بسم الله الرحمن الرحیم

راهنمای هنرآموز

اسکلت‌سازی ساختمان

رشتهٔ ساختمان

گروه معماری و ساختمان

شاخهٔ فنی و حرفه‌ای

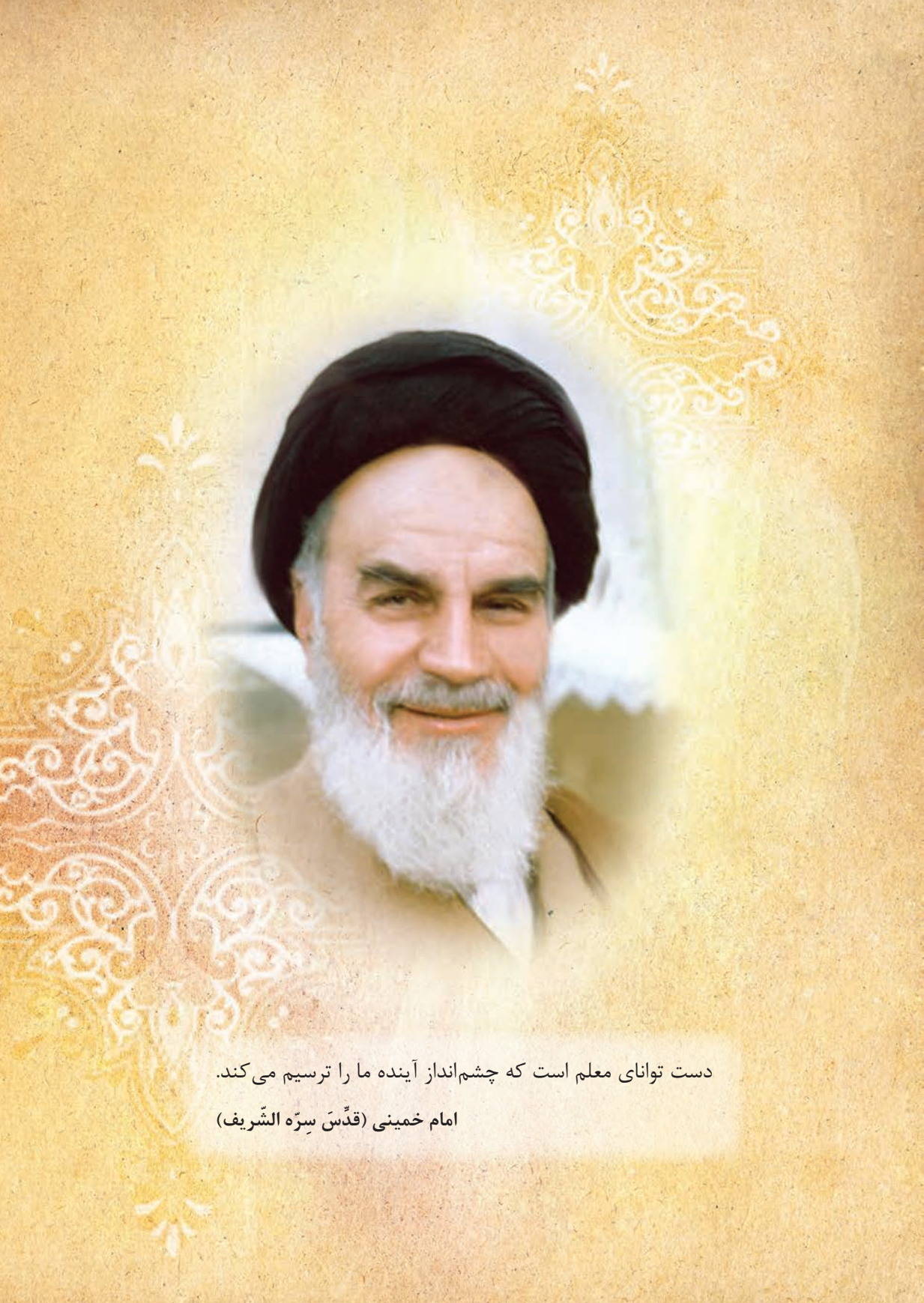
پایهٔ یازدهم دورهٔ دوم متوسطه

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

نام کتاب: راهنمای هنرآموز اسکلت‌سازی ساختمان ـ ۲۱۱۸۶۲
پدیدآورنده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف: محمداسماعیل خلیل‌ارجمندی، حسین دادور، مجید شجاعی‌اردکانی، محمدعلی فرزانه، محمدصالح لباف‌زاده، امیرحسین متینی و مالک مختاری(اعضای شورای برنامه‌ریزی)
مجید شجاعی‌اردکانی و محمداسماعیل خلیل‌ارجمندی (اعضای گروه تألیف)
مدیریت آماده‌سازی هنری: ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
شناسه افزوده آماده‌سازی: جواد صفری (مدیر هنری) ـ مریم وثوقی انباردان (صفحه‌آرا)
نشانی سازمان: تهران: خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهیدموسوی)
تلفن: ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
وب‌گاه: www.chap.sch.ir و www.irtextbook.ir
ناشر: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱
(داروپخش) تلفن: ۵ـ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰/ صندوق پستی: ۱۳۹ـ۳۷۵۱۵
چاپخانه: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»
سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ اول ۱۳۹۷

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش است و هرگونه استفاده از کتاب و اجزای آن به‌صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس‌برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع، بدون کسب مجوز از این سازمان، ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

شابک ۳ - ۳۰۲۸ - ۰۵ - ۹۶۴ - ۹۷۸ **ISBN 978 – 964 – 05 – 3028 – 3**



دست توانای معلم است که چشم‌انداز آینده ما را ترسیم می‌کند.

امام خمینی (قدِّسَ سِرّه الشّریف)

فهرست

پودمان اول: برش و خم‌میلگرد ۱

پودمان دوم: اجرای فونداسیون ۲۱

پودمان سوم: اجرای ستون ۴۵

پودمان چهارم: اجرای تیربتنی ۶۱

پودمان پنجم: اجرای پله بتنی ۸۱

سخنی با هنرآموزان گرامی

درس اسکلت‌سازی ساختمان با اهداف کلی و به ترتیب ذیل به رشته تحریر درآمده است:

۱. تقویت نظم و انضباط کاری و اخلاقی
۲. تقویت روحیه کاری تیمی و گروهی
۳. افزایش مهارت‌های فردی
۴. افزایش توان و کسب مهارت گزارش‌نویسی و مستندسازی
۵. دستیابی به نیروهای کارآمدی و تکنسین‌های فنی در اجرای ساختمان‌های بتنی

دستیابی به اهداف کلی کتاب و در نهایت نیروهای کارآمد در اجرای ساختمان‌های بتنی، میسر نخواهد بود مگر با تأکید بر رعایت اولویت اوّل یعنی تقویت نظم و انضباط کاری و رعایت اصول و ضوابط فنی و ایمنی در محیط کارگاه موکداً توصیه می‌گردد که به منظور دستیابی به اهداف فوق‌الذکر، لازم است، همکاران محترم در ابتدای سال تحصیلی براساس جدول پیشنهادی بودجه‌بندی اجرای برنامه سالانه این درس، ضمن آشنایی هنرجویان با فضای کارگاه، آنها را در رابطه با رعایت نظم و انضباط و مقررات کاری شامل تهیه لباس کار مناسب، کفش، کلاه، دستکش، متر کمری و دفتر گزارش کار توجیه نمایند و همچنین با توجه به اهمیت کار گروهی و رعایت نکات ایمنی در کارگاه لازم است که هنرجویان نسبت به این مسئله که مقدم بر آموزش کارگاهی است، مطلع شوند. در این خصوص به برخی محدودیت‌ها و خطوط قرمز اصول انضباط کارگاهی اشاره می‌شود.

۱ جلوگیری از ورود هنرجویان به کارگاه، بدون کفش، کلاه ایمنی و لباس کار مناسب.
۲ پرهیز از هرگونه شوخی و بی انضباطی در محوطه کارگاه توسط هنرجویان و در صورت مشاهده اخراج از کارگاه.
۳ لزوم رعایت تعامل و همکاری با اعضای گروه در جهت انجام وظایف محوله.

مقدمه

کتاب درسی و کتاب همراه هنرجو به همراه کتاب راهنمای هنرآموز از جمله اجزای بسته آموزشی تلقی می‌شوند که این بسته را سایر اجزا مانند فیلم و نرم‌افزار و ... کامل می‌کند. کتاب راهنمای هنرآموز جهت ایفای نقش تسهیل‌گری، انتقال‌دهنده و مرجعیت هنرآموز در نظام آموزشی طراحی و تدوین شده است. این کتاب براساس کتاب درسی «اسکلت‌سازی ساختمان» پایه یازدهم رشته تحصیلی ـ حرفه‌ای «ساختمان» تنظیم شده و دارای پودمان‌های ۱ـ برش و خم میلگرد ۲ـ اجرای فونداسیون ۳ـ اجرای ستون ۴ـ اجرای تیر بتنی و ۵ـ اجرای پله بتنی است.

هنرآموزان گرامی در هنگام مطالعه این کتاب به موارد ذیل توجه فرمایند:

۱ در کتاب راهنمای هنرآموز مواردی از قبیل نمونه طرح درس، راهنما و پاسخ فعالیت‌های یادگیری و تمرین‌ها، ایمنی و بهداشت فردی و محیطی، نکات آموزشی شایستگی‌های غیر فنی، اشتباهات و مشکلات رایج در یادگیری هنرجویان، منابع یادگیری ، نکات مهم هنرآموزان در اجرا، فرایند اجرا و آموزش در محیط یادگیری، بودجه‌بندی زمانی و صلاحیت‌های حرفه‌ای و تخصصی هنرآموزان و دیگر موارد آورده شده است.

۲ ارزشیابی در درس اسکلت‌سازی ساختمان براساس ارزشیابی مبتنی بر شایستگی است، این درس شامل ۵ پودمان است و برای هر پودمان ارزشیابی مستقل از هنرجو صورت می‌گیرد. همچنین یک نمره مستقل برای هر پودمان ثبت خواهد شد. این نمره شامل یک نمره مستمر و یک نمره شایستگی است.

۳ ارزشیابی از پودمان‌های این درس مطابق با جداول استانداردهای ارزشیابی پیشرفت تحصیلی تهیه شده توسط دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی‌وحرفه‌ای و کاردانش سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی صورت می‌گیرد.

۴ زمانی هنرجو در این درس، قبول اعلام می‌گردد که در هر پنج پودمان درس، حداقل نمره ۱۲ را کسب نماید. در این صورت میانگین نمره‌های پنج پودمان به عنوان نمره پایانی درس در کارنامهٔ تحصیلی هنرجو منظور خواهد شد.

۵ ارزشیابی مجدد در پودمان یا پودمان‌هایی که حداقل نمره مورد نظر در آن کسب نشده است با برنامه‌ریزی هر هنرستان، انجام می‌شود و چنانچه هنرجو به هر دلیل تا پایان خردادماه شایستگی لازم را در یک یا چند پودمان کسب ننماید، می‌تواند تا پایان سال تحصیلی برای ارزشیابی مجدد در ارزشیابی مبتنی بر شایستگی شرکت نماید.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی‌وحرفه‌ای و کاردانش

پودمان ۱

برش و خم میلگرد

جدول برنامه پیشنهادی و بودجه‌بندی پودمان اوّل کتاب اسکلت‌سازی ساختمان

ردیف	تقویم آموزشی	عنوان و شرح کار
۱	هفته اول مهر	آشنایی با فضای کارگاه و ضوابط و مقررات انضباطی آن و بیان مباحث دانشی فصل اوّل
۲	هفته دوم مهر	آشنایی با لوازم آرماتوربندی و کاربرد آنها، نحوه تکمیل جدول لیست فر میلگرد
۳	هفته سوم مهر	ادامه مباحث دانشی و ساخت خاموت مربع و مستطیل با نسبت‌های طول به عرض مختلف با انواع قلاب‌های استاندارد
۴	هفته چهارم مهر	ساخت خاموت مربع و مستطیل با نسبت‌های طول به عرض مختلف
۵	هفته اول آبان	ساخت اتکا و خاموت شش ضلعی
۶	هفته دوم آبان	ساخت اتکا وخاموت شش ضلعی و دایره (پیشنهادی)
۷	هفته سوم آبان	ارزشیابی پایانی فصل اوّل

هدف از محتوای ارائه شده در این پودمان آموزشی از کتاب عبارت است از:

۱ آشنایی هنرجویان با بتن و کاربرد آن در انواع سازه‌های بتنی، فلسفه مصرف فولاد در بتن

۲ ضوابط برش و خم میلگردها مطابق مبحث نهم مقررات ملی

۳ آشنایی هنرجویان با جدول لیست فر و تکمیل آن است که لازمه این امر آشنایی آنها با علائم مورد استفاده در نقشه‌های سازه‌ای جهت معرفی میلگردهای ساده و آجدار و نیز جدول مشخصات میلگردها و اصول حاکم بر پوزیسیون‌بندی آنها می‌باشد. در فعالیت عملی یک، حداقل شش عدد میلگرد با طول و قطرهای مختلف در اختیار هر هنرجو قرار داده و تکمیل جدول لیست فر داده شده را از آنها بخواهید.

۴ ساخت انواع فرم‌های رایج میلگردهای مصرفی در مقاطع بتنی شامل راستا، سنجاقک، رکابی، ادکا و انواع خاموت‌های مربع، مستطیل، شش ضلعی و دایره. که هر کدام بر اساس نقشه و بعضی از آنها علاوه بر نقشه به کمک الگو ساخته می‌شوند. جهت ساخت انواع فرم‌های مورد نظر بهتر است به منظور صرفه‌جویی و جلوگیری از برش میلگرد و افزایش پرت کار، از میلگردهای موجود در کارگاه با طول‌های مختلف استفاده شود. که پیشنهاد می‌شود جهت ساخت خاموت مستطیل، به جای ابعاد خاموت، نسبت‌های طول به عرض ۱/۵ و ۲ را از آنها بخواهید. به عنوان مثال با میل گرد موجود در کارگاه به طول L ابعاد خاموت مربع یا مستطیل به شرح صفحه بعد خواهد بود.

جهت سهولت در ساخت خاموت، پیشنهاد می‌شود پس از معرفی طول قلاب‌های استاندارد بر اساس آیین نامه، در عمل از ۱۰ برابر قطر میلگردها جهت قلاب استفاده شود.

با توجه به طول ۱۰ برابری قلاب‌ها، ابعاد خاموت مربع برابر خواهد بود با:

$$a = \frac{L - ۲۰\varnothing}{۴}$$

و برای خاموت مستطیل با نسبت طول به عرض ۲ خواهیم داشت:

$$a = \frac{L - ۲۰\varnothing}{۶}$$

$$b = ۲\,a$$

و برای خاموت مستطیل با نسبت طول به عرض ۱/۵ خواهیم داشت:

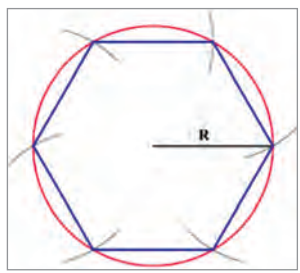
$$a = \frac{L - ۲۰\varnothing}{۵}$$

$$b = ۱/۵\,a$$

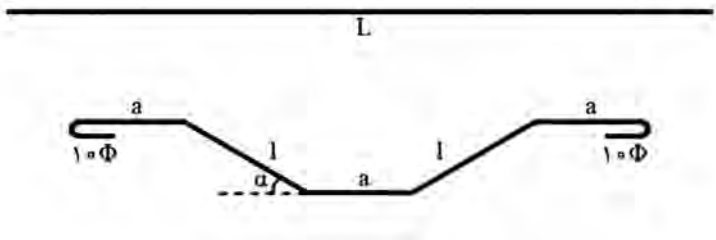
ساخت خاموت شش‌ضلعی

برای ساخت این فرم از میلگرد، از شابلن آن که در محوطه کارگاه و یا روی میز کار ترسیم می‌گردد، استفاده می‌شود. با توجه به اینکه مقرر شد از میلگردهای موجود در کارگاه استفاده، لذا به هر هنرجو تعداد ۵ عدد میلگرد با طول‌های نزدیک به هم داده شود و کوتاه‌ترین آنها را ملاک ساخت خاموت شش ضلعی قرار داده و شابلن آن را ترسیم نموده و اقدام به خم کردن میلگرد مورد نظر مطابق شابلن ترسیم شده به شرح ذیل نمایید.

می‌دانیم طول هر ضلع از شش ضلعی منتظم برابر است با شعاع دایره محیطی آن،لذا ابتدا براساس کوتاه‌ترین میلگرد موجود به طول L، دایره محیطی شش‌ضلعی موردنظر را با شاع R که از رابطه $R = \frac{L - ۲۰\varnothing}{۲\pi}$ به‌دست می‌آید ترسیم نموده و سپس با ترسیم شش قوس به شعاع R روی محیط این دایره و با اتصال این قوس‌ها به یکدیگر شش ضلعی مورد نظر ترسیم می‌گردد که همان شابلن لازم می‌باشد و با استفاده از این شابلن، خاموت شش ضلعی ساخته می‌شود.



و برای ساخت ادکا با شرایط زیر خواهیم داشت:

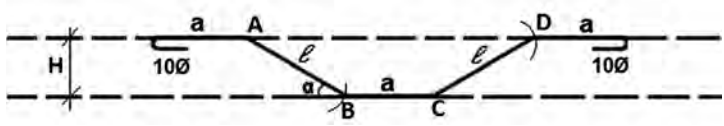


راهنمایی:

$$L = 3a + 20\varphi + 2l \qquad l = \frac{h}{\sin\alpha} \qquad a = \frac{L - 20\varnothing - 2l}{3}$$

با توجه به شکل و روابط فوق لازم است ابتدا شابلون شکل مورد نظر را در محوطه کارگاه پیاده نموده، سپس با استفاده از شابلن به عنوان راهنمای خم کردن میلگرد، اقدام به ساخت ادکا به‌صورت مرحله‌ای از قلاب سمت چپ شروع و به قلاب سمت راست ختم می‌گردد.

مراحل ترسیم شابلن ادکا در محوطه کارگاه یا روی میز کار مطابق شکل به شرح ذیل است:



۱ ترسیم دو خط موازی به فاصله H (ارتفاع ادکا)

۲ ترسیم قلاب ابتدا به اندازه ۱۰ برابر قطر میلگرد

۳ به طول a براساس رابطه فوق از قلاب ابتدایی روی خط، فاصله گرفته تا نقطه A به‌دست آید.

۴ از نقطه A قوسی به شعاع l ترسیم می‌گردد تا خط دیگر را در نقطه B قطع نماید.

۵ از نقطه B به اندازه a فاصله گرفته تا به نقطه C برسیم.

۶ از نقطه C قوس دیگری به شعاع l ترسیم نموده تا خط اول را در نقطه D قطع نماید.

۷ از نقطه D به اندازه a فاصله گرفته و قلاب انتهایی را ترسیم می‌نماییم بدین‌صورت شابلن مورد نظر آماده شده خطوط اضافه پاک می‌گردند.

۸ با استفاده از شابلن فوق به ساخت ادکا به‌صورت مرحله‌ای اقدام می‌شود.

و در نهایت برای ساخت دایره خواهیم داشت:

$$R = \frac{L - ۲۰\varnothing}{۲\pi}$$

با استفاده از رابطه فوق شعاع شابلن دایره مورد نظر را محاسبه نموده، آن را ترسیم می‌نماییم سپس میلگرد را به‌صورت مرحله‌ای خم کرده و با شابلن ترسیم شده مقایسه می‌نماییم.

ضوابط آیین‌نامه‌ای مکمل این مبحث

مصالح و اجزای بتن

مصالح مصرفی اصلی بتن عبارت‌اند از سیمان، سنگدانه درشت یا مصالح سنگی درشت‌دانه (شن)، سنگدانه ریز یا 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.

سیمان‌های پرتلند

و سیمان پرتلند، نوعی سیمان هیدرولیکی است که به‌طور عمده شامل $Al_۲O_۳$،$SiO_۲$،CaO،$Fe_۲O_۳$ است. این اکسیدها عمدتاً به‌صورت پیوند یافته در بتن وجود دارند و شامل ترکیبات زیر می‌شوند:

سه کلسیم سیلیکات	$۳CaO.SiO_۲ (C_۳S)$
دو کلسیم سیلیکات	$۲CaO.SiO_۲ (C_۲S)$
سه کلسیم آلومینات	$۳CaO.Al_۲O_۳ (C_۳A)$
چهار کلسیم آلومینوفریت	$۴CaO.Al_۲O_۳.Fe_۲O_۳ (C_۴AF)$

به‌منظور تنظیم و افزایش زمان گیرش سیمان پرتلند، کلینکر آن را به همراه مقدار مناسبی سنگ گچ یا سولفات کلسیم متبلور خام آسیاب می‌کنند.

انواع سیمان‌های پرتلند عبارت‌اند از:

سیمان پرتلند نوع یک (I) یا سیمان پرتلند معمولی، که با نماد «پ ـ۱» نشان داده می‌شود.

سیمان پرتلند نوع یک، خود به سه نوع «۳۲۵-۱» و «۴۲۵-۱»، «۵۲۵-۱» تقسیم می‌شود. که رده‌های مقاومتی این نوع سیمان را بر حسب کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع نشان می‌دهد.

۱ سیمان پرتلند نوع دو (II) یا سیمان پرتلند اصلاح شده، که با نماد «پ ـ۲» نشان داده می‌شود.

۲ سیمان پرتلند نوع سه (III) یا سیمان زود سخت شونده، که با نماد «پ ـ۳» نشان داده می‌شود.

۳ سیمان پرتلند نوع چهار (IV) یا سیمان با حرارت‌زایی کم، که با نماد «پ ـ۴» نشان داده می‌شود.

۴ سیمان پرتلند نوع پنج، (V) یا سیمان مقاوم در برابر سولفات، که با نماد «پ ـ ۵» نشان داده می‌شود.

سیمان‌های پرتلند را به‌صورت کیسه‌ای بسته‌بندی و مصرف کرده و یا به‌صورت فله‌ای مصرف می‌کنند.

سیمان‌های ویژه

۱ سیمان پرتلند سفید این سیمان، از آسیاب کردن کلینکر سیمان سفید با مقدار مناسبی سنگ گچ به‌دست می‌آید. میزان اکسید آهن و اکسید منیزیم در این نوع سیمان ناچیز است.

۲ سیمان پرتلند رنگی، از افزودن مواد رنگی معدنی بی اثر شیمیایی به سیمان پرتلند معمولی یا سفید به دست می‌آید. از سیمان پرتلند معمولی برای ساخت سیمان‌های پرتلند رنگی قرمز، قهوه‌ای و سیاه، و برای ساخت سیمان‌های به رنگ‌های دیگر، از سیمان سفید استفاده می‌شود. استفاده از این نوع سیمان به عنوان بتن سازه‌ای مجاز است.

۳ سیمان‌های پرتلند آمیخته عبارت‌اند از:

سیمان پرتلند پوزولانی، چسباننده‌ای هیدرولیکی است که مخلوط کامل، یکنواخت‌و همگنی از سیمان پرتلند و پوزولان 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 به‌کار 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 به‌کار می‌رود. این نوع سیمان، حرارت هیدراسیون کمی دارد، در برابر املاح شیمیایی مقاوم و مقاومت فشاری آن در روزهای اولیه (تا سه روز) کم است.

سیمان پرتلند روباره‌ای یا سرباره‌ای این سیمان، از آسیاب کردن ۱۵ تا ۹۵ درصد سرباره کوره آهن‌گدازی فعال و غیرکریستالی (آمورف)، با سیمان پرتلند 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 حرارت هیدراسیون آن کمتر است.

سیمان بنایی استفاده از این نوع سیمان در بتن و بتن آرمه مجاز نیست و از آن می‌توان فقط در کارهای بنایی، درملات و مانند آن استفاده کرد.

ضوابط الزامی بسته‌بندی، حمل و نقل، انبار کردن و مصرف 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.

۲ مشخصات پاکت کاغذی سیمان‌های کیسه‌ای می‌باید مطابق با استاندارد ملّی ایران به شماره ۴۵۴۳ باشد. استفاده از پاکت‌ها یا کیسه‌های نفوذپذیر در برابر رطوبت مجاز نیست.

۳ بر 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 بر اساس نوع به‌طور جداگانه در انبار نگهداری شوند، به‌گونه‌ای که امکان اشتباه آنها با هم وجود نداشته باشد.

۷ سیمان‌های کیسه‌ای باید بر روی کف خشک، که دست کم به اندازه ۱۰۰ میلی‌متر از سطح اطراف خود بالاتر باشد، قرار گیرند.

۸ شرایط انبار و ترتیب قرار دادن کیسه‌های سیمان در انبار باید به‌گونه‌ای باشد که کیسه‌ها، به ترتیب ورود به انبار مصرف شوند.

۹ در مناطق خشک، حداکثر تعداد کیسه سیمان که می‌توان بر روی هم انبار کرد ۱۲ پاکت است، مشروط بر اینکه ارتفاع کل آنها از ۱/۸ متر تجاوز نکند. اعداد فوق در مناطق شرجی و با رطوبت نسبی بیش از ۹۰ درصد، به ترتیب ۸ پاکت و ۱/۲ متر می‌باشد.

۱۰ در مناطق خشک، کیسه‌های سیمان باید نزدیک به یکدیگر، با فاصله ۵۰ تا ۸۰ میلی‌متر از یکدیگر قرار داده شوند تا عبور جریان هوا از بین کیسه‌ها موجب خشک شدن سیمان بشود. در مناطق شرجی و با رطوبت نسبی بیش از ۹۰درصد، کیسه‌های سیمان باید به یکدیگر 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 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 نگهداشته شوند تا از جریان هوای مرطوب در انبار جلوگیری شود.

۱۳ سیمان‌های کیسه‌ای باید در مناطق با رطوبت نسبی بیش از ۹۰ درصد ۴۵روز پس از تولید، و درسایر 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 به‌صورت کلوخه‌های فشرده درآید. این‌گونه سیمان‌ها را باید با غلتانیدن پاکت‌ها بر روی کف اصلاح کرد تا به‌صورت پودر درآیند. درصورتی‌که با یک بار غلتانیدن، کلوخه به پودر تبدیل شود آن را می‌توان مصرف کرد وگرنه قبل از مصرف باید تحت آزمایش‌های مندرج در فصل دهم قرار گیرد و ضوابط این فصل کنترل شود.

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

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 ۸۰درصد ظرفیت اسمی سیلوها را پرکرد.

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 به نحو مناسبی مشخص شود.

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

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

سنگدانه یا مصالح سنگی

سنگدانه‌های بزرگ‌تر از ۴/۷۵ میلی‌متر (بعد چشمه‌های الک نمره ۴) را سنگدانه درشت یا شن و سنگدانه‌های ریزتر از ۴/۷۵ میلی‌متر را سنگدانه ریز یا ماسه می‌نامند. طبق تعریف «بزرگ‌ترین اندازه اسمی سنگدانه»، عبارت است از اندازه کوچک‌ترین الکی که حداکثر ۱۰درصد وزنی سنگدانه روی آن باقی بماند.

محدودیت بزرگ‌ترین اندازه اسمی سنگدانه‌های درشت

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

۱ یک پنجم کوچک‌ترین بعد داخلی قالب بتن

۲ یک سوم ضخامت دال

۳ سه چهارم حداقل فاصله آزاد بین میلگردها

۴ سه چهارم پوشش بتن روی میلگردها

۵ ۳۸ میلی‌متر در بتن آرمه

۶ ۶۳ میلی‌متر در بتن حجیم غیرمسلّح

سنگدانه‌های سبک مصرفی در بتن

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

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

۲ سنگدانه‌های حاصل از فراوری مواد طبیعی نظیر پومیس، اسکوریا و توف.

سنگدانه‌های سبک می‌توانند هم در بتن سازه‌ای و هم در بتن غیرسازه‌ای به‌کار روند.

ضوابط حمل و نقل، تحویل 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 به‌گونه‌ای باشد که مواد خارجی و زیان آور در سنگدانه‌ها نفوذ نکنند.

۲ شرایط باید به‌گونه‌ای باشد که دانه‌های ریز و درشت در یک دپو از یکدیگر جدا نشوند.

۳ شرایط باید به‌گونه‌ای باشد که سنگدانه‌ها شکسته نشوند.

۴ محل نگهداری سنگدانه‌ها باید دور از پوشش گیاهی و مواد آلوده‌کننده 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.

۶ دیواره‌های تقسیم دپوی مصالح سنگی باید به‌گونه‌ای مقاوم و پایدار باشد که در صورت خالی بودن یک قسمت و پر بودن قسمت مجاور، دیواره بر اثر رانش سنگدانه‌ها تخریب یا جابه‌جا نشود.

۷ در هنگام بارش و یا یخبندان، باید سنگدانه‌های واقع در فضای آزاد با برزنت 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 به‌صورت لایه‌هایی با ضخامت یکسان بر روی یکدیگر ریخته شده و انبار شوند. سنگدانه‌ها باید با لودر یا وسایل مناسب دیگر به‌گونه‌ای برداشته شوند که هر بار قسمت‌هایی از همه لایه‌های افقی برداشته شوند.

۱۱ در صورت تخلیه سنگدانه‌ها هنگام باد، باید تدابیری اتخاذ گردد که از جدا شدن ذرات ریز جلوگیری شود.

۱۲ محل دپوی شن و ماسه باید به‌گونه‌ای باشد که همواره امکان تخلیه آب مازاد آنها 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 حتی‌المقدور باید با مقطع مربع یا دایره و شیب مخروط یا هرم تحتانی آن کمتر از ۵۰ درجه باشد. مصالح سنگی باید به‌صورت

قائم در داخل سیلو ریخته شود تا از برخورد مواد سنگی با کناره‌های سیلو جلوگیری شده و دانه‌ها از هم جدا نشوند. درصورتی‌که سیلوی ذخیره سنگدانه‌ها پر باشد امکان شکسته شدن سنگدانه‌ها و تغییر دانه‌بندی آن کاهش می‌یابد. برای خالی کردن سنگدانه‌ها به داخل سیلو، باید از نردبان 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 جدا شدن سنگدانه‌ها باید در مورد سنگدانه‌های گرد گوشه، که بیشتر مستعد این امر هستند، جدی تر رعایت شود.

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

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

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

آب

آب به سه صورت در بتن به‌کار می‌رود: آب مصرفی برای شست‌وشوی سنگدانه‌ها، آب به عنوان یکی از اجزای تشکیل‌دهنده بتن که در هنگام ساخت آن به‌کار می‌رود و آب مصرفی برای عمل آوری بتن.

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 آن وجود نداشته باشد.

مواد افزودنی

مواد افزودنی یا چاشنی‌های بتن موادی هستند که غیر از مواد اصلی (سیمان، آب و مصالح سنگی)، در حین اختلاط به بتن یا ملات افزوده می‌شوند. مقدار افزودنی‌ها کم است و در تعیین نسبت‌های اختلاط به حساب نمی‌آیند.

مواد افزودنی معمولاً به‌صورت گرد (پودر) یا مایع هستند و یک یا چند ویژگی بتن تازه یا سخت شده را تغییر می‌دهند و هدف از کاربرد آنها اصلاح برخی از این ویژگی‌ها است، اگرچه در عین حال ممکن است موجب اختلال و بروز عیب در

پاره‌ای از ویژگی‌های مطلوب بتن شوند، که این امر نباید خارج از محدوده مجاز استاندارد باشد.
مواد افزودنی اگر فقط بر روی یکی از خواص بتن (تازه یا سخت شده) تأثیر بگذارند مواد افزودنی تک منظوره و در غیر این صورت مواد افزودنی چند منظوره نامیده می‌شوند.
مواد افزودنی چند منظوره دارای یک عملکرد اصلی و یک یا چند عملکرد جنبی هستند که بسته به مورد مصرف ممکن است عملکرد اصلی آنها تغییر کند.
مواد افزودنی مورد نظر در اینجا، مواد افزودنی شیمیایی هستند که به‌صورت صنعتی و شیمیایی تولید می‌شوند.
مواد افزودنی را یا می‌باید با کمی از آب اختلاط بتن مخلوط کرده و همراه با سایر اجزای بتن به داخل مخلوط کن ریخت، و یا اینکه آن را به‌صورت تدریجی به مخلوط کنِ در حال کار وارد کرد. سازگاری افزودنی‌ها با یکدیگر و نیز با سیمان می‌باید بررسی گردد.
میزان مصرف: حداکثر میزان مصرف مواد افزودنی ۵ درصد وزنی سیمان است. استفاده از کلرید کلسیم فقط دربتن بدون فولاد مجاز است و حداکثر مقدار مصرف آن ۲ درصد وزنی سیمان است. در هر حال مواد افزودنی نباید بیشتر از مقداری که تولید کننده مشخص کرده است، مصرف شوند.

انواع مواد افزودنی تک منظوره

۱ ماده افزودنی کندگیرکننده
۲ ماده افزودنی تندگیرکننده
۳ ماده افزودنی زود سخت‌کننده یا تسریع‌کننده زمان سخت شدگی
۴ ماده افزودنی حباب هواساز
۵ ماده افزودنی نگهدارنده آب
۶ ماده افزودنی کاهنده جذب آب

انواع مواد افزودنی چند منظوره

۱ ماده افزودنی کاهنده آب / روان‌کننده
۲ ماده افزودنی کاهنده آب قوی / روان‌کننده قوی، یا فوق کاهنده آب / فوق روان‌کننده
۳ ماده کندگیرکننده / کاهنده آب / روان‌کننده
۴ ماده افزودنی تندگیرکننده / کاهنده آب / روان‌کننده
۵ ماده افزودنی کندگیرکننده / کاهنده آب قوی / روان‌کننده قوی، یا کندگیرکننده/ فوق کاهنده آب / فوق روان‌کننده

مواد جایگزین سیمان یا مکمل سیمان

این مواد به منظور تأمین یک یا چند خاصیت زیر، بسته به مورد، به‌کار می‌روند:

۱ کاهش مصرف سیمان
۲ کاهش سرعت و میزان حرارت هیدراسیون
۳ افزایش مقاومت بتن
۴ افزایش پایایی بتن از طریق کاهش نفوذپذیری آن

پوزولان‌ها

پوزولان‌ها عبارت‌اند از مواد سیلیسی یا سیلیسی و آلومینی که خود به تنهایی فاقد ارزش چسبانندگی‌اند یا ارزش چسبانندگی آنها کم است، اما به‌صورت ذرات بسیار ریز، در دمای متعارف و در مجاورت رطوبت با هیدروکسید کلسیم واکنش می‌دهند و ترکیباتی را تولید می‌کنند که ساختار آنها تا حدودی مشابه ترکیباتی است که بر اثر هیدراسیون سیمان پرتلند تولید می‌شود. پوزولان‌ها بر دو نوع‌اند: پوزولان‌های طبیعی و پوزولان‌های مصنوعی یا صنعتی.

پوزولان‌های طبیعی در انواع خام یا تکلیس شده وجود دارند و به‌طور عمده شامل خاکسترهای آتش‌فشانی غیر بلورین می‌باشند.

پوزولان‌های مصنوعی یا صنعتی به‌طور عمده شامل دوده سیلیس، خاکستر بادی، و خاکستر پوسته برنج می‌باشند.

دوده سیلیس یا میکرو سیلیس محصول فرعی کوره‌های قوس الکتریکی صنایع فروآلیاژ و فروسیلیس بوده و ماده‌ای است با فعالیت پوزولانی بسیار شدید که بیش از ۸۵ درصد، سیلیس بلوری نشده دارد.

خاکستر بادی محصول فرعی سوخت زغال‌سنگ است که شامل سیلیس، آلومین و اکسیدهای آهن و کلسیم است.

خاکستر بادی در رده‌های F (با اکسید کلسیم حداکثر ده درصد) و C (با اکسید کلسیم بیش از ده درصد) وجود دارد. خاکستر بادی رده C در محیط بتن خاصیت سیمانی شدن نیز دارد، و آن را می‌توان جزو مواد شبه سیمانی به حساب آورد.

خاکستر پوسته برنج از سوختن پوسته برنج به‌دست می‌آید و دارای میزان زیادی سیلیس غیرکریستالی یا آمورف است.

مواد شبه سیمانی

مواد شبه سیمانی دارای خاصیت پنهان هیدرولیکی هستند و در صورتی که به‌گونه‌ای مناسب فعال شوند خواص سیمانی پیدا می‌کنند. این مواد فقط در محیط قلیایی با آب واکنشی مشابه سیمان پرتلند نشان می‌دهند. متداول‌ترین مواد شبه سیمانی، روباره یا سرباره کوره آهن‌گدازی و خاکستر بادی رده C هستند.

میلگردهای فولادی

رده میلگرد: رده میلگردهای فولادی عبارت است از عدد مقاومت مشخصه میلگرد برحسب، N/mm^2 که پس از حرف S می‌آید. رده‌های مقاومتی میلگردها عبارت‌اند از، S۲۴۰، S۳۴۰، S۴۰۰ و S۵۰۰

بسته: عبارت است از دو یا چند کلاف میلگرد به هم بسته شده، و یا تعدادی میلگرد شاخه مستقیم هم‌قطر و هم شکل و با یک مشخصه (رده مقاومتی)

شماره ذوب: عدد نشان‌دهنده شماره فرایند تولید هنگام ساخت فولاد است.

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

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

استانداردهای مشخصات و آزمون‌های ملی میلگردهای فولادی: استانداردهای مشخصات و آزمون‌های ملی میلگردهای فولادی مطابق جدول ۱-۱ می‌باشد.

جدول ۱ـ۱ استانداردهای مشخصات و آزمون‌های ملی میلگردهای فولادی

شماره استاندارد ملی ایران	عنوان استاندارد
۳۲۱۳۲	ویژگی‌ها و روش‌های آزمون میلگردهای گرم نوردیدهٔ مصرفی در بتن
۱۷۹۷	اندازه‌های میلگردهای فولادی گرم نوردیده
۱۰۱۶	آزمون خمش سرد
۱۰۱۴	آزمون کشش فلزات

طبقه‌بندی میلگردها از نظر روش ساخت

۱ فولاد گرم نورد شده

۲ فولاد سرد اصلاح شده، که بر اثر انجام عملیات مکانیکی نظیر پیچانیدن، کشیدن، نوردکردن یا گذرانیدن از حدیده، بر روی میلگردهای گرم نوردشده در حالت سرد به‌دست می‌آید.

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

طبقه‌بندی میلگردها از نظر مکانیکی

میلگردهای فولادی براساس مقاومت مشخصه آنها تقسیم‌بندی می‌شوند. انواع رده‌های میلگرد فولادی از نظر مکانیکی در جدول ۲-۱ درج شده است. فولادها از نظر شکل‌پذیری به سه رده طبقه‌بندی می‌شوند:

۱ فولاد نرم، (S۲۴۰) که منحنی تنش ـ تغییرشکل نسبی آن دارای پله تسلیم مشهود است.

۲ فولاد نیم سخت (S۳۴۰ و S۴۰۰) که منحنی تنش ـ تغییرشکل نسبی آن دارای پله تسلیم بسیار محدود است.

۳ فولاد سخت (S۵۰۰) که منحنی تنش ـ تغییرشکل نسبی آن فاقد پله تسلیم است.

جدول ۱ـ۲ رده‌بندی مکانیکی میلگردهای فولادی

رده	علامت مشخصه در استاندارد ملی ۳۱۳۲ ایران	F_{su} حداقل مقدار مجاز مقاومت کششی حداکثر فولاد (N/mm^2)	F_{yk} (N/mm^2)	طبقه‌بندی‌از نظر شکل رویه	رده از نظر سختی
S۲۴۰	س ۲۴۰	۳۶۰	۲۴۰	ساده	نرم
S۳۴۰	آج ۳۴۰	۵۰۰	۳۴۰	آجدار مارپیچ	نیمه سخت
S۴۰۰	آج۴۰۰	۶۰۰	۴۰۰	آجدار جناقی	نیمه سخت
S۵۰۰	آج ۵۰۰	۶۵۰	۵۰۰	اجدار مرکب	سخت

انواع شکل رویه: میلگردهای مصرفی از نظر شکل رویه به سه دسته طبقه‌بندی می‌شوند:

۱ میلگردهای با رویه صاف، یا میلگردهای ساده. این نوع رویه فقط در میلگرد S۲۴۰ به‌کار برده می‌شود. این میلگردها فقط می‌توانند به عنوان میلگرد دورپیچ در سازه‌های بتن آرمه به‌کار روند و استفاده از آنها به عنوان میلگرد سازه‌ای غیر از مورد فوق، درسازه‌های بتن آرمه مجاز نیست.

۲ میلگردهای با رویه آجدار، که سایر میلگردها را شامل می‌شود. آج عبارت است از برجستگی‌هایی که به‌صورت طولی یا در امتدادی غیر از طول میلگرد در هنگام نورد بر روی آن ایجاد می‌شود. آج‌ها از نظر شکل به‌صورت دوکی شکل (آج با مقطع متغیر) یا به‌صورت یکنواخت (آج با مقطع ثابت)، و از نظر امتداد به‌صورت مارپیچ یا جناقی می‌باشند. ضوابط، مشخصات، شکل و ابعاد آج‌ها باید مطابق با استاندارد ۳۱۳۲ ایران باشد.

۳ میلگردهای با رویه آجدار پیچیده، که از پیچانیدن میلگردهای آجدار به‌دست می‌آید. در این میلگردها، علاوه بر آج اولیه میلگرد، یک خط مارپیچ بر روی میلگرد نیز به چشم می‌خورد که هر چه میزان تابانیدن میلگرد بیشتر باشد گام این خط کمتر خواهد بود.

مشخصات هندسی میلگردها: سطح مقطع اسمی میلگردهای ساده، و سطح مقطع اسمی یا مؤثر میلگردهای آجدار از رابطه ۱ به‌دست می‌آید.

رابطه ۱:
$$S = \frac{M}{۰/۰۰۷۸۵\,L}$$

قطر اسمی میلگردهای ساده یا آجدار، از رابطه ۲ به دست می‌آید.

رابطه ۲:
$$d_b = \sqrt{\frac{M}{۰/۰۰۷۸۵\,\pi L}}$$

مشخصات مکانیکی میلگردها: میلگردها زمانی از نظر مکانیکی قابل قبول شناخته می‌شوند که در هر نمونه برداری یکی از شـرایط زیر را تأمین نماید:
منظور از هرنمونه حداقل ۵ آزمونه است.

۱ در هرنمونه (تمامی ۵ آزمونه) میلگرد انتخابی، باید رابطه ۳ برقرار باشد:

رابطه ۳:
$$(F_{y,obs})_i \geq F_{yk} \qquad \text{و} \qquad i=۱,۰۰۰,۵$$

۲ درصورتی‌که تمام یا بخشی از شرایط بند ۱ برآورده نشود، ۵ آزمونه دیگر انتخاب می‌شود، در این حالت نتایج ۱۰ آزمونه مذکور باید در رابطه ۴ صدق کند.

رابطه ۴:
$$F_{y,obd,m} \geq F_{yk} + ۰/۶S$$

$$F_{y,obs,m} = \frac{\sum_{i=۱}^{۱۰} (F_{y,obs})}{۱۰}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=۱}^{۱۰} [(F_{y,obs,m}) - (F_{y,obs})i]^۲}{۹}}$$

در هریک از آزمونه‌های مذکور در بندهای ۱ و ۲ فوق‌الذکر باید تمامی روابط زیر برقرار باشد.

$$F_{su} \geq ۱/۱۸(F_{y,obs})_i$$
$$(F_{su,obs})_i \geq ۱/۵۲F_{yk}$$
$$\left|(F_{y,obs})_i - F_{yk}\right| \leq ۱/۲۵ \text{ MPa}$$
$$(F_{su,obs})i \geq ۱/۲۵(F_{y,obs})i$$

تواتر نمونه برداری: تعداد و تواتر نمونه‌ها باید به‌گونه‌ای باشد که نتایج آزمایش‌های انجام شده بر روی آنها معرف کیفیت کل آرماتور مصرفی و حداقل به میزان ذکر شده در (الف) تا (پ) زیر باشند:

الف) به ازای 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

نشانه گذاری و بسته‌بندی میلگردها: میلگردهای S۳۴۰، S۲۴۰ و S۴۰۰ با قطر $d_b \leq ۱۲\,mm$ به‌صورت کلاف و یا به‌صورت 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 $d_b \geq ۱۲\,mm$ نیز تمامی میلگردهای S۵۰۰ فقط به‌صورت شاخه مستقیم با طول‌های مساوی بسته‌بندی می‌شوند.

بر روی شاخه‌های میلگردهای آجدار تولیدی، به‌صورت 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) زیر به‌صورتی خوانا حک و یا به‌صورتی که نتواند مخدوش شود نوشته شده باشد:

الف) شماره بسته

ب) نوع میلگرد (۲۴۰ و ۳۴۰ و...)

پ) نمره میلگرد (قطر اسمی برحسب میلی‌متر)

ت) وزن بسته (برحسب کیلونیوتن)

ث) شماره ذوب یا بهر

ج) نشانه تأییدیه کنترل کیفیت از سوی کارخانه سازنده

چ) نام یا نشانه تجارتی کارخانه سازنده

ح) علامت استاندارد ملی ایران

گواهینامه فنی: هر یک از محموله‌های بیش از ۲۵۰کیلونیوتن 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 به‌کار رفته بر روی پلاک‌های الصاقی

ضوابط حمل و نقل، انبارکردن و نگهداری

- میلگردهای فولادی را باید در محل‌های تمیز و عاری از رطوبت وگل و خاک و سایر آلودگی‌ها نگهداری کرد تا از زنگ‌زدگی و کثیف شدن سطح آنها جلوگیری شود.
- از هر نوع صدمه مکانیکی یا تغییرشکل پلاستیک، نظیر بریدگی وضربه و...، جلوگیری شود.
- میلگردهای پوسته شده باید ماسه پاشی شوند. رفع پوسته‌ها با اسـتفاده از برس سیمی و سایر روش‌های مشابه مجاز نیست.
- میلگردها باید به روشی حمل و انبار شوند که دچار خمیدگی بیش از حد نشوند.
- میلگردها نباید به‌طور مستقیم بر روی زمین انبار شوند.
- میلگردها باید بسته به قطر و رده آنها، به‌صورت مجزا انبار شوند.
- میلگردهایی که هنوز بریده یا خم نشده‌اند باید به‌گونه‌ای انبار ونگهداری شوند که برچسب و علامت کارخانه سازنده فولاد بر روی آنها قابل رؤیت باشد.
- میلگردها باید به نحوی تخلیه شوند که هم به کارگران صدمه نزنند و هم خود صدمه نبینند.

جاگذاری و بستن آرماتورها

- آرماتورها باید قبل از بتن ریزی مطابق نقشه‌های اجرایی در جای خود قرار گیرند و طوری بسته و نگه داشته شوند که از جابه‌جایی آنها خارج از محدوده رواداری‌های داده شده در بند زیر جلوگیری شود.

- در مواردی که دستگاه نظارت محدوده رواداری‌ها را مقرر نکرده باشد، میلگردها را باید با مراعات رواداری‌های جدول ۱-۳ جاگذاری کرد:

جدول ۱ـ۳ رواداری‌های انحراف موقعیت میلگردها در مقاطع بتنی

شرح	رواداری
الف) حداکثر انحراف ضخامت پوشش بتن محافظ میلگردها ±۸mm می‌باشد. این مقدار انحراف برای ضخامت پوشش بتن محافظ میلگردها تا جایی معتبر است که ضخامت مذکور از مقدار تعیین شده کمتر نشود. در نقشه‌های اجرایی باید ضخامت پوشش بتن برای تمامی میلگردها از جمله خاموت‌ها مشخص شود.	±۸mm
ب) انحراف موقعیت میلگردها با توجه به اندازه ارتفاع مقطع اعضای میله‌ای خمشی،ضخامت دیوارها، و یا کوچک‌ترین بعد ستون‌ها:	
تا ۲۰۰ میلی‌متر یا کمتر،	± ۸ mm
بین ۲۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر،	± ۱۲ mm
۶۰۰ میلی‌متر یا بیشتر،	± ۲۰ mm
پ) انحراف فاصله جانبی بین میلگردها،	± ۳۰ mm
ت) انحراف موقعیت طولی خم‌ها و انتهای میلگردها:	
در انتهای ناپیوسته قطعات	± ۲۰ mm
در سایر موارد	± ۵۰ mm

- جنس، ابعاد، تعداد و فاصله لقمه‌ها و خرک‌ها و سایر قطعات مورد استفاده برای تثبیت موقعیت میلگردها در جای صحیح باید طوری باشند که علاوه بر برقراری شرایط (الف تا پ) فوق مانعی در برابر ریختن بتن و نقطه ضعفی در مقاومت و پایایی آن ایجاد نشود.
- برای به هم بستن میلگردها و عناصر غیرسازه‌ای به آنها باید از مفتول‌ها یا اتصال‌دهنده‌ها و گیره‌های فولادی استفاده کرد. باید توجه داشت که انتهای برجسته سیم‌ها، اتصال‌دهنده‌ها و گیره‌ها در قشر بتن محافظ پوشش واقع نشود.
- استفاده از جوشکاری با قوس الکتریکی برای به هم بستن میلگردهای متقاطع فقط برای فولادهای جوش پذیر و با تأیید دستگاه نظارت مجاز می‌باشد. در این صورت جوش نباید باعث کاهش سطح مقطع میلگرد و ایجاد زدگی در آن شود.

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 میلگردهای طولی و نوع دیگر فولاد برای میلگردهای عرضی با رعایت مورد (الف) بلامانع است.

پوشش بتنی روی میلگردها

- پوشش بتنی روی میلگردها برابر است با حداقل فاصله بین رویه میلگردها، اعم از طولی یا عرضی، تا نزدیک‌ترین سطح آزاد بتن.
- مراعات ضخامت پوشش بتنی در مورد انتهای میلگردهای مستقیم در کف‌ها و سقف‌هایی که در معرض شرایط جوی یا تعریق نباشند الزامی نیست.
- درصورتی‌که بتن در جوار دیواره خاکی مقاوم ریخته شود و به‌طور دائم با آن در تماس باشد، ضخامت پوشش نباید کمتر از ۷۵ میلی‌متر اختیار گردد.
- درصورتی‌که بتن دارای سطح فرورفته و برجسته (نقش‌دار یا دارای شکستگی) باشد، ضخامت پوشش باید در عمق فرورفتگی‌ها اندازه‌گیری شود.
- میلگردها و تمامی قطعات و صفحه‌های فولادی پیش‌بینی شده برای توسعه آتی ساختمان باید به نحوی مناسب در مقابل خوردگی محافظت شوند.
- در نقشه‌های اجرایی باید ضخامت پوشش بتن برای تمامی میلگردها از جمله خاموت‌ها مشخص شود.
- درصورتی‌که لازم باشد عضوی دارای درجه آتش‌پادی معینی باشد، حداقل ضخامت پوشش بتن محافظ میلگردها در برابر حریق باید ضوابط مندرج در فصل نوزدهم را تأمین نماید.
- ضخامت پوشش بتنی میلگردها متناسب با شرایط محیطی و نوع قطعه مورد نظر نباید از مقادیر داده شده در جدول ۱-۴ و موارد (الف) و (ب) زیر کمتر باشد:

الف) قطر میلگردها

ب) چهارسوم بزرگ‌ترین اندازه اسمی سنگدانه‌ها

جدول ۱ـ۴ مقادیر حداقل پوشش بتن روی میلگردها (میلی متر) *

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

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

پودمان ۲

اجرای فونداسیون

مقدمه

می‌دانیم که مجموعه قسمت‌هایی از سازه و خاک در تماس با آن که انتقال بار ساختمان به زمین از طریق آن صورت می‌پذیرد را شالوده، پی یا فونداسیون می‌نامند. با توجه به تعریف فونداسیون و نقش آن در سازه، انتظار می‌رود که هنرجویان پس از آموزش این پودمان به اهداف کلی آموزش آن دست یابند. این اهداف در دوبخش دانش و مهارت عبارت‌اند از:

الف) آشنایی هنرجویان با مباحث دانشی پی و نقش آن در سازه و نیز انواع پی‌های سطحی و عمیق و موارد استفاده هرکدام از آنها و نقش شناژ یا کلاف رابط بین پی‌های منفرد و دلایل استفاده از آن.

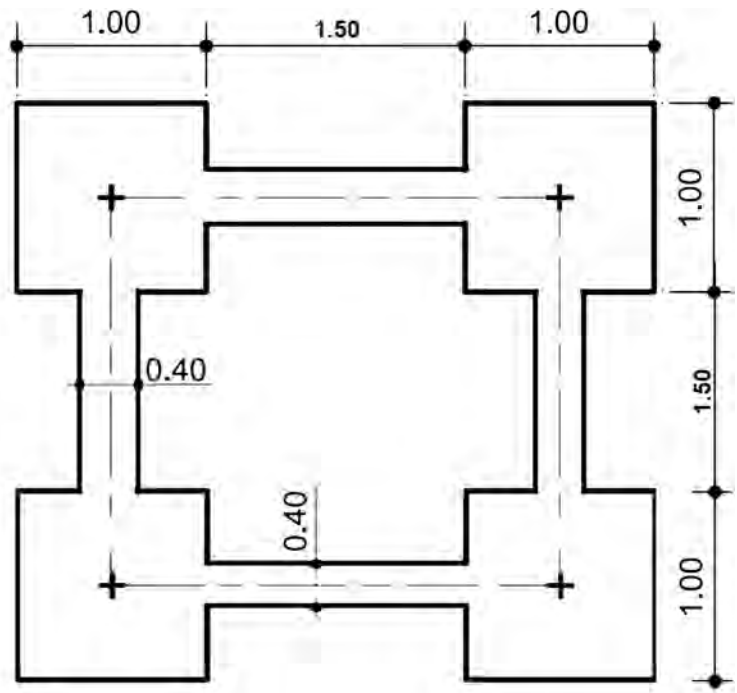
ب) مهارت‌های خواندن نقشه‌های فونداسیون‌های منفرد و نواری، تهیه و تکمیل جداول لیستوفر مربوط به آنها و در نهایت اجرای قالب‌بندی و آرماتوربندی پی‌های منفرد با استفاده از قالب چوبی و قالب‌بندی و آرماتوربندی پی‌های نواری با استفاده از قالب‌های فلزی.

جدول برنامه پیشنهادی و بودجه‌بندی پودمان دوم کتاب اسکلت‌سازی ساختمان

ردیف	تقویم آموزشی	عنوان و شرح کار
۱	هفته چهارم آبان	آشنایی با انواع فونداسیون و اصول قالب‌بندی در سازه‌های بتنی آشنایی با انواع گره در آرماتوربندی و ساخت مش
۲	هفته اول آذر	آشنایی با ابزار مورد استفاده در قالب‌بندی چوبی اره کاری و اتصال کام و زبانه (پیشنهادی)
۳	هفته دوم آذر	قالب‌بندی چوبی و آرماتوربندی پی منفرد با شناژ رابط
۴	هفته سوم آذر	قالب‌بندی چوبی و آرماتوربندی پی منفرد با شناژ رابط
۵	هفته سوم چهارم آذر	قالب‌بندی فلزی و آرماتوربندی پی نواری
۶	هفته اول دی	امتحانات نیم‌سال اول
۷	هفته دوم دی	امتحانات نیم‌سال اول
۸	هفته سوم دی	قالب‌بندی فلزی و آرماتوربندی پی نواری
۹	هفته چهارم دی	ارزشیابی پایانی فصل دوم

با توجه به اهداف آموزشی این پودمان، پیشنهاد می‌شود پس از ارائه مباحث دانشی مربوطه و فعالیت‌های عملی دو و سه کتاب شامل اره کاری و گره زدن آرماتورها به یکدیگر طی دو هفته مطابق جدول بودجه‌بندی پیشنهادی، جهت اجرای قالب‌بندی

و آرماتوربندی پی‌های منفرد و نواری، با توجه به حجم عملیات و ضیق وقت و نیز مدیریت زمان و منابع در اختیار، قطعات قالب و آرماتور تعداد چهار پی منفرد و شناژهای رابط آنها را مطابق نقشه پیشنهادی ذیل، از قبل آماده نموده و به‌صورت یک بسته کاری به همراه نقشه اجرایی آن در اختیار هر گروه از هنرجویان قرار دهید و از هر گروه بخواهید که نصف افراد گروه، قالب‌بندی نقشه را اجرا نمایند و نصف دیگر افراد هر گروه آرماتورهای آن را مونتاژ نمایند سپس با هماهنگی سرگروه‌ها و مطابق نقشه، هرگروه کار خود را در محل مورد نظر مستقر نماید تا نقشه اجرایی کامل شود و پس از ارزشیابی نهایی، با جابه‌جایی هنرجویان در هفته آتی این کار تکرار شود. و در نهایت پس از ارزشیابی پایانی، هر گروه کار خود را جمع نموده به‌صورت بسته‌بندی جهت استفاده در سال‌های آینده در انبار کارگاه نگه‌داری نمایند. در خصوص پی‌های نواری نیز به تناسب امکانات کارگاه خود و قطعات قالب‌های فلزی موجود در کارگاه، نقشه موجود در فعالیت عملی پنج کتاب و یا نقشه یک یا دو پی‌نواری را طرح نموده و به‌صورت متوالی طی دو هفته به اجرا در آورید.



تعاریف کلی و ضوابط آیین‌نامه‌ای مکمل این مبحث

انواع پی: پی‌ها عمدتاً به سه گروه تقسیم می‌شوند:

- **پی‌های سطحی:** به پی‌هایی گفته می‌شود که در عمق کم و نزدیک سطح زمین (عمق پی (D) کمتر از سه برابر عرض پی (B) ($\frac{D}{B} \leq ۳$) ساخته می‌شوند. این پی‌ها شامل پی‌های منفرد، نواری و شبکه‌ای می‌باشند. جنس پی‌های سطحی ممکن است سنگی، بتنی و یا بتن آرمه باشد.
- **پی‌های عمیق یا شمع‌ها:** به پی‌هایی گفته می‌شود که نسبت عمق قرارگیری به کوچک‌ترین بعد افقی آنها از ۱۰ تجاوز کند ($\frac{D}{B} \geq ۱۰$). این پی‌ها شامل انواع شمع‌ها، دیوارک‌ها و دیوارهای جداکننده می‌شوند. این نوع پی‌ها معمولاً به‌وسیله یک سازه میانی که **کلاهک** نامیده می‌شود، بارهای سازه را به زمین منتقل می‌نمایند.
- **پی‌های نیمه عمیق:** به پی‌هایی گفته می‌شود که در حد فاصلِ بین پی‌های سطحی و پی‌های عمیق قرار می‌گیرند. پی‌های صندوقه‌ای معمولاً در این گروه قرار دارند و می‌توانند در جهت اطمینان مثل پی‌های سطحی طراحی شوند.

پی سازی: به کلیه تدابیر لازم و قابل اجرایی گفته می‌شود که برای تأمین پایداری ساختمان و ایجاد تعادل مناسب بین نیروهای وارد به آن و زمین اتخاذ می‌گردد.
زمین مناسب: زمینی که با توجه به بار سازه مورد نظر، از باربری قابل قبول و نشست پذیری کم برخوردار باشد. اگر چنانچه اطلاعاتی از زمین مورد نظر قبل از شناسایی در دست نباشد، نمی توان زمین را مناسب فرض کرد.
لایه‌بندی پیچیده: لایه‌های خاک که شکل منحنی با شیب تند و با جنس متنوع باشند از قبیل در مجاورت گسل‌ها یا نزدیک رودخانه‌ها یا پای شیب‌ها بوده و تفسیر لایه‌بندی مشکل باشد. در سایر شرایط که لایه‌بندی یکنواخت است، لایه‌بندی ساده اطلاق می‌شود.
تنش مؤثر: تنشی است که از تفاضل تنش کلی و فشار آب حفره‌ای به‌دست می‌آید.
خاکریز مهندسی: به خاک‌ریزی گفته می‌شود که نیاز به شناخت نوع خاک و کنترل تراکم دارد و در پایداری ساختمان مؤثر است.
سازه‌های نگهبان: به سازه‌هایی اطلاق می‌شود که برای نگهداری خاک به‌کار برده می‌شوند. این سازه‌ها شامل انواع دیوارها و سیستم‌های نگهبان هستند که در آنها عناصر سازه‌ای ممکن است، با خاک یا سنگ ترکیب شده و یا از تسلیح خاک استفاده شود.

شناسایی ژئوتکنیکی: به مجموعه اقدامات و مطالعاتی گفته می‌شود که منجر به شناخت مشخصات مهندسی لایه‌های زمین می‌شود. این اقدامات شامل بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی و زمین شناسی مهندسی با مقیاس مناسب، بررسی گزارش لایه‌های زمین در ساختگاه‌های مجاور، بازدید از برش‌ها و مقاطع خاک موجود، انجام مطالعات ژئوفیزیک و ژئوتکنیک با حفر گمانه و انجام آزمایش‌های آزمایشگاهی می‌باشد.
داده‌های ژئو تکنیکی: به متغیر برداشت شده از زمین ساختگاه گفته می‌شود.
گمانه: حفاری در زمین به منظور شناخت خواص مهندسی خاک می‌باشد. حفاری می‌تواند به‌صورت دستی با رعایت مسائل فنی و ایمنی خاص و یا با ماشین حفاری انجام شود.
طراحی ژئوتکنیکی: به کلیه خدمات مهندسی گفته می‌شود که به منظور تعیین هندسه، کنترل پایداری، ایستایی و تغییر شکل‌های پی و بخش خاک آن انجام می‌گیرد.
روش‌های طراحی: استفاده از دو روش طراحی تنش مجاز و حالات حدی، مجاز می‌باشد و طراح می‌تواند هر یک از این روش‌ها را انتخاب نماید.
روش تنش مجاز: در این روش بارهایی که در مبحث ششم مقررات ملی ساختمان آورده شده است، با ضریب یک در محاسبات نیرو لحاظ می‌شوند و بار وارد بر خاک محاسبه می‌گردد. سپس با اعمال ضریب اطمینان مناسب، تنش مجاز خاک محاسبه و طراحی انجام می‌شود. برای محاسبه نشست، بارهای وارده با ضریب یک در نظر گرفته می‌شود و نشست محاسبه شده (بدون اعمال ضریب اطمینان) باید از نشست مجاز کمتر باشد.
روش حالات حدی: در این روش دو ضریب ایمنی برای بار و مقاومت (LRFD) به‌طور جداگانه در محاسبات حالات حد نهایی و بهره‌برداری استفاده می‌شود.
حالت حد نهایی: اولین مجموعه ضرایب ایمنی در این روش اعمال ضرایب افزایش بار است و مقدار آن بستگی به میزان عدم اطمینان در برآورد مقدار بار دارد. ضرایب فوق از مباحث (ششم، نهم و دهم) مقررات ملی بر حسب مورد تعیین می‌شوند. دومین مجموعه ضرایب ایمنی برای تقلیل مقاومت مصالح است و مقدار آن بستگی به عدم اطمینان موجود در کیفیت مصالح، نحوه اجرا و دقت دارد.
حالت حد بهره برداری: طراحی در این حالت اغلب جهت کنترل نشست و تغییر شکل‌ها به کار می‌رود و در آن هر دو ضرایب کاهش مقاومت و افزایش بار (عمدتاً) برابر یک در نظر گرفته می‌شود.

شناسایی ژئوتکنیکی زمین

به منظور شناسایی زمین، داده‌های ژئوتکنیکی باید گردآوری و تفسیر شود. این داده‌ها افزون براطلاعات ژئوتکنیکی شامل داده‌های زمین شناسی عمومی،

زمین‌شناسی مهندسی، زمین ریخت شناسی، لرزه خیزی، هیدروژئولوژی و تاریخچه ساختگاه می‌باشند. این شناسایی‌ها شامل بررسی لایه‌بندی خاک و خصوصیات مهندسی آن، شرایط آب زیرزمینی، تراز سنگ بستر و سایر مشخصات ساختگاه پروژه است. کسب اطلاعات فوق پیچیده و تابع عوامل زیر می‌باشد:

الف) نوع پروژه

ب) شرایط زمین

پ) بودجه و فناوری در اختیار برای عملیات شناسایی

بررسی‌های مورد نیاز طراحی‌های ژئوتکنیکی باید با هدف‌های ذیل صورت گیرد:

الف) گردآوری اطلاعات لازم ساختگاه از جمله تعیین جنس و لایه‌بندی زیرین زمین، به منظور طراحی ایمن و بدون تغییر در کارایی ساختمان و ضمن صرفه اقتصادی در طرح آن.

ب) گردآوری اطلاعات لازم برای برنامه‌ریزی موقت و دائمی ساخت‌وساز بنا در مراحلی که به شرایط زمین ساختگاه مرتبط می‌شوند شامل وضعیت هندسی و مکانیکی لایه‌های زیرسطحی، شرایط آب زیرزمینی، وجود مصالح و شرایط نامناسب برای پایداری ساختمان و غیره.

پ) پیش‌بینی و شناسایی مشکلات احتمالی که ممکن است در خلال اجرای ساختمان و پس از آن از ناحیه زمین بروز نماید.

شرایط نیاز به انجام عملیات شناسایی: در صورتی‌که تمام شرایط زیر برقرار باشد نیاز به انجام عملیات گمانه‌زنی نمی‌باشد و جمع‌آوری اطلاعات و بازدید محلی کفایت می‌نماید.

- داده‌های کافی از محدوده محل مورد نظر و زمین‌های با سازند زمین شناسی مشابه در دسترس باشند.
- ساختمان مورد نظر با اهمیت کم یا با اهمیت متوسط و با حداکثر ۴ طبقه باشد.
- ساختمان مورد نظر با مساحت اشغال کمتر از ۳۰۰ متر مربع باشد.
- در طراحی و اجرای ساختمان نیاز به گودبرداری به میزان کمتر از ۲ متر باشد.
- تعداد ساختمان‌ها زیاد (بیش از ۳ ساختمان مشابه و نزدیک به یکدیگر مانند شهرک‌ها، پروژه‌های انبوه‌سازی و غیره) نباشد.
- نوع زمین طبق مبحث ششم مقررات ملّی ساختمان (استاندارد ۲۸۰۰)، از نوع ۱ و ۲ نباشد.

هیچ‌کدام از شرایط ذیل نیز وجود نداشته باشد:

- احتمال مواجه شدن با خاک دستی در محل ساخت.
- احتمال مواجه شدن با خاک‌های مسئله‌دار (مانند خاک‌های متورم شونده، خاک‌های با پتانسیل روانگرایی و خاک‌های رمبنده)

- سازه‌ای در مجاور محل مورد نظر که احتمال خسارت به آن وجود دارد.
- محل مورد نظر در منطقه خرد شده گسل اصلی واقع شده باشد.
- مناطقی با سطح آب زیر زمینی بالا (بر اساس بررسی‌های محلی)

حتی اگر فقط یکی از شرط‌های مندرج در بندهای فوق برقرار نباشد، آن‌گاه لازم است شناسایی‌های ژئوتکنیکی در محل مورد نظر مطابق شرایط ذیل انجام گیرد.

شناسایی‌ها: به منظور انجام شناسایی ژئوتکنیکی زمین مورد نظر، لازم است موارد ذیل رعایت گردند.

- طبقه‌بندی نوع خاک، بر مبنای مشاهدات و آزمایش‌های مورد نیاز و متناسب با مصالح به دست آمده از حفاری گمانه یا چاهک یا هر شناسایی اکتشافی زیرسطحی در نقاط مناسب انجام شود.
- آزمایشات لازم به منظور ارزیابی مقاومت برشی خاک، میزان باربری خاک، اثر تغییر رطوبت بر باربری خاک، تراکم‌پذیری و تورم‌زایی خاک، روان‌گرایی و سایر موارد متناسب با نوع و مکان پروژه باید انجام شود.
- وسعت شناسایی زمین از قبیل تعداد و نوع حفاری، تجهیزات مورد استفاده برای حفاری و نمونه‌برداری، تجهیزات تحقیقات محلی و برنامه آزمایش‌های آزمایشگاهی باید توسط طراح صاحب صلاحیت تعیین شود.

تعیین فاصله گمانه‌ها یا چاهک‌های شناسایی: اقدامات زیر برای تعیین فاصله گمانه‌ها یا چاهک‌های شناسایی به‌کار می‌رود.

چنانچه گمانه‌زنی به منظور شناخت یک زمین جدید و بسیار بزرگ برای ساختمان‌سازی گسترده انجام شود (مثل شهرهای جدید):

الف) اگر لایه‌بندی زمین به‌صورت نسبی یکنواخت باشد، فاصله ۵۰ تا ۲۰۰ متر بین گمانه‌ها قابل قبول می‌باشد. انتخاب دقیق با توجه به اهمیت ساختمان و شرایط ژئوتکنیکی تعیین شود.

ب) اگر لایه‌بندی پیچیده باشد (مثل مجاور گسل‌ها، نزدیک رودخانه‌ها و کوه‌ها، زمین‌های بسیار ناهموار و دره‌ها)، فاصله حداکثر ۳۰ متر بین گمانه‌ها قابل قبول می‌باشد.

پ) اگر اطلاعات ژئوتکنیکی از ساختگاه‌های مجاور یا سازندهای زمین‌شناسی مشابه با زمین مورد نظر وجود دارد، فاصله بین گمانه‌ها می‌تواند بیشتر از مقادیر مندرج در بندهای الف و ب فوق و حداکثر تا دو برابر فواصل فوق باشد.

ت) اگر ساختمان با شرایط متفاوت سازه‌ای و یا با اهمیت بیشتر از دیگر ساختمان‌ها در مجموعه مورد نظر باشد، باید شناسایی خاص آن ساختمان انجام شود.

ضوابط تعیین فاصله گمانه‌ها برای ساختمان‌های منفرد: چنانچه گمانه زنی به منظور ساخت یک ساختمان منفرد انجام می‌شود:

الف) فاصله گمانه‌ها باید در حدود ۱۵ الی ۶۰ متر باشد.

ب) استفاده از جدول ۲-۱ با توجه به اهمیت ساختمان‌ها مبنا قرار گیرد.

جدول ۲ـ۱ جدول حداقل تعداد گمانه

مساحت	اهمیت ساختمان	شرایط زیرسطحی	تعداد گمانه
یک ساختمان منفرد با سطح اشغال کمتر از ۳۰۰ متر مربع	خیلی زیاد و زیاد	لایه‌بندی ساده و زمین مناسب	۲
		لایه‌بندی پیچیده یا زمین نامناسب	۳
	متوسط	لایه‌بندی ساده و زمین مناسب	۱
		لایه‌بندی پیچیده یا زمین نامناسب	۲
	کم	زمین مناسب یا نامناسب	۱
یک ساختمان منفرد با سطح اشغال ۳۰۰ الی ۱۰۰۰ مترمربع	خیلی زیاد و زیاد	لایه‌بندی ساده و زمین مناسب	۳
		لایه‌بندی پیچیده یا زمین نامناسب	۵
	متوسط	لایه‌بندی ساده و زمین مناسب	۲
		لایه‌بندی پیچیده یا زمین نامناسب	۳
	کم	زمین مناسب	۱
		زمین نامناسب	۲

برای سطح اشغال بیش از ۱۰۰۰ متر مربع، یک گمانه به ازای هر ۱۰۰۰ متر مربع به مقادیر تعداد گمانه اضافه می‌شود.

پ) در استفاده از جدول بالا باید نکات ذیل مد نظر قرار گیرد

پ) ۱ شرایط زیرسطحی اولیه در جدول بر اساس اطلاعات سایت‌های مجاور، شرایط ژئوتکنیکی سازندهای زمین‌شناسی مشابه و بازدیدهای محلی انتخاب می‌شود. لذا لازم است با بررسی نتایج حفر اولین گمانه، تعداد گمانه‌های مورد نیاز در عمل متناسب با شرایط جدید به‌دست آمده در صورت نیاز افزایش یابد.

پ) ۲ برای مجتمع‌های ساختمانی که از تعداد زیادی ساختمان منفرد و نزدیک به یکدیگر تشکیل شده‌اند (بیش از ۱۰ ساختمان)، برای هر ساختمان حداقل یک گمانه با رعایت حداکثر فاصله‌های ذکر شده بین گمانه‌ها کافی است. در غیر این صورت باید ساختمان‌ها را به‌صورت منفرد در نظر گرفت.

پ) ۳ در صورتی که ساختمان مورد نظر پس از ایجاد گودبرداری عمیق احداث شود، تعدادی گمانه برای گودبرداری نیز باید به تعداد گمانه‌های بالا اضافه شود.

ت) چنانچه بین فاصله گمانه‌ها و جدول ۲-۱ تناقضی پیش آمد اعداد جدول حاکم می‌باشد.

گودبرداری

برای گودبرداری‌ها باید لایه‌های زمین در دیواره هر ضلع گود و در راستای عمود بر دیواره هر ضلع گود مشخص باشد. برای انجام تحلیل‌های پایداری و تغییرشکل در هر ضلع گود لازم است نیم‌رخ ژئوتکنیکی در دیواره هر ضلع گود و امتداد عمود بر آن تعیین گردد. هر چه گود عمیق‌تر باشد، وسعت منطقه‌ای که باید شناسایی شود (پلان) بیشتر از سطح اشغال ساختمان باشد.

الف) در گودهای عمیق و شیروانی‌های بزرگ برای تعیین مقطع ژئوتکنیکی عمود بر هر ضلع، حفرحداقل ۳ گمانه (بالادست، پایین دست و روی شیب در صورت وجود) برای هر ضلع لازم است.

گمانه‌هایی که در محل سطح اشغال ساختمان حفر می‌شود، می‌توانند مشخص‌کننده مشخصات خاک محل شیب و پایین دست آن باشد. شرایط خاک بالادست در محل سطح اشغال ساختمان همسایه می‌تواند متفاوت باشد و باید اطلاعات آن کسب شود.

ب) حداقل تعداد گمانه‌ها به شرح جدول ۲-۱ برای شرایطی است که ساختمان بدون گودبرداری احداث می‌شود. در صورت نیاز به گودبرداری باید تعداد گمانه‌ها به شرح جدول ۲-۲ اضافه شود.

جدول ۲ـ۲ حداقل تعداد گمانه اضافی در گودبرداری‌ها

مساحت	عمق گود کمتر از ۱۰ متر	عمق گود ۱۰ تا ۲۰ متر
یک ساختمان تکی با سطح اشغال حداکثر ۳۰۰ مترمربع	۱گمانه	۲ یا ۳ گمانه
ساختمان با مساحت ۳۰۰ الی ۱۰۰۰ مترمربع	۲ گمانه	۳ یا ۴ گمانه

پ) برای گود با عمق بیش از ۲۰ متر، به ازای هر ۱۰ متر عمق اضافی گود، یک گمانه به تعداد گمانه‌های جدول ۲-۲ اضافه می‌گردد تا به ۳ گمانه به ازای هر ضلع طبق بند الف فوق برسد.

ت) گمانه‌های اضافی مربوط به گودبرداری برای شناخت زمین بالادست گود، در صورت کسب مجوز در زمین همسایه حفر شوند.

عمق گمانه‌ها: اگر نشست در طراحی پی بر روی زمین مورد نظر تعیین‌کننده باشد، آنگاه لازم است که عمق حداقل یک گمانه بیش از عمقی باشد که افزایش تنش ناشی از بار ساختمان در آن عمق به کمتر از هر یک از دو معیار زیر می‌رسد، هر عمقی بیشتر شد ملاک می‌باشد:

۱ ۱۰ درصد تنش مؤثر زمین در آن عمق

۲ ۱۰ درصد تنش ناشی از ساختمان بر کف پی (که با توجه به منحنی‌های حباب تنش، عمق برای پی مربعی بین 2B تا 2/5B و برای پی نواری بین 3B تا 4B باید باشد.)

اگر ظرفیت باربری زمین و گسیختگی برشی خاک زیر پی تعیین‌کننده باشد، عمق گمانه با توجه به نظریه‌های ظرفیت باربری باید بین B تا ۱/۵B باشد.
در دو بند بالا B عرض ساختمان یا پی می‌باشد که باید به‌صورت ذیل به دست آید:

۱. **ساختمان با پی‌های منفرد:** اگر فاصله لب به لب دو پی مجاور بیشتر از مجموع عرض آن دو پی باشد، B را عرض یک پی در نظرگرفته و در غیر این صورت عرض کل ساختمان به عنوان، B تعیین می‌شود.
۲. **ساختمان با پی‌های نواری:** اگر فاصله لب به لب دو پی مجاور بیشتر از ۱/۵ برابر مجموع عرض آنها باشد، B را عرض یک پی در نظر گرفته و در غیراین‌صورت عرض کل ساختمان به عنوان B تعیین می‌شود.
۳. **ساختمان با پی گسترده**: عرض کل پی گسترده به عنوان B تعیین می‌شود.

نکاتی که باید در تعیین عمق گمانه رعایت شود

- اگر احداث ساختمان با گودبرداری همراه باشد، عمق گود به عمق گمانه به دست آمده باید اضافه شود.
- اگر عمق مورد نیاز برای شناسایی زمین خیلی کم باشد، می‌توان از روش‌های شناسایی دستی مانند آزمایش‌های برجای نفوذ مخروط و کاوشگر دینامیکی به جای گمانه زنی استفاده کرد.
- حفر حداقل یک چاهک جهت مشاهده بافت خاک در هر پروژه ضروری است. اگر عمق چاهک کافی باشد می‌تواند جایگزین حفر یک گمانه شود.
- در صورتی‌که قبل از رسیدن به عمق نهایی گمانه به یک بستر سنگی یا لایه خیلی متراکم با ضخامت قابل توجه برخورد شود می‌تواند عمق گمانه کمتر شود.
- گمانه مورد نظر باید حداقل تا به زیر نهشته‌هایی که برای پی مناسب نیستند (مانند خاک دستی) ادامه یابد.
- در هر حالت عمق یک گمانه نباید کمتر از ۶ متر زیر پی باشد، مگر در مواردی که گمانه قبل از ۶ متر به لایه سخت رسیده باشد.
- در حفر گمانه اگر به لایه سنگ برخورد شود باید حداقل یکی از گمانه‌ها تا ۳متر در لایه سنگ نفوذ کند تا وجود بستر سنگی اثبات شود.
- در مواردی که از شمع‌های متکی بر نوک در لایه سخت، متراکم یا سنگ استفاده می‌شود، باید عمق گمانه به حدی باشد که از وجود آن لایه تا عمق کافی زیر نوک شمع اطمینان حاصل شود. به عبارت دیگر، تعداد و عمق گمانه‌ها باید به نحوی انتخاب شود که احتمال وجود یک لایه ضعیف در زیر یک لایه سخت، متراکم یا سنگ با ضخامت کمتر از ۳ متر از بین برود. همچنین در مواردی که بخشی از سنگ هوازده می‌باشد، عمق گمانه باید تا حدی باشد که به زیر بخش لایه هوازده سنگ برسد.

حفاری و نمونه برداری خاک

- فرایند حفاری و نمونه برداری و دستگاه‌های انتخابی باید مطابق استانداردهای ملّی یا بین المللی معتبر مصوب باشد.
- باید ناظر واجد صلاحیت در طول زمان حفاری گمانه و نمونه‌گیری در محل پروژه حاضر و بر عملیات نظارت داشته باشد.
- باید صلاحیت مجموعه‌ای که عملیات حفاری گمانه و نمونه‌برداری و سایر عملیات اجرایی را انجام می‌دهند، به تأیید مراجع ذی ربط رسیده باشد.

روش‌های حفاری گمانه: حفاری گمانه به‌صورت دستی یا ماشینی و با توجه به بندهای ذیل قابل قبول است.

- حفاری ضربه‌ای سبک در لای، ماسه و سنگ ضعیف قابل قبول است. به شرط حفاری خشک می‌توان از این روش در خاک چسبنده یا غیر چسبنده حاوی شن استفاده کرد. وقتی که حفاری به منظور تهیه نمونه دست نخورده در خاک چسبنده انجام می‌شود، نباید از ضربات سنگین استفاده شود.
- حفاری شست‌وشویی در ماسه و لای و رس و همچنین مخلوط شن و ماسه بدون قلوه سنگ قابل قبول است. تغییر رطوبت خاک زیر گمانه باید در نمونه‌گیری و آزمون‌های برجا مورد توجه باشد.
- حفاری با اوگر با میله توپر فقط در خاک چسبنده که دیواره گمانه پایدار است قابل قبول می‌باشد. حفاری با اوگر با میله توخالی در بالای سطح آب قابل قبول است. اخذ نمونه دست نخورده در این روش در زیر سطح آب قابل قبول نیست.
- حفاری دورانی در تمام خاک‌ها حتی در زیر سطح آب قابل قبول است، ولی برای اخذ نمونه دست نخورده در خاک چسبنده باید سرعت دوران و فشار مته محدود شود.
- حفاری دورانی با مغزه‌گیری پیوسته در خاک و سنگ برای توصیف لایه‌ها قابل قبول است، ولی نمونه خاک اخذ شده از داخل مغزه در این روش نمی‌تواند به عنوان نمونه دست نخورده قابل قبول باشد.
- روش‌های نمونه گیری، جابه‌جایی و انبار کردن نمونه‌ها باید گزارش شود تا اثر به کارگیری این روش‌ها به هنگام تفسیر نتایج آزمایش‌ها مد نظر طراح قرار گیرد.

گزارش‌ها

پس از انجام شناسایی‌های ژئوتکنیکی لازم است گزارش کامل آنها ارائه شود. نتایج آزمون‌های انجام شده باید به دو صورت خام و پردازش شده گزارش شوند.

گزارش توصیفی از شناسایی‌های ژئوتکنیکی باید حداقل شامل موارد ذیل باشد:

۱ نقشه محل گمانه یا حفاری.

۲ شرح تمام نمونه‌های گرفته شده از خاک و سنگ با ذکر تاریخ نمونه‌گیری.
۳ شرح تمام لایه‌های خاک و سنگ.
۴ سطح آب زیرزمینی در صورت مشاهده با ذکر تاریخ برداشت
۵ نتایج تمام آزمایش‌های محلی و آزمایشگاهی با ذکر تاریخ انجام آزمایشات

گزارش مهندسی از شناسایی‌های ژئوتکنیکی باید علاوه بر موارد مندرج در گزارش توصیفی، شامل حداقل موارد ذیل باشد:

- توصیه‌هایی برای نوع پی و معیار طراحی که حداقل شامل موارد:

۱ ظرفیت باربری خاک (در حالت طبیعی و متراکم با توجه به شرایط پروژه)
۲ ارائه تمهیداتی که باعث کاهش اثرات خاک‌های متورم شونده، روان‌گرایی، نشست غیر یکنواخت و ناهمگنی خاک شود. ارزیابی احتمال وقوع روان‌گرایی باید مطابق با مبحث ششم مقررات ملّی ساختمان (استاندارد ۲۸۰۰) و یا سایر آیین‌نامه‌های بین‌المللی معتبر مصوب باشد.

- تخمین نشست کل و نشست غیر یکنواخت
- اطلاعات مورد نیاز برای طراحی شمع‌ها در صورت لزوم
- خواص تراکم مصالح و نحوهٔ آزمایش آنها
- تعیین نوع زمین بر اساس مبحث ششم مقررات ملّی ساختمان (استاندارد ۲۸۰۰)
- شیب گودهای کم عمق برای پی کنی
- ارائه نیم‌رخ طراحی زمین و پیشنهاد مقادیر متغیرهای زمین جهت استفاده طراح پی
- فشار خاک پشت سازه‌های نگهبان.
- نوع سیمان مصرفی برای بتن مجاور خاک با توجه به شرایط محیطی و عناصر شیمیایی موجود در آب و خاک لایه‌های ساختگاه.

گودبرداری و پایش

هدف: هدف این فصل تعیین حداقل مراحل لازم جهت رسیدن به مرحله پی ریزی می‌باشد. یکی از مهم‌ترین این مراحل عملیات گودبرداری می‌باشد که در این فصل حداقل مواردی که باید بررسی شود ذکر می‌گردد.

آماده‌سازی و تسطیح: قبل از تسطیح و آماده‌سازی اراضی برای پی ریزی، باید تراز‌های طبیعی زمین با روش‌های مناسب نقشه‌برداری، برداشت شود.

پس از نقشه‌برداری باید نقشه تسطیح تهیه گردد. نقشه تسطیح باید با توجه به تراز زمین‌های مجاور و شیب‌های لازم برای زهکشی، تراز پی‌ها و عمق مدفون آنها، طراحی گردد.

چنانچه میزان خاک نباتی موجود در خاک زیر پی بیش از ۳ درصد باشد، لازم است قبل

از احداث پی و در مراحل آماده‌سازی ساختگاه، خاک فوق برداشته شود.
اگر تسطیح اراضی با خاک‌ریزی همراه است، اجرای خاک ریزی مهندسی در لایه‌های کم ضخامت و انجام عملیات تراکم با مشخصاتی که طراح مشخص می کند، ضروری می‌باشد.

گودبرداری

بر اثر گودبرداری در زمین وضعیت تنش در آن تغییر می‌کند و لازم است تغییر شکل‌ها و ناپایداری‌های ناشی از گودبرداری از جمله موارد ذیل بررسی شوند:
الف) برآمدگی و تورم کف گود، که می‌تواند در شرایطی به ناپایداری کف بینجامد.
ب) نشست زمین در نواحی مجاور گود.
روش‌های مناسب پایدارسازی دیواره گودها عبارت‌اند از:
الف) ایجاد شیب پایدار
ب) میخ‌کوبی یا اجرای میل مهار
پ) دیوارهای مهار شده با تیرک از جلو
ت) دیوارهای مهار شده با میل مهار از پشت
ث) نگهداری ساختمان مجاور گود با تیرک یا پی‌بندی با رعایت کلیه موارد فنی
ج) استفاده از سیستم‌های مهار خرپایی
چ) استفاده از سیستم‌های شمع‌ها و دیوارک‌های طره‌ای
در گودبرداری‌ها باید گسیختگی‌ها و مشکلات متداول به شرح ذیل کنترل شود.
الف) لغزش خاک
ب) نشست و تورم خاک و تغییرمکان ساختمان‌های مجاور گود
پ) ریزش
ت) بالا زدگی کف گود
ث) جوشش (در صورت بالا بودن سطح آب زیرزمینی)
ج) مشکلات ناشی از لرزش ناشی از گودبرداری در سازه‌های اطراف گود
ارزیابی خطر گود: ارزیابی خطر گود به منظور واگذاری طراحی گودبرداری و تفویض مسئولیت‌ها به مرجع ذی‌صلاح که در بندهای زیر مشخص می‌شود انجام می‌گردد.
جهت ارزیابی خطر گود قائم لازم است هر سه شرط تعیین شده برای هر دسته در جدول (۳-۲) برقرار باشد. در صورتی‌که هر سه شرط مذکور با هم برقرار نباشد، خطر گود با توجه به شرطی تعیین می‌شود که خطر بیشتر را تعیین می کند. عمق بحرانی h_c از رابطه ۱-۲ تعیین می‌شود.

رابطه ۲-۱

$$h_c = \frac{2c}{\gamma\sqrt{k_a}} - \frac{q}{\gamma}$$

در رابطه فوق، h_c عمق بحرانی گودبرداری بر حسب متر، c چسبندگی خاک

برحسب کیلوپاسکال، k_a ضریب فشار افقی زمین در حالت محرک، γ وزن مخصوص خاک برحسب کیلونیوتن بر مترمکعب و q تنش ناشی از سربار گود برحسب کیلوپاسکال می‌باشد.
اگر فاصله ساختمان مجاور از لبه گود کمتر از عمق گود باشد، کل بار ساختمان(q) در محاسبه h_c در نظر گرفته شود.

جدول۳ـ۲ ارزیابی خطر گود با دیوار قائم

مقدار $\frac{h}{hc}$	عمق گود از تراز صفر	عمق گود از زیر پی همسایه	خطر گود
کمتر از ۰/۵	کمتر از ۶ متر	صفر	معمولی
بین ۰/۵ تا ۲	بین ۶ تا ۲۰ متر	بین صفر تا ۲۰ متر	زیاد
بیشتر از ۲	بیشتر از ۲۰ متر	بیشتر از ۲۰ متر	خیلی زیاد

h عمق گود مورد نظر است و hc عمق بحرانی بر اساس تخمین اولیه c و Ø به دست آید.

سازه‌های نگهبان

انواع سازه‌های نگهبان: جهت نگهداری خاک می‌توان از انواع سازه‌های نگهبان که از نظر عملکرد به پنج گروه وزنی، سپرگونه، خاک مسلح و میل مهاری و میخ‌کوبی و یا به‌صورت دیوار زیرزمین استفاده نمود.
دیوارهای با عملکرد وزنی: این دیوارها معمولاً با سازه صلب احداث می‌شوند که شامل دیوارهای وزنی، نیمه وزنی، پشت بنددار و طره‌ای می‌باشد. در این دیوارها معمولاً وزن عامل اصلی پایداری می‌باشد.
دیوارهای سپرگونه: این دیوارها شامل سپرها، شمع‌های ردیفی و غیره می‌باشند که می‌توانند به دو صورت مهار شده و مهار نشده باشند. مهارها می‌توانند از پشت یا جلوی دیوار اجرا شوند. در این دیوارها عامل اصلی پایداری، عمق مدفون، مقاومت خمشی و در صورت وجود عناصر مهاری می‌باشد.
خاک مسلح: در این دیوارها خاک توسط تسمه‌های فلزی، ورق‌های پلیمری و یا پارچه گونه‌ها مسلح می‌شوند.
میل مهاری و میخ‌کوبی: در این نوع دیوارها نیروی جانبی توسط توده خاک مسلح که با میخ یا مهار به خاکریز پشت دوخته شده، تحمل می‌گردد.
دیوار زیر زمین: دیوارهای زیرزمین به یکی از دو صورت ذیل اجرا می‌شود و نکات مطرح شده در بندهای بعدی باید مورد توجه باشد.

۱ **دیوارهای مستقل:** دیوارهایی که در زیرزمین اجرا می‌شود و هیچ‌گونه اتصالی با ستون، تیر وسقف سازه ندارد.
۲ **دیوارهای متصل:** دیوارهایی که به ستون‌ها و سقف‌ها و یا بخشی از آنها متصل می‌باشد و از نظر سازه‌ای با آنها به‌صورت یکپارچه عمل می‌کنند.

قالب و قالب‌بندی

قالب، سازه‌ای موقّت وگاهی اوقات دائمی است که وظیفه آن تحمل بارهای ناشی از بتن و نیز ناشی از اجرای بتن تا هنگامی است که مقاومت بتن به جایی برسد که خود بتن و یا خود بتن و آرماتورهای موجود در آن بتوانند بارهای مزبور را تحمل کنند. سیستم قالب‌بندی شامل قالب، پشت‌بندها، وادارها، داربست‌بندی، قطعات اتصال و نظایر آنها می‌باشد.
پیش از ساخت و اجرای تمامی انواع قالب‌ها می‌باید نقشه‌ها، مشخصات فنی، و در صورت لزوم دفترچه محاسبات آنها را تهیه و به تأیید مراجع ذی‌صلاح رسانید. میزان و جزئیات این امر، به شرایط و ویژگی‌های قالب، از جمله ابعاد، پیچیدگی، اهمیت، استفاده مجدد و نظایر آنها بستگی دارد. تمامی قالب‌ها را می‌باید برای مقاومت و خدمت دهی طراحی کرد. پایداری سیستم سازه و نیز امکان کمانش اعضای سازه‌ای را می‌باید برای تمامی شرایط ممکن بررسی و کنترل کرد.

سیستم‌های سازه‌ای قالب‌های انواع اعضای سازه‌ای

سیستم سازه‌ای قالب‌های دال‌ها: این سازه‌ها شامل صفحه رویه، پشت بندهای در دو امتداد متعامد یعنی تیرچه‌ها و تیرک‌ها، و پایه‌ها (شمع‌ها) می‌باشد.
سیستم سازه‌ای قالب‌های دیوارها: این سازه‌ها شامل صفحه رویه، پشت‌بندهای قائم، پشت‌بندهای افقی، بولت‌ها و وادارها می‌باشند.
سیستم سازه‌ای قالب‌های ستون‌ها: این سازه‌ها شامل صفحه رویه و پشت‌بندهای سخت‌کننده آن و یوغ و یا صفحه رویه و پشت‌بندهای سخت‌کننده آن و اتصالات بین پشت‌بندهای سخت شده می‌باشد.

سیستم سازه‌ای قالب‌های تیرها

این سازه‌ها شامل دو بخش سازه قالب کف تیر و سازه قالب دیوارهای تیر می‌باشد. سازه قالب کف تیر رفتاری مشابه قالب‌های دال‌ها و سازه قالب دیوارهای تیر رفتاری نظیر قالب‌های دیوارها دارد.
سیستم سازه‌ای قالب‌های فونداسیون‌ها: این سازه‌ها شامل قالب‌های دیوارهای فونداسیون می‌شوند و رفتاری مشابه قالب‌های دیوارها دارند.

سایر سیستم‌های سازه‌ای قالب‌ها: این سازه‌ها ممکن است ترکیبی از سیستم‌های سازه‌ای فوق یا یک سیستم سازه‌ای خاص باشد.
داربست: سازه‌ای موقت است که برای نگهداری قالب در موقعیت مورد نظر، سکوهای کار و تحمل بارهای حین اجرا برپا می‌شود و شامل شمع‌بندی، پایه‌های قائم، صفحات افقی، بادبندها، زیرسری‌ها ونظایر آن می‌گردد.

عملکردهای قالب

۱ قالب باید بتن را در شکل مورد نظر در محدوده رواداری‌ها نگاه دارد، به سطح آن نمای دلخواه بدهد، و بارهای وارده را تا زمان سخت شدن و کسب مقاومت کافی تحمل کند.
۲ قالب باید در برابر نیروهای وارده به خوبی محاسبه شده و ایمنی لازم را داشته باشد.
۳ بتن را در برابر صدمات مکانیکی نیز حفظ کند.
۴ از کم شدن رطوبت بتن و نشت شیره آن جلوگیری نماید.
۵ عایقی مناسب در برابر سرما و گرمای محیط باشد.
۶ میلگردها و سایر اجزا و قطعاتی را که داخل بتن قرار می‌گیرند در محل موردنظر نگاه دارد.
۷ در برابر نیروهای ناشی از لرزاندن و مرتعش ساختن بتن مقاومت کند و بدون آسیب رساندن به بتن از آن جدا شود.

رواداری‌ها

رواداری‌ها را باید تا حد امکان و تا جایی که اهداف پیش‌بینی شده برای کل ساختمان و ظرفیت باربری ساختمان یا هر قسمت از آن در حدی غیر قابل 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 وموقعیت قالب‌ها نباید از حدودی معین تجاوز کند. حدود رواداری‌های قالب‌ها برای ساختمان‌ها و قطعات متداول بتن آرمه در جدول (۴-۲) آمده است.

جدول ۴ـ۲ رواداری‌های ساختمان‌های بتنی متعارف

ردیف	شرح			رواداری	
۱	انحراف از امتداد قائم	الف	در لبه و سطح ستون‌ها، پایه‌ها، دیوارها، نبش‌ها و کنج‌ها	۶ میلی‌متر در هر ۳ متر طول	حداکثر ۲۵ میلی‌متر در کل طول
		ب	برای گوشه نمایان ستون‌ها، درزهای کنترل، شیارها و دیگر خطوط برجسته نمایان و مهم	۶ میلی‌متر در هر ۳ متر طول	حداکثر ۱۲ میلی‌متر در کل طول
۲	انحراف سطوح با ترازهای مشخص شده در نقشه‌ها	الف	در سطح زیرین دال‌ها، سطح زیرین تیرها، نبش‌ها و کنج‌ها قبل از برچیدن حایل‌ها	۶ میلی‌متر در هر ۳ متر طول	۹ میلی‌متر در هر چشمه یا هر ۶ متر طول
		ب	در نعل درگاه‌ها، زیرسری‌ها، جان پناه‌های نمایان شیارهای افقی و دیگر خطوط برجسته نمایان و مهم	۶ میلی‌متر در هر ۶ متر طول	حداکثر ۱۲ میلی‌متر در کل طول
۳	انحراف ستون‌ها، دیوارها و تیغه‌های جداکننده از موقعیت مشخص شده در پلان ساختمان	الف	در هر چشمه	۱۲ میلی‌متر	
		ب	در هر ۶ متر طول	۱۲ میلی‌متر	
		ج	حداکثر در کل طول	۲۵ میلی‌متر	
۴	انحراف از اندازه و موقعیت بازشوهای واقع در کف و دیوار و غلاف‌ها			۶ ± میلی متر	
۵	اختلاف در ابعاد ستون‌ها، مقطع عرضی ستون‌ها وتیرها و ضخامت دال‌ها و دیوارها	الف	در جهت نقصانی	۱۲ میلی‌متر	
		ب	در جهت اضافی		
۶	شالوده ها	الف	اختلاف اندازه‌ها در پلان	نقصانی	۱۲ میلی‌متر
				اضافی	۵۰ میلی‌متر
		ب	جابه‌جایی یا خروج از مرکز	دو درصد عرض شالوده در امتداد طول مورد نظر مشروط بر آنکه بیش از ۵۰ میلی‌متر نباشد.	
		پ	ضخامت	کاهش ضخامت نسبت به آنچه تعیین شده	۵ درصد
				افزایش ضخامت نسبت به آنچه تعیین شده	محدودیتی ندارد
۷	پله ها	الف	در تعداد معدودی پله	ارتفاع پله	۱/۵ ±میلی‌متر
		ب	در پله‌های متوالی	کف پله	۳ ± میلی‌متر

مصالح مصرفی در قالب

مصالح مناسب برای قالب را باید با توجه به ملاحظات اقتصادی، ایمنی و سطح تمام شدهٔ موردنظر انتخاب کرد. مشخصه‌های فیزیکی و مکانیکی مصالح را باید در ساخت قسمت‌های مختلف مانند بدنه، رویه، ملحقات، اجزای نگهدارندهٔ قالب و نظایر آنها مورد توجه قرار داد.

انواع مصالح متداول مورد استفاده در قالب‌های بتن عبارت‌اند از:

چوب، فولاد، آلومینیوم، مواد پلیمری و مصالح بنایی.

چوب مصرفی در قالب‌ها شامل انواع تخته چند لایه (پلی وود)، چهارتراش، و نظایر آنها می‌شود.چوب مصرفی برای قالب باید صاف، بدون پیچ و تاب، سالم و بدون گره باشد. از مصرف چوب تازه برای قالب‌بندی باید خودداری شود. طراحی و محاسبهٔ قالب‌های چوبی بر اساس طراحی و محاسبهٔ ساختمان‌های چوبی موقت صورت می‌گیرد.

چوب مورد استفاده در قالب بتن باید از انواع صمغ دار مانند کاج و صنوبر باشد. در قالب‌بندی اعضایی از سازه مانند پی‌ها می‌توان از چوب سفید نیز استفاده کرد. برای شمع، شلاقی‌ها و پشت‌بند قالب حتی‌المقدور باید از چوب‌های محکم و مستقیم و بدون ترک استفاده کرد. مصرف چوب سفید خشک و مرغوب برای این قسمت‌ها بدون اشکال است. برای سطوح بتن نمایان، چوب قالب باید کاملاً تمیز و پرداخت شده و می‌توان از چوب‌های ساختگی از انواع تخته‌های با روکش از مواد پلیمری که برای همین منظور تولید می‌شوند، استفاده کرد. مصرف تخته‌های یاد شده در سطوح بتنی عادی نیز مقرون به صرفه هستند، زیرا به دفعاتی بیشتر از چوب‌های طبیعی می‌توان از آنها استفاده کرد. این نوع تخته‌ها با ارائه سطوح صاف و تمیز سبب کاهش هزینه نازک کاری می‌شوند، زیرا به پرداخت و روغن مالی نیاز ندارند و به این ترتیب نه تنها گرانی آنها جبران می‌شود، بلکه در مجموع ارزان‌تر از قالب‌های ساخته شده از چوب طبیعی تمام می‌شوند. جذب رطوبت این تخته‌ها کمتر و پیچیدگی و تابیدگی آنها نیز ناچیز است.

فولاد ممکن است به‌صورت گرم نورد شده و یا سرد خم شده در سازه‌های قالب به کار رود. در هر یک از حالات می‌باید ضوابط طراحی ساختمان‌های گرم نورد شده یا سرد خم‌شده را به کار برد. استفاده از آلومینیوم در سطوح در تماس با بتن، به ویژه در صفحات رویه ممنوع است، زیرا هم موجب خرابی قالب و هم موجب کاهش کیفیت بتن می‌شود.

دو نوع مواد پلیمری مصرفی در قالب‌های بتنی عبارت‌اند از پلاستیک‌های سخت و پلاستیک‌های الیافی.

درصورتی‌که از مصالح بنایی به عنوان قالب استفاده می‌شود باید شرایطی را در اجرا فراهم آورد که از جذب آب بتن توسط مصالح بنایی، که موجب کاهش کیفیت بتن می‌گردد، جلوگیری شود.

اجرای قالب

۱ تعبیهٔ قالب برای اعضای بتنی با سطح فوقانی با شیب بیشتر از ۱:۱ الزامی است.
۲ پیش از آرماتوربندی می‌باید تا حد امکان رویهٔ قالب‌ها را نصب کرده و مواد رهاساز (روغن قالب) را روی قالب‌ها مالید.
۳ قطعات رویهٔ قالب‌ها را می‌باید به‌گونه‌ای در کنار هم قرار داده و جفت کرد که هدر رفتن شیرهٔ بتن ممکن نباشد.
۴ قالب‌ها باید از هر نوع آلودگی، ملات‌ها، مواد خارجی و نظایر این‌ها عاری باشند و پیش از هر بارمصرف با مواد رهاساز پوشانیده شوند. این مواد را باید چنان به کار برد که بدون آلوده شدن آرماتورها، روی سطوح قالب لایه‌ای یکنواخت و نازک به‌وجود آید.
۵ در مواردی که دسترسی به کف قالب‌ها دشوار یا غیر ممکن باشد، باید با تعبیه دریچه‌های بازدید و کفشوی قالب امکان تمیز کردن قالب پیش از بتن ریزی را فراهم کرد.
۶ درصورتی‌که کیفیت سطح تمام شده، اهمیتی خاص داشته باشد، نباید از قطعات قالب صدمه دیده در مراحل قبلی استفاده کرد.
۷ مجموعه قالب‌بندی باید در تمامی مراحل پیش از بتن‌ریزی، ضمن و پس از آن به دقت زیر نظر باشد و به منظور حفظ مجموعه در محدودهٔ رواداری تعیین شده تنظیم شود.
۸ تعبیهٔ خیز اولیه برای تیرها و دال‌های با دهانهٔ بزرگ به‌گونه‌ای که بتواند تغییر شکل دراز مدت ناشی از بار مرده را جبران نماید، الزامی است.

پایه‌های اطمینان

۱ هنگام برداشتن قالب سطوح زیرین قطعات بتن آرمه باید پایه‌هایی را به عنوان پایه‌های اطمینان در زیر سطح باقی گذاشت تا از بروز تغییر شکل‌های تابع زمان جلوگیری شده و درعین حال تا کسب مقاومت کافی بتن، از بروز مشکلات مقاومتی و تغییر شکلی در ساختمان جلوگیری کند.
۲ پیش‌بینی پایه‌های اطمینان برای تیرهای با دهانهٔ بزرگ‌تر از ۵ متر، تیرهای کنسول به طول بیشتر از دو و نیم متر، دال‌های با دهانهٔ بزرگ‌تر از سه متر، و دال‌های کنسول، به طول بیشتر ازیک و نیم متر اجباری است. تعداد پایه‌های اطمینان، فاصله بین آنها، و مشخصات آنها را می‌باید از طریق محاسبه و برمبنای مقاومت کوتاه مدت بتن به‌دست آورد ولی در هر حال فاصله بین آنها نباید از سه متر بیشتر باشد.

قالب‌برداری

نحوهٔ قالب برداری

۱ قالب را باید هنگامی برداشت که بتن بتواند تنش‌های مؤثر را تحمل کند و تغییر شکل آن از تغییر شکل‌های پیش‌بینی شده تجاوز نکند.

۲ 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.

۳ 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.

۴ درصورتی‌که قالب برداری پیش از پایان دوره مراقبت بتن انجام پذیرد، باید تدابیری برای مراقبت پس از قالب برداری اتخاذ کرد.

برداشتن پایه‌های اطمینان

۱ برای تیرهای با دهانهٔ 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 به‌گونه‌ای باشد که برداشتن قالب بدون جابه‌جایی پایه‌های اطمینان میسر باشد و یا برداشتن قالب و زدن پایهٔ موقت، به‌صورت مرحله‌ای باشد.

۲ برای ساختمان‌های متشکل از دیوارها و دال‌های بتن آرمه، نظیر ساختمان‌هایی که با قالب‌های تونلی یا قالب واره‌های به ابعاد 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 بلافاصله پس از برداشتن قالب باشد و در عمل اطمینان حاصل شود که هیچ نوع ترک یا تغییر شکل نامطلوب بروز نخواهد کرد. در این حالت نیز اجرای مرحله‌ای پایه اطمینان قالب الزامی است.

۳ به‌طور کلی در صورتی‌که قطعهٔ مورد نظر جزئی از سیستمی پیوسته باشد، هنگامی می‌توان پایه‌های اطمینان را برداشت که تمامی قطعات مجاور آن هم بتن‌ریزی شده باشند و بتن مقاومت کافی را کسب کرده باشد. درصورتی‌که 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 به‌دست آورده باشد.

۴ در صورت تکیه‌کردن مجموعه قالب‌بندی طبقهٔ فوقانی روی طبقهٔ تحتانی فقط هنگامی می‌توان طبقهٔ زیرین را برچید که بتن طبقهٔ بالا مقاومت لازم را به‌دست آورده باشد. این امر می‌باید مبتنی بر محاسبات سازه‌ای صورت پذیرد.

۵ توصیه می‌شود پایه‌های اطمینان همیشه در دو طبقهٔ متوالی وجود داشته

باشند و تا حد امکان هر دو پایهٔ اطمینان نظیر در دو طبقه، بر روی هم و در امتدادی واحد قرار گیرند.

۶ برداشتن پایه‌های اطمینان باید بدون اعمال فشار و ضربه، به‌گونه‌ای باشد که بار به تدریج از روی آنها حذف شود. (در دهانه‌های بزرگ از وسط دهانه به سمت تکیه گاه‌ها و در کنسول‌ها از لبه به طرف تکیه گاه).

۷ برداشتن بار از روی پایه‌های اطمینان در دهانه‌های بزرگ و قطعاتی که نقش سازه‌ای حساسی دارند، باید با وسائل قابل کنترل انجام پذیرد به‌گونه‌ای که درصورت لزوم در هر لحظه بتوان باربرداری از روی پایه‌ها را متوقف کرد.

زمان قالب برداری

الف) درصورتی‌که زمان قالب برداری در طرح تعیین و تصریح نشده باشد باید زمان‌های داده شده در جدول (۵-۲) را به‌عنوان حداقل زمان لازم برای برچیدن قالب‌ها و پایه‌ها ملاک قرار داد.

جدول(۵ـ۲) حداقل زمان لازم برای قالب برداری

شرح / نوع قالب بندی		دمای مجاور سطح بتن (درجه سلسیوس)			
		۲۴ و بیشتر	۱۶	۸	۰
قالب‌های قائم، ساعت		۹	۱۲	۱۸	۳۰
دال‌ها	قالب زیرین، شبانه‌روز	۳	۴	۶	۱۰
	پایه‌های اطمینان، شبانه‌روز	۷	۱۰	۱۵	۲۵
تیرها	قالب زیرین، شبانه‌روز	۷	۱۰	۱۵	۲۵
	پایه‌های اطمینان، شبانه‌روز	۱۰	۱۴	۲۱	۳۶

زمان‌های داده شده با رعایت نکات مشروحه زیر معتبرند:

۱ بتن با سیمان پرتلند معمولی نوع یک یا دو یا سایر سیمان‌هایی که روند کسب مقاومت مشابه دارند، ساخته شده باشد.

۲ درصورتی‌که ضمن سخت شدن بتن دمای محیط به کمتر از صفر درجهٔ سلسیوس تنزل کند، زمان‌های داده شده را باید با توجه به شرایط ضوابط ویژه اجرای بتن در هوای سرد اصلاح کرد.

۳ در صورت استفاده از سیمان پرتلند نوع سه یا مواد زود سخت‌کننده یا عمل‌آوری با بخار می‌توان زمان‌های داده شده را کاهش داد.

۴ درصورت استفاده از سیمان یا مواد دیر سخت شونده نظیر سیمان پرتلند نوع پنج یا سیمان‌هایی که روند کسب مقاومت مشابه دارند، باید زمان‌های داده شده را افزایش داد.

۵ درصورتی‌که ملاحظاتی خاص برای جلوگیری از بروز ترک‌ها (به خصوص در اعضا و قطعات با ضخامت‌های متفاوت یا رویارو با دماهای مختلف)، یا تقلیل تغییر شکل‌های ناشی از وارفتگی مورد نظر باشد، باید زمان‌های داده شده را افزایش داد.

۶ درصورتی‌که عمل آوردن تسریع شده یا قالب‌بندی خاصی مورد نظر باشد تقلیل زمان‌های داده شده امکان‌پذیر است. برچیدن قالب‌ها و پایه‌ها در مدتی کمتر از زمان‌های داده شده در جدول (۵-۲) فقط به شرط آزمایش قبلی میسر است. درصورتی‌که آزمایش آزمونه‌های آگاهی (نگهداری شده در کارگاه) حاکی از رسیدن مقاومت بتن به حداقل هفتاد درصد مقاومت مشخصه باشد، می‌توان قالب‌های سطوح زیرین را برداشت ولی برچیدن پایه‌های اطمینان فقط در صورتی مجاز است که علاوه بر مراعات تمامی محدودیت ها، بتن به مقاومت بیست و هشت روزهٔ مورد نظر رسیده باشد.

روش‌های طراحی قالب‌ها

قالب‌ها را از انواع مواد و مصالح می‌سازند. در یک سیستم قالب‌بندی ممکن است از چند نوع مصالح نیز استفاده کرد.

گاهی اوقات، به‌ویژه در ساختمان‌های بتن آرمه، ممکن است از سازهٔ اجرا شدهٔ طبقات زیرین به‌عنوان بخشی از سیستم قالب‌بندی نیز استفاده کرد. اعضای چوبی سیستم قالب‌بندی را معمولاً به روش تنش مجاز، با استفاده از ضوابط طراحی ساختمان‌های چوبی، طراحی می‌کنند. طراحی سایر اعضای سیستم قالب‌بندی که با فولاد، آلومینیوم، مواد پلیمری، یا بتن ساخته می‌شوند بر اساس آیین‌نامه‌ها و مقررات و ضوابط مربوطه صورت می‌گیرد.

بارهای وارد بر قالب‌های بتن

بارهای وارد بر قالب‌های بتن به پنج بخش اصلی تقسیم‌بندی می‌شوند:

۱ بارهای قائم

۲ بارهای جانبی ناشی از فشار رانشی بتن تازه

۳ بارهای افقی

۴ بارهای ویژه

۵ بارهای ناشی از پس کشیدگی

قالب‌ها را می‌باید به‌گونه‌ای طراحی کرد که بتوانند بارهای وارده را پیش از آنکه سازهٔ بتنی مقاومت کافی را به‌دست آورد، با ایمنی مناسبی تحمل کنند.

سیستم‌های سازه‌ای قالب‌های انواع اعضای بتنی

سیستم سازه‌ای قالب‌های دال‌ها: بارهای قائم وارد بر این قالب‌ها مستقیماً بر صفحهٔ رویهٔ قالب وارد می‌آید. این بارهای وارده از طریق صفحهٔ رویه به تیرچه ها، و از طریق تیرچه‌ها به تیرک‌ها، و از طریق تیرک‌ها به پایه‌ها (شمع‌ها) منتقل می‌گردند.

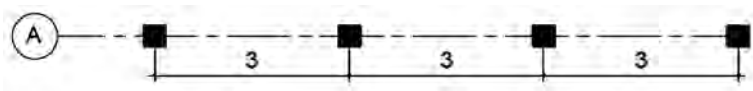
سیستم سازه‌ای قالب‌های دیوارها: در این قالب ها، فشار رانشی بتن تازه بر صفحهٔ رویهٔ قالب وارد می‌آید. نیروی ناشی از این فشار از طریق صفحهٔ رویه به پشت‌بندهای قائم، و از طریق پشت بندهای قائم به پشت‌بندهای افقی به عضو کششی‌ای که بولت نامیده می‌شود منتقل می‌گردد. وادارها نیروی ناشی از بار باد و نیز ناشی از ضربه‌ها و نیروهای حین کار را تحمل می‌کنند.

سیستم سازه‌ای قالب‌های ستون‌ها: در این نوع قالب ها، فشار رانشی بتن تازه بر صفحهٔ رویهٔ قالب وارد می‌آید. این نیروها به پشت بندهای قالب منتقل می‌شوند. نیروهای ناشی از رانش بتن تازه موجب ایجاد نیروی کششی در یوغ‌ها می‌گردد. وادارها نیروی ناشی از بار باد و نیز ناشی از ضربه‌ها و نیروهای حین کار را تحمل می‌کنند.

پودمان ۳

اجرای ستون

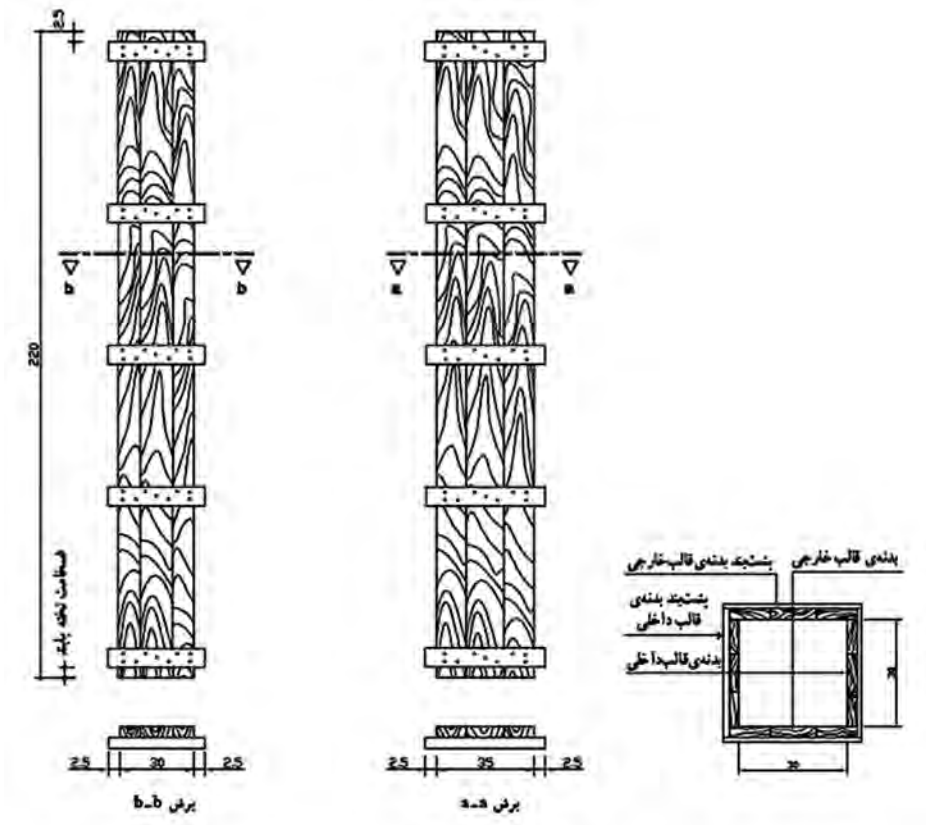
در این پودمان، ضمن شناخت ستون و نقش آن در سازه، ضوابط آرماتوربندی و قالب‌بندی آن و نیز نقشه‌خوانی و تهیه جدول لیستوفر ستون، در نهایت می‌بایست به عملیات اجرایی آن شامل ساخت قالب و آرماتوربندی ستون با انواع مقاطع مختلف مربع، مستطیل، شش ضلعی و در صورت امکان مقطع دایره‌ای پرداخته شود لذا مطابق آنچه در پودمان 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.



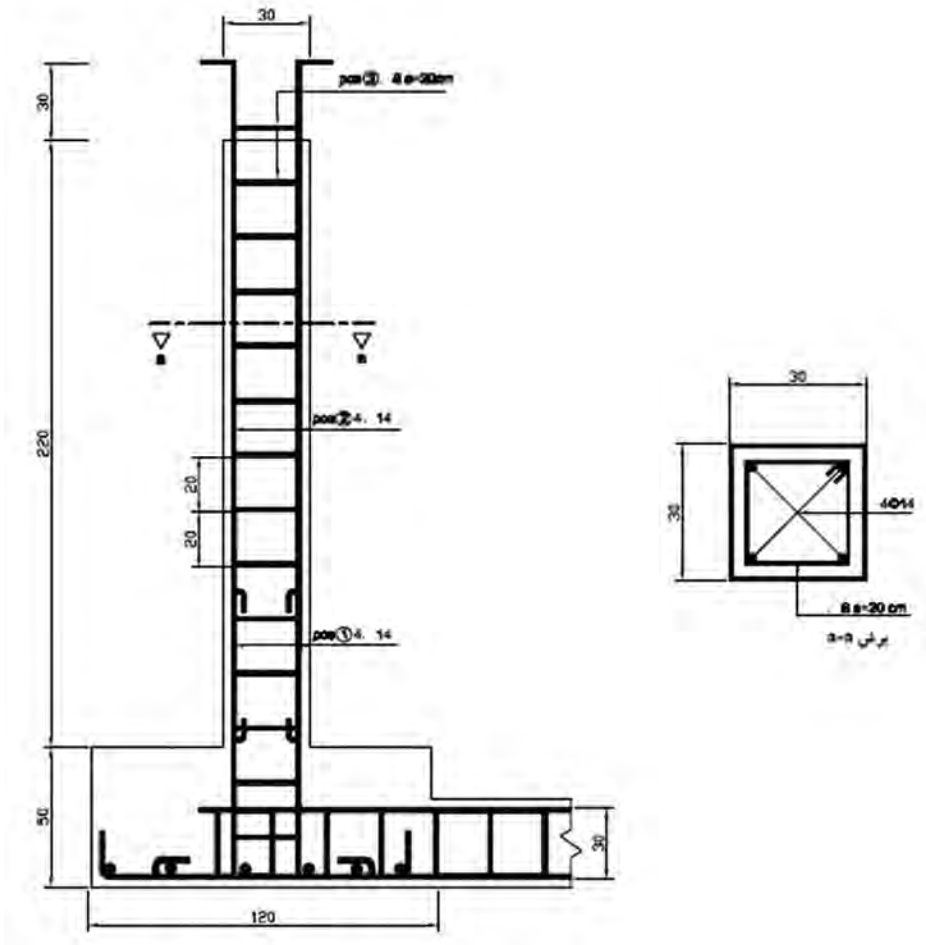
شکل ۳ـ۱

جدول برنامه پیشنهادی و بودجه‌بندی پودمان سوم کتاب اسکلت‌سازی ساختمان

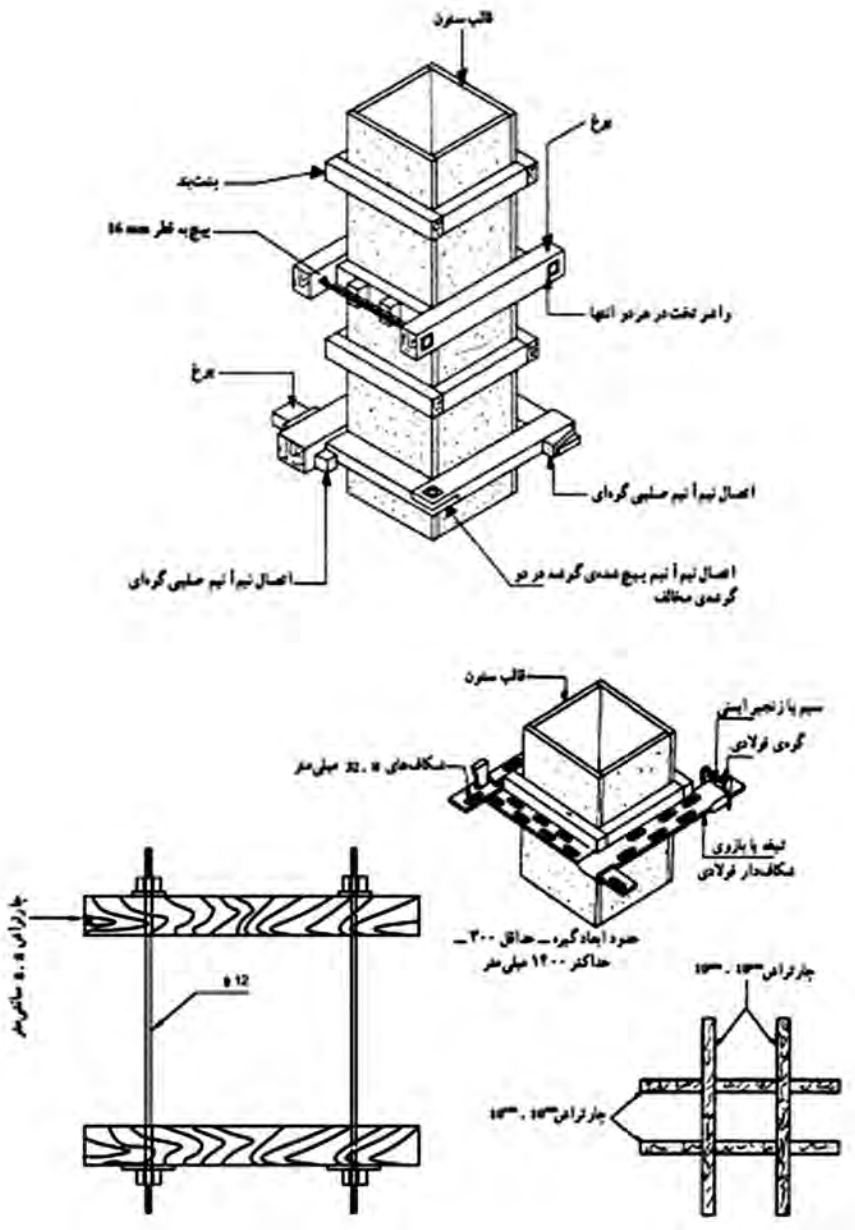
ردیف	تقویم آموزشی	عنوان و شرح کار
۱	هفته اول بهمن	آشنایی با ستون و ضوابط آرماتوربندی آن، قالب‌بندی فلزی و آرماتوربندی ستون با مقطع مربع
۲	هفته دوم بهمن	قالب‌بندی فلزی و آرماتوربندی ستون با مقطع مستطیل
۳	هفته سوم بهمن	قالب‌بندی و آرماتوربندی ستون با مقطع شش ضلعی
۴	هفته چهارم بهمن	ارزشیابی پایانی فصل سوم



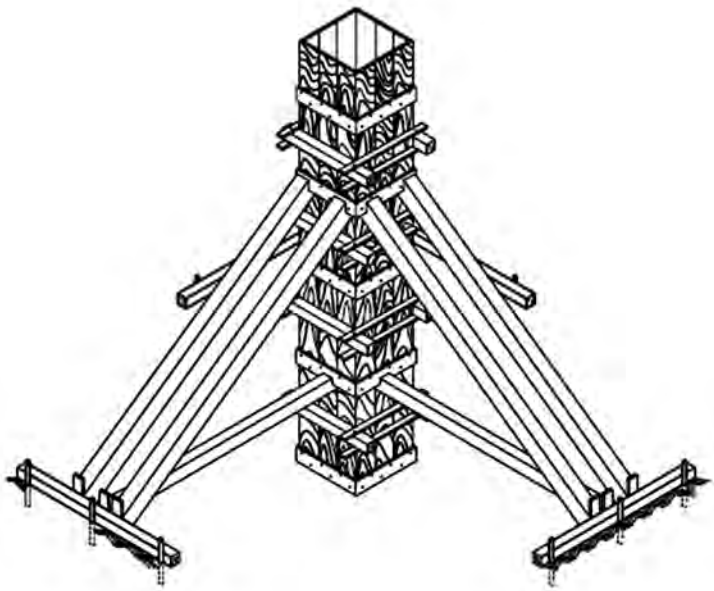
شکل ۳ـ۲ـ قالب ستون



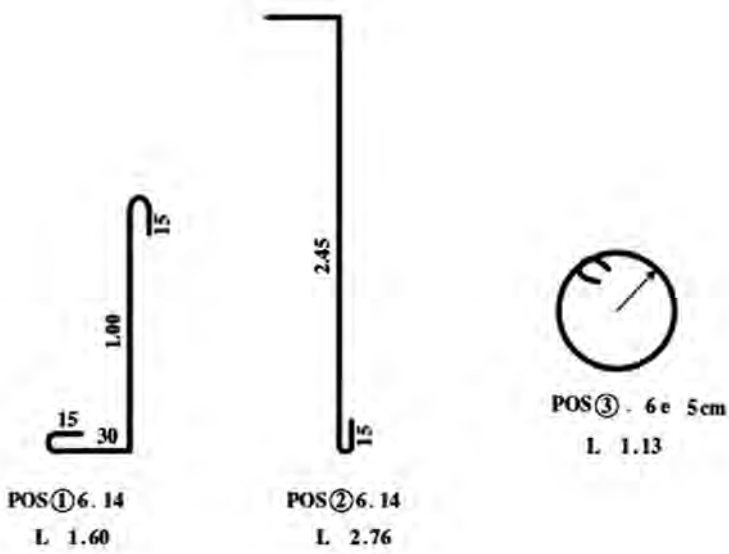
شکل ۳ـ۳ـ آرماتوربندی



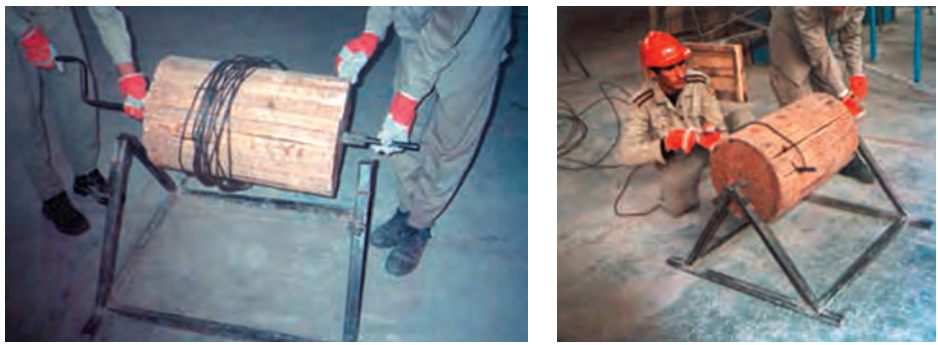
شکل ۳ـ۴ـ انواع یوغ



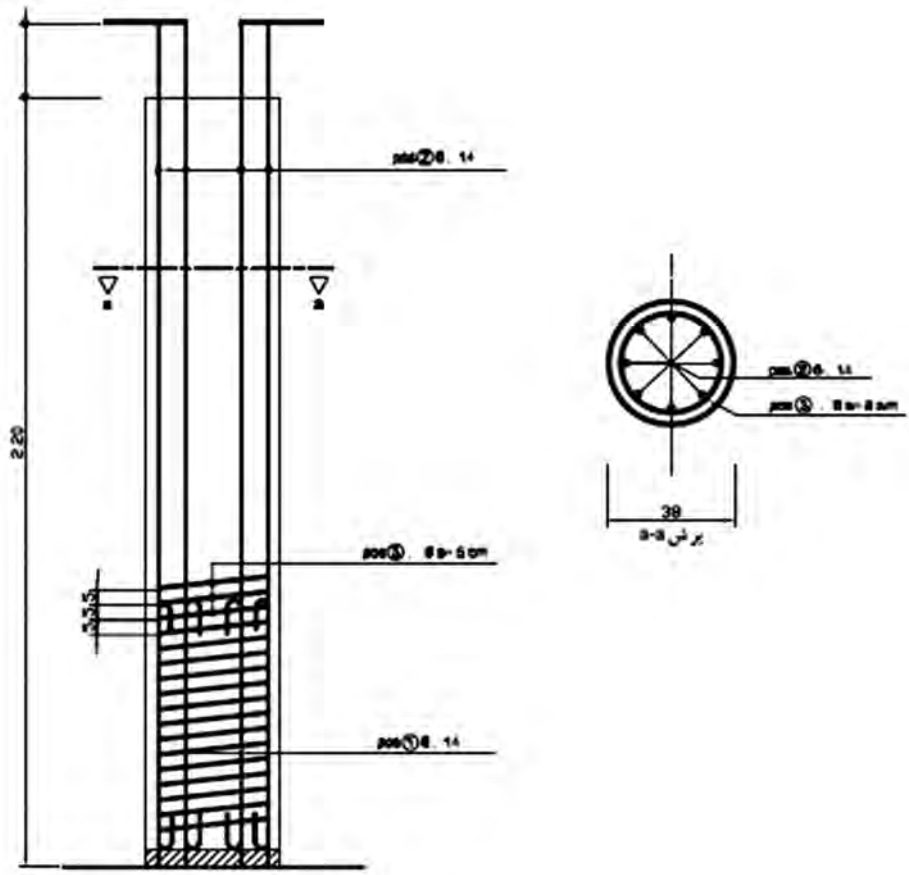
شکل ۳ـ۵



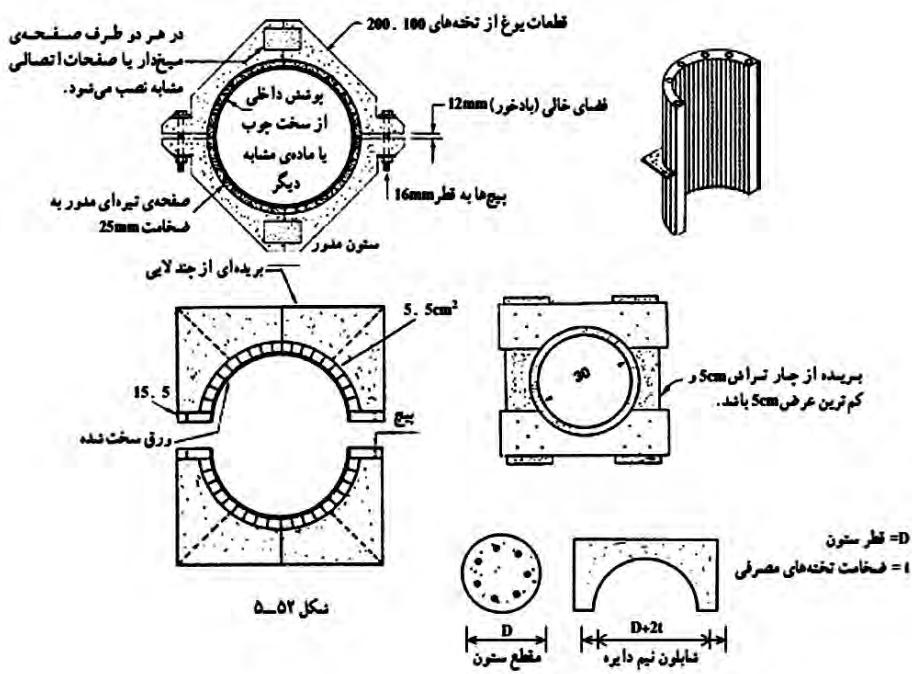
شکل ۳ـ۶



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.

پودمان ۴

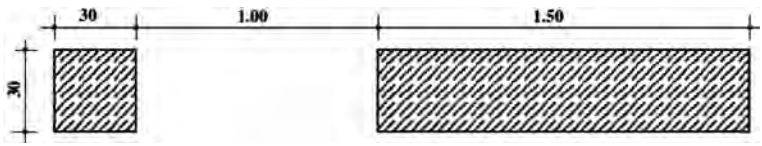
اجرای تیر بتنی

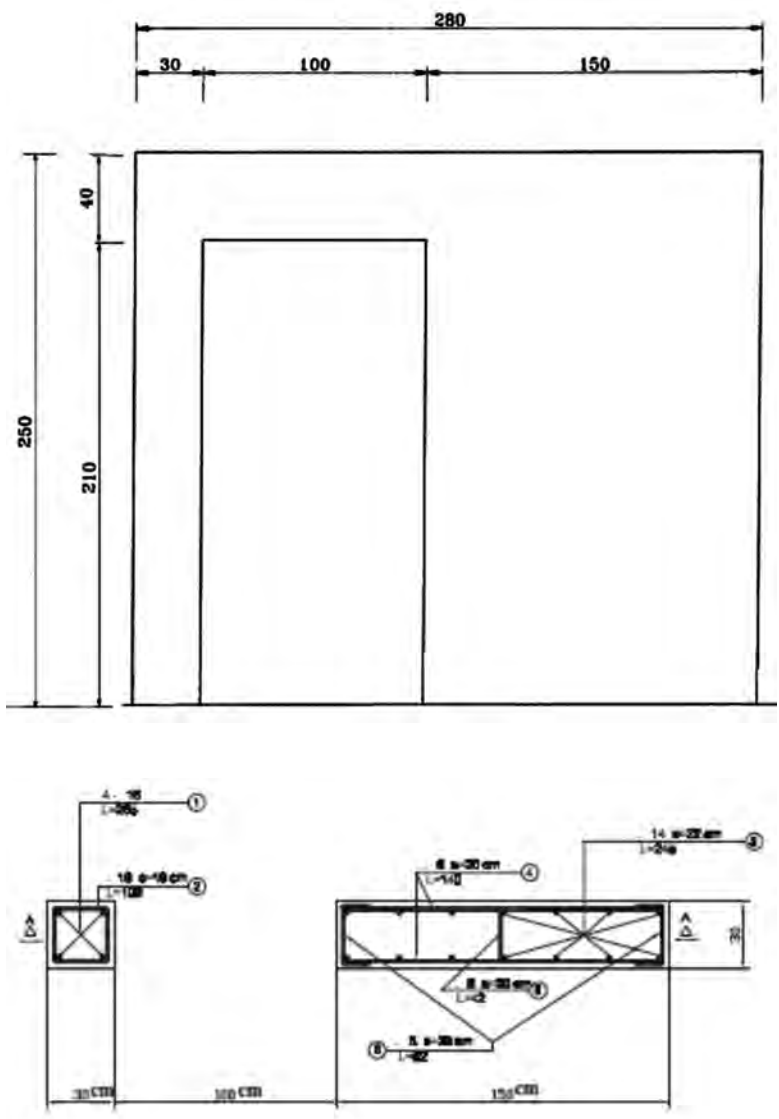
جدول برنامه پیشنهادی و بودجه‌بندی پودمان چهارم کتاب اسکلت‌سازی ساختمان

ردیف	تقویم آموزشی	عنوان و شرح کار
۱	هفته اول اسفند	آشنایی با تیر و نقش آن در سازه، قالب‌بندی و آرماتوربندی پوتر بتنی
۲	هفته دوم اسفند	قالب‌بندی و آرماتوربندی پوتر بتنی
۳	هفته سوم اسفند	قالب‌بندی فلزی و آرماتوربندی دیوار، پوتر و ستون بتنی
۴	هفته چهارم اسفند	ارزشیابی پایانی فصل چهارم

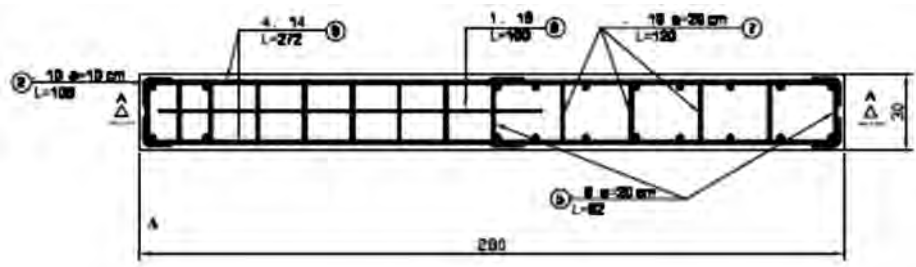
در این پودمان نیز همانند پودمان‌های قبل اهداف آموزشی به دو بخش دانش و مهارت در ارتباط با تیرهای بتنی، رفتار و نقش آنها در سازه، نقشه خوانی و تهیه جدول لیستوفر تیرها و در نهایت قالب‌بندی و آرماتوربندی تیرها توام با ضوابط فنی و آیین‌نامه‌ای مربوط به آنها مد نظر می‌باشد. لذا لازم است پس از ارائه مباحث دانشی مربوط به تیرها، جهت انجام عملیات اجرایی قالب‌بندی و آرماتوربندی تیر مطابق جدول پیشنهادی و بودجه‌بندی این پودمان، با تقسیم‌بندی هنرجویان به دو گروه قالب بند و آرماتور بند طی دو هفته به انجام عملیات اجرایی مورد نظر پرداخته شود. در این خصوص نیز لازم است جهت مدیریت زمان و منابع، همانند پودمان‌های ستون و فونداسیون، قطعات قالب و آرماتور مورد نیاز مطابق نقشه و به تعداد گروه‌های کلاس از قبل آماده و بسته‌بندی شده، به همراه نقشه مورد نظر در اختیار هر گروه قرار گیرد و هنرجویان با راهنمایی شما همانند یک پازل (جورچین) اقدام به اجرای نقشه مورد نظر نمایند و پس از ارزشیابی پایانی قطعات قالب و ارماتور هرگروه جمع‌آوری و بسته‌بندی شده جهت استفاده در سال‌های آتی در انبار کارگاه نگهداری شوند.

در هفته سوم از این پودمان آموزشی پیشنهاد می‌گردد با استفاده از قالب‌های فلزی موجود در کارگاه، و تقسیم هنرجویان به دو گروه قالب‌بند و آرماتور بند، اجرای قالب دیوار، ستون و پوتر بتنی مطابق نقشه زیر از آنها خواسته شود.

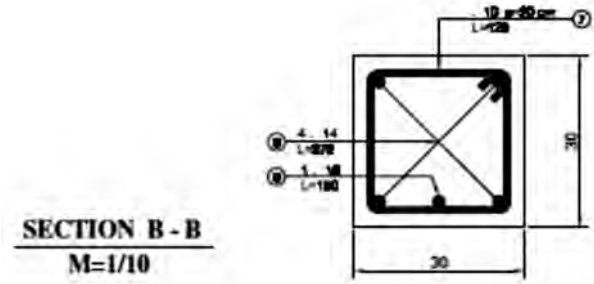




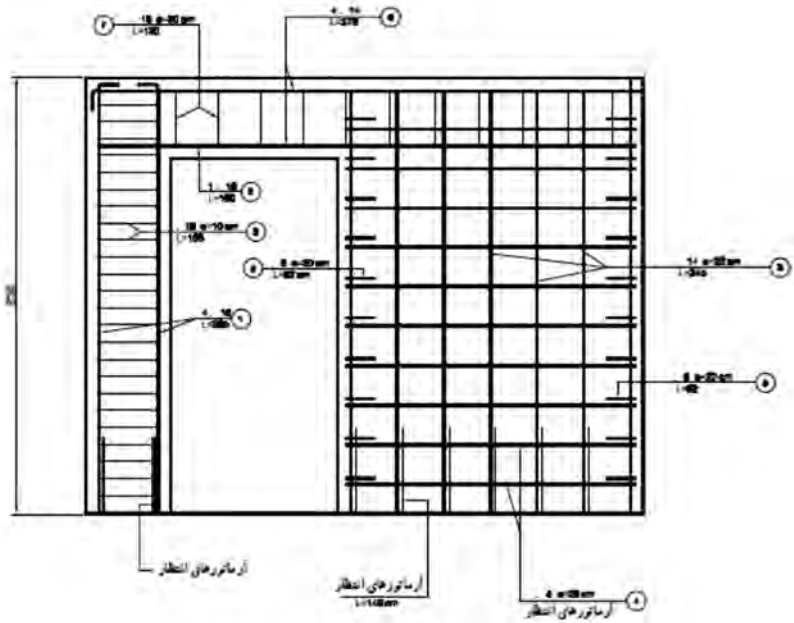
پلان ستون و دیوار



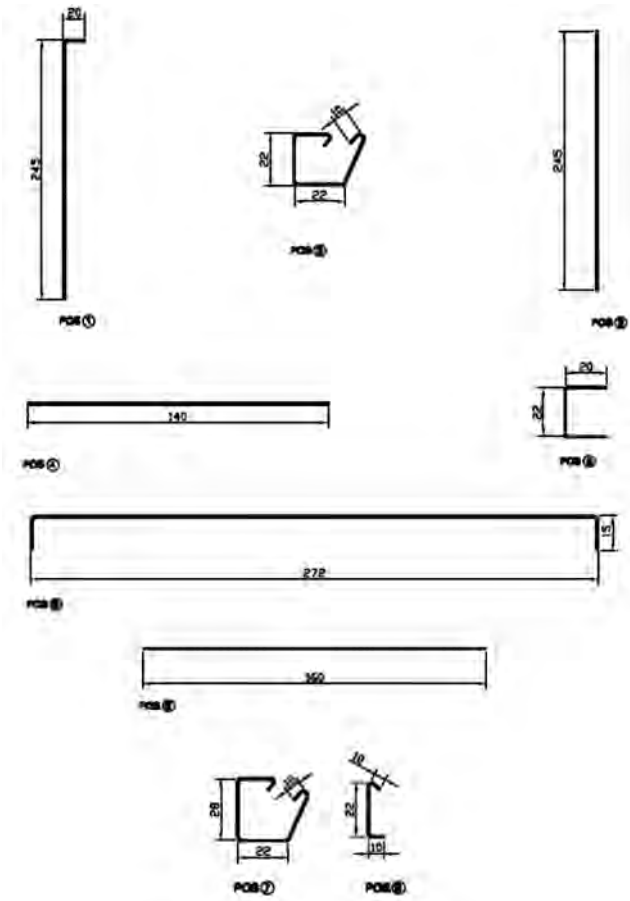
پلان پوتر_ دیوار و ستون



SECTION B - B
M=1/10

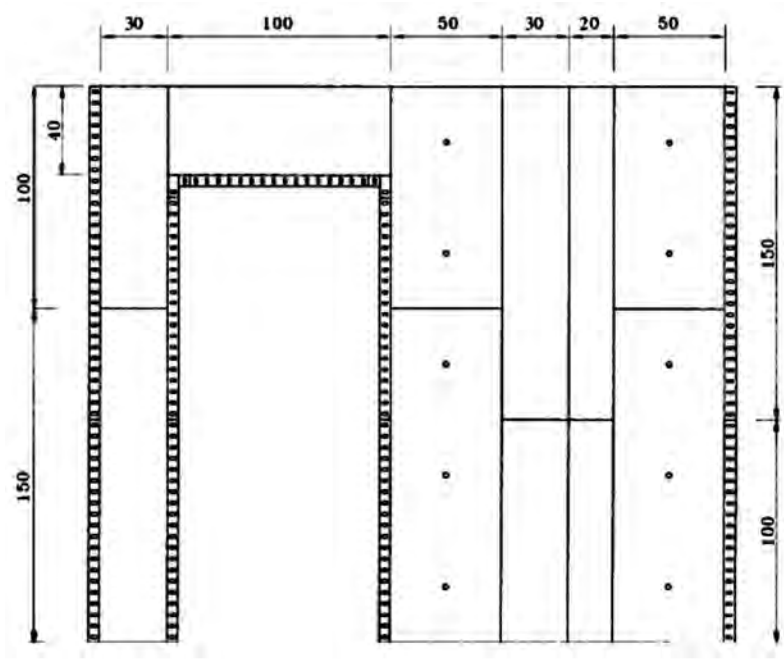


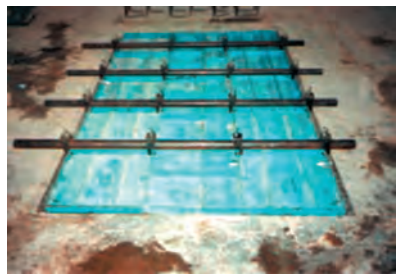
SECTION A - A

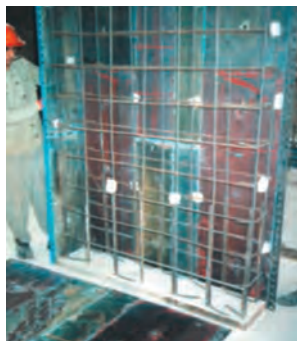

20
245
22
22
POS①
POS③
245
POS②
140
POS④
20
22
POS⑤
272
15
POS⑥
350
POS⑧
20
22
POS⑦
10
22
15
POS⑨

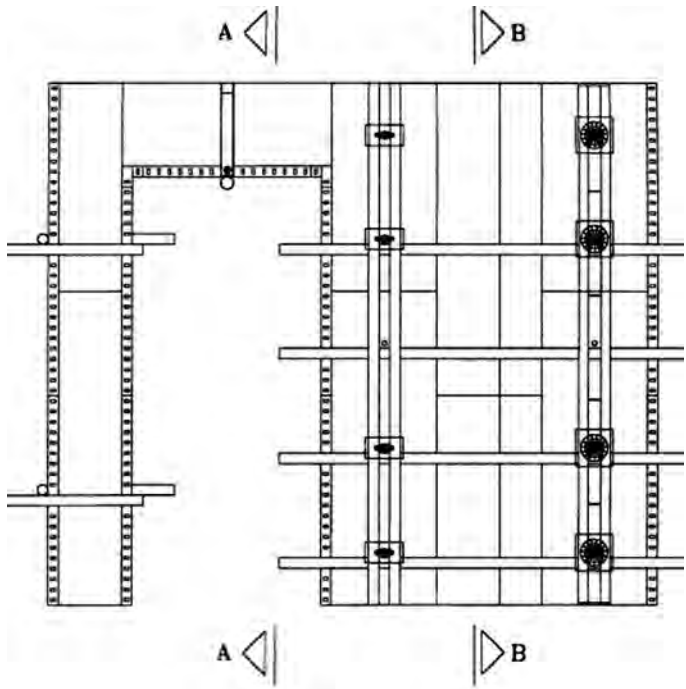
جدول ۴ـ۱ـ فهرست میلگردهای مصرفی

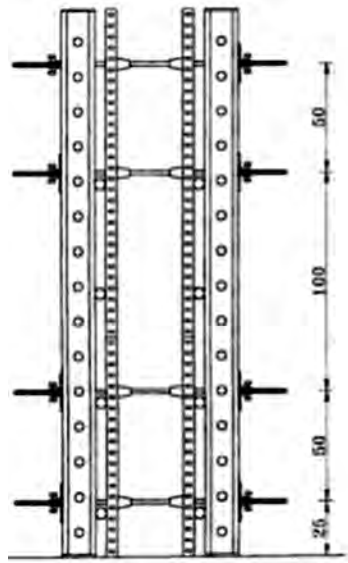
شمارهٔ پزیسیون	۶ (میلی‌متر)	طول (متر)	تعداد	طول کلی هر پزیسیون									
				۶ ۸	۶ ۱۰	۶ ۱۴	۶ ۱۶						
نقل از صفحهٔ شماره:													
۱	۱۶	۲/۶۵	۴				۱۰/۶						
۲	۱۰	۱/۰۸	۲۵		۲۷								
۳	۱۴	۲/۴۵	۱۴			۳۴/۳							
۴	۸	۱/۴۰	۲۶	۴/۳۶									
۵	۸	۰/۶۲	۲۶	۱۶/۱۳									
۶	۱۴	۲/۷۲	۴			۱۰/۸۸							
۷	۱۰	۱/۲۰	۱۲		۱۴/۴								
۸	۱۶	۱/۶	۱				۱/۶						
۹	۸	۰/۴۲	۳	۱/۲۶									
نقل به صفحهٔ بعد													
طول کل هر سایز (متر)					۵۳/۷۸	۴۱/۴	۴۵/۱۸	۱۲/۲					
وزن واحد طول (کیلوگرم بر متر)					۰/۳۹۵	۰/۶۱۷	۱/۲۱	۱/۵۸					
وزن کل هر سایز (کیلوگرم)					۲۱/۲۴	۲۵/۵۴	۵۴/۶۷	۱۹/۲۸					
وزن میلگرد مصرفی				۱۲۰/۷۳kg									


30
100
50
30
20
50
40
100
150
150
100

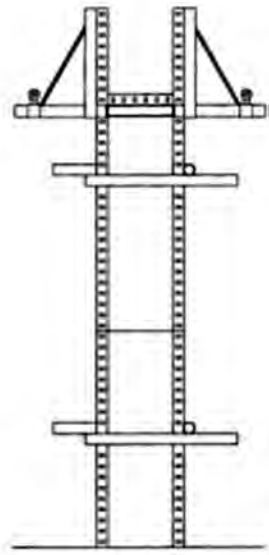




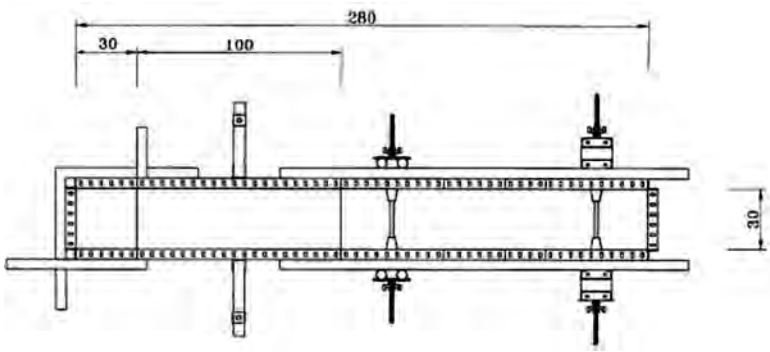




برش B-B



برش A-A



شکل پلان قالب‌بندی آموزشی

ضوابط آیین‌نامه‌ای اجرای بتن (ساخت، حمل و نقل، ریختن و عمل‌آوری بتن)

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 پروانهٔ مهارت فنی و یا گواهی لازم از مراجع ذی‌صلاح باشند.

تجهیزات و وسایل

الف) تمام وسایلی که برای مخلوط کردن و انتقال بتن به‌کار می‌روند باید تمیز باشند.
ب) پیمانه کردن مصالح تشکیل‌دهندهٔ بتن باید تا حد امکان به طریق وزنی انجام گیرد. این امر در بتن‌های سازه‌ای الزامی است.
پ) رواداری توزین هریک از اجزای تشکیل‌دهنده بتن ۳٪± است.
ت) دقت و حساسیت ترازوها و سایر قسمت‌های توزین باید ۴٪± کل ظرفیت دستگاه باشد.

آماده‌سازی محل بتن‌ریزی

الف) تمامی مواد زاید از جمله یخ و زواید قالب‌بندی باید از محل‌های مورد بتن‌ریزی زدوده و برداشته شوند.
ب) قالب‌ها باید به نحوی مناسب تمیز شده و با روغن قالب اندود شوند.
پ) مصالح بنایی که در تماس با بتن خواهند بود باید به خوبی خیس شوند.
ت) تمامی میلگردها باید قبل از بتن‌ریزی کاملاً تمیز شده و عاری از پوشش‌های آلاینده باشند.
ث) قبل از ریختن بتن، باید آب اضافه از محل بتن‌ریزی خارج شود. مگرآنکه استفاده از قیف و لولهٔ مخصوص بتن‌ریزی در آب (ترمی) مورد نظر باشد.
ج) قبل از ریختن بتن جدید بر روی بتن سخت شدهٔ قبلی باید لایهٔ ضعیف احتمالی سطح بتن قبلی و هر نوع مادهٔ زاید دیگر آن زدوده شود.

اختلاط بتن

بتن باید به‌گونه‌ای در داخل مخلوط‌کن ریخته شده و مخلوط شود که تمامی مواد تشکیل‌دهندهٔ آن به‌صورت همگن در مخلوط‌کن پخش شوند. قبل از پرکردن مجدد، باید مخلوط‌کن را به‌طور کامل تخلیه کرد. برای توزیع یکنواخت افزودنی‌های شیمیایی در حجم بتن باید ضمن استفاده از تجهیزات مناسب، دقت لازم به‌کار گرفته شده و دستورالعمل کارخانهٔ سازنده نیز رعایت شود. مخلوط‌کردن مواد افزودنی با بخشی از آب اختلاط، پیش از افزودن به مخلوط‌کن الزامی است.

بتن آماده

بتن آماده باید مطابق استانداردهای (مشخصات بتن آماده) یا (مشخصات بتن تهیه شده از طریق پیمانه‌کردن حجمی و اختلاط پیوسته) مخلوط و تحویل شود.
بتن مخلوط شده در کارگاه باید مطابق ضوابط زیر تهیه شود.

۱ اختلاط بتن با مخلوط‌کن مورد تأیید دستگاه نظارت انجام گیرد.
۲ مخلوط‌کن باید با سرعت توصیه شده از طرف کارخانهٔ سازنده چرخانده شود. این سرعت می‌باید بین ۶ تا ۸ دور در دقیقه باشد. سرعت دوران دیگ کامیون‌های مخلوط‌کن در حالت همزن، به منظور جلوگیری از جداشدگی اجزای بتن، می‌باید بین ۲ تا ۶ دور در دقیقه باشد.
۳ ترتیب ورود مواد متشکلهٔ بتن به داخل مخلوط‌کن باید متناسب با نوع مخلوط‌کن و نوع بتن باشد. رعایت دستورالعمل کارخانهٔ سازنده مخلوط‌کن در این زمینه الزامی است.
۴ عمل اختلاط باید حداقل تا ۱/۵ دقیقه، پس از ریختن تمامی مواد تشکیل‌دهنده به داخل مخلوط‌کن ادامه یابد.

۵ اختلاط با کامیون‌های مخلوط‌کن باید بر اساس ضوابط مندرج در استانداردهای ملی ایران صورت گیرد.
۶ نقل و انتقال، پیمانه‌کردن و اختلاط مصالح بتن باید با ضوابط استاندارد (مشخصات بتن آماده) یا (مشخصات بتن تهیه شده از طریق پیمانه‌کردن حجمی و اختلاط پیوسته) مطابقت داشته باشد.
۷ سابقهٔ کار روزانه باید برای تمامی مخلوط‌های ساخته شده در کارگاه به‌طور تفصیلی و مشتمل بر مشخصات بتن از جمله موارد زیر، نگهداری شود:

الف) نسبت‌های به‌کار 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 ساختمان
ث) زمان و تاریخ اختلاط و بتن‌ریزی

بتن آماده ممکن است به یکی از چهار طریق زیر تهیه شود:

۱ تمامی عملیات ساخت در بتن‌ساز مرکزی، انجام و بتن ساخته شده با تراک میکسر و با سرعت همزن دستگاه به محل کار حمل شود.
۲ عمل اختلاط، قسمتی در مخلوط‌کن ثابت و قسمتی در تراک میکسر انجام می‌شود.
۳ عمل اختلاط، کلاً در تراک میکسر انجام می‌شود.
۴ اختلاط حجمی مصالح به‌صورت خشک در میکسر متحرک، انجام و آب به‌صورت پیوسته به جام مخلوط‌کن اضافه می‌شود.

کامیون با جام دوار: مقدار دوران و چگونگی اختلاط، هم‌زدن و تخلیه، باید بر اساس توصیه‌های کارخانه سازنده و زیر نظر دستگاه نظارت تعیین شود. حداکثر زمان برای حمل پس از اضافه شدن سیمان به جام مخلوط‌کن با احتساب زمان تخلیه بتن، نباید از ۹۰ دقیقه تجاوز نماید. چنانچه به علت گرمای محیط، امکان گیرش سریع‌تر بتن وجود داشته باشد، با نظر دستگاه نظارت زمان مذکور تقلیل خواهد یافت.

تراک میکسر: ممکن است تمامی مراحل ساخت بتن در تراک میکسر انجام شود. در این حالت پس از وارد شدن همه عوامل متشکله بتن به جام مخلوط‌کن، چرخش جام باید براساس توصیه کارخانه سازنده با توجه به مشخصات آن صورت گیرد. در این حالت در شرایط معمولی، جام بایستی با سرعت اختلاط حدود ۷۰ تا ۱۰۰ دور دوران نماید. چنانچه زمان حمل و تخلیه بیش از زمان لازم برای دوران فوق باشد، در بقیه مدت زمان حمل باید جام با سرعت همزن یا بدون هم‌زدن حمل شود و قبل از تخلیه بتن درون قالب، ۱۰ تا ۱۵ دور با سرعت اختلاط بچرخد. در این روش ساخت، حداکثر بتن ساخته شده در هر مرحله، نباید از (۶۳٪) حجم اسمی تراک میکسر تجاوز نماید.

اختلاط دو مرحله‌ای: در این روش عمل اختلاط به مدت ۱۵ تا ۳۰ ثانیه در بتن‌ساز ثابت و بقیه تا تکمیل اختلاط در تراک‌میکسر انجام می‌شود.

اختلاط خشک: در این روش مصالح خشک به‌صورت جداگانه در جام ریخته و آب در مخزنی مجزا و خارج از جام اصلی توسط تراک‌میکسر تا محل مصرف حمل می‌شود. در محل مصرف آب با فشار از ابتدا و انتهای مخزن وارد جام شده و جام با سرعت اختلاط ۷۰ الی ۱۰۰ دور می‌چرخد. این روش برای مواقعی مورد استفاده است که نقاط مصرف اجباراً نسبت به منبع اصلی مصالح دور بوده و کار به‌صورت پراکنده انجام می‌شود. باید توجه داشت که مصالح سنگی وارد شده به جام کاملاً خشک باشد، تا عمل آب‌گیری سیمان شروع نشود. حجم بتن ساخته شده در هر ساخت، نباید از (۶۳٪) ظرفیت اسمی تراک‌میکسر تجاوز نماید.

اختلاط با دست: ساخت و اختلاط بتن‌های سازه‌ای با دست به هیچ وجه مجاز نیست، ساخت و اختلاط بتن‌های غیر سازه‌ای با دست، مشروط بر رعایت نکات زیر مجاز است:

- حداکثر حجم بتن برای هر بار ساخت با دست، ۳۰۰ لیتر است.
- برای تهیه بتن، ابتدا روی یک سطح صاف، تمیز و غیر قابل نفوذ شن به‌صورت یکنواخت ریخته، سپس روی آن ماسه یکنواخت پخش می‌شود. در هر حالت ضخامت دو قشر، نبایستی از ۳۰ سانتی‌متر تجاوز نماید.
- سیمان خشک به‌صورت یکنواخت روی مصالح سنگی، پخش و سپس با وسایل مناسب به طورکامل مخلوط می‌شود.
- پس از اختلاط کامل مصالح، آب به تدریج به مخلوط، اضافه و به‌طور یکنواخت مخلوط می‌شود تا بتن همگن به دست آید.
- چنانچه از پیمانه‌های حجمی استفاده شود، باید وزن مصالح سنگی خشک قبلاً با روش اشتو T۱۹ به دقت، اندازه‌گیری و پیمانه‌های حجمی بر این اساس ساخته شده باشد.
- بتن ساخته شده با دست، باید حداکثر ۳۰ دقیقه پس از ساخت مصرف شود.

حمل بتن

انتقال بتن از مخلوط‌کن تا محل نهایی بتن‌ریزی باید چنان صورت گیرد که از جداشدن یا از بین رفتن مصالح جلوگیری شود.

روش‌های مختلفی برای حمل بتن از محل ساخت تا مصرف، معمول و متداول است. هریک از روش‌های حمل دارای محاسن و معایبی می‌باشد و انتخاب هریک از آنها بستگی به شرایط پروژه، مشخصات مصالح متشکله، میزان و حجم بتن، زمان حمل و بالاخره شرایط آب و هوایی محل ساخت خواهد داشت.

انتخاب روش حمل باید چنان صورت گیرد که در فاصله زمانی حمل، نسبت آب به سیمان، اسلامپ، میزان هوا و نهایتاً یکنواختی بتن، دست خوش تغییرات قابل ملاحظه‌ای نگردد. در انتخاب روش حمل باید به جدا شدن مواد از یکدیگر،

آب‌انداختن و یا داخل شدن مواد خارجی به داخل بتن توجه خاص مبذول گردد. حتی‌الامکان باید محل ساخت بتن و محل اجرا به هم نزدیک باشد تا نقل و انتقال بتن به حداقل ممکن کاهش یابد. بدین لحاظ پیمانکار باید محل ساخت بتن، روش حمل و نقل و نوع و مشخصات ماشین‌آلات حمل را قبلاً به تأیید دستگاه نظارت برساند. در پاره‌ای موارد ساخت بتن در دستگاه حمل‌کننده بتن صورت می‌گیرد که بعداً بدان اشاره خواهد شد.

وسایل حمل و نقل بتن باید دارای اندازه و مشخصاتی باشند که با توجه به برنامه اجرایی کارها همواره بتوان با ضریب اطمینانی قابل قبول، جریان یکنواخت و ممتد بتن را به محل اجرا تضمین نمود. پیمانکار موظف است در انتهای هر مرحله بتن‌ریزی (در پایان هر قسمت از کار یا پایان هر روز کاری) وسایل حمل و نقل را، تمیز و پاکیزه نموده و آنها را برای مرحله بعدی آماده نماید.

وسایل انتقال بتن

وسایل انتقال بتن باید امکان رساندن بتن به پای کار را طوری تأمین کنند که مواد تشکیل‌دهنده جدا نشوند و حالت خمیری بتن، بین بتن‌ریزی‌های متوالی از دست نرود. وسایل و روش‌های مختلف حمل، عبارت‌اند از:

تراک‌میکسر: می‌توان بتن ساخته شده در بتن‌ساز مرکزی را با تراک‌میکسر حمل نمود. تراک‌میکسر باید بعد از بارگیری با سرعت هم زن یا ثابت بسته به فاصله حمل حرکت نماید. کل زمان حمل، نباید از مدت زمان مجاز تجاوز نماید و حجم بتن حمل شده، نباید از (۸۰٪) ظرفیت اسمی تراک‌میکسر بیشتر باشد.

تراک با جام ثابت: در این روش جام بتن با همزن یا بدون همزن با بازشو از بالا یا از کف بر روی تراک حمل می‌شود. سیستم دارای دریچه تخلیه و ویبراتور در محل تخلیه برای تأمین جریان منظم بتن می‌باشد. این روش، خاص جاده‌های هموار است و زمان حمل، نباید از ۴۵ دقیقه تجاوز نماید.

جام انتقال با ریل: هنگامی که محل مصرف به کارگاه ساخت بتن نزدیک باشد، معمول‌ترین روش برای انتقال بتن‌های حجیم، استفاده از جام، ریل و کابل است. باید هنگام حمل و تخلیه با جام دقت شود که جداشدگی در اجزای متشکله بتن رخ ندهد. زمان حمل با روش‌های فوق نباید از ۴۵ دقیقه تجاوز نماید.

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) بتن، سازه‌ای نباشد.

پ) فاصلهٔ حمل در چرخ‌های دستی حداکثر ۶۰ متر و در دامپر حداکثر ۱۲۰ متر باشد.
ت) وسایل مزبور دارای چرخ‌های لاستیکی و مسیر حمل کاملاً صاف وافقی باشد.
ناوه شیب‌دار: ناوه شیبدار، باید فلزی یا دارای روکش فلزی بوده، کاملاً آب بند باشد و شیب آن، ثابت و به‌گونه‌ای اختیار شود که هنگام حمل، عمل جدایی در اجزای بتن حادث نشود. در انتهای ناوه، باید قیف قائم برای تخلیه بتن به قالب پیش‌بینی شود. با توجه به شرایط آب و هوایی محل کار، کنترل اسلامپ و سایر مشخصه‌های اصلی بتن توسط دستگاه نظارت صورت می‌گیرد.
تلمبه کردن بتن: در انتقال بتن به وسیلهٔ پمپ، حداکثر نسبت اندازهٔ سنگدانه‌ها به کوچک‌ترین قطر داخلی لولهٔ انتقال بتن نباید از مقادیر زیر تجاوز کند:
الف) ۰/۳۳ برای سنگدانه‌های تیز گوشه
ب) ۰/۴ برای سنگدانه‌های گرد گوشه
باکت یا جام: دریچهٔ تخلیه باکت باید در کف آن تعبیه شده باشد و بایستی دارای تعداد بازشو کافی باشد. ابعاد دهانهٔ بازشو نباید از طول قائم باکت و ۵ برابر قطر بزرگ‌ترین سنگدانه کمتر باشد. زاویهٔ شیب جدار باکت در محل تخلیهٔ آن نباید از ۶۰ درجه کمتر باشد. تخلیهٔ بتن به داخل باکت باید به طور قائم و در مرکز آن باشد. چنانچه بتن داخل باکت، مستقیماً و یا از طریق ناوهٔ شیب‌دار به داخل قالب تخلیه می‌شود، باید در انتهای نقطهٔ تخلیه و توسط محفظهٔ هدایت که ارتفاع آن حداقل ۶۰۰ میلی‌متر می‌باشد، به محل نهایی ریخته شود.

بتن‌ریزی

- بتن باید تا حد امکان نزدیک به محل نهایی خود ریخته شود تا از جدایی دانه‌ها بر اثر جابه‌جایی مجدد جلوگیری شود.
- روند بتن‌ریزی باید طوری باشد که بتن در هنگام ریختن و جای دادن به حالت خمیری باقی بماند و بتواند به راحتی به فضاهای بین میلگردها راه یابد.
- درصورتی که اسلامپ بتن در موقع تحویل برای مصرف کمتر از میزان مقرر باشد، باید از مصرف آن خودداری شود. با این وجود افزودن اسلامپ بتن تا هنگامی که هنوز از مخلوط‌کن تخلیه نشده، فقط با اجازه دستگاه نظارت و با افزودن دوغاب سیمان یا بدون مواد افزودنی روان کننده میسر می‌باشد مشروط بر اینکه نسبت آب به سیمان از حداکثر مقدار مجاز طرح فراتر نرود.
- بتنی که به حالت نیمه سخت در آمده و گیرش آن شروع شده و یا به مواد زیان‌آور بیرونی آلوده شده است، نباید در بتن‌ریزی قطعات سازه‌ای به کار رود.
- بتن‌ریزی باید از آغاز تا پایان، به‌صورت عملیاتی سریع و پیوسته در محدودهٔ مرزها یا درزهای از پیش تعیین شدهٔ قطعات ادامه یابد. درزهای اجرایی مورد نیاز باید با ضوابط مندرج در این مقررات مطابقت داشته باشد.

- سطح بتن ریخته شده به‌صورت لایه‌های افقی، باید تراز باشد.
- استفاده از مواد حباب‌زا و ساخت بتن با حباب هوا برای بتن‌هایی که در معرض یخ زدن و آب شدن‌های متوالی قرار می‌گیرند، الزامی است.

بتن‌ریزی شالوده: درصورت سست بودن محل شالوده، باید عملیات پی‌کنی تا تراز زمین سخت (با مقاومت مورد نظر) ادامه یافته و حفاری اضافی با مصالح مورد تأیید دستگاه نظارت تا تراز زیر شالوده پرشده و تحکیم یابد. بستر شالوده باید با حداقل ۱۰۰ میلی‌متر بتن مگر آماده و رگلاژ شود. در صورتی‌که به علت شرایط زمین شالوده، با نظر دستگاه نظارت، بستن قالب ضرورت نداشته باشد، پیمانکار باید با تعبیه پوشش‌های پلاستیکی و دیگر روش‌های مشابه، از جذب آب بتن تازه توسط زمین اطراف شالوده جلوگیری نماید.

بتن‌ریزی دال و سقف‌ها: بتن‌ریزی در دال‌ها باید در یک جهت و به‌طور متوالی انجام شود. محموله‌های بتن نباید در نقاط مختلف سطح و به‌صورت پراکنده ریخته و سپس پخش و تسطیح شوند. همچنین بتن نباید در یک محل و در حجم زیاد تخلیه و سپس به طور افقی در طول قالب حرکت داده شود. با توجه به حجم بتن و روش‌های حمل و تخلیه، عملیات باید به‌صورتی انجام شود که تا حد امکان از به‌وجود آمدن درز سرد در دال‌ها پرهیز گردد.در عملیات بزرگ، باید محل ختم بتن‌ریزی از قبل تعیین و در نقشه‌های اجرایی مشخص شود وعملیات تا محل درزهای اجرایی ادامه یابد. چنانچه بر اثر بروز اشکالات، توقف بتن‌ریزی حادث شود، باید محل قطع بتن‌ریزی برای ادامه عملیات بتن‌ریزی آماده شود.

بتن‌ریزی دیوارها، ستون‌ها و تیرهای اصلی: بتن‌ریزی دیوارها باید در لایه‌های افقی با ضخامت یکنواخت صورت گیرد و هرلایه، قبل از ریختن لایهٔ بعدی به طور کامل متراکم شود. میزان و سرعت بتن‌ریزی باید چنان باشد که هنگام ریختن لایهٔ جدید، لایهٔ قبلی در حالت خمیری باشد. عدم رعایت این نکته باعث ایجاد درز و نهایتاً عدم یکپارچگی بتن خواهد شد. پیمانه‌های اولیهٔ بتن باید از دو انتهای عضو ریخته شوند وسپس بتن‌ریزی به سوی قسمت مرکزی دیوار ادامه یابد. در تمام حالات باید از جمع شدن آب در انتها و گوشه‌ها جلوگیری شود. در بتن‌ریزی ستون‌ها و دیوارها تا حد امکان باید ارتفاع سقوط آزاد بتن را محدود نمود. این ارتفاع برای جلوگیری از جداً شدن اجزای بتن به ۱/۲ متر محدود می‌شود.

تراکم بتن

بتن باید در طول عملیات بتن‌ریزی با استفاده از وسایل مناسب متراکم شود. به‌گونه‌ای که میلگردها و اقلام مدفون را به طور کامل در بر گیرد و قسمت‌های داخلی و به خصوص گوشه‌های قالب‌ها را به خوبی پر کند. در بتن‌های خودتراکم، نیازی به استفاده از وسایل متراکم کننده نیست.

ویبراتور باید در داخل بتن به‌طور منظم و در فواصل مشخص به نحوی فرو برده

شود که دو قسمت لرزانیده شده با هم، هم پوشانی داشته باشند. قسمتی از ویبراتور باید در لایهٔ زیرین که هنوز حالت خمیری دارد، فرو رود.
ویبراتور باید تا حد امکان به‌صورت قائم وارد بتن گردد و به آرامی بیرون کشیده شود تا حباب هوا داخل بتن باقی نماند.
فاصلهٔ بین نقاط فرو بردن ویبراتور می‌باید حداکثر ۱٫۵ برابر شعاع عملکرد مؤثر ویبراتور باشد.
درصورت استفاده از ویبراتورهای متصل به قالب برای تراکم بتن دیوارها و ستون‌ها، طول ۸۰۰ میلی‌متری بالای این اعضا را می‌باید با ویبراتور شلنگی (درونی) نیز متراکم کرد.
در کارهای کوچک و محدود و مخلوط‌های خمیری و روان، می‌توان با اجازه دستگاه نظارت از میلهٔ 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 لایهٔ مربوط به همان مرحلهٔ بتن‌ریزی برسد. ضخامت میله باید چنان انتخاب شود که به راحتی از بین میل گردها عبور نماید.
تراکم بتن ستون‌ها می‌باید الزاما توسط ویبراتورهای ماشینی صورت گیرد. تراکم بتن می‌باید پیش از شروع گیرش سیمان صورت گیرد.

پرداخت سطح بتن

هدف از عملیات پرداخت سطح بتن افزایش مقاومت سایشی و کاهش نفوذپذیری یا فقط تراز کردن سطح بتن است. کاربرد عملیات پرداخت برای دال‌های طبقات، دال‌های کف روی زمین، و دال‌های پارکینگ ساختمان و انواع شالوده‌ها است.
مراحل پرداخت سطح: پرداخت سطح بتن باید طبق مراحل زیر انجام شود:
مرحله شمشه یا تراز کردن: هدف از شمشه کاری، تراز شدن سطح بتن به ارتفاع مورد نظر است. با حرکت دادن شمشه به سمت جلو پستی و بلندی سطح بتن تراز می‌شود.
مرحله ماله‌کشی با ماله دسته بلند یا کوتاه (تیکشی): هدف از ماله‌کشی با ماله دسته بلند و یا کوتاه حذف لبه‌های باقی مانده از شمشه کاری و پر کردن منافذ سطح بتن است.طول دسته ابزار بر مبنای سطح بتن انتخاب می‌شود. حرکت ابزار به سمت جلو و برگشت است. ابزار ماله‌کشی با ماله دسته بلند یا کوتاه یا مرحله انجام این عمل، به تیکشی نیز موسوم است.
مرحله ماله‌کشی: هدف از ماله‌کشی فرو بردن سنگدانه‌ها به درون بتن، حذف ناهمواری‌ها و تراکم سطح بتن است. ابزار ماله‌کشی به‌صورت دستی و مکانیکی وجود دارند. ابزار ماله دستی برای سطوح کم و نوع مکانیکی برای سطوح زیاد است. حرکت ابزار دستی به‌صورت اره‌ای و قوسی است.
پرداخت نهایی: هدف از پرداخت نهایی ایجاد سطح صاف و متراکم کردن سطح

بتن است. وسیله پرداخت نهایی مشابه ابزار ماله‌کشی است و فقط جنس ابزار پرداخت نهایی باید فولادی باشد.
جنس ابزار: جنس ابزار چوبی یا فولاد آلیاژی با آلیاژ منیزیمی است. جنس چوبی، سیمان و ماسه ریز و درشت را حرکت می‌دهد، اما جنس فولادی، سیمان و ماسه ریز را حرکت می‌دهد. بنابراین برای بتن‌های چسبنده مانند بتن حاوی فوق روان‌کننده و پوزولان، نباید از جنس چوبی استفاده شود، زیرا سبب کنده شدن سطح بتن می‌شود. فقط جنس ابزار پرداخت نهایی فولاد بدون آلیاژ است.
زمان توقف عملیات پرداخت: هرگاه در هنگام عملیات پرداخت، آب انداختن بتن مشاهده شد، باید عملیات پرداخت متوقف شود و اجازه داده شود که آب ناشی از آب انداختن تبخیر شود. اگر شرایط دما، رطوبت و باد به نحوی است که زمانی طولانی برای تبخیر آب سطحی نیاز است، می‌توان از چتایی استفاده کرد تا آب توسط چتایی جذب شود. همچنین می‌توان از دستگاه مکش استفاده کرد، اما کلاهک دستگاه باید مجهز به فیلتری باشد که فقط آب را از خود عبور دهد و از عبور ذرات سیمان جلوگیری کند. اما استفاده از پخش کردن سیمان بر روی سطح بتن برای جذب آب به هیچ وجه مجاز نیست. چنانچه در هنگام عملیات پرداخت، آب انداختن مشاهده شود، اما عملیات ادامه یابد منجر به ایجاد یک لایه نازک سست بر سطح بتن می‌گردد که به مرور زمان آن لایه از سطح جدا می‌شود و سنگدانه‌ها درمعرض کنده شدن قرار می‌گیرند که در طول زمان آن سنگدانه‌ها از بتن جدا می‌شوند و در نهایت باعث تخریب بتن می‌گردد.

عمل‌آوری

عمل‌آوری روندی است که رطوبت و دمای مطلوب بتن را حفظ یا تأمین کند تا فرآیند هیدراسیون ادامه یابد و خواص و دوام مورد نظر بتن حاصل شود.
روش‌های عمل‌آوری: روش‌های عمل‌آوری به دو گروه به شرح زیر تقسیم می‌شوند:
الف) روش آبرسانی: این روش شامل ایجاد حوضچه بر سطح افقی بتن و پوشش‌های خیس مانند چتایی است.
ب) روش عایقی: در این روش، رطوبت بتن حفظ می‌شود و از تبخیر آب بتن جلوگیری می‌گردد. این روش شامل پوشش‌ها مانند پلاستیک، قالب‌ها و مواد شیمیایی غشایی عمل‌آوری است.

چنانچه از روش آبرسانی برای عمل‌آوری استفاده می‌شود، باید روند عمل‌آوری به‌طور مستمر انجام گردد و در مدت عمل‌آوری نباید سطح بتن خشک باقی بماند. به‌خصوص اگر از چتایی خیس استفاده می‌شود، باید به‌طور دائم مرطوب نگاه داشته شود. برای حفظ رطوبت چتایی به مدت طولانی می‌توان از ورق پلاستیک روی چتایی خیس را پوشش داد.

استفاده از مواد شیمیایی غشایی عمل‌آوری فقط در مواردی مجاز است که بهره‌گیری از هیچ روش دیگر عمل‌آوری امکان‌پذیر نباشد و از بازده مواد بر اساس اسناد و مدارک تولیدکننده و یا انجام آزمایش‌ها، اطمینان حاصل شود.

روش عمل‌آوری باید بر مبنای نوع بتن و نسبت آب به سیمان مخلوط بتن و شرایط محیطی، طبق جدول ۴ـ۲ انتخاب گردد. علت مجاز نبودن روش عایقی برای بتنها با نسبت آب به سیمان کمتر از ۰/۴۳ خشک شدگی و جمع شدگی خود به خودی بتن است.

جدول ۴ـ۲ روش‌های مجاز عمل‌آوری

نوع بتن و نسبت آب به سیمان مخلوط بتن	روش مجاز عمل‌آوری بر اساس شرایط محیطی		
	شرایط محیطی معمولی	شرایط محیطی هوای گرم	شرایط محیطی هوای سرد
بتن معمولی با نسبت آب به سیمان ۰/۴۳ و بیشتر	روش آبرسانی و روش عایقی	روش آبرسانی و روش عایقی	روش عایقی
بتن حاوی مواد افزودنی معدنی مانند دوده سیلیس، سرباره و متاکائولین، با نسبت آب به سیمان کمتر از ۰/۴۳	روش آبرسانی	روش آبرسانی	روش عایقی برای بتن با نسبت آب به سیمان ۰/۴ تا ۰/۴۳ مجاز است. اما ساخت بتن با نسبت آب به سیمان ۰/۴ و کمتر در هوای سرد مجاز نیست.

در شرایط محیطی هوای گرم به خصوص در رطوبت نسبی کمتر از ۷۰ درصد و سرعت وزش باد بیش از ۵ km/h حفاظت بتن از تبخیر آب باید بلافاصله پس از اتمام عملیات پرداخت و با استفاده از پوشش پلاستیک انجام شود. پس از سخت شدن بتن، روش مجاز عمل‌آوری باید اعمال گردد.

مدت عمل‌آوری

حداقل مدت عمل‌آوری باید طبق جدول ۴-۳ باشد.

جدول ۴ـ۳ حداقل مدت عمل‌آوری

نوع بتن و نسبت آب به سیمان مخلوط بتن	حداقل مدت عمل‌آوری بر اساس شرایط محیطی، روز		
	شرایط محیطی معمولی	شرایط محیطی هوای گرم	شرایط محیطی هوای سرد
بتن معمولی با نسبت آب به سیمان ۰/۴۳و بیشتر	۶	۷	۱۰
بتن حاوی مواد افزودنی معدنی مانند دوده سیلیس، سرباره و متاکائولین، با نسبت آب به سیمان کمتر از ۰/۴۳	۱۰	۱۴	۱۴

برای سطوح قائم که در معرض قالب قرار دارند، اگر زمان قالب برداری زودتر از حداقل مدت طبق جدول ۴ـ۳ باشد، باید مدت باقی مانده عمل‌آوری شوند.
چنانچه بررسی آزمایشگاهی نشان دهد که برای بتن و شرایط محیطی مورد نظر مدت بیشتر از جدول ۴ـ۳ برای عمل‌آوری نیاز است، باید آن مدت اعمال شود.
برای بتن‌های ویژه و چنانچه دوام بتن‌ها مورد نظر باشد، باید مدت عمل‌آوری طبق یکی از گزینه‌ها به شرح زیر انتخاب گردد:
الف) مستندات تاریخی موجود باشد.
ب) ارزیابی آزمایشگاهی انجام گردد.
ج) مدت‌های مندرج در جدول ۴-۳ تا ۲ برابر افزایش یابد.

پودمان ۵

اجرای پله بتنی

جدول برنامه پیشنهادی و بودجه‌بندی پودمان پنجم کتاب اسکلت‌سازی ساختمان

ردیف	تقویم آموزشی	عنوان و شرح کار
۱	هفته سوم فروردین	آشنایی با پله و قالب‌بندی و آرماتوربندی آن
۲	هفته چهارم فروردین	قالب‌بندی و آرماتوربندی پله
۳	هفته اول اردیبهشت	قالب‌بندی فلزی و آرماتوربندی ستون، پوتر و سقف بتنی
۴	هفته دوم اردیبهشت	قالب‌بندی فلزی و آرماتوربندی ستون، پوتر و سقف بتنی
۵	هفته سوم اردیبهشت	قالب‌بندی فلزی و آرماتوربندی ستون، پوتر و سقف بتنی
۶	هفته چهارم اردیبهشت	ارزشیابی پایانی فصل پنجم

مطابق معمول جهت اجرای این پودمان نیز اهداف آموزشی در دو بخش دانش و مهارت تعریف شده و انتظار می‌رود با توجه به اهمیت پله در ساختمان، هنرجویان ضوابط فنی و اجرایی پله اعم از نقشه خوانی و تهیه جداول لیستوفر، اندازه ارتفاع و کف پله مناسب کاربری‌های مختلف (شیب مناسب پله ها) و الزامات عمومی مطابق ضوابط مبحث نهم مقررات ملی و در نهایت با ضوابط قالب بندی، آرماتوربندی و بتن‌ریزی پله و همچنین روش اجرای آن در کارگاه آشنا شوند. به این منظور پیشنهاد می‌گردد قطعات قالب و آرماتورهای آن را به تناسب تعداد گروه‌های هنرجویی هر کلاس، مطابق نقشه مورد نظر و جدول پیشنهادی بودجه‌بندی این پودمان، آماده و طی دو هفته با جابه‌جایی هنرجویان در وظایف قالب‌بندی و آرماتوربندی، اجرا نموده و پس از ارزشیابی پایانی قطعات قالب و آرماتور هرگروه به طور مجزا بسته‌بندی و جهت استفاده در سال‌های آتی در انبار کارگاه نگهداری نمایید.

همچنین پیشنهاد می‌گردد با توجه به وجود قطعات قالب فلزی و پس از اجرای فعالیت‌های عملی موجود در کتاب به اجرای قالب‌بندی فلزی و آرماتوربندی ستون، پوتر و سقف بتنی مطابق نقشه‌های مربوطه به‌صورت مشترک بین همه کلاس‌ها و تحت مدیریت هنرآموزان و استادکاران محترم کارگاه و تقسیم‌بندی هنرجویان به گروه‌های مختلف قالب‌بند و آرماتوربند، پرداخته شود. چراکه بر اساس تجربیات گذشته مؤلفین، انجام این فعالیت عملی در مقیاس واقعی با توجه به حجم کار و طولانی بودن زمان اجرای آن، هنرجویان را مشتاق نموده و در هرجلسه بخشی از کار توسط یک کلاس اجرا شده و در نهایت دید آنها را نسبت به انجام عملیات اجرایی باز می‌نماید.

الزامات عمومی راه‌پله‌ها

در راه‌پلهٔ ساختمان، حداقل اندازه عمق کف پله ۰/۲۸ متر است. ارتفاع پله باید به میزانی باشد که مجموع اندازه کف پله و دو برابر ارتفاع آن بین ۶۳ تا ۶۴ سانتی متر باشد. ($۶۳ \leq 2h+b \leq 64cm$)

عمق کف پله از لبهٔ یک کف پله تا تصویر افقی لبهٔ کف پلهٔ بعدی اندازه‌گیری می‌شود.

رعایت مفاد مبحث سوم مقررات ملّی ساختمان در مورد راه‌پله و پلکان الزامی است.

در تمام ساختمان‌ها میزان حداقل عرض پلهٔ الزامی، بر حسب نوع و بار تصرف و متناسب با تعداد استفاده‌کنندگان تعیین می‌گردد. در هر صورت پله‌هایی با عرض مفید کمتر از ۱/۱ متر و قفسه پله‌های دارای پاگردی که عموم از آن استفاده کنند با عرض کمتر از ۲/۴ متر مجاز نیست، مگر آنکه در مقررات اختصاصی تصرفی به‌گونه‌ای دیگر تعیین شده باشد.

حداقل عرض یا شعاع پاگرد، مساوی عرض پله می‌باشد.

حداکثر تعداد پله‌های بین دو پاگرد باید ۱۲ پله باشد.

حداقل ارتفاع غیر سرگیر پله‌ها و پاگردهای آنها در تمام طول مسیر ۲/۰۵ متر است که از لبهٔ هر کف پله اندازه‌گیری می‌شود.

در ساختمان‌های دارای چهار طبقه و بیشتر بالای زمین، حداقل یک پلکان عمومی ساختمان باید تا سطح بام امتداد یابد، مگر در بام‌هایی با شیب تندتر از ۳۳ درصد و یا بام‌هایی که هیچ‌گونه استفاده‌ای ندارند، که دسترسی از طبقه آخر به آنها از طریق دیگر امکانات مانند نردبام مجاز است.

در ساختمانی که برای بام آن پلکان وجود دارد، دسترسی به بام باید از طریق یک اتاقک خرپشته با مساحت برابر یا کمتر از قفسهٔ راه‌پله تأمین گردد.

در راه‌پله ها، در مواردی که تأمین نور به‌صورت طبیعی صورت گیرد، سطح شیشه الزامی طبق جدول ۴-۳ و حداقل ۰/۹ مترمربع به ازای هر طبقه است.

درصورت عدم امکان نورگیری راه‌پله‌ها با پنجره‌های دیواری، تأمین نور طبیعی از سقف محفظه پلکان نیز مجاز است.

در ساختمان‌های گروه‌های ۶ تا ۸ در صورت عدم امکان نورگیری راه‌پله‌ها با پنجره دیواری، علاوه بر تأمین نور طبیعی از سقف راه‌پله، تعبیه برق اضطراری برای تأمین نور مصنوعی طبق مبحث سیزدهم مقررات ملّی ساختمان الزامی است.

گروه‌های ساختمانی ۶ و ۷ (پنج تا هفت طبقه یا تا ارتفاع ۲۳ متر) و گروه ۸ (با ارتفاع بیش از هفت طبقه یا بیش از ۲۳ متر)، به تناسب تعداد طبقات و سایر ضوابط و مقررات قانونی.

در ساختمان‌های گروه ۱ تا ۳ با تصرف مسکونی، حداقل عرض پلهٔ مستقیم ۰/۹متر و حداقل عرض پله‌ای که دارای گردش یا پاگرد باشد، ۱/۱ متر است.

در ساختمان‌های مسکونی گروه ۴ تا ۷، حداقل عرض پلهٔ مستقیم ۱/۱ متر و حداقل عرض قفسه پله‌ای که دارای پاگرد باشد، ۲/۴ متر است.
در ساختمان‌های مسکونی گروه ۸، اندازه‌های راه‌پله و قفسهٔ آن بر اساس جمعیت متصرف و الزامات راه‌های خروج در مبحث سوم مقررات ملّی ساختمان تعیین می‌شود.
حداقل پهنای الزامی راهروهای مستقیم و پلکان‌های داخلی واحدهای مسکونی ۰/۹ متر است.
در پلکان‌های داخلی واحدهای مسکونی که قابل دسترس بودن آنها برای افراد معلول مطابق ضوابط مربوط الزامی نباشد یا پلکان‌های دارای ۴ پله و کمتر، نیازی به نصب میلهٔ دستگرد ندارند، در سایر موارد لازم است که حداقل در یک طرف آنها میله دستگرد نصب شود. دراین حالت، میله دستگرد تنها باید از بالاترین ارتفاع پله به پایین‌ترین ارتفاع پله امتداد داشته باشد و نیازی به برگشتن انتهای میله دستگرد یا امتداد بیشتر از طول پله یا شیب راه ندارد.
در صورتی‌که راه‌پله‌ها به‌طور طبیعی تعویض هوا شوند، تعویض هوا باید به یکی از دو طریق زیر انجام شود:
الف) اگر تعویض هوا از در و پنجره‌های میانی در تمام ارتفاع محفظهٔ راه‌پله ممکن باشد، سطح بازشو در هر طبقه نباید از یک شانزدهم سطح تصویر افقی پله یا ۰/۴۵ مترمربع (مقدار بیشتر ملاک عمل است) کمتر باشد.
ب) اگر تعویض هوا فقط از سقف محفظهٔ راه‌پله انجام گیرد، سطح بازشو باید به فضای باز یا حیاط‌های داخلی متصل باشد و سطح شفاف آنها نباید از سطح الزامی شیشهٔ پنجره برای فضاهای مورد نظر کمتر باشد.
در ساختمان‌های بیش از ۲ طبقه، ارتباط بین قفسه پلکان و فضای توقفگاه و موتورخانه باید با تعبیه عنصر یا فضای جداکننده‌ای جهت جلوگیری از انتقال دود و سر و صدا صورت گیرد.

دست‌اندازها، نرده‌ها و میله‌های دستگرد

درمحل‌هایی که اختلاف سطح‌ها از ۰/۷ متر بیشتر باشد، باید به‌وسیلهٔ دست‌انداز یا جان پناه از احتمال سقوط افراد ممانعت شود.
ارتفاع دست‌اندازهای شیب دار پله‌ها یا شیب راه‌ها از لبهٔ پله یا سطح شیب راه باید حداقل ۰/۹ متر باشد.
در شرایط زیر نصب میلهٔ دستگرد الزامیست. مگر آن که در ضوابط اختصاصی تصرف‌ها به گونهٔ دیگری تعیین شده باشد:

۱ در دو طرف راه‌پله‌هایی که بیش از دو ارتفاع پله را طی می‌کنند و در مسیرهای دسترس یا خروج اصلی ساختمان یا تصرف قرار دارند.

۲ در دو طرف تمام شیب راه‌هایی که در مسیرهای دسترس یا خروج اصلی

ساختمان یا تصرف قرار دارند، ارتفاع بیش از ۰/۱۵ متر است و طول افقی آنها بیش از ۱/۸۵ متر را طی می‌کنند و حداقل در یک طرف تمام شیب راه‌های غیر آنکه دارای شیب بیش از ۸ درصد است.

۳ در میانهٔ پهنای پله‌های با عرض بیش از ۱/۸ متر که در مسیرهای دسترس یا خروج ساختمان یا تصرف قرار دارند، به نحوی که همواره افراد در فاصلهٔ ۰/۷۵ متر یا کمتر از یک میلهٔ دستگرد قرار گیرند.

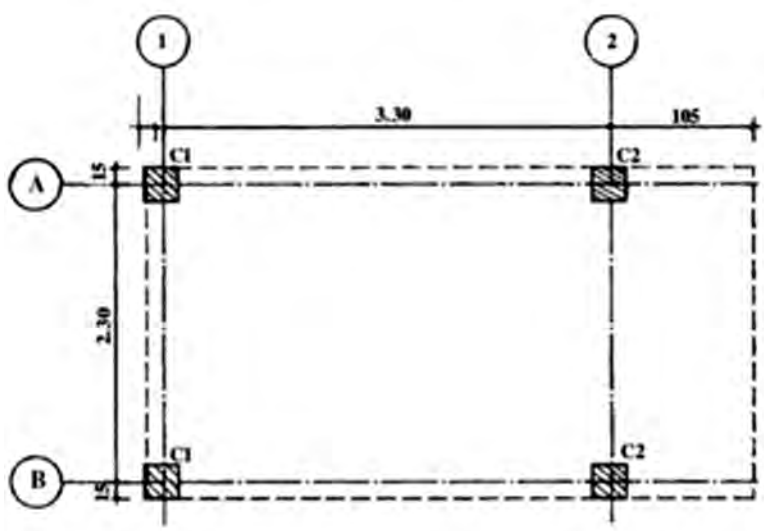
میله‌های دستگرد باید در محل‌های تعیین شده، مطابق الزامات زیر ساخته و نصب شوند، مگر آنکه در مقررات اختصاصی تصرف‌ها به‌گونه‌ای دیگر تعیین شده باشد:
ارتفاع میله‌های دستگرد که از لب پله و یا سطح کف تمام شده شیب راه یا فضا اندازه‌گیری می‌شود، باید بین ۰/۸۵ تا ۰/۹ متر باشد. این ارتفاع در تمام طول میلهٔ دستگرد باید به‌صورت یکنواخت امتداد داشته باشد.
سطحی از میله دستگرد که با دست گرفته می‌شود باید پیوسته و یکنواخت باشد و به‌وسیلهٔ هیچ قطعه یا عنصری قطع نگردد.
انتهای میله دستگرد باید به سمت یک دیوار، حفاظ یا سطح تردد چرخیده یا خم شود یا تا میله‌های دستگرد خیز مجاور پلکان یا شیب راه امتداد داشته باشد (تا از ایجاد جراحت یا گیرکردن اشیا یا لباس افراد به میله‌های دستگرد جلوگیری شود). در جایی که میله دستگرد بین خیزهای مجاور پیوسته نیست، باید حداقل ۰/۳ متر به‌صورت افقی از لبه‌های ابتدا و انتهای شیب راه و از بالاترین پیشانی پله ادامه داشته باشد. در پله ها، میله دستگرد باید از سمت پایین شیب آن نیز، به اندازه عمق یک کف پله بعد از پایین‌ترین پیشانی پله ادامه یابد.
قطر خارجی میله دستگردی که مقطع دایره‌ای دارد باید بین ۳۵ تا ۴۰ میلی‌متر باشد، یا آنکه قابلیت گرفتن میله دستگرد را به اندازه معادل آن فراهم سازد. اگر مقطع میله دستگرد دایره‌ای نیست، اندازه محیطی آن باید حداقل ۱۰۰ و حداکثر ۱۶۰ میلی‌متر و حداکثر اندازه قطر آن ۵۷ میلی‌متر باشد. لبه‌ها باید با شعاع حداقل ۰/۲۵میلی‌متر گرد شده باشند.
فاصله آزاد میان یک میله دستگرد و دیوار یا سطح دیگر باید حداقل ۴۰ میلی‌متر باشد.
میله دستگرد و دیوار یا هر سطح دیگر مجاور آن باید عاری از هر گونه جسم تیز یا برنده باشند.
رنگ میله دستگرد باید با محیط اطراف و جداره زمینهٔ آن متضاد باشد.

کف‌سازی، نازک‌کاری و پوشش‌ها

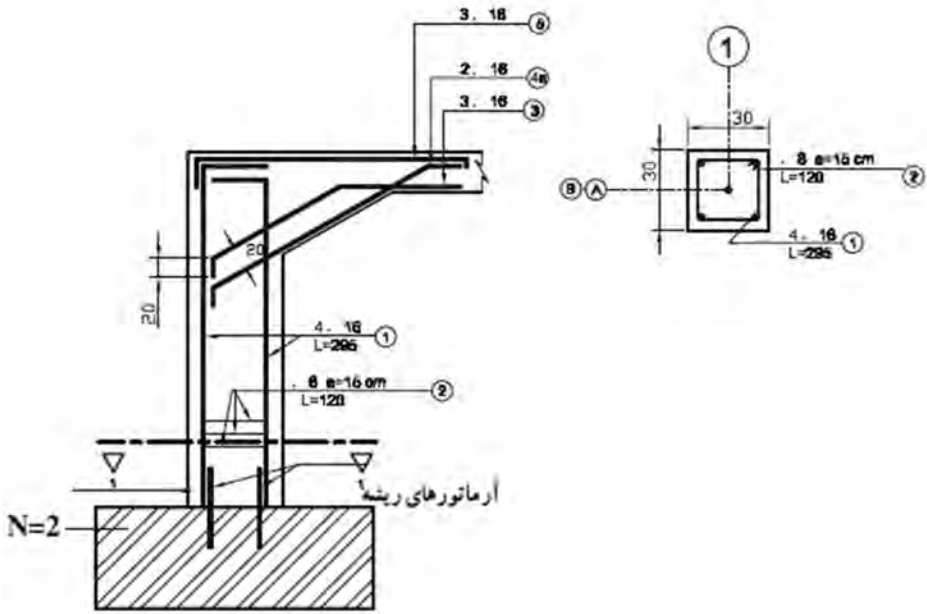
لبه و کف پله‌ها و پاگردها و همچنین کف شیب راه‌ها و راهروها باید از مصالح سخت، غیرلغزنده و ثابت باشند.

کف پله‌ها در هر راه‌پله باید از مصالح، رنگ و اندازه‌های یکسان تشکیل شده باشد.
شعاع گردی لبه کف پله (نوک پله) نباید بیش از ۱۳ میلی‌متر باشد.
عناصر اصلی و مصالح مصرفی در پله‌ها، شیب راه‌ها و راهروهای ساختمان، باید دارای مقاومت مناسب در برابرحریق بوده و در هنگام زلزله ریزش نداشته باشند.
پله ها، شیب راه‌ها و راهروهای ساختمان نباید با هیچ وسیله و تجهیزاتی مانند شیر آب، جعبهٔ آتشنشانی و سایر وسایل مسدود شوند، یا عرض آنها به کمتر از مقدار حداقل الزامی تقلیل یابد.

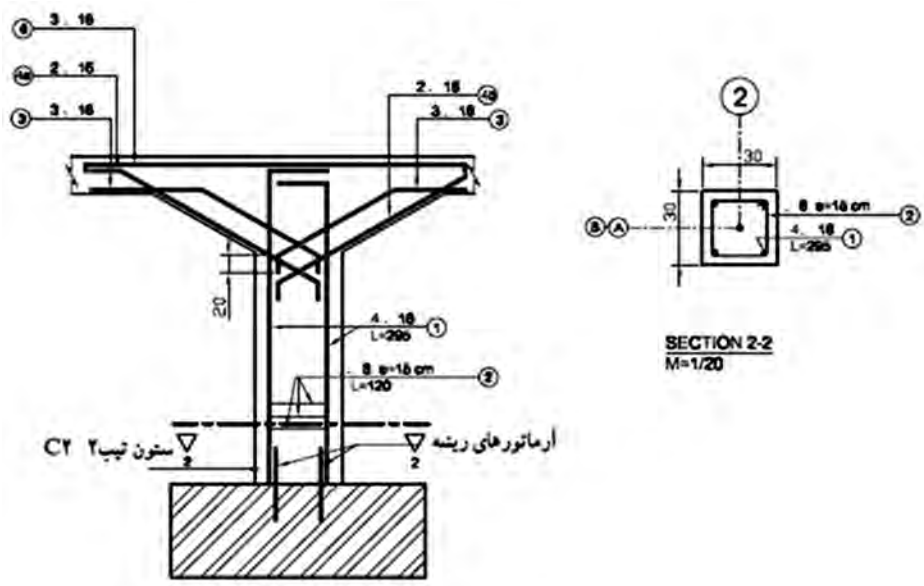
نقشه‌های مربوط به اجرای قالب‌بندی فلزی و آرماتوربندی ستون، پوتر و سقف بتنی



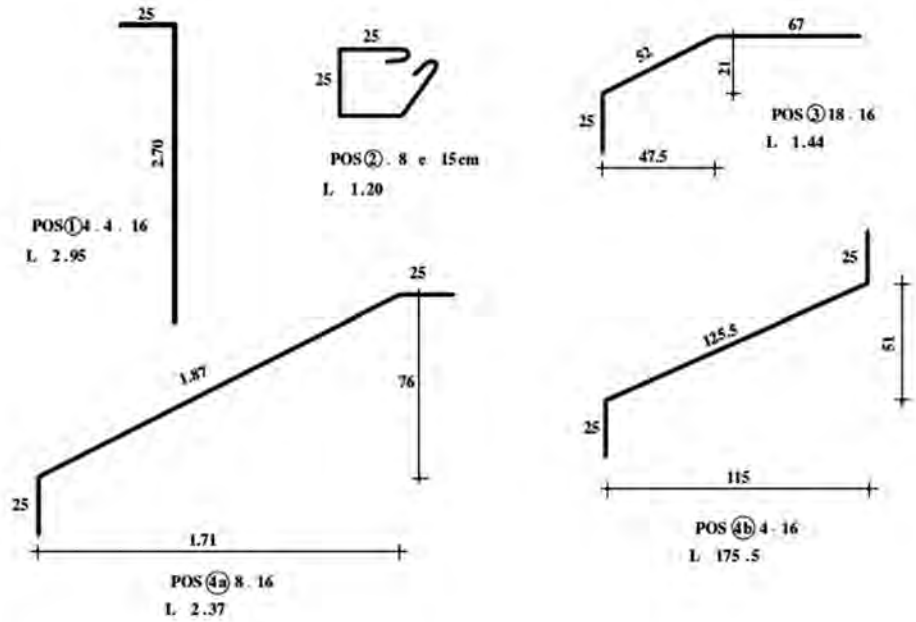
شکل ۵ـ۱ـ پلان ستون‌گذاری



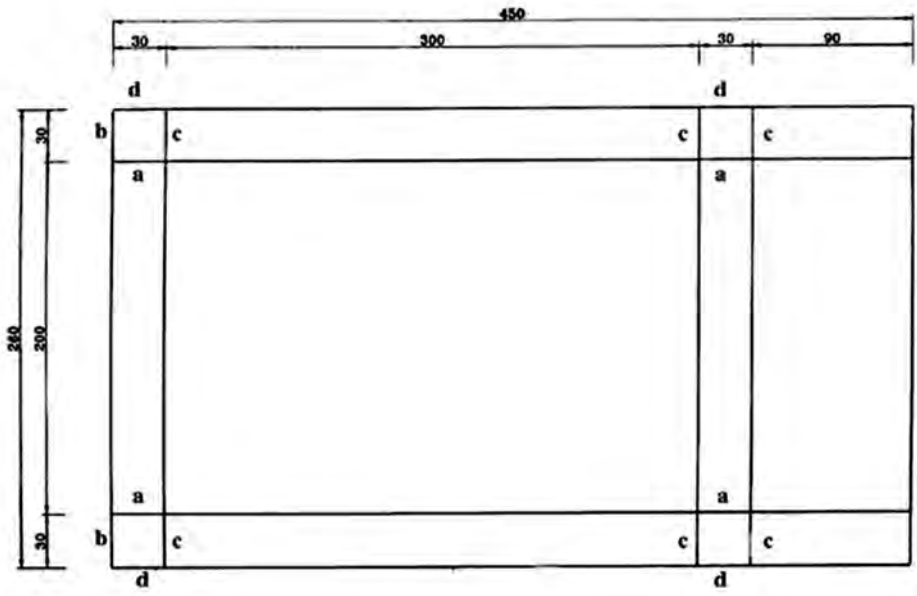
شکل ۵ـ۲ـ آرماتوربندی ستون تیپ ۱



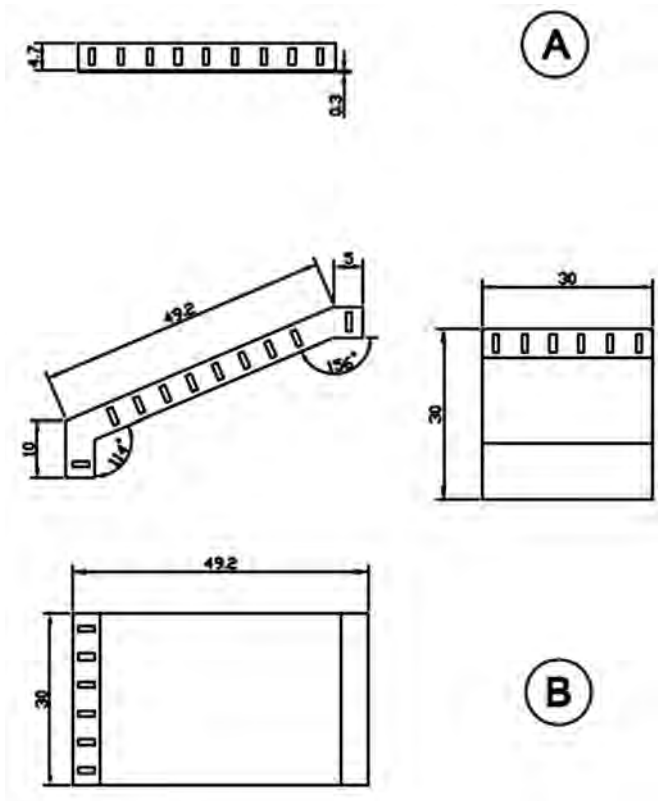
شکل ۵ـ۳ـ آرماتوربندی ستون تیپ ۲



شکل ۵ـ۴ـ پزیسیون‌های آرماتورهای ستون‌ها

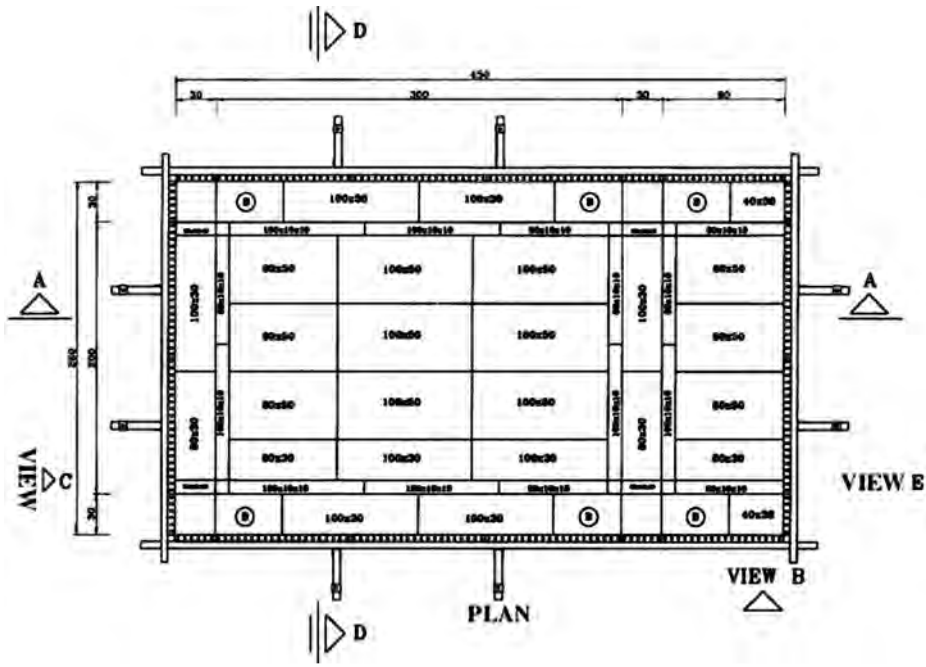


شکل ۵ـ۵ـ پلان سقف

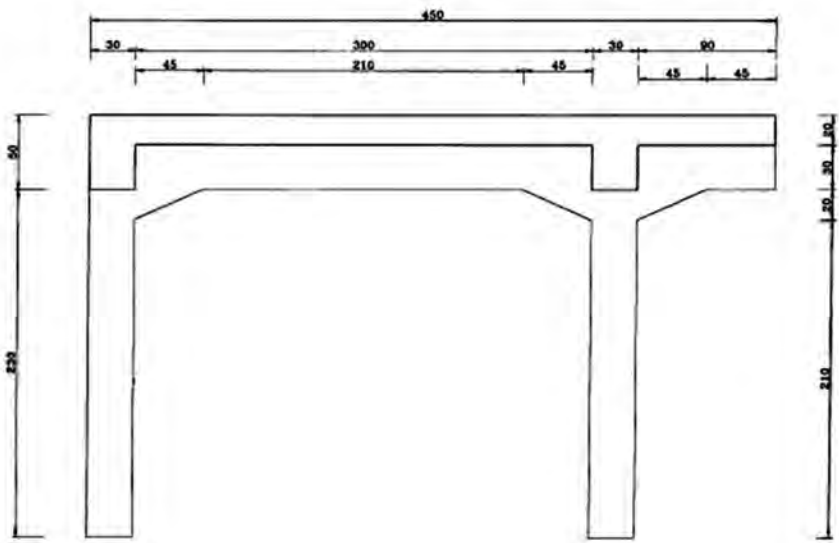


شکل ۵ـ۶ـ قطعات خاص

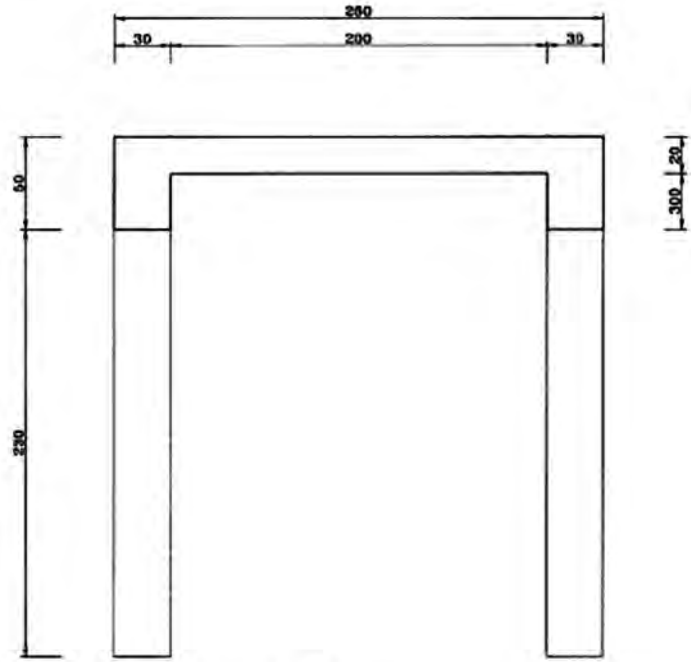
شکل ۵ـ۷ـ استقرار داربست زیر سقف



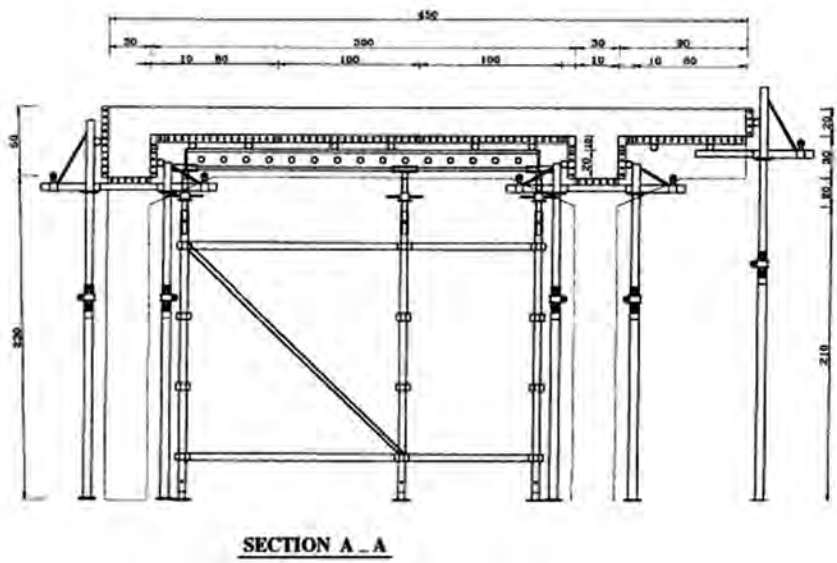
شکل ۵ـ۸ـ پلان قالب‌بندی سقف



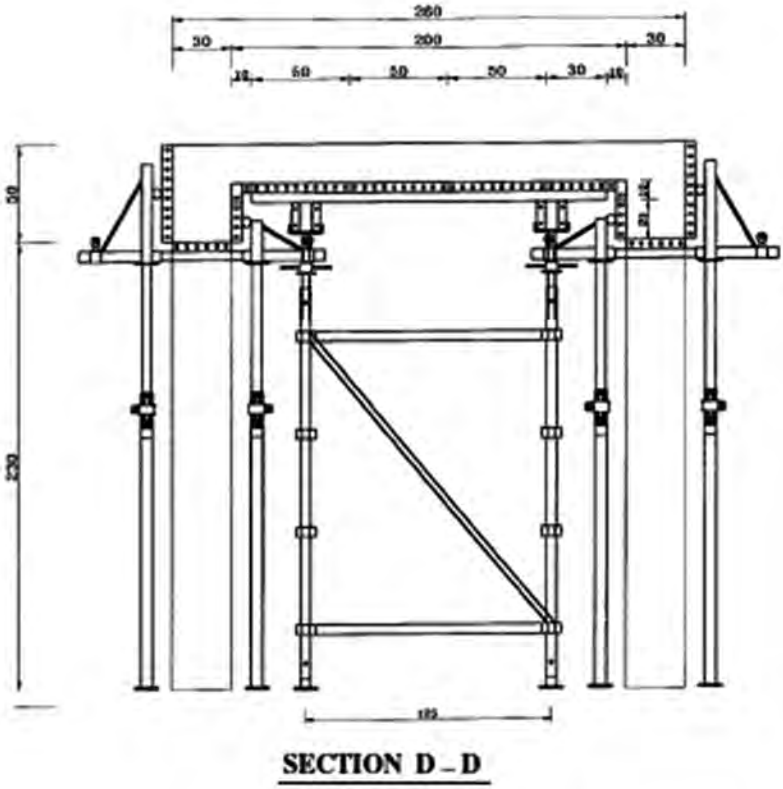
SECTION A-A شکل ۵ـ۹ـ



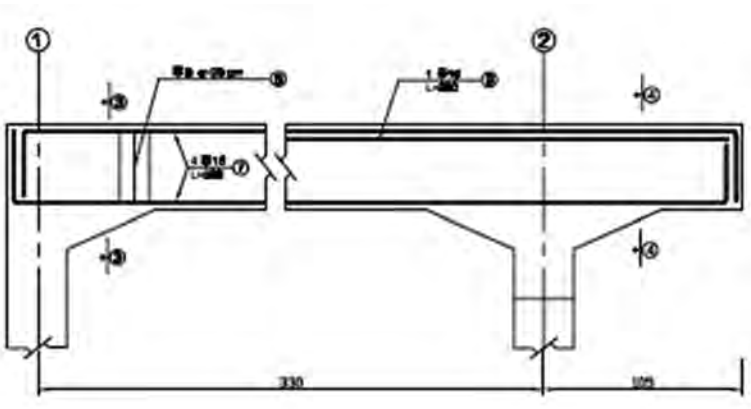
شکل ۵ـ۱۰ـ SECTION D-D



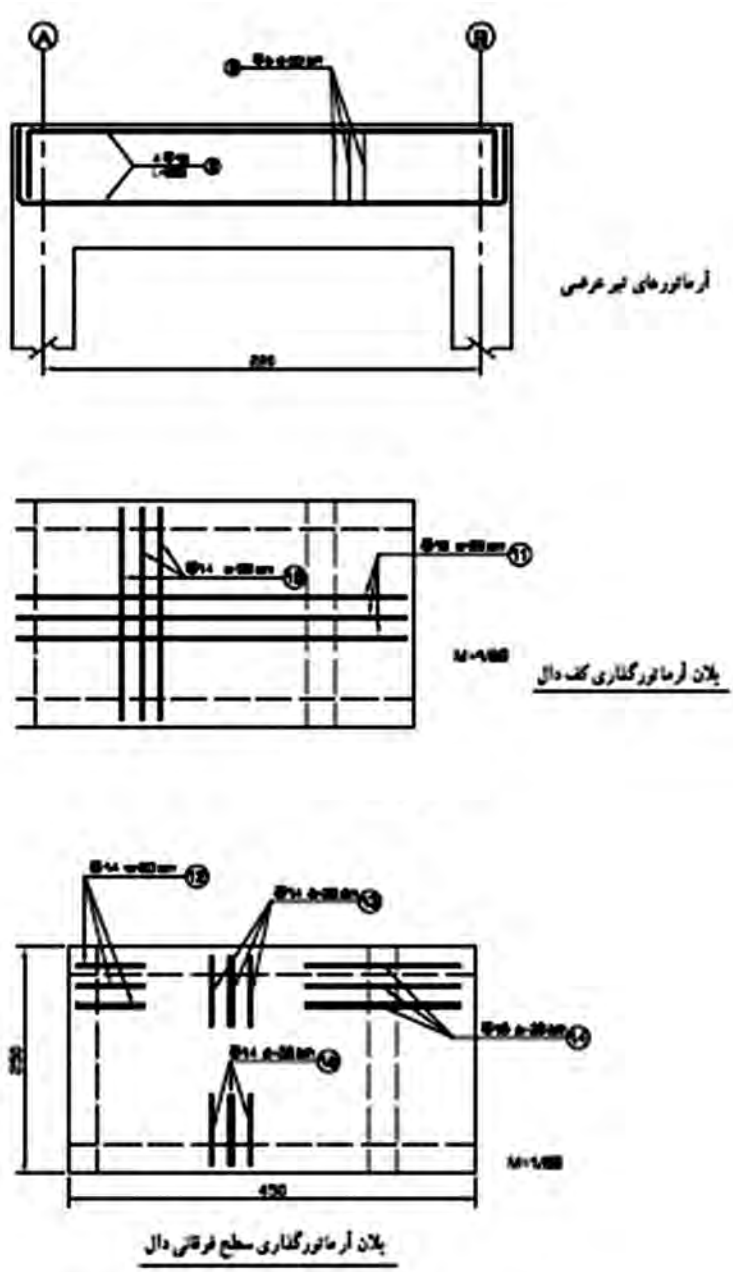
شکل ۵ـ۱۱ـ SECTION A-A



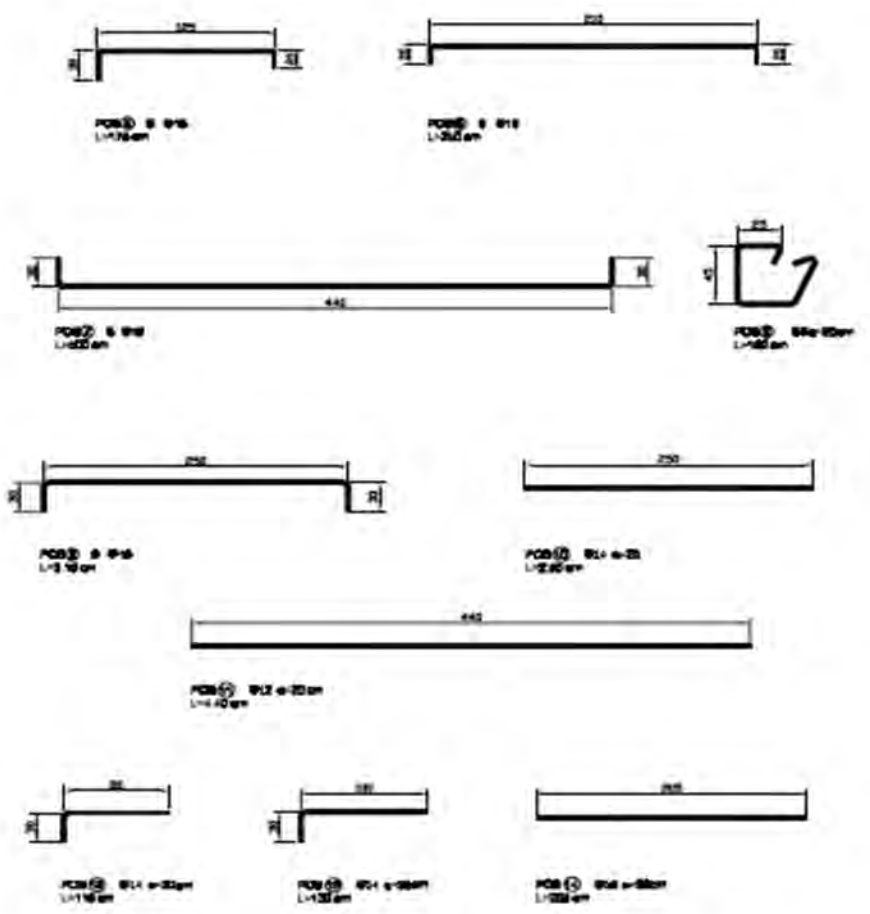
شکل ۵ـ۱۲ـ SECTION D-D



شکل ۵ـ۱۳ـ آرماتورهای تیرهای طولی



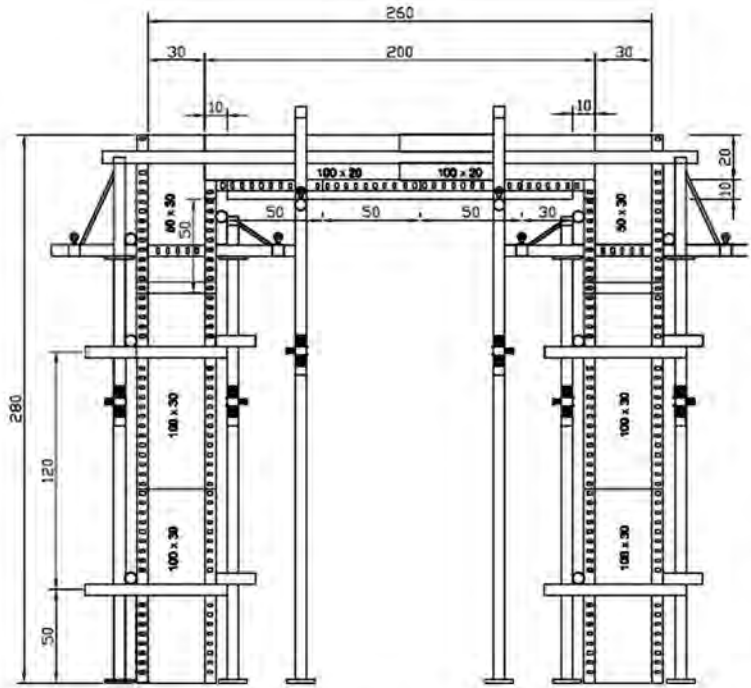
شکل ۵ـ۱۴ـ آرماتوربندی تیرهای عرضی، تحتانی و فوقانی دال



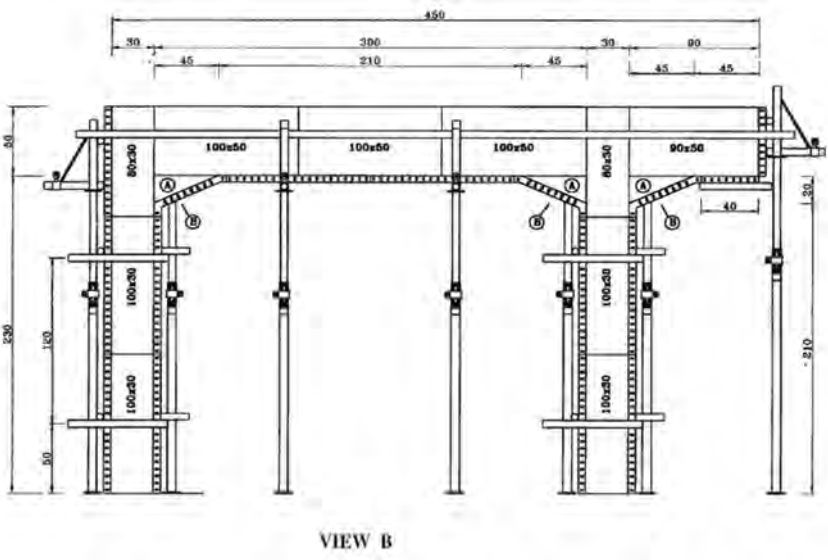
شکل ۵ـ۱۵ـ پزیسیون‌بندی آرماتورهای طولی و عرضی تیرها و دال

جدول ۵ـ۱ لیستوفر

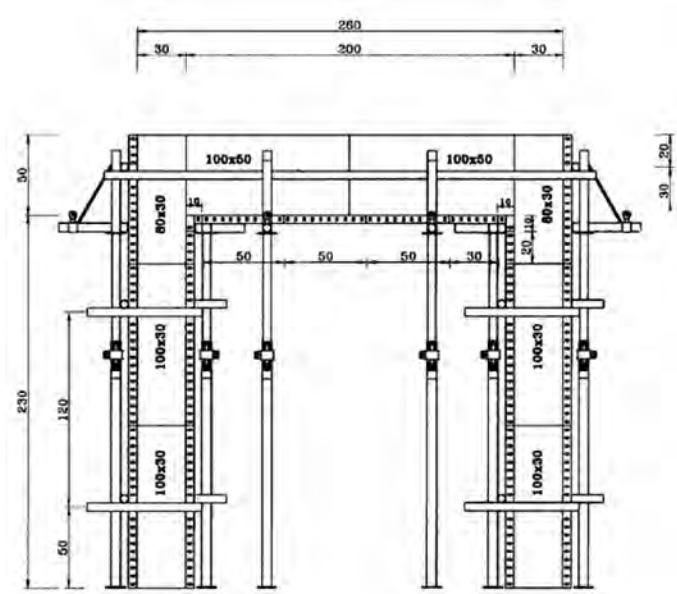
شمارهٔ پزیسیون	= (میلی‌متر)	طول (متر)	تعداد	طول کلی هر پزیسیون								
				Φ ۸	Φ ۱۰	Φ ۱۴	Φ ۱۶					
نقل از صفحهٔ شماره:												
۱	۱۶	۲/۹۵	۱۶				۴۷/۲					
۲	۸	۱/۲۰	۷۲	۸۶/۴۰								
۳	۱۶	۱/۴۴	۱۸				۲۵/۹۲					
$\frac{۴a}{۴b}$	۱۶	$\frac{۲/۳۷}{۱/۷۵۵}$	$\frac{۸}{۴}$				$\frac{۱۸/۹۶}{۷/۰۲}$					
۵	۱۶	۱/۷۵	۶				۱۰/۵					
۶	۱۶	۲/۵۰	۶				۱۵					
۷	۱۶	۵/۰	۸				۴۰/۰					
۸	۸	۱/۶۰	۶۴	۱۰۲/۴								
۹	۱۶	۳/۰	۸				۲۴/۰					
۱۰	۱۴	۲/۵۰	۲۲			۵۵						
۱۱	۱۲	۴/۴۰	۱۲		۵۲/۸							
۱۱	۱۲	۱/۳۰	۸			۴۰/۴						
۱۳	۱۴	۱/۱۰	۳۰			۳۳						
۱۴	۱۶	۲/۰۵	۱۲				۲۴/۶					
نقل به صفحهٔ بعد												
طول کلی هر سایز (متر)					۱۸۸/۸	۵۲/۸	۹۸/۴	۲۱۴				
وزن واحد طول (کیلوگرم بر متر)					۰/۳۹۵	۰/۸۸۸	۱/۲۱	۱/۵۸				
وزن کل هر سایز (کیلوگرم)					۷۴/۵۷	۴۶/۸۹	۱۱۹/۰۶	۳۳۸/۱۲				
وزن میلگرد مصرفی				۵۷۸/۶۴ kg								



شکل ۵ـ۱۶ـ VIEW E



شکل ۵ـ۱۷ـ VIEW B



VIEW C

شکل ۵ـ۱۸ـ VIEW C

منابع و مآخذ

۱ استاندارد شایستگی حرفه ساختمان، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ۱۳۹۳.

۲ استاندارد ارزشیابی حرفه ساختمان، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ۱۳۹۳.

۳ راهنمای برنامهٔ درسی ساختمان، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ۱۳۹۴.

۴ شیوه‌نامه نحوه ارزشیابی دروس شایستگی‌های فنی و غیر فنی شاخه‌های فنی‌و حرفه‌ای و کاردانش شماره ۴۰۰/۲۱۱۴۸۲ مورخ ۹۵/۱۱/۳۰.

۵ غزنوی نیا و همکاران، اسکلت‌سازی ساختمان کد ۲۱۱۲۰۷، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۶.

۶ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، دفتر مقررات ملی ساختمان، ویرایش دوم، ۱۳۹۲.

۷ مبحث دوازدهم مقررات ملی ساختمان، دفتر مقررات ملی ساختمان، ویرایش دوم، ۱۳۹۲.