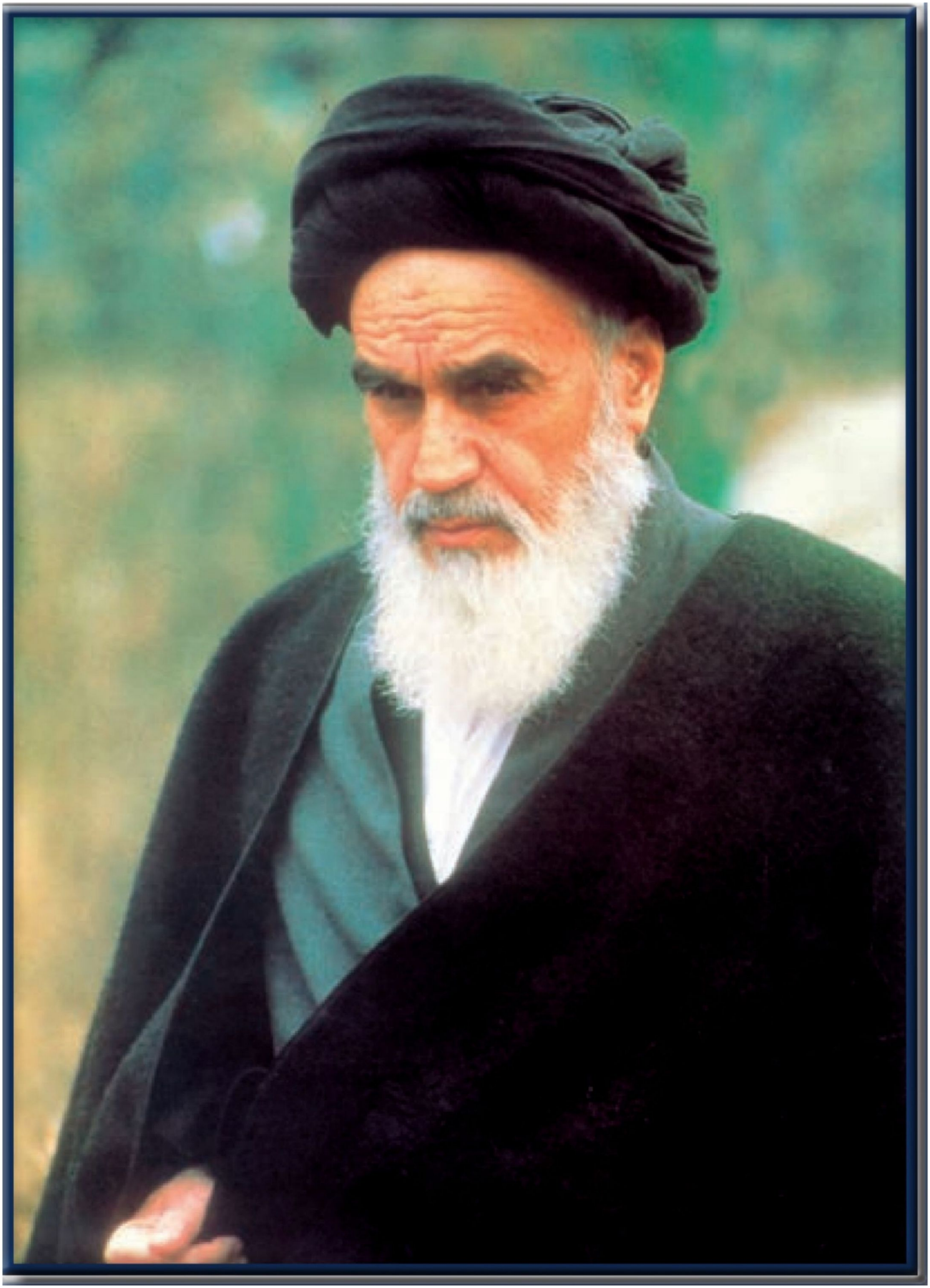
بسم الله الرحمن الرحیم

نقشه کشی اسکلت بتنی



فصل اول:

شناخت بتن و مصالح تشکیل دهنده آن

هدف کلی: آشنایی با بتن و اجزای تشکیل دهنده آن

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل فراگیر باید بتواند:

۱- خواص بتن را بیان کند؛
۲- مشخصات مصالح سنگی را بیان کند؛
۳- سیمان را تعریف کند و انواع آن‌را نام ببرد؛
۴- مشخصات آب مصرفی در سیمان را شرح دهد؛
۵- انواع میلگرد مصرفی در بتن را نام ببرد؛

۱-۱- بتن و اهمیت شناخت آن

امروزه مصرف بتن روز به روز درکارهای مختلف ساختمانی افزایش می‌یابد و لزوم شناخت بیشتر مصالح تشکیل دهنده بتن همراه با تکنولوژی ساخت، در تمام جوامع مهندسی پذیرفته شده است.

بتن یا سنگ مصنوعی که در ساختمان‌های امروزی، مورد مصرف بسیار دارد، تکامل آن پس از یک سلسله تحقیقات و اکتشافات به‌خصوص ماده اصلی آن یعنی سیمان صورت گرفت تا به شکل امروزی پدید آمد.

تعریف: بتن از ترکیب مقدار معین وحساب شده از آب، سیمان، ماسه، شن و بعضی مواد مضاف و افزودنی دیگر به‌دست می‌آید. پس از این که آب به مخلوط مصالح سنگی و سیمان افزوده شد، سیمان و آب با هم وارد فعل و انفعالات شیمیایی حرارت‌زا می‌شوند. در اثر این فعل و انفعالات ماده‌ی ژله مانند و چسبنده‌ای به وجود می‌آید که مصالح مختلف داخل مخلوط را به هم پیوند داده به صورت جسم سختی در می‌آید. عمل اختلاط بتن باید به‌وسیله دستگاه بتن‌ساز انجام شود.

شکل ۱-۱- بتـــن

۲-۱- مصالح تشکیل دهنده بتن

مصالح مصرفی در بتن عبارت‌اند از: سیمان، مصالح سنگی درشت دانه(شن)، مصالح سنگی ریز دانه(ماسه) و آب. علاوه بر این مصالح، مواد اصلاح کننده خواص بتن، یعنی مواد افزودنی نیز می‌توانند در بتن استفاده شوند.

۱-۲-۱- مصالح سنگی مصرفی در بتن

دانـــه‌های سنگـی به دو دسته دانه‌های درشت یا شن و دانه‌های ریز یا ماسه تقسیم می‌شود. مصالح سنگی (شن و ماسه) در در مجموع حدود $\frac{۳}{۴}$ تا $\frac{۲}{۳}$ حجم بتن را اشغال می‌کند. ۶۰ تا ۷۰ درصد از کل دانه‌ها، شن، و ۳۰ الی ۴۰ درصد دانه‌ها را ماسه تشکیل می‌دهد.

تـذکـر: مصالح سنگی ریز و درشت مصـرفی در بتن باید تمیز، سخت و عـاری از مواد شیمیایـی جذب شده، پوشـش‌های رسـی، گچـی و مـواد ریز دیگـری باشد که بر چسبندگـی آن‌ها با خمیـر سیمان اثر می‌گذارد.

۱-۱-۲-۱- ماسه در بتن :

دانه‌های سنگی ریزتر از ۵ میلی‌متر را ماسه می‌گویند.
ماسه ها را بر اساس قطر دانه به سه‌دسته با مشخصات درج شده در جدول زیر تقسیم می‌کنند.

جدول شماره ۱-۱ دسته بندی ماسه

نام دسته ماسه	اندازه قطـر دانه‌ها (بر حسب میلی‌متر)
درشت	۲ تا ۵
متوسط	۰/۵ تا ۲
نـرمه	۰/۰۷۵ تا ۰/۵

تذکـر: میزان گل و لای مجاز برای دانه‌های ماسه حداکثر ۳ درصد می‌باشد.

دانه‌های ریزتر از ۴/۷۶ میلی‌متر را ماسه و بزرگ‌تر از ۴/۷۶ تا۶۰ میلی‌متر را شن می‌گویند. با کمی تقریب در کارگاه، دانه‌های ریزتر از ۵ میلی‌متر را ماسه و بزرگ‌تر از ۵ میلی‌متر، شن محسوب می‌شود.

شکل ۲-۱- دانه‌های سنگی

شکل ۳-۱- دانه‌بندی شن و ماسه

شکل ۴-۱- ماسه در بتن

۲-۱-۲-۱- شن در بتن

دانه‌های سنگی بزرگ‌تر از ۵ میلی‌متر و کوچک‌تر از ۶۰ میلی‌متر را **شن** می‌گویند.

شکل ۵-۱- شن

■ **طبقه‌بندی شن:**

الف) شن طبیعی: سنگ‌های بزرگ بر اثر عوامل جوی و حرکت سیلاب‌ها از کوه‌ها جدا شده، خرد می‌شوند و در بستر رودخانه‌ها ته‌نشین می‌شوند؛ به سنگ‌های ته‌نشین شده با قطر ۵ تا ۶۰ میلی‌متر شن طبیعی گفته می‌شود. شن طبیعی دارای گوشه‌های مدور بوده و معمولاً در هنگام ته‌نشین شدن در بستر رودخانه‌ها، با ماسه و قلوه سنگ (سنگ درشت تر از شن) مخلوط است.

جدول شماره۲-۱ دسته بندی شن طبیعی

نام دسته شن	اندازه قطر دانه ها (بر حسب میلی متر)
درشت	۲۵ تا ۶۰
بادامی	۱۲ تا ۲۵
نخودی	۵ تا ۱۲

ب) شن شکسته: سنگ‌هایی با اندازه‌های مناسب در کارخانه به‌وسیله‌ی دستگاه‌های سنگ‌شکن، خرد شده و توسط الک‌های متوالی، دانه‌بندی می‌شود. به محصول به‌دست آمده، شن شکسته می‌گویند.

◁ **تذکر(۱):** میزان گل ولای مجاز برای دانه‌های شن حداکثر ۱ درصد می‌باشد.

◁ **تذکر(۲):** قطر دانه‌های شن برای ساخت بتن معمولی بین ۵ تا ۲۲ میلی‌متر است

برای مطالعه ...

طبق مشخصات و ضوابط مشخص شده درآئین‌نامه بتن ایران (آبا)، بزرگ‌ترین اندازه اسمی سنگدانه‌های درشت نباید از هیچ‌کدام از مقدار زیر بزرگ‌تر باشد:

الف : $\frac{۱}{۵}$ کوچکترین بعد داخلی قالب بتن

ب : $\frac{۱}{۳}$ ضخامت دال

ج : $\frac{۳}{۴}$ حداقل فاصله آزاد بین میلگردها

د : $\frac{۳}{۴}$ ضخامت پوشش روی میلگردها

ه : ۳۸ میلی‌متر در بتن مسلح

شکل و بافت سطحی و ظاهری دانه‌ها

دانه‌های موجود در طبیعت (شن و ماسه) را از نظر شکل ظاهری می‌توان به پنج دسته تقسیم کرد:

۱- دانه‌های گرد: دانه‌هائی هستند که در اثر فرسایش در طبیعت شکل آن‌ها گرد و سطح آن‌ها صاف شده است.

۲ – دانه‌های نامنظم: معمولاً دارای سطح صاف و صیقلی هستند ولی شکل آن‌ها کاملاً گرد نیست.

۳ – دانه‌های گوشه‌دار: دارای سطح صاف نیستند، همچنین شکل هندسی مشخصی نداشته و اکثراً دارای گوشه‌های مشخص و تیز هستند.

۴ – دانه‌های پولکی شکل: دانه‌هایی هستند که ضخامت آن‌ها نسبت به دو بُعد دیگر آن‌ها کم است.

۵ – دانه‌های سوزنی شکل: دانه‌هایی هستند که طول آن‌ها نسبت به دو بُعد دیگر به میزان قابل توجهی بیش‌تر است.

اصولاً در بتن‌سازی از دانه‌های گرد، نامنظم و گوشه‌دار استفاده می‌شود. دانه‌های گرد در مقایسه با دانه‌های نامنظم و گوشه‌دار، در بتن کم‌ترین مصرف سیمان را دارد. از نظر مقاومت نهائی بتن، بتنی که با دانه‌های گوشه‌دار ساخته می‌شود به دلیل امکان درگیر شدن بهتر با دانه‌ها با یکدیگر و برقراری اصطکاک بهتر بین آن‌ها، مقاوم‌تر خواهد بود.

شکل ۶-۱- دانه‌های گرد

شکل ۷-۱- دانه‌های نا منظم

شکل ۸-۱- دانه‌های گوشه دار

شکل ۹-۱ – دانه‌های پولکی

۲-۲-۱- سیمان در بتن

سیمان اصطلاحاً به ماده‌ای اطلاق می‌شود که با انجام واکنش شیمیایی با آب (واکنش هیدراتاسیون) نقش چسباندن مصالح سنگی به یکدیگر و تولید جسم سخت بتن را ایفا می‌کند. عمده مواد اولیه سیمان از خاک رس و آهک تشکیل شده است.

شکل ۱۰-۱- کارخانه سیمان

بـرای مطالعـه ...

اگر مخلوطی از سنگ آهک، خاک رس با گچ در کوره‌ای دوار با حرارت زیاد پخته شود، دانه‌هایی به رنگ سبز تیره در می‌آید که به آن کلینکـر گفته می‌شود. درشتی دانه‌های کلینکر بین ۰/۵ تا ۲ سانتی‌متر است. اگر کلینکر با مقدار کمی گچ از طریق آسیاب کردن به پودر تبدیل شود، محصول به‌دست آمده سیمان خواهد بود.

زمانی که سیمان با آب مخلوط شود واکنش شیمیایی آغاز می‌گردد و بر روی سطح هر دانه سیمان مواد حاصل از هیدراته شدن پدید می‌آید که در اثر اتصال این مواد به یکدیگر تمام دانه‌ها با هم ارتباط می‌یابند. در اثر این ارتباط بتن سفت و سخت می‌شود و سر انجام مقاومت حاصل می‌شود.

این واکنش‌های شیمیایی هیدراتاسیون نامیده می‌شود که با تولید حرارت همراه است. البته حرارت حاصل از هیدراتاسیون به سرعت از بین می‌رود. پس از قالب‌برداری دیوارهای با ضخامت ۲۰ سانتی‌متری و بیش‌تر، حتی پس از گذشت ۲۴ ساعت از زمان بتن‌ریزی، چنان‌چه لمس گردد، دمای بتن احساس می‌شود.

شکل ۱۱-۱- مراحل تولید سیمان

جدول ۳-۱
مواد تشکیل دهنده سیمان

مواد اولیه در سیمان	درصد
آهک	۶۳ درصد
سیلیس	۲۰ درصد
آلومین	۶ درصد
اکسید آهن	۳ درصد
اکسید منیزیم	۱/۵ درصد

شکل۱۲-۱ - سیمان

۱-۲-۲-۱- انواع سیمان :

■ سیمان‌های مصرفی در بتن عبارت‌اند از: سیمان‌های پرتلند پنج‌گانه و سیمان‌های ویژه.

الف) سیمان پرتلند

سیمان پرتلند، سیمانی است که از آسیاب کردن کلینکر، به همراه مقدار مناسبی سنگ گچ یا سولفات کلسیم متبلور خام به دست می‌آید. مطابق استانداردهای ایران، سیمان پرتلند به پنج نوع زیر تقسیم می‌شود:

نوع ۱- سیمان پرتلند معمولی I : یک سیمان معمولی است که برای مصارف عمومی ساختمان به کار می رود.

نوع ۲- سیمان با حرارت زایی متوسط II : سیمان پرتلند اصلاح‌شده؛ سیمان با خصوصیات متوسط است که نسبت به نوع I حرارت کمتری آزاد کرده و برای مصرف در محیط‌هایی که احتمال حمله ضعیفی از سولفات وجود خواهد داشت، مناسب است.

نوع ۳- سیمان با تاب زیاد III : سیمان زودگیر؛ این سیمان برای ساخت بتن در هوای سرد به جهت آزاد کردن گرمای بیش‌تر و کم‌کردن دوره مراقبت مناسب است.

نوع ۴- سیمان با حرارت‌زایی کم IV: سیمان کندگیر؛ این سیمان معمولاً در هوای گرم به دلیل تولید حرارت کم‌تر و تسهیل در امر مراقبت از بتن، استفاده می‌شود.

نوع ۵- سیمان ضد سولفات V: این نوع سیمان یک سیمان ضد سولفات و یا مقاوم در مقابل حمله سولفات‌ها محسوب می‌شود. همچنین این سیمان تاحدودی خصوصیات دیرگیری داشته و نسبت به سیمان نوع اول، حرارت کم‌تری تولید می‌کند.

ب) سیمان‌های ویـــژه

امروزه سیمان را در انواع و رنگ‌های مختلف می‌سازند و به بازار عرضه می‌کنند که متداول‌ترین آن‌ها به شرح زیر است :

■ **سیمان پرتلند سفید:** اگر مواد خام سیمان پرتلند معمولی، اکسید آهن نداشته باشد، یا آن‌را از مواد خام جداکنند، رنگ سیمان سفید می‌شود. بدین ترتیب سیمان پرتلند سفید از آسیاب کردن کلینکر سیمان سفید با مقدار مناسبی سنگ گچ به دست می‌آید.

■ **سیمان‌های رنگی:** این نوع سیمان از افزودن ۵ تا ۱۰ درصد مواد رنگی معدنی بی اثر شیمیائی به سیمان پرتلند معمولی یا سیمان سفید به دست می‌آید. از سیمان پرتلند معمولی برای ساخت

سیمان‌های پرتلند رنگی قرمز، قهوه‌ای و سیاه استفاده می‌شود. برای ساخت سیمان به رنگ‌های دیگر، از سیمان سفید استفاده می‌شود.

ج) سیمان پرتلند آمیخته

■ **سیمان پرتلند پوزولانی:** سیمان پرتلند پوزولانی، چسباننده‌ای آبی است که مخلوط کامل، یکنواخت و همگنی از سیمان پرتلند، پوزولان و سنگ گچ آسیاب شده می‌باشد.

■ **سیمان پرتلند روباره‌ای یا سرباره‌ای:** این سیمان از آسیاب کردن ۱۵ تا ۹۵ درصد سرباره‌ی کوره آهنگدازی فعال و غیر کریستالی، کلینکر سیمان پرتلند و مقدار مناسبی سنگ گچ به دست می‌آید. این نوع سیمان پایداری بیشتری در برابر سولفات‌ها دارد و بتن ساخته شده با آن، نفوذ پذیری کم‌تر و دوام بیشتری دارد. این سیمان در برابر سیمان پرتلند معمولی، دیرگیرتر و گرمای آبگیری آن کم‌تر است.

د) سیمان پرتلند بنایی

استفاده از این سیمان در بتن و بتن آرمه مجاز نمی‌باشد و فقط در ملات و مانند آن به‌کار می‌رود.

۲-۲-۲-۱- مواد افزودنی (مضاف)

مواد مضاف، مواد شیمیایی خاصی هستند که به صورت محلول و یا پودر عرضه می‌شوند. مواد مضاف به بتن افزوده می‌شود تا بعضی از ویژگی‌های بتن تازه یا سخت شده را تغییر دهد.

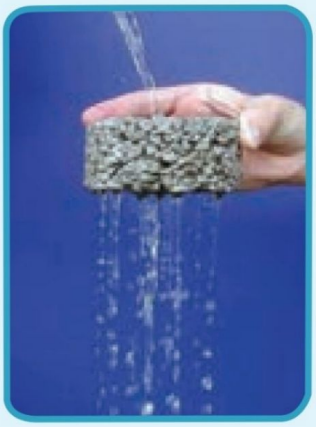
حداکثر میزان مصرف این مواد ۵ درصد وزن سیمان است. برخی از این مواد عبارت‌اند از:

- مواد افزودنی کندگیر کننده
- مواد افزودنی تندگیر کننده
- مواد افزودنی حباب هواساز
- مواد افزودنی نگهدارنده آب
- مواد افزودنی کاهنده جذب آب

تذکر: منظور از بتن با عیار $۲۵۰\ kg/m^3$ ، این است که در هر متر مکعب بتن، ۲۵۰ کیلوگرم سیمان استفاده شده است.

شکل ۱۳-۱- سیمان پرتلند پوزولانی

پوزولان: یکنواخت کننده ی حباب های هوا و گسترش دهنده ی منظم حباب های هوا در تمامی حجم بتن می باشد؛ که علاوه بر آن مقاومت بتن را در مقابل زمین های شوره زار افزایش داده سطح خارجی بتن را صاف و مسطح می کند.



شکل۱۴-۱- آب در بتن

در بتن

آب به سه صورت در بتن به کارمی‌رود:

۱- آب مصرفی برای شستشوی سنگدانه‌ها

۲- آب به عنوان یکی از اجزاء تشکیل دهنده بتن

۳- آب مصرفی برای عمل آوردن بتن

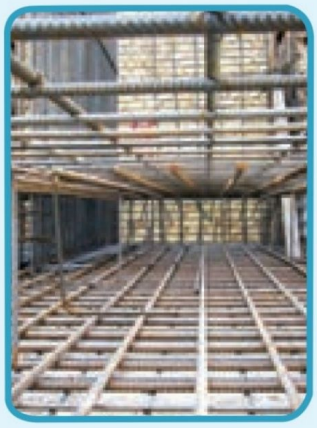
آب یکی از اجزاء اصلی بتن محسوب و نقش مهمی را در بتن ایفا می‌کند. بدون وجود آب، سیمان هیدراته نمی‌شود (واکنش‌های شیمیایی لازم با سیمان انجام نمی‌شود) وخمیر چسبنده‌ای که سبب انسجام بتن می‌شود، تولید نگردیده، لذا یکپارچگی و سخت شدن مصالح بتن انجام نمی‌شود. قسمتی از آبی که در بتن مصرف می‌شود (حدود ۲۵ درصد وزن سیمان)، جذب ذرات سیمان شده و در واکنش‌های شیمیایی به‌کار گرفته می‌شود. اما در عمل، ساخت بتن با این نسبت آب امکان‌پذیر نیست؛ زیرا چنین بتنی به اندازه‌ای سفت است که کار کردن با آن میسر نمی‌باشد. به همین جهت باید نسبت آب به سیمان $(\frac{W}{C})$ را تا آنجایی افزایش داد که به سهولت بتوان با بتن کار کرد. لذا این نسبت را تا ۴۰ الی ۶۰ درصد وزن سیمان افزایش می‌دهند. اما در همین محدوده باز هم هر چه این نسبت را کم‌تر بگیرند، بهتر خواهد بود. زیرا مازاد آب که در واکنش شیمیایی شرکت نمی‌کند، جا اشغال کرده و در نهایت در بتن محبوس می‌شود و یا تبخیر شده و فضای خالی ایجاد می‌کند، یعنی در هر حال از حجم مفید بتن می‌کاهد.

آب مصرفی در ساخت بتن باید تمیز و صاف باشد و از مصرف آب حاوی مقدار زیادی از هر نوع ماده که قادر به صدمه زدن به بتن یا میلگرد است، از قبیل: روغن‌ها، اسیدها، قلیاها، املاح، مواد قندی ومواد آلی، خودداری می‌گردد. مقادیر مواد زیان‌آور در آب مصرفی در بتن نباید از مقادیر حداکثر مجاز تجاوز کند.

توجه: هر آبی که PH (درجه اسیدیته) آن بین ۵ الی ۸/۵ بوده و طعم شوری نداشته باشد؛ هم چنین فاقد جلبک و مواد آلی باشد یا آب آشامیدنی که درصد املاح یون های سدیم و پتاسیم آن کم باشد برای استفاده در بتن مناسب است.

۴-۲-۱- فولاد در بتن

بتن ماده‌ای است که دارای مقاومت زیادی در فشار است. از این رو استفاده از آن برای قطعات تحت فشار مانند ستون‌ها و قوس‌ها بسیار مناسب است، ولی علی‌رغم مقاومت فشاری قابل توجه، مقاومت کششی کم و شکنندگی نسبتاً زیاد بتن، استفاده از آن‌را برای قطعاتی که کاملاً و یا به‌طور موضعی تحت کشش هستند محدود می‌نماید. برای رفع این محدودیت اعضاء بتنی را با قرار دادن فولاد در آن‌ها تقویت می‌کنند. ماده مرکبی که بدین ترتیب حاصل می‌شود **بتن آرمه** یا **بتن مسلح** می‌نامند. فولادی که برای این منظور در سازه‌های بتن آرمه بکار می‌رود معمولاً به شکل میلگرد یا سیم می‌باشد که آرماتور نامیده می‌شود. مطالب این بخش اساساً به فولادی که برای مسلح کردن بتن به کار می‌رود و به صورت میلگرد است، اختصاص دارد.



شکل۱۵-۱- فولاد در بتن

۱-۴-۲-۱- انواع میلگردهای مصرفی در بتن

■ **طبقه بندی میلگردها از نظر روش ساخت**

۱) فولاد گرم نورد شده

۲) فولاد سرد اصلاح شده

۳) فولاد گرم اصلاح شده یا فولاد ویژه

شکل۱۶-۱- میلگرد با رویه صاف

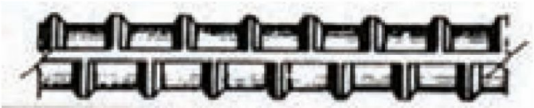
■ **طبقه‌بندی میلگردها از نظر شکل رویه**

۱) میلگرد با رویه صاف یا میلگرد ساده A I: استفاده از این نوع میلگرد به عنوان میلگرد سازه‌ای در سازه‌های بتن آرمه مجاز نیست.

۲) میلگرد با رویه آج‌دار A II: آج عبارت است از برجستگی‌هائی که به صورت طولی یا در امتدادی غیر از طول میلگرد در هنگام نورد بر روی آن ایجاد می‌شود.

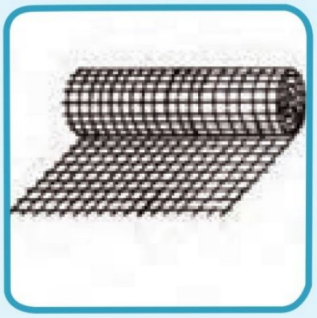
۳) میلگرد با رویه آج‌دار پیچیده A III: این نوع میلگرد از پیچاندن میلگرد آج‌دار به‌دست می‌آید.

شکل۱۷-۱- میلگرد با رویه آجدار

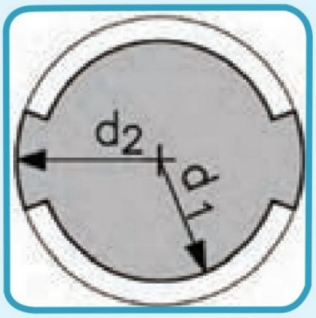
جدول شماره ۱-۱ دسته‌بندی ماسه		
عنوان	شکل	مقاومت کششی و فشاری مجاز (Kg/mm^2)
میلگرد ساده A I یا Ø		۲۴
میلگرد آج‌دار A II یا Ø		۳۰
میلگرد آج‌دار تابنده یا پیچیده A III یا Ø		۴۲ تا ۵۰

شکل ۱۸-۱ میلگرد کلاف

شکل ۱۹-۱ میلگرد شاخه‌ای



۱-۲۰ شبکه سیمی میلگرد



۱-۲۱ - قطر زمینه و قطر خارجی

میلگردها به سه صورت به بازار عرضه می‌گردند:

میلگردهای با قطر کم بین ۶ تا ۱۰ میلی‌متر می‌توانند به صورت شاخه‌ای یا به‌صورت قرقره و کلاف تهیه می‌شوند.

میلگردهای با قطر بیش‌تر از ۱۰ میلی‌متر به صورت شاخه‌های ۱۲ متری (۱۸ متری برای میلگردهای آمریکائی) عرضه می‌شوند.

برای مسلح کردن اعضاء بتنی، میلگردها را در محل کارگاه به یکدیگر می‌بندند و یا در کارخانه به نحو خاصی به یکدیگر جوش کرده و برای نصب به کارگاه حمل می‌کنند. به این نمونه از آرماتوربندی پیش ساخته، **شبکه سیمی جوش شده** می‌گویند که برای مسلح کردن دال‌ها و پوسته‌ها کاربرد فراوانی دارد.

۲-۴-۲-۱- مشخصات هندسی میلگردها

قطر زمینه (d۱) : قطر زمینه یعنی قطر میلگرد آج‌دار بدون در نظر گرفتن آج آن.

قطر خارجی (d۲): قطر خارجی یعنی قطر میلگردها با احتساب کامل آج.

قطر اسمی (M): قطر اسمی تقریباً میانگین قطر زمینه و قطر خارجی میلگرد است.

قطر اسمی از رابطه روبرو به دست می آید. $d_2 = 2\sqrt{\frac{M}{0.00785\pi L}}$

جدول ۵-۱- مشخصات قطر میلگردها میلگردهای S340 و S400 (با آج یکنواخت)		
قطر اسمی (M) (mm)	قطر زمینه (d1) (mm)	قطر خارجی (d2) (mm)
۶	۵/۷۵	۶/۷۵
۸	۷/۵۰	۹/۰۰
۱۰	۹/۳۰	۱۱/۳۰
۱۲	۱۱/۰۰	۱۳/۵۰
۱۴	۱۳/۰۰	۱۵/۵۰
۱۶	۱۵/۰۰	۱۸/۰۰
۱۸	۱۷/۰۰	۲۰/۰۰
۲۰	۱۹/۰۰	۲۲/۰۰
۲۲	۲۱/۰۰	۲۴/۰۰
۲۵	۲۴/۰۰	۲۷/۰۰
۲۸	۲۶/۵۰	۳۰/۵۰
۳۲	۳۰/۵۰	۳۴/۵۰
۳۶	۳۴/۵۰	۳۹/۵۰
۴۰	۳۸/۵۰	۴۳/۵۰

فصـــل دوم:

اجـــزای ساختمـــان‌های بتـــن آرمـــه

هدف کلی: آشنایی با اجزاء ساختمان‌های بتن آرمه

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل فراگیر باید بتواند:

۱- معایب و محاسن سازه‌های بتن آرمه را بیان کند؛

۲- فونداسیون را تعریف کند؛

۳- انواع پی‌های سطحی را نام ببرد؛

۴- انواع پی‌ها را از نظر شکل ظاهری تشخیص دهد؛

۵- عملکرد تیر را تعریف کند؛

۶- انواع دیوارهای بتنی را نام ببرد؛

۷- عملکرد ستون را تعریف کند؛

۸- انواع سقف‌های بتنی را بیان کند؛

۱-۲- معایب و محاسن سازه‌های بتن آرمه

مصالح مختلفی مثل فولاد، چوب، مصالح بنائی و بتن ممکن است به عنوان گزینه‌هائی برای ساخت یک بنا مطرح باشند و این گزینه‌ها برای بسیاری از سازه‌های متداول، وجود دارند؛ اگرچه در ساخت اسکلت سازه‌های بلند، ممکن است به فولاد و بتن محدود گردند. با این وجود امروزه بتن آرمه به عنوان یک گزینه قابل اعتماد برای ساخت بسیاری از سازه‌های کوچک و بزرگ محسوب می‌گردد؛ به‌طوری که شاید بتوان از آن به عنوان مهم‌ترین ماده ساختمانی موجود با کاربردی فراگیر در تمام دنیا نام برد.

شکل ۱-۲- سازه‌های بتن آرمه

شکل ۲-۲- سازه های بتنی

موفقیت قابل توجه بتن آرمه نسبت به سایر مصالح ساختمانی و به خصوص فولاد در کاربرد فراگیر آن‌را می‌توان مرهون موارد زیر دانست:

- بتن مقاومت فشاری قابل قبولی در مقایسه با بسیاری از مصالح ساختمانی دیگر دارد.
- تمامی اجزاء تشکیل دهنده بتن به جز سیمان به عنوان مصالح محلی و ارزان قیمت محسوب می‌شوند. تقریباً در همه جا می‌توان آب، ماسه و شن را از فواصل نزدیک به محل بتن‌ریزی حمل نمود.
- بتن را می‌توان به سهولت به هر شکل دلخواه درآورد. با ساختن قالب مناسب، تقریباً هر گونه مقطع سازه‌ای و شکل معماری را می‌توان از بتن آرمه تولید کرد.
- بتن مقاومت خوبی در مقابل آتش، دارد. یک ساختمان بتن آرمه می تواند ساعت‌ها در مقابل آتش‌سوزی‌های مهیب مقاومت کند، بدون آن‌که فرو بریزد. این مسئله فرصت کافی برای مهار آتش و نیز تخلیه ساختمان از نفرات و اموال را فراهم می‌کند.
- بتن همچنین مقاومت خوبی در مقابل رطوبت و آب دارد.
- اجزاء بتن آرمه از صلبیت بالایی برخوردارند. به همین دلیل معمولاً ساکنان یک ساختمان بتن آرمه در هنگام وزش بادهای شدید و یا تحرک زیاد همسایگان، لرزه‌ای را احساس نمی‌کنند.
- اجزاء بتنی در مقایسه با سازه فولادی به صورت ذاتی به محافظت و نگهداری کم‌تری نیاز دارند.
- بتن در مقایسه با سایر مصالح ساختمانی، عمر بهره‌دهی بسیار طولانی دارد. تحت شرایط مشخص، یک سازه بتن آرمه می‌تواند برای همیشه بدون کاهش در ظرفیت باربری مورد استفاده قرار گیرد. این مسئله مبتنی بر این واقعیت است که بتن در طول زمان نه تنها کاهش مقاومت ندارد، بلکه با گذشت طولانی زمان با تحکیم بیشتر سیمان، افزایش مقاومت نیز دارد.
- بتن در بعضی از اجزاء سازه‌ای نظیر پی‌ها، دیوارهای زیرزمین و شمع‌ها، به عنوان تنها گزینه اقتصادی محسوب می‌شوند.

• اجرای بتن و سازه‌های بتن آرمه در مقایسه با سایر مصالح نظیر فولاد و یا حتی چوب نیاز به نیروهای اجرایی و کارگران با مهارت بالا ندارد.

از طرف دیگر برای بتن نقاط ضعفی را نیز می‌توان برشمرد که برخی از آن‌ها عبارت‌اند از:

– مقاومت کششی بتن بسیار پایین بوده و در حدود یک‌دهم مقاومت فشاری آن است.

– هزینه ساخت، اجرا ونگهداری قالب در حدود ۳۰ الی ۵۰ درصد کل هزینه اجرای سازه بتن‌آرمه بالغ می‌شود.

– کنترل کیفیت بتن یک کنترل کارگاهی است و نسبت به کنترل کیفیت فولاد که در کارخانه انجام می‌شود، به مراتب پایین‌تر خواهد بود.

۲-۲- فونداسیون‌های بتنی

تعریف فونداسیون: پی یا فونداسیون قسمتی از سازه است که غالباً پایین‌تر از سطح زمین قرار می‌گیرد و نیروهای ناشی از سازه را به خاک زیر آن انتقال می‌دهد.

بتن را می‌توان یکی از مقاوم‌ترین و مستحکم‌ترین سنگ‌های مصنوعی دانست. لذا پی‌هائی که با بتن ساخته می‌شوند، بهترین پی در کارهای ساختمانی به شمار می‌آیند. امروزه توصیه می‌شود که پی کلیه ساختمان‌ها را با بتن مسلح بسازند. به خصوص در مناطق زلزله خیزی نظیر شهرهای جنوب خراسان.

بـرای مطالعـه ...

سه اصل اساسی در طراحی فونداسیون‌ها باید رعایت شود:

۱– نشست کلی سازه به مقدار قابل قبول و جزئی محدود شود.

۲– قسمت‌های مختلف سازه تا حد امکان نباید دارای نشست‌های نامساوی باشند.

۳– در عمل برای محدود کردن نشست نیروهای ناشی از سازه را باید به لایه‌ای منتقل کرد که دارای مقاومت کافی باشد.

شکل ۳-۲- پی بتنی

(Foundation)

اگر مقاومت خاک نسبتاً بالا بوده و بارهای انتقالی از سازه به زمین چندان زیاد نباشد، انتقال بار را می توان در محدوده کوچکی از سطح زمین و در اطراف هر ستون به طور مجزا و یا در اطراف چند ستون به طور مشترک انجام داد. در این حالت عضو سازه‌ای مورداستفاده، پی نامیده می‌شود. معمولاً شالوده مفهومی کلی تر از پی در بر داشته و علاوه بر پی، شامل سایر اجزائی که بار را به زمین منتقل می‌دهند، نظیر شمع‌ها نیز می‌شوند. اگر چه اغلب به صورت عامیانه و رایج، کلمات شالوده و پی معادل یکدیگر به کار می روند.

به‌طورکلی پی‌های بتنی را به دو دسته تقسیم می‌کنند:
۱- پی‌های سطحی ۲- پی‌های عمیق

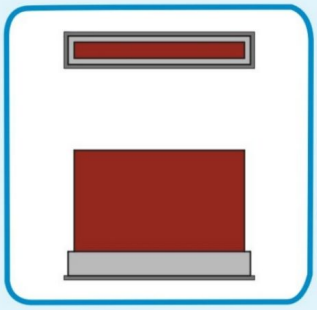
۲-۲-۱- پی‌های سطحی

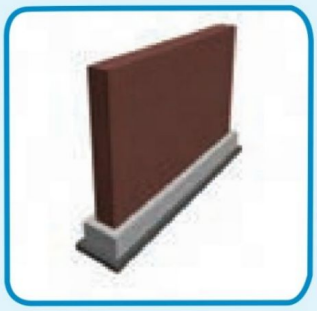
در صورتی که زمینی که مستقیماً زیر سازه قرار دارد شرایط مطلوب داشته باشد، می‌توان پی‌ها را مستقیماً بر آن بنا نهاد و ابعاد پی را طوری انتخاب کرد که تنش مجاز خاک از حد مجاز بیشتر نشود. به چنین پی‌هائی اصطلاحاً **پی‌های سطحی** گفته می‌شوند.

پی‌های سطحی را می‌توان به سه گروه تقسیم کرد:
الف) پی‌های زیر دیوار ب) پی‌های منفرد ج) پی‌های مرکب

۲-۲-۱-۱- پی‌های نواری زیر دیوار:

پی دیوار یک پی سرتاسری است که در زیر دیوارهای باربرآجری یا بتنی ساخته می‌شود.



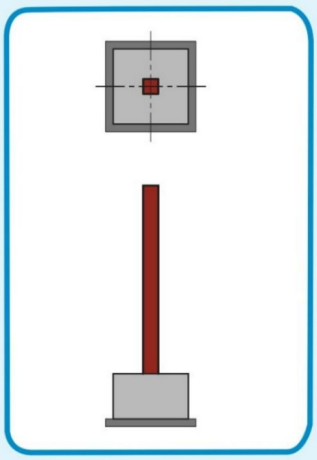


شکل ۴-۲- پی زیر دیوار

۲-۲-۱-۲- فونداسیون‌های منفرد:

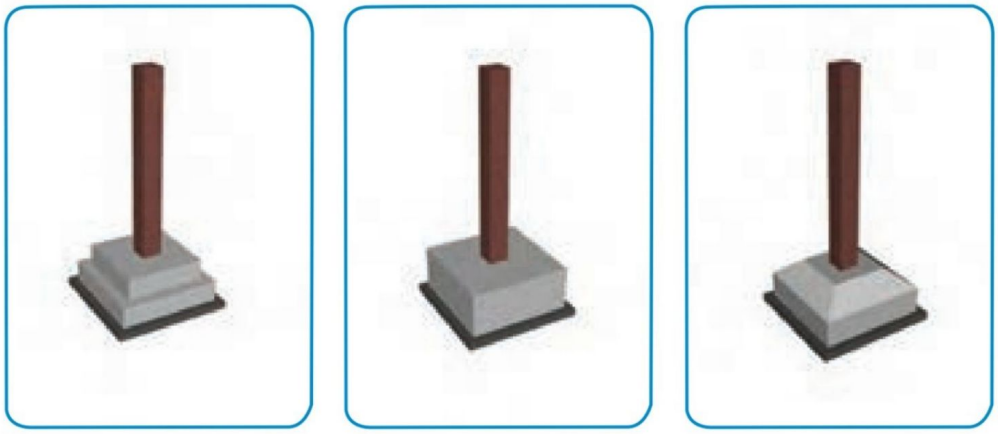
پی‌های منفرد متداول‌ترین نوع پی‌ها به شمار می‌روند و به طور مرکزی در زیر هر ستون قرار داده می‌شوند.

شکل ۵-۲- پی منفرد

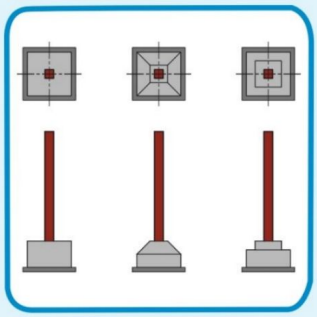


شکل ۶-۲- پی زیر دیوار

پی‌های منفرد معمولاً به شکل مربع ساخته شده اما در صورت محدودیت جا و یا در مواردی که لنگر قابل ملاحظه‌ای بر ستون اثر کند، از پی مستطیل شکل نیز استفاده می‌شود.
زاویه پخش بار در پی‌های بتنی ۳۰ تا ۴۵ درجه می‌باشد. لذا می‌توان این گونه پی‌ها را پلکانی یا به صورت هرم ناقص ساخت و در مصرف اضافی بتن صرفه جوئی نمود.



شکل ۷-۲- فرم‌های مختلف فونداسیون منفرد



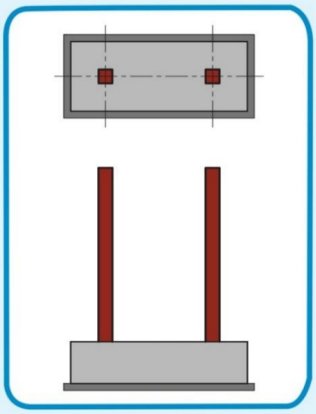
شکل ۸-۲- فرم‌های مختلف فونداسیون منفرد

۳-۱-۲-۲- پی‌هـای مرکـب:

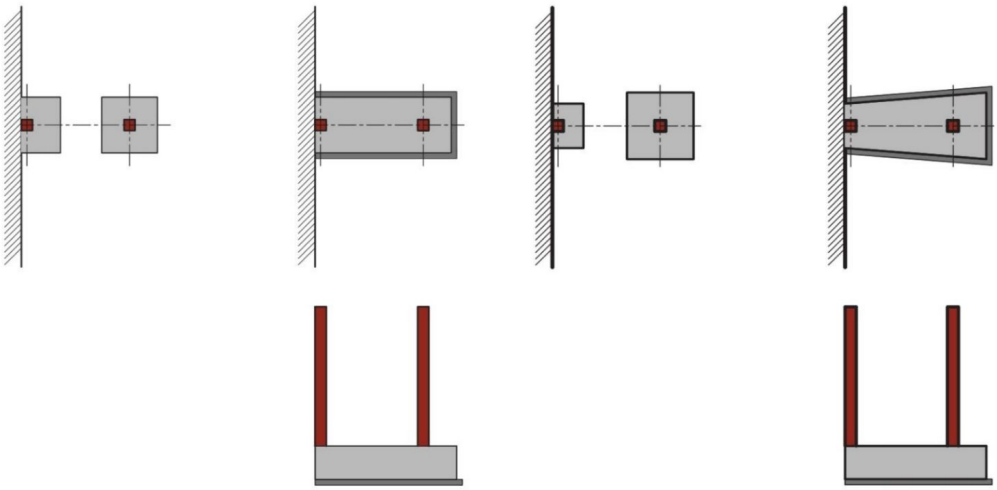
پی‌های مرکب به پی‌هایی اطلاق می‌شود که بیش از یک ستون بر آن‌ها تکیه می‌کند. این پی‌ها خود انواع مختلفی دارند که پی دو ستون، ساده‌ترین نوع آن‌ها است. این نوع پی که مشترک بین دو ستون است، در دو مورد استفاده می‌شود:

۱) هنگامی که دو ستون به اندازه‌ای به هم نزدیک باشند که پی‌های آن‌ها عملاً در یکدیگر تداخل کنند و یا اجرای آن‌ها به طور جداگانه امکان‌پذیر نباشد؛ به صورت مرکب اجرا می‌گردد.

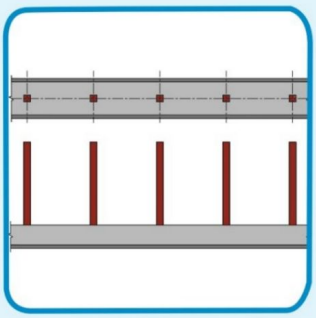
۲) هنگامی که یک ستون روی خط حریم زمین قرار گیرد، در لبه خارجی پی واقع می‌شود که در این حالت از نظر ایستایی و اصول مهندسی مناسب نیست. برای رسیدن به یک پایداری مناسب، یک پی مشترک برای این ستون و ستون داخلی مجاور آن ساخته می‌شود تا بدین ترتیب پایداری پی افزایش یابد (این روش زمانی کاربرد دارد که دو پی مجاور نزدیک به هم باشند). در این حالت پی دو ستون به اشکال مختلف اجرا می‌شوند که در شکل(۱۰-۲) دو نمونه آن آورده شده است.



شکل ۹-۲- پی مشترک دو ستون



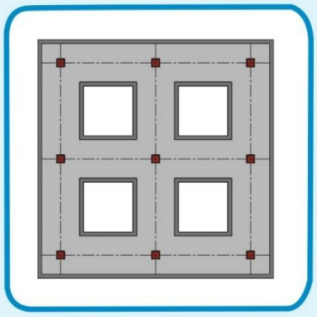
شکل ۱۰-۲- پـــی مشترک بین دو ستون در مجاورت دیوار همسایه



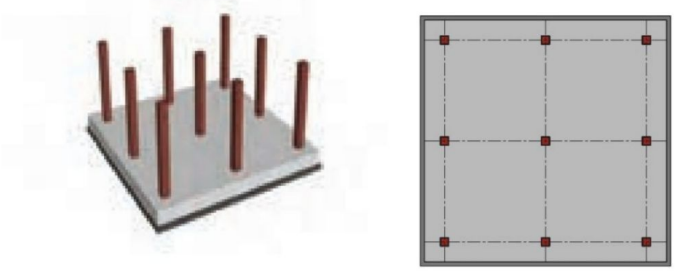
شکل ۱۲-۲- پـی نواری

نوع دیگر پی‌های مرکب **پی‌های سرتاسری یا نواری** است؛ که ستون‌های یک ردیف را نگه می‌دارند. معمولاً وقتی که ظرفیت باربری خاک کم است به طوری که سطح قابل توجهی برای پی ستون‌ها لازم باشد، به جای استفاده از پی‌های منفرد از پی‌های نواری استفاده می‌شود. در این حالت، معمولاً پی‌های نواری در هر دو جهت ساختمان قرار داده می‌شوند و مجموعه نوارهای سراسری متقاطع، **پی مشبک** یا **پی شبکه‌ای** را به‌وجود می‌آورد.

نوع دیگر پی‌های مرکب، **پی‌های گسترده** یا **صفحه‌ای** می‌باشد. در مواردی که مقاومت خاک بسیار کم است به طوری که در صورت استفاده از پی‌های منفرد عملاً سطح پی قسمت عمده‌ی سطح زیر بنا را می‌پوشاند، به جای استفاده از پی‌های منفرد یا حتی پی‌های نواری از پی گسترده استفاده می‌شود. در این حالت، پی تشکیل می‌شود از یک صفحه ضخیم بتن آرمه که تمام سطح زیر بنا را پوشانده و تمام ستون‌ها روی آن قرار داده می‌شوند.



شکل ۱۳-۲- مشبک یا شبکه‌ای



شکل ۱۱-۲- پـــی گسترده

مزیت اساسی پی‌های نواری و گسترده نسبت به پی‌های منفرد این است که سختی و یکپارچگی این پی‌ها کمک بزرگی به کاهش نشست‌های نامساوی ستون‌ها می‌کند. از این رو در مواردی که سازه نسبت به نشست‌های نا مساوی بسیار حساس است استفاده از این نوع پی‌ها ارجحیت دارد.

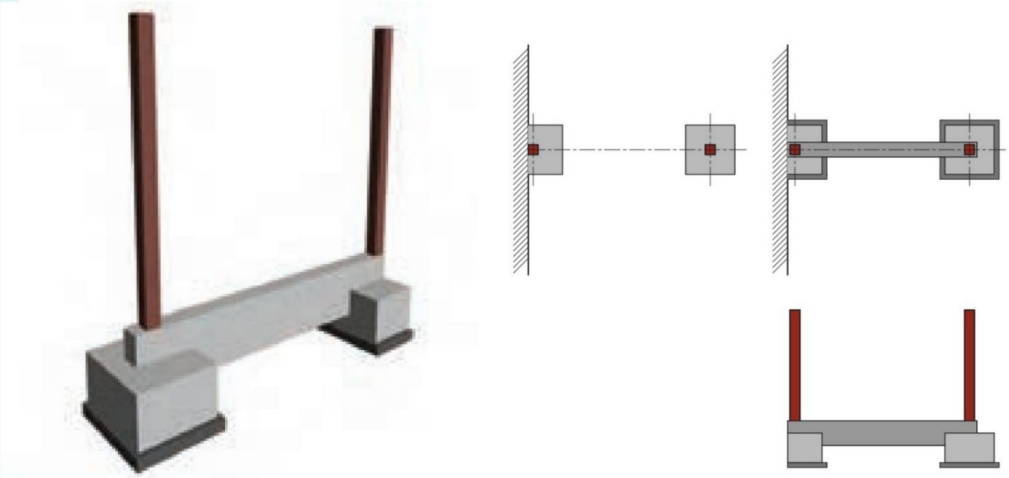
بـرای مطالعـه ...

در انواع پی‌ها گاهی اوقات از پایه (یا پدستال) در زیر ستون استفاده می‌شود. پایه‌ها به دلایل مختلفی ممکن است تعبیه شوند؛ که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از:

- افزایش مقاومت برشی پی
- کاهش طول مؤثر ستون
- تأمین ارتفاع کافی برای جا دادن آرماتورهای انتظار در پی

شکل ۱۵-۲- پدستال

نوع دیگر پی‌های مرکب، **پی باسکولی** است. به مجموعه‌ای از دو شالوده منفرد اطلاق می‌شود که با یک رابط قوی بتنی به یکدیگر مرتبط شده‌اند. این رابط که بخش باریکی از پی‌ها را به دیگری منتقل می‌کند، متکی بر خاک ساخته نمی‌شود. دلیل اصلی استفاده از پی باسکولی به جای انواع متداول پی مرکب، فاصله نسبتاً زیاد دو ستون مجاور هم است(که یکی از آن‌ها در کنار حریم زمین قرار می‌گیرد)؛ به طوری که استفاده از پی مشترک با پلان مستطیلی مقرون به صرفه نیست.



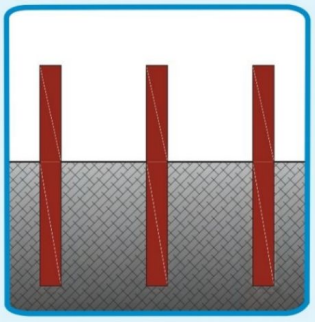
شکل ۱۴-۲- پی باسکولی

۲-۲-۲- پـــی‌های عمیـــق

چنان‌چه خاک نزدیک سطح زمین دارای شرایط مناسب نباشد، لازم است به‌وسیله پی‌های عمیق که معمول‌ترین آن‌ها پی‌های شمعی است، بار را به لایه‌های عمیق‌تر و محکم‌تر انتقال دهند. شمع‌ها ممکن است منفرد یا به صورت گروهی باشند.

۱-۲-۲-۲- شمـــع‌هـای منفـــرد:

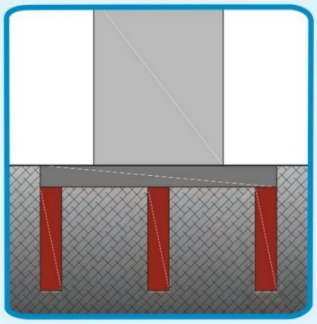
به شمعی اطلاق می‌شود که مستقیماً بار یک ستون را دریافت نموده و به زمین منتقل نماید.



شکل ۱۶-۲- شمع منفرد

۲-۲-۲-۲- گـــروه شمـع‌هـــا:

به تعدادی شمع اطلاق می‌شود که بار خود را از یک یا چند ستون از طریق سر شمعی مشترک دریافت نموده و به زمین منتقل نمایند.



شکل ۱۷-۲- گروه شمع‌ها

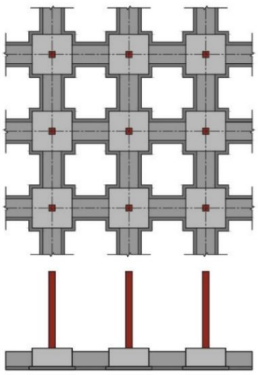
۳-۲- شناژهـــای بتنـــی

شناژ لغتی فرانسوی به معنی زنجیر می‌باشد. وجود شناژ به معنای یکپارچه شدن کلیه قسمت‌های ساختمان و یکنواخت شدن کلیه نشست‌ها می‌گردد.

شناژها به دو دسته تقسیم می‌شوند : ۱- شناژهای افقی ۲- شناژهای قائم

۱-۳-۲- شناژهـــای افقـــی

در سازه‌های بتنی، شناژهای افقی در آکس پی‌ها ساخته می‌شوند و پی‌های ساختمان را در حالت طولی و عرضی به یکدیگر متصل می‌نمایند. در این حالت به مجموعه پی و شناژها، **پی کلاف شده** می‌گویند.



شکل ۱۸-۲- پی کلاف شده

برای مطالعه ...

نوع دیگر شناژ افقی، شناژبندی افقی فوقانی می‌باشد. این شناژها در ساختمان‌هایی با مصالح بنایی، که دیوارها عناصر باربر عمودی هستند، روی دیوار (زیر سقف) اجرا می‌گردد. شناژبندی افقی فوقانی برای کلاف کردن شناژهای قائم به‌کار می‌رود.

۲-۳-۲- شناژهای قائم

برای مقاوم کردن ساختمان‌هایی با مصالح بنایی در مقابل زلزله و نشست‌های نامتقارن، از شناژ قائم استفاده می‌شود. کار این شناژها کلاف کردن پی نواری زیر دیوار (شناژهای تحتانی) و شناژ فوقانی (روی دیوار یا به عبارتی زیر سقف) ساختمان و ایجاد ارتباط کامل بین اعضای تحمل کننده بارهای فشاری است.

۲-۴- ستون‌های بتنی

معمولاً ستون به عضوی اطلاق می‌شود که برای تحمل بار فشاری و انتقال آن به فونداسیون به‌کار می‌رود و نسبت ارتفاع به حداقل بُعد مقطع آن از ۳ بیش‌تر است. اعضاء فشاری را می‌توان به عنوان پایه در ساختمان‌های اسکلت بتنی در نظر گرفت.

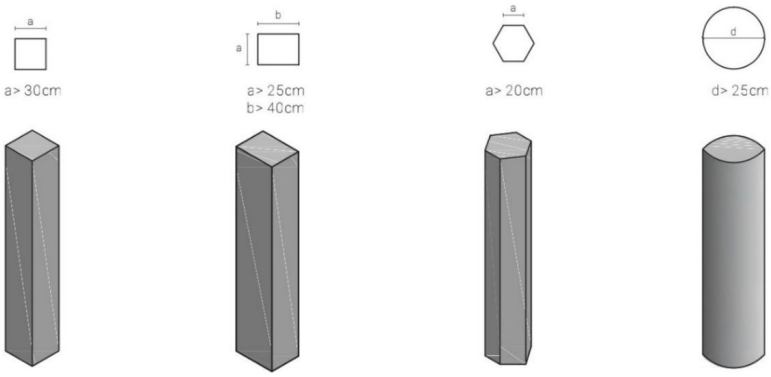
■ **انواع ستون‌های بتنی از نظر شکل مقطع:**

۱- ستون‌هایی با مقطع مربع، (حداقل ابعاد مقطع ۳۰ ×۳۰ سانتی‌متر).

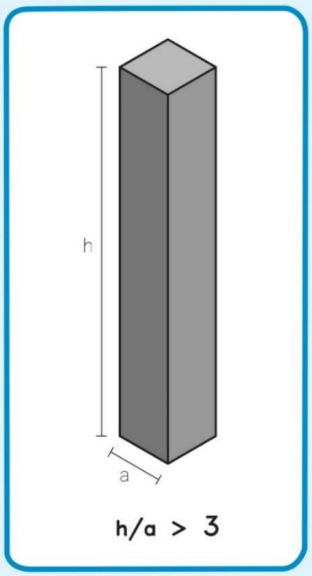
۲- ستون با مقطع مربع مستطیل، (حداقل ابعاد ۴۰ ×۲۵ سانتی‌متر).

۳- ستون‌های با مقطع چند ضلعی منتظم، (حداقل طول ضلع ۲۰سانتی‌متر).

۴- ستون‌هایی با مقطع دایره (استوانه‌ای)، (حداقل قطر مقطع ۲۵سانتی‌متر).



ابعاد حداقل برای مقابله با تأثیرات کمانش در نظر گرفته شده است.



شکل ۱۹-۲- ستون

۲-۵- دیوارهای بتنی

با توسعه‌ی استفاده از بتن در صنعت ساختمان، از همان ابتدا ساخت دیوارهای بتنی با استقبال روبرو بوده است. دیوار به عنوان یک عضو صفحه‌ای نازک قائم محسوب می‌شود؛ به طوری که ضخامت آن به مراتب کم‌تر از عرض و ارتفاع آن می‌باشد.

دیوارعبارت است از یک ساختار ممتد، یکپارچه، محکم و استوار که از جنس آجر، سنگ، بتن، چوب یا فلز و غیره می‌باشد؛ که ضخامت آن در مقایسه با طول و ارتفاع، نازک باشد. دیوار ساختمان یا محوطه را محصور و محافظت می‌نماید یا به عنوان مجزا کننده فضاها از یکدیگر عمل می‌کند.

دیوارها را از نظر رفتار سازه‌ای می‌توان به چهار دسته طبقه‌بندی کرد:

۱- دیوارهای حایل.

۲- دیوارهای باربر(بار قائم).

۳- دیوارهای برشی.

۴- دیوارهای غیر باربر.

۲-۵-۱- دیوار حایل:

دیواری است که به طور عمده زیر اثر بارهای عمود بر میان صفحه خود (فشار جانبی خاک یا آب) قرار می‌گیرد. در اکثر حالت‌ها، عامل پایداری در مقابل فشار، وزن خود دیوار است.

شکل ۲۰-۲- دیوار حایل

دیوارهای زیر زمین نیز نوعی از دیوار حایل است که در تعیین ضخامت آن‌ها علاوه بر نیروهای قائم، باید فشار جانبی خاک را نیز در نظر گرفت. حداقل ضخامت دیواره‌های زیرزمین ۲۰ سانتی‌متر (در نقاط مرطوب، حداقل ۳۰ سانتی‌متر) است.

۲-۵-۲- دیوارهای باربر:

دیواری است که علاوه بر وزن خود، بارهای قائمی را تحمل می‌کند که ناشی از عکس‌العمل سقف یا نظایر آن است. با توجه به اهمیت این دیوارها آئین نامه خاصی برای آن‌ها تدوین شده است.

۲-۵-۳- دیوارهای برشی:

دیوار برشی، دیواری است که بطور عمده تحت فشار بارهای افقی‌ای است که عمود بر صفحه آن وارد می‌آید. نقش عمده این دیوار مقابله با نیروهای افقی مؤثر (باد و زلزله) برسازه است.

شکل ۲۱-۲- دیوار باربر

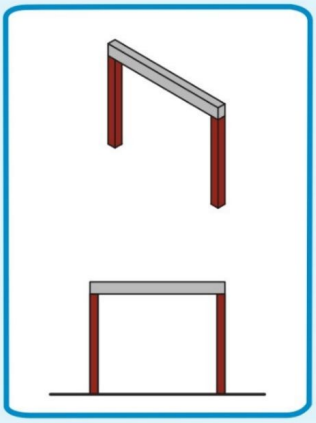
۴-۵-۲- دیوارهای غیر باربر:

شامل دیوارهای محیطی ساختمان، جدا ساز داخلی و دیوارهای محوطه می‌شود. در طراحی این دیوارها باید به عایق بودن آن‌ها در مقابل صدا و حرارت توجه کافی داشت. دیوارهای محوطه را در طول‌های زیاد نباید بدون تکیه‌گاه‌های جانبی به کار برد. مهم‌ترین باری که در طراحی این دیوار در نظر گرفته می‌شود، بار باد است. حداقل ضخامت دیوارهای بتنی غیر باربر ۱۰ سانتی‌متر تعیین شده است.

شکل ۲۲-۲- دیوار برشی

۶-۲- تیرهای بتنی

در یک ساختمان با اسکلت بتن آرمه، بارهای مرده و زنده سقف و طبقات ابتدا به تیرها، سپس از طریق تیرها به ستون انتقال داده می شوند. سپس ستون بارها را به سطح فونداسیون منتقل می کند.

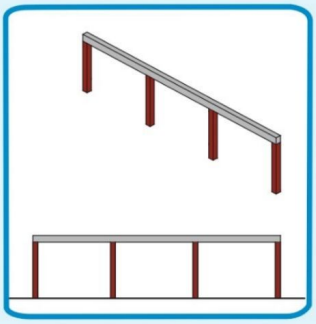


شکل ۲۳-۲- تیر ساده

تیرهای بتنی را از نظر نوع اتصال به تکیه‌گاه به چهار دسته تقسیم می‌کنند:

۱-۶-۲- تیر ساده:

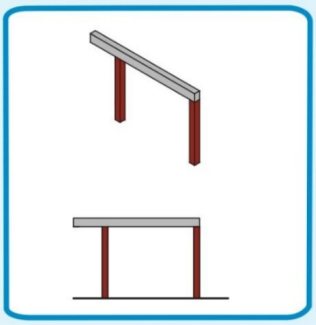
به تیرهائی با مقطع مربع یا مستطیل که بر روی دو تکیه‌گاه ساده (ستون یا دیوار) تکیه دارند، تیر ساده می‌گویند.



شکل ۲۴-۲- تیر ممتد

۲-۶-۲- تیر ممتد:

از این نوع تیرها برای پوشش چند دهانه متوالی استفاده می‌شود.



شکل ۲۵-۲- تیر کنسولی

۳-۶-۲- تیر کنسولی یا طره‌ای:

تیری که برای تحمل بار قسمت‌های جلو آمده سقف (نسبت به محور ستون‌ها) به کار می‌رود، را تیر کنسولی یا طره‌ای می‌گویند.

۲-۶-۴- تیر پوششی یا فرعی:

تیرهایی هستند که بار خود را به تیرهای اصلی منتقل می‌سازند.

۲-۷- سقف‌های بتنی

سقف یا کف قسمتی از سازه بتنی است که برای پوشش فضای مورد نظر به‌کار می‌رود. هدف از ساخت آن جدا کردن فضاهای مختلف از یکدیگر به صورت افقی است. متداول‌ترین نوع پوشش کف را در سازه‌های بتن آرمه، دال ها تشکیل می‌دهند.

شکل ۲۶-۲- دال یک طرفه

تعریف: در بتن آرمه، دال به یک عضو سازه‌ای اطلاق می‌شود که ضخامت آن در مقایسه با دو بُعد دیگر آن کوچک بوده و برای انتقال بار در بام، کف‌های ساختمانی و پی‌ها به کار می‌رود. در چنین مواردی معمولاً پوشش کف متشکل است از تیرهای اصلی یا مجموعه‌ای از تیرهای اصلی و فرعی که دال‌ها در میان آن‌ها قرار می‌گیرند و سطح مورد نظر را می‌پوشانند.

شکل ۲۷-۲- دال یک طرفه با تیر

■ **انواع دال‌های بتنی عبارت‌اند از :**

- دال یک طرفه
- دال دوطرفه

۲-۷-۱- دال یک طرفه:

در مواردی که دال فقط در یک جهت دارای تکیه‌گاه باشد، بار تنها در جهت عمود بر امتداد تکیه‌گاه حمل می‌شود؛ که در این حالت به آن **دال یک طرفه** می‌گویند. این سقف در مقابل نیروهای پیچشی مقاومت چندانی ندارد.

> تذکـــر : سقف‌های تیرچه بلوک، دال یک طرفه‌ای است که درآن برای کاهش بار مرده، از بلوک‌های سفالی یا بتنی توخالی برای پر کردن حجم سقف، استفاده می‌شود.

شکل ۲۸-۲-سقف تیرچه و بلوک

۲-۷-۲- دال دو طرفه:

در یک دال دو طرفه بارهای وارد بر دال در دوجهت عمود بر هم به تکیه‌گاه ها منتقل می‌شوند.

دال‌های دو طرفه بسته به طول دهانه و شدت بارهای وارد، در انواع مختلفی طراحی و ساخته می‌شوند که هر مورد از مزایای ویژه‌ای برخوردارند.

الف) دال صفحه تخت

ب) دال تخت با پهنه یا سر ستون

ج) دال مشبک یا دال با تیرچه دو طرفه

د) دال دوطرفه با تیر

شکل ۲۹-۲- دال دو طرفه

شکل ۳۰-۲- دال یک‌طرفه

شکل ۳۱-۲- دال تخت

شکل ۳۲-۲- دال تخت با پهنه

> **تذکـــر** : چنان‌چه دال در هر دو راستای عمود برهم دارای تکیه‌گاه باشد ولی نسبت دهانه بزرگ‌تر به دهانه کوچک‌تر آن از ۲ بیش‌تر باشد؛ دال فقط در راستای دهانه کوچک‌تر عمل می‌کند. در این حالت دال، به صورت یک دال یک طرفه عمل می‌کند.

۱-۲-۷-۲- دال صفحه تخت

دال تخت یک دال ساده با ضخامت ثابت است که مستقیماً روی ستون قرار گرفته است. این دال برای پوشش سقف در ساختمان‌هایی با بارهای سبک، نظیر آپارتمان‌های مسکونی و با دهانه‌های ۴/۵ تا ۶ متر مناسب و اقتصادی است.

۲-۲-۷-۲- دال تخت با پهنه یا سر ستون

از آنجا که در دال تخت بار کف مستقیماً از دال به ستون‌ها منتقل می‌شود تنش‌های برشی قابل ملاحظه‌ای در دال به‌وجود می‌آید، به طوری که در بسیاری موارد ضخامت دال در محل ستون‌ها جوابگوی این تنش‌ها نخواهد بود. در چنین مواردی از روش‌های مختلفی برای تقویت دال استفاده می‌شود. یکی از این روش‌ها افزایش ضخامت دال در اطراف ستون‌ها است. به این ضخامت اضافی اصطلاحاً **پهنه** و به دال حاصله **دال تخت با پهنه** گفته می‌شود.

راه حل دیگر استفاده از سر ستون یا ماهیچه ستون در انتهای ستون است. به چنین دال‌هائی **دال‌قارچی** نیز می‌گویند. از این نوع دال‌ها برای کف‌هایی با بارهای سنگین نظیر ساختمان‌های صنعتی، انبارها و نیز پارکینگ‌های طبقاتی، به خصوص اگر دهانه‌ها بزرگ باشند، استفاده می‌شود.

شکل ۳۳-۲- دال قارچی

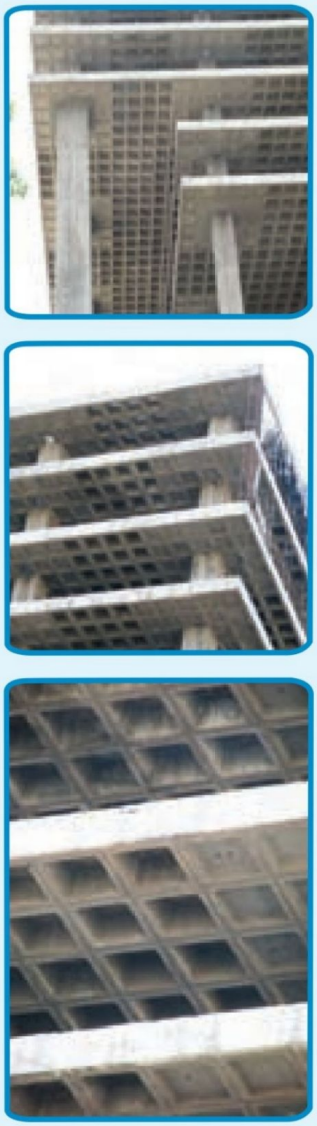
۳-۲-۷-۲- دال مشبک یا دال با تیرچه دو طرفه

با افزایش دهانه دال، ضخامت آن نیز افزایش یافته و وزن کف عامل تعیین کننده‌ای در طراحی آن می‌شود. یک راه حل مناسب برای کاهش وزن و صرفه جویی در مصرف بتن، آن است که دال تخت ضخیم، در میانه‌های دهانه‌ها با یک دال کاملاً نازک با برآمدگی‌هایی در دو جهت عمود بر هم، جانشین شود. برای اجرا، با استفاده از قالب‌های جعبه‌ای شکل، فضاهای خالی در قسمت زیرین دال به‌وجود می‌آورند.

شکل ۳۴-۲- دال مشبک

۴-۲-۷-۲- دال دوطرفه با تیر

یک سیستم مناسب دیگر به خصوص برای دهانه‌های بزرگ، سیستم دال دو طرفه به همراه تیر است. در این حالت علاوه بر دال کف، بین بعضی از ستون‌ها و یا تمام آن‌ها از اعضای تیر نیز



شکل ۳۵-۲- دال مشبک

استفاده می‌شود. در این سیستم بارهای وارد بر دال، به صورت دو طرفه به تیرهای عمود بر هم انتقال داده شده و سپس از طریق تیر به ستون منتقل می‌شود.

۸-۲-پله‌های بتنی

پله ساده‌ترین وسیله برای رسیدن به ارتفاعات مختلف در ساختمان یا محوطه است.

انواع پله‌های بتنی عبارت‌اند از :

- پله یک طرفه مستقیم
- پله دو طرفه
- پله‌ی بتنی دارای تیر باربر
- پلکان دالی شیب‌دار با پاگردهای چرخش
- پلکان دالی پیوسته با دو خم بتنی
- پلکان معلق یا طره‌ای بتنی
- پلکان حلزونی چشم دار بتنی
- پلکان های پیش ساخته (پلکان مستقیم پلکان دالی دو خم پلکان بدون پیشانی وپلکان حلزونی)

شکل ۳۶-۲- دال دو طرفه با تیر

شکل ۳۷-۲- نمونه‌هائی از پله‌های بتنی

فصل سوم:

مراحل اجرای سازه‌های بتنی

هدف کلی: آشنایی با مراحل اجرای سازه‌های بتنی

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل فراگیر باید بتواند

۱- هدف از گودبرداری را بیان کند؛

۲- پی کنی را شرح دهد؛

۳- هدف از قالب‌بندی را توضیح دهد؛

۴- انواع قالب از نظر جنس مصالح را نام ببرد؛

۵- فرم‌های رایج میلگرد مصرفی در بتن مسلح را نام ببرد؛

۶- حداقل پوشش بتن برای محافظت میلگردها را بیان کند؛

۱-۳- خاکبـــــرداری

در شروع عملیات ساختمانی برای رسیدن به سطح مناسب مورد نظر برای پی‌سازی، گاهی لازم است زمین را از مصالحی همچون قلوه سنگ، شن، ماسه و مصالحِ سست و ریزشی و لغزشی پاک نمود. به مجموعه عملیاتی که طی آن خاک نامناسب، با هر جنس و کیفیتی، از محل ساختمان برداشت می‌شود تا به سطح و عمق مناسب برای پی‌سازی برسند را خاکبرداری می‌گویند.

۱-۱-۳- گودبـــــرداری

منظور از گودبرداری، کندن و حفر زمین از سطح طبیعی آن با عمقی بیش از ۲ متر است.
حداکثرعمق گودبرداری، تا روی پی باید در نظر گرفته شود.
اگر محل گودبرداری کوچک باشد حفاری با وسایل دستی مانند: بیل و کلنگ انجام می‌گیرد. در غیر این صورت حفاری با وسایل مکانیکی(ماشین) مانند: لودر، بیل مکانیکی و... استفاده شود.

شکل ۱-۳- خاکبرداری با دست

شکل ۲-۳- خاکبرداری با ماشین

۱-۱-۱-۳- هـــدف از گودبـــرداری

هدف از گودبرداری عبارت است از:

- رسیدن به سطح (عمق) مورد نظر در طراحی معماری ساختمان
- رسیدن به زمین مناسب جهت اجرای پی ساختمان

مراحل گودبرداری در زمین‌های محدود و نامحدود متفاوت است؛ که در ذیل به شرح مختصری از آن پرداخته شده است.

۲-۱-۱-۳- گودبـــرداری در زمیـــن های محـــدود

منظور از زمین محدود، زمین نسبتاً کوچکی است که اطراف آن ساختمان‌هایی وجود داشته باشد. گودبرداری‌هایی که در مجاورت بناهای موجود ایجاد می‌شوند، نباید به هیچ عنوان به پایداری این بناها چه در مرحله‌ی اجرا و چه در مرحله‌ی بهره‌برداری، آسیب وارد کنند. در این موارد برای جلوگیری از ریزش دیواره‌های گود و ایجاد پایداری لازم در آن‌ها قبل از اقدام به عملیات ساختمانی، می‌توان از سازه نگهبان موقت استفاده کرد.

شکل ۳-۳ - سازه نگهبان

سازه‌های نگهبان موقت را با توجه به نوع خاک، ارتفاع گود و فشار ناشی از ساختمان‌های مجاور می‌توان به شکل‌ها و روش‌های گوناگون اجرا کرد.

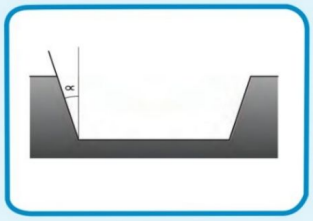
شکل ۴-۳- گودبرداری در زمین های محدود
در تصاویر بالا اجرای سازه های نگهبان برای محافظت از ریزش ساختمان های مجاور نشان داده شده است

۳-۱-۱-۳- گودبرداری در زمین‌های نامحدود

منظور از زمین نامحدود، زمین نسبتاً وسیعی است که اطراف آن هیچ‌گونه ساختمانی نباشد.برای جلوگیری از ریزش دیواره‌های محل گودبرداری به داخل گود، معمولاً دیواره‌ی اطراف باید دارای شیب ملایم مانند شکل زیر باشد که با خط عمود زاویه‌ای به اندازه‌ی α می‌سازد. اندازه‌ی این زاویه بستگی به نوع خاک محل گودبرداری دارد. هر قدر خاک‌محل سست‌تر باشد، اندازه‌ی زاویه α بزرگ‌تر خواهد شد.

جدول شماره ۱-۳- اندازه زاویه α برای زمین‌های متفاوت

نوع زمین	اندازه‌زاویه α (برحسب‌درجه)
زمین دج	۵
زمین سفت	۱۰
زمین متوسط	۳۰
زمین ماسه‌ای	۴۵
زمین سست و خاک دستی	بیش‌تر از ۴۵



شکل ۵-۳ - زاویه شیب خاکبرداری

شکل ۷-۳- گودبرداری در زمین‌های نامحـــدود

شکل ۶-۳- گودبرداری در زمین‌های نامحدود

۲-۱-۳- پـــی کنـــی

منظور از پی کنی، کندن محل پی‌های ساختمان و دیوارهای حایل، پایه پله‌ها در محوطه‌ی ساختمان و نظایر آن با دست یا ماشین آلات مناسب می باشد.

شکل ۸-۳- پی کنی

شکل ۹-۳- پی کنی در زمین های نامحدود

در رابطه با گودبرداری و پی کنی رعایت نکات زیر الزامی است:

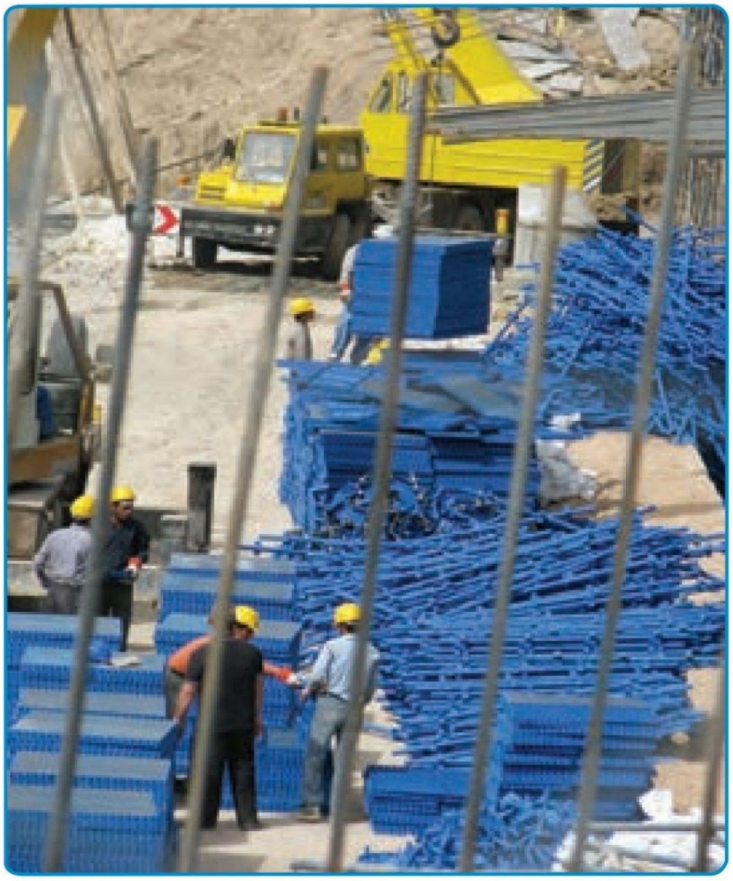
- شکل و نوع حفاظت بدنه به عوامل مختلفی نظیر جنس خاک، عمق گودبرداری، مدت زمان لازم تداوم عملیات، وجود آب‌های زیرزمینی و غیره خواهد داشت و با توجه به عوامل یاد شده استفاده از سپر، حایل‌های نگهدارنده و پشت بند توصیه می‌شود.
- پی‌کنی و گودبرداری در محل‌هایی که در آن پی‌سازی پیش‌بینی شده می‌تواند طوری صورت گیرد که تا حد امکان به قالب‌بندی نیاز نبوده و بتوان از جبهه‌ی خاکبرداری شده با استفاده از پلاستیک یا روش‌های مشابه تأیید شده، استفاده نمود.

شکل ۱۰-۳- استفاده از پلاستیک در پی

ـ پی کنی و گود برداری باید تا رسیدن به بستر مناسب ادامه یابد.
ـ مصالح نامناسب و سست با مصالح مناسب و تأیید شده جایگزین شود.
ـ در صورتی که قسمتی از کف گود برداری شده سنگی و قسمتی دیگر خاکی باشد، برای استقرار سازه پی، باید بستر مناسب ساخته شود.

۲-۳- قالب‌بندی

برای احداث یک سازه بتن آرمه، باید بتن خمیری در قالب‌هایی ریخته شود تا پس از پرکردن تمام حجم قالب و سفت شدن، به شکل لازم درآید. قالب‌بندی یکی از قسمت‌های اجرایی بسیار دشوار و پر هزینه در سازه‌های بتن آرمه است. به طوری که می‌توان گفت معمولاً ۳۵ تا ۶۵ درصد مخارج ساخت هر سازه بتنی به قالب‌بندی آن اختصاص می‌یابد.



شکل ۱۱-۳- قالب‌بندی

شکل ۱۲-۳- اجزاء قالب‌بندی

شکل ۱۳-۳- پشت بند قالب

به مجموعه‌ای که برای نگهداری بتن در شکل مورد نظر تا زمان سخت شدن و رسیدن به مقاومت کافی، به‌کار می‌رود، **مجموعه قالب‌بندی** می‌گویند.

مجموعه قالب‌بندی شامل: رویه قالب، بدنه قالب ، پشت بندها، کلاف‌ها، میله‌های تنظیم و نظایر آن است.

شکل ۱۴-۳- ویبراتور یا لرزاننده بتن داخل قالب

۱-۲-۳- عملکردهای قالب

■ **قالب باید:**

- بتن را در شکل مورد نظر نگه‌دارد؛
- به سطح آن نمای دلخواه دهد؛
- وزن بتن را تا زمان سخت شدن و کسب مقاومت کافی تحمل کند؛
- بتن را در مقابل صدمات مکانیکی حفظ کند؛
- از کم شدن رطوبت بتن و نشت شیره آن جلوگیری نماید؛
- عایقی مناسب در برابر سرما و گرمای محیط باشد؛
- میلگردها و سایر قطعاتی را که داخل بتن قرار می‌گیرند در محل مورد نظر نگاه دارد؛
- در برابر نیروهای ناشی از لرزاندن و مرتعش ساختن بتن مقاومت کند؛
- بدون آسیب رساندن به بتن از آن جدا شود.

۲-۲-۳- انواع مصالح قالب

مصالح مناسب برای قالب باید با توجه به ملاحظات اقتصادی، ایمنی و سطح تمام شده مورد نظر، انتخاب شود.

۱- آجری ۲- چوبی ۳- فلزی ۴- فایبر گلاس

۱) قالب آجری: در اغلب ساختمان‌های مسکونی کوچک برای پی‌سازی از قالب‌های آجری استفاده‌می‌شود.

زنجاب کردن بتن یعنی آجرها را قبل از به‌کاربردن، باید با آب اشباع کرد. در غیر این صورت آب ملات توسط آجر مکیده شده و ملات سخت می‌شود.

شکل ۱۵-۳- استفاده از قالب آجری برای اجرای پی

این دیوارها در بعضی از مواقع پس از خودگیری بتن برداشته شده و در اغلب موارد به عنوان قالب دائمی در زمین باقی می‌ماند. در اجرای خوب، معمولاً آجرها را **زنجاب** کرده و از ملات سیمانی جهت اندود نمای داخلی استفاده می‌کنند.

۲) قالب چوبی: چوب به علت سبکی و سهولت کاربرد آن یکی از متداول‌ترین و قدیمی‌ترین مصالح مصرفی در قالب‌بندی است. چوب مورد مصرف در قالب باید، صاف، بدون پیچ و تاب، سالم و بدون گره باشد. قالب‌های چوبی در تیرها و سقف کاربرد وسیع دارند. بعضی قالب‌های چوبی به صورت پیش‌ساخته و یا به صورت قطعاتی آماده در محل اجرا، به یکدیگر متصل می‌شوند.

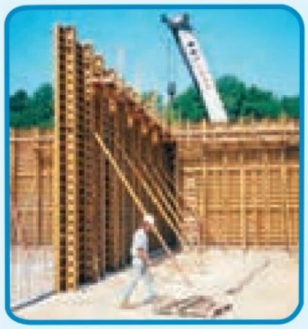
۳) قالب فلزی: با پیشرفت صنعت قالب‌سازی، استفاده از قالب‌های فلزی در دنیا رواج بیشتری یافته است. امروزه در اغلب موارد و بر حسب نوع کار برای ساختن قطعات بتنی از قالب‌های فلزی استفاده می‌شود. قالب‌های فلزی در مجموع گران‌تر از قالب‌های چوبی می‌باشند و هنگامی مقرون به صرفه خواهند بود که چندین ساختمان مشابه را بخواهند پشت سرهم بتن‌ریزی کنند. در این صورت از یک قالب به دفعات متعدد استفاده می‌شود. بعضی از این قالب‌ها ۱۰ هزار بار ضریب تکرار دارند و از کیفیت و کارآیی بسیار بالایی برخوردار هستند.

شکل ۱۶-۳- استفاده از قالب چوبی برای اجرای تیر بتنی

شکل ۱۷-۳- استفاده از قالب فلزی برای اجرای پایه پل

۴) قالب‌هایی از جنس مواد شیمیایی (فایبرگلاس، پلی اتیلن و...) : این قالب‌ها معمولاً در قسمت بدنه‌ی قالب کاربرد زیادتری دارد. اما گاهی نگه دارنده‌ها و پشت‌بندها نیز از فایبرگلاس و پلی اتیلن ساخته می‌شود. مزیت ویژه‌ی آن‌ها سبکی، نفوذ ناپذیری وسرعت اجرایی زیادی است.

شکل ۱۸-۳- استفاده از قالب فایبرگلاس برای اجرای پی بتنی



شکل ۱۹-۳- فایبر گلاس برای اجرای دیوار بتنی

برای مطالعه ...

۵) قالب‌های رونده و لغزنده: قالب‌های لغزنده بیش‌تر در بتن‌ریزی‌های پیوسته مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این حالت بتن به گونه‌ای طراحی می‌شود تا در زمان معین که قالب آن‌را در بر می‌گیرد، مقاومت اولیه را کسب کرده و نیاز به وجود قالب را از دست بدهد. سرعت پیشروی قالب ۲ تا ۳ سانتی‌متر در دقیقه است. کاربرد این گونه قالب معمولاً در بتن ریزی کندوهای سیلو، منابع آب و برج‌های مخابراتی است.

شکل ۲۰-۳- قالب رونده (لغزنده)

۳-۲-۳- داربست و شمع‌های قالب

شمع وسیله‌ای است که برای نگهداری و استقرار قالب‌های سقفی و ثابت نگاه داشتن ستون‌های تکی استفاده می‌شود. شمع‌ها معمولاً از چوب یا لوله‌های فلزی ساخته می‌شود. در شمع‌های فلزی، در طول لوله سوراخ‌هایی تعبیه شده که بتوان از طریق آن‌ها ارتفاع شمع را تنظیم کرد.

شکل ۲۱-۳- استفاده از شمع‌های فلزی جهت نگهداری قالب‌ها

شمع‌های چوبی که برای اجرای سقف‌های بتنی درجا ونگه‌داشتن قالب تیرهای بتن مسلح استفاده می‌شود، بیش‌تر از چوب‌های صاف و بدون گره ساخته شده به صورت منفرد یا همراه با دستک‌های چوبی به‌کار می‌روند. برای تنظیم ارتفاع شمع‌های چوبی از وسیله‌ای به نام گُوِه استفاده می‌شود. که به صورت دوتایی در زیر شمع چوبی قرار داده می‌شود.

شکل ۲۴-۳- استفاده از شمع‌های چوبی جهت نگهداری قالب‌ها

شکل ۲۲-۳-شمع فلزی کامل تنظیم ارتفاع

شکل ۲۳-۳- سوراخ های روی شمع فلزی جهت تعیین ارتفاع مناسب

شکل ۲۵-۳- استفاده از گُوِه جهت تنظیم ارتفاع

■ **داربست‌های سقفی**

نگهداری قالب سقف به هنگام اجرا با توجه به موقعیت آن به چند طریق امکان‌پذیر است. یک روش استفاده از نگهدارنده‌های خاصی است که می‌توان برای کار در ارتفاع بالا یا برای ستون‌های عمودی یا برای سقف‌های کم‌ارتفاع در ساختمان‌های چند طبقه روی پایه‌ها قرار گیرد.

شکل ۲۶-۳- داربست فلزی

۴-۲-۳- قالب‌بندی اجزاء مختلف سازه

■ **قالب‌ها را می توان براساس کاربردهای مختلف دسته‌بندی کرد.**
که از آن جمله است:

۱- قالب فونداسیون

شکل ۲۷-۳- قالب چوبی برای اجرای پی

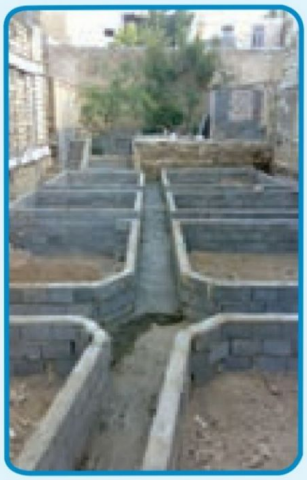
شکل ۲۸-۳- قالب فلزی برای اجرای پی

۲- قالب ستون

شکل ۲۹-۳- قالب آجری برای اجرای پی

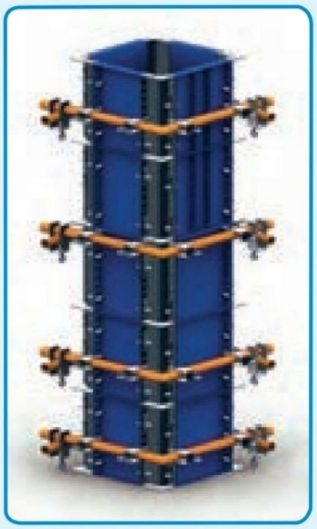
شکل ۳۲-۳- قالب فلزی برای ستون بتنی با مقطع چهارگوش

شکل ۳۳-۳- قالب فلزی برای ستون بتنی با مقطع دایره



شکل ۳۰-۳- اجرای قالب پی با استفاده از بلوک بتنی

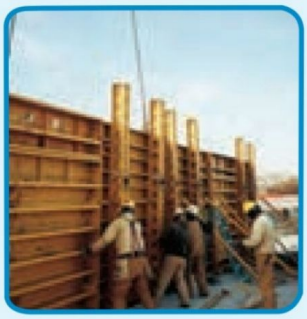
شکل ۳۱-۳- قالب فایبرگلاس برای اجرای پی



شکل ۳۴-۳- قالب فلزی برای ستون

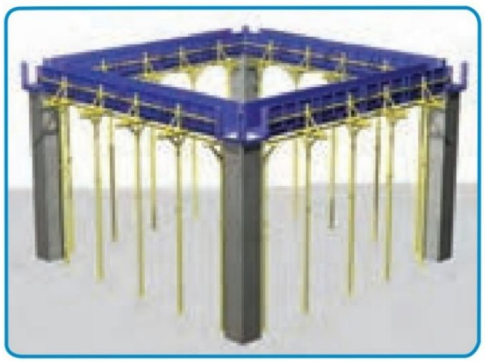
۳- قالب دیوار

شکل ۳۵-۳- قالب فلزی برای اجرای دیوار بتنی



شکل ۳۶-۳- قالب فایبر گلاس برای اجرای دیوار بتنی

۴- قالب تیر ودال



شکل ۳۷-۳- استفاده از قالب فلزی برای اجرای تیر بتنی

شکل ۳۸-۳- استفاده از قالب فلزی برای اجرای دال بتنی

شکل ۳۹-۳- استفاده از قالب چوبی برای اجرای تیر

۵- قالب پله

شکل ۴۱-۳- استفاده از قالب چوبی
برای اجرای پله بتنی

شکل ۴۰-۳- استفاده از قالب فلزی
برای اجرای پله بتنی

۶-۲-۳- قالب برداری

مدت زمان لازم از موقع بتن‌ریزی تا هنگام جداسازی قالب‌ها در کارهای مختلف متفاوت است. قالب باید وقتی برداشته شود که بتن قادر به تحمل تنش‌ها و تغییر شکل‌های وارده باشد. این مدت به نوع بتن استفاده شده، آب وهوا، وضعیت محیطی محل اجرا و نحوه‌ی عمل آوردن بتن، بستگی دارد. عملیات قالب‌برداری و جمع کردن پایه‌ها باید گام به گام بدون ضربه و اعمال فشار، چنان صورت گیرد که اعضاء و قطعات، تحت بارهای ناگهانی قرار نگرفته، بتن صدمه نبیند و خدشه‌ای به ایمنی و قابلیت بهره‌برداری قطعات وارد نشود.

شکل ۴۲-۳- قالب برداری

پس از جداسازی قالب نیز باید تا مدتی از برخورد هرگونه جسمی به سازه‌ی بتنی جلوگیری شود. برای پیشگیری از بروز تغییر شکل‌های تابع زمان در قطعات بتن آرمه تازه قالب‌برداری شده، پس از برداشتن قالب، پایه‌هایی در زیر آن‌ها باقی گذاشته می‌شوند که پایه‌های اطمینان نام دارند. حداکثر فاصله بین دو پایه اطمینان ۳ متر می‌باشد.

شکل ۴۳-۳- استفاده از پایه‌های اطمینان پس از قالب‌برداری سقف

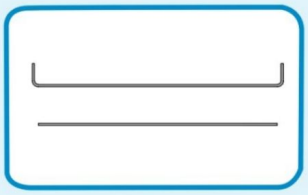
جدول شماره ۲-۳- حداقل زمان لازم برای قالب‌برداری

نوع قالب بندی		دمای مجاور سطح بتن (درجه سلسیوس)			
		۲۴ درجه و بیش‌تر	۱۶ تا ۲۳ درجه	۸ تا ۱۵ درجه	صفر تا ۷ درجه
قالب های قائم		۹ ساعت	۹ ساعت	۱۸ ساعت	۳۰ ساعت
دالها	قالب زیرین	۳ شبانه روز	۴ شبانه روز	۶ شبانه روز	۱۰ شبانه روز
	پایه های اطمینان	۷ شبانه روز	۱۰ شبانه روز	۱۵ شبانه روز	۲۵ شبانه روز
تیرها	قالب زیرین	۷ شبانه روز	۱۰ شبانه روز	۱۵ شبانه روز	۲۵ شبانه روز
	پایه های اطمینان	۱۰ شبانه روز	۱۴ شبانه روز	۲۱ شبانه روز	۲۶ شبانه روز

۳-۳- آرماتـــــور بنـــــدی

در قسمت‌های مختلف قطعات بتنی، آرماتور را به شکل‌های مختلف فرم داده، داخل قالب قرار می‌دهند. سپس بتن آماده را که از قبل تهیه شده است داخل قالب ریخته تا آرماتورها به طور کامل در آن دفن شوند. تنها خصوصیتی که موجب می شود بتن و فولاد بایکدیگر نیروها را تحمل کنند؛ خاصیت چسبندگی بین آن دو می‌باشد. در این قسمت به شرح مختصری درباره آرماتورگذاری و قوانین حاکم بر آن پرداخته خواهد شد.

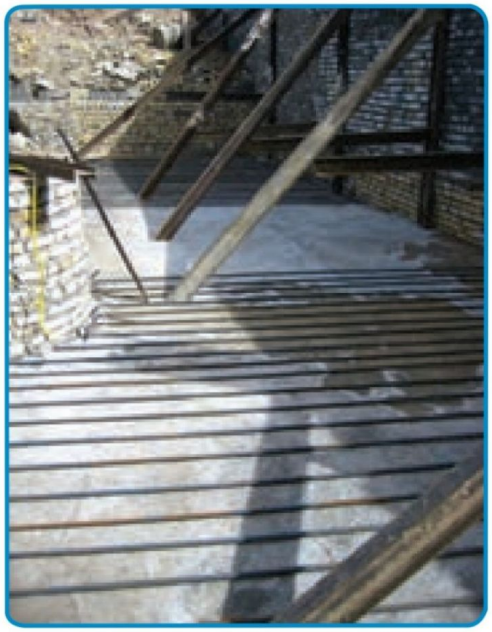
۱-۳-۳- فـــرم‌های رایـج میلگـــرد مصرفـی



شکل ۴۴-۳- میلگرد طولی

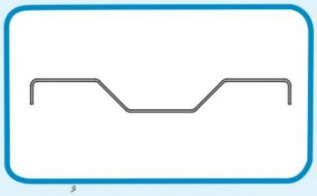
۱) میلگـرد طولـی (راستا) و عرضـــی: برای افزایش مقاومت کششی بتن به کار برده می شود.

شکل ۴۵-۳- میلگرد طولی در تیر



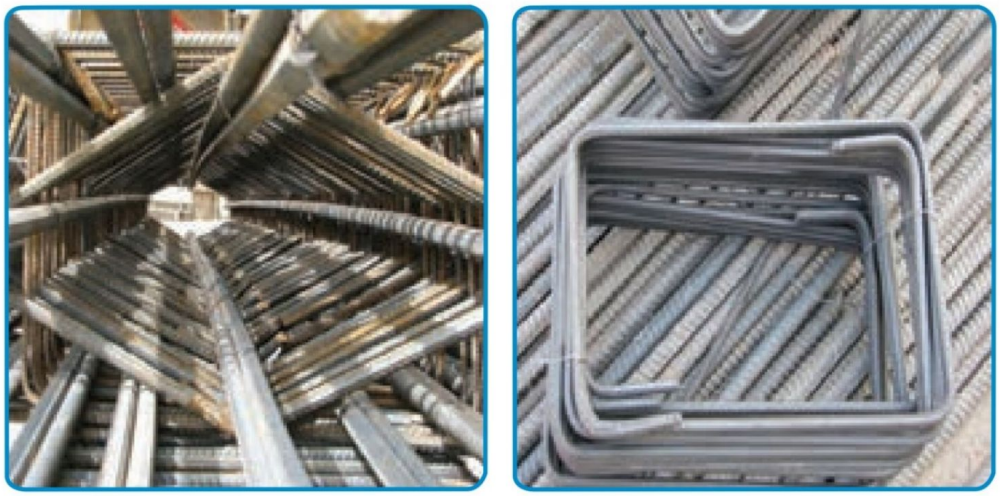
شکل ۴۶-۳- میلگرد طولی کف پی

۲) میلگـــرد اُدکـا: برای تحمل لنگرهای مثبت و منفی دو تکیه گاه‌های تیر (تیر یکسره) و برای تحمل نیروی برشی کاربرد دارد.

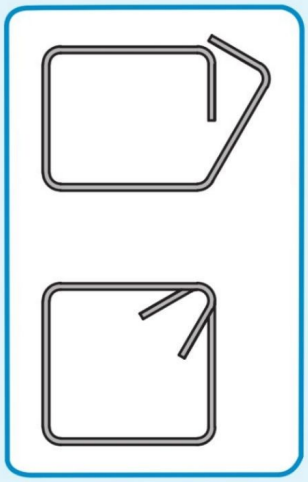


شکل ۴۷-۳- میلگرد اُدکا

۳) خامـــوت (تنـگ): برای جلوگیری از بیرون زدگی آرماتورهای طولی در اثر کمانش و تحمل نیروهای برشی و گسترش ترک استفاده می شود.

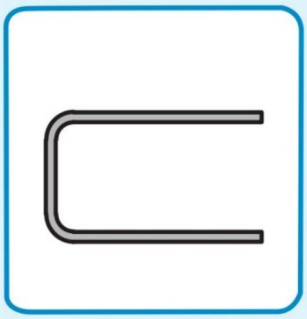


شکل ۴۸-۳-خاموت



شکل ۴۹-۳- خاموت

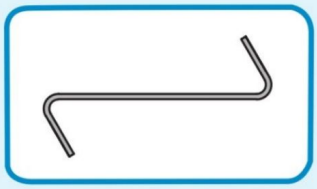
۴) رکابـــی: برای امتداد نگاه داشتن آرماتورهای طولی یا عمودی در بتن ریزی دیوارهای بتنی کاربرد دارد.



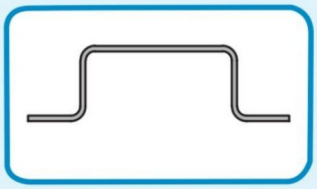
شکل ۵۱-۳- رکابی

۵) سنجاقـــک: برای تقویت مقاومت برشی خاموت ها و اتصال کامل بین میلگردهای طولی و خاموت کاربرد دارد.

شکل ۵۰-۳- کاربرد سنجاقک در میلگرد گذاری ستون



شکل ۵۲-۳- سنجاقک



۶) خـــرک: برای نگهداری (مونتاژ) و حفظ فاصله بین دو شبکه میلگرد در فونداسیون‌ها و بتن ریزی‌های کف استفاده می گردد.

شکل ۵۴-۳- خرک

شکل ۵۳-۳- استفاده از خرک در میلگرد گذاری پی

شکل ۵۵-۳- استفاده از خرک در میلگرد گذاری دال

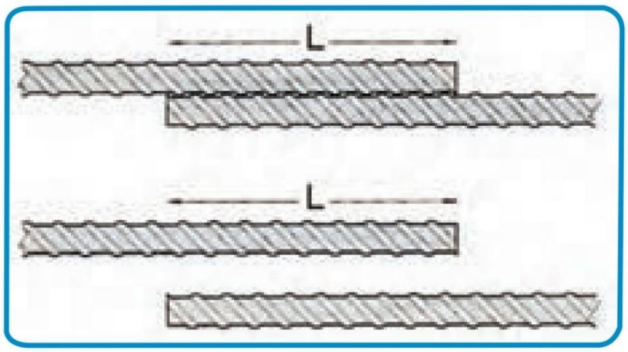
۲-۳-۳- وصلـــه میلگـردهـــا

چنان‌چه نیاز به افزایش طول میلگرد باشد، از وصله کردن و اضافه نمودن میلگردی دیگر، به میلگرد اصلی، امکان‌پذیر است. روش‌های متداول برای وصله میلگردها عبارت‌اند از:

۱- وصله‌های پوششی ۲- وصله‌های اتکائی

۳- وصله‌های جوشی ۴- وصله‌های مکانیکی

۱- وصله‌هـای پوششـــی: وصله پوششی با قرار دادن دو میلگرد در مجاورت یکدیگر در یک طول مشخص انجام می گیرد. طولی که دو میلگرد باید در مجاورت هم قرار داده شوند، به نام «طول وصله»، و یا «طول پوشش» خوانده می‌شود.



شکل ۵۶-۳- وصله پوششی

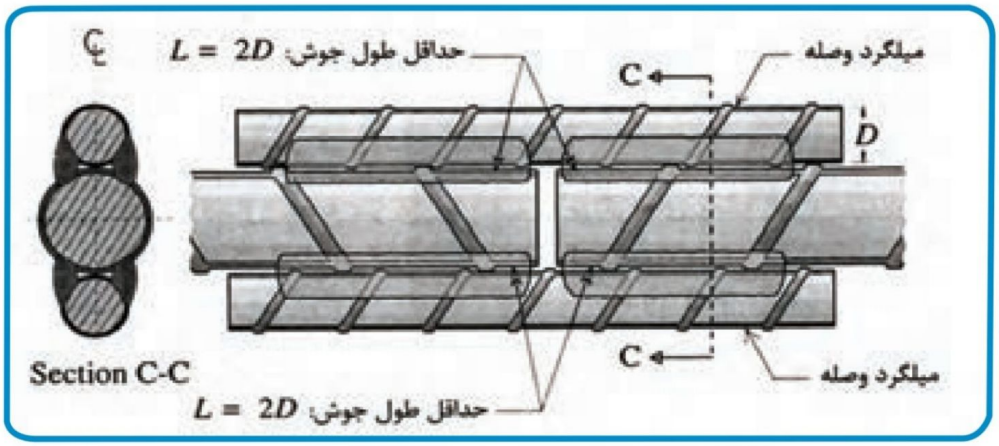
۲- وصله‌های اتکائی: که با بر روی هم قرار دادن دو انتهای میلگردهای فشاری عملی می‌گردد.

شکل ۵۷-۳- وصله اتکائی

۳- وصله‌های جوشی: که با جوش دادن دو میلگرد به یکدیگر انجام می‌شود؛

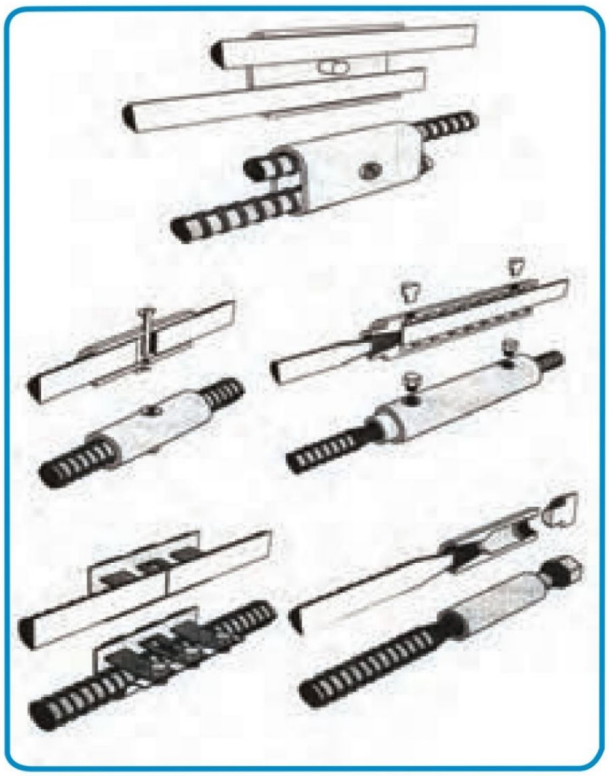
- باید به یکی از روش‌های زیر انجام شود.

- اتصال سر به سر (نوک به نوک) مستقیم
- اتصال سر به سر (نوک به نوک) غیر مستقیم
- اتصال پوششی جوش شده



شکل ۵۸-۳- اتصال پوششی جوش شده

۴- **وصله‌هـای مکانیکـی:** که با به‌کارگیری وسایل مکانیکی خاص حاصل می‌شود.



شکل ۵۹-۳- وصله مکانیکی

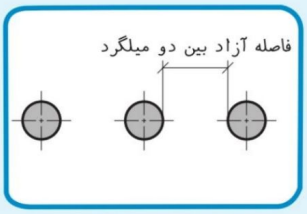
۳-۳-۳- فاصلـــه میلگـــــردهـا

فاصله آزاد دو میلگرد موازی نباید از هیچ یک از مقادیر زیر کم‌تر باشد:

۱- قطر میلگرد بزرگتر

۲- ۲۵ میلی‌متر

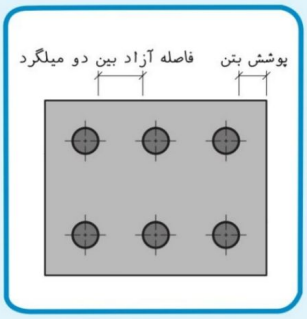
۳- ۱/۳۳ برابر قطر اسمی بزرگ‌ترین سنگدانه بتن



شکل ۶۰-۳- فاصله آزاد میلگردها

۴-۳-۳- پـوشش بتـــن روی میلگـــردها (Cover)

حداقل فاصله بین رویه میلگردها، اعم از طولی یا عرضی تا نزدیک‌ترین سطح آزاد بتن را پوشش بتن می‌گویند. پوشش بتن، حفاظت فولاد را در مقابل عوامل طبیعی، اکسیده شدن و تأثیـر مواد شیمیائـی و همچنین حریق، به عهده دارد. مقـدار این پوشش در آئین نامه بتـن



شکل ۶۱-۳- پوشش بتـــن روی میلگـردها

مسلح هر کشوری فرق می‌کند. ضخامت پوشش بتنی روی میلگردها بر حسب وضعیت محیطی،کیفیت بتن و نوع قطعه مورد نظر نباید از مقادیر مندرج در جدول زیر کم‌تر باشد.

شکل ۶۲-۳- فاصله نگهدار

جدول شماره ۳-۳- مقادیر حداقل پوشش بتنی

نوع شرایط محیطی / نوع قطعه	ملایم	متوسط	شدید	بسیار شدید	فوق العاده شدید
تیرها و ستون‌ها	۳۵	۴۵	۵۰	۶۵	۷۵
دالها، دیوارهاوتیرچه‌ها	۲۰	۳۰	۳۵	۵۰	۶۰
پوسته‌ها،صفحات پلیسه‌ای	۱۵	۳۵	۳۰	۴۵	۵۵

* اعداد جدول بر حسب میلی متر محاسبه شده است

تذکـــر : با توجه به توصیه آئین‌نامه ایران، پوشش بتن برای کف فونداسیون ۷۵ میلی‌متر است.

■ **ضخامت پوشش بتن روی میلگردها نباید کم‌تر از مقادیر زیر انتخاب شود:**

- قطر میلگردها
- بزرگترین اندازه اسمی سنگ دانه‌ها تا ۳۲ میلی متر و یا ۵ میلی‌متر بیش‌تر از بزرگ‌ترین اندازه اسمی سنگدانه بیش‌تر از ۳۲ میلی‌متر

شکل ۶۳-۳- فاصله نگهدار

بـرای مطالعـه ...

انـــواع شرایـط محیطـــی:

الف: شرایط محیطی ملایـم: به شرایطی اطلاق می‌شود که در آن هیچ نوع عامل مهاجم از قبیل رطوبت، تعریق، تر و خشک شدن متناوب، یخ زدن و ذوب شدن، سرد و گرم شدن متناوب، تماس با خاک مهاجم یا غیر مهاجم، مواد خورنده، فرسایش شدید، عبور وسایل نقلیه یا ضربه موجود نباشد.

ب: شرایط محیطی متوسط: به شرایطی اطلاق می‌شود که در آن قطعات بتنی، در معرض رطوبت و گاهی تعریق قرار می‌گیرند.

ج: شرایـط محیطی شدیـــد: به شرایطی اطلاق می‌شـود کـه در آن قطعـات بتنـی، در معـرض رطـوبت یا تعـریق شدیـد یا تـر و خشـک شدن متنـاوب یـا یـخ زدن و ذوب شـدن، سـرد و گـرم شـدن متنـاوب نـه چنـدان شدیـد، قرار می گیرند.

د: شرایط محیطـی بسیار شدیـد: به شرایطی اطلاق می شود که در آن قطعات بتنی، در معرض گازها، آب و فاضلاب ساکن با حداکثر ۵، مواد خورنده، یا رطوبت همراه با یخ زدن و آب شدن شدید، قرار می‌گیرند.

۵-۳-۳- خـــم کـــردن میلگـــــردهـا

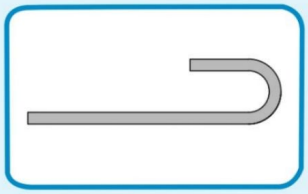
کلیه میلگردها باید با رعایت مقررات تعیین شده در آئین نامه و به صورت سرد خم شود. خم کردن میلگرد باید حتی المقدور به طور مکانیکی به‌وسیله ماشین مجهز به فلکه خم کن و با یک عبور در سرعت ثابت انجام پذیرد. طوری که قسمت خم شده دارای شعاع و انحنای ثابتی باشد.

شکل ۶۴-۳- خم کردن میلگرد

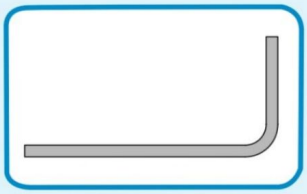
تذکر: باز و بسته کردن خم‌ها به منظور شکل دادن مجدد به میلگردها مجاز نیست.

فرم خم‌های استاندارد:

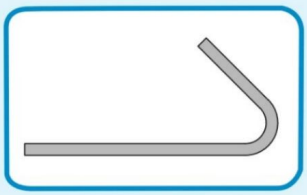
- خم نیم‌دایره (۱۸۰ درجه)
- خم گونیا (۹۰ درجه)
- خم چنگک (۱۳۵ درجه)



شکل ۶۵-۳- خم نیم‌دایره



شکل ۶۶-۳- خم گونیا



شکل ۶۷-۳- خم چنگک