

پودمان ۱

برش و خم میلگرد

جدول برنامه پیشنهادی و بودجه‌بندی پودمان اول 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 اول
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 و خاموت شش ضلعی و دایره (پیشنهادی)
۷	هفته سوم آبان	ارزشیابی پایانی فصل اول

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، سنجاک، 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 $1/5$ و 2 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:

$$a = \frac{L - 2 \cdot \emptyset}{4}$$

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

$$a = \frac{L - 2 \cdot \emptyset}{6}$$

$$b = 2a$$

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

$$a = \frac{L - 2 \cdot \emptyset}{5}$$

$$b = 1/5 a$$

ساخت خاموت شش ضلعی

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 شش ضلعی مورد نظر را با شعاع R که از رابطه

$$R = \frac{L - 2 \cdot \emptyset}{2\pi}$$

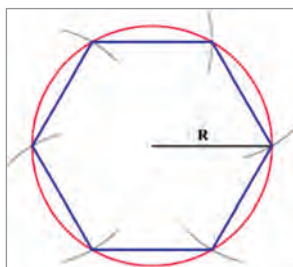
و سپس با ترسیم شش قوس به شعاع R روی

محیط این دایره و با اتصال این قوس‌ها به یکدیگر

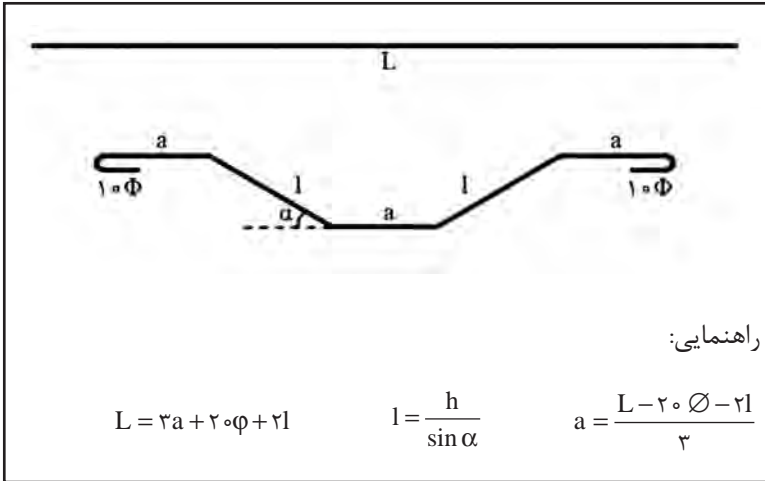
شش ضلعی مورد نظر ترسیم می‌گردد که همان

شابلن لازم می‌باشد و با استفاده از این شابلن،

خاموت شش ضلعی ساخته می‌شود.

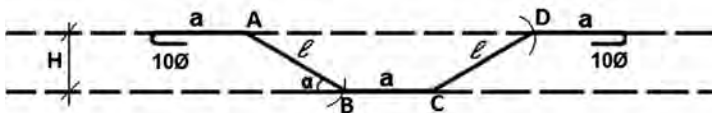


و برای ساخت ادکا با شرایط زیر خواهیم داشت:



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 به صورت 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 به دست 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 بدین صورت شابلن مورد نظر آماده شده خطوط اضافه پاک می‌گردند.

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

و در نهایت برای ساخت دایره خواهیم داشت:

$$R = \frac{L - 20 \varnothing}{2\pi}$$

با استفاده از رابطه فوق شعاع شابلن دایره مورد نظر را محاسبه نموده، آن را ترسیم می‌نماییم سپس میلگرد را به صورت 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 به طور عمده شامل $3CaO.SiO_2.C_3S$ ، $2CaO.SiO_2.C_2S$ ، $3CaO.Al_2O_3.C_3A$ ، $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3.C_4AF$ است. این اکسیدها عمدتاً به صورت پیوند یافته در بتن وجود دارند و شامل ترکیبات زیر می‌شوند:

$3CaO.SiO_2(C_3S)$	سه کلسیم سیلیکات
$2CaO.SiO_2(C_2S)$	دو کلسیم سیلیکات
$3CaO.Al_2O_3(C_3A)$	سه کلسیم آلومینات
$4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3(C_4AF)$	چهار کلسیم آلومینوفریت

به منظور 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-۱» نشان داده می‌شود.

سیمان پرتلند نوع یک، خود به سه نوع «۱-۳۲۵» و «۱-۴۲۵»، «۱-۵۲۵» 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-۲» نشان داده می‌شود.

۲ سیمان پرتلند نوع سه (III) یا سیمان زود سخت شونده، که با نماد «پ-۳» نشان داده می‌شود.

۳ سیمان پرتلند نوع چهار (IV) یا سیمان با حرارت‌زایی کم، که با نماد «پ-۴» نشان داده می‌شود.

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

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

سیمان‌های ویژه

۱ سیمان پرتلند سفید این سیمان، از آسیاب کردن کلینگر سیمان سفید با مقدار مناسبی سنگ گچ به دست 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، یکنواخت و 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 به کار می‌رود. سیمان پرتلند پوزولانی ویژه، دارای پوزولان به میزان بیش از ۱۵ درصد تا ۴۰ درصد وزنی است. این نوع سیمان با نماد «پ.پ.و» نشان داده می‌شود و معمولاً برای ساخت بتن‌های حجیم و نیز در مواردی که بتن تحت

تهاجم شیمیایی قرار می‌گیرد به کار می‌رود. این نوع سیمان، حرارت هیدراسیون کمی دارد، در برابر املاح شیمیایی مقاوم و مقاومت فشاری آن در روزهای اولیه (تا سه روز) کم است.

سیمان پرتلند روبراه‌ای یا سرباره‌ای این سیمان، از آسیاب کردن ۱۵ تا ۹۵ درصد سرباره کوره آهن‌گدازی فعال و غیر کریستالی (آمورف)، با سیمان پرتلند به دست 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، درمات 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 ملی 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 ۹۰ درصد، 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 ۴۵ روز پس از تولید، و در سایر مناطق ۹۰ روز پس از تولید مصرف شوند و اگر بنا به دلایل غیرقابل اجتناب این امر میسر نشد، این سیمان‌ها باید قبل از مصرف مورد آزمایش قرار گیرند.

۱۴ سیمانی که به مدت زیاد انبار شود ممکن است به صورت کلوخه‌های فشرده درآید. این‌گونه سیمان‌ها را باید با غلتانیدن پاکت‌ها بر روی کف اصلاح کرد تا به صورت پودر درآیند. در صورتی که با یک بار غلتانیدن، کلوخه به پودر تبدیل شود آن را می‌توان مصرف کرد 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 ملی 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 ۸۰ درصد ظرفیت اسمی سیلوها را پر کرد.

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 ملی ایران، به شماره ۲۷۶۱ می‌باشد.

سنگدانه یا مصالح سنگی

سنگدانه‌های بزرگ‌تر از $4/75$ میلی‌متر (بعد چشمه‌های الک نمره ۴) را سنگدانه درشت یا شن و سنگدانه‌های ریزتر از $4/75$ میلی‌متر را سنگدانه ریز یا ماسه می‌نامند. طبق تعریف «بزرگ‌ترین اندازه اسمی سنگدانه»، عبارت است از اندازه کوچک‌ترین الکی که حداکثر ۱۰ درصد وزنی سنگدانه روی آن باقی بماند.

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 غیرمسلح

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 فرآوری 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 انبار کردن سنگدانه‌های مصرفی در بتن به قرار زیر است:

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

۳ شرایط باید به گونه‌ای باشد که سنگدانه‌ها شکسته نشوند.

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

۵ شن‌های با حداکثر اندازه بیش از ۳۸ میلی‌متر، باید در دو گروه کمتر و بیشتر از ۲۵ میلی‌متر نگهداری شوند. شن‌های با حداکثر اندازه ۳۸ میلی‌متر یا کمتر باید در دو گروه کمتر و بیشتر از ۱۹ میلی‌متر نگهداری شوند. این کار امکان جدا شدن دانه‌ها از یکدیگر را کاهش می‌دهد.

۶ دیواره‌های تقسیم دپوی مصالح سنگی باید به گونه‌ای مقاوم و پایدار باشد که در صورت خالی بودن یک قسمت و پر بودن قسمت مجاور، 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 به صورت لایه‌هایی با ضخامت یکسان بر روی یکدیگر ریخته شده و انبار شوند. سنگدانه‌ها باید با لودر یا وسایل مناسب دیگر به گونه‌ای برداشته شوند که هر بار قسمت‌هایی از همه لایه‌های افقی برداشته شوند.

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

۱۲ محل دپوی شن و ماسه باید به گونه‌ای باشد که همواره امکان تخلیه آب مازاد 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 حتی المقدور باید با مقطع مربع یا دایره و شیب مخروط یا هرم تحتانی آن کمتر از ۵۰ درجه باشد. مصالح سنگی باید به صورت

قائم در داخل سیلو ریخته شود تا از برخورد مواد سنگی با کناره‌های سیلو جلوگیری شده و دانه‌ها از هم جدا نشوند. در صورتی که 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 در هنگام 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 به کار می‌رود: آب مصرفی برای شست‌وشوی سنگدانه‌ها، آب به عنوان یکی از اجزای تشکیل‌دهنده بتن که در هنگام ساخت آن به کار 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 به صورت 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 به صورت 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 به صورت تدریجی به مخلوط کن 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 در بتن بدون فولاد مجاز است و حداکثر مقدار مصرف آن ۲ درصد وزنی سیمان است. در هر حال مواد افزودنی نباید بیشتر از مقداری که تولید کننده مشخص کرده است، مصرف شوند.

انواع مواد افزودنی تک منظوره

- ۱ ماده افزودنی کندگیرکننده
- ۲ ماده افزودنی تندگیرکننده
- ۳ ماده افزودنی زود سخت کننده یا تسریع کننده 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 / روان کننده
- ۲ ماده افزودنی کاهنده آب قوی / روان کننده قوی، یا فوق کاهنده آب / فوق روان کننده
- ۳ ماده کندگیرکننده / کاهنده آب / روان کننده
- ۴ ماده افزودنی تندگیرکننده / کاهنده آب / روان کننده
- ۵ ماده افزودنی کندگیرکننده / کاهنده آب قوی / روان کننده قوی، یا کندگیرکننده / فوق کاهنده آب / فوق روان کننده

مواد جایگزین سیمان یا مکمل سیمان

این مواد به منظور تأمین یک یا چند خاصیت زیر، بسته به مورد، به کار 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 چسباندگی‌اند یا ارزش چسباندگی آنها کم است، اما به صورت 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 غیر کریستالی 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 بر حسب، N/mm^2 که پس از حرف S می آید. رده‌های مقاومتی میلگردها عبارت‌اند از، S240، S340، S400 و S500

بسته: عبارت است از دو یا چند کلاف میلگرد به هم بسته شده، و یا تعدادی میلگرد شاخه مستقیم هم قطر و هم شکل و با یک مشخصه (رده مقاومتی) شماره ذوب: عدد نشان دهنده 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 می شود تولید می گردد. محموله: عبارت است از تعدادی بسته میلگرد. مشخصه‌های همه بسته‌ها باید یکسان، ولی قطر آنها از یک بسته به بسته دیگر می تواند متفاوت باشد.

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

جدول ۱-۱ استانداردهای مشخصات و آزمون‌های ملی میلگردهای فولادی

شماره استاندارد ملی ایران	عنوان استاندارد
۳۲۱۳۲	ویژگی‌ها و روش‌های آزمون میلگردهای گرم نوردیده 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، نورد کردن یا گذرانیدن از حدیده، بر روی میلگردهای گرم نورد شده در حالت سرد به دست می آید.
- ۳ فولاد گرم اصلاح شده یا فولاد ویژه، که بر اثر انجام عملیات مکانیکی نظیر گرمایش و آب دادن، بر روی میلگردهای گرم نورد شده در حالت گرم به دست می آید.

طبقه‌بندی میلگردها از نظر مکانیکی

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

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

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

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

جدول ۱-۲ 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)	طبقه‌بندی از نظر شکل رویه	رده از نظر سختی
S۲۴۰	س ۲۴۰	۲۶۰	۲۴۰	ساده	نرم
S۳۴۰	آج ۳۴۰	۵۰۰	۳۴۰	آجدار مارپیچ	نیمه سخت
S۴۰۰	آج ۴۰۰	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 به کار برده می‌شود. این میلگردها فقط می‌توانند به عنوان میلگرد دورپیچ در سازه‌های بتن آرمه به کار روند و استفاده از آنها به عنوان میلگرد سازه‌ای غیر از مورد فوق، در سازه‌های بتن آرمه مجاز نیست.

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

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

$$S = \frac{M}{0.00758L} \quad \text{رابطه ۱:}$$

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

$$d_b = \sqrt{\frac{M}{0.00758\pi L}} \quad \text{رابطه ۲:}$$

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

۱ در هر نمونه (تمامی ۵ آزمون) میلگرد انتخابی، باید رابطه ۳ برقرار باشد:

$$(F_{y,obs})_i \geq F_{yk} \quad \text{و} \quad i=1,000,5 \quad \text{رابطه ۳:}$$

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

$$F_{y,obs,m} \geq F_{yk} + 0.6S \quad \text{رابطه ۴:}$$

$$F_{y,obs,m} = \frac{\sum_{i=1}^{10} (F_{y,obs})_i}{10}$$

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

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

$$F_{su} \geq 1/18(F_{y,obs})_i$$

$$(F_{su,obs})_i \geq 1/52 F_{yk}$$

$$|(F_{y,obs})_i - F_{yk}| \leq 1/25 \text{ MPa}$$

$$(F_{su,obs})_i \geq 1/25(F_{y,obs})_i$$

تواتر نمونه برداری: تعداد و تواتر نمونه‌ها باید به گونه‌ای باشد که نتایج آزمایش‌های انجام شده بر روی آنها معرف کیفیت کل آرماتور مصرفی و حداقل به میزان 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 $d_b \leq 12 \text{ mm}$ به صورت کلاف و یا به صورت شاخه مستقیم با طول‌های مساوی بسته‌بندی می‌شوند. قطر کلاف میلگردهای کلاف باید حداقل ۲۰۰ برابر قطر میلگرد باشد.

میلگردهای S۲۴۰، S۳۴۰ و S۴۰۰ با قطر $d_b \geq 12 \text{ mm}$ نیز تمامی میلگردهای S۵۰۰ فقط به صورت شاخه مستقیم با طول‌های مساوی بسته‌بندی می‌شوند. بر روی شاخه‌های میلگردهای آجدار تولیدی، به صورت یک در میان باید علامت مشخصه‌ای حک شود تا از روی آن نام کارخانه سازنده و نوع میلگرد معلوم شود. هر یک از بسته‌های میلگرد باید دارای حداقل دو پلاک فلزی باشد که بر روی هریک از پلاک‌های مزبور مشخصات (الف) تا (ح) زیر به صورتی خوانا حک و یا به صورتی 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 تجارتي کارخانه سازنده

(ح) علامت استاندارد ملی ایران

گواهینامه فنی: هر یک از محموله‌های بیش از ۲۵۰ کیلونیوتن باید دارای گواهینامه

فنی صادره از طرف تولیدکننده باشند و این گواهینامه همراه محموله به مصرف‌کننده تحویل شود. قید موارد (الف) تا (ر) این بند در گواهینامه فنی الزامی است:

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

ضوابط حمل و نقل، انبار کردن و نگهداری

- میلگردهای فولادی را باید در محل‌های تمیز و عاری از رطوبت و گل و خاک و سایر آلودگی‌ها نگهداری کرد تا از زنگ‌زدگی و کثیف شدن سطح آنها جلوگیری شود.
- از هر نوع صدمه مکانیکی یا تغییر شکل پلاستیک، نظیر بریدگی و ضربه و...، جلوگیری شود.
- میلگردهای پوسته شده باید ماسه پاشی شوند. رفع پوسته‌ها با استفاده 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، به صورت مجزا انبار شوند.
- میلگردهایی که هنوز بریده یا خم نشده‌اند باید به‌گونه‌ای انبار و نگهداری 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 ۱-۳ رواداری‌های انحراف موقعیت میلگردها در مقاطع بتنی

رواداری	شرح
$\pm 8\text{mm}$	الف) حداکثر انحراف ضخامت پوشش بتن محافظ میلگردها $\pm 8\text{mm}$ 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.
ب) انحراف موقعیت میلگردها با توجه به اندازه ارتفاع مقطع اعضای میله‌ای خمشی، ضخامت دیوارها، و یا کوچک‌ترین بعد ستون‌ها:	
$\pm 8\text{ mm}$	تا ۲۰۰ میلی‌متر یا کمتر،
$\pm 12\text{ mm}$	بین ۲۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر،
$\pm 20\text{ mm}$	۶۰۰ میلی‌متر یا بیشتر،
$\pm 30\text{ mm}$	پ) انحراف فاصله جانبی بین میلگردها،
ت) انحراف موقعیت طولی خم‌ها و انتهای میلگردها:	
$\pm 20\text{ mm}$	در انتهای ناپیوسته قطعات
$\pm 50\text{ mm}$	در سایر موارد

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 ضعیفی 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.
 - در صورتی که بتن در جوار دیواره خاکی مقاوم ریخته شود و به طور دائم با آن در تماس باشد، ضخامت پوشش نباید کمتر از ۷۵ میلی متر اختیار گردد.
 - در صورتی که بتن دارای سطح فرورفته و برجسته (نقش دار یا دارای شکستگی) باشد، ضخامت پوشش باید در عمق فرورفتگیها اندازه گیری شود.
 - میلگردها و تمامی قطعات و صفحه های فولادی پیش بینی شده برای توسعه آتی ساختمان باید به نحوی مناسب در مقابل خوردگی محافظت شوند.
 - در نقشه های اجرایی باید ضخامت پوشش بتن برای تمامی میلگردها از جمله خاموتها مشخص شود.
 - در صورتی که لازم باشد عضوی دارای درجه آتش پادی 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) چهار سوم بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه ها

جدول ۱-۴ مقادیر حداقل پوشش بتن روی میلگردها (میلی متر) *

شرایط محیطی				نوع قطعه	
فوق العاده شدید	بسیار شدید	شدید	متوسط		
۷۵	۶۵	۵۰	۴۵	۳۵	تیرها و ستونها
۶۰	۵۰	۳۵	۳۰	۲۰	دالها، دیوارها و تیرچه ها
۵۵	۴۵	۳۰	۲۵	۲۰	پوسته ها و صفحات پلیسه ای
۹۰	۷۵	۶۰	۵۰	۴۰	شالوده ها

* مقادیر داده شده در جدول را می توان به استثنای شرایط محیطی بسیار شدید و فوق العاده شدید به اندازه ۵ میلی متر برای بتن های رده C۳۵ ، C۴۰ یا ۱۰ میلی متر برای بتن های رده بالاتر کاهش داد، مشروط بر آن که ضخامت پوشش به هر حال از ۲۰ میلی متر کمتر نشود.

این مقادیر را باید برای میلگردهای با قطر بیشتر از ۳۶ میلی متر به اندازه ۱۰ میلی متر افزایش داد.

پودمان ۲

اجرای فونداسیون

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 دویخش 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 هر کدام از آنها و نقش شناژ یا کلاف رابط بین پی‌های منفرد و دلایل استفاده از آن.

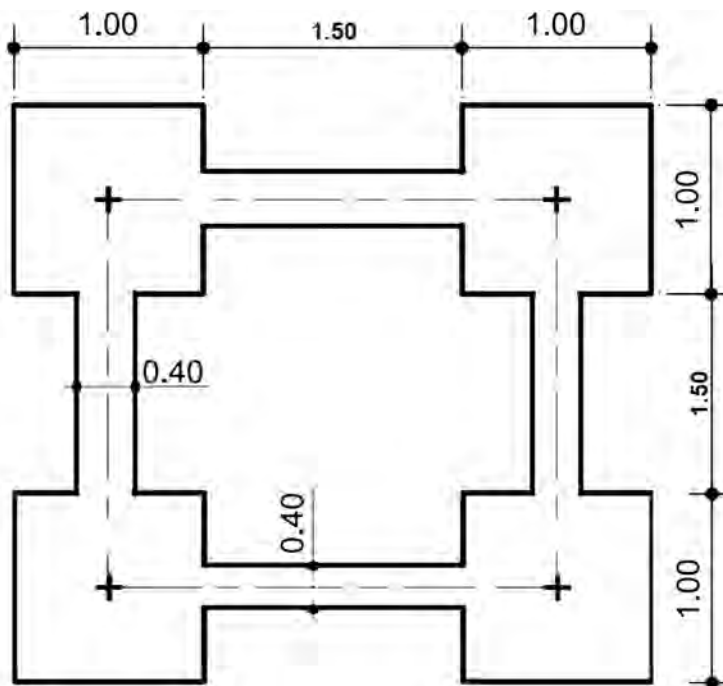
ب) مهارت‌های خواندن نقشه‌های فونداسیون‌های منفرد و نواری، تهیه و تکمیل جداول لیستوفر مربوط به آنها و در نهایت اجرای قالب‌بندی و آرماتوربندی پی‌های منفرد با استفاده از قالب چوبی و قالب‌بندی و آرماتوربندی پی‌های نواری با استفاده از قالب‌های فلزی.

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 اهره 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 اهره 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 به صورت 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، هر گروه 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 به صورت 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 پی نواری را طرح نموده و به صورت 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) ($\frac{D}{B} \leq 3$) 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 ($\frac{D}{B} \geq 10$). این پی‌ها شامل انواع شمع‌ها، دیوارک‌ها و دیوارهای جداکننده می‌شوند. این نوع پی‌ها معمولاً به وسیله یک سازه میانی که کلاهک نامیده می‌شود، بارهای سازه را به زمین منتقل می‌نمایند.
- **پی‌های نیمه عمیق:** به پی‌هایی گفته می‌شود که در حد فاصل 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، نمی‌توان 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 به دست 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 به کار 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 زمین‌شناسی 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 ژئوتکنیکی:** به متغیر برداشت شده از زمین ساختگاه گفته می‌شود. **گمانه:** حفاری در زمین به منظور شناخت خواص مهندسی خاک می‌باشد. حفاری می‌تواند به صورت 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 بهره‌برداری:** 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 بر اطلاعات ژئوتکنیکی شامل داده‌های زمین‌شناسی 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 مراحل اولیه 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 صورتی که 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 ملی 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 به کار می‌رود.
- چنانچه گمانه‌زنی به منظور شناخت یک زمین جدید و بسیار بزرگ برای ساختمان‌سازی گسترده انجام شود (مثل شهرهای جدید):
 - الف) اگر لایه‌بندی زمین به صورت 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 گمانه‌زنی به منظور ساخت یک ساختمان منفرد انجام می‌شود:
 - الف) فاصله گمانه‌ها باید در حدود ۱۵ الی ۶۰ متر باشد.

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

جدول ۱-۲ جدول حداقل تعداد گمانه

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

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 ۱-۲ 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، حفر حداقل 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 ۲-۲ 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	۱ گمانه	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 ۲B تا ۲/۵B و برای پی نواری بین ۳B تا ۴B باید باشد).

اگر ظرفیت باربری زمین و گسیختگی برشی خاک زیر پی تعیین کننده باشد، عمق گمانه با توجه به نظریه‌های ظرفیت باربری باید بین B تا $1/5B$ باشد.

در دو بند بالا B عرض ساختمان یا پی می‌باشد که باید به صورت 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 نظر گرفته 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 $1/5$ برابر مجموع عرض آنها باشد، B را عرض یک پی در نظر گرفته و در غیر این صورت 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 صورتی که 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 ۳ متر 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 ملی یا بین‌المللی 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 به صورت 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 نمونه‌گیری، 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:
- 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 ملی 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 نحوه آزمایش آنها
- تعیین نوع زمین بر اساس مبحث ششم مقررات ملی 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 خاک‌ریزی مهندسی در لایه‌های کم ضخامت و انجام عملیات تراکم با مشخصاتی که طراح مشخص می‌کند، 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 تغییر مکان 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 صورتی که هر سه شرط مذکور با هم برقرار نباشد، خطر گود با توجه به شرطی تعیین می‌شود که خطر بیشتر را تعیین می‌کند. عمق بحرانی h_c از رابطه ۱-۲ تعیین می‌شود.

$$h_c = \frac{\gamma_c}{\gamma \sqrt{k_a}} - \frac{q}{\gamma} \quad \text{رابطه ۱-۲}$$

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

برحسب کیلوپاسکال، k_h 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.

جدول ۳-۲ ارزیابی خطر گود با دیوار قائم

مقدار $\frac{h}{h_c}$	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 h_c عمق بحرانی بر اساس تخمین اولیه c و ϕ 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 میخ کوبی و یا به صورت 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 میخ کوبی: 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 و سقف سازه ندارد.
- ۲ دیوارهای متصل:** دیوارهایی که به ستون‌ها و سقف‌ها و یا بخشی از آنها متصل می‌باشد و از نظر سازه‌ای با آنها به صورت یکپارچه عمل می‌کنند.

قالب و قالب بندی

قالب، سازه‌ای موقت و گاهی 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 قالب بندی شامل قالب، پشت‌بندها، وادارها، داربست بندی، 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 ذی صلاح 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، پشت‌بندهای 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 و نظایر 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 مورد نظر 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 و موقعیت قالب‌ها نباید از حدودی معین تجاوز کند. حدود رواداری‌های قالب‌ها برای ساختمان‌ها و قطعات متداول بتن آرمه در جدول (۴-۲) آمده است.

جدول ۴-۲ 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 میلی‌متر		
۵	اختلاف در ابعاد ستون‌ها، مقطع عرضی ستون‌ها و تیرها و ضخامت دال‌ها و دیوارها	الف	در جهت نقصانی	۱۲ میلی‌متر
		ب	در جهت اضافی	
	اختلاف اندازه‌ها در پلان			نقصانی ۱۲ میلی‌متر
				اضافی ۵۰ میلی‌متر
۶	شالوده‌ها	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	پله‌ها	الف	در تعداد معدودی پله	± ۱/۵ میلی‌متر
		ب	در پله‌های متوالی	± ۳ میلی‌متر

مصالح مصرفی در قالب

مصالح مناسب برای قالب را باید با توجه به ملاحظات اقتصادی، ایمنی و سطح تمام شده مورد نظر انتخاب کرد. مشخصه‌های فیزیکی و مکانیکی مصالح را باید در ساخت قسمت‌های مختلف مانند بدنه، رویه، ملحقات، اجزای نگهدارنده 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)، چهار تراش، 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 محاسبه قالب‌های چوبی بر اساس طراحی و محاسبه ساختمان‌های چوبی موقت صورت می‌گیرد. چوب مورد استفاده در قالب بتن باید از انواع صمغ دار مانند کاج و صنوبر باشد. در قالب‌بندی اعضای از سازه مانند پی‌ها می‌توان از چوب سفید نیز استفاده کرد. برای شمع، شلافی‌ها 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 به صورت 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 خم شده 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.

در صورتی که 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 تعبیه قالب برای اعضای بتنی با سطح فوقانی با شیب بیشتر از ۱:۱ الزامی است.
- ۲ پیش از آرماتوربندی می‌باید تا حد امکان رویه قالب‌ها را نصب کرده و مواد رها ساز (روغن قالب) را روی قالب‌ها مالید.
- ۳ قطعات رویه قالب‌ها را می‌باید به گونه‌ای در کنار هم قرار داده و جفت کرد که هدر رفتن شیره بتن ممکن نباشد.
- ۴ قالب‌ها باید از هر نوع آلودگی، ملات‌ها، مواد خارجی و نظایر این‌ها عاری باشند و پیش از هر بار مصرف با مواد رها ساز پوشانیده شوند. این مواد را باید چنان به کار برد که بدون آلوده شدن آرماتورها، روی سطوح قالب لایه‌ای یکنواخت و نازک به وجود آید.
- ۵ 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 در صورتی که 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 محدوده رواداری تعیین شده تنظیم شود.
- ۸ تعبیه خیز اولیه برای تیرها و دال‌های با دهانه بزرگ به گونه‌ای 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 دهانه بزرگ‌تر از ۵ متر، تیرهای کنسول به طول بیشتر از دو و نیم متر، دال‌های با دهانه بزرگ‌تر از سه متر، و دال‌های کنسول، به طول بیشتر از یک و نیم متر اجباری است. تعداد پایه‌های اطمینان، فاصله بین آنها، و مشخصات آنها را می‌باید از طریق محاسبه و بر مبنای مقاومت کوتاه مدت بتن به دست آورد ولی در هر حال فاصله بین آنها نباید از سه متر بیشتر باشد.

قالب برداری

نحوه 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 محدودش نشود.
- ۴ در صورتی که 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 دهانه تا هفت متر، برداشتن کل قالب و داربست و زدن پایه‌های اطمینان مجاز است ولی برای دهانه‌های بزرگ‌تر از هفت متر، تنظیم قالب و داربست باید به گونه‌ای باشد که برداشتن قالب بدون جابه‌جایی پایه‌های اطمینان میسر باشد و با برداشتن قالب و زدن پایه موقت، به صورت مرحله‌ای باشد.
- ۲ برای ساختمان‌های متشکل از دیوارها و دال‌های بتن آرمه، نظیر ساختمان‌هایی که با قالب‌های تونلی یا قالب‌واره‌های 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 صورتی که قطعه 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. در صورتی که تیر یا دال یکسره طراحی شده باشد، نمی‌توان پایه‌های اطمینان دهانه‌ای را برچید مگر آنکه دهانه‌های طرفین آن بتن‌ریزی شده باشند و بتن آن نیز مقاومت لازم را به‌دست آورده باشد.
- ۴ در صورت تکیه کردن مجموعه قالب‌بندی طبقه فوقانی روی طبقه تحتانی فقط هنگامی می‌توان طبقه زیرین را برچید که بتن طبقه بالا مقاومت لازم را به‌دست آورده باشد. این امر می‌باید مبتنی بر محاسبات سازه‌ای صورت پذیرد.
- ۵ توصیه می‌شود پایه‌های اطمینان همیشه در دو طبقه متوالی وجود داشته

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

۶ برداشتن پایه‌های اطمینان باید بدون اعمال فشار و ضربه، به گونه‌ای 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 به گونه‌ای که در صورت لزوم در هر لحظه بتوان باربرداری از روی پایه‌ها را متوقف کرد.

زمان قالب برداری

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

جدول (۵-۲) حداقل زمان لازم برای قالب برداری

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

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 در صورتی که ضمن سخت شدن بتن دمای محیط به کمتر از صفر درجه 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 در صورت استفاده از سیمان یا مواد دیر سخت‌شونده نظیر سیمان پرتلند نوع پنج یا سیمان‌هایی که روند کسب مقاومت مشابه دارند، باید زمان‌های داده شده را افزایش داد.

۵ در صورتی که ملاحظات خاصی 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 در صورتی که 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. در صورتی که آزمایش آزمون‌های 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 محدودیت‌ها، بتن به مقاومت بیست و هشت روزه 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 سازه اجرا شده 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 سازه 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 صفحه‌ی رویه‌ی قالب وارد می‌آید. این بارهای وارده از طریق صفحه‌ی رویه به تیرچه‌ها، و از طریق تیرچه‌ها به تیرک‌ها، و از طریق تیرک‌ها به پایه‌ها (شمع‌ها) منتقل می‌گردند.

سیستم سازه‌ای قالب‌های دیوارها: در این قالب‌ها، فشار رانشی بتن تازه بر صفحه‌ی رویه‌ی قالب وارد می‌آید. نیروی ناشی از این فشار از طریق صفحه‌ی رویه به پشت‌بندهای قائم، و از طریق پشت‌بندهای 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 قالب‌ها، فشار رانشی بتن تازه بر صفحه‌ی رویه‌ی قالب وارد می‌آید. این نیروها به پشت‌بندهای 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.