

www.icivil.ir

پرتال جامع دانشجویان و مهندسين عمران

ارائه كتابها و جزوات رايجان مهندسي عمران

بهترين و برترين مقالات روز عمران

انجمن هاي تفصلي مهندسي عمران

خبرنگاه تفصلي مهندسي عمران



@icivilir



icivil.ir





دانشگاه آزاد اسلامی - واحد سقز

گروه عمران

روش های اجرایی ساختمان

سوران اسمعیلی

۱۳۹۵



فهرست مطالب

فصل اول:

معرفی اجمالی انواع سیستم های ساختمانی

فصل دوم:

مطالعات ژئوتکنیکی زمین

فصل سوم:

عملیات تخریب، گودبرداری و پی کنی

فصل چهارم:

عملیات پی سازی

فصل پنجم:

قالب و قالب بندی

فصل ششم:

فولاد، آرماتور و آرماتور بندی

فصل هفتم:

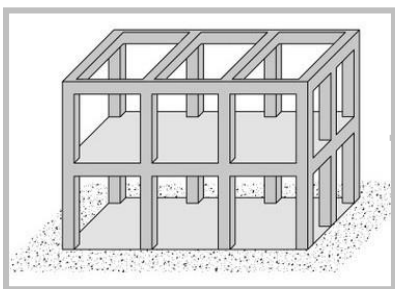
اجرای ساختمان های بتن آرمه

فصل هشتم:

اجرای ساختمان های فولادی

فصل نهم:

انواع سقف ها



فصل اول

مطالعی که به زیر آن ها خط کشیده شده، مطالعه آزاد می باشند و فاقد ارزش امتحانی هستند.

معرفی اجمالی انواع سیستم های ساختمان

ساختمان از لحاظ مصالح مصرفی:

انواع ساختمان به لحاظ مصالح مصرفی در سازه اصلی آن ها معمولاً به شش دسته تقسیم می شوند:

- ۱- ساختمان های فلزی
- ۲- ساختمان های بتن آرمه
- ۳- ساختمان های با مصالح بنایی
- ۴- ساختمان های چوبی
- ۵- ساختمان های صنعتی
- ۶- ساختمان های پیش ساخته

ساختمانهای فلزی (موضوع بحث ۱۰):

ساختمان هایی هستند که در اسکلت اصلی آنها از انواع پروفیل های ورق، ناودانی، نبشی، میلگرد، تسمه و غیره استفاده می شود و به کمک اتصالات جوشی، پرچی یا پیچی به هم وصل می گردند.

مزایای سازه های فولادی:

- ۱- مقاومت زیاد: مقاومت قطعات فلزی زیاد بوده و نسبت مقاومت به وزن آن ها از مصالح بتن بزرگ تر است.
- ۲- خواص یکنواخت: فلز در کارخانجات بزرگ تحت نظارت دقیق تهیه می شود و به یکنواخت بودن خواص آن می توان اطمینان کرد.
- ۳- دوام: دوام فولاد بسیار خوب و مناسب است و اگر که در نگهداری ساختمان های فلزی دقت گردد برای مدت طولانی قابل بهره برداری خواهند بود.
- ۴- خواص ارتجاعی: خواص ارتجاعی فولاد با تقریب بسیار خوبی مصداق عملی دارد و فولاد تا تنش های بزرگی از قانون هوک به خوبی پیروی می کند.
- ۵- شکل پذیری: از خاصیت مثبت مصالح فلزی شکل پذیری آن هاست و با استفاده از این مصالح می توان از خرابی ناگهانی سازه و خطرات ناشی از آن جلوگیری نمود.
- ۶- پیوستگی مصالح: قطعات فلزی با توجه به مواد متشکله آن پیوسته و همگن می باشد (ترک در سازه های بتنی)
- ۷- تقویت پذیری و امکان مقاوم سازی: اگر عضوی از یک سازه فولادی بر اثر اشتباه در محاسبات و یا تغییر در ضوابط و مقررات مربوطه دارای ضعف سازه ای باشد، می توان با اضافه کردن قطعات جدید با استفاده از پیچ، پرچ یا جوش عضو را تقویت نمود و یا دهانه های جدیدی به سازه اضافه نمود.
- ۸- شرایط آسان ساخت و نصب: تهیه قطعات فلزی در کارخانجات و نصب آن در موقعیت و شرایط جوی متفاوت با تمهیدات لازم قابل اجرا است.
- ۹- سرعت نصب: سرعت نصب قطعات فلزی نسبت به اجزا قطعات بتنی مدت زمان کمتری می طلبد.
- ۱۰- ضایعات مصالح: با توجه به تهیه قطعات از کارخانه پرت مصالح نسبت به تهیه و بکار گیری بتن کمتر است.
- ۱۱- وزن کم: میانگین وزن ساختمان فولادی را می توان بین ۲۴۵ - ۳۹۰ کیلوگرم بر متر مربع (۸۰ تا ۱۲۸ کیلوگرم بر متر مکعب) تخمین زد در حالی که در ساختمان های بتن مسلح این ارقام به ترتیب بین ۴۸۰ تا ۷۸۰ کیلوگرم بر متر مربع (۱۶۰ تا ۲۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب) می باشد.
- ۱۲- اشغال فضا: در دو ساختمان مساوی از نظر ارتفاع و ابعاد، ستون و تیرهای ساختمان فلزی از نظر ابعاد کوچک تر از ساختمان بتنی می باشد و سطح اشغال یا فضای مرده در ساختمان بتنی بیشتر ایجاد می شود.

معایب سازه های فولادی:

- ۱- ضعف در دمای زیاد: مقاومت ساختمان فلزی با افزایش دما کاهش می یابد.
- ۲- خوردگی و فساد فلز در مقابل عوامل خارجی: قطعات مصرفی در ساختمان فلزی در مقابل عوامل جوی خورده شده و از ابعاد آن کاسته می شود.
- ۳- تمایل قطعات فشاری به کمناشی: با توجه به اینکه قطعات فلزی زیاد و ابعاد مصرفی معمولاً کوچک است، تمایل به کمناشی در این قطعات یک نقطه ضعف به شمار می آید.
- ۴- جوش نامناسب: در ساختمان های فلزی اتصال قطعات به همدیگر با جوش، پرچ و پیچ صورت می گیرد و استفاده از پیچ و مهره و تهیه و ساخت قطعات در کارخانجات اقتصادی ترین و فنی تری کار می باشد که در کشور ما برای ساختمان های متداول چنین امکانی وجود ندارد.

ساختمانهای بتن آرمه (موضوع بحث ۹)

با توجه به مقاومت فشاری مناسب بتن و استفاده از فولاد جهت تامین مقاومت کششی، استفاده از این مصالح در سازه ها بسیار متداول شده است.

مزایای سازه های بتن آرمه:

- ۱- مقاومت فشاری مناسب: بتن آرمه مقاومت فشاری قابل قبولی در مقایسه با بسیاری از مصالح ساختمانی دیگر دارد.
- ۲- اقتصادی بودن: تمامی اجزاء تشکیل دهنده بتن آرمه (به جز سیمان) به عنوان مصالح محلی و ارزان قیمت محسوب می شوند. اجرای بتن آرمه و سازه ی بتن آرمه در مقایسه با سایر مصالح نظیر فولاد، نیاز به نیروهای اجرایی و کارگران با مهارت بالا ندارد.
- ۳- خاصیت شکل دهی: بتن آرمه را می توان به سهولت به هر شکل دلخواه در آورد. با ساختن قالب مناسب، تقریباً هر گونه مقطع سازه ای و شکل معماری را می توان از بتن آرمه تولید نمود.
- ۴- مقاومت در برابر آتش: بتن آرمه مقاومت بسیار خوبی در مقابل آتش دارد.
- ۵- مقاومت در برابر رطوبت: بتن آرمه همچنین مقاومت خوبی در مقابل رطوبت و آب دارد. اگر آب در تماس با بتن آرمه حاوی بعضی از یون ها از قبیل یون سولفات و یا یون کلرور نباشد، برای بتن و حتی میلگرد های موجود در بتن آرمه، مشکلی ایجاد نمی کند.
- ۶- صلبیت بالا: اجزاء بتن آرمه از صلبیت بالایی برخوردار هستند. به همین دلیل معمولاً ساکنان یک ساختمان بتن آرمه در هنگام ورزش شدید باد و یا حرکت زیاد همسایگان، لرزه ای را احساس نمی کنند و آرامش آنها حفظ می شود.
- ۷- هزینه های کم نگهداری: اجزاء بتنی در مقایسه با سازه فولادی به صورت ذاتی به محافظت و نگهداری کمتری نیاز دارند.
- ۸- عمر طولانی: بتن آرمه در مقایسه با سایر مصالح ساختمانی، عمر بسیار طولانی دارد. تحت شرایط مشخص، یک سازه بتن آرمه می تواند برای همیشه بدون کاهش در ظرفیت باربری مورد استفاده قرار گیرد. این مساله مبتنی بر این واقعیت است که بتن آرمه در طول زمان نه تنها کاهش مقاومت ندارد، بلکه با گذشت طولانی زمان با تکمیل فرآیند هیراتاسیون، افزایش مقاومت نیز دارد.

۹- استفاده در سازه های خاص: بتن آرمه در بعضی از اجزاء سازه ای نظیر پی ها، دیواره های زیر زمین و شمع ها، به عنوان تنها گزینه اقتصادی محسوب می شود.

معایب سازه های بتن آرمه:

- ۱- آرماتور بندی و قالب بندی: اجرای آرماتور بندی و قالب بندی در این سازه ها نیاز به تخصص و صرف زمان بیشتری نسبت به سایر سازه ها دارد.
- ۲- وزن بیشتر: به دلیل افزایش مقطع اعضای این سازه ها، وزن آن ها بیشتر از سازه های فلزی می باشد.
- ۳- آزمایش های مکرر: به دلیل نیاز به آزمایش مستمر بتن، در محل اجرای این سازه ها باید آزمایشگاه های بتن در دسترس باشد.
- ۴- مدت اجرا: اجزاء ساختمان بتنی هر کدام برای کسب مقاومت مناسب جهت تحمل بار، احتیاج به مدت زمانی حدود ۱۴ تا ۲۸ روز دارند مثلاً یک ستون بتنی قبل از اینکه روی آن بارگذاری شود باید مقاومت کافی بدست آورد تا قادر باشد براحتی نیروهای وارده را به فونداسیون منتقل نماید.
- ۵- تجهیزات تخصصی: نیاز به ماشین آلات بتن ساز و حمل بتن و وسایل دیگر مانند ویبره و ... دارد.
- ۶- ترمیم سخت: اگر عضوی از ساختمان بتنی خراب شود امکان تعویض و ترمیم مشکل است. (عدم تقویت و امکان گسترش ساختمان پس از ساخته شدن.)

ساختمانهای با مصالح بنایی (موضوع مبحث ۸):

مطابق مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان، ساختمان های با مصالح بنایی به ۳ دسته تقسیم می شوند:

- ۱- **ساختمان بنایی مسلح:** ساختمان بنایی مسلح ساختمانی است که با آجر، سنگ یا بلوک سیمانی و یا ترکیبی از آن ها ساخته شده و در آن میلگرد های فولادی به همراه مصالح بنایی برای تحمل نیرو به کار می روند. در این ساختمان ها معمولاً از واحد بنایی برای تحمل فشار و از میلگرد های فولادی برای تحمل کشش استفاده می شود.
- ۲- **ساختمان بنایی محصور شده با کلاف:** ساختمانی است که با سنگ، آجر و یا بلوک سیمانی و یا ترکیبی از آن ها ساخته شده و در آن تمام بارهای قائم و نیروی جانبی توسط دیوار ها تحمل می شود. کلاف ها در این ساختمان ها با نقش محصور کنندگی خود باعث افزایش یکپارچگی و شکل پذیری دیوار ها می شوند.
- ۳- **ساختمان بنایی غیر مسلح:** ساختمانی است که در ساخت آن از آجر، بلوک سیمانی، سنگ و یا خشت استفاده شده و در آن دیوارها فشار ناشی از بار های قائم و تا حدودی برش ناشی از نیروی جانبی را تحمل می کند.

ساختمانهای چوبی:

ساختمان هایی هستند که اسکلت اصلی آن ها را چوب تشکیل می دهد، سقف آنها معمولاً شیب دار می باشد و در مناطقی که چوب فراوان است، در حاشیه جنگل ها مثل شمال ایران متداولند. این گونه ساختمان ها به لحاظ سبکی سقف و دیوارها در مقابل زلزله مقاوم، ولی در مقابل بار باد و طوفان ها آسیب پذیرند. چوب دارای مصارف مختلف و تقریباً کاربردی نامحدود است که در کنار این موضوع و برخلاف تصور عامه، عمری طولانی دارد، انعطاف پذیر است و به راحتی پرداخت شده و به کار برده می شود. این ماده سبک و دارای مقاومت بالایی است.

ساختمانهای صنعتی (موضوع مبحث ۱۱):

ساختمان های صنعتی به لحاظ کاربری که دارند معمولاً برای کارخانجات تولیدی و صنعتی، انبارها، تعمیرگاه ها، فضاهای ورزشی و غیره استفاده می شوند. اسکلت اصلی آنها را معمولاً قاب های سوله یا خرپاها تشکیل می دهد.

ساختمانهای پیش ساخته:

برای اجرای سریع و همچنین در ساختمانهای تیپ، از ساختمان های پیش ساخته استفاده می شود که اسکلت اصلی آنها معمولاً بتنی یا فولادی یا پانل های پیش ساخته می باشد. دیوار و سقف این ساختمان ها در جای دیگر ساخته شده و در محل خود مونتاژ می شوند.

انواع سیستم های نوین ساختمانی:

سیستم ساختمانی قاب های سبک فولادی سرد نورد شده LSF:

ساختمان های پیش ساخته فولادی سبک (light weight steel frame) موسوم به LSF عمدتاً با استفاده از اتصالات پیچی و به روش تولید صنعتی به کار گرفته می شوند. این ساختمان ها از سه جزء اصلی شامل ورق های فولادی سرد نورد شده جهت تأمین سازه، صفحات تخت گچی به عنوان پوشش رویه درونی و لایه عایق حرارتی و صوتی تشکیل می شوند. از عمده مزایای ساختمان های سبک فولادی LSF، کاهش جرم ساختمان می باشد که تاثیر فراوانی در جهت کاهش هزینه های ناشی از مصالح، نیروی انسانی و نیز زمان احداث پروژه ها خواهد داشت.

ساختمان های بتن آرمه با شیوه قالب های تونلی:

سیستم موسوم به تونلی، یکی از روش های مورد استفاده برای اجرای ساختمان های با سیستم باربر دیوار و سقف بتنی است. از آنجایی که اجرای قالب بندی سقف و دیوار به صورت سلولی و همزمان اجرا می گردد به نام تونلی موسوم است. در سیستم اجرای تونلی، دیوارها و سقف های بتن مسلح به صورت همزمان آرماتور بندی، قالب بندی و بتن ریزی می شوند. این روش ضمن افزایش سرعت و کیفیت اجرا، عملکرد سازه ای و رفتار لرزه ای سازه را به لحاظ یکپارچگی اعضا و اتصالات آنها به طور چشمگیری بهبود می بخشد. خروج قالب های تونلی، پس از بتن ریزی دیوار و سقف و گیرش اولیه بتن، با فاصله دادن قالب ها از جدارهای بتن ریزی شده (قالب برداری) وبا حرکت افقی روی چرخ یا غلتک صورت می گیرد.

ساختمان های بتن مسلح دیوار بایر با قالب عایق ماندگار ICF:

این سیستم، شیوه اجرای ساختمان بتن آرمه درجا با قالب های عایق ماندگار پلی استایرنی می باشد که سازه حاصل از آن، یک ساختمان بتن مسلح و در زمره سازه های متداول تلقی می شود. در این سیستم ساختمانی قالب های دیوار و سقف با استفاده از مفتول آهن گالوانیزه به قطر ۲،۲ میلی متر، به صورت شبکه جوش درآمده، در محل کارخانه ساخته شده و در وجه داخلی و خارجی قالب پانل هایی از مصالح عایق کننده مانند پلی استایرن منبسط شونده کند سوز قرار داده می شود. قالب های دیوار بتنی با امکان آرماتور بندی به میزان مورد نیاز و با ضخامت مورد

نظر طراح از ۸۰ تا ۵۰۰ میلی متر و بیشتر برای دیوارها و قالب های سقف، به صورت تیر دال یک یا دو طرفه با عمق و فواصل تیرچه های متغیر و دلخواه، توسط خطوط تولید در مقیاس نسبتاً زیاد، قابل تولید است.

پانل های دیواری مسلح ساخته شده با بتن سبک گازی AAC :

بتن هوادار اتوکلاو (بتن گازی یا AAC) از انواع بتن سبک متخلخل است که عمدتاً از مواد با پایه سیلیس، سیمان و آهک ساخته می شود. از آنجا که بتن سبک وزن کم و مقاومت قابل قبولی دارد، می توان از آن در اجزا و عناصر غیر سازه ای ساختمان بهره لازم را برد. از عمده ترین کاربردهای این نوع بتن، تولید بلوک های دیواری برای استفاده در ساختمان های کوتاه مرتبه و یا ساخت دیوارهای جداکننده در ساختمان های معمولی می باشد. پانل های ساخته شده از بتن سبک گازی به منظور مقاومت در برابر حداقل بارهای وارد بر آن ها، ناشی از نیروی وزن دیوار، بار باد برای دیوارهای خارجی و سایر نیروهای احتمالی موجود، به صورت مسلح تولید و در اختیار استفاده کنندگان قرار می گیرد. از مزایای این پانل ها می توان به مقاومت مناسب آن در مقابل آتش، عملکرد حرارتی مطلوب، عدم نیاز به عایق های حرارتی مجزا، کاهش انتقال صوت، افزایش سرعت ساخت، کاهش در مصرف مصالح مورد نیاز برای نما، کاهش در جرم ساختمان و سهولت نصب و اجرا نام برد.

سیستم سقف کوبیاکس Cobiax :

سقف های بتن مسلح به دلیل نیاز به کنترل تغییر شکل ها و ترک ها، بسیار مورد توجه و گاه محدود به دهانه های کوچک می شوند. حال اگر بتوان مقطع سقف های بتن مسلح، به ویژه دال ها را به نحوی بهبود بخشید که بتواند علاوه بر تأمین ضوابط کنترلی، در مقایسه با دال های مشابه از وزن کمتری برخوردار باشند، می توان به شیوه جدیدی در روش اجرای دال های بتن مسلح دست یافت. با توجه به آنکه در دال های بتنی دو طرفه معمولاً از نظر تحمل نیروی برشی مشکلی وجود ندارد، اصول طراحی این نوع سقف، بر مبنای حذف قسمتی از بتن میانی و ایفای عملکرد دال دوطرفه می باشد به نحوی که یک دال بتنی حاوی حفره های ناشی از حضور گوی های کروی تو خالی فراهم شود. سقف های مجوف بتن مسلح کوبیاکس از دولایه بتن مسلح تشکیل شده است که در بالا و پایین دال و به طور گسترده قرار می گیرد و حد فاصل بین این دو لایه با گوی های کروی شکل از جنس پلی اتیلن پر می شود که با توجه به نیاز پروژه و محاسبات طراحی، ابعاد مختلفی دارند.

سقف مجوف بتن مسلح با استفاده از بلوک تو خالی ماندگار، از جنس پلی پروپیلن (U-BOOT) :

سقف های مجوف بتن مسلح، از دولایه بتن مسلح تشکیل شده است که در بالا و پایین دال و بطور گسترده قرار می گیرد و حد فاصل این دو لایه با نوعی بلوک تو خالی از جنس پلی پروپیلن پر شده است. این محصول همانند بلوک های سفالی یا پلی استایرن دارای هندسه ای مکعبی اما مجوف می باشد که با توجه به نیاز پروژه و محاسبات طراحی، ابعاد مختلفی دارند. در روند اجرای دال های مجوف با استفاده از U-BOOT، پس از آرماتورگذاری لایه زیرین، U-BOOT ها کنار هم روی شبکه آرماتور زیرین قرار گرفته و پس از قرارگیری آرماتورهای برشی میانی و همچنین آرماتوربندی لایه فوقانی، بتن رویی ریخته شود. در نهایت مقطع دال به صورت I شکل در آمده و عملکرد بهتری نسبت به مقطع مستطیل کامل خواهد داشت. آن چه جزو مزایای این دال شمرده می شود، عدم حضور تیر در دال حاصله می باشد که البته با توجه به نیاز طراحی، ممکن است تمهیدات خاصی جهت تأمین تیرهای پنهان انجام شود. همچنین از آن جا که در برخی از پروژه های بزرگ، فواصل زیاد ستون ها و امکان تعبیه دهانه بزرگ به جهت تأمین پارکینگ در ساختمان را ایجاب می کند، می توان سیستم فوق را به عنوان گزینه مناسبی برای اجرا در چنین پروژه هائی معرفی نمود.

سیستم دال مرکب فولادی - بتنی (سقف های عرشه فولادی) :

سیستم های مرکب دال فولادی - بتنی، یکی از اقتصادی ترین روش های ساخت سقف برای ساختمان ها، شناخته شده اند. این سیستم از مقاطع مختلط دال بتن مسلح بر روی ورق های دوزنقه ای که به تیرها و شاه تیرهای فولادی متصل می شوند، تشکیل شده است. عملکرد مختلط دال بتن مسلح فوقانی و ورق فولادی دوزنقه ای تحتانی، نقش به سزائی در تأمین صلبیت سقف و رفتار مطلوب برشی آن خواهد داشت. این سقف ها در مقایسه با سقف های مرسوم در اسکلت های فولادی معمولی ساختمان ها، از وزن کمتری برخوردار بوده و بویژه با ساختمان های ساخته شده از LSF نیز همخوانی دارد.

معرفی اجمالی انواع سیستم های سازه ای :

- ۱- **سیستم سازه ای با دیوار باربر:** نوعی سیستم سازه ای است که در آن بارهای قائم عمدتاً توسط دیوارهای باربر تحمل می شوند و مقاومت در برابر بارهای جانبی توسط دیوارهای باربر که به صورت دیوارهای برشی عمل می کنند، تأمین می گردد. دیوارهای متشکل از قاب های سبک فولادی سرد نورد شده که با تسمه های فولادی و یا صفحات پوششی فولادی مهار شده اند، جزء این دسته محسوب می شوند.
- ۲- **قاب ساختمانی:** نوعی سیستم سازه ای است که در آن بارهای قائم عمدتاً توسط قاب های فضایی تحمل شده و مقاومت در برابر نیروی جانبی توسط دیوارهای برشی یا قاب های مهار بندی شده تأمین می شود. قاب های ساختمانی در این سیستم می توانند دارای اتصالات ساده و یا گیردار باشند ولی در تحمل بارهای جانبی مشارکت نخواهند داشت.
- ۳- **قاب خمشی:** نوعی سیستم سازه ای است که در آن بار های قائم توسط قاب فضایی تحمل شده و مقاومت در برابر نیروهای جانبی نیز توسط قاب های خمشی تأمین می گردد. سازه های با قاب های خمشی کامل و سازه های با قاب خمشی در پیرامون و یا در قسمتی از پلان و قاب های با اتصالات ساده در سایر قسمت های پلان در این گروه جای دارند. در قاب خمشی نیروهای ثقلی و جانبی در تکیه گاه تیرها لنگر خمشی ایجاد می کند و نیز تیرها و ستون ها در تحمل تمامی نیروهای وارده باهم وارد عمل می شوند، لذا تحلیل المان های این نوع قاب ها باید همزمان انجام گیرد.
- ۴- **سیستم دوگانه یا ترکیبی:** نوعی سیستم سازه ای است که در آن :
الف : بارهاب قائم عمدتاً توسط قاب های ساختمانی تحمل می شود.
ب : مقاومت در برابر بارهای جانبی توسط مجموعه ای از دیوارهای برشی یا قاب های مهاربندی شده همراه با مجموعه ای از قاب های خمشی تأمین می شود. سهم برشگیری هر یک از دو مجموعه با توجه به سختی جانبی و اندرکنش آن دو در تمام طبقات تعیین می شود.
پ : قاب های خمشی باید مستقلاً قادر به تحمل حداقل ۲۵ درصد نیروهای جانبی در تراز پایه و دیوارهای برشی یا قاب های مهار بندی شده باید مستقلاً قادر به تحمل حداقل ۵۰ درصد نیروی جانبی در تراز پایه باشند.

تبصره ۱ : در ساختمان ها کوتاه تر از ۸ طبقه و یا با ارتفاع کمتر از ۳۰ متر به جای توزیع بار به نسبت سختی عناصر باربر جانبی، می توان دیوارهای برشی یا قاب های مهاربندی شده را برای ۱۰۰ درصد نیروی جانبی و مجموعه قاب های خمشی را برای ۳۰ درصد بار جانبی طراحی نمود.

تبصره ۲: در مواردی که قاب خمشی الزام بند "پ" را اقلع نکند، سیستم دوگانه جزء سیستم قاب ساختمانی محسوب می شود و در مواردی که دیوارهای برشی یا قاب های مهار بندی شده الزام بند فوق را اقلع نکنند ضریب رفتار در آن باید برابر ضریب رفتار در سیستم قاب خمشی با شکل پذیری متناظر در نظر گرفته شود.

۵- **سیستم فضایی:** یکی از بهترین انواع سیستم های سازه ای بوده و رفتار مناسبی را در مقابل بارهای جانبی و ثقلی دارد، اما اجرای آن بسیار مشکل است و امروزه فقط برای پوشش سقف های سبک با دهانه های بزرگ استفاده می شود.

۶- **سیستم معلق:** یکی از معروفترین سیستم ها برای پل سازی است، اما در ساختمان سازی و بلند مرتبه سازی هم به ندرت مورد توجه قرار می گیرد. در این سیستم برخی المان ها به فرم کششی برای تحمل بارهای ثقلی طرح می شود که اکثراً **کابل های کششی با مقاومت زیاد** می باشند.

۷- **سیستم هسته ای:** در این روش بارهای ثقلی توسط یکی از روشهای فوق مثلاً قاب ساختمانی طراحی شده و بارهای جانبی بر هسته ی سازه وارد می شود. هسته به دو فرم **هسته باز و بسته** می تواند اجرا شود. در حقیقت هسته همان دیوارهای برشی در پروفیل های مختلف در مقیاس بزرگ می باشد. مثلاً به شکل U که همان هسته ی باز است.

۸- **سیستم قاب محیطی:** عالی ترین و پیشرفته ترین فرم ساختمان سازی می باشد که برای ساختمانهای بالای ۱۵۰ طبقه می تواند مورد استفاده قرار گیرد. در این سیستم بارهای جانبی به قاب محیطی وارد می شود و نیز قاب محیطی خود نمای جالبی به ساختمان می دهد. برج های دوقلوی سازمان تجارت جهانی در نیویورک که مورد حمله ی تروریستی قرار گرفت، تحت این سیستم ساخته شده بودند. یکی از مؤثرترین سیستم مهاربندی در سازه های بلند، **سیستم مهاربندی لوله ای** می باشد. مقاومت جانبی سازه ها با قاب محیطی به وسیله قاب های بسیار سختی که در محیط ساختمان قرار گرفته، تأمین می شود. قابهای محیطی شامل ستونهایی به فواصل ۲ تا ۴ متر (مرکز به مرکز) هستند که توسط شاه تیرهای عمیق به یکدیگر متصل شده اند. گر چه قاب های محیطی تمامی بار جانبی را تحمل می کنند، بارهای قائم نیز بین ستون های محیطی و ستون های داخلی تقسیم می گردد. هنگامی که سازه تحت اثر بار جانبی قرار می گیرد، قابهای محیطی در جهت بارگذاری به صورت **"جان"** و قابهای عمود بر جهت بارگذاری به صورت **"بال"** عمل می کنند.

تقسیم بندی ساختمانها به لحاظ اهمیت:

در مبش ششم مقررات ملی ساختمان (بارهای وارد بر ساختمان) ساختمان ها از نظر اهمیت به چهار گروه تقسیم میشوند:

گروه ۱

ساختمانهای با اهمیت زیاد

در این گروه ساختمان هایی وجود دارند که قابل استفاده بودن آنها پس از وقوع زلزله از اهمیت خاصی برخوردار است مانند بیمارستان ها و درمانگاه ها، مراکز آتشنشانی، مراکز و تأسیسات آبرسانی، نیروگاه ها و تأسیسات برق رسانی، برج های مراقبت فرودگاه ها، مراکز مخابرات، رادیو و تلویزیون، تأسیسات انتظامی، مراکز کمک رسانی و بطور کل ساختمان هایی که استفاده از آنها در **نجات و امداد مؤثر می باشد** و ساختمانها تأسیساتی که خرابی آنها موجب انتشار گسترده مواد سمی در محیط زیست می شوند.

گروه ۲

ساختمانهای با اهمیت زیاد

این گروه شامل سه دسته زیر است:

الف: ساختمانهایی که خرابی آنها موجب تلفات زیادی می شود مانند مدارس، مساجد، استادیوم ها، سینما و تئاتر، سالن های اجتماعات، فروشگاه های بزرگ، ترمینال های مسافری و یا هر فضای سرپوشیده که محل **تجمع بیش از ۳۰۰ نفر در یک سقف** باشد.

ب: ساختمان هایی که خرابی آنها سبب از دست رفتن ثروت ملی میگردد مانند موزه ها، کتابخانه ها و به طور کلی مراکزی که در آنها اسناد و مدارک ملی و یا آثا پرارزش نگهداری می شود.

پ: ساختمان ها و تأسیسات صنعتی که خرابی از آنها موجب آلودگی محیط زیست و یا آتش سوزی وسیع می شود مانند پالایشگاه ها، انبارهای سوخت و مراکز گازرسانی.

گروه ۳

ساختمانهایی با اهمیت متوسط

در این گروه ساختمان هایی قرار دارند که خرابی آنها تلفات و خسارات قابل توجه به وجود می آورد مانند ساختمان های مسکونی و اداری و تجاری، هتل ها، پارکینگ های چند طبقه و آن دسته از ساختمانهای صنعتی که جزء گروه یک و دو نمی باشند.

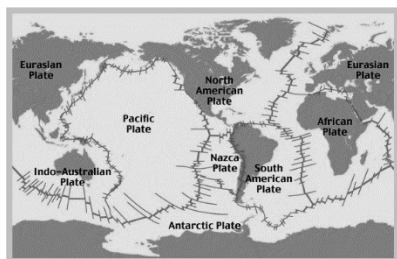
گروه ۴

ساختمانهای با اهمیت کم

این گروه شامل دو دسته زیر می باشند:

الف: ساختمانهایی که خسارت نسبتاً کمی از خرابی آنها حادث می شود و احتمال بروز تلفات در آنها بسیا کم است.

ب: ساختمانهای موقت که مدت بهره برداری از آنها کمتر از ۲ سال است.



فصل دوم

مطالبی که به زیر آن ها خط کشیده شده، مطالعه آزاد می باشند و فاقد ارزش امتحانی هستند.

مطالعات ژئوتکنیک زمین

هدف از مطالعات ژئوتکنیکی زمین:

به منظور شناسایی زمین، داده های ژئوتکنیکی باید گردآوری و تفسیر شود. این داده ها افزون بر اطلاعات ژئوتکنیکی باید شامل داده های زمین شناسی عمومی، زمین ریخت شناسی، زمین شناسی مهندسی، لرزه خیزی، هیدرولوژی و تاریخچه ساختگاه باشد. این شناسایی ها شامل بررسی لایه بندی خاک و خصوصیات مهندسی آن، شرایط آب زیر زمینی، تراز سنگ بستر و سایر مشخصات ساختگاه پروژه است. کسب اطلاعات فوق پیچیده و تابع عوامل زیر می باشد:

- ۱- نوع پروژه
- ۲- شرایط زمین
- ۳- بودجه و فناوری در اختیار برای عملیات شناسایی

انجام شناسایی ژئوتکنیکی زمین باید چنان برنامه ریزی شود که نیاز مندی های طراحی، ساخت و تأمین عملکرد سازه پیشنهادی را فراهم نماید. در صورت مواجه شدن با شرایط متفاوت و جدید در خلال اجرای کار، خصوصیات ژئوتکنیکی لایه های خاک می تواند مورد تجدید نظر قرار گیرد. ضمناً چنانچه طراحی های سازه ای دستخوش تغییرات گردند، متناسب با این تغییرات، شناسایی های ژئوتکنیکی نیز لازم است تغییر یابند.

بررسی های مورد نیاز طراحی های ژئوتکنیکی باید با اهداف ذیل صورت گیرد:

- ۱- گردآوری اطلاعات لازم ساختگاه از جمله تعیین جنس و لایه بندی زیرین زمین، به منظور طراحی ایمن و بدون تغییر در کارایی ساختمان و ضمن صرفه اقتصادی در طرح آن
- ۲- گردآوری اطلاعات لازم برای برنامه ریزی موقت و دائمی ساخت و ساز بنا در مراحل که به شرایط زمین ساختگاه مرتبط می شوند، شامل وضعیت هندسی و مکانیکی لایه های زیر سطحی، شرایط آب زیر زمینی، وجود مصالح و شرایط نامناسب برای پایداری ساختمان و غیره.
- ۳- پیش بینی 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 به انجام عملیات گمانه زنی نیاز نمی باشد و جمع آوری اطلاعات و بازدید محلی کفایت می نماید:

- ۱- داده های کافی از محدوده مورد نظر و زمین های با سازند زمین شناسی مشابه در دسترس باشد.
- ۲- ساختمان مورد نظر با اهمیت کم یا با اهمیت متوسط و با حداکثر ۴ طبقه باشد.
- ۳- ساختمان مورد نظر با مساحت اشغال کمتر از ۳۰۰ متر مربع باشد.
- ۴- در طراحی و اجرای ساختمان نیاز به گودبرداری به میزان کمتر از ۲ متر باشد.
- ۵- تعداد ساختمان ها زیاد (بیش از ۳ ساختمان مشابه و نزدیک به یکدیگر مانند شهرک ها، پروژه های انبوه سازی و غیره) نباشد.
- ۶- نوع زمین طبق میحث ششم مقررات ملی ساختمان و استاندارد ۲۸۰۰ از نوع ۱ و ۲ نباشد.
- ۷- هیچکدام از شرایط ذیل برقرار نباشد:
- ۱-۷- احتمال مواجه شدن با خاک دستی در محل ساخت
- ۲-۷- احتمال مواجه شدن با خاک های مسأله دار (مانند خاک های متورم شونده، خاک های با پتانسیل روانگرایی و خاک های رمبنده)
- ۳-۷- سازه ای در مجاورت محل مورد نظر که احتمال خسارت به آن وجود دارد.
- ۴-۷- محل مورد نظر در منطقه خرد شده گسل اصلی واقع شده باشد.
- ۵-۷- مناطقی با سطح آب زیر زمینی بالا بر اساس بررسی های محلی

حتی اگر فقط یکی از شرایط فوق برقرار نباشد، آنگاه لازم است شناسایی های ژئوتکنیکی در محل مورد نظر انجام گیرد.

شناسایی ها:

به منظور انجام شناسایی ژئوتکنیکی زمین مورد نظر، لازم است موارد ذیل رعایت گردد:

طبقه بندی نوع خاک بر مبنای مشاهدات و آزمایش های مورد نیاز و متناسب با مصالح به دست آمده از حفاری گمانه یا چاهک یا هر شناسایی اکتشافی زیر سطحی در نقاط مناسب انجام شود. آزمایشات لازم به منظور ارزیابی مقاومت برشی خاک، میزان باربری خاک، اثر تغییر رطوبت بر باربری خاک، تراکم پذیری و تورم زایی 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 نمونه برداری، تجهیزات تحقیقات محلی و برنامه آزمایش های آزمایشگاهی باید توسط طراح صاحب صلاحیت تعیین شود.

اقدامات زیر برای تعیین فاصله گمانه ها یا چاهک های شناسایی به کار می رود:

الف: چنانچه گمانه زنی برای شناخت یک زمین جدید و بسیار بزرگ برای ساختمان سازی گسترده انجام شود (شهر های جدید):

- ۱- اگر لایه بندی زمین به صورت نسبی یکنواخت باشد، فاصله ۵۰ تا ۲۰۰ متر بین گمانه ها قابل قبول می باشد. انتخاب دقیق با توجه به اهمیت ساختمان و شرایط ژئوتکنیکی تعیین می شود.
- ۲- اگر لایه بندی پیچیده باشد، (مثل مجاور گسل ها، نزدیک رودخانه ها و کوه ها، زمین های بسیار ناهموار و دره ها) فاصله حداکثر ۳۰ متر بین گمانه ها قابل قبول می باشد.
- ۳- اگر اطلاعات ژئوتکنیکی از ساختگاه مجاور یا سازند های زمین شناسی مشابه با زمین مورد نظر وجود دارد، فاصله بین گمانه ها می تواند از مقادیر مندرج در بند های فوق و حداکثر تا دو برابر فواصل فوق باشد.
- ۴- اگر ساختمان با شرایط متفاوت سازه ای و یا با اهمیت بیشتر از دیگر ساختمان ها در مجموعه مورد نظر باشد، باید شناسایی خاص آن ساختمان انجام شود.

ب: چنانچه گمانه زنی به منظور ساخت یک ساختمان منفرد انجام شود:

- ۱- فاصله گمانه ها باید در حدود ۱۶ الی ۱۵ متر باشد.
- ۲- استفاده از جدول زیر با توجه به اهمیت ساختمان مبنا قرار گیرد:

جدول ۷-۱-۲ جدول حداقل تعداد گمانه

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

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

- ۳- در استفاده از جدول فوق باید نکات ذیل مد نظر قرار گیرد:

- ۳-۱- شرایط زیر سطحی اولیه در جدول بر اساس اطلاعات سایت های مجاور، شرایط ژئوتکنیکی سازندهای زمین شناسی مشابه و بازدید های محلی انتخاب می شود. لذا لازم است با بررسی نتایج حفر اولین گمانه، تعداد گمانه های مورد نیاز در عمل متناسب با شرایط جدید به دست آمده در صورت نیاز افزایش یابد.
- ۳-۲- برای مجتمع های ساختمانی که از تعداد زیادی ساختمان منفرد و نزدیک به هم تشکیل شده اند (بیش از ۱۰ ساختمان)، برای هر ساختمان حداقل یک گمانه با رعایت حداکثر فاصله های ذکر شده در بند های قبلی، کافی است. اگر فاصله ساختمان ها بیش از مقادیر مندرج در بند های قبلی باشد، باید آن ها را به صورت منفرد در نظر گرفت.
- ۳-۳- در صورتیکه ساختمان مورد نظر پس از ایجاد گودبرداری عمیق احداث شود، تعدادی گمانه برای گودبرداری نیز باید به تعداد گمانه های بالا اضافه شود.
- ۳-۴- چنانچه بین فاصله گمانه ها و جدول ۷-۲-۱ تناقضی پیش آید، اعداد جدول حاکم خواهد بود.

برای گودبرداری ها باید لایه های زمین در دیواره هر ضلع گود و در راستای عمود بر دیواره هر ضلع گود مشخص باشد. برای انجام تحلیل های پایداری و تغییر شکل در هر ضلع گود لازم است نیمرخ ژئوتکنیکی در دیواره هر ضلع گود و امتداد عمود بر آن تعیین گردد. هر چه گود عمیق تر باشد، وسعت منطقه ای که باید شناسایی شود باید بیشتر از سطح اشغال ساختمان شود.

- ۱- در گودهای عمیق و شیروانی های بزرگ برای تعیین مقطع ژئوتکنیکی عمود بر هر ضلع، حفر حداقل ۳ گمانه برای هر ضلع لازم است. گمانه هایی که در محل سطح اشغال ساختمان حفر می شود، می توانند مشخص کننده مشخصات خاک محل شیب و پایین دست آن باشد. شرایط خاک بالادست در محل سطح اشغال ساختمان همسایه می تواند متفاوت باشد و باید اطلاعات آن کسب شود.
- ۲- حداقل تعداد گمانه ها به شرح جدول ۷-۲-۱ برای شرایطی است که ساختمان بدون گودبرداری احداث شود. در صورت نیاز به گودبرداری باید تعداد گمانه ها به شرح جدول زیر اضافه شود:

جدول ۷-۲-۲ حداقل تعداد گمانه اضافی در گودبرداری ها

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

- ۳- برای گود با عمق بیش از ۲ متر به ازای هر ۱۰ متر عمق اضافی گود، یک گمانه به تعداد گمانه های جدول فوق اضافه می گردد تا به ۳ گمانه به ازای هر ضلع برسد.
- ۴- گمانه های اضافی مربوط به گودبرداری برای شناخت زمین بالادست گود، در صورت کسب مجوز در زمین همسایه حفر شوند.

عمق گمانه ها:

اگر نشست در طراحی پی بر روی زمین مورد نظر تعیین کننده باشد، آنگاه لازم است که حداقل عمق 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 می رسد، هر عمقی بیشتر شود ملاک می باشد:

- ۱- ۱۰ درصد تنش موثر زمین در آن عمق

۲- ۱۰ درصد تنش ناشی از ساختمان بر کف پی (که با توجه به منحنی های حباب تنش، عمق برای پی مربعی بین ۲ تا ۲,۵ برابر عرض محاسباتی پی و برای پی نواری بین ۳ تا ۴ برابر عرض محاسباتی پی باشد.

اگر ظرفیت باربری زمین و گسیختگی برشی خاک زیر پی تعیین کننده باشد، عمق گمانه با توجه به نظریه های ظرفیت باربری باید بین ۱ تا ۱,۵ برابر عرض محاسباتی پی باشد.

عرض محاسباتی پی در بند های فوق باید به صورت زیر به دست آید :

- ۱- **ساختمان با پی های منفرد :** اگر فاصله لب به لب دو پی مجاور بیشتر از مجموع عرض آن دو پی باشد، عرض محاسباتی را برابر عرض یک پی در نظر گرفته و در غیر این صورت عرض کل ساختمان به عنوان عرض محاسباتی در نظر گرفته می شود.
- ۲- **ساختمان با پی های نواری :** اگر فاصله لب به لب دو پی مجاور بیشتر از ۱,۵ برابر مجموع عرض آن ها باشد، عرض محاسباتی را برابر عرض یک پی در نظر گرفته و در غیر این صورت عرض کل ساختمان به عنوان عرض محاسباتی در نظر گرفته می شود.
- ۳- **ساختمان با پی گسترده :** عرض کل پی گسترده به عنوان عرض محاسباتی در نظر گرفته می شود.

نکاتی که باید در تعیین عمق گمانه رعایت شوند :

- ۱- اگر احداث ساختمان با گودبرداری همراه باشد، عمق گود به عمق گمانه باید اضافه شود.
- ۲- اگر عمق مورد نیاز برای شناسایی زمین خیلی کم باشد، می توان از روش های شناسایی دستی مانند آزمایش های بر جای نفوذ مخروط و کاوشگر دینامیکی به جای گمانه زنی استفاده کرد.
- ۳- حفر حداقل یک چاهک جهت مشاهده بافت خاک در هر پروژه ضروری است. اگر عمق چاهک کافی باشد می توان جایگزین حفر یک گمانه شود.
- ۴- در صورتی که قبل از رسیدن به عمق نهایی گمانه به یک بستر سنگی خیلی متراکم با ضخامت قابل توجه برخورد شود می تواند عمق گمانه کمتر شود.
- ۵- گمانه مورد نظر باید حداقل تا زیر نهشته هایی که برای پی مناسب نیستند ادامه یابند.
- ۶- در هر حالت عمق گمانه نباید کمتر از ۶ متر زیر پی باشد، مگر در مواردی که گمانه قبل از ۶ متر به لایه سخت رسیده باشد.
- ۷- در حفر گمانه اگر به لایه سنگ برخورد شود، باید حداقل یکی از گمانه ها تا ۳ متر در لایه سنگ نفوذ کند تا وجود بستر سنگی اثبات گردد.

حفاری و نمونه برداری خاک:

فرایند حفاری و نمونه برداری و دستگاه های انتخابی باید مطابق استاندارد های ملی یا بین المللی معتبر باشد. باید ناظر واجد صلاحیت در طول زمان حفاری گمانه و نمونه گیری در محل پروژه حاضر و بر عملیات نظارت داشته باشد. باید صلاحیت مجموعه ای که عملیات حفاری گمانه و نمونه برداری و سایر عملیات اجرایی را انجام می دهند، به تائید مراجع ذی ربط رسیده باشد.

روش های حفاری گمانه :

حفاری گمانه به صورت دستی و ماشینی و با توجه به بند های ذیل قابل قبول است:

- ۱- **حفاری ضربه ای سبک** در لای، ماسه و سنگ ضعیف قابل قبول است. به شرط حفاری خشک می توان از این روش در خاک چسپنده یا غیر چسپنده حاوی شن استفاده کرد. وقتی که حفاری به منظور تهیه نمونه دست نخورده در خاک چسپنده باشد، نباید از **ضربات سنگین** استفاده شود.
- ۲- **حفاری شستشویی** در ماسه و لای و رس و همچنین مخلوط شن و ماسه بدون قله سنگ قابل قبول است. تغییر رطوبت خاک زیر گمانه باید در نمونه گیری و آزمون های برجا مورد توجه باشد.
- ۳- **حفاری با اوگر با میله توپر** فقط در خاک چسپنده که دیواره گمانه پایدار است قابل قبول می باشد. **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.
- ۴- **حفاری دورانی** در تمام خاک ها حتی در زیر آب قابل قبول است، ولی برای اخذ نمونه دست نخورده در خاک چسپنده باید سرعت دوران و فشار مته محدود گردد.
- ۵- **حفاری دورانی با مغزه گیری پیوسته** در خاک و سنگ برای توصیف لایه ها قابل قبول است، ولی نمونه خاک اخذ شده از داخل مغزه در این روش نمی تواند به عنوان نمونه دست نخورده قابل قبول باشد.

تکنیک های حفاری :

تاریخچه حفر گمانه بسیار قدیمی است و پیشینیان برای جستجوی آب در دشت ها و دره ها به حفر گمانه می پرداخته اند و چون تلمبه اختراع نشده بود، در اغلب موارد آب از چاه (گمانه) به صورت آرتزین خارج شده و یا چهار پایان کار آبکشی را انجام می دادند. تا آنجا که تاریخ نشان می دهد قدیمی ترین گمانه ها در چین حفر شده و سیستم حفاری ضربه ای که امروزه در حفر گمانه مورد استفاده قرار می گیرد، همان روش قدیمی است که در چین متداول بوده است. برای حفر گمانه به اعماق مختلف، اقطار و در سنگ های گوناگون، وسایل و تجهیزات و ماشین آلات حفاری در انواع و استانداردهای مختلف با تکنولوژی های گوناگون متداول است.

بطور کلی دونوع فعالیت در حین انجام عمل گمانه زنی دنبال میشود که عبارتند از :

- ۱- **حفر گمانه با پیشروی در زمین و نفوذ آن بمنظور رسیدن به هدف مشخص** (از قبیل سفره آبهای زیر زمین لایه زمین شناسی معین ، تاقیدیس های نفتی یا گازی ، منابع انرژی را زمین و ...)
- ۲- **نمونه برداری از مصالح زمین در اعماق مورد نظر** برای انجام آزمایشات مختلف و شناسایی خواص فیزیکی و مکانیکی لایه های خاک و سنگ ، به کار گیری روش ها و ابزار مورد استفاده در هر دو مورد در بخش های زیر خلاصه شده است .

ابزار و دستگاه های حفاری :

انواع مختلفی از ابزار و دستگاه های حفاری برای حفر چاه و گمانه زدن در سطح جهان مورد استفاده قرار می گیرد. بر حسب مکانیسم عمل آنها، دستگاه های حفاری به **چهار گروه اصلی** زیر تقسیم می شوند :

- | | |
|------------------|------------------|
| ۱- حفاری مته ای | ۳- حفاری ضربه ای |
| ۲- حفاری شستشوئی | ۴- حفاری دورانی |

انتخاب هر کدام از این دستگاه های حفاری به مجموعه ای از عوامل زیر بستگی دارد :

- | | |
|---------------------------------|------------------------|
| ۱- موقعیت جغرافیائی محل | ۴- دردسترس بودن دستگاه |
| ۲- جنس مصالح زمین | ۵- هدف از عمل حفاری |
| ۳- قطر و عمق چاه و دستگاه حفاری | ۶- کیفیت نمونه برداری |

حفاری مته ای :**حفاری مته ای مارپیچی :**

یکی از روش های متداول حفاری در فعالیت های عمرانی به حساب می آید که در آن حفر چاه در اثر چرخش دورانی و حلزونی مته و همزمان فرور رفتن آن در زمین حاصل می شود نمونه های به دست آمده از این روش، نمونه های نمایانگر و بعضی تنها دست خورده هستند. کاربرد این روش از حفاری بیشتر در زمینهای نرم و نیمه سخت است و بر حسب نوع زمین مته های مختلفی مورد استفاده قرار می گیرد. مته های حفاری به دو گروه اصلی تقسیم می شوند :

۱- مته های دستی

این مته ها بطور دستی توسط یک یا دو نفر بکار برده می شوند. به طور کلی ترکیب آنها شامل سر مته لوله یا میله میانی و دستگیره می شود. سر مته می تواند اشکال مختلفی داشته باشد و عمل حفاری و نمونه برداری توسط آنها انجام می شود. مته روی لوله یا میله میانی سوار می شود و قطر این لوله معمولاً "۲۰ میلیمتر می باشد و ممکن است بصورت یک قطعه یک دست و یا ترکیبی از قطعات مختلف باشد که طول آن با توجه به عمق چاه متفاوت خواهد بود. میله میانی در قسمت بالایی به دستگیره که T شکل است وصل می گردد، در حین عمل حفاری دستگیره بطور همزمان چرخانیده و به درون زمین فرو برده می شود. عمل چرخش از طریق میله میانی به مته منتقل می شود و بدین ترتیب عمل حفاری انجام می گردد. از این نوع مته ها برای حفاری تا عمقهای ۱۰ تا ۳۰ متری استفاده می شود که عمق حفاری توسط جنس زمین و سطح دستیابی آب های زیر زمینی کنترل می شود. حفاری بوسیله مته های دستی معمولاً برای کارهای اکتشافی انجام می گردد و کاربرد های دیگری همچون شناسائی تراز آبهای زیر زمین و ایجاد چاههای زهکشی نیز می تواند داشته باشد .

متداول ترین نوع مته های دستی در سه گروه زیر تقسیم می شوند :

الف : مته چنگکی : این نوع مته ها برای نمونه برداری از خاک های چسبنده و دانه ریز استفاده می شود. قطر آنها بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلیمتر می باشد .

ب : مته های حلزونی (پیچشی) : مته حلزونی برای نمونه برداری از هرنوع خاک (چسبنده و یا غیر چسبنده) استفاده می شود. البته خاک ها بایستی خشک و بالای سطح دستیابی آبهای زیرزمین قرار گرفته باشند . قطر آنها بین ۵۰-۱۰۰ میلیمتر می باشد .

ج : مته فنری : این مته ها ساختمانی شبیه فنر دارند و بر حسب شکل آنها و موارد استفاده آنها به دو صورت زیر می باشند.

۱- مته فنری بسته**۲- مته فنری باز**

نوع اول برای نمونه برداری از خاکهای رسی سخت و خاکهای شن متراکم استفاده می شود .

نوع دوم برای نمونه برداری از خاکهای غیر چسبنده ماسه ای به کار برده می شوند. قطر این مته ها بین ۵۰-۱۰۰ میلیمتر می باشد.

۲- مته های مکانیکی

نیروی لازم برای بکار انداختن این نوع مته ها توسط یک موتور تامین می شود مقدار نیروی مصرفی به نوع مته و جنس زمین که در آن حفاری صورت می گیرد بستگی دارد . مته های مکانیکی بر اساس وظیفه خود به دو گروه **مته های مکانیکی سبک** و **مته های مکانیکی سنگین** تقسیم می شوند .

مته های مکانیکی سبک:

این مته ها حد واسطه مته های دستی و مته های مکانیکی سنگین از نظر کاربرد می باشند. حمل و نقل آنها و به کار گرفتن آنها توسط یک یا دو نفر انجام می گیرد. از یک موتور کوچک به قدرت ۱۰ اسب بخار برای چرخاندن و فرو بردن مته در زمین استفاده می شود. عمق چاه هایی که بوسیله این نوع مته ها حفر می شود بین ۱۰ تا ۱۵ متر می باشد و قطر حفاری بین ۷۵ تا ۳۰۰ میلیمتر است. کاربرد آن ها بیشتر در نهشته های نرم و سخت نشده است و نسبت به مته های دستی سرعت عمل بیشتری دارند .

مته های مکانیکی سنگین:

این مته ها معمولاً روی کامیون سوارند و توسط آنها به نقاط مورد نظر انتقال داده می شوند . نیروی چرخشی آنها توسط یک موتور قدرتمند تامین می شود و نیروی نفوذی (فشاری) آنها ممکن است در اثر وزن خود مته و دستگاه حفاری باشد و یا اینکه توسط یک نیروی هیدرولیکی یا دینامیکی خارجی تامین گردد. با استفاده از این نوع مته ها می توان در همه نوع خاک (

رس، سیلتی و ماسه ای) و نهشته های سفت و متراکم شده و سنگهای نرم تا نیمه سخت حفاری نمود و از آنجا که بیشتر فعالیت های مهندسی و ژئوتکنیکی در این نوع نهشته ها است لذا این مته ها کاربرد گسترده ای در طرحهای عمرانی دارد. نمونه ایی که از این طریق به دست می آیند می تواند بصورت **نمونه های دست خورده و یا نمونه های نمایانگر** باشد، چون که نمونه ها در حین بالا آورده شدن در اثر عمل چرخش مته با هم مخلوط گشته و در نتیجه خصوصیات اولیه خود را از دست می دهند. کاربرد این مته ها در چاه هایی که تراوش آبهای زیر زمینی زیاد باشد و یا دیواره های چاه ریزش داشته باشد محدود می شود. سرعت حفاری با توجه به جنس زمین فرق می کند و یک حفار با تجربه می تواند تغییرات جنس زمین را با در نظر گرفتن سرعت حفاری و صدای حاصله از آن بسنجد و تا اندازه ای در امر شناسائی واحدها کمک کند.

مته های پره ای

این مته ها قطری برابر با ۵۰ تا ۳۰۰ میلیمتر دارند و از آنها برای حفاری تا عمق ۵۰ تا ۶۰ متری استفاده می شود. مته های پره ای بر حسب کاربرد آن ها به دو گونه مته های پره ای کوتاه و مته های پره ای ممتد تقسیم می شوند.

۱- مته های پره ای کوتاه :

ترکیب این مته ها شامل سه بخش می شود : ۱- تیغه برنده که در قسمت زیرین قرار می گیرد، عمل حفاری را انجام می دهد. ۲- مته حلزونی با طول محدود در قسمت میانی قرار دارد. ۳- میله محوری که مجموعه مته را به دستگاه حفاری وصل می کند. در حین حفاری دستگاه حفاری به چرخش درآمده و این چرخش توسط میله میانی (محوری) به تیغه برنده منتقل می شود که به وسیله آن زمین حفر می شود. مصالح حفاری شده در قسمت حلزونی میانی جای می گیرند که در اینصورت به سطح زمین آورده شده و با چرخش معکوس این مصالح تخلیه می شوند و مته حفاری مجدداً به انتهای چاه حفاری فرستاده می شود.

برحسب نوع استفاده تیغه های برنده حفاری می توانند بصورت مختلف زیر باشند:

۱- تیغه حلزونی ساده : حداکثر قطر ۶۰۰ میلیمتر برای حفاری در نهشته ای سطحی و خاک های نرم

۲- تیغه حلزونی مضاعف : حداکثر قطر ۴۰۰ میلیمتر برای حفاری در نهشته های سخت و سنگ های هوازده شده

۳- تیغه دم ماهی شکل : حداکثر قطر ۳۰۰ میلیمتر برای حفاری در سنگ های سست و خاک های سخت شده

۴- تیغه انگشتی : حداکثر قطر ۳۰۰ میلیمتر برای حفاری در سنگ های نیمه سخت

۲- مته های پره ای ممتد :

در این مته ها، صفحه حلزونی شکل سر تا سر قسمت میله محوری را دربر می گیرد و بصورت یک حلزون ممتد دیده می شود، در نتیجه حفاری به صورت ممتد انجام می پذیرد و مصالح حفاری شده با چرخش صفحه حلزونی به بالا آورده می شود و در نهایت در سطح زمین تخلیه می گردند. احتمال مخلوط شدن نمونه ها در حین بالا آورده شدن در این نوع حفاری زیاد است و نمونه های بدست آمده نمی توانند بطور دقیق معرف محل حفاری باشند. با استفاده از این مته ها می توان تا عمق بیش از ۶۰ متر را بصورت مداوم حفاری نمود. قطر این مته ها بین ۶۰ تا ۱۱۰ میلیمتر می باشند. با این نوع مته ها می توان در زمین های با جنس های مختلف حفاری نمود، هر چند که بیشتر استفاده آن ها در نهشته های سطحی و سنگ های سست مانند شیل ها است. قسمت میانی مته های پره ای ممتد ممکن است به دوصورت زیر باشد. ۱- مته های پره ای توپر ۲- مته های پره ای توخالی

هنگامیکه از مته های پره ای توپر استفاده می شود، لازم است پس از هر مدتی مته بیرون کشیده شود تا نمونه یا قسمت های حفاری شده تخلیه شود و یا اینکه آزمایشات برجا انجام گیرد، ولی مته های پره ای توخالی این امتیاز را دارند که در حین حفاری مغزه گیری نیز انجام می دهند و نمونه های دست نخورده ای به قطر ۷۵ الی ۱۵۰ میلیمتر را بدست می آورند بدون اینکه نیازی به بیرون کشیدن مته از درون چاه باشد.

مته های محفظه ای (سطلی)

این مته ها شامل یک محفظه فولادی استوانه ای شکل می شوند که از قسمت بالا باز می باشند و در قسمت پائین صفحه ای فلزی وجود دارد که روی تیغه های برنده ای تعبیه شده است. بلافاصله در مجاورت این تیغه های برنده شیارهایی قرار گرفته که به درون محفظه باز می شوند. محفظه فولادی از طریق میله محوری به دستگاه حفاری وصل می گردد. در حین عمل حفاری مته به چرخش درمی آید و تیغه های برنده آن سبب خرد شدن و برش یافتن سنگ ها یا نهشته های مسیر خود می شود. مصالح خرد شده از طریق شیارها به درون محفظه راه می یابند و زمانی که محفظه پر شود مته به سطح زمین آورده می شود و محتویات محفظه تخلیه می شود و عمل حفاری بدین صورت ادامه پیدا می کند. با استفاده از این روش چاه های به قطر یک متر و تا عمق ۵۰ متر حفر گردیده شده است. البته این مته ها برای حفاری در زمین های نرم و نهشته های سخت نشده مناسب می باشد.

حفای شستشویی :

حفار شستشویی یکی از روش های ساده و متداول در اکتشافات و گمانه زنی به شمار می آید. کاربرد این نوع حفاری بیشتر در نهشته های نرم و نیمه سخت و سنگ های شدیداً هوازده می باشد. عمق حفاری به ۳۰ متر و قطر چاه های حفاری شده به ۱۵ سانتیمتر محدود می شود. سرعت حفاری در نهشته های آبرفت نرم در حدود ۶ متر در ساعت و در خاکهای رس سفت ۲/۵ متر در ساعت است. نمونه های بدست آمده از عمل حفاری اغلب دست خورده و بهم ریخته هستند و ارزش زیادی برای فعالیت های شناسائی ندارند. ابزار حفاری شامل مته (تیغه حفاری) می باشد که بر میله حفاری سوار شده و از طریق کابل فلزی (طناب) به دستگاه حفاری متصل می گردد. دستگاه حفاری شامل دکل (سه یا چهار پایه) موتور، کابل فلزی، قرقره و یک دستگاه پمپاژ و تزریق آب می شود. مته (تیغه) حفاری به سه شکل صفحه ای خطی، صفحه ای نوک تیز و صفحه ای متقاطع وجود دارد که دو نوع اول برای حفاری در نهشته های نرم رس به سیلتی و ماسه ای یکبار برده می شوند و نوع آخر برای حفاری در نهشته های آبرفتی نیمه سخت و سنگ های سست استفاده می شود. روش حفاری بدین صورت است که ابتدا مته و میله حفاری تا ارتفاع معین (۳۰ - ۱۰۰ سانتیمتر) بوسیله حرکت موتور بالا آورده می شود، سپس رها شده و در اثر سقوط آزاد ابزار حفاری نیروی کوبنده ای به ته چاه وارد می کند که سبب خرد و شکسته شدن مصالح مسیر خود می شود، همزمان آب به درون چاه از طریق میله حفاری تزریق می شود و از طریق سوراخ هایی که روی تیغه حفاری تعبیه شده با فشار خارج

می شود. با فشار آب قطعات و مصالح خرد شده از طریق فاصله ای که بین میله حفاری و لوله جدار با دیواره چاه قرار دارد به بالای چاه آمده مصالح به همراه آب خارج شده به حوضچه یا تانک هایی تخلیه می شوند. در این حوضچه ها مصالح به تدریج ته نشین می شوند و آب پمپاژ شده و مجدداً به درون چاه تزریق می شود.

حفاری ضربه ای:

از این روش برای حفاری در خاک های سخت و متراکم شده، خاکهای رسی سفت و سنگ ها استفاده می شود. عمق متوسط حفاری ۶۰ متر و حداکثر به بیش از ۲۰۰ متر می رسد و قطر چاه های حفاری شده بین ۱۰۰ الی ۶۰۰ میلیمتر می باشند. سرعت حفاری بر حسب نوع و جنس مصالح زمینی که در آن حفاری می شود متفاوت است. درنشته های سطحی و نرم ۲ الی ۴ متر در ساعت در مصالح نیمه سخت ۱ تا ۲ متر در ساعت و در سنگ های سخت حداکثر به ۱ متر در ساعت می رسد. هنگام حفاری در سنگ نمونه های نمایانگر بدست می آید ولی در خاک ها اغلب نمونه های بدست آمده دست خورده و بهم ریخته می باشند. از این روش بیشتر در حفر چاه های عمیق آب استفاده می شود و کاربرد آن در اکتشافات ژئوتکنیک به علت هزینه زیاد انجام آن و عدم دستیابی به نمونه های سالم محدود است. عمل حفاری و نمونه برداری در دو مرحله جداگانه انجام می پذیرد شرح خلاصه نحوه کار در زیر آمده است:

۱- عمل حفاری در اثر بالا و پائین رفتن ابزار حفاری در درون چاه و نفوذ آن ها در زمین در اثر ضربه صورت می گیرد. ابزار حفاری شامل مته حفاری (تیغه)، بدنه و میله حفاری می شود که به وسیله کابل فلزی به قرقره و موتور دستگاه حفاری متصل می شود. ابزار حفاری ابتدا توسط حرکت موتور تا ارتفاع ۵۰ تا ۱۰۰ سانتیمتر بالا آورده شده و سپس رها می شوند. از آنجا که این ابزار همگی از جنس فولاد هستند در نتیجه وزن زیادی دارند، لذا در حین سقوط انرژی زیادی را بوجود می آورند و بصورت ضربه ای وارد گشته و سبب نفوذ مته حفاری به زمین می شود. مته حفاری در حین نفوذ در زمین، مصالح قرار گرفته در مسیر خود را برش داده و می شکنند. اگر حفاری در زیر سطح ایستایی آبهای زیرزمینی جریان داشته باشد، آب به درون چاه تراوش کرده و با مصالح خرد شده مخلوط گشته و گل و لای بوجود می آورد که در مرحله بعد (مرحله نمونه برداری) از درون چاه تخلیه می شوند. در صورتیکه حفاری در بالای سطح زمین انجام می شود لازم است مقداری آب به درون چاه وارد شود تا با مصالح خرد شده سنگ یا خاک مخلوط گشته و گل و لای بوجود آورد تا بتوان آنها را در مرحله بعد تخلیه کرد.

۲- عمل نمونه برداری و تخلیه مصالح پس از پایان یافتن عمل حفاری و بیرون کشیدن ابزار حفاری انجام می گیرد. ابزار نمونه برداری و تخلیه شامل محفظه یا بشکه های مخصوص هستند که بر حسب جنس و نوع مصالح حفاری شده انواع مختلفی دارند. هر محفظه در قسمت زیرین خود دارای یک پاشنه برنده و یک دریچه ای است که به یک طرف باز می شود، بدین ترتیب اجازه ورود مصالح خرد شده و گل و لای بوجود آمده را به درون محفظه می دهد، ولی مانع از خروج آن ها می شود. ابزار نمونه برداری و تخلیه به میله حفاری متصل هستند و به وسیله کابل فلزی به دستگاه حفاری وصل می شود و حرکت آن توسط موتور تنظیم می شود. معمولاً "محفظه تخلیه با ضربه به ته چاه وارد می شود و با پاشنه برنده خود به درون مصالح و گل و لای فرو می رود و در حین بالا کشیده شدن، مصالح گل و لای را به سطح زمین می آورد. روش های دیگری برای تخلیه گل و لای ته چاه استفاده می شود، بعنوان مثال هنگامی که مصالح ته چاه گل و لای ماسه ای فاقد چسبندگی باشد، می توان از روش پمپاژ استفاده کرد و هنگامیکه مصالح بیشتر جنس رسی باشند، می توان از مته های پره ای که حرکت چرخشی حلزونی دارند استفاده کرد.

حفاری دورانی:

این روش برای حفاری در همه نوع زمین های خاکی و سنگی و تا اعماق زیاد به کار گرفته می شوند. قطر گمانه ها بین ۴۰ تا ۲۰۰ میلیمتر است و نمونه های بدست آمده می توانند نمایانگر یا دست نخورده باشند و بستگی به این دارند که حفاری به چه منظوری انجام شوند. سرعت عمل حفاری دورانی نسبت به دیگر روش ها بیشتر است. لذا استفاده گسترده ای برای حفر چاه های عمیق اکتشافی و بهره برداری نفت و گاز دارند. کاربرد این روش در پروژه ها و اکتشافات ژئوتکنیکی بخاطر هزینه زیاد اجرای آن و سیستم پیچیده آن محدود می باشد.

آزمون های آزمایشگاهی:

آزمون های آزمایشگاهی بر روی نمونه های خاک و سنگ به دست آمده از ساختگاه پروژه انجام شده و نتایج آن باید در مقایسه با سایر آزمایش ها و مشاهدات مورد استفاده قرار گیرند. این آزمون ها باید مطابق با استانداردهای شناخته شده ملی و بین المللی معتبر مصوب انجام گیرد.

آزمون های درجا (محلی):

آزمون های درجا به عنوان بخش مهمی از شناسایی های ژئوتکنیکی زمین باید مورد توجه قرار گیرد. انواع متداول این آزمایش ها و نوع خاک هایی که هر کدام از این آزمون ها کاربرد دارند و همچنین روش انجام آن ها باید مطابق با استاندارد های ملی و بین المللی معتبر مصوب باشد.

گزارش ها:

پس از انجام شناسایی های ژئوتکنیکی لازم است گزارش کامل آن ها ارائه شود. نتایج آزمون های انجام شده باید به دو صورت خام و پردازش شده گزارش شوند.

گزارش توصیفی از شناسایی های ژئوتکنیکی باید حداقل شامل موارد ذیل باشد:

- ۱- نقشه محل گمانه یا حفاری
- ۲- شرح تمام نمونه های گرفته شده از خاک و سنگ با ذکر تاریخ نمونه گیری
- ۳- شرح تمام لایه های خاک و سنگ
- ۴- سطح آب زیر زمینی در صورت مشاهده با ذکر تاریخ برداشت
- ۵- نتایج تمام آزمایش های محلی و آزمایشگاهی با ذکر تاریخ انجام آزمایشات

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

- ۱- توصیه هایی برای نوع پی و معیار طراحی کا شامل موارد ذیل باشد :
- ۱-۱- ظرفیت باربری خاک (در حالت طبیعی و متراکم با توجه به شرایط پروژه)
- ۱-۲- ارائه تمهیداتی که باعث کاهش اثرات خاک های متورم شونده، روانگرایی، نشست غیر یکنواخت، و ناهمگنی خاک شود. ارزیابی احتمال وقوع روانگرایی باید مطابق با مبحث ششم مقررات ملی ساختمان و استاندارد ۲۸۰۰ و یا سایر آیین نامه های بین المللی معتبر مصوب باشد.
- ۲- تخمین نشست کل و نشست غیر یکنواخت
- ۳- اطلاعات مورد نیاز برای طراحی شمع ها در صورت لزوم
- ۴- خواص تراکم مصالح و نحوه آزمایش آن ها
- ۵- تعیین نوع زمین بر اساس مبحث ششم مقررات ملی ساختمان و استاندارد ۲۸۰۰
- ۶- شیب گودهای کم عمق برای پی کنی
- ۷- ارائه نیمرخ طراحی زمین و پیشنهاد مقادیر متغیر های زمین جهت استفاده طراح پی
- ۸- فشار خاک پشت سازه های نگهدارنده
- ۹- نوع سیمان مصرفی برای بتن مجاور خاک با توجه به شرایط محیطی و عناصر شیمیایی موجود در آب و خاک لایه های ساختمانی
- ۱۰- بررسی های صحرایی و آزمایشگاهی متداول باید در انطباق با استانداردها و توصیه های شناخته شده ملی و بین المللی معتبر مصوب انجام و گزارش شود. موارد عدول از این استانداردها باید در گزارش ژئوتکنیک توضیح داده شود.

انواع نمونه ها:

نمونه های خاک بر حسب میزان پاشیدگی به نمونه های **دست نخورده** و **دست خورده** طبقه بندی می کنند. به طور کلی هیچ نمونه ای را نمی توان برداشت و تهیه نمود، به نحوی که کاملاً مطابق وضعیت طبیعی زمین بوده و به اصطلاح کاملاً دست نخورده باشد، ولی میزان تغییرات نمونه از وضع طبیعی را می توان با اعمال روش هایی سنجیده در محل و استفاده از دستگاه های مناسب به حداقل رساند. در مواقعی که منظور اصلی طبقه بندی خاک ها باشد، نمونه های دست خورده مناسب ترند، زیرا تهیه آنها ارزان تر تمام می شود و استفاده از آنها برای رسیدن به هدف فوق قابل قبول است. برای تعیین روابط تنش و کششی، نمونه های دست نخورده خاک لازم اند.

مهمترین مشکلاتی که برای تهیه نمونه های کاملاً دست نخورده وجود دارد عبارتند از:

- ۱- انقباض و یا پاشیدگی نمونه در موقع برداشت و تخلیه.
- ۲- مواقعی که نمونه بوسیله دستگاه های گردشی برداشت و داخل استوانه های مربوط قرار می گیرد، امکان جابجایی ذرات متشکله خاک در اثر تماس با بدنه استوانه ها وجود دارد.
- ۳- نمونه های برداشت شده پایین تر از سطح آب، در موقع تخلیه و خارج کردن از دستگاه مقداری از رطوبت خود را از دست می دهند.
- ۴- تغییرات در منافذ و یا فشار هوا باعث تغییرات ناشناخته ای در نمونه می شود.
- ۵- اصطکاک جانبی ظروف برداشت نمونه عاملی برای تغییراتی در وضع طبیعی نمونه است.

در خاکهای ماسه ای یا شنی مسئله از هم پاشیدگی و عدم تطبیق وضعیت نمونه با وضع طبیعی خود به مراتب بیشتر است.

طبقه بندی زمین ها:

زمین ها را می توان بر حسب نوع (اندازه) مصالح متشکله، بر حسب وضعیت طبیعی و یا بر حسب میزان نشست و قابلیت تراکم طبقه بندی نمود.

الف) طبقه بندی زمین ها بر حسب نوع مصالح متشکله :

مصالح تشکیل دهنده انواع زمین ها، به غیر از زمین های سنگی، عبارتند از شن، ماسه، سیلت، رس و مواد آلی یا ارگانیکی حاصله از گیاهان.

شن به دانه هایی اطلاق می شود که دارای قطری بزرگتر از ۶ میلی متر و کوچکتر از ۷۶ میلی متر باشد. به قطعات سنگی بزرگتر از ۷۶ میلی متر **قلوه سنگ** و یا **لاشه سنگ** اطلاق می شود. **ماسه** به مصالحی اطلاق می شود که از شن کوچکتر ولی بزرگتر از ۰.۷ میلی متر باشد. دانه های **سیلت** از الک نمره ۲۰۰ عبور کرده ولی از ۰.۰۰۲ میلی متر بزرگترند. **رس** از ذراتی به قطر کمتر از ۰.۰۰۲ میلی متر تشکیل شده است و بالاخره خاکهای آلی به خاکهای اطلاق می شود که قسمت اعظم آنها مواد ارگانیکی حاصله از بقایای گیاهان تشکیل شده باشد.

زمینها ممکن است مشکل از یک یا چند نوع از مصالح فوق باشند و لذا خصوصیات آنها به میزان زیادی بستگی به نوع مواد متشکله آنها دارد.

در طبقه بندی زمین ها که غالباً به عنوان طبقه بندی و یا رده بندی خاک ها عنوان می شود، دو روش وجود دارد، ۱- **روش رده بندی متحد ۲- روش رده بندی AASHTO**. در روش رده بندی متحد هر رده از خاک ها را با دو حرف که اولین آن مشخص کننده نوع خاکی است که قسمت عمده مواد متشکله باقی مانده روی الک نمره ۲۰۰ از نمونه ها را تشکیل می دهد و حرف دوم بستگی به درصد مواد عبور کرده از الک نمره ۲۰۰ دارد. خاک هایی که بیش از ۵۰٪ وزنشان از الک نمره ۲۰۰ عبور کند به عنوان **خاک های ریز دانه** و خاک هایی که کمتر از ۵۰٪ وزنشان از الک نمره ۲۰۰ عبور کند به عنوان **خاک های درشت دانه** نامیده می شوند. در روش AASHTO، خاکها بر حسب ارزشی نسبی آنها به عنوان مصالح زیرسازی از A۱ تا A۷ طبقه بندی شده اند.

ب) طبقه بندی زمین ها بر حسب وضعیت طبیعی

زمینها را بر حسب وضعیت طبیعی به دو دسته **زمینهای خاگریزی شده یا مصنوعی** و **زمینهای طبیعی** تقسیم می کنند.

زمین های خاگریزی شده یا زمینهای مصنوعی : این زمین ها که لایه های رویی آن ها تا عمق زیادی از خاک های حاصله از گودبرداری و خاک برداری زمین های دیگر تشکیل شده است، و اصطلاحاً به آنها زمین های **خاک دستی** گفته می شود، از نامناسب ترین انواع زمین برای ساختمان است. زمین های خاک دستی، حتی اگر سال ها از عمر آنها گذشته باشد، نمی توانند

نظیر زمینهای طبیعی مقاوم و قابل اعتماد باشند. چنانچه بخواهیم در این زمین ها ساختمان و یا سازه ای بنا کنیم باید آنقدر آنها را حفر نمائیم تا به زمین طبیعی و مقاوم برسیم. چنانچه زمین طبیعی و مقاوم در عمق نسبتاً زیادی قرار داشته باشد باید به تعمیداتی نظیر شمع کوبی متوسل گردید.

زمینهای طبیعی : این زمین ها خود به چند دسته بشرح زیر تقسیم می شوند:

زمینهای ماسه ای نرم : این زمین ها که از ماسه های نرم و به قطر نسبتاً زیاد تشکیل شده اند در صورتی که خشک بوده و در سطح افقی قرار گرفته باشند، می توانند فشاری در حدود ۱/۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع را تحمل نمایند. زمین های ماسه ای در صورتیکه مرطوب بوده و یا در شیب قرار داشته باشند به هیچ وجه برای ایجاد سازه ه بر روی آنها مناسب نیستند.

زمینهای شنی : در صورتیکه قسمت اعظم مواد متشکله زمین از شن باشد به آن زمین شنی گفته می شود. اگر طبقات و شن های متشکله زمین بهم فشرده و محکم شده باشند، برای ساختمان مناسب بوده و قابلیت تحمل فشار نسبتاً بالایی را خواهند داشت که به این زمین ها **دچی** نیز گفته می شود. میزان دج بودن زمین، که معمولاً بر حسب در صد عنوان می شود، بستگی به میزان فشردگی دانه های شن به یکدیگر و سختی زمین دارد. قابلیت مقاومت زمینهای دچی گاهی تا ۴/۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع بالغ می شود.

زمینهای رسی : همانطور که از نام این زمین ها بر می آید قسمت عمده مواد متشکله آن ها از رس تشکیل یافته است. این زمین ها در صورتی که خشک بوده و قشرهای آن به هم فشرده باشند، زمین های مناسبی برای ساختمان محسوب می شوند و می توانند بر حسب مورد فشاری تا ۴/۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع را تحمل نمایند. در صورتی که زمین های رسی مرطوب و آبدار باشد به هیچ وجه برای ساختمان مناسب نیستند، زیرا اگر زمین رسی شیب دار بوده و یا لایه های رسی متشکله زمین در شیب قرار گرفته باشند به علت لغزندگی تحت فشار زیاد حرکت کرده و باعث خرابی ساختمان می شود. در صورتیکه لایه های زمین های رسی مرطوب بصورت افقی قرار گرفته باشند فشارهای وارده از طرف پی به زیر دیوارها و قسمت های دیگر سازه انتقال می یابد و باعث خرابی و یا شکاف برداشتن آنها می شود.

زمینهای سنگی : چنانچه زمین از سنگ یکپارچه و یا تخته سنگ های بزرگ تشکیل شده باشد، زمین بسیار مناسبی برای ساختمان خواهد بود. زمینهای سنگی قادرند فشارهای زیادی را تحمل نمایند. باید توجه و دقت نمود که هر نوع زمین سنگی برای ایجاد ساختمان بر روی آن مناسب نیست، زیرا بعضی از سنگ ها، گرچه ظاهراً محکم و مناسبند، ولی موقعی که در مجاورت رطوبت قرار می گیرند به علت تغییراتی نظیر اضافه حجمی که پیدا می کنند برای ساختمان بسیار نا مناسب و خطرناکند. **زمینهای گچی** را می توان به عنوان نمونه جزو اینگونه زمین های سنگی نام برد.

زمینهای مخلوط : این زمین ها مخلوطی از شن و ماسه و رس هستند. در صورتیکه مصالح متشکله این زمین ها خوب بهم فشرده شده باشند، قابلیت تحمل فشار نسبتاً بالایی در حدود ۴/۵ تا ۵/۲ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع دارند. در صورتیکه مصالح متشکله این زمین ها خوب بهم فشرده نباشند، زمین مناسبی برای ساختمان به حساب نمی آیند. به زمین های مخلوط خوب بهم فشرده شده **زمینهای دچی** نیز اطلاق می شود.

زمینهای بی فایده : این زمین ها که قسمت اعظم آنها از مواد آلی حاصله از گیاهان تشکیل شده است، به هیچ وجه برای ساختمان مناسب نیستند. در صورتیکه بخواهیم در این زمین ها ساختمانی بسازیم باید آنقدر زمین را حفر نمود تا به زمین خوب و مقاوم رسید و یا همان طور که در مورد زمین های خاکریزی شده گفته شد با روش های مناسب سطوح مقاومتی را برای پی سازی در آن ها بوجود آورد.

ج) طبقه بندی زمین ها بر حسب میزان نشست

زمین ها را بر حسب میزان نشست و قابلیت تراکم پذیری به سه دسته بشرح زیر تقسیم می کنند.

زمینهای غیر قابل تراکم : نشست این زمین ها پس از ایجاد ساختمان و اعمال فشار از طرف آن ناچیز و غیر قابل توجه است. این زمین ها خود به دو گروه زیر تقسیم می شوند:

(۱) زمینهای متشکله از سنگ های سخت نظیر گرانیت، بازالت و شیست. این زمین ها علاوه بر اینکه غیر قابل تراکمند در مقابل آب نیز مقاوم بوده و نفوذ پذیری آنها فوق العاده کم است.

(۲) زمینهای متشکله از سنگهای نرم این زمین ها نظیر زمین رسی سخت تقریباً غیر قابل تراکمند ولی کمی قابل نفوذ بوده و در مقابل آب شسته می شوند.

زمینهای با قابلیت تراکم کم : تراکم این زمین ها متناسب با فشار وارده بر آن هاست. این زمین ها که قابلیت شسته شدن نسبتاً کمی دارند می توانند فشاری حدود ۲ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع را تحمل نمایند. زمینهای مارنی را می توان از جمله این نوع زمینها به حساب آورد.

زمینهای با قابلیت تراکم زیاد : این زمینها نه تنها در مقابل فشارهای وارده متراکم می شوند، بلکه فشارهای وارده به راحتی به مناطق اطراف پی نیز منتقل شده و باعث خرابی و خسارت به ساختمان می شود. این زمین ها که قابلیت شسته شدن آنها زیاد است به هیچ وجه برای ساختمان مناسب نیستند. **زمینهای باتلاقی** از جمله این نوع زمین ها به شمار می روند.

نایابهای های ژئوتکنیکی:

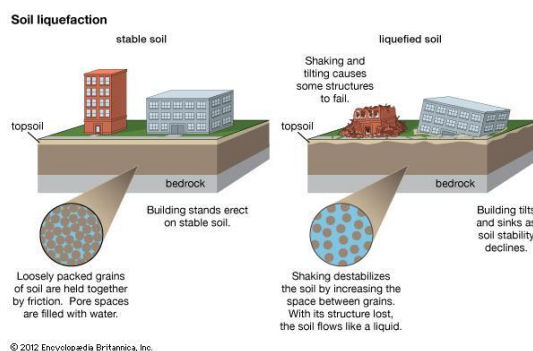
پدیده روانگرایی:

در هنگام وقوع بارهای دینامیکی ناشی از زلزله خاک های ماسه ای شل و اشباع موجود در منطقه تمایل به متراکم شدن و در نتیجه کاهش حجم دارند. اگر این خاک ها نتوانند به سرعت **زهکشی** شوند در اثر تقلیل ضریب نفوذپذیری و افزایش تدریجی فشار آب منفذی، مقدار تنش مؤثر، کاهش زیادی می یابد. تحت این شرایط چون مقاومت برشی یک خاک غیر چسبنده با توجه به رابطه ارتجاعی و مقاومت برشی خاک شدیداً کاهش یافته و ممکن است به از بین رفتن کامل مقاومت برشی خاک نیز بیانجامد و در نتیجه خاک همانند یک مایع غلیظ رفتار کرده و به حالت روان در می آید. این پدیده مرسوم به **روانگرایی** یا **روانگونی** می باشد. روانگرایی فقط در **خاک های اشباع** صورت می گیرد و این پدیده معمولاً در مناطق نزدیک آب همانند رودخانه ها، دریاچه ها و ... اثرات تخریبی بیشتری دارد.

زمین هایی مستعد روانگرایی تشخیص داده می شوند که حداقل دارای یکی از شرایط ذیل باشند:

۱- سابقه روانگرایی در آن ها مشاهده شده باشد.

۲- زمین هایی که از نوع ماسه ای با تراکم کم، اعم از تمیز یا رس دار با مقدار رس کمتر از ۲۰ درصد و یا دارای لای و شن بوده و تراز سطح آب زیر زمینی در آن ها نسبت به سطح زمین کمتر از حدود ۱۰ متر باشد.



عوامل مؤثر بر روانگرایی :

عوامل مربوط به خاک :

- | | |
|------------------------------|--|
| ۱- تنشهای برشی سیکی | ۴- دانسیته نسبی اولیه |
| ۲- ویژگی های میرایی | ۵- بافت خاک (روش و نوع شکل گرفتن دانه های خاک) |
| ۳- ویژگی دانه بندی و دانه ها | |
- عوامل محیطی :

- | | |
|--|------------------------|
| ۱- تاریخچه زلزله خیزی منطقه | ۳- ضریب فشار جانبی خاک |
| ۲- تاریخچه زمین شناسی (سن، سمانتاسیون) | ۴- سربار مؤثر اولیه |

عوامل مربوط به زلزله :

- | | |
|----------------|-------------------|
| ۱- بزرگی زلزله | ۲- مدت دوام زلزله |
|----------------|-------------------|

انواع خرابی های ناشی از روانگرایی :

- | | |
|---|--------------------------------|
| ۱- نشست زمین | ۵- جوشش ماسه |
| ۲- ازدست رفتن ظرفیت باربری پی ها و فرو رفت ساختمان ها در زمین | ۶- پخش شدگی جانبی |
| ۳- تغییرشکلهای بزرگ در شیروانی ها | ۷- فشار جابجایی دیوارهای ساحلی |
| ۴- شناور شدن یا بیرون زدگی اینیه مدفون | |

روشهای کاهش خطرات روانگرایی :

- ۱- اصلاح خاک محل
 - ۱-۱- تعویض خاک مستعد روانگرایی یا یک خاک مناسب
 - ۲-۱- چگال تر کردن خاکهای موجود
 - ۱-۲-۱- تراکم دینامیکی
 - ۲-۲-۱- تزریق تراکمی
 - ۳-۲-۱- تراکم لرزه ای شناوری
 - ۴-۲-۱- میله های لرزنده
 - ۵-۲-۱- شمع های تراکمی
 - ۳-۱- تثبیت شیمیایی
 - ۴-۱- زهکشی
- ۲- مقاوم سازی سازه ای
 - ۱-۲- دیوارهای سازه ای
 - ۲-۲- شمع ها و صندوقه ها
 - ۳-۲- پی های گسترده

زمین لغزش:

به پدیده گسیختگی و ناپایداری شیب های خاکی و سنگی در اثر فزونی مولفه های جابجایی در راستای شیب بر نیروی ثقل، **زمین لغزش** اطلاق می گردد. این پدیده می تواند در اثر وجود ناپیوستگی های موجود در توده خاک یا سنگ، تحریک ناشی از زلزله، تغییرات ایستایی یا بارش های ناگهانی و نفوذ آن در لایه های رسی ایجاد شود. بروز زمین لغزش می تواند باعث ناپایداری کلی یا تخریب ساختمان یا حرکت کلی یکسان یا متفاوت پی ساختمان شود.

عوامل موثر در وقوع زمین لغزش ها:**علل فیزیکی:**

- | | |
|---|------------------------------------|
| ۱- بارش شدید | ۶- فوران آتشفشان |
| ۲- ذوب سریع برف | ۷- ذوب شدن |
| ۳- بارش شدید طولانی مدت | ۸- هوازدگی حاصل از یخ زدگی و ذوب |
| ۴- تخلیه سریع (از سیل یا جزر و مد) یا پر شدن سریع | ۹- هوازدگی حاصل از انقباض و انقباض |
| ۵- زلزله | ۱۰- سیل |

علل طبیعی:**الف) علل زمین شناختی :**

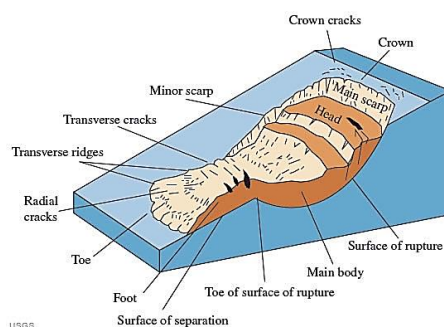
- | | |
|---|--|
| ۱- مواد ضعیف مانند برخی از دامنه های آتشفشانی یا رسوبات دریایی غیر چسبنده | ۶- ناپیوستگی توده سنگ با جهت گیری نامطلوب (لایه بندی، شیستوزیته و ...) |
| ۲- مواد مستعد | ۷- ناپیوستگی ساختاری با جهت گیری نامطلوب (گسل، دگر شیبی مرز و ...) |
| ۳- مواد هوازده | ۸- اختلاف نفوذپذیری |
| ۴- مواد بریده شده | ۹- اختلاف در سفتی (سفت، ماده متراکم تر از مواد صلب) |
| ۵- مواد دارای درزه و شیار | |

ب) علل مورفولوژیکی :

- | | |
|-----------------------------------|--|
| ۱- فراخاست تکتونیکی و یا آتشفشانی | ۶- فرسایش پنجه دامنه توسط یخچال |
| ۲- بازگشت یخبندان | ۷- فرسایش لبه های جانبی |
| ۳- آب حاصل از ذوب ناگهانی یخچال | ۸- فرسایش قنات |
| ۴- فرسایش رودخانه ای پنجه دامنه | ۹- بارگذاری رسوبات روی دامنه یا قله آن |
| ۵- فرسایش پنجه دامنه توسط موج | ۱۰- حذف پوشش گیاهی |

علل انسانی:

- | | |
|--|--|
| ۱- حفاری دامنه یا پنجه ی آن | ۶- آبیاری |
| ۲- استفاده از مواد ناپایدار برای کارهای ساختمانی | ۷- معدن کاری و محدوده دپوی باطله |
| ۳- بارگذاری روی دامنه یا قله آن، مانند قراردادن مواد راهسازی بر بالای دامنه | ۸- ارتعاش مصنوعی، مانند شمع کوبی، انفجار و یا دیگر ارتعاشات قوی زمین |
| ۴- پر و خالی کردن مخازن (مثل سدها) | ۹- نشت آب از خطوط لوله، مانند خطوط آب یا فاضلاب |
| ۵- جنگل زدایی، کاهش درخت ها و کندن آنها، پاکسازی برای زراعت و جاده های دسترسی ناپایدار | ۱۰- انحراف برنامه ریزی شده یا بدون برنامه ی جریان رودخانه یا ساحل توسط احداث اسکله ها، پندها، سدها و ... |



نمایی شماتیک از یک زمین لغزش که بخش های مختلف آن مشخص و نامگذاری شده است.

فرونشست:

فرونشست زمین پدیده ای است که در آن سطح زمین به طور آنی (در اثر تراکم سفره های ماسه ای) و یا تدریجی (در اثر لایه های رسی) افت می کند و باعث ایجاد ترک ها و شکاف هایی در روی زمین و آسیب زدن به سازه های سطح زمین می شود. به عبارت دیگر فرونشست عبارت است از فروریزش و یا نشست سطح زمین که به علت های متفاوتی در مقیاس بزرگ روی می دهد. به طور معمول این اصطلاح به حرکت قائم رو به پایین سطح زمین که می تواند با بردار اندک افقی همراه باشد، گفته می شود. این تعریف پدیده هایی همچون لغزش ها را بدلیل اینکه حرکت آنها دارای بردار افقی قابل توجهی است و همچنین نشست در خاک های دستی، که دارای مکانیسم متفاوتی می باشد را شامل نمی شود.

علتهای ایجاد فرونشست:

عوامل متعددی باعث ایجاد این پدیده می شوند: از جمله انحلال و آب شدگی یخ ها و تراکم نهشته ها، حرکت آرام زمین و خروج گدازه و یا عملیات انسانی نظیر معدن کاری یا برداشت آب زیر زمینی و نفت، ریزش سازه های زیرزمینی مانند تونل ها.

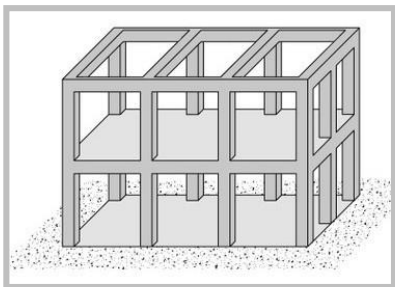
آسیبهای ناشی از فرونشست:

- ۱- تغییر ناهمسان در ارتفاع و شیب رودخانه ها و آبراهه ها و سازه های انتقال آب
- ۲- شکست و یا بیرون زدگی لوله جدار چاه ها در نتیجه تنش های تراکمی ناشی از تراکم آبخوان ها، ایجاد اختلال در بهره برداری از منابع آب زیر زمینی و ماسه دهی چاه ها.
- ۳- پیشروی امواج در مناطق پست ساحلی.
- ۴- کاهش برگشت ناپذیر تمام یا بخشی از مخزن آب زیر زمینی در نتیجه از بین رفتن یا کاهش تخلخل مفید نهشته ها.
- ۵- کاهش بازدهی یا ایجاد تخریب در شریان های حیاتی و سازه های مهم.
- ۶- کاهش میزان نفوذ پذیری سطحی و پیرو آن گسترش پهنه های بیابانی و تغییر در توپوگرافی و توسعه دشت سیلابی.

سنگ ریزش:

در صورتیکه در انتخاب محل احداث ساختمان دقت نشود ممکن است در هنگام زلزله، بر اثر جدا شدن سنگ های ناپایدار از محل خود ضمن برخورد آن با ساختمان، موجب آسیب به سازه و شالوده نیز شود. این پدیده را سنگ ریزش می نامند.

یادداشت



فصل سوم

مطالبی که به زیر آن ها خط کشیده شده، مطالعه آزاد می باشند و فاقد ارزش امتحانی هستند.

عملیات تخریب، گودبرداری و پی کنه

تخریب:

هر اقدامی که مستلزم جدا کردن مصالح از ساختمان به منظور حذف، نوسازی، تعمیر، مرمت و بازسازی تمام یا قسمتی از بنا باشد، **تخریب** نامیده می شود. قبل از شروع عملیات تخریب باید با کسب نظر از مهندس ناظر، برنامه ریزی و اقدام های زیر انجام گیرد:

- ۱- مجوز لازم از مقام رسمی ساختمان اخذ شود.
- ۲- با اطلاع و همکاری موسسات ذریع جریان آب، برق، گاز و سرویس های مشابه قطع یا در صورت لزوم سالم سازی، محدود و نگهداری شود، به طوری که راه های دسترسی به آن ها و شیر آلات آتش نشانی محفوظ بماند.
- ۳- زمان و مدت قطع سرویس های فوق و شروع عملیات تخریب حداقل **یک هفته** قبل، به اطلاع ساکنین ساختمان های مجاور رسانده شود. عدم رعایت محدودیت فوق، فقط هنگامی مجاز است که عدم تخریب فوری بنا، ایمنی را به خطر اندازد. لزوم این امر باید قبلاً به تأیید مقام رسمی ساختمان رسیده باشد.
- ۴- اقدامات لازم، برای محافظت از پیاده روها و معابر عمومی مجاور ساختمان مورد تخریب، انجام شود و در صورت نیاز به محدود یا مسدود نمودن آن ها با کسب اجازه از مراجع ذریع با رعایت مفاد اقدام لازم به عمل آید.
- ۵- وسایل و تجهیزات لازم متناسب با محل و نوع ساختمان و روش تخریب تهیه شود.
- ۶- اثرات ناشی از تخریب بنا در پایداری سازه های همجوار، توسط شخص ذیصلاح بررسی و تدابیر لازم در جهت پایداری ابنیه مجاور اتخاذ گردد.
- ۷- برنامه ریزی برای جمع آوری و دفع مواد حاصل از تخریب و انتخاب محل مجاز برای انباشتن آن ها انجام شود.
- ۸- در تخریب ساختمان های خاص نظیر کارخانه ها، بیمارستان ها، دودکش های صنعتی و دیگر اماکنی که تاسیسات ویژه دارند، قسمت های مربوطه باید توسط افراد ذیصلاح مورد بازدید قرارگیرد و وسایل و تجهیزات لازم برای تخریب و مقابله با خطرهای ناشی از آن فراهم شود.
- ۹- در صورتی که ساختمان مورد تخریب دارای برقگیر باشد، ابتدا باید برقگیر از ساختمان جدا شود و در صورت لزوم مجدداً در نزدیک ترین فاصله نصب و آماده به کار گردد.
- ۱۰- کلیه شیشه های ساختمان مورد تخریب باید از محل نصب شده جدا و در مکان مناسبی انبار گردد.
- ۱۱- در عملیات تخریب باید کارگران باتجربه بکار گرفته شده و اشخاص ذیصلاح بر کار آنان نظارت و دستورالعمل ها، روش ها و مراحل مختلف اجرای کار را به آنان آموزش دهند. همچنین سایر افراد از جمله رانندگان و متصدیان ماشین آلات و تجهیزات مربوط، باید از اشخاص ذیصلاح باشند.

کلیه راه های ارتباطی ساختمان مورد تخریب به استثنای پلکان ها، راهروها، نردبان ها و درهایی که برای عبور کارگران استفاده می شوند، باید در تمام مدت تخریب **مسدود** گردند. به علاوه هیچ **راه خروجی** قبل از اینکه راه دیگر تأیید شده ای جایگزین شود، نباید تخریب گردد. در تخریب ساختمان هایی که بر اثر فرسودگی، سیل، آتش سوزی، زلزله، انفجار و نظایر آن آسیب دیده یا از بین رفته اند، برای جلوگیری از ریزش و خرابی ناگهانی، باید دیوارها قبل از تخریب زیر نظر شخص ذیصلاح مهار و شمع بندی شوند. در صورتی که ارتفاع ساختمان مورد تخریب از ساختمان ها و تاسیسات همجوار بیشتر باشد و امکان ریزش مصالح و ابزار کار به داخل یا روی بناها و تاسیسات مجاور وجود داشته باشد، باید اقدامات لازم از قبیل نصب **سروپوش حفاظتی** با مقاومت کافی به عمل آید. هر یک از اجزای ساختمان مورد تخریب و تجهیزات مورد استفاده اعم از کف، کف موقت، چوب بست، پله های موقت، سقف و سایر اجزای راهروهای سرپوشیده و راهروهای عبور و مرور کارگران، پلکان ها و نردبان ها نباید بیش از **دو سوم مقاومت** خود، بارگذاری شوند. میخ های موجود در تیرها یا تخته های ناشی از تخریب باید بلافاصله به داخل چوب فرو کوبیده یا بیرون کشیده شوند. تخریب باید از **بالا ترین** قسمت یا طبقه شروع شود و به **پایین ترین** قسمت یا طبقه ختم گردد، مگر در موارد خاص که تخریب به طور یکجا، با استفاده از مواد منفجره در پی و طبقات از راه دور با رعایت کلیه احتیاط ها و مقررات ایمنی مربوط و کسب مجوزهای لازم انجام و یا از طریق کشیدن با کابل و واژگون کردن و یا از طریق ضربه زدن با وزنه های در حال نوسان انجام شود. در پایان کار روزانه، قسمت های در دست تخریب نباید در شرایط ناپایداری که در برابر فشار باد یا ارتعاشات آسیب پذیر باشند، رها گردند و همچنین باید با بررسی لازم اطمینان حاصل شود که کلیه قسمت های باقیمانده از عملیات تخریب و همچنین چوب بست ها، شمع ها، سپرها، حائل ها و سایر وسایل حفاظتی، پایداری و ایمنی لازم را دارند. انباشتن مصالح و ضایعات جدا شده از ساختمان مورد تخریب در پیاده رو و دیگر معابر و فضاهای عمومی بدون کسب مجوز از مقام رسمی ساختمان ممنوع است. در صورتی که در محل مورد تخریب زمین و فضای کافی برای انباشتن مصالح و ضایعات وجود نداشته باشد، باید هر روز مواد جدا شده به مکان مجاز دیگر انتقال یابند.

روش های تخریب:

انتخاب روش تخریب به شرایط پروژه، اجزای سازنده ساختمان و سازه، حساسیت شرایط محل و سازه های مجاور و تجهیزات تحت اختیار بستگی دارد. روش های **بالا به پایین** برای اکثریت سایت ها قابل استفاده است به خصوص برای محدوده هایی که شلوغ و پر رفت و آمد می باشند. دیگر روش های مکانیکی که از بیرون ساختمان مورد استفاده قرار می گیرند برای پروژه هایی که فضای کافی در اطراف سازه دارند مناسب می باشند. برای قسمت هایی همچون بالکن، ایوان و سایبان ها و امثال آن ها که از مرز دیوار های ساختمان بیرون زده اند، استفاده از روش هایی که با ابزار دستی انجام می شوند و یا با استفاده از روش های برش یا بلند کردن، ایمن تر تخریب می شوند. روش هایی همچون روش گوی زنی و انفجار نیاز به برنامه ریزی و طراحی دقیق داشته و پس از رعایت نکات و معیار های مناسب استفاده از آن ها پیشنهاد می شود. هر سایت کاری شرایط و خصوصیات خاص خود را دارد و نیاز به توجه دقیق در انتخاب روش ها دارد. روش انتخاب شده را می بایست با ساختار خود و خصوصیات آن تطبیق داد. **به طور کلی فرایند تخریب می بایست در صورت امکان خلاف جهت ساخت اجرا شود.**

روش بالا به پایین دستی:

روش بالا به پایین از بالاترین قسمت سقف شروع و تا پایین ترین سطح زمین با روندی کلی ادامه پیدا می کند. در این روش توالی خاصی از تخریب که بسته به شرایط و خصوصیات سازه می باشد وجود دارند. برای سازه های بتنی مسلح، معمولاً از **چکش های پنوماتیکی (چک هامر)** استفاده می شود. برای برش میلگرد های آنها از مشعل اکسی استیلن استفاده می شود. اجزا و قسمت های سازه را به صورت تدریجی و با توجه به روش هایی که در زیر به آن ها می پردازیم، تخریب می شوند. میلگرد ها و قسمت های تقویت شده فلزی داخل بتن می بایست تا زمانی که تمامی بتن ها ریخته شوند، در جای خود باقی مانده و به پایه متصل بمانند و پس از آن تخریب شوند. سایه بان ها، بالکن ها و دیوار های بیرونی ساختمان از قسمت ها و اجزای بحرانی ساختمان در حین تخریب می باشند. در محدوده های پر رفت و آمد، این قسمت از سازه را می توان برای ایمنی و سلامت افراد خطرناک و بحرانی دانست. تخریب این قسمت ها می بایست با رعایت نکات ایمنی همراه باشد. در صورتی که برای تخریب آنها از روش کشیدن با کابل فولادی و سیم بکسل استفاده می شود، کابل کشنده می بایست قدرتی بیش از **چهار** برابر نیروی کششی برآورد شده ظرفیت داشته باشد. علاوه بر آن کارکنان نیز می بایست در برابر کابل ها و سیم بکسل ها حفاظت شوند. کابل ها و سیم بکسل ها حداقل می بایست روزی **دو بار** کنترل و بازرسی شوند.

توالی تخریب:

توالی فرایند تخریب را می بایست باتوجه به شرایط حقیقی سایت کاری، حالت و نوع ساختار سازه و ساختمان، پایه ها و مهاربندی ها درنظر گرفته شود. به طور کلی، توالی ذیل را باید درنظر گرفت:

- ۱- تمامی سازه های پایه ای، بالکن ها، سایه بان ها و دیگر قسمت هایی که به دیوار های بیرونی متصل می باشند می بایست در ابتدا و پیش از دیگر اجزای اصلی و داخلی سازه تخریب شوند.
- ۲- در زمان تخریب سقف، می بایست تمامی قسمت هایی که روی سقف قرار دارند تخریب شده و پس از آن خود سقف تخریب شود.
- ۳- تخریب کف طبقه ها را می بایست از دهانه میانی آغاز به سمت ستون های پشتیبان ادامه داد.
- ۴- ستون های طبقات را می بایست به ترتیب زیر تخریب نمود: ۱- پایه ستون ها ۲- ستون های میانی ۳- ستون های کناری در شرایطی که پایداری ستون ها تحت تأثیر قرار گرفت (برای نمونه با از بین رفتن مهاربندی ها) ستون های متأثر را می بایست شمع زنی کرد.
- ۵- دیوار هایی که باری بر روی آنها نیست، می بایست قبل از دیوارهایی که بار بر روی آنها می باشد، تخریب نمود.
- ۶- دیوارهای متحمل بار و حائل را می بایست بعد از حذف ستون های بالا تخریب نمود.
- ۷- در صورتی شرایط سایت کاری به ما اجازه دهد، کف طبقه اول را با استفاده از ماشین آلاتی مثل لودر و بیل مکانیکی از کف زمین انجام می دهیم.

سازه های پایه ای و بالکن ها:

سازه های پایه ای، بالکن ها و سایبان ها معمولاً بروی پیاده رو ها، مکان های عبور و مرور و در بعضی موارد بروی خیابان ها قرار دارند. سازه های نگهدارنده معمول، سکوها کاری و یا سکوها کاری متحرک را می بایست دقیقاً در زیر و کنار آنها با رعایت نکات ایمنی قرار داد. اصول کلی تخریب سطوح و سازه های پایه ای در ذیل مورد بحث قرار می گیرند:

- ۱- در ابتدا می بایست دیوار بیرونی را تخریب نمود.
- ۲- پیش از سازه های پایه ای و ستون ها می بایست هر بار **مرده و اضافی** که با این سازه ها پشتیبانی می شوند را تخریب نمود.
- ۳- بتن ها را می بایست به تدریج از خارجی ترین لبه آن در کف تخریب و به سمت داخل و درون ستون های پشتیبان ادامه داد.
- ۴- ستون های پایه ای می بایست پس از اتصالات کف طبقه تخریب شوند. تخریب ستون های پایه ای می بایست به صورت تدریجی و نه به صورت کلی باشد تا استحکام طبقه به هم نخورد.
- ۵- برش باره و بلند کردن را می توان برای از بین بردن اجزای پایه ای استفاده نمود. بتن یک تکه تیغه را می بایست به اندازه قابل مدیریت تکه کرد و سپس به وسیله بلند کردن آنها را حذف نمود. ستون های پایه ای را می بایست پس از حذف بار تیغه و هر بار دیگری که از آنها پشتیبانی می کنند تخریب نمود.

دیوارهای خارجی، ستون ها و تیرها:**الف) دیوار های آجری و خشتی**

- ۱- برای دوری از هرگونه خطر احتمالی، می بایست دیوار های آجری را با وارد آوردن فشار به سمت داخل تخریب نمود. برای تخریب دستی این دیوار ها می بایست سکوها کاری را در بیرون ساختمان بر پا نمود. تخریب دیوار های آجری می بایست از بالاترین قسمت شروع و به پایین ادامه یابد. این کار می بایست **لایه به لایه** صورت گیرد.
- ۲- بتن های مسلح را می توان با تخریب تک به تک ستون ها و تیر ها به صورت جداگانه حذف نمود.

ب) تیر های بیرونی:

تیرهای بیرونی را می بایست به صورت تخریب تدریجی بتن و یا با تخریب بخش هایی از آن انجام داد.

- ۱- برای ایمن سازی تیر ها و اتصال آنها به دیگر اجزای ساختار می توان از **سیم بکسل** و **وینچ** یا دیگر سیستم ها استفاده نمود.
- ۲- بتن ها را در ابتدا از هر دو انتهای آن در پشتیبان های ستون حذف می کنیم.
- ۳- تقویت کننده ها را می بایست از یک انتها برید تا امکان افتادن تدریجی تیر را به وجود آورد. کابل و وینچ می بایست به طور ایمن تیر را پایین کشیده و به صورت کنترل شده بروی کف ساختمان قرار دهد.
- ۴- با بریدن میلگرد های باقی مانده در انتها و پایین آوردن تمامی تیر به روی کف با اعمال تحت کنترل، کار تخریب تیر به پایان می رسد.

ج) ستون های بیرونی:

ستون های بیرونی را می بایست با توجه به روش کاری که در زیر توضیح داده شده است تخریب نمود:

- ۱- قسمت بالایی ستون را می بایست به وسیله **سیم بکسل** و **وینچ** به قسمت های محکم سازه متصل نمود.
- ۲- قسمتی از پایین ستون را می باید پیش تضعیف نمود تا اطمینان حاصل شود که شکست از کجا حاصل می شود و همچنین نیروی کمتری به کار رود. بتن پوششی میلگردها و تقویت کننده ها می بایست در ابتدا حذف شوند. بتن موجود در داخل آرماتور می بایست باقی بماند. قسمت بیرونی میلگرد ها را می بایست **پیش از کشش** ستون برید.
- ۳- پس از پیش تضعیف، ستون را به وسیله **سیم بکسل** و **وینچ** به سمت داخل ساختمان به طوری که تحت کنترل باشد، می کشیم.

نکات:

- ۱- ستون را به وسیله بستن به سازه موجود به وسیله کابل و وینچ و یا بازوی نگهدارنده ایمن سازیم.
- ۲- پیش تضعیف پایه ستون می بایست: الف: بتن ها را شکسته تا به میلگرد ها برسد. ب: میلگرد های نیمه بیرونی ستون را ببرید. برش می بایست سریع و پیش از کشش صورت پذیرد.

۳- ستون را در وضعیتی تحت کنترل پایین بکشید .

دیوارهای بتن مسلح :

الف : دیوار های باربر

دیوارهای بتن مسلح را می توان با بریدن و انداختن آن در بخش های قابل مدیریت تخریب نمود . عرض دیوار نمی بایست از ۲ متر بیشتر باشد.

- ۱- پیش از شروع تخریب می بایست از سیستم **وینچ** و **سیم بکسل** استفاده نمود تا سطح مقطع دیوار ایمن شود .
- ۲- پیش تضعیف را می بایست در قسمت پایین دیوار ها انجام داد، به خصوص زمانی که دیوار دربر گیرنده ستون نیز می باشد . بتن قسمت جلوی دیوار می بایست به وسیله ابزار دستی تخریب شوند. انجام عملیات می بایست دقیق صورت گیرد تا از پرتاب نخاله ها به بیرون ساختمان پیشگیری شود.
- ۳- پس از اینکه بتن پایین دیوار تخریب شد، میلگرد های امتداد خط عمودی، بریده و جدا می شوند. نیروی مورد نیاز می بایست به وسیله سیستم وینچ و سیم بکسل اعمال شود تا دیوار به سمت داخل ساختمان کشیده شود.

ب: دیوار های بدون بار

برای دیوار های بدون بار یا دیوار هایی با تیر های سنگین ، تمامی مراحل مانند دیوار های باربر انجام می شود به جز آنکه تیر های رد شده جدا از دیوار تخریب می شوند .

دال های کف :

دال های بتن مسلح کف را می بایست به صورت **تدریجی** و با خرد کردن بتن آن انجام داد . میلگردهای تقویت کننده می بایست باقی بمانند و می بایست پس از تخریب تمام بتن ها، میلگردها بریده شوند . توالی معمول تخریب دال های کف در زیر مورد بحث و بررسی قرار می گیرند:

الف (دال های دو طرفه :

تیغه کف دو طرفه تیغه هایی هستند که توسط تیرها یا اجزای سازه ای هر چهار طرف آن وجود دارند . تخریب این نوع کف می بایست از **میان دال** آغاز شده و به سمت هر چهار طرف ادامه یابد.

ب (دال های یکطرفه :

برچیدن بتن را می بایست از نقطه **انتهایی** که تقویت نشده است شروع نموده و می بایست به صورت عمودی به سمت تیر ها و دیگر اجزا حرکت نمود . شیار ها را می بایست از قسمت بتنی تخریب و تا پایه های آنها در هر دو جهت ادامه داد.

ج (دال های مسطح :

تخریب دال های مسطح را می بایست از میان ستون های پشتیبان آن آغاز نمود و به سوی ستون ها و یا دیگر اجزایی که پشتیبانی خارجی از دال ایجاد می نمایند حرکت نمود . می بایست توجه کافی به ضعیف سازی ظرفیت ستون ها و دیگر پایه ها داشت . به طور کلی ، هنگام تخریب تمامی یا قسمتی از یک ستون می بایست پشتیبانی کافی از شیار های ایجاد شده در ستون به عمل آید.

تیرهای داخلی

تیرهای داخلی معمولاً تیغه های کف را از هر دو طرف پشتیبانی می کنند . تیر پشتیبان را تا زمانی که تمامی بارهای مرده دیگر که به روی تیر می باشند حذف نشده اند ، نمی بایست تخریب نمود .

ستون های داخلی

برای تخریب ستون های داخلی می بایست از روش پیش تضعیف در پایه های آن ها و سپس کشیدن با سیستم وینچ و سیم بکسل استفاده نمود. فرایند تخریب این ستون ها همانند روش تخریب ستون های خارجی می باشد که در بخش های قبل بحث و بررسی شدند.

پیاده کردن نقشه:

پس از بازدید محل و ریشه کنی اولین قدم در ساختمان پیاده کردن نقشه می باشد. منظور از پیاده کردن نقشه یعنی انتقال نقشه ساختمان از روی کاغذ بروی زمین با ابعاد اصلی بطوری که محل دقیق پی ها، ستون ها، دیوارها، زیرزمین ها و عرض پی ها روی زمین به خوبی مشخص باشد. باید سعی شود حتما در موقع پیاده کردن نقشه از **نقشه گودبرداری و پی کنی** استفاده گردد. برای پیاده کردن نقشه ساختمان های مهم معمولاً از **دوربین های نقشه برداری** استفاده می شود. در نقشه های شهری وضعیت نقشه از نظر شمال- جنوب، ناحیه، قطعه و بر خیابان اصلی یا فرعی کاملاً مشخص است. چنانچه فرض شود خیابان کشی و یا جدول بندی خیابان انجام شده باشد، طبق نقشه، مقدار متراژ پیاده رو تعیین می گردد و با اندازه گیری از جدول و میخکوبی، بر زمین تعیین می گردد. در صورتی که خیابان یا کوچه تعریف داشته باشد، شهرداری مقدار تعریض را برای شما مشخص خواهد کرد. در پیاده کردن نقشه حدود زمین را باید با سند مالکیت کنترل کرد تا بعداً مشکل ایجاد نشود. در صورتی که به عنوان نماینده پیمانکار نقشه ای را در سایت پلان پیاده می کنید، حتما باید به وسیله نماینده مشاور، کارفرما و پیمانکار **صورت جلسه** گردد. جهت پیاده کردن ساختمان های معمولی از وسایلی همچون متر، ریسمان بنایی، شاقول، تراز، میخ فلزی یا چوبی و گچ سفید می توان استفاده نمود. برای پیاده کردن از یک نقطه، یک امتداد را پیاده می کنیم. معمولاً امتدادها بر هم عمودند در نتیجه برای اخراج عمود بر یک امتداد از قضیه فیثاغورس استفاده می کنیم. چنانچه بخواهیم کارهای انجام شده را دقیقاً کنترل نماییم، در صورتی که یک کادر مستطیلی را پیاده کرده باشیم دو قطر باید با هم برابر باشند که در اصطلاح بنائی **چپ و راست کردن** می گویند و اگر دو قطر با هم برابر نباشند میگویند **چپ گونیا** است. برای تعیین دقیق فاصله حتما از متر فلزی استفاده می کنیم تا خطای ناشی از نیروی کششی اضافی نداشته باشیم.

عملیات گودبرداری وی کنی:

برداشت خاک پایین تراز سطح زمین را **گودبرداری** می نامیم. گودبرداری در زمین هایی انجام می شود که باید تمام یا قسمتی از ساختمان، پایین تر از سطح طبیعی زمین احداث شود. گاهی ممکن است عمق گودبرداری به چندین متر برسد. گودبرداری معمولاً با وسایلی مانند بیل مکانیکی یا لودر صورت می گیرد و در صورت محدودیت زمین یا در دسترس نبودن ماشین آلات، این کار با وسایل دستی انجام می شود. در ضمن معمولاً بهتر است که گودبرداری را تا **زیر سطح پی ها** ادامه دهیم، زیرا در این صورت اولاً برای قالب بندی پی ها آزادی عمل بیشتری داریم، در نتیجه پی های تمیزتر و دقیق تر خواهند بود و دوماً می توانیم خاک حاصل از نخاله های ساختمان را در فضای ایجاد شده بین پی های بریزیم که این مطلب از لحاظ اقتصادی اهمیت زیادی دارد. برای جلوگیری از ریزش دیواره های محل گودبرداری به داخل گود معمولاً دیواره اطراف باید دارای شیب ملایم باشد که با خط عمود **زوایای** می سازد. اندازه این زوایه بستگی به نوع خاک محل گودبرداری دارد و هر اندازه خاک محل سست تر و درشت دانه تر باشد، این زاویه بزرگتر است. در زمین های نامحدود این زاویه با استفاده از جدول زیر محاسبه می گردد.

نوع خاک	اندازه زاویه (درجه)	شیب برل حسب درصد
دج	۵	۱۰
سفت	۱۰	۲۰
متوسط	۳۰	۷۰
ماسه ای	۴۵	۱۰۰
سست و خاک دستی	بیش تر از ۴۵	-

منظور از **زمین های نامحدود**، زمین های نسبتاً وسیعی است که اطراف آن هیچ گونه ساختمانی نباشد و منظور از **زمین های محدود**، زمین های معمولاً کوچکی است که اطراف آن ساختمان هایی موجود باشد. گودهایی که در مجاورت ساختمان ها ایجاد می گردد، نباید به هیچ عنوان به پایداری این بناها چه در مرحله اجرا و چه در زمان بهره برداری آسیب رساند. در این گونه موارد برای جلوگیری از ریزش دیواره های گود و ایجاد پایداری لازم جهت پیشگیری از هر گونه ایجاد خسارت به ساختمان های مجاور می توان از **سازه نگهبان موقت** استفاده نمود.

اجرای گودبرداری و مخاطرات اجرایی:

اندازه کوچک قطعات زمین و فاصله عرضی صفر ساختمان ها از یکدیگر در بسیاری از نقاط شهر ها باعث شده گودبرداری امری دلهره آور و نگران کننده برای مالکان ساختمان ها و همسایگان شود. در سال های اخیر با افزایش تراکم و تعداد طبقات و نیاز به تأمین پارکینگ و سایر سطوح خدماتی در ساختمان ها، عمق گودبرداری نیز بیشتر شده است. اما در بیشتر موارد از همان روش های سنتی در گود های کم عمق گذشته استفاده می شود. متأسفانه بسیاری هنوز فکر می کنند که به کارگیری تمهیدات ایمنی لازم در گودبرداری هزینه و زمان بیهوده ای را به کار تحمیل می کند، در حالیکه گودبرداری اصولاً جزو کارهای پیچیده و بسیار خطرناک مهندسی محسوب می شود و به ویژه در گودهای با عمق زیادتر نیازمند بررسی های همه جانبه، دقت و نظارت و در نهایت صرف وقت و هزینه قابل ملاحظه ای است تا جان و مال مردم از این طریق به خطر نیفتد. با این حال عدم آشنایی به اصول فنی، سهل انگاری و یا سودجویی غیرمسئولانه منجر به ایجاد حادثه می شود. در ادامه جزوه نشانه های یک گودبرداری سالم و یا خطرناک را می خوانید.

خطره های ناشی از گود برداری:

موارد ایمنی مربوط به گودبرداری را می توان در سه دسته عمده زیر قرار داد :

- ۱- ایمنی کارکنان داخل و اطراف گود و عابران و وسایل نقلیه در مقابل حوادث احتمالی به ویژه خطر ریزش گود.
- ۲- خطر آسیب دیدگی و تخریب ساختمان های مجاور گود در اثر گودبرداری یا ریزش گود.
- ۳- خطر آسیب دیدگی تاسیسات و شریان های شهری در اثر گودبرداری یا ریزش گود.

نشانه های خطرناک بودن گود:

موارد زیر علامت خطرناک بودن گود بوده و بررسی ها و احتیاط های همه جانبه بیشتری را ضروری می کنند:

- ۱- **ضعیف و یا حساس بودن ساختمان مجاور:** مواردی نظیر عدم وجود اسکلت، ضعیف بودن ملات دیوارها و علائم ضعف اجرایی ساختمان، وجود ترک و شکستگی یا نشست و شکم دادگی دیوارها، از این جمله اند. وجود دیوار مشترک بین ساختمان مورد نظر برای تخریب و ساختمان مجاور آن نیز غالباً می تواند منبع ایجاد مشکل باشد. در پاره ای موارد ساختمان مجاور دارای ارزش **تاریخی و فرهنگی** بوده و هر گونه نشست می تواند باعث خسارات جبران ناپذیر به آن شود. در بعضی موارد دیوار مجاور به ساختمان مورد نظر برای تخریب تکیه داده است و با انجام تخریب ممکن است بدون هرگونه خرابداری ساختمان مجاور ریزش کند. به خاطر داشته باشید که ضعیف بودن ساختمان مجاور تنها در دروسها و بررسی ها و احتیاط های لازم از طرف صاحب کار و افرادی که در مراحل مختلف طرح و اجرای ساختمان کار می کنند را بیشتر می کند و هیچ عذری برای خراب شدن آن به دست نمی دهد. به عبارت دیگر در دادگاه هایی که برای رسیدگی به تخریب ساختمان های مجاور در اثر فعالیت های ساختمانی انجام می شود، مسئول اجرای ساختمان نمی تواند به بهانه اینکه ساختمان مجاور، خود ضعیف بوده از زیر مسئولیت های ریزش و خرابی ایجاد شده شانه خالی کند و جواب قاضی در این گونه موارد این است که شما باید به تناسب ضعف ساختمان مجاور اقدامات حفاظتی و احتیاطی بیشتری به کار می بستید.
- ۲- **ضعیف بودن خاک:** معمولاً هر چه خاک محل ضعیف تر باشد خطر بیشتری برای ریزش گود و تخریب ساختمان های مجاور وجود دارد. خاک های دستی بارزترین نمونه خا کهای ضعیف هستند. توضیح آنکه در گذشته بسیاری از نقاطی که اکنون در داخل شهر ها هستند، خارج از شهر محسوب می شده اند و کامیون های حامل خاک و نخاله بار خود را در آنجا تخلیه می کرده اند. بعدها با ضمیمه شدن این محل ها به داخل شهر، اغلب این خاک ها و نخاله ها در همان جا بدون **تراکم مهندسی** تسطیح شده اند و اکنون خاک

دستی را تشکیل می دهند. همچنین در بسیاری از موارد محل به صورت تپه و یا بستر مسیل بوده و با خاک یا نخاله به صورت غیرمهندسی تسطیح شده است. همچنین در بعضی بخش های شهر ها در گذشته گودهایی بعضاً عمیق به منظور تهیه مواد اولیه ساخت آجر وجود داشته که بسیاری از آنها اکنون با خاک دستی پر شده اند. رسوبات سست جوان که غالباً در اطراف مسیل ها و پای دامنه ها وجود دارند نیز از جمله خاک های ضعیف محسوب می شوند. امکان زیادی وجود دارد که سازنده ساختمانی که در مجاورت زمین محل احداث پروژه قرار دارد، در زمان ساخت، خاک ضعیف را جا به جا نکرده و پی ساختمان را بر روی همان خاک سست قرار داده باشد. در این صورت ساختمان مجاور تا هنگامی که گودی در کنار آن ایجاد نشده استوار است اما به محض اینکه با گود برداری و لو کم عمق اطراف آن خالی شد، خاک ضعیف موجود در زیر پی آن ریزش کرده و باعث خرابی ساختمان مجاور خواهد شد.

۳- عمیق بودن گود: معمولاً هرچه عمق گود بیشتر شود خطر بیشتری کارکنان و ساختمان های مجاور را تهدید می کند. در سال های اخیر با افزایش تراکم ساختمانی، نیاز به پارکینگ و انباری و سطوح مشاع دیگر افزایش یافته و باعث افزایش تعداد طبقات زیرزمین شده است. باید توجه شود که با افزایش عمق گود، خطر ریزش آن به مراتب افزایش می یابد و اگر در گذشته می شد که در گودهای کم عمق بدون بررسی های همه جانبه و طرح های مهندسی دقیق، تنها با عقد قراردادی با مباشر ماشین آلات خاکبرداری و با حضور چند کارگر و بنا اقدام به گودبرداری نمود، اکنون با افزایش عمق گودها و افزایش ارزش ساختمان ها و تأسیسات مجاور، گودبرداری غیرفنی بسیار خطرناک بوده و خسارات جانی و مالی جبراً ناپذیری را در پی دارد.

۴- مدت بازماندن گود: معمولاً با افزایش زمان بازماندن گود حتی اگر بارندگی یا تغییرات جوی مطرح نباشد خطر ریزش گود بیشتر می شود، اما افزایش زمان بازماندن گود به ویژه در فصل های بارندگی و رطوبت (زمستان و بهار)، با وقوع بارش هایی گاه سنگین و سی ساله همراه است که با اشباع خاک و یا جاری شدن آب های سطحی خطر ریزش گود را به مراتب افزایش می دهد. به طوری که بسیاری از ریزش های گود در گذشته به فاصله چند ساعت تا چند روز بعد از شروع بارندگی روی داده است.

۵- آب های سطحی و زیرسطحی: بالا بودن سطح عمومی آب های زیرزمینی در منطقه معمولاً عملیات آبکشی جهت پایین انداختن سطح آب زیرزمینی را ضروری می سازد. معمولاً وجود سطح آب زیرزمینی بالا خطر ریزش گود را افزایش می دهد به ویژه بعد از چند روز از انجام عملیات گودبرداری و رسیدن سطح آب زیرزمینی به تعادل. همچنین وجود جریان های آب زیرزمینی از طرقی نظیر نهرهای مدفون یا قنات ها می تواند در افزایش خطر ریزش گود بسیار مؤثر باشد. جریان های آب های سطحی نیز از عواملی هستند که می توانند باعث فرسایش خاک گود و اشباع شدن آن شده و به افزایش خطر ریزش گود کمک کنند. دور نگه داشتن جریان آب های سطحی موجود یا محتمل (مثلاً در اثر بارندگی) از مهم ترین و اصلی ترین قدم های اولیه حفاظت گود است.

اقدامات قابل انجام برای کاهش خطر گودبرداری ها:

الف: اگر سرمایه گذار و یا صاحب کار ساختمان در حال ساخت هستید:

حتماً بررسی های مکانیک خاک را از طریق شرکت های معتبر و به صورت کامل و دقیق انجام دهید. از مهندس محاسب خود بخواهید که طرح گودبرداری و حفاظت گود را با استفاده از اطلاعات گزارش مکانیک خاک و با دقت زیاد انجام دهد. همچنین از وی بخواهید که ساختمان ها و تأسیسات مجاور گود مورد نظر را دقیقاً بررسی کند و در صورت نیاز اقدامات حفاظتی برای آنها را پیشنهاد کند. از مهندس ناظر و مجری خود بخواهید که حتماً گزارش مکانیک خاک و نیز نقشه های اجرایی طراحی گود را کنترل کرده و در صورت وجود نقص، اشکال یا ابهام در آن ها از تهیه کنندگان آن بخواهید که موارد را برطرف کنند. نقشه ها و طراحی های گود باید براساس گزارش بررسی های مکانیک خاک و توصیه های مشاور ژئوتکنیک تهیه شده باشند و مراحل کار، روش انجام گودبرداری (دستی، ماشینی) و مشخصات سازه های نگهدار و دیگر اقدامات حفاظتی شیب را به خوبی نشان دهند. بهتر است که قبل از اجرای کار جلسه مشترکی با حضور مهندسین ناظر و مجری و محاسب و نماینده شرکت تهیه کننده گزارش مکانیک خاک برگزار کنید و مراحل و اشکالات و خطرات را مرور کنید. بهتر است در این جلسه پیمانکار یا مسئول فنی خاک برداری و مسئول اجرای سازه نگهدار نیز حضور داشته باشد.

ب: اگر در مجاورت ساختمان شما قرار است تخریب و گودبرداری انجام شود:

قبل از صدور پروانه و شروع گودبرداری باید بررسی های مکانیک خاک مناسبی انجام شده باشد. ساختمان شما باید مورد بررسی قرار گرفته و مهندس محاسب و یا ناظر با توجه به نوع بنا و عمق قرارگیری پی ساختمان شما نسبت به کف پی مورد نظر راجع به نیاز و نحوه حفاظت و مقاوم سازی آن اظهار نظر کرده و در صورت نیاز طرح های لازم را ارائه کرده باشد. در نقشه های اجرایی، نحوه گودبرداری و حفاظت از گود و یا سازه نگهدار باید به خوبی نشان داده شده باشد و این اقدامات برای محافظت از گود و ساختمان های مجاور کافی باشند. دوره باز بودن گود باید زمانبندی مشخصی داشته باشد (زمان شروع گودبرداری، زمان برپایی سازه نگهدار، زمان خاتمه گودبرداری). مهندس ناظر و در صورت لزوم نماینده شرکت مکانیک خاک باید بر عملیات گودبرداری نظارت کافی اعمال کنند. گودبرداری و اجرای سازه نگهدار باید مطابق نقشه های اجرایی و مشخصات اجرایی (دستی، ماشینی) و اصول فنی پیش انجام شود. در صورت مشاهده هر گونه اقدام خطرناک مراتب را به مسئولین گزارش نمایید. در جریان انجام کار گودبرداری سعی کنید همه چیز را به خوبی زیر نظر داشته باشید و به ویژه با در نظر داشتن وضعیت ساختمان خود ایجاد هرگونه ترک، صدای غیرعادی ساختمان، نشست و غیره را بررسی نمایید و در صورت بروز اینگونه موارد فوراً اقدامات لازم را انجام بدهید. این اقدامات حسب شرایط می تواند به صورت تخلیه فوری ساختمان، انعکاس موضوع به مسئولین پروژه و شهرداری جهت انجام اقدامات اصلاحی باشد. در صورتی که عملیات گودبرداری تأسیسات و لوله های شهری گاز، آب، برق و ... را به خطر انداخته مراتب را به مراجع مربوطه اطلاع دهید. مراقب باشید که گودبرداری بیش از حد مجاز به ساختمان شما نزدیک نشود. گاه بعضی با بی دقتی و یا به خاطر سهولت کار خود، زیر ملک شما را نیز خالی می کنند. در صورتی که نقصی در انجام کارها مشاهده کردید، ابتدا از طریق مراجعه به مسئولین فنی ساختمان نظیر مهندس ناظر، مجری یا مالک موضوع را به آرامی و محترمانه در میان بگذارید. در صورت نیاز می توانید به ناحیه و منطقه شهرداری و یا دیگر مراجع ذیصلاح مراجعه نمایید. به یاد داشته باشید که یکی از بهترین راه های کاهش خطرات گودبرداری، اتمام زودتر عملیات داخل گود و ایمن و پرکردن مجدد آن است. بنابراین مراقب باشید دخالت های شما موجب توقف و یا طولانی شدن زیاد و بیهوده کار نشود.

ج: در صورتی که داخل گود کار می کنید:

به خاطر داشته باشید که ریزش دیواره های گود می تواند ظرف چند ثانیه شما را به دام انداخته و در عرض چند دقیقه هلاک می شوید. اگر در زیر خاک ریزش کرده مدفون شوید در عرض کمتر از ۳ دقیقه خفه می شوید. وزن هر متر مکعب خاک ۱ تا ۲ تن است و احتمالاً بار خاک صدمات داخلی شدیدی به بدن شما وارد می کند. ریزش گود تنها خطر گودبرداری نیست و کمبود اکسیژن، هوای سمی، گازهای قابل انفجار و خطوط برق مدفون نیز ممکن است جزء خطرات باشند.

در داخل گود به ویژه در محل هایی که خطر سقوط اشیاء وجود دارد:

۱- حتماً از کلاه ایمنی استفاده کنید.

۲- در صورتی که در معرض برخورد با ترافیک عبوری هستید از پوشش های براق و شبرنگ استفاده کنید.

- ۳- مواظب خطر سقوط قطعات سست خاک یا سنگ باشید.
- ۴- در زیر بارهای آویزان نایستید و یا کار نکنید.
- ۵- از ماشین آلات خاکبرداری فاصله بگیرید.
- ۶- در صورتی که کارگرانی در پایین دست گود حضور دارند، بر روی دیوارها و یا سطوح مشرف به گود کار نکنید.
- ۷- وارد گودی که نشانه تجمع آب دارد نشوید، مگر آنکه به خوبی محافظت شده باشد.
- ۸- در صورتی که داخل گود مشغول کنند دیواره یا پای آن هستید، حتماً باید فردی مطلع در بیرون از محوطه خطر، مراقب وضعیت پایداری گود و کار شما باشد.
- ۹- حتی المقدور از بریدن داخل پای دیوار یا شیب و ایجاد شیب منفی (نیم طاقی) جهت اجرای پی ها جداً خودداری کنید.
- ۱۰- در صورتی که مجبور به این کار هستید اولاً سعی کنید این طول حداقل بوده و ثانياً در حین کار باید فردی مطلع (ترجیحاً مهندس ناظر) مراقب وضعیت پایداری دیواره و کار شما باشد. حتماً از کلاه و دیگر وسایل ایمنی استفاده کنید و سعی کنید کار را در زیر یک میز محافظ فلزی مقاوم انجام دهید.

د : در صورتی که از طرف شهرداری یا دیگر نهادها، مسئول کنترل طرح و اجرای ساختمان هستید :

- ۱- برای گودبرداری های عمده (گودبرداری های با عمق بیشتر از عمق دیوارها یا پی های ساختمان مجاور و به فاصله نزدیک تر از عمق گودبرداری از مرز زمین) بهتر است که سازنده ساختمان حداقل ۳۰ روز قبل از شروع گودبرداری موضوع را به طور کتبی به مالکین اطلاع داده و رونوشت آن را به شهرداری ارائه نماید.
- ۲- قبل از صدور پروانه ارائه نقشه های سازه نگهبان و کنترل آن ها توسط شهرداری ضروری است. کنترل سازه نگهبان طرف معابر عمومی بهتر است توسط معاونت فنی و عمرانی انجام شود.
- ۳- در گودهای با عمق بیش از ۳ متر قبل از صدور پروانه، ارائه گزارش بررسی های مکانیک خاک انجام شده از طریق شرکت های معتبر توسط مالک و کنترل آن ها توسط شهرداری منطقه ضروری است.
- ۴- سازنده ساختمان را موظف کنید که در نزدیکی محل کارگاه، تابلویی با فرم یکسان برای اعلام مشخصات عمومی گودبرداری نصب کند که شامل اطلاعات زیر باشد:
- تاریخ شروع گودبرداری(هفته)، تاریخ تکمیل گودبرداری(هفته)، تاریخ تکمیل ایمن سازی گود(هفته)، تاریخ خاتمه دوره باز بودن گود (هفته)، عمق گودبرداری، روش گودبرداری، روش حفاظت گود، نام مهندس ناظر پروژه، نام مهندس طراح پروژه، نام مشاور ژئوتکنیک پروژه، نام مهندس طراح گود، نام پیمانکار اجرای گود، نام مهندس ناظر گودبرداری.
- ۵- در صورتی که برای حفاظت گود یا ساختمان مجاور نیاز به انجام کارهای ساختمانی عمده در زمین یا ساختمان مجاور باشد، نیاز به اخذ رضایت از مالک آن و یا صدور پروانه جداگانه ای خواهد بود.

بازرسی ها :

گود و محل های اطراف آن و نیز سیستم های حفاظتی باید هر روزه توسط فردی مجرب از نظر وجود هرگونه شواهد خطرناک نظیر گسیختگی گود، گسیختگی سیستم های حفاظتی و یا سازه نگهبان گود یا جریان آب، بازرسی شوند. بازرسی باید قبل از شروع شیفت کار و در صورت نیاز در تمام ساعات کار انجام شود. همچنین بعد از هر بارندگی یا شرایط خطرناک دیگر نیز الزامی است. این بازرسی ها فقط هنگامی مورد نیازند که خطری افراد شاغل در گود و ساختمان های مجاور را تهدید کند.

نکته : بر اساس نشریه ۵۵ حداکثر عمق گودبرداری در زمین های مختلف بدون استفاده از پایه های ایمنی، سپری و حائل به ترتیب جدول زیر می باشد :

ردیف	نوع زمین	حداکثر عمق گودبرداری
۱	زمین های ماسه ای	۱ متر
۲	زمین های ماسه ای رس دار	۱/۲۵ متر
۳	زمین های رسی	۱/۵۰ متر
۴	زمین های دج	۲ متر

انواع روش های پایداری جداره های گود :

برای مهار دیوارهای گودبرداری در مقابل ریزش در فاصله گودبرداری تا احداث ابنیه از سازه نگهبان استفاده میشود.

- ۱- روش مهارسازی
- ۲- روش دوخت به پشت
- ۳- دیواره دیافراگمی
- ۴- مهار متقابل (پشت بندهای افقی و مایل)
- ۵- اجرای شمع
- ۶- سپر کوبی
- ۷- اجرای خرپا
- ۸- روش پلکانی یا منبری
- ۹- روش جز به جز

روش مهارسازی:

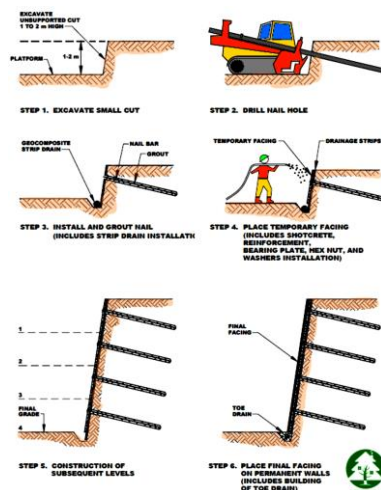
در این روش برای مهار حرکت و رانش خاک، با استفاده از تمهیداتی خاص، از خود خاک های دیواره کمک گرفته می شود. ابتدا در حاشیه زمینی که قرار است گودبرداری شود، در فواصل معین چاه هایی حفر می کنیم. عمق این چاه ها برابر با عمق گود به اضافه مقداری اضافی برای شمع بتنی انتهایی تحتانی این چاه ها است. پس از حفر چاه ها درون آن ها پروفیل های I شکل یا H شکل قرار می دهیم. به منظور تأمین گیرداری و مهار کافی برای این پروفیل ها، انتهای پروفیل ها را به میزان ۰/۲۵ تا ۰/۳۵ عمق گود، پایین تر از رقوم کد گود در درون بخش شمع ادامه می دهیم و در انتهای پروفیل ها نیز شاخک هایی را در نظر می گیریم. سپس شمع انتهایی تحتانی را که قبلاً آرماتوربندی آن را اجرا و کار گذاشته ایم، بتن ریزی می کنیم. بدین ترتیب پروفیل های فولادی مذکور در شمع مهار می شوند و پروفیل های فولادی همراه با شمع نیز در خاک مهار می شوند. پس از اجرای این مرحله، عملیات گودبرداری را به صورت مرحله به مرحله اجرا می نماییم. در هر مرحله پس از برداشتن خاک در عمق آن مرحله، برای جلوگیری از ریزش خاک، با دستگاه های حفاری ویژه در بدنه گود چاهک هایی افقی یا مایل، به قطر حدود ۱۰ تا ۱۵ سانتیمتر، در جداره گود حفر می کنیم. پس از انجام این مرحله، پانل های بتنی پیش ساخته ای را در بین پروفیل های قائم قرار داده، آن ها را از سویی به میلگردهای بیرون آمده از چاهک ها به نحو مناسبی متصل می کنیم و از سوی دیگر پانل ها را به پروفیل های قائم متصل می نماییم. به جای استفاده از این پانل های پیش ساخته می توانیم آنها را به صورت درجا اجرا نماییم. همچنین می توانیم ابتدا بر روی دیواره آرماتوربندی کرده و سپس بر روی آن بتن پاشی کنیم. برای اتصال پانل ها به میلگردهای بیرون آمده از چاهک ها می توانیم سر میلگرد های مزبور را رزوه کرد و سپس با استفاده از صفحات سوراخ دار تکیه گاهی و مهره آن ها را با پانل ها درگیر کنیم.

مزایای روش مهارسازی:

- ۱- مشخصات مکانیکی خاک بر اثر تزریق بتن در درون چاهک ها بهبود می یابد؛ لذا بر اثر این امر، علاوه بر کمک گرفتن از خاک اطراف جداره برای مهار رانش خاک، میزان رانش خاک بر اثر بهبود مشخصات مکانیکی خاک کاهش می یابد.
- ۲- سازه نگهدارنده در داخل گود جاگیر نیست.
- ۳- از خاک موجود برای مهار دیواره گود استفاده می شود.

معایب روش مهارسازی:

- ۱- استفاده از بدنه خاک مجاور دیواره گود ضروری است؛ لذا در مواردی که خاک مجاور گود در زیر یک ساختمان و یا در حریم همسایه یا در حریم تأسیسات و معابر شهری باشد، از این روش نمی توان استفاده کرد یا استفاده از آن با محدودیت همراه است.
- ۲- به دلیل ضرورت اجرای عملیات به صورت مرحله به مرحله، به زمان زیادی نیاز دارد، البته این امر ممکن است در پروژه های بزرگ مطرح نباشد، بلکه بر عکس ممکن است زمان کلی اجرای کار نیز، به ویژه با مدیریت صحیح، کاهش یابد.
- ۳- هزینه اجرای عملیات، به دلیل تکنولوژی پیشرفته تر، درمقایسه با روش های ساده تر بیشتر است؛ ولی در پروژه های بزرگ و احجام زیاد ممکن است این امر مطرح نباشد و بر عکس هزینه کلی کار کاهش یابد.
- ۴- به دستگاه های خاص نظیر دستگاه های لازم برای حفر چاهک ها، تزریق، حمل پانل ها و ... نیاز دارد.
- ۵- به افراد با تخصص های بالاتر در رده های مختلف فنی برای اجرای عملیات مربوطه، در مقایسه با روشهای ساده تر نیاز دارد.

روش دوخت به پشت (نیلینگ):

این روش مشابهت زیادی با روش مهارسازی دارد. در این روش حفاری را به صورت مرحله به مرحله و از بالا به پایین گود اجرا می کنیم. در هر مرحله به کمک دستگاه های حفاری ویژه، چاهک های افقی یا مایل در بدنه دیواره گود حفر می کنیم. سپس درون این چاهک ها کابل های پیشساخته قرار داده و با تزریق بتن در انتهای چاهک، این کابل ها را کاملاً در خاک مهار می نماییم. در ادامه کابل های مزبور را به کمک جک های ویژه ای، کشیده و انتهای بیرون آمده کابل را بر روی سطح جداره گود مهار می کنیم. آنگاه به درون چاهک های مزبور بتن تزریق کرده و پس از سفت شدن بتن و کسب مقاومت کافی آن، کابل ها را از جک آزاد می کنیم. این کار باعث می شود که نیروی پیشساخته موجود در کابل، خاک را فشرده سازد و در نتیجه خاک فشرده تر و متراکم تر شده و رانش ناشی از آن کاهش می یابد و در این حال کل نیروی رانش خاک در جداره گود به خاک های داخل بدنه دیواره منتقل شده و خاک بدنه انتهایی، به عنوان سازه نگهدارنده عمل کرده و رانش خاک بدنه مجاور جداره را تحمل کند. عمق گودبرداری در هر مرحله بستگی به نوع خاک و فاصله بین چاهک ها دارد و معمولاً در حدود ۲ تا ۳ متر است.

مراحل اجرای سیستم نیلینگ:

- ۱- گودبرداری در مرحله اول ترانشه و یا گود و ایجاد پله بعدی عملیات.
- ۲- حفاری چال جهت نصب مهار کششی Nail.
- ۳- قراردادن آرماتور داخل چال و تزریق چال.
- ۴- اجرای سیستم زهکشی و اجرای شاتکریت جداره.
- ۵- گودبرداری مرحله بعدی ترانشه و یا گود و ایجاد پله های بعدی عملیات.
- ۶- اجرای پوشش شاتکریت نهایی پس از اتمام آخرین مرحله حفاری.

مزایای روش دوخت به پشت:

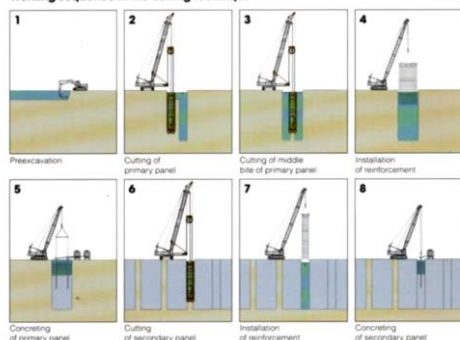
- ۱- سازه نگهدارنده در داخل گود جاگیر نیست.
- ۲- از خاک موجود برای مهار دیواره گود استفاده می شود.
- ۳- مشخصات مکانیکی خاک بر اثر تزریق بتن به درون چاهک ها و نیز پیش تنیده شدن خاک بهبود می یابد، در نتیجه هم از خاک اطراف جداره برای مهار رانش خاک استفاده می شود و هم میزان رانش خاک بر اثر بهبود مشخصات مکانیکی خاک کاسته می شود.

معایب روش دوخت به پشت :

- ۱- استفاده از بدنه خاک مجاور دیواره گود ضروری است . لذا درموردی که خاک مجاور گود در زیر یک ساختمان یا درحريم همسایه یا درحريم تاسیسات و معابر شهری باشد از این روش نمی توان استفاده کرد یا استفاده از آن با محدودیت همراه است.
- ۲- به دلیل ضرورت اجرای عملیات به صورت مرحله به مرحله، به زمان زیادی نیاز دارد، البته این امر ممکن است در پروژه های بزرگ مطرح نباشد، بلکه بر عکس ممکن است زمان کلی اجرای کار نیز، به ویژه با مدیریت صحیح، کاهش یابد.
- ۳- هزینه اجرای عملیات، به دلیل تکنولوژی پیشرفته تر، درمقایسه با روشهای ساده تر بیشتر است؛ ولی در پروژه های بزرگ و احجام زیاد ممکن است این امر مطرح نباشد و بر عکس هزینه کلی کار کاهش یابد.
- ۴- به دستگاههای خاص نظیر دستگاه های لازم برای حفر چاهک ها، تزریق، پیش تنیدگی کابل ها و ... نیاز دارد.
- ۵- به افراد با تخصص های بالاتر در رده های مختلف فنی برای اجرای عملیات مربوطه، در مقایسه با روش های ساده تر نیاز دارد.

دیواره دیافراگمی :

Working sequence in the cutting technique



یکی دیگر از روشهای محافظت از جداره گود احداث دیوار دیافراگمی و یا دیوار دوعابی می باشد. در این روش ابتدا به کمک دستگاه های حفاری ویژه محل دیوارنگهبان را حفر می کنیم. سپس به طور همزمان محل حفر شده را با گل بنتونیت و سیمان پرمی کنیم تا از ریزش خاک دیواره محل حفر شده جلوگیری شود . سپس قفسه آرماتورهای دیوار نگهبان را که از قبل ساخته و آماده کرده ایم، در داخل محل حفر شده دیوار جای می دهیم. آنگاه بتن ریزی دیوار را انجام می دهیم. بتن مصرفی معمولاً از نوع بتن روان و با کارایی زیاد است. دیوارهای دیافراگمی معمولاً به صورت پیش ساخته و پیش کشیده نیز اجرا میشوند.

مزایای روش دیواره دیافراگمی :

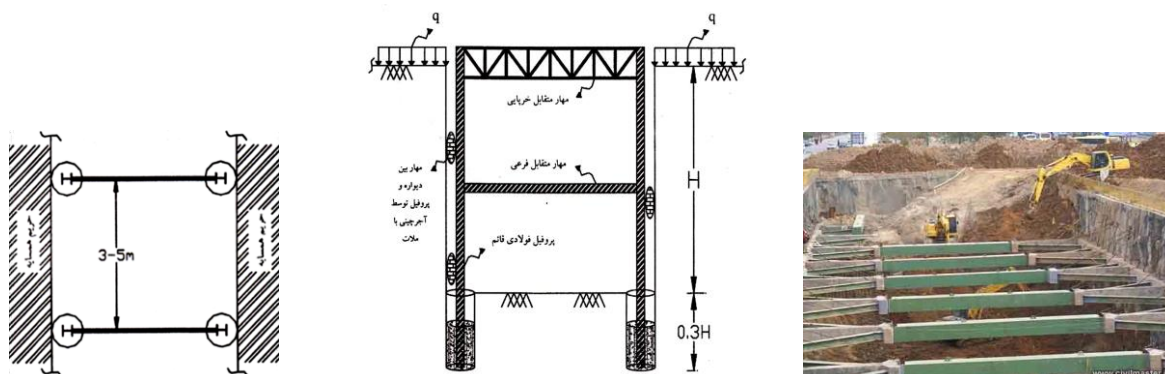
- ۱- سرعت اجرای کار بسیار زیاد است.
- ۲- درجه ایمنی کار بسیار زیاد است.
- ۳- دیوار دیافراگم به ویژه برای حفاری ها و گودهای با طول زیاد مناسب است.
- ۴- دیوار دیافراگمی هم به عنوان سازه نگهبان گود رفتار می کند و هم در حین بهره برداری از آن به عنوان دیوار حایل استفاده می شود.

معایب روش دیواره دیافراگمی :

- ۱- در احجام کم، هزینه کار بسیار زیاد است، ولی در احجام بزرگ هزینه کلی اجرای کار می تواند از روش های ساده تر کمتر نیز باشد.
- ۲- در این روش دستگاه های حفاری مربوطه نیاز به فضای کار زیادتری دارند و در صورتی که از نظر فضای دو طرف دیواره محدودیت داشته باشیم اجرای کار ناممکن خواهد بود و یا اینکه به سمتی صورت می گیرد.
- ۳- در این روش به دستگاه های حفاری ویژه ای نیاز است.
- ۴- در این روش به نیروهای با تخصص بالا برای کار با دستگاه های مورد نظر و سایر موارد نیاز است.

مهار متقابل :

این روش برای گودهایی به عرض کم مناسب است. در این روش ابتدا در دو طرف گود در فواصل معین از یکدیگر چاهک هایی را حفر می کنیم. طول این چاهک ها برابر با عمق گود به اضافه مقداری اضافه تر به میزان حدود $0.25H$ تا $0.25H$ برابر عمق گود است. این عمق اضافه به منظور تأمین گیرداری انتهایی پروفیل هایی است که در چاهک قرار داده می شوند. سپس در درون این چاهک ها پروفیل های فولادی H یا I شکل مطابق با محاسبات و نقشه های اجرایی قرار می دهیم. طول این پروفیل ها را معمولاً به گونه ای در نظر می گیریم که انتهای فوقانی آن ها تا حدی بالاتر از تراز بالایی گود قرار گیرند. آنگاه قسمت فوقانی هر دو پروفیل قائم متقابل مزبور را به کمک تیر ها یا خراباهایی به یکدیگر متصل می کنیم. این کار موجب می شود که هر دو پروفیل قائم متقابل، به پایداری یکدیگر کمک کنند. پس از آن عملیات گودبرداری را به تدریج انجام می دهیم. در صورت لزوم، در نقاط دیگری از ارتفاع پروفیل های قائم نیز سیستم مهار متقابل را اجرا می کنیم. در صورتی که خاک خیلی ریزشی باشد باید در بین اعضای قائم از الوارهایی چوبی یا اعضای مناسب دیگری استفاده نمود. سیستم مهار متقابل فوق الذکر باید در جهت عمود بر سیستم قابی آن یعنی در جهت طول گود نیز به صورتی مناسب مهاربندی شود.



مزایای روش مهار متقابل :

- ۱- در گودبرداری های با عرض کم دارای مزایای بسیار زیادی است که از جمله سرعت بیشتر، هزینه کمتر و جاگیری کمتر را می توان نام برد.
- ۲- این روش به ویژه در بسیاری از عملیات اجرای کانال ها می تواند بسیار سودمند باشد.

معایب روش مهار متقابل :

در صورتی که عرض گود زیاد باشد و یا عمق گود زیاد باشد، ممکن است مهاربندی های عرضی و یا مهاربندی های ترازهای مختلف دست و پاگیر شده و موجب بروز مشکل در اجرای کار شود. در این روش احتمال برخورد ماشین آلات و تجهیزات با المان های مهار متقابل زیاد است.

اجرای شمع :

در این روش در پیرامون زمینی که قرار است گودبرداری شود در فواصل معینی از هم، شمع هایی را اجرا می کنیم. این شمع ها می توانند از انواع مختلف مصالح سازه ای نظیر فولاد، بتن و چوب باشند. همچنین شمع های بتنی را می توان به صورت پیش ساخته و یا درجا اجرا کرد. در این روش شمع ها فشار جانبی خاک را به صورت تیرهای یکسر گیردار تحمل می کنند. طول گیرداری لازم در انتهای شمع ها چیزی در حدود 0.3 عمق گود می باشد. پس از اجرای شمع ها می توان عملیات گودبرداری را اجرا نمود. در صورت لزوم باید شمع ها را در امتداد دیواره گود مهاربندی نمود.

مزایای روش اجرای شمع :

- ۱- سرعت عملیات اجرایی بسیار بالا می باشد.
- ۲- سیستم به هیچ وجه دست و پاگیر نیست.
- ۳- در احجام زیاد هزینه عملیات کاهش می یابد.
- ۴- گاهی اوقات می توان از شمع ها به عنوان سازه نگهدارنده دائم یا بخشی از آن استفاده نمود.
- ۵- شمع های پیش ساخته را پس از جمع آوری می توان در پروژه های دیگر نیز استفاده نمود.
- ۶- در گودهای با عمق تا حدود ۵ متر معمولاً اقتصادی است.

معایب روش اجرای شمع :

- ۱- در صورتی که ارتفاع گودبرداری زیاد باشد، هم باید فواصل شمع ها از هم کم شوند و هم باید از مقاطع سازه ای قوی تری برای اجرای کار استفاده نمود.
- ۲- در بسیاری از پروژه های شهری، به دلیل مشکلات شمع کوبی، نمی توان از شمع های پیش ساخته استفاده کرد و باید شمع ها را فقط به صورت درجا اجرا نمود.

روش سپرکوبی

این روش در مواردی که خاک محل خیلی سست و ریزشی بوده و اطراف محل گودبرداری دارای فضای کافی برای کار کردن دستگاه سپرکوب باشد، بهتر است مورد استفاده قرار گیرد. در این روش ابتدا در اطراف گود سپرها را با احتساب طول گیرایی 0.3 ارتفاع در زمین میکوبیم و سپس اقدام به گودبرداری می کنیم. در این روش صفحات فلزی داخل خاک و جداره گود توسط چکش پنوماتیک و با استفاده از لرزش کوبیده می شوند و با انواع اتصالات بین خود به یکدیگر متصل شده و یک جداره پیوسته را تشکیل می دهند. از مزایای این روش راحتی در کوبیدن، نصب و بیرون کشیدن آن ها به دیگر روش ها برتری داشته و مصالح آن مجدداً قابل استفاده در پروژه های دیگر می باشد، همچنین در این روش به المان های افقی و مایل کمتری نیاز می باشد. بنابراین محدودیت های اشغال فضای داخل گود کمتر وجود دارد. لیکن از جمله معایب این روش وابستگی به نصب سپرهای فلزی می باشند که در محیط های شهری بدلیل وجود تأسیسات زیربنایی شهری و ایجاد لرزش و صدای ناشی از کوبش سپرها محدودیت هایی را بوجود می آورد. همچنین کوبیدن سپرها در زمینهای سنگی و یا خاک های بسیار متراکم به سختی انجام پذیر است و در زمین های با شرایط بالا با محدودیت مواجهه می گردد. در خاک های سفت و در گودبرداری های با ارتفاع زیاد باید از پشت بندها و قیدهای فشاری فلزی استفاده شود. دستگاه سپرکوب معمولاً به صورت ضربه ای یا تخمافنی است و به لحاظ ایجاد لرزش و آلودگی صوتی استفاده از این روش در مناطق شهری توصیه نمی شود. معمولاً در بسیاری از موارد سپرها فولادی هستند و نیمرخ آنها معمولاً به شکل دوزنقه ای است.

اجرای خرپا:

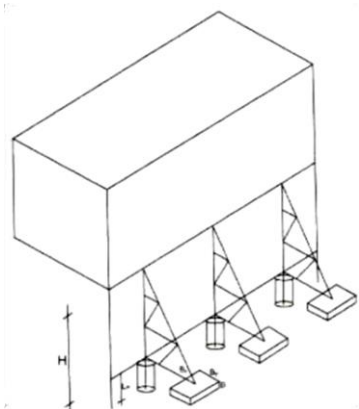
یکی از روشهای متداول اجرای سازه های نگهدارنده اجرای خراباست، که این روش در مناطق شهری کاربرد دارد. جهت اجرای خرپای سازه نگهدارنده دو روش مورد استفاده قرار می گیرد:

- ۱- در روش اول که مطمئن تر ولی اجرای مشکل تری دارد، ابتدا مانند روش اجرای شمع چاه های دستی در محل عضوهای قائم خرپا حفر می کنیم و انتهای چاه را به طول کافی آرماتوربندی کرده و عضو قائم خرپا را درون آن قرار داده و بتن ریزی می کنیم. حد واسط بین پروفیل قائم و خاک را به نحو مناسبی با مصالح ساختمانی پر می کنیم (آجر چینی با ملات ماسه سیمان) ، سپس خاک قسمتهای وسطی پلان را گودبرداری می کنیم و حريم همسایه را با شیب مناسبی خاکبرداری می کنیم، فونداسیون عضو مایل خرپا را اجرا

کرده و عضو مایل خرپا را از یک طرف به بالای عضو قائم و از طرف دیگر به صفحه فونداسیون اجرا شده در امتداد شیب خاک متصل می کنیم و خاکبرداری قسمت شیب دار را مرحله به مرحله از بالا به پایین انجام می دهیم و به تبع آن عضوهای افقی و قطری خرپا را نصب می کنیم.

۲- در روش دوم خاکبرداری را به صورت شیبدار انجام داده (همانند روش قبلی ولی بدون حفر چاه) و محل خرپا را به عرض ۱ الی ۱/۵ متر کامل خاکبرداری می کنیم و سپس فونداسیون های عضوهای قائم و مایل خرپا را در محل گودبرداری شده اجرا و بتن ریزی می کنیم و سپس خرپا به صورت کامل در زمین اجرا کرده و آنها را در محل خود نصب می کنیم و در انتها خاکبرداری سایر قسمت های شیبدار را انجام می دهیم.

نکته : چنانچه گودبرداری در حريم ساختمان همسايه باشد، حتی الامکان بهتر است خرپاها در امتداد ستون های ساختمان همسايه اجرا گردد و در صورت ریزش موضعی خاک بین دو خرپا بهتر است هرچه زودتر دیوار حائل دائمی اجرا گردد.



جداره های مهاربندی شده توسط المان های کششی:



روشی متداول در پایدارسازی موقت گود در مناطق شهری محسوب می شود. در این روش پروفیل های فولادی را با فواصل ۲ تا ۴ متر درون خاک فرو می برند و فضای خالی بین این المان ها را با الوارهای چوبی پر میکنند. اتصال بین ستون ها توسط میل مهارها و جوشکاری انجام می شود.

جداره های مهاربندی شده توسط میکروپایل:

جهت بهبود مشخصات فیزیکی و هندسی کف و دیواره گودها می توان از میکروپایل استفاده نمود. میکروپایل ها به شمع های با قطر کوچک (کمتر از ۳۰۰ میلیمتر) اطلاق می گردد که غالباً با تسلیح فولادی سبک و تزریق دوغاب سیمان همراه می باشد. میکروپایل علاوه بر آن که به عنوان یک المان باربر و مقاوم در برابر نشست عمل می کند، به دلیل تزریق دوغاب سیمان ، سبب بهبود مشخصات مکانیکی خاک اطراف نیز می گردد.

کاربرد میکروپایل در مهندسی ژئوتکنیک در دو بخش مورد استفاده قرار می گیرد :

۱- در بستر پی ها

الف : کاهش نشست

ب : افزایش باربری فشاری

ج : تامین باربری کششی

د : افزایش باربری جانبی

۲- اصلاح و بهسازی خاک

الف : پایداری شیب ها

ب : ساخت دیوار های نگهدارنده

ج : مقابله با روانگرایی

د : افزایش مقاومت توده خاک با اهداف خاص نظیر تونل سازی و ...

هـ : حفاظت شیمیایی بخش های مدفون سازه



مراحل اجرا:

۱- حفاری : حفاری باید تا عمقی که امکان کوبش لوله های میکروپایل میسر شود ادامه پیدا کند.

۲- لوله کوبی : در مرحله اول از لوله نوک تیز میکروپایل استفاده می شود و پس از فرو رفتن لوله اول، لوله دوم به آن متصل شده و کوبیده می شود و عملیات کوبش به همین منوال ادامه میابد.

۳- تزریق : پس از اتمام لوله کوبی، می بایست تزریق دوغاب سیمان به درون خاک انجام گیرد.

۴- تسلیح : در انتها می بایست قبل از گیرش سیمان آرماتور های تسلیح در داخل گمانه نصب شود.

پی کنی:

منظور از پی کنی، انجام عملیات خاکی برای کندن محل پی ساختمان ها، دیوار های حائل، لوله ها، پایه پل ها در محوطه ساختمان ها و نظایر آن با دست یا ماشین آلات مناسب طبق رقوم خواسته شده در نقشه ها و دستورالعمل ها می باشد.

پی کنی در ساختمان به دلایل زیر انجام می گیرد :

- ۱- دسترسی به زمین سخت و مقاوم، زیرا بار ساختمان به پی و نهایتاً به زمین منتقل می شود در نتیجه زمین زیر پی باید مطمئن باشد و نشست نکند.
- ۲- برای محافظت پی ساختمان و جلوگیری از اثرات جوی مانند یخ زدگی
- ۳- برای جلوگیری از لغزش ساختمان در برابر نیروهای وارده همانند زلزله و باد

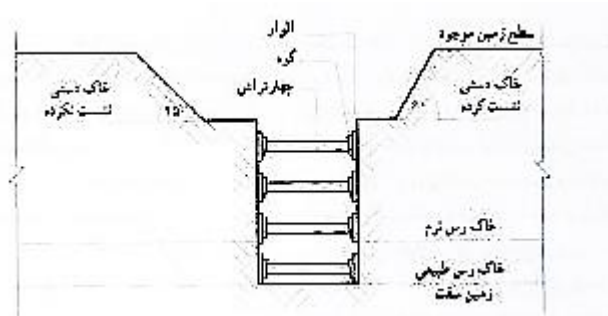
پی کنی در زمین هایی که از نظر جنس و مقاومت زمین و نیز وجود آب های سطحی و زیر زمینی با هم تفاوت دارند، فرق می کند. ابعاد پی به شرایط اقلیمی بستگی دارد، یعنی در مناطقی که در زمستان آب و هوای خیلی سرد دارند و یا بارندگی زیاد می شود و خطر یخ زدگی برای پی وجود دارد، عمق پی را بیشتر از مناطق معتدل و گرمسیر در نظر می گیرند. به هر حال در هر نوع آب و هوایی عمق پی کنی نباید کمتر از **۵۰ سانتیمتر** باشد.

در کلیه مراحل پی کنی خاک هایی که از چسبندگی مناسبی برخوردار هستند به جهت اقتصادی بهتر است از جبهه خاکبرداری به عنوان قالب استفاده گردد. پی کنی بیش از ابعاد عمودی و افقی، اقتصادی و اجرایی نیست. در صورتی که از جبهه پی کنی برای اجرای کارهای بتنی با تمهیدات لازم نتوان استفاده نمود و بستن قالب اجتناب ناپذیر باشد، می توان با تائید دستگاه نظارت به میزان مورد نیاز و حداکثر تا **۷۰ سانتیمتر** در پایین ترین نقطه به ابعاد پی کنی اضافه نمود. در هنگام استفاده از ماشین آلات در عملیات پی کنی لازم است تا **۱۵ سانتیمتری** رقوم نهایی کف پی با دست صورت گرفته و طبق رقوم و شیب های داده شده در نقشه اجرایی، تنظیم و رگلاژ شود.

نکته: بر اساس مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان حداقل عمق یخبندان در مناطق سردسیر از تراز روی شالوده تا زیر سطح زمین **۴۰ سانتیمتر** می باشد. توصیه می گردد عمق یخبندان با توجه به شرایط اقلیم و نفوذ پذیری و ویژگی های خاک هر منطقه مشخص گردد و برای پی های داخلی که در معرض یخبندان نمی باشند، می توان عمق کمتری نسبت به مقدار فوق در نظر گرفت.

پی کنی در انواع زمین ها :

- ۱- **پی کنی در زمین های دج:**
عمق پی در این گونه زمین ها معمولاً بین **۸۰ تا ۱۰۰ سانتیمتر** است. پی کنی در زمین های دج نسبتاً آسان می باشد و خطر ریزش به خصوص در عمق های معمولی بسیار کم است. اضافه عرض پی برای کفراژ (قالب بندی) در این نوع زمین حدود **۱۵ سانتیمتر** در هر طرف می باشد.
- ۲- **پی کنی در زمین های سست و خشک:**
پی کنی بر حسب شدت ریزش خاک و عمق پی به دو طریق عمل می شود :
الف : در حالی که خطر ریزش کم و عمق پی نیز زیاد نباشد، در این صورت می توان اطراف پی را شیب دهیم تا از ریزش دیواره ها جلوگیری کنیم.
ب : در حالی که خطر ریزش زیاد و عمق پی نیز زیاد باشد، باید پی کنی را به کمک عوامل کمکی (چوب بست، داربست، قالب بندی و ...) انجام داد.
- ۳- **پی کنی در زمین سست:**
چون عمل پی کنی در این گونه زمین ها همیشه با خطر ریزش همراه است، به خصوص اگر زمین مزبور خشک باشد، چنانچه اگر عمق پی کم باشد و شدت ریزش نیز در آن زیاد نباشد، اصولی ترین و در عین حال ساده ترین روش برای جلوگیری از احتمال ریزش خاک این است که پی کنی با **دیواره های شیب دار** انجام شود. در این گونه موارد زاویه شیب بر حسب شدت ریزش حداکثر تا **۴۵ درجه** افزایش خواهد یافت. چنانچه شدت ریزش زیاد و عمق پی نسبتاً زیاد باشد، پی کنی با شیب نه عملی و نه مقرون به صرفه خواهد بود. در چنین مواردی لازم است دیواره های پی را با **چوب بست** و با **قالب بندی** مهار نمود. لازم به ذکر است که پی کنی در زمین های رسی خشک نیز همانند زمین های ماسه ای است با این تفاوت که زاویه شیب برای پی کنی حدود **۲۵ تا ۳۷ درجه** برای زمین های رسی خواهد بود. این اختلاف شیب نسبت به زمین های ماسه ای به علت چسبندگی دانه های خاک رسی می باشد.



اگر این نوع زمین ها آبدار و مرطوب باشند و دارای خاک های رسی یا روان باشند، مناسب برای عملیات ساختمانی نیستند و به همین دلیل نیاز است تا خاک زیر شالوده را اصلاح نماییم. از جمله روش های اصلاح خاک عبارتند از :

- ۱- روش جانشینی
- ۲- روش پیش بارگذاری یا تحکیم
- ۳- روش زهکشی عمودی
- ۴- روش متراکم سازی
- ۵- روش ترکیبی

۶- روش مسلح کردن

۷- تزریق دوغاب (میکروپایل)

۴- پی کنی در زمین های سنگی :

پی کنی در زمین های سنگی مشکل و انجام آن با وسایل دستی امکان پذیر نیست و باید با ماشین آلات مکانیکی و مته های کمپرسوری انجام گیرد که هزینه ای سنگین خواهد داشت. حداقل عمق پی در زمین های سنگی در مناطق سردسیر ۷۵ سانتیمتر و در مناطق گرمسیر ۵۰ سانتیمتر است. در صورتی که بستر سازه از سنگ یکپارچه تشکیل و شالوده دچار نشست های ناهمگن نگردد و همچنین شالوده دارای رفتار یکپارچه ای باشد به طوری که شالوده ساختمان در تکان های ناشی از بارهای جانبی (زلزله و باد و ...) دچار لغزش نگردد، می توان از اجرای پی کنی صرف نظر نمود در غیر این صورت لازم است تمهیدات لازم جهت جلوگیری از حرکات ساختمان انجام شود.

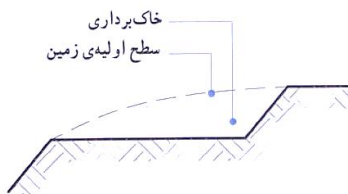
۵- پی کنی در زمین های شیب دار :

زمین ساختمانی مسطح به ندرت یافت می شود و بنابر این پیش از شروع هر کار ساختمانی باید محل ساختمان را تسطیح نمود. برای این منظور معمولا از ۳ روش استفاده می کنند که اغلب روشی را به کار می برند که اقتصادی ترین روش باشد :

الف : خاکبرداری و خاکریزی : این روش بسیار معمول و متداول است زیرا باعث کاهش هزینه می شود و توصیه می گردد سازه بر روی قسمت خاکبرداری احداث گردد.

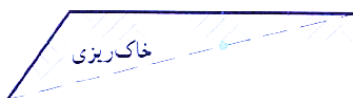


ب : خاکبرداری : برای تسطیح باید کلیه خاک های اضافی را برداشت و به محلی خارج از ساختمان برد. این روش هزینه حمل خاک را به دنبال خواهد داشت ولی چون به زمین دست نخورده می رسیم کاری اصولی است.



ج : خاکریزی : این روش توصیه نمی شود، زیرا زمین را با خاک دستی پر کرده ایم، ولی چنانچه مجبور به خاک ریزی باشیم، باید با خاک مرغوب که دارای تراکم و دانه بندی مناسب و مقاومت مطلوب نیز هست با مرطوب کردن و تراکم لایه ای انجام داد.

سطح اولیه زمین

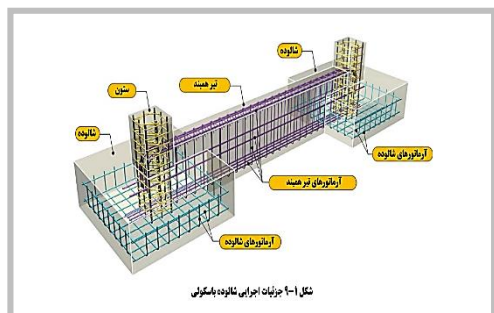


د : پدستال : پدستال ها عبارتند از ستونهای بتنی کوتاه و کم آرماتور و حتی گاهی بدون آرماتور که عموماً روی پی های بتنی اجرا شده و روی آنها صفحه زیر ستون نصب شده و سپس ستون های فلزی روی صفحه نصب می گردد. این ستون ها بدلیل ابعاد نسبتاً زیاد (از نظر عرضی زیاد و ارتفاعی کم) جزو ستون های کوتاه محسوب می شوند و لذا تحمل مقاومت فشاری آنها بسیار زیاد میباشد. این مطلب در فصل بعدی جزوه به طور کامل تشریح خواهد شد.

یادداشت

فصل چهارم

مطالبی که به زیر آن ها خط کشیده شده، مطالعه آزاد می باشند و فاقد ارزش امتحانی هستند.



عملیات پے سازی

تعریف فونداسیون و اهمیت آن:

کلمه فونداسیون از واژه فرانسوی Foundation به معنی اساس و بنیاد اقتباس شده است. معادل فارسی کلمه فونداسیون، پی می باشد که به اشتباه در بعضی کتب و متون فنی به آن **شالوده** هم گفته می شود. در ادامه خواهیم دید که پی یا فونداسیون لزوماً به معنی شالوده نیست. کلیه سازه هایی که بر روی زمین بنا می شوند از جمله ساختمان ها، پل ها، خاکریز ها و ... از دو بخش تشکیل می شوند:

۱- سازه فوقانی (بخش نمایان سازه)

۲- سازه زیرین (بخش مدفون سازه)

بخش سازه زیرین به عنوان حائل بین سازه فوقانی و زمین تکیه گاه عمل می کند. یعنی بار سازه فوقانی را به زمین منتقل می نماید. پی یا فونداسیون عبارت است از سازه زیرین و بخشی از خاک مجاور آن که تحت تاثیر سازه و بارهای وارد بر آن می باشد. این یک تعریف پایه از فونداسیون می باشد اما تعریف کاملی نیست. تعدادی از تعاریف مختلف فونداسیون که در متون فنی مختلف ارائه شده اند را بررسی می نماییم:

تعریف فونداسیون:

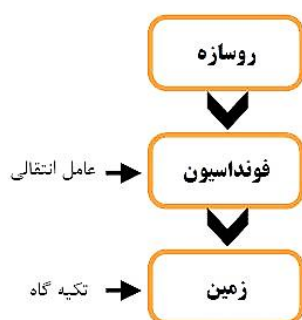
۱- میحث ۷ مقررات ملی ساختمان، فونداسیون را به صورت زیر تعریف نموده است:

مجموعه بخش هایی از سازه و خاک در تماس با آن که انتقال بار بین سازه و زمین از طریق آن صورت می گیرد.

۲- فونداسیون:

قسمت زیرین سازه که در تماس مستقیم با خاک بوده و وزن آن را به زمین منتقل می نماید.

با در نظر گرفتن مباحث فوق، تعریف کاملی از فونداسیون را به صورت زیر ارائه می نماییم:



بخش زیرین سازه (شامل المان های سازه ای و خاک زیر آن) که نیروها و لنگرهای ناشی از روسازه را طوری به خاک یا سنگ بستر زیرین منتقل می نماید که تنش ها در خاک در محدوده ای قرار می گیرند که نه تسلیم رخ می دهد و نه نشست سازه بیش از میزان مجاز می گردد. فونداسیون همچنین پایداری سازه را در برابر لغزش و واژگونی تامین می نماید. در واقع فونداسیون یک عامل انتقالی بین روسازه و زمین است. به طور خلاصه وظیفه فونداسیون انتقال بارهای بخش های فوقانی به خاک یا سنگ بستر زیر آن می باشد به نحوی که تنش های بیش از حد و نیز نشست های اضافی ایجاد نگردد.

مهندسی پی:

مهندسی پی شامل تحلیل و طراحی فونداسیون (شالوده ساختمانیهای متعارف) یا سازه های در تماس با خاک (ابنیه حائل) با بکارگیری اصول مکانیک خاک و مکانیک سازه توأم با قضاوت مهندسی می باشد. مهندسی پی مباحثی همچون محاسبه ظرفیت باربری، طراحی انواع مختلف فونداسیون مانند فونداسیون های منفرد، نواری، گسترده، عمیق (شمع) را شامل می شود.

بر حسب جنبه های ژئوتکنیکی، مهندسی پی اغلب موارد زیر را شامل می شود:

- ۱- انتخاب نوع فونداسیون برای سازه و همچنین عمق و ابعاد فونداسیون
- ۲- تعیین پارامترهای طراحی فونداسیون همانند ظرفیت باربری و فشار لهیدگی مجاز خاک
- ۳- بررسی پایداری شيروانی ها و اثر آن ها بر روی سازه های مجاور
- ۴- بررسی احتمال حرکت فونداسیون در اثر نیروهای لرزه ای که همچنین شامل احتمال روانگرایی هم می شود.
- ۵- انجام مطالعات و آزمون ها جهت تعیین احتمال تخریب فونداسیون
- ۶- ارزیابی روش های بهسازی خاک جهت افزایش ظرفیت باربری فونداسیون
- ۷- تعیین پارامترهای طراحی فونداسیون دیوار حائل
- ۸- ارائه توصیه و دستورالعمل جهت زهکشی و کاهش تراز آب گودبرداری ها جهت احداث فونداسیون
- ۹- بررسی مشکلات مرتبط با تراز آب زیرزمینی و تراوش آب
- ۱۰- آماده سازی بستر از جمله خصوصیات تراکمی و آزمایش های تعیین تراکم حین تسطیح
- ۱۱- آزمون های صحرایی فونداسیون ها

انواع پی ها:

پی ها بر اساس عمق و نوع عملکرد طبقه بندی می شوند. در حالت کلی چنانچه لایه مقاوم در عمق کمی از سطح زمین قرار گرفته باشد، پی در نزدیکی سطح زمین بنا می گردد. در غیر اینصورت برای رسیدن به لایه ی مقاوم عمق پی افزایش می یابد. به طور کلی می توان پی ها را به سه دسته تقسیم نمود:

۱- پی های کم عمق موسوم به پی های سطحی

۲- پی های عمیق

۳- پی های ویژه

در ادامه به بررسی هر یک از این فونداسیون ها می پردازیم.

پی های سطحی:

اغلب به فونداسیون های سطحی شالوده اطلاق می شود. مبحث ۷ مقررات ملی ساختمان هم فونداسیون های سطحی را شالوده نامیده است اما باید توجه داشت که فونداسیون های سطحی و شالوده ها به لحاظ مفهومی اندکی با هم تفاوت دارند.

همانطور که گفته شد طبق تعریف، فونداسیون بخش زیرین سازه و خاک زیر آن است. چنانچه همین فونداسیون بار را به اعماق سطحی خاک انتقال دهد به آن ها فونداسیون های سطحی اطلاق می شود. اما این فونداسیون های سطحی خود از دو عنصر المان سازه ای (اغلب بتن مسلح) و خاک زیرین آن تشکیل شده است که ما به این المان سازه ای شالوده می گوئیم. بنابراین استفاده از واژه شالوده عمیق درست به نظر نمی رسد، زیرا شالوده همان المان سازه ای فونداسیون سطحی است.

بنابراین شالوده را به این صورت می توان تعریف نمود:

قسمتی از فونداسیون سطحی متشکل از عناصر سازه ای (بتن، فولاد، یا حتی چوب) که فشار روسازه را به صورت لهدیگی (فشار تماسی) به خاک فونداسیون (پی) منتقل می نماید. پی های سطحی (منظور شالوده و خاک زیر آن است) از متداول ترین فونداسیون ها به خصوص برای پروژه های ساختمانی و دیوارها بوده و اغلب عمق استقرار آن ها کمتر از عرضشان است، در عین حال در بعضی مراجع پی های با نسبت عمق تا ۴ الی ۵ هم بعنوان پی کم عمق طبقه بندی شده است. این پی ها پس از گودبرداری و پی کنی و برداشتن خاک های نباتی، ضمن عبور از عمق یخبندان و لایه های نامناسب سطحی و در پاره ای موارد با حفاری بیشتر جهت احداث طبقاتی در زیرزمین، اجرای می شوند.

پی منفرد: این پی ها اغلب دارای شکل مربع یا مستطیل در پلان بوده و از آن ها برای تحمل بار یک ستون تک استفاده می شود.

پی مرکب: پی های مرکب بتن مسلح که اغلب شکل مستطیلی یا دوزنقه ای در پلان دارند و بار بیش از چندین ستون را تحمل می نمایند (اغلب دو تا چهار ستون).

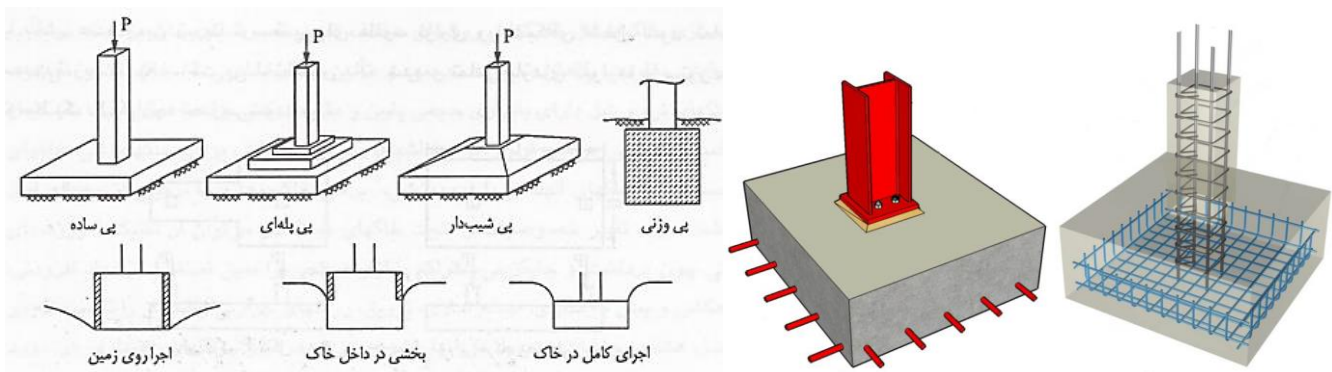
پی نواری: از این نوع شالوده اغلب برای تحمل بار دیوارهای باربر استفاده می شود. این شالوده ها معمولاً اعضای بتن مسلح با طول زیاد و عرض بکخواخت در اعماق سطحی زمین هستند.

پی شبکه ای: چندین ردیف معمولاً متعامد از شالوده های نواری که در زیر کل ساختمان بار چندین ستون و یا دیوار را تحمل می نماید.

شالوده گسترده: نوعی شالوده است که بار چندین ستون با فواصل نامنظم یا چندین ردیف ستون موازی را حمل می نماید و در زیر بخشی از ساختمان و یا کل آن قرار می گیرد.

پی منفرد:

فونداسیون منفرد بار یک ستون را تحمل نموده و از ساده ترین، معمول ترین و عمدتاً کم هزینه ترین نوع فونداسیون ها می باشد. در پلان به شکل مربع، مستطیل و یا دایره بوده که انتخاب شکل تا حدودی به مقطع ستون و همچنین نوع بارهای وارده اعم از محوری، لنگر در یک و یا دو جهت بستگی دارد. از نقطه نظر ضخامت، پروفیل پی های منفرد و یا تک ممکن است به صورت ثابت، پله ای، وزنی و یا شیب دار باشند. این پی ها از مصالح بنایی، فولاد، بتنی وزنی و یا بتن مسلح ساخته می شوند. در صورت مسلح نمودن فونداسیون های منفرد غالباً در آن ها از یک سفره آرماتور مستقر در قسمت تحتانی پی استفاده می شود.

**چه موقعی می توان از پی منفرد استفاده کرد؟**

۱- زمانی که حجم بار وارد بر شالوده در قیاس با مقاومت مجاز خاک آنقدر زیاد نباشد که منجر به ابعاد بزرگ و غیر متعارف شالوده شود.

۲- زمانی که ستون روی شالوده خروج از مرکزیت ایجاد نکرده باشد. به عبارتی ستون در مرکز شالوده یا حدوداً در مرکز شالوده قرار گرفته باشد.

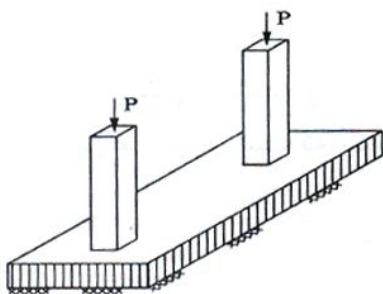
با توجه به بند فوق می توان نتیجه گرفت که در سازه های بتنی که پای ستون گیردار است استفاده از این نوع پی توصیه نمی شود زیرا لنگر پای ستون باعث ایجاد خروج از مرکزیت می شود در حالی که این نوع شالوده قادر نیست لنگر را به خوبی انتقال نماید. علاوه بر این در صورت وجود برون محوری، فشار در یک طرف فونداسیون بزرگتر از طرف دیگر می شود که این اختلاف فشار باعث نشست نامساوی دو طرف و در نتیجه کج شدن فونداسیون می شود. طراحی پی منفرد جهت انتقال لنگر منجر به ابعاد بزرگ پی در پلان می شود. در بعضی کتب استفاده از پی منفرد تحت بار برون محور فقط در خاک های متراکم و یا بستر سنگی مجاز دانسته شده است به شرطی که پی هم برای بار محوری ستون و هم برای لنگر گیرداری طراحی شده باشد. البته در این حالت نیز عدم قطعیت زیادی در رابطه با تخمین واقعی لنگر ها و خروج از مرکزیت ها وجود دارد. هنگامی که فونداسیون منفرد در مجاورت حریم گذر یا ملک شخص دیگری قرار دارد استفاده از این فونداسیون ممکن نیست.

کلاف (شناز):

وقتی که در یک ساختمان از فونداسیون های منفرد استفاده می شود، آن ها را باید توسط کلاف هایی به یکدیگر متصل نمود. کلاف ها به هیچ وجه برای جلوگیری از نشست های نامساوی نیستند و وظیفه آن ها بستن پی های منفرد به یکدیگر و جلوگیری از جابه جایی آن ها مخصوصاً در مقابل تکان های ناشی از زلزله می باشد.

شناژ عنصری است غیر سازه ای یا سازه ای درجه ۲ که هیچ نقشی در تحمل بارهای وارده و انتقال آن ها به زمین نداشته و نمی تواند نشست های نامتجانس (نشست نسبی) را کنترل کند. تنها وظیفه شناژ به هم کلاف کردن شالوده و جلوگیری از حرکت افقی آن ها نسبت به یکدیگر است.

پی دوستونی:



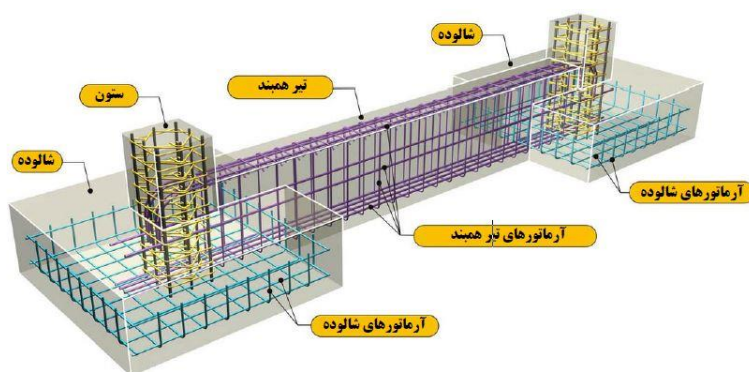
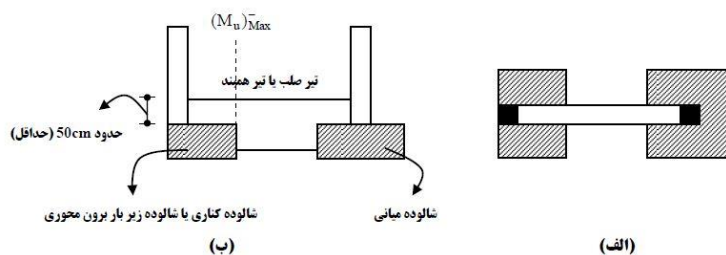
اگر دو ستون بهم نزدیک باشند به نحوی که فاصله پی های منفرد آنها کمتر از نصف فاصله دو ستون گردد، اقتصادی و مناسب است که از پی دو ستونی استفاده شود. کاربرد اصلی این نوع شالوده در مواردی است که نمی توان یک ستون را به طور مرکزی بر روی پی منفرد قرار داد مانند ستونهای کناری (در نوار مرزی ساختمانهای محدود). شالوده دو ستونی می تواند به صورت مستطیلی، دوزنقه ای، باسکولی، تی شکل و حفره ای طرح شوند. این پی ها به نحوی طراحی می شوند که مرکز هندسی آنها بر نقطه اثر برآیند بارهای وارده منطبق گردد.

شالوده باسکولی:

شالوده باسکولی به مجموعه ای از دو شالوده منفرد اطلاق می شود که منته به بارهای وارد بر یکی دارای برون محوری زیاد نسبت به مرکز شالوده بوده و شالوده ها با تیری صلب به یکدیگر مرتبط شده اند. این تیر صلب، که بخشی از بار یکی از شالوده ها را به دیگری منتقل می نماید، نباید متکی بر خاک باشد، زیرا در این صورت رفتار پی نواری را خواهد داشت.

دلایل استفاده از شالوده باسکولی:

- ۱- شالوده کناری نمی تواند از بر زمین تجاوز نماید.
- ۲- عدم انطباق مرکز هندسی شالوده کناری با ستون مربوطه
- ۳- خروج از مرکزیت باعث توزیع غیر یکنواخت شدید تنش فشاری زیر شالوده می شود.



نکات مربوط به پی باسکولی:

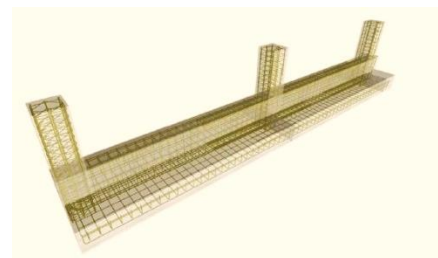
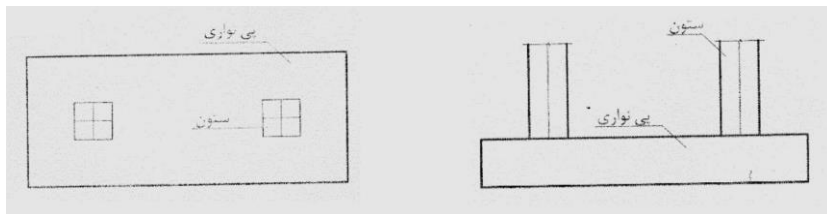
- ۱- تیر صلب بایستی بالاتر از سطح زمین قرار گرفته باشد (حداقل ۵ تا ۱۰ سانتی متر) تا در انتقال بار به زمین مشارکت نداشته باشد. تنها وظیفه این تیر به هم بستن پی ها به منظور جلوگیری از واژگون شدن پی کناری است.
- ۲- ارتفاع تیر صلب بایستی به گونه ای اختیار شده باشد که ممان اینرسی آن حداقل به اندازه ممان اینرسی پی زیر بار برون محور باشد به همین علت ارتفاع تیر صلب از ارتفاع پی بیشتر است.

توجه: در اجرا مشاهده می شود به غلط به جای پی باسکولی از شالوده ای که ارتفاع شناژ آن برابر ارتفاع پی و میلگرد بیشتر در بالا است استفاده می کنند.

نکته: استفاده از پی های تک و باسکولی در مناطق شهری که ساختمان ها به صورت متراکم در کنار هم ساخته می شوند و شالوده ها خروج از مرکزیت دارند به کل **مردود و ممنوع** است. برای رفع مشکل پی های تک باید تیر صلب به صورت شکل نشان داده اجرا شود اما ملاحظه می شود که پی باسکولی شامل بیش از ۲ ستون خواهد شد حال آنکه کلیه روابط پی باسکولی بر مبنای دو ستون محاسبه شده است.

پی نواری:

با اتصال فونداسیون های ستون های یک ردیف و یا برای فونداسیون زیر یک دیوار باربر، فونداسیون نواری ایجاد می گردد که نسبت طول به عرض آن بسیار زیاد است. این فونداسیون ها ممکن است با مصالح بنایی، بتن وزنی و یا بتن مسلح اجرا شوند. در صورت مسلح نمودن این فونداسیون ها، آرماتور های اصلی در راستای طولی قرار گرفته و معمولاً آرماتورهای عرضی نقش فرعی داشته و برای مقابله با تغییر شکل های مربوط به نشست و یا حرارتی را بر عهده دارند. برای افزایش سختی آن ها در مقابله با نشست غیر یکنواخت می توان آن ها را در مقطع عرضی به صورت T شکل و یا T معکوس اجرا نمود.

**پی شبکه ای:**

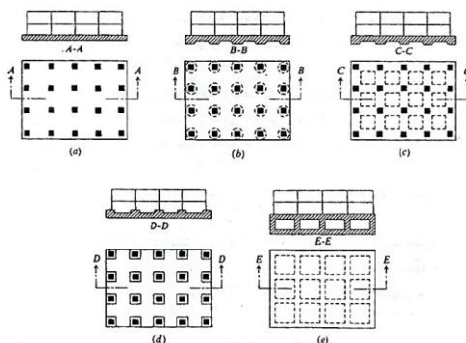
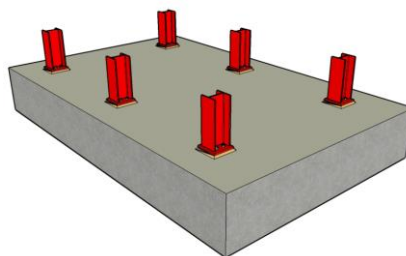
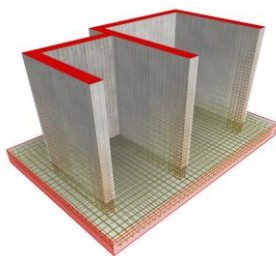
به لحاظ اقتصادی (کاهش هزینه قالب بندی) گاهی مقرون به صرفه است که پی های یک ردیف در هم ادغام و پی به صورت نواری اجرا گردد. چنانچه این نوار ها در هر دو امتداد عمد بر هم قرار گیرند، پی شبکه ای به وجود می آید. عملکرد این پی ها مرکب بوده و متفاوت از عملکرد شالوده های منفردی است که توسط کلاف به یکدیگر متصل می شوند. کلاف ها کلاً نقشی در جلوگیری از نشست پی های منفرد ندارند (قادر به تحمل برش و خمش نمی باشند) و تنها صلبیت جانبی سازه را افزایش می دهند.

**پی های گسترده:**

در صورت اجرای پروژه های بزرگ تر و سنگین تر بر روی زمین های با مقاومت کمتر و یا در صورت تفاوت قابل ملاحظه بار دیوارها و ستون های مجاور، جهت ایجاد عکس العمل یکنواخت و به حداقل رساندن نشست های غیر یکنواخت، مقابله با عوارض موضعی و نقاط ضعف موضعی و نقاط ضعف موردی در خاک بستر، در صورتی که استفاده از فونداسیون های منفرد و یا نواری میسر نباشد و یا بخش عمده زمین زیر بنا توسط فونداسیون های منفرد، نواری و یا شبکه ای اشغال شود، تمام محدوده زیر بنا به ساخت فونداسیون اختصاص داده می شود و تمامی بارهای دیوارها و ستون ها توسط یک سیستم یکپارچه دالی تحمل می شود. به این سیستم، **فونداسیون گسترده** و یا به اصطلاح فرانسوی، **رادیه جنرال** گفته می شود و معمولاً دو سفره آرماتور در پایین و بالای فونداسیون در دو جهت طولی و عرضی در آن به کار گرفته می شود. فونداسیون گسترده نیز به اشکال مختلف در پلان و مقطع اجرا شده که چند سیستم سازه ای آن را در شکل زیر نمایش داده شده است. پی های گسترده، دال های بتنی یکپارچه ای هستند که در پاره ای موارد با تلفیق تیرهای سخت کننده، دال های کف و سقف و دیوارهای پیرامونی یا میانی زیرزمینی، بار ستون ها و یا دیوارهای مختلف را حمل می کنند.

موارد استفاده از فونداسیون های گسترده:

- ۱- بارهای روسازه نسبتاً بزرگ بوده و شرایط خاک بستر ضعیف است به قسمی که مساحت فونداسیون های سطحی به اندازه کافی بزرگ و سطح قابل توجهی از پلان (بیش از ۵۰٪) توسط فونداسیون های منفرد اشغال شود که در این خصوص راه حل استفاده از فونداسیون گسترده ممکن است اقتصادی تر و ایمن تر باشد.
- ۲- خاک بستر متغییر و استفاده از فونداسیون های منفرد موجب نشست غیر یکنواخت زیاد شده و یا روسازه نسبت به وقوع نشست حساس باشد. در این مورد فاکتورهای پیوستگی، سختی نسبی فونداسیون گسترده نسبت به فونداسیون های منفرد تا حدود زیادی در تعدیل نشست ها موثر است.
- ۳- زمین زیر بنا مستعد تورم بوده و فشار تورم موجب جابجایی جدی فونداسیون های منفرد می شود.
- ۴- احتمال وقوع عوارض موضعی در بستر از جمله ریزش چاه، قنات و ایجاد حفره، مطرح بوده که فونداسیون گسترده با نقش پل زدگی مانع از سرایت عوارض نامطلوب به سازه می شود.
- ۵- ضعف استحکام و سختی پی های منفرد و شناژهای رابط که نمی تواند نشست های غیر یکنواخت را تعدیل نماید.
- ۶- احتمال تخمین نادرست بارهای روسازه که وقوع بارهای غیر عادی ایجاد غیر یکنواختی در توزیع تنش و نشست را ممکن است به دنبال داشته باشد.
- ۷- بارهای جانبی به طور یکدست در روسازه توزیع نشده و ممکن است جابجایی های افقی بیش از حد مجاز به فونداسیون های منفرد را به همراه داشته که فونداسیون گسترده با یکپارچگی مانع چنین وضعیتی خواهد شد.
- ۸- کف زیر سازه پایین تر از تراز آب زیرزمینی واقع شده و آب بندی کف مهم می باشد. بکارگیری فونداسیون گسترده موجب جلوگیری از نفوذ آب به زیر زمین شده و علاوه بر این تا حدودی با زیر فشار مقابله می شود.
- ۹- جهت افزایش باربری و تقلیل نشست، راه حل پی شناور (گودبرداری و پی سازی جای آن) مطرح شده که در این راستا تلفیق فونداسیون گسترده با دیوارها و سقف زیرزمین می تواند راه حل مطلوبی باشد.



شکل ۱-۱۵ انواع مختلف فونداسیون های گسترده (a) سیستم دال تخت (b) سیستم تارچی (در بالا یا پایین) (c) سیستم دال دیوار (دال گده دال سقف و دیوارهای میانی و جانبی (d) سیستم جعبه ای (e)

پی های عمیق:

از فونداسیون های عمیق زمانی استفاده می شود که خاک در اعماق سطحی دارای مقاومت باربری کافی نبوده و بارها باید به لایه های سخت زیرین منتقل شوند.

فونداسیون های عمیق را می توان به سه دسته تقسیم نمود:

- ۱- سیستم های لاغر متداول یا شمع
- ۲- سیستم های قطورتر که شامل پایه های عمیق و کیسون ها می شود.
- ۳- فونداسیون های عمیق تثبیت شده با المان های ستونی

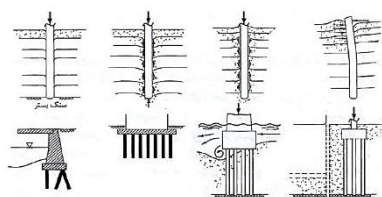
اغلب شمع های با قطر کم (لاغر) به داخل خاک کوبیده می شوند، در حالی که شمع های قطور پس از خاک برداری و حفر یک چاه عمیق به صورت درجا اجرا می شوند. البته مرز مشخصی بین قطر این شمع ها وجود ندارد. از پایه های عمیق و کیسون ها (فونداسیون های صندوقه ای) عموماً برای احداث کوله ها یا پایه های میانی پل ها و فونداسیون های سنگین و خاص همانند دکل های نفتی استفاده می شود. عمق استقرار فونداسیون های عمیق در مقایسه با دیگر ابعاد آن در پلان، به مراتب بزرگتر می باشد. از این نوع فونداسیون ها برای عبور از لایه های سطحی ضعیف و مسئله دار (از قبیل معضلات نشست پذیری، تورم زایی و فروریزی)، مصونیت در مقابل آب شستگی، تحمل نیروهای جانبی و کششی بزرگ، مقابله با اثرات حفاری های آبی در مجاورت پروژه، تراکم لایه های ضعیف در عمق، حذف مشکلات اجرایی پی سازی سطحی در شرایط بالا بودن سطح آب زیرزمینی استفاده می شود. در مبحث ۷ مقررات ملی ساختمان معیار دیگری برای پی عمیق عنوان شده است و آن عبارت است از اینکه هرگاه نسبت عرض به ارتفاع پی کمتر از یک ششم باشد و عمق آن از سه متر تجاوز نماید به آن پی عمیق می گویند. پی های عمیق بارهای وارده را علاوه بر عکس العمل کف که مشابه عملکرد پی های سطحی است، با عکس العمل جدار (اصطکاکی) نیز تحمل می نمایند. روش های مختلفی برای اجرای پی های عمیق مطرح است. شمع های کوبیدنی از نوع چوبی، بتنی و یا فولادی که از طریق انواع چکش ها، جک ها و ویبراتورها کوبیده، به زمین رانده می شوند. شمع ها و پایه های درجا توسط حفاری چاه و یا گمانه و سپس ریختن مصالح بنایی، بتن وزنی و یا مسلح و یا استقرار مقاطع پیش ساخته در مجاری حفاری شده اجرا می گردند. شمع های کوبیدنی درجا نیز شامل مواردی می شوند که ابتدا یک پوسته و یا غلاف به زمین رانده شده و سپس داخل آن با بتن پر می شود. پوسته و یا غلاف پس از بتن ریزی در محل باقی مانده و یا بیرون کشیده می شود.

شمع ها:

رایج ترین نوع فونداسیون عمیق شمع ها (Pile) هستند. یک شمع عضو سازه ای نسبتاً بلند، لاغر و ستونمانندی است که با قرار گرفتن در داخل خاک وزن سازه را به خاک زیرین منتقل می نماید. شمع در واقع همان ستون است که در داخل خاک مستقر شده است. شمع بارهای وارده از روسازه را در عمق خاک عبور داده و آنرا به خاک مقاوم تر (در عمق بیشتر) منتقل می کند.

دسته بندی شمع ها از لحاظ نوع جنس:

- ۱- شمع های بتنی (بتن پیش ساخته و یا بتن درجا)
- ۲- شمع های فولادی
- ۳- شمع های چوبی (چوب فرآوری شده)
- ۴- شمع های با مصالح ترکیبی



شکل ۱-۱۶ نمونه هایی از کاربردهای فونداسیون های عمیق

دسته بندی شمع ها از لحاظ نحوه انتقال بار به زمین :

- ۱- شمع های باربری نوک
- ۲- شمع های اصطکاکی
- ۳- شمع های با باربری نوک و جداره
- ۴- شمع های مایل

دسته بندی شمع ها از نظر نحوه اجرا :

- ۱- شمع های کوبشی (پیش ساخته)
- ۲- شمع های درجا

بررسی شمع ها از منظر جنس مصالح:**شمع های فولادی:**

انواع معمول شمع های فولادی، شمع های لوله ای و شمع های H می باشند. شمع های لوله ای نیز در دو حالت انتهایی بسته و انتهایی باز به زمین کوبیده می شوند. هرچند که از تیر آهن های I و بال پهن نیز می توان برای شمع کوبی استفاده کرد، لیکن تیر آهن ها با نیمرخ H به علت مساوی بودن ضخامت بال و جان معمولاً ترجیح داده می شوند. در صورتی که طول مورد نیاز برای شمع بزرگتر از طول یک شاخه شود، شمع های فولادی را به وسیله جوش و یا پرچ به یکدیگر وصله می کنند. وقتی که انتظار لایه ای سخت نظیر شن متراکم، شیل و سنگ نرم می رود در نوک شمع فولادی از کفشک استفاده می شود. در زمین های باتلاقی، خاک های نباتی، مناطق ساحلی و سایر خاک های خورنده، املاح خاک و آب می توانند شمع های فولادی را تحت حملات شیمیایی قرار داده و خوردگی ایجاد نمایند. خاک هایی که PH آن ها بزرگتر از ۷ است خورنده نیستند. برای جبران کردن کاهش ضخامت به علت خوردگی بر ضخامت محاسباتی، معمولاً یک ضخامت اضافی در نظر گرفته می شود. برای جلوگیری از خوردگی، در روی شمع ها می توان از یک لایه پوشش **اپوکسی** استفاده کرد. این پوشش که در کارخانه روی شمع ها زده می شود، در هنگام حمل و نقل و کوبیدن شمع، به سختی آسیب پذیر است. گاهی مواقع برای جلوگیری از خوردگی شمع فولادی، از پوشش بتنی استفاده می شود.

شمع های بتنی:

این نوع شمع ها به دو دسته تقسیم می شوند. شمع های بتنی پیش ساخته و شمع های ساخته شده در محل. شمع های بتنی پیش ساخته را می توان تقریباً به هر شکل و اندازه ای در کارخانه ساخت. مقاطع معمول این نوع شمع ها مربع، دایره و چند ضلعی است. شمع های بتنی پیش ساخته معمولاً با طول ۱۸ متر می سازند. در سر شمع های بتنی پیش ساخته برای جلوگیری از تخریب شمع در موقع کوبیده شدن **کلاهک فلزی** نصب می کنند.

شمع های چوبی:

شمع های چوبی از جمله پر مصرف ترین نوع شمع ها هستند. مقطع آنها معمولاً به شکل مربع و به ابعاد ۲۲۵*۲۲۵ میلیمتر تا ۶۵۰*۶۵۰ میلیمتر به طول ۱۲ متر ساخته می شود. این شمع ها از تنه درختی با چوب سخت نظیر کاج و بلوط درست شده است و دو سر آنها برای جلوگیری از خوردگی شن در موقع کوبیدن با **کلاهک فلزی** مسلح می سازند. شمع های چوبی از جمله مقطع دایره ای را معمولاً بدون کندن پوست بکار می برند تا نیروی اصطکاک حاصله بین سطح جانبی شمع و زمین به حداکثر مقدار ممکن افزایش یافته و شمع قابلیت تحمل فشار زیادی داشته باشد. قطر شمع های چوبی استوانه ای ۲۰ تا ۲۵ سانتی متر است. شمع های چوبی نسبت به شمع های دیگر ارزانتر و از لحاظ برش و اتصال آسانتر و حمل و نقل و اجرای آنها نیز نسبتاً راحت است. حداکثر طول شمع ها را به فواصل ۸۰ تا ۱۲۰ سانتیمتر از همدیگر و به صورت یک در میان می کوبند. پس از آنکه شمع به اندازه کافی در زمین فرو رفت انتهایی آن را با اره مخصوص قطع می کنند به طوری که همگی در یک سطح قرار می گیرند. برای آنکه فشار یکنواختی به شمع ها وارد آید، می توان آنها را با چوب های افقی بهم وصل کرد و روی آنها قرار داد. امروزه روش های مختلفی برای جلوگیری از پوسیدگی چوب در آب و یا در خشکی وجود دارد که با استفاده از آنها به میزان قابل توجهی از خطر پوسیدگی و حمله حشرات کاسته می شود.

شمع های مرکب:

در شمع های مرکب، قسمت فوقانی و تحتانی شمع از دو مصالح مختلف ساخته می شوند. به عنوان مثال، شمع های مرکب ممکن است از فولاد و بتن و یا چوب و بتن ساخته شوند. شمع های مختلط فولاد و بتن مرکب از قسمت تحتانی فولاد و قسمت فوقانی بتن درجا می باشند. این نوع شمع وقتی مورد استفاده قرار می گیرد که طول شمع لازم برای تامین ظرفیت باربری از ظرفیت باربری بتن در جای ساده تجاوز کند. شمع های مختلط چوب و بتن دارای قسمت تحتانی چوبی می باشند که به طور دائم در سرفه آب زیرزمینی قرار دارد و قسمت فوقانی آن ها از بتن است. در هر صورت ایجاد وصله در محل تلاقی دو مصالح مشکل بوده و به همین علت است که شمع های مختلط دارای کاربرد وسیعی نمی باشند.

بررسی شمع ها از منظر نحوه انتقال بار:**شمع های با باربری انتهایی:**

شمعی که قسمت عمده باربری آن توسط مقاومت مصالح فونداسیون که **نوک شمع** در روی آن قرار گرفته انجام می شود. از شمع های باربری نوک معمولاً در خاک هایی استفاده می شود که در آن لایه خاک سفت در زیر لایه فوقانی نرم قرار گرفته است. در صورتی که لایه نرم فوقانی نشست هم نماید شمع در معرض یک نیروی رو به پایین اضافی هم قرار می گیرد که شمع باید برای تحمل این نیرو ها هم طراحی شده باشد.

شمع های اصطکاکی:

در مواقعی که زمین خوب در اعماق زیاد و دور از دسترس باشد ممکن است شمع ها مقاومت خود را از طریق نیروی اصطکاکی که بین سطوح جانبی آنها و زمین به وجود می آید کسب کنند. این نوع شمع ها را **شمع های اصطکاکی** می نامند. از شمع های اصطکاکی اغلب در رس های نرم که مقاومت انتهایی کم بوده و احتمال برش سوراخ کننده در نوک شمع وجود دارد استفاده می شود. شمعی که در برابر نیروهای رو به بالا یا برکنش مقاومت می کند هم جزو شمع های اصطکاکی محسوب می شود.

شمع های باربری نوک و جداره

شمعی که بار را از طریق ترکیب مقاومت جدار و نوک انتقال می دهد در این رده قرار می گیرد.

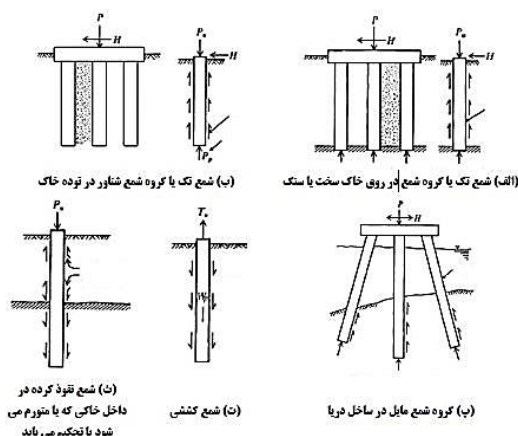
شمع مایل:

شمعی که با زاویه مایل داخل خاک کوبیده می شود تا مقاومت بیشتری در برابر بارهای جانبی ایجاد نماید.

بررسی شمع ها از منظر نحوه اجرا:

شمع ها یا به داخل خاک کوبیده می شوند یا اینکه پس از حفر چاه در داخل آن به صورت درجا اجرا می شوند. شمع هایی که به داخل خاک رانده می شوند بسته به میزان خاکی که به طرفین می رانند به دو نوع جابجایی کم و جابجایی زیاد تقسیم می شوند. ظرفیت باربری یک شمع بستگی به مقاومت شمع و مقاومت خاک زیرین دارد. تخمین ظرفیت باربری شمع ها بسیار پیچیده است. ظرفیت باربری شمع ها را می توان توسط تحلیل های استاتیک، تحلیل های دینامیک یا آزمایش های بارگذاری بدست آورد. در تحلیل های استاتیکی که اغلب برای طرح اولیه استفاده می شود، ظرفیت باربری بر مبنای ملاحظات هم چون مقاومت خاک، هندسه شمع، مقاومت کف، مقاومت جداری، اثر گروه، وجود لایه باربر و ... بدست آورد.

در شمع های بلند لاغر، مقاومت نوک شمع دارای اهمیت کمی می باشد، در نتیجه این شمع ها معمولاً به صورت اصطکاک عمل می نمایند هر چند در خاک های رسی بیشتر مقاومت توسط چسبندگی تامین می شود. تخمین طول شمع همواره کار راحتی نیست. چنانچه شمع ها از نوع باربری نوک بوده و در روی مصالح سخت سنگ قرار گرفته باشند، در این حالت طول شمع مشخص بوده و شمع همانند یک ستون کوتاه عمل می نماید که می توان اثر خاک نرم اطراف آن را در نظر نگرفت. بنابراین اندازه شمع بستگی به ظرفیت باربری مصالح باربر کف و مقاومت شمع دارد. اما زمانی که خاک باربر سختی وجود ندارد، باید از شمع های اصطکاک استفاده نمود. در این حالت طول شمع بستگی به اندازه شمع و مقاومت جداری در طول شمع دارد که این مقاومت خود بستگی به مقاومت برشی خاک یا چسبندگی رویه شمع دارد. بعضی وقت ها نیز شمع ها پس از عبور از یک لایه خاک نرم و برخورد با یک خاک سخت چندین متر در داخل این خاک ادامه یافته و به صورت یک شمع اصطکاک - باربری کف عمل می نماید. شمع های کوتاه را می توان داخل خاک های دانه ای کوبید تا خاک نزدیک سطح زمین متراکم شود. چنین شمع هایی را **شمع های تراکمی** می گویند. از شمع ها معمولاً به صورت گروهی استفاده می شود به طور مثال می توان از سه شمع برای تحمل وزن یک ستون با بار سنگین استفاده نمود. برای توزیع مناسب بارها از **روسازه** به شمع ها معمولاً از یک **کلاهی بتنی** یا همان **سرشمع** استفاده می شود. یک گروه متشکل از چندین شمع را می توان با هر نوع آرایشی در زیر ستون، دیوار یا فونداسیون های مرکب استفاده نمود. معمولاً برآیند نیروهای شمع ها با برآیند بارهای وارده منطبق است. فاصله شمع ها باید به اندازه ای باشد که ظرفیت باربری هر شمع منفرد کاهش پیدا نکند در غیر این صورت رفتار گروهی باید در نظر گرفته شود. در صورتی که گروه شمع در معرض نیروهای جانبی بوده و مقاومت جانبی شمع های قائم پاسخگوی نیروی جانبی نباشد، آنگاه باید از شمع های زاویه دار یا مایل استفاده شود. علاوه بر این در صورتی که نیروهای لنگر واژگونی نیز قابل توجه باشد، آنگاه شمع ها باید در مقابل نیروی کششی هم مقاومت نمایند.

**پایه های عمیق و کیسون ها:**

فونداسیون از نوع پایه های عمیق یک سیستم فونداسیون مشابه شمع های درجا است که از اعضاء ستون مانند بتن مسلح تشکیل شده است. قطر پایه های عمیق آنقدر هست که بتوان داخل آن ها را بازرسی چشمی نمود. به پایه های عمیق اغلب محورها های حفاری شده، شمع های درجا یا کیسون های حفاری شده هم می گویند باید توجه داشت که پایه های عمیق و کیسون ها اندکی با هم متفاوت اند. پایه های عمیق مشابه شمع های درجا بوده و اغلب دارای قطر بزرگی هستند و از بتن مسلح ساخته می شوند اما کیسون ها همان پایه های عمیق با قطر بزرگ هستند. کیسون همچنین می تواند یک سازه آب بند زیرزمینی باشد که عملیات ساختمانی در داخل آن انجام می گیرد.

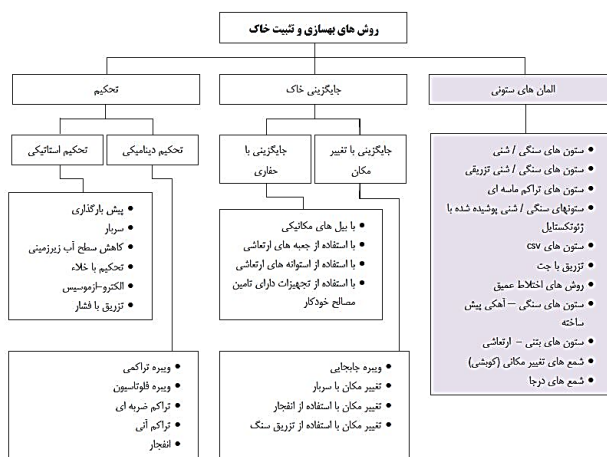
کیسون ها را به سه دسته می توان تقسیم نمود:

- ۱- فونداسیون های صندوقه ای جعبه ای یا شناور (رو باز و ته بسته)
- ۲- پی صندوقه ای باز (رو باز و ته باز)
- ۳- پی صندوقه ای بادی (رو بسته، ته باز و پر شده با هوای متراکم جهت جلوگیری از ورود آب به داخل فضای داخلی)

در عمل از این نوع پی ها بیشتر برای سازه های دریایی استفاده شده و بصورت پیش ساخته می باشند، به نحوی که بتوان آنها را بصورت شناور به محل مورد نظر حمل و سپس آنرا تثبیت نمود. تثبیت صندوقه در محل با پر کردن آن از آب و یا مصالح وزین دیگر انجام می شود.

فونداسیون های عمیق تثبیت شده باالمان های ستونی:

در هنگام ساخت و اجرای راه ها، راه آهن ها و دیگر سازه های مهندسی بر روی خاک های نرم معمولاً با مسائلی همانند نشست های بیش از اندازه، تغییر شکل و مسائل مربوط به پایداری مواجه می شویم. برای جلوگیری و یا کاستن از این گونه مسائل روش های متعددی در مهندسی ژئوتکنیک وجود دارد که بهسازی و تثبیت خاک یکی از آن ها می باشد. بهسازی و تثبیت خاک حوضه ی وسیعی از روش ها و تکنیک ها را شامل می شود. روش های بهسازی خاک با استفاده از المان های ستونی در مهندسی ژئوتکنیک از سال ۱۹۶۰ تا به اکنون رشدی روزافزون را شاهد بوده است. این روش ها در ساخت راه ها و خاکریزهای راه آهن و همچنین فونداسیون های مخازن، انبارها و ساختمان های سبک به کار گرفته می شوند. اصل اساسی در این روش، کاهش و تخفیف بار وارده بر خاک های نرم بدون ایجاد تغییر قابل توجه در ساختار آن ها می باشد و این امر با نصب سازه های ستون و یا شمع مانند با الگوی شبکه ای که تا لایه باربر امتداد دارند محقق می گردد. بر روی ستون ها از یک پلتفرم انتقال بار که معمولاً شامل مسلح کننده های ژئوتکستایل یا ژئوگرید و یا یک صفحه ی صلب است استفاده می شود. کاهش تنش در خاکهای نرم ناشی از توزیع مجدد بارهای خاکریز از طریق اثر قوس زدگی و متعاقب آن مسلح کنندگی ژئوتکستایل و یا ژئوگرید است که این مسلح کنندگی توسط اثر غشایی تأمین می شود. در نتیجه تراکم پذیری خاک بهسازی شده کاهش یافته و ظرفیت باربری و مقاومت برشی افزایش می یابد. از آنجائی که اکثر سازه های شمع همانند زهکش های قائم عمل می نمایند، تحکیم خاک های نرم تسریع یافته و بنابراین نشست ها پس از احداث سازه به میزان قابل توجهی کاهش می یابند.



روش های بسیاری برای ایجاد المان های عمیق وجود دارند. البته این روش ها را اغلب در قالب سیستم های تثبیت خاک در نظر می گیرند، ولی به هر حال عملکرد آنها ایجاد یک فونداسیون عمیق جهت انتقال بار به لایه های زیرین است. تعدادی از این روش ها عبارتند از:

شمع های اختلاط درجا: این شمع ها با استفاده از تزریق با فشار دوغاب سیمان یا آهک داخل خاک ایجاد می شوند. همزمان با تزریق دوغاب به داخل خاک یک مته یا پره، خاک را اختلاط می نماید تا شمع درجا ایجاد شود.

ستون های سنگی ارتعاشی: در این روش با استفاده از غرقاب کردن و ایجاد ارتعاش یا دیگر روش ها یک حفره قائم استوانه ای در داخل خاک ایجاد شده و با شن یا سنگ متراکم پر می شود.

ستون های سنگی تزریقی: این روش مانند روش فوق است با این تفاوت که حفاری با بنتونیت، سیمان یا مخلوط آب - ماسه - بنتونیت پر می شوند.

ستون های لرزه ای بتنی: مشابه ستون های سنگی، اما به جای سنگ از بتن استفاده می شود.

فونداسیون های ویژه:

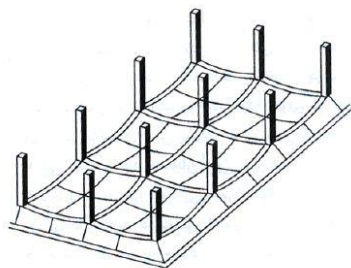
دال های سطحی به عنوان پی گسترده جهت تأمین پاره ای ضروریات اجرایی، فنی، اقتصادی و سرویس دهی ممکن است به طور خاصی در عمل مورد استفاده قرار گیرد که در ادامه به بررسی تعدادی از این فونداسیون های خاص می پردازیم.

پی های شناور:

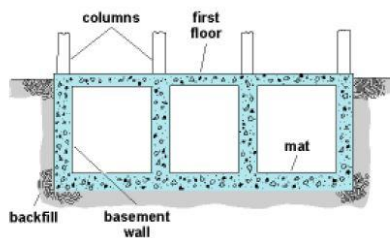
پی های شناور در مواردی کاربرد دارند که لایه های نشست پذیر و یا ضعیف تا عمق قابل توجهی وجود داشته و استفاده از شمع هم امکان پذیر نباشد. در آن صورت می توان پی گسترده سازه را در عمق پایین تر مستقر و با برداشت خاک حاصل از گودبرداری با بار ثقلی حاصله از روسازه مقابله و یا حتی فشار روسازه با میزان خاک حاصل از حفاری معادل نمود. در این حالت آنقدر خاک حفاری و برداشت می شود که وزن خاک گودبرداری شده بعلاوه نیروهای بلند کننده ناشی از فشار هیدرواستاتیکی با بار ناخالص روسازه و زیرسازه برابر شود. به عبارت دیگر فشار در کف خاک گودبرداری شده تغییر نخواهد کرد. یعنی فشار خاک جابجا شده برابر فشار ایجاد شده توسط ساختمان خواهد شد و به لحاظ نظری نشست ایجاد نخواهد شد. در این حالت به نظر می رسد که سازه در روی خاک همانند کشتی در روی آب شناور است. چنانکه وزن خاک جابجا شده در اثر حجم زیرزمین سازه طبق اصل ارشمیدس وزن سازه شناور را به تعادل رسانده است. معمولاً یک متر مکعب خاک را می توان به لحاظ وزنی معادل دو طبقه ساختمان مسکونی معمولی در هر متر مربع به حساب آورد. به طور طبیعی این مسئله تنها یک مدل نظری می باشد زیرا در اثر تغییر بارهای زنده و تراز آب زیرزمینی، ناهنگمی خاک و تراکم مجدد آماس خاک حفاری شده، مقداری نشست رخ خواهد داد. برای ساختمان های بلند استفاده از ایده شناوری نیازمند ایجاد چندین طبقه زیرزمین خواهد بود که خود با مشکلات اجرایی بسیاری همراه است و بعضاً وزن طبقات زیرزمینی خود قابل توجه می باشد. بنابراین استفاده از فونداسیون های گسترده با شناوری جزئی به جای شناوری ناقص اقتصادی تر خواهد بود. همچنین از آنجائی که فونداسیون های گسترده شناور در عمق خاک اجرا می شوند مسئله تراز آب زیرزمینی باید در نظر گرفته شود مخصوصاً تراز آب زیرزمینی بالا در فصول بارانی. در چنین حالتی نیاز به فونداسیون های جعبه مانند آب بند خواهد بود در طراحی چنین فونداسیون هایی اثر غوطه وری و فشارهای جانبی باید مدنظر قرار گیرند.

پی های سلولی و پوسته ای:

بر اساس استفاده از عملکرد، شکل پی در ساختار پی های شناور و یا تقلیل وزن مرده بتن در پی های حجیم مدفون، و نیز تامین سختی کافی در طبقات مختلف زیرزمین از صفحات متناوب و مقاطع جهت تامین مقاومت کافی در مقابل نیروهای برشی و لنگر خمشی و نیز صرفه جویی در احجام بتن و آرماتور مصرفی استفاده می شود ویژگی های فرمی روسازه عاملی تعیین کننده در انتخاب شکل این پی ها می باشد.



شکل ۲۱-۱ فونداسیون پوسته ای



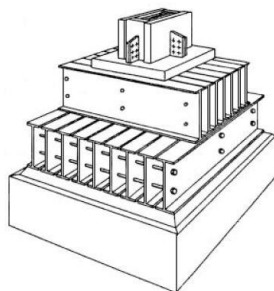
شکل ۲۰-۱ فونداسیون شناور

پی های باکسی یا جعبه ای:

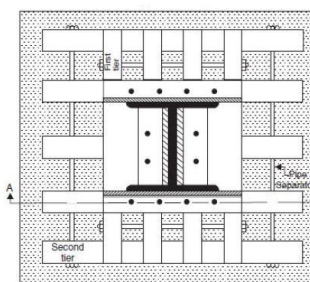
در مواردی که سازه سنگین تر و از اهمیت ویژه ای برخوردار باشد، سیستم فونداسیون باید از صلبیت خمشی ویژه ای برخوردار بوده که بدین ترتیب تلفیق دال های کف و سقف و نیز دیوارهای اطراف و میانی زیرزمین، ملاحظات خاص تحلیل، طراحی سازه ای و اجرای پی های شناور را مطرح می سازد.

پی های فولادی یا پروفیله:

استفاده از پی های فولادی در مواردی است که بارهای حاصل از روسازه سنگین و زمین بستر سخت و یا سنگی باشد و راه حل های استفاده از بتن مسلح پاسخگوی وضعیت سیستم های معمول پی سازی نبوده که در این صورت استفاده از پروفیل های فولادی بال پهن در دو لایه عمود و بر روی یکدیگر با قالب بتنی درجا در اطراف به کار گرفته می شود. در موارد بارهای کمتر و در دسترس نبودن پروفیل های بال پهن فولادی و یا پی سازی موقتی در بستر های سست، می توان از دو ردیف الوارهای چوبی متعامد روی هم محصور در بتن استفاده کرد.



(ب)



(الف)

شکل ۲۲-۱ شالوده فولادی یا پروفیل (الف) نمای فوقانی (ب) نمای سه بعدی

پی های منفرد چسبان:

اگرچه پی گسترده در میان پی های سطحی راه حل نسبتاً مناسبی به شمار می رود، ولی ایراداتی از قبیل معضلات اجرایی و بتن ریزی یکپارچه، غیر اقتصادی بوده و در نهایت وقوع نشست های زیاد را به دنبال دارد. به طور کلی وقوع نشست در خاک اعم از تحکیمی و آبی را می توان تابعی از شدت بارگذاری و عرض پی محسوب نمود. در این صورت با توجه به عرض نسبتاً زیاد پی های گسترده در مقایسه با پی های نواری و منفرد و منطقه تاثیر تنش نسبتاً زیاد در زیر پی معضلات نشست در زیر پی های گسترده ممکن است برای سازه های مهم و سنگین از محدوده مجاز نشست ها تجاوز نماید. به علاوه برای پروژه های سنگین فشارهای بزرگی را به زمین وارد می سازند و معضلات باربری نیز به صورت قابل توجهی مطرح خواهد بود. در این خصوص می توان با تلفیق پی گسترده به همراه پی های عمیق و مشارکت در باربری، یکی از کاملترین انواع فونداسیون ها را اجرا نمود.

ضوابط کلی و ملاحظات دیگر در طراحی فونداسیون ها:

به طور کلی ضوابط زیر در طراحی پی ها باید مد نظر قرار گیرند:

- ۱- عمق پی ها می بایست به قدر کافی زیاد باشد تا از بیرون زدگی جانبی مصالح از زیر پی برای شالوده ها و پی های گسترده جلوگیری شود. بطور مشابه در گود برداری پی می بایست این نکته مد نظر باشد که مشکل بیرون زدگی مصالح پی می تواند برای شالوده های ساختمان موجود در نواحی مجاور گود اتفاق بیفتد و ضرورت دارد که تدابیر مقتضی در نظر گرفته شود. تعداد ترک های ناشی از نشست که به هنگام گود برداری برای سازه های مجاور مالکین ساختمان های موجود یافت می شوند، بسیار قابل توجه می باشد.
- ۲- عمق شالوده ها می بایست زیربخشی از خاک باشد که دارای تغییرات حجمی فصلی ناشی از یخ زدگی، ذوب شدن یخ و رشد گیاهان می باشد. اکثر آیین نامه های ساختمانی محلی مقررات مربوط به حداقل عمق پی را در بردارد.

- ۳- در پی ممکن است لازم شود شرایط خاک منبسط شونده در نظر گرفته شود در چنین شرایطی بنای ساختمان در جهت حبس بخار آب موجود در خاک است که به طرف بالا حرکت می نماید. این بخار آب به تدریج فشرده شده و خاک واقع در بخش درونی زیر دال کف و پی ساختمان را حتی در شرایطی که تغییر محیطی به طور عادی روی می دهد اشباع می نماید.
- ۴- علاوه بر ملاحظات مربوط به مقاومت فشاری، سیستم پی می بایست در برابر واژگونی، لغزش و هر نوع بالا زدگی (شناوری) ایمن باشد.
- ۵- سیستم پی باید در برابر خوردگی یا تخریب ناشی از تماس با مواد مضر موجود در خاک محافظت گردد.
- ۶- سیستم پی باید بتواند تغییرات بعدی را در ناحیه یا هندسه ساختمان تحمل کند و در صورت لزوم به ایجاد تغییرات در سازه فوقانی و بارگذاری به سادگی قابل اصلاح باشد.
- ۷- پی می بایست توسط نیروی انسانی موجود در محل قابل ساخت باشد.
- ۸- اجرا و توسعه محل می بایست مطابق با استانداردهای محیط زیستی محل باشد، از جمله اینکه می بایست تعیین شود که آیا ساختمان از طریق تماس با زمین در معرض آلودگی است یا خیر.

انتخاب سیستم فونداسیون:

انتخاب سیستم فونداسیون بستگی به نوع سازه، موقعیت، بزرگی و نوع نیروهای دارد که باید به زمین منتقل شوند و همچنین شرایط زیرسطحی، ظرفیت باربری و نشست خاک و همچنین شرایط آب زیرسطحی. ساختمان می تواند در روی خاک یا به صورت مستقیم یا غیر مستقیم بر روی سنگ بنا شود. به طور طبیعی زمانی که سنگ بستر در نزدیکی سطح است فونداسیون های سطحی را می توان مستقیماً در روی سنگ بستر بنا نمود. اما اگر سنگ بستر در عمق زیادی باشد آنگاه صلبیت خاک فوقانی و بزرگی بارها تعیین می نمایند که آیا لزومی وجود دارد که ساختمان مستقیماً یا غیر مستقیم بر روی سنگ بنا شود. هنگامی که ساختمان بر روی خاک احداث می شود، انتخاب نوع فونداسیون بستگی به ظرفیت باربری و نشست و همچنین سازگاری با روسازه دارد. هنگامی که خاک متشکل است از لایه های سخت ضخیم، استفاده از شالوده های سطحی یا گسترده می تواند رضایت بخش باشد. اما در صورتی که خاک موجود دارای ضخامت زیاد ولی مقاومت پایین باشد، ساختمان های بلند را نمی توان تنها در روی پی گسترده بنا نمود، زیرا احتمال وقوع نشست های بیش از حد وجود دارد مگر اینکه عمق استقرار را افزایش دهیم تا ساختمان به صورت شناور رفتار نماید. استفاده از شمع های اصطکاکی می تواند بار پی گسترده را به عمق منتقل نماید. چنانچه خاک نرم در بالای خاک سخت قرار داشته و ضخامت لایه خاک نرم زیاد باشد، می توان از پایه های عمیق و شمع های باربری نوک استفاده نمود. استفاده از شالوده منفرد در صورتی که نشست های تفاضلی کنترل شده باشند نیز دارای توجه اقتصادی بهتری خواهد بود. از طرف دیگر هنگامی که خاک سخت در بالای خاک نرم قرار گرفته باشد، در بارهای سنگین فونداسیون های گسترده احتمالاً به همراه شمع برای کنترل نشست ها مورد نیاز خواهد بود. برای بارهای سبک هم فونداسیون های سطحی رضایت بخش خواهند بود.

پدستال:

پدستال ها عبارتند از ستونهای بتنی کوتاه و کم آرماتور و حتی گاهی بدون آرماتور که عموماً روی پی های بتنی اجرا شده و روی آن ها صفحه زیر ستون نصب شده و سپس ستون های فلزی روی صفحه نصب می گردد. این ستون ها بدلیل ابعاد نسبتاً زیاد (از نظر عرضی زیاد و ارتفاعی کم) جزو ستون های کوتاه محسوب می شوند و لذا تحمل مقاومت فشاری آنها بسیار زیاد می باشد.

دلایل استفاده از پدستال:

- ۱- بخشی از ستون فلزی داخل خاک مدفون باشد که به جهت پوسیدگی آن از پدستال ها در همان بخش استفاده می کنند.
- ۲- زمانیکه ارتفاع ستون فلزی زیاد باشد و به جهت مهار کردن لاغری آن در بخشی از آن از پدستال استفاده می کنند.
- ۳- لنگر در پای ستون یا نباشد یا کم باشد.
- ۴- در بخش زیر زمین ساختمان با ارتفاع حدود ۳ متر بخواهیم فضای قابل استفاده داشته باشیم.
- ۵- زمانیکه بخواهیم بخش زیر زمین ساختمان را به جای ستون های فلزی با پدستال های بتنی اجرا و در حقیقت پدستال ها با پی تولید یک پی جدید بنماید و در محاسبات سازه به صورت پی وارد شود.
- ۶- زمانیکه بخواهیم ستونهای اکسپوز (در نما و دید) فلزی از کف به بالا باشد.
- ۷- برای جبران اختلاف سطح در یک ساختمان که بر روی زمین شیب دار قرار گرفته است، اجرای پدستال های با ارتفاع های متفاوت بر حسب شیب موجود راهکار مناسبی است.

توصیه می شود پدستال ها فقط زمانی استفاده شوند که لنگر در پای ستون کم باشد، در غیر اینصورت محاسبات آنها مانند ستون های بتنی بوده و آرماتورهای مورد نیاز را باید محاسبه کرد. جهت خرد نشدن سطح پدستال معمولاً از یک شبکه آرماتور ضعیف تا حد نمره ۱۴ روی پدستال و زیر صفحه زیر ستون استفاده می کنند.



دانشجویان عزیز:

جهت کسب اطلاعات و جزئیات بیشتر در رابطه با این فصل به کتاب های پی سازی و جزوات آقای کریم مراجعه نمایید.



فصل پنجم

مطالبی که به زیر آن ها خط کشیده شده، مطالعه آزاد می باشند و فاقد ارزش امتحانی هستند.

قالب و قالب بندی

تعریف قالب:

طبق محبت نهم مقررات می ساختمان قالب، سازه ای 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 مذکور را تحمل کنند. سیستم قالب بندی شامل رویه، بدنه، پشت بندها، وادارها، داربست بندی، قطعات اتصال، میله های تنظیم و نظایر آن ها می باشد. قالب بندی یکی از قسمت های اجرایی بسیار دشوار و پر هزینه در سازه های بتن آرمه است؛ به طوری که می توان گفت معمولاً ۳۵ تا ۶۵ درصد هزینه اجرای بتن به قالب بندی آن اختصاص می یابد.

داربست سازه ای موقت است که برای نگهداری قالب بندی، سکوها کار و تحمل بارهای در حین اجرا برپا می شود و شامل شمع بندی، پایه های قائم، صفحات افقی، بادبندها، و زیر سری ها و همانند آن است.

عملکردهای قالب:

- ۱- قالب باید بتن را در شکل مورد نظر در محدوده رواداری های مجاز نگاه دارد.
- ۲- به سطح بتن نمای دلخواه بدهد.
- ۳- وزن بتن را تا زمان سخت شدن و کسب مقاومت کافی تحمل کند.
- ۴- قالب باید بتن را در برابر صدمات مکانیکی حفظ کند.
- ۵- از کم شدن رطوبت بتن و نشت شیره آن جلوگیری نماید.
- ۶- عایقی مناسب در برابر سرما و گرما باشد.
- ۷- میلگردها و سایر اجزای داخل بتن را در محل مورد نظر نگاه دارد.
- ۸- در برابر نیروهای ناشی از لرزاندن و مرتعش ساختن بتن مقاومت کند.
- ۹- بدون آسیب رسیدن به بتن از آن جدا شود.

بارهای وارد بر قالب:

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

۱- بارهای قائم شامل بارهای مرده و زنده :

الف : وزن قالب ها و پشت بندها

ب : وزن بتن تازه

ج : وزن آرماتورها و سایر اقلام کار گذاشته در بتن

د : وزن افراد، وسایل کار، گذرگاه ها و سکوها کار

هـ : بارهای موقت حاصل از انبار کردن مصالح

و : فشار رو به بالای باد

۲- بارهای جانبی :

الف : رانش بتن تازه

ب : فشار و مکش باد

ج : بارهای ناشی از تغییرات دما

۳- بارهای ویژه

الف : بار ناشی از بتن ریزی نامتقارن

ب : ضربه حاصل از ماشین آلات و پمپ بتن

ج : نیروهای رو به بالا در قالب و اقلام کار گذاشته در بتن

د : اثر دینامیکی نظیر اثر تخلیه بتن از جام حمل بتن

هـ : بارهای ناشی از نشست نامتقارن تکیه گاه های قالب

و : بارهای ناشی از لرزاندن و متراکم کردن بتن

ی : فشار دوغاب تزریقی در بتن پیش آکنده

انواع قالب:**۱- قالب چوبی:**

چوب به علت سبکی و سهولت کاربرد آن یکی از متداول ترین و قدیمی ترین مصالح مصرفی در قالب بندی است. چوب مورد مصرف در قالب باید، صاف، بدون پیچ و تاب، سالم و بدون گره باشد. قالب های چوبی در تیرها و سقف کاربرد وسیع دارند. بعضی قالب های چوبی به صورت پیش ساخته و یا به صورت قطعاتی آماده در محل اجرا، به یکدیگر متصل می شوند. چوب از مصالح مناسب برای قالب بندی عمومی (غیر تیپ با دفعات استفاده محدود) محسوب می گردد. از چوب می توان در تمام قسمت های قالب بندی نظیر کف، بدنه، پایه، پشت بند، چپ و راست و غیره استفاده نمود.

انواع قالب های چوبی عبارتند از :

- ۱- **قالب خام :** بدون رنده کردن سطح آن مورد استفاده قرار می گیرد. بهتر است سطح این قالب حتی الامکان صاف باشد.
- ۲- **قالب رنده شده :** برای سطوحی که صافی و نمای آن ها مد نظر است مورد استفاده قرار می گیرد.
- ۳- **قالب ممتاز :** این قالب پس از رنده شدن دارای درز هایی است که بتونه شده و سپس سمباده می شود.

مزایای قالب چوبی :

- ۱- مقاومت کششی، فشاری و برشی مناسب در برابر بارهای وارده
- ۲- سبک بودن نسبی
- ۳- ساده بودن اتصالات
- ۴- طولیل کردن راحت قالب با اتصال تخته به انتهای قالب
- ۵- هزینه کمتر نسبت به قالب های فلزی
- ۶- ضریب هدایت حرارتی کم و مناسب برای بتن ریزی در سرما و گرما

۲- قالب فولادی :

در مواردی که **حجم کار زیاد و تنوع سطوح و ابعاد کم** باشد، استفاده از قالب های فولادی کاملاً به صرفه خواهد بود. با پیشرفت صنعت قالب سازی، استفاده از قالب های فلزی در دنیا رواج بیشتری یافته است. امروزه در اغلب موارد و بر حسب نوع کار برای ساختن قطعات بتنی از قالب های فلزی استفاده می شود. قالب های فلزی در مجموع گران تر از قالب های چوبی می باشند و هنگامی مقرون به صرفه خواهند بود که چندین ساختمان مشابه را بخواهند پشت سرهم بتن ریزی کنند. در این صورت از یک قالب به دفعات متعدد استفاده می شود. بعضی از این قالب ها ۱۰ هزار بار ضریب تکرار دارند و از کیفیت و کارایی بسیار بالایی برخوردار هستند.

مزایای قالب های فولادی :

- ۱- عمر طولانی
- ۲- سرعت در نصب و جمع آوری قالب ها
- ۳- ایجاد سطحی صاف در بتن
- ۴- مقاومت بسیار مناسب در برابر نیروهای وارده
- ۵- مقاومت مناسب در برابر آتش سوزی
- ۶- مرتب و تمیز بودن محیط کارگاه نسبت به قالب های دیگر
- ۷- کاهش عملیات اجرایی به دلیل پیش ساخته بودن

۳- قالب فایبرگلاس :

این قالب ها معمولاً در قسمت **بدنه ی قالب** کاربرد زیادتری دارد. اما گاهی نگه دارنده ها و پشت بندها نیز از فایبرگلاس و پلی اتیلن ساخته می شود.

مزایای قالب فایبر گلاس :

- ۱- سبکی فوق العاده
- ۲- نفوذ ناپذیری
- ۳- سرعت اجرایی بالا
- ۴- ایجاد سطحی صاف و زیبا در بتن
- ۵- قالب بندی در سطوح منحنی

۴- قالب آجری :

در اغلب ساختمان های مسکونی کوچک برای پی سازی از قالب های آجری استفاده می شود. این دیوارها در بعضی از مواقع پس از خودگیری بتن برداشته شده و در اغلب موارد به عنوان **قالب دائمی** در زمین باقی می ماند. در اجرای خوب، معمولاً آجرها را **زنجاب** کرده و از ملات سیمانی جهت اندود نمای داخلی استفاده می کنند.

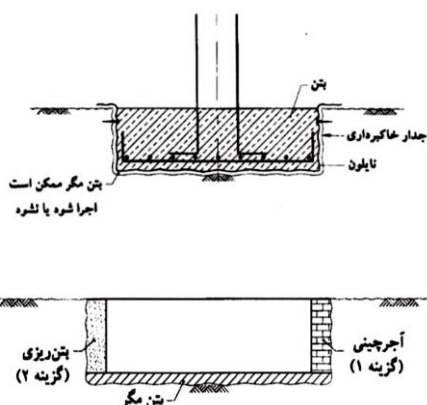
قالب بندی فونداسیون :

برای قالب بندی فونداسیون می توان به یکی از روش های زیر اقدام نمود :

- ۱- استفاده از دیواره خاکبرداری به عنوان قالب
- ۲- استفاده از قالب منفی
- ۳- قالب بندی

استفاده از دیواره خاکبرداری به عنوان قالب :

در صورتی که زمین مورد نظر برای احداث فونداسیون دارای مقاومت مناسب باشد، می توان با حفظ پوششی حدود ۷/۵ تا ۱۰ سانتیمتر برای میلگرد، خاکبرداری جدار را به صورت منظم و قائم انجام داد. سپس برای جلوگیری از مکش شیره بتن توسط خاک و همچنین نظافت عملیات اجرایی روی سطوح خاک **نایلون** (ورق های پلی اتیلن) کشید و پس از نصب میلگردها، بتن ریزی را انجام داد.

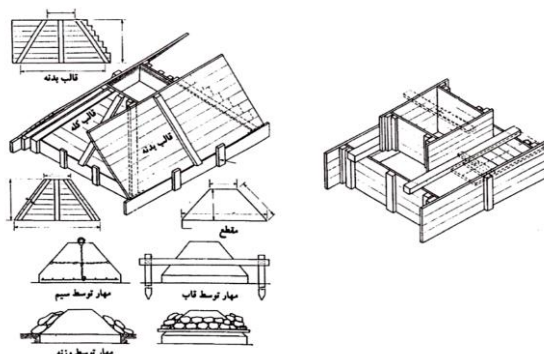
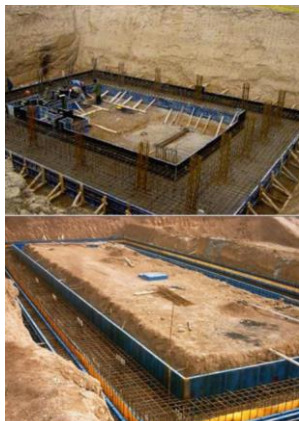


استفاده از قالب منفی :

در صورتی که مقاومت خاک منطقه متوسط و همچنین عمق پی کنی زیاد باشد، امکان ریزش جداره فونداسیون وجود دارد و در چنین حالتی برای احتراز از مشکلات اجرایی در هنگام خاکبرداری، قالب بندی و بتن ریزی می توان با استفاده از آجر چینی و یا بتن کم مایه، جداره دیواره را قالب بندی نمود. لازم است قبل از بتن ریزی سطح قالب آجری با نایلون و یا سیمانکاری پوشانده شود تا از جذب آب بتن جلوگیری نمود.

قالب بندی :

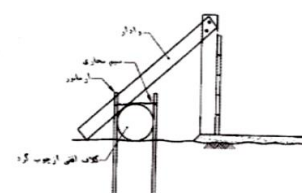
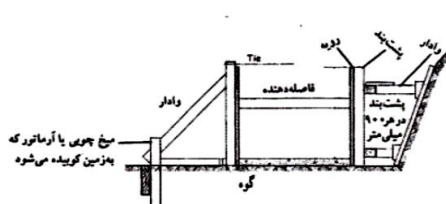
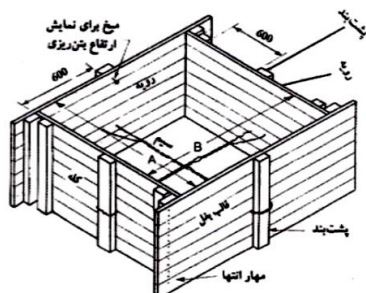
در صورتی که زمین منطقه سست باشد و یا به هر علتی نخواهیم از روش های فوق استفاده نماییم، برای اجرای شالوده از قالب بندی استفاده می شود. در صورت استفاده از قالب، جهت اجرا و تحکیم قالب به خاکبرداری اضافی در شالوده نیاز داریم.



مجموعه قالب بندی فونداسیون :

مجموعه قالب بندی در فونداسیون شامل :

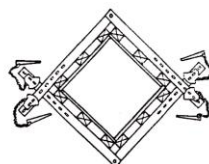
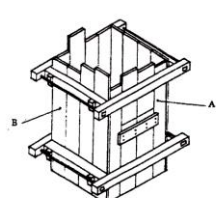
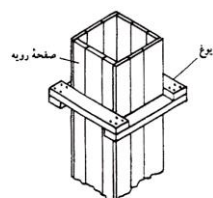
- ۱- **رویه قالب :** سطح اصلی قالب را تشکیل می دهد و می تواند از تخته چند لایه و یا ورق فولادی باشد.
- ۲- **پشت بندها :** از جنس چوب و یا نیمرخ سبک ورقی می باشد.
- ۳- **وادار :** وادار جهت استقرار، تثبیت و شاقولی نمودن قالب می باشد. در صورتی که جداره ترانشه قابل اطمینان باشد، وادار به صورت افقی بر سطح ترانشه تکیه دارد و در صورت عدم وجود ترانشه باید یک کلاف افقی در سطح زمین مستقر نمود و وادار را به صورت مایل بر آن متکی نمود.



قالب های ستون :

قالب ستون در رده قالب های قائم است و دارای انواع زیر می باشد :

- ۱- قالب سنتی
- ۲- قالب پانلی
- ۳- قالب یکپارچه
- ۴- قالب بالارونده
- ۵- قالب لرزنده



شکل های روبرو سیستم عمومی قالب ستون را نشان می دهد. قالب ستون متشکل از دو جزء اصلی است : **رویه و یوغ** . در این شکل چند سیستم مختلف یوغ نشان داده شده است. یوغ در حقیقت پشت بند قالب ستون است و همانند یک کلاف، رویه را در بر می گیرد. از لحاظ سازه ای، یوغ یک **قالب خود تعادل** است و تحت اثر فشار داخلی قالب، تحت نیروی کششی و لنگر خمشی قرار می گیرد.

(الف) یوغ با استفاده از چهار عدد چهارتراش چوبی

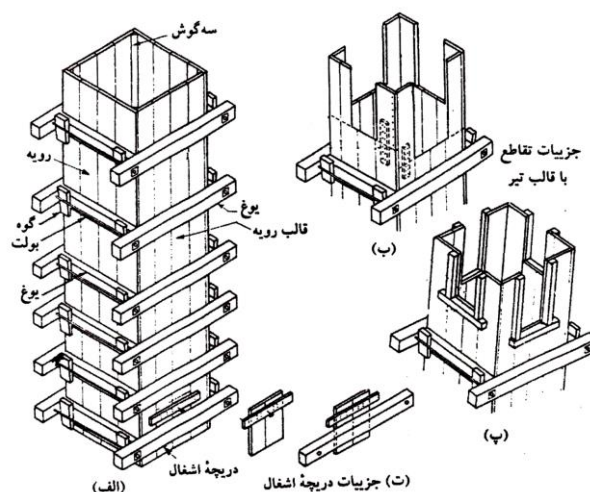
(ب) یوغ با استفاده از چهارتراش و بولت. پشت بند رویه B با گره به بولت مهار شده است

(پ) یوغ فلزی

تذکر : بر اساس مبحث نهم مقررات ملی ساختمان 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 می شود.

قالب سنتی:

در قالب های سنتی ستون، رویه از الوارهای ۲۰ تا ۲۵ میلیمتر و عرض ۱۵۰ تا ۲۵۰ میلیمتر تشکیل می یابد که به پشت بندهایی در فواصل ۴۰ تا ۶۰ سانتیمتر میخ می شوند. این پشت بندها در هنگام واداشتن ستون مقابل یکدیگر متصل شده و تشکیل یوغ می دهند. فاصله بین پشت بندهای دو قالب مقابل با میلگرد، توسط گوه پر می شود. بدین ترتیب یوغ همانند تنگ، چهار سطح قالب را در بر می گیرد.

**قالب فلزی:**

در شکل زیر، یک نمونه از قالب فلزی یکپارچه ستون نشان داده شده است. رویه این قالب از ورق ۳ تا ۴ میلیمتر می باشد که توسط سخت کننده هایی در پشت قالب، تقویت شده است. یوغ ها نیز از قوطی یا سایر پروفیل سبک می باشد که توسط سخت کننده هایی در پشت قالب، تقویت شده است و به کمک بولت هایی به یکدیگر کلاف می شوند. برای تنظیم شاغولی بودن ستون از جک هایی در وجوه ستون استفاده می گردد و برای عملیات بتن ریزی و ویبراتور زنی، سکویی در بالای ستون نصب گردیده است. قابلیت تکرار چنین قالب هایی زیاد است و سطح بتن حاصل نیز بسیار صاف و یک دست به دست می آید.

**مجموعه قالب بندی ستون:**

- ۱- یوغ : در واقع همان پشت بند قالب است که در اثر بتن ریزی و فشار های وارده تحت کشش و لنگر خمشی قرار می گیرد.
- ۲- رویه قالب : سطح اصلی قالب را تشکیل می دهد و می تواند از تخته چند لایه، ورق فولادی و یا ورق های فایبر گلاس باشد.
- ۳- بولت : وظیفه اتصال و پیوستگی پشت بندها را بر عهده دارد و فشار های وارده به پشت بنده (یوغ) به بولت ها منتقل می شود.
- ۴- حایل : حفظ تعادل و پایداری قالب بندی بر عهده حایل می باشد .

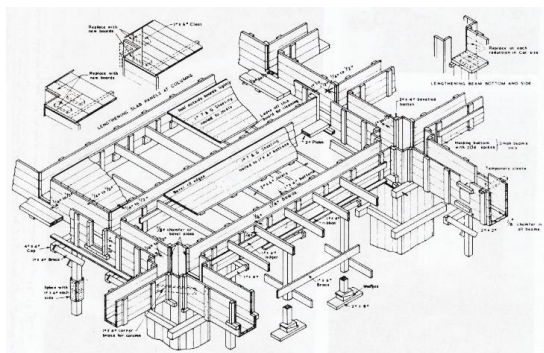
نکاتی در مورد قالب بندی ستون ها:

- ۱- در محیط کارگاه لوازم و وسایل زیادی جابه جا می شوند که این امر سبب پریدن لبه ستون می شود. برای جلوگیری از این امر گوشه های ستون را با استفاده از قالب های گوشه پخ می دهند.
- ۲- در حین بتن ریزی و ویبره کردن ممکن است قالب از راستای خود جابه جا و یا حرکت چرخشی داشته باشد. به همین دلیل بعد از اتمام بتن ریزی و ویبره کردن لازم است که مجدداً قالب شاقول گردد.
- ۳- ستون هایی که از دو و یا سه طرف به کف اتصال دارند و از طرف های دیگر با فضای بیرون ساختمان در تماس هستند؛ برای قالب بندی این گونه ستون ها ابتدا باید برای طرفی که به کف ارتباطی ندارد، یک تکیه گاه ایجاد نمود تا قالب روی آن قرار گیرد. این تکیه گاه را توسط چهار تراش به وجود می آورند، چهار تراش را در لبه قرار می دهند و توسط سیم به میلگردها وصل می کنند.

قلب های دال (سقف):

شکل زیر نشان دهنده اجزای قالب سقف می باشد که عبارتند از:

- ۱- **صفحه رویه** که می تواند از الوارهای چوبی با ضخامت ۱۵ تا ۲۰ میلیمتر و یا ورق چندلایی و یا پانل های فلزی باشد.
- ۲- **پشت بند** که صفحه رویه بر آن متکی است و باعث سختی صفحه رویه می شود.
- ۳- **تیرک** که صفحه رویه و پشت بندها بر آن متکی است و بار وارده را به شمع ها و یا پایه های موقت انتقال می دهد.
- ۴- **شمع ها** که بار کل مجموعه را به زمین منتقل می نمایند.

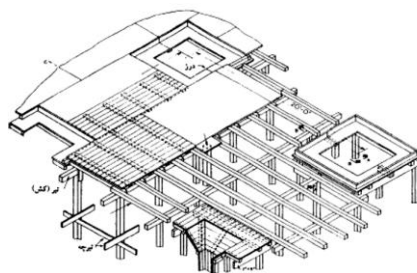
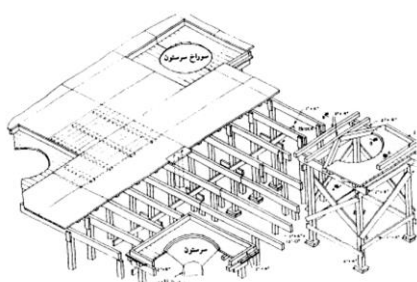


قالب های سقف بر اثر مرور زمان و نیازهای سازندگان تکامل یافته و شکلی امروزی با سرعت نصب زیاد پیدا کرده اند. انواع مختلف قالب سقف عبارتند از:

- ۱- قالب های سنتی
- ۲- قالب های پانلی
- ۳- قالب های یکپارچه
- ۴- قالب های میزی
- ۵- قالب های تونلی

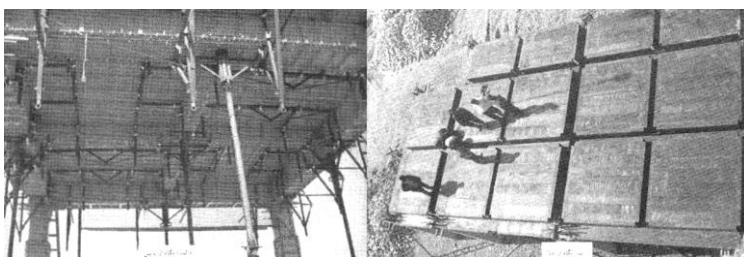
قالب های سنتی سقف:

شکل زیر نشان دهنده شمای عمومی سیستم قالب سنتی است. این سیستم که در حال حاضر نیز در حالات خاص مورد استفاده قرار می گیرد، عبارت است از ساخت در جای کلیه اجزا قالب به کمک الوارهای چوبی. قالب چوبی در واقع شکل منفی سیستم دال می باشد که بر شمع ها متکی است و با صرف وقت قابل توجه توسط استادکاران نجار (کفراژبند) ساخته می شود. بدون شک عیب بزرگ این سیستم، **تطویل زمان** می باشد که در پروژه های تولید انبوه قابل پذیرش نمی باشد. شکل تکامل یافته ای از سیستم سنتی، تعویض الوارهای چوبی صفحه ی رویه با ورقهای چندلایی است که در پوشش قالب سرعت مناسبی ایجاد می نماید.

**قالب های پانلی سقف:**

شیوه ی جدیدی که برای افزایش سرعت قالب بندی سقف ابداع گردیده، استفاده از پانل های پیش ساخته است. یک واحد پانل در واقع صفحه رویه به علاوه پشت بندهای مربوطه می باشد که به صورت پیش ساخته در کارخانه ساخته می شود. همانند پانل دیوار، پانل سقف نیز می تواند به یکی از حالات زیر باشد:

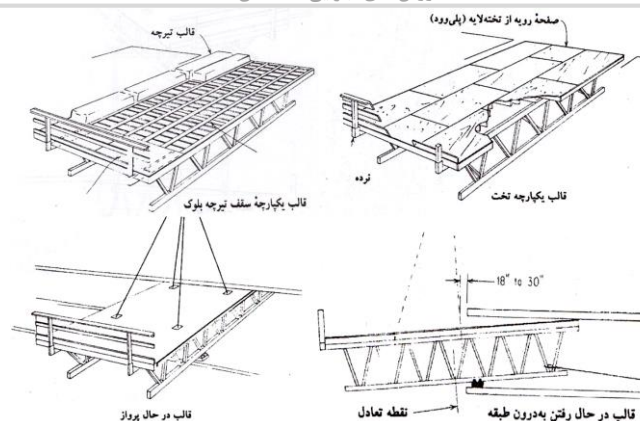
- ۱- رویه چندلایی با کلاف و پشت بند چوبی
- ۲- رویه چندلایی با کلاف و پشت بند فلزی
- ۳- رویه فلزی با کلاف و پشت بند فلزی
- ۴- رویه و کلاف و پشت بندهای آلومینیومی



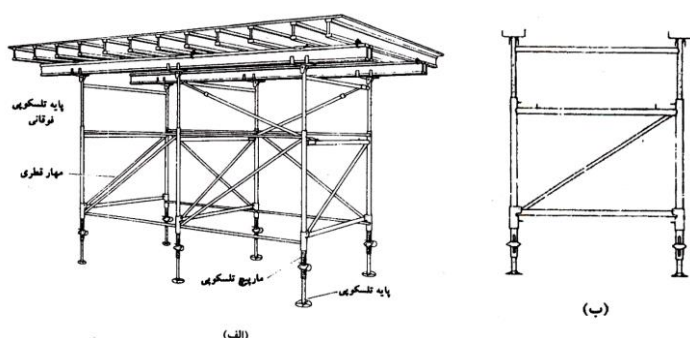
برای اجرا، تیرک ها و شمع ها در جای خود مستقر شده و پانل های پیش ساخته روی آن انداخته می شوند و توسط بست های مناسب به یکدیگر یکپارچه می شوند، به طوری که درز بین دو پانل کاملاً بسته گردد. اصولاً نکته مهم در قالب های پانلی، چه در دیوار و چه در سقف ، درزبندی مناسب بین پانل هاست.

قالب های یکپارچه سقف:

در صورتی که ابعاد دال به صورت تیپ بوده و جرثقیل برای حمل قطعات سنگین مهیا باشد و نیاز به سرعت زیاد داشته باشیم، از قالب هایی که **یک چشمه دال** را به صورت یکپارچه قالب بندی می نمایند، استفاده می گردد. در شکل زیر چند نمونه از قالب های یکپارچه دال نشان داده شده است. به تکیه گاه های قالب های یکپارچه که در روی دیوار نصب شده است، توجه داشته باشید.



قالب های میزی سقف:



یکپارچه ترین و در نتیجه سریع ترین سیستم قالب بندی سقف، قالب های میزی است. در قالبهای میزی، اجزای مختلف قالب شامل رویه، پشت بند، تیرک، و پایه یکپارچه بوده و به طور یکپارچه حمل و نقل و نصب می گردند. این سیستم سریع ترین سیستم قالب بندی سقف است و در انبوه سازی ها از آن استفاده می شود. حمل و نقل این قالب ها را توسط جرثقیل های برجی (تاورکرین)، انجام می دهند.

قالب های تونلی سقف:

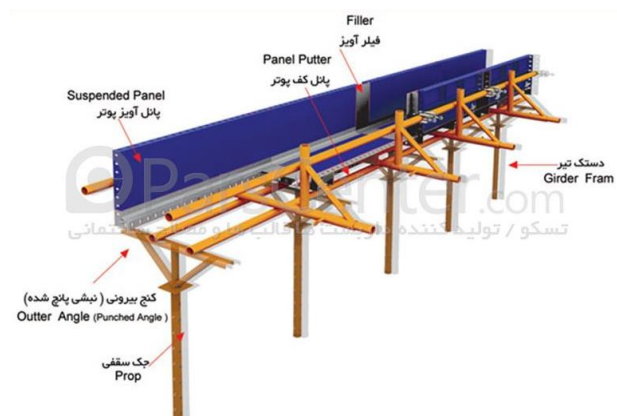
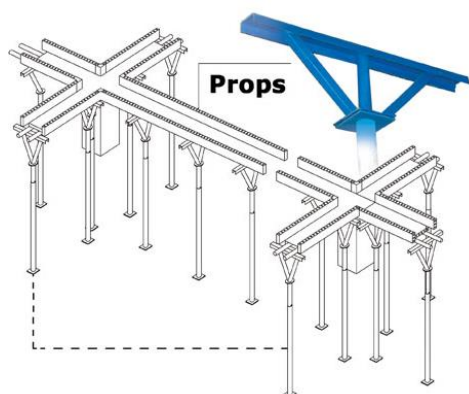
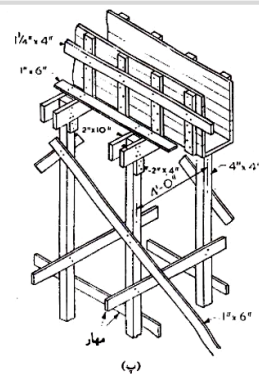
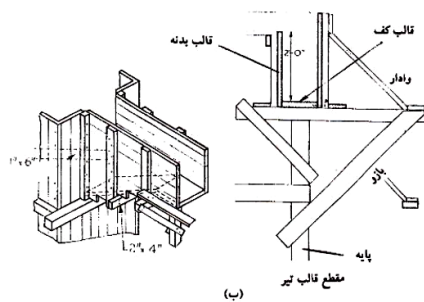
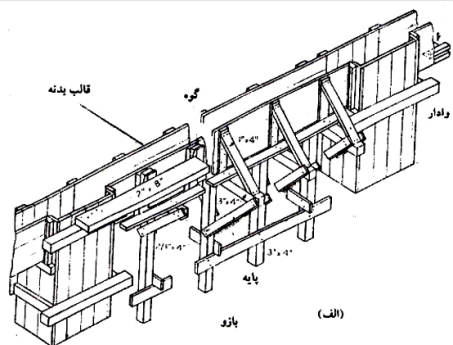
از اشکال نوین قالب های سقف، قالب های تونلی است. در این سیستم قالب بندی که نمونه ای از آن در شکل زیر نشان داده شده است، قالب دیوار و سقف یکپارچه بوده و پس از نصب قالب در محل خود، آرماتوربندی و بتن ریزی دیوار و سقف به صورت یکپارچه انجام می شود. با توجه به همزمانی اجرای دیوار و سقف، سرعت این قالب ها نسبت به قالب های میزی بیشتر است، لیکن قالب برداری آن نیاز به زمان بیشتری دارد و نسبت به قالب های میزی دارای محدودیت اجرایی است. اجرای ساختمان های باسیستم بار بر دیوار و سقف بتنی است که دیوارها و سقف، با بتن ریزی یکپارچه و هم زمان احداث می شود. قالب های مورد استفاده به شکل L برعکس می باشد که بصورت پشت به پشت به شکل U برعکس در دو طرف دیوار و بخشی از سقف ها را قالب بندی می کند و با قرار گرفتن قالب های متوالی در کنار هم، بدون قالب واسطه سقفی یا همراه با آن مجموعه قالب های دیوار و سقف را تشکیل می دهند. در این سیستم جهت قالب بندی و قالب برداری سریع تر و بهتر، رامکا در راستای دیوارها اجرا می شود. رامکا عبارت است از قالب های نواری به ارتفاع ۱۰ سانتیمتر که جهت قالب گذاری و قالب برداری سریع تر و آسان تر قالب تونلی در مسیر حاشیه پایینی دیوار و قبل از آن گذاشته، بتن ریزی و قالب برداری می گردد. بدین صورت که ابتدا آرماتورهای انتظار دیوار اجرا شده سپس قالب های رامکا در امتداد مسیر دیوارها بسته شده و پس از بتن ریزی و قالب برداری رامکا، آرماتوربندی دیوارها در امتداد میلگردهای انتظار ادامه می یابد (بتن ریزی هر طبقه با رامکای طبقه فوقانی به صورت یکپارچه اجرا می شود).

قالب های تیر:

شکل های زیر نشان دهنده انواع قالب های چوبی تیر می باشند. عناصر اصلی قالب تیر عبارتند از:

- ۱- قالب کف
- ۲- قالب بدنه
- ۳- شمع

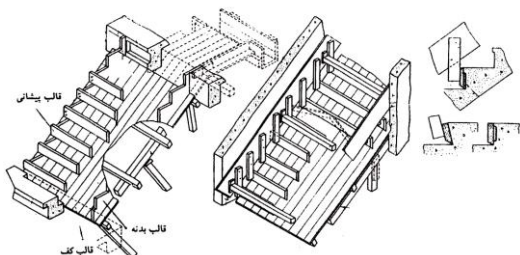
قالبهای کف و بدنه متشکل از قالب رویه، پشت بند و وادار می باشند که در شکل های زیر نشان داده شده اند:



قالب های پله:

شکل زیر نشان دهنده قالب پله می باشد. قالب پله متشکل از اجزای زیر است:

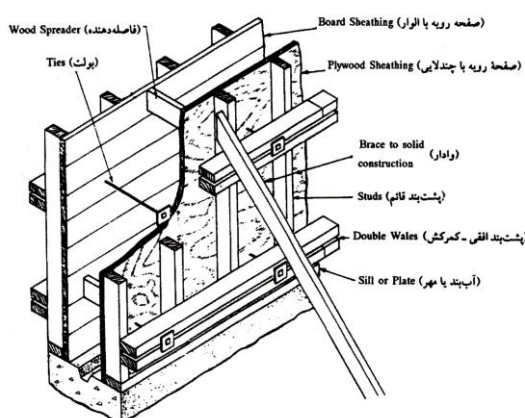
- ۱- قالب کف پله
- ۲- قالب بدنه
- ۳- قالب پیشانی



قالب های قائم:

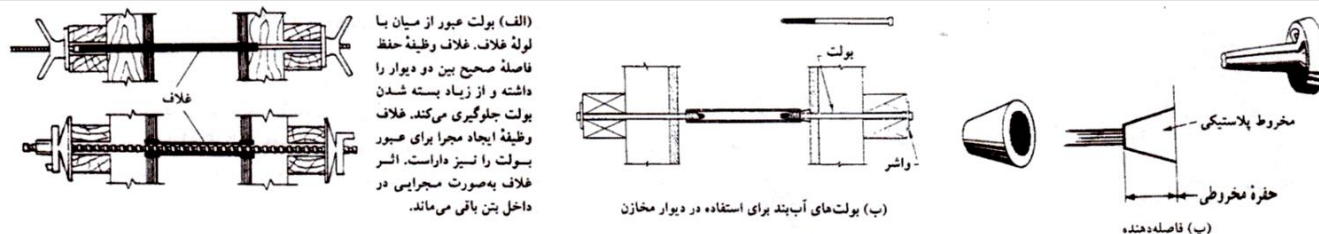
قالب های قائم قالب هایی هستند که از آنها برای قالب بندی دیوار و ستون استفاده می شود. همان طور که شکل روبرو نشان می دهد، اجزای قالب قائم (مثلاً قالب دیوار) عبارتند از:

- ۱- صفحه رویه
- ۲- پشت بند قائم
- ۳- پشت بند افقی یا کمرکش
- ۴- بولت
- ۵- واحد
- ۶- فاصله دهنده



مهم:

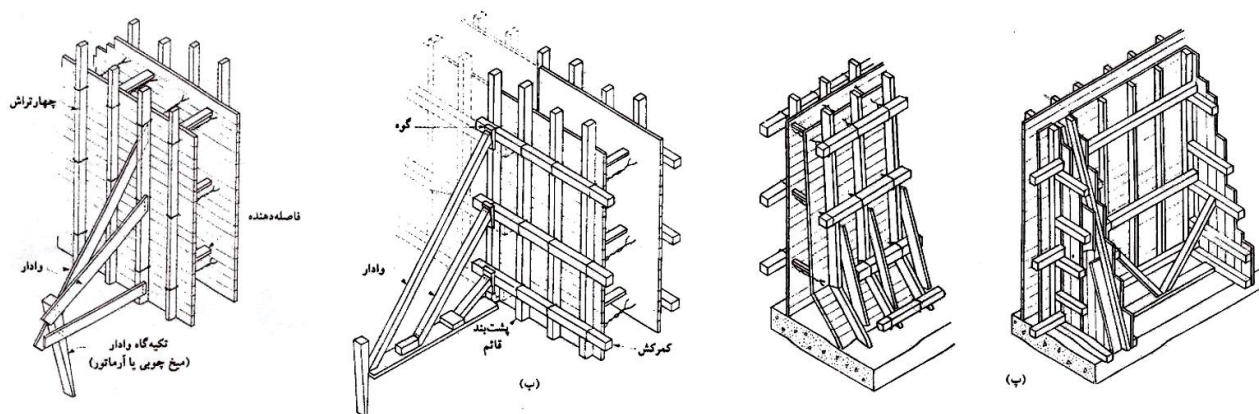
صفحه رویه خط اول مواجهه با فشار بتن است که فشار وارده را به پشت بند قائم منتقل می کند. پشت بند قائم بر پشت بندهای افقی متکی است که پشت بندهای افقی توسط بولت به صورت روبروی هم بسته شده و در نهایت فشار بتن را به بولت می رسانند. واحد و وظیفه حفظ تعادل را در برابر نیروهای ضربه و یا فشار باد را داراست و نقشی در تحمل فشار بتن ندارد. فاصله دهنده نیز فاصله دو قالب را حفظ می کند. بولت از عوامل اصلی در حفظ پایداری قالب بوده و فشار دیوار دو طرف را در حال تعادل نگه می دارد. در واقع بولت تکیه گاه پشت بند افقی است. تا قبل از استفاده از بولت، برای بستن قالب دو طرف دیوار به هم از سیم نجاری استفاده می شد. سیم نجاری در هنگام بتن ریزی مقداری وا می داد و در نتیجه قالب از هم باز می شد و شکم می داد. امروز با استفاده از بولت به صورت میله دو سر رزوه، به خوبی با فشار درونی قالب مقابله می شود در شکل زیر صور متنوعی از بولت ها با کاربردهای مختلف نشان داده شده است.



اولین تصویر سمت چپ یک بولت معمولی را نشان می دهد که از میله رزوه شده، دو مهره و غلاف تشکیل یافته است. رزوه بولت باید دنده درشت باشد تا ریختن شیره بتن فاصله بین رزوه ها را پر نکند. در بولت های رزوه ریز، شیره بتن وارد شیارهای رزوه شده و از دوران مهره جلوگیری می نماید. **غلاف** دو وظیفه بر عهده دارد، اول ایجاد فضایی نفوذناپذیر برای عبور بولت و دوم به عنوان فاصله دهنده بین دو قالب طرفین. البته در عمل فقط از غلاف به عنوان فاصله دهنده استفاده نمی شود و فاصله دهنده های چوبی در بالای قالب و یا فلزی در فواصل میانی قالب نیز مورد استفاده قرار می گیرد. (تصویر سمت راست) اثر غلاف به صورت مجرای در داخل بتن باقی می ماند که برای دیوارهای مخازن مطلوب نیست و آن را از آب بندی می اندازد. در چنین دیوارهایی که آب بندی کامل آنها مورد نظر است، از بولت های آب بند استفاده می شود (تصویر وسط). دسته مهمی از قالب های قائم، قالب های دیوار می باشند. از نظر شیوه ساخت و استفاده، قالب های دیوار به صورت زیر طبقه بندی می شوند:

الف: قالب های سنتی دیوار

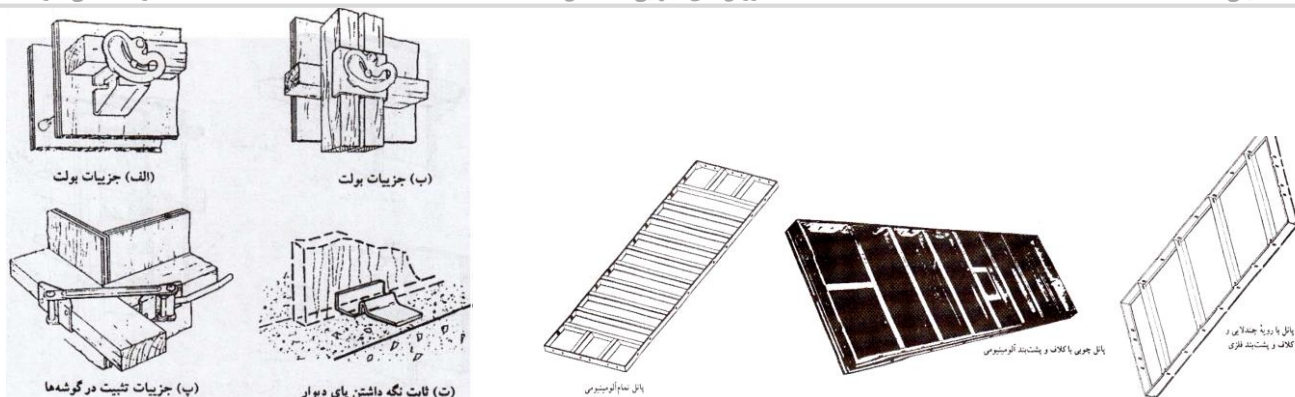
در شکل زیر نمونه هایی از قالب سنتی دیوار نشان داده شده است. صفحه رویه این قالب ها معمولاً از الوارهای چوبی به ضخامت ۱۵ تا ۲۵ و عرض ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلی متر ساخته می شود و پشت بندهای قائم و افقی آن ها چهار تراش های چوبی می باشند. الوارهای صفحه رویه معمولاً به کمک میخ به چهار تراش های قائم متصل می شوند. پشت بندهای افقی نیز به طور موقت با میخ به پشت بند قائم متصل می شوند و پس از واداشتن قالب دیوار، دو پشت بند افقی متقابل به کمک بولت و یا سیم نجاری به هم بسته شده و محکم می شوند. نکته مهم در مورد قالب های سنتی این است که هندسه آن به طور خاص منطبق بر هندسه قطعه ای است که برای آن ساخته می شود و بعد از قالب برداری معمولاً باید تحت تعمیر قرار گیرد و یا هندسه آن برای انطباق با قطعه دیگر کاملاً به هم بخورد. این قالب ها معمولاً در پای کار ساخته شده و واداشته می شوند. تعداد تکرار آنها محدود بوده و مهم ترین مزیت آن ساخت آسان آن به کمک گروه های قالب ساز نجاری است و معمولاً گروه قالب بند، تخصص ساخت و تعمیر و نصب قالب را نیز به عهده دارد.



ب: قالب های پانلی دیوار

زمان زیادی که بابت ساخت و یا ایجاد تغییرات در قالب های سنتی صرف می شد، پیمانکاران کارهای بتنی را به فکر ساخت پانل های پیش ساخته انداخت که جفت و جور کردن آنها به یکدیگر ساده بوده و با اتصال قطعات مختلف آنها به یکدیگر، هندسه مورد نظر حاصل می شد. اولین سری قالب های پانلی همچون شکل زیر عبارت بود از پانل هایی با رویه چندلایی که توسط گروه های نجاری در پای کار ساخته می شد، لیکن مونتاژ و واداشتن آنها بر عهده گروه نصاب قرار داشت. بدین طریق اولین تجربه در تفکیک وظایف گروه های قالب ساز و نصاب قالب شکل گرفت. بعدها ساخت پانل ها به صورت تولید کارخانه ای درآمد و بدین ترتیب استفاده از مصالح دیگر به جای چوب در ساخت پانل ها مورد توجه قرار گرفت که انواع متداول آن به شکل زیر است:

- ۱- پانل با رویه چندلایی و کلاف و پشت بند فلزی یا آلومینیومی
- ۲- پانل با رویه چندلایی و کلاف و پشت بند فلزی (پانل تمام فلزی)
- ۳- پانلهای آلومینیومی

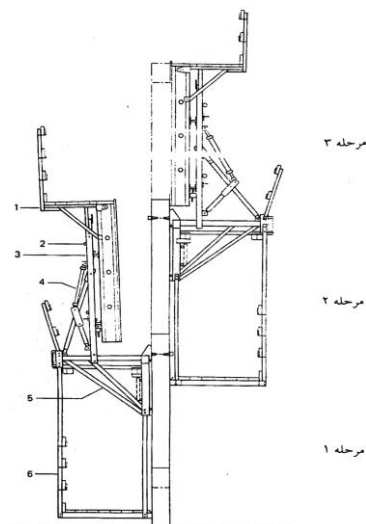


ج : قالب های یکپارچه دیوار :

در صورتی که قطعه ای با هندسه ثابت ولی با تکرار زیاد داشته باشیم، بهتر آن است که برای آن قالب یکپارچه ساخته شود. در چنین حالتی علاوه بر افزایش سرعت قالب بندی و قالب برداری، نمای بتن نیز با توجه به حذف درز بین قالب ها، کاملاً یکدست و یکپارچه حاصل می گردد.

د : قالب های بالا رونده :

در صورتی که ارتفاع دیوار به هر علتی بلند باشد، باید به صورت مرحله ای اجرا گردد. هر مرحله اجرای دیوار را "لیفت" گویند. در اجرای سنتی برای مراحل مختلف دیوار روی هم، لازم است دو طرف دیوار داربست بندی گردد. در شیوه مدرن قالب بندی، با ابداع قالب بالا رونده، قالب هر مرحله به مرحله قبلی متکی شده و قالب همانند یک صخره نورد به سمت بالا صعود کرده و مراحل فوقانی دیوار را به اجرا در می آورد، بدون اینکه نیاز به داربست جانبی داشته باشد. در شکل زیر اجرای قالب بالا رونده نشان داده شده است. مرحله ۱ وضعیت قالب را در لیفت اول نشان می دهد. در این حالت در حدود ۵۰ تا ۷۰ سانتیمتر از بالا، سوراخی در دیوار کار گذاشته می شود. در مرحله ۲ قالب توسط جرثقیل بلند می شود و پای آن در سوراخ مذکور توسط بولت محکم می شود و قالب توسط جک در وضعیت شاقول تثبیت می شود. سوراخ لیفت اول در لیفت دوم نیز ایجاد می گردد تا در اجرای لیفت سوم مورد استفاده قرار گیرد. در مرحله ۳ وضعیت قالب برای اجرای لیفت سوم نشان داده شده است. سکوی زیر قالب هم به عنوان تکیه گاهی برای قالب است و هم از آن برای لکه گیری لیفت پایین استفاده می شود.



هـ : قالب لغزنده :

امروزه برای ساخت و سازهای بلند و باریک نظیر دودکش ها، سیلوها، برج های مخابراتی، هسته های برشی ساختمان های بلند، برج های خنک ساز و سازه های مشابه، که اجرای آنها در گذشته نیاز به داربست بندی سنگین در اطراف سازه داشت، از روشی استفاده می گردد که قالب لغزنده نام دارد و باعث حذف داربست بندی در اطراف سازه می شود.

ضوابط عمومی طراحی قالب های لغزنده به شرح ذیل می باشد.

- ۱- سعی گردد که طرح نما در ارتفاع سازه یکسان باشد. این امر امکان انجام قالب بندی را فراهم می کند که در حین لغزش، نیازی به اصلاح هندسی در مقیاس بزرگ نخواهد داشت. بدین منظور باید ضخامت پوسته را در کل ارتفاع ثابت در نظر گرفت. صرفه جویی در بتن مصرفی از طریق کاهش ضخامت یا ابعاد هندسی مقطع، صرف نظر از زمان تلف شده، موجب صعوبت زیادی به جهت اصلاح قالب ها در حین اجرا خواهد شد. حداقل ضخامت دیوار هر چند که به اندازه سنگدانه های بتن مصرفی وابسته است، لیکن از دیدگاه اجرای قالب لغزنده، نباید از ۱۸۰ میلیمتر کمتر باشد تا از قفل کردن قالب که ناشی از اصطکاک زیاد بین جداره قالب و بتن تازه می باشد، جلوگیری گردد.
- ۲- طراحی آرماتورهای مقطع عامل مهمی است که بر بازده عملیات اجرای قالب لغزنده مؤثر است. از تمرکز زیاد آرماتور در مقطع، آن گونه که در اعضای بتن مسلح با اجرای درجا وجود دارد، باید اجتناب شود، چرا که در چنین حالت هایی، آرماتورگذاری در مقطع در حین لغزش قالب، اگر غیرممکن نباشد، بسیار مشکل خواهد بود. در صورتی که لغزش قالب به صورت پیوسته نباشد، جزئیات آرماتورهای قائم باید به گونه ای باشد که در همین توقف قالب، عملیات آرماتورگذاری (قائم) انجام گیرد. اگر لغزش قالب به طور پیوسته باشد، لازم است الگوی مناسبی که مورد رضایت مهندس سازه باشد، برای محل وصله آرماتورهای قائم اتخاذ شود، به گونه ای که امکان آرماتورگذاری در حین حرکت قالب فراهم باشد. البته بهتر است تدابیری اتخاذ شود تا محل همه وصله ها در یک تراز نباشد.

نمای سطح بتن :

در استفاده از سیستم قالب لغزنده، نوع پرداخت سطح نهایی بتن باید با توجه به مقتضیات معماری و اجرایی، مورد توجه قرار گیرد. روش معمول در قالب های لغزنده، پرداخت سطح بتن با ماله های آهنی، چوبی و یا لاستیکی روی سطح بتن تر در حین لغزش قالب و یا روی سطح بتن خشک شده پس از اتمام عملیات قالب بندی لغزشی، می باشد.

طریقه استفاده از رامکا :

الف : قالب :

قبل از بتن ریزی ستون یا دیوار برشی، اقدام به ریسمان کشی در امتداد ستون و یا دیوار برشی می کنند، سپس یک عدد تخته یا قالب به ارتفاع تقریبی ۱۰ سانتیمتر پشت ریسمان قرار داده و با وسایل مناسب آن را مهار می کنند. این موضوع موجب می شود تا قالب بندی ستون و یا دیوار برشی به راحتی انجام پذیرد. عدم رعایت اتصال بتن قدیم به جدید، باعث ایجاد درز اجرایی در ناحیه بحرانی می گردد.

ب : میلگرد :

در استفاده از میلگرد به عنوان رامکا میلگرد می بایست به اندازه مقطع ستون بریده شود. رامکا در واقع هدایت کننده قالب گذاری است. یعنی قالب ستون تا جایی داخل می رود که به رامکا اتصال پیدا کند.

دلایل نامناسب بودن اجرای رامکا با میلگرد :

- ۱- عدم رعایت کاور (پوشش) مناسب بتن
- ۲- انتقال خوردگی از سطح به درون بتن

به طور کلی هدف از اجرای رامکا عبارت است از :

- ۱- در یک راستا قرار گرفتن قالب
- ۲- اجرای مقاطع همسان با اندازه های نقشه
- ۳- چنانچه ستون های یک دریف دارای مقطع یک اندازه باشند، تمامی ستون های آن در یک ردیف قرار خواهند گرفت.

زمان قالب برداری :

به طور کلی قالب هایی که بار تحمل می کنند نباید قبل از اینکه بتن به ۷۰٪ مقاومت فشاری ۲۸ روزه برسد برداشته شوند.

جدول زیر حداقل زمان لازم برای قالب برداری را نشان می دهد :

دمای سطح بتن (درجه سلسیوس)				شرح	
۰	۸	۱۶	۲۲ و بالاتر	نوع قالب بندی	
۳۰	۱۸	۱۲	۹	قالب های قائم (ساعت)	
۱۰	۶	۴	۳	قالب زیرین (روز)	دال ها
۲۵	۱۵	۱۰	۷	پایانه های اطمینان (روز)	
۲۵	۱۵	۱۰	۷	قالب زیرین (روز)	تیرها
۳۶	۲۱	۱۴	۱۰	پایانه های اطمینان (روز)	

نکته: البته زمان قالب برداری به نوع سیمان نیز بستگی دارد، معمولاً سیمان های پوزلانی دیر گیر هستند.

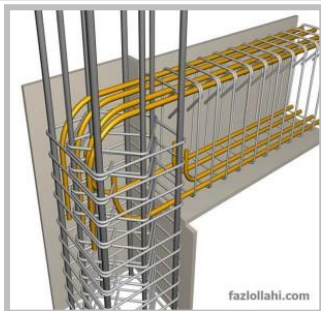
نحوه قالب برداری :

- ۱- قالب باید موقعی برداشته شود که بتن بتواند تنش های موثر را تحمل کند و تغییر شکل آن در محدوده مجاز باشد.
- ۲- پایه ها و قالب های برابر نباید قبل از آن که اعضا و قطعات بتنی مقاومت کافی را برای تحمل وزن خود و بارهای وارده کسب کنند، چیده شود.
- ۳- عملیات قالب برداری و چیدن پایه ها باید گام به گام و بدون اعمال ضربه و نیرو انجام گیرد به صورتی که اعضا و قطعات بتنی تحت اثر بارهای ناگهانی قرار نگیرند، بتن صدمه نبیند و ایمنی و قابلیت بهره برداری قطعات مخدوش نشود.
- ۴- در صورتی که قالب برداری قبل از پایان دوره مراقبت انجام پذیرد، باید تدابیری برای مراقبت بتن پس از قالب برداری اتخاذ گردد.

روش های جلوگیری از چسبندگی بتن به قالب :

- ۱- استفاده از نایلون در قالب های آجری و یا دیواره خاکبرداری شده
- ۲- استعمال مواد رها ساز روغنی بر روی جداره قالب
- ۳- استعمال رزین و یا روغن جلایی که پس از خشک شدن، جداره قالب را لغزنده و بسیار نازک می کند.
- ۴- استعمال مواد دیر گیر کننده بر روی جداره قالب برای جلوگیری از هیدراتاسیون لایه نازکی از بتن قالب
- ۵- استفاده از پوشش های سخت و کاملاً صاف از قبیل قالب های فایبرگلاس.

یادداشت



فصل ششم

مطالبی که به زیر آن ها خط کشیده شده، مطالعه آزاد می باشند و فاقد ارزش امتحانی هستند.

فولاد، آرماتور و آرماتوربندی

معرفی فولاد:

آهن فلزی است سنگین با وزن مخصوص ۷/۸۷ تن بر مترمکعب که در دمای ۱۵۳۰ درجه سلسیوس ذوب می شود. آهن اغلب به صورت اکسید در معادن وجود دارد، ولی به صورت کربنات، سیلیکات و سولفید آهن نیز در طبیعت یافت می شود و به صورت کلی به آن **سنگ آهن** می گویند.

آهن به علت نرم بودن و نداشتن استحکام کافی در صنایع مورد استفاده ندارد و معمولاً آن را همراه با عناصر دیگری مانند کربن، گوگرد، فسفر، سیلیسیم، کرم، نیکل، وانادیم و غیره به صورت آلیاژ به کار می برند که به نام های اصلی فولاد و چدن معروف می باشد.

فولادها، آلیاژهایی از آهن و کربن هستند که عناصر دیگری نیز به همراه دارند. در میان این عناصر **کربن** نقش مهمی دارد و مقدار آن تعیین کننده اعظم خصوصیات فولاد همانند قابلیت عملیات حرارتی، جوشکاری، ریخته گری، نقطه ذوب و غیره می باشد. اگر مقدار درصد کربن کمتر از ۲/۰۶ درصد باشد محصول را **فولاد** و چنانچه مقدار آن از ۲/۰۶ تا ۴/۵۰ درصد باشد آن را **چدن** می نامند.

درصد کربن در فولادهای ساختمانی تا حدود ۰/۶۵ درصد است.

تولید فولاد شامل فرآیندهای زیر می باشد :

- ۱- استخراج سنگ آهن
- ۲- آماده سازی مواد اولیه شامل کانه آرای، تغلیظ، آگلومراسیون، کلوخه سازی و گندله سازی
- ۳- آماده سازی مواد جنبی شامل کک سازی و آهک سازی
- ۴- فرآیند احیا و آهن سازی
- ۵- فولاد سازی
- ۶- ریخته گری
- ۷- نورد

استخراج سنگ آهک :

اکتشاف معدن با مطالعات زمین شناسی یا در مواردی به صورت کشف اتفاقی انجام می شود. برای استحصال سنگ آهن از معدن لازم است ابتدا کانه مورد نظر در آزمایشگاه بررسی شود. درجه اطمینان به نتایج حاصل از این مطالعات بستگی به دقت نمونه برداری دارد.

آماده سازی مواد اولیه :

کانه آرای: مجموعه عملیاتی است که بر روی ماده معدنی پس از استخراج انجام می شود تا آن ماده را قابل استفاده نماید. هر ماده معدنی که به طور اقتصادی قابل بهره برداری باشد، **کانه** نامیده می شود. هدف از عملیات کانه آرای در بیشتر موارد جدا کردن کانی یا کانی های با ارزش از سایر کانی های می باشد. کانه آرای خود شامل مراحل زیر است :

۲- تغلیظ سنگ معدن**۱- خردایش سنگ معدن**

آگلومراسیون: به کلیه فرآیندهایی که منجر به **افزایش ابعاد بار** می شود، آگلومراسیون می گویند. عملیات آگلومراسیون به منظور افزایش ابعاد بار ریز دانه پس از عملیات تغلیظ و خشک کردن انجام می شود.

کلوخه سازی: برای کلوخه کردن نرمة سنگ آهن آن را با کک درهم می کنند، به مخلوط نم می دهند و آن را روی تسمه نقاله فولاد می ریزند. به مخلوط روی تسمه شعله می دمند تا نرمة کک سوخته شود و به همدیگر بچسبند و یک تکه شوند. در جایی که بند رونده فولادی به زیر می چرخد، نرمة سنگ آهن یکپارچه شده، می شکنند و به شکل کلوخه در می آید. از روش کلوخه سازی برای آماده کردن بار کوره بلند تولید آهن استفاده می شود.

گندله سازی: ایده تولید گندله از زمانی آغاز شد که برای تغلیظ کانه های آهن مجبور شدند سنگ آهن را تا اندازه زیر میلیمتر خرد یا آسیاب کنند که به طور مستقیم قابل مصرف در فرآیند کلوخه سازی و کوره بلند نبود. گندله از لحاظ شکل ظاهری کروی شکل است ولی کلوخه شکل منظمی ندارد. تخلخل گندله از نوع میکروسکوپی است یعنی با چشم غیر مسلح قابل دیدن نمی باشد.

کلوخه و گندله را نمی توان به جای هم استفاده نمود. کلوخه در **کوره بلند** قابل استفاده است و گندله نیز چون استحکام کافی ندارد در **کوره احیای مستقیم** به کار می رود.

آماده سازی مواد جنبی :

در این مرحله آهک و کک را که در فرآیند های تولید فولاد به کار می برند، با استفاده از روش های خاص تولید می نمایند. آهک در واحد های گندله سازی و بریکت سازی و همچنین تصفیه خانه کاربرد دارد و کک به عنوان منبع انرژی و عامل احیا کننده در کوره بلند مورد استفاده قرار می گیرد.

فرآیند احیا و آهن سازی :

در این فرآیند برای تولید آهن خام از احیا سازی کلوخه های آماده شده استفاده می کنند. عملیات احیا به دو صورت انجام می گیرد :

- ۱- **فرآیند احیا به روش کوره بلند (احیای غیر مستقیم) :** برای تهیه آهن خام به روش احیای غیر مستقیم، کلوخه های آماده شده را در کوره بلند به کمک کک و آهن احیا می کنند.

۲- **فرآیند احیا به روش احیای مستقیم، آهن اسفنجی:** در این روش احیای سنگ آهن بدون ذوب انجام می شود و آهن خامی که از این نوع کوره ها به دست می آید آهن اسفنجی نام دارد که ۹۲ تا ۹۶ درصد آهن خالص دارد واز آن در کوره های الکتریکی برای تهیه فولاد استفاده می کنند.

فولاد سازی:

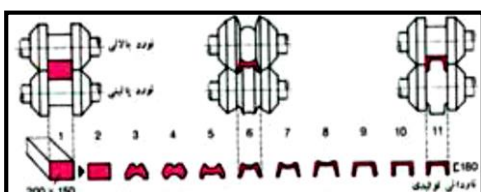
در این مرحله آهن تولید شده را به دو روش به فولاد تبدیل می کنند:

- ۱- **تولید فولاد از آهن خام به دست آمده از روش کوره بلند:** آهن خام به دست آمده از کوره بلند محصولی است که ناخالصی زیادی دارد و به خاطر داشتن کربن زیاد (۳ تا ۴ درصد) قابلیت جوشکاری، چکش خواری و شکل پذیری را ندارد. بنابر این لازم است طی عملیاتی مقدار کربن آن را کاهش داد و سایر عناصر موجود در آهن خام را به حداقل مجاز رساند. برای این کار می توان از روش های ۱- توماس - بسمر ۲- روش L.D ۳- روش زیمنس - مارتین استفاده نمود.
- ۲- **فولاد سازی از آهن اسفنجی:** برای تولید شمشال و تختال در کارخانه های احیای مستقیم، آهن اسفنجی به همراه آهن قراضه در کوره های قوس الکتریکی ذوب و سپس پالایش می شوند.

ریخته گری:

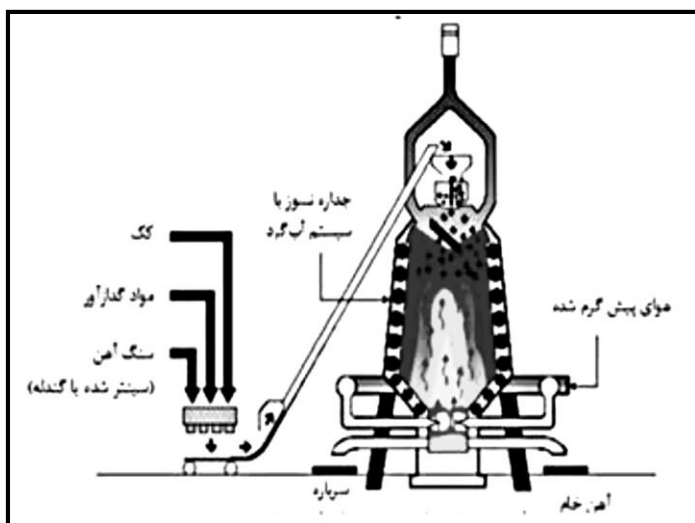
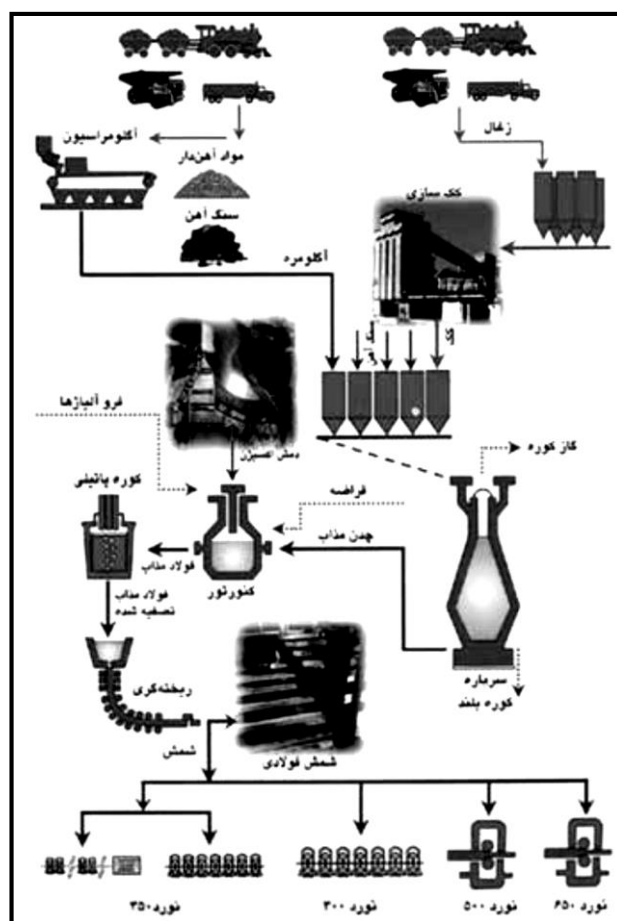
در این مرحله مواد حاصل از مرحله فولاد سازی به شمش های برش خورده فولاد به صورت جامد تبدیل شده که خود دارای مراحل خاصی است.

نورد کاری:



تغییر شکل دادن در اثر عبور از بین دو استوانه گردان را نورد کاری می گویند. نزدیک به ۸۰ درصد از فرآورده های فولاد جهان را با نورد کاری شکل می دهند. فولاد را تا دمای ۱۰۵۰ تا ۱۱۴۰ درجه سانتیگراد حرارت می دهند تا به حالت خمیر سفت با قابلیت نورد درآید. برای آنکه تمام فولاد خمیری گردد و درون آن شل و آبکی نماند، آن را در کوره های مقاومتی که با نسوز آستر شده اند نگاه می دارند و به آن گرما می دهند و یا گرمای آن را می گیرند، تا آنکه همه فولاد یکسان خمیر شود. پس از آنکه فولاد، سرخ و خمیری شد آن را به خط نورد می برند. شمش فولاد باید از قرقه های چند دستگاه عبور کند تا به شکل خواسته شده در آید. هر مرحله از نورد در داخل یک استند انجام می شود. استند به صورت

سری به دنبال هم قرار دارند. تسمه و ورق فولادی ضخیم تر از ۳ میلی متر را **نورد گرم** (۸۰۰ تا ۱۲۵۰) می زنند. ورق های فولادی نازک تر را روی هم دسته کرده **نورد سرد** می زنند تا به نازکی خواسته شده درآید. در اثر نیرویی که از طرف نورد ها برای تغییر فرم فولاد اعمال می شود، دانه بندی فلز شکسته و ریزتر می شود و این عمل باعث افزایش استحکام فلز می گردد.



فولادهای کربن در:

فولاد کربن دار به فولادی اطلاق می گردد که علاوه بر آهن، حداکثر میزان کربن و آلیاژهای مختلف آن به قرار زیر باشد :

۳- سیلیکن : ۰/۶۰ درصد

۱- کربن : ۱/۷۰ درصد

۴- مس : ۰/۶۰ درصد

۲- منگنز : ۱/۶۵ درصد

کربن و منگنز عامل اصلی افزایش مقاومت نسبت به آهن خالص است. انواع مختلف فولاد در حد فاصل آهن خالص با صفر درصد کربن و چدن با ۱/۷۰ درصد کربن قرار دارد. این فولادها به چهار رده کم کربن (کمتر از ۰/۱۵ درصد)، کربن ملایم (۰/۱۵ تا ۰/۲۹ درصد)، کربن متوسط (۰/۳۰ تا ۰/۵۹ درصد) و پر کربن (۰/۶۰ تا ۱/۷۰ درصد) تقسیم می شوند.

فولاد نرمه (ST ۳۷):

فولاد های کربن دار ساختمانی در رده کربن ملایم قرار دارند و به آن ها فولاد نرمه می گویند. مثلاً حداکثر کربن فولاد نرمه ST۳۷ بسته به ضخامت بین ۰/۲۵ تا ۰/۲۹ درصد قرار دارد. در شکل زیر نمودار تنش کرنش این نوع فولاد نشان داده شده است. افزایش درصد کربن باعث افزایش تنش تسلیم، کاهش شکل پذیری و مشکل شدن جوشکاری می شود. در صورتی که درصد کربن از ۰/۳۰ درصد تجاوز نماید، عمل جوشکاری پرخرج شده و احتیاج به پیش گرمایش، پس گرمایش و الکترودهای مخصوص دارد. با افزایش احتیاج به جوش پذیری بالاتر، محدودیت بیشتری برای درصد کربن وضع گردیده است. فولاد ST۳۷ در رده فولاد نرمه قرار می گیرد و تنش تسلیم این فولاد ها بین ۲۲۰ تا ۲۴۰ مگاپاسکال قرار دارد.

فولاد پر مقاومت کم آلیاژ (ST ۵۲):

این فولاد ها با افزایش مقادیر ناچیزی آلیاژ نظیر کرم، کلمبیم، مس، منگنز، مولیبدن، نیکل، فسفر، وانادیم و زیرکونیوم به فولادهای کربن دار، به دست می آیند. افزایش آلیاژهای فوق باعث ریزش شدن ساختمان بلوری آهن و در نتیجه افزایش مقاومت آن می شود. فولادهای پر مقاومت آلیاژ دار در شرایط عادی مورد استفاده قرار می گیرند و برای جوشکاری آن ها به هیچ گونه عملیات ویژه ای نیاز نمی باشد. فولاد های ST۵۲ در رده فولاد های پر مقاومت کم آلیاژ قرار دارند و تنش تسلیم آن ها بین ۲۸۰ تا ۴۸۰ مگاپاسکال قرار دارد.

فولاد آلیاژ آب دیده باز پخت شده:

اگر فولادهای پر مقاومت کم آلیاژ را آب داده و سپس باز پخت نماییم، تنش تسلیم آن به ۵۵۰۰ تا ۷۶۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع می رسد. برای جوشکاری این فولاد ها باید تدابیر ویژه ای اتخاذ گردد.

جدول ۱-۱- تأثیر عناصر مختلف روی خواص فولادها (مطالعه آزاد)				
عناصر	افزایش می دهد	کاهش می دهد	نوع فولاد	
کربن	استحکام، سختی، قابلیت آبکاری	نقطه ذوب، طاق، انبساط، قابلیت جوشکاری و کوره کاری	فولادهای غیر آلیاژی	۱
	الاستیته، استحکام، قابلیت آبکاری عمقی، سختی در حالت گرم، مقاومت در مقابل خوردگی، جدا شدن گرافیت در چدن خاکستری	قابلیت جوشکاری		
	سیلان، شکنندگی در حالت سرد، استحکام در حالت گرم	انبساط، استحکام در مقابل ضربه		
	شکنندگی براده، غلظت در حالت مذاب، شکنندگی در حالت گداخته بودن	استحکام در مقابل ضربه		
منگنز	قابلیت آبکاری عمقی، استحکام، استحکام در مقابل ضربه، استحکام در مقابل ساییدگی	قابلیت براده برداری، جدا شدن گرافیت در چدن خاکستری	فولادهای آلیاژی	۲
	طاق، استحکام، مقاومت در مقابل خوردگی، مقاومت الکتریکی، دوام در حرارت های بالا، قابلیت آبکاری عمقی	انبساط حرارتی		
	سختی، استحکام، استحکام در حالت گرم، درجه حرارت آبکاری، دوام برندگی، استحکام در مقابل ساییدگی، مقاومت در مقابل خوردگی	انبساط (به مقدار کم)		
	دوام، سختی، طاق، استحکام در حالت گرم	حساسیت در مقابل حرارت های بالا		
	سختی، استحکام در حالت گرم، دوام	انبساط، قابلیت کوره کاری		
	سختی، دوام، برندگی، استحکام در حالت گرم	طاق، حساسیت در مقابل حرارت های بالا		
	سختی، استحکام، مقاومت در مقابل خوردگی، درجه حرارت آبکاری، استحکام در حالت گرم، دوام در حرارت های بالا، دوام، برندگی	انبساط (به مقدار کم)		

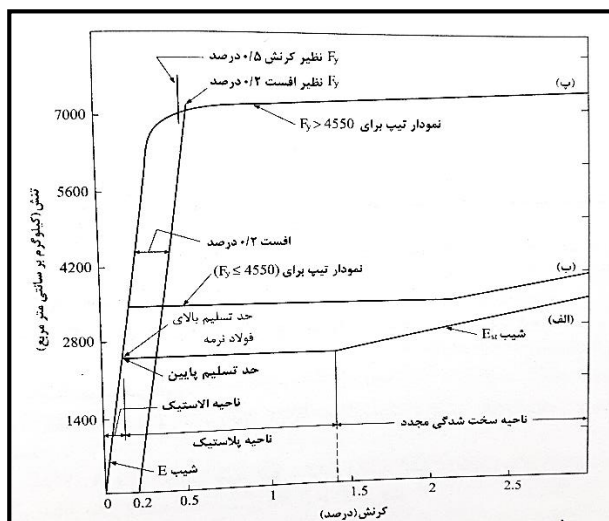
مشخصات هندسی فولاد:

ضریب الاستیسیته:

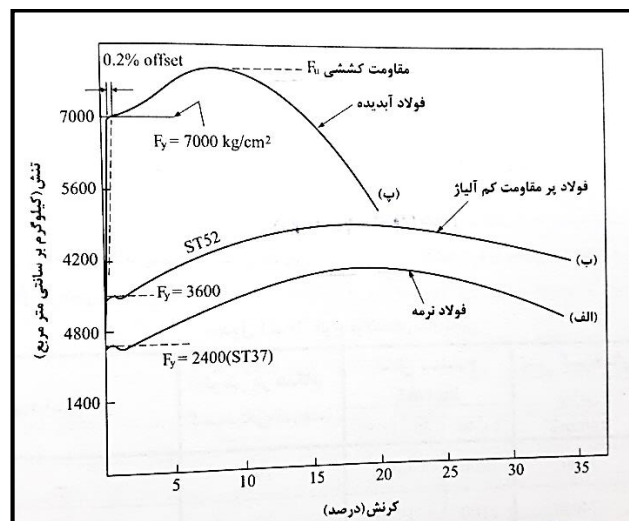
ناحیه ابتدایی نمودار که در آن ارتباط تنش - کرنش به صورت خطی می باشد، ناحیه خطی نامیده می شود و ارتباط تنش - کرنش با استفاده از قانون هوک تعریف می گردد. ضریب تناسب E ، ضریب الاستیسیته نام دارد و مقدار آن برای فولاد در حدود $2/10 \times 10^6$ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع می باشد.

تنش تسلیم (تنش جاری شدن - F_y):

تنش نظیر نقطه ای که در آن نمودار به حالت افقی در می آید، به تنش جاری شدن یا تسلیم معروف است. برای فولاد های کربن دار و پر مقاومت کم آلیاژ، پله تسلیم به خوبی مشخص بوده و تقریباً منطبق بر حد خطی می باشد. برای فولاد های خشکه، نقطه مشخصی برای تسلیم وجود ندارد و غالباً از کرنش $0/20$ درصد، خطی موازی با شیب اولیه رسم می گردد. محل تقاطع این خط با نمودار، تنش تسلیم نامیده می شود.



ناحیه ابتدایی نمودار تنش کرنش با مقیاس بزرگتر



نمودار تنش کرنش انواع مختلف فولاد

ناحیه خمیری:

بعد از تنش تسلیم ناحیه ای تقریباً مسطح و افقی وجود دارد که طول آن حدود 15 تا 20 برابر کرنش نظیر حد خطی است. به این ناحیه محدوده خمیری یا پلاستیک گفته می شود و از خواص آن در طراحی پلاستیک استفاده می گردد. برای فولاد خشکه چنین ناحیه ای وجود ندارد و به همین دلیل تا کنون اجازه تحلیل پلاستیک به این گونه فولاد ها داده نشده است.

سخت شدگی مجدد:

پس از ناحیه پلاستیک ناحیه ای وجود دارد که تنش مجدداً با افزایش کرنش ازدیاد پیدا می کند، لیکن با شیب کمتر از ناحیه الاستیک. برای فولاد نرمه ضریب الاستیسیته ناحیه سخت شدگی مجدد حدود 62000 کیلوگرم بر سانتیمتر مربع می باشد. در تحلیل پلاستیک خمش در جهت اطمینان از سخت شدگی مجدد صرف نظر می نمایند.

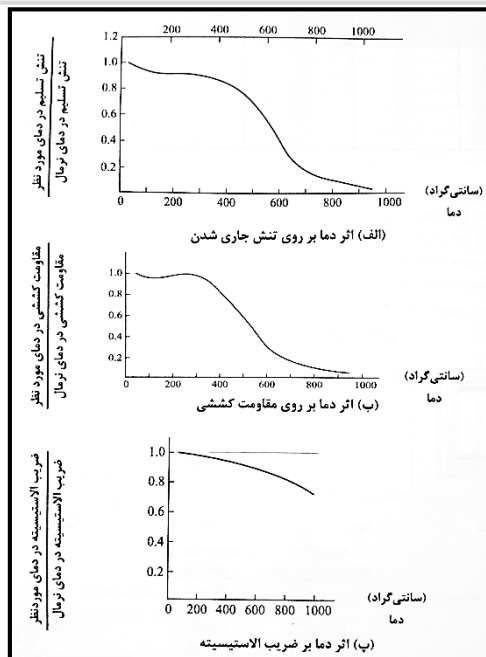
ضریب فنریت:

ضریب فنریت در واقع نشان دهنده انرژی جذب شده در ناحیه خطی می باشد و مسلماناً مقدار آن برای فولاد خشکه به دلیل داشتن تنش تسلیم بزرگتر، بیشتر از فولاد نرمه می باشد. با توجه به خارج نشدن از ناحیه خطی تمام این انرژی قابل بازیابی است. با قیاس به ضریب فنریت سطح زیر نمودار تنش - کرنش تا نقطه گسیختگی، نشان دهنده انرژی جذب شده در هنگام گسیختگی می باشد. به این مقدار طاقت مصالح گفته می شود.

نوع فولاد	تنش تسلیم - Kg/Cm^2	ضریب فنریت - Kg.Cm/Cm^2	طاقت - Kg.Cm/Cm^2
نرمه	۲۵۲۰	۱/۵۴	۸۴۰
پر مقاومت آلیاژ دار	۳۵۰۰	۳/۰۱	۱۰۵۰
خشکه کربن دار	۵۶۰۰-۴۹۰۰	۷/۷۰	۱۲۶۰
خشکه کم آلیاژ	۷۰۰۰	۱۱/۹۰	۱۳۳۰

اثر دمای زیاد در مشخصات مکانیکی فولاد:

در طراحی ساختمان که تحت دمای اتمسفر قرار دارد مطالعه اثر دمای زیاد در مشخصات مکانیکی فولاد موردی ندارد. رفتار فولاد در دمای زیاد در هنگام مطالعه روش های جوشکاری و یا اثر آتش سوزی مورد توجه قرار می گیرد. وقتی دمای فولاد از ۹۳ درجه سلسیوس تجاوز می کند، نمودار تنش کرنش از حالت خطی خارج شده و به تدریج نقطه تسلیم از حالت مشخص خارج می شود. با افزایش دما، ضریب الاستیسیته، تنش تسلیم و مقاومت کششی کاهش می یابند. در محدوده بین ۴۳۰ تا ۵۴۰ درجه سلسیوس، سرعت کاهش حداکثر است. در شکل روبرو اثر افزایش دما بر پارامترهای فوق را مشاهده می کنید.

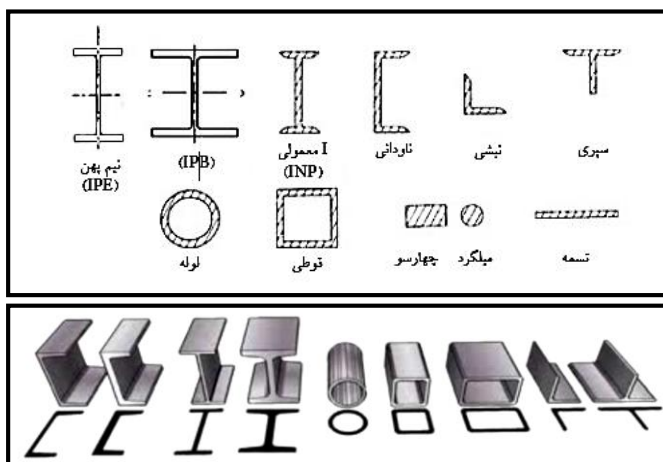
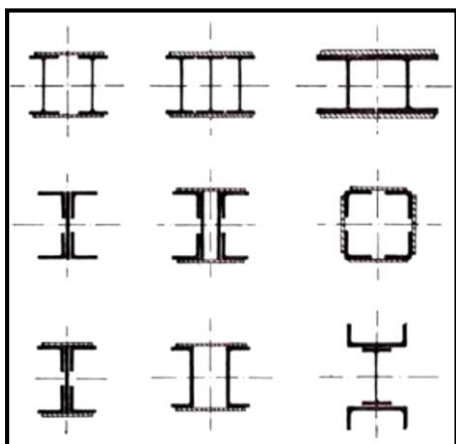
**خوردگی فولاد:**

همواره استفاده از فولاد به عنوان مصالح ساختمانی، دارای هزینه های زیاد نگهداری و رنگ آمیزی مداوم سازه بوده است. هر چند که هزینه تولید فولادهای کربن دار (نرمه) اقتصادی است، لیکن این فولادها از نظر خوردگی بسیار آسیب پذیر هستند. افزایش آلیاژی نظیر مس باعث افزایش مقاومت در مقابل خوردگی می شود، لیکن تولید چنین فولادهایی بسیار پرهزینه است. مقاومت خوردگی فولادهای پرمقاومت کم آلیاژ بدون توجه به اضافه کردن مس، به مراتب بزرگتر از فولادهای کربن دار نرمه می باشد. در چنین فولادهایی پوسته زنگ خورده به واسطه چسبندگی خوبی که با فولاد دارد، همانند یک قشر محافظ روی آن عمل می کند. با افزایش درصد مشخصی از بعضی آلیاژها به فولاد پرمقاومت کم آلیاژ پوسته اکسید شده بسیار پر مقاومت با ظاهر خوبی را در سطح آن به وجود می آورد که بسیار سخت می باشد و هیچ ماده مصنوعی نمی تواند چنین بافتی داشته باشد که فولادهای ضد خوردگی نامیده می شود. می توان انتظار داشت که مشخصات خوردگی هر نوع فولاد حتی فولادهای ضد خوردگی به درجه رطوبت و آلودگی شیمیایی آب و هوا و تناوب خشک و تر شدن سطح فولاد بستگی داشته باشد. ساخت و نصب فولادهای ضد خوردگی به دقت بسیار زیادی احتیاج دارد و باید از ایجاد هر گونه زخم یا خوردگی بر روی پوسته آن جلوگیری به عمل آید. علاوه بر استفاده از فولادهای خاص برای خوردگی، از پوشش رنگ های صنعتی و گالوانیزه کردن نیز استفاده می شود.

نیمرخ های ساختمانی:

برای استفاده از فولاد به عنوان عضو ساختمانی، باید آن را به شکل مناسب درآورد. برای فرم دادن فولاد از نورد گرم استفاده می نمایند. بدین معنی که شمش های فولادی را تا دمای سرخ شدن حرارت می دهند و سپس با عبور دادن آن از میان غلتک های مخصوص، شکل مورد نظر را به دست می آورند. نیمرخ های معمول ساختمانی عبارتند از:

- | | | |
|------------------------------|-----------|-----------|
| ۱- I شکل بال پهن (IPB) | ۵- سپری | ۹- میلگرد |
| ۲- I شکل معمولی (IPE یا INP) | ۶- لوله | ۱۰- تسمه |
| ۳- ناودانی | ۷- قوطی | ۱۱- Z شکل |
| ۴- نبشی | ۸- چهارسو | |



نیمرخ های مناسب برای اعضای ساختمانی:

اعضای ساختمانی با توجه به نیروی داخلی شان به اعضای کششی، اعضای فشاری، اعضای خمشی و اعضای خمشی فشاری طبقه بندی می شوند. برای استفاده موثر از مصالح، به تجربه و تئوری برای هر یک از اعضای فوق، نیمرخ های مناسبی متداول شده است.

اعضای کششی:

اعضای کششی به صورت اعضای قطری و قائم و یال تحتانی یا فوقانی خرپا، اعضای مهاربندی، آویزهای کف و کابل های کششی در ساختمان های معمولی و پل سازی مورد استفاده قرار می گیرند. نیمرخ های معمول این اعضا عبارتند از: میلگرد، چهارسو، کابل، نبشی تک و دوبل، IPB، سپری، ناودانی دوبل. معمولاً وظیفه این نیمرخ ها تأمین سطح مقطع کافی است.

اعضای فشاری:

اعضای فشاری به صورت اعضای قطری و قائم، یال تحتانی و یا فوقانی خرپا و ستون ها در ساختمان های معمولی و پل سازی مورد استفاده قرار می گیرد. نیمرخ های معمولی برای این اعضا عبارتند از: IPB، نبشی دوبل، قوطی، لوله و نیمرخ های ترکیبی برای افزایش سطح مقطع و شعاع ژیراسیون

اعضای خمشی:

اعضای خمشی به صورت مختلف از قبیل تیر نعل درگاهی، تیرچه سقف، تیر های اصلی و لایه ها مورد استفاده قرار می گیرد. معمول ترین نیمرخ های خمشی، نیمرخ های نورد شده I شکل هستند. در چنین نیمرخ هایی با قرار گرفتن اجزای مقطع در دورترین فاصله نسبت به تار خنثی ممان اینرسی لازم برای مقابله با لنگر خمشی داخلی تأمین می گردد. در صورت بزرگ شدن ابعاد مقطع، نیمرخ I را با استفاده از ورق و اتصالات جوشی یا پیچی می سازند که در این صورت به آن **تیر ورق** گفته می شود. معمول ترین نیمرخ های خمشی عبارتند از: نیمرخ ها I شکل، تیر ورق، تیرچه های سبک جان باز، ناودانی، تیر جعبه ای، تیر مختلط

فولادربتن:

بتن ماده ای است که دارای مقاومت زیادی در فشار است. از این رو استفاده از آن برای قطعات تحت فشار مانند ستون ها و قوس ها بسیار مناسب است، ولی علی رغم مقاومت فشاری قابل توجه، مقاومت کششی کم و شکنندگی نسبتاً زیاد بتن، استفاده از آن را برای قطعاتی که کاملاً و یا به طور موضعی تحت کشش هستند محدود می نماید. برای رفع این محدودیت اعضاء بتنی را با قرار دادن فولاد در آن ها تقویت می کنند. ماده مرکبی که بدین ترتیب حاصل می شود **بتن آرمه** یا **بتن مسلح** می نامند. فولادی که برای این منظور در سازه های بتن آرمه به کار می رود معمولاً به شکل **میلگرد** یا سیم می باشد که **آرماتور** نامیده می شود. مطالب این بخش اساساً به فولادی که برای مسلح کردن بتن به کار می رود و به صورت میلگرد است، اختصاص دارد.

انواع میلگردهای مصرفی در بتن:**طبقه بندی میلگردها از نظر روش ساخت:**

- ۱- فولاد گرم نورد شده
- ۲- فولاد سرد اصلاح شده که بر اثر انجام عملیات مکانیکی نظیر پیچاندن، 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.

طبقه بندی میلگردها از نظر مکانیکی:

- ۱- فولاد نرم (S۲۴۰): که منحنی تنش کرنش آن دارای پله تسلیم مشهود است.
- ۲- فولاد نیم سخت (S۴۰۰ - S۲۴۰): که منحنی تنش کرنش آن دارای پله تسلیم بسیار محدود است.
- ۳- فولاد سخت (S۵۰۰): که منحنی تنش کرنش آن فاقد پله تسلیم می باشد.

طبقه بندی میلگردها از نظر شکل رویه:

عنوان	شکل	مقاومت کششی و فشاری مجاز (kg/mm ²)
میلگرد ساده Ø یا A I		۲۴
میلگرد آج دار Ø یا A II		۳۰
میلگرد آج دار تابنده یا پیچیده Ø یا A III		۵۰ تا ۴۲

- ۱- میلگرد با رویه صاف یا میلگرد ساده (AI): این نوع رویه فقط در میلگرد S۲۴۰ به کار برده می شود. این میلگردها فقط می توانند به عنوان میلگرد دورپیچ در اعضای سازه ای بتن آرمه به کار روند و استفاده از آن به عنوان میلگرد سازه ای غیر از مورد فوق مجاز نیست.
- ۲- میلگرد با رویه آج دار (AII): که سایر میلگردها را شامل می شود. آج عبارت است از برجستگی هائی که به صورت طولی یا در امتدادی غیر از طول میلگرد در هنگام نورد بر روی آن ایجاد می شود.
- ۳- میلگرد با رویه آج دار پیچیده (AIII): این نوع میلگرد از پیچاندن میلگرد آج دار به دست می آید. (جدول ۹ - ۴ - ۱ در مبحث نهم مقررات ملی ساختمان)

سطح زیر منحنی تنش کرنش، شکل پذیری انواع فولاد را نشان می دهد به طوری که هر چه سطح زیر این منحنی بیشتر باشد، شکل پذیری نیز بیشتر خواهد بود. بر این اساس:

- ۱- میلگرد AI دارای شکل پذیری زیاد و مقاومت کم است.
- ۲- میلگرد AII دارای شکل پذیری متوسط و مقاومت متوسط است.
- ۳- میلگرد AIII دارای شکل پذیری کم و مقاومت زیاد است.

نکته: در بتن ریزی هایی که تغییر شکل سازه زیاد مطرح نباشد مانند پل ها، دیوارهای برشی و بتن ریزی های حجیم و ساختمان های بتنی که دارای دیوار برشی هستند، آرماتور AIII مناسب است.



آزمایش کنترل کیفیت میلگردها:

هر نوع میلگرد که به عنوان آرماتور در بتن آرمه به کار می رود، باید مطابق استانداردهای مشخصی تولید شده و دارای برگه شناسایی کارخانه سازنده باشد. آزمایش هایی که بر روی آرماتور صورت می گیرد، به سه صورت است:

آزمایش کشش:

برای تعیین مشخصات مکانیکی آرماتور از آن آزمایش کشش به عمل می آید. برای کارگاه هایی که مصرف میلگرد آنها از ۵۰ تن کمتر باشد و سازه مورد نظر برای مصرف این آرماتور از نظر دستگاه نظارت سازه با اهمیت تلقی نگردد، این آزمایش لازم نیست و در صورت انجام آزمایش حداقل سه نمونه در هر ۵۰ تن از قطر و هر نوع فولاد لازم خواهد بود.

آزمایش تاشدگی:

شکل پذیری میلگردها بر مبنای آزمایش تاشدگی به زاویه ۱۸۰ درجه و آزمایش خم و باز کردن خم با استفاده از فلکه استاندارد تعیین می شود، که در این آزمایش معایبی نظیر ترک یا پوسته ای شدن احتمالی نباید دیده شود.

آزمایش جوش پذیری:

در مواردی که آرماتور به صورت جوشی مورد استفاده قرار می گیرد (مانند خرپای تیرچه، آویزهای کششی برای سقف کاذب در ساختمان های فلزی و غیره) جوش پذیری آرماتور مهم است، قدر مسلم آنکه هر چه مقاومت کششی میلگرد بالا باشد، درصد کربن آن بالا بوده و جوش پذیری آن پایین خواهد بود. از همین رو است که برای خرپای تیرچه میلگرد کششی آرماتور AIII توصیه می شود.

حمل، باراندازی و انبار کردن میلگرد:

محموله های میلگردی که توسط بارکش های کفی یا راه آهن به محل کارگاه حمل می شوند، باید به نحوی تخلیه شوند که ضمن صدمه وارد نیابند به کارگران، خود نیز آسیب نبینند. برای تخلیه از وسایلی مانند جرثقیل هایی که بر روی کامیون نصب شده اند، جرثقیل های بزرگ بالاسری برای کارهای بزرگ و یا دیلم برای اهرم کردن زیر میلگرد و تخلیه تک تک میلگردها برای محموله های کوچک استفاده می نمایند. برای تخلیه میلگردها با دیلم، حتماً باید توسط چند عدد الوار، سطح شیب داری از کف بارکش تا کف زمین به وجود آورد تا میلگردها به روی هم بغلتند و در نتیجه افتادن روی زمین آسیب نبینند.

چهار اصل مهم در انبار کردن میلگردها عبارتند از:

- ۱- سهولت تشخیص میلگردها از هم
- ۲- جلوگیری از کج شدن میلگردها
- ۳- جلوگیری از خوردگی میلگردها
- ۴- سهولت برداشتن میلگردها و حمل به محل انجام کار

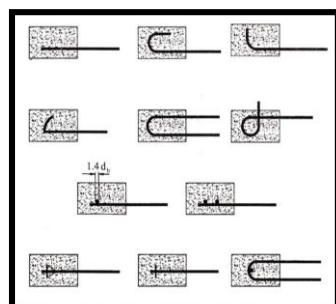
میلگردها از نظر نوع و از نظر قطر از هم تفکیک می شوند. کف مناسبی برای قرار گیری میلگردها به نحوی درست شده باشد که از آغشته شدن میلگردها به گل و خاک و سایر آلودگی ها جلوگیری کند.

بریدن و خم کردن میلگردها:

میلگردها طبق جدول آرماتور در اعضای بتن آرمه به کار می روند و دارای شکل و طول هندسی مشخصی هستند. چون طول های مذکور از یک شاخه ۱۲ متری بریده می شوند، باید برش میلگردها طوری باشد که پرت (افت) مصالح نداشته باشیم. برای بریدن میلگردها تا قطر ۱۲ میلیمتر از قیچی های دستی استفاده می گردد. برای بریدن میلگردهای با قطر بیشتر تا نمره ۲۴ از قیچی های زمینی اهرمی و برای میلگردهای با قطر بیشتر از نمره ۲۴ از گیوتین های برقی استفاده می شود.

**مهار میلگردها:**

برای اینکه میلگرد داخل بتن نلغزد و با بتن به صورت یک جسم یک پارچه تحت عنوان بتن آرمه عمل کند، بایستی به نحوی در داخل آن مهار گردد. طول مهاری برای نیروی کششی حساسیت بیشتری نسبت به نیروی فشاری دارد. روشهای متداول برای مهار میلگردها در بتن عبارتند از:



- ۱- مهارهای مستقیم
- ۲- مهارهای منحنی (نظیر قلاب ها و حلقه ها)
- ۳- مهارهای مستقیم یا حداقل یک میلگرد جوش شده به آنها در منطقه مهاری
- ۴- مهارهای مکانیکی

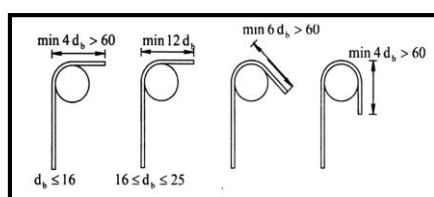
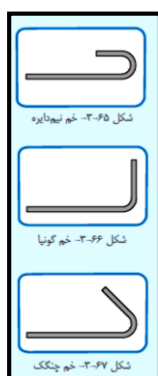
خم میلگردها:

برای حصول طول گیرایی مورد اطمینان آرماتور آن ها را به روش های مختلف دستی و مکانیکی خم می کنند که از جمله دستگاه های خم میلگرد میتوان به آچار خمکن (F) (آچار گوساله)، دستگاه میلگرد خم کن برق و دستی اشاره نمود. در مورد خم میلگرد باید نکات زیر را رعایت کنیم:

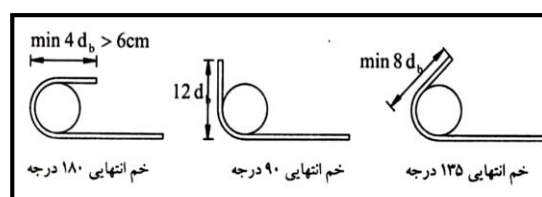
- ۱- تمامی میلگردها باید به صورت سرد خم شوند، مگر در شرایط خاص که دستگاه نظارت مجاز بداند.
- ۲- در شرایطی که دمای محیط کمتر از ۵ درجه باشد باید از خم میلگرد جلوگیری کرد.
- ۳- باز و بسته کردن میلگردها به منظور شکل دادن مجدد مجاز نمی باشد، مگر در موارد خاص که در آن شرایط باید میلگرد از نظر ترک خوردگی بازرسی و کنترل شود.
- ۴- بهتر است خم میلگرد به وسیله دستگاههای مکانیکی و با سرعت ثابت و با شعاع انحراف مشخص ثابتی انجام گیرد.

قلاب های استاندارد:

مطابق آیین نامه ایران در مهارهای منحنی نظیر قلاب ها و حلقه ها بهتر است از قلاب های استاندارد استفاده کنیم:



قلاب های استاندارد خاموت ها



قلاب های استاندارد میلگردها به جز خاموت

وصله میلگردها:

به لحاظ مشکلات اجرایی و عدم کافی بودن طول میلگردهای استاندارد (معمولاً ۱۲ متر) و همچنین استفاده بهینه از میلگردها در کارگاه، لازم است میلگردها وصله شوند، روشهای متداول برای وصله میلگردها عبارتند از :

- ۱- وصله های پوششی
- ۲- وصله های اتکایی
- ۳- وصله های جوشی
- ۴- وصله های مکانیکی
- ۵- وصله های مرکب

وصله های پوششی:

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** یا **طول پوشش** خوانده می شود. در این روش اتصال آماورها با یک طول معینی به اصطلاح **اورلپ** روی یکدیگر قرار داده می شوند که پس از قرار دادن انتهای دو میلگرد روی هم به وسیله مفتول آنها را به هم متصل می کنند.

وصله های اتکالی:

که با بر روی هم قرار دادن دو انتهای میلگردهای فشاری عملی می گردد.

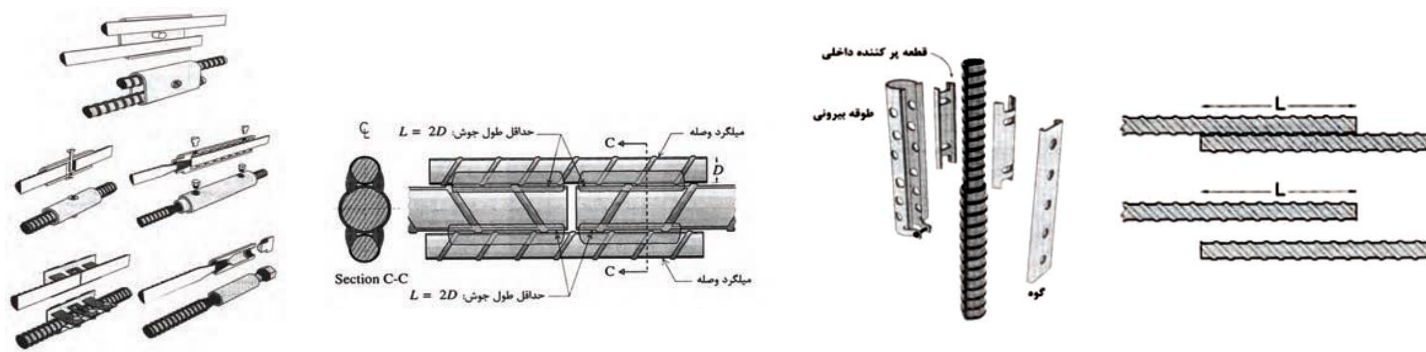
وصله های جوشی:

که با جوش دادن دو میلگرد به یکدیگر انجام می شود و باید به یکی از روش های زیر انجام شود.

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

وصله های مکانیکی:

که با به کارگیری وسایل مکانیکی خاص حاصل می شود.

**پوشش بتن روی میلگردها:**

حدافل فاصله بین رویه میلگردها، اعم از طولی یا عرضی تا نزدیک ترین سطح آزاد بتن را **پوشش بتن** می گویند. پوشش بتن، حفاظت فولاد را در مقابل عوامل طبیعی، اکسید شدن و تأثیر مواد شیمیایی و همچنین حریق، به عهده دارد. مقدار این پوشش در آئین نامه بتن مسلح هر کشوری فرق می کند. ضخامت پوشش بتنی روی میلگردها بر حسب وضعیت محیطی، کیفیت بتن و نوع قطعه مورد نظر نباید از مقادیر مندرج در جدول زیر کم تر باشد.

جدول شماره ۴-۲-۱-۲-۳-۴-۵-۶-۷-۸-۹-۱۰-۱۱-۱۲-۱۳-۱۴-۱۵-۱۶-۱۷-۱۸-۱۹-۲۰-۲۱-۲۲-۲۳-۲۴-۲۵-۲۶-۲۷-۲۸-۲۹-۳۰-۳۱-۳۲-۳۳-۳۴-۳۵-۳۶-۳۷-۳۸-۳۹-۴۰-۴۱-۴۲-۴۳-۴۴-۴۵-۴۶-۴۷-۴۸-۴۹-۵۰-۵۱-۵۲-۵۳-۵۴-۵۵-۵۶-۵۷-۵۸-۵۹-۶۰-۶۱-۶۲-۶۳-۶۴-۶۵-۶۶-۶۷-۶۸-۶۹-۷۰-۷۱-۷۲-۷۳-۷۴-۷۵-۷۶-۷۷-۷۸-۷۹-۸۰-۸۱-۸۲-۸۳-۸۴-۸۵-۸۶-۸۷-۸۸-۸۹-۹۰-۹۱-۹۲-۹۳-۹۴-۹۵-۹۶-۹۷-۹۸-۹۹-۱۰۰-۱۰۱-۱۰۲-۱۰۳-۱۰۴-۱۰۵-۱۰۶-۱۰۷-۱۰۸-۱۰۹-۱۱۰-۱۱۱-۱۱۲-۱۱۳-۱۱۴-۱۱۵-۱۱۶-۱۱۷-۱۱۸-۱۱۹-۱۲۰-۱۲۱-۱۲۲-۱۲۳-۱۲۴-۱۲۵-۱۲۶-۱۲۷-۱۲۸-۱۲۹-۱۳۰-۱۳۱-۱۳۲-۱۳۳-۱۳۴-۱۳۵-۱۳۶-۱۳۷-۱۳۸-۱۳۹-۱۴۰-۱۴۱-۱۴۲-۱۴۳-۱۴۴-۱۴۵-۱۴۶-۱۴۷-۱۴۸-۱۴۹-۱۵۰-۱۵۱-۱۵۲-۱۵۳-۱۵۴-۱۵۵-۱۵۶-۱۵۷-۱۵۸-۱۵۹-۱۶۰-۱۶۱-۱۶۲-۱۶۳-۱۶۴-۱۶۵-۱۶۶-۱۶۷-۱۶۸-۱۶۹-۱۷۰-۱۷۱-۱۷۲-۱۷۳-۱۷۴-۱۷۵-۱۷۶-۱۷۷-۱۷۸-۱۷۹-۱۸۰-۱۸۱-۱۸۲-۱۸۳-۱۸۴-۱۸۵-۱۸۶-۱۸۷-۱۸۸-۱۸۹-۱۹۰-۱۹۱-۱۹۲-۱۹۳-۱۹۴-۱۹۵-۱۹۶-۱۹۷-۱۹۸-۱۹۹-۲۰۰-۲۰۱-۲۰۲-۲۰۳-۲۰۴-۲۰۵-۲۰۶-۲۰۷-۲۰۸-۲۰۹-۲۱۰-۲۱۱-۲۱۲-۲۱۳-۲۱۴-۲۱۵-۲۱۶-۲۱۷-۲۱۸-۲۱۹-۲۲۰-۲۲۱-۲۲۲-۲۲۳-۲۲۴-۲۲۵-۲۲۶-۲۲۷-۲۲۸-۲۲۹-۲۳۰-۲۳۱-۲۳۲-۲۳۳-۲۳۴-۲۳۵-۲۳۶-۲۳۷-۲۳۸-۲۳۹-۲۴۰-۲۴۱-۲۴۲-۲۴۳-۲۴۴-۲۴۵-۲۴۶-۲۴۷-۲۴۸-۲۴۹-۲۵۰-۲۵۱-۲۵۲-۲۵۳-۲۵۴-۲۵۵-۲۵۶-۲۵۷-۲۵۸-۲۵۹-۲۶۰-۲۶۱-۲۶۲-۲۶۳-۲۶۴-۲۶۵-۲۶۶-۲۶۷-۲۶۸-۲۶۹-۲۷۰-۲۷۱-۲۷۲-۲۷۳-۲۷۴-۲۷۵-۲۷۶-۲۷۷-۲۷۸-۲۷۹-۲۸۰-۲۸۱-۲۸۲-۲۸۳-۲۸۴-۲۸۵-۲۸۶-۲۸۷-۲۸۸-۲۸۹-۲۹۰-۲۹۱-۲۹۲-۲۹۳-۲۹۴-۲۹۵-۲۹۶-۲۹۷-۲۹۸-۲۹۹-۳۰۰-۳۰۱-۳۰۲-۳۰۳-۳۰۴-۳۰۵-۳۰۶-۳۰۷-۳۰۸-۳۰۹-۳۱۰-۳۱۱-۳۱۲-۳۱۳-۳۱۴-۳۱۵-۳۱۶-۳۱۷-۳۱۸-۳۱۹-۳۲۰-۳۲۱-۳۲۲-۳۲۳-۳۲۴-۳۲۵-۳۲۶-۳۲۷-۳۲۸-۳۲۹-۳۳۰-۳۳۱-۳۳۲-۳۳۳-۳۳۴-۳۳۵-۳۳۶-۳۳۷-۳۳۸-۳۳۹-۳۴۰-۳۴۱-۳۴۲-۳۴۳-۳۴۴-۳۴۵-۳۴۶-۳۴۷-۳۴۸-۳۴۹-۳۵۰-۳۵۱-۳۵۲-۳۵۳-۳۵۴-۳۵۵-۳۵۶-۳۵۷-۳۵۸-۳۵۹-۳۶۰-۳۶۱-۳۶۲-۳۶۳-۳۶۴-۳۶۵-۳۶۶-۳۶۷-۳۶۸-۳۶۹-۳۷۰-۳۷۱-۳۷۲-۳۷۳-۳۷۴-۳۷۵-۳۷۶-۳۷۷-۳۷۸-۳۷۹-۳۸۰-۳۸۱-۳۸۲-۳۸۳-۳۸۴-۳۸۵-۳۸۶-۳۸۷-۳۸۸-۳۸۹-۳۹۰-۳۹۱-۳۹۲-۳۹۳-۳۹۴-۳۹۵-۳۹۶-۳۹۷-۳۹۸-۳۹۹-۴۰۰-۴۰۱-۴۰۲-۴۰۳-۴۰۴-۴۰۵-۴۰۶-۴۰۷-۴۰۸-۴۰۹-۴۱۰-۴۱۱-۴۱۲-۴۱۳-۴۱۴-۴۱۵-۴۱۶-۴۱۷-۴۱۸-۴۱۹-۴۲۰-۴۲۱-۴۲۲-۴۲۳-۴۲۴-۴۲۵-۴۲۶-۴۲۷-۴۲۸-۴۲۹-۴۳۰-۴۳۱-۴۳۲-۴۳۳-۴۳۴-۴۳۵-۴۳۶-۴۳۷-۴۳۸-۴۳۹-۴۴۰-۴۴۱-۴۴۲-۴۴۳-۴۴۴-۴۴۵-۴۴۶-۴۴۷-۴۴۸-۴۴۹-۴۵۰-۴۵۱-۴۵۲-۴۵۳-۴۵۴-۴۵۵-۴۵۶-۴۵۷-۴۵۸-۴۵۹-۴۶۰-۴۶۱-۴۶۲-۴۶۳-۴۶۴-۴۶۵-۴۶۶-۴۶۷-۴۶۸-۴۶۹-۴۷۰-۴۷۱-۴۷۲-۴۷۳-۴۷۴-۴۷۵-۴۷۶-۴۷۷-۴۷۸-۴۷۹-۴۸۰-۴۸۱-۴۸۲-۴۸۳-۴۸۴-۴۸۵-۴۸۶-۴۸۷-۴۸۸-۴۸۹-۴۹۰-۴۹۱-۴۹۲-۴۹۳-۴۹۴-۴۹۵-۴۹۶-۴۹۷-۴۹۸-۴۹۹-۵۰۰-۵۰۱-۵۰۲-۵۰۳-۵۰۴-۵۰۵-۵۰۶-۵۰۷-۵۰۸-۵۰۹-۵۱۰-۵۱۱-۵۱۲-۵۱۳-۵۱۴-۵۱۵-۵۱۶-۵۱۷-۵۱۸-۵۱۹-۵۲۰-۵۲۱-۵۲۲-۵۲۳-۵۲۴-۵۲۵-۵۲۶-۵۲۷-۵۲۸-۵۲۹-۵۳۰-۵۳۱-۵۳۲-۵۳۳-۵۳۴-۵۳۵-۵۳۶-۵۳۷-۵۳۸-۵۳۹-۵۴۰-۵۴۱-۵۴۲-۵۴۳-۵۴۴-۵۴۵-۵۴۶-۵۴۷-۵۴۸-۵۴۹-۵۵۰-۵۵۱-۵۵۲-۵۵۳-۵۵۴-۵۵۵-۵۵۶-۵۵۷-۵۵۸-۵۵۹-۵۶۰-۵۶۱-۵۶۲-۵۶۳-۵۶۴-۵۶۵-۵۶۶-۵۶۷-۵۶۸-۵۶۹-۵۷۰-۵۷۱-۵۷۲-۵۷۳-۵۷۴-۵۷۵-۵۷۶-۵۷۷-۵۷۸-۵۷۹-۵۸۰-۵۸۱-۵۸۲-۵۸۳-۵۸۴-۵۸۵-۵۸۶-۵۸۷-۵۸۸-۵۸۹-۵۹۰-۵۹۱-۵۹۲-۵۹۳-۵۹۴-۵۹۵-۵۹۶-۵۹۷-۵۹۸-۵۹۹-۶۰۰-۶۰۱-۶۰۲-۶۰۳-۶۰۴-۶۰۵-۶۰۶-۶۰۷-۶۰۸-۶۰۹-۶۱۰-۶۱۱-۶۱۲-۶۱۳-۶۱۴-۶۱۵-۶۱۶-۶۱۷-۶۱۸-۶۱۹-۶۲۰-۶۲۱-۶۲۲-۶۲۳-۶۲۴-۶۲۵-۶۲۶-۶۲۷-۶۲۸-۶۲۹-۶۳۰-۶۳۱-۶۳۲-۶۳۳-۶۳۴-۶۳۵-۶۳۶-۶۳۷-۶۳۸-۶۳۹-۶۴۰-۶۴۱-۶۴۲-۶۴۳-۶۴۴-۶۴۵-۶۴۶-۶۴۷-۶۴۸-۶۴۹-۶۵۰-۶۵۱-۶۵۲-۶۵۳-۶۵۴-۶۵۵-۶۵۶-۶۵۷-۶۵۸-۶۵۹-۶۶۰-۶۶۱-۶۶۲-۶۶۳-۶۶۴-۶۶۵-۶۶۶-۶۶۷-۶۶۸-۶۶۹-۶۷۰-۶۷۱-۶۷۲-۶۷۳-۶۷۴-۶۷۵-۶۷۶-۶۷۷-۶۷۸-۶۷۹-۶۸۰-۶۸۱-۶۸۲-۶۸۳-۶۸۴-۶۸۵-۶۸۶-۶۸۷-۶۸۸-۶۸۹-۶۹۰-۶۹۱-۶۹۲-۶۹۳-۶۹۴-۶۹۵-۶۹۶-۶۹۷-۶۹۸-۶۹۹-۷۰۰-۷۰۱-۷۰۲-۷۰۳-۷۰۴-۷۰۵-۷۰۶-۷۰۷-۷۰۸-۷۰۹-۷۱۰-۷۱۱-۷۱۲-۷۱۳-۷۱۴-۷۱۵-۷۱۶-۷۱۷-۷۱۸-۷۱۹-۷۲۰-۷۲۱-۷۲۲-۷۲۳-۷۲۴-۷۲۵-۷۲۶-۷۲۷-۷۲۸-۷۲۹-۷۳۰-۷۳۱-۷۳۲-۷۳۳-۷۳۴-۷۳۵-۷۳۶-۷۳۷-۷۳۸-۷۳۹-۷۴۰-۷۴۱-۷۴۲-۷۴۳-۷۴۴-۷۴۵-۷۴۶-۷۴۷-۷۴۸-۷۴۹-۷۵۰-۷۵۱-۷۵۲-۷۵۳-۷۵۴-۷۵۵-۷۵۶-۷۵۷-۷۵۸-۷۵۹-۷۶۰-۷۶۱-۷۶۲-۷۶۳-۷۶۴-۷۶۵-۷۶۶-۷۶۷-۷۶۸-۷۶۹-۷۷۰-۷۷۱-۷۷۲-۷۷۳-۷۷۴-۷۷۵-۷۷۶-۷۷۷-۷۷۸-۷۷۹-۷۸۰-۷۸۱-۷۸۲-۷۸۳-۷۸۴-۷۸۵-۷۸۶-۷۸۷-۷۸۸-۷۸۹-۷۹۰-۷۹۱-۷۹۲-۷۹۳-۷۹۴-۷۹۵-۷۹۶-۷۹۷-۷۹۸-۷۹۹-۸۰۰-۸۰۱-۸۰۲-۸۰۳-۸۰۴-۸۰۵-۸۰۶-۸۰۷-۸۰۸-۸۰۹-۸۱۰-۸۱۱-۸۱۲-۸۱۳-۸۱۴-۸۱۵-۸۱۶-۸۱۷-۸۱۸-۸۱۹-۸۲۰-۸۲۱-۸۲۲-۸۲۳-۸۲۴-۸۲۵-۸۲۶-۸۲۷-۸۲۸-۸۲۹-۸۳۰-۸۳۱-۸۳۲-۸۳۳-۸۳۴-۸۳۵-۸۳۶-۸۳۷-۸۳۸-۸۳۹-۸۴۰-۸۴۱-۸۴۲-۸۴۳-۸۴۴-۸۴۵-۸۴۶-۸۴۷-۸۴۸-۸۴۹-۸۵۰-۸۵۱-۸۵۲-۸۵۳-۸۵۴-۸۵۵-۸۵۶-۸۵۷-۸۵۸-۸۵۹-۸۶۰-۸۶۱-۸۶۲-۸۶۳-۸۶۴-۸۶۵-۸۶۶-۸۶۷-۸۶۸-۸۶۹-۸۷۰-۸۷۱-۸۷۲-۸۷۳-۸۷۴-۸۷۵-۸۷۶-۸۷۷-۸۷۸-۸۷۹-۸۸۰-۸۸۱-۸۸۲-۸۸۳-۸۸۴-۸۸۵-۸۸۶-۸۸۷-۸۸۸-۸۸۹-۸۹۰-۸۹۱-۸۹۲-۸۹۳-۸۹۴-۸۹۵-۸۹۶-۸۹۷-۸۹۸-۸۹۹-۹۰۰-۹۰۱-۹۰۲-۹۰۳-۹۰۴-۹۰۵-۹۰۶-۹۰۷-۹۰۸-۹۰۹-۹۱۰-۹۱۱-۹۱۲-۹۱۳-۹۱۴-۹۱۵-۹۱۶-۹۱۷-۹۱۸-۹۱۹-۹۲۰-۹۲۱-۹۲۲-۹۲۳-۹۲۴-۹۲۵-۹۲۶-۹۲۷-۹۲۸-۹۲۹-۹۳۰-۹۳۱-۹۳۲-۹۳۳-۹۳۴-۹۳۵-۹۳۶-۹۳۷-۹۳۸-۹۳۹-۹۴۰-۹۴۱-۹۴۲-۹۴۳-۹۴۴-۹۴۵-۹۴۶-۹۴۷-۹۴۸-۹۴۹-۹۵۰-۹۵۱-۹۵۲-۹۵۳-۹۵۴-۹۵۵-۹۵۶-۹۵۷-۹۵۸-۹۵۹-۹۶۰-۹۶۱-۹۶۲-۹۶۳-۹۶۴-۹۶۵-۹۶۶-۹۶۷-۹۶۸-۹۶۹-۹۷۰-۹۷۱-۹۷۲-۹۷۳-۹۷۴-۹۷۵-۹۷۶-۹۷۷-۹۷۸-۹۷۹-۹۸۰-۹۸۱-۹۸۲-۹۸۳-۹۸۴-۹۸۵-۹۸۶-۹۸۷-۹۸۸-۹۸۹-۹۹۰-۹۹۱-۹۹۲-۹۹۳-۹۹۴-۹۹۵-۹۹۶-۹۹۷-۹۹۸-۹۹۹-۱۰۰۰						
نوع شرایط محیطی	نوع قطعه	ملازم	متوسط	شدید	بسیار شدید	فوق العاده شدید
تیرها و ستون ها	۳۵	۴۵	۵۰	۶۵	۷۵	
دالها، دیوارها و تیرچه ها	۲۰	۳۰	۳۵	۵۰	۶۰	
پوسته ها، صفحات پلایستی	۱۵	۳۵	۳۰	۴۵	۵۵	

تذکر: با توجه به توصیه آئین نامه ایران، پوشش بتن برای کف فونداسیون ۷۵ میلی متر است.

فرم های رایج میلگرد مصرفی:

- ۱- میلگرد طولی (راستا) و عرضی: برای افزایش مقاومت کششی بتن به کار برده می شود.
- ۲- میلگرد آدکا: برای تحمل لنگرهای مثبت و منفی دو تکیه گاه های تیر (تیر یکسره) و برای تحمل نیروی برشی کاربرد دارد.
- ۳- خاموت (تنگ): برای جلوگیری از بیرون زدگی آرماتورهای طولی در اثر کمناش و تحمل نیروهای برشی و گسترش ترک استفاده می شود.
- ۴- رکابی: برای امتداد نگاه داشتن آرماتورهای طولی یا عمودی در بتن ریزی دیوارهای بتنی کاربرد دارد.

- ۵- **سنجاقک:** برای تقویت مقاومت برشی خاموت ها و اتصال کامل بین میلگردهای طولی و خاموت کاربرد دارد.
- ۶- **خرک:** برای نگهداری (مونتاژ) و حفظ فاصله بین دو شبکه میلگرد در فونداسیون ها و بتن ریزی های کف استفاده می گردد.



آرماتوربندی فونداسیون:

در میلگرد گذاری پی و شناژ به نکات زیر توجه کنید (مبحث نهم از مقررات ملی ساختمان) :

- ۱- در پی ها، قطر میلگردها نباید کمتر از **۱۰ میلی متر** باشد.
- ۲- فاصله محور تا محور میلگرها از یکدیگر، نباید کمتر از **۱۰ سانتی متر** و بیشتر از **۳۵ سانتی متر** در نظر گرفته شود.
- ۳- ابعاد شناژ رابط بین پی ها باید متناسب با ابعاد پی و حداقل **۳۰ سانتی متر** اختیار شود، به گونه ای که سطح فوقانی آن با فونداسیون یکسان باشد.
- ۴- تعداد میلگردهای طولی شناژها باید حداقل چهار عدد آرماتور با قطر **۱۴ میلی متر** باشد.
- ۵- میلگردهای طولی شناژ، باید توسط خاموت هایی به قطر حداقل **۸ میلی متر** و با فواصل حداکثر **۲۵ سانتی متر** از یکدیگر، به هم بسته شوند.

جزئیات آرماتوربندی فونداسیون منفرد:

به منظور تقویت پی بتنی در مقابل کشش، آن را با آرماتور مسلح می کنند. در پی های منفرد در اثر فشار و بار وارد شده از طرف ستون، سطح بالای آن به حالت فشار و سطح پایینی آن به حالت کشش در می آید. بنابراین شبکه ای از میلگردهای طولی و عرضی را در محدوده وارد شدن نیروی کششی یعنی سطح تحتانی قرار می دهند. به این شبکه، **مش یا حصیری کف** گفته می شود.



شکل ۱-۷- آماده سازی کف پی

شکل ۲-۷- اجرای میلگردهای طولی و عرضی کف پی

شکل ۳-۷- خم میلگرد در کنار و به هم بستن میلگردهای طولی و عرضی

شکل ۴-۷- اجرای میلگردهای ریشه شناژ

شکل ۵-۷- اجرای میلگرد شناژها

جزئیات آرماتوربندی فونداسیون نواری:



شکل ۶-۷- آماده سازی کف پی

شکل ۷-۷- آماده کردن میلگردهای طولی و عرضی

شکل ۸-۷- چینش میلگردهای طولی و عرضی

شکل ۹-۷- به هم بستن میلگردها

شکل ۱۰-۷- رعایت پوشش بتن در کف و بنده

شکل ۱۱-۷- قرار دادن میلگردهای تقویتی

ستون های بتنی:

در میلگرد گذاری ستون ها به نکات زیر توجه کنید (مبحث نهم از مقررات ملی ساختمان) :

حداقل تعداد میلگردهای طولی به شرح زیر است:

- ۱- میلگرد داخل خاموت مدور یا مستطیلی، چهار عدد
- ۲- میلگرد داخل خاموت مثلثی، سه عدد
- ۳- میلگرد داخل خاموت مارپیچ، شش عدد
- ۴- مارپیچ باید از میلگرد پیوسته ساخته شود.
- ۵- قطر میلگردهای مصرفی در مارپیچ نباید از ۶ میلی متر کمتر باشد.



شکل ۱۶-۷- بتن ریزی ستون



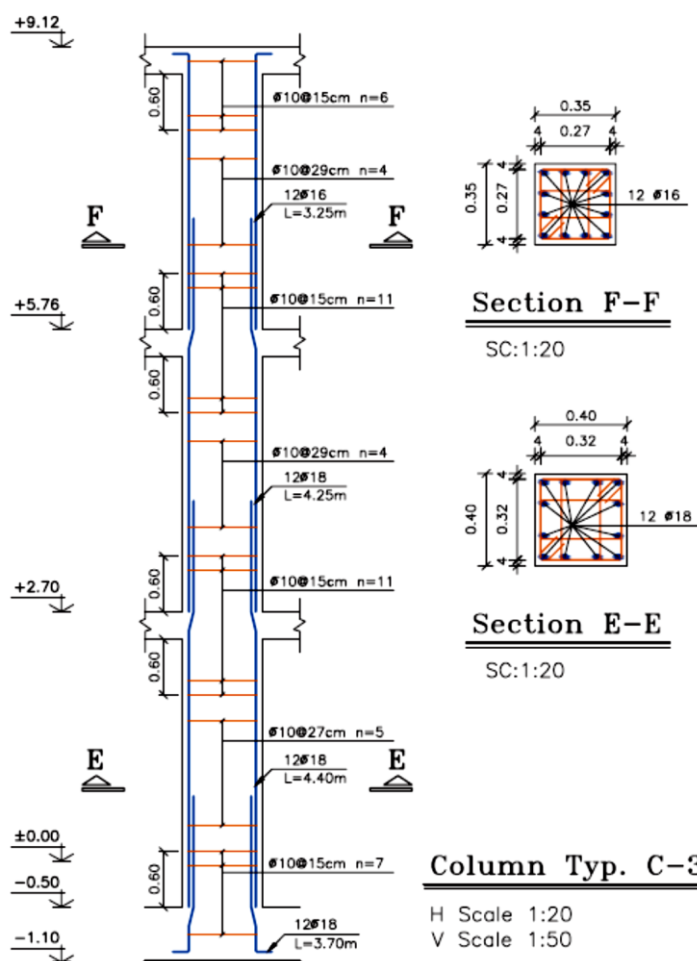
شکل ۱۷-۷- اجرای خاموت و سنج چک



شکل ۱۸-۷- تکمیل میلگردگذاری ستون



شکل ۱۹-۷- کار گذاشتن میلگردهای انتظار ستون، در فونداسیون

**نمونه ای از آرماتورگذاری یک ستون بتنی:**



شکل ۷-۲۱- قالب بندی تیرها



شکل ۷-۲۲- آماده کردن میلگردهای تیر روی زمین



شکل ۷-۲۳- جای گذاری میلگردها در محل اصلی



شکل ۷-۲۴- تنظیم فاصله بین خاموت ها



شکل ۷-۲۵- بستن خاموت ها با مفتول

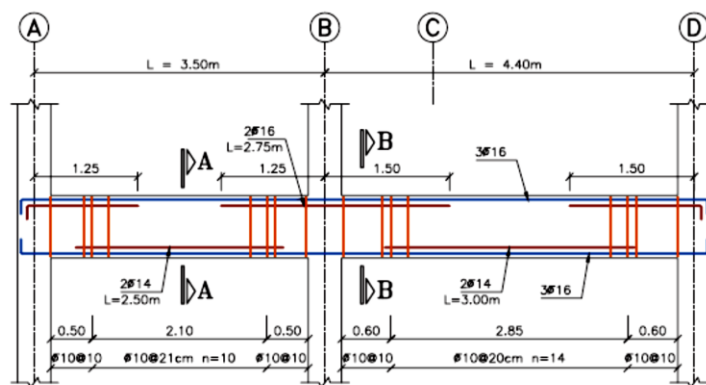


شکل ۷-۲۶- خم میلگردهای اصلی در انتهای محل قرارگیری



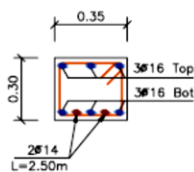
شکل ۷-۲۷- رعایت فاصله پوشش بتنی در کف

نمونه ای از آرماتورگذاری یک تیر بتنی:



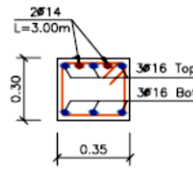
Beam Typ. B-1

Elev: 1.00
H Scale 1:50
V Scale 1:20



Section A-A

SC:1:20



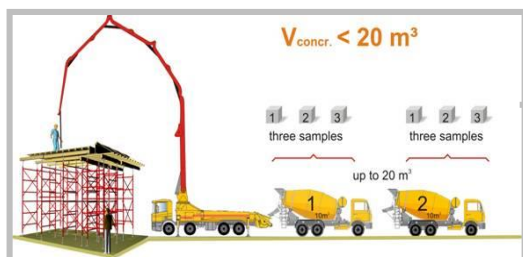
Section B-B

SC:1:20

یادداشت

فصل هفتم

مطالبی که به زیر آن ها خط کشیده شده، مطالعه آزاد می باشند و فاقد ارزش امتحانی هستند.



اجرای ساختمان های بتن آرمه

بتن و اهمیت شناخت آن:

تعریف: بتن از ترکیب مقدار معین و حساب شده از آب، سیمان، ماسه، شن و بعضی مواد مضاف و افزودنی دیگر به دست می آید. پس از این که آب به مخلوط مصالح سنگی و سیمان افزوده شد، سیمان و آب با هم وارد فعل و انفعالات شیمیایی حرارت را می شوند. در اثر این فعل و انفعالات، ماده ی ژله مانند و چسبنده ای به وجود می آید که مصالح مختلف داخل مخلوط را به هم پیوند داده به صورت جسم سختی در می آید.

مصالح تشکیل دهنده بتن:

مصالح مصرفی در بتن عبارت اند 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 و مواد مضاف نیز می توانند در بتن استفاده شوند.

مصالح سنگی مصرفی در بتن:

دانه های سنگی به دو دسته دانه های درشت یا شن و دانه های ریز یا ماسه تقسیم می شوند. مصالح سنگی (شن و ماسه) در مجموع حدود ۶۵ تا ۷۵ درصد از بتن را تشکیل می دهند. ۶۰ تا ۷۰ درصد از کل دانه ها، شن، و ۳۰ الی ۴۰ درصد دانه ها را ماسه تشکیل می دهد. مصالح سنگی ریز و درشت مصرفی در بتن باید تمیز، سخت و عاری از مواد شیمیایی جذب شده، پوشش های رسی، گچی و مواد ریز دیگری باشد که بر چسبندگی آن ها با خمیر سیمان اثر می گذارد.

ماسه در بتن:

دانه های سنگی ریز تر از ۵ میلی متر را ماسه می گویند. ماسه ها را بر اساس قطر دانه به سه دسته با مشخصات درج شده در جدول زیر تقسیم می کنند:

تذکر: میزان گل و لای مجاز برای دانه های ماسه حداکثر ۳ درصد می باشد.

دسته بندی ماسه ها	
نام دسته ماسه	اندازه قطر دانه ها
درشت	۲ تا ۵
متوسط	۰/۵ تا ۲
نرم	۰/۷۵ تا ۰/۵

شن در بتن:

دانه های سنگی بزرگ تر از ۵ میلی متر و کوچک تر از ۶۰ میلی متر را شن می گویند.

طبقه بندی شن :

- ۱- **شن طبیعی:** سنگ های بزرگ بر اثر عوامل جوی و حرکت سیلاب ها از کوه ها جدا شده، خرد می شوند و در بستر رودخانه ها ته نشین می شوند، به سنگ های ته نشین شده با قطر ۵ تا ۶۰ میلی متر **شن طبیعی** گفته می شود. شن طبیعی دارای **گوشه های مدور** بوده و معمولاً در هنگام ته نشین شدن در بستر رودخانه ها، با ماسه و قلوه سنگ (سنگ درشت تر از شن) مخلوط است.
- ۲- **شن شکسته:** سنگ هایی با اندازه های مناسب در کارخانه به وسیله ی دستگاه های سنگ شکن، خرد شده و توسط الک های متوالی، دانه بندی می شود. به محصول به دست آمده، **شن شکسته** می گویند.

میزان گل و لای مجاز برای دانه های شن حداکثر ۱ درصد می باشد. قطر دانه های شن برای ساخت بتن معمولی بین ۵ تا ۲۲ میلی متر است.

دسته بندی شن ها	
نام دسته شن	اندازه قطر دانه ها
درشت	۲۵ تا ۶۰
بادامی	۱۲ تا ۲۵
نخودی	۵ تا ۱۲

طبق مشخصات و ضوابط مشخص شده در آئین نامه بتن ایران (آبا)، بزرگ ترین اندازه اسمی سنگدانه های درشت نباید از هیچ کدام از مقدار زیر بزرگ تر باشد:

الف: $\frac{1}{8}$ کوچکترین بعد داخلی قالب بتن

ب: $\frac{1}{3}$ ضخامت دال

ج: $\frac{3}{4}$ حداقل فاصله آزاد بین میلگردها

د: $\frac{2}{4}$ ضخامت پوشش روی میلگردها

هـ: ۳۶ میلی متر در بتن مسلح

شکل و بافت سطحی و ظاهری دانه ها:

دانه های موجود در طبیعت (شن و ماسه) را از نظر شکل ظاهری می توان به پنج دسته تقسیم کرد:

- ۱- **دانه های گرد:** دانه هایی هستند که در اثر فرسایش در طبیعت شکل آن ها گرد و سطح آن ها صاف شده است.
- ۲- **دانه های نامنظم:** معمولاً دارای سطح صاف و صیقلی هستند ولی شکل آن ها کاملاً گرد نیست.
- ۳- **دانه های گوشه دار:** دارای سطح صاف نیستند، همچنین شکل هندسی مشخصی نداشته و اکثراً دارای گوشه های مشخص و تیز هستند.
- ۴- **دانه های پولکی شکل:** دانه هایی هستند که ضخامت آن ها نسبت به دو بُعد دیگر آن ها کم است.
- ۵- **دانه های سوزنی شکل:** دانه هایی هستند که طول آن ها نسبت به دو بُعد دیگر به میزان قابل توجهی بیش تر است.

اصولاً در بتن سازی از دانه های گرد، نامنظم و گوشه دار استفاده می شود. دانه های گرد در مقایسه با دانه های نامنظم و گوشه دار، در بتن کم ترین مصرف سیمان را دارد. از نظر مقاومت نهائی بتن، بتنی که با دانه های گوشه دار ساخته می شود به دلیل امکان درگیر شدن بهتر با دانه ها با یکدیگر و برقراری اصطکاک بهتر بین آن ها، مقاوم تر خواهد بود.

بارگیری، حمل و تخلیه مواد سنگی بتن:

بارگیری، حمل و تخلیه مواد سنگی بتن و انبار کردن آنها باید به نحوی باشد که مواد خارجی و زیان آور در آنها نفوذ نکنند و دانه های ریز و درشت از یکدیگر جدا نشوند. مصالح سنگی باید دور از پوشش گیاهی و مواد آلوده کننده نگهداری شود. شن و ماسه باید به طور جداگانه انبار شوند و در مواقعی که درشتی دانه های شن از $\frac{3}{8}$ میلیمتر تجاوز کند، این دانه ها نیز باید در دو گروه انباشته گردند تا امکان جداسازی دانه ها به حداقل برسد. هنگامی که بزرگترین اندازه سنگدانه $\frac{3}{8}$ میلیمتر باشد مرز جدایی دو نوع سنگدانه $\frac{19}{5}$ میلیمتر و وقتی که بزرگترین اندازه $\frac{50}{8}$ تا $\frac{64}{5}$ میلیمتر باشد مرز جدایی $\frac{25}{4}$ میلیمتر خواهد بود. به هنگام بارش و یخندان باید روی شن و ماسه را با **برزنت یا ورقه های پلاستیکی** مناسب پوشانید و در گرمای شدید برای آنها **سایبان** ایجاد کرد تا داغ نشوند. توده های شن و ماسه نباید به شکل مخروط های بلندی درآیند، زیرا این عمل سبب جدا شدگی دانه های ریز و درشت می شود، بلکه باید آنها را در لایه هایی به ضخامت یکسان انبار نمود و جابه جا کردن آنها را به صورت **افقی** انجام داد. به هنگام وزش باد باید از جدا شدن ذرات ریز در حین تخلیه جلوگیری شود. برای دستیابی به رطوبت یکنواخت بر ای مصالح سنگی در کارگاه باید حداقل این مصالح **دوازده ساعت** در محل باقیمانده و سپس به مصرف برسند. سیلوی ذخیره مواد سنگی حتی المقدور باید به شکل مربع یا دایره بوده و شیب قسمت های پایین آن کمتر از **۵۰ درجه** باشد. ریختن مصالح سنگی به داخل سیلو باید به صورت قائم انجام شود تا از برخورد مواد سنگی با کناره های سیلو جلوگیری به عمل آید، زیرا این عمل سبب جداسازی دانه ها می شود.

سیمان در بتن:

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

مواد تشکیل دهنده سیمان		
مواد اولیه در سیمان	مواد اولیه در سیمان	درصد
آهک	CaO	۶۳
سیلیس	SiO ₂	۲۰
آلومین	Al ₂ O ₃	۶
اکسید آهن	Fe ₂ O ₃	۳
اکسید منیزیم	MgO	۱/۵

اگر مخلوطی از سنگ آهک، خاک رس با گچ در کوره ای دوار با حرارت زیاد پخته شود، دانه هایی به رنگ سبز تیره در می آید که به آن **کلینکر** گفته می شود. درشتی دانه های کلینکر بین $\frac{0}{5}$ تا ۲ سانتی متر است. اگر کلینکر با مقدار کمی گچ از طریق آسیاب کردن به پودر تبدیل شود، محصول به دست آمده سیمان خواهد بود. زمانی که سیمان با آب مخلوط شود واکنش شیمیایی آغاز می گردد و بر روی سطح هر دانه سیمان مواد حاصل از هیدراته شدن پدید می آید که در اثر اتصال این مواد به یکدیگر تمام دانه ها با هم ارتباط می یابند. در اثر این ارتباط بتن سفت و سخت می شود و سر انجام مقاومت حاصل می شود. این واکنش های شیمیایی **هیدراتاسیون** نامیده می شود که با تولید حرارت همراه است. البته حرارت حاصل از هیدراتاسیون به سرعت از بین می رود.

www.icivil.ir

پرتال جامع دانشجویان و مهندسين عمران

ارائه كتابها و جزوات رايجان مهندسي عمران

بهترين و برترين مقالات روز عمران

انجمن هاي تفصلي مهندسي عمران

خبرنگاه تفصلي مهندسي عمران



@icivilir



icivil.ir



انواع سیمان:

سیمان های مصرفی در بتن عبارت اند از :

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 می آید. مطابق استانداردهای ایران، سیمان پرتلند به پنج نوع زیر تقسیم می شود:

- ۱- **سیمان پرتلند معمولی :** یک سیمان معمولی است که برای مصارف عمومی ساختمان به کار می رود.
- ۲- **سیمان با حرارت زایی متوسط :** سیمان پرتلند اصلاح شده؛ سیمان با خصوصیات متوسط است که نسبت به نوع ۱ حرارت کمتری آزاد کرده و برای مصرف در محیط هایی که احتمال حمله ضعیفی از سولفات وجود خواهد داشت، مناسب است.
- ۳- **سیمان با تاب زیاد :** سیمان زودگیر؛ این سیمان برای ساخت بتن در هوای سرد به جهت آزاد کردن گرمای بیش تر و کم کردن دوره مراقبت مناسب است.
- ۴- **سیمان با حرارت زایی کم :** سیمان کندگیر؛ این سیمان معمولاً در هوای گرم به دلیل تولید حرارت کم تر و تسهیل در امر مراقبت از بتن، استفاده می شود.
- ۵- **سیمان مقاوم در برابر سولفات :** این نوع سیمان یک سیمان مقاوم در مقابل حمله سولفات ها محسوب می شود. همچنین این سیمان تاحدودی خصوصیات دیرگیری داشته و نسبت به سیمان نوع اول، حرارت کمتری تولید می کند.

ب) سیمان های ویژه :

امروزه سیمان را در انواع و رنگ های مختلف می سازند و به بازار عرضه می کنند که متداول ترین آن ها به شرح زیر است :

سیمان پرتلند سفید: اگر مواد خام سیمان پرتلند معمولی، اکسید آهن نداشته باشد، یا آن را از مواد خام جداکنند، رنگ سیمان سفید می شود. بدین ترتیب سیمان پرتلند سفید از آسیاب کردن کلینکر سیمان سفید با مقدار مناسبی سنگ گچ به دست می آید.

سیمان های رنگی: این نوع سیمان از افزودن ۵ تا ۱۰ درصد مواد رنگی معدنی بی اثر شیمیایی به سیمان پرتلند معمولی یا سیمان سفید به دست می آید. از سیمان پرتلند معمولی برای ساخت سیمان های پرتلند رنگی قرمز، قهوه ای و سیاه استفاده می شود. برای ساخت سیمان به رنگ های دیگر، از سیمان سفید استفاده می شود.

ج) سیمان پرتلند آمیخته :

سیمان پرتلند پوزولانی : سیمان پرتلند پوزولانی، چسباننده ای آبی است که مخلوط کامل، یکنواخت و همگنی از سیمان پرتلند، پوزولان و سنگ گچ آسیاب شده می باشد.

سیمان پرتلند روباره ای یا سرباره ای: این سیمان از آسیاب کردن ۱۵ تا ۹۵ درصد سرباره ی کوره آهنگدازی فعال و غیر کریستالی، کلینکر سیمان پرتلند و مقدار مناسبی سنگ گچ به دست می آید. این نوع سیمان پایداری بیشتری در برابر سولفات ها دارد و بتن ساخته شده با آن، نفوذ پذیری کم تر و دوام بیشتری دارد. این سیمان در برابر سیمان پرتلند معمولی، دیرگیرتر و گرمای آگیری آن کم تر است.

د) سیمان پرتلند بنایی : استفاده از این سیمان در بتن و بتن آرمه مجاز نمی باشد و فقط در ملات و مانند آن به کار می رود.

انبار کردن سیمان:

سیمان به دو صورت **فله** و **پاکتی** به فروش می رسد و در کارگاه از آنها استفاده می شود. سیمان فله ای مستقیماً از کارخانه به کامیون های در بسته یا بونکرها بارگیری شده و توسط کمپرسوری که بر روی بونکر قرار گرفته در سیلوهای سیمان تخلیه می شود. در صورتی که سیمان در انبار تخلیه شود، حداقل ضخامت دیوار انبار ۳۰ سانتیمتر بوده و کف آن به لحاظ عدم نفوذ رطوبت **بلوکاز** می شود و از دو لوله، یکی لوله بارگیری و دیگری لوله تخلیه هوا، استفاده می گردد. همچنین درب انبار سیمان باید به بیرون باز گردد تا با پر شدن انبار بتوان درب را باز کرده و از سیمان به راحتی استفاده نمود، همچنین سقف انبار سیمان نیز باید کاملاً آب بندی شده باشد. **سیمان فله را باید ۹۰ روز پس از تولید مصرف نمود.**

برای بتن ریزی های کم حجم و اجرای بتن به صورت پراکنده، از سیمان پاکتی (کیسه ۵۰ کیلویی) استفاده می شود. مزایای سیمان فله نسبت به پاکتی عبارتند از :

- ۱- سیمان فله ارزان تر از سیمان پاکتی است .
- ۲- تخلیه سیمان فله و استفاده از آن راحت تر از سیمان پاکتی است .
- ۳- امکان خراب شدن و آب گرفتن سیمان فله ای بسیار کمتر از سیمان پاکتی است .

در مناطق خشک حداکثر ۱۲ **پاکت سیمان** را می توان بر روی هم انبار کرد و باید به فاصله ۵ تا ۸ سانتیمتر از یکدیگر جهت عبور هوا چیده شود و از کف زمین نیز لازم است به وسیله چوب های گرد یا چهار تراش و تخته فاصله ایجاد شود. در مناطق مرطوب و شرجی بایستی پاکت های سیمان با دیوار فاصله داشته باشد و کیسه ها را به هم چسبانده و بر روی آنها نایلون کشید. اگر به نظر میرسد که سیمان کلوخه شده و به هم چسبیده است، می توان کیسه را سه بار بر روی زمین غلتاند، اگر سیمان به صورت گرد درآمد استفاده از آن مجاز است و در غیر این صورت باید سیمان را قبل از مصرف در کارهای مهم آزمایش کرد. سیمان پاکتی را باید ۴۵ **روز** پس از تولید در مناطق شرجی و ۹۰ **روز** در سایر مناطق مصرف نمود.

- ۴- کاهش میزان جذب آب
- ۵- افزایش مقاومت در مقابل حمله ی سولفات ها
- ۶- کاهش امکان جدا شدن دانه ها
- ۷- کاهش امکان آب انداختن بتن
- ۸- کاهش میزان افت و خزش و افزایش روانی (کارایی)

ث- ضد یخ ها

ضد یخ ها در مواردی به کار می روند که امکان یخ زدن بتن تازه فراهم باشد و برای دماهای تا ۱۵- درجه قابل استفاده اند. ضد یخ ها به صورت مایع یا پودری سفید در بازار وجود دارند که دستورالعمل آنها توسط شرکت سازنده در پاکت های آنها نوشته شده است. استفاده از ضد یخ سفت شدن بتن را طولانی می کند و مقداری مقاومت نهایی بتن را کاهش می دهد.

ج- مواد رنگی

موادی هستند که برای ساختن بتن رنگی به مخلوط بتن اضافه می شوند.

آب:

در بتن آب به سه صورت در بتن به کار می رود:

- ۱- آب مصرفی برای شستشوی سنگدانه ها
- 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 می کند. بدون وجود آب، سیمان هیدراته نمی شود (واکنش های شیمیایی لازم با سیمان انجام نمی شود) و خمیر چسبنده ای که سبب انسجام بتن می شود، تولید نگردیده، لذا یکپارچگی و سخت شدن مصالح بتن انجام نمی شود. قسمتی از آبی که در بتن مصرف می شود (حدود ۲۵ درصد وزن سیمان)، جذب ذرات سیمان شده و در واکنش های شیمیایی به کار گرفته می شود. اما در عمل، ساخت بتن با این نسبت آب امکان پذیر نیست؛ زیرا چنین بتنی به اندازه ای سفت است که کار کردن با آن میسر نمی باشد. به همین جهت باید نسبت آب به سیمان 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 می دهند. اما در همین محدوده باز هم هر چه این نسبت را کم تر بگیرند، بهتر خواهد بود. زیرا مازاد آب که در واکنش شیمیایی شرکت نمی کند، جا اشغال کرده و در نهایت در بتن محبوس می شود و یا تبخیر شده و فضای خالی ایجاد می کند، یعنی در هر حال از حجم مفید بتن می کاهد. 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: روغن ها، اسیدها، قلیاها، املاح، مواد قندی و مواد آلی، خودداری گردد. مقادیر مواد زیان آور در آب مصرفی در بتن نباید از مقادیر حداکثر مجاز تجاوز کند. هر آبی که PH آن بین ۵ الی ۸/۵ بوده و طعم شوری نداشته باشد، همچنین 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.

ویژگیهای مهم بتن:

کارایی بتن:

کارایی عبارت است از درجه سهولت ریختن و کارکردن با بتن. آزمایش استاندارد که برای مشخص کردن درجه کارایی به کار گرفته می شود، آزمایش معروف اسلامپ است.

آزمایش اسلامپ:

ردیف	نوع عضو یا قطعه بتنی	اسلامپ به میلیمتر	
		حداقل	حداکثر
۱	شالوده ها و پی دیوارهای بتن آرمه	۲۵	۷۵
۲	شالوده هایی با بتن ساده، صندوق ها و دیوارهای زیر سازه ها	۲۵	۷۵
۳	تیرها و دیوارهای بتن آرمه	۲۵	۱۰۰
۴	ستون ها	۲۵	۱۰۰
۵	دال ها و پیاده روهای بتنی	۲۵	۷۵
۶	بتن حجیم	۲۵	۵۰

مقاومت بتن:

از مهمترین خصوصیات بتن مقاومت آن است و عوامل مهمی که در مقاومت بتن اثر دارند به ترتیب عبارتند از:

- ۱- نسبت آب به سیمان w/c
- ۲- عیار سیمان
- ۳- نوع سیمان
- ۴- تمیزی ماسه
- ۵- شکل دانه های سنگی و تمیزی آن ها
- ۶- طرح اختلاط
- ۷- تراکم
- ۸- عمل آوری بتن
- ۹- مواد افزودنی
- ۱۰- قطر دانه های سنگی
- ۱۱- عمر بتن

نسبت آب به سیمان w/c:

مقدار نسبت آب به سیمان برای عمل هیدراتاسیون حدود ۰/۳ است و بقیه به صورت آب اضافی خواهد بود، اما باید توجه شود که کار کردن با بتنی با نسبت آب به سیمان کمتر از ۰/۴ امکان پذیر نیست، در هر حال حدود نسبت آب به سیمان لازم برای بتن در عمل بین ۰/۴ تا ۰/۸ می باشد. در هر حال با افزایش نسبت آب به سیمان، مقاومت بتن به صورت سهمی کاهش می یابد و بر عکس با کاهش این نسبت، مقاومت افزایش می یابد. فرمول گراف، این رابطه را نشان میدهد:

$$R=K \left(\frac{C}{W} \right)^2$$

محاسن استفاده از نسبت آب به سیمان کمتر عبارتند از:

- ۱- افزایش مقاومت فشاری و کششی بتن
- ۲- افزایش خاصیت آب بندی
- ۳- کاهش جذب آب
- ۴- پیوستگی بهتر بین لایه های متوالی بتن ریزی
- ۵- افزایش چسبندگی بین میلگرد و بتن
- ۶- افزایش مقاومت در مقابل شرایط جوی
- ۷- کاهش میزان افت
- ۸- کاهش میزان خزش
- ۹- کاهش آب انداختن بتن
- ۱۰- کاهش امکان جدا شدن دانه ها

نوع سیمان:

در شرایط مساوی و هنگام ساخت بتن با مصالح سنگی ، اسلامپ و عیار سیمان معین، در صورتی که نوع سیمان فرق کند، تغییرات تقریبی مقاومت بتن با توجه به نوع سیمان مطابق جدول زیر خواهد بود. در این جدول مبنای مقایسه مقاومت هفت روزه سیمان نوع یک که عدد ۱۰۰ گرفته شده است، می باشد:

نوع بتن	اسلامپ (میلیمتر)	اندازه بزرگترین دانه ها (میلیمتر)							
		۹/۵	۱۲/۵	۱۹	۲۵	۳۲/۵	۵۰	۷۵	۱۵۰
بتن معمولی	۳۰-۵۰	۲۰۵	۲۰۰	۱۸۵	۱۸۰	۱۶۰	۱۵۵	۱۲۵	۱۲۵
	۸۰-۱۰۰	۲۲۵	۲۱۵	۲۰۰	۱۹۵	۱۷۵	۱۷۰	۱۶۰	۱۴۰
	۱۵۰-۱۸۰	۲۴۰	۲۳۰	۲۱۰	۲۰۵	۱۸۵	۱۸۰	۱۷۰	-
	درصد تقریبی هوای موجود بتن	۳	۲/۵	۲	۱/۵	۱	۰/۵	۰/۳	۰/۲
بتن هوادار	۳۰-۵۰	۱۸۰	۱۷۵	۱۶۵	۱۶۰	۱۴۵	۱۴۰	۱۳۵	۱۲۰
	۸۰-۱۰۰	۲۰۰	۱۹۰	۱۸۰	۱۷۵	۱۶۰	۱۵۵	۱۵۰	۱۳۵
	۱۵۰-۱۸۰	۲۱۵	۲۰۵	۱۹۰	۱۸۵	۱۷۰	۱۶۵	۱۶۰	-
	متوسط هوای توصیه شده (درصد)	۸	۷	۶	۵	۴/۵	۴	۳/۵	۳

نوع سیمان	مقاومت یک روزه	مقاومت سه روزه	مقاومت ۷ روزه	مقاومت ۲۸ روزه
نوع ۱	-	۶۲	۱۰۰	۱۴۳
نوع ۲	-	۵۲	۸۹	۱۴۳
نوع ۳	۶۲	۱۲۵	-	-
نوع ۴	-	-	۳۶	۸۹
نوع ۵	-	۲۳	۷۹	۱۰۷

تمیزی ماسه:

درصد خاک موجود در ماسه در مقاومت بتن اثر دارد، مخصوصاً در مقابل نفوذ آب در بتن و مقاومت آن در مقابل ذوب و یخبندان. وجود دانه های خاک، چسبندگی بین دانه های سنگی و سیمان را کم می کند. مقدار درصد خاک رس موجود در ماسه برای بتن نباید از ۸٪ بیشتر باشد. معیاری برای خلوصیت ماسه وجود دارد، که به آزمایش هم ارزی (S.E) نامیده می شود. S.E ماسه بتن باید از ۷۰٪ بیشتر و از ۹۵٪ کمتر باشد. همچنین یک آزمایش ساده شبیه آزمایش S.E برای تمیزی ماسه وجود دارد، که در آن ۳۰ گرم نمک را به یک لیتر آب اضافه کنیم.

اختلاط بتن با وسایل مکانیکی :

بسته به حجم بتنی که می خواهیم تولید کنیم، به ترتیب از وسایل زیر می توانیم کمک بگیریم:

- ۱- بتونیرهای برقی و گازوئیلی یا بنزینی
- ۲- تراک میکسرها
- ۳- بچینگ (بتن ساز مرکزی)

بتونیر :

بتونیرها به طور انبوه برای تولید بتن به حجم های ۱۰۰ الی ۸۵۰ لیتری استفاده می شوند. در استفاده از بتونیر باید به موارد زیر توجه شود:

- ۱- برای اینکه عمر دستگاه زیاد شود، کمتر از ظرفیت اسمی آن استفاده کنید.
- ۲- برای اینکه بتن یکنواخت داشته باشیم و دانه های درشت به ته آن جمع نشود باید مقداری دیگ بتونر را به طرف جلو شیب داد (حدود ۵ درجه)
- ۳- زمان اختلاط بتونیر حداقل ۱/۵ دقیقه با سرعت ۶ تا ۱۸ دور در دقیقه خواهد بود.
- ۴- ۱۰٪ آب قبل از ورود مصالح داخل دیگ ریخته می شود، بقیه آب حین ورود مصالح و ۱۵٪ بقیه آب بعد از وارد شدن کلیه مصالح داخل دیگ ریخته می شود.
- ۵- بعد از هر روز بتن ریزی، بتونیر به وسیله شن خالی و آب مخلوط شده و به بیرون ریخته شود.

مقدار تولید بتونیر از رابطه زیر به دست می آید:

V : حجم عملی دیگ

$$E = \text{راندمان کار} \quad p = \frac{60 \times V \times E}{T} \quad \left[\frac{m^3}{hr} \right]$$

T : سیکل کار بتونیر

حمل بتن:

روش های مختلفی برای حمل بتن از محل ساخت تا مصرف، معمول و متداول است. هریک از روش های حمل دارای محاسن و معایبی می باشد و انتخاب هریک از آنها بستگی به شرایط پروژه، مشخصات مصالح متشکله، میزان و حجم بتن، زمان حمل و بالاخره شرایط آب و هوایی محل ساخت خواهد داشت. انتخاب روش حمل باید چنان صورت گیرد که در فاصله زمانی حمل، نسبت آب به سیمان، اسلامپ، میزان هوا و نهایتاً یکنواختی بتن، دستخوش تغییرات قابل ملاحظه ای نگردد. در انتخاب روش حمل باید به جدا شدن مواد از یکدیگر، آب انداختن و یا داخل شدن مواد خارجی به داخل بتن توجه خاص مبذول گردد. حتی الامکان باید محل ساخت بتن و محل اجرا به هم نزدیک باشد تا نقل و انتقال بتن به حداقل ممکن کاهش یابد. بدین لحاظ پیمانکار باید محل ساخت بتن، روش حمل و نقل و نوع و مشخصات ماشین آلات حمل را قبلاً به تأیید دستگاه نظارت برساند. در پاره ای موارد ساخت بتن در دستگاه حمل کننده بتن صورت می گیرد.

وسایل و روش های مختلف حمل، عبارتند از:

کامیون با جام دوار : حداکثر زمان برای حمل پس از اضافه شدن سیمان به جام مخلوط کن با احتساب زمان تخلیه بتن، نباید از ۹۰ دقیقه تجاوز نماید. چنانچه به علت گرمای محیط، امکان گیرش سریع تر بتن وجود داشته باشد، با نظر دستگاه نظارت زمان مذکور تقلیل خواهد یافت.

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

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

روش دستی : حمل بتن با انواع چرخ های دستی، فرغون و دامپر مجاز نیست، مگر در کارهای کوچک که حجم ساخت بتن از ۳۰۰ لیتر در هر نوبت تجاوز ننماید، رده بتن از C۲۰ پایین تر و فواصل حمل کوتاه باشد (کمتر از ۱۲۰ متر برای دامپر و ۶۰ متر با چرخ دستی بدون موتور) شرایط جوی مساعد بوده و قبلاً تأیید دستگاه نظارت کسب شده باشد. وسایل مزبور باید دارای چرخهای لاستیکی بوده، مسیر حمل کاملاً صاف و افقی باشد و حمل با دقت کامل انجام شود تا جداسدگی اجزای بتن رخ ندهد.

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

تلمبه کردن بتن:

منظور از تلمبه کردن بتن، نقل و انتقال آن به صورت تحت فشار با استفاده از لوله است. با توجه به شرایط محل، نحوه تلمبه کردن باید قبلاً به تصویب دستگاه نظارت برسد. حتی الامکان باید محل پمپ در نزدیکی محل تخلیه انتخاب شود. قبل از شروع بتن ریزی به منظور پرهیز از قطع ناگهانی پمپاژ، باید از صحت و کارایی تمامی لوازم و ادوات اطمینان حاصل شود. تأیید دستگاه نظارت، لازمه شروع عملیات بتن ریزی با پمپ است.

تدارکات و کنترل های قبل از بتن ریزی:

به منظور اجرای عملیات صحیح بتن ریزی، پیمانکار باید قبل از شروع کار تدارکات و اقدامات اولیه را به شرح مندرجات این قسمت به عمل آورد. برنامه اجرای کار شامل حجم و مشخصات مصالح مورد مصرف، ظرفیت و قدرت دستگاه های ساخت و انتقال بتن، نیروی انسانی متخصص، آماده نمودن محل کار، قالب بندی، نصب آرماتور، نصب لوله ها و قطعات مدفون در بتن و بالاخره باید به تصویب دستگاه نظارت رسیده باشد. بتن ریزی باید به نحوی انجام شود که خصوصیات و کیفیت بتن، نظیر نسبت آب به سیمان، اسلامپ، میزان هوای موجود و یکنواختی بتن حفظ شود. عملیات بتن ریزی نباید باعث جداشدگی، آب انداختن و پیدایش خلل و فرج در بتن گردد. **افزودن آب به منظور جا انداختن بتن در قالب به هیچ وجه مجاز نیست.** در هر کارگاه بتن ریزی، پیمانکار باید تمامی اطلاعات لازم از قبیل درجه حرارت، رطوبت، سرعت وزش باد، تاریخ و مدت انجام بتن ریزی، موقعیت و مشخصات سازه اجرا شده و شماره آرمونه های آزمایشی را، ثبت و جزو اسناد و مدارک کارگاهی، ضبط و نگهداری نماید. نکاتی که قبل از اجرای کارهای بتنی باید توسط پیمانکار مورد توجه قرار گیرد، به شرح زیر است:

خشک کردن محل کار: باید محل کار خشک بوده و این وضعیت تا ختم عملیات بتن ریزی و سخت شدن بتن ادامه داشته باشد.

آماده نمودن بستر خاکی: کف پی باید کوبیده و رگلاژ شود. در مواردی که بتن ریزی در مجاورت دیوارهای خاکی و بدون قالب بندی انجام می شود، باید علاوه بر رعایت اصول ایمنی و ممانعت از ریزش احتمالی، با استفاده از **روکش نایلونی** و مرطوب کردن بدنه پی از ریزش خاک و آلوده شدن بتن جلوگیری به عمل آید. بستر خاکی شالوده تمامی سازه ها باید قبل از بتن ریزی با یک قشر بتن **نظافتی (بتن مگر)** به ضخامت حداقل **۱۰ سانتیمتر** پوشیده شود. بتن ریزی شالوده باید بعد از گیرش بتن مگر صورت گیرد.

آماده کردن بستر سنگی: بسترهای سنگی باید کاملاً افقی و جداره های آن تا حد امکان قائم باشد. قبل از بتن ریزی، بستر پی باید تمیز و مرطوب گردد. به منظور ایجاد چسبندگی کامل بین بتن و بستر سنگی و تراز نمودن آن، بستر سنگی باید با ملات ماسه سیمان به عیار **۳۰۰ کیلو گرم سیمان در متر مکعب بتن** و به ضخامت حدود **۲/۵ سانتیمتر** روکش شود.

آماده نمودن سطوح بتن قدیم: برای تأمین پیوستگی لازم بین بتن قدیم (بتن سخت شده) و جدید، سطح بتن قدیم باید کاملاً تمیز و عاری از مواد زاید بوده و به اندازه کافی زبر شود به طوری که دانه های شن در سطح بتن نمایان گردند. این کار می تواند با استفاده از روش های ماسه پاشی، استفاده از آب و هوای تحت فشار، یا مضرس کردن سطح کار با اسید و نظایر آن انجام گیرد. پس از مرحله تمیز کردن، به منظور آماده نمودن سطح بتن برای بتن ریزی جدید، باید سطح بتن قدیم به مدت یک روز تا حد **اشباع** مرطوب نگاه داشته شود.

آرماتورگذاری (جاگذاری میلگردها): قبل از شروع عملیات بتن ریزی، اتمام عملیات آرماتورگذاری باید کتباً به اطلاع دستگاه نظارت رسیده باشد. این اعلام باید حداقل **۲۴** ساعت قبل از بتن ریزی صورت پذیرد تا دستگاه نظارت فرصت کافی برای کنترل داشته باشد. بتن ریزی قبل از کسب اجازه کتبی دستگاه نظارت مجاز نمی باشد. آرماتورگذاری یا جابه جایی آرماتورها حین اجرای بتن ریزی تحت هیچ شرایطی مجاز نیست. مواردی نظیر بتن ریزی با استفاده از قالب های لغزان که در آن همزمانی آرماتورگذاری و بتن ریزی اجتناب ناپذیر است، از شمول قاعده فوق مستثنی می باشند.

لوله ها و مجاری مدفون در بتن:

الف: دفن کردن لوله ها و مجاری آب، فاضلاب، بخار و گاز و نیز عبور دادن لوله ها و مجاری مزبور از داخل بتن تیرها و ستون ها باید دقیقاً از مسیرهای تعیین شده و مطابق با نقشه های اجرایی صورت پذیرد و پیمانکار مجاز به تغییر مسیرهای مذکور جز با کسب نظر موافق دستگاه نظارت نخواهد بود.

ب: لوله ها و مجاری **آلومینیومی** نباید در قطعات بتنی دفن شوند، مگر اینکه به نحو مؤثری روکش شده باشند تا از ترکیب شیمیایی بتن و آلومینیوم و یا از فعل و انفعالات الکتروشیمیایی بین فولاد و آلومینیوم جلوگیری به عمل آید.

پ: در قالب بندی پوشش طبقات و دیوارهای باربر، باید مطابق نقشه های اجرایی، پیش بینی هایی برای عبور لوله ها و مجاری مورد نیاز سیم کشی، لوله کشی و سایر نیازهای تأسیساتی و مکانیکی به عمل آید، به نحوی که پس از اتمام بتن ریزی نیازی به تخریب بتن نباشد. در پاره ای موارد می توان از وسایل برش مناسب و مورد تأیید مهندس طراح و مهندس ناظر، مجاز خواهد بود.

ت: چنانچه نقشه های اجرایی لوله ها و مجاری مدفون در بتن به تصویب مهندس طراح ترسیده باشد، لوله ها و مجاری مدفون در دال، دیوار یا تیر، باید چنان کار گذاشته شوند که شرایط زیر تأمین شده باشند:

- ۱- ابعاد خارجی لوله ها و مجاری نباید بزرگتر از یک سوم کل ضخامت دیوار، دال یا تیری که در آن دفن می شود، باشند.
- ۲- فاصله مراکز آنها نباید کمتر از سه برابر قطر یا عرضشان باشد.

درزهای اجرایی، سطوح واریز:

الف: تعداد درزهای اجرایی باید حداقل لازم جهت انجام کار باشد. در تعیین موقعیت درزهای اجرایی باید دقت کافی به عمل آید. بسته به اهمیت کار، موقعیت و شکل درزهای اجرایی توسط مهندس طراح، تعیین و در نقشه ها درج می گردد. در غیر این صورت موقعیت و شکل درزها توسط مسئول اجرایی در کارگاه تعیین می شود. در هر حال نباید تعیین موقعیت درزها به زمان انجام کار موکول گردد.

ب: سطح بتن در محل درزهای اجرایی باید قبل از شروع مجدد کار، تمیز و دوغاب خشک شده از روی آن پاک شود. قبل از بتن ریزی جدید باید تمام سطوح درزهای اجرایی تر شده و آب اضافی از روی آن تخلیه گردد. برای تأمین پیوستگی بین لایه های بتن در محل درزهای اجرایی باید سطح بتن قبلی زبر یا مضرس شده و سپس لایه بعدی ریخته شود. ایجاد درزهای اجرایی قائم باید به وسیله **قالب موقت** صورت پذیرد. درزهای اجرایی در دال ها و تیرها، باید در ثلث میانی دهانه دال ها و تیر واقع شوند. درزهای اجرایی در تیرهای اصلی، باید حداقل به اندازه دو

برابر عرض تیرهای فرعی متقاطع با آن ها، از این تیرهای فرعی فاصله داشته باشند. بتن تیرها و سرستون ها، باید به صورت یکپارچه و همراه با بتن دال ریخته شوند، مگر اینکه در نقشه ها یا دفترچه مشخصات فنی خصوصی ترتیب دیگری تعیین شده باشد.

کنترل قالب : بلافاصله قبل از بتن ریزی، دستگاه نظارت محل بتن ریزی را کنترل می نماید. کلیه مواد خارجی از قبیل آب، خاک، ماسه، برف، یخ، چربی، روغن، تکه چوب و میخ باید از محل بتن ریزی جمع آوری شده باشد. قالب های چوبی باید قبل از بتن ریزی روغن مالی شوند تا آب بتن تازه را جذب ننمایند.

بتن ریزی قسمتهای مختلف ساختمان:

بتن ریزی شالوده:

پس از نصب قالب باید نسبت به بستن آرماتورها، صفحات زیر ستون (بیس پلیت ها)، میل مهار و قطعات مدفون در بتن اقدام شود. در صورتی که به علت شرایط زمین پی، با تأیید دستگاه نظارت، بستن قالب ضرورت نداشته باشد، پیمانکار باید با تعبیه پوشش های پلاستیکی و دیگر روش های مشابه ، از جذب آب بتن تازه توسط زمین اطراف شالوده جلوگیری نماید.

بتن ریزی دال ها و سقف ها:

بتن ریزی در دال ها باید در یک جهت و به طور متوالی انجام شود . محموله های بتن نباید در نقاط مختلف سطح و به صورت پراکنده، ریخته و سپس پخش و تسطیح شوند . همچنین بتن نباید در یک محل و در حجم زیاد، تخلیه و سپس به طور افقی در طول قالب حرکت داده شود . با توجه به حجم بتن و روش های حمل و تخلیه، عملیات باید به صورتی انجام شود که حتی الامکان از بوجود آمدن **اتصال سرد** در دال ها پرهیز گردد. در عملیات بزرگ باید محل ختم بتن ریزی از قبل تعیین و در نقشه های اجرایی مشخص شود و عملیات تا محل درزهای ساختمانی ادامه یابد. چنانچه در اثر بروز اشکالات قطع بتن ریزی حادث شود باید محل قطع بتن ریزی با توجه به مندرجات بند آماده نمودن سطوح بتن قدیم برای ادامه عملیات بتن ریزی آماده شود.

بتن ریزی دیوار و تیرهای اصلی:

بتن ریزی در دیوارها باید در لایه های افقی با ضخامت یکنواخت صورت گیرد و هر لایه قبل از ریختن لایه بعدی به طور کامل متراکم شود. میزان و سرعت بتن ریزی باید چنان باشد که هنگام ریختن لایه جدید، لایه قبلی در حالت خمیری باشد. عدم رعایت این نکته باعث ایجاد اتصال سرد و نهایتاً عدم یکپارچگی بتن خواهد شد . پیمانه های اولیه بتن باید از دو انتهای عضو ریخته شوند و سپس بتن ریزی به سوی قسمت مرکزی سازه ادامه یابد . در تمام حالات باید از جمع شدن آب در انتها و گوشه ها جلوگیری شود.

بتن ریزی ستون:

در بتن ریزی ستون ها حتی الامکان باید ارتفاع سقوط آزاد بتن را محدود نمود، این ارتفاع برای جلوگیری از جدا شدن دانه ها به 0.9 تا 1.2 متر محدود می شود. در صورتی که بتن اجباراً در قالب های بلند ریخته می شود، برای جلوگیری از آب انداختن بتن ، توصیه می شود از بتن با اسلامپ کم (بتن سفت) استفاده شود، کاستن از سرعت بتن ریزی نیز تا حدود زیادی از آب انداختن بتن جلوگیری می نماید. در ستون های بلند در صورت امکان می توان بتن را تا تراز حدوداً 30 سانتیمتر پایین تر از تراز قطعی ریخته و پس از یک ساعت، قبل از اینکه سطح بتن سخت شود، بتن ریزی را مجدداً از سر گرفت تا از ایجاد **اتصالات سرد** جلوگیری شود. توصیه می شود برای جلوگیری از ضایعات ناشی از آب انداختن بتن، ارتفاع ستون $2/5$ سانتیمتر بیشتر اختیار شود و بتن اضافی پس از اینکه سخت شد تخریب شود. به منظور جلوگیری از ترکهای ناشی از نشست خمیری بتن ستون ها و دیوارها، توصیه می شود بتن ریزی این اعضا حداقل 24 ساعت تا 48 ساعت قبل از بتن ریزی تیرهای اصلی، تیرها و دال های مجاور آنها انجام شود. ماهیچه ها و سرستون ها باید به صورت یکپارچه با ستون ریخته شوند.

بتن ریزی در سطوح شیبدار:

بتن ریزی با بتن غیر مسلح روی سطوح شیبدار ، با دست و یا با ماشین مخصوص انجام می شود. چنانچه عملیات روی سطح شیبدار با دست انجام گیرد، با توجه به ضخامت کم سازه، باید بتن در تمام ضخامت دال ریخته شده و لرزاندن، ماله کشی، تسطیح و تنظیم سطح بتن از قسمت تحتانی شیب به سمت بالا انجام شود. برای جلوگیری از جاری شدن بتن روی سطح بهتر است بتن با اسلامپ کم مصرف شود. در این حالت جا انداختن و لرزاندن بتن باید با دقت صورت گیرد تا بتن کرمو نشود. برای سهولت اجرا توصیه می شود اسلامپ بتن از $6/5$ سانتیمتر کمتر اختیار شود. محل قطع بتن ریزی ها باید حتی الامکان در نقاط حداقل تنش ها در نظر گرفته شود. سطح مقطع بتن در محل قطع بتن ریزی (سطوح واریز) باید حتی الامکان عمود بر امتداد تنش ها باشد. در صورتی که به هر علت قطع بتن ریزی اجتناب ناپذیر باشد، باید فوراً و قبل از آغاز گیرش بتن، سطوح واریز به طور یکنواخت و با شیب ثابت تنظیم گردد.

جدول ۵-۷-۸-۱ حداکثر ضخامت مراحل و لایه های بتن ریزی (متر)*

نوع قطعه بتنی	حداکثر ضخامت هر مرحله	حداکثر ضخامت هر لایه*
دیوارها و پایه های حجیم	۳**	۰/۵
سایر دیوارها، ستونها و پایه ها	۳**	۰/۳۵
دالها و صفحات	ضخامت دال	۰/۳۵

* برای دست یافتن به بتنی یکپارچه و با توجه به نوع لرزاندن و مرتعش ساختن، دستگاه نظارت می تواند ضخامت لایه ها را کاهش دهد.

** در مواردی که با توجه به نوع سازه میزان بتن ریزی در یک مرحله از 0.6 متر تجاوز نموده و یا میزان سیمان مصرفی از 400 کیلوگرم در متر مکعب بیشتر باشد توصیه می شود پس از تأیید دستگاه نظارت از سیمانهای کم حرارت^۱ استفاده شود.

بتن ریزی در هوای گرم:**توصیف شرایط هوای گرم :**

- ۱- ترکیبی از دمای زیاد هوا
- ۲- رطوبت نسبی کم
- ۳- دمای بالای بتن
- ۴- سرعت وزش باد
- ۵- معمولاً وقتی دمای بتن از ۳۲ درجه سلسیوس در هنگام بتن ریزی و یا تا زمان گیرش تجاوز نماید شرایط هوای گرم حاصل می شود.

اثرات نامطلوب هوای گرم بر بتن تازه :

- ۱- افزایش آب مورد نیاز در طرح مخلوط
- ۲- افزایش آهنگ اسلامپ
- ۳- افزایش ایجاد درز سرد
- ۴- افزایش امکان ترک خوردگی خمیری بتن تازه
- ۵- افزایش بروز مشکل در کنترل مقدار حباب هوای بتن حبابدار

اثرات نامطلوب هوای گرم بر بتن سخت شده :

- ۱- کاهش مقاومت بتن به دلیل مصرف بیشتر آب
- ۲- کاهش مقاومت بتن به دلیل دمای بالا
- ۳- افزایش تمایل به جمع شدگی
- ۴- کاهش دوام بتن در برابر شرایط محیطی نامناسب
- ۵- ایجاد خوردگی سریعتر میلگرد ها بدلیل افزایش نفوذ پذیری بتن و یا ایجاد درزهای سرد

برای جلوگیری از ایجاد آثار نامطلوب و دستیابی به بتن مناسب با کارایی و مقاومت زیاد، رعایت نکات زیر از جانب پیمانکار، هنگام اجرایی عملیات الزامی است :

- ۱- آب مصرفی مصرفی باید کاملاً خنک بوده و در صورت لزوم توسط یخ خنک شود.
- ۲- در هوای گرم باید از مصرف سیمان های گرم، نوع ۳ و مشابه آن خودداری شود.
- ۳- هنگام بتن ریزی دمای هیچ قسمت از بتن نباید از ۳۰ درجه سلسیوس تجاوز نماید.
- ۴- مصالح بتن خصوصاً مصالح سنگی نباید زیر تابش مستقیم آفتاب قرار گیرد.
- ۵- وسایل، لوازم و تجهیزات تهیه، حمل و ساختن بتن نظیر مخلوط کن ها، پمپ ها، تراک میکسر ها، باید حتی الامکان سفید رنگ بوده و در جای خنک ، نگهداری و نصب شوند و در صورت امکان با پوشش مناسب از تابش مستقیم آفتاب مصون باشند.
- ۶- فاصله زمانی بین ساختن و ریختن بتن در قالب به حداقل ممکن کاهش یابد.
- ۷- آبیاری قالب ها، آرماتورها و بستر محل بتن ریزی، با آب خنک، همزمان و قبل از بتن ریزی صورت پذیرد.
- ۸- محل بتن ریزی در حین اجرا از تابش مستقیم آفتاب مصون نگهداشته شود.
- ۹- در فصل تابستان و روزهای گرم خصوصاً در مناطق جنوبی ایران توصیه می شود بتن ریزی در اواسط روز قطع و برنامه بتن ریزی برای اوایل صبح و عصر، تنظیم و اجرا شود.

بتن ریزی در هوای سرد:

در این شرایط عمل هیدراسیون بسیار کند صورت می گیرد و پس از یخ زدن آب در صفر درجه ، این واکنش متوقف می گردد. در زمان باز کردن قالب مشاهده می کنیم که بتن به راحتی خورده می شود.

آسیب های محتمل بر بتن در هوای سرد عبارتند از :

- ۱- یخ زدگی رطوبت داخلی بتن
- ۲- افزایش حجم آب
- ۳- انبساط حجمی بتن
- ۴- ترک خوردگی
- ۵- استعداد آسیب پذیری بیشتر
- ۶- مقاومت فشاری کمتری

راهکار های اجرایی مناسب برای بتن ریزی در هوای سرد عبارتند از :

- ۱- استفاده از سیمان با مقاومت زودرس
- ۲- استفاده از مواد زود گیر
- ۳- استفاده از ضد یخ مناسب

- ۴- زدودن سطوح قالب ها و آرماتور ها از یخ و برف
- ۵- استفاده از پوشاننده های مناسب
- ۶- گرم کردن سنگدانه ها ، قالب ها و آب

راهکارهای اجرایی برای بتن ریزی در هوای برفی و بارانی:

- ۱- با پوشش محوطه بتن ریزی آن قسمت را از باران مصون دارید.
- ۲- بتن با اسلامپ کم به کار ببرید.
- ۳- قبل از ریختن بتن جدید آب جمع شده روی بتن قدیم یا در درزهای اجرایی را خشک کنید.
- ۴- سطح بتن را اندکی شیبدار در آورید تا آب بتواند به طرف پایین شیب حرکت کرده و بدین طریق زهکشی شود.
- ۵- از کار روی سطح بتن تازه اجتناب کنید.
- ۶- اگر باران به حدی شدید است که آب سطح بتن را نمی شود خشکانید و سطح تازه بتن نیز شسته می شود، بهتر است بتن ریزی را به حالت تعلیق در آورد. در صورت توقف بتن ریزی قسمت های دیواره ها و آرماتور ریشه ها و پله ها بایستی بتن ریزی شوند تا برای شروع مجدد بتن ریزی بهترین حالت از قبل فراهم شده باشد. در این حالت به علت ایجاد درزهای اجرایی لازم است آنها را قبل از شروع مجدد بتن ریزی همانند سایر درزهای اجرایی تمییز کاری و آماده سازی نمود.
- ۷- به هنگام رگبار موقت و در زمان کوتاه، بتن ریزی را متوقف نموده و روی بتن را با پلاستیک پوشش دهید.

راهکارهای اجرایی برای بتن ریزی در مناطق ساحلی:

- ۱- پس از انتخاب مصالح مناسب و نسبت های اختلاط صحیح، از مصرف سیمان زیاد خود داری شده و نسبت آب به سیمان ونفوذ پذیری کاهش یابد.
- ۲- مجاز به استفاده از آب شور مخصوصاً آب دریا برای شستشوی مصالح سنگی، تهیه و عمل آوردن بتن نیستیم.
- ۳- دانه های سنگی مخصوصاً ریز دانه ها باید کاملاً شسته و تمیز شوند.
- ۴- مخلوط بتن تازه باید دارای تراکم مناسب باشد، برای دستیابی به این هدف باید از افزودنی های کاهنده ی قوی آب استفاده شود. تراکم کافی سبب کاهش نفوذ پذیری بتن می شود.
- ۵- نگهداری و انبار نمودن آرماتورها باید به گونه ای انجام شود تا به مواد زیان آور تبدیل نشود.
- ۶- سیم هایی که برای بستن آرماتور ها به یکدیگر استفاده شده اند را باید به طرف داخل قالب خم نمود تا از اندازه ی پوشش بتن روی آرماتورها کاسته شود.

تراکم و تحکیم بتن:

پس از ریختن بتن ، پیمانکار باید با وسایل مناسب با توجه به نوع بتن آن را **متراکم** نماید . این عمل باید چنان انجام شود که هوای محبوس داخل بتن تماماً خارج شده و بتن یکپارچه دور میلگردها، قطعات مدفون و نهایتاً کلیه زوایای قالب را پر نماید .

متراکم کردن با دست (کوبیدن با میله): در کارهای کوچک و محدود و مخلوط های خمیری و روان، می توان با اجازه دستگاه نظارت از میله فولادی (**تخماق**) یا وسایل مشابه برای تراکم بتن استفاده نمود. میله بایستی به اندازه کافی وارد بتن شود تا بتواند به راحتی به انتهای قالب یا انتهای لایه مربوط به همان مرحله بتن ریزی برسد، ضخامت میله بایستی چنان انتخاب شود که به راحتی از بین میلگردها عبور نماید.

تراکم با کوبنده های موتوری: از این روش در مورد بتن های خیلی سفت و در کارهای پیش ساخته استفاده می شود.

تراکم با استفاده از نیروی گریز از مرکز: از این روش در ساخت بتن متوسط یا شل و در کارهای پیش ساخته نظیر لوله ها و شمع ها استفاده می شود.

لرزاننده ها (وایبراتورها): ارتعاش بتن به دو صورت **درونی** و **بیرونی** صورت می گیرد . هنگام ارتعاش بتن، اصطکاک بین دانه های درشت کم شده، به خاصیت سیالیت بتن افزوده می شود و بتن تحت اثر وزن به سهولت در قالب جا گرفته و حباب های هوا از آن خارج می شوند.

ارتعاش درونی (غوطه ور):

وایبراتورهای درونی یا غوطه ور به صورت وایبراتورهای **بیله ای** یا **میله ای** برای متراکم کردن بتن دیوارها، دال ها، تیرها، ستون ها و اعضای مشابه توصیه می شوند . قطر قسمت مرتعش کننده وایبراتور، از ۲۰ میلیمتر به بالاست. **دامنه اثر وایبراتور با قطر مرتعش کننده و فرکانس نوسانات آن متغیر است . میزان ارتعاش با قطر وایبراتور ، کاهش و دامنه عمل با قطر وایبراتور ، افزایش می یابد.** شعاع عمل مؤثر با توجه به قطر وایبراتور حدوداً از اعداد زیر تبعیت می کند:

برای قطر قسمت مرتعش کننده بین ۲۰ تا ۴۰ میلیمتر دامنه مؤثر ۷/۵ تا ۱۵ سانتیمتر

برای قطر قسمت مرتعش کننده بین ۵۰ تا ۹۰ میلیمتر، دامنه مؤثر ۱۸ تا ۳۶ سانتیمتر

وایبراتورها باید توسط کارگران مجرب مورد استفاده قرار گیرند و حتی الامکان مرتعش کننده به صورت **قائم** و در اثر وزن طبیعی خود در بتن فرو رود . از اعمال فشار به وایبراتور باید جداً خودداری شود. داخل و خارج کردن وایبراتور در بتن ، باید به آرامی و حدوداً با سرعت **۸ سانتیمتر در ثانیه** صورت گیرد. وایبراتور باید به انتهای لایه بتن ریزی رسیده و حداقل **۱۵ سانتیمتر**

در لایه قبلی نفوذ کند. در دال های نازک و در صورت تأیید دستگاه نظارت و با احتیاط، می توان ویبراتور را به صورت مورب یا افقی در بتن قرار داد تا سر آن کاملاً در بتن قرار گیرد. فاصله نقاطی که ویبراتور در بتن فرو می رود، باید حدوداً ۱/۵ برابر دامنه عمل ویبراتور باشد، به نحوی که مناطق مرتعش شده حدوداً چند سانتیمتر یکدیگر را بپوشانند. ویبراتور باید حدوداً بین ۵ تا ۱۵ ثانیه، آرام نگه داشته و سپس به آرامی از بتن خارج شود. لرزاندن بیش از اندازه بتن خصوصاً برای بتن های با اسلامپ زیاد، باعث تفکیک دانه ها شده و به هیچ وجه مجاز نیست.

ارتعاش بیرونی :

در این حالت عمل تراکم از بیرون قالب انجام می شود. مهم ترین نوع ویبراتورهای بیرونی از این قرارند:

- ۱- ویبراتورهای قالب که از سمت خارج به بدنه قالب متصل می شوند. توصیه می شود در موارد زیر از ارتعاش بیرونی استفاده شود :
متراکم کردن سازه های بسیار نازک بتنی یا سازه هایی که به علت تراکم بسیار زیاد آرماتور، استفاده از ویبراتورهای درونی در آنها مشکل یا غیر ممکن باشد.
بتن های سفتی که امکان استفاده از ویبراتورهای درونی در آنها وجود نداشته باشد، به عنوان مکمل ویبراتورهای درونی
- ۲- ویبراتورهای سطحی که به صورت شمشه های ارتعاش دهنده، ویبراتورهای صفحه ای، شمشه های غلتان ارتعاشی، ماله های آهنی و تخته ماله ای ارتعاشی مورد استفاده هستند. این نوع ارتعاش دهنده ها برای متراکم کردن بتن کف، دال های بدون آرماتور، بتن پوشش روی سطوح شیبدار و اصولاً کارهای بتنی تخت مورد استفاده بوده و توصیه می شوند . به طور کلی این روش ارتعاشی برای دال های بتن آرمه، دالهای با ضخامت بیش از ۲۰ سانتیمتر و مواردی که اعضا و قطعات مدفون در بتن مطرح باشند، مورد استفاده قرار نمی گیرد.

نوع بتن	اسلامپ (میلیمتر)	مدت لرزاندن (ثانیه)
فوق العاده خشک	-	۱۸-۳۲
خیلی سفت	-	۱۰-۱۸
سفت	۰-۳۰	۵-۱۰
سفت خمیری	۳۰-۸۰	۳-۵
خمیری	۸۰-۱۳۰	۰-۳
روان	۱۳۰-۱۸۰	-

عمل آوردن بتن :

عمل آوردن فرایندی است که طی آن از افت رطوبت بتن جلوگیری شده و دمای بتن در وضعیت رضایتبخشی حفظ می شود. عمل آوردن بتن تأثیری بسزا روی ویژگی های بتن سخت شده ، از جمله کاهش نفوذپذیری و مقاومت در برابر یخ زدن و آب شدن دارد. عمل آوردن باید بلافاصله پس از تراکم بتن آغاز شود تا بتن را از گزند عوامل زیانبار محافظت نماید.

عمل آوردن از مفاهیم سه گانه زیر تشکیل یافته است :

- ۱- **مراقبت** به مجموعه تدابیری گفته می شود که باعث شود سیمان موجود در بتن به مدت کافی مرطوب نگه داشته شود، به طوری که حداکثر میزان آبگیری آن، چه در لایه های سطحی دانه ها و چه در حجم آنها صورت پذیرد.
- ۲- **محافظت** به مجموعه تدابیری اطلاق می شود که مانع اثر نامطلوب عوامل بیرونی، مانند شسته شدن به وسیله باران یا آب جاری، سرد شدن سریع یا یخبندان، لرزش، ضربه و مشابه آن ها، بر روی بتن جوان می شوند.
- ۳- **پروراندن** بتن، که تسریع گرفتن و سخت شدن آن به کمک حرارت می باشد. عبور و مرور کارگران بر روی قطعات بتنی تازه ریخته شده، حداقل تا ۲۴ ساعت بعد از اتمام بتن ریزی، به هیچ وجه مجاز نیست. پیمانکار باید تدابیر لازم را در این موارد برای عبور و مرور کارگران فراهم نماید.

روشهای مراقبت از بتن :

عمل آوردن بتن معمولاً به یکی از سه روش زیر صورت می پذیرد:

- ۱- عمل آوردن با آب به صورت پیوسته یا متناوب برای مرطوب نگه داشتن سطح بتن
- ۲- عمل آوردن با پوشینه های مراقبت نظیر کاغذهای نفوذناپذیر و مصالحی نظیر خاک، ماسه، خاک اره، کاه، کرباس، حصیر، نمد و یا گونی و پوشش های نایلونی از پلی اتیلن یا ترکیبات عمل آورنده. (ترکیبات عمل آورنده مواد عایقی هستند که به طور یکنواخت و یکدست روی سطح بتن پاشیده شود تا با ایجاد غشائی نازک و غیر قابل نفوذ، از تبخیر آب سطح بتن جلوگیری شود).
- ۳- عمل آوردن با بخار

مدت مراقبت :

مدت مراقبت به عواملی نظیر نوع سیمان، مقاومت مورد نظر، نسبت سطوح نمایان به حجم، شرایط آب و هوایی به هنگام ساخت و ریختن بتن و نهایتاً شرایط رویارویی بستگی دارد. نگهداری بتن در محیطی که باران نبارد، رطوبت زیاد نباشد، درجه حرارت کم باشد و بتن در تماس با خاک مرطوب قرار نگیرد، نگهداری معمولی تلقی می شود. در شرایط معمولی و هنگامی که دمای محیط کمتر از ۱۰ درجه سلسیوس باشد، برای رسیدن به مقاومت های خواسته شده و دوام مطلوب، با توجه به نوع سیمان مصرفی باید زمان عمل آوردن، حداقل برابر با ارقام زیر باشد:

سیمان معمولی سیمان نوع ۱ حداقل ۷ روز

سیمان نوع ۲ حداقل ۱۴ روز

سیمان نوع ۳ حداقل ۳ روز

سیمان نوع ۱ (سیمان معمولی)	۷ روز
سیمان نوع ۲	۱۴ روز
سیمان نوع ۳	۳ روز

آزمایشات بر روی بتن:

برای شناخت دقیق و کامل از خصوصیات بتن با مشخصات مورد نیاز، لازم است قبل از شروع بتن ریزی و همچنین در حین بتن ریزی آزمایشاتی بر روی بتن و مصالح به کار رفته در آن انجام گیرد.

آزمایشات روی مصالح قبل از بتن ریزی:

در پروژه های بزرگ همواره قبل از بتن ریزی آزمایشاتی بر روی مصالح انجام می گیرد، که این آزمایشات بعد از کنترل کیفی مصالح می باشد و ممکن است در طرح اختلاط بتن نیز ارائه گردد.

آزمایشات روی بتن حین بتن ریزی:

در حین اجرا بسته به مقدار مصرف بتن نمونه هایی از طرف آزمایشگاه از بتن مصرفی در کارگاه گرفته می شود، که معمولاً نمونه های مکعبی به ابعاد ۱۵ سانتی متر می باشد، البته از نمونه های استوانه ای به قطر ۱۵ و ارتفاع ۳۰ سانتیمتر نیز مواردی استفاده می شود. قالب های نمونه های مکعبی که از قبل روغن زده شده و آماده شده اند، در سه لایه بتن پر می شوند و با میله مخصوص به تعداد ۲۵ ضربه در هر لایه کوبیده می شوند. معمولاً تعداد نمونه ها در هر مقطع زمانی ۵ نمونه می باشد، که دو تا از نمونه ها را در ۷ روز و دو نمونه را در ۲۸ روز و یک نمونه را به عنوان شاهد نگه می دارند، نمونه ها را زیر دستگاه فشاری شکسته و مقاومت آن ها به کارگاه و کارفرما گزارش می گردد.

از دیگر آزمایشات روی بتن حین اجرا آزمایش اسلامپ است که قبلاً شرح داده شده است.

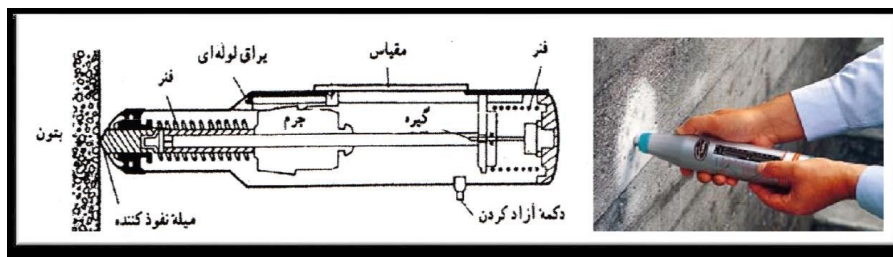
در ایران محاسبات بتن آرمه اکثراً بر اساس آیین نامه آمریکا و مقاومت بتن بر اساس نمونه استوانه ای ملاک عمل قرار می گیرد. ولی در نمونه گیری های کارگاهی اکثراً از نمونه های مکعبی استفاده می شود.

آزمایشات بتن بعد از اجرا (آزمایش بر روی بتن سفت شده):

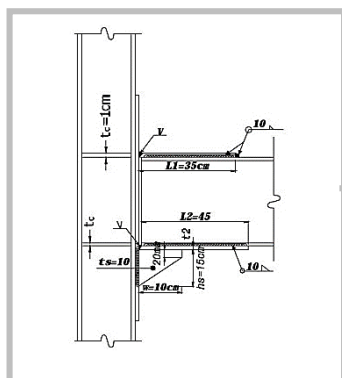
اکثر این آزمایشات، آزمایشات غیر مخرب هستند، که مهمترین و مرسوم ترین آنها دو آزمایش به قرار زیر است:

۱- اندازه گیری مقاومت فشاری بتن با استفاده از چکش اشمیت

این آزمایش به نام های چکش سوییسی، چکش بازتاب، چکش ضربه ای یا آزمایش سنجش سختی است. در چکش اشمیت جرم تحت اثر بازتاب میله چکش قرار می گیرد، مسافتی که توسط جرم طی می شود، بر حسب درصدی که از انبساط اولیه فنر حاصل می شود، عدد بازتاب می گویند. با داشتن عدد بازتاب و جداول مخصوص مقاومت فشاری بتن به دست می آید. این آزمایش یک آزمایش قابل اطمینان نیست، چرا که ممکن است نفوذ کننده یک بار بر روی دانه های سنگی (شن) قرار گیرد و مقاومت بیشتری نشان دهد و بار دیگر بر روی ملات ماسه سیمان در بتن قرار گرفته و مقاومت کمتری حاصل گردد.

**۲- اندازه گیری مقاومت فشاری بتن سفت شده با استفاده از دستگاه کر گیر**

دستگاه نمونه بردار یا دستگاه کر گیری از یک لوله فلزی به قطر ۱۰ سانتیمتر تشکیل شده است، که در جدار خارجی آن تیغه های الماسی برای برش نصب شده است. دستگاه به وسیله یک الکتروموتور به شدت دور محور خود می چرخد. برای خنک کردن در بعضی از دستگاه ها از جریان آب هنگام نمونه گیری استفاده می شود. برای حفاظت نمونه ها پس از نمونه گیری آن ها را به مدت ۲۴ ساعت در داخل آب قرار داده سپس بر روی آن مقاومت فشاری انجام می دهند.



فصل هشتم

مطالبی که به زیر آن ها خط کشیده شده، مطالعه آزاد می باشند و فاقد ارزش امتحانی هستند.

اجرای ساختمان های فولادی

تاریخچه سازه های فولادی:

استفاده از فلز به عنوان مصالح سازه ای در صنعت ساختمان، با ساخت یک پل قوسی به دهانه ۳۰ متر با استفاده از **اعضای چدنی** بین سال های ۱۷۷۷ تا ۱۷۷۹ فراگیر شد. از سال ۱۸۴۰ به تدریج **آهن کم کربن (چکش خوار)** جایگزین چدن معمولی در ساخت سازه های فولادی شد. قدیمی ترین مثال در این زمینه پل چهار دهانه ای با دهانه های ۱۴۰، ۱۴۰، ۷۰ و ۷۰ متر می باشد که برای ساخت آن از ورق ها و نبشی هایی از جنس آهن کم کربن استفاده گردید. با تولید و نورد نیمرخ های مختلف از جنس چدن و آهن کم کربن، استفاده از این دو فلز گسترش بیشتری یافت. نورد میلگردها در سال ۱۷۸۰ و نورد ریل ها در سال ۱۸۲۰ شروع شد که نهایتاً به نورد نیمرخ های I شکل در سال ۱۸۷۰ انجامید.

انواع سازه های فولادی:

۱- **سازه های قابی:** معمولاً از مجموعه ای متشکل از تیرها (اعضای افقی) و ستون ها (اعضای قائم) تشکیل شده است.

۲- **ساز ههای پوسته ای:** از ورق پیوسته با اشکال هندسی خاص نظیر استوانه و کره تشکیل می یابد.

۳- **سازه های معلق:** در اعضای آن ها نیروی کششی حاکم است.

۴- **سازه های خرابایی:** اعضای آن ها، نیروهای محوری (کششی یا فشاری) را تحمل و منتقل می نمایند.

سازه های قابی (قاب بندی شده):

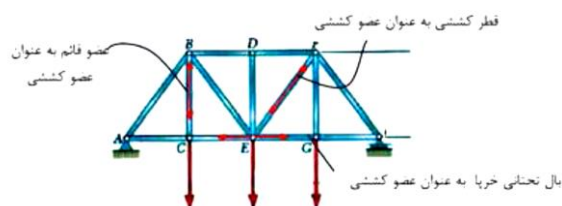
سازه های قابی ترکیبی از تیرها و ستون ها می باشند که با استفاده از اتصالات **صلب** و یا **ساده** به یکدیگر متصل شده اند. سازه های قاب بندی شده ممکن است به صورت ساختمان های چندطبقه و یا ساختمان های صنعتی باشند. اکثر ساختمان های متداول دارای اسکلت قابی هستند. به طور کلی سازه های قابی از ترکیب دو سری قاب صفحه ای عمود بر هم به وجود آمده و تشکیل قاب فضایی را می دهند. قاب های ساختمانی باید قادر به تحمل نیروهای قائم و جانبی باشند.

سازه های پوسته ای:

سازه های پوسته ای به صورت گوناگون از قبیل مخازن نگهداری مایعات و گازهای تحت فشار، سیلوهوا، سقف های گنبدی و موارد مشابه در عمل مورد استفاده قرار می گیرند.

سازه های معلق:

سازه های معلق اغلب در طرح پوشش ها (سقف ها) و پل های با دهانه بلند مورد استفاده قرار می گیرند. در چنین سازه هایی یک اسکلت قاب بندی شده وجود دارد که توسط آویزهایی از **کابل های کششی اصلی** آویزان است. استفاده از سازه های معلق در پل سازی بسیار متداول است.

سازه های خرابایی

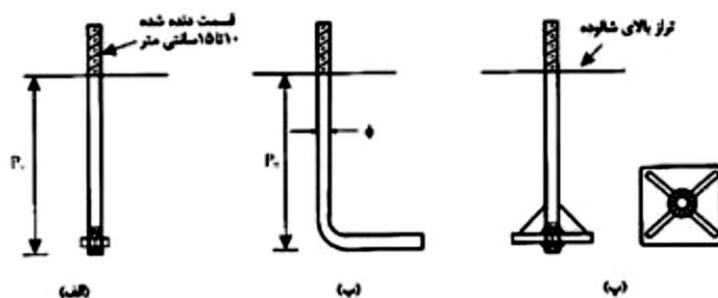
خرپا، مجموعه ای است که بارها را به وسیله ترکیبی مثلثی شکل از اعضا با اتصال **مفصلی** به تکیه گاه ها منتقل می کند. در اعضای خرپا فقط **نیروی محوری فشاری و کششی** ایجاد می شود و در عمل، ممکن است تنش خمشی در بین اتصالات به میزان کمی در اثر اصطکاک آن ها و بارهای وارده و پخش شده در اعضا، وجود آید که قابل صرف نظر کردن است.

استانداردها و آیین نامه های ساختمان های فولادی:

کشورهای مختلف دارای آیین نامه های مختلفی هستند، مثلاً در آلمان آیین نامه ی **DIN۴۱۱۴** و یا در آمریکا آیین نامه **AISC** را برای سازه های فولادی به کار می برند. در ایران، از حدود سال ۱۳۵۰ به بعد، به تدریج ضوابطی در مورد ساختمان و مقررات ملی ساختمان از سوی موسسه ی استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و سپس دفتر تحقیقات و معیارهای فنی معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری و در سال های اخیر از سوی دفتر امور مقررات ملی ساختمان وزارت مسکن و شهرسازی با اهداف تامین ایمنی، بهره دهی مناسب، آسایش، بهداشت و صرفه ی اقتصادی فرد و جامعه تدوین گردیده است. مقررات ملی ساختمان باید به طور کامل طی ضوابط قانونی و توسط کلیه ی طراحان و مجریان به مرحله عمل درآید. مقررات ملی تحت عنوان **مبحث دهم: طرح و اجرای ساختمان های فولادی** یکی از منابع مورد استفاده در تدوین این فصل از جزوه است که آیین نامه طراحی مورد استفاده ی مهندسين ایران می باشد.

اجرای سازه های فولادی:**پیچ های مهاری (بولت ها) و صفحه ستون:**

ستون های یک ساختمان اسکلت فلزی، نقش انتقال دهنده بارهای وارد شده را به شالوده (به صورت نیروی فشاری، کششی، برشی و یا لنگر خمشی) به عهده دارند. در این میان، ستون فلزی به واسطه صفحه ای فلزی که از یک سو با ستون و از سوی دیگر با بتن درگیر شده است روی شالوده قرار می گیرد. ستون فلزی به علت سطح مقطع کم، فشار زیادی روی شالوده منتقل می کند که بتن شالوده قادر به مقاومت در مقابل آن نیست. بنابراین **صفحه ستون** واسطه ای است که ضمن افزایش سطح تماس ستون با پی، سبب می گردد توزیع نیروهای ستون در حد قابل تحمل برای بتن کاهش یابد. اتصال صفحه ستون با بتن به وسیله ی **پیچ های مهاری (میله های مهاری یا بولت ها)** تامین می شود. میله های مهاری تا حصول مقاومت کششی کل باید در بتن شالوده مهار شوند. در ایران پیچ های مهاری از دنده کردن میلگردهای صاف (بدون آج) ساخته می شوند.



نکته مهم هنگام نصب ستون بر روی صفحه تقسیم فشار این است که لازم است انتهای ستون فلزی سنگ خورده و صاف باشد تا تمام نقاط مقطع ستون بر روی صفحه ستون بنشینند و عمل انتقال نیرو به خوبی انجام پذیرد. از آنجا که علاوه بر فشار، لنگر نیز بر صفحه ستون وارد می شود، طول میله های مهاري باید به اندازه ای باشد که کشش وارده را تحمل نماید که این امر با محاسبه تعیین خواهد شد. در انجام عملیات نصب اسکلت، دو روش عمومی برای نصب صفحه ستون بر روی شالوده وجود دارد:

روش سنتی:

در این روش که در ساختمان سازی متعارف در ایران معمول است، ورق صفحه ستون به صورت جدا از ستون همراه با میله ی مهاري قبل از بتن ریزی بر روی شالوده مستقر می گردد و پس از بتن ریزی، مهره های میله ی مهاري باز شده و سطح شالوده تمیز و مرطوب می گردد. سپس ملات پرسیمان با ضخامت لازم روی شالوده پخش شده و ورق صفحه ستون روی آن قرار گرفته و به کمک تراز و دوربین، در وضعیت نهایی خود قرار گرفته و مهره های میله های مهاري سفت می شود. بعد از گرفتن ملات، صفحه ستون آماده ی نصب ستون بر روی آن می باشد.

روش صنعتی:

در این روش، میله های مهاري را در محل های تعیین شده قرار می دهند و موقعیت آن ها را به وسیله شابلون تثبیت می کنند و سپس بتن ریزی شالوده انجام می شود. در این روش صفحه ستون در کارخانه به صورت گونیا به پای ستون جوش و یکپارچه می شود. برای نصب، ابتدا شابلون ها را پس از سفت شدن بتن، باز کرده و روی شالوده پگذاری می شود. پدها ورق های ۴ * ۱۰۰ * ۱۰۰ میلیمتر می باشند که یک شاخک نبشی به سطح تحتانی آن جوش شده است. پدها بطور کامل به کمک ملات در موقعیت موردنظر مستقر و تراز می شوند. بعد از گرفتن ملات زیر پد، ستون به همراه صفحه ستون روی آن ها مستقر شده و ستون کاملاً به صورت شاقولی درمی آید و مهره ی میله های مهاري سفت می شود. در مرحله آخر دور ورق صفحه ستون قالب بندی شده و فضاهای خالی زیر صفحه ستون به کمک ملات خیلی روان منبسط شونده پر می شود که به این عمل **گروت ریزی** می گویند.

اعضای فشاری:

ستون عضوی است که معمولاً به صورت عمودی در ساختمان نصب می شود و نیروی محوری را تحمل می کند. نیروهای محوری بصورت نیروی فشاری ناشی از بار مرده و بار زنده وارده بر سطح کف طبقات است که بطور مستقیم و یا از طریق تیر به ستون منتقل می شود. علاوه بر نیروی فشاری، در قاب های خمشی، ستون ها تحت تاثیر لنگر ناشی از بارهای قائم و جانبی به علت اتصال صلب تیر به ستون نیز قرار دارند. سهم هرستون از بار طبقه، مساحتی محصور در نصف فاصله ی ستون مورد نظر و ستون های پیرامونی آن است که به آن **سطح بارگیر** گفته می شود.

کمانش اعضای تحت فشار:

کمانش یعنی ناپایداری و از بین رفتن عضو، تحت تغییر شکل های جانبی زیاد که به علت نیروها یا تنش های فشاری رخ می دهد. در اعضای تحت فشار، علاوه بر انهدام یا تسلیم مصالح تحت تنش های فشاری، کمانش یا از بین رفتن پایداری ارتجاعی عضو می تواند تحت تنش های به مراتب کوچک تر از مقاومت نهایی مصالح، باعث خرابی گردد. در عضو ساخته شده از نیمرخ فولادی (مثلاً یک ستون فولادی) کمانش به دو صورت ممکن است رخ دهد؛

الف: کمانش کلی عضو

ب: کمانش موضعی اجزای بال یا جان نیمرخ به علت تنش های فشاری

مقاومت کمانشی ستون نسبت مستقیم با مقطع ستون و نسبت عکس با ارتفاع آن در حد فاصل طبقات دارد. یعنی هرچه ابعاد مقطع ستون بزرگتر باشد، مقاومت کمانشی آن بزرگتر و هر چه ارتفاع آن بلندتر باشد، مقاومت کمانشی آن کوچکتر است. ستون های بلند را **ستون های لاغر** می نامند. نسبت لاغری ستون به طور تقریبی از تقسیم طول آزاد ستون به یک چهارم بعد حداقل ستون به دست می آید. با افزایش نسبت لاغری، ستون لاغرتر شده و ظرفیت باربری فشاری آن کاهش می یابد. یک نیمرخ فولادی ترکیبی از ورق های فولادی نازک می باشد (ورق های بال و جان). این اجزای نازک اگر به عللی تحت تنش های فشاری قرار گیرند کمانه می کنند و در نتیجه قسمتی از نیمرخ، خاصیت باربری خود را از دست می دهد. به این پدیده **کمانش موضعی** می گویند.

مقاطع مناسب برای ستون ها:

مقطع مناسب برای ستون ها بصورت قوطی مربع یا مستطیلی می باشد. مقاطع دایره ای و چند ضلعی نیز در سازه کاربرد دارند و عموماً به منظور تأمین ملاحظات معماری استفاده می شوند. شکل مقطع ستون ها معمولاً به مقدار و وضعیت بار وارد شده نیز بستگی دارد. برای ساختن ستون های فولادی از انواع پروفیل ها و ورق ها استفاده می شود. عموماً ستون ها از لحاظ شکل ظاهری به سه گروه تقسیم می شوند:

- ۱- نیمرخ نوردشده
- ۲- ستون مرکب از نیمرخ های نورد شده
- ۳- ستون ساخته شده از ورق

نیمرخ نورد شده

بهترین پروفیل نوردشده برای ستون، تیر آهن بال پهن یا قوطی مربع شکل است، زیرا از نظر مقاومت بهتر از مقاطع دیگر عمل می کند، علاوه بر این در اکثر شرایط اجرایی، اتصال تیر ها به راحتی روی آن ها انجام می شود.

مقاطع مرکب

ترکیبی از نیمرخ های نورد شده و ورق را مقطع مرکب می گویند. ستون های مرکب از ترکیب دو و یا چند نیمرخ مثل IPE، ناودانی یا نبشی به کمک ورق های سرتاسری و ممتد و یا تسمه های موازی یا مورب ساخته می شوند.

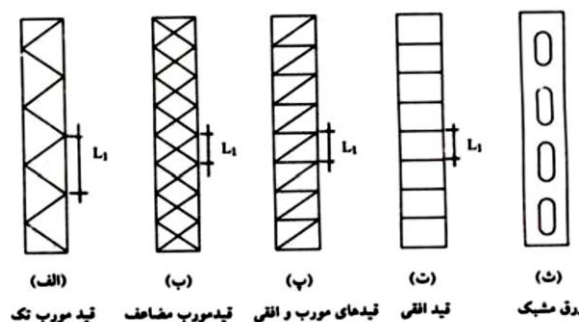
علل استفاده از مقاطع مرکب در ستون ها

- ۱- عدم دسترسی به نیمرخ IPB یا قوطی به صورت تولید داخلی
- ۲- افزایش سطح مقطع ستون، در صورتی که نیم رخ های نوردشده سطح مقطع لازم را نداشته باشد.
- ۳- اجرای سریع تر و آسان تر مقاطع مرکب نسبت به ستون های ساخته شده از ورق.

مقاطع مرکب مشبک

دو راه برای افزایش مقاومت فشاری ستون ها وجود دارد: الف: افزایش ضخامت اجزاء مقطع، ب: افزایش ابعاد (طول و عرض) مقطع.

در ستون های بلند افزایش ضخامت اثر قابل توجهی بر مقاومت فشاری نداشته و باعث سنگینی و غیراقتصادی شدن طرح خواهد شد. در چنین مواردی بهتر است نیمرخ ها را با فاصله کافی از یکدیگر قرار داده و آن ها را به وسیله ورق یا تسمه (قید) به یکدیگر متصل کنیم، به اینگونه ستون ها، **ستون مشبک** می گوئیم. در شکل زیر انواع مختلف قیدهای اتصالی ستون های مشبک نشان داده شده است. شکل (الف) قیدهای مورب تک، (ب) قیدهای مورب مضاعف، (پ) قیدهای مورب و افقی، (ت) قیدهای افقی و (ث) ورق مشبک نامیده می شوند.

**ستون های ساخته شده از ورق**

در گذشته وقتی طراحان می خواستند ستون های سنگین طراحی کنند، مقاطع بال پهن را به وسیله ورق های پوششی که توسط پرچ به آن متصل می شدند را تقویت می کردند. در سال های اخیر پس از متداول شدن جوش همین عمل را به وسیله **جوشکاری** انجام می دهند. اشکال این روش آن است که چون ورق پوششی فقط در دو لبه کناری به ستون جوش می گردد، در مقابل نیروی کششی حاصل از بال تیر از خود ضعف نشان داده و به طرف خارج خم برمی دارد. بهترین نوع طراحی در این موارد استفاده از ستون های ساخته شده از ورق می باشد. این ستون ها بدون هیچگونه جوشکاری اضافه، مستقیم ترین راه برای ساختن ستون می باشند و برای انتقال نیروی کششی بال تیر به ستون هیچگونه اشکالی ایجاد نمی کنند.



روش های ساخت ستون با مقاطع استاندارد مرکب:

ستون ها ممکن است برحسب نیاز از اتصال انواع پروفیل های مختلف ساخته شوند که رایج ترین آن ها عبارتند از:

- ۱- اتصال دو پروفیل به یکدیگر به طریق جفت کردن
- ۲- اتصال دو پروفیل با یک ورق سراسری روی بال ها
- ۳- اتصال دو پروفیل با قیدهای موازی و یا مورب (ستون مشبک)

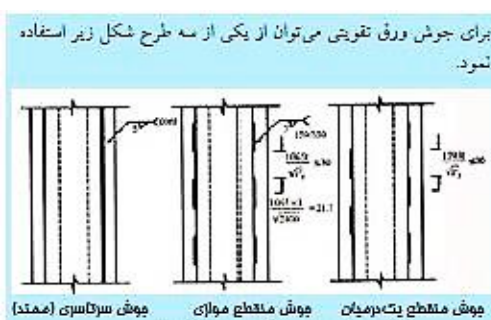
روش ساخت ستون جفت:

ابتدا دو تیر آهن در کنار یکدیگر و بر روی سطح شاسی کار با خال جوش به هم متصل می شوند. سپس دو سر و وسط ستون جوش شده و ستون برگردانده شده و مانند قبل جوشکاری می شود. در ادامه قسمت های باقیمانده جوشکاری می گردد. همین کار در سوی دیگر ستون انجام می شود. جوشکاری ادامه می یابد تا جوش مورد نیاز ستون تأمین گردد. این شیوه جوشکاری برای جلوگیری از پیچش ستون در اثر حرارت زیاد در حین جوشکاری ممتد می باشد. در صورتی که در سرتاسر ستون به جوشکاری نیازی نباشد، حداقل طول جوش ها باید به این ترتیب اجرا گردد:

- ۱- حداکثر فاصله بین مرکز به مرکز طول جوش های منقطع نباید از ۳۰ سانتی متر تجاوز کند.
- ۲- طول جوش ابتدا و انتهای ستون باید حداقل برابر با بزرگ ترین بُعد مقطع ستون باشد و به طور پیوسته انجام گیرد.
- ۳- طول موثر هر قطعه از جوش منقطع نباید از ۴ برابر بعد جوش یا حداقل ۴۰ میلی متر کمتر باشد.
- ۴- فاصله میان لبه بال دو پروفیل نباید از یک درز ۱/۵ میلیمتری تجاوز کند.

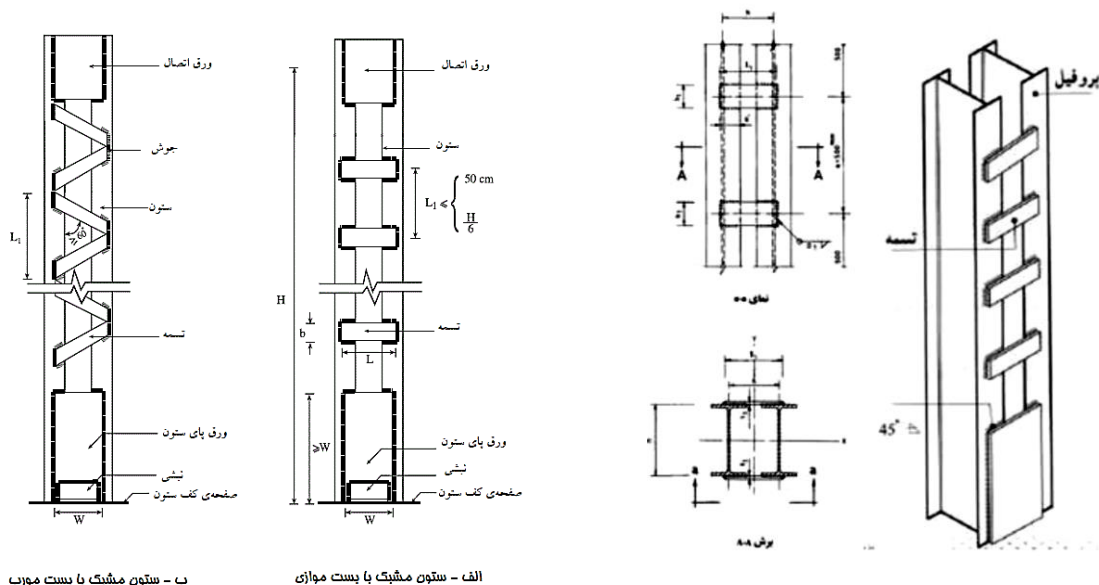
روش ساخت ستون دوپل با ورق سراسری:

جهت ساخت این ستون ها مطابق ستون های جفت، ابتدا مونتاژ دو تیر آهن در کنار هم روی یک شاسی مناسب و با رعایت رواداری های مجاز انجام شده و سپس ورق های سراسری به صورت پوششی که از قبل به روش های مناسب برشکاری شده، روی ستون جفت شده نصب و خال جوش می شود. اگر جوش ورق اتصال ستون به صورت منقطع باشد، باید بصورت زیر اجرا شود: جهت جلوگیری از پیچش ستون نیز باید ترتیب جوشکاری به صورت زیر انجام شود. در ستون های جفت با ورق سراسری، فاصله جوش های منقطع (غیرممتد) که ورق را به نیمرخ ها متصل می کند، نباید از ۳۰ سانتی متر بیشتر شود. حداکثر فاصله فوق الذکر در مورد فولاد معمولی ۲۲ برابر ضخامت ورق می باشد.

**روش ساخت ستون مرکب با بست های موازی یا مورب (ستون دوپل پایاز):**

متداول ترین نوع ستون در ایران ستون های مرکبی است که دو تیر آهن در کنار هم قرار گرفته و قیدهای افقی یا چپ و راست، این نیمرخ ها را به هم متصل می کند. البته بست های چپ و راست که شکل های مثلثی را به وجود می آورند، دارای مقاومت بهتری نسبت به بست های موازی می باشند. در مورد این گونه ستون ها، به ویژه ستون با بست موازی نکات زیر را باید رعایت نمود:

- ۱- حداقل ابعاد بست یا تسمه افقی ستون باید به این صورت باشد:
 L : طول وصله حداقل معادل فاصله مرکز تا مرکز دو نیمرخ باشد.
 b : عرض تسمه از ۵۰ درصد طول آن کمتر نباشد.
 t : ضخامت تسمه از یک چهارم طول آن کمتر نباشد.
- ۲- در اطراف کلیه تسمه ها و در سطح تماس با بال نیمرخ ها، عمل جوشکاری انجام شود (مجموع طول خط جوش در هر طرف صفحه نباید از طول صفحه کمتر شود).
- ۳- فاصله قیدها و ابعاد آن براساس محاسبات فنی تعیین می شود.
- ۴- در قسمت انتهایی ستون، باید حتماً از ورقی با طول حداقل برابر با عرض ستون استفاده کرد تا علاوه بر تقویت پایه، محل مناسبی برای اتصال سایر اعضا به ستون به وجود آید.
- ۵- در محل اتصال تیر به ستون لازم است قبلاً ورق تقویتی به ابعاد کافی روی بال های ستون جوش شده باشد.



ب - ستون مشبک با بست مورب

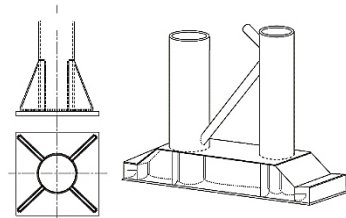
الف - ستون مشبک با بست موازی

جزئیات ساخت ستون در محل اتصال خمشی تیر به ستون:



در اتصالات خمشی یا گیردار در محل اتصال تیر به ستون از یک ورق میانی بین ورق های تقویتی روی بال ستون استفاده می شود. در مرحله ساخت ستون، پس از مونتاژ دو تیر آهن در فاصله مورد نظر و خال جوش کردن قیدها یا ورق پوششی سراسری روی بال ستون، در محل تراز سقف ها از یک ورق میانی بین دو ورق وصله روی بال ستون استفاده می شود. همچنین در جان ستون نیز قبل از نصب ورق وصله در امتداد بال شاه تیرها، دو ورق سخت کننده مونتاژ و جوش می شود.

ستون های با مقطع دایره ای:



معمولاً مقاطع لوله ای (دایره ای) از قطر ۵ تا ۳۰ سانتیمتر برای ستون ها بیشتر مورد استفاده قرار می گیرند. کاربرد لوله بیشتر در پایه های بعضی منابع هوایی، دکل های مختلف و خریاسازی های سبک است. این مقاطع به طور کلی مقاوم ترند، برای اینکه ممان اینرسی آن ها در تمام جهات یکسان است. با تغییر ضخامت مقاطع لوله ای می توان اینرسی های مختلف را به دست آورد.

نصب ستون روی صفحه ستون:

در انجام عملیات نصب اسکلت، دو روش عمومی برای نصب ستون بر روی صفحه ستون وجود دارد:

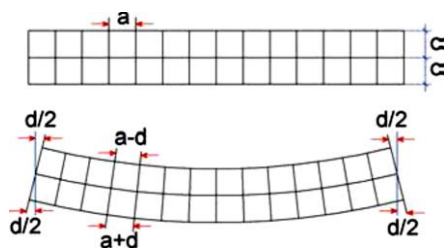
روش سنتی

همان طور که در بخش قبلی بیان شد، ورق صفحه ستون به صورت جدا از ستون همراه با پیچ مهری بر روی شالوده مستقر می گردد. هنگام محاسبه ابعاد صفحه ستون ها باید حداقل فاصله میله مهری از لبه کف ستون و محل جاگذاری نبشی با ضخامت جوش لازم برای نگه داشتن ستون، همچنین ضخامت ورق های ستون و ابعاد ستون را با دقت بررسی کرد، سپس با توجه به موارد یاد شده، به نصب نبشی و استقرار ستون اقدام نمود. بر روی صفحه ستون محل ستون و محل آکس آن را کنترل می کنیم؛ سپس نبشی هایی به صورت عمود بر هم بر روی صفحه ستون جوش داده، آنگاه ستون را مستقر و اقدام به نصب دیگر نبشی های لازم کرده و آن ها را به صفحه ستون جوش می دهیم. از مزایای عمود بر هم بودن دو نبشی روی صفحه ستون علاوه بر سرعت عمل و استقرار بهتر به علت تماس مستقیم به بال نبشی، اتصال جوشکاری به گونه ای درست تر و اصولی صورت می گیرد. روشن است که قبل از جوشکاری باید ستون ها را هم محور و قائم نموده و عمود بودن در دو جهت کنترل گردد. پس از نصب ستون ها با توجه به ارتفاع ستون و آزاد بودن سرستون، ممکن است تا زمان نصب تیرها، ستون ها در اثر شدت باد و وزن خود حرکت هایی داشته باشند که احتمالاً تأثیر نامطلوب و ایجاد ضعف در جوشکاری و اتصالات کف ستون ها خواهد داشت. به این سبب، باید پس از نصب، فوراً به مهاربندی موقت ستون ها به وسیله میلگرد یا نبشی به صورت ضربدری اقدام کرد.

روش صنعتی

در این روش صفحه ستون در کارخانه به صورت گونیا به پای ستون جوش و یکپارچه می شود.

اعضای خمشی (تیرها):



وقتی عضوی بین دو نقطه از دهانه قرار بگیرد، بارهای وارده با ساز و کار کشش و فشار در تارهای افقی عضو از روی دهانه به تکیه گاه ها منتقل می شود. به این پدیده **خمشی** می گویند و نقش اساسی در باربری اعضای ساز های دارد. هر تیر را می توان متشکل از تار هایی به موازات محور طولی تیر فرض کرد که در ارتفاع نیز بر روی هم قرار گرفته اند. مشاهده حاصل از کاهش فواصل خط های عمودی در بالا و افزایش آن در پایین نشان می دهد که تارهای بالایی کوتاه تر و تارهای پایینی بلندتر شده اند. در حالی که تار میانی به همان اندازه ی سابق باقی مانده است که به **تار خنثی** معروف است. بدین ترتیب می توان گفت در هنگام خمشی که تغییر شکل تیر به سمت پائین است تارهای بالا تحت فشار و تارهای پایین تحت کشش قرار می گیرند. به تار میانی که در اثر خمشی تغییر طول نداشته تار خنثی گفته می شود. با در نظر گرفتن مقاومت فشاری اکثر مصالح ساختمانی، به طور نسبی آسان تر است که بارها را به صورت عمودی به زمین انتقال دهیم، اما مشکل اساسی در عملکرد سازه ای، **انتقال افقی بارهای عمودی به منظور پوشاندن دهانه بین دو تکیه گاه** است. بدین ترتیب مشخص می شود که خمشی از اهمیت ویژه ای به عنوان یک ساز و کار سازه ای برخوردار است. یک مصالح ساختمانی در صورتی از نظر خمشی مناسب می باشد که عملاً مقاومت کششی و فشاری یکسان داشته باشد. این اصل بیانگر مزیت چوب در میان مصالح سازه ای طبیعی و نقش بی رقیب و همیشگی فولاد در سازه های جدید است. بتن مسلح یک ماده ساختمانی ساخت بشر است که ویژگی های خمشی قابل مقایسه با فولاد دارد. در این مصالح از مقاومت فشاری بتن در تار های فشاری و از مقاومت کششی فولاد در تار های کششی یک عضو سازه ای استفاده می شود.

تعریف تیر:

تیرها قطعات سازه ای هستند که در سازه عموماً بصورت اعضای افقی یا شیبدار قرار گرفته و بارهای قائم بر محور خود را به تکیه گاه ها که معمولاً ستون ها هستند، منتقل می کنند. در اثر این بارها، در لایه های مختلف تیر تنش کششی و فشاری ایجاد می شود.

انواع تیرها در سازه های فولادی:

تیر در سازه ساختمان برحسب وظیفه ای که برعهده دارد، به صورت زیر نامگذاری می گردد:

- ۱- **شاهتیر یا تیر اصلی (Girder)**: عضو باربر اصلی در سقف می باشد که بارهای وارد از تیرچه ها را به ستون ها انتقال می دهد.
- ۲- **تیرچه یا تیر فرعی (Joist)**: تیر سبکی می باشد که بار سقف را به شاهتیرها انتقال می دهد.
- ۳- **نعل درگاهی (Linte)**: تیری است که در بالای بازشوهای ساختمان، نظیر در و یا پنجره، قرار داده می شود.
- ۴- **تیرهای لبه ای یا کناری (Spandrel)**: تیرهایی هستند که در پیرامون ساختمان قرار دارند و علاوه بر بار سقف، بار دیوارهای پیرامونی ساختمان را نیز تحمل می کنند و نقش کلاف بندی ساختمان را نیز ایفا می کنند.
- ۵- **لاپه (Purlin)**: تیر سبکی از نیمرخ Z و یا I که از آن برای حمل بار پوشش های سبک در ساختمان های صنعتی استفاده می شود.

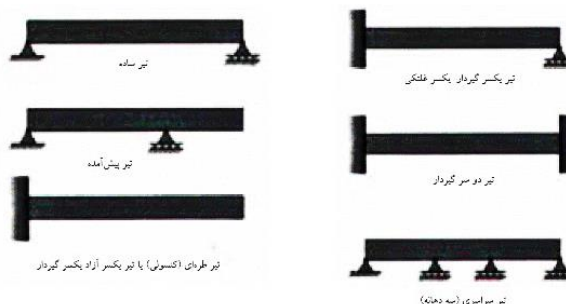
تیر از نظر شرایط تکیه گاهی:

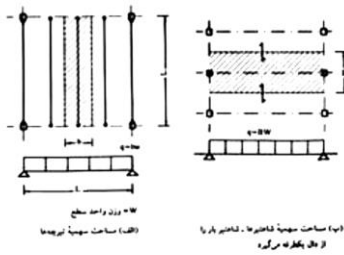
سه نوع تکیه گاه متداول برای تیرها عبارتند از: **تکیه گاه غلتکی**، **تکیه گاه مفصلی** و **تکیه گاه ثابت**. تکیه گاه غلتکی در مقابل حرکت در جهت عمود بر محور مقاومت می کند، در حالی که تکیه گاه مفصلی در مقابل حرکت تیر در هر جهتی مقابله می کند. هر دو تکیه گاه غلتکی و مفصلی در مقابل دوران و چرخش در محل تکیه گاه آزاد هستند. تکیه گاه ثابت از حرکت و دوران تیر در هر جهتی در محل تکیه گاه جلوگیری می کند. با این وصف تیرها را بر اساس شرایط تکیه گاهی می توان به صورت ساده، پیش آمده (تیر ساده طره دار) طره ای، دو سر گیر دار و ممتد (سراسری) دسته بندی کرد. تیر ساده، تیری است تک دهانه که تکیه گاه های آن در دو انتها یکی به صورت غلتکی و دیگری مفصلی باشد. به تیری با تکیه گاه های ساده که تکیه گاه های آن الزاماً در انتهای تیر قرار نگرفته باشد، تیر **پیش آمده** گفته می شود. تیر **طره ای** به تیری گفته می شود که در یک انتها گیردار و در انتهای دیگر آزاد باشد. تیری که در دو انتهای خود گیردار و غیر آزاد باشد، تیر **دو سر گیردار** نام دارد. به تیر با بیش از دو تکیه گاه ساده، تیر **ممتد** یا **سراسری** گفته می شود. در شکل زیر انواع تیرها از نظر شرایط تکیه گاهی نشان داده شده است.

بارهای وارد بر تیر:

تیرها بسته به محلی که در آن به کار گرفته می شوند، تحت تاثیر بارهای مختلفی قرار می گیرند که این بارها به صورت متمرکز، گسترده یکنواخت، گسترده غیر یکنواخت و یا ترکیبی از آن ها می باشند.

بار متمرکز	
دو بار متمرکز	
بار گسترده یکنواخت	
بار گسترده جزئی	
بار گسترده متغیر	
بار گسترده دوزنقه	

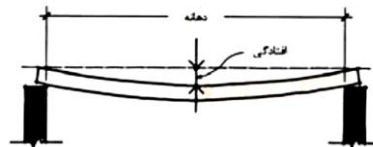


سطح بارگیر تیرها:

سهم هر تیر از بار سقف، مقدار باری است که در سطح بارگیر آن تیر وارد می شود. در شکل مقابل سطح بارگیر تیرها نشان داده شده است. اگر نسبت طول به عرض دال سقف بزرگتر از ۲ باشد دال موردنظر را دال **یکطرفه** گویند در غیر اینصورت دال مورد نظر را **دوطرفه** گویند. در شایهتیرها برحسب اینکه شایهتیر بار را از دال یکطرفه و یا دوطرفه بگیرد، وضعیت فرق میکند. در صورتی که شایهتیر بار را از دال یکطرفه بگیرد، عرض بارگیر آن وسط به وسط دو دهانه مجاور است. در صورتی که شایهتیرها بار را از دال دوطرفه بگیرند، سطح بارگیر آنها از ترسیم نیمساز گوشه ها به دست می آید و در نتیجه بار وارد بر شایهتیر به صورت مثلثی یا دوزنقه خواهد بود. دال هایی نظیر طاق ضربی و تیرچه بلوک و دال های کامپوزیت رفتار یکطرفه دارند.

افتادگی (تغییر شکل):

تیرها تحت بارهای وارده به صورت شکم داده درمی آیند که به این پدیده، تغییر شکل یا افتادگی تیر می گویند. در صورتی که بار از حدی فراتر نرود، بعد از باربرداری، تیر به وضعیت اولیه درمی آید. این رفتار تیرها، رفتار **ارتجاعی** نامیده می شود.

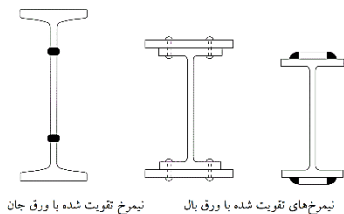
**نیمخ های مناسب برای تیرها:**

بدیهی است مقاطعی از نظر خمشی اقتصادی می باشند که به ازای ظرفیت خمشی مساوی، سطح مقطع و در نتیجه وزن واحد طول کمتری داشته باشند. نیمرخ های نورد شده از نوع **IPB**، **INP**، **IPE** و حتی **UNP** جزء کاراترین نیمرخ ها برای خمش می باشند. وقتی که مقاومت مقاطع نورد شده در مقابل لنگر خمشی موجود کمتر باشد، آنها را با اضافه نمودن اجزای بیشتر بر روی **بال ها** مانند تسمه یا ورق، تقویت میکنند. اگر مقاطع تقویت شده برای بار و دهانه مورد نظر کافی نباشند، از **تیرورق** استفاده می شود که از دو ورق بال و یک ورق جان که بوسیله جوش بهم متصل می شوند، تشکیل می شود و به صورت نیمرخ **I** در می آیند. نمره تیرهای ساخته شده از نیمرخ های نورد شده بیانگر ارتفاع مقطع تیر بر حسب میلی متر است به عنوان مثال **IPE ۲۰۰** نیمرخ **IPE** با ارتفاع ۲۰۰ میلیمتر می باشد. مشخصات هندسی نیمرخ ها در جداول اشتال وجود دارد. مشخصات مهم ابعادی و هندسی مقطع نظیر سطح و وزن واحد مقطع، ممان اینرسی، اساس مقطع، شعاع ژیراسیون، طول پروفیل برای هر مقطع فولاد نوردشده در اندازه های مختلف ارائه شده است.

شاه تیرها یا تیرهای اصلی (Girder):

شایهتیرها اعضای فلزی افقی اصلی هستند که با اتصالات لازم به ستون ها متصل می شوند و به وسیله آن ها بار طبقات به ستون ها انتقال می یابد. شایهتیرهای فلزی ممکن است به صورت های زیر به کار روند :

- ۱- تیر آهن معمولی به صورت تک یا جفت
- ۲- تیر آهن بال پهن
- ۳- تیر آهن معمولی با ورق تقویتی روی بال ها و یا جان



تیری که از تقویت بال پروفیل نورد شده استاندارد با ورق به روش جوشی یا پیچی ساخته می شود، تیر آهن معمولی با ورق تقویتی روی بال نامیده می شود. همچنین می توان با بریدن پروفیل های رایج (**IPE**) از وسط جان تیر و اتصال صفحه و ورق مناسب به دو قسمت بریده شده، تیر را تقویت کرد. این روش برای پروفیل های نمره ۲۰ به بالا اقتصادی خواهد بود.

تیرورق (Girder Plate):

ورقهای ضخیم را نمی توان با فرم دادن به شکل نیمرخ درآورد. در چنین حالتی ورق های بال و جان را در عرض های مورد نظر بریده و توسط جوش به یکدیگر متصل می کنند تا نیمرخ دلخواه حاصل گردد. به چنین مقطعی، **تیرورق** گفته می شود.

تیرچه ها یا تیرهای فرعی (joists):

تیرچه ها اعضای افقی فرعی هستند که به شایهتیرها متصل شده و بار سقف را به شایهتیرها منتقل می کنند. در صورتی که سقف ساختمان از نوع طاق ضربی و یا مرکب (کامپوزیت) باشد، الزمست تیرچه ها به فواصل ۱ تا ۱/۵ متر در حد فاصل شایهتیرها انداخته شود. تیرچه ها عموماً از نیمرخ های نورد شده سبک **IPE** یا **INP** یا به صورت لانه زنبوری ساخته می شوند.

تیرهای نعل درگاهی (Lintel):

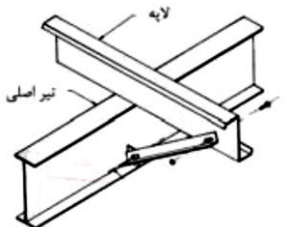
در صورت وجود بازو در دیوار به منظور تعبیه در و پنجره، لازم است برای حفظ ایستایی دیوار آجری فوقانی، تیری در بالای بازو قرار گیرد که به آن تیر نعل درگاهی گویند. حداقل اتکای تیر نعل درگاهی در دو تکیه گاه کناری ۲۰ سانتیمتر می باشد و لازم است بالشتک بتنی نیز در نقاط تکیه گاهی تعبیه گردد. برای حفظ انسجام دیوار در هنگام زلزله، از شاخک های منسجم کننده تیرنعل درگاهی به دیوار استفاده می شود.

تیرهای لبه ای یا کناری (Spandrel):

تیرهایی هستند که در پیرامون ساختمان قرار داشته و علاوه بر بار سقف، بار دیوارهای پیرامونی ساختمان را نیز تحمل میکنند.

لایه (Purlin):

تیر سبکی از نیمرخ Z و یا UNP که از آن برای حمل بار پوشش های سبک در ساختمان های صنعتی (سقف های شیبدار) استفاده می شود.

**تیرهای لانه زنبوری:**

دلیل نامگذاری تیرهای لانه زنبوری، شکل این تیرها پس از عملیات ساخت آن هاست. این گونه تیرها در طول خود دارای حفره های توخالی (در جان) هستند که به لانه زنبور شبیه است. به همین سبب، به این تیرها تیر لانه زنبوری می گویند.

هدف از ساخت تیر لانه زنبوری:

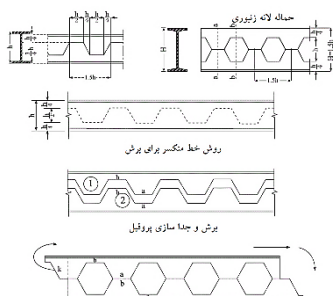
هدف از ساخت این نوع تیر این است که بتواند **ممان خمشی** بیشتری را با خیز (تغییر شکل) نسبتاً کم و وزن کمتر در مقایسه با تیر نورد شده مشابه تحمل کند، برای مثال ارتفاع پروفیل IPE ۱۸۰ را که ۱۸ سانتیمتر ارتفاع دارد، میتوان تا ۲۷ سانتیمتر افزایش داد.

محاسن و معایب تیر لانه زنبوری

با تبدیل تیر آهن معمولی به تیر لانه زنبوری، **مقاومت خمشی** مقطع تیر افزایش می یابد. در نتیجه، تیر حاصل شده با ارتفاع بیشتر، قوی تر و هم وزن تیر اصلی خواهد شد. همچنین با کم شدن وزن مصالح و سبک شدن تیر، از نظر اقتصادی مقرون به صرفه تر خواهد بود. علاوه بر این از فضاهای ایجاد شده (حفره ها) در جان تیر می توان لوله های تأسیساتی و برق را عبور داد. در ساخت تیر لانه زنبوری که منجر به افزایش ارتفاع تیر می شود، باید استاندارد کاملاً رعایت گردد، در غیر این صورت، خطر خراب شدن تیر زیر بار وارد شده حتمی است. از جمله معایب تیر لانه زنبوری، وجود حفره های آن است که نمی تواند **تنش های برشی** را در محل تکیه گاه تیر به ستون و یا اتصال تیر آهن تودلی (تیر فرعی) به تیر لانه زنبوری تحمل کند، بنابراین، برای رفع این نقص، اقدام به پر کردن بعضی حفره ها با ورق فلزی و جوش می کنند تا اتصال بعدی تیر به ستون یا تیر فرعی به پل به درستی انجام شود.

روشهای مختلف برش تیر آهن برای ساخت تیر لانه زنبوری:

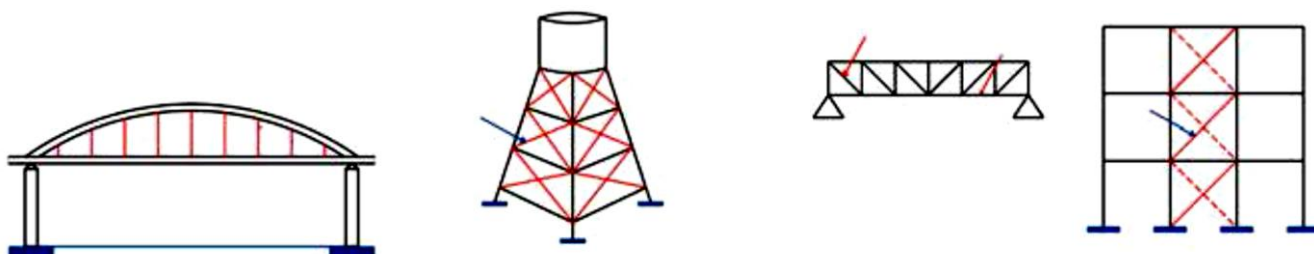
- ۱- **برش به روش کوپال:** با استفاده از دستگاه قطع کن سنگین که به گویوتین مخصوص مجهز است، تیر آهن به شکل سرد در امتداد خط منکسر قطع می شود.
- ۲- **برش به روش برنول:** برش در این حالت به صورت گرم انجام می گیرد، به این صورت که کارگر ماهر برش را با شعله بنفش رنگ قوی حاصل از گاز استیلن و اکسیژن، به وسیله لوله برنول، انجام می دهد. بریدن تیرهای سبک به وسیله ماشین های برش اکسیژن شابلن دار نسبتاً ساده است. در ایران تیرهای لانه زنبوری را بیشتر با دست تهیه می کنند.

روش ساخت تیر لانه زنبوری و تقویت آن:

برای تهیه تیرهای لانه زنبوری، ابتدا در جان تیر آهن نورد شده با استفاده از الگو که به صورت نصف شش ضلعی از ورق آهن سفید یک میلیمتری (شابلن) با توجه به استاندارد ساخته شده علامت گذاری می شود، سپس تیر آهن را در نقاط مختلف آن برای جلوگیری از تاب برداشتن بر روی یک شاسی افقی با زدن تک خال جوش مستقر می کنند. آنگاه با استفاده از دستگاه برش گرمایی (برنول) در امتداد خط منکسر اقدام به برش می کنند تا پروفیل به دو قسمت ۱ و ۲ مطابق شکل تقسیم شود. حال باید قسمت ۱ را به اندازه یک دندانه جابجا کرده و دندانه های دو قسمت را با دقت مقابل هم قرار دهیم و از دو طرف، کارگر ماهر آن را جوشکاری کند. استفاده از **جوش قوسی نیمه اتوماتیک** برای اتصال دو نیمه بریده شده، یک جوش خوب، بی عیب، سریع و مقرون به صرفه ایجاد خواهد کرد. همانطور که گفته شد، تیر ساخته شده در محل تکیه گاه با توجه به حفره های خالی آن در مقابل **تنش های برشی** ضعیف می شود. برای جبران این نقص، با توجه به منحنی نمایش نیروی برشی بایستی در محل ضعف، حفره ها با ورق های تقویتی پر شود. الزم به ذکر است که حداقل باید یک حفره در تکیه گاه با ورق به وسیله جوش کامل پر شود.

اعضای محوری:

تعریف اعضای محوری: عضو محوری، عضوی را گویند که بتواند تنها نیروی محوری به صورت کششی یا فشاری موجود در دو انتهای خود را تحمل کند. اعضای محوری در سازه های متعددی مانند ساختمان های چندطبقه، پل های معلق، خرپاها و مخازن هوایی به عنوان اعضای اصلی تحمل کننده بار و اعضای فرعی مهار کننده جانبی به کار می روند تا پایداری سازه را تامین کنند. اعضای محوری در قاب های فلزی ساختمان های چندطبقه به عنوان عضو قطری یا مهاربند برای تحمل بارهای جانبی ناشی از باد و زلزله و کنترل کننده حرکت جانبی قاب، در پل های معلق و کابلی ایستا به صورت آویز و در خرپاها و سازه های فضایی و منابع هوایی به عنوان اعضای باربر اصلی و فرعی استفاده می شوند. تصاویر زیر کاربرد اعضای محوری را در چندین سازه مختلف به عنوان اعضای اصلی و فرعی نشان می دهد.

**مقاطع مورد استفاده برای اعضای محوری:**

به صورت خالص می توان اعضای محوری را از نظر سطح مقطع به چهار دسته زیر تقسیم کرد:

- ۱- سیم ها، مفتول ها، کابل های ساختمانی و طناب ها که اغلب با مقاومت های گسیختگی بسیار زیاد بوده و در ساخت مهاربندی دکل های بلند و پل های معلق به کار می روند. این اعضا باید در هنگام بهره برداری کامل کشیده شوند تا قادر به تحمل بار باشند، در غیر اینصورت تحت اثر وزن خود خمیده شده و قادر به باربری نخواهند بود.
- ۲- میلگردها، تسمه ها، نبشی ها و ناودانی های تک که به عنوان اعضای با نیروی محوری کم در سازه های مختلف به کار می روند.
- ۳- مقاطع نورد شده به صورت زوج نبشی، سپری، ناودانی و یا در ساخت پروفیل های I شکل که معمولاً در خرپاها به عنوان اعضای اصلی به کار می روند، که علاوه بر نیروی کششی تحت نیروی فشاری نیز قرار می گیرند.
- ۴- مقاطع مرکب از نیمرخ های نورد شده و ورق که برای تحمل نیروهای بزرگ محوری مورد استفاده قرار می گیرند.

در اعضای محوری که تحت نیروی کششی هستند، پدیده ناپایداری به صورت **کمانش کلی و موضعی** در عضو پدید نمی آید، بنابراین انتقال نیرو در یک سازه فولادی به صورت کشش، بهترین نوع انتقال نیرو است. علاوه بر آن فولادهای با مقاومت بالا و کابل های چند رشته ای که دارای مقاومت گسیختگی زیاد هستند، قادرند بدون وقوع ناپایداری، نیروهای کششی بسیار بزرگ را انتقال دهند. این مزیت در طراحی و ساخت پلهای معلق و کابلی ایستا که کابل های با مقاومت بالا از اعضای تشکیل دهنده این نوع سازه ها هستند، به نحو چشمگیری مورد توجه و استفاده طراحان قرار گرفته است.

لاغری به عنوان معیار طراحی:

اعضای کششی که لاغری آنها از حد مجاز تجاوز می نماید، تحت وزن خود شکم داده و حالت شل به خود می گیرند و علاوه بر اینکه آماده جذب نیروی کششی ناگهانی نمی باشند، در اثر نیروی باد ممکن است به لرزش درآیند. به همین دلیل لاغری اعضای کششی نباید از ۳۰۰ بزرگتر باشد. در اعضای کششی لاغر مثل میلگردها، می توان آن ها را پیش تنیده نمود.

وسایل اتصال در سازه های فولادی:**تعریف:**

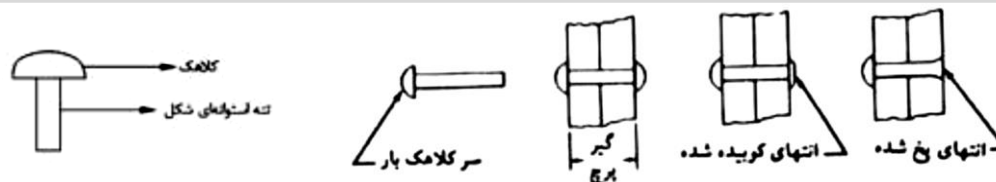
هر ساختمان فلزی ترکیبی از اعضای جدا از هم است که باید با روش های مناسبی به یکدیگر متصل شوند. در این بخش از جزوه، وسایلی که برای اتصال قطعات فولادی مورد استفاده قرار می گیرند، شرح داده می شود.

وسایل اتصال:

برای اتصال قطعات فولادی برحسب مورد از وسایل اتصال مختلف شامل پرچ، پیچ و جوش استفاده می شود که در این بخش از جزوه به بررسی آن ها خواهیم پرداخت.

پرچ:

پرچ از قدیمی ترین وسایلی است که از آن برای اتصال اعضای سازه های فلزی استفاده می شود. یک پرچ کوبیده نشده مطابق شکل زیر از یک تنه استوانه ای کوچک که سر آن دارای **کلاهدک** می باشد، تشکیل شده است. پرچ ها از فولاد معمولی ساخته می شوند. روش کوبیدن پرچ بدین ترتیب است که ابتدا آن را تا دمای سرخ شدن معمولاً گرم می کنند، سپس آن را توسط انبر مخصوصی درون سوراخ اتصال قرارداده و با ثابت نگهداشتن سر کلاهدک دار آن، سر دیگر را می کوبند تا به فرم کلاهدک درآید و پرچ محکم گردد. در طی این مراحل تنه پرچ، به طور کامل سوراخی را که در آن فرو رفته، پر می کند.



در حین سرد شدن، پرچ منقبض می شود که این انقباض باعث به وجود آمدن نیروی پیش تنیدگی در پرچ می شود.

امروزه پرچ کاری به دلایل زیر از رونق افتاده است:

- ۱- پیشرفت فناوری جوشکاری
- ۲- تولید پیچ های پرمقاومت
- ۳- احتیاج به نیروی انسانی زیاد و ماهر برای پرچ کاری
- ۴- احتیاج به نظارت دقیق
- ۵- تولید سروصدای زیاد در هنگام کوبیدن و خطر آتش سوزی در کارگاه

رفتار اتصالات پرچی:

رفتار اتصالات پرچی به گونه ای است که با سرد شدن پرچ، در آن تمایل به کاهش طول پیدا می شود. اما تماس بین کلاهک پرچ با صفحه اتصال، با این تمایل مخالفت می کند که این موضوع باعث به وجود آمدن یک نیروی کششی در پرچ می شود که به آن **نیروی پیش تنیدگی** می گویند و در اثر این نیروی کششی صفحات اتصال به همدیگر فشرده می شوند. نیروی اصطکاک بین دو ورق از لغزش آن ها بر روی هم جلوگیری می کند. اما از آنجایی که در پرچ کاری مقدار نیروی پیش کشیدگی در پرچ بسته به وضعیت پرچ کاری بسیار متغیر است، نیروی اصطکاک هم وضعیت تثبیت شده ای نخواهد داشت.

پیچ:

یک اتصال پیچی از نظر اجرایی، سریع تر و عملی تر از سایر اتصالات است و با توجه به سرعت و آسانی اجرا بر دیگر اتصالات برتری دارد. اجزای تشکیل دهنده هر اتصال پیچی شامل سرپیچ، تله پیچ، واشر و مهره است.

انواع پیچ:

انواع پیچ باتوجه به جنس مصالح آن عبارتند از:

۱- پیچهای معمولی

پیچهای معمولی که از آنها فقط در اتصالات **اتکایی** استفاده می گردد، از فولاد با تنش نهایی ۴۰۰۰ تا ۵۰۰۰ کیلوگرم بر سانتیمترمربع ساخته می شود. این نوع پیچ، ارزان ترین نوع پیچ است، اما معلوم نیست اتصالاتی که با آن ساخته می شود، ارزان ترین باشد، زیرا به علت پایین بودن مقاومت، تعداد آن نسبت به پیچ های پرمقاومت بیشتر است. این نوع پیچ ها در ساختمان سازی سبک، اعضای مهاربندها و اعضای درجه دوم، خرپاهای کوچک، لاپه ها و کلیه اعضای که بار وارد بر آنها **سبک** و **استاتیکی** می باشد، و همچنین در عملیات مونتاز مورد استفاده قرار می گیرند.

۲- پیچهای پرمقاومت

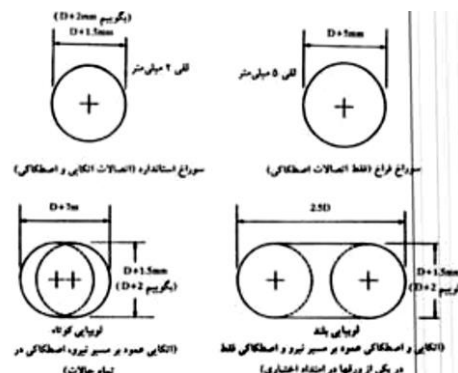
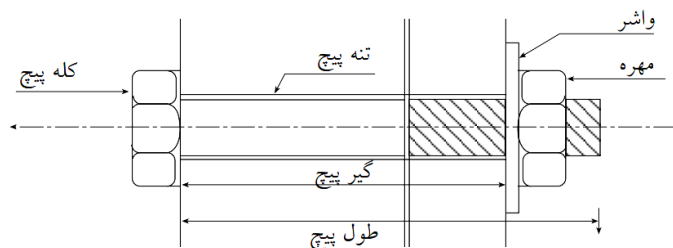
پیچ های پرمقاومت که از آنها در اتصالات **اتکایی و اصطکاکی** استفاده میشود، از فولادهای پرمقاومت با مقاومت نهایی ۸۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ کیلوگرم بر سانتیمترمربع ساخته می شوند. قطر پیچ های پرمقاومت بین ۱۲ تا ۳۸ میلیمتر می باشد که استفاده از قطرهای ۲۰ و ۲۲ میلیمتر در ساختمان سازی معمول تر است. مشخصه مهم پیچ های پرمقاومت در این است که با سفت کردن معین مهره های آن ها، یک **نیروی پیشتنیدگی** در آنها ایجاد میشود

انواع سوراخ در ورق اتصال:

انواع سوراخ مورد استفاده در اتصال پرچی و پیچی عبارتند از:

- ۱- سوراخ استاندارد
- ۲- سوراخ فراخ (بزرگ)
- ۳- لوبیایی کوتاه
- ۴- لوبیایی بلند

در شکل زیر انواع سوراخ به همراه میزان لقی مجاز نشان داده شده است و در این شکل، D قطر اسمی پیچ می باشد.



سوراخ های فراخ فقط در اتصالات اصطکاکی مجاز می باشند. سوراخ های لوبیایی کوتاه در تمام حالات در اتصالات اصطکاکی مجاز هستند و در اتصالات اتکایی باید عمود بر امتداد نیرو باشد. سوراخ های لوبیایی بلند در اتصالات اتکایی فقط در امتداد عمود بر مسیر نیرو مجاز هستند و در اتصالات اصطکاکی فقط می توانند در یکی از ورق های اتصال در هر امتداد اختیاری وجود داشته باشند.

رفتار پرسی پیچ ها در اتصالات اتکایی:

ساده ترین وسیله برای انتقال نیرو از یک عضو فولادی به عضو دیگر، استفاده از پیچ های با عملکرد اتکایی می باشد. در حین انتقال نیرو از اتصال، بین تنه پیچ و جدار سوراخ، فشار تماسی زیادی که به تنش لهیدگی مشهور است، به وجود می آید. در این نوع اتصالات اصطکاک ناچیزی بین ورق ها وجود خواهد داشت.

اتصالات اصطکاکی در پیچ ها:

رفتار یک پیچ پرمقاومت اصطکاکی بسیار شبیه پرچ می باشد. اگر پیچ طبق یکی از روش های استاندارد محکم گردد، نیروی پیش تنیدگی آن مقدار مشخصی خواهد داشت. از آنجا که در این نوع اتصالات، نیروی اصطکاک ناشی از نیروی پیش کشیدگی توانایی انتقال نیروها را بین دو قطعه دارد، تحت بارهای خدمت، بین تنه پیچ و جدار سوراخ، نیروی لهیدگی ایجاد نمی شود.

روش ایجاد نیروی پیش تنیدگی در پیچ های پرمقاومت:

برای ایجاد نیروی پیش تنیدگی در پیچ های پرمقاومت دو روش زیر معمول تر از سایر روش ها می باشد:

- ۱- استفاده از آچارهای مدرج (تُرک متر)
- ۲- سفت کردن مجدد مهره ها به مقدار معین، بعد از محکم شدن اولیه آن ها

در روش اول، توسط آچارهای دستی و یا مکانیکی مخصوصی که در روی آن ها وسیله ای برای اندازه گیری لنگر پیچشی وارد بر مهره وجود دارد، لنگر پیچشی مشخصی بر مهره وارد می آورند. سفت کردن مجدد مهره ها به مقدار معین بعد از محکم شدن اولیه آن ها، ارزان ترین و قابل اطمینان ترین روشی است که برای ایجاد نیروی پیش تنیدگی در پیچ ها وجود دارد. در این روش بعد از اینکه پیچ به طور اولیه محکم شد، مهره را به مقدار مشخصی مجدداً سفت می نمایند که این عمل باعث به وجود آمدن کرنش مشخصی در پیچ می شود. اگر برای سفت کردن مهره ها از روش های دستی استفاده نماییم، محکم شدن اولیه وقتی است که یک کارگر معمولی با یک آچار معمولی، کوشش کامل خود را برای سفت کردن پیچ به کار ببرد. در روش های ماشینی، محکم شدن اولیه پس از وارد شدن چند ضربه توسط دستگاه ایجاد می شود. در نوع جدیدی از پیچ ها بعد از مقدار معینی سفت کردن قسمتی از سر رزوه شده پیچ جدا می شود و نشان دهنده این موضوع است که پیچ به اندازه مشخص شده بر اساس نوع آن سفت شده است.



جوش:**تعریف:**

جوشکاری عبارت است از اتصال و یکپارچه کردن مصالح به یکدیگر به کمک حرارت، با و یا بدون استفاده از فشار و یا مواد پرکننده اضافی به مصالحي که باید به هم متصل گردند **فلز مینا** و به ماده ای که این اتصال را برقرار می سازد **فلز پرکننده** یا **فلز جوش** گفته می شود. برای ذوب فلز مینا و فلز جوش، حرارت به کار می رود تا مواد به صورت سیال در آمده و تداخل آنها امکان پذیر شود. معمولترین روش های جوشکاری، خصوصاً برای جوش فولاد ساختمانی، استفاده از انرژی برق به عنوان منبع حرارتی است و بدین منظور اغلب از **قوس الکتریکی** استفاده می شود. قوس الکتریکی عبارت است از تخلیه جریان نسبتاً بزرگ، بین فلز جوش (الکتروود یا سیم جوش) و فلز مینا که از میان ستونی از مواد گازی یونیزه به نام **پلاسما** انجام می پذیرد. در جوش قوس الکتریکی، عمل ذوب و اتصال با جریان مواد در طول قوس و بدون اعمال فشار صورت می گیرد.

جوشکاری با استفاده از قوس الکتریکی:

جوشکاری با استفاده از قوس الکتریکی با الکتروود روکش دار یکی از مهم ترین، ساده ترین و شاید کارآمدترین روش هایی است که برای اتصال فولاد ساختمانی به کار می رود. در محاورات فنی، این روش به نام جوش دستی با الکتروود خوانده می شود. حرارت لازم، با برقرار نمودن قوس الکتریکی بین الکتروود روکش دار و اجزایی که باید متصل شوند، ایجاد می گردد. در جریان جوشکاری، با ذوب الکتروود و انتقال به فلز مینا، الکتروود روکش دار مصرف می شود. فلز الکتروود تبدیل به ماده پرکننده شده و قسمتی از روکش به گاز محافظ و قسمت دیگر آن به گل جوشکاری تبدیل می گردد. روکش، مخلوطی گل مانند از سیلیکات های سخت کننده و مواد دیگری، مانند فلوراید ها، کربنات ها، اکسید ها، آلیاژهای فلزی و سلولز است. این مخلوط، پخته و فشرده شده تا روکش سخت، خشک و متراکم را به وجود آورد.

روکش الکتروود وظایف زیر را بر عهده دارد:

- ۱- با ایجاد سیرگازی، هوا را جداساخته، قوس را تثبیت می کند.
- ۲- مواد دیگری مانند احیاکننده ها را وارد فلز جوش می نماید تا بافت ساختمانی آن را بهبود بخشد.
- ۳- با ایجاد یک روکش از گل جوشکاری روی حوضچه مذاب و جوش سخت شده، آن ها را در مقابل اکسیژن و نیتروژن هوا محافظت کرده، در ضمن مانع سرد شدن سریع جوش می گردد.

روش های دیگر جوشکاری با قوس الکتریکی که اغلب به صورت اتوماتیک انجام می شود، عبارتند از جوشکاری زیرپودری، جوشکاری تحت حفاظت گاز و جوشکاری با سیم جوش توپودری که در این جزوه لازم به توضیح نمی باشد. در این روش ها، الکتروود به صورت مفتول پیوسته عاری از روکش بوده و عمل پوشش را پودر و یا گاز CO₂ انجام می دهد.

جوش پذیری فولادهای ساختمانی:

عنصر	محدوده نرمال	درصدی که احتیاج به تدابیر خاصی جوشکاری دارد
کربن	۰/۰۶-۰/۲۵	۰/۳۵
منگنز	۰/۲۵-۰/۸۰	۱/۴۰
سیلیکون	حد اکثر ۱/۰	۰/۳۰
گوگرد	حد اکثر ۰/۰۳۵	۰/۵۰
فسفر	حد اکثر ۰/۰۳۰	۰/۰۴۰

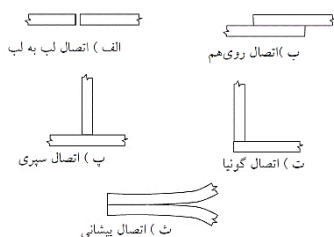
اغلب فولادهای ساختمانی استاندارد را می توان بدون تدابیر خاص و استفاده از روش های معین جوشکاری نمود. جوش پذیری فولاد، معرف درجه سهولت ایجاد یک اتصال ساختمانی سالم و بدون ترک است. بعضی انواع فولادهای ساختمانی برای جوشکاری از انواع دیگر مناسب ترند. جدول مقابل ترکیب شیمیایی ایده آل فولادهای کربن دار را به نمایش می گذارد. اغلب فولادهای نرمه در این رده جای می گیرند، در حالی که مقادیر مطلوب برای فولادهای پر مقاومت ممکن است از حدود تحلیلی ایده آل نمایش داده شده در جدول مقابل تجاوز کند.

انواع اتصالات جوشی:

اگر چه در عمل انواع و ترکیبات مختلفی از انواع اتصال یافت می شود، ولی پنج نوع اتصال جوشی اصلی وجود دارد که عبارتند از **لب به لب**، **لب، پوششی، سپری، گونیا و پیشانی**. در شکل مقابل انواع آن نشان داده شده است.

اتصال لب به لب:

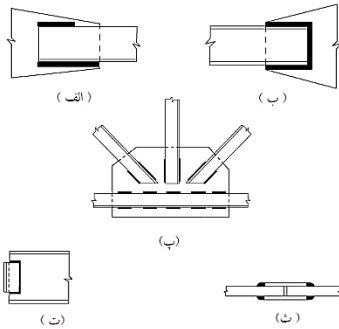
اتصال لب به لب اغلب برای متصل ساختن انتهای ورق های مسطح با ضخامت های نسبتاً مساوی مورد استفاده قرار می گیرد. امتیاز این نوع اتصال اجتناب از خروج از مرکزیتی است که در اتصالات روی هم یک طرفه به وجود می آید. وقتی که در اتصال لب به لب از جوش شیاری با نفوذ کامل استفاده شود، اندازه اتصال به حداقل خود رسیده و ظاهر آن بسیار خوشایندتر از انواع دیگر اتصالات می گردد.



اتصال پوششی :

اتصال پوششی که انواع آن در شکل مقابل نمایش داده شده، معمول ترین نوع اتصال است. این اتصال دو مزیت عمده دارد:

- ۱- **سادگی جفت و جور کردن :** ساخت قطعات این نوع اتصال احتیاج به وقت زیاد، به میزانی که در انواع دیگر اتصالات جوشی مورد نیاز است، ندارد. قطعات می توانند بر روی هم کمی جابجا گردند تا خطاهای کوچک ساخت را پوشانده یا تنظیم طول را عملی سازند.
- ۲- **سادگی اتصال دادن :** لبه های قطعات متصل شونده احتیاج به آمادگی خاصی ندارند و اغلب برش عادی خورده یا با شعله بریده می شوند. در اتصال پوششی اغلب از جوش گوشه استفاده می گردد.



اتصال سپری : این نوع اتصال در ساخت نیمرخ های مرکب به شکل T و I، تیر ورق ها، سخت کننده های تحت بار، آویزها، نشیمن های طاقچه ای و عموماً قطعاتی که با زاویه با هم جفت می گردند، کاربرد دارد.

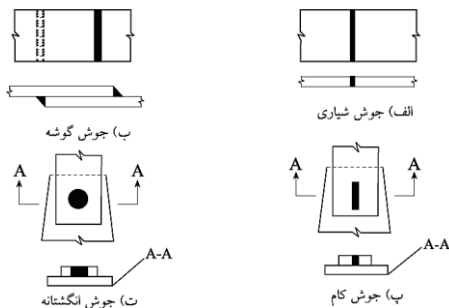
اتصال گونیا : اتصال گونیا عمدتاً در ساخت مقاطع جعبه ای مستطیل شکلی که تیرها و ستون های مقاوم در برابر پیچش را تشکیل می دهند، مورد استفاده قرار می گیرد.

اتصال پیشانی : اتصال پیشانی اغلب نقش سازه ای به عهده ندارد و مورد استفاده آن در نگهداری دو یا چند صفحه در یک سطح و یا نگهداری امتداد اولیه عضو است.

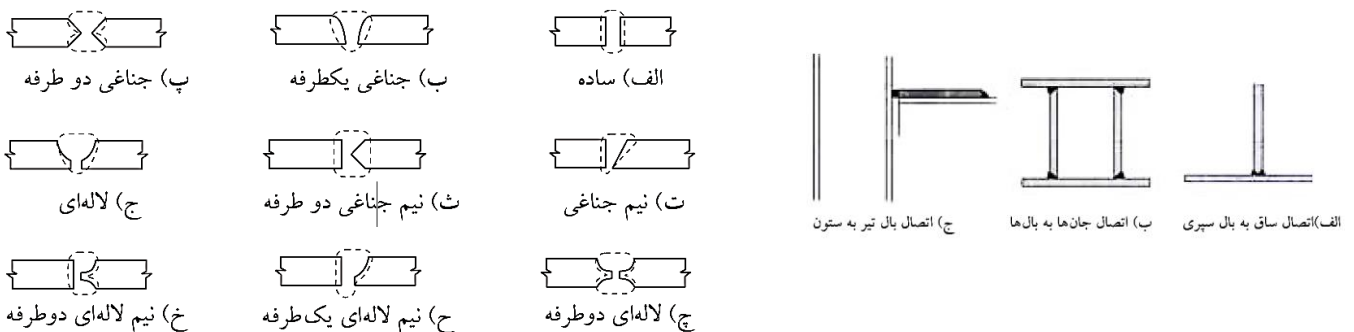
نوع جوش :

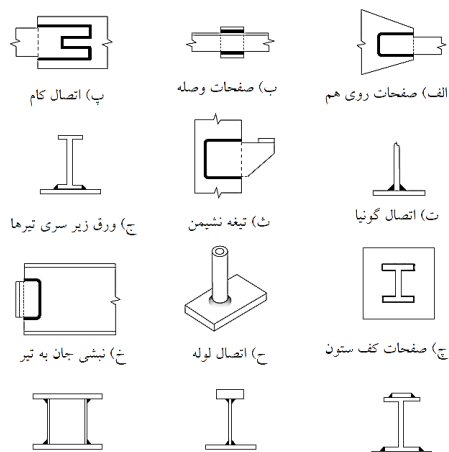
چهار نوع از جوش ها که در شکل مقابل نمایش داده شده اند، عبارتند از: جوش شیاری، جوش گوشه، جوش کام و جوش

انگشتانه. هر نوع جوش مزیت هایی مخصوص به خود را دارد که دامنه کاربرد آن را تعیین می نماید. نسبت تقریبی استفاده از این چهار نوع جوش در ساخت اتصالات ساختمانی به این ترتیب است: جوش شیاری ۱۵ درصد، جوش گوشه ۸۰ درصد و ۵ درصد بقیه موارد، جوش های کام و انگشتانه و انواع دیگری از جوش های مخصوص به کار میروند.

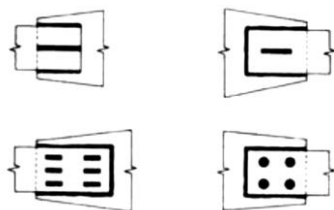
**جوش های شیاری :**

مورد استفاده اصلی جوش شیاری متصل ساختن قطعات سازه ای است که در روی یک سطح و در امتداد هم قرار گرفته اند. از آنجا که جوش های شیاری اغلب به منظور انتقال کل نیروی قطعاتی که به وسیله این جوش متصل می شوند، مورد استفاده قرار می گیرد، لذا باید جوش از مقاومتی هم اندازه با مقاومت قطعات متصل شونده، برخوردار باشد. چنین جوش شیاری به عنوان **جوش شیاری با نفوذ کامل** شناخته می شود. وقتی که درز جوش چنان طراحی شود که جوش شیاری در تمام عمق قطعات متصل شونده گسترش نیابد، به چنین جوشی، **جوش شیاری با نفوذ نسبی** اطلاق می شود. در طراحی این جوش ها الزامات خاصی را باید در نظر داشت. لبه درز جوش در اغلب جوش های شیاری باید به طرز مخصوصی آماده گردد. نامگذاری انواع درز جوش شیاری نیز با توجه به این امر انجام شده است. شکل زیر انواع معمول درز **جوش شیاری** را به نمایش گذاشته و نحوه آماده ساختن درز جوش را در هر یک مشخص می سازد. انتخاب جوش شیاری مناسب به روند جوشکاری مورد استفاده، هزینه آماده کردن لبه درزهای جوش و هزینه عملیات جوشکاری بستگی دارد. از جوش شیاری همچنین می توان در ساخت اتصالات سپری مانند شکل زیر استفاده نمود.



جوش گوشه:

جوش گوشه به خاطر اقتصادی بودن آن، سادگی به کارگیری و قابلیت استفاده از آن در اغلب موارد جوشکاری، بیشتر از تمام انواع دیگر جوش بیشتر به کار می رود. نمونه هایی از موارد استفاده جوش گوشه در شکل روبرو ارائه شده است. در این نوع اتصالات به خاطر روی هم گذاری قطعات احتیاج به دقت کمتری در جفت و جور کردن می باشد، در حالی که در مورد جوش شیاری باید قطعات را به دقت در یک امتداد قرارداد و شکافی در ریشه جوش بین آنها باقی گذاشت. جوش گوشه به خصوص برای جوشکاری در محل نصب و یا برای جفت کردن دوباره اعضا یا اتصالاتی که قبلاً با رواداری های قابل قبولی ساخته شده اند ولی موقع نصب دقیقاً با هم جفت و جور نمی شوند، از مزیت های زیادی برخوردار است.

جوش های کام وانگشته:

جوش های کام و انگشته را می توان به تنهایی و یا در ترکیب با جوش گوشه مانند شکل روبرو به کار گرفت. یکی از موارد استفاده جوش کام و انگشته، انتقال برش در **اتصالات پوششی** است که طول جوش گوشه یا دیگر انواع جوش جوابگو نباشد. همچنین از این نوع جوش ها برای جلوگیری از کماتش قسمت های روی هم گذاشته شده، استفاده می شود.

شناسایی انواع الکترود:

در استانداردهای مختلف برای نشان دادن انواع الکترود از علائم گوناگون استفاده می شود. به عنوان مثال استاندارد انجمن جوشکاری آمریکا، الکترود ها را با حرف E شروع می کند و با یک عدد چهار یا پنج رقمی دنبال می نماید. دو رقم اول سمت چپ معرف مقاومت کششی فلز الکترود برحسب هزار پوند بر اینچ مربع می باشد. اعداد بعدی که با XX نمایش داده شده اند، نمایشگر عوامل موثر دیگر مانند وضعیت جوشکاری، منبع توصیه شده برای تامین الکتریسیته، جنس روکش و مشخصات قوس الکتریکی می باشند. این استاندارد تا حدود زیادی در ایران متداول است. روش دیگر شناسایی الکترودها، استفاده از یک سیستم رنگی است که توسط خطوط رنگی مشخص، انواع الکترودها از یکدیگر تشخیص داده می شوند. این روش در حال حاضر منسوخ شده است.

عواملی که در کیفیت اتصالات جوشی موثرند:

دستیابی به اتصال جوشی رضایتبخش، احتیاج به روند سازمان یافته دارد که از طراحی اتصال و انتخاب روش جوشکاری شروع شده و با انجام عملیات جوشکاری و بازرسی آن پایان می یابد. طراح سازه باید از عوامل موثر در کیفیت جوشکاری مطلع بوده و آنها را در طرح اتصالات خود به کار گیرد.

برای حصول جوش خوب باید **پنج عامل** زیر برآورده شود:

- ۱- روش جوشکاری
 - ۲- آماده سازی درز
 - ۳- دستورالعمل جوشکاری
 - ۴- پرسنل
 - ۵- بازرسی و تایید جوش
- به مجموعه دستورالعمل های فوق، **قانون پنج P** گویند.

روش جوشکاری:

برای جوشکاری اولین گام انتخاب روش مناسب است. در این گام مسئولین اجرایی تصمیم می گیرند که از کدام یک از روشهای جوش دستی، نیمه اتوماتیک و یا تمام اتوماتیک برای کار استفاده نمایند. این تصمیم گیری از نقطه نظر زمان و اقتصاد بسیار مهم و تاثیرگذار است. امروزه استفاده از جوشکاری نیمه و یا تمام اتوماتیک باعث افزایش قابل توجه در سرعت و کاهش هزینه ها می گردد، که البته مستلزم سرمایه گذاری اولیه بیشتر نیز می باشد.

آماده کردن لبه های درز:

بحرانی ترین قسمت فلز پایه، **درز جوش** است، یعنی ناحیه ای است که برای پذیرش فلز جوش به شکل اتصال، آماده سازی می شود. مواردی که قبل از جوشکاری در مرحله آماده سازی باید کنترل شود، عبارتند از:

- ۱- زاویه شیاری
- ۲- دهانه ریشه
- ۳- پیشانی ریشه
- ۴- هم محوری درز
- ۵- پشت بند
- ۶- تمیز بودن درز اتصال

زاویه شیار :

زاویه شیار باید برای دسترسی به ریشه اتصال و ذوب دیواره های جانبی اتصال در جوشکاری چند پاسی کافی باشد. به طور کلی هرچه زاویه شیار بزرگتر باشد ورود الکتروود آسانتر است ولی برای پر کردن آن فلز جوش بیشتری نیاز است.

دهانه ریشه :

حد فاصل دو لبه شیار را **دهانه ریشه** گویند، که این فاصله بین ۲ تا ۴ میلیمتر بسته به نوع جوش، زاویه شیار و استفاده از پشت بند متغیر است. در صورت عدم استفاده از تسمه پشت بند، عدم ذوب ریشه خیلی مهم نیست، چون می توان ریشه جوش را از پشت سنگ زده و جوش پشت را انجام داد. در این حالت دهانه ریشه کوچک در نظر گرفته می شود. در جوشکاری با تسمه پشت بند، دهانه ریشه بازتر گرفته می شود تا قطعه پشت بند نیز خوب ذوب شود، چون در این حالت نمی توان پشت جوش را سنگ زد و همچنین سوختن لبه های تیز مطرح نیست. اگر برای جوشکاری و پر کردن فاصله از قطعه پرکننده (فیلر) کمک گرفته شود، این قطعه بصورت پشت بند عمل می کند، ولی قبل از جوشکاری طرف پشت آن را باید سنگ زد تا از سالم و کافی بودن ذوب اطمینان حاصل شود. دو عامل زاویه شیار و باز بودن ریشه طوری به هم مربوط هستند که هم باید فضا برای ورود الکتروود به داخل اتصال و ذوب صحیح ریشه کافی باشد و هم نیاز به فلز جوش اضافی نباشد.

پیشانی ریشه :

با ایجاد یک سطح صاف به ارتفاع حدود ۳ میلیمتر در ریشه جوش که **پیشانی ریشه** نامیده می شود، از سوختن لبه تیز در ریشه جوش جلوگیری می شود. همچنین میزان حداکثری برای پیشانی ریشه وجود دارد تا در هنگام جوشکاری طرف دیگر، جوش طرف پشت با جوش اولین پاس در هم آمیزد و اتصال سالمی را تامین نماید. وقتی که از تسمه های پشت بند استفاده می شود، دیگر نباید ضخامتی برای پیشانی ریشه در نظر گرفت.

هم محوری درز :

لبه های درز باید قبل از جوشکاری از نظر هم راستایی و رعایت رواداری های مونتاژ درز کنترل شوند.

تمیزی درز :

سطح درز باید از گرد و غبار، چربی و رطوبت پاک شود. این موضوع خصوصاً روی آن سطوحی اهمیت دارد که باید ذوب شده و با فلز جوش الکتروود در هم آمیزند. سطح هر پاس جوش قبل از جوشکاری پاس بعدی باید کاملاً تمیز شود.

بازرسی و تأیید جوش :

آخرین گام در قانون پنج P، **بازرسی و تأیید جوش** است. استفاده از بازرسان جوش کارآمد در کارگاه، عموماً باعث می شود که جوشکاران بهترین کار خود را ارائه نمایند، زیرا احساس می نمایند که بازرس می تواند کیفیت جوش انجام شده توسط آن ها را ارزیابی کند. بازرس جوش، خود باید جوشکاری کار آزموده و قادر به یافتن معایب احتمالی باشد. در حین بازرسی، هر جوش ضعیف یا مشکوک باید برداشته و اصلاح گردد.

عیوب جوش :

در صورتی که روش ها و فنون صحیح جوشکاری رعایت نشود، ممکن است معایبی در سطح یا داخل فلز جوش به وجود آید. بعضی از این معایب رایج عبارتند از:

- | | |
|-------------------------------------|----------------------|
| ۱- ذوب ناقص | ۷- گرده اضافی در جوش |
| ۲- نفوذ ناقص | ۸- لکه قوس |
| ۳- تخلخل | ۹- انواع ترک ها |
| ۴- بریدگی کناره جوش | ۱۰- عدم پرشدگی شیار |
| ۵- تداخل گل جوشکاری | ۱۱- جرقه و پاشش |
| ۶- سررفتن جوش روی فلز پایه (لوچه) | |

ذوب ناقص :

ذوب ناقص عبارت است از عدم امتزاج (مخلوط شدن) کامل فلز جوش و فلز پایه مجاور آن. این عیب ممکن است در اثر تمیز نبودن سطوحی که باید به یکدیگر متصل گردند و پوشیده بودن آن ها از گرد و خاک، گل جوش، زنگ زدگی یا هر عامل خارجی دیگری اتفاق بیفتد. علت دیگر وقوع این عیب نرسیدن فلز مبنا به نقطه ذوب آن در اثر استفاده از وسایل جوشکاری با شدت جریان کم می باشد. سرعت زیاد جوشکاری نیز همین اثر را دارد.

نفوذ ناقص :

نفوذ ناکافی بدین معنی است که فلز جوش تا عمق کمتر از آنچه مشخص گردیده در داخل درز یا شیار نفوذ نماید. نفوذ ناقص تنها هنگامی که با دستورالعمل ها مغایرت نداشته باشد، مورد قبول است. این عیب که عمدتاً به جوش های شیار نفوذی مربوط می گردد، در صورت طرح نامناسب درزها در رابطه با روش جوشکاری انتخابی، الکترودهای بزرگ تر از اندازه، جریان الکتریکی ناکافی یا سرعت زیاد جوشکاری اتفاق می افتد.

تخلخل:

تخلخل در صورت ایجاد حفره های خالی یا محبوس شدن گازها در فلز جوش هنگام سرد شدن آن اتفاق می افتد. این عیب در صورت استفاده از شدت جریان های خیلی زیاد یا طول قوس خیلی بلند ایجاد می شود. تخلخل ممکن است به طور یکنواخت در طول جوش پراکنده گردد یا ممکن است به صورت یک حفره بزرگ در ریشه جوش گوشه یا ریشه جوش شیار در مجاورت تسمه پشت بند متمرکز گردد. حالت اخیر به دلیل روش جوشکاری نامناسب و استفاده غیرصحیح از تسمه های پشت بند اتفاق می افتد. وجود رطوبت، وزش باد در سطح جوش و کاربرد الکترو د نامرغوب از دیگر دلایل ایجاد تخلخل در جوش می باشد.

بریدگی کناره جوش:

بریدگی به معنای شیار ذوب شده ای در فلز مبنا می باشد که در انتهای ساق جوش قرار گرفته و به وسیله فلز جوش پرنشده است. استفاده از جریان قوی یا طول قوس زیاد ممکن است فلز مبنا را بسوزاند و یا قسمتی از آن را از جای خود جدا کرده و شیار به جای بگذارد. این عیب به راحتی با چشم قابل تشخیص است و میتوان آن را با جوشکاری مجدد ناحیه بریدگی، با الکترودهای نمره پایین تر از فلز جوش پر نمود.

تداخل گل جوشکاری:

گل جوش در حین عملیات جوشکاری در نتیجه ذوب روکش الکترو د تشکیل می گردد و مخلوطی از اکسید فلزات و ترکیبات دیگر می باشد. به دلیل وزن مخصوص کمتر، گل جوشکاری اغلب به سطح حوضچه مذاب می آید و وقتی جوش سرد شد به راحتی توسط چکش جوش کنده می شود. سرد شدن سریع جوش ممکن است گل جوش را قبل از رسیدن به سطح، به دام بیندازد. جوش های سقفی بیشتر در معرض تداخل گل جوش قرار دارند و باید به دقت بازرسی شوند. وقتی که برای تامین اندازه جوشی مشخص احتیاج به چند بار عبور الکترو د می باشد، باید بین هر دو عبور، جوشکار گل جوش مرحله قبل را بردارد. عدم دقت در انجام صحیح این عمل یکی از دلایل عمده تداخل گل جوشکاری است.

سرفتن جوش روی فلز پایه (لوچه):

یکی دیگر از ناپیوستگی های سطحی که مربوط به بکارگیری تکنیک نامناسب جوشکاری است، **سرفتن مذاب** یا **لوچه** نام دارد. لوچه، عبارت است از جاری شدن فلز جوش روی فلز پایه، بدون ذوب نمودن کامل آن. سرفتنی به عنوان یک ناپیوستگی خطرناک محسوب می شود. زیرا باعث ایجاد یک شیار تیز روی سطح قطعه می گردد. این شیار به عنوان محل تمرکز تنش می تواند باعث ایجاد و رشد ترک شود. علت اصلی سرفتنی، تکنیک نامناسب جوشکاری می باشد. زمانیکه سرعت جوشکاری خیلی آهسته باشد، مقدار فلز پرنشده ذوب شده، فراتر از حد نیاز جهت پر کردن اتصال بوده و اضافی آن روی فلز پایه جاری می گردد، به دلیل سرد بودن فلز پایه، ذوب کافی در محل جاری شدن ایجاد نمی گردد. در بعضی از الکترودها به دلیل سیال بودن مذاب، حساسیت به این ناپیوستگی بیشتر می باشد. و از این الکترودها فقط در وضعیت تخت استفاده می گردد. سرفتنی مذاب، به دلیل تأثیر نیروی ثقل، اغلب در وضعیت افقی رخ میدهد.

گرده اضافی در جوش

گرده اضافی، عبارت است از فلز جوش اضافه بر مقدار مورد نیاز جهت پر کردن اتصال. مشکل اصلی گرده جوش، احتمال ایجاد گوشه های تیز در نواحی پنجه جوش می باشد. با افزایش ارتفاع گرده جوش، حساسیت بیشتری در این نواحی ایجاد می شود.

لکه قوس:

لکه قوس در اثر روشن کردن قوس روی سطح فلز پایه، خارج از درز اتصال بوجود می آید که در اثر آن، مناطق کوچکی روی سطح فلز پایه بطور سطحی ذوب شده و سریعاً سرد می گردد. لکه قوس قابل پذیرش نیست و وجود آن باعث ترک در فلز پایه می گردد.

انواع ترک ها:

ترک ها، شکستگی های فلز جوش می باشند که در اثر تنش های داخلی در امتداد خط جوش و یا عمود بر آن به وجود می آیند. ترک ها همچنین ممکن است از فلز جوش به فلز مبنا امتداد پیدا کنند و یا کاملاً در فلز مبنا و در مجاورت خط جوش باشند. **ترک ها زینبارترین معایب جوش هستند**. بعضی ترک ها با شروع سخت شدن جوش شکل می گیرند. گرمایش یکنواخت و سرد شدن آرام، از ایجاد ترک های داغ جلوگیری به عمل می آورد. همچنین ممکن است در دمای عادی محیط سربسته، ترک هایی به موازات جوش و در زیر آن در فلز مبنا به وجود آید. این ترک ها در فولادهای ساختمانی می تواند تحت اثر نفوذ هیدروژن و جلوگیری از انقباض جوش و تاب خوردگی قطعه ایجاد شود. استفاده از الکترودهای کم هیدروژن همراه با پیش گرمایش مناسب، از ایجاد این ترکهای سرد پیشگیری می کند.

بطور کلی علل عمده ایجاد ترک در جوش و نواحی اطراف آن عبارتند از :

- ۱- نفوذ هیدروژن
- ۲- نسبت عمق به عرض زیاد
- ۳- تقعر سطح جوش
- ۴- عدم پیش گرمایش مناسب درز جوش
- ۵- وجود چاله انتهای جوش پرنشده
- ۶- وجود رطوبت در الکترو د یا درز جوش
- ۷- طرح نامناسب درز جوش

عدم پرشدگی شیار:

این عیب سطحی در اثر کمبود رسوب فلز جوش در مقطع جوش شیار رخ می دهد؛ به عبارتی عدم پرشدگی شیار، زمانی ایجاد می شود که فلز پرکننده رسوب داده شده، جهت پرکردن شیار، کافی نباشد.

جرقه و پاشش:

جرقه و پاشش عبارت است از ذرات فلزی که در حین جوشکاری ذوبی به اطراف پرتاب شده و به عنوان بخشی از فلز جوش محسوب نمی شوند. جرقه و پاشش، اغلب از اهمیت و حساسیت کمی در بین معایب جوشکاری برخوردار است، ولی به هرحال در صورتی که پاشش به صورت یک قطره بزرگ باشد، گرمای کافی جهت ایجاد حساسیت به ترک را ایجاد خواهد کرد.

بازرسی جوش:

منشأ بعضی عیوب که در جوش و فلز پایه ممکن است دیده شود، عبارتند از :

- ۱- عیوبی که ممکن است طی ساخت مواد خام به وجود آیند (ناخالصی های سرباره، حفره های گازی، حفره های انقباضی، ترک های تنش و ...)
- ۲- عیوبی که ممکن است طی ساخت قطعات به وجود آیند (عیوب جوشکاری، عیوب عملیات حرارتی، ترک های ناشی از تنش های پسماند و ...)
- ۳- عیوبی که ممکن است طی مونتاژ قطعات به وجود آیند (مونتاژ نادرست، ترک های ناشی از تنش اضافی و ...)
- ۴- عیوبی که در مدت کاربری و حمل و نقل به وجود می آیند (خستگی، خوردگی، سایش، خزش، ناپایداری حرارتی و ...)

به کارگیری هر یک از سیستم های بازرسی متحمل هزینه است، اما اغلب استفاده موثر از روش های بازرسی مناسب، موجب صرفه جویی های مالی قابل ملاحظه ای خواهد شد. نه فقط نوع بازرسی، بلکه مراحل بکارگیری آن نیز مهم است. وقتی آزمایش های غیرمخرب، علاوه بر بازرسی عینی مورد نیاز باشد، باید اطلاعاتی از قبیل نوع جوش هایی که باید آزمایش شوند، درصدی از جوش ها که باید تحت آزمایش قرار گیرند و روشهای آزمایش در مشخصات فنی ذکر شوند.

بازرسی چشمی (عینی) جوش:

بازرسی چشمی روشی برای شناسایی نواقص و معایب سطحی جوش می باشد. شناسایی و تعمیر این عیوب، کاهش هزینه قابل توجهی را در بر خواهد داشت. تاثیر بازرسی چشمی هنگامی بهینه می شود که دوره زمانی قبل، حین و بعد از جوشکاری و تمام مراحل فرایند جوشکاری را پوشش دهد.

وسایل بازرسی چشمی :

وسایل گوناگونی برای بازرسی جوش وجود دارد. در این قسمت بعضی از وسایل که بیشتر در بازرسی چشمی مورد استفاده قرار می گیرند، به شرح زیر معرفی می شوند:

- ۱- وسایل اندازه گیری خطی
- ۲- آمپر متر
- ۳- دماسنج رنگی (گچ حرارتی)
- ۴- دماسنج سطحی
- ۵- گچ های جوش (گرده سنج جوش)
- ۶- چراغ ها و آینه های بازرسی
- ۷- متر نواری
- ۸- کولیس
- ۹- ذره بین با قدرت بزرگنمایی ۲ تا ۵ برابر
- ۱۰- ماده ای برای نشانه گذاری جوش
- ۱۱- برای بازرسی چشمی جوش های با امکان دسترسی محدود، آینه ها، اندوسکوپ ها، برواسکوپ ها، فیبرهای نوری و دوربین های تلویزیونی ممکن است استفاده شود.

بازرسی چشمی در آماده سازی اتصال قبل از جوشکاری :

اگر بازرس توجه بسیار دقیقی به موارد مقدماتی داشته باشد، می تواند از بسیاری مسائل که بعدها ممکن است اتفاق بیافتد، جلوگیری نماید.

بازرسی چشمی در حین جوشکاری :

در حین جوشکاری، چندین مورد وجود دارد که نیاز به کنترل دارد تا در نتیجه رعایت آنها، جوش رضایت بخشی حاصل شود. آزمون چشمی اولین روش برای کنترل در حین ساخت می باشد. بعضی از جنبه های ساخت که باید در حین جوشکاری کنترل شوند شامل موارد زیر می باشند:

- ۱- کیفیت پاس ریشه جوش
- ۲- پیش گرمایش و دماهای بین پاسی
- ۳- توالی پاس های جوش
- ۴- اجرای لایه های بعدی با کیفیت جوش معلوم

۵- تمیزکاری بین پاسی

۶- پیروی از دستورالعمل های جوشکاری

اگر هر کدام از موارد فوق الذکر نادیده گرفته شود، سبب به وجود آمدن معایبی می شود که می تواند منجر به کاهش جدی کیفیت جوش گردد.

بازرسی چشمی پس از جوشکاری:

بسیاری از افراد فکر می کنند که بازرسی چشمی درست بعد از تکمیل جوشکاری شروع می شود، که این طرز تفکر صحیح نمی باشد. به هر حال اگر همه مراحل که قبلاً شرح داده شد، قبل و حین جوشکاری رعایت شده باشد، آخرین مرحله بازرسی چشمی، بازرسی پس از جوشکاری می باشد. در این مرحله از بازرسی، نسبت به مراحل که قبلاً طی شده و جوش رضایت بخشی را به وجود آورده، اطمینان حاصل خواهد شد. بعضی از مواردی که نیاز به بازرسی پس از جوشکاری دارند عبارتند از:

- ۱- ظاهر جوش
- ۲- طول جوش
- ۳- بعد جوش
- ۴- میزان تغییر شکل

آزمایش رنگ نافذ:

ترک های سطحی و منافذی که با چشم عادی قابل رویت نمی باشند، به وسیله آزمون رنگ نافذ شناسایی می شوند. این روش در شناسایی منافذ جوش کاربرد فراوانی دارد. قابل ذکر است که فولادهای آستنیتی (رنگ زن) و فلزات غیر آهنی که از روش ذرات مغناطیسی نمی توان آنها را آزمایش نمود، به روش مایع نافذ ارزیابی می شوند. در این روش، ابتدا سطح قطعه مورد نظر را تمیز و خشک نموده (سطح باید عاری از هرگونه شیء خارجی مثل براده ها باشد تا مایع نافذ به خوبی داخل عیوب نفوذ نماید). سپس به وسیله مایع نافذ سطح مورد نظر را می پوشانیم که میتوان این عمل را با پاشیدن رنگ نافذ انجام داد. بر اثر خاصیت موئینگی، مایع نافذ به درون عیوب نفوذ می کند و برای اینکه از نفوذ آن اطمینان حاصل شود، مدتی صبر کرده (حدود ۳۰ دقیقه) و سپس ماده نافذ اضافی از روی سطح پاک می شود. در مرحله بعدی ظاهرکننده که پودر سفید رنگی می باشد، روی سطح موردنظر پاشیده می شود. ظاهرکننده باعث می شود مایع نافذ از داخل عیوب و ترک ها بیرون کشیده شود و در نتیجه رنگ بر روی سطح آشکار می شود. سپس به وسیله بازرسی چشمی نشانه های رنگی ایجاد شده را مشاهده نموده و محل عیوب و ترک ها مشخص می گردد.

روش ذرات مغناطیسی:

روش ذرات مغناطیسی جهت بازرسی و شناسایی عیوب سطحی و زیر سطحی تا عمق حدود ۵ میلیمتر در فلزات مغناطیس شونده مانند فولاد کاربرد دارد. روش ذرات مغناطیسی به این صورت است که براده های آهن را در اطراف جوش ریخته و در اثر عبور جریان الکتریکی یک میدان مغناطیسی در اطراف جوش ایجاد کرده تا براده های آهن در امتداد این میدان قرار گیرند. در محل عیوب، پیوستگی و نظم براده های آهن بهم خورده که توسط بازرسی مربوطه قابل تفسیر می باشد.

روش امواج فراصوت:

در آزمایش امواج فراصوت (UT) امواج صوتی با فرکانس بالا به داخل ماده مورد آزمایش وارد می شوند و عیوب داخلی را ردیابی می کنند. امواج صوتی با مقداری کاهش انرژی در داخل مواد حرکت می کند و از مرزها منعکس می شود. موج منعکس شده برای تشخیص وجود و محل عیب و ارزیابی های کمی، ردیابی و تحلیل می شود. مجموعه تجهیزات آزمایش شامل موارد زیر میباشد:

- ۱- ردیاب عیوب که دارای یک مدار جارو کننده، تولید کننده پالس، سرعت و یک لوله اشعه کاتدی می باشد.
- ۲- فرستنده شامل یک کریستال پیزوالکتریک که در اثر اعمال ولتاژ متناوب به آن، امواج فراصوت منتشر می کند.
- ۳- یک کوپلنت (مایع برای اتصال) برای انتقال انرژی امواج فراصوت به داخل ماده تحت آزمایش.

روش پرتونگاری:

روش پرتونگاری با استفاده از اشعه ایکس و گاما صورت می گیرد و با عکسبرداری عیب جوش مشخص می شود. در روشهای معمول رادیوگرافی، جسم موردنظر توسط اشعه X یا اشعه گاما، پرتودهی می شود. قسمتی از تشعشع که از نقاط معیوب عبور کرده و به وسیله جسم جذب نشده است، روی یک برگه فیلم برخورد می کند و اثری شبیه به اثر نور در فیلم عکاسی روی فیلم می گذارد. این فیلم مبنای تفسیر عیوب داخلی جوش خواهد بود.

اتصالات در سازه های فولادی:

اتصال (Connection) اعضای مختلف یک سازه فولادی متشکل از اعضای فشاری، کششی و خمشی به یکدیگر و به خودشان با روش های مختلف انجام می شود که شامل اتصال تیر به ستون، اتصال مهاربند به قاب، اتصال پای ستون و وصله ها می باشد.

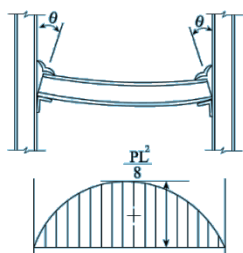
اتصال تیر به ستون:

مجموعه به هم پیوسته اعضای یک سازه را معمولاً **قاب** می نامیم. اصولاً در ساختمان های فولادی نحوه اتصال و رفتار قطعات نسبت به یکدیگر در تکیه گاه (محل تقاطع اعضا) در محاسبات حائز اهمیت می باشد. بدون در نظر گرفتن چگونگی رفتار قطعات نسبت به هم، تعیین مشخصات مقاطع ستون ها و شاهتیرها میسر نیست. اتصالات در تکیه گاه ساختمان های فولادی که برای به هم پیوستن اعضای سازه به کار می رود، عموماً به سه دسته کلی تقسیم میشوند:

۱- (اتصال ساده (مفصلی)

۲- اتصال نیمه صلب

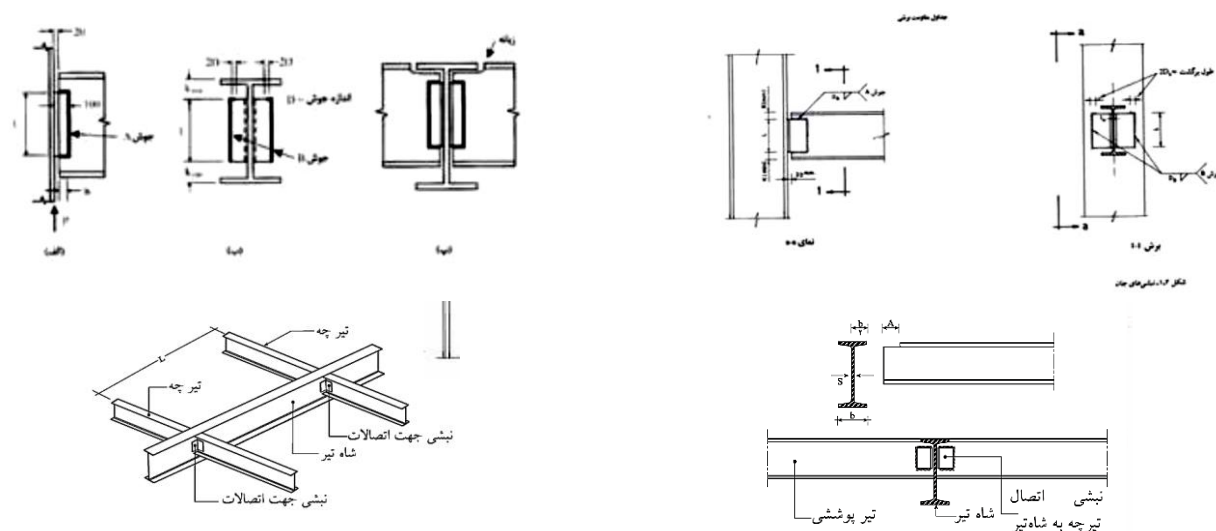
۳- اتصال صلب

اتصال ساده تیر به ستون (مفصلی):

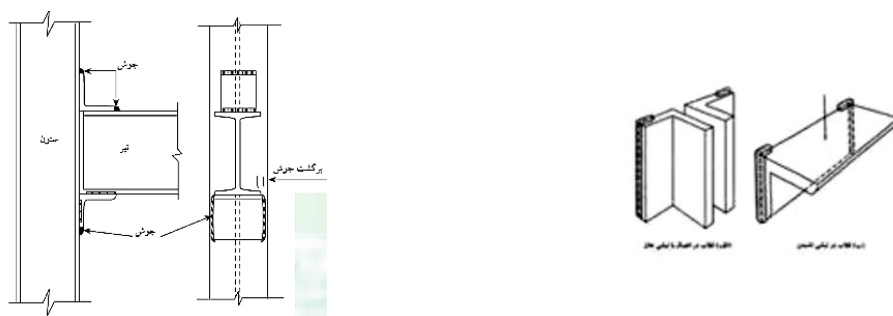
در این نوع اتصال تیر می تواند آزاد باشد و به راحتی دوران زاویه ای به خود بگیرد. بنابراین در این تکیه گاه **لنگر گیرداری** وجود ندارد. به عبارتی تکیه گاه، لنگری را منتقل نمی کند. اتصال با جفت نبشی جان، اتصال با نبشی نشیمن و اتصالات با نشیمن تقویت شده از این گروه هستند که آنها را **اتصالات برشی** نیز می نامند.

اتصال ساده تیر با نبشی جان:

اتصال ساده برشی به کمک **نبشی جان**، برای اتصال تیرچه به شاهتیر یا تیر به ستون به کار می رود. در این نوع اتصال، نبشی باید تا سر حد امکان انعطاف پذیر در نظر گرفته شود. در این اتصال ساده تیر به تیر دو عدد نبشی را در یک سر تیر به جان آن جوش می دهند و در سمت دیگر با خال جوش به ستون یا شاهتیر متصل می کنند. جوش بین نبشی و ستون یا شاهتیر را بعد از این که اتصال تنظیم شد، بر روی کار انجام می دهند. وقتی که از نبشی جان برای اتصال تیر به ستون استفاده می گردد، فاصله ای در حدود ۲۰ میلی متر بین تیر و ستون در نظر گرفته میشود تا **نصب** تیر ساده باشد. وقتی که اتصال تیرچه به شاهتیر به نحوی انجام می گیرد که بال های فوقانی هر دو در یک تراز واقع می گردد، باید قسمتی از بال تیرچه را **زبانه** کرد.

**اتصال ساده تیر با نبشی نشیمن:**

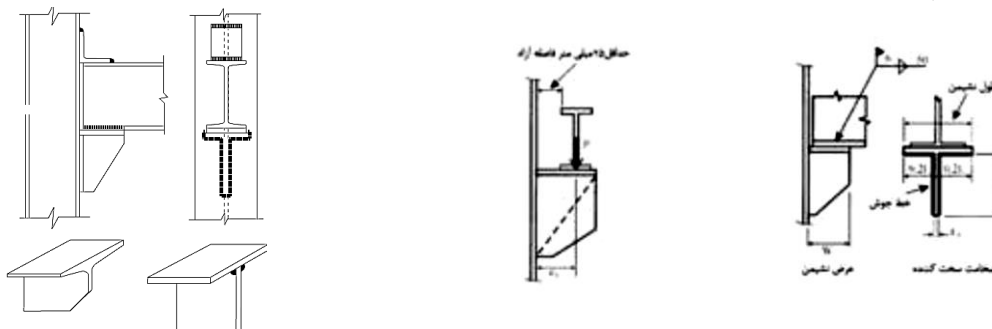
مانند اتصال ساده با نبشی جان، از اتصال با **نبشی نشیمن** تنها برای انتقال واکنش تکیه گاهی قائم استفاده می شود. بنابراین اتصال نباید در انتهای تیر، گیرداری قابل توجهی ایجاد کند. نبشی نشیمن و نبشی بالایی باید نسبتاً قابل انعطاف باشند. در این نوع اتصال، تیر بر روی یک نشیمن که هیچ گونه **تقویتی** در آن صورت نگرفته است، قرار می گیرد. نبشی نشیمن عمل نصب و تنظیم تیر را آسان می کند. این نوع نبشی معمولاً ابتدا در کارخانه یا در کارگاه در **ارتفاع لازم** به ستون جوش داده می شود و بعد از نصب ستون، تیر را روی آن سوار نموده و به آن جوش می دهند. در این اتصال، نبشی کمکی دیگری در بالای تیر نصب و جوش می شود که در باربری قائم مشارکت ندارد و تنها برای **ثابت نگه داشتن** تیر در محل خود و تأمین تکیه گاه عرضی و جلوگیری از غلتیدن آن به کار می رود. سعی می شود اتصال با نبشی نشیمن تا حد امکان انعطاف پذیر باشد تا از آزادی دورانی تیر در تکیه گاه جلوگیری نشود و در حقیقت به صورت اتصالی ساده و مفصلی عمل نماید و تکیه گاه لنگری را تحمل نکند. معمولاً عرض نشیمن نباید از ۷/۵ سانتی متر کمتر باشد. طبق ضوابط طراحی، عرض استاندارد ۱۰ سانتی متر برای نشیمن انتخاب می شود. برای این منظور نبشی فوقانی را با ابعاد ظریف انتخاب کرده و فقط دو لبه ی انتهایی بال های آن را (در امتداد عرض بال تیر) جوش می دهند.



اتصال ساده تیر با نشیمن تقویت شده:

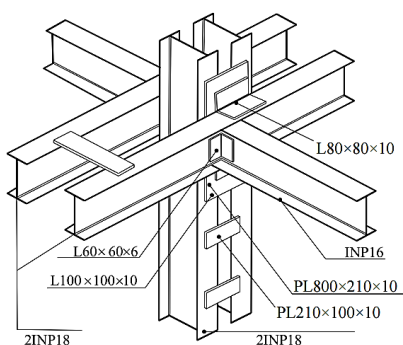
وقتی که عکس العمل قائم در محل تکیه گاه زیادتر از حد تحمل نشیمن های ساده گردد، میتوان از نبشی با ورق تقویت شده استفاده کرد. ضخامت صفحه نشیمن گاه در حدود ضخامت بال تیر انتخاب می شود و از صفحات تقویت کننده (محکم کننده) زیر نشیمن به صورت مستطیلی یا مثلثی که لچکی نامیده می شود استفاده می گردد. وقتی که صفحات سخت کننده در زیر یک نشیمن طاقچه ای به صورت مثلثی برش داده می شود، صفحه به صورتی متفاوت با حالتی که لبه آزاد موازی جهت بار وارده است عمل می نماید. این تفاوت خصوصاً در ناحیه ای که بیشترین تنش ها رخ می دهند به وجود می آید. در حالت کلی، برش ورق به صورت مثلثی باعث ایجاد اتصالی سخت تر از حالت ورق مستطیلی، می گردد. این که این اتصال برای نیمرخ های تک هم قابل استفاده است، ولی نیمرخ های زوج به دلیل عکس العمل های تکیه گاهی بالاتر، نیاز بیشتری به تکیه گاه های تقویت شده دارند. لازم به ذکر است جهت جوش دادن ورق سخت کننده در داخل نبشی تکیه گاه نکات زیر باید رعایت شود:

- ۱- جهت حرکت جوشکاری از گیرداری بیشتر به سمت آزادی بیشتر است یعنی از محل کنج داخلی نبشی به سمت بیرون.
- ۲- در انتهای جوش هر طرف سخت کننده یک برگشت به سمت مقابل (قالب کردن جوش) انجام شود.
- ۳- از ایجاد حوضچه جوش پرنشده خودداری شود.



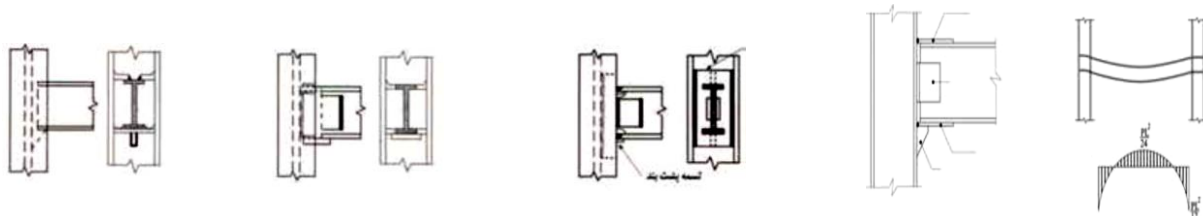
اتصال خورجینی:

اتصال خورجینی در گذشته متداول ترین شکل اتصال در ساختمان های اسکلت فلزی در ایران بود. نحوه اجرای اتصال خورجینی بدین طریق است که تیرهای باربر از طرفین ستون ها به طور یکسره عبور داده می شوند و روی نبشی هایی که در طرفین ستون نصب شده اند قرار می گیرند. معمولاً در بالای هر تیر یک نبشی قرار می دهند، لذا اتصال خورجینی تأمین کننده نشیمن برای عبور یک جفت تیر سرتاسری از طرفین ستون است. کاربرد گسترده این اتصال در ایران به علت سادگی اجرا، کاهش هزینه، کم کردن نیمرخ بال پهن و قابلیت استفاده از شماره های بالای نیمرخ IPE بوده است. یکی از اجزای کلیدی در اتصال خورجینی، نبشی های بالا و پایین اتصال است. تیرهای اصلی قاب ها که به صورت یکسره از کنار ستون ها عبور کرده اند، روی نبشی های نشیمن سوار می شوند و معمولاً از یک نبشی اتصال کوچک نیز برای اتصال بال فوقانی تیر به ستون استفاده می شود که مقداری گیرداری در اتصال به وجود می آورد. نبشی تحتانی با عرض پهن تر از پهنای بال تیر I شکلی که بر روی آن قرار می گیرد، انتخاب می شود و این عمل به خاطر فراهم نمودن سطحی است که بتوان تیر را به نبشی جوش داد. وقتی که ستون ها به صورت خوابیده بر روی زمین آماده سازی می شوند، نبشی های تحتانی در محلهای خود جوش می شوند و پس از نصب ستون ها و قراردادن تیرها بر روی نبشی های تحتانی، بال تیر به نبشی تحتانی به صورت افقی جوش شده و سپس نبشی فوقانی نصب و به بال فوقانی تیر جوش می شود. قاب با اتصال خورجینی فقط برای تحمل بارهای قائم طراحی می شوند. این اتصال در مقابل بارهای جانبی عملکرد خوبی ندارد و تنها برای تحمل بارهای قائم مناسب است و بارهای جانبی را باید سیستم های دیگری از جمله مهاربندها تحمل کنند. یکی دیگر از مشکلات اتصال خورجینی هنگامی بروز می کند که تیرها در دو طرف، دهانه های نامساوی را پوشش دهند. در این صورت دهانه های نامساوی عکس العمل های نامساوی را در برابر بارهای وارده نشان خواهند داد و افزایش لنگرها را موجب می شوند. عدم اتصال تیرهای موازی به هم و نامساوی بودن دهانه طرفین، باعث می شود که نتوانند با هم کار کنند.



اتصال صلب تیر به ستون:

در تکیه گاه کاملاً گیردار، دوران زاویه ای (چرخشی) بین تیر و ستون انجام نمی گیرد، در این نوع اتصال تکیه گاهی، تامین درصد گیرداری در حدود ۹۰ درصد یا بیشتر برای جلوگیری از تغییر زاویه ضرورت دارد. مقصود طراح در هنگام استفاده از اتصال صلب تیر به ستون این است که اتصال قادر به انتقال کامل لنگر باشد و هیچ گونه چرخش نسبی بین اعضای وارد به اتصال به وجود نیاید. تنوع اتصالات صلب تیر به ستون آنقدر زیاد است که مشکل بتوان لیست کاملی از آنها تهیه نمود، لیکن اتصالات رایج نشان داده شده در شکل زیر امروزه به نحو گسترده تری مورد استفاده قرار می گیرند. قسمتی از جوش اغلب این اتصالات در کارخانه و یا در روی زمین انجام می شود و مابقی آن پس از نصب توسط جوش در محل و یا پیچ های پرمقاومت تکمیل می گردد.

**اتصال مستقیم:**

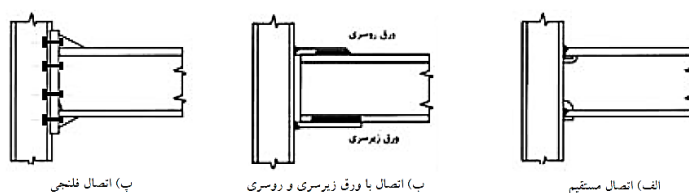
در شکل زیر بال فوقانی و تحتانی به طور مستقیم و بدون هیچ واسطه ای با جوش شیاری با نفوذ کامل به ستون جوش شده است. اجرای این جزئیات در پای کار مشکل است، زیرا طول تیر باید دقیقاً به اندازه فاصله آزاد دو ستون بریده شود که این عمل به راحتی امکان پذیر نیست.

اتصال با ورق زیرسری و روسری:

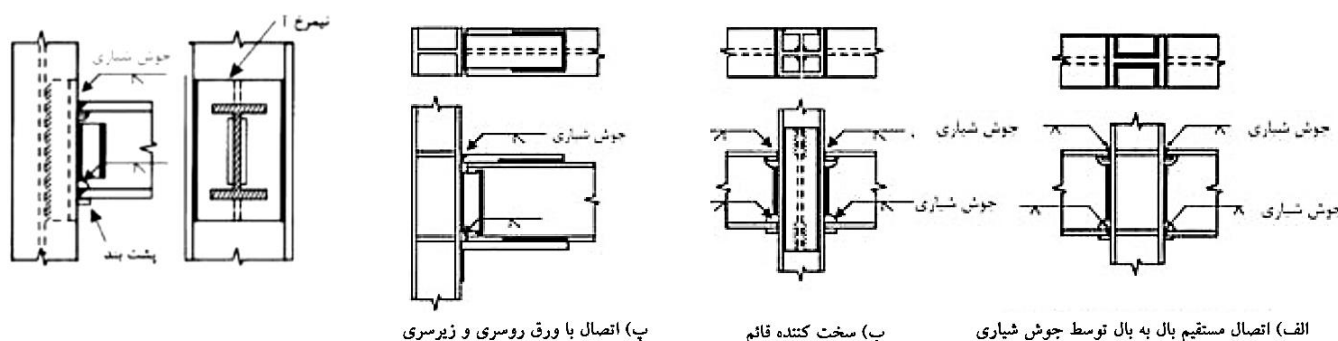
در شکل زیر برای هر دو بال تحتانی و فوقانی به ترتیب از ورق های زیرسری و روسری استفاده شده است. ورق زیرسری در کارگاه بر روی زمین به ستون جوش شده و ورق روسری پس از نصب تیر روی آن مونتاژ و جوش می شود.

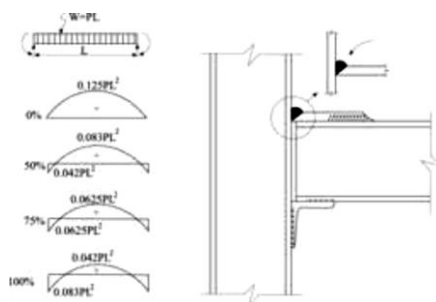
اتصال فلنجی:

در شکل زیر نوعی از اتصال صلب با استفاده از ورق اتصال فلنجی در انتهای تیر نشان داده شده است. روش اتصال تیرها به هم با استفاده از پیچ های پرمقاومت و بصورت اصطکاکی می باشد.

**اتصالات صلب در قاب های صفحه ای و فضایی:**

در اتصال صلب تیر به ستون، تیرها ممکن است از دو طرف به هر دو بال ستون به طور مستقیم متصل شده باشند (شکل های الف و ب) و یا با استفاده از ورق های زیرسری و روسری به بال ستون متصل شوند (شکل پ). همچنین ممکن است تیرها از یک یا دو طرف به جان ستون به طور صلب متصل شده باشند. اگر در یک سیستم قاب صلب، تیرها فقط در یک راستا به دو بال و یا جان ستون متصل شده باشند سیستم را، **قاب صلب صفحه ای** می نامند. سیستم قاب صلبی که شامل اتصالاتی باشد که در آن تیرها در دو راستای متعامد به بال و جان ستون متصل شده باشند (البته ممکن است که فقط بر یک طرف جان و بال متصل شده باشند) به نام **قاب صلب فضایی** خوانده میشود.



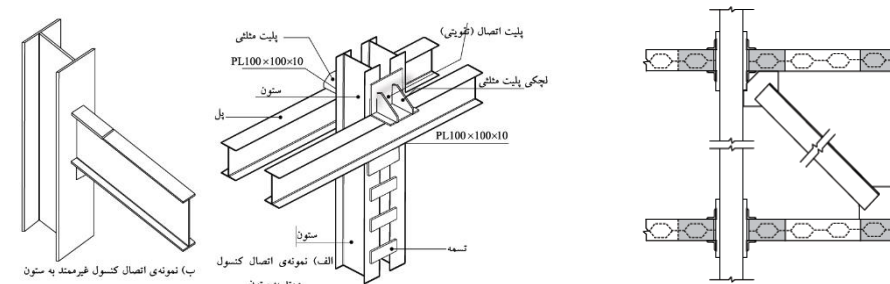


اتصال نیمه صلب تیر به ستون:

اتصالاتی را که مقداری گیرداری در تکیه گاه به وجود می آورند و در نتیجه باید برش و لنگر را توأمان تحمل کنند، **اتصالات نیمه گیردار** می نامیم. در این حالت، بین تیر و ستون دورانی صورت می گیرد که مقدار آن کمتر از اتصال مفصلی است. در عین حال، مقداری لنگر گیرداری در تکیه گاه تولید می کند و گیرداری آن بسته به وضعیت اتصالات، بار و دهانه تیر ممکن است بین ۲۰ تا ۹۰ درصد باشد.

اتصال کنسولها به ستون:

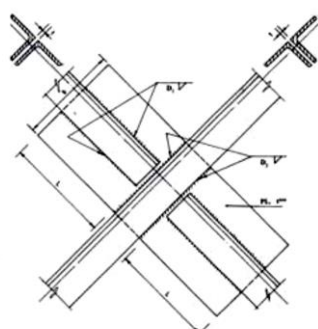
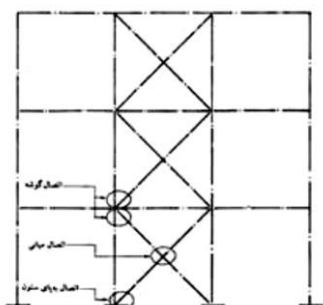
در سیستم اسکلت فلزی، پیش آمدگی (کنسول)، به دو شیوه اجرا می گردد، یکی پیش آمدگی **ممتد** که تیرها از ستون عبور می کنند (به صورت تک یا دوبل) و کنسول لازم به دست می آید. دیگر اینکه کنسول به صورت **غیرممتد** باشد. اتصالات باید متناسب با طول کنسول، مقدار بار وارده و نحوه گیرداری آن به ستون طراحی شود. چون کنسول در محل تکیه گاه لنگر منفی دارد، باید اتصال آن به ستون همانند اتصال صلب تیر به ستون اجرا شود. کلیه ابعاد و اندازه اتصالات و تقویت کننده ها بر



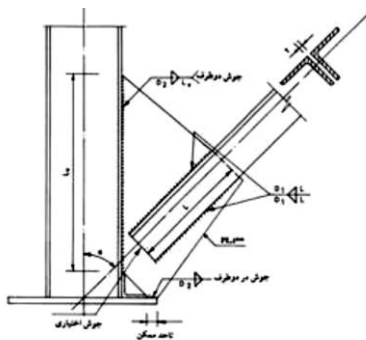
اساس محاسبات انتخاب می شوند. در صورت استفاده از اتصال مفصلی و یا در مواقعی که طول کنسول از حد معینی تجاوز کند و یا مقدار بار وارده به آن به اندازه ای باشد که نبشی ها یا ورق اتصال جوابگو نباشند، می توان از **دستک** استفاده کرد. با توجه به نقشه ی معماری می توان این دستک را در پایین یا بالای تیر در نظر گرفت و اتصال صحیح و اصولی را اجرا کرد.

اتصال مهاربند به قاب فولادی:

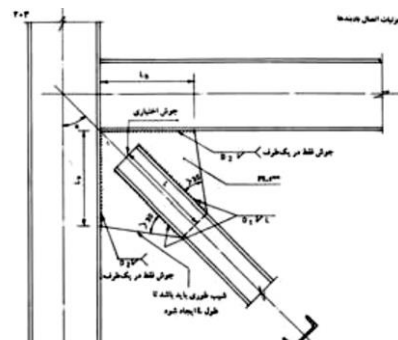
معمول ترین مهاربندها در اسکلت های فولادی **مهاربندهای ضربدری** می باشد. اتصال مهاربندها در گوشه ها به قاب فولادی، با یک صفحه (ورق فولادی) انجام می گیرد. نحوه ساخت و نصب به این گونه می باشد که با پروفیل های مورد نظر، اعضای مورب به را بر روی سطح صاف نظیر کف کارگاه یا زمین معمولاً وسیله ورق فلزی مربع مستطیل که در ناحیه وسط جوش می شود، تهیه می کنند. اعضای مورب به وسیله بالابر یا جرثقیل یا کشیدن توسط طناب، در محل اتصال قرار می گیرند و در محل خود، در روی ورق فلزی که به ستون و تیر وصل است، جوش می گردد. برای جوش دادن ورق های مهاربند به بال تیر یا بال ستون، باید جهت جوشکاری از سمت گیرداری بیشتر به سمت آزادی بیشتر انجام شود. بهتر است ورق های مهاربندی در مرحله ساخت ستون ها روی ستون و در محل مناسب مطابق نقشه، نصب شوند و در روی زمین در وضعیت افقی جوشکاری شود. خروج از مرکزیت و ناگونی بودن ورق های مهاربندی در زمان نصب باعث بوجود آمدن مشکلات فراوانی می شود. در مهاربندهای جفت، باید در فواصل حدوداً یک متری از یک سری تسمه های فولادی به ضخامت ورق های مهاربندی جهت ثابت نگه داشتن آنها استفاده شود. در جوش اتصال عضو مهاربندی به ورق مهاربندی باید حدود ۲ سانتی متر از انتهای دو جوش سمت لبه بیرونی ورق مهاربندی جوشکاری نشود.



جدول ۳.۲۷: اتصال مهاربند در بادبند از تیرهای نبشی زوج



جدول ۳.۲۷: اتصال مهاربند در بادبند از تیرهای نبشی زوج



جدول ۳.۲۷: اتصال مهاربند در بادبند از تیرهای نبشی زوج

اتصال پای ستون:

در طراحی اتصال پای ستون دو شرط اصلی زیر باید تأمین گردد:

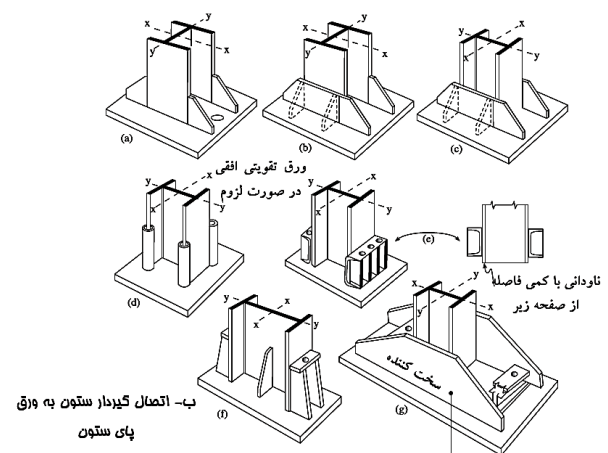
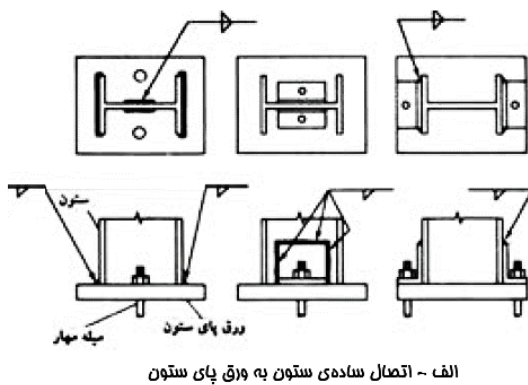
- ۱- نیروی فشاری موجود در مقطع ستون باید توسط ورق کف ستون در شالوده گسترش یابد که تنش فشاری در بتن شالوده کمتر از مقادیر مجاز توصیه شده توسط آیین نامه ها شود.
- ۲- ورق کف ستون و ستون کاملاً به بتن شالوده مهار گردد.

انواع اتصال ستون به شالوده:

جزئیات اتصال ستون فلزی به شالوده بتنی، به نیروی موجود در پای ستون بستگی دارد. در ستون با انتهای مفصلی فقط نیروی فشاری و برشی از ستون به شالوده منتقل می شوند. اگر بخواهیم لنگر خمشی را نیز به شالوده منتقل نماییم، در آن صورت، نیاز به طرح اتصال مناسب برای این کار خواهیم داشت که **اتصال گیردار** خوانده می شود.

اتصال ستون به ورق پای ستون

در اتصال **مفصلی** پای ستون، فقط نیروی محوری و نیروی برشی از ستون به ورق پای ستون منتقل می شود. در شکل الف چند نمونه از جزئیات اتصال ساده ستون به ورق پای ستون نشان داده شده است. در اتصال **گیردار** پای ستون علاوه بر نیروهای محوری و برشی، لنگر خمشی نیز به ورق پای ستون انتقال می یابد. شکل ب، نمونه هایی از اتصال گیردار ستون به ورق پای ستون را نشان می دهد.



انتهای ستون که با ورق کف ستون در تماس است، باید به صورت گونیا بریده شده و سنگ زده شود تا در تماس کامل با ورق کف ستون قرار بگیرد. در چنین حالتی، اکثر نیروی محوری توسط فشار تماسی منتقل می شود و نبشی ها و یا جوش فقط عمل نگهداری و انتقال نیروی برشی را برعهده می گیرند. در صورتی که انتهای ستون سنگ زده نشود، جوش و نبشی های اتصال باید بتوانند صد در صد نیروی محوری را انتقال دهند.

استفاده از ورق های سخت کننده در اتصال گیردار پای ستون

گاهی مواقع به منظور کم کردن ضخامت ورق کف ستون، از ورقهای سخت کننده مثلثی یا دوزنقه ای در اتصال گیردار پای ستون استفاده می شود.

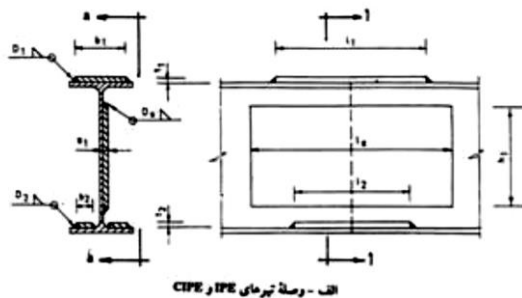


وصله تیرها:

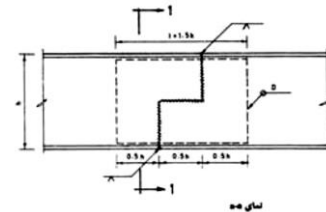
در اجرای تیرها و یا شاهتیرها به دلایلی باید جهت اتصال قطعات از **وصله** استفاده نمود که مهم ترین آنها عبارتند از:

- ۱- طول استاندارد پروفیل کافی نباشد.
- ۲- تغییر اندازه تیر آهن یا پروفیل لازم باشد.
- ۳- کاهش ضایعات تیر آهن ضروری باشد.

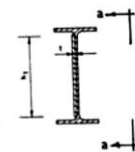
وصله کردن تیرها به سه روش نشان داده شده در شکل زیر انجام می شود. وصله تیرها به صورت مستقیم و بدون استفاده از ورق های تحتانی و فوقانی بیشتر، در مواردی که ملاحظات معماری اجازه استفاده از ورق های تحتانی و فوقانی را نمی دهد، قابل استفاده است.



الف - وصله تیرهای CPE و EPE



ب - وصله تیرهای CPE و EPE

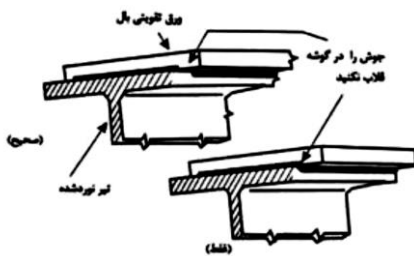


ج - وصله تیرهای CPE و EPE

جزئیات اجرایی وصله تیرها:

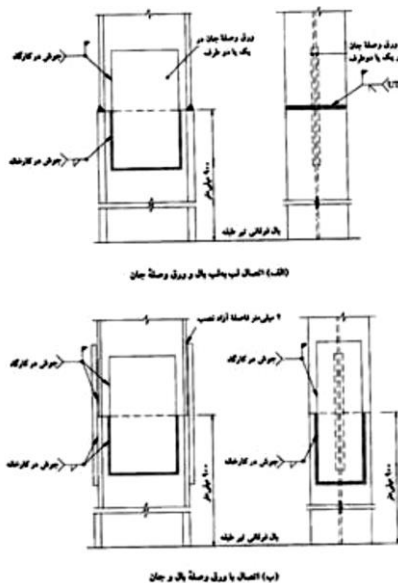
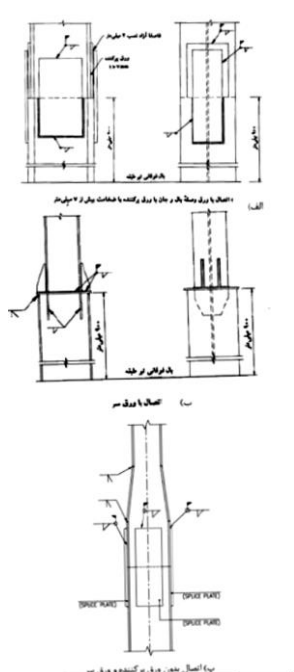
ابتدا در محل مناسب، دو تیر آهن (پروفیل) در امتداد یکدیگر بصورت ریسمانی قرار گرفته و برای جوشکاری کامل بین دو تیر آهن، در هر یک از پروفیل ها درز یا پخ مناسب ایجاد می شود. سپس جوشکاری با نفوذ لازم انجام می شود و پس از آن سطح جوش سنگ زنی شده و بلافاصله با ورق درز پوشانده شده و اطراف آن جوش دور تا دور داده می شود. اندازه وصله اتصال و طول جوش مورد نیاز باید محاسبه شود. بهترین محل ورق برای وصله کردن، ناحیه نقطه عطف لنگر خمشی و تنش برشی است (که مقادیر این نیروها کمینه می باشد) و باید از اتصال ورق در ناحیه برش (نزدیک تکیه گاه) و لنگر حداکثر (وسط دهانه) پرهیز کرد. باید علاوه بر جان تیر آهن (پروفیل) بال ها را به نحو مطلوب با ورق اتصال جوشکاری کرد. چنانچه ورق تقویتی از بال تیر عریض تر باشد، جوش اتصال به بال باید در انتها قطع شده و به صورت قالب در نیاید. در صورت اجرای روش وصله مستقیم ترتیب جوشکاری به شرح زیر می باشد:

- ۱- برشکاری مطابق ابعاد نقشه
- ۲- مونتاژ ریسمانی دو سر تیر
- ۳- جوشکاری درز جان و پشت درز بال
- ۴- مونتاژ ورق وصله جان
- ۵- سنگزنی درز جوش بال از روی بال و آماده سازی لبه جهت جوش نفوذی
- ۶- جوشکاری درز جوش بال
- ۷- جوشکاری دورتادور ورق وصله جان

**وصله ستون:**

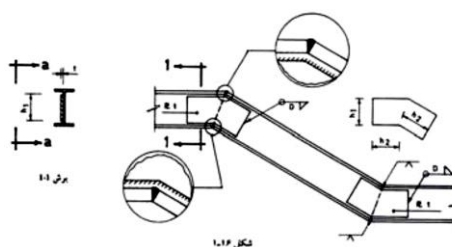
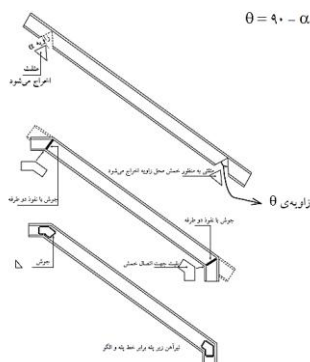
سازه های فولادی را اغلب در چندین طبقه احداث می کنند. طول نیمرخ های نورد شده برای ساخت ستون محدود است. از طرفی با در نظر گرفتن بار وارده و دهانه بین ستون ها و نحوه قرار گرفتن ستون های کناری، مقاطع مختلفی برای ساخت ستون ها به دست می آید. ممکن است در هر طبقه، ابعاد مقطع ستون با طبقه دیگر تفاوت داشته باشد، بنابراین باید اتصال مقاطع با ابعاد مختلف برای طویل کردن ستون با دقت زیادی انجام شود. محل مناسب برای وصله ستون ها به هنگام طویل کردن آنها، حداقل در ارتفاع ۹۰ سانتیمتر بالاتر از کف هر طبقه یا یک سوم ارتفاع طبقه می باشد. این ارتفاع کمترین اندازه ای است که از نظر دسترسی به محل اجرای جوش و نصب اتصالات مورد نیاز برای ادامه ستون یا اتصال مهاربندی لازم است. در شکل زیر انواع وصله کارگاهی ستون با مقطع یکسان I شکل نشان داده شده است. جهت اجرای وصله ستون ها به هم عموماً قبل از نصب ستون های مرحله اول در روی زمین ورق های اتصال دو بال یا یک بال و یک جان روی ستون نصب شده و در حالت تخت یا افقی جوش داده می شود. پس از اجرای مرحله اول اسکلت (ستون های مرحله اول)، ستون های مرحله دوم که این بار ورق های وصله در وجه باقیمانده روی آن جوش داده شده اند روی ستون های مرحله اول با دقت نصب می شوند به این ترتیب حدود نیمی از جوشکاری های ورق های اتصال ستون به ستون در روی زمین و در وضعیت های افقی یا تخت و با دقت و کنترل بیشتری انجام خواهد شد. جهت انجام عملیات وصله ستون ها ابتدا سطح تماس دو ستون را به خوبی گونی می کنند و با سنگ زدن صاف می نمایند تا کاملاً در تماس با یکدیگر و صفحه وصله قرار گیرد. در صورتی که پروفیل دو ستون یکسان نباشد، باید اختلاف نمره دو ستون را با قرار دادن صفحات پرکننده (هم سطح کننده) در ابتدای ستون فوقانی پر نمود و سپس ورق وصله را نصب کرده و جوش لازم را انجام داد. اگر ابعاد مقطع دو نیمرخ که به یکدیگر متصل می شوند تفاوت زیاد داشته باشد، به طوری که قسمت بزرگی از سطح آن دو در تماس با یکدیگر قرار نگیرد، در این صورت باید یک صفحه تقسیم فشار افقی در بین دو نیمرخ قرار داد. این صفحه معمولاً باید ضخیم انتخاب شود

تا بتواند بدون تغییر شکل زیاد، عمل تقسیم فشار را انجام دهد. کلیه ابعاد و ضخامت صفحه و مقدار جوش لازم را باید محاسبه کرد و کلیه عملیات براساس نقشه های اجرایی باشد. همچنین میتوان بدون استفاده از ورق پر کننده و ورق سر به کمک یک ورق مورب ستون ها را به یکدیگر متصل نمود.



وصله تیر راه پله:

جزئیات ساخت تیر راه پله (شمشیری پلکان) در شکل روبرو نشان داده شده است. ورق وصله جان که در یک طرف جوش می شود به همراه اتصال لب به لب بال ها، امکان برقراری یک اتصال با ظرفیت کامل را فراهم می آورد. برای ساخت تیر راه پله، ابتدا الگوی آن تهیه شده و سپس مطابق شکل روبرو شمشیری ساخته می شود. ضمناً زاویه الگو برابر با زاویه شیب راه پله می باشد و زاویه θ متمم α خواهد بود.



سیستم های سازه ای در ساختمان های فولادی:

تعریف سیستم های ساختمانی:

نحوه انتقال بارهای قائم و جانبی در سازه بستگی به نحوه ترکیب و آرایش اعضای باربر قائم سازه های نظیر ستون ها، تیرها و اعضای باربر جانبی نظیر مهاربندها و نحوه اتصال این اعضا دارد. به این ترکیب سیستم ساختمانی گویند.

مسیر انتقال بار در سازه های فولادی:

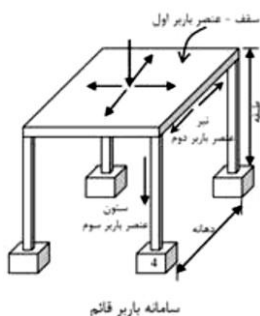
سازه های فولادی شامل عناصر باربر قائم نظیر تیر و ستون به شکل قاب و عناصر باربر جانبی نظیر مهاربندها یا دیوارهای برشی می باشد. بدیهی است انتقال بارهای افقی و قائم از طریق این اجزاء صورت می گیرد.

سیستم های باربر قائم:

سیستم باربر قائم قسمتی از سازه است که برای تحمل بارهای ثقلی به کار گرفته می شود.

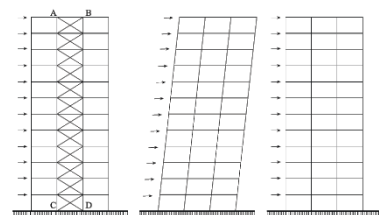
۱- بارهای قائم ابتدا به سقف سازه (عنصر باربر اول) وارد می شود و از طریق آن به شاهتیرها (عنصر باربر دوم) منتقل می شود.

- ۲- شاهتیرها عنصر باربر دوم بوده و بار را از سقف گرفته و به دو انتهای خود یعنی محل اتصال به ستون منتقل می کنند.
 - ۳- ستون ها که عنصر باربر سوم می باشند، بارها را از تکیه گاه های دو سر تیر به شالوده (عنصر باربر چهارم) انتقال می دهند.
- ماهیت انتقال بار از طریق تیرها به تکیه گاه ها و روش قرارگیری تیرها (تیرریزی) به عوامل زیر بستگی دارد :



- ۱- نوع مقطع قابل استفاده با توجه به طراحی معماری
- ۲- فواصل تکیه گاه ها و طول دهانه تیر با توجه به طراحی سازه
- ۳- روش انتقال بار توسط اجزای باربر
- ۴- سیستم تکیه گاهی انتخاب شده (صلب، نیمه صلب، ساده)
- ۵- بارهای قائم وارد بر سازه شامل وزن ساختمان، وزن افراد و وزن تجهیزاتی است که در ساختمان وجود دارند.

سیستم های باربر جانبی:



سیستم باربر جانبی قسمتی از کل سازه است که برای تحمل بارهای جانبی ناشی از باد و زلزله به کار گرفته می شود. در ساختمانهای بلند اسکلت فلزی مرکب از تیر و ستون، استحکام و مقاومت آنها در مقابل نیروهای جانبی (باد و یا زلزله) بستگی به درجه گیرداری اتصالات تیر و ستون دارد. شکل مقابل را که نمای اسکلت یک ساختمان مرتفع است، در نظر می گیریم. اگر اتصالات بین تیر و ستون طوری مستحکم باشند که زاویه میان آنها تغییر نکند، ساختمان می تواند نیروهای جانبی را تحمل کند و از حالت شاقولی خارج نشود. اگر گیرداری بین تیر و ستون موجود نباشد و مثال اتصالات نزدیک به حالت مفصلی باشند، با وارد شدن نیروهای جانبی، زاویه بین تیرها و ستون ها تغییر خواهد کرد و ساختمان به یک طرف متمایل می شود. واضح است که در این وضع، حالت تعادل پایدار نیست و سرانجام به خرابی ساختمان منجر خواهد شد. در حالت اخیر، اگر یک دهانه از قاب های ساختمان را در ارتفاع، با گذاردن قطعات چپ و راست به صورت شکل های مثلثی درآوریم، در بخش مرکزی ABCD، شکل مستحکم و تغییرناپذیری ایجاد خواهد شد و قسمت های دیگر ساختمان با تکیه بر روی آن حالت پایدار به خود خواهند گرفت، زیرا زوایای هر مثلث بدون تغییر طول اضلاع آن تغییر نخواهد کرد، به عبارت دیگر، نیروی بسیاری لازم است تا طول اضلاع تغییر یابد. انواع سیستم های باربر جانبی عبارتند از: قاب خمشی، دیوار برشی و مهاربندی.

قاب خمشی:



قاب خمشی، قابی است که در آن اتصالات تیرها به ستون ها به صورت گیردار است. در این نوع سیستم با بهره گیری از صلبیت اتصال بین تیر و ستون، نیروهای جانبی وارد به سازه مهار می شود.

دیوار برشی:



دیوار برشی، دیواری است عموماً بتنی که برای مقاومت در برابر نیروهای جانبی (که در صفحه دیوار وارد می شوند) به کار گرفته خواهد شد. به این دیوارها دیافراگم قائم نیز گفته می شود.

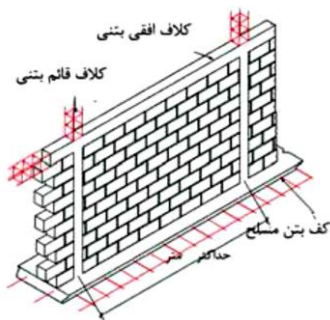
قاب های مهاربندی شده:

قاب های مهاربندی شده متشکل از اعضای قائم (ستون ها)، اعضای افقی (تیرها) و اعضای قطری (مهاربندها) هستند که برای مقابله با نیروهای جانبی در نظر گرفته می شوند و مانع کج شدن اسکلت ساختمان در هنگام اعمال نیروی جانبی می گردند. جانمایی مهاربندها در پلان ساختمان ترجیحاً باید به صورت متقارن باشد، مهاربندها می توانند بصورت همگرا یا واگرا باشند. در مهاربند همگرا، محور اعضای قطری در یک نقطه از تیر یا ستون یا محل تقاطع آنها متقارنند، لیکن در مهاربندهای واگرا قطرهای می توانند از یک نقطه عبور نکنند. برحسب دلایل معماری می توان از انواع مهاربند مورد پذیرش آیین نامه های طراحی سازه (مثل مبحث دهم و استاندارد ۲۸۰۰) استفاده کرد. به طور مثال در دهانه هایی که می خواهیم از پنجره، نورگیر و یا در استفاده کنیم، از حالت های مختلف مهاربند مطابق شکل زیر استفاده می شود.

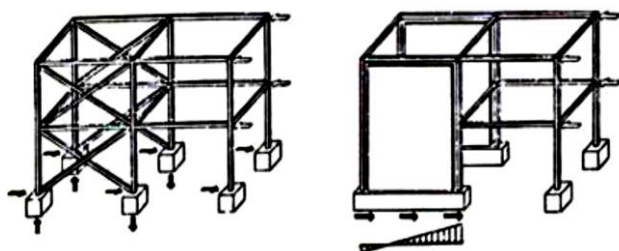
سیستم های متداول در ساختمانهای فولادی متعارف:

سیستم های متداول در ساختمان های فولادی عبارتند از:

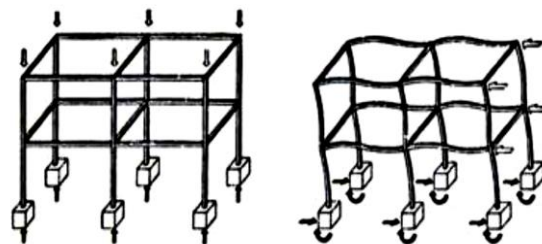
- ۱- سیستم نیمه اسکلت (کلاف دار)
- ۲- سیستم قاب با اتصالات ساده
- ۳- سیستم قاب با اتصالات صلب (سیستم قاب خمشی)
- ۴- سیستم دوگانه یا ترکیبی

سیستم نیمه اسکلت کلاف دار:

مشکل از دیوارهای باربر آجری با کلاف های بتنی قائم و افقی یا ستون های منفرد فولادی و سقفی از نوع تیرچه بلوک و ... می باشد. اکثر ساختمان های مسکونی موجود در شهرهای متوسط کشور با این سیستم ساخته شده یا در حال اجرا هستند. طبق استاندارد ۲۸۰۰ (آیین نامه طرح ساختمان در برابر زلزله)، حداکثر تعداد طبقات چنین سیستم هایی بدون احتساب طبقه زیرزمین، محدود به ۲ طبقه می باشد و همچنین تراز روی بام نسبت به متوسط تراز زمین مجاور نباید از ۸ متر تجاوز نماید. زیرزمین طبقه ای است که تراز روی سقف آن نسبت به متوسط تراز زمین مجاور از ۱/۵ متر بیشتر نباشد، در غیر این صورت این طبقه نیز به حساب تعداد طبقات ساختمان منظور می گردد. همچنین در چنین سیستمی حداکثر ارتفاع یک طبقه ۴ متر می باشد. به طور کلی در این سیستم، بار قائم توسط دیوارهای باربر و یا ترکیبی از دیوارهای باربر و ستون های فولادی تحمل می شود. سیستم سقف نیز ترکیبی از شاهتیرهای فولادی (یکسره یا ساده) و تیرهای فولادی با تیرچه بلوک و ... می باشد که بارهای وارده را به دیوارها و ستون ها انتقال می دهند. مقابله با نیروهای جانبی زلزله نیز برعهده دیوارها می باشد که مطابق ضوابط فصل سوم آیین نامه زلزله ایران باید دارای کلاف بندی قائم و افقی باشند.

سیستم قاب با اتصالات ساده:

مشکل از تیرها و ستون هایی است که به یکدیگر با اتصالات ساده (مفصلی) ترکیب شده و تشکیل قاب میدهند. در این سامانه اتصال تیر به ستون ساده بوده و هیچگونه لنگری بین این اعضا منتقل نمی شود. این سامانه به تنهایی قدرت تحمل نیروهای قائم ساختمان را داشته و برای اینکه قدرت باربری نیروهای جانبی ساختمان (باد و زلزله) را نیز داشته باشد باید به کمک مهاربند و یا دیوار برشی تقویت گردد. ساختمان های فولادی که اتصال تیر به ستون در آن ها به صورت نبشی نشیمن، نبشی جان و یا خورجینی طراحی شود در رده این نوع سامانه قرار می گیرد. این سامانه به تنهایی کامل نیست و برای مقابله با بارهای جانبی نیاز به مهاربند یا دیوار برشی دارد.

سیستم قاب با اتصالات صلب (سیستم قاب خمشی):

مشکل از تیرها و ستون هایی است که به یکدیگر با اتصالات صلب (خمشی) متصل شده و تشکیل قاب می دهند. یعنی اتصال قابلیت انتقال لنگر از تیر به ستون را داراست. این سیستم بدون هرگونه مهاربندی جانبی، قادر به تحمل نیروهای قائم و جانبی ساختمان می باشد. اتصال تیر به ستون با استفاده از ورق زیرسری و روسری و یا اتصال فلنجی (ورق انتهایی تیر) از جمله اتصالات متداول در اجرای قاب های خمشی در کشور می باشد.

سیستم دوگانه یا ترکیبی:

سیستم مختلط شامل قاب فضایی خمشی و دیوارهای برشی یا مهاربندی ها که در آن بارهای قائم توسط قاب خمشی و نیروهای جانبی، توأماً توسط قاب خمشی و دیوارهای برشی و یا توسط قاب خمشی و مهاربندی ها تحمل می شود. نیروی جانبی بین قاب خمشی و دیوار برشی و یا بین قاب خمشی و مهاربندی ها به نسبت صلبیت آنها توزیع می گردد؛ ولی در هر حال قاب به تنهایی باید ظرفیت تحمل حداقل ۲۵ درصد نیروی جانبی زلزله را داشته باشد.

سیستم های نوین در سازه های فولادی بلند:**سیستم قاب محیطی یا لوله ای:**

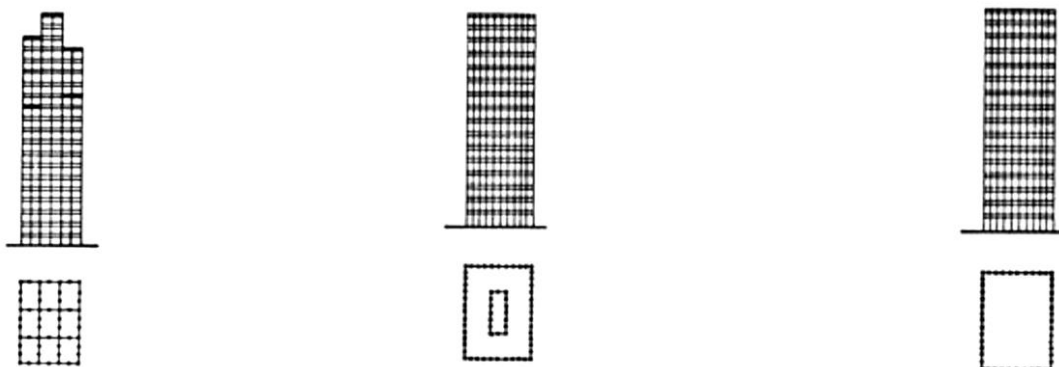
در این سیستم تجمع ستون ها در قاب محیطی سازه بیشتر بوده و در ستون های محیطی به صورت یک لوله، سازه را در میان گرفته است و بارهای جانبی به این قاب محیطی وارد می شود. همچنین قاب محیطی نیز نمای مطلوبی به ساختمان می دهد. برج های دوقلوی سازمان تجارت جهانی در نیویورک که مورد حمله تروریستی قرار گرفت، تحت این سامانه ساخته شده بودند. این سامانه برای ساختمان های بالای ۱۵۰ طبقه می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

سیستم لوله در لوله:

واکنش یک سیستم لوله در لوله در مقابل بارهای جانبی مشابه واکنش سازه مرکب از قاب صلب و دیوار برشی است، اما لوله قابی خارجی خیلی سخت تر از قاب صلب می باشد. لوله خارجی، اکثر بار جانبی را در قسمت بالایی ساختمان تحمل می کند، در صورتی که هسته، بیشتر بار را در قسمت پائین ساختمان تحمل می نماید. روش لوله در لوله در ساختمان ۳۸ طبقه برانسویک در شیکاگو به کار رفته است.

سیستم لوله های چندگانه :

این سامانه نیز مانند قاب محیطی می باشد با این تفاوت که ساختمان از چند قاب محیطی تشکیل یافته است. به عنوان مثال برج سیرز تاور در شیکاگو، از چهار قاب محیطی ساخته شده است.



سیستم ابر مهاربندی :

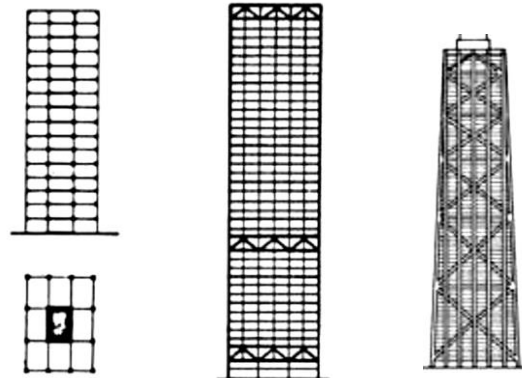
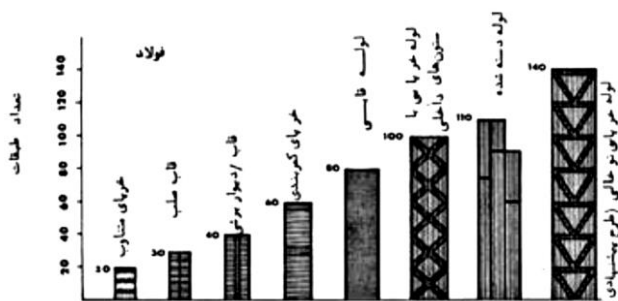
در ساختمان های متعارف، مهاربندی ساختمان در ارتفاع طبقه و به عرض دهانه انجام می شود. در دو دهه گذشته، در ساختمان های بلند و به جهت بازدهی بیشتر و حتی به عنوان ابزار معماری در نمای ساختمان، استفاده از مهاربندی هایی در مقیاس بزرگتر از یک طبقه و یک دهانه در سازه تکامل یافته است که به آن سیستم **ابر مهاربندی** گفته می شود.

سیستم کمربند خربایی :

اگر تعدادی از طبقات یک ساختمان بوسیله یک کمربند در پیرامون سازه که از اعضای بادبندی تشکیل شده اند و در نمای ساختمان به شکل خرپا دیده می شوند، محصور گردد، مراکز تغییرشکل جانبی ساختمان به شدت کم می شود. به این سیستم، سیستم **کمربند خربایی** گفته می شود.

سیستم هسته مرکزی :

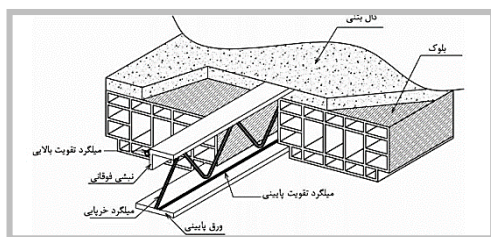
در سامانه هسته مرکزی، به جای اینکه عناصر مقاوم جانبی در نقاط مختلفی از پلان قرار گیرند، با استفاده از سیستم دیوار برشی در مرکز ساختمان قرار می گیرند. در این حالت نمای ساختمان باز خواهد بود و از فضای هسته مرکزی میتوان به عنوان راه پله یا محل نصب آسانسور استفاده نمود.



یادداشت

فصل نهم

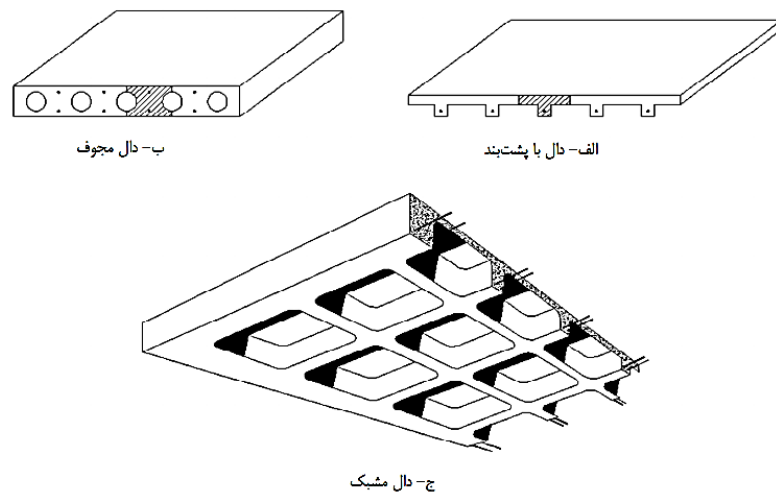
مطالبی که به زیر آن ها خط کشیده شده، مطالعه آزاد می باشند و فاقد ارزش امتحانی هستند.



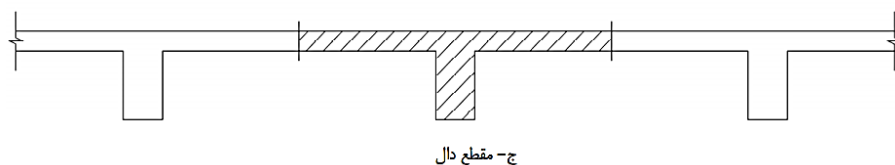
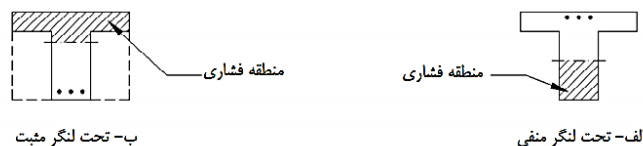
انواع سقف ها

سقف تیرچه و بلوک:

نیروهای قائم و افقی ناشی از بارهای ثقیل و نیروهای جانبی شامل بارهای باد و زلزله به سایر اعضای باربر است. سقف های سازه ای علاوه بر اینکه تحمل کننده بارهای ثقیل در ساختمان ها هستند، براساس **میزان صلبیت** در هنگام زلزله وظیفه توزیع و انتقال نیروهای ایجاد شده در دیافراگم ها را به عناصر قائم باربر جانبی بر عهده دارند. همچنین این عناصر باید در برابر تغییر شکل های افقی که در میان صفحه آنها ایجاد می شود، مقاومت و سختی کافی را دارا باشند. یکی از انواع متداول سقفهای بتنی، **سقفهای تیرچه و بلوک** هستند. طرح و اجرای آسان تر و صرفه اقتصادی، فلسفه اصلی رجوع به سقف های تیرچه و بلوک است. از آنجا که مقاومت بتن در برابر نیروهای فشاری، بسیار خوب ولی در برابر نیروهای کششی کم است، در قطعات بتن مسلح، نیروهای کششی به طور عمده توسط **آرماتورهای فولادی** تحمل می شوند. به همین دلیل، در تیرهای تحت خمش و دال ها، سعی بر این است که قسمتی از بتن تحت کشش، حذف شده و تنها آن مقدار از سطح بتن که برای جایگذاری خاموت ها و آرماتورهای کششی لازم است، باقی بماند. این کار به ویژه برای کاهش بار مرده سقف، دارای اهمیت بوده و در عمل منجر به طرح دال های مجوف، دالهای با پشت بند، دال مشبک و در نهایت سقف های تیرچه و بلوک شده است.



دال با پشت بند را می توان مطابق شکل زیر به صورت مجموعه ای متشکل از تیرهای موازی با **مقطع T** شکل در نظر گرفت که در هر تیر، آرماتورهای کششی در پایین جان تیر قرار دارد. در عمل برای تأمین یکپارچگی سقف و تحمل نیروهای کششی ناشی از افت بتن و تغییر دما، آرماتورهایی در دو جهت در دال فوقانی قرار داده می شود.

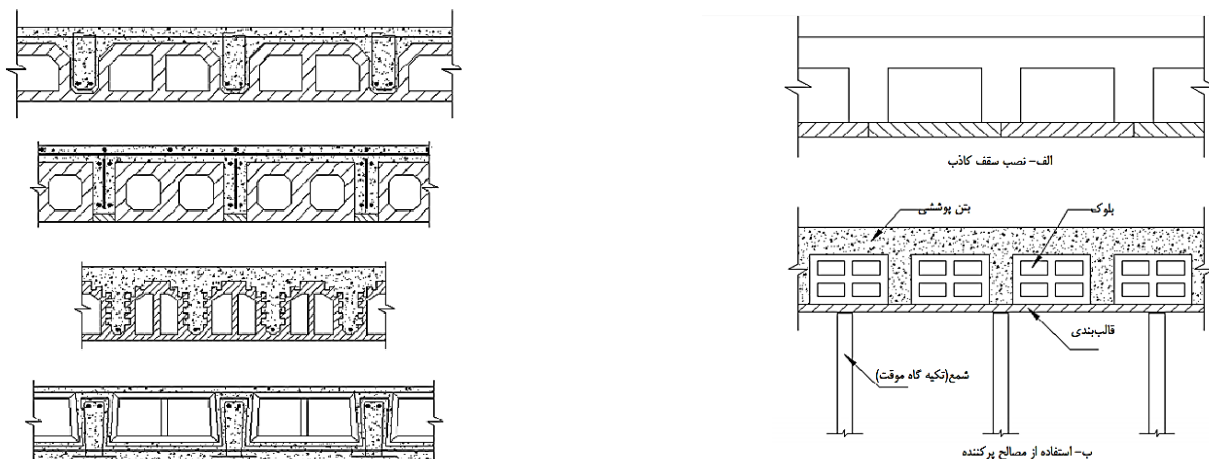


در صورتی که فاصله پشت بندها کم باشد، طرح و محاسبه این دال ها همانند طرح تیر T شکل است و تنها لازم است تا مقاومت دال واقع در بین دو پشت بند مجاور در برابر بارهای وارده کنترل شود. ضوابط مربوط به طراحی سقف های تیرچه و بلوک به تفصیل و به صورت گام به گام در **جزوه درسی سازه های بتن آرمه ۲** اینجانب عنوان گردیده است. در برخی موارد در اجرای سقف ها، از قالب های قابل جابجا کردن نیز استفاده می شود که در این نوع سقف ها، محل بلوک ها خالی می ماند. این سقف ها در زمره سقف های تیرچه و بلوک نیستند. بدیهی است که قالب بندی دال با پشت بند، نسبت به دال مسطح، هزینه و دقت بیشتری را می طلبد. علاوه بر آن جایگذاری درست آرماتورهای کششی در داخل قالب و رعایت پوشش حداقل بتن روی آرماتورها، نیاز به دقت بیشتری دارد. در ساختمان های مسکونی و اداری، معمول است که سطح زیرین سقف، **همسطح** شده و سپس برای اندودکاری آماده شود. این کار مطابق شکل زیر به دو روش زیر انجام می گیرد:

۱- سطح زیرین با نصب سقف کاذب پوشانده می شود.

۲- فضای خالی بین پشت بندها، با مصالح سبک و در عین حال عایق حرارت مانند بلوک های سفالی یا بتنی توخالی یا قطعات پلی استایرن و نظایر آنها پر می شود.

لازم به ذکر است که این مصالح، تنها نقش **پرکننده** در سقف را دارند و اگر به هر دلیلی از بین بروند و یا تخریب گردند، به لحاظ سازه های خلی ایجاد نمی گردد و تنها به لحاظ معماری ممکن است نیاز به بازسازی آن باشد. همانطور که در شکل زیر مشاهده می شود، بلوک های توخالی به صورت قالب قسمت عمده ای از سطح زیرین دال عمل می کنند و قالب سرتاسری زیرین، تنها برای سطح پایین جان تیرها و همچنین نگهداری خود بلوک ها لازم است. در صورت استفاده از بلوک به عنوان مصالح پرکننده سقف، همانطور که در شکل زیر نشان داده شده است، این اعضا به عنوان قالب بخش وسیعی از سطح زیرین دال عمل می کند و قالب سرتاسری زیرین تنها برای سطح پایین جان تیرها و نیز نگهداری خود بلوک ها لازم است.



انواع سقفهای تیرچه و بلوک:

سقفهای تیرچه و بلوک به دو دسته کلی **سقف های بتنی** و **سقف های با تیرچه های فولادی با جان باز** تقسیم بندی می شوند. حال آنکه هر یک از این نوع سقف ها به لحاظ جزئیات اجرایی و نیز نوع بلوک مصرفی تنوع دارند. (مانند سقفهای با بلوک بتنی، بلوک سفالی، بلوک پلی استایرن و ...). لذا در این جزوه انواع سقف های تیرچه و بلوک براساس این تقسیم بندی بررسی می شوند.

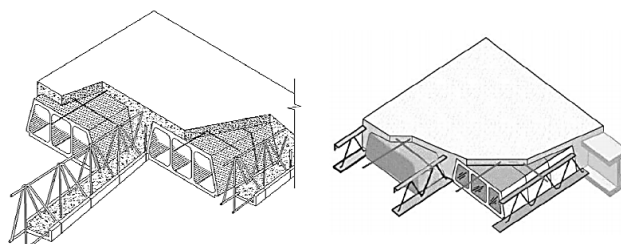
مزایای استفاده از سقف تیرچه و بلوک:

استفاده از سقف های تیرچه و بلوک در ساختمان های متعارف، بسیار مرسوم می باشد. از مهم ترین مزایای سقف های تیرچه و بلوک در مقایسه با سایر سقف ها نظیر سقف طاق ضربی و دال بتنی مسلح یکپارچه، می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- ۱- به علت استفاده از بلوک های توخالی و حذف بتن منطقه کششی، در مصرف بتن صرفه جویی قابل توجهی می شود.
- ۲- به دلیل کاهش فضای بتنی با استفاده از بلوک ها در منطقه کششی، از مصرف آرماتورهای فولادی کاسته می شود که این امر به لحاظ **اقتصادی** بسیار مناسب است.
- ۳- به علت تولید صنعتی تیرچه و بلوک در کارخانه، کیفیت مناسب تری حاصل شده و **نیروی انسانی** کمتری مورد نیاز است.
- ۴- با توجه به وزن کم تیرچه ها، حمل و نصب آنها توسط کارگران امکان پذیر بوده و در ساختمان های با طبقات کم، نیاز به استفاده از **جرثقیل** را منتفی می نماید.
- ۵- به علت پیش ساخته بودن تیرچه و بلوک، نصب سقف بسیار سریع و آسان بوده و به کارگران متخصص که برای قالب بندی و آرماتوربندی سقف های بتن آرمه استخدام می شوند، نیازی نیست.
- ۶- قالب بندی زیر سقف، تنها به شمع بندی و نصب چهارتراش در فواصل معین، جهت تأمین تکیه گاه های موقت تیرچه ها، محدود می شود.
- ۷- از نقطه نظر اجرایی، به کارگیری سقف های تیرچه و بلوک **سرعت عمل** بیشتری را موجب خواهد شد و به کارهای پرهزینه و وقتگیر کارگاهی نیازی نیست.
- ۸- در سقف های تیرچه و بلوک، بتن ریزی به طور یکپارچه انجام می شود و بتن کمتری نسبت به سقف های بتن آرمه متداول مورد نیاز است.
- ۹- با توجه به امکان ایجاد یک دیافراگم صلب یا نیمه صلب در سقف های تیرچه و بلوک، با اعمال تمهیدات لازم، این نوع سقف ها نسبت به سایر سقف ها از عملکرد لرزه ای بهتری نسبت به سایر سقف ها برخوردار هستند.
- ۱۰- بلوک های مجوف در سقفهای تیرچه و بلوک به عنوان **عایق حرارتی** عمل می کنند.
- ۱۱- به دلیل تولید تیرچه ها در کارخانه و پیش ساخته بودن آن ها، کنترل دقیق بر مقدار بتن پوششی روی آرماتورهای کششی انجام می شود.
- ۱۲- به علت مسطح بودن زیر سقف (در مقایسه با سایر سقف ها نظیر طاق ضربی)، ضخامت نازک کاری به حداقل می رسد و در نتیجه بار مرده سقف کاهش می یابد.
- ۱۳- به دلیل یکنواختی سطح بالای سقف، برای کف سازی به ملات کمتری نیاز است.

اجرای تشکیل دهنده سقف تیرچه و بلوک:

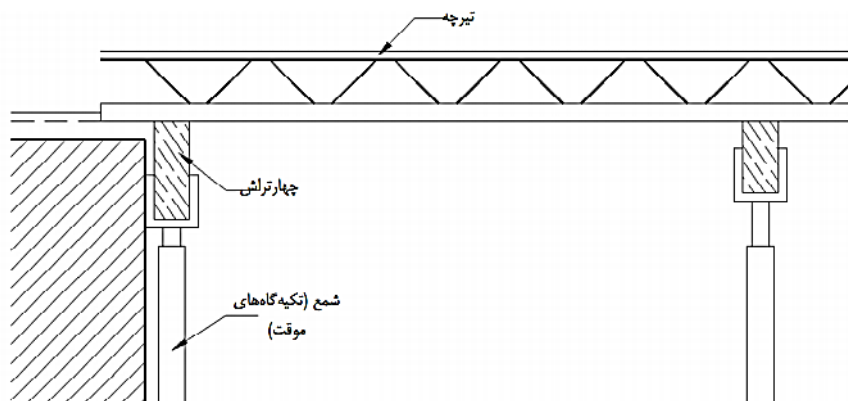
سقف های تیرچه و بلوک، تلفیقی از دو روش پیش ساختگی و بتن ریزی در محل است که در آن قالب تحتانی به کلی حذف می شود. در این سقف ها در نوع تیرچه فولادی با جان باز، تیرچه فولادی و در نوع تیرچه بتنی آن، آرماتورهای کششی و برشی (عرضی) و نیز پوشش بتن آرماتورهای اصلی، به صورت تیرچه های پیش ساخته، در کارخانه تولید می شوند. در کارگاه، پس از قراردادن تیرچه ها در فواصل معین و شمع بندی زیر تیرچه ها، بلوک ها را بین دو تیرچه مجاور قرار داده و سپس آرماتورهای حرارتی را جایگذاری نموده و بتن ریزی را انجام می دهند.



ب- سقف تیرچه و بلوک با تیرچه بتنی

الف- سقف تیرچه و بلوک با تیرچه فولادی با جان باز

در فرآیند اجرای سقف، پیش از حصول مقاومت بتن ریخته شده، وزن بلوک ها و بتن، توسط تکیه گاه های موقت (شمع بندی) تحمل می شود و پس از حصول مقاومت بتن ریخته شده، تیرچه ها لنگر خمشی حاصل از بارهای قائم سقف را تحمل کرده و به تیرهای اصلی یا تکیه گاه ها منتقل می کنند. در شکل زیر نمای کلی از نحوه اجرای تکیه گاه های موقت مورد استفاده در سقف های تیرچه و بلوک نمایش داده شده است.



بتن فوقانی، همانند یک دال نازک با دهانه ای برابر فاصله بین دو تیرچه، خمشی موضعی را در محل بین دو تیرچه تحمل می کند. برای پر کردن فاصله تیرچه ها، از قطعاتی نظیر آجرهای توخالی سفالی، بلوک های بتنی، بلوک های پلی استایرن و نظایر آن ها استفاده می شود. این عناصر پرکننده در سقف، باربر نبوده و متحمل نیرویی نیستند.

بنابراین اجزای سقف تیرچه و بلوک عبارتند از:

- ۱- تیرچه
- ۲- بلوک
- ۳- آرماتورهای افت و حرارت (حرارت و جمع شدگی) و آرماتور منفی
- ۴- کلاف میانی
- ۵- بتن پوششی (درجا)

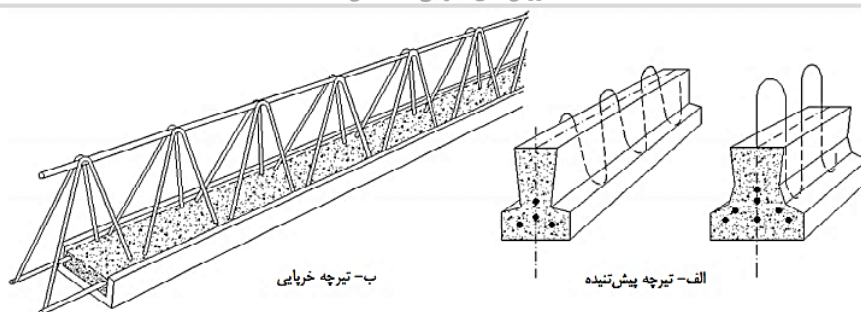
در ادامه، هر یک از اجزای سقف تیرچه و بلوک و عملکرد آنها توضیح داده شده است.

تیرچه :

همانطور که پیش از این عنوان شد، استفاده از دو نوع تیرچه بتنی و تیرچه فولادی با جان باز در سقف های تیرچه و بلوک معمول است. در ادامه هریک از این نوع تیرچه ها، به تفکیک مورد بحث قرار گرفته است.

تیرچه بتنی :

عضو پیش ساخته ای است متشکل از بتن و آرماتورهای فولادی که با قرارگیری بلوک ها مابین تیرچه ها به عنوان قالب و با بتن پوششی درجا ریخته شده، مقطع مرکب T شکل مناسبی را تشکیل می دهند. تیرچه ها در دو نوع تیرچه خرابایی و تیرچه پیش تنیده، تولید می شوند. در شکل زیر شکل شماتیکی از انواع تیرچه های پیش ساخته، نشان داده شده است.



پیش از حصول مقاومت بتن ریخته شده، وزن بلوک ها و بتن، توسط تکیه گاه های موقت (شمع بندی) تحمل می شود و پس از حصول مقاومت بتن ریخته شده، تیرهای T شکل بتنی به هم چسبیده و مجاور هم، لنگر خمشی حاصل از بارهای قائم سقف را تحمل کرده و به تیرهای اصلی یا تکیه گاه ها منتقل می کنند.

تیرچه ها در سه مرحله تحت بارگذاری قرار می گیرند:

مرحله اول: تیرچه در مرحله حمل و نقل، بار ناشی از وزن خود را تحمل می کند.

مرحله دوم: تیرچه در زمان اجرای سقف و به تنهایی، بار مرده ناشی از اجزای سقف (وزن تیرچه، بلوک و بتن پوششی درجا) و همچنین بارهای حین اجرا را بین تکیه گاه های موقت (شمع بندی ها) تحمل می کند. این مرحله تا قبل از حصول مقاومت بتن ریخته شده می باشد.

مرحله سوم: این مرحله در تیرچه، پس از حصول مقاومت بتن ریخته شده فرا می رسد. در این مرحله، تکیه گاه های موقت برداشته شده و تیرچه به عنوان عضو کششی مقطع T شکل، بار ناشی از بارهای مرده و زنده در هنگام بهره برداری را تحمل می کند.

در سقف های تیرچه و بلوک، تیرچه های بتنی در دو نوع **تیرچه پیش ساخته خربایی** و **تیرچه پیش ساخته پیش تنیده** مورد استفاده قرار می گیرد که در ادامه مورد بحث قرار می گیرد:

تیرچه پیش ساخته خربایی:

این نوع تیرچه ها از خرپای فولادی و پاشنه بتنی تشکیل شده و بر دو نوع می باشند:

الف: با قالب ماندگار (قالب سفالی) که آن را تیرچه کفشک دار یا فندوله دار نیز می نامند.

ب: بدون قالب ماندگار

تیرچه پیش ساخته خربایی مطابق شکل زیر برای تحمل مراحل سه گانه بارگذاری ذکر شده، از اجزای زیر تشکیل شده است:

۱- آرماتورهای کششی

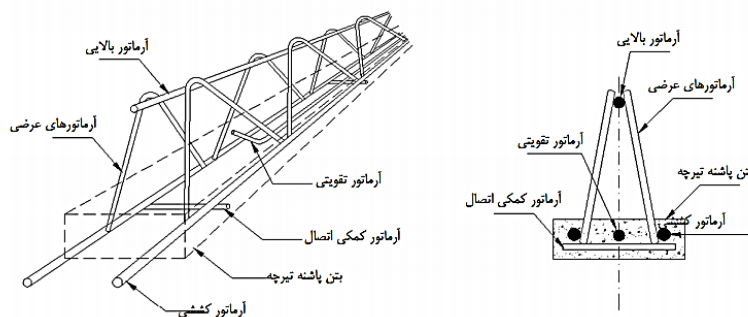
۲- آرماتورهای عرضی

۳- آرماتور بالایی

۴- بتن پاشنه تیرچه

۵- آرماتورهای تقویتی

۶- آرماتور کمکی اتصال



در ادامه هر یک از این اجزا تشریح گردیده است:

۱- آرماتور کششی

در مرحله اول بارگذاری تیرچه، آرماتور زیرین خرپا به عنوان عضو کششی خربای تیرچه، باید قادر به تحمل نیروی کششی (حاصل از لنگر خمشی) ناشی از وزن خود تیرچه در زمان حمل و نقل باشد. در مرحله دوم بارگذاری تیرچه نیز این عضو باید قادر به تحمل نیروی کششی (حاصل از لنگر خمشی) ناشی از وزن مرده سقف در فاصله محور تا محور تیرچه ها و بین دو تکیه گاه موقت (شمع بندی) باشد. در مرحله سوم بارگذاری تیرچه (مرحله بهره برداری)، آرماتور زیرین خرپا به عنوان عضو کششی تیر T شکل عمل می کند.

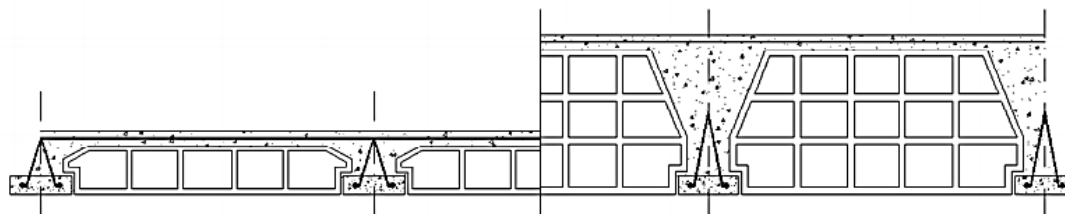
۲- آرماتورهای عرضی

در مرحله اول بارگذاری، آرماتورهای عرضی همانند عضو مورب خرپا عمل کرده و به کمک اعضای کششی زیرین و اعضای بالایی، ایستایی لازم را جهت تحمل وزن خود تیرچه به هنگام حمل و نقل تأمین می کنند. در مرحله دوم بارگذاری نیز، این آرماتورها ایستایی لازم را جهت تحمل وزن مرده سقف بین تکیه گاه های موقت (در هنگام اجرا) تأمین می

نمایند. در مرحله سوم بارگذاری تیرچه ها، آرماتورهای عرضی پیوستگی لازم را بین آرماتور کششی خرپا و بتن پوششی (درجا) ایجاد می کنند. علاوه بر آن، قسمتی از نیروی برشی تیر T شکل نیز توسط آرماتورهای عرضی تحمل می شود.

۳- آرماتور بالایی

در مرحله اول و دوم بارگذاری، آرماتور تعبیه شده در قسمت بالای تیرچه، به عنوان عضو بالایی خرپا عمل کرده و به کمک دیگر اعضای خرپا، وزن تیرچه را به هنگام حمل و نقل و همچنین وزن مرده سقف را در فاصله بین دو تکیه گاه موقت به هنگام قالب بندی و بتن ریزی و قبل از حصول مقاومت بتن پوششی، تحمل می نماید. در مرحله سوم بارگذاری تیرچه، اگر آرماتور بالایی در ضخامت بتن پوششی و بالاتر از سطوح بلوک ها قرار گیرد، در نقش **آرماتور افت و حرارت (حرارت و جمع شدگی)** مقطع مرکب سقف عمل می کند و در صورتی که پایین تر از سطوح بلوک ها قرار گیرد، چنین نقشی را نخواهد داشت.



۴- بتن پاشنه

پاشنه تیرچه، قبل از نصب بتن ریزی می شود و برای تأمین تکیه گاه بلوک ها به عنوان قالب دائمی و نیز برای پرهیز از قالب بندی قسمت زیرین سقف به کار می رود.

۵- آرماتورهای تقویتی

در صورتی که دو عدد آرماتور کششی پایینی برای تحمل لنگر حداکثر در وسط دهانه کافی نباشد، باید آرماتورهای دیگری را در داخل خرپای فلزی تعبیه کرد. این آرماتورهای اضافی را آرماتورهای تقویتی می نامند.

۶- آرماتور کمکی اتصال

این آرماتور به منظور مهار کردن آرماتورهای کششی و امکان استقرار بیش از دو آرماتور کششی در پاشنه به کار برده می شود.

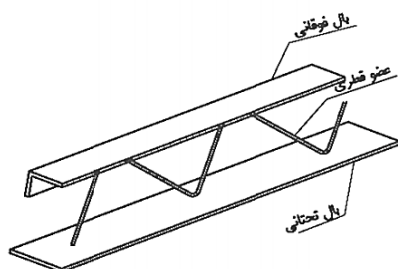
تیرچه پیش ساخته پیش تنیده :

این نوع تیرچه که فقط در کارخانه های مجهز تولید می شود، از مقطع بتنی T شکل با رده مقاومتی C۳۵ و بالاتر و مفتول های فولادی با مقاومت بالا (۱۷۵۰ تا ۱۹۰۰ نیوتن بر میلیمترمربع) تشکیل می شود. در این نوع تیرچه، مفتول ها را پیش از بتن ریزی تیرچه، توسط جک هایی تحت کشش معین قرار داده و سپس بتن ریزی مقطع اجرا می شود. پس از عمل آوری بتن و اطمینان از کسب مقاومت لازم، مفتول ها را آزاد می کنند. در نتیجه بتن تیرچه تحت تنش فشاری قرار می گیرد.

تیرچه فولادی با جان باز :

عضو پیش ساخته ای است که به صورت خرپاهای ویژه دو سر ساده اجرا می شود. تیرچه فولادی با جان باز در سه مرحله تحت بارگذاری قرار می گیرد :

در **مرحله اول** باربری تیرچه هنگام حمل و نقل بار ناشی از وزن خود را، در **مرحله دوم** در زمان اجرای سقف و قبل از گرفتن بتن بار مرده سقف شامل وزن سقف، تیرچه، بلوک، بتن درجا و قالب ها و بار زنده عوامل اجرایی را در حد فاصل تکیه گاه های تیرچه تحمل می کند. در **مرحله سوم** باربری و پس از گرفتن بتن مقطع مرکب شامل تیرچه و بتن، تنش های ناشی از تمامی بارهای وارد بر سقف را تحمل می کند.



شکل ۱-۱- اجزای تیرچه فولادی با جان باز

تیرچه فولادی برای تحمل مراحل سه گانه بارگذاری مذکور از اجزای زیر تشکیل شده است :

۱- بال تحتانی

۲- اعضای قطری

۳- بال فوقانی

۱- بال تحتانی :

بال تحتانی تیرچه که از تسمه ساخته می شود، به عنوان عضو کششی خرپا عمل کرده و بارهای وارده در سه مرحله بارگذاری ذکر شده را تحمل می کند. در مرحله اول بارگذاری تیرچه بال تحتانی به عنوان عضو کششی خرپای تیرچه باید قادر به تحمل نیروی کششی حاصل از لنگر خمشی ناشی از وزن خود تیرچه در زمان حمل و نقل باشد. این عضو در

مرحله دوم بارگذاری تیرچه بایستی قادر به تحمل نیروی کششی ناشی از وزن مرده سقف در فاصله محور تا محور تیرچه ها باشد. در مرحله سوم بارگذاری تیرچه (مرحله بهره برداری) نیز بال تحتانی به عنوان عضو کششی تحت لنگر ناشی از بارهای وارده عمل می کند.

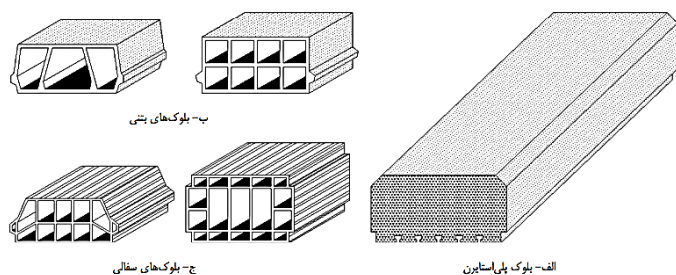
۲- اعضای قطری :

اعضای قطری تیرچه که معمولاً از میلگرد می باشند به عنوان عضو مورب خرپا عمل نموده و به کمک اعضای کششی و فشاری، ایستایی لازم را برای تحمل بارهای وارده در سه مرحله بارگذاری تأمین می نمایند. در مرحله اول بارگذاری، عضو قطری تیرچه به کمک اعضای کششی زیرین و اعضای بالایی، ایستایی لازم را جهت تحمل وزن خود تیرچه در هنگام حمل و نقل تأمین می کند. در مرحله دوم بارگذاری نیز، این عضو ایستایی لازم را جهت تحمل وزن مرده سقف بین تکیه گاه های موقت تأمین می نماید. در مرحله سوم بارگذاری تیرچه ها، عضو قطری قسمتی از نیروی برشی وارده را تحمل می کند.

۳- بال فوقانی :

بال فوقانی تیرچه، از نبشی، تسمه یا نلودانی ساخته شده و در داخل بتن پوششی قرار می گیرد. این عضو در مرحله ی اول و دوم بارگذاری، وزن تیرچه را به هنگام حمل و نقل و همچنین وزن مرده سقف را در هنگام بتن ریزی و قبل از حصول مقاومت بتن پوششی تحمل می نماید. در مرحله سوم بارگذاری تیرچه، به همراه سایر اعضای تیرچه، بار ناشی از بارهای مرده و زنده را در هنگام بهره برداری تحمل می کند.

بلوک :



بلوک سقفی قطعه ای است پیش ساخته و توخالی که در بین دو تیرچه قرار گرفته و با توجه به ضخامت سقف و فاصله بین تیرچه ها، ابعاد آن متغیر می باشد. شکل روبرو نمونه ای از بلوک های بتنی، سفالی و پلی استایرن را نشان میدهد.

از بلوک به عنوان قالب دائمی (که پس از اجرا در سقف باقی می ماند) برای قالب بندی جانبی جان تیر T شکل و همچنین قالب زیرین بتن پوششی درجا استفاده می شود. قسمت زیرین بلوک برای تأمین سطح هموار برای انجام نازک کاری زیر سقف و قسمت های تیغه های داخلی بلوک به منظور تقویت مقطع بلوک تعبیه می گردند. مقاومت بلوک ها در محاسبات مقاومت سقف منظور نشده و تنها به عنوان قالب های دائمی و مصالح پرکننده محسوب می شوند. با این وجود، بلوک ها باید مقاومت لازم برای تحمل ضربه های ناشی از حمل و نقل متعارف و نیروهای ناشی از عبور و مرور در زمان بتن ریزی و قبل از آن را داشته باشند. شکل بلوک توخالی با توجه به این موارد، طراحی شده و معمولاً از مواد مختلفی نظیر سفال، بتن، بتن سبک، پلی استایرن و نظایر آن ها تولید می شود.

آرماتور افت و حرارت و آرماتور منفی :

به منظور مقابله با تنش های متفرقه در بتن پوششی (درجا) و برای جذب تنش های ناشی از افت (جمع شدگی) و تغییر حرارت، آرماتورهایی در دو جهت عمود برهم و در قسمت بالایی بتن سقف و روی بلوک ها تعبیه می گردند که آرماتور افت و حرارت (حرارت و جمع شدگی) نامیده می شود. در صورتی که ارتفاع تیرچه خرابایی به حدی باشد که آرماتور بالایی تیرچه در محل تعبیه آرماتورهای افت و حرارت قرار گیرد، می توان از آرماتور مذکور به عنوان آرماتور افت و حرارت در جهت طولی تیرچه استفاده کرد. با وجود طرح تیرچه ها با فرض تکیه گاه ساده، لازم است قبل از بتن ریزی، آرماتورهای منفی در هر یک از تیرچه ها و در محل تکیه گاه ها اضافه شود.

کلاف میانی :

برای تقویت دیافراگم افقی ساختمان در امتداد عمود بر امتداد تیرچه ها و برای توزیع یکنواخت بار روی سقف تیرچه و بلوک و همچنین در محل هایی که بار منفرد موجود باشد، کلاف میانی بتنی که جهت آن عمود بر جهت تیرچه هاست در سقف تعبیه می شود.

بتن پوششی (درجا) :

بتن پوششی، قسمتی از تیر مرکب است که در محل کارگاه، پس از جایگذاری تیرچه ها و بلوک ها، بتن ریزی می گردد و پس از حصول مقاومت لازم، به کمک آرماتورهای کششی تیرچه، بار وارد به سقف را تحمل می کند. ضخامت بتن پوششی براساس طول دهانه و بار وارده طرح و محاسبه می گردد. مشخصات فنی بتن پوششی نظیر دانه بندی، مصالح، نسبت آب به سیمان و نحوه اختلاط باید مطابق ضوابط مندرج در آخرین ویرایش آیین نامه بتن ایران (آبا) باشد.

سقف عرشه فولادی:

یکی از فاکتورهای مهم در اجرای ساختمان به روش های جدید، سرعت بالای اجرا، سبک سازی و حذف مصالح و روش های قدیمی وقت گیر و پرهزینه می باشد. سبک سازی و اجرای سریع دو اصل بسیار مهم است که در تمامی دنیا توجه ویژه به آن ها شده است و مهندسين، معماران و تولیدکنندگان مصالح ساختمانی همه تلاش خود را بر آن داشته اند تا بتوانند محصولاتی را روانه بازار کنند و طرح و نقشه ای پیاده سازند تا وزن سازه به حداقل رسیده و صنعتی سازی بیشترین سرعت را در امر ساخت و ساز داشته باشد. یکی از بخش های ساختمان که تاثیر فوق العاده ای در سرعت ساخت دارد، سقف سازه می باشد. اگر در اجرای سقف از روش های نوین استفاده شود، پروژه در دوره زمان کوتاه و بسیار مناسبی اجرا می شود. سقف عرشه فولادی یکی از روشهای نوین اجرای سقف است که امروزه علاقه مندان بسیار زیادی در دنیا پیدا کرده است. سقف عرشه فولادی با ورق های گالوانیزه دوزنقه ای شکل آجدار بدون استفاده از میلگرد و حذف قالب بندی اجرا می شود. وزن این سقف نسبت به سقف های مشابه حدود ۳۰ تا ۶۰ درصد کمتر و سرعت اجرای این سقف حدود ۱۲ برابر بیشتر از سقف های متداول مانند دال بتنی و تیرچه بلوک می باشد.

معرفی سقف عرشه فولادی:

هر چند مدت زیادی از گسترش این نوع سقف در کشورمان نمی گذرد، اما در واقع این سیستم اجرای سقف از سال ۱۹۳۹ و با تدوین یک استاندارد صنعتی برای طراحی، اجرا و بهره برداری از این سقف توسط انستیتو سقف فولادی SDI به طور رسمی وارد صنعت ساختمان شده است. در کشور ما نیز جدیداً تمایل به اجرای سقف های عرشه فولادی به دلیل سرعت بالای آن زیاد شده است. این نوع سقف در اصل، مخصوص ساختمان های اسکلت فلزی می باشد ولی در ساختمان های اسکلت بتنی نیز با اتخاذ تدابیری قابل اجرا می باشد. استفاده از این نوع سقف در پروژه هایی که پیمانکار به دلایلی از برنامه زمانی ارائه شده عقب افتاده است و نیاز به اتمام کار در بازه زمانی کوتاه است یا در جاهایی که نیاز به سرعت انجام کار می باشد، به عنوان یکی از بهترین گزینه های اصلی مورد توجه قرار می گیرد.

اجرای سقف های عرشه فولادی در ساختمان های فلزی و بتنی**ورق های فولادی :**

ورق های گالوانیزه مورد استفاده در سقف های عرشه فولادی ابتدا در کارخانه به صورت دوزنقه ای فرم داده شده و سپس به محل کار منتقل می شود. این ورق ها بسته به نوع سفارش می تواند دارای ابعاد مختلفی باشد. ولی معمولاً ضخامت آن بین ۰/۸ تا ۱/۲ میلیمتر و عرض مفید ورق فرم داده شده ۹۱۵ میلیمتر است. طول این ورق ها بسته به طول دهانه های سقف سازه در کارخانه برش داده شده و سپس به محل کار منتقل می شود. این ورق ها دارای تو رفتگی و برآمدگی هایی است که باعث درگیری بهتر بتن و ورق و در نتیجه عملکرد یکپارچه و بهتر سقف می گردد.

**برشگیرها و گل میخ ها (مخصوص سازه های اسکلت فلزی) :**

برشگیرها و گل میخ ها، وظیفه انتقال برش را از دال بتنی به تیرچه ها دارند. با نصب برشگیرها و یا گل میخ ها، پایداری ورق ها بیشتر شده و فضای مطمئن تری برای کار در طبقات ایجاد می شود. گل میخ ها توسط دستگاه جوش قوس الکتریکی به بال تیرهای سازه ای جوش می شوند. به جای گل میخ ها میتوان از برشگیرهای L شکل نیز استفاده نمود؛ این برشگیرها با استفاده از میخ های مخصوصی که توسط تفنگ میخکوب شلیک می شود به بال تیر متصل می گردند.

میلگرد:

میلگرد افت و حرارت

در عملیات بتن ریزی در سطح وسیع، بتن مدتی پس از گیرش و سخت شدن، دچار جمع شدگی شده و ترک می خورد. همچنین بدلیل تغییر دمای بتن، تنش هایی در آن بوجود می آید که آن هم باعث ترک خوردن بتن می گردد. به همین دلیل در سقف ها باید از آرماتورهای افت و حرارت استفاده نمود. این آرماتورها معمولاً میلگرد با قطر ۸ میلیمتر هستند.



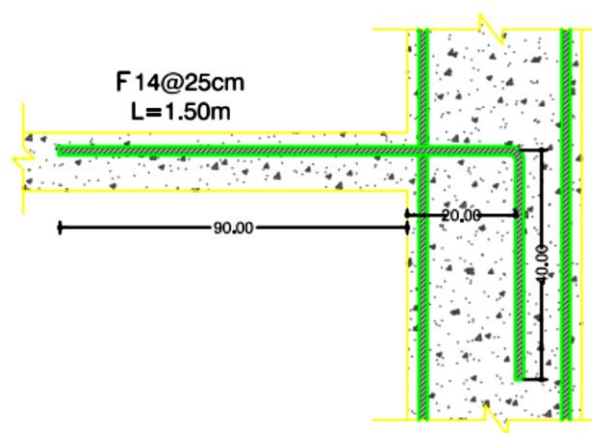
میلگرد های سازه ای:

این میلگرد های بسته به نوع طراحی و نوع اسکلت سازه (فلزی یا بتنی) در جاهای مختلف سقف می تواند به کار رود. در سازه های اسکلت فلزی، معمولاً طراحی طوری است که ورق های فلزی، نقش میلگردهای کششی در پایین مقاطع T شکل بتنی ایجاد شده را ایفا می کند و نیازی به میلگرد کششی نیست. اما در سازه های اسکلت بتنی، در تمام شیارهای ورق های فلزی در ۷۵ درصد وسط دهانه از **میلگرد کششی** استفاده می شود. اندازه و فاصله این میلگردها بستگی به طول دهانه دارد.

در سازه های بتنی و حتی فلزی، در محل اتصال سقف به تیر، به دلیل وجود لنگر خمشی منفی و ضعف بتن در کشش، می بایست از **میلگردهای خمشی منفی** استفاده نمود؛ این میلگردها را باید در قسمت بالای دال که تحت کشش می باشد قرار داد تا دال بتواند پاسخگوی لنگر منفی تکیه گاهی باشد.



همچنین برای اجرای کنسول ها (طره ها)، به دلیل وجود لنگرمنفی، باید از **میلگردهای تقویتی** در بالای دال استفاده کرد. نحوه تعبیه، طول و میزان خم این میلگردها باید طوری باشد که دارای طول مهارتی کافی برای انتقال تنش را داشته باشند. در سازه هایی که دارای دیوار برشی می باشند، در محل اتصال دیوار برشی به سقف باید از یک سری میلگردهای U شکل استفاده نمود به این صورت که میلگردهای U شکل را دور میلگردهای دیوار برشی انداخته و شاخک های آن روی دال سقف قرار می دهند و بعد از بتن ریزی و درگیری بتن و میلگردها، یک ناحیه مطمئن و قوی برای انتقال تنش های ناشی از نیروی زلزله از سقف به دیوار برشی، ایجاد خواهد شد. بجای این کار میتوان از میلگردهای L شکل که یک سر آن در سقف و سر دیگر آن در دیوار برشی (صورت قائم) استفاده نمود.



بتن

بتن مورد استفاده در سقف های عرشه فولادی، همانند بتن دیگر سقف ها است و نباید از بتن سبک و بتن های با مقاومت فشاری پایین استفاده شود.

کاربرد سقف عرشه فولادی:

سقف عرشه فولادی برای استفاده در سازه های مختلف کاربرد دارد:

- ۱- در سازه های صنعتی پیش ساخته سبک مانند LGS, CSF, PBS و LSF با صفحات سیمانی سبک
- ۲- برای سازه های اسکلت فلزی سبک و سنگین (مدرن، سنتی، صنعتی و نیمه صنعتی)
- ۳- برای سازه های اسکلت بتنی با حذف قالب بندی، تیرچه، بلوک و کم کردن حجم بتن سقف می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

مزایای سقف عرشه فولادی:

- ۱- سرعت بالای اجرا
- ۲- کاهش تیرهای فرعی به حداقل ۲۰ تا ۳۰ درصد صرفه جویی در مصرف فولاد اسکلت سازه
- ۳- کاهش وزن سقف، اسکلت، فونداسیون و در نهایت کاهش وزن سازه
- ۴- ۱۵ تا ۲۰ درصد صرفه جویی در مصرف بتن سقف
- ۵- امکان اجرا و عملیات بتن ریزی کلیه سقف های ساختمان بصورت هم زمان
- ۶- عبور آسان وسالم تاسیسات از زیر سقف و همچنین تعمیر و تعویض بسیار راحت قسمت های آسیب دیده
- ۷- کاهش قابل توجه هزینه های جاری کارگاه
- ۸- تأمین میلگرد کششی سقف توسط ورق که موجب می شود ۶۰ تا ۷۰ درصد در مصرف میلگرد صرفه جویی شود.
- ۹- ایجاد یک سکوی فولادی با ایمنی بالا در زمان اجرای سقف
- ۱۰- کاهش ضخامت سقف و در نتیجه افزایش ارتفاع مفید در طبقات
- ۱۱- ایجاد سطح یکنواخت در زیر سقف
- ۱۲- انعطاف پذیری با هر نوع طراحی از لحاظ معماری و کاربری
- ۱۳- امکان اجرا بر روی هر نوع سازه فلزی
- ۱۴- عدم نیاز به شمع گذاری و استفاده از چهار تراش
- ۱۵- قابلیت اجرا در انواع شرایط محیطی و آب و هوایی
- ۱۶- اجرای بدون مانع داکت ها و رایزها منطبق با نقشه های معماری
- ۱۷- حمل آسان و نیاز به حداقل فضا برای دیو و نگهداری

سقف کوبیاکس:

این نوع سقف که به تازگی در صنعت ساختمان ایران وارد شده است از لحاظ سازه ای شبیه به دال دو طرفه است که البته تفاوت هایی با آن دارد. بدین ترتیب که در ضخامت دال گوی های توخالی سبکی رابصورت منظم قرار می دهند تا درواقع از مصرف بتن برای پرکردن آن قسمت جلوگیری کنند. کاری که این گوی های تو خالی سبک انجام می دهند شبیه به کاری است که بلوک های پرکننده (فوم) در سقف تیرچه بلوک انجام می دهند. یعنی از پرشدن بتن در فضایی که بتن نیازی نیست جلوگیری می کنند. شکل ظاهری این گوی ها شبیه به یک توپ فوتبال کم باد است که با دست از بالا و پایین آن را فشار داده باشید . این گوی ها در فضای بین شبکه آرماتور بالا و پایین قرار می گیرند. برای اینکه گوی ها با یک نظم و ترتیب مشخص و به صورت ردیفی در کناریکدیگر قرار بگیرند آن ها را در یک قفس فلزی که بصورت **خرپایی** ساخته می شود قرارداد و سپس بین شبکه آرماتور بالا و پایین جای می دهند. جنس این گوی ها پلی اتیلن بازیافتی می باشد. سقف کوبیاکس به دلیل هزینه بالا و وقت گیر بودن تاکنون نتوانسته جایگاه مناسبی در بین سقف های سازه ای در صنعت ساختمان ایران پیدا کند.

پیشینه کوبیاکس

مطالعات در زمینه سبک سازی و حذف بتن ناکارآمد از سال ۱۹۸۵ در دانشگاه های آلمان و مجموعه شرکت های گروه فناوری های کوبیاکس در سال ۱۹۹۷ با همراهی مهندسين و متخصصین از سوئیس و دیگر کشورهای اتحادیه اروپا پایه ریزی و تأسیس شده است و اکنون تبدیل به یک مجموعه متخصص در مورد اسلب های تخت سبک با بتن مسلح شده است. این دانش از سال ۱۳۸۷ به صورت انحصاری در ایران و تعدادی از کشورهای منطقه در اختیار کوبیاکس است.

مفهوم کوبیاکس:

اساس طراحی تکنولوژی Cobiax مبتنی است بر سقف سازه ای با ویژگی **سقف دال دو طرفه** مشابه سقف های بتنی دال دو طرفه مرسوم با این تفاوت که هسته بتن مرکزی در محل هایی که کاربرد سازه ای ندارد با **گوی های توخالی** جایگزین می گردد. بدین صورت که این گوی ها در حدفاصل مش های میلگردی بال و پایین قرار می گیرند. با توجه به اینکه در دال های بتنی دو طرفه مشکل تحمل نیروی برشی وجود ندارد، مشکل طراحی این نوع سقف بر مبنای حذف قسمتی از بتن میانی و ایفای عملکرد دال دو طرفه می باشد. در فن آوری Cobiax با حذف بار مرده غیرسازه ای خاصیت باربری دو محوره همچنان حفظ می گردد. همچنین با شکل گیری غشای بتنی مستحکم در قسمت فوقانی و تحتانی دال به همراه شکل گیری شبکه تیرچه های داخلی در دو امتداد در اثر قراردادی گوی ها در سرتا سر فضای میانی دال بتنی می توان باربری مناسبی را برای این دال متصور شد.

اجزای این سیستم عبارتند از:

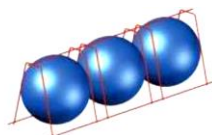


CBCM-S "SLIM-LINE"

Void former made from recycled Polyethylene
h=100, 140, 160 and 180 mm

Positioning cage made from reinforcement steel, l=250 cm

For Slab Thickness
Between 20 and 30 cm
Incurred Load Reduction
1.3 to 2.5 KN/m²



CBCM-E "ECO-LINE"

Void former made from recycled Polyethylene
h=225, 270, 315, 360, 405 and 450 mm

Positioning cage made from reinforcement steel, l=250 cm

For Slab Thickness
Between 35 and 60+ cm
Incurred Load Reduction
2.4 to 4.8 KN/m²

- ۱- مدول قفسه ای (گوی های پلاستیکی) به همراه خرپای فولادی
- ۲- دال بتن آرمه

مزایای سیستم کوبیاکس:

در سیستم Cobiax اعضای دال سقف شامل بتن، آرماتور، گوی های توخالی پلاستیکی و قفسه مسلح می باشد. گوی های توخالی در هسته مرکزی قفسه مسلح قرار گرفته و یک قفسه مدولار مسلح ایجاد می کند. این گنج مسلح مابین دو لایه آرماتور تحتانی و فوقانی دال قرار گرفته و با حذف بتن غیربرابر از درون دال موجب سبک سازی آن می شود. در این سازه سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی سازه شامل ترکیب دال و ستون و دیوار برشی بتنی با شکل پذیری متوسط می باشد.

مزایای فنی سیستم کوبیاکس عبارتند از:

- ۱- باربری ۲ محوره
- ۲- بهینه سازی المان های عمودی مانند ستون ها و دیوارهای برشی (ستون های لاغرتر، کاهش ۴۰ درصدی حجمی و عددی ستون ها)
- ۳- بهینه سازی دال و فونداسیون (کاهش بارهای وارد بر پی، دال های تا ۳۰ درصد سبک تر)
- ۴- بهینه سازی المان های سخت کننده (کاهش بارهای افقی)
- ۵- کاهش ارتفاع کلی سازه (بهینه سازی ارتفاع سقف)
- ۶- کنترل خیز بهتر
- ۷- مقاومت بهتر در برابر نیروهای زلزله

۸- حذف تمام تیرهای اصلی

مزایای معماری سیستم کوبیاکس عبارتند از:

- ۱- انعطاف پذیری در پلان معماری (کاهش عددی ستون ها)
- ۲- قابلیت پذیرش کاربری های گوناگون
- ۳- سهولت تغییر کاربری افقی و عمودی
- ۴- امکان اجرای کنسول های با طول بیشتر
- ۵- امکان ایجاد بازو در هر شکل و اندازه در سقف
- ۶- افزایش فضای مفید (قابلیت اجرای دهانه بزرگ تر بدون اجرای ستون)

مزایای اقتصادی سیستم کوبیاکس عبارتند از:

- ۱- کاهش مصرف بتن
- ۲- کاهش المان های سازه ای
- ۳- کاهش مصرف آرماتور
- ۴- کاهش زمان ساخت
- ۵- کاهش هزینه های اجرای تأسیسات (حذف تیرها و مشکلات ناشی از آویز تیرها)
- ۶- کاهش ارتفاع کلی سازه به دلیل بهینه سازی ارتفاع سقف

قابلیت های دیگر کوبیاکس :

کوبیاکس قابلیت انطباق با هر گونه معماری را دارا است. نحوه چیدمان گوی های توخالی، اندازه و شکل دال بتنی بر اساس مقتضیات پروژه تعیین می گردند. کوبیاکس را می توان همراه با تکنیک های ساختمانی از قبیل پس کشیدگی و یا سازه های مرکب در دهانه بلندتر مورد استفاده قرار داد. اجرای تأسیسات الکتریکی و مکانیکی مشابه روش های سنتی و با قابلیت اجرا در ضخامت دال می باشد. سیستم کوبیاکس از گروه سیستم های دال ستونی می باشد به نحوی که دال تخت بتنی بدون نیاز به تیر مستقیماً بر روی ستون ها و دیوارهای برشی استقرار می یابد.

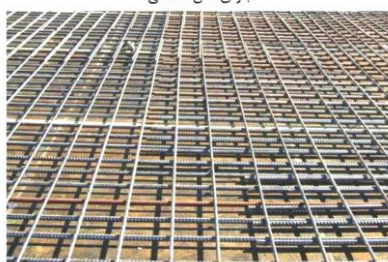
روش اجرای درجی کوبیاکس :

- | | |
|---------------------------------------|---------------------|
| ۱- قالب بندی سقف | ۵- بتن ریزی و ویبره |
| ۲- اجرای مش تحتانی | ۶- تسطیح نهایی |
| ۳- قرار گرفتن گوی ها بر روی مش تحتانی | ۷- باز کردن قالب |
| ۴- اجرای مش فوقانی | |

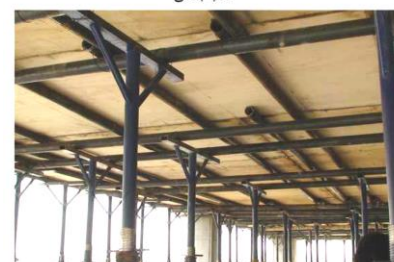
قرارگیری توپ ها بر روی مش تحتانی



اجرای مش تحتانی



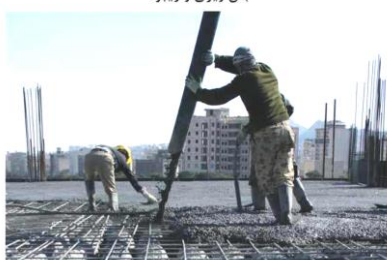
قالب بندی



تسطیح نهایی



بتن ریزی و ویبره



اجرای مش فوقانی



یادداشت

