷ - ۹ - ۹ درزهای انقطاع**

در ساختمان‌هایی که نسبت طول به عرض ساختمان از ۳ بیشتر است باید با ایجاد درز انقطاع آن را به مستطیلهایی تبدیل کرد که نسبت طول به عرض آنها از ۳ بیشتر نباشد. سایر ضوابط درز انقطاع و میزان آن مطابق با مبحث ششم مقررات ملی ساختمان می‌باشد.

## ۹ - ۱۰ اصول تحلیل و طراحی

### ۹ - ۱۰ - علایم اختصاری

$D$  = بار دائمی

$E$  = بار زلزله

$E_c$  = ضریب ارجاعی بتن، مگاپاسکال

$E_s$  = ضریب ارجاعی فولاد، مگاپاسکال

$f_c$  = مقاومت فشاری مشخصه بتن، مگاپاسکال

$F$  = فشار و وزن مایعات

$H$  = فشار رانشی و وزن خاک

$K$  = ضریب طول مؤثر برای اعضای فشاری

$\ell_e$  = طول دهانه مؤثر، میلی‌متر

$\ell_n$  = طول دهانه آزاد، میلی‌متر

بحث نهم

$\ell_u$  = طول مهارنشده (بدون اتکا) در عضو فشاری، میلی متر  
 $L$  = بار زنده

$R$  = درصد باز پخش لنگرهای خمشی منفی

$r$  = شعاع ژیراسیون مقطع عضو فشاری، میلی متر

$S_r$  = نیروی مقاوم مقاطع

$S_u$  = نیروی ایجاد شده در مقطع

$T$  = آثار تجمعی حرارت، وارفتگی و جمع شدگی بتن و نشست نامتجانس تکیه گاهها

$W_u$  = بار نهایی در واحد طول یا واحد سطح

$w$  = بار باد

$\gamma_c$  = جرم مخصوص بتن

$\gamma_f$  = ضریب جزیی ایمنی عامل ها

$\gamma_n$  = ضریب اصلاحی بار

$\rho$  = نسبت سطح مقطع آرماتور کششی به سطح مقطع مؤثر ( $\rho = \frac{A_s}{A_e}$ )

$\rho'$  = نسبت سطح مقطع آرماتور فشاری به سطح مقطع مؤثر ( $\rho' = \frac{A'_s}{A_e}$ )

$\rho_b$  = مقدار  $\rho$  در مقطع متعادل

$\phi_c$  = ضریب جزیی ایمنی مقاومت بتن

$\phi_m$  = ضریب جزیی ایمنی مقاومت مصالح

$\phi_n$  = ضریب اصلاح مقاومت

$\phi_s$  = ضریب جزیی ایمنی مقاومت فولاد

**۱۰ - ۹ اصول تحلیل و طراحی****۱ - ۱۰ - ۹ گستره**

**۱ - ۱۰ - ۹** ضوابط این فصل شامل اصول کلی هستند که در تحلیل و طراحی سازه ساختمان‌های بتُنی باید رعایت شوند. این اصول شامل: روش طراحی، بارگذاری و ترکیبات آنها، ضرایب ایمنی و ضوابط کلی مورد استفاده در طراحی اجزا می‌باشد.

**۲ - ۱۰ - ۹ اهداف طراحی**

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

**۱ - ۱۰ - ۹ 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 تحتبارها و سربارهای استثنایی گسیخته نشود.

**۲ - ۱۰ - ۹ بهره‌برداری مناسب**

منظور از تأمین شرایط بهره‌برداری مناسب این است که:

- تغییرشکل و ترک خوردن بیش از حد ایجاد نشود.
- اجزای غیر سازه‌ای آسیب نبینند.
- ساکنان ساختمان در اثر لرزش سازه احساس نالمنی نکنند.
- تحت شرایط مختلف محیطی، کیفیت مصالح مصرفی و قابلیت بهره‌برداری در اثر فرسودگی و خوردن در طول عمر پیش‌بینی شده تأمین شود.

**مبحث نهم****۹ - ۳ - روش طراحی**

در این مبحث روش طراحی براساس 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 - ۳ - ۱ - حالت‌های حدی نهایی**

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

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

**۹ - 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:

- تغییرشکل بیش از حد اجزای سقف بهنحوی که بر عملکرد مطلوب سازه اثر نامناسب گذاشته و یا باعث آسیب به تیغه‌ها و اجزای متکی بر سقف شود.

**۱۰ - ۹ اصول تحلیل و طراحی**

- ترک خوردگی بیش از حد و خصوصاً باز شدن ترک‌ها به‌طوری که ضمن ایجاد شرایط ظاهری نامناسب، خطرخوردگی میلگردهای فلزی را افزایش دهد.
- لرزش بیش از حد سازه تحت اثر بارهای بهره‌برداری، ماشین‌آلات و یا وسایل متحرک در این حالت لازم است میزان تغییرشکل و ترک خوردگی اعضای سازه تحت اثر بارهای بهره‌برداری همواره کمتر از مقادیر حدی مشخص شده در این مبحث باشد.

**۱۰ - ۴ ضرایب ایمنی**

در این مبحث دو مجموعه ضرایب ایمنی جزیی به شرح (الف) و (ب) این بند تعریف می‌شوند:

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

(ب) دومین مجموعه ضرایب ایمنی برای تقلیل مقاومت مصالح است که با  $\phi_m$  نشان داده شده و مقدار آنها بستگی به عدم اطمینان موجود در کیفیت مصالح، نحوه اجرا و دقیقت مشخصات هندسی اجزای برابر دارد.

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

**۱۰ - ۵ اعضای سازه‌ای**

برای تحلیل سازه‌ها لازم است اعضای سازه‌ای بر حسب مشخصات هندسی به شرح بندهای ۹ - ۱۰ - ۵ - ۱ الی ۹ - ۱۰ - ۵ - ۴ طبقه بندی شوند.

**مبحث نهم****۱۰ - ۵ - ۱ اعضای میله‌ای**

در این اعضاء، یکی از ابعاد که طول عضو می‌باشد به‌طور قابل ملاحظه‌ای از دو بعد دیگر بزرگتر است و دو بعد اخیر که ابعاد مقطع هستند اختلاف کمی دارند. در اعضای میله‌ای ساده نسبت طول به بعد بزرگ مقطع بیش از ۴ و در اعضای میله‌ای پیوسته بیش از ۲/۵ است.

**۱۰ - ۵ - ۲ اعضای صفحه‌ای**

در اعضای سه بعدی یکی از ابعاد (ضخامت) به‌طور قابل ملاحظه‌ای از دو بعد دیگر کوچکتر است. در صفحات نازک نسبت ضخامت به عرض صفحه کمتر یا مساوی  $\frac{1}{10}$  منظور می‌شود. دال‌ها و دیوارها نمونه‌هایی از صفحات نازک و پی‌ها، نمونه‌هایی از صفحات ضخیم هستند.

**۱۰ - ۵ - ۳ اعضای پوسته‌ای**

در اعضای پوسته‌ای مانند اعضای صفحه‌ای یکی از ابعاد (ضخامت) کمتر از دو بعد دیگر است، اما میان صفحه آنها که تحت بارهای عمود بر خود قرار می‌گیرد، تخت نمی‌باشد.

**۱۰ - ۵ - ۴ اعضای سه بعدی**

در این اعضا هیچ‌یک از ابعاد اختلاف قابل ملاحظه‌ای با دو بعد دیگر ندارند و هیچ‌یک از ضوابط بندهای ۹ - ۱۰ - ۵ - ۱ - ۹ - ۳ در مورد آنها صادق نمی‌باشد.

**۱۰ - ۹ اصول تحلیل و طراحی****۱۰ - ۹ - ۶ اصول تحلیل****۱۰ - ۹ - ۱ تحلیل سازه**

هدف از تحلیل سازه، تعیین نیروهای داخلی در مقاطع مختلف و تغییر مکان نقاط مختلف تحت اثر بارهای وارد، با در نظر گرفتن مشخصات هندسی و مکانیکی آنها است.

**۱۰ - ۹ - ۲ تحلیل خطی**

در این روش محاسبه نیروها در مقاطع مختلف سازه با فرض خطی بودن رفتار مصالح، کوچک بودن تغییر شکل و براساس تئوری الاستیسیته انجام می‌شود. این روش در محاسبات حالت‌های حدی نهايی 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.

**۱۰ - ۹ - ۳ تحلیل خطی با باز پخش محدود**

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

در قاب‌های مهار نشده استفاده از این روش به شرطی مجاز است که ضریب لاغری ستون‌ها از ۲۵ کمتر بوده و مقادیر  $r$  یا  $(r' - r)$  نیز از  $0/7$  کمتر باقی بمانند.

الف) مقادیر لنگرهای خمشی منفی محاسبه شده در تکیه‌گاه‌های سیستم قاب خمشی را می‌توان حداقل به اندازه  $\% \left( \frac{r - r'}{r_b} - 1 \right) = R$  کاهش یا افزایش داد

**مبحث نهم**

مشروط بر آنکه مقادیر لنگر در سایر مقاطع نیز با توجه به شرایط متقابن بارها تغییر داده شوند.

ب) در قاب‌های مهارنشده حداکثر بازپخش به میزان  $R = 10 \left( 1 - 0.7 \frac{\rho - \rho'}{\rho_b} \right) \%$  محدود می‌شود.

**۹ - ۱۰ - ۶ - ۴ تحلیل غیرخطی**

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

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

**۹ - ۱۰ - ۶ - ۵ تحلیل پلاستیک**

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

**۹ - ۱۰ - ۷ - مشخصات مصالح**

**۹ - ۱۰ - ۷ - ۱** در تحلیل خطی مقدار  $E_c$  در بتن معمولی با وزن مخصوص ۲۳ تا ۲۵ کیلونیوتن بر مترمکعب و مقاومت فشاری مشخصه  $20 \text{ MPa}$  تا  $40 \text{ MPa}$  می‌توان از رابطه  $(1 - 10 - 9)$  استفاده نمود.

$$E_c = 5000 \sqrt{f_c} \quad (1 - 10 - 9)$$

**۱۰ - ۹ اصول تحلیل و طراحی**

در تحلیل غیرخطی لازم است  $E_s$  برای بارهای کوتاه‌مدت و درازمدت با توجه به اثر تغییر‌شکل‌های درازمدت بتن محاسبه و منظور گردد.

**۱۰ - ۷ - ۲** در تحلیل خطی مقدار  $E_s$  برابر با  $200000$  مگاپاسکال منظور می‌شود.

**۱۰ - ۷ - ۳** ضریب انبساط حرارتی بتن معادل  $C = 10^{-5}$  در نظر گرفته می‌شود.

**۱۰ - ۷ - ۴** ضریب پواسون بتن و فولاد را می‌توان به ترتیب برابر با  $0.15$  و  $0.3$  در نظر گرفت.

**۱۰ - ۷ - ۵** فقط بتن‌های رد  $C 20$  و بالاتر را می‌توان به عنوان مبنای طراحی در نظر گرفت.

**۱۰ - ۷ - ۶** برای بتن با رد  $C 50$  بالاتر از  $50$  باید علاوه بر مقررات این مبحث ضوابط ویژه دیگری نیز منظور شود.

**۱۰ - ۷ - ۷** رد  $C$  میلگردهای به کار برده در قاب‌ها و اجزای لبه‌ای دیوارهای مقاوم در برابر زلزله و همچنین فولادهای دورپیچ ستون‌ها و فولادهای عرضی پیچشی و برشی و برش اصطکاکی باید بالاتر از رد  $S 400$  باشند.

**۱۰ - ۷ - ۸** استفاده از میلگردهای ساده به عنوان میلگرد سازه‌ای فقط در دور پیچ‌ها مجاز می‌باشد.

**مبحث نهم****۹ - ۱۰ - ۸ - مشخصات هندسی**

**۹ - ۱۰ - ۸ - ۱** طول دهانه موثر برای اعضای غیریکپارچه با تکیهگاه معادل کمترین مقدار بین «فاصله محور به محور تکیهگاه» و «طول آزاد به علاوه 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** طول دهانه آزاد بر تکیهگاهها در امتدادی که لنگرها برای آن محاسبه می‌شوند منظور می‌گردد.

**۹ - ۱۰ - ۸ - ۳** ابعاد درنظر گرفته شده هر عضو در تحلیل سازه نبایستی با ابعاد ارائه شده در نقشه‌های اجرایی بیش از ۵٪ اختلاف داشته باشد.

**۹ - ۱۰ - ۸ - ۴ - اثر ترک خوردگی**

در تحلیل سازه باید سختی خمشی و پیچشی اعضای ترک خورده به نحو مناسب محاسبه و منظور گردد. اثر ترک خوردگی با توجه به تغییر شکل‌های محوری و خمشی و آثار دراز مدت باید محاسبه شود. در غیاب محاسبات دقیق برای منظور کردن اثر ترک خوردگی می‌توان:

- در قاب‌های مهارشده سختی تیرها و ستون‌ها را به ترتیب معادل  $0.35/0.7$  برابر سختی مقطع ترک نخورده آنها منظور نمود.
- در قاب‌های مهارشده سختی تیرها و ستون‌ها را به ترتیب معادل  $0.5/0.1$  برابر سختی مقطع ترک‌نخورده آنها منظور نمود.

**۱۰ - ۹ اصول تحلیل و طراحی**

سختی دیوارها را در صورتی که ترک خورده باشند  $0/35$  و در غیر این صورت  $0/7$  سختی مقطع کل منظور نمود.

**۱۰ - ۹ - ۱ بارگذاری****۱۰ - ۹ - ۱ - ۱ بارهای مؤثر 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
- پ) بارهای جوی، مانند باد و برف
- ت) بارهای استثنائی، مانند زلزله، حریق و برخورد وسایل نقلیه به ستون‌ها و پایه‌ها
- ث) بارهای حرارتی، جمع‌شدگی و وارفتگی بتن و نشست تکیه‌گاهی

**۱۰ - ۹ - ۲ مشخصات و میزان بارهای وارد بر سازه براساس مبحث ششم**  
مقررات ملی ساختمان تعیین می‌شوند.**۱۰ - ۹ - ۳ - ۱ بارهای وارد با توجه به احتمال همزمان بودن با یکدیگر ترکیب شده و در طراحی هر عضو نامساعدترین وضعیت‌های احتمالی بارگذاری به کار گرفته می‌شوند.****۱۰ - ۹ - 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 برقرار باشد.

$$S_r \geq S_u$$

**مبحث نهم**

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

**۱۰ - ۹ - ۱ - نیروی مقاوم  $S_r$** 

۱۰ - ۹ - 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 یا کشش، پیچش و آثار مربوط به لاغری و پیوستگی و مهاری باید در نظر گرفته شود.

۱۰ - ۹ - ۱ - ۲ - برای محاسبه نیروی مقاوم  $S_r$  ، مقادیر مقاومت‌های مشخصه بتن و فولاد در ضرایب ایمنی جزیی به شرح (الف) تا (ج) این بند، ضرب می‌شوند:

(الف) ضریب ایمنی جزیی مقاومت بتن در قطعات در جا  $\phi_c = 0.65$

(ب) ضریب ایمنی جزیی مقاومت بتن در قطعات پیش ساخته  $\phi_c = 0.7$

(ج) ضریب ایمنی جزیی مقاومت فولاد  $\phi_s = 0.85$   
در موارد استثنائی مقادیر  $\phi$  برای هر حالت ارائه شده‌اند.

تبصره: در شرایطی که در یک عضو حاشیه ایمنی بیشتری مورد نیاز باشد یک ضریب ایمنی مکمل  $\phi_n$  نیز بر مقاومت نهایی مقطع اعمال می‌گردد.

**۱۰ - ۹ - ۲ - نیروهای ایجاد شده در مقطع در حالت حدی نهایی ( $S_u$ )**

نیروهای ایجاد شده در مقطع در حالت حدی نهایی ( $S_u$ ) شامل نیروهای محوری، لنگرهای خمشی و پیچشی و نیروهای برشی باید با توجه به تحلیل سازه تحت ترکیبات

**۱۰ - ۹ اصول تحلیل و طراحی**

مختلف بارهای نهایی محاسبه شوند. برای تعیین بارهای نهایی، مقادیر بارها مطابق جدول ۹ - ۱ در ضرایب بار ضرب شده و با هم ترکیب می‌شوند.

**جدول ۹ - ۱ - ترکیبات بارگذاری در حالت حدی نهایی**

ترکیب بار	شرایط
$1/25D + 1/5L$	ترکیب نهایی مینا (تبصره ۱)
$D + 1/2L + 1/2E$ $.85D + 1/2E$	ترکیب بارهای دائمی، بهره‌برداری و اثر زلزله (تبصره ۲)
$1/25D + 1/5L + 1/5H$ $.85D + 1/5L$	ترکیب بارهای دائمی، بهره‌برداری و فشار خاک یا آب (تبصره ۳)
$D + 1/2L + T$ $1/25D + 1/5T$	ترکیب بارهای دائمی، بهره‌برداری و آثار حرارتی، جمع‌شدگی و وارفتگی بتن و نشت تکیه‌گاهها

**تبصره ۱:** در شرایطی که اثر بار زنده در هر یک از ترکیبات بارگذاری کاهش‌دهنده است، این آثار معادل صفر منظور می‌گردد.

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

**تبصره ۳:** در مورد فشار مایعات در صورتی که وزن مخصوص مایع مشخص و حداقل ارتفاع آن نیز قابل کنترل باشد مقدار H با F جایگزین شده و ضریب  $1/5$  نیز با  $1/25$  جایگزین می‌گردد.

**۱۰ - ۱۱ - کنترل در حالت حدی بهره‌برداری**

کنترل اعضاي مختلف سازه‌اي در دو حالت حدی تغييرشكلي و ترك خوردگي، براساس مطالب مندرج در فصل چهاردهم تحت اثر ترکیبات بار حالت حدی بهره‌برداری انجام می‌شود.

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



## ۱۱ - ۹ خمس و بارهای محوری

### ۱۱ - ۹ - علایم اختصاری

$A_c$  = مساحت هسته عضو فشاری با آماتور دورپیچ که بر اساس قطر بیرونی دورپیچ

محاسبه می‌شود، میلی‌متر مربع

$A_e$  = مساحت مقطع مؤثر (در مقطع مستطیل شکل  $A_e = bd$ )، میلی‌متر مربع

$A_g$  = مساحت کل مقطع، میلی‌متر مربع

$A_s$  = سطح مقطع آرماتور کششی، میلی‌متر مربع

$A_{st}$  = سطح مقطع کل آرماتور طولی، میلی‌متر مربع

$A_1$  = سطحی از عضو که در تماس با تکیه‌گاه به صورت اتکایی انتقال بار می‌نماید،

میلی‌متر مربع

$A_2$  = مساحت تکیه‌گاه، میلی‌متر مربع

$b$  = پهنای بال فشاری، میلی‌متر

بحث نهم

$b_w$  = پهنای جان تیر T شکل، میلی‌متر

$d$  = فاصله دورترین تار فشاری تا مرکز سطح آرماتور کششی طولی، میلی‌متر

$E_s$  = ضریب ارتجاعی فولاد، مگاپاسکال

$f_c$  = مقاومت فشاری مشخصه بتن، مگاپاسکال

$f_y$  = مقاومت مشخصه فولاد ( $f_{yk}$ )، مگاپاسکال، که برای تسهیل کار در این فصل حرف k در زیرنویس حذف شده است.

$M_r$  = لنگر خمشی مقاوم، نیوتن - میلی‌متر

$M_u$  = لنگر خمشی نهایی، نیوتن - میلی‌متر

$N_{rb}$  = نیروی محوری مقاوم نظیر مقطع متعادل، نیوتن

$N_{r,max}$  = حداقل 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

$\alpha_1$  = ضریب تنش معادل یکنواخت در بلوک فشاری مقطع

$\beta_1$  = ضریب تقلیل مقدار x برای استفاده از تنش معادل یکنواخت

$\varepsilon_s$  = تغییر شکل نسبی فولاد

$\rho = \frac{A_s}{A_e}$  = نسبت سطح مقطع آرماتور کششی به سطح مقطع موثر

$\rho_s$  = نسبت حجم آرماتور دورپیچ به حجم کل هسته (براساس قطر بیرونی دورپیچ) در عضو فشاری با آرماتور دورپیچ

$\phi_c$  = ضریب جزیی ایمنی بتن

$\phi_s$  = ضریب جزیی ایمنی فولاد

**۱۱-۹ خمش و بارهای محوری****۱-۱-۹ گستره**

**۱-۱-۱-۹** ضوابط این فصل باید برای طراحی قطعات میله‌ای تحت اثر خمش یا نیروی محوری و یا اثر توأم آنها، در حالت حدی نهایی مقاومت و برای طراحی قطعات دیگری مانند دیوارها و دالها و پی‌ها در صورتی که در فصول دیگر به این فصل ارجاع شده باشد، رعایت شوند.

**۱-۱-۱-۹-۲** در طراحی قطعات میله‌ای تحت اثر توأم 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 تأثیر آنها در طراحی، در فصل سیزدهم توضیح داده شده‌اند.

**۱-۱-۱-۹-۳** در طراحی قطعات میله‌ای تحت اثر خمش یا نیروی محوری و یا اثر توأم 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 هجدهم باید رعایت شوند.

**۱-۱-۱-۹-۴** در این مبحث برای طراحی قطعات میله‌ای تحت اثر توأم 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.

مبحث نهم**۹ - ۱۱ - ۲ - حالت حدی نهايی مقاومت در خمش و نيروي محوري**

**۹ - ۱۱ - ۲ - ۱** در مقاطع تحت اثر خمش خالص یا نيروي محوري خالص، کنترل حالت حدی نهايی مقاومت براساس روابط زير صورت میگيرد:

$$M_u \leq M_r \quad \text{تحت اثر خمش خالص} \quad (1 - ۱۱ - ۹)$$

$$N_u \leq N_r \quad \text{تحت اثر نيروي محوري خالص} \quad (2 - ۱۱ - ۹)$$

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

**۹ - ۱۱ - ۲ - ۲** در مقاطع تحت اثر توأم نيروي محوري و لنگر خمشی، کنترل حالت حد نهايی مقاومت، بهگونه‌ای است که نقطه متناظر با  $M_u$  و  $N_u$  که از هر یک از ترکيب‌های بارگذاري مختلف طبق جدول ۹ - ۱۰ - ۱ به دست می‌آيد، خارج از سطح محصور بين منحنی اندرکنش ( $M_r$  و  $N_r$ ) و محورهای نظير آنها قرار نگيرد.

**۹ - ۱۱ - ۲ - ۳ - مقادير  $M_r$  و  $N_r$  نظير هم**، براساس فرضيات داده شده در بند ۹ - ۱۱ - ۳ و با رعایت شرایط تعادل نيروها و سازگاري هندسي تغيير شکل‌های نسبی در مقطع به دست می‌آيند.

**۹ - ۱۱ - ۲ - ۴ - منحنی اندرکنش**، مكان هندسي نقاطی است که مختصات آنها مقادير  $M_r$  و  $N_r$  نظير در يك مقطع از عضو می‌باشد.

**۱۱ - ۹ خمش و بارهای محوری****۱۱ - ۳ - ۳ فرضیات طراحی مقطع**

**۱۱ - ۳ - ۱** در هر مقطع توزیع تغییرشکل‌های نسبی فولاد و بتن در ارتفاع مقطع، خطی در نظر گرفته می‌شود. این فرض در مقاطع خمشی با ارتفاع زیاد، تیرهای عمیق، که شامل تیرهای با نسبت ارتفاع مقطع به دهانه آزاد بزرگتر از  $\frac{1}{6}$  می‌باشد، مورد قبول نیست.

در این گونه مقاطع توزیع تغییرشکل‌های نسبی مذکور غیرخطی منظور می‌گردد.

**۱۱ - ۳ - ۲** حداکثر تغییرشکل نسبی بتن در دورترین تار فشاری مقدار  $35/00\%$  در نظر گرفته می‌شود.

**۱۱ - ۳ - ۳** تنش فولاد برای تغییرشکل‌های نسبی کوچکتر از مقدار نظیر جاری شدن،  $\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$ ، باید برابر با  $E_s \epsilon_y$  و برای تغییرشکل‌های نسبی بزرگتر از مقدار نظیر جاری شدن باید مستقل از تغییرشکل نسبی و برابر با  $f_y / \phi_s$  در نظر گرفته شود.

**۱۱ - ۳ - ۴** در طراحی مقاطع اعضا تحت خمش و یا نیروی محوری کششی، از مقاومت کششی بتن صرف نظر می‌شود.

**۱۱ - ۳ - ۵** نمودار تنش فشاری بتن بر حسب تغییرشکل 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.

**مبحث نهم**

**۹ - ۱۱ - ۳ - ۶** ضوابط بند ۹ - ۱۱ - ۳ - ۵ را می‌توان به‌وسیله یک توزیع تنش یکنواخت عمود بر مقطع با مقدار  $\alpha_1 f_c$  که سطح تأثیر آن، سطح محدود شده در ناحیه فشاری مقطع بین کناره‌های مقطع و خطی بهموزات محور خنثی به فاصله  $\beta_1 x$  از دورترین تار فشاری می‌باشد، معادل نمود. ضرایب  $\alpha_1$  و  $\beta_1$  وابسته به مقدار  $f_c$  مطابق رابطه (۹ - ۱۱ - ۳) به‌دست می‌آینند:

$$\alpha_1 = 0.85 - 0.0015f_c \quad (9 - 11 - 9)$$

$$\beta_1 = 0.97 - 0.0025f_c$$

**۹ - ۱۱ - ۴ - ۴** ضوابط کلی طراحی

**۹ - ۱۱ - ۴ - ۱** مقطع متعادل مقطعي است که در حالت حدی نهايی مقاومت، تغيير شكل نسبی آرماتور کششی در آستانه رسیدن به تغيير شكل نسبی جاري شدن قرار گرفته و همزمان ، تغيير شكل نسبی بتن فشاری به مقدار نهايی مفروض در بند ۹ - ۱۱ - ۳ - ۲ برسد.

**۹ - ۱۱ - ۴ - ۲** در قطعات تحت خمش برای تأمین مقاومت می‌توان از آرماتور فشاری همراه با آرماتور کششی استفاده نمود، مشروط بر آنکه رابطه (۹ - ۱۱ - ۵) و (۹ - ۱۱ - ۶) برقرار باشد.

**۹ - ۱۱ - ۴ - ۳** در قطعات ميله‌اي تحت اثر فشار محوري، حداکثر نيروي محوري مقاوم، در صورت استفاده از تنگ‌های موازي به ۸۰ درصد و در صورت استفاده از دورپیچ، به ۸۵ درصد مقداری که براساس فرضيات بند ۹ - ۱۱ - ۳ به‌دست می‌آيد، محدود می‌گردد. در صورت استفاده از فرضيات بند ۹ - ۱۱ - ۳ - ۶ اين نيرو برابر يكى از دو مقدار رابطه (۹ - ۱۱ - ۴) خواهد بود.

**۱۱ - ۹ خمش و بارهای محوری**

$$N_{r\max} = \alpha_1 \phi_c f_c (A_g - A_{st}) + \phi_s f_y A_{st} \quad \text{در صورت استفاده از تنگ های موازی}$$

(۴ - ۱۱ - ۹)

$$N_{r\max} = \alpha_1 \phi_c f_c (A_g - A_{st}) + \phi_s f_y A_{st} \quad \text{در صورت استفاده از دورپیچ}$$

**۱۱ - ۹ - ۴** در قطعات میله‌ای تحت اثر توأم فشار محوری و خمش، نیروی محوری مقاوم هر مقطع، در هر حالت باید بیشتر از مقدار بهدهست آمده از بند ۹ - ۱۱ - ۳ در نظر گرفته شود.

**۱۱ - ۹ - ۵ محدودیت‌های آرماتورها در قطعات خمشی****۱۱ - ۹ - ۶ حداقل مقدار آرماتور کششی**

در قطعات میله‌ای تحت خمش و یا تحت خمش و نیروی محوری فشاری توأم که در آنها نیروی محوری کمتر از هر دو مقدار  $N_{rb} = 15 \phi_c f_c A_g / 10$  و  $A_s$  باشد باید به گونه‌ای باشد که روابط (۱۱ - ۹ - ۵) و (۱۱ - ۹ - ۶) برقرار گردد:

$$\frac{x}{d} \leq \frac{700}{700 + f_y} \quad (۵ - ۱۱ - ۹)$$

$$\rho \leq 0.025 \quad (۶ - ۱۱ - ۹)$$

مبحث نهم**۲-۵-۱۱-۹ حدائق مقدار آرماتور کششی**

۱-۲-۵-۱۱-۹ در هر مقطع از قطعات میله‌ای تحت خمش (به جز موارد مندرج در بند ۹-۱۱-۲-۵-۳) مقدار آرماتور به کار رفته در مقطع،  $A_s$ ، باید به گونه‌ای باشد که رابطه (۹-۱۱-۷) برقرار باشد:

$$p \geq \max\left(\frac{1/4}{f_y}, \frac{0.25\sqrt{f_c}}{f_y}\right) \quad (7-11-9)$$

۲-۵-۱۱-۹ در تیرهای با مقطع T شکل و تیرچه‌هایی که در آنها جان مقطع در کشش قرار دارد، به دست آمده از بند ۹-۱۱-۲-۵-۱ متناظر با سطح مقطع مؤثر  $A_e = b_w d$  می‌باشد. در اعضای معین استاتیکی با مقطع T شکل که بال مقطع در کشش می‌باشد مقدار بدست آمده از بند ۹-۱۱-۲-۵-۱ متناظر با سطح مقطع مؤثر،  $A_e$ ، که براساس جایگزینی  $b$  با کمترین دو مقدار  $2b_w$  و عرض بال، محاسبه شده باشد، خواهد بود.

۳-۵-۱۱-۹ در صورتی که سطح مقطع فولاد کششی محاسبه شده با فرضیات بند ۹-۱۱-۳ کمتر از مقادیر حاصل از بند ۹-۱۱-۵-۱ و ۹-۱۱-۵-۲ باشد، در همه حالات شکل‌پذیری، قرار دادن  $1/33$  برابر مقدار حاصل از محاسبه به عنوان فولاد کششی مقطع کافی می‌باشد.

**۳-۵-۱۱-۹ توزیع آرماتور خمشی**

۱-۳-۵-۱۱-۹ در تیرها توزیع آرماتور خمشی باید براساس ضوابط مربوط به ترک خوردگی مطابق فصل چهاردهم و بند ۹-۱۱-۱۱ صورت گیرد.

**۱۱-۹ خمش و بارهای محوری****۱۱-۶ ضوابط تیرهای T شکل و تیرچه‌های بتنی****۱۱-۶-۱ تیرهای T شکل**

**۱۱-۶-۱-۱** در ساخت تیرهای T شکل، جان و بال باید به صورت یکپارچه ساخته شوند، در غیراینصورت پیوستگی بین جان و بال باید به نحوی مناسب تأمین شود.

**۱۱-۶-۱-۲** عرضی از دال که به طور مؤثر به عنوان بال تیر عمل می‌کند باید 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 مؤثر بال تیر میانی در هر طرف جان تیر نیز باید بیشتر از دو مقدار (الف) و (ب) این بند، اختیار گردد:

(الف) هشت برابر ضخامت دال

(ب) نصف فاصله آزاد تا جان تیرهای مجاور

**۱۱-۶-۱-۳** عرض مؤثر بال تیر کناری از برجان، در تیرهایی که دال فقط در یک طرف جان آنها قرار دارد، باید بیشتر از سه مقدار (الف) تا (پ) این بند، اختیار شود:

(الف) یک دوازدهم طول دهانه آزاد تیر

(ب) شش برابر ضخامت دال

(پ) نصف فاصله آزاد تا جان تیر مجاور

**۱۱-۶-۱-۴** در تیرهای T شکل مجزا که از بال آنها برای تأمین سطح فشاری اضافی استفاده می‌شود، ضخامت بال باید کمتر از نصف عرض جان تیر باشد. در این تیرها عرض مؤثر بال باید بیشتر از چهار برابر عرض جان تیر اختیار شود.

**مبحث نهم**

**۹ - ۱ - ۶ - ۵** در مواردی که میلگردهای اصلی خمینی در دالی که به عنوان بال تیر T در نظر گرفته شده است موازی تیر باشند، میلگردهایی عمود بر تیر باید مطابق ضوابط (الف) و (ب) این بند، در دال قرار داده شود. سیستم تیرچه‌های بتنی که مشمول مقررات بند ۹ - ۶ - ۲ هستند از این ضابطه مستثنی می‌باشند.

(الف) میلگردهای عرضی عمود بر تیر باید برای تحمل بارهای نهایی وارد بر بال و با فرض عملکرد طرهای دال طراحی شوند. در تیرهای T شکل مجزا تمام عرض بال طرهای و در سایر تیرها عرض مؤثر بال در این طراحی منظور می‌شوند.

(ب) فاصله میلگردهای عرضی عمود بر تیر نباید از پنج برابر ضخامت دال و نه از ۳۵۰ میلی‌متر بیشتر اختیار شود.

**۹ - ۶ - ۲ - ۲ ضوابط مربوط به سیستم تیرچه‌های بتنی**

**۹ - ۶ - ۲ - ۱** سیستم تیرچه‌های بتنی، مرکب از تیرچه‌های با فوائل تقریباً مساوی در یک امتداد و یا دو امتداد عمود بر هم و یک دال فوقانی، که در آنها محدودیت‌های زیر رعایت شده باشند، می‌توانند به صورت مجموعه طبق ضوابط دال‌ها طراحی شوند:

(الف) عرض تیرچه نباید کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر و ارتفاع کل آنها نباید بیشتر از سه و نیم برابر حداقل عرض آنها باشد.

(ب) فاصله آزاد بین تیرچه‌ها نباید بیشتر از ۷۵۰ میلی‌متر باشد.

**۹ - ۶ - ۲ - ۲** سیستم تیرچه‌های بتنی که مشمول ضوابط بند ۹ - ۶ - ۱ شوند باید به صورت سیستم تیر و دال طراحی شود.

**۱۱-۹ خمش و بارهای محوری**

**۱۱-۶-۲-۳** در سیستم‌هایی که از اجزای پرکننده دائمی، مانند بلوک‌های سفالی و یا بلوک‌های بتی، 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 خمی منفی تیرچه‌ها استفاده کرد. از مقاومت سایر قسمت‌های اجزای پرکننده در مقاومت سیستم صرف نظر می‌شود. در این سیستم‌ها محدودیت‌های (الف) و (ب) این بند باید رعایت شوند:

(الف) ضخامت دال روی اجزای پرکننده نباید از یک دوازدهم فاصله آزاد بین تیرچه‌ها و نه از ۴۰ میلیمتر کمتر اختیار شود.

(ب) در سیستم تیرچه‌های یک‌طرفه باید در دال فوقانی میلگردهایی عمود بر امتداد تیرچه‌ها و مطابق بند ۹ - ۱۵ - ۴ قرار داد. در سیستم تیرچه‌های دو طرفه باید در دال فوقانی میلگردهایی در دو امتداد عمود بر هم و مطابق بند ۹ - ۱۵ - ۴ پیش‌بینی کرد.

**۱۱-۶-۴** در سیستم‌هایی که از قالب موقت استفاده می‌شود و یا اجزای پرکننده مشمول ضابطه بند ۹ - ۱۱ - ۶ - ۲ - ۳ نمی‌شوند، محدودیت‌های زیر باید رعایت شوند:

(الف) ضخامت دال فوقانی نباید از یک دوازدهم فاصله آزاد بین تیرچه‌ها و نه از ۵۰ میلی‌متر کمتر اختیار شود.

(ب) در دال فوقانی باید میلگردهایی عمود بر تیرچه‌ها که براساس ضوابط مربوط به خمس و با در نظر گرفتن بارهای متتمرکز، در صورت موجود بودن، طراحی شده‌اند، پیش‌بینی کرد. مقدار این آرماتورها نباید کمتر از مقدار مندرج در بند ۹ - ۱۵ - ۴ اختیار شود.

**مبحث نهم**

**۹ - ۱۱ - ۶ - ۵** مقاومت برشی تأمین شده توسط بتن در تیرچه‌ها را می‌توان به اندازه دهدارصد 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 انجام می‌شود، فاصله تکیه‌گاه‌های جانبی تیرها باید براساس بند ۹ - ۷ - ۲ - ۷ - ۲ بگونه‌ای در نظر گرفته شوند که از کمانش جانبی آنها جلوگیری نمایند.

**۹ - ۱۱ - ۷ - ۲** برای تیرها، فاصله تکیه‌گاه‌های جانبی باید از  $50$  برابر عرض وجه فشاری تیر و  $\frac{b}{d}$  بیشتر باشد. این فاصله در مورد تیرهای طره باید به نصف تقلیل یابد.

**۹ - ۱۱ - ۸ ابعاد طراحی برای قطعات فشاری**

**۹ - ۱۱ - ۸ - ۱** پس از تحلیل سازه و تعیین مقادیر نیروهای مؤثر در طراحی که به ازای سختی نظیر مقطع ترک‌خورده قطعات انجام می‌پذیرد، برای طراحی قطعات میله‌ای و تعیین مقدار آرماتور فشاری می‌توان محدودیت‌های بندهای ۹ - ۱۱ - ۸ - ۲ و ۹ - ۱۱ - ۳ - ۸ را مورد استفاده قرار داد.

**۹ - ۱۱ - ۸ - ۲** در صورتی که قطعه میله‌ای فشاری با دورپیچ یا تنگ، با یک دیوار یا پایه به صورت یکپارچه ساخته شود، حداکثر  $40$  میلی‌متر خارج از دورپیچ یا تنگ‌ها را می‌توان جزء محدوده مقطع مؤثر قطعه فشاری فرض کرد.

**۱۱ - ۹ خمش و بارهای محوری**

**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 مؤثر کاهش یافته‌ای که برابر با سطح مقطع لازم برای تحمل بارهای موردنظر می‌باشد در نظر گرفت. این سطح مقطع نباید از نصف سطح مقطع کل کوچکتر باشد.

**۱۱ - ۹ - ۹ محدودیت‌های آرماتورها در قطعات فشاری (ستون‌ها)**

**۱۱ - ۹ - ۱** در قطعات فشاری سطح مقطع آرماتور طولی نباید کمتر از ۰/۰۱ و بیشتر از ۰/۰۶ سطح مقطع کل باشد. محدودیت مقدار حداکثر باید در محل وصله‌های پوششی میلگردها نیز رعایت شود. در صورت استفاده از فولاد S۴۰۰ در آرماتورهای طولی مقدار حداکثر در خارج از محل وصله‌ها به ۰/۰۴۵ سطح مقطع کل محدود می‌گردد.

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

- الف) میلگردهای داخل تنگ‌های مدور یا مستطیلی، چهار عدد
- ب) میلگردهای داخل تنگ‌های مثلثی، سه عدد
- پ) میلگردهای داخل دورپیچ، شش عدد، مطابق بند ۹ - ۱۱ - ۹ - ۳.

**۱۱ - ۹ - ۳ دورپیچ‌ها**

در طراحی دورپیچ‌های اعضای فشاری علاوه بر مراعات ضوابط فصل هجدهم باید ضوابط زیر را هم در نظر گرفت:

بحث نهم

**۱ - ۳ - ۹ - ۱۱ - ۹** دورپیچ باید از میلگرد پیوسته ساخته شود و روش ساخت آنها طوری باشد که جابه‌جایی و نصب آنها بدون اعوجاج و تغییر ابعاد میسر باشد.

**۲ - ۳ - ۹ - ۱۱ - ۹** قطر میلگردهای مصرفی در دورپیچ نباید از ۶ میلیمتر کمتر باشد.

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

**۴ - ۳ - ۹ - ۱۱ - ۹** گام دورپیچ نباید از  $\frac{1}{4}$  قطر هسته بتنی داخل دورپیچ تجاوز کند.

**۵ - ۳ - ۹ - ۱۱ - ۹** در هر طبقه، دورپیچ باید از روی پی یا دال تا تراز پایین‌ترین میلگردهای طبقه فوکانی ادامه یابد.

**۶ - ۳ - ۹ - ۱۱ - ۹** در صورتی که تیرها یا دستک‌هایی از همه طرف به ستون اتصال نداشته باشد، باید از محل توقف دورپیچ تا کف دال یا کتیبه سر ستون تعدادی خاموت قرار داد.

**۷ - ۳ - ۹ - ۱۱ - ۹** در ستون‌های قارچی با سر ستون، دورپیچ باید تا ارتفاعی ادامه یابد که در آن قطر یا پهنهای سر ستون دو برابر قطر یا پهنهای ستون باشد.

**۸ - ۳ - ۹ - ۱۱ - ۹** دورپیچ باید با فاصله نگهدارهای مناسب در جای خود تنظیم و تثبیت شود.

**۱۱-۹ خمش و بارهای محوری**

**۹ - ۱۱ - ۳ - ۹** در صورتی که قطر میلگرد دورپیچ کمتر از ۱۶ میلی‌متر باشد، تعداد فاصله‌نگهدارها نباید کمتر از مقادیر (الف) تا (پ) این بند، اختیار شود:

- الف) دو عدد برای دورپیچ با قطر کمتر از ۵۰۰ میلی‌متر
- ب) سه عدد برای دورپیچ با قطر ۵۰۰ تا ۷۵۰ میلی‌متر
- پ) چهار عدد برای دورپیچ با قطر بیشتر از ۷۵۰ میلی‌متر

**۹ - ۱۱ - ۳ - ۱۰ - ۹** در صورتی که قطر میلگرد دورپیچ کمتر از ۱۶ میلی‌متر نباشد، تعداد فاصله‌نگهدارها نباید کمتر از مقادیر (الف) و (ب) این بند، اختیار شود:

- الف) سه عدد برای دورپیچ با قطر مساوی یا کمتر از ۶۰۰ میلی‌متر
- ب) چهار عدد برای دورپیچ با قطر بیشتر از ۶۰۰ میلی‌متر

**۹ - ۱۱ - ۳ - ۱۱** مهار کردن دورپیچ با  $1/5$  دور پیچیدن اضافی میلگرد در انتهای قطعه تأمین می‌شود.

**۹ - ۱۱ - ۳ - ۱۲** نسبت حجمی آرماتور دورپیچ به حجم کل هسته،  $\rho_s$ ، نباید از مقدار زیر کمتر باشد:

$$\rho_s = 0.45 \left( \frac{A_g}{A_c} - 1 \right) \frac{f_c}{f_y} \quad (9 - 11 - 6)$$

مبحث نهم**۹ - ۱۰ - ۱۱ - مقاومت اتكایی**

**۹ - ۱۰ - ۱۱ - ۱** مقاومت اتكایی نهایی روی بتن، به استثنای موارد مذکور در بندهای ۹ - ۱۱ - ۱ - ۲ و ۹ - ۱۱ - ۳ نباید بزرگتر از  $\phi_c f_c A_1 / 85$  در نظر گرفته شود.

**۹ - ۱۰ - ۱۱ - ۲** در صورتی که ابعاد تکیه‌گاه در هر امتداد در صفحه تماس بزرگتر از ابعاد سطحی از عضو باشد که به صورت اتكایی انتقال بار می‌نماید، مقاومت اتكایی 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 - ۱۰ - ۱۱ - 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 شب سطح جانبی  $1:2$  (قائم به افقی) در نظر گرفته می‌شود.

**۹ - ۱۱ - محدودیت‌های فولادگذاری جهت اعضای خمشی یا****فشاری****۹ - ۱۱ - ۱ - محدودیت‌های فاصله میلگردها**

**۹ - ۱۱ - ۱ - ۱ - ۱** فاصله آزاد بین هر دو میلگرد موازی واقع در یک سفره نباید از هیچ‌یک از مقادیر (الف) تا (پ) این بند کمتر باشد:

**۱۱-۹ خمش و بارهای محوری**

الف) قطر میلگرد بزرگتر

ب) ۲۵ میلی‌متر

پ)  $1/33$  برابر قطر اسمی بزرگترین سنگدانه بتن

**۱۱-۱-۱-۲** در اعضای تحت فشار و خمش فاصله محور تا محور میلگردهای طولی از یکدیگر، نباید بیشتر از ۲۰۰ میلی‌متر باشد.

**۱۱-۱-۱-۳** در صورتی که میلگردهای موازی در چند سفره قرار گیرند، میلگردهای سفره فوقانی باید طوری بالای میلگردهای سفره تحتانی واقع شوند که معتبر بتن تنگ نشود، فاصله آزاد بین هر دو سفره نباید از ۲۵ میلی‌متر و نه از قطر بزرگترین میلگرد کمتر باشد.

**۱۱-۱-۱-۴** در اعضای فشاری با خاموت‌های بسته یا دورپیچ، فاصله آزاد بین هر دو میلگرد طولی نباید از  $1/5$  برابر قطر بزرگترین میلگرد و نه از ۴۰ میلی‌متر، کمتر باشد.

**۱۱-۱-۱-۵** فاصله مجاز بین میلگردها در محل وصله‌های پوششی در بند **۱۸-۹-۴-۱-۵** ارائه شده است.

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

بحث نهم**۹ - ۱۱ - ۱۱ - ۲ - گروه میلگردهای در تماس**

۹ - ۱۱ - ۱۱ - ۲ - در استفاده از گروه میلگردهای موازی که در آنها میلگردها در تماس با هم بسته می‌شوند تا به صورت واحد عمل کنند، ضوابط (الف) تا (ج) این بند، باید رعایت شوند:

(الف) تعداد میلگردهای هر گروه برای گروه‌های قائم تحت فشار نباید از ۴ عدد، و در سایر موارد از ۳ عدد تجاوز کند.

(ب) در تمامی موارد تعداد میلگردهای هر گروه در محل وصله‌ها نباید بیشتر از ۴ باشد.

(پ) در گروه میلگردها با بیش از دو میلگرد، نباید محورهای تمامی میلگردها در یک صفحه واقع شوند. همینطور تعداد میلگردهایی که محورهای آنها در یک صفحه واقع می‌شوند جز در محل وصله‌ها نباید بیشتر از دو باشد.

(ت) در تیرها نباید میلگردها با قطر بزرگتر از ۳۶ میلی‌متر را به صورت گروهی به کار برد.

(ث) گروه‌های میلگردهای در تماس باید در خاموت‌های بسته یا دورپیچ محصور شوند.

(ج) در مواردی نظیر تعیین محدودیت‌های فاصله و حداقل ضخامت پوشش بتن محافظه، که قطر میلگردها مبنای محاسبه قرار می‌گیرد، قطر گروه میلگردهای در تماس معادل قطر میلگردی فرض می‌شود که 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 موردنظر خواهد بود.

**۹ - ۱۱ - ۱۱ - ۳ - میلگردهای انتظار خم شده**

۹ - ۱۱ - ۱۱ - ۳ - ۱ - شیب قسمت مایل میلگردهای خم شده نسبت به محور ستون نباید از ۱ به ۶ تجاوز کند. قسمت‌های فوقانی و تحتانی قسمت مایل باید موازی با محور ستون باشند.

**۱۱ - ۹ خمش و بارهای محوری**

میلگردهای انتظار باید در محل خم با خاموت‌ها، دورپیچ‌ها و یا قسمت‌هایی از سیستم سازه‌ای کف مهار شوند. مهار مذکور باید برای تحمل نیرویی معادل  $1/5$  برابر مولفه نیروی محاسباتی قسمت مایل در امتداد مهار، طرح شود. در صورت استفاده از خاموت‌ها یا دورپیچ فاصله آنها تا نقاط خم شده نباید از  $50$  میلی‌متر بیشتر باشد.

**۹ - ۱۱ - ۱۱ - ۲ - ۳** خم کردن میلگردهای انتظار باید قبل از جاگذاری میلگردها انجام پذیرد.

**۹ - ۱۱ - ۱۱ - ۳ - ۳** در مواردی که وجه ستون یا دیوار بیشتر از  $75$  میلی‌متر عقب‌نشستگی یا پیش‌آمدگی داشته باشد میلگردهای طولی ممتد نباید به صورت خم شده به کار برد شوند، و در محل عقب‌نشستگی باید میلگردهای انتظار مجزا برای اتصال به میلگردهای وجوده عقب نشسته پیش‌بینی شوند. در هر حالت باید ضوابط مربوط به مهارها و وصله‌ها در منطقه تغییر مقطع رعایت شوند.



## ۹ - ۱۲ برش و پیچش

### ۹ - ۱۲ - ۰ علایم اختصاری

$a$  = فاصله مرکز اثر نیرو تا بر تکیه‌گاه – دهانه برشی، میلی‌متر

$A_c$  = سطح محصور توسط محیط خارجی مقطع بتون شامل سطح سوراخ‌ها (در صورت وجود)، میلی‌متر مربع

$A_{cv}$  = سطح مقطعی از بتون که در مقابل انتقال برش مقاومت می‌کند، میلی‌متر مربع

$A_e$  = مساحت مقطع مؤثر (در مقطع مستطیل شکل  $A_e = bd$ )، میلی‌متر مربع

$A_f$  = سطح مقطع آرماتور خمی در دستک‌ها و شانه‌ها، میلی‌متر مربع

$A_g$  = مساحت کل مقطع، میلی‌متر مربع

$A_h$  = سطح مقطع آرماتور برشی موازی با آرماتور کششی نظیر خمش، میلی‌متر مربع

$A_l$  = سطح مقطع کل آرماتور طولی برای مقاومت در مقابل پیچش، میلی‌متر مربع

بحث نهم

$A_n =$  سطح مقطع آرماتوری که در دستک و شانه‌ها در مقابل نیروی کششی مقاومت می‌کند، میلی‌متر مربع

$A_0 =$  مساحت سطح محصور شده بهوسیله جریان برش ناشی از پیچش در مقطع، میلی‌متر مربع

$A_{oh} =$  مساحت سطح محصور شده بهوسیله محورهای اصلاح خاموت بسته پیچشی بیرونی در مقطع، شامل سطح سوراخ‌ها (در صورت وجود)، میلی‌متر مربع

$A_s =$  سطح مقطع آرماتور کششی، میلی‌متر مربع

$A_t =$  سطح مقطع یک شاخه از خاموت بسته که در محدوده‌ای به طول  $S$  در برابر پیچش مقاومت می‌کند، میلی‌متر مربع

$A_{sv} =$  سطح مقطع آرماتور برشی در محدوده‌ای به طول  $S$

$A_v =$  سطح مقطع آرماتور برشی در محدوده‌ای به طول  $S$  یا سطح مقطع آرماتور برشی عمود بر آرماتور کششی نظیر خمش در محدوده‌ای به طول  $S$  برای اعضای خمشی با ارتفاع زیاد، میلی‌متر مربع

$A_{vf} =$  سطح مقطع آرماتور برش اصطکاکی، میلی‌متر مربع

$A_{vh} =$  سطح مقطع آرماتور برشی موازی با آرماتور کششی نظیر خمش در فاصله  $S_h$ ، میلی‌متر مربع

$b_1 =$  بعد مربوط به محیط بحرانی برش سوراخ شدگی که به فاصله  $\frac{d}{4}$  از لبه تکیه‌گاه قرار دارد و در امتداد محور طولی نوار پوششی می‌باشد، میلی‌متر

$b_2 =$  بعد مربوط به محیط بحرانی برش سوراخ شدگی که به فاصله  $\frac{d}{4}$  از لبه تکیه‌گاه قرار دارد و در امتداد محور عرضی نوار پوششی می‌باشد، میلی‌متر

$b_t =$  پهنه‌ای آن قسمتی از سطح مقطع که خاموت‌های بسته مقاوم در مقابل پیچش را در بر می‌گیرد، میلی‌متر

$b_w =$  پهنه‌ای جان یا قطر مقطع مدور، میلی‌متر

$b_0 =$  محیط مقطع بحرانی برای دال‌ها و پی‌ها، میلی‌متر

## ۱۲ - ۹ برش و پیچش

$b_{om}$  = محیط مقطع بحرانی خاص برای دال‌ها با کلاهک برشی، میلی‌متر

$c_1$  = بعد ستون مستطیلی یا ستون مستطیلی معادل، سرستون یا کتیبه سرستون در امتداد دهانه‌ای که لنگرها برای آن محاسبه می‌شوند، میلی‌متر

$c_2$  = بعد ستون مستطیلی یا ستون مستطیلی معادل، سرستون یا کتیبه سرستون در امتداد عمود بر دهانه‌ای که لنگرها برای آن محاسبه می‌شوند، میلی‌متر

$d$  = فاصله دورترین تار فشاری تا مرکز سطح آرماتور کششی طولی، میلی‌متر

$f_c$  = مقاومت فشاری مشخصه نمونه استوانه استاندارد بتن، مگاپاسکال

$f_y$  = مقاومت مشخصه فولاد ( $f_{yk}$ )، مگاپاسکال، 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 تھتانی تیر فرعی و وجه تھتانی تیر اصلی در امتداد بار (در صورتی که  $h_b$  کمتر از ۷۵ میلی‌متر باشد، مقدار 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

$I_n$  = طول دهانه آزاد - فاصله بر تا بر تکیه‌گاه‌ها، میلی‌متر

$I_r$  = حداقل طول بازوی کلاهک

$I_v$  = حداقل طول هر بازوی کلاهک برشی از مرکز، میلی‌متر

$I_w$  = طول افقی دیوار، میلی‌متر

$M_m$  = لنگر اصلاح شده، نیوتون - میلی‌متر

$M_p$  = لنگر پلاستیکی مقطع کلاهک برشی، نیوتون - میلی‌متر

$M_r$  = لنگر خمشی مقاوم نهایی مقطع، نیوتون - میلی‌متر

$M_u$  = لنگر خمشی نهایی، نیوتون - میلی‌متر

بحث نهم

$M_{uf}$  = کسری از لنگر متعادل نشده که بهوسیله خمش منتقل می‌شود.

$M_{uv}$  = کسری از لنگر متعادل نشده که بهوسیله برش منتقل می‌شود.

$M_v$  = اضافه مقاومت خمشی هر نوار ستون در دال ناشی از وجود کلاهک برشی،  
نیوتون - میلی‌متر

$N_r$  = نیروی کششی مقاوم نهایی مقطع، نیوتون

$N_u$  = 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 جمع شدگی و  
وارفتگی را شامل می‌شود، نیوتون

$P_c$  = محیط بیرونی مقطع بتن، میلی‌متر

$P_h$  = محیط سطح محصور شده بهوسیله محورهای اضلاع خاموت بسته  
پیچشی بیرونی در مقطع، میلی‌متر

$S$  = فاصله بین سفره‌های آرماتور برشی یا پیچشی در امتداد موازی با آرماتور  
طولی، میلی‌متر

$S_h$  = فاصله بین سفره‌های آرماتور برشی یا پیچشی در امتداد عمود بر آرماتور  
طولی - یا فاصله بین میلگردهای افقی دیوار، میلی‌متر

$T_{cr}$  = لنگر پیچشی ترک خوردگی، نیوتون - میلی‌متر

$T_r$  = لنگر پیچشی مقاوم، نیوتون - میلی‌متر

$T_s$  = لنگر پیچشی مقاوم تأمین شده توسط خاموت پیچشی، نیوتون - میلی‌متر  
 $T_u$  = لنگر پیچشی نهایی، نیوتون - میلی‌متر

$v_c$  = مقاومت برشی بتن، مگاپاسکال

$V_c$  = حداکثر نیروی برشی مقاوم تأمین شده توسط بتن، نیوتون  
 $V_r$  = نیروی برشی مقاوم مقطع، نیوتون

$V_s$  = نیروی برشی مقاوم تأمین شده توسط فولاد برشی، نیوتون  
 $V_u$  = نیروی برشی نهایی موجود، نیوتون

$\alpha$  = زاویه بین میلگردهای طولی خم شده یا خاموت‌های مایل و محور طولی عضو

**۱۲ - ۹ برش و پیچش**

$\alpha_f$  = زاویه بین آرماتورهای برش اصطکاکی و صفحه برش

$\alpha_s$  = ضریب ثابت به کار برده شده برای محاسبه  $V_c$  در دال‌ها یا پی‌ها

$\alpha_v$  = نسبت سختی خمشی بازوی کلاهک برشی به سختی خمشی مقطع ترک‌خورده  
دال مرکب اطراف آن

$\beta_c$  = نسبت طول به عرض سطح اثر بار متتمرکز با سطح تکیه‌گاه محدود

$\eta$  = تعداد بازوی‌های کلاهک برشی

$\mu$  = ضریب اصطکاک

$\rho$  = نسبت سطح مقطع آرماتور کشی به سطح مقطع مؤثر،  $(\rho = \frac{A_s}{A_e})$

$\rho_h$  = نسبت سطح مقطع آرماتور برشی افقی به مساحت کل مقطع قائم بتن

$\rho_n$  = نسبت سطح مقطع آرماتور برشی قائم به مساحت کل مقطع افقی بتن

$$\frac{A_s}{b_w d} = \rho_w$$

$\phi_c$  = ضریب جزیی ایمنی بتن

$\phi_s$  = ضریب جزیی ایمنی فولاد

**۱ - ۱۲ - ۹ گستره**

**۱ - ۱۲ - ۹** ضوابط این فصل باید برای طراحی قطعات تحت اثر برش یا پیچش  
و یا اثر توأم آنها، در حالت‌های حدی نهایی مقاومت رعایت شوند.

**۲ - ۱۲ - ۹ حالت حدی نهایی مقاومت در برش**

**۱ - ۱۲ - ۹** در مقاطع تحت اثر برش، کنترل حالت حدی مقاومت باید براساس  
رابطه  $(1 - 12 - 9)$  صورت گیرد:

**بحث نهم**

$$V_u \leq V_r \quad (1 - 12 - 9)$$

در این رابطه  $V_u$  نیروی برشی مقاوم مقطع است که از تحلیل سازه تحت اثر بار نهایی به دست می‌آید و  $V_r$  مطابق بند ۹ - ۱۲ - ۲ - ۲ محاسبه می‌شود.

**۹ - ۱۲ - ۲ - ۲** مقدار  $V_r$  از رابطه (۹ - ۱۲ - ۲) محاسبه می‌شود:

$$V_r = V_c + V_s \quad (2 - 12 - 9)$$

مقادیر  $V_c$  و  $V_s$  براساس ضوابط قسمت‌های ۹ - ۱۲ - ۳ و ۴ - ۱۲ - ۹ محاسبه می‌شوند.

**۹ - ۱۲ - ۳ - ۲** مقدار  $V_r$  باید بیشتر از  $d / 25 \phi_c f_c b_w d$  در نظر گرفته شود.

### ۹ - ۱۲ - ۳ نیروی برشی مقاوم تأمین شده توسط بتن

**۹ - ۱ - ۳ - ۱۲ - ۱**  $V_c$  را می‌توان براساس ضوابط بندهای ۹ - ۱۲ - ۳ - ۱ - ۱ تا ۹ - ۱ - ۳ - ۱۲ - ۹ و یا با جزییات دقیق‌تر مطابق بند ۹ - ۳ - ۱۲ - ۹ محاسبه نمود.

برای اعضايی که تحت اثر برش و خمش قرار دارند: **۹ - ۱ - ۳ - ۱۲ - ۱**

$$V_c = v_c b_w d \quad (3 - 12 - 9)$$

در این رابطه  $v_c$  با استفاده از رابطه (۹ - ۱۲ - ۴) محاسبه می‌شود:

$$v_c = 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} \quad (4 - 12 - 9)$$

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

$$V_c = v_c \left(1 + \frac{N_u}{12 A_g}\right) b_w d \quad (5 - 12 - 9)$$

## ۱۲-۹ برش و پیچش

۱۲-۳-۱-۳ برای اعضایی که تحت اثر همزمان برش، خمش و کشش محوری قرار دارند:

$$V_c = v_c \left( 1 + \frac{N_u}{3A_g} \right) b_w d \geq 0 \quad (6-12-9)$$

در این رابطه،  $N_u$  منفی است.

۱۲-۳-۲-۳ مقدار  $V_c$  را می‌توان با جزئیات دقیق‌تر مطابق بندهای ۱۲-۳-۲-۳ و ۱۲-۹-۱-۲-۳-۱۲-۹ محاسبه نمود.

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

$$V_c = (0.95v_c + 1.2\rho_w \frac{V_u d}{M_u}) b_w d \quad (7-12-9)$$

مقدار  $V_c$  در هر حال نباید بزرگ‌تر از  $1/75v_c b_w d$  در نظر گرفته شود.

در محاسبه  $V_c$  از رابطه (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.

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

در این 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.

$$M_m = M_u - N_u \left( \frac{4h-d}{\lambda} \right) \quad (8-12-9)$$

**مبحث نهم**

مقدار  $V_c$  در هر حال نباید بزرگتر از مقدار به دست آمده از عبارت (۹ - ۱۲) در نظر گرفته شود:

$$\frac{1}{175} v_c \sqrt{1 + \frac{N_u}{3A_g}} b_w d \quad (9 - 12)$$

در صورتی که مقدار  $M_m$  در رابطه (۹ - ۱۲ - ۸) منفی گردد،  $V_c$  معادل مقدار حاصل از عبارت (۹ - ۱۲ - ۹) منظور می‌گردد.

## ۹ - ۱۲ - ۴ نیروی برشی تأمین شده توسط آرماتورها

### ۹ - ۱۲ - ۴ - ۱ انواع آرماتورهای برشی

آرماتورهای برشی می‌توانند شامل انواع زیر باشد:

الف) خاموت‌های عمود بر محور عضو

ب) خاموت‌هایی با زاویه ۴۵ درجه یا بیشتر نسبت به میلگردهای کششی طولی بهنحوی که ترک‌های قطری احتمالی را قطع کنند. در صورت احتمال تغییر زاویه ترک در اثر تغییر نوع بارگذاری، استفاده از این نوع خاموت مجاز نمی‌باشد.

پ) میلگردهای طولی خم شده به قطر حداقل ۳۶ میلی‌متر، تحت زاویه ۳۰ درجه یا بیشتر نسبت به میلگردهای کششی طولی بهنحوی که ترک‌های قطری احتمالی را قطع کنند.

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

ث) آرماتورهای طولی توزیع شده در ارتفاع تیرهای عمیق یا تیر تیغه‌های تعریف شده در بند ۹ - ۱۱ - ۳ - ۱.

ج) دور پیچ‌ها

---

۱۲ - ۹ برش و پیچش**۱۲ - ۹ - ۲ - نیروهای برشی مقاوم انواع آرماتورها**

مقدار  $V_s$  در حالات مختلف بر اساس بندهای ۹ - ۱۲ - ۴ - ۲ - ۶ - ۱ تا ۹ - ۱۲ - ۴ - ۲ - ۶ می‌شوند.

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

$$V_s = \phi_s A_{sv} f_{yv} \frac{d}{S} \quad (10 - 12 - 9)$$

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

$$V_s = \phi_s A_{sv} f_{yv} (\sin \alpha + \cos \alpha) \frac{d}{S} \quad (11 - 12 - 9)$$

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

$$V_s = \phi_s A_{sv} f_{yv} \sin \alpha \quad (12 - 9)$$

مقدار  $V_s$  در این حالت نباید بیشتر از  $1/5 v_c b_w d$  در نظر گرفته شود.

**۴ - ۲ - ۴ - ۱۲ - ۹** وقتی آرماتور برشی شامل یک سری میلگردهای خم شده متوازی در فواصل مختلف از تکیه‌گاه باشد، مقدار  $V_s$  برابر  $0.75 / 0.75$  مقدار به دست آمده از رابطه ۹ - 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.

**۵ - ۲ - ۴ - ۱۲ - ۹** آرماتورهای طولی خم شده را تنها در سه چهارم طول ناحیه مورب، متقارن به مرکز آنها، می‌توان به عنوان آرماتور برشی مؤثر تلقی نمود. فواصل این

**مبحث نهم**

آرماتورها باید طوری انتخاب شود که ضابطه بند ۹ - ۶ - ۴ - ۲ در طولی معادل سه چهارم طول ناحیه مورب (متقارن نسبت به مرکز) میلگردها عملی گردد.

۹ - ۶ - ۴ - ۲ در صورتی که بیش از یک نوع آرماتور برشی در یک ناحیه از عضوی مورد استفاده قرار گیرد، مقدار  $V_7$  برابر مجموع مقادیر نظیر محاسبه شده برای انواع مختلف آرماتورها می باشد.

### **۹ - ۱۲ - ۵ ضوابط کلی طراحی برای برش**

۹ - ۱۲ - ۱ در محاسبه مقدار  $V_1$  ، اثر هرگونه قسمت خالی در مقطع اعضاء باید در نظر گرفته شود.

۹ - ۱۲ - ۲ در محاسبه مقدار  $V_2$  در صورت لزوم باید اثر کشش محوری ناشی از وارفتگی، جمع شدگی در اعضای مقید (غیرآزاد) و نیز اثر کشش و فشار مورب ناشی از خمش در اعضای با ارتفاع متغیر در نظر گرفته شوند، در صورتی که اثر کشش و فشار مورب در جهت مساعد باشد، می توان از آن صرف نظر کرد.

۹ - ۱۲ - ۳ مقدار  $V_3$  در تکیه گاهها را می توان طبق بند ۹ - ۱۲ - ۵ - ۴ کاهش داد، مشروط بر آنکه:

- الف) عکس العمل تکیه گاه در امتداد برش اعمال شده در نواحی انتهایی عضو ایجاد فشار کند.
- ب) هیچ بار متتمرکزی در فاصله بین بر داخلی تکیه گاه تا محل مقطع بحرانی، مطابق بند ۹ - ۱۲ - ۵ - ۴ وارد نشود.

**۱۲ - ۹ برش و پیچش**

**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 بهفاصله  $d$  (مقطع بحرانی) وجود دارد، طراحی کرد.

**۱۲ - ۶ محدودیت‌های آرماتورهای برشی****۱۲ - ۶ - ۱ رده میلگردهای مصرفی**

در میلگردهای برشی استفاده شده باید ضوابط بند ۹ - ۷ - ۷ - ۱۰ - ۹ رعایت گردد.

**۱۲ - ۶ - ۲ مهار آرماتورهای عرضی در مقطع**

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 مقطع عضو ادامه یا بند و در هر دو انتهای مطابق بند ۹ - ۳ - ۴ برای حصول مقاومت نظیر حد تسلیم مفروض، مهار شوند.

**۱۲ - ۶ - ۳ حداقل آرماتور برشی**

**۱ - ۳ - ۶ - ۱۲ - ۹** در تمامی اعضای خمی بتن آرمهای، به غیراز موارد مندرج در بند ۹ - ۶ - ۳ - ۲، که در آنها مقدار  $V_u$  از نصف مقدار  $V_c$  تجاوز کند، باید آرماتور برشی به کار برد شود.

مقدار آرماتور برشی حداقل از رابطه  $(13 - 12 - 9)$  به دست می‌آید:

$$A_{sv\min} = 0.35 \frac{b_w S}{f_y v} \quad (13 - 12 - 9)$$

بحث نهم

**۹ - ۶ - ۳ - ۲** در موارد زیر ضوابط مربوط به بخش‌های مربوطه ملاک عمل خواهد بود.

**الف) دال‌ها و پی‌ها**

ب) سقف‌های ساخته شده با سیستم تیرچه‌های بتنی مطابق تعریف بند ۹ - ۶ - ۱۱ - ۲

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

ت) تیرهایی که به صورت یکپارچه با دال ریخته شده و ارتفاع کل آنها کمتر از دو و نیم برابر ضخامت دال، نصف پهنه‌ای جان و ۶۰۰ میلی‌متر باشد.

**۹ - ۶ - ۳ - ۲** چنانچه بتوان به کمک آزمایش‌های قابل قبول نشان داد که در صورت حذف آرماتور برشی، مقاطع مورد نظر مقاومت‌های خمشی و برشی لازم را خواهند داشت، می‌توان ضابطه بند ۹ - ۶ - ۱۲ - ۱ را رعایت نکرد. در این آزمایش‌ها باید اثر نشست‌های نامساوی، وارفتگی، جمع شدگی و تغییر درجه حرارت محیط را براساس ارزیابی واقعی در شرایط بهره برداری در نظر گرفت.

**۹ - ۶ - ۳ - ۴** چنانچه براساس بند ۹ - ۷ - ۱ طراحی برای پیچش لازم باشد، حداقل سطح مقطع خاموت برشی و پیچشی بسته در مجموع از رابطه (۱۴ - ۱۲ - ۹) به دست می‌آید.

$$(A_{sv} + 2A_t)_{min} = 0.35 \frac{b_w S}{f_y v} \quad (14 - 12 - 9)$$

این آرماتورها باید از نوع خاموت بسته باشد، ضمناً تعبیه حداقل فولاد پیچشی طولی نیز الزامی است.

**۱۲ - ۹ برش و پیچش****۱۲ - ۹ - ۶ - ۴ حداکثر فواصل خاموت برشی**

**۱۲ - ۹ - ۶ - ۴ - ۱** فاصله بین خاموت‌های برشی عمود بر محور عضو نباید از  $\frac{d}{3}$  بیشتر باشد.

**۱۲ - ۹ - ۶ - ۴ - ۲** فاصله بین خاموت‌های مایل و یا میلگردهای طولی خم شده باید چنان باشد که هر خط ۴۵ درجه‌ای که به طرف عکس العمل از وسط مقطع،  $\frac{d}{3}$ ، تا میلگردهای کششی طولی رسم شود، حداقل به وسیله یک ردیف از آرماتورهای برشی قطع گردد.

**۱۲ - ۹ - ۶ - ۴ - ۳** در صورتی که مقدار  $V_u$  بیشتر از  $125\phi_c f_c b_w d$  باشد، حداکثر فواصل داده شده در بندهای ۹ - ۱۲ - ۶ - ۱ - ۴ - ۶ - ۱۲ - ۹ و ۲ - ۴ - ۶ - ۱۲ - ۹ باید به نصف تقلیل داده شوند.

**۱۲ - ۹ - ۷ - ۱ حالت حدی نهايی پيچش**

**۱۲ - ۹ - ۷ - ۱** در صورتی که مقدار  $T_u$  از مقدار  $25T_{cr}$  کمتر باشد، طراحی برای پیچش ضرورتی ندارد. مقدار  $T_{cr}$  از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$T_{cr} = \gamma \left( \frac{A_c}{P_c} \right)^{\frac{1}{2}} v_c \quad (12 - 9)$$

مقدار  $v_c$  از رابطه (۹ - ۱۲ - ۴) به دست می‌آید.

**مبحث نهم**

**۹ - ۱۲ - ۷ - ۲** در مقاطع تحت اثر پیچش، در مواردی که طراحی برای پیچش لازم باشد، کنترل حالت حدی نهایی مقاومت باید براساس رابطه ۹ - ۱۲ - ۱۶ صورت گیرد:

$$T_u \leq T_r \quad (16 - ۹)$$

در این رابطه  $T_r$  از رابطه ۹ - ۱۲ - ۱۷ محاسبه می‌شود:

$$T_r = T_s \quad (17 - ۹)$$

بدین منظور، علاوه بر خاموت‌های بسته پیچشی باید فولادهای طولی پیچشی مطابق بند ۹ - ۱۲ - ۸ - ۳ نیز جداگانه طراحی گردد. در این مبحث از کمک بتن برای تأمین مقاومت پیچشی، به علت ترک‌خوردگی، صرف‌نظر شده است. مقدار  $T_s$  طبق ضوابط بندهای ۹ - ۱۲ - ۸ تا ۹ - ۱۰ محاسبه می‌شود.

## **۹ - ۱۲ - ۸ - ۱ - ۱** لنگر پیچشی مقاوم تأمین شده توسط آرماتورهای

### **پیچشی**

**۹ - ۱۲ - ۸ - ۱ - ۱** آرماتورهای پیچشی مورد نیاز برای تأمین لنگر پیچشی در یک قطعه شامل خاموت‌های قائم بسته یا دورپیچ‌ها و آرماتور طولی که به‌طور یکنواخت در اطراف مقطع پخش می‌شود، می‌باشند.

**۹ - ۱۲ - ۸ - ۲** مقدار  $T_s$  با استفاده از رابطه ۹ - ۱۲ - ۱۸ محاسبه می‌شود.

$$T_s = 2\phi_s A_0 A_t \frac{f_{yv}}{s} \cot \theta \quad (18 - ۹)$$

در حالی که مقدار  $\theta$  بین ۳۰ تا ۶۰ درجه می‌باشد.

**۱۲ - ۹ برش و پیچش**

در صورت عدم استفاده از محاسبات دقیق‌تر مقدار  $A_0$  را می‌توان  $0.85A_{oh}$  و مقدار  $\theta$  را  $45$  درجه منظور نمود.

**۱۲ - ۸ - ۳ مقدار  $A_1$  مورد نیاز برای تأمین مقاومت  $T_s$  از رابطه (۱۲-۹-۱۹)**  
به‌دست می‌آید:

$$A_\ell = \frac{A_t}{S} P_h \left( \frac{f_{yv}}{f_{yl}} \right) \cot \theta \quad (12-9)$$

مقدار  $\theta$  در دو رابطه (۹-۱۲) و (۹-۱۲-۱۸) یکسان در نظر گرفته می‌شود همچنین نسبت  $\frac{A_t}{S}$  باید برابر مقدار به‌دست آمده از رابطه (۹-۱۲-۱۸) باشد.

فاصله این آرماتورها نباید بیش از ۳۰۰ میلی‌متر از یکدیگر بوده و باید دورتا دور مقطع در داخل محیط خاموت بسته پیچشی به‌طور یکنواخت به‌نحوی توزیع شوند که حداقل یک میلگرد طولی به‌قطر معادل  $\frac{S}{16}$  یا بیشتر در هر گوشه خاموت‌های پیچشی قرار گیرد.

**۱۲ - ۸ - ۴ در مقاطع توخالی تحت اثر پیچش، فاصله محورهای اضلاع خاموت بسته پیچشی تا وجه درونی مقطع نباید کمتر از  $0.85P_h/A_{oh}$  باشد.**

**۱۲ - ۹ - ۹ ترکیب پیچش و خمش - پیچش و برش**

**۱۲ - ۹ - ۱ آرماتورهای پیچشی را می‌توان با توجه به اندرکنش برش - پیچش و خمش - پیچش با آرماتورهای لازم برای سایر مقاومتها ترکیب کرد به‌شرطی که مقدار آرماتور به‌کار برده شده برابر با مجموع مقادیر لازم برای هر یک از عوامل مورد**

**مبحث نهم**

نظر باشد. در این حالت باید محدود کننده ترین ضوابط رعایت شوند. این آرماتورها در صورت لزوم به آرماتورهای مورد نیاز برای سایر موارد افزوده می شوند.

**۲ - ۹ - ۱۲ - ۹** در منطقه فشاری عضو خمشی، سطح مقطع آرماتور طولی پیچشی لازم را می توان به اندازه  $\frac{M_u}{0.9d\phi_s f_y l}$  کاهش داد.  $M_u$  لنگر خمشی نهایی مؤثر در مقطع همزمان با  $T_u$  است.

**۳ - ۹ - ۱۲ - ۹** تمامی مقاطع را که در فاصله‌ای کمتر از  $d$  از بر داخلی تکیه گاه قرار دارند، می توان 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 متتمرکزی موجود نباشد.

### **۹ - ۱۲ - ۱۰ - محدودیت‌های آرماتورهای پیچشی**

**۹ - ۱۰ - ۱ - ۱۲ - ۹** در میلگردهای پیچشی عرضی استفاده شده باید ضوابط بند ۷ - ۱۰ - ۹ - ۷ رعایت گردد.

**۹ - ۱۰ - ۲ - ۱۲ - ۹** خاموت‌های بسته و دورپیچ‌های پیچشی باید تا فاصله  $d$  از دورترین تار فشاری در مقطع ادامه یافته و آرماتورهای پیچشی مطابق ضوابط فصل هجدهم مهار گردند.

**۹ - ۱۰ - ۳ - ۱۲ - ۹** حداقل خاموت بسته پیچشی در اعضای تحت پیچش که طبق بند ۹ - ۱۲ - ۷ - ۱ باید برای پیچش طراحی شوند از رابطه (۹ - ۱۲ - ۱۴) تعیین می شود.

**۱۲ - ۹ برش و پیچش**

**۱۰ - ۱۲ - ۴** باید تمام میلگردهای پیچشی (فولادهای طولی به علاوه خاموت‌های بسته و یا دورپیچ‌ها) حداقل در طولی برابر با بزرگترین بعد عضو از نقطه‌ای که دیگر نیاز به مقاومت پیچشی نیست ادامه یافته و مهار آنها مطابق ضوابط فصل هجدهم صورت گیرد.

**۱۰ - ۱۲ - ۵** حداقل فاصله بین خاموت‌های بسته پیچشی از رابطه (۲۰ - ۱۲ - ۹) تعیین می‌گردد:

$$S_{\max} = \min\left(\frac{P_h}{\lambda}, 300\right) \quad (20 - 12 - 9)$$

**۱۰ - ۱۲ - ۶** ابعاد مقطع تحت اثر برش و پیچش باید به‌نحوی انتخاب شوند که روابط (۹ - ۱۲ - ۲۱) و (۹ - ۱۲ - ۲۲) برقرار باشد.

**۱۰ - ۱۲ - ۷** حداقل تنش در مقاطع قوطی‌شکل از رابطه (۹ - ۱۲ - ۲۱) و در مقاطع توپر از رابطه (۹ - ۱۲ - ۲۲) به‌دست می‌آید.

$$\frac{V_u}{b_w d} + \frac{T_u P_h}{1/\gamma A_{oh}} \leq 0.25 \phi_c f_c \quad (21 - 12 - 9)$$

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1/\gamma A_{oh}}\right)^2} \leq 0.25 \phi_c f_c \quad (22 - 12 - 9)$$

**۱۱ - ۱۲ - ۹ لنگر پیچشی نهایی در اعضای سازه‌های نامعین**

**۱۱ - ۱۲ - ۱** در مواردی که مقاومت در برابر لنگر  $T_u$  برای برقراری تعادل عضوی لازم باشد، عضو مورد نظر باید برای تحمل تمام لنگر پیچشی معادل  $T_{cr}$ ، مطابق ضوابط بند ۹ - ۱۲ - ۷ طراحی شود.

**مبحث نهم**

**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 مقدار  $T_{cr}$  به  $0/67T_{cr}$  کاهش داد به شرطی که اثر لنگرها و برش‌های تعدیل شده عضو در سایر اعضای مجاور با استفاده از روابط تعادل، محاسبه و در طراحی به کار گرفته شود.

**۹ - ۱۲ - ۱۱ - ۳** در صورت استفاده از بند ۹ - ۱۲ - ۱۱ - ۲ و در صورت عدم استفاده از تحلیل دقیق‌تر، می‌توان لنگر پیچشی نهایی ناشی از اثر دال‌ها روی تیرهای باربر را با یک توزیع خطی یکنواخت جایگزین کرد.

### **۹ - ۱۲ - ۱۲ - ۱** جزییات تکمیلی آرماتورهای عرضی

**۹ - ۱۲ - ۱۲ - ۱** تمامی میلگردهای اعضا فشاری باید با خاموت‌هایی در برگرفته شوند.

**۹ - ۱۲ - ۱۲ - ۲** قطر خاموت‌ها نباید کمتر از مقادیر زیر اختیار شود:

الف)  $\frac{1}{3}$  قطر بزرگترین میلگرد طولی با قطر حداقل  $30$  میلی‌متر

ب)  $10$  میلی‌متر برای میلگردهای طولی با قطر بیش از  $30$  میلی‌متر و نیز برای گروه میلگردهای در تماس

**۹ - ۱۲ - ۱۲ - ۳** قطر خاموت‌ها به هر حال نباید از  $6$  میلی‌متر کمتر باشد.

**۹ - ۱۲ - ۱۲ - ۴** فاصله هر دو خاموت متوالی از هم نباید از هیچ‌یک از مقادیر

(الف) تا (پ) بیشتر باشد:

**۱۲ - ۹ برش و پیچش**

الف) ۱۲ برابر قطر کوچکترین میلگرد طولی اعم از اینکه منفرد باشد یا عضوی از گروه میلگردهای در تماس بهشمار آید.

ب) ۳۶ برابر قطر میلگرد خاموت

پ) کوچکترین بعد عضو فشاری

ت) ۲۵۰ میلی‌متر

**۱۲ - ۹ - ۵** در هر مقطع تعداد خاموت‌ها باید طوری باشد که هر یک از میلگردهای زیر در گوشه یک خاموت با زاویه داخلی حداقل ۱۳۵ درجه قرار گیرد و به‌طور جانبی نگهداشته شود:

الف) هر میلگردی که در گوشه‌های عضو واقع شود

ب) هر میلگرد غیر گوشه‌ای به صورت حداقل یک در میان

پ) هر میلگردی که فاصله آزاد آن تا میلگرد نگهداری شده مجاور بیشتر از ۱۵۰ میلی‌متر باشد.

در مواردی که میلگردهای طولی روی محیط دایره قرار گیرند، می‌توان از خاموت‌های مدور استفاده کرد مشروط بر آنکه انتهای آنها به قلاب استاندارد ۱۳۵ درجه ختم شود یا به‌ نحوی مناسب در بتن قسمت داخلی دایره مهار شود.

**۱۲ - ۹ - ۶** خاموت‌ها باید با فواصل تعیین شده در تمام طول عضو قرار داده شوند. فاصله اولین خاموت از سطح فوقانی شالوده یا دال طبقه تحتانی و آخرین خاموت از زیر پایین‌ترین میلگردهای دال یا کتیبه سرستون طبقه فوقانی نباید از نصف فواصل تعیین شده در بند ۹ - ۱۲ - ۴ بیشتر باشد.

**مبحث نهم**

**۹ - ۱۲ - ۷** در صورتی که تیرها یا دستکهایی به کلیه وجوه ستون متصل شده باشند می‌توان خاموت‌ها را در مقطعی به فاصله حداقل ۷۵ میلی‌متر از زیر پایین‌ترین میلگرد در کم ارتفاع‌ترین تیر یا دستک متوقف کرد.

**۹ - ۱۲ - ۸** ضوابط مهار و وصله خاموت‌ها در فصل هیجدهم ارائه شده‌اند.

**۹ - ۱۲ - ۹** تمامی ضوابط مربوط به اندازه‌های خاموت‌ها و محدودیت‌های فاصله آنها برای اعضای فشاری باید در مورد میلگردهای فشاری در اعضا خمی هم رعایت شوند. می‌توان از شبکه‌های جوشی با سطح مقطع معادل استفاده کرد. این خاموت‌ها یا شبکه‌ها باید در تمام طولی که میلگردهای فشاری مورد نیاز می‌باشند به کار برده شوند.

**۹ - ۱۲ - ۱۰** در اعضای خمی قاب‌ها که در معرض پیچش یا تغییر جهت تنش در تکیه‌گاه‌ها قرار می‌گیرند باید از خاموت‌های بسته یا مارپیچی که دور همه میلگردهای اصلی می‌پیچد استفاده شود.

### **۹ - ۱۲ - ۱۳ - برش اصطکاکی**

#### **۹ - ۱۲ - ۱ - گستره**

ضوابط این قسمت در مواردی که انتقال نیروی برشی بین دو سطح با مشخصات (الف) الی (ت) مورد نظر باشد، به کار گرفته می‌شود:

- الف) وجود ترک یا استعداد ترک‌خوردن بین دو سطح
- ب) دو سطح ساخته شده با مصالح غیرمتشابه

**۱۲ - ۹ برش و پیچش**

ت) دو سطح بتن ریزی شده در زمان‌های متفاوت

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

**۱۲ - ۹ - ۱۳ - ۲ - حالت حدی نهایی مقاومت**

در مقاطعی که انتقال برش در آنها به صورت برش اصطکاکی است، کنترل حالت حدی نهایی مقاومت باید براساس رابطه (۹ - ۱۲ - ۱) صورت گیرد. مقدار  $V_r$  در این رابطه طبق بند ۹ - ۱۳ - ۲ - ۲ - تعیین می‌گردد.

۹ - ۱۲ - ۱۳ - ۲ - ۲ - مقدار  $V_r$  ، با فرض وجود ترک در سراسر مقطع مورد نظر بر طبق بندهای ۹ - ۱۲ - ۱۳ - ۲ - ۳ تا ۹ - ۱۲ - ۱۳ - ۶ - ۲ و یا طبق بند ۹ - ۱۲ - ۱۳ - ۲ - ۷ محاسبه می‌شود. در هر یک از حالات، ضوابط بند ۹ - ۱۲ - 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:

$$V_r = \phi_s A_{vf} f_y (\mu \sin \alpha_f + \cos \alpha_f) \quad (1 - ۲۳ - ۱۲ - ۹)$$

۹ - ۱۲ - ۱۳ - ۲ - ۴ در مواردی که آرماتور برش اصطکاکی عمود بر صفحه برش باشد:

$$V_r = \mu \phi_s A_{vf} f_y \quad (2 - ۲۳ - ۱۲ - ۹)$$

۹ - ۱۲ - ۱۳ - ۲ - ۵ - ضریب اصطکاک  $\mu$  در روابط (۹ - ۱۲ - ۲۳ - ۱) و (۲ - ۲۳ - ۱۲ - ۹) برابر با یکی از مقادیر زیر در نظر گرفته می‌شود:

**مبحث نهم**

- الف) برای بتنی که به صورت یکپارچه ریخته شده باشد: ۱/۲۵
- ب) برای بتنی که در مجاورت بتن سخت شده‌ای با زبری سطحی قید شده در بند ۰/۹۰ ۹ - ۱۳ - ۳ - ۵ ریخته شده باشد:
- پ) برای بتنی که در مجاورت بتن سخت شده‌ای با زبری سطحی کمتر از میزان قید شده در بند ۹ - ۱۳ - ۳ - ۵ ریخته شده باشد: ۰/۵۰
- ت) برای بتنی که به وسیله گل میخ‌ها یا به وسیله میلگردهایی به پروفیل فولاد ساختمانی مهار شده باشد: ۰/۶۰

**۹ - ۱۲ - ۲ - ۶ -  $V_r$  مقدار در هیچ حالت نباید بزرگ‌تر از مقادیر  $0.25\phi_c f_c A_{cv}$  و  $0.5\phi_c A_{cv}$  در نظر گرفته شود.**

**۹ - ۱۲ - ۲ - ۷ -  $V_r$  مقدار را می‌توان با استفاده از هر روش طراحی دیگری که صحت آن به وسیله آزمایش‌های جامع تأیید شده باشد، تعیین نمود.**

### **۹ - ۱۲ - ۳ - ضوابط طراحی برش اصطکاکی**

**۹ - ۱۲ - ۳ - ۱ - در میلگردهای برش اصطکاکی استفاده شده باید ضوابط بند ۹ - ۱۰ - ۷ - ۷ رعایت گردد.**

**۹ - ۱۲ - ۳ - ۲ - در مواردی که در سطح برش علاوه بر نیروی برشی، نیروی کششی نیز اثر کند، باید آرماتور اضافی برای تحمل کشش در امتداد نیروی کششی اعمال شده، پیش‌بینی شود.**

**۱۲ - ۹ برش و پیچش**

**۱۲ - ۹ - ۳ - ۱۳ - ۱۲** در مواردی که در سطح برش علاوه بر نیروی برشی نیروی فشاری دائمی نیز اثر کند، مقدار این نیرو را می‌توان به نیروی  $A_{vf}f_y$  ، متعلق به آرماتور برش اصطکاکی در رابطه  $9 - ۲۳ - ۱۲ - ۲$  اضافه نمود.

**۱۲ - ۹ - ۴ - ۳ - ۱۳** آرماتورهای برش اصطکاکی باید به نحوی 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.

**۱۲ - ۹ - ۳ - ۵ - ۱۳** در مواردی که بتن در مجاورت بتن سخت شده قبلی ریخته می‌شود، سطح تماس برای انتقال برش باید تمیز و عاری از دوغاب خشک شده باشد. برای آنکه بتوان ضریب اصطکاک  $\mu$  را برابر با  $0.9$  فرض نمود سطح تماس باید با ایجاد خراش‌های به عمق تقریبی پنج میلی‌متر به حالت زبر درآورده شود.

**۱۲ - ۹ - ۶ - ۳ - ۱۳** 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 عاری از زنگزدگی باشند.

بحث نهم

**۹ - ۱۲ - ۱۴ - ضوابط ویژه برای اعضای خمثی با ارتفاع زیاد  
(تیرهای عمیق)**

**۹ - ۱۲ - ۱۴ - ۱ - گستره**

ضوابط این قسمت باید در مورد اعضای خمثی که دارای شرایط (الف) و (ب) باشند رعایت شوند:

الف) نسبت طول دهانه آزاد به ارتفاع مقطع  $\frac{l_n}{h}$  در آنها کمتر از چهار باشد.

ب) بار روی تیر در وجه فشاری، مقابله وجهی که روی تکیه‌گاهها می‌نشینند، وارد آید به‌طوری که امکان به وجود آمدن دستکهای فشاری از سمت‌بار به سمت تکیه‌گاهها موجود باشد.

**۹ - ۱۲ - ۱۴ - ۲ - حالت حدی مقاوم نهایی در برش در تیرهای عمیق**

۹ - ۱۲ - ۱ - در تیرهای عمیق کنترل حالت حدی نهایی مقاومت در برش باید براساس روابط (۹ - ۱۲ - ۱) و (۹ - ۱۲ - ۲) صورت گیرد. در این روابط نیروی برشی مقاوم نهایی بتن،  $V_u$ ، و نیروی برشی مقاوم نهایی آرماتورها،  $V_s$ ، طبق بندهای ۹ - ۱۲ - ۱۴ - ۲ - ۹ - ۱۲ - ۵ تعیین می‌گردد.

۹ - ۱۲ - ۲ - در تیرهای عمیق کنترل حالت حدی مقاوم نهایی تنها در مقطع بحرانی عضو، مطابق تعریف بند ۹ - ۱۲ - ۱۴ - ۲ - ۳ - ۲ صورت می‌گیرد و آرماتور برشی مورد نیاز در این مقطع در سراسر طول دهانه تیر عمیق ادامه داده می‌شود.

## ۱۲ - ۹ برش و پیچش

۱۲ - ۹ - ۳ - ۱۴ - ۲ - ۱۲ - ۹ مقطع بحرانی تیرهای عمیق 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 متتمرکز برابر با  $0.5a$  باشد. این فاصله در هیچ حال نباید بیشتر از  $d$  در نظر گرفته شود.

۱۲ - ۹ - ۴ - ۱۴ - ۲ - ۱۲ - ۹ مقدار  $V_c$  را می‌توان از رابطه (۱۲ - ۹ - ۳) و یا با جزییات بیشتر از رابطه (۱۲ - ۹ - ۲۴) محاسبه نمود.

$$V_c = \left( \frac{3}{5} - \frac{2}{5} \frac{M_u}{V_u d} \right) \left( 0.95 V_c + 1.2 \rho_w \frac{V_u d}{M_u} \right) b_w d \quad (24 - 12 - 9)$$

در رابطه (۱۲ - ۹ - ۲۴) مقدار عبارت  $\frac{M_u}{V_u d}$  باید بیشتر از  $2/5$  و

مقدار  $V_c$  باید بیشتر از  $3v_c b_w d$  در نظر گرفته شود.  $M_u$  لنگر خمشی نهایی است که به طور همزمان با نیروی برشی نهایی  $V_u$  در مقطع بحرانی طبق تعریف بند ۹ - ۲ - ۱۴ - ۲ - ۳ اثر می‌کند.

۱۲ - ۹ - ۵ - ۲ - ۱۴ - ۱۲ - ۹ مقدار  $V_s$  ، با استفاده از رابطه (۱۲ - ۹ - ۲۵) محاسبه می‌شود:

$$V_s = \left[ \frac{A_v}{12S} \left( 1 + \frac{l_n}{d} \right) + \frac{A_{vh}}{12S_h} \left( 1 - \frac{l_n}{d} \right) \right] \phi_s f_y d \quad (25 - 12 - 9)$$

۱۲ - ۹ - ۶ - ۲ - ۱۴ - ۱۲ - ۹ مقدار  $V_r$  ، باید بیشتر از مقادیر (الف) و (ب) احتساب شود.

(الف) در صورتی که  $\frac{l_n}{h}$  کمتر از ۲ باشد:

$$V_r < 4v_c b_w d \quad (26 - 12 - 9)$$

(ب) در صورتی که  $\frac{l_n}{h}$  بین ۲ و ۴ باشد:

$$V_r \leq \frac{1}{3} v_c \left( 1 + \frac{l_n}{d} \right) b_w d \quad (27 - 12 - 9)$$

**مبحث نهم****۹ - ۱۲ - ۱۴ - ۳ - محدودیت‌های آرماتورهای برشی تیرهای عمیق**

۹ - ۱۲ - ۱۴ - ۳ - سطح مقطع آرماتور برشی  $A_v$  نباید کمتر از  $0.0025 b_w S_h$  اختیار شود. فاصله این آرماتورها نیز نباید از مقادیر  $\frac{d}{3}$  و  $300$  میلی‌متر تجاوز کند.

۹ - ۱۲ - ۱۴ - ۳ - ۲ - سطح مقطع آرماتور برشی  $A_{vh}$  نباید کمتر از  $0.0015 b_w S_h$  اختیار شود. فاصله میلگردهای این آرماتورها نیز نباید از مقادیر  $\frac{d}{5}$  و  $300$  میلی‌متر تجاوز کند.

**۹ - ۱۲ - ۱۵ - ضوابط ویژه برای دستک‌ها و شانه‌ها****۹ - ۱۲ - ۱ - ۱۵ - گستره**

ضوابط این قسمت باید در مورد دستک‌ها و شانه‌هایی که دارای شرایط (الف) و (ب) باشند رعایت شوند:

(الف) نسبت دهانه به ارتفاع مؤثر مقطع در بر تکیه‌گاه،  $\frac{a}{d}$ ، بیشتر از یک نباشد.

(ب) مقدار  $N_u$ ، بزرگتر از نیروی برشی نهایی مؤثر بر آنها،  $V_u$  نباشد.

(پ) ارتفاع مؤثر مقطع در لبه خارجی سطح اتکا، کمتر از  $d/5$  نباشد.

---

۱۲ - ۹ برش و پیچش

## ۱۲ - ۹ - ۱۵ - ۲ - حالت حدی مقاوم نهایی در برش، خمش و کشش

۱ - ۲ - ۱۵ - ۱۲ - ۹ در دستکها و شانهها کنترل حالات حدی مقاوم نهایی در برش، خمش و نیروی محوری کششی، باید براساس روابط (۹ - ۱۲ - ۱) و (۹ - ۱۱ - ۱) و (۹ - ۱۱ - ۲) صورت گیرد.

مقادیر  $N_u, M_u, V_u$  باید براساس ضوابط بندهای ۹ - ۱۵ - ۱۲ - ۲ - ۴ تا ۹ - ۱۲ - ۲ - ۶ محاسبه شوند.

۲ - ۲ - ۱۵ - ۱۲ - ۹ نیروهای  $V_u$  و  $N_u$  از تحلیل سازه تحت اثر بارهای نهایی به دست می‌آیند. مقدار  $N_u$  که در طراحی مورد استفاده قرار می‌گیرد نباید کمتر از مقدار  $V_u$  باشد. اختیار شود مگر آنکه برای جلوگیری از ایجاد نیروی کششی تدبیر خاصی در نظر گرفته شده باشد. نیروی کششی،  $N_u$  همواره باید جزء بارهای زنده، به حساب آورده شود.

۳ - ۲ - ۱۵ - ۱۲ - ۹ مقدار  $M_u$  با استفاده از رابطه (۹ - ۱۲ - ۲۸) محاسبه می‌شود:

$$M_u = V_u a + N_u (h - d) \quad (۹ - ۱۲ - ۲۸)$$

۴ - ۲ - ۱۵ - ۱۲ - ۹ مقدار  $V_r$ ، با فرض عملکرد مقطع به صورت برش اصطکاکی مطابق ضوابط بند ۹ - ۱۲ - ۱۳ محاسبه می‌شود. مقدار  $V_r$  نباید از دو مقدار  $\phi_c f_c b_w d^{0.75}$  و  $\phi_c b_w d^{0.75}$  بزرگتر اختیار شود.

۵ - ۲ - ۱۵ - ۱۲ - ۹ مقدار  $M_r$ ، مطابق ضوابط فصل یازدهم محاسبه می‌گردد.

**مبحث نهم**

**۹ - ۱۲ - ۲ - ۱۵ - ۶** مقدار  $N_r$  ، با استفاده از رابطه (۹ - ۱۲ - ۲۹) محاسبه می شود:

$$N_r = \phi_s A_n f_y \quad (29 - 12 - 9)$$

**۹ - ۱۲ - ۳ - ۱۵ - ۳** ضوابط کلی طراحی

**۹ - ۱۲ - ۳ - ۱ - ۱۵ - ۲** مقدار  $A_s$  ، نباید کمتر از دو مقدار  $(A_f + A_n)$  و  $(\frac{2}{3}A_{vf} + A_n)$  باشد. اختیار شود.

**۹ - ۱۲ - ۳ - ۲ - ۱۵ - ۲** خاموت های بسته موازی با  $A_s$  به سطح مقطع کل  $A_h$  مساوی  $(A_s - A_n) / 5$  یا بزرگتر از آن باید در داخل محدوده دو سوم ارتفاع مؤثر مقطع در مجاور  $A_s$  توزیع شوند.

**۹ - ۱۲ - ۳ - ۳ - ۱۵ - ۳** مقدار  $\rho$  نباید کمتر از  $\frac{f_c}{f_y} / 0.4$  باشد.

**۹ - ۱۲ - ۳ - ۴ - ۱۵ - ۳** آرماتور کششی اصلی باید در وجه جلوی دستک یا شانه به یکی از طرق (الف) و (ب) مهار شود:

(الف) به وسیله جوش دادن به یک میلگرد عرضی با قطری حداقل مساوی با قطر میلگردهای کششی اصلی، مقاومت جوش باید به حدی باشد که بتواند نیروی کششی حداکثر قابل تحمل برای آرماتورها را منتقل نماید.

(ب) به وسیله خم کردن میلگرد کششی اصلی  $A_s$  به عقب به طوری که یک حلقه افقی تشکیل شود.

**۱۲ - ۹ برش و پیچش**

**۱۲ - ۹ - ۳ - ۱۵** 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.

**۱۲ - ۹ - ۱۶ ضوابط ویژه برای دیوارها****۱۲ - ۹ - ۱ گستره**

**۱۲ - ۹ - ۱ - ۱ - ۱۶** ضوابط این قسمت باید در طراحی دیوارهایی که تحت اثر نیروی برشی افقی در امتداد صفحه دیوار قرار دارند، رعایت شوند.

**۱۲ - ۹ - ۱ - ۲ - ۱۶** دیوارهایی که تحت اثر نیروی برشی افقی در امتداد عمود بر صفحه دیوار قرار دارند، باید براساس ضوابط مربوط به دال‌ها در قسمت ۹ - ۱۲ - ۱۷ - ۱۲ - ۹ طراحی شوند.

**۱۲ - ۹ - ۱۶ - ۲ حالت حدی مقاوم نهایی در برش**

**۱۲ - ۹ - ۲ - ۱ - ۱۶** در مقاطع افقی دیوارها کنترل حالت حدی مقاوم نهایی در برش باید بر مبنای روابط  $(9 - 12 - 1) \text{ و } (9 - 12 - 2)$  صورت گیرد. در این روابط مقادیر  $V_c$  و  $V_s$ ، بر اساس بند‌های ۹ - ۱۲ - ۱۶ - ۲ - ۱۲ - ۹ تا ۹ - ۱۲ - ۱۶ - ۲ - ۵ محاسبه می‌شوند.

**۱۲ - ۹ - ۲ - ۲ - ۱۶** مقدار  $V_c$  را در حالتی که دیوار تحت اثر برش یا تحت اثر توأم برش و فشار قرار دارد می‌توان از رابطه  $(9 - 12 - 3)$  و در حالتی که دیوار تحت اثر برش و کشش قرار دارد می‌توان از رابطه  $(9 - 12 - 6)$  محاسبه نمود. این نیروی

**مبحث نهم**

مقاوم را نیز می‌توان با جزییات بیشتر مطابق بند ۹ - ۱۲ - ۳ - ۲ - ۱۶ - ۹ محاسبه کرد. مقدار  $d$ ، در تمامی این روابط طبق بند ۹ - ۱۲ - ۳ - ۲ تعیین می‌شود.

**۹ - ۱۲ - ۳ - ۲ - ۱۶** در مواردی که محاسبه مقدار  $V_c$ ، با جزییات بیشتر مورد نظر باشد، آن را می‌توان با کمترین مقدار به دست آمده از دو رابطه (۹ - ۱۲ - ۳۰) و (۹ - ۱۲ - ۳۱) در نظر گرفت:

$$V_c = 1/65 v_c h d + \frac{N_u d}{5 I_w} \quad (30 - 12 - 9)$$

$$V_c = \left[ 0.3 v_c + \frac{1_w (0.6 v_c - 0.15 \frac{N_u}{I_w h})}{\left( \frac{M_u}{V_u} - \frac{1_w}{2} \right)} \right] h d \quad (31 - 12 - 9)$$

در این روابط مقدار  $N_u$  برای فشار مثبت و برای کشش منفی است. در صورتی که مقدار  $(\frac{M_u}{V_u} - \frac{1_w}{2})$  منفی باشد رابطه (۹ - ۱۲ - ۳۱) به کار برده نمی‌شود و رابطه (۹ - ۱۲ - ۳۰) ملاک خواهد بود.

**۹ - ۱۲ - ۳ - ۲ - ۱۶ - ۴** مقدار  $V_c$  برای همه مقاطعی که در فاصله‌ای کمتر از کوچکترین دو مقدار  $\frac{h_w}{2}$  و  $\frac{l_w}{2}$  از پایه دیوار قرار دارند برابر با مقاومت برشی مقطع در کوچکترین این دو مقدار در نظر گرفته می‌شود.

**۹ - ۱۲ - ۳ - ۲ - ۱۶ - ۵** مقدار  $V_s$  از رابطه (۹ - ۱۲ - ۳۲) محاسبه می‌شود:

$$V_s = \phi_s A_v f_y \frac{d}{S_h} \quad (32 - 12 - 9)$$

**۱۲ - ۹ برش و پیچش**

پارامتر  $d$  مطابق بند ۹ - ۱۶ - ۲ - ۳ تعیین می‌شود. برای تأمین 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 - ۱۶ - ۴ - ۲ تعیین می‌شود.

**۹ - ۱۶ - ۲ - ۱۶ - ۶** مقدار  $V_r$ ، در هیچ حالت نمی‌تواند بیشتر از  $5V_c h_d$  اختیار شود.

**۹ - ۱۶ - ۲ - ۳ ضوابط کلی طراحی**

در دیوارها چنانچه مقدار  $V_u$  بیشتر از  $5V_c / 0$  باشد طراحی برای برش لازم است. مقادیر آرماتور برشی مورد نیاز بر اساس ضوابط بند ۹ - ۱۶ - ۲ محاسبه می‌گردد. در مورد این آرماتور محدودیت‌های بند ۹ - ۱۶ - ۴ - ۴ باید رعایت شوند. چنانچه  $V_u$  کمتر از  $5V_c / 0$  باشد، آرماتور گذاری در دیوار مطابق بند ۹ - ۱۶ - ۲ - ۴ یا ضوابط طراحی دیوارهای بار بر در فصل شانزدهم انجام می‌شود.

در طراحی دیوارها برای برش، مقدار،  $d$  باید برابر با  $0.8l_w$  در نظر گرفته شود. برای  $d$  می‌توان مقدار بزرگتری برابر با فاصله دورترین تار فشاری تا مرکز سطح نیروهای 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.

در محل درزهای اجرایی مقدار  $V_r$  باید براساس عملکرد برش اصطکاکی طبق بند ۹ - ۱۶ - ۳ تعیین گردد.

بحث نهم**۹ - ۱۲ - ۱۶ - ۴ - محدودیت‌های آرماتورها**

$S_h$  مقدار  $\rho_h$  ، نباید کمتر از  $0/00\ 25$  منظور شود. مقدار  $\rho_n$  نباید بیشتر از  $3h$  ،  $\frac{1}{5} l_w$  و یا  $350$  میلی‌متر در نظر گرفته شود.

$\rho_n$  مقدار نباید کمتر از  $0/00\ 25$  و یا کمتر از مقدار رابطه  $(33 - 12 - 9)$  منظور شود:

$$\rho_n = 0/00\ 25 + 0/5(2/5 - \frac{h_w}{l_w})(\rho_h - 0/00\ 25) \quad (33 - 12 - 9)$$

لازم نیست مقدار  $\rho_n$  بیشتر از  $\rho_h$  در نظر گرفته شود. مقدار  $S_h$  نباید بیشتر از  $\frac{1}{3} l_w$  و یا  $350$  میلی‌متر در نظر گرفته شود.

**۹ - ۱۲ - ۱۷ - ضوابط ویژه برای دال‌ها و پی‌ها****۹ - ۱۲ - ۱ - ۱۷ - گستره**

**۹ - ۱۲ - ۱ - ۱ - ۱۷ - 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 - ۱ - ۲ - ۱۷ - دال‌هایی** که زیر اثر بار گستردۀ 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 بندهای  $9 - 12 - 2$  تا  $9 - 12 - 6$  به عمل می‌آید.

**۱۲ - ۹ برش و پیچش**

**۱۲ - ۹ - ۳ - ۱۷ - ۱۲** در دال‌هایی که تحت اثر بارهای قائم یا بارهای جانبی ناشی از باد یا زلزله مستقیماً لنگرهای خمشی را بهستون‌ها منتقل می‌کنند، قسمتی از این لنگر توسط برش ایجاد شده در مقاطع دال در اطراف ستون‌ها منتقل می‌شود. نیروی برشی ایجاد شده به‌این صورت، باید در محاسبات برش منظور گردد. ضوابط مربوط به محاسبه این برش در بند ۹ - ۱۲ - ۵ - ۱۷ داده شده است.

**۱۲ - ۹ - ۲ - ۱۷ - حالت حدی مقاوم نهایی در برش**

**۱۲ - ۹ - ۲ - ۱۷ - ۱** برش دال‌ها و پی‌ها در حوالی بارهای متمرکز و تکیه‌گاه‌های با سطح محدود باید برای دو نوع عملکرد یکطرفه و دو طرفه کنترل شود :

(الف) عملکرد یکطرفه به‌صورت 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 به‌صورت صفحه‌ای عمود بر دال با فاصله  $d$  از لبه سطح اثر بار متمرکز یا از وجه تکیه یا هر تعبیر دیگر در ضخامت دال با تکیه‌گاه، در تمام عرض دال در نظر گرفته می‌شود.

(ب) عملکرد دوطرفه: 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 وجود 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 برابر با  $\frac{d}{2}$  باشند. مقطع بحرانی باید چنان در نظر گرفته شود که محیط چند ضلعی قاعده منشور در آن حداقل باشد. برای ستون‌ها، بارهای متمرکز و سطوح تکیه گاهی دارای مقطع مربع یا مستطیل مقاطع بحرانی می‌توانند دارای چهار ضلع مستقیم باشند.

**مبحث نهم**

**۹ - ۱۲ - ۲ - ۱۷** در دال‌ها و پی‌ها کنترل برش در حالت حدی مقاوم برای عملکرد یک‌طرفه مشابه تیرها است و براساس ضوابط بندهای ۶ - ۱۲ - ۲ - ۹ تا ۹ - ۱۲ - ۶ انجام می‌گیرد.

**۹ - ۱۲ - ۳ - ۲ - ۱۷** در دال‌ها و پی‌ها کنترل برش در حالت حدی مقاوم برای عملکرد دو طرفه باید براساس روابط (۹ - ۱۲ - ۱) و (۹ - ۱۲ - ۲) صورت گیرد. برای تعیین مقادیر  $V_c$  یا  $V_s$  در این روابط برای حالات مختلف طبق ضوابط بندهای ۹ - ۱۲ - ۶ - ۱۷ - ۲ - ۱۷ - ۴ تا ۹ - ۱۲ - ۲ - ۶ رعایت شود.

**۹ - ۱۲ - ۴ - ۲ - ۱۷** در دال‌ها و پی‌هایی که در آنها از آرماتور برشی یا کلاهک برشی استفاده نمی‌شود مقدار  $V_c$ ، برابر با کمترین مقادیر به دست آمده از سه رابطه (۹ - ۱۲ - ۳۴) الی (۹ - ۱۲ - ۳۶) در نظر گرفته می‌شود:

$$V_c = \left(1 + \frac{\gamma}{\beta_c}\right) v_c b_o d \left(\frac{\pi}{\gamma} - \theta\right) \quad (34 - 12 - 9)$$

$$V_c = \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 1\right) v_c b_o d \quad (35 - 12 - 9)$$

$$V_c = \gamma v_c b_o d \quad (36 - 12 - 9)$$

$\alpha_s$  عددی است که برای ستون‌های میانی برابر با ۲۰، برای ستون‌های کناری ۱۵ و برای ستون‌های گوشه ۱۰ در نظر گرفته می‌شود.

**۹ - ۱۲ - ۵ - ۲ - ۱۷** در دال‌ها و پی‌هایی که در آن‌ها از آرماتور برشی برای تأمین مقاومت برشی استفاده می‌شود مقدار  $V_c$  و  $V_s$  براساس ضوابط (الف) الی (پ) تعیین می‌شوند:

(الف) مقدار  $V_c$  از رابطه (۹ - ۱۲ - ۳۷) محاسبه می‌شود:

**۱۲ - ۹ برش و پیچش**

$$V_c = v_c b_0 d \quad (37 - ۹)$$

ب) مقدار  $V_s$  ، با استفاده از ضوابط بند ۹ - ۱۲ - ۴ محاسبه می شود.

پ) در این حالت مقدار  $V_r$  نباید بیشتر از  $3v_c b_0 d$  در نظر گرفته شود.

**۹ - ۱۲ - ۱۷ - ۶** در دال هایی که در آنها از کلاهک برشی به صورت پروفیل های فولادی به شکل L یا ناوданی و یا مشابه آنها برای تأمین مقاومت برشی استفاده می شود، مقدار  $V_r$  ، با شرط رعایت محدودیت های بند ۹ - ۱۲ - ۱۷ - ۳ طبق ضوابط (الف) و (ب) تعیین می شود:

(الف) در حالتی که دال تنها برش ناشی از بارهای قائم را به ستون منتقل می کند،  $V_s$  مساوی کمترین دو مقدار زیر در نظر گرفته می شود:

$$V_r = 3/5 v_c b_0 d \quad (38 - ۹)$$

$$V_r = 2v_c b_{om} d \quad (39 - ۹)$$

در این روابط  $b_0$  محیط چند ضلعی مقطع بحرانی طبق تعریف بند ۹-۱۷-۱۲-۱-۲-۱-۲-۱-۲-۱-۲-۱-۲ است.  $b_{om}$  محیط چند ضلعی مقطع بحرانی خاص طبق تعریف بند ۹ - ۱۲ - ۱۷ - ۲ - ۷ است.

(ب) در حالتی که دال علاوه بر برش ناشی از بارهای قائم باید لنگر خمی به ستون منتقل نماید،  $V_r$  باید چنان باشد که ضوابط بند ۹ - ۱۲ - ۱۷ - ۵ - ۳ - ب تأمین شود.

**۹ - ۱۲ - ۱۷ - ۲ - ۷** مقطع بحرانی خاص که در دال های با کلاهک برشی برای کنترل نیروی برشی مقاوم مقطع باید مورد استفاده قرار گیرد، سطح جانبی منشوری است که وجود آن عمود بر دال و در فاصله  $(1_v - 0.5)(1_v - 0.75)$  از برستون قرار دارند. مقطع بحرانی خاص باید چنان در نظر گرفته شود که محیط چند ضلعی قاعده منشور در آن حداقل باشد لزومی ندارد فاصله وجود منشور از برستون کمتر از  $\frac{d}{2}$  در نظر گرفته شود. مقدار محیط این چند ضلعی  $b_{om}$  نامیده می شود.

**مبحث نهم****۹ - ۱۲ - ۱۷ - ۳ - ضوابط و محدودیت‌های کلاهک‌های برشی**

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

۹ - ۱۲ - ۱۷ - ۳ - ۲ - لنگر خمشی مقاوم هر بازوی کلاهک برشی در حد پلاستیک نباید کمتر از مقدار رابطه (۹ - ۱۲ - ۴۰) باشد:

$$M_p = \frac{V_u}{2\eta} [h_v + \alpha_v (l_v - 0.5c_1)] \quad (40 - 12 - 9)$$

در این رابطه  $\eta$  و  $c_1$  بر اساس ملاحظات بند ۹ - ۱۷ - ۲ - ۶ مورد نیاز می‌باشد.

۹ - ۱۲ - ۱۷ - ۳ - ۳ - انتهای هر بازوی کلاهک را می‌توان با زاویه‌ای بیشتر از ۳۰ درجه نسبت به‌افق برید به‌شرطی که لنگر خمشی پلاستیک مقطع باریک شده باقیمانده، برای تحمل نیروی برشی تخصیص داده شده برای آن بازو کافی باشد.

۹ - ۱۲ - ۱۷ - ۳ - ۴ - مقطع کلاهک برشی باید با توجه به ضوابط زیر انتخاب شود:

- الف) ارتفاع مقطع کلاهک نباید بیشتر از ۷۰ برابر ضخامت جان آن باشد.
- ب) کلیه بال‌های فشاری مقطع کلاهک باید در داخل محدوده‌ای به فاصله  $d/3$  در دورترین تار فشاری دال یا پی قرار داده شود.
- پ) نسبت سختی خمشی هر بازوی کلاهک به سختی خمشی مقطع ترک خورده دال مرکب با پهنای  $(c_2 + d)$ ،  $\alpha_v$ ، نباید کمتر از ۰/۱۵ باشد.

**۱۲ - ۹ برش و پیچش**

**۱۲ - ۳ - ۵ - ۱۷ - ۹** مقاومت خمشی بازوهای کلاهک را می‌توان در کمک به لنگر خمشی مقاوم دال در نوار ستونی دخالت داد. مقدار کمک هر بازو از رابطه (۴۱ - ۱۲ - ۹) تعیین می‌شود:

$$M_v = \frac{\alpha_v V_u}{\gamma \eta} (\ell_v - 0.5 c_1) \quad (41 - 12 - 9)$$

در این رابطه  $\ell_v$  طول واقعی بازو است که به کار گرفته شده است، مقدار  $M_v$  نباید بیشتر از مقادیر (الف) الی (پ) 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  $\ell_v$

(پ) مقدار  $M_p$

**۱۲ - ۳ - ۶ - ۱۷ - ۹** در مواردی که دال یا پی باید لنگر خمشی به ستون منتقل نماید، کلاهک باید به قدر کافی مهار شده باشد که بتواند لنگر خمشی  $M_p$  را منتقل نماید.

**۱۲ - ۴ - ۱۷ - بازشوها در دالها**

**۱۲ - ۴ - ۱ - ۱۷ - ۹** در مواردی که در یک دال بازشویی در فاصله کمتر از ۵ه برابر ضخامت دال از سطح اثر بار متتمرکز یا سطح تکیه‌گاه محدود و یا در مواردی که باز شویی در نوار ستونی دال تختی واقع شود، مقاطع بحرانی که برای کنترل برش در بندهای ۹ - ۱۲ - ۱ - ۲ - ۱۷ - ۹ - ۱۲ - ۲ - ۱ - ۱۷ - ۹ - ۴ - ۳ اصلاح می‌شوند.

**۱۲ - ۴ - ۲ - ۱۷ - ۹** 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 متتمرکز یا مرکز تکیه‌گاه قطع می‌شود، بی‌اثر فرض می‌گردد.

بحث نهم

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

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

**۹ - ۱۲ - 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 براساس ضوابط بند ۹ - ۱۵ - ۳ - ۳ و بقیه آن،  $M_{uv}$  ، از رابطه (۹ - ۱۲ - ۴۲) محاسبه می‌شود:

$$M_{uv} = \left( 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{b_1}{b_2}}} \right) M_u \quad (42 - 12 - 9)$$

**۹ - ۱۲ - 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 - 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 - 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 (الف) و (ب) رعایت شوند:

(الف) در دال‌های بدون کلاهک برشی، مجموع تنش برشی ناشی از بارهای قائم در مقطع بحرانی طبق تعریف بند ۹ - ۱۲ - ۲ - ۱ - ب و حداکثر تنش برشی

محاسبه شده در بند ۹ - ۱۲ - ۵ - ۲ باید کمتر از مقدار  $\frac{V_r}{b_0 d}$  باشد.

**۱۲ - ۹ برش و پیچش**

ب) در دال‌های باکلاهک برشی، مجموع تنش برشی ناشی از بارهای قائم در مقطع بحرانی خاص، طبق تعریف بند ۹ - ۱۷ - ۲ - ۷ وحداکثر تنش برشی محاسبه شده در بند ۹ - ۱۷ - ۵ - ۲ باید کمتر از  $27\%$  باشد.

**۱۸ - ۱۲ - ۹ ضوابط ویژه برای اتصالات قاب‌ها**

**۱۸ - ۱۲ - ۹** در مواردی که بارهای قائم، باد، زلزله و یا سایر بارهای جانبی موجب انتقال لنگرخمشی در اتصالات اعضاي قاب به ستون‌ها می‌شوند، ستون‌ها و اتصالات آنها به اعضای قاب باید برای برش حاصل از این لنگر خمشی طراحی شوند.

**۱۸ - ۱۲ - ۹ - ۲** در محل اتصالات صلب اعضاي قاب به ستون‌ها باید آرماتور برشی معادل حداقل آنچه در رابطه (۹ - ۱۲ - ۱۳) داده شده است با فرض  $b_w$  برابر بزرگترین بعد ستون، 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.

**۱۸ - ۱۲ - ۹ - ۳** در اتصالات قاب‌هایی که جزء عناصر مقاوم در مقابل بارهای جانبی زلزله با فرض شکل‌پذیری متوسط و زیاد می‌باشند، ضوابط خاص باید رعایت شوند. این ضوابط در فصل بیستم داده شده‌اند.



## ۹ - ۱۳ آثار لاغری - کمانش

### ۹ - ۱۳ - ۰ علایم اختصاری

$A_g$  = مساحت کل مقطع، میلی متر مربع

$C_m$  = ضریبی که مقادیر واقعی لنگر را به مقادیر معادل با لنگر یکنواخت تبدیل می کند.

$e$  = برون محوری بار میلی متر

$e_{min}$  = حداقل برون محوری بار میلی متر

$E_c$  = ضریب ارجاعی بتن، مگاپاسکال

$E_e$  = سختی خمشی مؤثر عضو (معادل  $E_e$ )

$E_s$  = ضریب ارجاعی فولاد، مگاپاسکال

$f_y$  = مقاومت مشخصه فولاد ( $f_{yk}$ )، مگاپاسکال، که برای تسهیل کار در این

فصل حرف  $k$  در زیرنویس حذف شده است.

بحث نهم

$h =$  ارتفاع مقطع، میلی‌متر

$h_s =$  ارتفاع طبقه، میلی‌متر

$H_u =$  بار کل جانبینهایی وارد بر طبقه، نیوتن

$I_e =$  ممان اینرسی مؤثر مقطع، میلی‌متر به توان چهار

$I_g =$  ممان اینرسی کل مقطع، میلی‌متر به توان چهار

$k =$  ضریب طول مؤثر

$l_u =$  طول آزاد یا مهارنشده عضو فشاری، میلی‌متر

$M_c =$  لنگر خمشینهایی تشدید شده، نیوتن - میلی‌متر

$M_1 =$  کوچکترین لنگر خمشینهایی 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 خمشینهایی انتهای عضو فشاری، در انتهایی که  $M_1$  بر آن اثر می‌کند، تحت

اثر بارهایی که تغییر مکان جانبی قابل ملاحظه‌ای ایجاد نمی‌کند، نیوتن -

میلی‌متر

$M_{1s} =$  لنگر خمشینهایی انتهای عضو فشاری، در انتهایی که  $M_1$  بر آن اثر می‌کند،

تحت اثر بارهایی که تغییر مکان جانبی قابل ملاحظه‌ای ایجاد می‌کند، نیوتن -

میلی‌متر

$M_2 =$  بزرگترین لنگر خمشینهایی دو انتهای عضو فشاری (مقدار  $M_2$  همواره

مثبت فرض می‌شود)، نیوتن - میلی‌متر

$M_{2b} =$  لنگر خمشینهایی انتهای عضو فشاری، در انتهایی که  $M_2$  بر آن اثر می‌کند،

تحت اثر بارهایی که تغییر مکان جانبی قابل ملاحظه‌ای ایجاد نمی‌کند، نیوتن -

میلی‌متر

$M_{2s} =$  لنگر خمشینهایی انتهای عضو فشاری، در انتهایی که  $M_2$  بر آن اثر می‌کند،

تحت اثر بارهایی که تغییر مکان جانبی قابل ملاحظه‌ای ایجاد می‌کند، نیوتن -

میلی‌متر

**۱۳ - ۹ آثار لاغری - کمانش** $M_2 = M_{2\min}$  $N_c = \text{بار بحرانی، نیوتن}$  $N_u = \text{بار محوری فشاری نهایی، نیوتن}$  $Q = \text{ضریب پایداری طبقه}$  $r = \text{شعاع ژیراسیون، میلی‌متر}$ 

الف) برای قاب‌های مهار شده  $\beta_d$  نسبت بار محوری دائمی نهایی به بار محوری نهایی کل می‌باشد.

ب) برای قاب‌های مهار نشده،  $\beta_d$  نسبت برش نهایی دائمی یک طبقه به برش نهایی کل آن طبقه می‌باشد.

 $\delta_b = \text{ضریب تشدید متعلق به اثر انحنای قطعه}$  $\delta_s = \text{ضریب تشدید متعلق به اثر تغییر مکان جانبی}$  $\delta_u = \text{تغییر مکان جانبی طبقه نسبت به طبقه زیرین به‌ازای هر ترکیب بار مشخص}$  $\phi_n = \text{ضریب اصلاحی}$ 

٪ = نسبت مجموع سختی ستون‌ها به مجموع سختی تیرهای منتهی به یک‌گره در یک صفحه

 $\Psi_m = \text{متوسط مقدار } \Psi \text{ در دو انتهای عضو فشاری}$  $\Psi_{\min} = \text{کوچکترین مقدار } \Psi \text{ در دو انتهای عضو فشاری}$ **۱ - ۱۳ - ۹ گستره**

**۱ - ۱ - ۱ - ۱** در این فصل آثار ناشی از بار محوری در قطعات میله‌ای لاغر تحت فشار بدون خمش یا همراه با خمش و نحوه منظور کردن آنها در طراحی قطعات مورد بررسی قرار می‌گیرد. این آثار در مجموع آثار لاغری نامیده خواهند شد.

**مبحث نهم**

**۹ - ۱ - ۲ - 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 خمی ای هستند که به علت عدم انطباق مرکز سطح مقطع بر خطی که دو انتهای بخشی از طول عضو را به هم وصل می‌کند، به وجود می‌آیند.

(ب) آثار ناشی از تغییر مکان جانبی، لنگرهای خمی و نیروهای داخلی دیگری هستند که در مقاطع قطعه به علت بروز 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 - ۱ - ۲ - کلیات**

**۹ - ۲ - ۱ - طراحی قطعات فشاری، تیرهای مقیدکننده آنها و اعضای دیگر تحمل کننده بار این قطعات باید برای نیروها و لنگرهایی که از تحلیل مرتبه دوم سازه به دست آمدہاند، انجام گیرد. در این تحلیل علاوه بر نیروهای وارد بر سازه که در تحلیل مرتبه اول سازه‌ها مورد نظر قرار می‌گیرند، باید آثار لاغری مطابق آنچه در بند (۹ - ۱ - ۱) گفته شد، آثار تغییرات ممان اینرسی ناشی از ترک خوردنگی، رفتار غیرخطی مصالح، جمع شدگی و نیز آثار تابع زمان بارهای درازمدت در نظر گرفته شوند.**

**۹ - ۲ - ۲ - در صورتی که آثار گفته شده در بند ۹ - ۱ - ۲ - ۱ در تحلیل سازه منظور نشده باشند، می‌توان آنها را به طور تقریب با استفاده از روش «تشدید لنگرهای خمی» طبق بند (۹ - ۱ - ۳ - ۸) با رعایت محدودیت بند ۹ - ۱ - ۷ - ۳ محاسبه کرد.**

**۱۳ - ۹ آثار لاغری - کمانش****۱۳ - ۳ - ۳ طبقات مهارشده جانبی**

**۱۳ - ۳ - ۱** طبقه مهارشده به طبقه‌ای گفته می‌شود که تغییر مکان جانبی نسبی آن ناچیز باشد. چنانچه ضریب پایداری طبقه، که از رابطه (۱۳ - ۹) به دست می‌آید کوچکتر از  $0.05$  باشد، طبقه مهارشده جانبی تلقی می‌شود. در این حالت تمامی قطعات فشاری واقع در این طبقه اصطلاحاً «مهار شده» نامیده می‌شود.

$$Q = \frac{\sum N_u \delta_u}{H_u h_s} \quad (1 - 13 - 9)$$

محاسبه  $\delta$  با توجه به ضوابط بند ۹ - ۸ - ۱ انجام می‌گیرد.

**۱۳ - ۳ - ۲** در ساختمان‌های کوتاه متعارف تا ۴ طبقه در صورتی که مجموع سختی جانبی اعضای مهارکننده 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.

**۱۳ - ۴ - ۱ طول آزاد قطعات فشاری**

**۱۳ - ۴ - ۱** طول آزاد قطعه فشاری،  $l$  برابر است با فاصله آزاد بین دال‌های طبقات، تیرها یا سایر قطعاتی که قادر به ایجاد تکیه‌گاه جانبی برای آن قطعه باشند.

**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.

بحث نهم**٩ - ١٣ - ٥ طول مؤثر قطعات فشاری**

**٩ - ١٣ - ٥ - ١** طول مؤثر قطعه فشاری،  $k_{ll}$  را می‌توان طبق بندهای ٩ - ١٣ - ٥ - ٢ تا ٩ - ١٣ - ٥ - ٤ محاسبه کرد مگر آن که با انجام تحلیل دقیقی که در آن آثار ناشی از ترک خوردگی قطعات بر روی سختی جانبی آنها منظور شده باشد، بتوان طول مؤثر دیگری به دست آورد.

**٩ - ١٣ - ٥ - ٢** مقدار  $k$  در قطعات فشاری مهار شده را می‌توان برابر با یک و یا کوچکترین دو مقدار به دست آمده از روابط (٩ - ١٣ - ٢) و (٩ - ١٣ - ٣) منظور نمود.

$$k = 0.7 + 0.1 \psi_m \leq 1 \quad (٩ - ١٣ - ٢)$$

$$k = 0.85 + 0.05 \psi_{min} \leq 1 \quad (٩ - ١٣ - ٣)$$

**٩ - ١٣ - ٥ - ٣** مقدار  $k$  در قطعات فشاری مهار نشده‌ای که در دو انتهای مقید باشند با استفاده از رابطه (٩ - ١٣ - ٤) یا رابطه (٩ - ١٣ - ٥) به دست می‌آید:

در مواردی که  $\psi_m < 2$  باشد:

$$k = (1 - 0.05 \psi_m) \sqrt{1 + \psi_m} \geq 1 \quad (٩ - ١٣ - ٤)$$

و در مواردی که  $\psi_m \geq 2$  باشد:

$$k = 0.9 \sqrt{1 + \psi_m} \quad (٩ - ١٣ - ٥)$$

**٩ - ١٣ - ٥ - ٤** مقدار  $k$  در قطعه فشاری مهار نشده‌ای که یک انتهای آن مفصلی باشد، با استفاده از رابطه ٩ - ١٣ - ٦ به دست می‌آید:

$$k = 2 + 0.3 \psi \quad (٩ - ١٣ - ٦)$$

که در آن  $\psi$  مربوط به انتهای غیرمفصلی است.

**۱۳ - ۹ آثار لاغری - کمانش**

**۱۳ - ۵ - ۵** در محاسبه ممان‌های اینرسی برای تعیین  $\psi$  ، در روابط  $(۹ - ۱۳ - ۶)$  تا  $(۹ - ۱۳ - ۲)$  باید از ضوابط بند  $۹ - ۱۳ - ۸ - ۱$  استفاده نمود.

**۱۳ - ۵ - ۶** در محل اتصال ستون به شالوده در صورت انتخاب اتصال مفصل می‌توان مقدار  $\psi$  را برابر با  $0^{\circ}$  و در صورت انتخاب اتصال گیردار می‌توان مقدار  $\psi$  را برابر یک در نظر گرفت.

**۱۳ - ۶ شعاع ژیراسیون**

**۱۳ - ۶ - ۱** شعاع ژیراسیون،  $I_g$ ، را می‌توان به شرح زیر محاسبه کرد:

الف) در مقاطع مستطیلی:  $0^{\circ}/3$  برابر بعد کلی مقطع در امتدادی که اثر لاغری مورد بررسی است.

ب) در مقاطع گرد  $0^{\circ}/25$  برابر قطر.

پ) در سایر مقاطع شعاع ژیراسیون در امتداد مورد نظر با استفاده از رابطه  $(۷ - ۱۳ - ۹)$

محاسبه می‌شود:

$$r = \sqrt{\frac{I_g}{A_g}} \quad (۷ - ۱۳ - ۹)$$

**۱۳ - ۷ - ۷ ضوابط اثر لاغری**

**۱۳ - ۷ - ۱** در قطعات فشاری مهار شده در صورتی که  $k \frac{l_u}{r} \leq (34 - 12 \frac{M_1}{M_2})$  در

باشد، می‌توان از اثر لاغری صرفنظر کرد. مقدار  $(34 - 12 \frac{M_1}{M_2})$  را نبایستی بیش از  $40^{\circ}$  در

**مبحث نهم**

نظر گرفت. نسبت  $\frac{M_1}{M_2}$  مثبت است اگر این دو لنگر موجب انحنای ستون در یک جهت شوند و منفی است اگر این دو لنگر موجب انحنای ستون در دو جهت شوند.

**۹ - ۱۳ - ۷ - ۲** در قطعات فشاری مهار نشده در صورتی که  $k \frac{l_u}{r} \leq 22$  باشد، می‌توان از اثر لاغری صرفنظر کرد.

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

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

## **۹ - ۱۳ - ۸ - روش تشدید لنگرهای خمی**

### **۹ - ۱۳ - ۸ - ۱ کلیات**

در این روش لنگرهای خمی به دست آمده از تحلیل الاستیکی مرتبه اول 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 مذبور مبنای طراحی قطعه فشاری قرار می‌گیرند. در تحلیل الاستیکی خطی باید آثار ترک خورده‌گی اجزای سازه‌ای و آثار بارهای درازمدت بنحوی مناسب منظور گردد. به این منظور استفاده از مقادیر توصیه شده در بند ۹ - ۱۰ - ۸ - ۳ قابل قبول است. در صورت حضور بارهای جانبی درازمدت، مقادیر  $E_e$  باید به مقدار  $(d + \beta_d)$  تقسیم شوند.

## ۱۳ - ۹ آثار لاغری - کمانش

## ۲ - ۸ - ۱۳ - ۹ تشدید لنگر در طبقات مهار شده

در قطعات فشاری طبقات مهار شده مقدار  $M_c$  از رابطه ۸ - ۹ محاسبه می شود:

$$M_c = \delta_b M_{vb} \quad (8 - 13 - 9)$$

ضریب  $\delta_b$  از رابطه (۹ - ۱۳ - ۹) محاسبه می شود:

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{N_u}{\phi_n N_c}} \geq 1 \quad (9 - 13 - 9)$$

که در آن  $\phi_n = 0.75$  است.

در این رابطه ضریب  $C_m$  و بار بحرانی  $N_c$  به شرح زیر محاسبه می شوند:

ضریب  $C_m$  ، در مواردی که در فاصله بین دو انتهای قطعه فشاری بار جانبی وارد نشود از

رابطه (۹ - ۱۳ - ۱۰) محاسبه می گردد:

$$C_m = 0.6 + 0.4 \left( \frac{M_{vb}}{M_{vb}} \right) \geq 0.4 \quad (10 - 13 - 9)$$

در سایر موارد  $C_m = 1$  است.

در رابطه (۹ - ۱۳ - ۱۰) نسبت  $\frac{M_{vb}}{M_{vb}}$  با توجه به بند ۹ - ۷ - ۱۳ - ۱ در نظر

گرفته شود.

بار بحرانی  $N_c$  از رابطه (۱۱ - ۱۳ - ۹) محاسبه می شود:

$$N_c = \frac{\pi^2 EI_e}{(kl_u)^2} \quad (11 - 13 - 9)$$

که در آن:

$$E_e = \frac{0.2 E_c I_g + E_s I_{se}}{1 + \beta_d} \quad (12 - 13 - 9)$$

مبحث نهم

یا به طور تقریبی

$$E_e = 0.25 E_c I_g \quad (13-13-9)$$

ضریب  $k$  در رابطه (9-13-11)، برای محاسبه  $\delta_b$ ، از بند ۹-۱۳-۵-۲ به دست می‌آید.

**۹-۱۳-۸-۳- تشدید لنگر در طبقات مهار نشده**

در طبقات مهار نشده تشدید لنگرها با توجه به موارد مندرج در بندهای ۹-۱۳-۸-۳-۱، ۹-۱۳-۸-۳-۵ صورت می‌گیرد.

**۹-۱۳-۸-۳-۱** در قطعات فشاری طبقات مهار نشده، لنگرهای  $M_1$  و  $M_2$  از روابط (9-13-14) و (9-13-15) محاسبه می‌گردند.

$$M_1 = M_{1b} + \delta_s M_{1s} \quad (14-13-9)$$

$$M_2 = M_{2b} + \delta_s M_{2s} \quad (15-13-9)$$

مقادیر  $\delta_s M_{1s}$  و  $\delta_s M_{2s}$  را می‌توان با استفاده از یکی از روش‌های بندهای ۹-۱۳-۸-۳-۲-۱۳-۶-۴-۳-۸-۱۳-۲ الی ۹-۱۳-۸-۳-۱۳-۹ محاسبه نمود. طراحی ستون بر مبنای بار محوری نهایی وارد و لنگر خمی محاسبه شده  $M_2$  از رابطه (15-13-9) انجام می‌گیرد.

**۱۳ - ۹ آثار لاغری - کمانش**

**۱۳ - ۸ - ۲ - لنگرهای تشدید یافته  $\delta_s M_{ls}$  و  $\delta_s M_{rs}$**  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.

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

$$\delta_s = \frac{1}{1-Q} \geq 1 \quad (16 - 13 - 9)$$

**۱۳ - ۸ - ۴ - روش دیگر محاسبه لنگرهای تشدید یافته  $\delta_s M_{ls}$  و  $\delta_s M_{rs}$**  استفاده از رابطه (۹ - ۱۳ - ۱۷) جهت محاسبه  $\delta_s$  است.

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum N_u}{\phi_n \sum N_c}} \geq 1 \quad (17 - 13 - 9)$$

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 - ۵ - ۴ به دست می‌آید.

مبحث نهم**٩ - ١٣ - ٩ حداقل بروون محوری بار**

**٩ - ١٣ - ٩** در قطعات فشاری مهارشده چنانچه بار محوری و لنگر خمثی حاصل از تحلیل الاستیکی مرتبه اول چنان باشد که بروون محوری بار در آنها کمتر از مقدار به دست آمده از رابطه (٩ - ١٣ - ١٨) باشد:

$$e_{min} = 15 + 0.03h \quad (18 - 9)$$

باید  $e_{min}$  را به عنوان بروون محوری بار در محاسبات لنگر خمثی عضو و اثر لاغری منظور کرد. این بروون محوری باید برای خمث حول هر دو محور اصلی مقطع، به طور جداگانه، به کار گرفته شود. در این صورت لنگر خمثی  $M_2 min$  از رابطه (٩ - ١٣ - ١٩) به دست می آید.

$$M_2 min = N_u (15 + 0.03h) \quad (19 - 9)$$

در این حالت می توان  $C_m$  را برابر با یک در نظر گرفته و یا بر اساس لنگر خمثی  $M_1$  و  $M_2$  در دو انتهای عضو محاسبه نمود.

### **٩ - ١٣ - ١٠ اثر لاغری در قطعات فشاری تحت اثر خمث دو محوره**

اثر لاغری در قطعات فشاری تحت اثر خمث دو محوره برای هر یک از دو محور اصلی، با توجه به شرایط تکیه گاهی دو انتهای قطعه حول همان محور، به طور جداگانه محاسبه می شوند.

---

**۱۳ - ۹ آثار لاغری - کمانش****۱۳ - ۹ - ۱۱ تشدید لنگر خمثی در قطعات خمثی متصل****به قطعات فشاری**

**۱۳ - ۹ - ۱۱ - ۱** در قاب‌های مهارنشده، قطعات خمثی متصل به قطعات فشاری

باید برای مجموع لنگرهای خمثی تشدید شده قطعات فشاری در آن اتصال طراحی شوند.

**۱۳ - ۹ - ۱۱ - ۲** در قاب‌های مهارشده برای قطعات خمثی متصل به قطعات

فشاری در نظر گرفتن اثری از لنگرهای خمثی تشدید شده قطعات فشاری، لازم نمی باشد.



## ۱۴ - ۹ تغییر شکل و ترک خوردگی

### ۱۴ - ۰ علایم اختصاری

$A =$  مساحت مؤثر کششی بتن تقسیم بر تعداد میلگردها، سطح مؤثر کششی بتن سطحی است محدود به لبه خارجی کششی 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، میلی‌متر مربع

$d =$  ارتفاع مؤثر مقطع، میلی‌متر

$d_c =$  ضخامت قشر محافظت 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

بحث نهم

$f_r$  = مدول گسیختگی بتن، مگاپاسکال

$f_s$  = تنش در آرماتور کششی زیر اثر بارهای بهره‌برداری، مگاپاسکال

$f_y$  = مقاومت مشخصه فولاد ( $f_{yk}$ )، مگاپاسکال، که برای سهولت در این فصل حرف  $k$  در زیرنویس حذف شده است.

$h$  = ارتفاع کل مقطع، میلی‌متر

$I_{cr}$  = ممان اینرسی مقطع ترک‌خورده با در نظر گرفتن اثر آرماتورها، میلی‌متر به‌توان چهار

$I_e$  = ممان اینرسی مؤثر مقطع، میلی‌متر به‌توان چهار

$I_{eL}$  = ممان اینرسی مؤثر مقطع در تکیه‌گاه سمت چپ

$I_{eR}$  = ممان اینرسی مؤثر مقطع در تکیه‌گاه سمت راست

$I_{em}$  = ممان اینرسی مؤثر مقطع در وسط دهانه

$I_g$  = ممان اینرسی مقطع ترک‌خورده بدون در نظر گرفتن اثر آرماتورها، میلی‌متر به‌توان چهار

$l$  = طول دهانه مؤثر، میلی‌متر

$l_n$  = طول دهانه آزاد در امتداد دهانه بزرگ‌تر دال‌های دوطرفه، که برابر با فاصله بر تا  
بر تکیه‌گاه‌ها یا تیرهای تکیه‌گاهی می‌باشد، میلی‌متر

$M_a$  = حداکثر لنگر خمشی در حالت بهره‌برداری، نیوتون - میلی‌متر

$M_{cr}$  = لنگر خمشی ترک‌خوردگی، نیوتون - میلی‌متر

$y_t$  = فاصله محور خنثی در مقطع ترک‌خورده، بدون در نظر گرفتن اثر آرماتورها از  
دورترین تار کششی، میلی‌متر

$w$  = عرض ترک، میلی‌متر

$\alpha$  = نسبت سختی خمشی مقطع تیر به سختی خمشی نواری از دال که از طرفین به  
محورهای مرکزی چشمهدای مجاور در صورت وجود، محدود شده باشد.

$\alpha_m$  = متوسط مقدار  $\alpha$  برای تمام تیرهای روی لبه یک چشمده دال

$\beta$  = نسبت طول دهانه آزاد بزرگ‌تر به طول دهانه آزاد کوچک‌تر در دال‌های دوطرفه

$\gamma$  = ضریب تابع زمان برای بارهای دائمی

$\lambda$  = ضریبی برای محاسبه اضافه افتادگی درازمدت

$\rho'$  = نسبت سطح مقطع آرماتور فشاری به سطح مؤثر  $(\rho' = \frac{A'_s}{A_e})$

**۱۴ - ۹ تغییرشکل و ترک خوردگی****۱ - ۱۴ - ۹ گستره**

**۱ - ۱۴ - ۹** ضوابط این فصل باید برای اعضای خمشی تحت شرایط حالت‌های حدی بهره‌برداری کنترل شوند. این ضوابط شامل محاسبه تغییر شکل و ترک خوردگی و محدودیت‌های مربوط به آنها است.

**۲ - ۱۴ - ۹** محاسبه تغییر شکل و ترک خوردگی بر مبنای ترکیبات بارگذاری مربوط به حالت حدی بهره‌برداری مطابق ضوابط بند ۹ - ۱۰ - ۱۱ و تغییرات خطی و ارجاعی تنش - کرنش بتن و فولاد انجام می‌شود.

**۲ - ۱۴ - ۹ تغییرشکل**

**۱ - ۲ - ۱۴ - ۹** در قطعات تحت خمش، سختی قطعات باید به اندازه‌ای باشد که تغییرشکل ایجاد شده شرایط مطلوب بهره‌برداری را حفظ کند.

**۲ - ۱۴ - ۹** در محاسبه سختی قطعات باید اثر ترک خوردگی بتن و اثر میلگردها در نظر گرفته شود.

**۳ - ۲ - ۱۴ - ۹** در محاسبه تغییرشکل علاوه بر تغییر شکل‌های کوتاه مدت و آنی باید تغییر شکل مربوط به بارهای دائمی و درازمدت نیز منظور گردد.

**۴ - ۲ - ۱۴ - ۹ محاسبه تغییرشکل در تیرها و دالهای یک طرفه**

**۱ - ۴ - ۲ - ۱۴ - ۹** تغییرشکل آنی اجزای بتن‌آرمه را می‌توان با استفاده از روش‌های معمول تحلیل سازه‌ها و روابطی که براساس رفتار خطی مصالح تنظیم شده‌اند، محاسبه

مبحث نهم

کرد. در این روش‌ها و روابط مقدار  $E_c$  باید بر طبق رابطه (۹ - ۱۰) و ممان اینرسی مؤثر قطعه باید طبق ضوابط بند ۹ - ۱۴ - ۲ - ۴ در نظر گرفته شوند.

**۹ - ۱۴ - ۲ - ۴ - ۲** ممان اینرسی مؤثر اعضا براساس مشخصات مقطع و میزان ترک خورده‌گی آنها به شرح الف و ب این بند محاسبه می‌شود:

الف) در وسط دهانه اعضا تکیه گاههای ساده و در تکیه‌گاه اعضا طرهای از رابطه (۹ - ۱۴ - ۱) محاسبه می‌شود:

$$I_e = I_{cr} + (I_g - I_{cr}) \left( \frac{M_{cr}}{M_a} \right)^r \quad (9 - 14 - 1)$$

در این رابطه مقدار  $M_{cr}$  از رابطه (۹ - ۱۴ - ۲) محاسبه می‌شود:

$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y_t} \quad (9 - 14 - 2)$$

مقدار  $f_r$  نیز با استفاده از رابطه (۹ - ۱۴ - ۳) محاسبه می‌شود:

$$f_r = 0.6 \sqrt{f_c} \quad (9 - 14 - 3)$$

مقدار  $I_e$  در هیچ حالت نباید بیشتر از  $I_g$  در نظر گرفته شود.

ب) در قطعات یکسره، ممان اینرسی مؤثر برابر با مقدار متوسط ممان اینرسی مؤثر قطعه که بر اساس مشخصات مقاطع بحرانی در وسط دهانه و بر روی تکیه‌گاهها و با استفاده از رابطه (۹ - ۱۴ - ۴) محاسبه شده باشد، در نظر گرفته می‌شود. در اعضا یکسره ممان اینرسی مؤثر را می‌توان برابر با مقدار این ممان اینرسی در مقطع بحرانی، در وسط دهانه منظور کرد.

$$I_e = \frac{1}{4} (I_{eL} + 2I_{em} + I_{eR}) \quad (9 - 14 - 4)$$

**۹ - ۱۴ - ۲ - ۴ - ۳** تغییرشکل اضافی ایجادشده در اعضا در طول زمان را که معمولاً «اضافه افتادگی درازمدت» نامیده می‌شود، در صورت عدم استفاده از روش‌های تحلیلی دقیق‌تر، می‌توان از حاصل ضرب تغییرشکل آنی ناشی از بار دائمی در ضریب  $\lambda$

**۱۴ - ۹ تغییرشکل و ترک خوردگی**

که از رابطه (۱۴ - ۹) مشخص شده است، به دست آورده:

$$\lambda = \frac{\gamma}{1 + \rho} \quad (14 - 9)$$

در این رابطه  $\rho$  مربوط به مقطع وسط دهانه در اعضای با تکیه‌گاه‌های ساده یا پیوسته و مقطع تکیه‌گاه، در اعضای طره‌ای است. مقدار ضریب وابسته به زمان،  $\gamma$ ، را برابر با مقادیر زیر در نظر گرفته می‌شود:

**جدول ۹ - ۱۴ - ۰** مقدار ضریب  $\gamma$  وابسته به زمان

۲/۰	زمان ۵ سال یا بیشتر
۱/۴	زمان ۱۲ ماه
۱/۲	زمان ۶ ماه
۱/۰	زمان ۳ ماه

**۱۴ - ۹ - ۲ - ۵ محدودیت تغییرشکل در تیرها و دالها**

تغییرشکل ایجاد شده در تیرها و دالها نباید از مقادیر مشخص شده جدول ۹ - ۱۴ - ۱ تجاوز کند.

۱۴ - ۹ - ۲ - ۵ در ساختمان‌های متعارف مسکونی، اداری و تجاری رعایت محدودیت‌های شماره‌های ۲ و ۴ از جدول شماره ۹ - ۱۴ - ۱ کافی تلقی می‌شود.

۱۴ - ۹ - ۲ - ۵ - ۳ در ساختمان‌های متعارف و تحت بارگذاری‌های معمول در تیرها و دالهای یکطرفه‌ای که ارتفاع یا ضخامت آنها از مقادیر مندرج در جدول شماره ۹ - ۱۴ - ۲ بیشتر است، محاسبه تغییرشکل الزامی نیست. مشروط بر آنکه این تیرها و

**مبحث نهم**

دال‌ها بر قطعاتی غیرسازهای مانند دیوارهای تقسیم که تغییرشکل زیاد در آنها خساراتی ایجاد کند، متصل نباشند و یا آنها را نگهداری نکنند.

**۹ - ۲ - ۱۴ - ۵ - ۴** در مورد تیرهایی که محدودیت‌های نسبت دهانه به ارتفاع جدول شماره ۹ - ۲ - ۱۴ - ۲ را جوابگو نیستند، و یا ستون‌های با بیش از سه درصد فولاد (در محلی غیر از محل وصله‌ها) مقدار تنش فشاری بتن تحت بارهای بلندمدت بدون ضریب به  $c_{sf}^e / 45\%$  و تحت بارهای بهره‌برداری به  $c_{sf}^e / 60\%$  محدود می‌شود.

### **۹ - ۲ - ۱۴ - ۶ محاسبه تغییرشکل در دال‌های دوطرفه**

**۹ - ۱۴ - ۶ - ۱** در دال‌های دوطرفه تغییرشکل آنی را می‌توان با استفاده از روش‌های معمول تحلیل صفات و روابطی که براساس رفتار خطی آنها تنظیم شده‌اند، محاسبه کرد. در این روش‌ها و روابط، مقدار  $E_c$  باید طبق رابطه  $(9 - 10 - 1)$  و ممان اینرسی مؤثر دال‌ها طبق رابطه  $(9 - 14 - 1)$  در نظر گرفته شوند. مقادیر دیگری در محاسبه تغییر شکل آنی نیز می‌توان به کار برد مشروط بر آنکه نتایج حاصل با انجام آزمایش‌های کافی تأیید شده باشند.

**۹ - ۱۴ - ۶ - ۲** در دال‌های دوطرفه اضافه تغییرشکل درازمدت را باید براساس ضوابط بند ۹ - ۱۴ - ۴ - ۲ - ۳ محاسبه نمود.

**۹ - ۱۴ - ۶ - ۳** در سیستم دال‌های دوطرفه که براساس ضوابط فصل پانزدهم طراحی شده‌اند در صورتی که ضخامت دال بیشتر از مقادیر مشخص شده در بندهای ۹ - ۱۴ - ۶ - ۲ - ۱۴ - ۹ و ۹ - ۴ - ۶ - ۲ - ۱۴ - ۵ باشد، کنترل تغییرشکل الزامی نیست.

**۱۴ - ۹ تغییرشکل و ترک خوردگی**

**۱۴ - ۹ - ۲ - ۶ - ۴** حداقل ضخامت دال‌های تخت که در آنها تیرهای میانی بین تکیه‌گاه‌ها وجود ندارد، جهت عدم کنترل تغییر شکل، براساس مقادیر مندرج در جدول شماره ۹ - ۳ در نظر گرفته شود. این ضخامت در هر حال باید کمتر از مقادیر بندهای (الف) و (ب) اختیار شود:

**جدول شماره ۹ - ۱۴ - ۱ محدودیت تغییرشکل در تیرها و دال‌ها**

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

**تبصره ۱** - در صورتی که بتوان با اتخاذ تدبیری ویژه از ایجاد آسیب به قطعات غیرسازهای جلوگیری کرد، حد مربوط به محدودیت را می‌توان افزایش داد.

**تبصره ۲** - تغییرشکل باید از حد رواداری قطعات غیرسازهای تجاوز کند. در صورتی که در قطعه خیز ایجاد شده باشد، حد محدودیت مشخص شده در مورد تفاضل تغییرشکل و خیز اعمال می‌گردد.

**تبصره ۳** - اضافه تغییرشکل درازمدت براساس ضابطه ۹ - ۲ - ۴ - ۳ محاسبه می‌شود ولی می‌توان اضافه تغییرشکل درازمدت را که قبل از اتصال قطعات غیرسازهای در عضو ایجاد شده محاسبه نمود و از کل مقدار اضافه تغییرشکل دراز مدت کاست. در محاسبات تغییر شکل مورد نظر مقدار باقیمانده دخالت داده می‌شود.

**مبحث نهم****جدول ۹ - ۲ - حداقل ارتفاع یا ضخامت تیر یا دال یک طرفه**

کتسول	با تکیه گاه های پیوسته از دو طرف	با تکیه گاه های پیوسته از یک طرف	با تکیه گاه های ساده	عضو
$\frac{l}{8}$	$\frac{l}{21}$	$\frac{l}{18/5}$	$\frac{l}{16}$	تیرها یا دال های یک طرفه پشت بنددار
$\frac{l}{10}$	$\frac{l}{28}$	$\frac{l}{24}$	$\frac{l}{20}$	دال های تویر یا سقف های تیرچه و بلوك

تبصره: جدول فوق برای فولاد طولی نوع S400 تنظیم شده است. برای سایر انواع فولادها مقدار جدول باید در

$$\text{ضریب} \left( \frac{f_y}{700} + 0.4 \right) \text{ ضرب شوند.}$$

**جدول ۹ - ۳ - حداقل ضخامت دال های بدون تیر میانی**

با کتیبه		بدون کتیبه				
چشمeh های درونی	چشمeh های بیرونی	چشمeh های درونی	چشمeh های بیرونی		نوع فولاد	
	بدون تیر لبه		بدون تیر لبه	با تیر لبه		
$\frac{l_n}{40}$	$\frac{l_n}{40}$	$\frac{l_n}{36}$	$\frac{l_n}{36}$	$\frac{l_n}{36}$	$\frac{l_n}{33}$	S340
$\frac{l_n}{36}$	$\frac{l_n}{36}$	$\frac{l_n}{33}$	$\frac{l_n}{33}$	$\frac{l_n}{33}$	$\frac{l_n}{33}$	S400

تبصره ۱ - کتیبه ها یا سرستون های عنوان شده در این جدول باید مطابق تعریف بند ۱۵ - ۳ - ۴ باشند.

تبصره ۲ - تیرهای لبه باید دارای نسبت سختی،  $\alpha$  برابر با حداقل ۰/۸ باشند.

الف) در دال های بدون کتیبه مطابق تعریف بند های ۹ - ۱۵ - ۴ - ۳ - ۲ - ۴ - ۳ - ۱۵ - ۹ و

۹ - ۱۵ - ۴ - ۳ - ۱۵ - ۱۲۵ میلی متر.

ب) در دال های با کتیبه یا سرستون مطابق تعریف بند های ۹ - ۱۵ - ۴ - ۳ - ۲ - ۴ - ۳ - ۱۵ - ۹ و

۹ - ۱۵ - ۴ - ۳ - ۱۵ - ۱۰۰ میلی متر.

**۱۴ - ۹ تغییرشکل و ترک خوردگی**

**۱۴ - ۹ - ۲ - ۵** حداقل ضخامت دال هایی که در تمام اضلاع روی تیرها تکیه دارند و نسبت طول دهانه بزرگتر به طول دهانه کوچکتر در آنها کمتر از ۲ است، جهت عدم کنترل تغییر شکل، باید به شرح (الف) و (ب) تعیین شود:

(الف) در دال هایی که نسبت  $\alpha_m$  در آنها مساوی یا کوچکتر از  $0/2$  است، طبق ضابطه بند ۹ - ۱۴ - ۶ - ۴ تعیین می شود.

(ب) در دال هایی که نسبت  $\alpha_m$  در آنها بزرگتر از  $0/2$  و کوچکتر از ۲ است، طبق رابطه ۹ - ۱۴ - ۶ - (۱) به دست می آید:

$$h = \frac{l_n(800+0/6f_y)}{36000+5000\beta(\alpha_m-0/2)} \quad (1 - ۱۴ - ۶)$$

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

(پ) در دال هایی که نسبت  $\alpha_m$  در آنها مساوی یا بزرگتر از ۲ است طبق رابطه ۹ - ۱۴ - ۶ - (۲) :

$$h = \frac{l_n(800+0/6f_y)}{36000+9000\beta} \quad (2 - ۱۴ - ۶)$$

ضخامت دال در این حالت نباید کمتر از ۹۰ میلی متر در نظر گرفته شود.

**۱۴ - ۳ - ۳ ترک خوردگی ها****۱۴ - ۳ - ۱ کلیات**

**۱۴ - ۳ - ۱ - ۱** در قطعات تحت اثر خمس مقدار آرماتور کششی و نحوه پخش آن در مقطع باید چنان باشد که ترک های ایجاد شده در اثر کشش ناشی از خمس در آنها، اثر نامطلوب بر عملکرد و قابلیت بهره برداری نداشته باشد.

**مبحث نهم**

**۹ - ۱۴ - ۳ - ۲** در تیرها و دالهای یک طرفه مقدار تقریبی عرض ترک را می‌توان طبق بند ۹ - ۱۴ - ۳ - ۲ محاسبه نمود. در این قطعات رعایت محدودیت‌های مندرج در بند ۹ - ۱۴ - ۳ - ۳ الزامی است.

**۹ - ۱۴ - ۳ - ۱ - ۳** در دالهای دو طرفه یا دالهای تخت و قارچی محاسبه عرض ترک الزامی نیست و تنها رعایت ضوابط مربوط به آرماتور حرارت و جمع‌شدگی و فواصل ارائه شده در بند ۹ - ۱۵ - ۴ - ۱ - ۳ 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 باید در ناحیه‌ای به طول عرض مؤثر تیر T یا یک‌دهم طول دهانه تیر، هر کدام کوچکترند، قرار داده شوند. در مواردی که عرض مؤثر تیر T از یک‌دهم طول دهانه تیر بزرگ‌تر است، باید آرماتور کششی اضافی 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 ۶۰۰ میلی‌متر تجاوز می‌کند در شرایط محیطی ملائم و متوسط، آرماتور گونه،  $A_{sk}$ ، صرف‌نظر از جنبه ابعادی آن، به مقدار  $\geq 150 \text{ (d - 750)}$  میلی‌متر مربع در هر متر ارتفاع، در هر یک از گونه‌های طرفین تیر، باید در ناحیه‌ای به ارتفاع  $\frac{d}{4}$  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 آرماتور گونه به‌ازای هر متر طول جدار از ۳۰۰ میلی‌متر مربع و در شرایط محیطی خیلی شدید و فوق العاده شدید مقدار این سطح مقطع از ۵۰۰ میلی‌متر مربع نباید کمتر منظور گردد. فاصله میلگردهای گونه از یکدیگر نباید

**۱۴ - ۹ تغییرشکل و ترک خوردگی**

بیشتر از  $\frac{d}{\phi}$  یا ۳۰۰ میلی‌متر اختیار شود. کمک این میلگردها را به مقاومت خمشی تیر نیز می‌توان در محاسبات منظور کرد.

**۱۴ - ۹ - ۲ - ۳ محاسبه عرض ترک**

در تیرها و دال‌های یک‌طرفه مقدار عرض را، در صورت عدم انجام محاسبات دقیق‌تر، می‌توان از رابطه زیر محاسبه کرد:

$$w = 13 \times 10^{-7} f_s \sqrt[3]{d_c A} \quad (14 - 9)$$

در شرایط محیطی ملایم، متوسط و شدید مقدار تنش  $\sigma$  به  $\frac{2}{3} f_y$  و در شرایط محیطی خیلی شدید و فوق العاده شدید مقدار این تنش به  $\frac{1}{2} f_y$  محدود می‌شود.

**۱۴ - ۹ - ۳ - ۳ محدودیت عرض ترک**

مقدار عرض ترک در تیرها و دال‌های یک‌طرفه متناسب با شرایط محیطی ذکر شده در بند ۹ - ۶ - ۳ - ۲ و شرایط لازم برای آب‌بندی سازه به مقادیر زیر محدود می‌شود:

- شرایط محیطی ملایم یا متوسط

- شرایط محیطی شدید

- شرایط محیطی خیلی شدید و فوق العاده شدید و یا آب‌بندی سازه

- شرایط محیطی ملایم یا متوسط

- شرایط محیطی شدید

- شرایط محیطی خیلی شدید و فوق العاده شدید و یا آب‌بندی سازه



## ۹ - ۱۵ طراحی دال‌ها

### ۹ - ۱۵ - ۰ علایم اختصاری

- $b_1$  = بعد مربوط به محیط بحرانی برش سوراخ شدگی که به فاصله  $\frac{d}{3}$  از لبه تکیه‌گاه قرار دارند و در امتداد محور طولی نوار پوششی می‌باشد، میلی‌متر
- $b_2$  = بعد مربوط به محیط بحرانی برش سوراخ شدگی که به فاصله  $\frac{d}{3}$  از لبه تکیه‌گاه قرار دارند و در امتداد محور عرضی نوار پوششی می‌باشد، میلی‌متر
- $c_1$  = بعد ستون مستطیلی یا ستون مربع معادل، سرستون یا کتیبه سرستون در امتداد دهانه‌ای که لنگرهای برای آن محاسبه می‌شوند، میلی‌متر
- $c_2$  = بعد ستون مستطیلی یا ستون مربع معادل، سرستون یا کتیبه سرستون در امتداد عمود بر دهانه‌ای که لنگرهای برای آن محاسبه می‌شوند، میلی‌متر

**مبحث نهم**

$l_1$  = 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  $l_1$  ، میلی‌متر

$l_d$  = طول گیرایی، میلی‌متر

$l_n$  = طول آزاد دهانه، فاصله بر تا بر تکیه‌گاهها، میلی‌متر

$M_u$  = لنگر خمی نهایی، نیوتن - میلی‌متر

$M_{uf}$  = کسری از لنگر متعادل نشده که بهوسیله خمش منتقل می‌شود، نیوتن - میلی‌متر

$M_{uv}$  = کسری از لنگر متعادل نشده که بهوسیله برش منتقل می‌شود نیوتن - میلی‌متر

$\alpha$  = نسبت سختی خمشی مقطع تیر به سختی خمش نواری از دال که از طرفین

به محورهای مرکزی چشممه‌های مجاور در صورت وجود، محدود شده باشد.

## ۱ - ۱۵ - ۹ گستره

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

**۲ - ۱۵ - ۹** سیستم‌هایی که در آنها دال مستقیماً روی ستون‌هایی بدون سر ستون، 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 وجوده کمتر از ۴۵ درجه نسبت به محور ستون، قرار می‌گیرد از نظر سازه‌ای نادیده انگاشته می‌شود. در این حالت ابعاد ۱ و ۲ 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.

**۱۵ - ۹ طراحی دال‌ها**

**۳ - ۱ - ۱۵ - ۹** سیستم‌های دال‌های مشبك با یا بدون قطعات پرکننده بین تیرچه‌ها، با شرط آنکه تیرچه‌ها در دو امتداد وجود داشته باشند، مشمول ضوابط این فصل می‌شوند.

**۱۵ - ۹ - ۲ تعاریف****۱ - ۱۵ - ۹ 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 مشبك.

**۹ - ۱۵ - ۲ - ۲ 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 چشم‌های مجاور محدود شود.

**۹ - ۱۵ - ۲ - ۳ 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  $1_1, 25$  و  $1_2, 25$  هر کدام کوچکتر است، باشد. این نوار شامل تیر بین ستون‌ها در صورت وجود، نیز می‌شود.

---

**مبحث نهم****۹ - ۱۵ - ۲ - نوار میانی**

نواری از سیستم دال است که در حد فاصل دو نوار ستونی قرار می‌گیرد.

**۹ - ۱۵ - ۲ - نوار کناری**

در سیستم (تیر، دال) نواری از دال است که در هر سمت تیر در نوار ستونی قرار می‌گیرد.

**۹ - ۱۵ - ۲ - ۶ 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 ۴۵ 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.

**۹ - ۱۵ - ۲ - ۷ چشمه دال**

قسمتی از سیستم دال است که به محورهای ستون‌ها، تیرها، یا دیوارهای تکیه‌گاهی محدود می‌شود.

**۹ - ۱۵ - ۳ - ضوابط کلی طراحی دال‌ها****۹ - ۱۵ - ۳ - ۱ ضخامت دال**

در تعیین ضخامت دال‌های مشمول این فصل باید ضوابط مربوط به حالات حدی بهره‌برداری مطابق فصل چهاردهم رعایت شوند.

**۱۵ - ۹ طراحی دال‌ها****۱۵ - ۹ - ۳ - ۲ - طراحی برای خمش و برش**

**۱۵ - ۹ - ۳ - ۲ - ۱** دال‌ها و تیرهای زیر سری آنها باید برای لنگرهای خمشی و نیروهای برشی موجود در هر مقطع و براساس ضوابط فصل‌های یازدهم و دوازدهم طراحی شوند. در دال‌ها حداقل آرماتور کششی مطابق بند ۹ - ۱۵ - ۴ تعبیه می‌شود.

**۱۵ - ۹ - ۳ - ۲ - ۲** طراحی برای انتقال بار از دال به ستون و یا دیوار زیر سری به صورت برشی یا پیچشی باید براساس ضوابط فصل دوازدهم صورت گیرد.

**۱۵ - ۹ - ۳ - انتقال لنگر خمشی در اتصالات دال به ستون**

**۱۵ - ۹ - ۳ - ۱** در مواردی که لنگر خمشی متعادل نشده‌ای،  $M_u$  ، ناشی از بارهای قائم، باد یا زلزله باید بین دال بدون تیر به ستون منتقل شود، قسمتی از آن،  $M_{uf}$  ، با عملکرد خمشی و بقیه آن،  $M_{uv}$  ، با اثر نیروی برشی خارج از مرکزی که در اطراف ستون در دال ایجاد می‌شود، منتقل می‌گردد. مقدار  $M_{uf}$  از رابطه (۱ - ۱۵ - ۹) محاسبه می‌شود:

$$M_{uf} = \frac{M_u}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{b_1}{b_2}}} \quad (1 - ۱۵ - ۹)$$

**۱۵ - ۹ - ۳ - ۲** لنگر خمشی  $M_{uf}$  توسط عرضی از دال که به دو مقطع به فواصل  $1/5$  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.

**مبحث نهم**

**۹ - ۳ - ۳ - ۱۵** 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 ۹ - ۱۲ - ۱۷ - ۵ صورت گیرد.

**۹ - ۳ - ۱۵ - ۴ - کتیبه دال‌ها**

**۹ - ۳ - ۱۵ - 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 - ۴ - ۳ - ۱۵ تا ۹ - ۲ - ۴ - ۳ - ۱۵ - ۴ - ۳ - ۱۵ باید رعایت شوند.

**۹ - ۳ - ۱۵ - 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 - ۳ - ۱۵ - ۴ - ۳** ضخامت کتیبه نباید کمتر از یک چهارم ضخامت دال باشد.

**۹ - ۳ - ۴ - ۴ - ۱** در محاسبه مقدار آرماتورهای منفی در ناحیه کتیبه نباید ضخامت کتیبه را بیشتر از یک چهارم فاصله بعد کتیبه از بر ستون منظور کرد.

**۹ - ۳ - ۱۵ - ۵ - بازشوها در سیستم دال‌ها**

**۹ - ۳ - ۱۵ - ۵ - ۱** در سیستم‌های دال‌ها می‌توان بازشوهايی با هر اندازه و در هر محل پيش‌بیني کرد، مشروط بر آنکه با انجام تحليل ويزه بتوان نشان داد سیستم از مقاومت كافی بر خوردار است و ضوابط مربوط به حالات حدی بهره‌برداری به ويزه ضوابط مربوط به تغيير شكل‌ها را ارضا می‌کند.

**۱۵ - ۹ طراحی دال‌ها**

**۲ - ۵ - ۳ - ۱۵ - ۹** در صورتی که تحلیل ویژه‌ای انجام نشود، باید ضوابط بندهای **۹ - ۱۵ - ۳ - ۵ - ۵ - ۳ - ۱۵ - ۹** تا **۳ - ۵ - ۵ - ۳ - ۱۵ - ۹** 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 متقطع دال می‌توان هر باز شویی با هر اندازه‌ای پیش‌بینی کرد.

**۹ - ۱۵ - ۳ - ۵ - ۴** در نواحی مشترک بین دو نوار ستونی متقطع دال فقط باز شوهايي با ابعاد کمتر از یک هشتتم عرض نوار در هر جهت می‌توان پیش‌بینی کرد.

**۹ - ۱۵ - ۳ - ۵ - ۵** در نواحی مشترک بین یک نوار ستونی و یک نوار میانی متقطع دال فقط باز شوهايي 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 **۹ - ۱۲ - ۱۷ - ۴** رعایت شوند.

**۹ - ۱۵ - ۳ - ۵ - ۷** در سیستم‌های (تیر، دال)، بازشوها نباید از محل تیرها عبور کند، مگر آنکه تحلیل قابل قبولی ارائه شود.

مبحث نهم**۹ - ۱۵ - ۴ - آرماتورگذاری در دال‌ها****۹ - ۱۵ - ۴ - ۱ - ضوابط کلی آرماتورگذاری**

**۹ - ۱۵ - ۴ - ۱ - ۱ - مقادیر آرماتورهای خمی** لازم در مقاطع مختلف دال در هر امتداد بر مبنای لنگرهای خمی وارد بر آن مقاطع محاسبه می‌شوند. مقادیر آرماتورهای به کار رفته در ناحیه کششی دال‌ها در هر صورت نباید کمتر از مقادیر نظیر حرارت و جمع شدگی مطابق بند ۹ - ۱۵ - ۴ - ۲ در نظر گرفته شوند. در دال‌های یکطرفه که آرماتورهای خمی صرفاً در یک جهت قرار می‌گیرند باید حداقل میلگردهای حرارت و جمع شدگی مطابق بند ۹ - ۱۵ - ۴ - ۱ - ۲ در جهت دیگر قرار داده شوند.

**۹ - ۱۵ - ۴ - ۱ - ۲ - نسبت سطح مقطع میلگرد های حرارت و جمع شدگی به کل سطح مقطع بتن** برای دال‌هایی به ضخامت کمتر یا مساوی ۱۰۰۰ میلی‌متر باید از مقادیر زیر کمتر اختیار شود:

- برای میلگردهای  $S_{240}$  ،  $S_{340}$  ،  $S_{400}$  ،  $S_{500}$
- برای میلگردهای  $S_{18}$  ،  $S_{15}$
- برای میلگردهای  $S_{15}$

**۹ - ۱۵ - ۴ - ۱ - ۳ - فاصله میلگردهای خمی** در دال‌ها، جز در دال‌های مشبك، نباید از دو برابر ضخامت دال و نه از ۳۵۰ میلی‌متر تجاوز کند. در دال‌های مشبك، حداقل آرماتورگذاری در ناحیه‌ای از دال که روی حفره‌ها قرار دارد بر طبق بند ۹ - ۱۵ - ۴ - ۱ - ۲ تعیین می‌شوند. در مورد دال‌های در معرض شرایط محیطی شدید فاصله میلگردها به دو برابر ضخامت و ۲۵۰ میلی‌متر و برای شرایط محیطی خیلی شدید و فوق العاده شدید به  $1/5$  برابر ضخامت و ۲۰۰ میلی‌متر محدود می‌شود.

**۱۵ - ۹ طراحی دال‌ها**

**۹ - ۱۵ - ۴ - ۱ - ۴** میلگردهای خمشی مثبت عمود بر بعد ناپیوسته دال باید تا لبه دال ادامه یابند و به علاوه، به طولی حداقل معادل ۱۵۰ میلی‌متر به‌طور 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 به‌طور کامل مهار شوند. برای این میلگردها باید گیرایی کامل در مقطع بر داخلی تکیه‌گاه، بر اساس ضوابط فصل هیجدهم، تأمین شود.

**۹ - ۱۵ - ۴ - ۱ - ۶** در مواردی که دال در لبه ناپیوسته به تیر پیشانی یا دیوار منتهی نشود یا فراتر از تکیه‌گاه کنسول شود، مهار کردن میلگردهای خمشی مثبت بر این لبه می‌تواند داخل دال صورت گیرد.

**۹ - ۱۵ - ۴ - ۲ جزییات ویژه برای آرماتورگذاری دال‌های با تیر**

**۹ - ۱۵ - ۴ - ۲ - ۱** برای سیستم‌های (تیر - دال) که در آنها  $\alpha$  بزرگتر از یک باشد، در گوشه‌های خارجی دال‌ها باید آرماتورهای ویژه‌ای به شرح بندهای ۹ - ۴ - ۲ - ۲ - ۲ - ۱۵ - ۹ تا ۹ - ۱۵ - ۴ - ۲ - ۵ در پایین و بالای دال اضافه کرد.

**۹ - ۱۵ - ۴ - ۲ - ۲** هر یک از آرماتورهای ویژه در پایین و بالای دال در واحد عرض، باید قادر باشد حداکثر لنگر خمشی مثبت دال را تحمل کند.

**۹ - ۱۵ - ۴ - ۲ - ۳** آرماتورهای ویژه باید در بالای دال به زاویه ۴۵ درجه و تقریباً در امتداد قطر گذرنده از گوشه دال و در پایین دال عمود بر این قطر قرار گیرند.

**مبحث نهم**

**۹ - ۱۵ - ۴ - ۲ - ۴ - آرماتورهای ویژه** باید در هر امتداد تا طولی برابر با حداقل یک پنجم دهانه بزرگتر، قرار داده شوند.

**۹ - ۱۵ - ۴ - ۲ - ۵ - آرماتورهای ویژه** را می‌توان در دو سفره در امتدادهای مندرج در بند ۹ - ۱۵ - ۴ - ۲ - ۳ یا در دو شبکه بهموزات دو ضلع دال قرار داد.

**۹ - ۱۵ - ۴ - ۳ - جزییات ویژه برای آرماتورگذاری دالهای بدون تیر**

در آرماتورگذاری دالهای تخت و قارچی علاوه بر ضوابط بند ۹ - ۱۵ - ۳ - ۱ ضوابط بنددهای ۹ - ۱۵ - ۴ - ۳ - ۴ - ۱۵ - ۹ تا ۹ - ۱۵ - ۶ نیز باید رعایت شوند.

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

در مواردی که دهانه‌های مجاور هم متساوی نباشند، ادامه آرماتورهای منفی فراتر از بر تکیه‌گاه مطابق آنچه در شکل ۹ - ۱۵ - ۱ نشان داده شده است باید بر مبنای طول دهانه بزرگتر محاسبه شود.

**۹ - ۱۵ - ۴ - ۳ - ۴ - خم کردن میلگردهای مثبت برای ادامه آنها به عنوان آرماتور منفی به شرطی مجاز است که در تأمین طولهای حداقل توصیه شده در شکل ۹ - ۱۵ - ۱ زاویه خم بزرگتر از ۴۵ درجه در نظر گرفته نشود.**

---

**۱۵ - ۹ طراحی دال‌ها**

**۱۵ - ۹ - 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.

**۱۵ - ۹ - ۴ - ۳ - ۶** در هر نوار ستونی در زیر دال باید حداقل دو میلگرد به‌طور سراسری از داخل هسته ستون‌ها عبور داده شوند. این میلگردها را می‌توان در محل ستون‌ها به‌طور کامل مهار یا با میلگردهای دیگری وصله کرد. مشروط بر آنکه طول وصله مطابق بند ۹ - ۱۸ - ۴ باشد. چنانچه محل وصله این آرماتورها خارج از هسته ستون‌ها باشد، طول وصله باید حداقل ۲۱<sub>d</sub> باشد.

## مبحث نهم

نام	نام اول	نام دوم	نام	نام اول	نام دوم
حداقل در مقطع	حداقل در مقطع	حداقل در مقطع	حداقل در مقطع	حداقل در مقطع	حداقل در مقطع
با کنیسه سرستون بدون گذبیه سرستون	<p>حداقل تو از میکردهای باید منطبق با صوابات بند ۹-۱۵-۴-۳-۲ باشد</p> <p>محدوده مجاز وصله</p> <p>میکردهای بسیاره</p>	<p>حداقل تو از میکردهای باید منطبق با صوابات بند ۹-۱۵-۴-۳-۲ باشد</p> <p>محدوده مجاز وصله</p> <p>میکردهای بسیاره</p>	<p>حداقل تو از میکردهای باید منطبق با صوابات بند ۹-۱۵-۴-۳-۲ باشد</p> <p>محدوده مجاز وصله</p> <p>میکردهای بسیاره</p>	<p>حداقل تو از میکردهای باید منطبق با صوابات بند ۹-۱۵-۴-۳-۲ باشد</p> <p>محدوده مجاز وصله</p> <p>میکردهای بسیاره</p>	<p>حداقل تو از میکردهای باید منطبق با صوابات بند ۹-۱۵-۴-۳-۲ باشد</p> <p>محدوده مجاز وصله</p> <p>میکردهای بسیاره</p>

شکل ۹-۱۵-۱

## ۱۶ - ۹ دیوارها

### ۱۶ - ۹ - ۰ علایم اختصاری

$A_g$  = مساحت کل مقطع، میلی‌مترمربع

$f_c$  = مقاومت فشاری مشخصه بتن، مگاپاسکال

$h$  = ضخامت کل عضو، میلی‌متر

$k$  = ضریب طول مؤثر

$I_c$  = فاصله قائم آزاد بین تکیه‌گاهها، میلی‌متر

$N_r$  = بار محوری محاسباتی نهایی دیوار، نیوتن

$\phi_c$  = ضریب جزیی ایمنی بتن

### ۱۶ - ۹ - ۱ گستره

ضوابط این فصل باید برای طراحی دیوارهای بتن آرمه رعایت شوند.

مبحث نهم**۹ - ۱۶ - ۲ - تعاریف****۹ - ۱۶ - ۲ - ۱ دیوار باربر**

دیوار باربر، دیواری است که به طور عمده زیر اثر بارهای قائمی که در امتداد میان صفحه آن، به تنها یی و یا توأم با لنگر خمی بر آن وارد می‌شود، قرار دارد.

**۹ - ۱۶ - ۲ - ۲ دیوار برشی**

دیوار برشی، دیواری است که به طور عمده زیر اثر بارهای جانبی واقع در میان صفحه خود قرار می‌گیرد و نقش عمده آن مشارکت در تحمل و انتقال این نیروها می‌باشد.

**۹ - ۱۶ - ۲ - ۳ دیوار حایل**

دیوار حایل، دیواری است که به طور عمده زیر اثر بارهای عمود بر میان صفحه خود قرار می‌گیرد.

**۹ - ۱۶ - ۳ - ضوابط کلی طراحی**

**۹ - ۱۶ - ۳ - ۱ دیوارها باید برای تمامی بارهایی که به آنها وارد می‌شوند، از جمله بارهای با برون محوری و بارهای جانبی طراحی شوند.**

**۹ - ۱۶ - ۳ - ۲ اعضای فشاری که به طور یکپارچه با دیوارها ساخته می‌شوند، باید براساس بند ۹ - ۱۱ - ۸ - ۲ طراحی شوند.**

**۱۶ - ۹ دیوارها**

**۳ - ۱۶ - ۹** برای تأمین پایداری دیوارها باید آنها را به قطعات متقطع مجاور مانند کف‌ها، بام‌ها، ستون‌ها، پشت بندهای دیواری، ستون‌های دیواری، دیوارهای متقطع یا پی‌ها مهار کرد.

**۴ - ۱۶ - ۹** انتقال نیرو از پای دیوار به پی باید بر اساس بند ۹ - ۱۷ - ۶ صورت گیرد.

**۹ - ۱۶ - ۴ محدودیت آرماتورها**

**۱ - ۱۶ - ۹** در دیوارها آرماتورهای قائم و افقی نباید به ترتیب کمتر از مقدار مندرج در بندهای ۹ - ۱۶ - ۴ - ۲ و ۹ - ۱۶ - ۴ - ۳ اختیار شوند. در دیوارهایی که زیر اثر نیروی برشی قرار می‌گیرند، رعایت حداقل آرماتور مطابق بند ۹ - ۱۲ - ۱۶ - ۴ نیز الزامی است.

**۲ - ۱۶ - ۹** حداقل نسبت مساحت مقطع آرماتور قائم به مساحت کل مقطع برای میلگردهای مختلف بشرح (الف) و (ب) این بند است:

(الف) برای میلگردهای رده  $S_{400}$  و بالاتر، با قطر ۱۶ میلی‌متر و یا کمتر  $0/0012$

(ب) برای سایر میلگردهای آجdar  $0/0015$

**۳ - ۱۶ - ۹** حداقل نسبت مساحت مقطع آرماتور افقی به مساحت کل مقطع برای آرماتورهای مختلف به شرح (الف) و (ب) این بند است:

(الف) برای میلگردهای رده  $S_{400}$  و بالاتر با قطر ۱۶ میلی‌متر و یا کمتر  $0/0020$

**مبحث نهم**

۰/۱۰۰۲۵

ب) برای سایر میلگردهای آجدار

**۹ - ۱۶ - ۴ - ۴** نسبت مساحت آرماتور قائم و آرماتور افقی به مساحت کل مقطع  
نباشد بیشتر از ۰/۰۴ اختیار شود. محدودیت مقدار حداکثر باید در محل وصله‌های  
ميلگردها 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  
سطح دیوار، مطابق (الف) و (ب) این بند پیش‌بینی شوند.

(الف) در دیوارهایی که یک رویه آنها در تماس با خاک یا هوا بیرون قرار دارد، یک شبکه آرماتور شامل حداقل نصف 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 محیط خارجی قرار داده شود و 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 رویه دیگر قرار داده شود. پوشش بتنی روی میلگردها باید ضوابط بند ۹ - ۳ - ۶ - ۹ را نیز برآورده کند.

(ب) 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 ۹ - ۳ - ۶ - ۹ را نیز برآورده کند.

**۹ - ۱۶ - ۴ - ۶** فاصله میلگردهای قائم و میلگردهای افقی مجاور در هر شبکه  
نباشد بیشتر از سه برابر ضخامت دیوار و ۳۵۰ میلی‌متر باشد.

**۱۶ - ۹ دیوارها**

**۱۶ - ۴ - ۷** در مواردی که مساحت مقطع کل آرماتور قائم از یک درصد مساحت کل مقطع کمتر است و یا در مواردی که بر اساس طراحی سازه، آرماتور قائم به عنوان آرماتور فشاری مورد نیاز نیست، محصور کردن میلگردهای قائم با خاموت الزامی نیست. برای مقادیر بیشتر میلگردهای قائم، آرماتوربندی دیوارها باید مشابه ستون‌ها باشد.

**۱۶ - ۴ - ۸** دورتا دور بازشوها باید حداقل دو میلگرد با قطر ۱۶ میلی‌متر یا معادل آن قرار داده شود. این میلگردها باید از گوشه بازشو به داخل دیوار ادامه یافته و به نحوی مناسب مهار شوند.

**۱۶ - ۵ دیوارهای باربر**

**۱۶ - ۵ - ۱** در دیوارهای باربر کنترل مقاطع افقی در حالت حدی نهایی مقامت باید مانند مقاطع تحت فشار و خمس انجام گیرد و ضوابط بندهای ۹ - ۱۱ - ۲ تا ۹ - ۱۱ - ۴ همراه با ضوابط فصل ۱۳، مربوط به آثار لاغری، در مورد آنها رعایت شود.

**۱۶ - ۵ - ۲** در دیوارهای با مقطع مستطیل توپر که در آنها برونو محوری بار در حالت حدی نهایی مقاومت کمتر از یک ششم ضخامت دیوار است، کنترل مقاطع دیوار را در حالت حدی نهایی مقاومت می‌توان بر اساس رابطه (۹ - ۱۱ - ۲) انجام داد و مقاومت محاسباتی مقطع در برابر بار محوری،  $N_r$ ، را با رابطه (۹ - ۱۶ - ۱) محاسبه کرد:

$$N_r = 0.55 \phi_c f_c A_g \left[ 1 - \left( \frac{k l_c}{32 h} \right)^2 \right] \quad (1 - 16 - 9)$$

بحث نهم

در این رابطه مقدار  $k$  از قسمت‌های (الف) تا (پ) این بند به دست می‌آید.

(الف) در دیوارهای مهار شده در مقابل حرکت جانبی در بالا و پایین که در آنها از چرخش در یک یا در هر دو انتهای (بالا و پایین دیوار) جلوگیری به عمل آمده باشد:  $k=0.8$

(ب) در دیوارهای مهار شده در مقابل حرکت جانبی در بالا و پایین که در آنها از چرخش در دو انتهای (بالا و پایین دیوار) جلوگیری به عمل نیامده باشد:  $k = 1$

(پ) در دیوارهای مهار نشده در مقابل حرکت جانبی:  $k = 2$

در حالت کلی هنگامی که از رابطه  $9 - 16 - 1$  استفاده نشود، روش طراحی دیوارهای باربر مانند ستون‌ها می‌باشد.

**۹ - ۱۶ - ۵ - ۳** ضخامت دیوارهایی که بر اساس ضابطه بند  $9 - 16 - 5 - 2$  طراحی می‌شوند، نباید کمتر از مقادیر (الف) و (ب) این بند باشد:

(الف)  $\frac{1}{25}$  طول آزاد یا ارتفاع آزاد دیوار، هر کدام کوچکتر باشد، و  $100$  میلی‌متر

(ب) در دیوارهای بیرونی زیرزمین‌ها و سایر دیوارهایی که به‌طور مستقیم در تماس با خاک قرار دارند:  $200$  میلی‌متر

**۹ - ۱۶ - ۵ - ۴** طول افقی دیوار که به عنوان ناحیه مؤثر برای هر یک از بارهای متمرکز قائم در نظر گرفته می‌شود، نباید از پهنه‌ای سطح اثر بار به‌اضافه دو برابر ضخامت دیوار در هر طرف سطح اثر و یا از فاصله مرکز بارهای متمرکز تجاوز کند. در صورت انجام تحلیل دقیق‌تر، این طول را می‌توان تغییر داد.

**۱۶ - ۹ دیوارها**

**۱۶ - ۹ - ۶ دیوارهای برشی**

**۱۶ - ۹ - ۶ - ۱** طراحی دیوارهای برشی برای مقاومت در برابر برش باید بر اساس ضوابط بند ۹ - ۱۲ - ۱۶ انجام گیرد.

**۱۶ - ۹ - ۶ - ۲** طراحی دیوارهای برشی برای مقاومت در برابر لنگر خمشی و نیروی محوری باید براساس ضوابط فصل یازدهم انجام گیرد.

**۱۶ - ۹ - ۷ دیوارهای حائل**

**۱۶ - ۹ - ۷ - ۱** دیوارهای حائل باید به صورت اعضای خمشی بر طبق ضوابط فصل یازدهم و پانزدهم طراحی شوند.



## ۱۷ - ۹ پی‌ها

### ۱۷ - ۰ علایم اختصاری

$A_b$  = سطح مقطع یک میلگرد آرماتور جلدی برای بتن حجیم، میلی‌متر مربع

$A_{smin}$  = حداقل آرماتور در ناحیه کششی یا آرماتور ناشی از حرارت و جمع‌شدگی در پی، میلی‌متر مربع

$d$  = ارتفاع موثر مقطع، میلی‌متر

$d_c$  = فاصله مرکز میلگرد آرماتور جلدی تا نزدیکترین سطح جدار در پی حجیم، میلی‌متر

$d_p$  = قطر شمع در محل اتصال به سر شمع بتنی، میلی‌متر

$\beta$  = نسبت طول به عرض پی

$h$  = ارتفاع پی، میلی‌متر

$S$  = فاصله مرکز به مرکز میلگردها در بتن حجیم، میلی‌متر

$\alpha$  = ضریب تعدیل آرماتور حرارت و جمع‌شدگی

**مبحث نهم****۹ - ۱ - ۱ - گستره**

**۹ - ۱ - ۱ - ۱** ضوابط این فصل باید برای طراحی پیهای متکی بر زمین یا بر روی شمع و نیز برای شمعهای بتنی رعایت شوند.

**۹ - ۱ - ۲** طراحی پیهای شمع 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 به‌الزمات اضافی یا جایگزینی است که باید در مورد پیهای شمع رعایت شوند.

**۹ - ۱ - ۲ - تعاریف**

در این مبحث پی به‌قسمتی از سازه ساختمان اطلاق می‌شود که روی سطح فوقانی آن ستون یا دیوار قرار گرفته و سطح تحتانی آن مستقیماً روی زمین یا روی شمع تکیه دارد و بار سازه را به‌زمین منتقل می‌کند.

**۹ - ۱ - ۲ - ۱ - انواع پی‌ها**

**۹ - ۱ - ۲ - ۱ - ۱** پی منفرد به پی‌ای اطلاق می‌شود که بار یک یا دو ستون نزدیک به‌هم (به‌اندازه فاصله درز انقطاع) را به‌زمین منتقل می‌نماید. پی منفرد می‌تواند به‌شکل مربع مستطیل، چند ضلعی منظم، دایره و یا هر شکل غیرمنظم دیگری باشد و مقطع آن نیز می‌تواند به‌شکل مربع مستطیل، ذوزنقه و یا پلکانی باشد. پی‌های منفردي که نزدیک به‌هم باشند، می‌توانند به‌یکدیگر پیوسته و به‌صورت پی مرکب کار کنند.

**۱۷ - ۹ - ۲ - ۱ - ۲** پی نواری به‌پی یکسره‌ای اطلاق می‌شود که بار دیوار و یا چند ستون را، که در یک ردیف قرار دارند به‌زمین منتقل می‌نماید. مقطع پی می‌تواند به‌شکل مستطیل، ذوزنقه و یا پاشنه‌دار (T وارونه) باشد. در حالتی که پی نواری صرفاً بار دیوار را به‌زمین منتقل کند پی دیواری نامیده می‌شود.

**۱۷ - ۹ - ۱ - ۲ - ۳** پی گسترده به‌پی‌ای اطلاق می‌شود که بار چند ستون یا دیوار را که در ردیف‌ها و امتدادهای مختلف قرار دارند به‌زمین منتقل می‌نماید. پی گسترده ممکن است به‌شکل دال، مجموعه تیر - دال و یا صندوقه‌ای ساخته شود.

**۱۷ - ۹ - ۱ - ۲ - ۴** پی باسکولی به‌مجموعه‌ای از دو پی منفرد اطلاق می‌شود که منتجه بارهای وارد بر یکی دارای برونو محوری زیاد نسبت به‌مرکز پی بوده و پی‌ها با تیری صلب به‌یکدیگر مرتبط شده‌اند. این تیر صلب، که بخشی از بار یکی از پی‌ها را به‌دیگری منتقل می‌نماید، نباید متکی بر خاک باشد. چنانچه این تیر رابط تحت اثر فشار خاک زیرین قرار گیرد باید طبق ضوابط مربوط به‌پی نواری طراحی گردد.

## ۱۷ - ۹ - ۲ - ۲ انواع شمع‌ها

شمع‌ها از اجزای پی عمیق می‌باشند که بارهای سازه را به‌زمین منتقل می‌نماید. شمع‌ها ممکن است منفرد یا به‌صورت گروه شمع باشند.

**۱۷ - ۹ - ۲ - ۲ - ۱** شمع منفرد به‌شمعی اطلاق می‌شود که مستقیماً بار یک ستون را دریافت نموده و به‌زمین منتقل نماید.

**۱۷ - ۹ - ۲ - ۲ - ۲** گروه شمع‌ها به‌تعدادی شمع اطلاق می‌شود که بار خود را از یک یا چند ستون از طریق صفحه سرشمی دریافت نمایند.

مبحث نهم**۹ - ۱۷ - ۳ ضوابط کلی طراحی**

**۹ - ۱۷ - ۱** مساحت کف پی یا تعداد و ترتیب قرار گرفتن شمع‌ها باید براساس نیروهای نظیر بحرانی ترین ترکیب عامل‌های بدون ضریب که از پی به خاک یا شمع‌ها منتقل می‌شوند و با توجه به تنیش مجاز خاک یا شمع‌ها که براساس مطالعات مکانیک خاک به دست می‌آیند، تعیین شوند.

**۹ - ۱۷ - ۲** ترکیبات بارگذاری عامل‌ها که در بند ۹ - ۱۷ - ۳ - ۱ مورد نظر می‌باشند تمامی ترکیبات عنوان شده در بند ۹ - ۱۰ - ۲ هستند که در آنها ضرایب جزیی ایمنی بارها باید برابر با یک منظور شوند.

**۹ - ۱۷ - ۳** در مواردی که باد یا زلزله یکی از عامل‌های ترکیب بار باشند تنیش مجاز خاک یا بار مجاز شمع را می‌توان حداکثر تا ۳۳ درصد افزایش داد.

**۹ - ۱۷ - ۴** طراحی پی‌های سطحی و سرشعی برای خمس، خمین و بارهای محوری، برش و طول مهاری میلگرد ریشه، همگی باید در حالت حدی نهايی و براساس ضوابط فصول یازدهم، دوازدهم، سیزدهم و هجدهم صورت گیرد.

**۹ - ۱۷ - ۵** طراحی پی‌های عمیق برای بارهای محوری، خمس و بارهای محوری، برش و طول مهاری میلگرد ریشه، همگی باید در حالت حدی نهايی و براساس ضوابط فصول یازدهم، دوازدهم، سیزدهم و هجدهم صورت گیرد.

**۹ - ۱۷ - ۶** در شمع‌هایی که تمام طول آنها در لایه‌های خاک متراکم قرار دارد، بررسی کمانش ضروری نیست. اما در شمع‌هایی که تمام یا بخشی از طول آنها

**۱۷ - ۹ پی‌ها**

در خاک سست قرار گرفته و یا خارج از خاک باشد، بررسی کمانش با توجه به شرایط خاص تکیه‌گاهی ضروری است.

**۱۷ - ۳ - ۶** پیوستگی بتن و آرماتور در مقاطع مختلف پی و سرشعی و نحوه مهار میلگردها در آنها باید بررسی شوند، علاوه بر مقاطعی که در بند ۹ - ۴ - ۳ - ۲ برای خمس تعیین شده‌اند، مقاطعی که در آنها ابعاد مقطع یا مقدار آرماتور تغییر می‌کند، نیز باید بررسی شوند.

**۱۷ - ۳ - ۸** در گروه شمع‌ها میلگردهای طولی شمع‌ها باید، با توجه به‌نوع اتصال انتخابی (صلب یا مفصلی)، به‌نحوی مناسب در سرشع امتداد یافته و مهار شوند.

**۱۷ - ۳ - ۹** ضخامت پی‌ها نباید کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر و ضخامت صفحه سرشع مربوط به گروه شمع نباید کمتر از ۴۰۰ میلی‌متر اختیار شود.

**۱۷ - ۳ - ۱۰** طراحی شمع‌های قائم که تحت اثر نیروی جانبی فرار می‌گیرند مطابق ضوابط شمع‌های خمشی صورت می‌گیرد.

#### **۱۷ - ۴ - ۱۷ - ۹ ضوابط تعیین بارهای وارد بر پی‌ها**

##### **۱۷ - ۴ - ۱ - کلیات**

**۱ - ۱ - ۴ - ۱ - ۱ - ۹** 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 شناخته‌شده تحلیل سازه‌ها تعیین شوند.

**مبحث نهم**

**۹ - ۱ - ۴ - ۲** در پی‌ها به جای استفاده از ضوابط بند ۹-۴-۱-۱،

لنگرهای خمثی و نیروهای برشی نهایی در مقاطع مختلف را می‌توان به صورت تقریبی از حاصل ضرب مقادیر این عامل‌ها زیر اثر بارهای بدون ضریب در یک ضریب کلی ایمنی بارها بدست آورد. این ضریب کلی ایمنی را باید به نحوی مناسب از تقسیم بارهای نهایی به بارهای بهره‌برداری تعیین نمود.

**۹ - ۱ - ۴ - ۳** در پی‌های روی شمع، لنگرهای خمثی و نیروهای برشی

نهایی در مقاطع مختلف سرشعمعی را می‌توان با این فرض که عکس العمل هر شمع به صورت مرمرکز در مرکز آن شمع اثر می‌کند، تعیین نمود.

**۹ - ۱ - ۴ - ۴** در پی‌هایی که زیر ستون یا ستون پایه‌های بتنی با مقاطع

دایره یا چند ضلعی منظم قرار دارند، برای تعیین موقعیت مقاطع بحرانی در خمث و برش، می‌توان مقطع ستون یا ستون پایه را با یک مقطع فرضی مربع‌شکل با مساحتی برابر مساحت ستون یا ستون پایه جایگزین نمود.

**۹ - ۱ - ۴ - ۵** پی‌های منفرد که به صورت شب‌دار یا پلکانی می‌باشند باید

چنان طراحی و اجرا شوند که عملکرد پی به صورت یکپارچه تأمین گردد.

## **۹ - ۱ - ۴ - ۲ توزیع فشار خاک**

**۹ - ۱ - ۴ - ۲ - ۱** توزیع فشار خاک در زیر پی‌ها و فشار جانبی روی شمع

باید با توجه به مشخصات خاک و نحوه تأثیر بارها روی پی و براساس اصول شناخته شده مکانیک خاک تعیین شود.

**۱۷ - ۹ - ۲ - ۴** در پی‌های منفرد، در صورت عدم انجام تحلیل با جزییات دقیق‌تر، توزیع فشار خاک را می‌توان با فرض صلب بودن پی تعیین نمود.

**۱۷ - ۹ - ۳ - ۲ - ۴** در پی‌های منفرد و گستردۀ، توزیع فشار خاک می‌تواند بهنحوی باشد که در قسمتی از آن فشار روی خاک به صفر برسد، مشروط بر آنکه طول این قسمت در هیچ امتداد از یک‌چهارم بعد پی در آن امتداد تجاوز نکند.

**۱۷ - ۹ - ۴ - ۲ - ۴** در مواردی که نیروهای واردۀ بر پی کششی باشند باید با پیش‌بینی تدبیر مناسب از جمله استفاده از شمع یا میل مهار مانع از بلند شدن پی از روی زمین شد. این تدبیر باید بهنحوی باشند که ضریب ایمنی در مقابل نیروهای بلند‌کننده حداقل برابر با  $1/5$  باشد.

**۱۷ - ۹ - ۴ - ۲ - ۵** در پی‌های باسکولی، تیر رابط بین پی‌ها باید به اندازه کافی صلب باشد تا بتواند مانع چرخش پی‌ای که زیر اثر بار برون‌محور قرار دارد، بشود. در صورت عدم انجام تحلیل دقیق‌تر ممان اینرسی مقطع این تیر باید حداقل برابر ممان اینرسی مقطع پی زیر اثر بار برون‌محور 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.

### ۱۷ - ۹ - ۳ - ۴ - لنگر خمثی در پی‌ها

**۱۷ - ۹ - ۴ - ۳ - ۱** لنگر خمثی مؤثر در هر مقطع پی باید با گذراندن یک صفحه قائم از سراسر پی و محاسبه لنگرهای خمثی حاصل از نیروها و فشارهای مؤثر بر تمام سطوح پی واقع در یک سمت این صفحه تعیین گردد.

**مبحث نهم**

**۹ - ۴ - ۳ - ۲ - مقطع بحرانی برای تعیین حداکثر لنگر خمشی در پی‌ها، در مجاورت ستون‌ها و ستون‌پایه‌ها و دیوارها باید به شرح (الف) الی (پ) این بند در نظر گرفته شود:**

(الف) برای پی‌هایی که زیر ستون، ستون‌پایه یا دیوار بتنی قرار دارند، در بر عناصر مزبور، متکی به پی می‌باشد.

(ب) برای پی‌هایی که زیر دیوار با مصالح بنایی قرار دارند، در وسط لبه دیوار تا محور دیوار می‌باشد.

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

**۹ - ۴ - ۳ - ۲ - در پی‌های منفرد و زیر دیوار، باید امکان ایجاد لنگر خمشی منفی و لزوم آرماتورگذاری در بالای مقطع پی بررسی شود.**

**۹ - ۴ - ۴ - نیروی برشی پی‌ها و سرشع مع‌ها**

**۹ - ۴ - ۴ - ۱ - مقطع بحرانی برای محاسبات برش یکطرفه به فاصله  $d$  و برای برش دو طرفه به فاصله  $\frac{d}{4}$  از محل‌های تعیین شده به شرح (الف) و (ب) این بند در نظر گرفته می‌شود:**

(الف) برای پی‌هایی که زیر ستون، ستون‌پایه یا دیوار قرار دارند، بر عناصر مزبور، متکی بر پی‌ها می‌باشند.

(ب) برای پی‌هایی که زیر صفحه فلزی کف ستون قرار دارند، وسط فاصله بر ستون تا لبه صفحه فولادی کف ستون‌ها می‌باشد.

### ۱۷ - ۹ - ۴ - ۲ نیروی برشی در هر مقطع از سرشمع باید براساس ضوابط

(الف) الى (پ) محاسبه شود:

الف) عکس العمل هر شمع که مرکز آن به فاصله  $\frac{d_p}{2}$  یا بیشتر از مقطع مورد نظر و در خارج مقطع مذبور قرار دارد، در مقطع ایجاد برش می‌کند.

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

پ) در حالات بینابینی، آن قسمت از عکس العمل شمع که در مقطع مورد نظر ایجاد برش می‌کند، باید با درون یابی خطی بین مقدار کامل عکس العمل 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  $\frac{d_p}{2}$  و در داخل مقطع قرار دارد، محاسبه شود.

### ۱۷ - ۹ - ۵ آرماتورهای پی‌ها و شمع‌ها و محدودیت‌های آنها

آرماتورهای لازم برای مقاطع پی‌ها و شمع‌ها براساس نیروهای وارد بر آن مقاطع در حالت حد نهایی با رعایت محدودیت‌های بند ۹ - ۱۷ - ۵ - ۱ - ۹ - ۱۷ - ۵ - ۱ - ۹ - ۱۷ - ۵ - ۱ - ۹ - ۱۷ - ۸ - ۱ - ۱۷ - ۹ - ۱ - ۱۷ - ۸ - ۴ باشد. در مورد تیرهای رابط پی‌های باسکولی حداقل آرماتور باید براساس بند ۹ - ۱۱ - ۵ - ۲ - ۱ اختیار شود.

۱ - ۱۷ - ۵ - ۱ در پی‌های منفرد، گستردگی و باسکولی (به جز تیر رابط) نسبت آرماتور به کار رفته در ناحیه کششی نباید کمتر از مقادیر ذکر شده در بندهای ۹ - ۱۷ - ۸ - ۱ - ۱۷ - ۹ - ۱ - ۱۷ - ۸ - ۴ باشد. در مورد تیرهای رابط پی‌های باسکولی حداقل آرماتور باید براساس بند ۹ - ۱۱ - ۵ - ۲ - ۱ اختیار شود.

**مبحث نهم**

**۱۷ - ۵ - ۲** در پی‌های نواری مقدار نسبت آرماتور در ناحیه کششی نباید کمتر از ۰/۲۵ درصد اختیار شود، مگر آنکه آرماتور به کار رفته به اندازه یک‌سوم بیشتر از مقدار آرماتور تعیین شده در محاسبات باشد. در حالت اخیر این نسبت نمی‌تواند کمتر از ۰/۱۵ درصد اختیار گردد.

**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.

**۱۷ - ۵ - ۴** در پی‌های حجمی که در آنها ابعاد و حجم بتن مستقل از نیازهای محاسباتی در نظر گرفته می‌شوند، رعایت حداقل آرماتور خمشی مطابق بند ۹ - ۱۷ - 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 - ۸ - ۱۷ به کار برد. حداقل فاصله میلگردهای جلدی ۳۵۰ میلی‌متر است.

**۱۷ - ۵ - ۵** در پی‌های منفرد در صورتی که عملکرد پی یک‌طرفه باشد و یا عملکرد آن دوطرفه بوده و شکل آن مربع باشد، توزیع میلگردها در سراسر عرض پی باید به‌طور یکنواخت صورت گیرد. در غیر این صورت توزیع میلگردها باید مطابق ضوابط (الف) و (ب) این بند باشد.

(الف) میلگردهای طولی پی به‌طور یکنواخت در سراسر عرض پی توزیع می‌شوند.

(ب) قسمتی از میلگردهای عرضی پی، که مقدار آن از رابطه (۹ - ۱۷ - ۱) تعیین می‌شود، در نوار میانی که عرض آن برابر با بعد کوچکتر سطح پی است و به‌طور متقارن نسبت به ستون پایه قرار دارد، به‌طور یکنواخت توزیع می‌شوند و بقیه

میلگردهای عرضی با رعایت بند ۹ - ۱۷ - ۵ - ۳ در دو سمت نوار میانی به‌طور یکنواخت قرار داده می‌شوند.

$$\frac{\text{میلگردهای نوار میانی در امتداد عرضی}}{\text{کل میلگردهای عرضی شالوده}} = \frac{۲}{۱+\beta} \quad (1 - ۱۷ - ۹)$$

**۹ - ۱۷ - ۵ - ۶** حداقل و حداکثر نسبت آرماتور طولی شمع‌های پیش‌ساخته و شمع‌های درجا با قطر کمتر یا برابر ۸۰۰ میلی‌متر، مشابه ستون‌ها و با توجه به‌ضوابط فصل یازدهم تعیین می‌شود.

**۹ - ۱۷ - ۵ - ۷** حداقل و حداکثر نسبت آرماتور طولی شمع‌های درجا با قطر بیش از ۸۰۰ میلی‌متر به‌ترتیب به میزان نیم درصد و سه درصد سطح مقطع شمع منظور می‌گردد.

**۹ - ۱۷ - ۵ - ۸** حداقل نسبت فولاد طولی شمع‌ها برای شمع‌های پیش‌ساخته معادل یک درصد و برای شمع‌های درجا ریخته‌شده معادل نیم درصد سطح مقطع شمع تعیین می‌گردد.

**۹ - ۱۷ - ۵ - ۹** آرماتور عرضی شمع‌ها به صورت تنگ یا مارپیچ در نظر گرفته می‌شود.

بحث نهم**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 با 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، طبق ضوابط بند ۹ - ۱۰ - ۱۱ 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 به شرح (الف) و (ب) این بند کافی باشند و علاوه بر آن محدودیت‌های بند ۹ - ۱۷ - ۶ - ۶ و ۹ - ۱۷ - ۶ - ۷ را تأمین کنند:

- الف) آن قسمت از نیروی فشاری که از مقاومت اتکایی بتن بین دو عضو تجاوز کند.
- ب) هرگونه نیروی کششی محاسبه شده در سطح تماس.

**۹ - ۱۷ - ۶ - ۴** برای انتقال لنگرهای خمی بستون پایه یا پی، میلگردهای انتظار یا اتصال دهنده‌های مکانیکی باید ضوابط پیوستگی بتن و فولاد را، مطابق فصل هجدهم تأمین نمایند.

**۹ - ۱۷ - ۶ - ۵** نیروهای برشی باید با عملکرد برش اصطکاکی، مطابق ضوابط بند ۹ - ۱۲ - ۱۴، و یا به روش مناسب دیگری بستون پایه یا پی انتقال داده شوند.

**۶ - ۱۷ - ۹** در ستون‌ها و ستون‌پایه‌ها سطح مقطع میلگردی‌های قطع‌کننده سطح تماس بین عضو تکیه‌گاهی و عضو متکی بر آن، نباید کمتر از ۰/۰۰۵ سطح مقطع عضو متکی باشد.

**۷ - ۱۷ - ۹** در دیوارها سطح مقطع میلگردی‌های قطع‌کننده سطح تماس دیوار با پی، نباید کمتر از مقدار حداقل میلگردی‌های قائم داده شده در بند ۴ - ۱۶ - ۲ باشد.

**۸ - ۱۷ - ۹** 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 بندی ۹ - ۱۷ - ۶ - ۱ تا ۹ - ۱۷ - ۵ ضابطه بند ۹ - ۶ - ۹ نیز رعایت شود.

**۹ - ۱۷ - 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.

## ۱۷ - ۷ - محدود کردن حرکت نسبی پی‌ها

**۱ - ۱۷ - ۹** پی‌های جدا از هم در یک سازه باید در دو امتداد ترجیحاً 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 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 بعداً به خوبی کوبیده و متراکم شود.

**مبحث نهم**

در موارد دیگر نیز که به هر دلیل امکان اجرای کلافها وجود ندارد، مشروط بر آنکه مطالعات ویژه، نشانگر آن باشد که استفاده از روش‌های دیگر مانند به کارگیری شمع برای زیر پی‌ها و یا اجرای ستون پایه‌ها و ایجاد فشار خاک بر روی آنها در عمق مناسب، می‌تواند حرکت نسبی پی‌ها را محدود سازد، بهره‌گیری از روش مربوطه امکان‌پذیر است.

**۹ - ۱۷ - ۲** کلاف‌های رابط بین پی‌ها باید بتوانند حداقل نیروی کششی معادل ۵۵ درصد بزرگترین نیروی محوری نهایی وارد به ستون‌های طرفین خود را تحمل نمایند.

**۹ - ۱۷ - ۳** ابعاد مقطع کلاف رابط باید متناسب با ابعاد پی و حداقل ۳۰۰ میلی‌متر اختیار شود، به گونه‌ای که سطح فوقانی آن با پی یکسان باشد.

**۹ - ۱۷ - ۴** تعداد میلگردهای طولی کلاف‌ها باید حداقل چهار عدد آرماتور با قطر ۱۴ میلی‌متر باشد. این میلگردها باید توسط میلگردهای عرضی به قطر حداقل ۸ میلی‌متر و با فواصل حداقل ۲۵۰ میلی‌متر از یکدیگر گرفته شوند.

**۹ - ۱۷ - ۵** میلگردهای طولی کلاف‌ها باید در پی‌های میانی ممتد باشند و در پی‌های کناری از محاذات بر ستون مهار شوند.

## **۹ - ۱۷ - ۸ آرماتورهای حرارت و جمع‌شدگی در پی‌ها**

**۹ - ۱۷ - ۱** نسبت سطح مقطع آرماتور حرارت و جمع‌شدگی لازم به کل سطح مقطع بتن برای پی‌های به‌ضخامت کمتر یا مساوی ۱۰۰۰ میلی‌متر نباید از مقادیر (الف) تا (پ) این بند کمتر اختیار شود:

## ۱۷ - ۹ پی‌ها

- الف) برای میلگردهای رده S<sub>240</sub> و S<sub>340</sub> :
- ب) برای میلگردهای رده S<sub>400</sub> :
- پ) برای میلگردهای رده S<sub>500</sub> و بالاتر :
- ۰/۰۰۲۰  
۰/۰۰۱۸  
۰/۰۰۱۵

**۱۷ - ۸ - ۲** نسبت سطح مقطع آرماتور از حرارت و جمع‌شدگی لازم به کل سطح مقطع بتن برای پی‌های به ضخامت بیشتر از ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ میلی‌متر نباید از  $\alpha$  برابر نسبت‌های مندرج در بند ۹ - ۸ - ۱ - ۱ کمتر اختیار شود. مقدار  $\alpha$  از رابطه (۹ - ۱۷ - ۲) تعیین می‌شود:

$$\alpha = 1/3 - 0/0003 h \quad (9 - 17 - 2)$$

**۱۷ - ۸ - ۳** مقدار حداقل آرماتور حرارت و جمع‌شدگی  $A_{s\min}$ ، برای پی‌های به ضخامت بیشتر از ۲۰۰۰ میلی‌متر برابر مقدار آرماتور برای پی به ضخامت ۲۰۰۰ میلی‌متر و به شرح (الف) تا (پ) این بند است:

- الف) برای میلگردهای رده S<sub>240</sub> و S<sub>340</sub> :  $A_{s\min} = 2800 \text{ (mm}^2/\text{m)}$
- ب) برای میلگردهای رده S<sub>400</sub> :  $A_{s\min} = 2500 \text{ (mm}^2/\text{m)}$
- پ) برای میلگردهای رده S<sub>500</sub> و بالاتر:  $A_{s\min} = 2100 \text{ (mm}^2/\text{m)}$

**۱۷ - ۸ - ۴** در پی‌های با ضخامت متغیر، می‌توان برای محاسبه حداقل مقدار آرماتور کششی حرارت و جمع‌شدگی ضخامت پی را برابر با ضخامت پی فرضی هم حجم آن اختیار کرد.

مبحث نهم

**۱۷ - ۸ - ۵** در پی‌های با ضخامت بیش از ۱۰۰ میلی‌متر از آنجایی که حداقل  $\frac{1}{3}$  مقدار آرماتور حرارت و جمع‌شدگی به‌دست آمده از بند ۹ - ۸ - ۲ یا ۹ - ۱۷ - ۳ در هر وجه پی (فوقانی و تحتانی) لازم می‌باشد، در صورت کمتر بودن فولاد محاسباتی در هر وجه از مقدار مزبور، فولاد حداقل ذکر شده در این بند، در آن وجه تعییه گردد.

**۱۷ - ۸ - ۶ آرماتور جلدی**

در پی‌های حجیم مقدار آرماتور جلدی از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$A_b = \frac{1/6 d_{cs}}{100} \quad (3 - 17 - 9)$$

این مقدار نباید در هیچ‌حال از یک میلگرد به قطر ۱۰ میلی‌متر در هر ۲۰۰ میلی‌متر کمتر باشد.

## ۱۸-۹ مهار و وصله آرماتورها

### ۱۸-۰ علایم اختصاری

$A_b$  = سطح مقطع یک میلگرد، میلی‌متر مربع

$A_{tr}$  = سطح مقطع کل آرماتور عرضی قرار گرفته با فاصله  $S$  از یکدیگر در امتداد عمود بر سفره میلگرددهایی که مهار یا وصله می‌شوند، میلی‌متر مربع

$b_w$  = پهنه‌ای 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 آرماتور کششی، میلی‌متر

$d_b$  = قطر اسمی میلگرد، میلی‌متر

$f_c$  = مقاومت فشاری مشخصه بتن، مگاپاسکال

$f_y$  = مقاومت مشخصه فولاد ( $f_{yk}$ )، مگاپاسکال، که برای تسهیل کار در این فصل

حرف  $k$  در زیرنویس حذف شده است.

مبحث نهم

$h$  = ارتفاع کل عضو، میلی‌متر

$k_1$  = ضریب پوشش بتن برای محاسبه طول گیرایی میلگردهای قلابدار

$k_2$  = ضریب میلگردهای عرضی برای محاسبه طول گیرایی میلگردهای قلابدار

$k_{tr}$  = ضریب میلگردهای عرضی در محاسبه طول گیرایی میلگرد کششی

$l_a$  = طول گیرداری اضافه در تکیه‌گاه یا در نقطه 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

$M_r$  = لنگر خمسی مقاوم مقطع، نیوتن - میلی‌متر

$n$  = تعداد میلگردهایی که در یک محل مهار و یا وصله می‌شوند.

$S$  = فاصله بین خاموتها، میلی‌متر

$V_r$  = نیروی برشی مقاوم مقطع، نیوتن

$V_u$  = نیروی برشی نهایی در مقطع، نیوتن

$\beta_b$  = نسبت سطح مقطع آرماتور قطع شده به سطح مقطع کل آرماتور کششی در مقطع

$\phi_c$  = ضریب جزیی ایمنی بتن

$\phi_s$  = ضریب جزیی ایمنی فولاد

## ۹ - ۱ - ۱ - گستره

**۹ - ۱ - ۱ - ۱** ضوابط این فصل باید برای تأمین مهار میلگردهای آجدار در بتن و چگونگی وصله آنها به یکدیگر در تمامی قطعات بتن آرمه رعایت شوند.

**۹ - ۱ - ۱ - ۲** ضوابط این فصل تمامی میلگردها را که به‌طور عمده تحت اثر بارهای استاتیک قرار داشته و یا سازه‌های با شکل پذیری کم که تحت اثر بارهای جانبی

**۱۸ - ۹ مهار و وصله آرماتورها**

زلزله قرار می‌گیرند را شامل می‌شود. سازه‌هایی که به طور عمده تحت اثر بارهای دینامیک قرار می‌گیرند، مشمول مقررات این فصل نمی‌شوند. برای سازه‌های با شکل پذیری متوسط و زیاد که تحت اثر بارهای جانبی زلزله قرار می‌گیرند باید علاوه بر ضوابط این فصل، ضوابط اضافی فصل بیستم نیز رعایت شوند.

**۱۸ - ۱ - ۳** در این فصل تمامی محاسبات مربوط به پیوستگی بتن و آرماتور در حالت حدی نهایی مقاومت صورت می‌گیرد و در آنها ضرایب جزئی اینمنی مقاومت‌ها،  $\phi_s$ ،  $\phi_c$ ، برابر با یک منظور می‌شوند. در مواردی که به دیگر فصل‌های این مبحث رجوع شده است، ضوابط همان فصل باید رعایت شوند.

**۱۸ - ۲ مهار میلگردها****۱۸ - ۲ - ۱ کلیات**

**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 (الف) تا (پ) این بند و 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
- پ) به کارگیری وسایل مکانیکی در طول میلگرد

**۱۸ - ۲ - ۱ - ۲** برای مهار میلگردهای کششی به وسیله قلاب، انتهای میلگردها خم شده و به صورت قلاب درآورده می‌شود. برای انتقال نیروی  $A_b f_y$  از میلگرد به بتن ایجاد قلاب به تنها بی کافی نیست و باید علاوه بر آن طول اضافی مستقیم

**مبحث نهم**

میلگرد از انتهای آزاد میلگرد 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 قلاب دار» نامیده می‌شوند. ضوابط مربوط به تأمین طول گیرایی میلگردهای قلاب دار در کشش در بند ۹ - ۲ - ۷ داده شده‌اند.

قلاب‌ها برای مهار آرماتور فشاری موثر نیستند.

**۹ - ۱ - ۲ - ۳** استفاده از هرگونه وسیله مکانیکی که بتواند بدون ایجاد خسارت بهبتن نیروی مقاومت میلگردها را بهبتن منتقل نماید، مجاز است. اطمینان از توانایی مناسب وسیله مکانیکی در انتقال نیرو باید از طریق آزمایش و یا روش محاسباتی شناخته شده حاصل شود.

### **۹ - ۱ - ۲ - ۲ قلاب‌های استاندارد**

در این مبحث هر یک از خم‌های مشروح زیر قلاب استاندارد تلقی می‌شود:

الف) میلگردهای اصلی

- خم نیم‌دایره (قلاب انتهایی ۱۸۰ درجه) به اضافه حداقل  $6d_b$  طول مستقیم ولی نه کمتر از ۶۰ میلی‌متر در انتهای آزاد میلگرد
- خم ۹۰ درجه (گونیا) به اضافه طول مستقیم برابر حداقل  $12d_b$  در انتهای آزاد میلگرد

ب) برای میلگردهای تقسیم و خاموتها

- خم ۹۰ درجه (گونیا) به اضافه حداقل  $6d_b$  طول مستقیم ولی نه کمتر از ۶۰ میلی‌متر در انتهای آزاد میلگرد، برای میلگردهای به قطر ۱۶ میلی‌متر و کمتر

**۱۸ - ۹ مهار و وصله آرماتورها**

- خم ۹۰ درجه (گونیا) به اضافه حداقل  $12d_b$  طول مستقیم در انتهای آزاد میلگرد، برای میلگردهای به قطر بیشتر از ۱۶ میلیمتر و کمتر از ۲۵ میلیمتر
- خم ۱۳۵ درجه (چنگک) به اضافه حداقل  $6d_b$  طول مستقیم ولی نه کمتر از ۶۰ میلیمتر در انتهای آزاد میلگرد

**۱۸ - ۲ - ۳ حداقل قطر خمها**

الف) قطر داخلی خمها به جز برای خاموت‌های با قطر کمتر از ۱۶ میلیمتر نباید از مقادیر مندرج در جدول ۹ - ۱۸ - ۱ کمتر اختیار شود:

**جدول ۹ - ۱۸ - ۱ حداقل قطر خمها**

حداقل قطر خم	قطر میلگرد
$6d_b$	کمتر از ۲۸ میلیمتر
$8d_b$	۲۸ تا ۳۴ میلیمتر
$10d_b$	۳۶ تا ۵۵ میلیمتر*

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

ب) قطر داخلی خمها برای خاموت‌های به قطر کمتر از ۱۶ میلیمتر نباید کمتر از  $4d_b$  اختیار شود.

**۱۸ - ۲ - ۴ طول گیرایی میلگردهای کششی**

۱ - ۴ - ۲ - ۱ - ۹ طول گیرایی یک میلگرد در کشش،  $d_a$ ، باید حداقل برابر با مقدار حاصل از رابطه (۹ - ۱۸ - ۱) در نظر گرفته شود، در هر حال کمتر از ۳۰۰ میلیمتر اختیار نشود.

بحث نهم

$$l_d = \left[ \frac{f_y}{1.1\sqrt{f_c}} \frac{\alpha\beta\gamma\lambda}{\left( \frac{c + k_{tr}}{d_b} \right)} \right] d_b \quad (1 - 18 - 9)$$

مقدار  $\frac{c + k_{tr}}{d_b}$  نبایستی بیش از ۲/۵ در نظر گرفته شود.

(الف) ضریب  $\alpha$ ، یا ضریب موقعیت میلگردها، برای میلگردهای افقی که حداقل ۳۰۰ میلی‌متر بتن تازه در زیر آنها، در ناحیه طول گیرایی، ریخته می‌شوند برابر با ۱/۳ و برای سایر میلگردها برابر با یک است.

(ب) ضریب  $\beta$ ، یا ضریب انود میلگرد، برای میلگردهایی که با ماده اپوکسی انود شده‌اند و در آنها ضخامت پوشش بتنی روی میلگرد کمتر از  $3d_b$  و فاصله آزاد میلگردها کمتر از  $6d_b$  است، برابر با ۱/۵ و برای سایر میلگردهایی که با ماده اپوکسی انود شده‌اند برابر ۱/۲ و برای میلگردهایی که انود اپوکسی نشده‌اند برابر با یک است.

لازم نیست حاصل ضرب  $\alpha$  و  $\beta$  بیشتر از ۱/۷ در نظر گرفته شود.

(پ) ضریب  $\gamma$  یا ضریب قطر میلگرد برای میلگردهای با قطر کمتر و یا مساوی ۲۰ میلی‌متر برابر با ۰/۸ و برای میلگردهای با قطر بیش از ۲۰ میلی‌متر برابر با یک است.

(ت) ضریب  $\lambda$  یا ضریب نوع بتن، برای بتن‌های سبک برابر ۱/۳ و برای بتن‌های معمولی برابر با یک می‌باشد.

(ث) ضریب  $\epsilon$  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 (۹ - ۱۸ - ۲) به دست می‌آید:

**۱۸ - ۹ مهار و وصله آرماتورها**

$$k_{tr} = \frac{A_{tr} f_y}{1.0 s_n} \quad (۲ - ۱۸ - ۹)$$

در این رابطه  $n$  تعداد میلگردهایی است که در یک صفحهٔ ترک‌خورده مهار و یا وصله می‌شوند.

برای سهولت در محاسبات، چنانچه فاصله آزاد میلگردها و پوشش روی آنها کمتر از  $d_b$  نباشد و حداقل آماتور برشی مطابق رابطه (۹ - ۱۲ - ۱۳) در ناحیه طول گیرایی به کار برده شده باشد و یا اینکه فاصله آزاد میلگردها کمتر از  $2d_b$  و پوشش روی آنها کمتر از  $d_b$  نباشد  $\frac{c + k_{tr}}{d_b}$  را می‌توان برابر با  $1/5$  و در غیر این صورت برابر با یک در نظر گرفت.

**۱۸ - ۹ - ۲ - ۵ طول گیرایی میلگردهای فشاری**

**۱۸ - ۹ - ۲ - ۵ - ۱** طول گیرایی یک میلگرد در فشار، باید حداقل برابر بزرگترین مقدار دو رابطه (۹ - ۱۸ - ۹) و (۳ - ۱۸ - ۹) در نظر گرفته شود. در هر حال کمتر از ۲۰۰ میلی‌متر اختیار نشود.

$$l_{dc} = [0.25 \frac{f_y}{\sqrt{f_c}}] d_b \quad (۳ - ۱۸ - ۹)$$

$$l_{dc} = [0.4 f_y] d_b \quad (۴ - ۱۸ - ۹)$$

**۱۸ - ۹ - ۲ - ۶ طول گیرایی در گروه میلگردها**

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

**مبحث نهم**

**۱۸ - ۶ - ۲** برای تعیین طول گیرایی یک میلگرد در گروه میلگردها ضرایب به کار برده شده رابطه ۹ - ۱۸ - ۱ باید براساس قطر میلگرد فرضی با مقاطع معادل گروه میلگردها اختیار شوند.

**۱۸ - ۶ - ۷ - ۲** طول گیرایی میلگردهای قلابدار در کشش

**۱۸ - ۷ - ۲ - ۱** طول گیرایی یک میلگرد قلابدار در کشش،  $d_{dh}$  ، باید حداقل برابر مقدار رابطه (۹ - ۱۸ - ۵) در نظر گرفته شود. مقدار  $d_{dh}$  در هیچ حالت نباید کمتر از  $8d_b$  و یا  $150$  میلی‌متر اختیار گردد.

$$\ell_{dh} = \left[ 0.25 k_1 k_2 \beta \lambda \frac{f_y}{\sqrt{f_c}} \right] d_b \quad (9 - 18 - 9)$$

برای تعیین ضرایب  $\beta$  و  $\lambda$  به بند ۹ - ۲ - ۴ - ۱ مراجعه شود.

ضریب  $k_1$  در تمامی موارد برابر با یک منظور می‌شود مگر در مواردی که در قلاب‌های با خم  $180$  درجه پوشش بتنی روی قلاب، در امتداد عمود بر صفحه قلاب، مساوی یا بیشتر از  $65$  میلی‌متر و در قلاب‌های با خم  $90$  درجه پوشش بتن روی قلاب در امتداد عمود بر صفحه قلاب و پوشش در صفحه قلاب به ترتیب مساوی یا بیشتر از  $65$  و  $50$  میلی‌متر باشد. در این موارد ضریب  $k_1$  را می‌توان برابر با  $0.7$  منظور کرد.

ضریب  $k_2$  در تمامی موارد برابر یک منظور می‌شود مگر در مواردی که میلگردها در طول گیرایی با خاموت‌های با فاصله‌ای مساوی یا کمتر از  $3d_b$  محصور شده باشند در این موارد ضریب  $k_2$  را می‌توان  $0.8$  منظور کرد.

**۱۸ - ۷ - ۲ - ۲** در انتهای غیرممتد یک عضو که در آن برای مهارکردن میلگرد از قلاب استفاده شده است در صورتی که پوشش بتنی روی میلگرد در هر دو جهت، بالا و پایین و عمود بر صفحه قلاب، کمتر از  $65$  میلی‌متر باشد باید میلگرد در طول گیرایی با خاموت‌هایی به فاصله کمتر از  $3d_b$  از یکدیگر محصور شود.

**۱۸ - ۹ مهار و وصله آرماتورها****۱۸ - ۲ - ۸ - اضافه آرماتور**

**۱ - ۸ - ۲ - ۱۸ - ۹** در مواردی که آرماتور به کار رفته در مقطع بیشتر از آرماتور لازم براساس تحلیل سازه می‌باشد می‌توان روابط  $9 - ۱۸ - ۹$ ،  $1 - ۱۸ - ۳$ ،  $۳ - ۱۸ - ۹$  و  $۴ - ۱۸ - ۵$  را در نسبت مقدار آرماتور لازم به مقدار آرماتور مصرفی ضرب نمود. این ضریب در مورد سازه‌های با شکل پذیری زیاد (فصل بیستم) باید برابر یک منظور گردد.

**۱۸ - ۳ - ضوابط مهار آرماتورهای خمشی****۱۸ - ۳ - ۱ - ضوابط کلی**

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

**۱ - ۳ - ۱ - ۲ - ۱۸ - ۹** در قطعات خمشی مقاطع بحرانی که در دو سمت آنها کافی بودن مهار آرماتور باید بررسی شود به شرح (الف) و (ب) این بند می‌باشد.

(الف) مقاطع دارای بیشترین تنفس

(ب) مقاطعی که در آنها، در طول دهانه قطعه، آرماتور قطع یا خم می‌شود.

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

**مبحث نهم**

**۹ - ۱ - ۳ - ۳ - ۱ - ۶** میلگردها باید از محل مقطعی که وجودشان دیگر برای تحمل خمش لازم نیست به طول حداقل برابر با  $d_b$  یا  $12d_b$  هر کدام بزرگترند، ادامه داده شوند. رعایت این ضابطه در انتهای عضو با تکیه گاه ساده و یا انتهای آزاد عضو طرحهای الزامی نیست.

**۹ - ۱ - ۳ - ۴ - ۱ - ۶** در مواردی که تعدادی از میلگردها قطع یا خم می‌شوند، آن دسته از میلگردها که ادامه پیدا می‌کنند باید از مقطعی که میلگردهای قطع یا خمشده وجودشان دیگر برای تحمل خمش ضروری نیست، به طول حداقل برابر با طول گیرایی،  $d_l$  ، ادامه داده شوند.

**۹ - ۱ - ۳ - ۵ - ۱ - ۶** آرماتور خمشی را نمی‌توان در ناحیه بتن کششی قطع کرد مگر آنکه یکی از شرایط (الف) تا (پ) این بند تأمین باشد:

الف) مقدار  $V_r$  ، در محل قطع آرماتور به اندازه حداقل پنجاه درصد بیشتر از مقدار  $V_u$  باشد.

ب) در انتهای میلگردهای قطع شده در ناحیه ای به طول حداقل  $0.75d$  آرماتور عرضی اضافه بر آنچه برای تحمل برش یا پیچش لازم است، تأمین گردد. سطح مقطع آرماتور عرضی اضافی لازم باید حداقل برابر با  $\frac{S}{f_y} \cdot 0.42b_w$  باشد و فاصله میلگردهای عرضی از یکدیگر در این ناحیه بیشتر از  $\frac{d}{\beta_b}$  نباشد.

پ) مقدار آرماتوری که ادامه پیدا می‌کند حداقل دو برابر مقدار مورد نیاز در مقطع باشد و مقدار  $V_r$  ، در محل قطع آرماتور به اندازه حداقل سی و سه درصد بیشتر از مقدار  $V_u$  ، باشد.

**۱۸ - ۹ مهار و وصله آرماتورها**

**۱۸ - ۳ - ۶** در قطعات خمشی که در آنها تنש در آرماتور کششی مستقیماً متناسب با لنگر خمشی نیست، مانند پیهای با مقطع متغیر، پلکانی و یا باریکشونده و همچنین نشیمن‌گاه‌ها، اعضای خمشی با ارتفاع زیاد، تیرهای عمیق، و یا اعضایی که در آنها آرماتور کششی موازی سطح بتن فشاری نیست، باید مهار میلگردهای کششی در مقاطع مختلف کنترل شود.

**۱۸ - ۳ - ۲ - ضوابط خاص مهار آرماتور خمشی مثبت**

**۱۸ - ۳ - ۱ - ۱** حداقل یکسوم آرماتور خمشی مثبت، در قطعات با تکیه‌گاه ساده، و یکچهارم آرماتور خمشی مثبت، در قطعات یکسره، باید در طول وجهی از قطعه که در آن قرار گرفته‌اند تا روی تکیه‌گاه ادامه داده شوند. در تیرها این میلگردها باید به اندازه حداقل  $150$  میلی‌متر در داخل تکیه‌گاه ادامه یابند.

**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 برطبق بند **۹ - ۳ - ۲ - ۱** تا روی تکیه‌گاه ادامه می‌یابد باید به طور کامل در تکیه‌گاه مهار شود به طوری که آرماتور بتواند در مقطع بر تکیه‌گاه به تنش جاری شدن،  $f_y$ ، برسد.

**۱۸ - ۳ - ۲ - ۳** در قطعات خمشی در مقاطع مجاور تکیه‌گاه‌های ساده و یا مقاطع نقاط عطف منحنی تغییرشکل، قطر میلگردهای خمشی مثبت باید چنان باشد که طول گیرایی آنها در رابطه  $(9 - ۱۸ - ۹)$  صدق کند:

$$l_d \leq \frac{M_r}{V_u} + l_a \quad (9 - ۱۸ - ۹)$$

$l_a$ ، در مواردی که رابطه در محل نقطه عطف بررسی می‌شود، باید برابر با  $d$  یا  $12d_b$  هر کدام بزرگترند، در نظر گرفته شود.

**مبحث نهم**

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

در تکیه‌گاه‌هایی که آرماتور خمشی مثبت در داخل بتن فشاری ناشی از عکس‌العمل فشاری تکیه‌گاه محصور شده باشد، مقدار  $\frac{M_r}{V_u}$  در رابطه فوق را می‌توان به اندازه یک‌سوم افزایش داد.

**۳ - ۱۸ - ۹ ضوابط خاص مهار آرماتور خمشی منفی**

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

حداقل یک‌سوم آرماتور خمشی منفی موجود در تکیه‌گاه یک عضو خمشی باید تا محل نقطه عطف منحنی تغییرشکل عضو ادامه داده شده و از این محل به اندازه حداقل  $d$  و یک‌شانزدهم طول دهانه خالص، هر کدام بزرگتر است، فراتر برده شود.

**۴ - ۱۸ - ۳ ضوابط خاص مهار آرماتور عرضی در جان قطعات خمشی**

آرماتور عرضی در جان قطعات خمشی باید تا حدی که پوشش بتنی آرماتور و یا نزدیکی سایر آرماتورها اجازه می‌دهد، نزدیک به دو وجه فشاری و کششی عضو در مقطع قرار داده شود.

**۱۸ - ۹ مهار و وصله آرماتورها**

**۱۸ - ۳ - ۴ - ۲** دو انتهای آرماتور عرضی تکشاخه‌ای و آرماتور به‌شکل U تکی و یا مکرر باید به‌یکی از طرق (الف) و (ب) این بند مهار شوند:

(الف) برای میلگردهای به‌قطر کوچکتر از ۱۶ میلی‌متر و برای میلگردهای با قطر ۱۶ تا ۲۵ میلی‌متر از رده ۵۳۴۰، باید از قلاب استاندارد استفاده شود. قلاب باید حداقل یک میلگرد طولی را در برگیرد.

(ب) برای میلگردهای با قطر ۱۶ تا ۲۵ میلی‌متر از رده ۵۴۰۰ و بالاتر، باید علاوه بر استفاده از قلاب استاندارد که حداقل یک میلگرد طولی را در برگرفته باشد، طول گیرایی به‌اندازه دو سوم طول گیرایی میلگرد قلاب‌دار (ضوابط بند ۹ - ۲ - ۱۸) نیز تأمین شود. طول گیرایی میلگرد قلاب‌دار از محل وسط ارتفاع مؤثر مقطع اندازه‌گیری می‌شود.

**۱۸ - ۳ - ۴ - ۳** در بین دو انتهای مهارشده خاموت‌های به‌شکل U تکی و یا مکرر، در هر خم واقع در ناحیه پیوسته خاموت باید حداقل یک آرماتور طولی محصور شده باشد.

**۱۸ - ۳ - ۴ - ۴** میلگردهای طولی خم‌شده 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 مؤثر مقطع،  $\frac{d}{4}$  اندازه‌گیری می‌شود.

**۱۸ - ۳ - ۴ - ۵** در زوج خاموت‌های U شکل که با وصله پوششی، یک خاموت بسته می‌سازند، باید طول پوشش برابر با حداقل  $\frac{d}{4} \times \frac{1}{3}$  رعایت شود. در این خاموت‌ها، چنانچه مقدار  $A_{bf}$  هر شاخه کمتر از ۴۰ کیلونیوتن و ارتفاع مقطع عضو

**مبحث نهم**

بیشتر از ۴۵۰ میلی‌متر باشد، می‌توان طول پوشش را کمتر از  $1/3$  در نظر گرفت مشروط بر آنکه هر شاخه از U تا وجه مقابل ادامه داده شود.

**۱۸ - ۹ - ۴ - وصله میلگردها****۱۸ - ۹ - ۴ - ۱ - ضوابط کلی**

**۹ - ۱۸ - ۱ - ۱ - ۱ -** وصله میلگردها به یکدیگر به یکی از چهار طریق (الف) تا (ت) این بند و یا ترکیبی از آنها 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 قرار داده شوند، «طول پوشش» نامیده می‌شود.

ب) وصله جوشی: که با جوش دادن دو میلگرد به یکدیگر انجام می‌شود.

پ) وصله مکانیکی: که با به کارگیری وسایل مکانیکی خاص حاصل می‌شود.

ت) وصله انتکایی: که با بر روی هم قرار دادن دو انتهای میلگردهای فشاری عملی می‌گردد.

**۹ - ۱۸ - ۱ - ۴ - ۲ -** وصله پوششی، تنها در مورد میلگردهای با قطر کمتر از ۳۶ میلی‌متر مجاز می‌باشد.

**۹ - ۱۸ - ۱ - ۴ - ۳ -** وصله پوششی برای گروه میلگردها، به عنوان یک مجموعه میلگرد، مجاز نیست. اما هریک از میلگردها را می‌توان جداگانه با وصله پوششی به هم متصل نمود. در این حالت نواحی وصله میلگردهای مختلف نباید با هم تداخل داشته باشند.

**۱۸ - ۹ مهار و وصله آرماتورها**

**۱۸ - ۹ - ۴ - ۱ - ۴** طول پوشش لازم برای وصله پوششی هر دو میلگرد در گروه میلگردها باید براساس طول پوشش لازم برای هر یک از میلگردها تعیین شود و در آن ضوابط بند ۶ - ۲ - ۱۸ - ۹ نیز رعایت شود.

**۱۸ - ۹ - ۱ - ۴ - ۵** در اعضای خمشی فاصله محور تا محور دو میلگرد که با وصله پوششی بهم متصل می‌شوند باید بیشتر از یک پنجم طول پوشش لازم و یا بیشتر از ۱۵۰ میلی‌متر باشد.

در سایر اعضا این فاصله باید بزرگتر از ۵ برابر قطر میلگرد کوچکتر باشد. محل وصله غیرتماسی باید با میلگردهای عرضی عمود بر میلگردهای وصله‌شونده محصور گردد.

**۱۸ - ۹ - ۱ - ۴ - ۶** وصله جوشی میلگردها باید به صورت یکی از روش‌های اتصال جوشی نوک به نوک خمیری (جوش الکتریکی تماسی) یا اتصال جوشی ذوبی با الکترود (جوش با قوس الکتریکی) انجام شود. مقاومت این وصله‌ها در کشش باید حداقل برابر با  $1/25A_b f_y$  باشد، مگر آنکه الزامات بند ۹ - ۱۸ - ۲ - ۴ - ۲ - ۲ تأمین شده باشد.

اتصال جوشی نوک به نوک خمیری فقط در شرایط کارخانه‌ای و در صورتی مجاز است که قطر میلگردها از ۱۰ میلی‌متر برای فولادهای گرم نوردشده یا ۱۴ میلی‌متر برای فولادهای سرد اصلاح شده کمتر نباشد، و نسبت سطح مقطع دو میلگرد وصله شونده از  $1/5$  تجاوز نکند.

اتصال جوشی ذوبی با الکترود در صورتی مجاز است که برای هر نوع فولاد، مطابق مبحث دهم مقررات ملی ساختمان، از الکترود و روش جوشکاری مناسب آن استفاده شود.

اتصال جوشی ذوبی با الکترود به طور معمول به یکی از روش‌های (الف) تا (پ) این بند انجام می‌پذیرد:

مبحث نهم

الف) اتصال جوشی پهلو به پهلو با جوش از یکرو یا دورو، که فقط برای میلگردهای گرم نورددشده با قطر ۶ تا ۳۶ میلیمتر مجاز است. در این روش طول نوار جوش از یکرو نباید از ۱۰ برابر قطر میلگرد کوچکتر، کمتر باشد و طول نوار جوش دورو نباید از ۵ برابر قطر میلگرد کوچکتر، کمتر اختیار شود.

ب) اتصال جوشی با وصله یا وصله‌های جانبی اضافه با جوش از یکرو یا دورو، فقط برای میلگردهای گرم نورددشده مجاز است. حداقل طول نوار جوش برای اتصال هر میلگرد به وصله یا وصله‌ها مشابه اتصال جوشی پهلو به پهلو است.

پ) اتصال جوشی نوک به نوک با پشت‌بند با آمادگی یا بدون آمادگی سر میلگردها، که طول پشت‌بند نباید کمتر از ۳ برابر قطر میلگردها برای فولادهای گرم نورددشده یا ۸ برابر قطر میلگردها برای فولادهای سرد اصلاح شده اختیار شود. فاصله دو سر میلگردهای وصله‌شونده از هم در حالت با آمادگی ۳ میلیمتر و در حالت بدون آمادگی باید معادل نصف قطر میلگردها باشد. در مورد فولادهای سرد اصلاح شده آماده کردن سر هر دو میلگرد الزامی است. در صورتی که میلگردهای وصله‌شونده در وضعیت قائم یا نزدیک به قائم قرار گیرند، آماده کردن انتهای میلگرد فوقانی الزامی است و انتهای میلگرد تحتانی باید عمود بر محور آن بربیده شود.

**۷ - ۱ - ۴ - ۹ - ۱۸ - ۹** وصله مکانیکی میلگردها باید در کشش و فشار دارای مقاومت حداقل برابر با  $1/25 A_b f_y$  باشد مگر آنکه ضابطه بند ۹ - ۲ - ۴ - ۱۸ - ۲ تأمین شده باشد.

**۸ - ۱ - ۴ - ۹ - ۱۸ - ۹** وصله‌های اتکایی فقط برای میلگردهای تحت فشار با قطر ۲۵ میلیمتر و بیشتر مجاز است و رعایت ضوابط بند ۹ - ۳ - ۴ - ۱۸ - ۳ در آنها الزامی است.

---

۱۸ - ۹ مهار و وصله آرماتورها**۱۸ - ۹ - ۲ - ۴ - ۲ - ۱۸ - ۹ وصله میلگردهای کششی**

**۱۸ - ۹ - ۲ - ۴ - ۱** در وصله‌های پوششی طول پوشش باید حداقل برابر با  $\frac{1}{3} d$  باشد. تنها در مواردی که دو شرط (الف) و (ب) این بند به طور تأمین تأمین باشد طول پوشش را می‌توان به مقدار  $d$  کاهش داد:

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

(ب) حداقل نصف آرماتور موجود در مقطع در ناحیه طول پوشش وصله شوند. طول گیرایی میلگرد در کشش است که باید براساس ضوابط بند ۹ - ۲ - ۱۸ - ۹ محاسبه شود. در محاسبه  $d$  ضریب اضافه آرماتور موضوع بند ۹ - ۲ - ۱۸ - ۸ باید برابر با یک منظور شود.

طول پوشش در هیچ حالت نباید کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر اختیار شود.

**۱۸ - ۹ - ۲ - ۴ - ۲** در وصله‌های جوشی یا مکانیکی در مواردی که مقدار آرماتور موجود در مقطع کمتر از دو برابر مورد نیاز باشد، مقاومت وصله باید برابر با  $\frac{1}{25} A_b f_y$  باشد ولی در سایر موارد مقاومت وصله را می‌توان کمتر از این مقدار و مطابق ضابطه (الف) و (ب) این بند در نظر گرفت:

(الف) مقاومت وصله در هر میلگرد باید چنان باشد که کل میلگردهای موجود در این مقطع بتوانند نیرویی حداقل معادل دو برابر نیروی لازم در آن مقطع را تحمل نمایند. این نیرو نباید کمتر از  $140 A_b f_y$  برای کل میلگردها در نظر گرفته شود.

فاصله وصله‌ها از یکدیگر در مقاطع مختلف متواالی نباید کمتر از ۶۰۰ میلی‌متر باشد.

(ب) نیروی کششی مقاوم مورد نظر در بند الف را باید برای میلگردهای وصله داده شده برابر با نیروی مقاوم وصله و برای میلگردهای وصله‌نشده برابر  $A_b f_y$  آنها که به نسبت طول واقعی مهارشده به طول گیرایی لازم آنها کاهش داده شده است، محاسبه نمود.

**مبحث نهم**

**۳ - ۲ - ۴ - ۱۸ - ۹** در قطعات کششی وصله میلگردها باید تنها به وسیله وصله‌های جوشی یا مکانیکی انجام شود و در آنها ضوابط بند ۹ - ۱۸ - ۴ - ۱ - ۶ یا ۹ - ۱۸ - ۱ - ۴ - ۷ رعایت گردد. فاصله وصله‌ها در میلگردهای مجاور هم باید بیشتر از ۷۵۰ میلی‌متر در نظر گرفته شود.

**۳ - ۴ - ۱۸ - ۹ وصله میلگردهای فشاری**

**۱ - ۳ - ۴ - ۱۸ - ۹** در وصله‌های پوششی، طول پوشش برای فولادهای از رده S400 یا پایین‌تر باید حداقل برابر با  $d_b / 0.7 f_y$  و برای فولادهای رده بالاتر برابر با  $d_b / 1.3 f_y$  باشد. این طول در هر حال نباید کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر اختیار شود. در مواردی که مقاومت بتن کمتر از ۲۰ مگاپاسکال است، طول پوشش باید به اندازه سی و سه درصد افزایش داده شود.

**۲ - ۳ - ۴ - ۱۸ - ۹** در مواردی که میلگردهای با قطرهای مختلف با وصله پوشش بهم متصل می‌شوند 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 می‌توان به میلگردهای با قطر کوچکتر از ۳۶ میلی‌متر اتصال داد.

**۳ - ۴ - ۳ - ۱۸ - ۹** در وصله‌های اتکایی که در آنها برای انتقال فشار از یک میلگرد به دیگری، انتهای آن دو بهم تکیه داده می‌شوند باید سطوح انتهای میلگردها کاملاً گونیا بریده شوند و تماس آن دو تا حد امکان کامل باشد. زاویه سطح انتهایی هر میلگرد نباید نسبت به سطح عمود بر محور میلگرد بیش از ۱/۵ درجه انحراف داشته باشد و سطح تماس دو میلگرد بعد از سوار شدن نیز نباید بیش از ۳ درجه نسبت

**۱۸ - ۹ مهار و وصله آرماتورها**

بهاتکای کامل انحراف داشته باشد. این نوع وصله تنها در قطعاتی که دارای خاموت عرضی بسته یا مارپیچ هستند، مجاز می‌باشد.

**۱۸ - ۹ - ۴ - ۴ - ضوابط خاص وصله آرماتورها در ستون‌ها**

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

**۱۸ - ۹ - ۴ - ۲ - ۴** وصله پوششی میلگرددهایی که در فشار قرار دارند مشمول ضوابط این نوع وصله‌ها در فشار و میلگرددهایی که در کشش قرار دارند مشمول ضوابط این نوع میلگردها در کشش می‌شوند. در میلگردهای کششی چنانچه تنش موجود در آنها کمتر از  $f_y/5$  و تعداد میلگردهایی که در طول ناحیه پوشش وصله می‌شوند، کمتر از نصف میلگردهای کششی باشد طول پوشش باید حداقل برابر با  $l_a$  و در غیر این صورت باید حداقل برابر با  $l_a/3$  در نظر گرفته شود. در حالت اول فاصله وصله‌ها در میلگردهای مختلف از یکدیگر نباید کمتر از  $l_a$  اختیار شود.

**۱۸ - ۹ - ۴ - ۳** در قطعات تحت فشار چنانچه در ناحیه وصله پوششی آرماتور عرضی به صورت خاموت با سطح مقطع بیشتر از  $hs/15$  وجود داشته باشد طول پوشش را می‌توان به اندازه ۲۰ درصد و چنانچه آرماتور عرضی به صورت مارپیچ وجود داشته باشد، طول پوشش را می‌توان به اندازه ۲۵ درصد کاهش داد. طول پوشش در هر حال نباید کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر اختیار شود. در محاسبه سطح مقطع خاموت تنها سطح مقطع شاخه‌های عمود در امتداد  $h$  منظور می‌گردد.

بحث نهم

۹ - ۱۸ - ۴ - ۴ - ۴ - در ستون‌ها وصله‌های اتکایی میلگردها را مطابق ضابطه بند ۳ - ۳ - ۴ - ۱۸ - ۹ می‌توان 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 برد شود، به طوری که مقاومت میلگردهایی که در محل وصله ادامه دارند حداقل معادل با یک‌چهارم مقدار  $A_b f_y$  برای تمامی میلگردهای موجود در آن وجه ستون باشد.

## ۱۹-۹ ضوابط ویژه طراحی در برابر حریق

### ۱۹-۹-۰ علایم اختصاری

$T$  = دمای بتن یا فولاد، درجه سلسیوس

$f_{ct}$  = مقاومت فشاری بتن در دمای  $T$

$f_{yt}$  = تنش حد تسلیم فولاد در دمای  $T$

### ۱۹-۹-۱ گستره

هدف از مطالب این فصل، ارایه حداقل ضوابط، ابعاد و مشخصات اجزای سازه‌ای بهمنظور مقاومت در برابر حریق در مواردی می‌باشد که تمهیداتی همچون استفاده از مواد ضدحریق و اندودها . . . بهمنظور ایجاد این مقاومت در سازه پیش‌بینی نشده باشد.

**مبحث نهم**

علاوه بر مطالب این فصل ضروری است ضوابط مندرج در مبحث سوم مقررات ملی ساختمان نیز رعایت شود.

### **۹ - ۱۹ - ۲ مدت زمان مقاومت در برابر حریق**

حداقل زمان لازم برای تخلیه افراد و اشیاء مهم (مدت زمان مقاومت) بسته به عوامل زیر بین ۳۰ دقیقه تا ۲۴۰ دقیقه انتخاب می‌شود.

- نوع کاربری ساختمان
  - مشخصات هندسی ساختمان (تعداد طبقات و وسعت هر طبقه)
  - میزان جمعیت ساکن در بنا
  - نوع مصالح اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای
  - فاصله ساختمان از بناهای مجاور
  - مشخصات تأسیسات مکانیکی و برقی و سیستم‌های اعلام و اطفای حریق
- مدت زمان مقاومت در برابر حریق نباید از مقادیر زیر کمتر در نظر گرفته شود:
- در ساختمان‌های خصوصی ۲ تا ۵ طبقه : ۶۰ دقیقه
  - در ساختمان‌های خصوصی ۶ تا ۱۰ طبقه : ۹۰ دقیقه
  - در ساختمان‌های خصوصی ۱۱ تا ۲۰ طبقه و با جمعیت کمتر از ۳۰۰ نفر: ۱۲۰ دقیقه
  - در ساختمان‌های عمومی یا ساختمان‌های خصوصی با جمعیت بیش از ۳۰۰ نفر: ۱۵۰ دقیقه

### **۹ - ۱۹ - ۳ اثر تغییرات درجه حرارت بر مقاومت مصالح مصرفی**

در بررسی عملکرد اجزای سازه‌ای لازم است اثر تغییرات مقاومت بتن و فولاد بر حسب افزایش درجه حرارت به شرح زیر منظور شود:

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

در جدول های ۹ - ۱۹ و ۹ - ۲ تغییرات متوسط مقاومت بتن و فولاد بر حسب تغییرات دما ارایه شده است.

**۱۹-۳-۱ بتن**

مقدار مقاومت فشاری بتن در دمای T درجه سلسیوس نسبت به مقاومت فشاری مبنا (دمای ۲۰ درجه سلسیوس) از جدول ۹ - ۱۹ - ۱ تعیین می شود:

**جدول ۹ - ۱۹ - ۱**

۱۰۰۰	۸۰۰	۷۰۰	۶۰۰	۵۰۰	۴۰۰	۳۰۰	T
۰	۰/۲۳	۰/۳۴	۰/۴۵	۰/۶	۰/۷۷	۰/۹۲	$f_{ct} / f_c$

**۱۹-۳-۲ فولاد**

مقدار تنفس حد تسلیم فولاد در دمای T درجه سلسیوس نسبت به تنفس حد تسلیم مبنا (دمای ۲۰ درجه سلسیوس) از جدول ۹ - ۱۹ - ۲ تعیین می شود:

**جدول ۹ - ۱۹ - ۲**

۷۵۰	۷۰۰	۶۰۰	۵۰۰	۴۰۰	۳۰۰	T
۰	۰/۱۲	۰/۵۵	۰/۶۴	۰/۸۱	۰/۹۳	$f_{yt} / f_y$

**مبحث نهم****۹ - ۱۹ - ۴ ملاحظات طراحی**

طراحی اجزای بتن آرمه در مقابل حریق در حالت حدی نهایی مقاومت انجام می‌گیرد.  
اثر افزایش درجه حرارت ناشی از حریق بهدو طریق (الف) و (ب) این بند در محاسبات  
مطرح می‌شود:

- (الف) افزایش درجه حرارت یکنواخت در یک عضو یا جمعی از اعضای سازه‌ای و اثرات  
انبساط حاصله در توزیع نیروهای داخلی سیستم‌های نامعین
- (ب) اثر گرادیان حرارتی (اختلاف درجه حرارت) در اجزای بتنی و تغییرشکل‌های  
حاصله که باعث ایجاد نیروهای داخلی در اعضا می‌شود.

**۹ - ۱۹ - ۴ - ۱ ستون‌ها**

در ستون‌های ساختمان‌های با مدت زمان مقاومت در برابر حریق ۹۰ دقیقه یا بیشتر،  
ملاحظات زیر باید رعایت شود:

- لاغری ستون‌ها به عدد ۵۰ محدود می‌گردد.
- درصد فولاد ستون‌ها (غیر از محل وصله‌ها) بهدو درصد محدود می‌شود.
- میلگردهای طولی باید در امتداد وجوده ستون توزیع شده و میلگردهای عرضی نیز در  
محیط و سطح میانی مقطع توزیع شوند.
- برای محصور کردن بتن و آرماتورهای طولی نباید فقط به خاموت‌های محیطی اکتفا  
شود بلکه باید سنjac ها و خاموت‌های میانی نیز به طور همزمان در آنها به کار برد شود.  
ضوابط هندسی الزامی ستون‌ها در جدول ۹ - ۳ ارایه شده است.

**۹ - ۹ ضوابط ویژه طراحی در برابر حریق****جدول ۹ - ۳ - ۳ ضوابط هندسی الزامی ستون‌ها، از نظر مقاومت در برابر حریق**

ردیف	مدت زمان مقاومت در برابر حریق (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 - ۴ - ۲ تیرها**

- ضوابط هندسی الزامی تیرها در جدول‌های ۹ - ۱۹ - ۴ و ۹ - ۱۹ - ۵ ارایه شده است.

- میلگردهای طولی باید در عرض تیر توزیع شده و میلگردهای عرضی نیز علاوه بر خاموت خارجی در بخش میانی مقطع تعییه گردند.

مبحث نهم

جدول ۹ - ۱۹ - ۴ - ضوابط هندسی الزامی تیرهای ساده، از نظر مقاومت در برابر حریق

ردیف	مدت زمان مقاومت در برابر حریق (دقیقه)	عرض تیر (b) (میلی متر)	حداقل فاصله مرکز هر یک از مبلاگردها تا وجه خارجی تیر (a) (میلی متر)	حداقل ضخامت جان (b <sub>w</sub> ) (میلی متر)
۱	۳۰	۸۰	۲۵	۸۰
۲		۱۲۰	۱۵	۱۰
۳		۱۶۰	۱۰	۱۰
۴		۲۰۰		
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	

**۱۹-۹ ضوابط ویژه طراحی در برابر حریق****جدول ۱۹-۹-۵ ضوابط هندسی الزامی تیرهای یکسره، از نظر مقاومت در برابر حریق**

ردیف	مدت زمان مقاومت در برابر حریق (دقیقه)	عرض تیر (b) میلی‌متر	حداقل فاصله مرکز هر یک از میلگردها تا وجه خارجی تیر (a) (میلی‌متر)	حاقل ضخامت جان (b <sub>w</sub> ) (میلی‌متر)
۱	۳۰	۸۰	۱۲	۸۰
		۱۲۰	۱۲	
۲		۱۲۰	۲۵	۱۰۰
		۲۰۰	۱۲	
		۳۰۰	۱۲	
۳		۱۵۰	۳۵	۱۲۰
		۲۵۰	۲۵	
		۴۰۰	۲۵	
۴		۱۲۰	۲۰۰	۱۴۰
		۳۰۰	۳۵	
		۵۰۰	۳۵	
۵		۱۸۰	۲۴۰	۱۶۰
		۶۰۰	۵۰	
۶		۱۸۰	۲۸۰	۱۸۰
		۷۰۰	۶۰	
۷				۱۸۰
				۱۸۰
۸				۱۸۰
				۱۸۰
۹				۱۸۰
				۱۸۰
۱۰				۱۸۰
				۱۸۰
۱۱				۱۸۰
				۱۸۰
۱۲				۱۸۰
				۱۸۰
۱۳				۱۸۰
				۱۸۰
۱۴				۱۸۰
				۱۸۰
۱۵				۱۸۰

**۱۹-۹-۴-۳ دال‌ها**

ضوابط هندسی الزامی دال‌ها در جدول‌های ۱۹-۹ و ۱۹-۶ و ۱۹-۷ ارایه شده است.

مبحث نهم

جدول ۹ - ۶ - ضوابط هندسی الزامی دال‌های با تکیه‌گاه ساده، از نظر مقاومت در برابر حریق

حداقل فاصله مرکز هر یک از میلگردها تا وجه خارجی (a) (میلی‌متر)		در دال‌های یکطرفه $l_x / l_y \leq 2/0$	در دال‌های یکطرفه $l_x / l_y \geq 2/0$	حداقل ضخامت دال (h <sub>s</sub> ) (میلی‌متر)	مدت زمان مقاومت در برابر حریق (دقیقه)	ردیف
در دال‌های یکطرفه	در دال‌های یکطرفه					
۱۰	۱۰	۱۰	۶۰	۳۰	۱	
۲۵	۱۰	۲۵	۸۰	۶۰	۲	
۳۵	۱۵	۳۵	۱۰۰	۹۰	۳	
۴۵	۲۰	۴۵	۱۲۰	۱۲۰	۴	
۶۰	۳۰	۶۰	۱۵۰	۱۸۰	۵	
۷۰	۴۰	۷۰	۱۷۵	۲۴۰	۶	

جدول ۹ - ۷ - ضوابط الزامی هندسی دال‌های یکسره، از نظر مقاومت در برابر حریق

حداقل فاصله مرکز هر یک از میلگردها تا وجه خارجی (a) (میلی‌متر)	حداقل ضخامت دال (h <sub>s</sub> ) (میلی‌متر)	مدت زمان مقاومت در برابر حریق (دقیقه)	ردیف
۱۰	۶۰	۳۰	۱
۱۰	۸۰	۶۰	۲
۱۵	۱۰۰	۹۰	۳
۲۰	۱۲۰	۱۲۰	۴
۳۰	۱۵۰	۱۸۰	۵
۴۰	۱۷۵	۲۴۰	۶

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

### ۹ - ۲۰ - علایم اختصاری

$A_g =$  سطح مقطع کل قطعه، میلی‌متر مربع

$A_c =$  مساحت قسمتی از مقطع که داخل میلگرد دورپیچ واقع شده است. این مساحت

براساس اندازه پشت تا پشت میلگرد دورپیچ محاسبه می‌شود، میلی‌متر مربع

$A_{ch} =$  مساحت قسمتی از مقطع که داخل میلگرد عرضی واقع شده است. این مساحت

براساس اندازه پشت تا پشت میلگرد عرضی محاسبه می‌شود، میلی‌متر مربع

$A_{cp} =$  مساحت مقطع بتن یک پایه یا یک قطعه دیوار افقی، که در مقابل برش مقاومت

می‌کند، میلی‌متر مربع

$A_{cv} =$  مساحت خالص مقطع بتن محدود به ضخامت جان و طول مقطع در امتدادی که

نیروی برشی در نظر گرفته می‌شود، میلی‌متر مربع

بحث نهم

$A_j$  = حداقل مساحت مقطع داخلی اتصال در صفحه‌ای به موازات محور آرماتوری که در اتصال ایجاد برش می‌کند، میلی‌متر مربع

عمق این مقطع برابر با عمق کلی مقطع ستون است. در مواردی که تیر اصلی به تکیه‌گاهی به پهنانی بیشتر اتصال می‌یابد عرض مؤثر اتصال کوچکترین دو مقدار (الف) و (ب) اختیار شود:

(الف) عرض تیر به اضافه عمق کل مقطع اتصال

(ب) دو برابر کوچکترین فاصله محور تیر از بر ستون در جهت عمود بر محور تیر  
 $S = A_{sh}$  = سطح مقطع کل آرماتور عرضی، با احتساب رکابی‌های تک شاخه‌ای، در فاصله  $S$  در امتداد عمود بر بعد  $h_c$ ، میلی‌متر مربع

$A_v$  = سطح مقطع کل آرماتور برشی در فاصله  $S$  در امتداد عمود بر محور طولی عضو، میلی‌متر مربع

$A_{vd}$  = سطح مقطع میلگردی‌های قطری، میلی‌متر مربع  
 $b$  = پهنانی بال مؤثر فشاری، 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 ( $f_{yk}$ )، مگاپاسکال، که برای تسهیل کار در این فصل حرف  $k$  در زیرنویس حذف شده است.

$f_{yh}$  = مقاومت مشخصه آرماتور عرضی، مگاپاسکال

$h_c$  = بعد مقطع ستون (محور تا محور میلگردی‌های 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

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

۱= طول ناحیه بحرانی که در آن باید آرماتور عرضی ویژه به کار برد شود، میلی‌متر

$$l_w = \text{طول دیوار، میلی‌متر}$$

$$M_c = \text{بهبند ۹ - ۲۰ - ۴ - ۲ - ۴ - ۱ رجوع شود، نیوتون- میلی‌متر}$$

$$M_g = \text{بهبند ۹ - ۲۰ - ۴ - ۲ - ۴ - ۱ رجوع شود، نیوتون- میلی‌متر}$$

$$M_n = \text{لنگر خمی مقاوم اسمی، بهبند ۹ - ۲۰ - ۲ - ۱ رجوع شود، نیوتون- میلی‌متر}$$

$$M_{pr} = \text{لنگر خمی مقاوم محتمل، نیوتون- میلی‌متر}$$

$$M_r = \text{لنگر خمی مقاوم مقطع، نیوتون- میلی‌متر}$$

$$N_u = \text{نیروی محوری نهایی در مقطع، نیوتون}$$

$$s = \text{فاصله بین سفره‌های میلگردی عرضی در امتداد محور طولی عضو، میلی‌متر}$$

$$V_r = \text{نیروی برشی مقاوم مقطع، نیوتون}$$

$$V_u = \text{نیروی برشی نهایی در مقطع، نیوتون}$$

$$v_c = \text{ مقاومت برشی بتن، رابطه ۹ - ۱۲ - ۴ ، مگاپاسکال}$$

$$a_c = \text{بهبند ۹ - ۲۰ - ۵ - ۴ - ۲ - ۲ مراجعه شود.}$$

$$\phi_c = \text{ضریب جزئی ایمنی بتن}$$

$$\phi_s = \text{ضریب جزئی ایمنی فولاد}$$

$$\phi_n = \text{ضریب اصلاحی مقاومت}$$

$$\rho_s = \text{نسبت حجم میلگرد دورپیچ به حجم بتن محصور شده که از پشت تا پشت}$$

ميلگرد دورپیچ اندازه‌گیری می‌شود.

$$\rho_v = \text{نسبت میلگرد قائم بر صفحه برشی } A_{cv} \text{ به سطح } A_v$$

$$\rho_h = \text{نسبت میلگرد برشی افقی بر صفحه‌ای عمود بر صفحه برشی } A_{cv}$$

**۱ - ۲۰ - ۹ گستره**

۱-۲۰-۹ ضوابط این فصل باید در طرح و ساخت اعضای سازه‌هایی که در

آنها نیروهای طراحی ناشی از زلزله براساس استهلاک انرژی در ناحیه غیرخطی پاسخ سازه‌ها محاسبه شده‌اند، رعایت شوند.

**مبحث نهم**

**۲ - ۱ - ۲۰ - ۹** 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.

**۳ - ۱ - ۲۰ - ۹** 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 براساس ضوابط این فصل کمتر نیست.

## **۲ - ۲۰ - ۹ ضوابط کلی طراحی**

### **۱ - ۲ - ۲۰ - ۹ تعاریف**

#### **۱ - ۱ - ۲ - ۲۰ - ۹ آرماتورگذاری عرضی ویژه**

آرماتورگذاری عرضی در اعضای تحت فشار و خمش که مطابق ضوابط بندهای ۶ - ۳ - ۲ - ۴ - ۲۰ - ۹ تا ۳ - ۲ - ۴ - ۲۰ - ۹ - ۹ انجام شده باشد.

#### **۲ - ۱ - ۲ - ۲۰ - ۹ اعضای تحت فشار و خمش و اعضای تحت خمش**

اعضای تحت فشار و خمش به اعضایی اطلاق می‌شود که در آنها علاوه بر وجود لنگر خمشی نیروی محوری فشاری نهایی بیشتر از  $f_c A_g / 15$  باشد. در صورتی که نیروی محوری فشاری نهایی کمتر از این مقدار باشد، عضو خمشی محسوب می‌شود.

**۲۰ - ۹ ضوابط ویژه برای طراحی در برابر زلزله****۲۰ - ۹ - ۳ - ۱ - ۲ اجزاءی جمع‌کننده**

اجزایی که بخشی از نیروهای اینرسی ناشی از زلزله داخل دیافراگم را به سیستم مقاوم در برابر بارهای جانبی منتقل می‌کنند.

**۲۰ - ۹ - ۴ - ۱ - ۲ اجزاءی 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 در لبه‌های بازشوها در دیوارها و دیافراگم‌ها نیز از اجزاءی مرزی استفاده کرد.

**۲۰ - ۹ - ۵ - ۱ - ۲ شکل‌پذیری**

عبارة است از قابلیت استهلاک انرژی توسط رفتار غیرالاستیکی کل سازه یا اعضای آن تحت اثر تغییرشکل‌های رفت و برگشتی با دامنه بزرگ بدون کاهش قابل ملاحظه در مقاومت آنها.

**۲۰ - ۹ - ۶ - ۱ - ۲ قلاب دوخت**

میلگردی که در یک انتهای دارای قلابی با زاویه خم حداقل ۱۳۵ درجه و قسمت مستقیم انتهایی به طول حداقل ۶ برابر قطر میلگرد یا ۷۵ میلی‌متر و در انتهای دیگر دارای قلابی با زاویه خم حداقل ۹۰ درجه و قسمت مستقیم انتهایی به طول حداقل ۸ برابر قطر میلگرد باشد. این قلاب‌ها باید میلگردهای طولی واقع در محیط مقطع عضو را دربرگیرند. محل خم ۹۰ درجه قلاب‌ها باید به صورت یک در میان، در مقاطع متواالی در طول عضو، عوض شود.

مبحث نهم**۹ - ۲ - ۱ - ۷ - 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.

**۹ - ۲ - ۱ - ۸ - لنگر خمشی مقاوم محتمل**

لنگر خمشی مقاوم محتمل مساوی است با لنگر خمشی مقاوم با فرض  $f_s = 1/25 f_y$ ، مقاومت میلگردهای فولادی می‌باشد.

**۹ - ۲ - ۱ - ۹ - ناحیه بحرانی**

ناحیه‌ای است که در آن مفصل پلاستیکی تحت اثر بارهای زلزله طراحی ایجاد می‌شود.

**۹ - ۲ - ۱ - ۱۰ - هسته محصور**

قسمتی از سطح مقطع عضو، که در داخل میلگردهای عرضی و یا طولی محصور شده باشد.

**۹ - ۲ - ۱ - ۱۱ - بتن پوسه**

بتن قسمتی از مقطع عضو که در خارج از قسمت محصور شده با میلگردهای عرضی، هسته، واقع شده باشد.

**۲۰ - ۹ ضوابط ویژه برای طراحی در برابر زلزله****۱۲ - ۲ - ۱ - ۲۰ - ۹ 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.

**۹ - ۲ - ۲ - ۱ - ۱۳ - تنگ ویژه**

خاموتی است بسته متشكل از یک یا چند میلگرد که هر یک از آنها در دو انتهای به قلاب ویژه ختم شده باشند. تنگ ویژه می‌تواند به صورت دورپیچ باشد و در دو انتهای به قلاب ویژه ختم شود.

**۹ - ۲ - ۲ - ۱ - ۱۴ - 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.

**۹ - ۲ - ۱ - ۱ - ۱۵ - دیوارهای سازه‌ای**

دیوارهایی که برای مقاومت در برابر ترکیبی از نیروهای محوری، لنگرهای خمشی و نیروی برشی ناشی از بارهای زلزله و همچنین بارهای ثقلی آنها طراحی می‌شوند.

**۹ - ۲ - ۱ - ۱ - ۱۶ - دیوار برشی**

دیوار برشی نوعی دیوار سازه‌ای است.

**مبحث نهم****۱۷ - ۱ - ۲ - ۲۰ - ۹ دیوار همبسته**

دیوار همبسته از دو یا چند دیوار برشی که با تیرهایی با شکل پذیری زیاد بهم متصل شده‌اند تشکیل یافته است.

**۱۸ - ۱ - ۲ - ۲۰ - ۹ قلاب ویژه**

قلابی است با خم حداقل ۱۳۵ درجه با انتهای مستقیمی به طول حداقل ۶ برابر قطر میلگرد و یا ۷۵ میلی‌متر. این قلاب باید میلگردهای طولی را دربرگیرد و انتهای آن به سمت داخل خاموت متمایل باشد.

**۱۹ - ۱ - ۲ - ۲۰ - ۹ سیستم مقاوم در برابر بارهای جانبی**

قسمتی از سازه که برای مقاومت در برابر نیروهای جانبی زلزله محاسبه شده باشد.

**۲۰ - ۱ - ۲ - ۲۰ - ۹ مفصل پلاستیکی**

مقطعی از عضو که در آن میلگرد کششی به حد جاری شدن رسیده باشد و هنوز کرنش بتن به حد نهایی خود نرسیده باشد.

**۲۱ - ۱ - ۲ - ۲۰ - ۹ ناحیه پلاستیکی**

قسمتی از عضو که در آن ضمن تشکیل شدن مفصل پلاستیک، دوران پلاستیک صورت گیرد.

**۲۰ - ۹ ضوابط ویژه برای طراحی در برابر زلزله****۲۰ - ۹ - ۲ - ۲ تحلیل سازه**

**۱ - ۲ - ۲ - ۲ - ۲۰ - ۹** در تحلیل سازه برای بارهای جانبی باید عملکرد توأم تمامی اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای که براساس خواص مکانیکی مصالح، بر بازتاب خطی و غیرخطی آن تأثیر دارند، منظور شود.

**۲ - ۲ - ۲ - ۲ - ۲۰ - ۹** استفاده از اجزای صلب در سازه، بهصورتی که جزء سیستم مقاوم در برابر بارهای جانبی نباشد، مجاز است مشروط بر آنکه اثر این اجزا در بازتاب سیستم در برابر بارهای جانبی بررسی شده و در محاسبات منظور شود. پیامدهای ناشی از خرابی احتمالی اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای که جزء سیستم مقاوم در برابر بارهای جانبی نیستند نیز باید بررسی شوند.

**۳ - ۲ - ۲ - ۲ - ۲۰ - ۹** اعضای سازه‌ای که در زیر تراز پایه آن قرار دارند، درصورتی که برای انتقال بارهای زلزله به پی مورد نیاز باشند باید براساس ضوابط این فصل طراحی شوند.

**۴ - ۲ - ۲ - ۲ - ۲۰ - ۹** در سازه‌هایی که برای حد شکل‌پذیری زیاد طراحی می‌شوند، تمامی اعضای سازه که جزء سیستم مقاوم در برابر بار جانبی زلزله نیستند باید براساس ضوابط بند ۶ - ۴ - ۲۰ - ۹ طراحی شوند.

**۲۰ - ۹ - ۲ - ۳ مشخصات مصالح**

**۱ - ۳ - ۲ - ۲ - ۲۰ - ۹** بتن مورد استفاده در اجزای مقاوم در برابر زلزله برای سازه‌های با شکل‌پذیری زیاد باید از رد ۵ C۲۵ و یا بالاتر و برای سازه‌های با شکل‌پذیری متوسط از رد ۰ C۲۰ و یا بالاتر باشد.

**مبحث نهم**

**۹ - ۲ - ۳ - ۲ - ۲** در قاب‌ها و یا اجزای مرزی دیوارها که برای مقابله با نیروهای جانبی زلزله به کار گرفته می‌شوند، باید ضوابط بند ۹ - ۱۰ - ۷ - ۷ رعایت گردد.

**۹ - ۲ - ۳ - ۲ - ۳** استفاده از اتصالات جوشی در میلگرد طولی تنها با شرط رعایت ضوابط ۹ - ۲ - ۱ - ۴ - ۲۰ - ۹ - ۷ - ۲ - ۴ - ۲۰ - ۹ و ۴ - ۲ - ۴ - ۲۰ - ۹ مجاز است. به علاوه باید از جوش دادن خاموت‌ها و سایر میلگردها به میلگردهای طولی خودداری شود.

### **۹ - ۲ - ۲ - ۴ - ۲ - ۲۰ - ۹ کنترل سازه در شرایط بهره‌برداری**

به منظور عدم محدودیت حریان بهره‌برداری در شرایط زلزله، لازم است تغییر مکان‌های جانبی سازه مطابق الزامات مبحث ششم مقررات ملی ساختمان محدود شود.

### **۹ - ۲ - ۲ - ۵ - ۲ - ۲۰ - ۹ حدود شکل‌پذیری سازه**

**۹ - ۲ - ۵ - ۱ - ۵** اجزای مقاوم در برابر بارهای جانبی زلزله باید برای یکی از سه حد شکل‌پذیری که در بندهای ۹ - ۲ - ۵ - ۲ - ۲۰ - ۹ تا ۹ - ۲ - ۵ - ۴ - ۵ تعریف شده‌اند، طراحی شوند. ضوابط این مقررات شرایط شکل‌پذیری کم را تأمین می‌کنند. ضوابط طراحی برای شکل‌پذیری‌های متوسط و زیاد در قسمت‌های ۹ - ۲۰ - ۳ تا ۹ - ۲۰ - ۴ تعیین شده‌اند.

**۹ - ۲ - ۵ - ۲ - ۵ - ۲ - ۲۰ - ۹** حد شکل‌پذیری کم؛ این حد برای سازه‌هایی مناسب است که در آنها انتظار به وجود آمدن تغییر شکل زیاد نمی‌رود. این شرط در مناطق با خطر زلزله نسبی کم و متوسط قابل کاربرد است.

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

**۳ - ۵ - ۲ - ۲۰ - ۹** حد شکل‌پذیری متوسط: این حد برای سازه‌هایی الزامی است که در آنها بازتاب سازه در برابر نیروهای زلزله وارد ناحیه غیرخطی می‌شود و مقاطع سازه باید آنچنان طراحی شوند که از ایمنی کافی در مقابل گسیختگی ترد برخوردار باشند.

**۴ - ۵ - ۲ - ۲۰ - ۹** حد شکل‌پذیری زیاد: این حد برای سازه‌هایی الزامی است که اعضای آنها در مقاطع خاصی باید از ظرفیت جذب و استهلاک انرژی زیاد برخوردار باشند به‌طوری که در صورت ایجاد مکانیزم در آنها پایداری و انسجام کلی سازه محفوظ مانده و از این نظر اطمینان کافی موجود باشد.

**۵ - ۲ - ۲۰ - ۹** سازه‌هایی را که در آنها حدود شکل‌پذیری بیشتر تأمین می‌شود، با توجه به قابلیت جذب انرژی و رفتار غیرخطی بیشتر، می‌توان برای بارهای جانبی زلزله کمتری طراحی نمود. ضوابط مربوط به چگونگی کاهش این بارها در آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (مبحث ششم) تعیین شده‌اند.

**۹ - ۲ - ۲۰ - ۳ ضوابط سازه‌های با شکل‌پذیری متوسط**

**۱ - ۳ - ۲۰ - ۹** اعضای تحت خمش در قاب‌ها ( $N_u \leq 0.15\phi_c f_c A_g$ )

**۹ - ۱ - ۳ - ۲۰ - ۹** محدودیت‌های هندسی

**۹ - ۱ - ۱ - ۳ - ۲۰ - ۹** در اعضای خمی قاب‌ها محدودیت‌های هندسی (الف) تا (پ) این بند باید رعایت شوند:

(الف) ارتفاع مؤثر مقطع نباید بیشتر از یک‌چهارم طول دهانه آزاد باشد.

(ب) عرض مقطع نباید کمتر از یک‌چهارم ارتفاع آن و ۲۵۰ میلی‌متر باشد.

مبحث نهم

پ) عرض مقطع نباید:

- بیشتر از عرض عضو تکیه‌گاهی، در صفحه عمود بر محور طولی عضو خمشی، به اضافه سه‌چهارم ارتفاع عضو خمشی، در هر طرف عضو تکیه‌گاهی
- بیشتر از عرض عضو تکیه‌گاهی به اضافه یک‌چهارم بعد دیگر مقطع عضو تکیه‌گاهی، در هر طرف عضو تکیه‌گاهی اختیار شود.

**۹ - ۲۰ - ۳ - ۱ - ۱ - ۲** برونو محوری هر عضو خمشی نسبت به ستونی که با آن قاب تشکیل می‌دهد، یعنی فاصله محورهای هندسی دو عضو از یکدیگر، نباید بیشتر از یک‌چهارم عرض مقطع ستون باشد.

### **۹ - ۲۰ - ۳ - ۱ - ۲ - 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  $\frac{0.25\sqrt{f_c}}{f_y}$  و  $\frac{1/4}{f_y}$  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 در سراسر طول ادامه یابند. ضابطه بند ۱۱ - ۵ - ۲ - ۳ در این حالت نیز معتبر است.

**۹ - ۲۰ - ۳ - ۱ - ۲ - ۲** در تکیه‌گاههای عضو خمشی و در هر مقطعی که در آن امکان تشکیل مفصل پلاستیک وجود داشته باشد، مقاومت خمشی مثبت نباید از نصف مقاومت خمشی منفی کمتر باشد. همچنین، مقاومت خمشی مثبت یا منفی در هر مقطعی در طول عضو، نباید از یک‌چهارم حداکثر مقاومت خمشی هر یک از دو انتهای عضو کمتر باشد.

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

**۳ - ۲ - ۱ - ۲ - ۲۰ - ۹** در هر عضو خمشی حداقل یکپنجم آرماتور موجود در مقاطع بر تکیه‌گاه‌ها، هر انتهای آرماتور بیشتری دارد، باید در سراسر طول تیر در بالا و پایین ادامه داده شوند.

**۴ - ۱ - ۳ - ۲ - ۲۰ - ۹** در اعضای خمشی در طول قسمت‌های بحرانی که در زیر مشخص می‌شوند باید خاموت مطابق ضوابط بند ۹ - ۲۰ - ۳ - ۱ - ۲ - ۵ به کار برد: شود، مگر آنکه طراحی برای برش نیاز به آرماتور بیشتری را ایجاب کند:

- (الف) در طولی معادل دو برابر ارتفاع مقطع از بر تکیه‌گاه به سمت وسط دهانه
- (ب) در طولی معادل دو برابر ارتفاع مقطع در هر دو سمت مقطعی که در آن امکان تشکیل مفصل پلاستیکی در اثر تغییر مکان جانسی غیرالاستیکی قاب وجود داشته باشد.
- (پ) در طولی که در آن برای تأمین ظرفیت خمشی مقطع به آرماتور فشاری نیاز باشد.

**۵ - ۱ - ۳ - ۲ - ۲۰ - ۹** خاموت‌ها و فواصل آنها از یکدیگر باید دارای شرایط (الف) و (ب) این بند باشند:

- (الف) قطر خاموت‌ها کمتر از ۶ میلی‌متر نباشد.
- (ب) فاصله خاموت‌ها از یکدیگر بیشتر از مقادیر: یک‌چهارم ارتفاع مؤثر مقطع، ۸ برابر قطر کوچکترین آرماتور طولی، ۲۴ برابر قطر خاموت‌ها و ۳۰۰ میلی‌متر اختیار نشود.
- (پ) فاصله اولین خاموت از بر تکیه‌گاه بیشتر از ۵۰ میلی‌متر نباشد.

**۶ - ۱ - ۳ - ۲ - ۲۰ - ۹** در قسمت‌هایی از طول عضو خمشی که مطابق ضابطه بند ۹ - ۲۰ - ۳ - ۱ - ۲ - ۴ خاموت‌گذاری نمی‌شود، فاصله خاموت‌ها از یکدیگر باید بیشتر از نصف ارتفاع مؤثر مقطع اختیار شود.

**مبحث نهم**

**۹ - ۲ - ۳ - ۲ - اعضای تحت فشار و خمش در قابها ( $N_u > 0.15\phi_c f_c A_g$ )**

**۹ - ۲ - ۳ - ۲ - ۱ - محدودیت‌های هندسی**

**۹ - ۲ - ۳ - ۲ - ۱ - ۱ - در ستون‌ها محدودیت‌های هندسی (الف) و (ب) این بند**

باید رعایت شوند:

(الف) عرض مقطع نباید کمتر از سدهم بعد دیگر آن و نباید کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر باشد.

(ب) نسبت عرض مقطع به طول آزاد ستون نباید از  $\frac{1}{25}$  کمتر باشد.

**۹ - ۲ - ۳ - ۲ - ۲ - آرماتورهای طولی و عرضی**

**۹ - ۲ - ۳ - ۲ - ۱ - در ستون‌ها نسبت آرماتور طولی نباید کمتر از یک درصد و بیشتر از شش درصد در نظر گرفته شود. محدودیت حداکثر مقدار آرماتور باید در محل وصله‌ها نیز رعایت شود. در مواردی که آرماتور طولی از نوع فولاد S400 است نسبت آرماتور در خارج از محل وصله‌ها به حداکثر چهار و نیم درصد محدود می‌شود.**

**۹ - ۲ - ۳ - ۲ - ۲ - ۳ - فاصله محور تا محور میلگردات طولی از یکدیگر نباید بیشتر از ۲۰۰ میلی‌متر باشد.**

**۹ - ۲ - ۳ - ۲ - ۲ - ۳ - در دو انتهای ستون‌ها به طول  $\frac{1}{4}$  باید آرماتور عرضی مطابق ضوابط بند ۹ - ۲ - ۳ - ۲ - ۴ به کار برده شود، مگر آنکه طراحی برای برش نیاز به آرماتور بیشتری را ایجاد کند. طول  $\frac{1}{4}$ ، ناحیه بحرانی، که از بر اتصال به اعضای جانبی اندازه‌گیری می‌شود نباید کمتر از مقادیر (الف) تا (پ) این بند در نظر گرفته شود:**

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

- الف) یکششم ارتفاع آزاد ستون  
 ب ) ضلع بزرگتر مقطع مستطیلی شکل ستون یا قطر مقطع دایره‌ای شکل ستون  
 پ ) ۴۵۰ میلی‌متر

**۲۰ - ۹ - ۳ - ۲ - ۲ - ۴** آماتور عرضی مورد نیاز در طول ۱. باید دارای قطر حداقل ۸ میلی‌متر بوده و فواصل آنها از یکدیگر در مواردی که به صورت دورپیچ به کار گرفته می‌شوند از ضابطه بند ۹ - ۱۱ - ۳ تعیین گردد. فواصل آماتورهای عرضی در مواردی که به صورت خاموت به کار می‌روند باید کمتر از مقادیر (الف) تا (ت) این بند در نظر گرفته شود:

- الف) ۸ برابر قطر کوچکترین میلگرد طولی ستون  
 ب ) ۲۴ برابر قطر خاموت‌ها  
 پ ) نصف کوچکترین ضلع مقطع ستون  
 ت ) ۲۵۰ میلی‌متر

فاصله اولین خاموت از بر اتصال ستون به تیر نباید بیشتر از نصف فاصله خاموت‌ها در ناحیه بحرانی در نظر گرفته شود.

**۲۰ - ۹ - ۳ - ۲ - ۲ - ۵** در قسمت‌هایی از طول ستون که شامل طول ۷ نمی‌شود، ضوابط میلگردگذاری عرضی مشابه ضوابط بند ۹ - ۱۲ است.

**۲۰ - ۹ - ۳ - ۲ - ۲ - ۶** در ستون‌هایی که بار اعضاً با سختی زیاد را تحمل می‌کنند، مانند ستون‌هایی که در زیر دیوار بتن آرمه قرار دارند، در تمام طول ستون باید آرماتور عرضی مطابق ضابطه بند ۹ - ۲۰ - ۳ - ۲ - ۴ به کار برد 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 ستون‌هایی که روی دیوار قرار دارند نیز باید رعایت شود.

**مبحث نهم**

**۹ - ۲ - 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 با ۳۰۰ میلی‌متر با آرماتور عرضی مطابق ضابطه بند ۹ - ۲ - ۳ - ۲۰ - ۴ تقویت گردد.

**۹ - ۲۰ - ۳ - ۳ - دیوارهای سازه‌ای، دیافراگم‌ها و خرپاها**

**۹ - ۳ - ۲۰ - ۱ - ۳ - ۲۰ - ۹** در دیوارهای سازه‌ای، دیافراگم‌ها و خرپاها باید ضوابط بندهای ۹ - ۲۰ - ۴ - ۳ - ۱ تا ۹ - ۴ - ۳ - ۴ - ۲۰ - ۳ - ۲۰ - ۹، مربوط به سازه‌های با شکل پذیری زیاد، و با در نظر گرفتن استثناهای بندهای ۹ - ۲۰ - ۳ - ۲ و ۹ - ۲۰ - ۳ - ۳ - ۲۰ - ۹ رعایت شوند.

**۹ - ۲ - ۳ - ۲۰ - ۹** به جای آرماتورگذاری عرضی ویژه در هر مورد که در بندهای ۹ - ۲۰ - ۹ - ۱ - ۳ - ۴ - ۲۰ - ۹ - ۴ - ۳ - ۴ - ۲۰ - ۳ ضرورت پیدا کند می‌توان آرماتورگذاری عرضی مطابق ضابطه بند ۹ - ۲ - ۳ - ۲۰ - ۹ - ۴ به کار برد.

**۹ - ۳ - ۲۰ - ۳ - ۳ - ۲۰ - ۶** برای مهار و وصله میلگردها رعایت ضابطه بند ۹ - ۲۰ - ۴ - ۳ - ۲ - ۳ - ۴ - ۲۰ - ۹ الزامی نیست. مهار و وصله میلگردها مطابق ضوابط فصل هجدهم صورت می‌گیرد.

**۹ - ۲۰ - ۳ - ۴ - اتصالات تیر به ستون‌ها در قاب‌ها**

**۹ - ۲۰ - ۳ - ۴ - ۱** در اتصالات تیرها به ستون‌ها، در طول ارتفاع تیر یا دالی که بیشترین ارتفاع را دارد و به محل اتصال منتهی می‌شود، باید در امتداد عمود بر میلگرد طولی ستون، میلگرد عرضی به مقدار حداقل برابر با مقادیر (الف) و (ب) این بند پیش‌بینی نمود:

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

الف) سطح مقطع میلگرد عرضی نباید کمتر از مقدار محاسبه شده از رابطه (۱۲-۹-۱۳) باشد.

ب) مقدار آرماتور عرضی نباید کمتر از دو سوم مقدار آرماتور عرضی در ناحیه ۷ ستون، مطابق بند ۹ - ۲ - ۳ - ۲۰ باشد. فاصله سفره های این آرماتور از یکدیگر نباید بیشتر از یک و نیم برابر فاصله سفره های نظیر در ناحیه ۷ اختیار شود.

**۲۰ - ۳ - ۵ ضوابط طراحی برای برش در اعضای قابها**

۲۰ - ۳ - ۵ - ۱ در اعضای تحت خمث و تحت نیروی محوری و خمث در قابها، کنترل حالت حدی نهایی مقاومت در برش باید براساس رابطه (۱ - ۱۲ - ۹) صورت گیرد. مقدار  $V_u$  در این رابطه نباید از یکی از دو مقدار (الف) و (ب) این بند کمتر در نظر گرفته شود:

الف) مجموع نیروی برشی ایجاد شده در عضو در اثر بارهای قائم و نیروی برشی همساز با لنگرهای خمثی اسمی موجود در مقاطع انتهایی، با فرض تشکیل مفصل های پلاستیکی

ب) نیروی برشی به دست آمده از تحلیل سازه زیر اثر بارهای نهایی ناشی از بارهای قائم و نیروی جانبی زلزله با فرض آنکه نیروی زلزله مؤثر به سازه دو برابر مقدار تعیین شده در مبحث ششم مقررات ملی ساختمان منظور شود.

**۲۰ - ۴ - ۶ ضوابط سازه های با شکل پذیری زیاد**

۲۰ - ۴ - ۱ اعضای تحت خمث در قابها ( $N_u \leq 0.15 \phi_c f_c A_g$ )

۲۰ - ۴ - ۱ - ۱ محدودیت های هندسی

۲۰ - ۴ - ۱ - ۱ - ۱ در اعضای خمثی قابها محدودیت های هندسی (الف) تا (پ) این بند باید رعایت شوند:

بحث نهم

- الف) ارتفاع مؤثر مقطع نباید بیشتر از یک‌چهارم طول دهنه آزاد باشد.
- ب) عرض مقطع نباید کمتر از سه‌دهم ارتفاع آن و ۲۵۰ میلی‌متر باشد.
- پ) عرض مقطع نباید:
- بیشتر از عرض عضو تکیه‌گاهی، در صفحه عمود بر محور طولی عضو خمشی، به‌اضافه سه‌چهارم ارتفاع عضو خمشی در هر طرف عضو تکیه‌گاهی،
  - بیشتر از عرض عضو تکیه‌گاهی، به‌اضافه یک‌چهارم بعد دیگر مقطع عضو تکیه‌گاهی در هر طرف آن.

**۹ - ۱ - ۱ - ۴ - ۲** برونو محوری هر عضو خمشی نسبت به ستونی که با آن قاب تشکیل می‌دهد، یعنی فاصله محورهای هندسی دو عضو از یکدیگر، نباید بیشتر از یک‌چهارم عرض مقطع ستون باشد.

**۹ - ۱ - ۴ - ۲ - آرماتور طولی**

**۹ - ۱ - ۲ - ۴ - ۲ - ۱ - ۹** در تمامی مقاطع عضو خمشی نسبت آرماتور، هم در پایین و هم در بالا، نباید کمتر از مقادیر  $\frac{f_y}{f_y} \sqrt{\frac{f_c}{f_c}}^{1/4}$  و نسبت آرماتور کششی نباید بیشتر از ۰/۰۲۵ اختیار شود. حداقل دو میلگرد با قطر ۱۲ میلی‌متر یا بیشتر باید هم در پایین و هم در بالای مقطع در سراسر طول تعییه شود. ضابطه بند ۳ - ۵ - ۲ - ۱ - ۱۱ در این حالت نیز معتبر است.

**۹ - ۱ - ۲ - ۴ - ۲ - ۹** در تکیه‌گاههای عضو خمشی و در هر مقطعی که در آن امکان تشکیل مفصل پلاستیک وجود داشته باشد، باید آرماتور فشاری به‌مقدار نصف آرماتور کششی موجود در آن مقطع تأمین گردد.

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

**۲۰-۹ - ۱ - ۲ - ۳** در هر عضو خمشی حداقل یک چهارم آرماتور موجود در مقاطع تکیه‌گاه‌ها، هر انتهای آرماتور بیشتری دارد، باید در سراسر طول تیر در بالا و در پایین ادامه داده شوند.

**۲۰-۹ - ۱ - ۴ - ۲** در اعضای خمشی T یا L شکل که با دال‌ها به صورت یکپارچه اجرا می‌شوند، مقدار آرماتوری که در بر ستون‌ها می‌توان برای خمش مؤثر در نظر گرفت، علاوه بر میلگرد واقع در جان تیر، به شرح (الف) تا (ث) این بند است:

(الف) در ستون‌های داخلی وقتی که ابعاد تیر عرضی در محل اتصال به ستون در حدود ابعاد عضو خمشی طولی است: تمامی میلگردهایی که در عرضی از دال مساوی با چهار برابر ضخامت آن در هر طرف ستون واقع شده‌اند.

(ب) در ستون‌های داخلی وقتی که ابعاد تیر عرضی وجود ندارد: تمامی میلگردهایی که در عرضی از دال مساوی دو و نیم برابر ضخامت آن در هر طرف ستون واقع شده‌اند.

(پ) در ستون‌های خارجی وقتی که تیر عرضی در محل اتصال به ستون در حدود ابعاد عضو خمشی طولی است و لازم است میلگردهای عضو خمشی طولی مهار شوند: تمامی میلگردهایی که در عرضی از دال مساوی با دو برابر ضخامت آن در هر طرف ستون واقع شده‌اند.

(ت) در ستون‌های خارجی وقتی که تیر عرضی وجود ندارد: تمامی میلگردهایی که در عرض ستون واقع شده‌اند.

(ث) در تمام حالات حداقل ۷۵ درصد آرماتور فوقانی و نیز آرماتور تحتانی که ظرفیت خمشی مورد لزوم را تأمین می‌کنند باید از ناحیه هسته ستون عبور کنند و یا در آن مهار شوند.

**۲۰-۹ - ۱ - ۴ - ۵** استفاده از وصله پوششی در میلگردهای طولی خمشی فقط در شرایطی مجاز است که در تمام طول وصله آرماتور عرضی از نوع تنگ یا دورپیچ

**مبحث نهم**

موجود باشد. فواصل سفره‌های آرماتور عرضی در برگیرنده وصله از یکدیگر نباید بیشتر از یک‌چهارم ارتفاع مؤثر مقطع و ۱۰۰ میلی‌متر اختیار شود.

**۶ - ۲ - ۱ - ۴ - ۲۰ - ۹** استفاده از وصله پوششی در محل‌های (الف) تا (پ) این بند مجاز نیست:

- (الف) در اتصالات تیرها به ستون‌ها
- (ب) در طولی معادل دو برابر ارتفاع مقطع از بر تکیه‌گاه
- (پ) در محل‌هایی که امکان تشکیل مفصل پلاستیک در آنها بر اثر تغییر مکان جانبی غیرالاستیک قاب موجود باشد.

**۹ - ۲۰ - ۴ - ۲ - ۱ - ۷** وصله‌های جوشی یا مکانیکی مطابق ضوابط بندهای ۹ - ۱۸ - ۱ - ۴ - ۶ و ۹ - ۱۸ - ۱ - ۴ - ۱ - ۷ به شرطی مجاز است که وصله میلگرد در هر سفره میلگرد به صورت یک در میان انجام شود و فاصله وصله‌ها در میلگردهای مجاور یکدیگر در امتداد طول عضو، کمتر از ۶۰۰ میلی‌متر نباشد.

### **آرماتور عرضی** ۹ - ۲۰ - ۴ - ۱ - ۳

**۹ - ۲۰ - ۴ - ۱ - ۳ - ۱** در اعضای خمی در طول قسمت‌های بحرانی که در زیر مشخص می‌شوند، آرماتور عرضی باید از نوع تنگ ویژه بوده و شرایط آن مطابق بند ۹ - ۲۰ - ۱ - ۴ - ۳ - ۲ در نظر گرفته شود، مگر آنکه طراحی برای برش نیاز به آرماتور بیشتری را ایجاب کند:

- (الف) در طولی معادل دو برابر ارتفاع مقطع از بر تکیه‌گاه به سمت وسط دهانه
- (ب) در طولی معادل دو برابر ارتفاع مقطع در دو سمت مقطعی که در آن امکان تشکیل مفصل پلاستیک در اثر تغییر مکان جانبی غیرالاستیک قاب وجود داشته باشد.

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

پ) در طولی که در آن برای تأمین ظرفیت خمی مقطع به میلگرد فشاری نیاز باشد.

**۲۰ - ۹ - ۳ - ۱ - ۴ - ۲ تنگ‌های ویژه و فواصل آنها از یکدیگر باید دارای شرایط**

(الف) تا (پ) این بند باشند:

الف) قطر تنگ‌ها کمتر از ۸ میلی‌متر نباشد.

ب) فاصله تنگ‌ها از یکدیگر بیشتر از مقادیر: یک‌چهارم ارتفاع مؤثر مقطع، ۸ برابر قطر کوچکترین میلگرد طولی، ۲۴ برابر قطر خاموت‌ها و ۳۰۰ میلی‌متر اختیار نشود.

پ) فاصله اولین تنگ از بر تکیه‌گاه بیشتر از ۵۰ میلی‌متر نباشد.

**۲۰ - ۹ - ۳ - ۱ - ۴ - ۳ در قسمت‌هایی از طول عضو خمی که مطابق ضابطه**

بند ۹ - ۲۰ - ۴ - ۱ - ۳ - ۱ تنگ ویژه به کار برد می‌شود، میلگردهای طولی در محیط مقطع باید دارای تکیه‌گاه عرضی باشند.

**۲۰ - ۹ - ۳ - ۱ - ۴ - ۴ در قسمت‌هایی از طول عضو خمی 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 مؤثر باشد.

**۲۰ - ۹ - ۳ - ۱ - ۴ - ۵ تنگ‌های ویژه در اعضای خمی را می‌توان با دو قطعه**

میلگرد ساخت. یک میلگرد به شکل U که 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 درجه قلاب‌های دوخت متواالی که یک میلگرد طولی را در بر می‌گیرند، باید به‌طور یک در میان در دو سمت عضو خمی قرار داده شوند. چنانچه میلگردهای طولی که توسط قلاب‌های دوخت نگهداری شده‌اند در داخل یک دال که تنها در یک سمت عضو خمی قرار دارد محصور باشند، خم ۹۰ درجه قلاب‌های دوخت را می‌توان در آن سمت، در دال، قرار داد.

بحث نهم**۹ - ۲۰ - ۴ - ۲ - اعضای تحت اثر توأم فشار و خمش در قابها**

$$(N_u \leq 0.15 \phi_c f_c A_g)$$

**۹ - ۲۰ - ۴ - ۲ - ۱ - محدودیت‌های هندسی**

**۹ - ۲۰ - ۴ - ۲ - ۱ - ۱** در این اعضا محدودیت‌های هندسی (الف) و (ب) این بند

باید رعایت شوند:

(الف) عرض مقطع نباید کمتر از چهاردهم بعد دیگر آن و نباید کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر باشد.

(ب) نسبت عرض مقطع به طول آزاد عضو آن در اعضایی که زیر اثر لنگرهای خمشی موجود در دو انتهای در دو جهت خم می‌شوند نباید کمتر از  $\frac{1}{16}$  و در اعضای طرها نباید کمتر از  $\frac{1}{10}$  باشد.

**۹ - ۲۰ - ۴ - ۲ - ۲ - آرماتور طولی**

**۹ - ۲۰ - ۴ - ۲ - ۲ - ۱** در این اعضا 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 میلی‌متر باشد.

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

**۹ - ۲۰ - ۴ - 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 - 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 میلگردگذاری عرضی ویژه مطابق ضوابط بند ۹-۲۰-۴-۲-۳-۲-۳-۲-۶ مجاز است که خارج از نیمه میانی ستون واقع شده‌اند الزامی است.

**۹ - ۲۰ - ۴ - ۲ - ۶ - ۱** وصله‌های جوشی یا مکانیکی، مطابق ضوابط بند ۹-۲-۱-۴-۱-۶ و ۹-۴-۲-۳-۲-۶ 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 ۱. «ناحیه بحرانی» تلقی شده و در آنها باید آرماتورگذاری عرضی ویژه مطابق ضوابط بند ۹-۲-۳-۴-۲-۳-۲-۶ انجام شود، مگر آنکه طراحی برای برش نیاز به میلگرد بیشتری را ایجاب کند. طول ۱. که از بر اتصال به اعضای جانبی اندازه‌گیری می‌شود. باید کمتر از مقادیر (الف) تا (پ) این بند در نظر گرفته شود:

مبحث نهم

- الف) یکششم ارتفاع یا دهانه آزاد عضو  
 ب) ضلع بزرگتر مقطع مستطیلی شکل یا قطر مقطع دایره‌ای شکل  
 پ) ۴۵۰ میلی‌متر

**۶ - ۲۰ - ۲ - ۳ - ۴ - ۲ - ۲ - ۹** مقدار آرماتور عرضی لازم در ناحیه بحرانی براساس  
 ضوابط زیر تعیین می‌شود:

الف) در ستون‌های با مقطع دایره نسبت حجمی آرماتور دورپیچ یا تنگ‌های حلقوی،  $\rho_s$  نباید کمتر از دو مقدار زیر باشد:

$$\rho_s = 0.12 \frac{f_c}{f_{yh}} \quad (1 - 20 - 9)$$

$$\rho_s = 0.45 \left( \frac{A_g}{A_c} - 1 \right) \frac{f_c}{f_{yh}} \quad (2 - 20 - 9)$$

ب) در ستون‌های با مقطع مربع مستطیل سطح مقطع کل تنگ‌های ویژه در هر امتداد،  $A_{sh}$ ، نباید کمتر از دو مقدار زیر باشد:

$$A_{sh} = 0.3 \left( s.h_c \frac{f_c}{f_{yh}} \right) \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \quad (3 - 20 - 9)$$

$$A_{sh} = 0.9 s.h_c \frac{f_c}{f_{yh}} \quad (4 - 20 - 9)$$

**۹ - ۲۰ - ۴ - ۲ - ۳ - 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 - ۹ و ۲۰ - ۹ - ۳ نیست.

**۹ - ۲۰ - ۴ - ۲ - ۳ - ۴** قطر میلگردهای عرضی در ناحیه بحرانی نباید کمتر از ۸ میلی‌متر باشد. فاصله سفره میلگردها از یکدیگر نباید بیشتر از مقادیر (الف) تا (پ) این بند باشد:

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

- الف) یک‌چهارم ضلع کوچکتر مقطع ستون  
 ب ) شش برابر کوچکترین قطر میلگرد طولی  
 پ ) ۱۲۵ میلی‌متر

**۲۰ - ۴ - ۳ - ۵** آرماتور عرضی در ناحیه بحرانی را می‌توان با تنگ‌های ویژه یکپارچه و یا تنگ‌های ویژه چند قطعه‌ای که با یکدیگر پوشش دارند ساخت. همچنین می‌توان از میلگردهای رکابی با قطر و فاصله مشابه تنگ‌ها که دارای خم ۹۰ درجه در یک انتهای آن است استفاده کرد. هر دو انتهای میلگردهای رکابی باید در برگیرنده یک میلگرد طولی باشد و محل خم ۹۰ درجه آن باید در امتداد میلگرد طولی یک در میان عوض شود.

**۲۰ - ۴ - ۲ - ۳ - 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.

**۲۰ - ۴ - ۲ - ۳ - ۷** در عضوهایی که بر اثر تغییر مکان جانبی غیرالاستیک قاب در مقطعی غیر از مقاطع انتهایی آن امکان تشکیل مفصل پلاستیک وجود داشته باشد، در هر سمت آن مقطع طولی به اندازه ۱ ناحیه بحرانی تلقی شده و در آن باید میلگردگذاری عرضی ویژه اجرا شود.

**۲۰ - ۴ - ۲ - ۳ - ۸** در عضوهایی که بار اعضای با سختی زیاد را تحمل می‌کنند، مانند عضوهای واقع در زیر دیوار بتون آرمه، در تمام طول عضو باید آرماتورگذاری عرضی ویژه اجرا شود. به علاوه این آرماتورگذاری 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، در مورد عضوهایی که روی دیوار قرار دارند نیز باید رعایت شود.

بحث نهم

**۹ - ۳ - ۲ - ۴ - ۲۰ - ۹** در عضوهایی که قسمتی از ارتفاع آنها با یک دیوار بتنی گرفته شده است، در تمام قسمت آزاد عضو باید آرماتور گذاری ویژه اجرا شود.

**۹ - ۲۰ - ۴ - ۲ - ۳ - ۱۰** در محل اتصال عضو به شالوده، آرماتور طولی عضو که به داخل شالوده برده شده است باید در طولی حداقل برابر با ۳۰۰ میلی متر با آرماتور گذاری عرضی ویژه تقویت گردد.

**۹ - ۲۰ - ۴ - ۲ - ۳ - ۱۱** در قسمتهایی از طول عضو که آرماتور گذاری عرضی ویژه اجرا نمی شود باید آرماتور عرضی به صورت دور پیچ یا تنگ ویژه به قطر ۸ میلی متر به کار برده شود. فاصله سفره های این میلگرد ها از یکدیگر باید براساس نیاز طراحی برای برش تعیین شوند ولی در هر حال این فاصله نباید بیشتر از نصف ضلع کوچکتر مقطع مستطیلی شکل عضو، نصف قطر مقطع دایره های شکل عضو، شش برابر قطر میلگرد طولی و یا ۲۰۰ میلی متر اختیار شود.

**۹ - ۲۰ - ۴ - ۲ - ۴ - ۱ - ۲ - ۴ - ۲۰ - ۹** حداقل مقاومت خمشی ستون ها

**۹ - ۲۰ - ۴ - ۲ - ۴ - ۱ - ۲ - ۴ - ۲۰ - ۹** در تمامی اتصالات تیرها به ستون ها، به جز موارد گفته شده در بندهای ۹ - ۲۰ - ۴ - ۲ - ۴ - ۲۰ - ۹ و ۳ - ۴ - ۲ - ۴ - ۲۰، لنگرهای خمشی مقاوم ستون ها باید در رابطه زیر صدق کنند:

$$\sum M_c \geq 1/2 \sum M_g \quad (5 - ۲۰ - ۹)$$

در این رابطه:

$\Sigma M_c =$  مجموع لنگرهای مقاوم خمشی ستون ها در بالا و پایین اتصال است که در مرکز اتصال محاسبه شده باشند. لنگرهای مقاوم خمشی ستون ها باید برای نامساعد ترین حالت بار محوری، در جهت بار گذاری جانبی مورد نظر، که کمترین مقدار لنگرها را به دست دهد، محاسبه شوند.

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

$\Sigma M_g$  = 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 در صفحه قائم قاب، عمل نمایند برقرار باشد.

**۲۰ - ۹ - ۴ - ۲ - ۴ - ۲ - ۶** چنانچه تعداد ستون‌های موجود در یک طبقه در یک قاب بیشتر از ۴ عدد باشند، از هر چهارستون یک ستون می‌تواند رابطه (۹ - ۲۰ - ۵) را ارضاء نکند.

**۲۰ - ۹ - ۴ - ۲ - ۴ - ۳** ستون‌های قاب‌های یک و دو طبقه و نیز ستون‌های طبقه آخر در قاب‌های چند طبقه می‌توانند رابطه (۹ - ۲۰ - ۵) را ارضاء نکنند. در این صورت این ستون‌ها باید ضابطه بند ۹ - ۲۰ - ۴ - ۲ - ۴ - ۴ را ارضاء کنند. این ستون‌ها مشمول ضابطه بند ۹ - ۲۰ - ۴ - ۲ - ۵ نمی‌شوند.

**۲۰ - ۹ - ۴ - ۲ - ۴ - ۴ - ۲ - ۹** چنانچه ستونی رابطه (۹ - ۲۰ - ۵) را ارضاء نکند، باید در تمام طول دارای میلگردگذاری عرضی ویژه مطابق ضوابط بندهای ۹ - ۲۰ - ۴ - ۲ - ۳ - ۲ - ۴ - ۲ - ۳ - ۶ باشد.

**۲۰ - ۹ - ۴ - ۲ - ۴ - ۵ - ۱** چنانچه ستونی ضابطه بند ۹ - ۲۰ - ۴ - ۲ - ۴ - ۲ - ۴ - ۱ را تأمین نکند باید از کمک آن بهسختی جانبی و مقاومت سازه در مقابل بار جانبی زلزله صرف نظر شود. این ستون در هر حال باید ضوابط بند ۹ - ۲۰ - ۴ - ۶ را تأمین نماید.

**مبحث نهم****۹ - ۲۰ - ۴ - ۳ - ۳ دیوارهای سازه‌ای، دیافراگم‌ها و خرپاها****۹ - ۲۰ - ۴ - ۳ - ۱ محدودیت‌های هندسی**

**۹ - ۲۰ - ۴ - ۳ - ۱ - ۱ در دیوارهای سازه‌ای محدودیت‌های هندسی (الف) و (ب)**

این بند باید مورد توجه قرار گیرند:

(الف) ضخامت دیوار نباید کمتر از ۱۵۰ میلی‌متر اختیار شود.

ب ) در دیوارهایی که در آنها اجزای مرزی مطابق بند ۹-۳-۴-۲۰-۳ به کار گرفته

می‌شود، عرض عضو 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

بازشو در عملکرد دیوار بررسی شود.

**۹ - ۲۰ - ۴ - ۳ - ۱ - ۳ در دیافراگم‌هایی که بازشوهای 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

صلبیت آنها مطابقت داشته باشد.

**۹ - ۲۰ - ۴ - ۳ - ۱ - ۴ در طراحی دیوارهای با مقطع U و T عرض مؤثر بال،**

اندازه‌گیری شده از بر جان در هر سمت، که در محاسبات به کار برده می‌شود نباید بیشتر

از مقادیر (الف) و (ب) این بند در نظر گرفته شود، مگر آنکه با تحلیل دقیق‌تر بتوان

مقدار آن را تعیین کرد:

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

- الف) نصف فاصله بین جان دیوار تا جان دیوار مجاور  
ب) ده درصد ارتفاع کل دیوار

**۲۰ - ۹ - ۳ - ۴ - ۱ - ۵** ضخامت دیافراگم‌های بتن آرمه در جا یا دال‌های بتُنی رویه تیرهای فولادی یا قطعات پیش‌ساخته بتن آرمه که به صورت مرکب عمل نموده و از آنها به عنوان دیافراگم برای انتقال و توزیع نیروی زلزله استفاده می‌شود نباید کمتر از ۵۰ میلی‌متر باشد.

**۲۰ - ۹ - ۴ - ۳ - ۱ - ۶** دال‌های بتن آرمه که روی کف‌های مرکب از قطعات پیش‌ساخته ریخته می‌شوند را می‌توان به عنوان دیافراگم منظور نمود، مشروط بر آنکه اتصالات این دال‌ها به دستک‌ها، کلاف‌ها، جمع‌کننده‌ها و سیستم‌های مقاوم چنان طراحی گردد که قادر به انتقال نیروهای واردہ باشند. سطوح بتن‌های پیش‌ساخته در محل اتصال با دال بتن آرمه در جا باید زبر، تمیز و عاری از مواد اضافی باشند.

**۲۰ - ۹ - ۴ - ۳ - ۲ - آرماتورهای قائم و افقی**

**۲۰ - ۹ - ۴ - ۳ - ۲ - ۱** در دیوارهای سازه‌ای نسبت آرماتور در هیچ یک از دو امتداد قائم و افقی نباید کمتر از  $0.25 A_{cv}$  کمتر باشد، مگر آنکه نیروی برشی نهایی موجود در مقطع دیوار از  $5A_{cv}$  در این حالت برای حداقل میلگرد مورد نیاز در دیوار باید ضوابط بند ۹ - ۱۶ - ۴ در فصل شانزدهم رعایت شود.

**۲۰ - ۹ - ۴ - ۳ - ۲ - ۲** نسبت میلگرد قائم در هیچ ناحیه از طول دیوار نباید از چهار درصد بیشتر باشد.

**مبحث نهم**

**۹ - ۲۰ - ۴ - ۳ - ۲ - ۳** فاصله محور تا محور میلگردها از یکدیگر در هر دو امتداد قائم و افقی نباید بیشتر از ۳۵۰ میلی‌متر اختیار شود. در اجزاء ای مرزی فاصله میلگردهای قائم نباید بیشتر از ۲۰۰ میلی‌متر در نظر گرفته شوند.

**۹ - ۲۰ - ۴ - ۳ - ۲ - ۴** در دیوارهایی که نیروی برشی نهایی در مقطع آنها از  $A_{cv}$  بیشتر است به کارگیری دو شبکه میلگرد الزامی است.

**۹ - ۲۰ - ۴ - ۳ - ۲ - ۵** در اعضای خرپاهای، دستک‌ها، کلاف‌ها، و اجزاء جمع‌کننده نیروها که در آنها تنش فشاری بتن بیشتر از  $f_c^e/2$  باشد باید در سراسر طول قطعه، میلگردگذاری عرضی ویژه مطابق بندهای ۹ - ۲۰ - ۴ - ۳ - ۲ - ۴ - ۲۰ - ۹ تا ۶ - ۳ - ۲ - ۴ - ۲۰ - ۶ انجام شود. این میلگردگذاری را در قسمت‌هایی از طول قطعه که در آنها تنش فشاری بتن از  $\phi_e f_c^e/25$  کمتر باشد می‌توان قطع کرد. تنش فشاری موجود در قطعه زیر اثر بارهای نهایی و با فرض توزیع خطی تنش در مقطع و براساس مشخصات مقطع ترک‌خورده محاسبه می‌شود.

**۹ - ۲۰ - ۴ - ۳ - ۲ - ۶** تمامی میلگردهای ممتد در دیوارهای سازه‌ای، دیافراگم‌ها، خرپاهای، دستک‌ها، کلاف‌ها و اعضای جمع‌کننده نیروها باید به عنوان میلگردهای کششی مطابق ضوابط بند ۹ - ۲۰ - ۴ - ۳ - ۲۰ - ۶ مهار یا وصله شوند.

### **۹ - ۲۰ - ۴ - ۳ - ۳ اجزاء ای مرزی در دیوارهای سازه‌ای و در دیافراگم‌ها**

**۹ - ۲۰ - ۴ - ۳ - ۳ - ۱** در کناره‌ها و اطراف بازشوها در دیوارهای سازه‌ای و دیافراگم‌ها که در آنها تنش فشاری بتن در دورترین تار فشاری مقطع تحت اثر بارهای نهایی، به انضمام اثر زلزله، از  $f_c^e/2$  بیشتر باشد باید اجزاء لبه مطابق ضوابط

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

بندهای ۹ - ۲۰ - ۴ - ۳ - ۲ - ۳ - ۴ - ۲۰ تا ۹ - ۳ - ۴ - ۲۰ - ۳ - ۴ پیش‌بینی شود. 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  $15\%$  کمتر باشد قطع کرد. تنش فشاری بتن با فرض توزیع خطی تنش در مقطع دیوار و براساس مشخصات مقطع ترک‌نخورده محاسبه می‌شود.

**۲۰ - ۹ - ۴ - ۳ - ۲** اجزای مرزی در دیوارها باید در حالت حدی نهایی مقاومت برای مجموع بارهای قائم وارد به دیوار شامل بارهای اجزای مرتبط با دیوار و وزن دیوار و نیروی محوری ناشی از لگر واژگونی حاصل از نیروهای جانبی زلزله طراحی شوند.

**۲۰ - ۹ - ۴ - ۳ - ۳** اجزای مرزی در دیافراگم‌ها باید در حالت حدی نهایی مقاومت برای مجموع نیروهای محوری که در صفحه دیافراگم عمل می‌کنند و نیروی محوری ناشی از تقسیم لنگر خمی موثر در مقطع دیافراگم به فاصله بین دو جزء لبه‌های دیافراگم در آن مقطع طراحی شوند.

**۲۰ - ۹ - ۴ - ۳ - ۴** اجزای مرزی باید در سراسر طول خود مطابق ضوابط بندهای ۶ - ۲ - ۳ - ۴ - ۲ - ۳ - ۴ - ۲ - ۳ - ۴ - ۲ - ۳ - ۲ - ۴ - ۲ - ۳ - ۲ - ۴ - ۲ - ۹ آرماتورگذاری عرضی ویژه شوند.

**۲۰ - ۹ - ۴ - ۳ - ۵** در دیوارهایی که دارای اجزای لبه‌ای هستند، میلگردهای افقی دیوار باید در ناحیه محصور شده اجزای لبه مهار شوند، به طوری که امکان به وجود آمدن تنش کششی در حد مقاومت تسلیم در آنها میسر گردد.

**۲۰ - ۹ - ۴ - ۳ - ۶** در دیوارهایی که دارای اجزای مرزی نیستند آرماتورهای افقی دیوار باید به قلاب استاندارد ختم شوند و میلگردهای قائم لبه‌های دیوار را در

### مبحث نهم

برگیرند. در غیر این صورت 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  $V_c / A_{cv} = 0.5$  کمتر است، رعایت ضوابط این بند الزامی نیست.

### **٩ - ٢٠ - ٤ - ٣ - ٤ - ٣ - ٤ - ٢٠ - ٩ تیرهای همبند در دیوارهای همبسته**

٩ - ٢٠ - ٤ - ٣ - ٤ - ١ - ١ تیرهای همبند در دیوارهای همبسته که در آنها نیروی برشی نهایی از  $V_c / A_{cv} = 2$  بیشتر و نسبت طول دهانه آزاد به ارتفاع مقطع آنها از ۳ کمتر باشد، باید مطابق ضوابط بندهای ٩ - ٢٠ - ٤ - ٣ - ٤ - ٢٠ - ٩ و ٣ - ٤ - ٣ - ٤ - ٢٠ - ٩ - ٢٠ - ٤ - ٣ - ٤ - ١ مطابق ضوابط آرماتورگذاری در این تیرها مطابق ضوابط قطعات خمی انجام می‌شود. عرض این تیرها در هیچ حالت نباید کمتر از ۲۰۰ میلی‌متر اختیار شود.

٩ - ٢٠ - ٤ - ٣ - ٤ - ٢ - ٢ مقاومت برشی در تیرهای همبند باید کلاً به وسیله آرماتورهای قطعی 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 قطعی در هر یک از شاخه‌های ضربدری از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$A_{vd} = \frac{V_u}{2\phi_s f_y \sin \alpha} \quad (٧ - ٢٠ - ٩)$$

در این رابطه  $\alpha$  زاویه بین میلگرد قطعی و محور طولی تیر است.

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

**۳ - ۴ - ۳ - ۴ - ۲۰ - ۹** آرماتورهای قطری باید به وسیله میلگردهای عرضی به صورت دورپیچ یا تنگ با قطر حداقل ۸ میلی‌متر محصور شوند، حداکثر فاصله میلگردهای عرضی از یکدیگر برابر با کوچکترین سه مقدار (الف) تا (پ) این بند است:

- (الف) ۸ برابر قطر کوچکترین میلگرد قطری
- ب ) ۲۴ برابر قطر تنگ‌ها یا دورپیچ‌ها
- پ ) ۱۲۵ میلی‌متر

**۴ - ۳ - ۴ - ۴ - ۲۰ - ۹** مقاومت خمشی تأمین شده توسط میلگردهای قطری را می‌توان در محاسبه ظرفیت خمشی تیر همبند منظور کرد.

**۵ - ۳ - ۴ - ۲۰ - ۹ درزهای اجرایی**

**۱ - ۳ - ۴ - ۵ - ۲۰ - ۹** تمامی درزهای اجرایی در دیوارها و دیافراگم‌ها باید ضوابط قسمت ۹ - ۹ - ۷ را تأمین کند. سطح این درزها باید زبری گفته شده در بند ۹ - ۹ - ۱۳ - ۱۲ - ۵ - ۳ را دارا باشند. ضوابط طراحی درزهای اجرایی برای برش در بند ۹ - ۱۲ - ۱۳ - ۳ - ۲ آمده است.

**۶ - ۴ - ۲۰ - ۹ اتصالات تیر به ستون در قاب‌ها****۹ - ۴ - ۴ - ۱ - ۲۰ - ۹ ضوابط کلی طراحی**

**۱ - ۱ - ۴ - ۴ - ۲۰ - ۹** طراحی اتصالات تیرها به ستون‌ها در قاب‌ها برای برش باید براساس رابطه (۹ - ۱ - ۱) صورت گیرد. مقادیر  $V_u$  و  $V_r$  در این رابطه باید طبق ضوابط بندهای ۹ - ۲۰ - ۴ - ۱ - ۴ - ۲ - ۹ و ۲ - ۴ - ۱ - ۳ تعیین شوند.

**مبحث نهم**

**۹ - ۲۰ - ۴ - ۱ - ۲** نیروی برشی نهایی موثر به اتصال،  $V_u$ ، باید براساس بیشترین نیروی کششی که ممکن است در میلگردهای کششی تیرهای دو سمت اتصال و نیز برش موجود در ستون‌های بالا و پایین اتصال پدید آید، محاسبه گردد. برای تعیین این مقادیر فرض می‌شود در تیرهای دو سمت اتصال مفصل‌های پلاستیک با ظرفیت‌های 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 - ۱ - ۳** نیروی برشی مقاوم نهایی اتصال،  $V_r$ ، را می‌توان با شرط رعایت ضوابط بند ۹ - ۲ - ۴ - ۴ - ۲۰ - ۴ - ۲ حداکثر برابر با مقادیر (الف) تا (پ) این بند در نظر گرفت:

- (الف) برای اتصالات محصور شده در چهار سمت  $12A_j v_c$
- (ب) برای اتصالات محصور شده در سه سمت و یا در دو سمت مقابل هم  $9A_j v_c$
- (پ) برای سایر اتصالات  $7/5A_j v_c$

یک اتصال زمانی توسط نیرویی که به یک وجه آن می‌رسد محصور شده تلقی می‌گردد که تیر حداقل سه‌چهارم سطح آن اتصال را پوشانده باشد.

**۹ - ۲۰ - ۴ - ۱ - ۲ - آرماتورگذاری**

**۹ - ۲۰ - ۴ - ۲ - ۱** در تمامی اتصالات به جز آنهایی که در بند ۹ - ۲ - ۴ - ۴ - ۲۰ - ۹ گفته شده‌اند، باید آرماتورگذاری عرضی ویژه مطابق ضوابط بندهای ۹ - ۲ - ۴ - ۲۰ - ۹ - ۲ - ۳ - ۲ - ۴ - ۲۰ - ۹ - ۲ - ۳ - ۶ به کار برده شود.

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

**۲۰ - ۹ - ۴ - ۲ - ۴ - ۲ - ۶** در اتصالاتی که در چهار سمت توسط تیرها محصور شده‌اند و عرض تیرها کمتر از سه‌چهارم بعد ستونی که به آن متصل می‌شوند، نیستند، باید در طولی به اندازه کوتاه‌ترین ارتفاع تیر در اتصال آرماتور‌گذاری عرضی ویژه، مساوی با نصف آنچه در بند ۹ - ۲ - ۴ - ۲ - ۱ گفته شد، به کار برد شود. فاصله آرماتورهای عرضی در این اتصالات را می‌توان تا ۱۵۰ میلی‌متر افزایش داد.

**۲۰ - ۹ - 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 - ۲ - ۴ - ۳ و در صورت فشاری بودن مطابق ضوابط فصل هجدهم مهار شوند.

**۲۰ - ۹ - 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.

**۲۰ - ۹ - ۴ - ۳ - طول گیرایی میلگردهای کششی**

**۲۰ - ۹ - ۴ - ۳ - ۱ - ۴ - ۳ - ۲ - ۹** طول گیرایی میلگردهای قلاب‌دار،  $l_{dh}$ ، که خم آنها درجه است باید با استفاده از رابطه  $(9 - ۱۸ - ۵)$  در نظر گرفته شود. طول گیرایی قلاب همچنین نباید کمتر از مقادیر: ۸ برابر قطر میلگرد و ۱۵۰ میلی‌متر اختیار گردد.

**۲۰ - ۹ - ۴ - ۳ - ۲ - ۴ - ۳ - ۲ - ۹** قلاب‌ها باید در هسته محصور شده ستون‌ها و یا در اجزای لبه دیوارها مهار شوند.

**مبحث نهم**

**۹ - ۲۰ - ۴ - ۳ - ۳ - ۴ - ۲۰ - ۹** طول گیرایی میلگردهای مستقیم،<sup>d</sup> در میلگردهای تحتانی، مطابق تعریف بند ۹ - ۲ - ۴ - ۱ - ۱۸ - ۹ - ۱، نباید کمتر از  $\frac{2}{5}$  برابر طول گیرایی میلگردهای قلابدار و در میلگردهای فوقانی نباید کمتر از  $\frac{3}{5}$  برابر طول گیرایی میلگردهای قلابدار منظور گردد.

**۹ - ۲۰ - ۴ - ۳ - ۴ - ۶** 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  $\frac{1}{6}$  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 براساس رابطه  $9 - 12 - 1$  صورت گیرد. مقادیر  $V_u$  و  $V_r$  در این رابطه باید بر طبق ضوابط بندهای  $9 - 20 - 4 - 5$  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 در 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 بیشترین باشد.

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

**۳ - ۴ - ۵ - ۶ - ۲۰** نیروی برشی نهایی،  $V_u$  ، در اعضای تحت فشار و خمش باید برابر با کمترین دو مقدار (الف) و (ب) این بند نظر گرفته شود ولی این نیرو در هیچ حالت نباید کمتر از مقدار نیروی برشی باشد که از تحلیل سازه زیر اثر بارهای نهایی ناشی از بارهای قائم و نیروی جانبی زلزله به دست آمده است.

(الف) نیروی برشی ایجادشده در عضو زیر اثر نیروهای استاتیک وارد به آن شامل بارهای قائم - در صورت وجود - و لنگرهای خمشی موجود در مقاطع انتهایی آن با فرض آنکه در این مقاطع مفصل‌های پلاستیک تشکیل شده باشد، 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 منتج به بیشترین لنگر خمشی می‌شود، منظور گردد. جهت‌های این لنگرهای خمشی باید چنان در نظر گرفته شود که نیروی برش ایجادشده در عضو بیشترین باشد.

(ب) نیروی برشی ایجادشده در عضو با فرض آنکه در تیرهای متصل به دو انتهای عضو، در مقاطع مجاور به اتصال‌ها، مفصل‌های پلاستیکی با مشخصات گفته شده در بند **۹ - ۲۰ - ۴ - ۵ - ۱ - ۲** تشکیل شده باشند. جهت‌های این لنگرهای خمشی باید چنان در نظر گرفته شوند که نیروی برش ایجادشده در عضو مورد نظر بیشترین باشد.

**۹ - ۱ - ۵ - ۴ - ۲۰** مقاومت برشی نهایی مقاطع میله‌ای،  $V_r$  ، باید براساس رابطه **۹ - ۱۲ - ۲** محاسبه شود. در اعضایی از قاب که در آنها نیروی فشار محوری کمتر از  $\phi_c f_c A_g / 0.75$  باشد و نیروی برشی ناشی از زلزله در نواحی بحرانی تیرها، مطابق بند **۹ - ۲۰ - ۴ - ۱ - ۵ - ۳** ، و در نواحی **۱** ، ستون‌ها، مطابق بند **۹ - ۲۰ - ۴ - ۱ - ۵ - ۳** ، در این بزرگتر از نصف نیروی برشی طرح،  $V_u$  ، باشد نیروی برشی مقاوم بتن،  $V_c$  ، در این نواحی مساوی با صفر منظور می‌گردد. منظور از نیروی برشی ناشی از زلزله، نیروی برشی ایجادشده در عضو به علت اختلاف لنگرهای خمشی موجود در مفصل‌های پلاستیکی ایجادشده در دو انتهای عضو بطبق ضوابط بند **۹ - ۴ - ۵ - ۱ - ۲** است.

**مبحث نهم**

**۹ - ۲۰ - ۴ - ۱ - ۵ - ۵ - خاموت‌هایی که برای مقاومت در برابر برش به کار برده می‌شوند، در قسمت‌های خاصی از عضو که در بندهای ۹ - ۲۰ - ۴ - ۱ - ۳ - ۲ - ۴ - ۹ و ۳ - ۲ - ۴ - ۲۰ - ۹ - ۴ - 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 نهايی مقاومت در برش باید براساس رابطه زیر صورت گیرد:**

$$V_u \leq \phi_n / V_r \quad (8 - ۲۰ - ۹)$$

در این رابطه  $V_u$  نیروی برشی نهايی است که از تحلیل سازه زیر اثر بارهای نهايی ناشی از بارهای قائم و بارهای جانبی زلزله به دست آمده است و  $V_r$  مقاومت برشی نهايی مقطع است که مطابق بند ۹ - ۲۰ - ۴ - ۵ - ۲ - ۲ محاسبه می‌شود.  $\phi_n$  ضریب اصلاحی مقاومت است که در این قطعات مساوی با  $7/0$  منظور می‌گردد.

**۹ - ۲۰ - ۴ - ۵ - ۲ - مقاومت برشی نهايی مقطع،  $V_r$  ، با استفاده از رابطه (۹ - ۲۰ - ۹) محاسبه می‌شود:**

$$V_r = A_{cv}(\alpha_c v_c + \phi_s \rho_n f_y) \quad (9 - ۲۰ - ۹)$$

در این روابط  $\alpha_c$  ضریبی است که به شرح (الف) تا (پ) این بند در نظر گرفته می‌شود:

(الف) در دیوارها و دیافراگم‌هایی که در آنها نسبت  $\frac{h_w}{l_w}$  بزرگتر یا مساوی ۲ است،

$$\alpha_c = 1$$

(ب) در دیوارها و دیافراگم‌هایی که در آنها نسبت  $\frac{h_w}{l_w}$  کوچکتر یا مساوی  $1/5$  است،

$$\alpha_c = 1/5$$

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

پ) در دیوارها و دیافراگمهایی که در آنها نسبت  $\frac{h_w}{l_w}$  بین ۱/۵ و ۲ است، ضریب  $\alpha_c$  با درونیابی خطی بین اعداد فوق تعیین می‌شود.

**۲۰ - ۹ - ۴ - ۵ - ۲ - ۳** در تعیین مقاومت برشی نهایی مقطع در قطعات یک دیوار یا یک دیافراگم مقدار ضریب  $\alpha_c$  باید برای بیشترین مقدار  $\frac{h_w}{l_w}$  در کل دیوار یا دیافراگم و در قطعه مورد نظر محاسبه شود.

**۲۰ - ۹ - ۴ - ۵ - ۲ - ۴** میلگردهای برشی در دیوار یا دیافراگم باید در صفحه دیوار یا دیافراگم در دو جهت عمود بر هم توزیع شوند به‌طوری 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،  $\rho_v$  ، نباید کمتر از نسبت میلگرد افقی برشی،  $\rho_n$  ، در نظر گرفته شوند.

**۲۰ - ۹ - ۴ - ۵ - ۲ - ۵** مقاومت برشی نهایی مقطع،  $V_r$  ، در دیوارهایی که متشکل از تعدادی پایه‌های دیوارگونه‌اند و به‌طور 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 دیوارگونه 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.

**۲۰ - ۹ - ۴ - ۵ - ۲ - ۶** مقاومت برش نهایی مقطع در قطعات افقی در دیوارها، نظیر تیرهای رابط در دیوارهای همبسته نباید بیشتر از  $5A_{cp}V_c$  در نظر گرفته شود.  $A_{cp}$  سطح مقطع قطعه افقی دیوار است.

بحث نهم**۹ - ۲۰ - ۴ - ۶ - اعضایی از قاب‌ها که برای تحمل نیروهای زلزله طراحی نمی‌شوند**

**۹ - ۶ - ۴ - ۲۰ - ۱ - اعضایی از قاب‌ها که برای تحمل نیروهای زلزله به کار گرفته نمی‌شوند** باید با توجه به لنگرهای خمی ایجادشده در آنها زیر اثر تغییر مکان جانبی مساوی دو برابر آنچه در زیر اثر بار نهایی در سازه ایجاد می‌شود، براساس ضوابط بندهای ۹ - ۲۰ - ۴ - ۶ - ۱ - ۱ - ۶ - ۴ - ۲۰ - ۹ - ۲ طراحی شوند.

**۹ - ۶ - ۴ - ۲۰ - ۱ - ۱ - چنانچه لنگر خمی ایجادشده در عضو بیشتر از لنگر خمی مقاوم عضو،  $M_r$  ، باشد در اعضای خمی باید ضابطه آرماتور گذاری طولی بند ۹ - ۲۰ - ۶ - ۱ - ۲ - ۱ - ۴ - ۲ - ۱ و در اعضای تحت فشار و خمش باید ضوابط آرماتور گذاری عرضی بند ۹ - ۲۰ - ۶ - ۲ - ۴ - ۲ - ۳ رعایت شود. به علاوه تمامی این اعضا باید براساس ضوابط قسمت ۹ - ۶ - ۴ - ۲۰ - ۵ برای برش طراحی شوند.**

**۹ - ۶ - ۴ - ۲ - ۶ - ۲ - چنانچه لنگر خمی ایجادشده در عضو کمتر از لنگر خمی مقاوم عضو،  $M_r$  ، باشد در اعضای خمی باید ضابطه آرماتور گذاری طولی بند ۹ - ۲۰ - ۶ - ۱ - ۲ - ۱ - ۴ - ۲ - ۱ رعایت شود.**

**۹ - ۶ - ۴ - ۲ - ۱ - تمامی اعضای تحت فشار و خمش که در آنها ضوابط آرماتور گذاری عرضی مطابق بند ۹ - ۶ - ۴ - ۲ - ۱ - ۲ - ۳ رعایت نشده باشد، باید مطابق ضوابط بندهای ۹ - ۲۰ - ۶ - ۴ - ۲ - ۱ تا ۹ - ۶ - ۴ - ۲ - ۳ آرماتور گذاری شوند.**

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

**۲۰ - ۹ - ۶ - ۲ - ۲ - ۶ - ۴ - ۲۰ - ۹** خاموت‌ها باید دارای قلاب‌های با زاویه حداقل  $135^{\circ}$  درجه و طول مستقیم به اندازه حداقل ۶ برابر قطر خاموت‌ها یا ۶۰ میلی‌متر باشد. استفاده از قلاب‌های دوخت مطابق تعریف این فصل نیز بلامانع است.

**۲۰ - ۹ - ۶ - ۲ - ۳ - ۱ - ۲ - ۴ - ۲۰ - ۹** در دو انتهای عضو در طولی برابر با  $l_0$ ، مطابق تعریف بند ۹ - ۲ - ۳ - ۱، فاصله سفره‌های آرماتور عرضی از یکدیگر نباید بیشتر از مقادیر (الف) تا (پ) این بند در نظر گرفته شود:

- الف) ۸ برابر قطر کوچکترین میلگرد طولی
- ب) ۲۴ برابر قطر خاموت‌ها
- پ) نصف کوچکترین ضلع مقطع عضو

فاصله اولین خاموت از بر اتصال عضو به تیر نباید بیشتر از نصف مقادیر فوق در نظر گرفته شود.

**۲۰ - ۹ - ۶ - ۲ - ۳** در قسمتی از طول عضو که شامل طول  $l_0$  نمی‌شود، ضوابط آرماتورگذاری عرضی مشابه ضوابط ستون‌های عادی است.



## فهرست مراجع

۱. ACI Committee ۲۰۱, "Guide to Durable Concrete" (ACI ۲۰۱, R-۹۲), ACI Concrete. ACI Manual of Concrete Practice, Part ۲, ۱۹۹۸.
۲. ACI Committee ۲۱۲, Chemical Admixtures for Concrete, (ACI ۲۱۲, R-۹۱), Manual of Concrete Practice, Part ۱.
۳. ACI Committee ۲۱۶, Standard Method for Determining the Fire Resistance of Concrete and Masonry Construction Assemblies, (ACI ۲۱۶, ۱-۹۷)
۴. ACI Committee ۲۱۷, Guide for Determining the Fire Endurance of Concrete Elements-ACI ۲۱۶R-۸۱ (Revised ۱۹۸۷).
۵. ACI Committee ۲۱۸, Guide for Determining the Fire Endurance of Concrete Elements (Re approved ۲۰۰۱)
۶. ACI Committee ۳۰۴, "Guide for Measuring, Mixing Transporting, and Placing
۷. ACI Committee ۳۰۵, "Hot Weather Concreting, ACI ۳۰۵ R-۹۱ Also ACI Manual of Concrete Practice, Part ۲.
۸. ACI Committee ۳۱۸, Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI, ۹۵), American Concrete Institute, Detroit, ۱۹۸۸, MCP, part ۳.
۹. ACI Committee ۳۴۷, "Recommended Practice for Concrete Formwork (ACI ۳۴۷-۸۵), American Concrete Institute, Detroit, ۱۹۸۵. Also ACI Manual of Concrete Practice, Part ۲.
۱۰. ACI Manual of Concrete Practice, Part I, ۱۹۹۸.
۱۱. ACI-۳۰۱ Specification for Structural Concrete Chapter ۴ Formwork ACI
۱۲. American Concrete Institute, Building Code Requirements for structural Concrete (ACI ۳۱۸-۰۸)
۱۳. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, ۱۹۸۵.
۱۴. ASSHTO T-۲۶۰ (۸۴), "Method of Sampling and Testing for Total Chloride Ion in Concrete and Concrete Raw Materials, "AASHTO, ۴۴۴ North Capitol st., N.W., Suite ۲۲۴, Washington, D.C. ۲۰۰۱.
۱۵. ASTM Standards, Cement; Gypsum, Section ۴, Construction, Vol. 1, ۰۴, ۰۱
۱۶. ASTM Standards, Concrete and Mineral Aggregates, Section ۴, Construction, V. 1, ۰۴, ۰۲, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, ۱۹۸۵.
۱۷. British standards Institution, BS.۸۱۱۵: ۱۹۹۸ & BS.۸۹۵۰ - ۸: ۲۰۰۳

مبحث نهم

۱۸. BS ۸۱۱۰, Structural Use of Concrete British Standards Institution ۱۹۸۵.
۱۹. CAN-۴۲ ۳,۳-M۸۴, National Standard of Canada Design of Concrete Structures for Buildings, ۱۹۸۵.
۲۰. Canadian Standards Association, Design of concrete Structures, CSA Standard A۲۳,۳-۰۴
۲۱. CEB Application Manual on Concrete Reinforcement Technology, No. ۱۴۰, Georgia Publishing Co., Saint-Saphorir, Switzerland, ۱۹۸۳.
۲۲. CEB-FIP Model Code for Concrete Structures, ۱۹۹۰.
۲۳. CEB-FIP Model Code for Fire Design of Concrete Structures, No. ۱۷۴, First Draft ۱۹۸۶.
۲۴. CSA Standards, CAN۳-A۲۳, I-M۷۷, Concrete Materials and Methods of Concrete Construction, Canadian Standards Association, Rexdale (Toronto), Ontario, Canada.
۲۵. Design of Concrete Structures, Euro code ۲, ENV ۱۹۹۲ – ۱-۱
۲۶. EURO DESIGN HANDBOOK, Concrete Structures, ۱۹۹۴-۹۶.
۲۷. Fire Design of Concrete Structures in accordance with CEB-FIP Model Code ۹۰; No. ۲۰۸ (Final Draft; ۱۹۹۱; ISBN ۲-۸۸۳۹۴-۰۱۳-۴; ۲۰۴ pages).
۲۸. IS: ۴۵۶-۱۹۷۸, Indian Standard Code of Practice for Plain and Reinforced concrete.
۲۹. Manual of Concrete Practice ۱۹۸۵.
۳۰. PC A, Design and Control of Concrete of Concrete Mixtures, Portland cement Association, Shokie, ۱۹۷۹.
۳۱. RELIM Technical Committee, TC ۸۴-AAC, Application of Admixtures in Concrete, Report No ۱۰.
۳۲. Scientific and Technical, Essex, England.
۳۳. Tomlinson, M.J, Foundation Design and Construction, ۵<sup>th</sup> ed., Longman

۳۴ - معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، آینه‌نامه بتن ایران (آبا).

۳۵ - معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، تفسیر بخش‌های اول و دوم آینه‌نامه بتن ایران (آبا).

۳۶ - مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، استانداردهای مختلف.