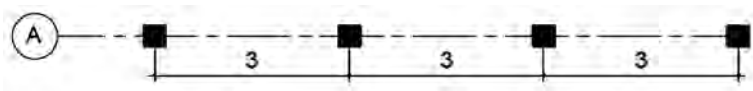
پودمان ۳

اجرای ستون

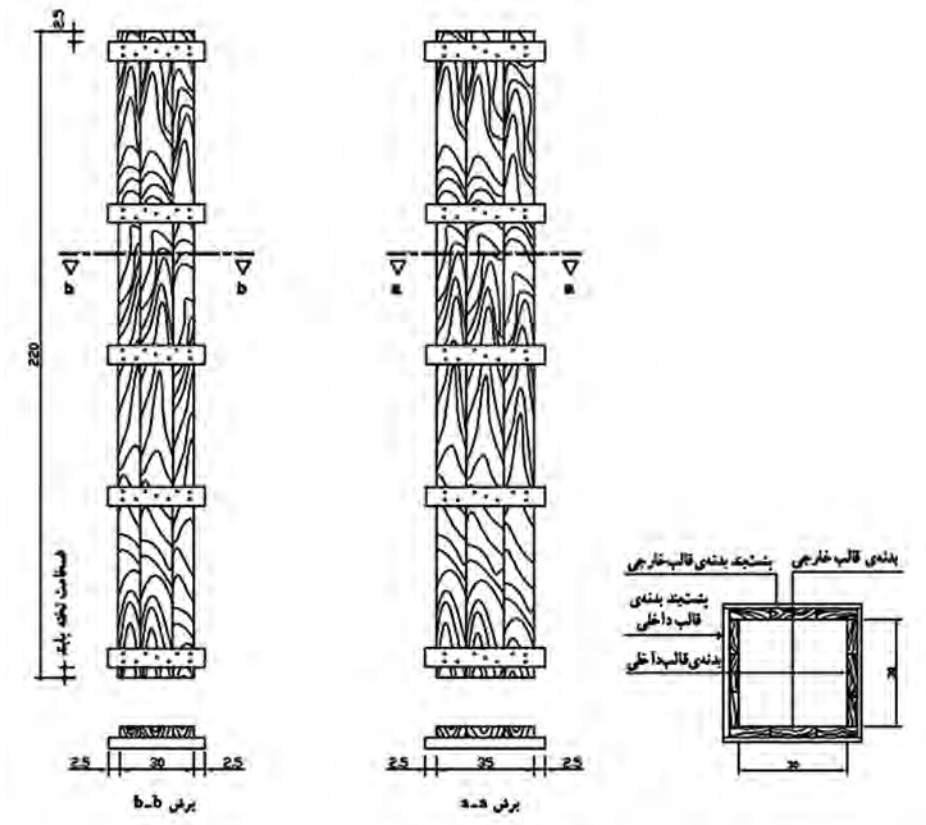
در این پودمان، ضمن شناخت ستون و نقش آن در سازه، ضوابط آرماتوربندی و قالب‌بندی آن و نیز نقشه‌خوانی و تهیه جدول لیستوفر ستون، در نهایت می‌بایست به عملیات اجرایی آن شامل ساخت قالب و آرماتوربندی ستون با انواع مقاطع مختلف مربع، مستطیل، شش ضلعی و در صورت امکان مقطع دایره‌ای پرداخته شود لذا مطابق آنچه در پودمان اجرای فونداسیون گذشت به‌منظور مدیریت زمان و منابع، لازم است، در صورتی که قصد اجرای قالب‌بندی مقاطع فوق‌الذکر را با قالب چوبی دارید، قطعات قالب‌های مورد نظر و آرماتورهای آنها را به تعداد گروه‌های کلاس که به تناسب تعداد هنرجویان هر کلاس تعیین می‌شوند، مطابق شکل‌های (۲-۳ تا ۳-۵) برای مقاطع مربع و شکل‌های (۶-۳ تا ۳-۹) برای مقاطع دایره در صورت صلاحدید خودتان از قبل آماده و بسته‌بندی نموده و پس از ارائه مباحث دانشی این پودمان، به همراه نقشه مورد نظر، هر کدام از بسته‌ها را در اختیار یک گروه قرار داده و آنها را در جهت مونتاژ اصولی قطعات، مطابق نقشه راهنمایی نمایید به‌طوری که در انتهای عملیات اجرایی همه گروه‌ها کار خود را روی یک محور و به فواصل حدود سه متر به‌صورت شاقول و مهار شده تحویل دهند. و در صورت عدم وجود تخته‌های قالب به میزان کافی، استفاده از قالب‌های فلزی بلامانع است.



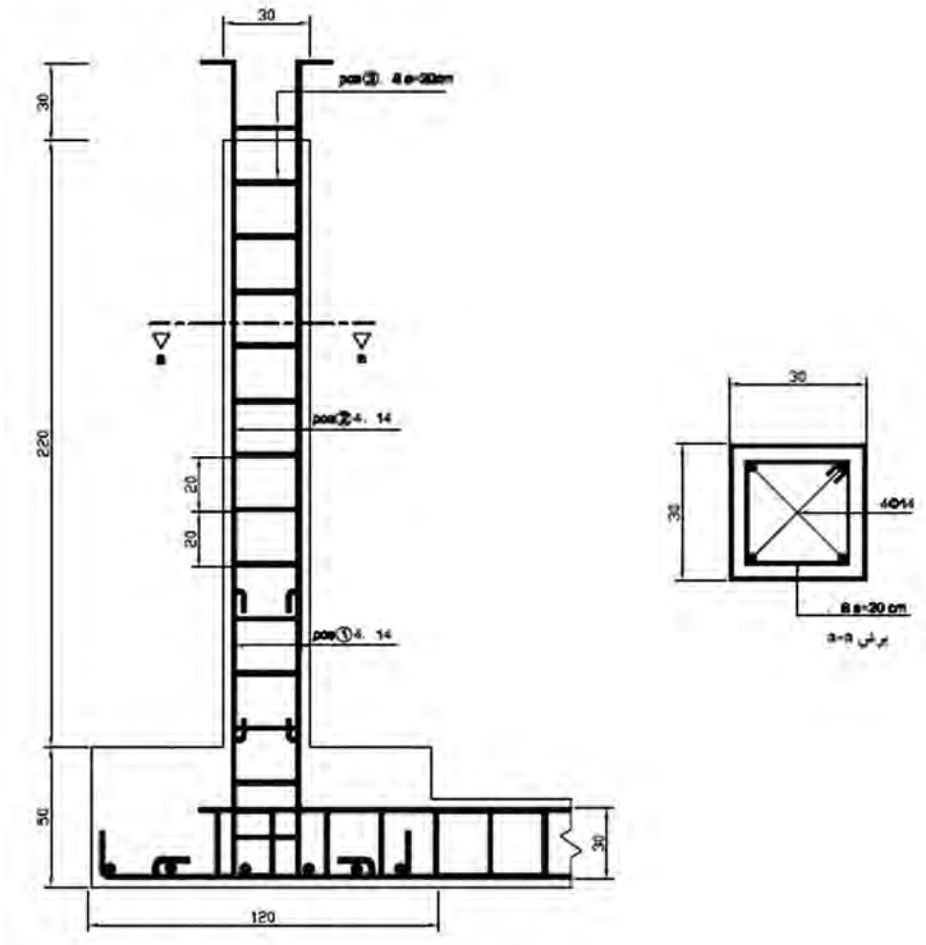
شکل ۳ـ۱

جدول برنامه پیشنهادی و بودجه‌بندی پودمان سوم کتاب اسکلت‌سازی ساختمان

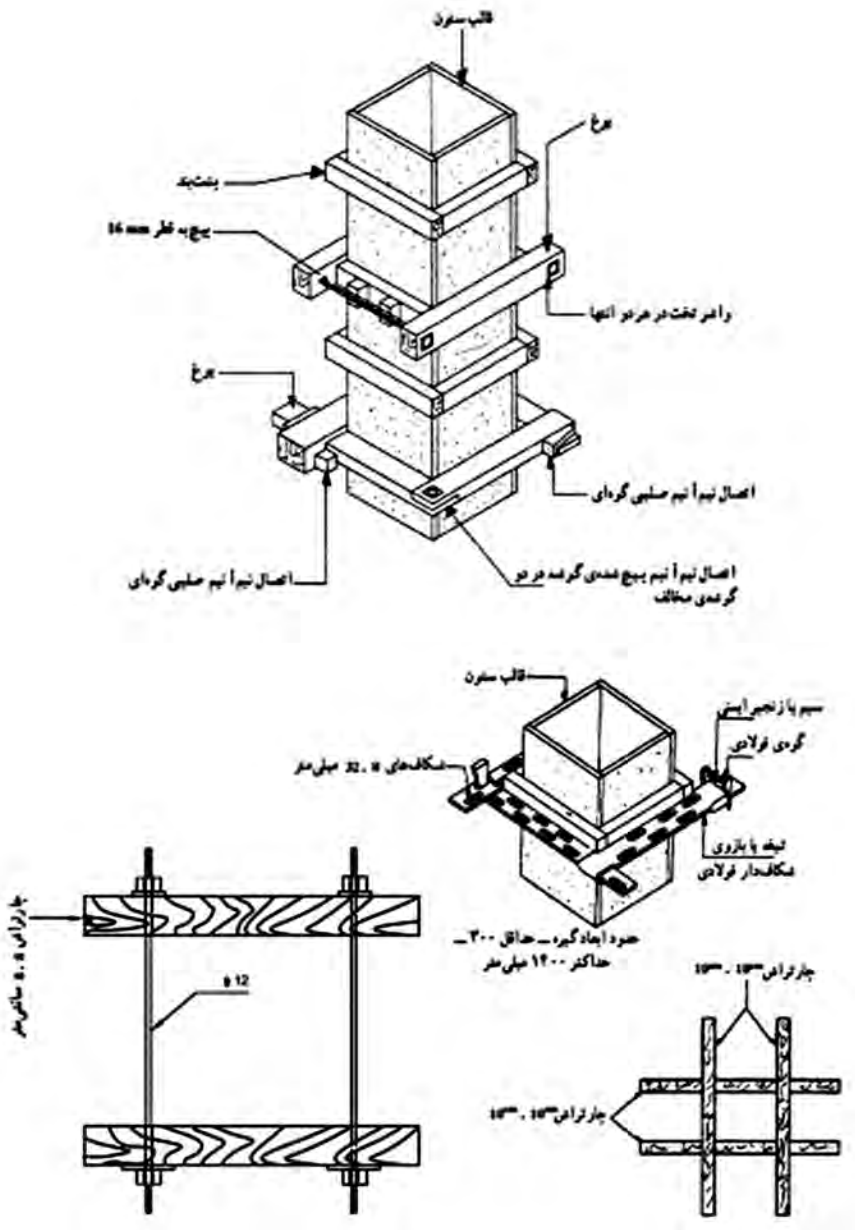
ردیف	تقویم آموزشی	عنوان و شرح کار
۱	هفته اول بهمن	آشنایی با ستون و ضوابط آرماتوربندی آن، قالب‌بندی فلزی و آرماتوربندی ستون با مقطع مربع
۲	هفته دوم بهمن	قالب‌بندی فلزی و آرماتوربندی ستون با مقطع مستطیل
۳	هفته سوم بهمن	قالب‌بندی و آرماتوربندی ستون با مقطع شش ضلعی
۴	هفته چهارم بهمن	ارزشیابی پایانی فصل سوم



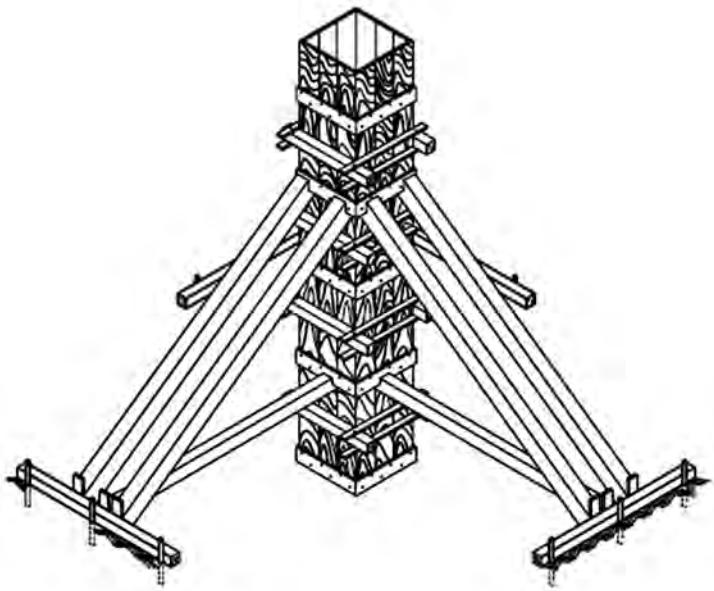
شکل ۳ـ۲ـ قالب ستون



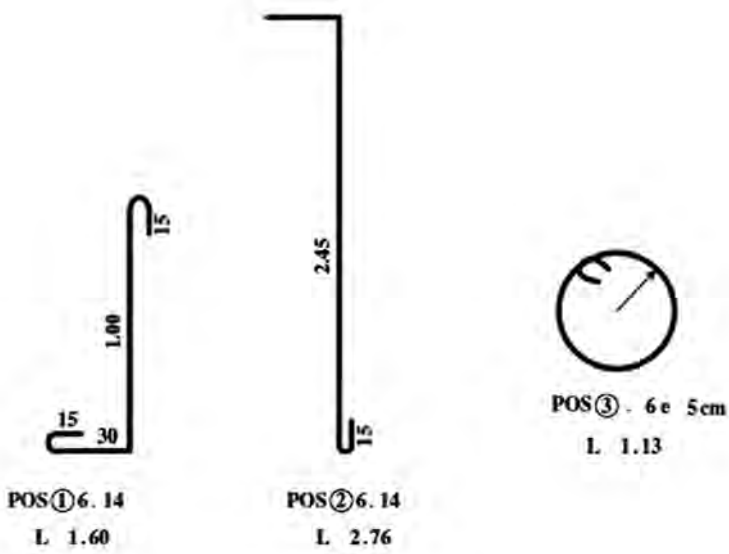
شکل ۳ـ۳ـ آرماتوربندی



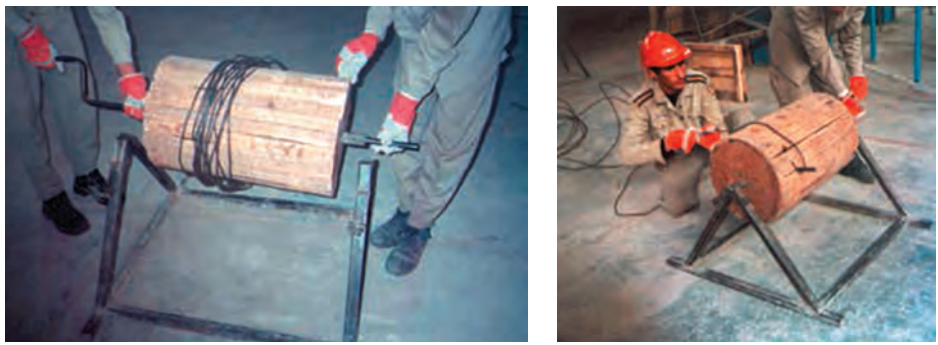
شکل ۳ـ۴ـ انواع یوغ



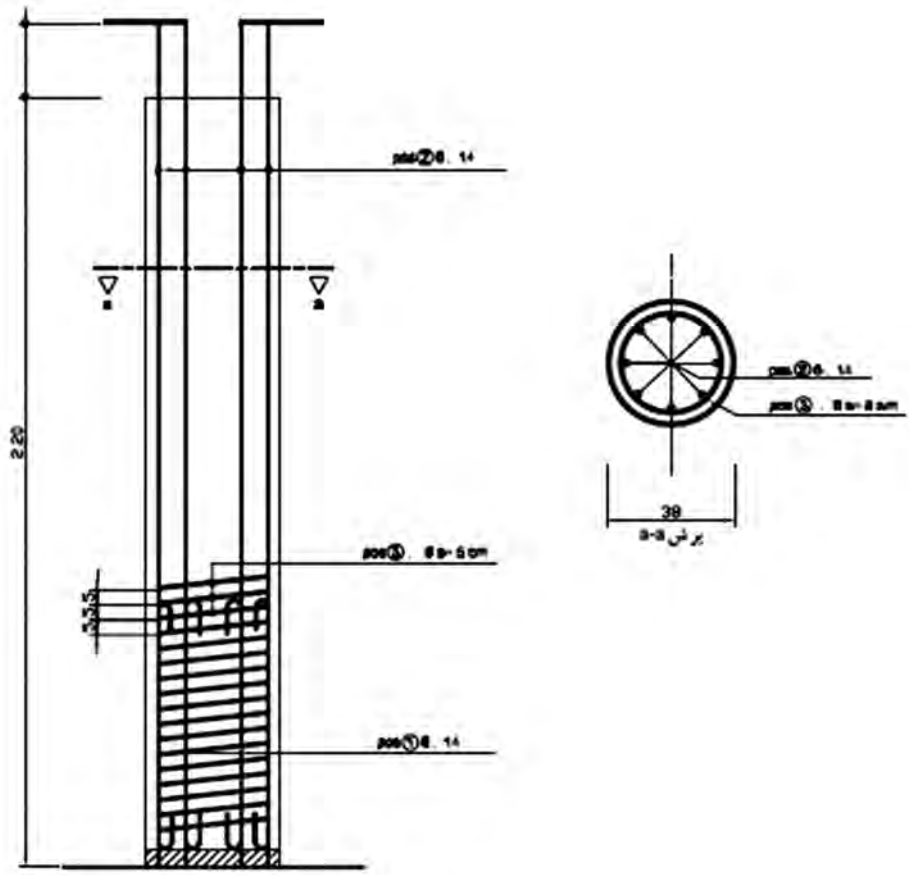
شکل ۳ـ۵



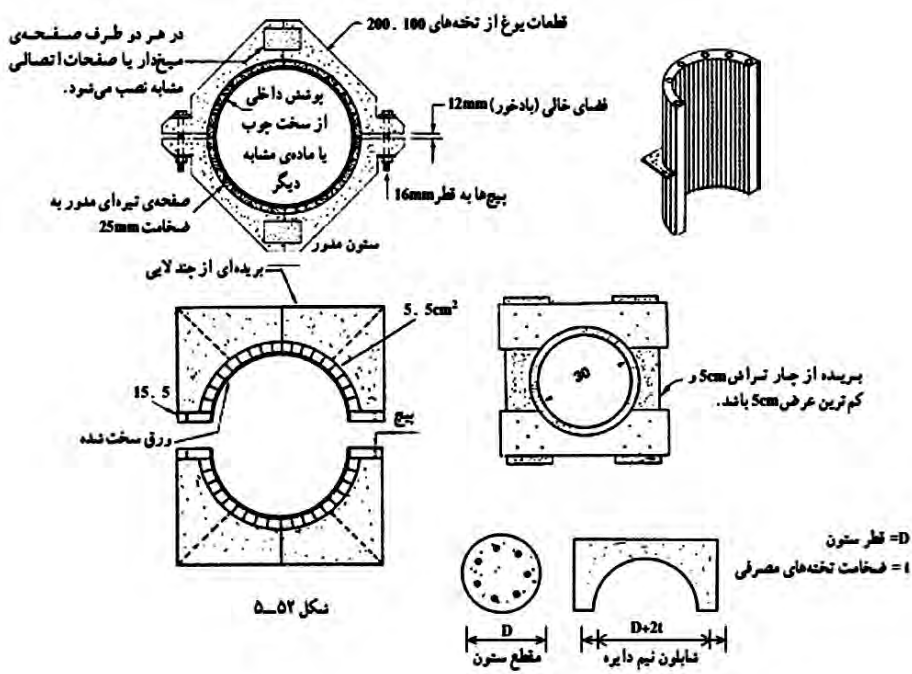
شکل ۳ـ۶



شکل ۳ـ۷ـ غلطک جهت ساخت دورپیچ



شکل ۳ـ۸ـ آرماتورهای ستون دایره‌ای



شکل ۵۲ـ۵

شکل ۳ـ۹ـ انواع یوغ دایره‌ای

ضوابط آیین‌نامه‌ای

محدودیت‌های آرماتورها در قطعات فشاری (ستون‌ها)

در قطعات فشاری سطح مقطع آرماتور طولی نباید کمتر از ۱ درصد و بیشتر از ۶ درصد 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 ۴/۵ درصد سطح مقطع کل محدود می‌گردد.

حداقل تعداد میلگردهای طولی در قطعات فشاری به شرح زیراست:

الف) میلگردهای داخل تنگ‌های مدور یا مستطیلی، چهار عدد.

ب) میلگردهای داخل تنگ‌های مثلثی، سه عدد.

پ) میلگردهای داخل دورپیچ، شش عدد

دورپیچ‌ها

در طراحی دورپیچ‌های اعضای فشاری باید ضوابط زیر را در نظر گرفت:

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.

قطر میلگردهای مصرفی در دورپیچ نباید از ۶ میلی‌متر کمتر باشد.

در هر گام دورپیچ فاصله آزاد بین میلگردها نباید از ۷۵ میلی‌متر بیشتر و از ۲۵ میلی‌متر کمتر باشد.

گام دورپیچ نباید از $\frac{۱}{۶}$ قطر هسته بتنی داخل دورپیچ تجاوز کند.

در هر طبقه، دورپیچ باید از روی پی یا دال تا تراز پایین‌ترین میلگردهای طبقه فوقانی ادامه یابد.

در صورتی‌که 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.

در ستون‌های قارچی با سر ستون، دورپیچ باید تا ارتفاعی ادامه یابد که در آن قطر یا پهنای سر ستون دو برابر قطر یا پهنای ستون باشد.

دورپیچ باید با فاصله نگهدارهای مناسب در جای خود تنظیم و تثبیت شود.

در صورتی‌که قطر میلگرد دورپیچ کمتر از ۱۶ میلی‌متر باشد، تعداد فاصله نگه دارها 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
در صورتی که قطر میلگرد دورپیچ کمتر از ۱۶ میلی‌متر نباشد، تعداد فاصله نگه‌دارها 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
مهار کردن دورپیچ با ۱/۵دور پیچیدن اضافی میلگرد در انتهای قطعه تأمین می‌شود.

محدودیت‌های فاصله میلگردها

فاصله آزاد بین هر دو میلگرد موازی واقع در یک سفره نباید از هیچ یک از مقادیر (الف) تا (پ) این بند کمتر باشد:
الف) قطر میلگرد بزرگ‌تر
ب) ۲۵ میلی‌متر
پ) ۱/۳۳ برابر قطر اسمی بزرگ‌ترین سنگدانه بتن
در اعضای تحت فشار و خمش فاصله محور تا محورمیلگردهای طولی از یکدیگر، نباید بیشتر از ۲۰۰ میلی‌متر باشد.
در صورتی‌که میلگردهای موازی در چند سفره قرار گیرند، میلگردهای سفره فوقانی باید طوری بالای میلگردهای سفره تحتانی واقع شوند که معبر بتن تنگ نشود، فاصله آزاد بین هر دو سفره نباید از ۲۵ میلی‌متر و نه از قطر بزرگ‌ترین میلگرد کمتر باشد.
در اعضای فشاری با خاموت‌های بسته یا دورپیچ، فاصله آزاد بین هر دو میلگرد طولی نباید از ۱/۵ برابر قطر بزرگ‌ترین میلگرد و نه از ۴۰ میلی‌متر، کمتر باشد.
محدودیت‌های فاصله آزاد بین میلگردها باید در مورد فاصله آزاد وصله‌های پوششی با وصله‌ها یا میلگردهای مجاور نیز رعایت شوند.

گروه میلگردهای در تماس

در استفاده از گروه میلگردهای موازی که در آنها میلگردها در تماس با هم بسته می‌شوند تا به‌صورت 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. همین طور 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 به‌صورت گروهی به‌کار 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 محافظ،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 این‌گونه موارد خارجی‌ترین سطح گروه میلگرد در امتداد مورد نظر خواهد بود.

مقاومت مشخصه بتن

مقاومت فشاری مشخصه بتن مقاومتی است که حداکثر ۵ درصد تمامی مقاومت‌های اندازه‌گیری شده در نمونه‌های استوانه‌ای استاندارد بر اساس آزمایش‌های ۲۸ روزه کمتر از آن باشد.

رده‌بندی بتن

رده‌بندی بتن بر اساس مقاومت فشاری مشخصه آن به ترتیب جدول ۳-۱ است. اعداد بعد از C بیانگر مقاومت فشاری مشخصه بتن برحسب مگاپاسکال می‌باشند.

جدول ۳ـ۱ مقاومت مشخصه بتن

رده بتن	مقاومت مشخصه برحسب MPa یا N/mm^2	مقاومت مشخصه برحسب Kg/cm^2
C ۶	۶	۶۰
C ۸	۸	۸۰
C ۱۰	۱۰	۱۰۰
C ۱۲	۱۲	۱۲۰
C ۱۶	۱۶	۱۶۰
C ۲۰	۲۰	۲۰۰
C ۲۵	۲۵	۲۵۰
C ۳۰	۳۰	۳۰۰
C ۳۵	۳۵	۳۵۰
C ۴۰	۴۰	۴۰۰
C ۴۵	۴۵	۴۵۰
C ۵۰	۵۰	۵۰۰
C ۵۵	۵۵	۵۵۰
C ۶۰	۶۰	۶۰۰
C ۶۵	۶۵	۶۵۰
C ۷۰	۷۰	۷۰۰
C ۷۵	۷۵	۷۵۰
C ۸۰	۸۰	۸۰۰
C ۸۵	۸۵	۸۵۰
C ۹۰	۹۰	۹۰۰
C ۹۵	۹۵	۹۵۰
C ۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰۰
C ۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰۰
C ۱۲۰	۱۲۰	۱۲۰۰

مقاومت فشاری متوسط

مقاومت فشاری متوسط لازم، باید برابر با بزرگ‌ترین مقدار به‌دست آمده از هر یک از دو رابطه ۳-۱ و ۳-۲ در نظر گرفته شود:

رابطه ۳-۱ $F_{cm}=F_c+۱/۳۴S+۱/۵MPa$

رابطه ۳-۲ $F_{cm}=F_c+۲/۳۳S-۴MPa$

در روابط فوق Fcm مقاومت فشاری متوسط، Fc مقاومت فشاری مشخصه بتن براساس آزمونه‌های استوانه‌ای و S انحراف استاندارد مقاومت فشاری آزمونه‌ها برحسب مگاپاسکال می‌باشد.

نمونه استوانه‌ای استاندارد به ابعاد ۱۵۰×۳۰۰ میلی‌متر می‌باشد. در صورت استفاده از آزمونه‌های مکعبی باید مقاومت آنها به مقاومت نظیر آزمونه‌های استوانه‌ای تبدیل شود. برای تبدیل مقاومت نمونه‌های غیر استاندارد به استاندارد از ضرائب تبدیل $r_۱$, $r_۲$ و $r_۳$ مطابق جداول ۳-۲، ۳-۳ و ۳-۳ استفاده می‌گردد.

جدول ۳ـ۲ مقادیر $r_۱$

a ×۲a	۱۰۰× ۲۰۰	۱۵۰× ۳۰۰	۲۰۰× ۴۰۰	۲۵۰× ۵۰۰	۳۰۰ × ۶۰۰
$r_۱$	۱/۰۲	۱	۰/۹۷	۰/۹۵	۰/۹۱

جدول ۳ـ۳ مقادیر $r_۲$

مکعبی b	۱۰۰	۱۵۰	۲۰۰	۲۵۰	۳۰۰
$r_۲$	۱/۰۵	۱	۱	۰/۹۵	۰/۹

جدول ۳ـ۴ مقادیر $r_۳$

مقاومت فشاری نمونه مکعبی (MPa)	≤ ۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵
$r_۳$	۱/۲۵	۱/۲	۱/۱۷	۱/۱۴	۱/۱۳	۱/۱۱	۱/۱۰
مقاومت فشاری نمونه استوانه‌ای (MPa)	با توجه به ضریب	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰

مبانی تعیین نسبت‌های اختلاط بتن

تعیین نسبت‌های اختلاط بتن باید به‌گونه‌ای باشد که شرایط زیر را برآورده سازد:

- کارایی و روانی بتن به اندازه کافی باشد تا بتن بتواند به سهولت در قالب‌ها ریخته شود و به خوبی میلگردها را در بر گیرد بدون اینکه جدایی دانه‌ها یا آب انداختن زیاد روی دهد.
- ملزومات پایایی بتن برای شرایط محیطی مختلف باید تأمین شود.
- مقاومت متوسط هدف و مقاومت مشخصه بتن تأمین شود.
- نسبت‌های اختلاط مواد تشکیل‌دهنده بتن بر اساس تجارب کارگاهی و استفاده از

مخلوط‌های آزمایشی در آزمایشگاه مبتنی بر روش‌های متداول با مصالح مصرفی کارگاه تعیین می‌شوند.

روش‌های تعیین نسبت‌های اختلاط

برای بتن‌های پایین تر از رده 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. برای بتن‌های رده C۲۰ و بالاتر، تعیین نسبت‌های بهینه اختلاط باید از طریق مطالعات آزمایشگاهی و با در نظر گرفتن ضوابط طراحی بر اساس دوام صورت گیرد. 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 رسد و نتیجه به‌دست آمده به عنوان (نسبت‌های اختلاط تعیین شده) به‌کار رود.

پایایی (دوام) بتن و میلگردهای فولادی

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 درشرایط محیطی مورد نظر، شکل، حداقل کیفیت اولیه و قابلیت بهره‌برداری مورد نظر از ساختمان‌های بتنی را حفظ می‌کند.

انواع آسیب دیدگی‌های بتن

- **آسیب‌دیدگی بر اثر دوره‌های یخ زدن و آب شدن:** آسیب‌دیدگی بر اثر دوره‌های یخ زدن و آب شدن در بتن به‌صورت ترک خوردگی و فروپاشی آن مشخص می‌شود. علت این آسیب‌دیدگی انبساط پیش رونده خمیر سیمان سخت شده بر اثر دوره‌های یخ زدگی و آب شدن مکرر است.
- **حمله سولفاتی:** به علت نفوذ یون سولفات موجود در آب یا خاک مجاور بتن، موادی منبسط شونده در بتن ایجاد می‌شوند که با گذشت زمان باعث فروپاشی سطح بتن شده و خرابی به مرور به‌صورت پیش رونده به داخل بتن گسترش می‌یابد. به همین دلیل میزان یون سولفات موجود در آب و یا خاک باید بررسی شود.
- **واکنش قلیایی سنگدانه‌ها:** در برخی از حالات سنگدانه‌هایی از نوع خاص با اکسیدهای قلیایی سیمان واکنش داده که واکنش‌ها با انبساط بتن همراه است. دراثر این انبساط و در حضور رطوبت، بتن تحت تنش‌های داخلی قرار

گرفته و ترک می‌خورد. این نوع آسیب‌دیدگی در تمامی جسم بتن ایجاد شده و به‌عکس آسیب‌دیدگی‌های دیگر که از سطح خارجی شروع می‌شوند، از درون باعث تخریب بتن می‌شود. به همین دلیل سنگدانه‌های مشکوک به توانایی واکنش‌زایی مانند اوپال، کلسدونی، بعضی از اشکال کوارتز، کریستوبالیت، تری دیمیت و شیشه‌های سیلیسی باید مورد بررسی قرار گرفته و در صورت فعال بودن آنها، از سیمانی با قلیایی معادل کمتر از ۰/۶ درصد برای واکنش قلیایی سیلیسی و ۰/۴ درصد برای واکنش قلیایی ـ کربناتی استفاده شود.

- **خوردگی فولاد مدفون در بتن:** اگر بنابه دلایلی که در ادامه ارائه می‌شوند لایه‌های محافظ خوردگی بتن در روی میلگردهای مدفون در آن از بین روند با حضور اکسیژن و آب، خوردگی در فولاد به‌صورت پیش رونده 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 دی اکسید کربن به داخل بتن می‌باشد.
- **سایش و فرسایش:** در اثر عبور وسایط نقلیه و یا حرکت آب از روی سطح بتن، آسیب‌دیدگی به‌صورت جدا شدن ذراتی از سطح بتن آغاز و در نهایت به از بین‌رفتن قسمتی از بتن منجر می‌شود. با افزایش مقاومت فشاری بتن می‌توان مقاومت سایشی و فرسایشی آن را افزایش داد.

مکانیزم‌های کاهنده پایایی

- **دوره‌های یخ زدن و آب شدن:** یخ زدن و آب شدن مکرر بتن در مناطق سردسیر باعث تخریب بتن می‌شود. این نوع خرابی در اثر مواد شیمیایی یخ زدا شدت می‌یابد.
- **عوامل شیمیایی خورنده:** برخی از مواد شیمیایی باعث ایجاد واکنش با مواد تشکیل‌دهنده بتن می‌شوند. مواد اسیدی اثرات تخریبی بیشتری دارند. به همین دلیل مقابله با اثر خورنده اسیدهای قوی مستلزم اتخاذ تدابیر ویژه حفاظتی است.
- **سایش و فرسایش:** در بعضی موارد سطح بتن دچار تخریب می‌شود و این امر به‌ویژه درکف محوطه‌های صنعتی مشکلاتی را به‌وجود می‌آورد. در ساختمان‌های آبی دانه‌های شن و ماسه موجود در آب جاری ممکن است موجب سایش سطوح شوند.
- **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 کم قلیا و بهره‌گیری ازمواد پوزولانی می‌توانند مانع بروز این مشکلات شوند.