دوره ورود به حرفه اجرا

عنوان دوره:

نکات اجرایی سازه های فولادی و بتن مسلح

مدرس:
دکتر محمد جواد شعبانی

تابستان ۱۴۰۳

بسم الله الرحمن الرحیم

بخش اول

شروع عملیات و ایمنی در کارگاه ساختمانی

مجوزهای خاص و اقدامات قبل از اجرا

قبل از شروع عملیات ساختمانی اقدامات زیر باید توسط سازنده انجام شود:

- کلیه پروانه ها و مجوزهای لازم به منظور اجرای عملیات ساختمانی، تخلیه و انبار کردن مصالح و تجهیزات، پارک ماشین آلات ساختمانی در پیاده رو ها، خیابان ها و سایر فضاهای عمومی، استفاده از تسهیلات عمومی و همچنین کار در شب از مراجع ذیربط اخذ شود.

- طرح تجهیز کارگاه، نحوه حفاظت از درختان داخل و مجاور کارگاه و همچنین پلان و عمق گودبرداری و نحوه حفاظت و پایدار سازی دیواره های گود تهیه و به تأیید مرجع رسمی ساختمان رسیده و یک نسخه از آن جهت نظارت در اختیار ناظر قرار گیرد.

- می بایست نقشه های اجرایی بررسی و در صورت مشاهده اشکال، نظرات پیشنهادی برای اصلاح به طور کتبی به کارفرما و طراح اعلام شود.

- برنامه زمان بندی کار، ساختار سازمانی اجرای کار، شرح وظایف و مسئولیت های کارکنان کلیدی و مستندات مربوط به تایید صلاحیت آن ها کتباً به اطلاع کارفرما و مهندس ناظر برسد.

- می بایست بیمه مسئولیت مدنی و شخص ثالث کارگاه و همچنین بیمه اجباری کارگران ساختمانی برقرار گردد.

- قطع یا جابجایی انشعابات آب، برق، گاز و سایر تاسیسات زیر بنایی قبل از تخریب و گودبرداری.

ایمنی در کارگاه

ایمنی عبارت است از:

- ✓ مصون و محفوظ بودن کلیه کارگران و افرادی که به نحوی در کارگاه ساختمانی با عملیات ساختمانی ارتباط دارند.
- ✓ مصون و محفوظ بودن کلیه افرادی که در مجاورت یا نزدیکی کارگاه ساختمانی عبور و مرور، فعالیت یا زندگی می کنند.
- ✓ حفاظت و مراقبت از ابنیه، خودروها، تاسیسات، تجهیزات و نظایر آن در داخل یا مجاورت کارگاه ساختمانی.

وسایل و تجهیزات حفاظت فردی

وسایل و تجهیزات حفاظت فردی برای حذف تماس مستقیم با عوامل زیان آور و یا مخاطره آمیز در محل کار، می بایست توسط کارگران، افراد خویش فرما و سایر کسانی که در کارگاه ساختمانی فعالیت و یا به دلیلی وارد کارگاه میشوند، متناسب با نوع عوامل زیان آور محل کار مورد استفاده قرار گیرد. کارفرما موظف است این وسایل را تهیه و در اختیار افراد مذکور قراردهد و بر کاربرد آن ها نظارت نماید. این تجهیزات شامل موارد زیر می گردد:

- کلاه ایمنی

در کلیه کارگاه های ساختمانی که در آن ها احتمال وارد آمدن صدماتی به سر افراد در اثر سقوط فرد از ارتفاع یا سقوط وسایل، تجهیزات و مصالح و یا برخورد با موانع وجود دارد، باید از کلاه ایمنی استاندارد استفاده شود.

- حمایل بند کامل بدن و طناب مهار

برای کارهایی از قبیل جوشکاری، سیم کشی و یا هر نوع کار دیگر در ارتفاع که امکان تعبیه سازه های حفاظتی برای جلوگیری از سقوط کارگران وجود نداشته باشد، باید وسایل و تجهیزات حفاظت فردی کار در ارتفاع از قبیل حمایل بند کامل بدن، طناب مهار (طناب تکیه گاهی) و سایر وسایل متوقف کننده از نوع استاندارد تهیه و در اختیار آنان قرار داده شود.

- عینک ایمنی و سپر محافظ صورت

به هنگام جوشکاری، برشکاری، آهنگری، ماسه پاشی (سند بلاست)، بتن پاشی (شاتکریت) و نظایر آن که نوع کار باعث ایجاد خطرهایی برای سر و صورت و چشم کارگران می شود، باید عینک ایمنی و سپرمحافظ صورت استاندارد، مناسب با نوع کار و خطرهای مربوط تهیه و در اختیار آنان قرار گیرد.

کفش و پوتین ایمنی

برای کلیه کارگرانی که هنگام کار، پاهایشان در معرض خطر برخورد با اجسام داغ و برنده و یا سقوط اجسام قرار دارند، باید کفش و پوتین ایمنی استاندارد، متناسب با نوع کار و خطرهای مربوط تهیه و در اختیار آنها قرار گیرد. همچنین برای کارگرانی که در معرض خطر برق گرفتگی قرار دارند، باید کفش ایمنی مخصوص عایق الکتریسیته تهیه و در اختیار آنها قرار گیرد.

دستکش حفاظتی

برای حفاظت دست کارگرانی که با اشیاء داغ، تیز، برنده و خشن و یا مواد خورنده و تحریک کننده پوست سر و کار دارند، باید دستکش های حفاظتی استاندارد متناسب با نوع کار و خطرهای مربوطه تهیه و در اختیار آنان قرار گیرد. به منظور حفظ جان کارگران برق کار که به هنگام کار در معرض خطر برق گرفتگی قرار دارند، باید دستکش عایق الکتریسته استاندارد تهیه و در اختیار آنان قرار گیرد.

لباس کار

در تمام محل های کار، باید لباس کار، متناسب با نوع کار و خطرهایی که کارگر با آن مواجه است، در اختیار وی قرار گیرد. به علاوه لباس کار باید طوری تهیه شود که موجب بروز حادثه نشود و کارگر بتواند با آن به راحتی وظایف خود را انجام دهد. همچنین قسمت هایی از لباس کار که در تماس با بدن کارگر می باشد باید فاقد زبری، لبه های تیز و برجسته باشد تا از تحریک پوست و یا عوارض دیگر جلوگیری بعمل آید.

چکمه لاستیکی یا نیمه لاستیکی

در عملیات بتن ریزی و در مواردی که کار ساختمانی الزاماً در آب انجام می شود، به منظور حفاظت پای کارگران در مقابل بتن، رطوبت، آب، گل و از این قبیل، باید به تناسب نوع کار، چکمه یا نیم چکمه لاستیکی استاندارد تهیه و در اختیار آنان قرار گیرد.

وسایل و سازه های حفاظتی

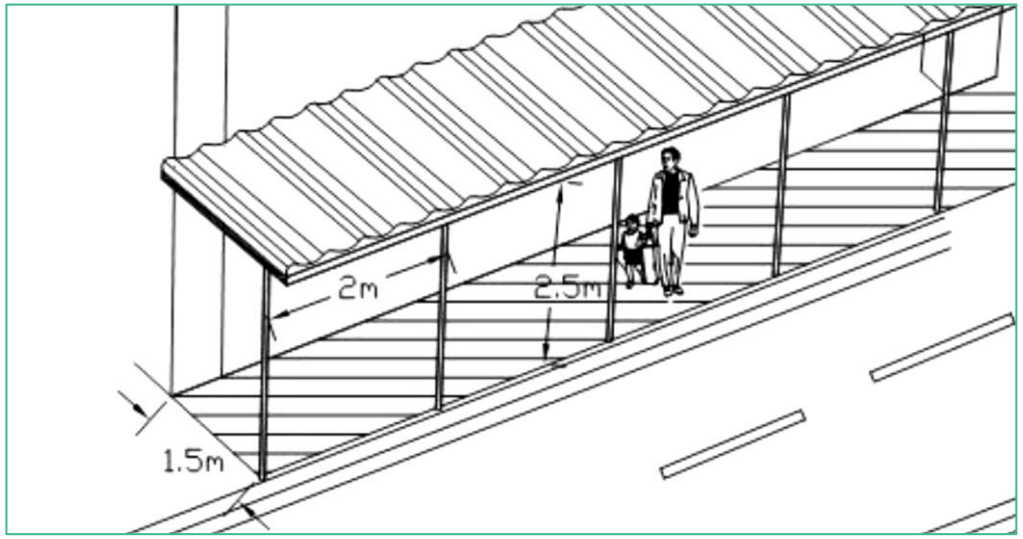
وسایل و سازه های حفاظتی شامل موارد زیر می گردد:

- جان پناه و نرده حفاظتی موقت

نرده حفاظتی موقت حفاظی است قائم که باید برای جلوگیری از سقوط افراد در موارد که ارتفاع سقوط بیش از ۱۲۰ سانتیمتر باشد نصب گردد. این نرده شامل پاخور، نرده بالایی و نرده میانی می باشد. ارتفاع نرده حفاظتی از کف طبقه یا سکوی کار نباید از ۹۰ سانتیمتر کمتر و از ۱۱۰ سانتیمتر بیشتر باشد. نرده حفاظتی باید در فواصل حداکثر ۲ متر، دارای پایه های عمودی بوده و اجزای آن در مقابل نیروها و ضربه های وارده در تمام جهات مقاومت نمایند.

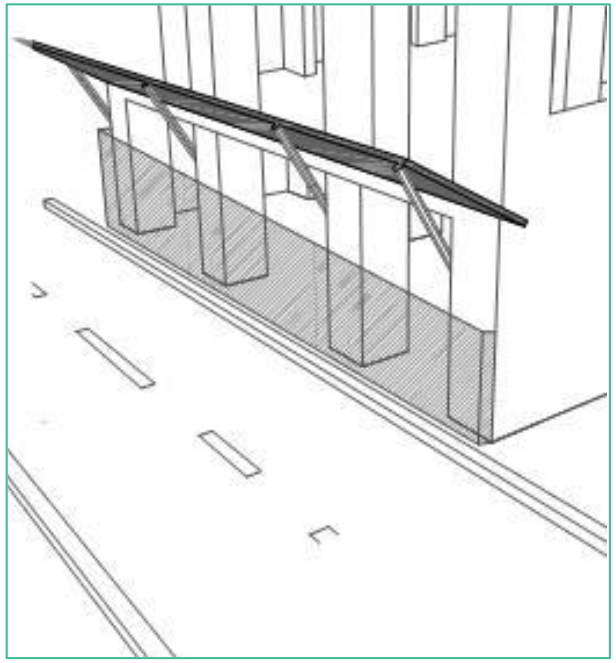
راهرو سرپوشیده موقت

سازه ای است حفاظتی که به صورت موقت در پیاده روها یا سایر معابر عمومی برای جلوگیری از خطرهای ناشی از پرتاب شدن مصالح، وسایل و تجهیزات ساختمانی ایجاد می شود. ارتفاع راهروی سرپوشیده نباید کمتر از ۲/۵ متر و عرض آن نیز نباید کمتر از ۱/۵ متر باشد؛ مگر آنکه عرض پیاده روی موجود کمتر از آن باشد. در صورت استفاده از تخته های چوبی در سقف راهرو، باید ضخامت آنها حداقل ۵۰ میلیمتر بوده و به ترتیبی در کنار هم قرار گیرند که از ریزش مصالح ساختمانی به داخل راهرو جلوگیری به عمل آید. استفاده از مصالح غیر مقاوم مانند توری سیمی، گونی و از این قبیل ممنوع می باشد.



❑ پاخورهای حفاظتی

حفاظی است قرنیز مانند به ارتفاع ۱۵۰ میلیمتر که باید در طرف باز سکوهای کار و سایر موارد جهت جلوگیری از لغزش و ریزش ابزار کار و مصالح ساختمانی نصب گردد. پاخورها باید از چوب مناسب به ضخامت حداقل ۲۵ میلیمتر باشد. در صورت استفاده از ورق فولادی لبه های آن نباید تیز و برنده باشد.

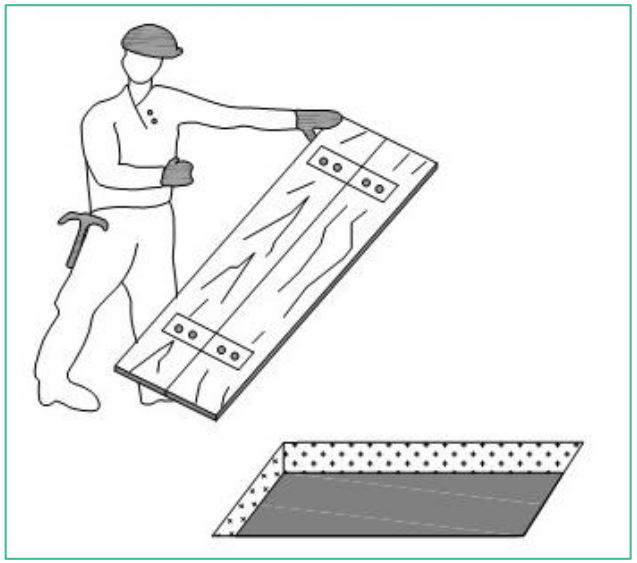


❑ سرپوش حفاظتی

پوششی است، که برای جلوگیری از آسیب ناشی از اثر سقوط اشیا در دیواره اطراف ساختمان در حال احداث نصب میشود. سرپوش حفاظتی باید چنان طراحی و ساخته شود که در مقابل نیروهای وارده مقاوم بوده و در اثر ریزش مصالح یا ابزار بر روی آن خطری متوجه افراد، تجهیزات و مستحدثاتی که در زیر آن قرار دارند نگردد.

سقف موقت

برای سقف های موقت که به صورت سکوهای کار مورد استفاده قرار میگیرند، باید از تخته های چوبی با ضخامت ۵۰ میلیمتر و پهنای ۲۵۰ میلیمتر که محکم به یکدیگر بسته شده باشند، استفاده شود. به علاوه فاصله تکیه گاه تخته ها نباید بیش از ۲/۴ متر باشد.

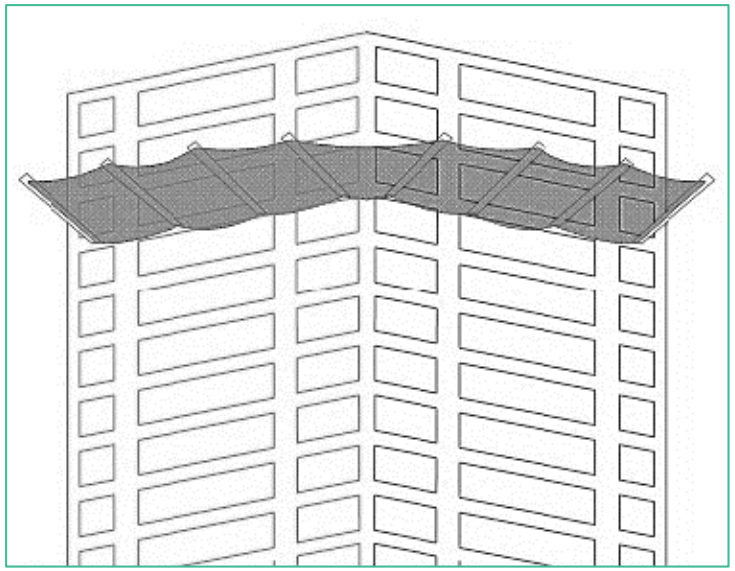


پوشش موقت فضای باز

کلیه پرتگاه ها و دهانه های باز در قسمتهای مختلف کارگاه ساختمانی که احتمال خطر سقوط افراد را در بر دارند، باید تا زمان محصور شدن یا پوشیده شدن نهایی و یا نصب حفاظ ها، پوشش ها و نرده های دائمی و اصلی، به وسیله نرده ها یا پوشش های موقت به طور محکم و مناسب حفاظت گردند. در دهانه های باز با ابعاد کمتر از ۰/۴۵ متر تخته های چوبی با ضخامت حداقل ۲۵ میلیمتر و در دهانه های باز با ابعاد ۰/۴۵ تا ۲/۵ متر تخته های چوبی با ضخامت حداقل ۵۰ میلیمتر مورد استفاده قرار گیرد.

تور ایمنی

در مواردی که نصب سکوهای کار و نرده های حفاظتی در ارتفاع بیش از ۳/۵ متر امکان پذیر نباشد، باید برای جلوگیری از سقوط افراد، از تورهای استفاده شود. تورهای ایمنی باید در فاصله و شرایطی که سازندگان آنها مشخص نموده اند نصب شود، به نحوی که تور ایمنی در فاصله حداقل ۲/۴ متر و حداکثر ۴/۶ متر پایین تر از ناحیه یا تراز کاری نصب گردد تا در صورت سقوط کارگران، امکان اصابت آنها به اجسام سخت وجود نداشته باشد.



بخش دوم

شالوده های عمیق

و سطحی

شالوده های شمعی (Pile Foundations)

شمع ها اعضایی از جنس فولاد، بتن، بتن مسلح و چوب می باشند که در صورت مناسب نبودن ظرفیت باربری زمین برای استفاده از شالوده های سطحی، مورد استفاده قرار می گیرند. در شالوده های شمعی، عمق استقرار شالوده بزرگتر مساوی ۱۰ برابر بعد افقی آن می باشد. شمع ها بر حسب مصالح مصرفی دارای انواع زیر می باشند:

- شمع های فولادی
- شمع های بتنی
- شمع های چوبی
- شمع های مرکب

❑ شمع های فولادی

انواع شمع های فولادی، شمع های لوله ای، تیر آهن های بال باریک و تیر آهن های بال پهن می باشند. شمع های لوله ای در دو حالت انتهای بسته و انتهای باز به زمین کوبیده می شوند. هرچند از تیر آهن های بال باریک نیز می توان در شمع کوبی استفاده نمود، استفاده از تیر آهن بال پهن با ضخامت یکسان بال و جان ترجیح داده می شود.

در صورتی که طول مورد نیاز شمع بزرگتر از طول یک شاخه باشد، شمع های فولادی با جوش و یا پیچ وصله می شوند. وقتی انتظار لایه ای سخت نظیر شن متراکم، شیل و سنگ نرم می رود، در نوک شمع فولادی از کفشک تخت یا مخروطی استفاده می شود.

❑ شمع های بتنی

شمع های بتنی به دو صورت شمع های پیش ساخته و شمع های درجا ریز مورد استفاده قرار می گیرند.

شمع های پیش ساخته با مقاطع، دایره، لوله ای، مربع و هشت ضلعی در طول مورد نظر ساخته شده و پس از حمل به محل کوبیده می شوند.

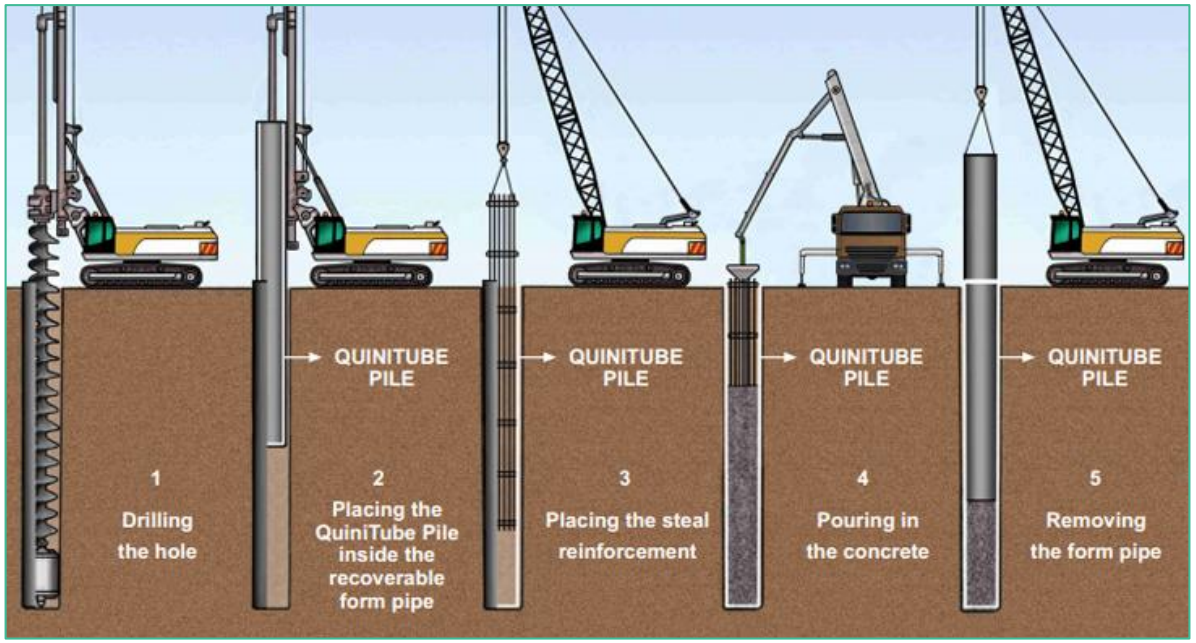
شمع های بتنی درجا ریز بدین صورت اجرا می شوند که ابتدا چاهی در زمین توسط دست یا ماشین حفر شده و سپس قفس آرماتور درون چاه مستقر شده و بتن ریزی می گردد.

شمع های بتنی درجا ریز می تواند در انتهای خود داری نوک پهن (پدستال) باشند.

❑ اجرای شمع بتنی پیش ساخته

❑ مراحل اجرای شمع بتنی درجا ریز

شمع های درجا ریز می توانند به صورت غلاف دار یا بدون غلاف اجرا شوند. در شمع های درجا ریز غلاف دار ابتدا یک لوله فولادی تا عمق مورد نظر کوبیده شده و مصالح داخل آن تخلیه می شود. سپس با استقرار قفس آرماتور در لوله درون غلاف بتن ریزی می گردد. غلاف فولادی می تواند پس از بتن ریزی از زمین خارج گردد.



❑ اجرای شمع بتنی درجا ریز

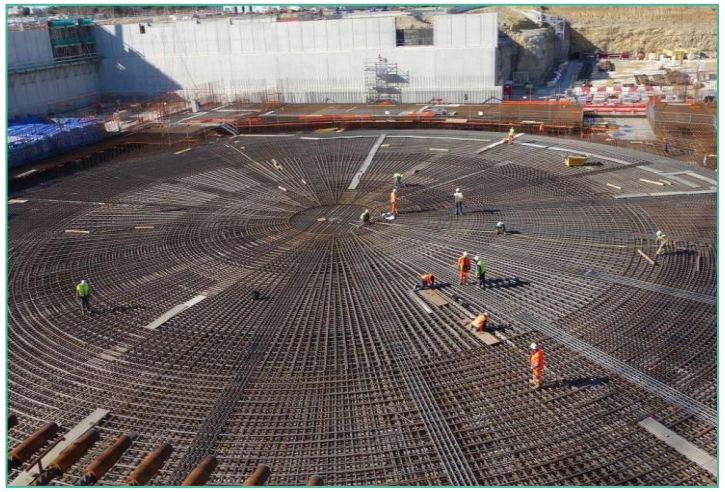
❑ شمع های چوبی

شمع های چوبی از تنه های درختان صاف و بلند تهیه شده و مناسب جهت استفاده در خاک اشباع می باشد. جهت جلوگیری از آسیب دیدن شمع های چوبی هنگام کوبیده شدن، می توان از کفشک فولادی در نوک و سرپوش فولادی در انتهای آن استفاده نمود.

❑شمع های مرکب

در شمع های مرکب قسمت فوقانی و تحتانی شمع از دو مصالح مختلف تهیه می گردد. این شمع ها می تواند دارای قسمت تحتانی فولادی و در بخش فوقانی بتن درجا بوده (محدودیت ارتفاع بتن درجا) و یا در قسمت تحتانی چوبی و در بخش فوقانی بتنی باشند (وجود آب زیرزمینی در انتهای شمع).

شالوده های سطحی (Shallow Foundations)



شالوده سطحی به بخشی از سازه اطلاق می شود که روی سطح فوقانی آن ستون یا دیوار قرار گرفته و سطح تحتانی آن مستقیماً روی زمین (پی) و یا شالوده شمعی تکیه دارد و بار ساختمان را به زمین منتقل می کند. عمق استقرار در شالوده های سطحی کوچکتر مساوی ۳ برابر بعد افقی شالوده می باشد. انواع شالوده های سطحی از نظر هندسه و رفتار:

- شالوده های منفرد
- شالوده های نواری
- شالوده های باسکولی
- شالوده های شبکه ای
- شالوده های گسترده

❑ شالوده های مفرد (Single Footing)

به شالوده ای اطلاق می شود که بار یک ستون را به زمین منتقل می نماید.

شالوده منفرد می تواند به شکل مربع مستطیل، چند ضلعی منتظم، دایره و یا هر شکل غیر منتظم دیگری باشد و مقطع آن نیز می تواند به شکل مربع مستطیل، ذوزنقه و یا پلکانی باشد.

شالوده های منفردی که نزدیک به هم باشند، می توانند به یکدیگر پیوسته و به صورت شالوده مرکب کار کنند.

❑ شالوده های نواری (Strip Footing)

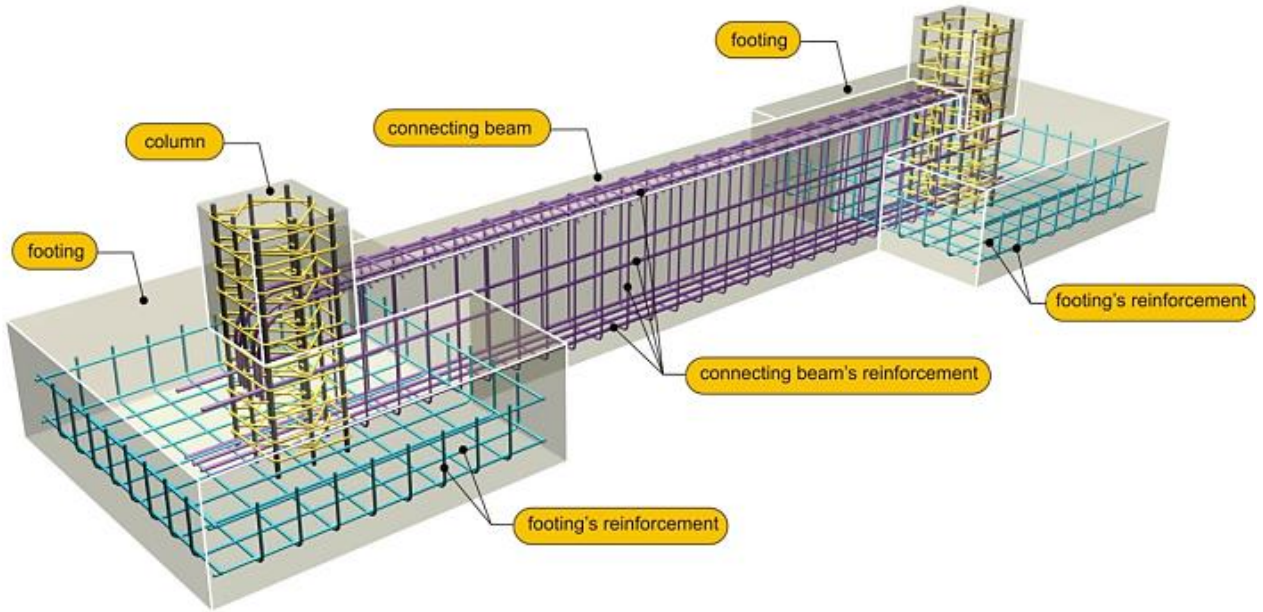
شالوده نواری به شالوده یکسره ای اطلاق می شود که بار دیوار و یا چند ستون را، که در یک ردیف قرار دارند به زمین منتقل می نماید.

مقطع شالوده می تواند به شکل مربع مستطیل ، ذوزنقه و یا پاشنه دار باشد.

در حالتی که شالوده نواری صرفاً بار دیوار را به زمین منتقل کند شالوده دیواری نامیده می شود.

❑ شالوده های باسکولی (Strap Footing)

شالوده باسکولی به مجموعه ای از دو شالوده منفرد اطلاق می شود که در نتیجه 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. در صورتی که این تیر رابط تحت اثر فشار خاک زیرین قرار گیرد باید طبق ضوابط مربوط به شالوده نواری طراحی گردد.



❑ شالوده های شبکه ای (Grid Foundations)

شالوده های شبکه ای حاصل از ادغام و ترکیب شالوده های نواری در جهت های متعامد بوده و دارای شبکه ای متعامد از نوارها است. مجموعه ایجاد شده در شالوده های شبکه ای معمولاً رفتاری مشابه شالوده های گسترده خواهد داشت.

❑ شالوده های گسترده (Mat Foundations)

شالوده های گسترده شامل یک دال یکپارچه بتن مسلح بوده که کلیه واکنش های تکیه گاهی ستون ها و دیوار ها را تحمل می نماید.

در این نوع شالوده ها توزیع تنش به صورت نسبتاً یکنواخت صورت گرفته و تحت اثر بارهای موضعی تمرکز تنش کمتری را به نسبت سایر انواع شالوده شاهد خواهیم بود.

با توجه به یکنواختی نسبی تنش در شالوده های گسترده، در مقایسه با سایر انواع شالوده نشست غیر یکنواخت کمتری را شاهد خواهیم بود.

❑ مراحل اجرای شالوده های سطحی

۱. ابتدا بستر خاکی تسطیح شده توسط یک لایه بتن مگر کم عیار (غالباً عیار ۱۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب سیمان) به ضخامت حداقل ۱۰۰ میلی متر رگلاژ می شود. هدف از اجرای بتن مگر ایجاد سطحی صاف برای بستر شالوده و جلوگیری از تداخل خاک با بتن شالوده می باشد.

۲. پس از اجرای آرماتورهای طولی و عرضی شبکه پایین شالوده، آرماتورهای تقویتی شبکه پایین در محل های مورد نظر تعبیه می گردند. لازم به ذکر است جهت تامین پوشش بتن در شالوده می توان از لقمه های سیمانی یا اسپیسر پلاستیکی استفاده نمود.

۳. پس از آن آرماتورهای طولی و عرضی شبکه بالای شالوده و همچنین آرماتورهای تقویتی شبکه بالا مطابق نقشه ها در محل های مورد نظر اجرا می گردند.

۴. درصورتیکه به علت شرایط زمین شالوده، 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. در غیر این صورت پس از اعملیات قالب بندی انجام خواهد گرفت.

۵. پس از آن چاله ی آسانسور، ریشه پله ها در سازه های بتن آرمه و یا میل مهار اتصال شمشیری پله در سازه های فولادی اجرای می گردند.

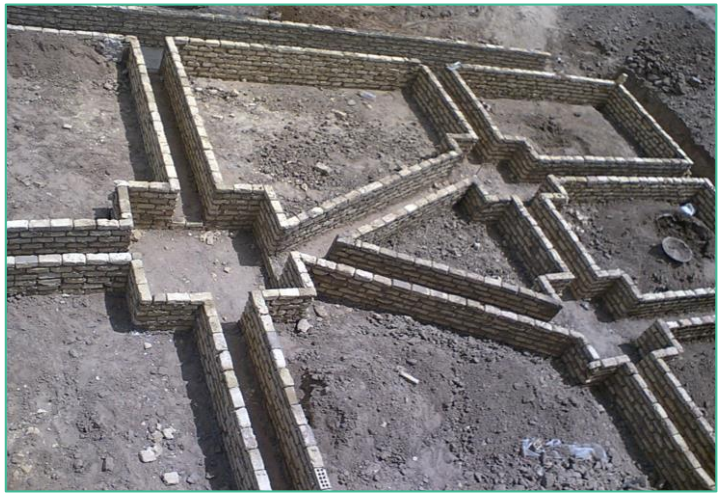
۶. پس از کنترل موارد با جایگذاری ریشه های ستون ها، دیوارها و میل مهار بیس پلیت ها، عملیات بتن ریزی انجام می گیرد.

۷. در نهایت پس از عمل آوری بتن در صورت استفاده از قالب فلزی یا چوبی، قالب ها باز شده و در صورتی که از آجر چینی جهت قالب بندی استفاده شده می توان آجر ها را جهت استفاده در محلی دیگر برداشت.

❑ نکات آیین نامه ای اجرای شالوده های سطحی

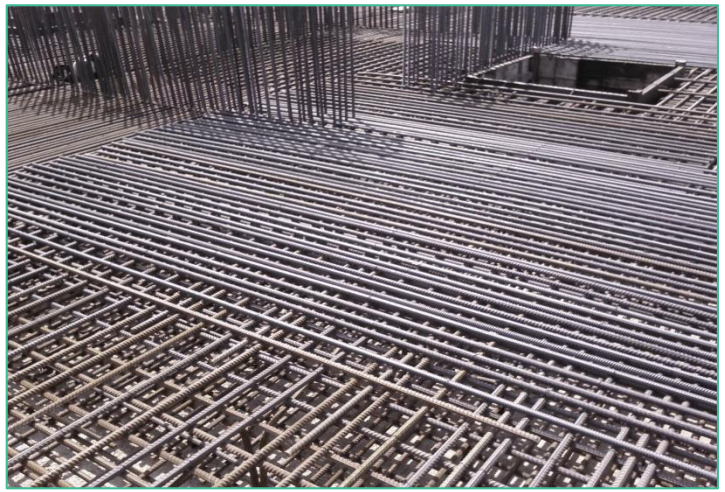
- ✓ ضخامت شالوده نباید کمتر از ۳۰۰ میلی متر در نظر گرفته شود.
- ✓ حداقل عمق شالوده می بایست ۵۰۰ میلی متر در نظر گرفته شود (کف شالوده تا سطح خاک).
- ✓ پی باید در ترازی اجرا شود که در آن تراز، یخ زدگی زمین در پی خرابی ایجاد نکند.
- ✓ پی باید در ترازی اجرا شود که تغییرات فصلی باعث تورم یا انقباض در خاک های رسی نشود.
- ✓ پی باید در ترازی اجرا شود که در آن ریشه درختان و بوته ها موجب تغییرمکان بیشتر از حد مجاز نگردد.

❑ نکات آیین نامه ای اجرای شالوده های سطحی



- ✓ شالوده های جدا از هم در یک ساختمان باید در دو امتداد ترجیحاً عمود برهم، به وسیله کلاف های رابط بهم متصل شوند، بطوری که کلاف ها مانع حرکت دو شالوده نسبت به هم گردند.
- ✓ در ساختمان های یک طبقه که دارای دهانه بزرگ هستند مانند ساختمان های صنعتی، آشیانه ها و غیره که در آنها شالوده ها دارای عمق استقرار و پایداری کافی در برابر نیروهای جانبی هستند، از پیش بینی کلاف در امتداد دهانه قاب می توان صرفنظر کرد. در این شالوده ها خاکریز اطراف شالوده باید پس از اجرا به خوبی کوبیده و متراکم شود.

❑ نکات آیین نامه ای اجرای شالوده های سطحی



- ✓ در شالوده های سطحی قطر میلگرد ها نباید کمتر از ۱۰ میلی متر و فاصله محور تا محور آن ها از یکدیگر کمتر از ۱۰۰ میلی متر و بیشتر از ۳۵۰ میلی متر در نظر گرفته شود.
- ✓ ابعاد حداقل کلاف رابط می بایست ۲۵۰ میلی متر و تعداد میلگرد طولی کلاف حداقل ۴ آرماتور با قطر ۱۲ میلی متر باشد.
- ✓ آرماتور های طولی کلاف های رابط می بایست توسط آرماتور های عرضی به قطر حداقل ۶ میلی متر و در فواصل حداقل ۲۵۰ میلی متر گرفته شوند.

بخش سوم

سازه های

بتن آرمه

طبقه بندی سازه های بتن آرمه

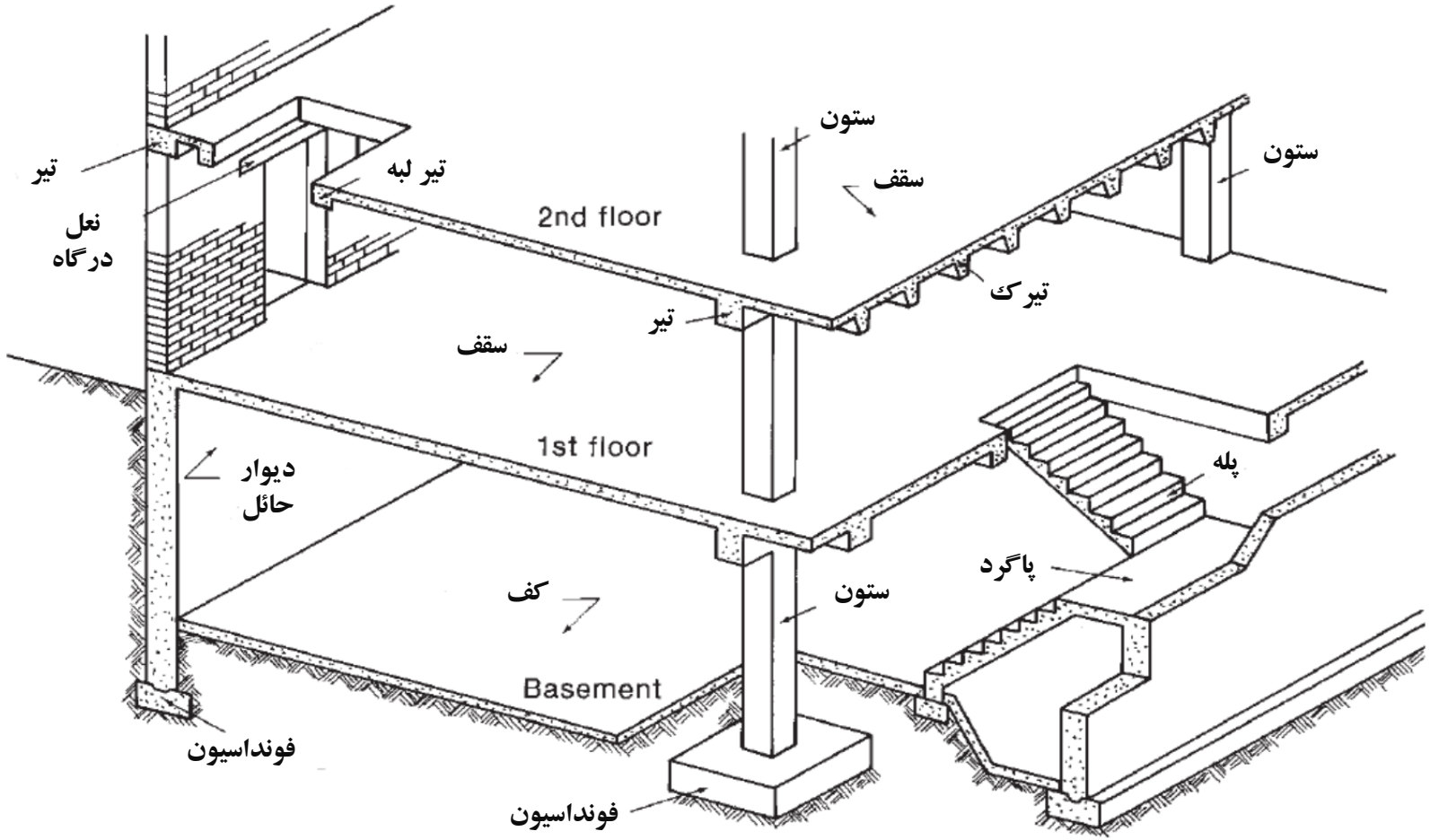
❑ سازه های بتنی درجا (Cast-in-Place)

در این نوع سازه اعضا به صورت مرحله ای آرماتوربندی و قالب بندی شده و در محل بتن ریزی می گردند.

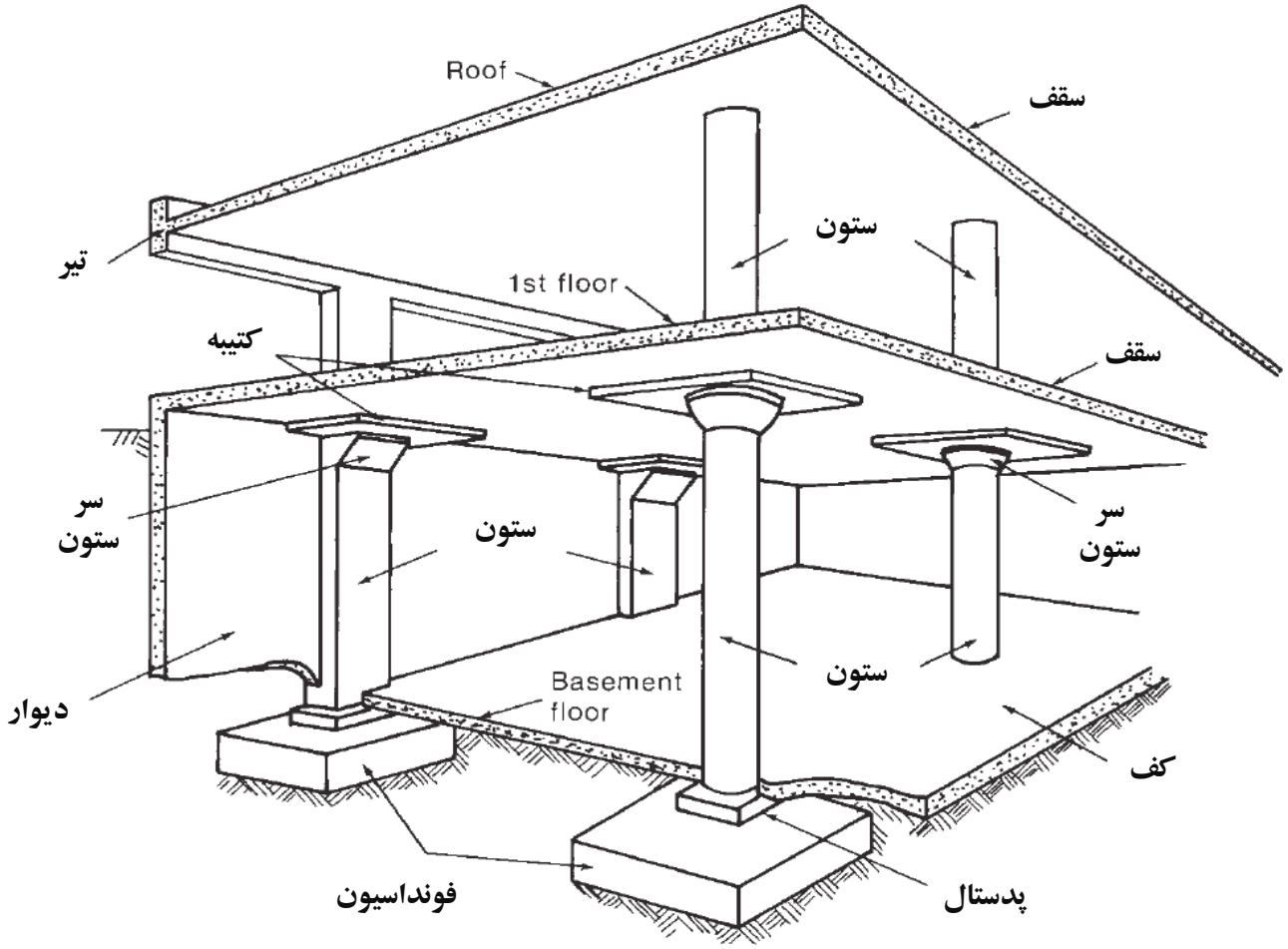
❑ سازه های بتنی پیش ساخته (Pre-Cast)

در این نوع سازه اعضا در کارخانه در شرایط خاص تولید شده و پس از حمل به کارگاه نصب می گردند.

اجزاء سازه های بتن آرمه



اجزاء سازه های بتن آرمه



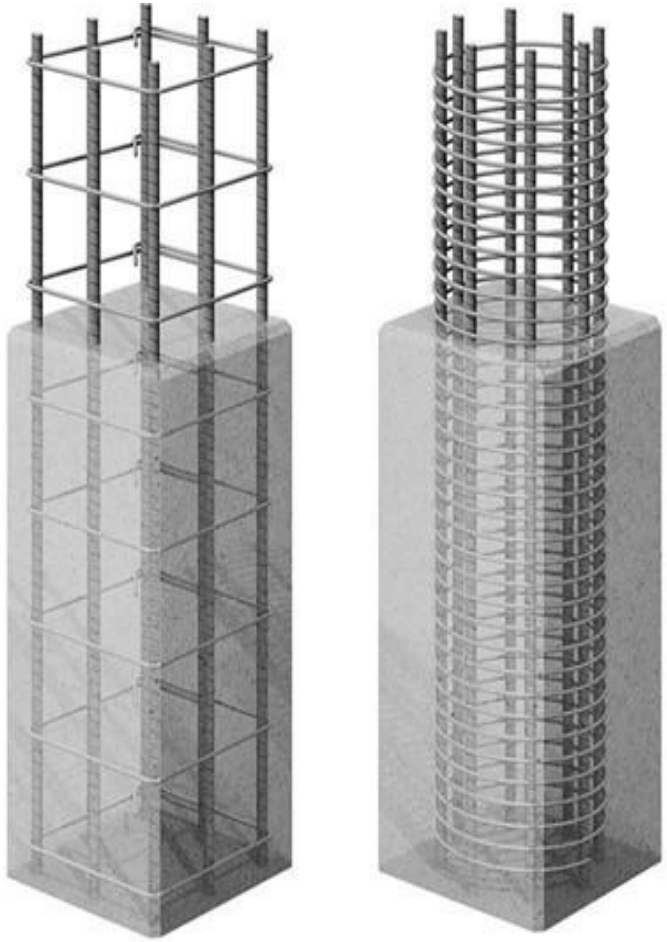
اجزاء سازه های بتن آرمه

❑ ستون (Column)

ستون عضو سازه ای می باشد که بار محوری فشاری را با و یا بدون لنگر خمشی متحمل می شود.

✓ اگر نسبت ارتفاع به کوچکترین بعد مقطع ستون کمتر از ۳ باشد آن عضو پایه یا پدستال نامیده می شود.

❑ انواع ستون



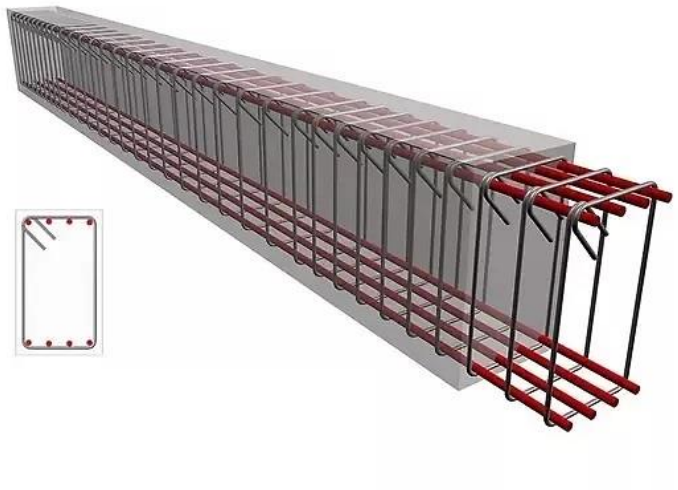
۱. ستون با آرماتور عرضی تنگ (Tie) یا دورگیر (Hoop)

۲. ستون با آرماتور عرضی دور پیچ (Spiral)

در ستون ها آرماتور های طولی به جهت کمک به ظرفیت فشاری و همچنین تحمل کشش ناشی از لنگر خمشی تعبیه می شوند.

آرماتور های عرضی در ابتدا نقش اجرایی به عنوان مهار آرماتور طولی در هنگام بتن ریزی داشته و همچنین با کوتاه کردن طول آزاد آرماتورهای طولی از کمانش آن ها جلوگیری کرده و ضمن ایجاد محصور شدگی سبب افزایش مقاومت ستون می گردند. علاوه بر این بخشی از برش موجود را نیز متحمل می شوند.

❑ تیر (Beam)



تیرها اعضایی هستند که نیروهای عمود بر محور عضو را متحمل می شوند. نیروهای وارده سبب ایجاد لنگر خمشی و نیروی برشی در تیر می گردد.

آرماتور های طولی در تیرها لنگر خمشی و آرماتور های عرضی ضمن ایجاد محصور شدگی سبب افزایش مقاومت تیر گشته و بخشی از برش موجود را نیز متحمل می شوند.

❑ دیوار حائل (Retaining Wall)

اعضایی هستند که بار ناشی از فشار جانبی خاک در طبقات زیر زمین ساختمان را متحمل می شوند. دیوارهای حائل علاوه بر تحمل بار جانبی خاک سبب افزایش سختی و مقاومت جانبی سازه نیز می گردند.

- ✓ می توان (حداکثر در یک طبقه زیر زمین) به جای استفاده از دیوار حائل بتن مسلح جهت مهار فشار خاک، از دیوار با مصالح بنایی چون آجر فشاری استفاده نمود.

❑ دیوار برشی (Shear Wall)

دیوارهای برشی اعضایی هستند که جهت مقاومت در برابر بارهای جانبی باد و زلزله در صفحه دیوار مورد استفاده قرار می گیرند.

دیوار های برشی علاوه بر بارهای جانبی باد و زلزله، وزن خود و همچنین بار ثقلی طبقات فوقانی در محدوده اطراف خود را نیز متحمل می شوند.

دیوارهای برشی به تنهایی یا به کمک قاب (تیر و ستون) می توانند در بار های جانبی و ثقلی در سازه مشارکت کنند.

❑ دیوار برشی همبند (Coupled Shear Wall)

می توان در صورت وجود محدودیت های معماری نسبت به ایجاد بازشوها با ابعاد کنترل شده در دیوارهای برشی اقدام نمود.

ایجاد بازشو در دیوارهای برشی، سبب کاهش ظرفیت باربری دیوار می گردد.

ایجاد بازشو در دیوارهای برشی سبب پیچیدگی اجرایی در جزئیات آرماتور گذاری تیر ناحیه فوقانی بازشو (تیر همبند) می گردد.

❑ اتصال صلب (Rigid Connection)

اتصال صلب به اتصالی اطلاق می شود که قابلیت انتقال لنگر بین تیر و ستون را دارا باشد. در قاب با اتصال صلب زاویه نسبی بین تیر و ستون تغییر نمی کند.

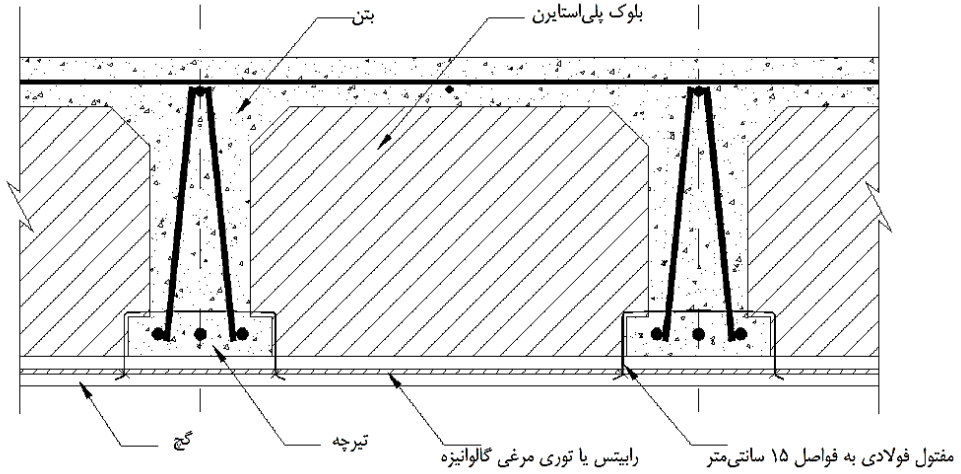
❑ اتصال مفصلی (Hinge Connection)

اتصال مفصلی یا ساده به اتصالی اطلاق می شود که قابلیت انتقال لنگر بین تیر و ستون را دارا نمی باشد. در قاب با اتصال مفصلی زاویه نسبی بین تیر و ستون تغییر می کند.

انواع سقف در سازه های بتن آرمه

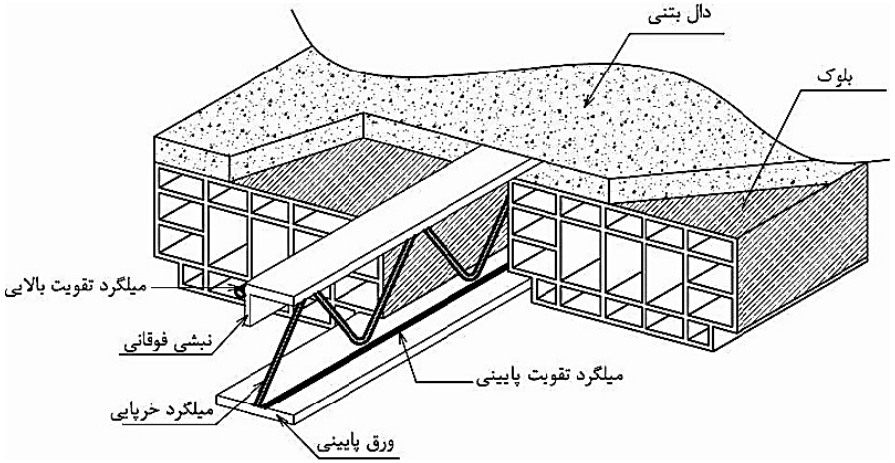
❑ سقف تیرچه بتنی و بلوک

- صرفه اقتصادی
- عدم نیاز به تجهیزات خاص
- عدم نیاز به نیروی اجرایی متخصص
- ضعف بلوک یونولیتی در حریق
- الزام به استفاده از تیرچه پاشنه بتنی
- الزام به اجرای سقف کاذب
- وزن بالای سقف با بلوک سفالی
- قابل اجرا در سازه فلزی و بتنی



سقف تیرچه فلزی و بلوک؛ کرومیت

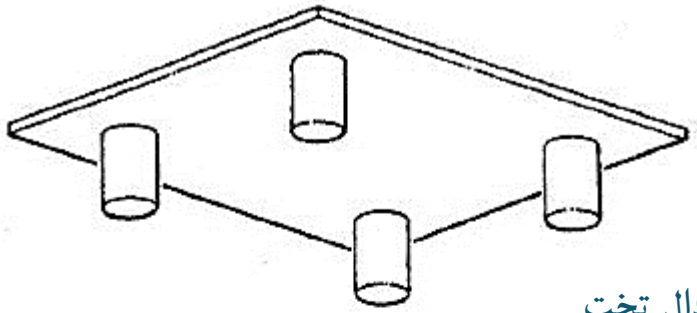
- صرفه اقتصادی
- عدم نیاز به تجهیزات خاص
- عدم نیاز به نیروی اجرایی متخصص
- ضعف بلوک یونولیتی در حریق
- سرعت اجرای بالاتر از تیرچه بتنی
- الزام به اجرای سقف کاذب
- قابلیت اجرای همزمان ۲ یا ۳ سقف
- قابل اجرا در سازه فلزی و بتنی



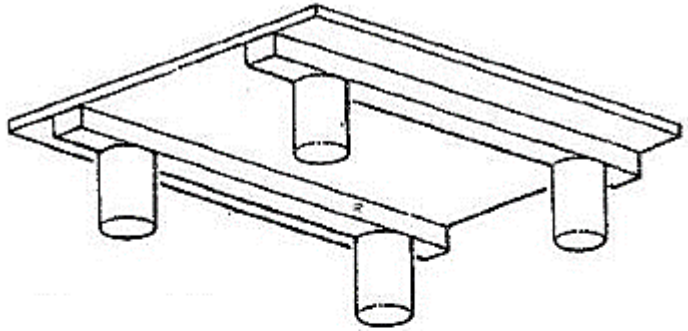
❑ سقف دال بتن آرمه

- عملکرد لرزه ای مناسب
- وزن بالای سقف
- حجم قالب بندی بالا
- قابل اجرا در سازه بتنی و فلزی

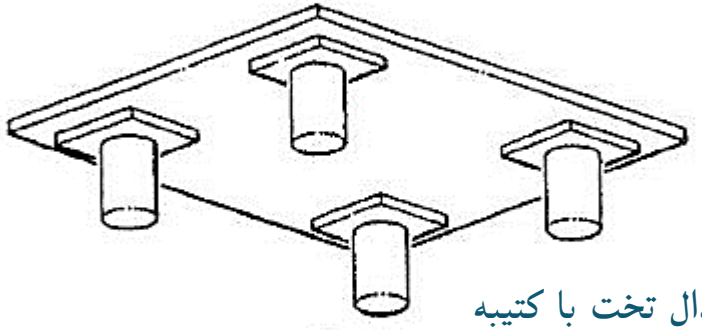
❑ انواع سقف دال بتن آرمه



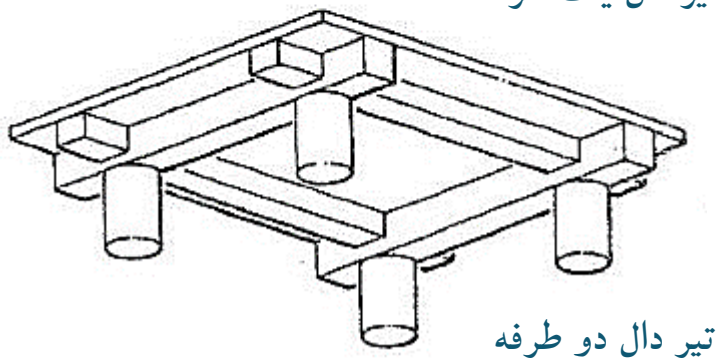
۱. دال تخت



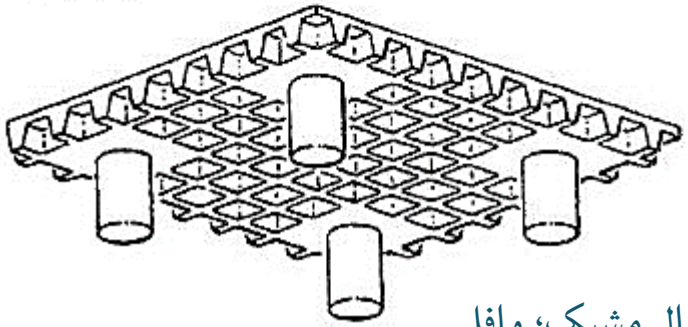
۲. تیر دال یک طرفه



۳. دال تخت با کتیبه



۴. تیر دال دو طرفه



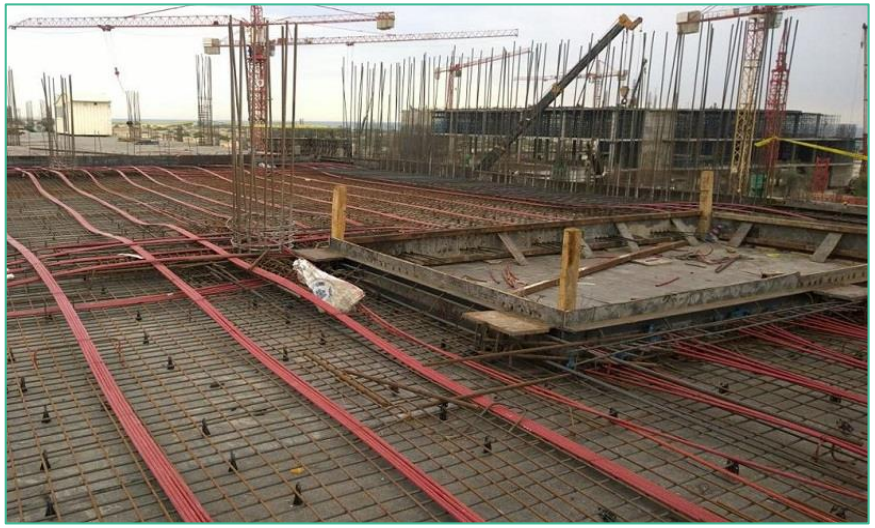
۵. دال مشبک؛ وافل

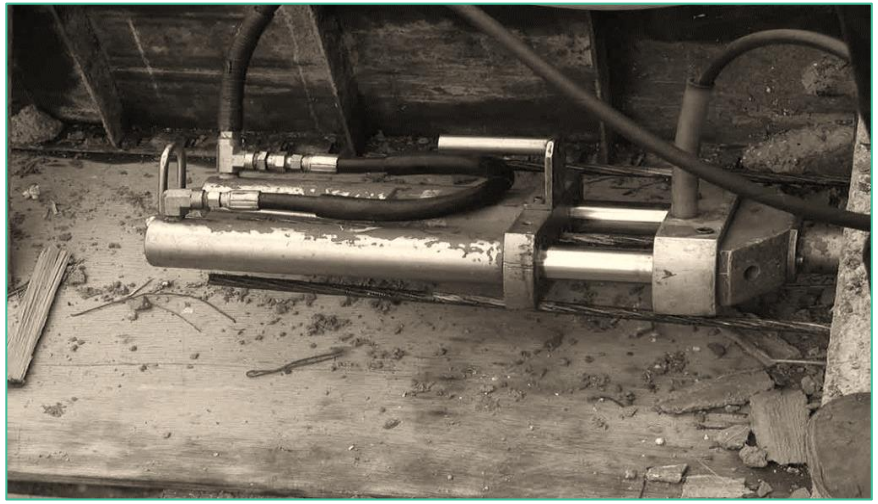
❑ سقف دال بتنی مجوف

- کاهش بار مرده به نسبت دال توپر
- ایجاد حفره هوا در دال با قطعات پلاستیکی
- امکان افزایش طول دهانه در دال
- کاهش مصرف بتن و میلگرد
- عدم نیاز به ماشین آلات سنگین
- حجم قالب بندی بالا
- نیاز به نیروی اجرایی متخصص
- قابل اجرا در سازه بتنی و فلزی

❑ سقف دال بتنی پیش تنیده

- هزینه اجرایی بالا
- استفاده از کابل فولادی مدفون در بتن
- امکان افزایش طول دهانه در دال
- قابل توجیه در سازه بلند و خاص
- نیازمند تجهیزات خاص جهت کشش کابل
- حجم قالب بندی بالا
- نیاز به نیروی اجرایی متخصص
- قابل اجرا در سازه بتنی





اجرای سازه های بتن آرمه؛ آرماتور گذاری

❑ طبقه بندی میلگرد ها از نظر مشخصات مکانیکی

فولاد مصرفی در میلگرد ها از نظر شکل پذیری به سه رده طبقه بندی می شوند:

فولاد نرم (S240) که منحنی تنش – تغییر شکل نسبی آن دارای پله تسلیم مشهود است.

فولاد نیمه سخت (S340، S350، S400 و S420) که منحنی تنش – تغییر شکل نسبی آن دارای پله تسلیم بسیار محدود است.

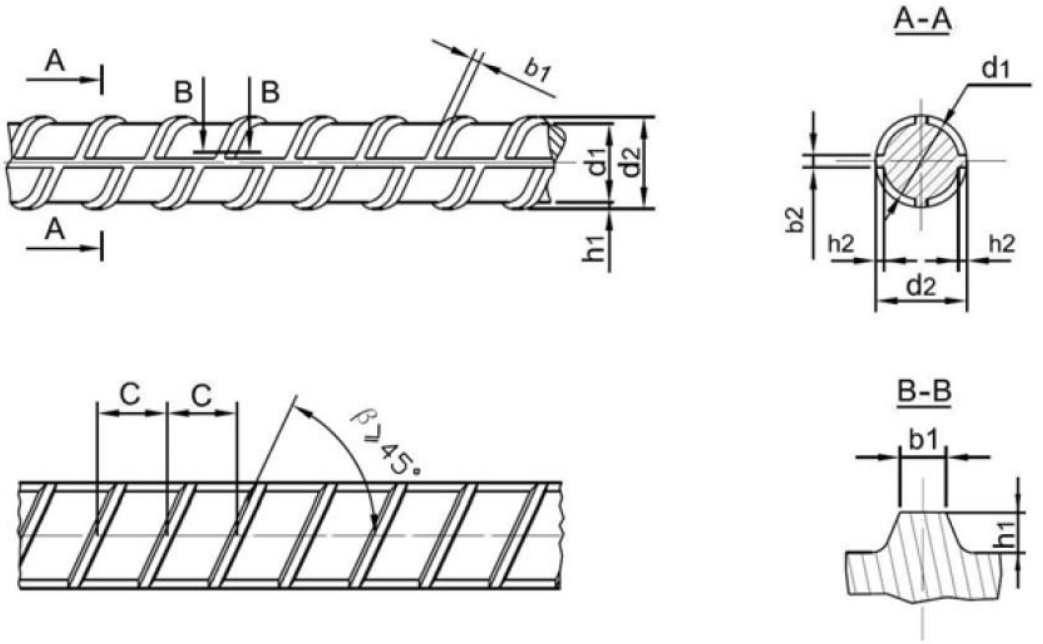
فولاد سخت (S500 و S520) که منحنی تنش – تغییر شکل نسبی آن فاقد پله تسلیم است.

ویژگی‌های کششی آرماتورها

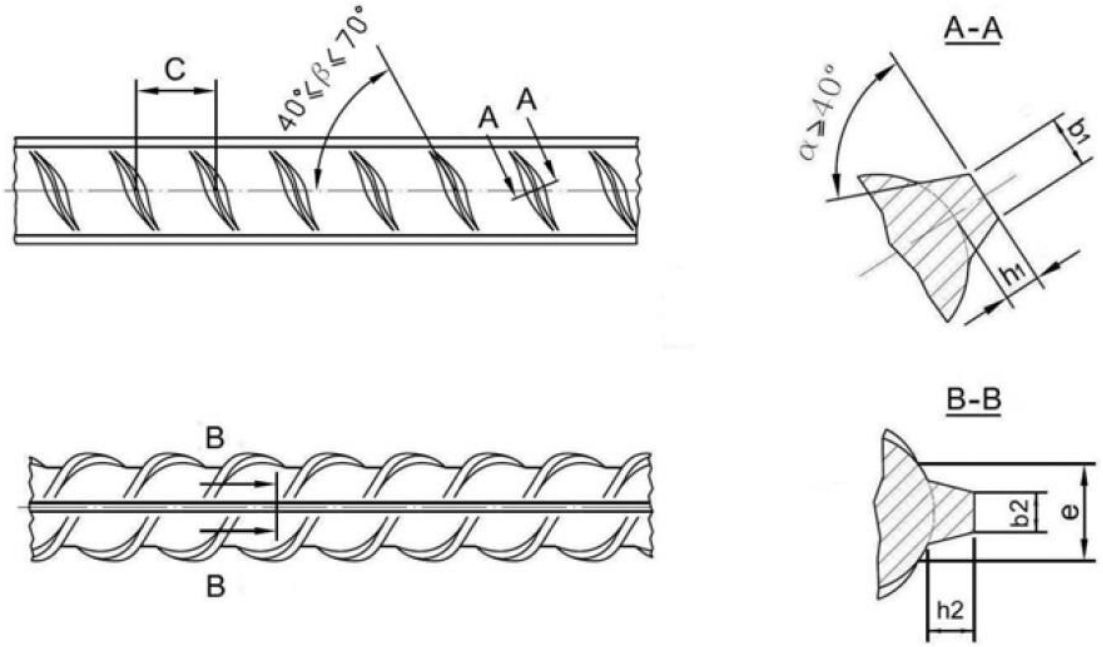
رده	علامت مشخصه	طبقه بندی از نظر شکل رویه	طبقه‌بندی از نظر شکل‌پذیری	مقاومت کششی حداقل، مگاپاسکال	تنش حد تسلیم f_y، مگاپاسکال		کرنش کسیختگی [۱]	
					حداقل	حداکثر	حداقل A_5	حداقل A_{10}
S240	س ۲۴۰	ساده	نرم	۳۶۰	۲۴۰	–	۲۵	۱۸
S340	آج ۳۴۰	آجدار مارپیچ	نیم سخت	۵۰۰	۳۴۰	–	۱۸	۱۵
S350	آج ۳۵۰	آجدار مارپیچ	نیم سخت	۵۰۰	۳۵۰	۴۵۵	۱۷ [۲]	–
S400	آج ۴۰۰	آجدار جناغی	نیم سخت	۶۰۰	۴۰۰	–	۱۶	۱۲
S420	آج ۴۲۰	آجدار جناغی	نیم سخت	۶۰۰	۴۲۰	۵۴۵	۱۶ [۲]	–
S500	آج ۵۰۰	آجدار مرکب	سخت	۶۵۰	۵۰۰	–	۱۰	۸
S500 C	آج ۵۰۰ سرد	آجدار	سخت	۵۵۰	۵۰۰	–	۱۲	–
S520	آج ۵۲۰	آجدار مرکب	سخت	۶۹۰	۵۲۰	۶۷۵	۱۳	–

❑ انواع شکل رویه میلگرد

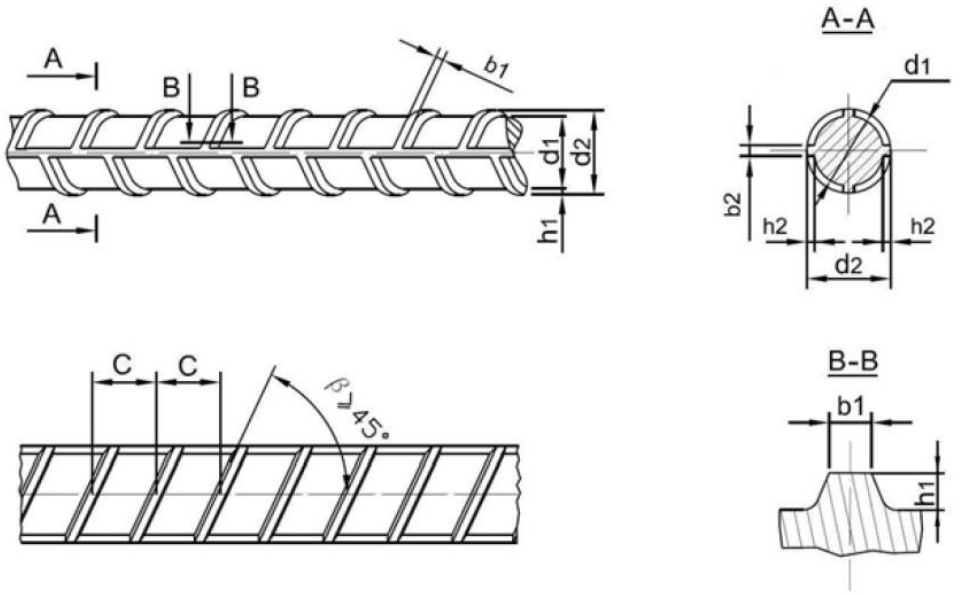
✓ میلگرد های با رویه صاف یا میلگردهای ساده فقط در میلگرد S240 به کار برده می شود. این میلگردها فقط می توانند به عنوان میلگرد دورپیچ در اعضای سازه های بتن آرمه به کار روند و استفاده از آنها به عنوان میلگرد سازه ای غیراز مورد فوق، در تمامی انواع ساختمان ها ممنوع است.



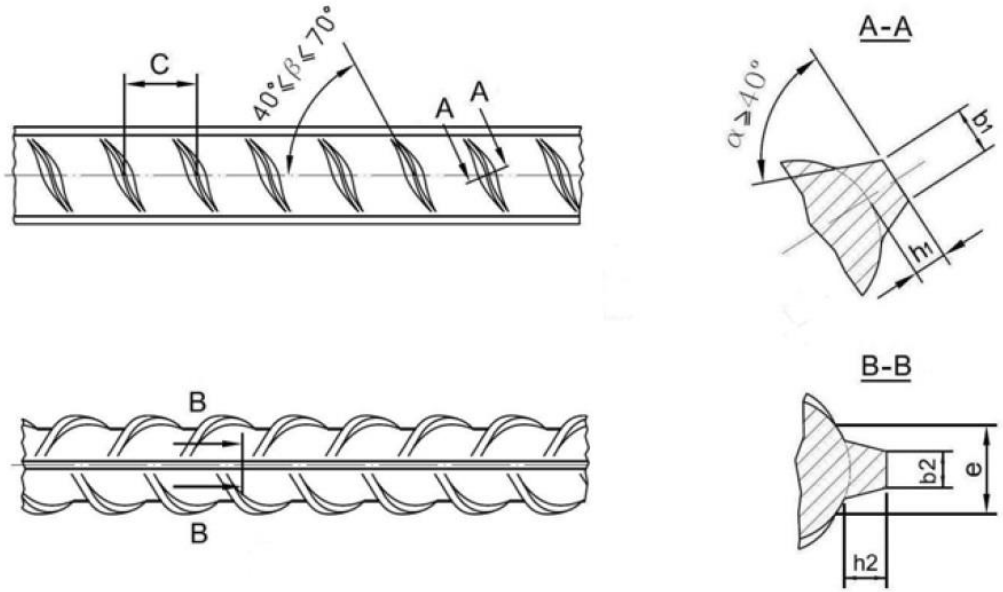
آج میل‌گردهای آج ۳۴۰ و آج ۳۵۰ یکنواخت



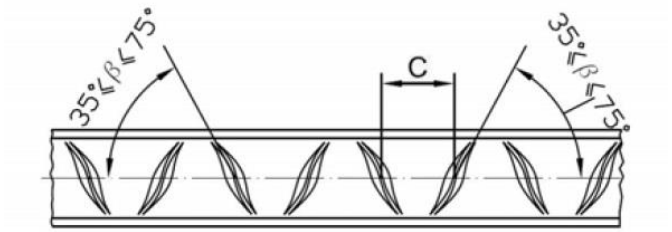
آج میل‌گردهای آج ۳۴۰ و آج ۳۵۰ دوکی



آج میل‌گردهای آج ۴۰۰ و آج ۴۲۰ یکنواخت



آج میل‌گردهای آج ۴۰۰ و آج ۴۲۰ دوکی



آج میل‌گردهای آج ۵۰۰ و آج ۵۲۰ مرکب

❑ بسته بندی میلگرد

میلگرد های S240، S340، S350، S400 و S420 با قطر کوچکتر مساوی ۱۲ میلی متر به صورت کلاف یا شاخه مستقیم به طول ۱۲ متر بسته بندی می گردند. قطر کلاف میلگرد باید حداقل ۲۰۰ برابر قطر میلگرد باشد.

میلگرد های S240، S340، S350، S400 و S420 با قطر بزرگتر مساوی ۱۴ میلی متر و همچنین تمامی میلگرد های S500 و S520 فقط به صورت شاخه مستقیم به طول ۱۲ متر بسته بندی می گردند.

❑ برش و خم کردن میلگرد

- ✓ میلگرد ها باید با وسایل مکانیکی بریده شوند. استفاده از روش های دیگر نیاز به تایید دستگاه نظارت دارد.
- ✓ تمامی میلگردها باید به صورت سرد خم شوند.
- ✓ خم کردن میلگرد ها تا حد امکان باید به طور مکانیکی به وسیله ماشین مجهز به فلکه خم کن و با یک عبور در سرعت ثابت انجام پذیرد، به طوری که قسمت خم شده دارای شعاع انحنای ثابتی باشد.
- ✓ در شرایطی که دمای محیط کار یا میلگرد ها از ۵- درجه سلسیوس کمتر باشد، باید از خم کردن آن ها خودداری شود.
- ✓ به طور کلی باز و بسته کردن خم ها به منظور شکل دادن مجدد به میلگرد ها مجاز نیست.
- ✓ خم کردن میلگردهایی که یک سرآنها در بتن قرار دارد، مجاز نیست.

❑ حداقل ضخامت پوشش بتن روی میلگرد

حداقل ضخامت پوشش بتن روی میلگرد برای اجزای بتنی

شرایط محیطی سازه‌ی بتنی	نوع عضو	میلگردها	پوشش روی میلگردها، میلی‌متر
بتن در تماس دائم با خاک است.	کلیه‌ی اعضا	کلیه‌ی میلگردها	۷۵
بتن در تماس با هوا و یا تماس غیر دائم با خاک است.	کلیه‌ی اعضا	میلگردهای به قطر ۱۸ تا ۵۸ میلی متر	۵۰
		میلگردها و سیم‌های به قطر ۱۶ میلی متر و کم‌تر	۴۰
بتن در تماس با هوا و یا خاک نیست.	دال‌ها، تیرچه‌ها و دیوارها	میلگردهای بزرگتر از قطر ۳۶ میلیمتر	۴۰
		میلگردهای قطر ۳۴ میلی متر و نازک‌تر	۲۰
	تیرها، ستون‌ها، ستون پایه‌ها و اعضای کششی	آرماتورهای طولی، خاموت‌ها، بست‌ها، دورپیچ‌ها و تنگ‌ها	۴۰

❑ عملیات آرماتور بندی

آرماتورها باید قبل از بتن ریزی مطابق نقشه های اجرایی در جای خود قرار گیرند. نقشه های اجرایی آرماتوربندی می بایست شامل موارد زیر باشد:

۱) قطر و تعداد و طول میلگرد های طولی

۲) قطر میلگرد های عرضی و فاصله بین آن ها

۳) جزئیات و شعاع خم میلگرد ها، محل خم، و طول مستقیم پس از خم

۴) جزئیات قلاب ها

۵) جزئیات، نوع، طول و محل وصله ها

۶) ضخامت پوشش بتن روی میلگرد ها

اجرای سازه های بتن آرمه؛ قالب بندی

❑ انواع قالب

قالب، سازه ای موقت وگاهی دائمی است که وظیفه آن تحمل بار های 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 بار های مزبور را تحمل کنند. انواع قالب شامل:

- چوب
- فولاد
- آلومینیوم
- مواد پلیمری
- مصالح بنایی

❑ سیستم سازه قالب ستون ها

سیستم قالب ستون ها شامل صفحه رویه و پشت بند های سخت کننده آن و یوغ و یا صفحه رویه و پشت بندهای سخت کننده آن و اتصالات بین پشت بند های سخت شده می باشد.

❑ سیستم سازه قالب تیر ها

سیستم قالب تیر ها شامل دو بخش سازه قالب کف تیر و سازه قالب دیوارهای تیر می باشد. سازه قالب کف تیر رفتاری مشابه قالب های دال ها و سازه قالب دیوارهای تیر رفتاری نظیر قالب های دیوارها دارد.

❑ سیستم سازه قالب دیوار ها

سیستم قالب دیوار ها شامل صفحه رویه، پشت بندهای قائم، پشت بندهای افقی، بولتها و وادلرها می باشند.

❑ سیستم سازه قالب دال ها

سیستم قالب دال ها شامل صفحه رویه، پشت بند های در دو امتداد متعامد یعنی تیرچه ها و تیرک ها، و پایه ها (شمع ها) می باشد.

❑ نکات اجرایی قالب بندی

- ✓ قطعات رویه قالب ها را می باید به گونه ای در کنار هم قرار داد که هدر رفتن شیره بتن ممکن نباشد.
- ✓ قالب ها باید از هر نوع آلودگی، ملات ها، مواد خارجی و نظایر اینها عاری باشند و پیش از هر بار مصرف با مواد رهاساز پوشانیده شوند.
- ✓ مواد رهاساز را باید چنان به کار برد که بدون آلوده شدن آرماتورها، روی سطوح قالب لایه ای یکنواخت و نازک بوجود آید.
- ✓ مجموعه قالب بندی باید در تمامی مراحل پیش از بتن ریزی، ضمن و پس از آن به دقت زیر نظر باشد و به منظور حفظ مجموعه در محدوده رواداری تعیین شده در آئین نامه تنظیم شود.
- ✓ تعبیه خیز اولیه برای تیرها و دال های با دهانه بزرگ به گونه ای که بتواند تغییر شکل دراز مدت ناشی از بار مرده را جبران نماید، الزامی است.

❑ نکات اجرایی پایه اطمینان

- ✓ هنگام برداشتن قالب سطوح زیرین قطعات بتن آرمه باید پایه هایی را به عنوان پایه های اطمینان در زیر سطح باقی گذاشت تا از بروز تغییر شکل های تابع زمان جلوگیری شده و در عین حال تا کسب مقاومت کافی بتن، از بروز مشکلات مقاومتی و تغییر شکلی در ساختمان جلوگیری کند.
- ✓ پیش بینی پایه های اطمینان برای تیرهای با دهانه بزرگتر از پنج متر، تیرهای کنسول به طول بیشتر از دو و نیم متر، دال های با دهانه بزرگتر از سه متر، و دال های کنسول، به طول بیشتر از یک و نیم متر اجباری است.
- ✓ تعداد پایه های اطمینان، فاصله بین آن ها، و مشخصات آن ها را می باید از طریق محاسبه و بر مبنای مقاومت کوتاه مدت بتن بدست آورد ولی در هر حال فاصله بین آن ها نباید از سه متر بیشتر باشد.

اجرای سازه های بتن آرمه؛ بتن ریزی

❑ آماده سازی محل بتن ریزی

تمامی مواد زاید از جمله یخ و زواید قالب بندی باید از محل های مورد بتن ریزی زدوده و برداشته شوند.

❑ اختلاط بتن

رده بندی بتن بر اساس مقاومت فشاری مشخصه آن بوده (C20، C25، C30 و غیره) که عدد مقابل حرف C بیانگر مقاومت فشاری مشخصه بتن برحسب مگاپاسکال می باشد. ساخت و اختلاط بتن های سازه ای با دست به هیچ وجه مجاز نیست، بجز ساخت و اختلاط بتن های غیر سازه ای. ساخت و اختلاط بتن سازه ای می بایست یا در کارگاه توسط مخلوط کن و تحت نظر دستگاه نظارت انجام گیرد و یا در کارخانه های تولید بتن به صورت بتن آماده بر اساس استاندارد های موجود.

✓ توصیه می گردد جهت بتن های سازه ای از بتن آماده استفاده گردد!

❑ انتقال بتن

انتقال بتن از مخلوط کن تا محل نهایی بتن ریزی باید چنان صورت گیرد که از جدا شدن یا از بین رفتن مصالح جلوگیری شود. وسایل انتقال بتن عبارتند از:

- دامپر یا چرخ دستی
- ناوه یا شوت شیبدار
- پمپ بتن
- باکت یا جام
- کامیون مخلوط کن

❑ بتن ریزی

بتن باید تا حد امکان نزدیک به محل نهایی خود ریخته شود تا از جدایی دانه ها بر اثر جابجایی مجدد جلوگیری شود.

در عملیات بزرگ، باید محل ختم بتن ریزی از قبل تعیین و در نقشه های اجرایی مشخص شود و عملیات تا محل درزهای اجرایی ادامه یابد. چنانچه بر اثر بروز اشکالات، توقف بتن ریزی حادث شود، باید محل قطع بتن ریزی برای ادامه عملیات بتن ریزی آماده شود.

❑ بتن ریزی سقف ها و دال 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 تا حد امکان از به وجود آمدن درز سرد در دال ها پرهیز گردد.

❑ بتن ریزی ستون ها و دیوارها

بتن ریزی دیوارها باید در لایه های افقی با ضخامت یکنواخت صورت گیرد و هرلایه، 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 درز 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 ساختمان ادامه یابد. در تمام حالات باید از جمع شدن آب در انتها و گوشه ها جلوگیری شود.

در بتن ریزی ستون ها و دیوارها ارتفاع سقوط بتن می بایست به ۱/۲ متر محدود گردد.

❑ نکات اجرایی تراکم بتن

- ✓ بتن باید در طول عملیات بتن ریزی با استفاده از وسایل مناسب متراکم شود. به گونه ای که میلگرد ها و اقلام مدفون را به طور کامل در بر گیرد و قسمت های داخلی و به خصوص گوشه های قالب ها را به خوبی پر کند.
- ✓ در بتن های خودتراکم، نیازی به استفاده از وسایل متراکم کننده نیست.
- ✓ ویبراتور باید در داخل بتن به طور منظم و در فواصل مشخص به نحوی فرو برده شود که دو قسمت لرزانیده شده با هم، همپوشانی داشته باشند. قسمتی از ویبراتور باید در لایه زیرین که هنوز حالت خمیری دارد، فرو رود.
- ✓ فاصلهٔ بین نقاط فرو بردن ویبراتور می باید حداکثر ۱/۵ برابر شعاع عملکرد موثر ویبراتور باشد.
- ✓ درصورت استفاده از ویبراتورهای متصل به قالب برای تراکم بتن دیوار ها و ستون ها، طول ۸۰۰ میلی متر بالای این اعضا را می باید با ویبراتور شلنگی (درونی) نیز متراکم کرد.

اجرای سازه های بتن آرمه؛ قالب برداری

❑ زمان برداشت قالب و پایه اطمینان

درصورتی که آزمایش آزمونه های آگاهی (نگهداری شده در کارگاه) حاکی از رسیدن مقاومت بتن به حداقل هفتاد درصد مقاومت مشخصه باشد، می توان قالب های سطوح زیرین را برداشت.

برچیدن پایه های اطمینان فقط در صورتی مجاز است که علاوه بر مراعات تمامی محدودیت ها، بتن به حداقل نود درصد مقاومت مشخصه رسیده باشد.

در مواردی که مهندس مشاور یا دستگاه نظارت، حداقل مقاومت یا زمان خاصی را برای قالب برداری اعلام نکرده باشند، بعنوان گزینه دیگر می توان از جدول ارائه شده در اسلاید بعد استفاده نمود.

مدت زمان توصیه شده برای باز کردن قالب‌ها (۱) و (۲)

نوع عضو یا قالب	حداقل زمان بازکردن قالب بر حسب دمای متوسط مجاور بتن (۳)							
	۵°C		۱۰°C		۱۵°C		۲۵°C یا بیشتر	
قالب‌های عمودی (مانند: ستون و جدار جانبی تیرها)، ساعت	۱۶ ساعت		۱۲		۱۰		۸	
تیرچه‌های سقف مانند تیرچه‌ی بلوک یا سقف‌های وافل (با فاصله‌ی تیرچه‌های کمتر از ۷۵۰ میلی‌متر)، روز	۴ روز		۳		۲/۵		۲	
تیرهای فرعی و اصلی (D: بار مرده و L: بار زنده)	L<D	L>D	L<D	L>D	L<D	L>D	L<D	L>D
با دهانه‌ی آزاد کمتر از ۳ متر، روز	۹ روز	۵/۵	۷	۴	۵/۵	۳	۴	۲/۵
با دهانه‌ی آزاد بین ۳ تا ۶ متر و قالب‌های قوسی، روز	۱۸	۹	۱۴	۷	۱۱	۵/۵	۸	۴
با دهانه‌ی بیشتر از ۶ متر، روز	۲۸	۱۸	۲۱	۱۴	۱۶	۱۱	۱۲	۸
دال یک‌طرفه (D: بار مرده و L: بار زنده) (۴)	L<D	L>D	L<D	L>D	L<D	L>D	L<D	L>D
با دهانه‌ی خالص کمتر از ۳ متر، روز	۵/۵ روز	۴	۴	۳	۳	۲/۵	۲/۵	۲
با دهانه‌ی خالص بین ۳ تا ۶ متر، روز	۹	۵/۵	۷	۴	۵/۵	۳	۴	۲/۵
با دهانه‌ی خالص بیشتر از ۶ متر، روز	۱۴	۹	۱۰	۷	۸	۵/۵	۶	۴

(۱) توصیه می‌شود شمع‌ها (پایه‌های اطمینان) در تیرها حداقل ۵۰ درصد و در دال‌ها، حداقل ۱۰۰ درصد زمان قالب‌برداری قالب زیرین، همچنان به‌عنوان پایه‌ی اطمینان بعد از قالب‌برداری سطح زیرین در زیر اعضاء باقی بمانند.

(۲) در مواردی‌که عمل‌آوری تسریع شده یا نحوه‌ی قالب‌بندی یا حرکت خاص قالب (مانند قالب لغزان)، مورد نظر باشد، تقلیل زمان‌های فوق امکان‌پذیر است.

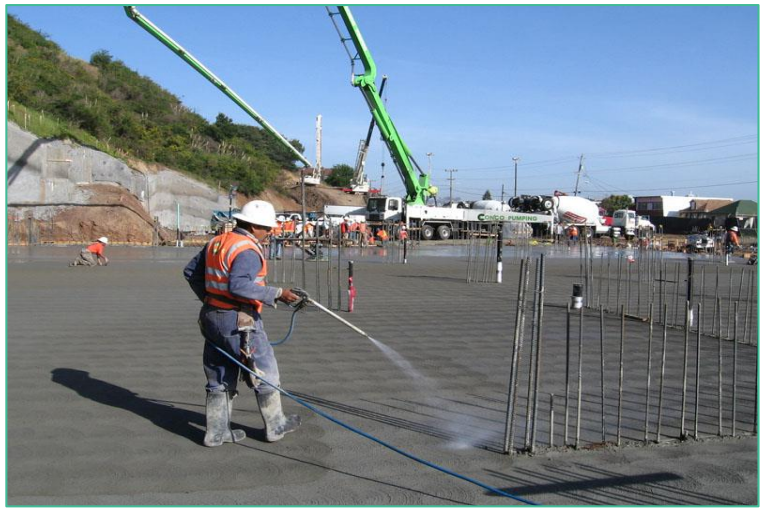
(۳) این زمان‌ها برای سیمان‌های پرتلند نوع ۱ و ۲ با رده‌ی مقاومتی ۳۲۵ است. برای سیمان‌هایی با مقاومت اولیه بیشتر، مانند رده‌ی ۴۲۵ و ۵۲۵ و نوع ۳، این زمان‌ها متناسب با تغییر مقاومت سیمان در سنین ذکر شده، کمتر خواهد بود و برای سیمان‌های با مقاومت اولیه کمتر، مانند سیمان‌های آمیخته و گاه سیمان پرتلند نوع ۵، این زمان‌ها ممکن است متناسب با تغییر مقاومت سیمان در سنین ذکر شده، افزایش یابد. در صورت استفاده از مواد افزودنی دیرگیر کننده یا زود سخت کننده می‌توان این زمان‌ها را به‌طور متناسب افزایش یا کاهش داد. در صورتیکه دمای متوسط بین اعداد ذکر شده باشد، می‌توان از طریق درون‌یابی خطی برای تعیین مدت قالب‌برداری استفاده کرد.

(۴) در مورد دال‌های دو طرفه باید بر اساس نظر مهندس مشاور یا ناظر اقدام شود. حداکثر زمان آن معادل دال یکطرفه است.

اجرای سازه های بتن آرمه؛ عمل آوری

❑ روش های عمل آوری بتن

عمل آوری روندی است که رطوبت و دمای مطلوب بتن را حفظ یا تأمین کند تا فرآیند هیدراسیون ادامه یابد و خواص و دوام مورد نظر بتن حاصل شود. روش های عمل آوری به دو گروه تقسیم می شوند:



روش آبرسانی: این روش شامل ایجاد حوضچه بر سطح افقی بتن و پوشش های خیس مانند چتایی است.

روش عایقی: در این روش، رطوبت بتن حفظ می شود و از تبخیر آب بتن جلوگیری میگردد. این روش شامل پوشش ها مانند پلاستیک، قالب ها و مواد شیمیایی غشایی عمل آوری است.

مدت زمان عمل آوری بتن

جهت تعیین مدت زمان عمل آوری از جدول ارائه شده استفاده نمود:

حداقل مدت عمل‌آوری برای رده‌های مختلف عمل‌آوری با توجه به دمای سطح بتن و روند کسب مقاومت آن (۱)

دمای متوسط سطح بتن (درجه سلسیوس)	حداقل مدت عمل‌آوری بر حسب روز برای روندهای کسب مقاومت بتن								
	سریع (تند) $r \geq 0/5$			متوسط $0/5 > r \geq 0/3$			کند (آهسته) $0/3 > r \geq 0/15$ (۲)		
	رده ۲	رده ۳	رده ۴	رده ۲	رده ۳	رده ۴	رده ۲	رده ۳	رده ۴
$t \geq 25$	۱	۲	۳	۲	۳	۵	۳	۵	۶
$25 > t \geq 15$	۱	۲	۵	۳	۴	۹	۵	۷	۱۲
$15 > t \geq 10$	۲	۳	۷	۴	۷	۱۳	۸	۱۲	۲۱
$10 > t \geq 5$	۳	۴	۹	۵	۹	۱۸	۱۱	۱۸	۳۰

r: نسبت مقاومت فشاری ۲ روزه به ۲۸ روزه

t: دمای متوسط سطح بتن

(۱) چنانچه دمای متوسط روزانه در مدت عمل‌آوری بیش از ۳۰ درجه سلسیوس شود، استفاده از حداقل مدت زمان عمل‌آوری ارایه شده، محافظه‌کارانه می‌باشد.

(۲) چنانچه رشد مقاومت بتن کندتر باشد لازم است از شیوه‌های مستقیم یا غیرمستقیم برای دستیابی به درصدی از مقاومت ۲۸ روزه مورد نظر استفاده نمود.

تعریف رده‌های عمل‌آوری با توجه به شرایط محیطی

رده عمل‌آوری	شرایط محیطی
۱	صرفا برای عمل‌آوری اولیه
۲	شرایط محیطی خوب پس از پایان عمل‌آوری (دارای رطوبت نسبی میانگین هوا بیش از ۸۰ درصد و به‌دور از باد و تابش مستقیم آفتاب)
۳	شرایط محیطی متوسط پس از مدت عمل‌آوری (دارای رطوبت نسبی میانگین بین ۴۰ تا ۸۰ درصد یا گاه دارای باد و تابش مستقیم آفتاب)
۴	شرایط محیطی ضعیف پس از پایان مدت عمل‌آوری (رطوبت نسبی کمتر از ۴۰ درصد یا دارای باد و تابش مستقیم آفتاب)

چنانچه در هر مورد، شرایط رویاروئی «مهاجم» باشد، یا اهمیت عضو بتنی از نظر دوام در این شرایط بیشتر باشد، رده عمل‌آوری ۲ یا ۳ را باید یک درجه افزایش داد.

تعریف رده‌های عمل‌آوری با توجه به اهمیت

شرایط	رده عمل‌آوری			
	۱	۲	۳	۴
دستیابی به درصد مقاومت فشاری مشخصه	– (۱)	۳۵	۵۰	۷۰

(۱) برای زمان گیرش بتن کمتر از ۵ ساعت و دمای سطح بتن بیش از ۵ درجه سلسیوس و هوای مرطوب (شرجی) بدون باد و آفتاب (رده عمل‌آوری «۱»)، مدت زمان عمل‌آوری حداقل ۱۲ ساعت در نظر گرفته می‌شود.

بخش چهارم

سازه های فولادی

فولاد ساختمانی

در ساخت سازه های فلزی با توجه به عملکردی که از لحاظ مقاومت و شکل پذیری از آن انتظار می رود انواع مختلف فولاد استفاده می شود. فولاد هایی که برای مصارف عمومی ساختمانی به کار می روند اغلب از نوع فولاد نرم معمولی با درصد کربن کمتر از ۰/۳ درصد است.

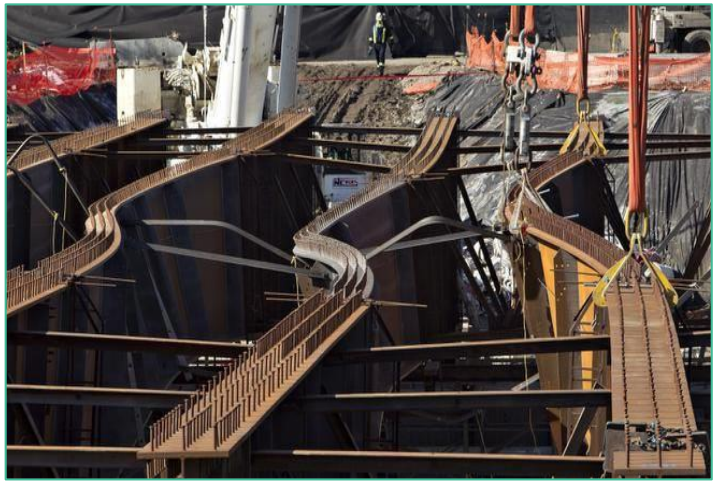
فولادهایی که ضوابط آیین نامه AISC برای آنها تدوین شده است عمدتاً با مشخصات استاندارد ASTM همراه است. فولادهای پروفیل های ساختمانی وارداتی که در کشور ایران رایج است طبق استاندارد DIN آلمان و مشخصات محصولات کارخانه ذوب آهن ایران براساس استاندارد روسی Gost و نزدیک به استاندارد آلمان است.

مزایای بهره گیری از فولاد به عنوان یک ماده باربر

- مقاومت نسبتاً زیاد
- یکنواختی و دوام
- قابلیت ارتجاعی
- قابلیت چکش خواری؛ تحمل تغییر شکل های بزرگ بدون شکست
- قابلیت توسعه و تهیه سریع

معایب بهره گیری از فولاد به عنوان یک ماده باربر

- هوازدگی
- مقاوم نبودن در مقابل آتش سوزی
- حساسیت در برابر کمانش



انواع فولاد ساختمانی

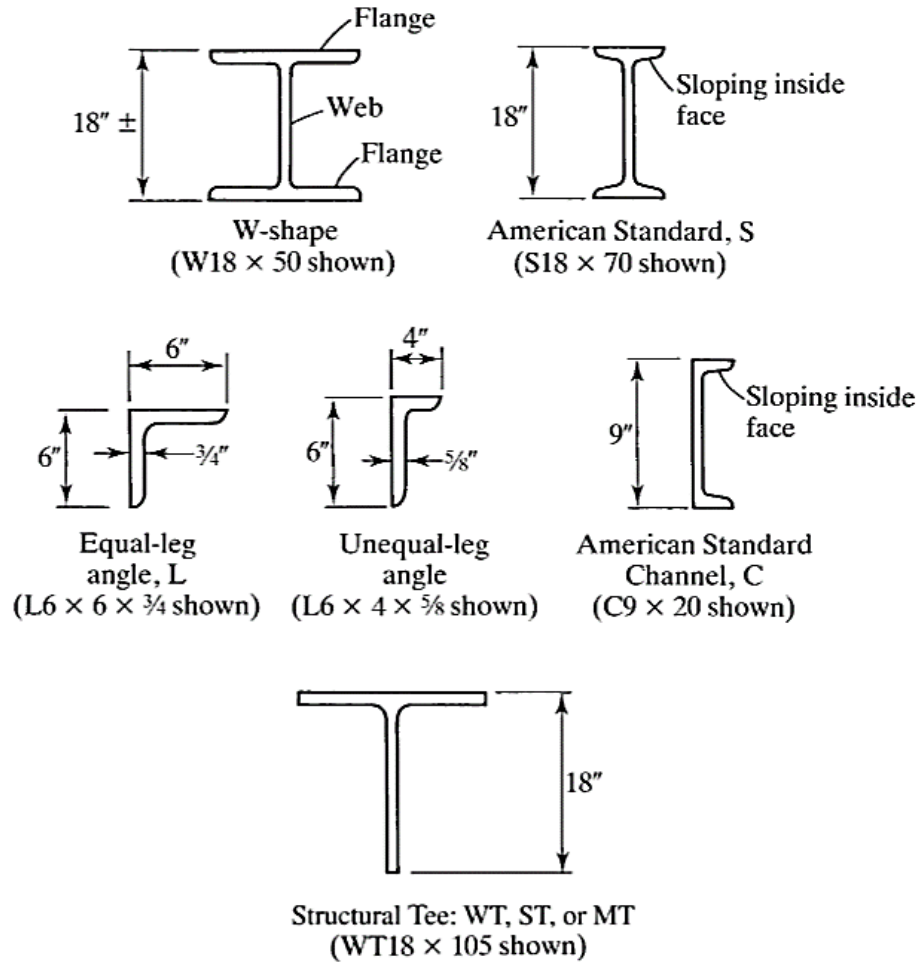
فولادها را می توان براساس مقاومت آن ها به سه دسته تقسیم کرد:

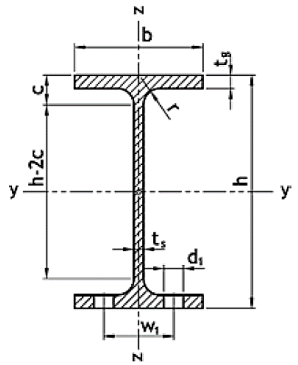
الف) فولاد نرمه معمولی که بیشتر مصارف ساختمانی داشته و در آن ها تنش تسلیم بین ۲۲۰۰ تا ۲۶۰۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع و تنش نهایی آن ها بین ۳۴۰۰ تا ۳۸۰۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع است؛ فولاد A36 مطابق استاندارد ASTM و فولاد ST37 مطابق استاندارد DIN.

ب) فولاد پر مقاومت که در آن ها تنش تسلیم بین ۳۲۰۰ تا ۳۸۰۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع و تنش نهایی آن ها بین ۴۶۰۰ تا ۵۴۰۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع است؛ فولاد A572 مطابق استاندارد ASTM و فولاد ST52 مطابق استاندارد DIN.

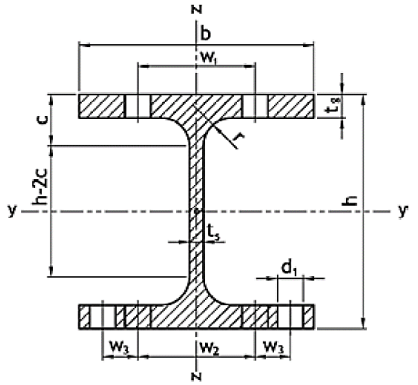
پ) فولاد آب دیده و فوق العاده مقاوم که بیشتر در سازه های خاص و صنعتی مصرف داشته و در آن ها تنش تسلیم بیش از ۶۰۰۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع و تنش نهایی آن ها بیش از ۸۰۰۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع است؛ فولاد A514 مطابق استاندارد ASTM.

پروفیل های فولادی



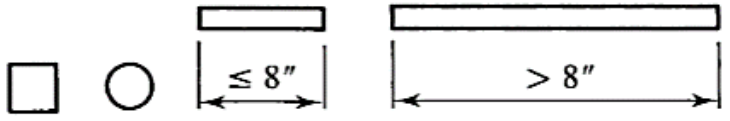


IPE

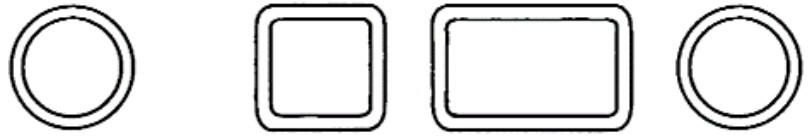


IPB

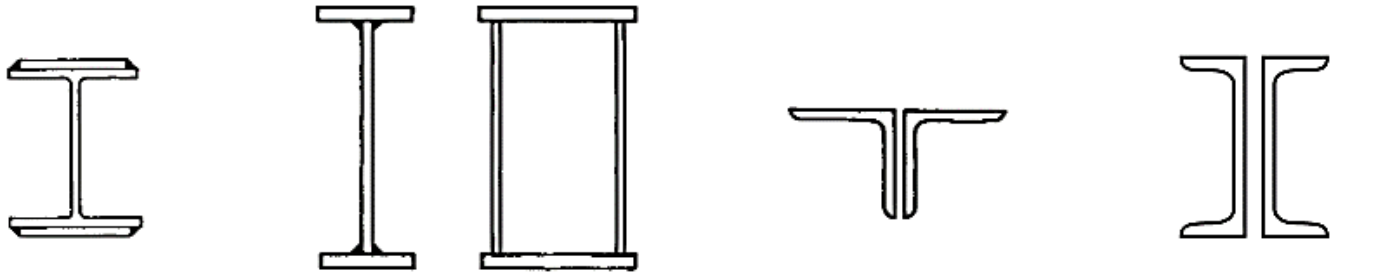
پروفیل های فولادی



Bars Plate

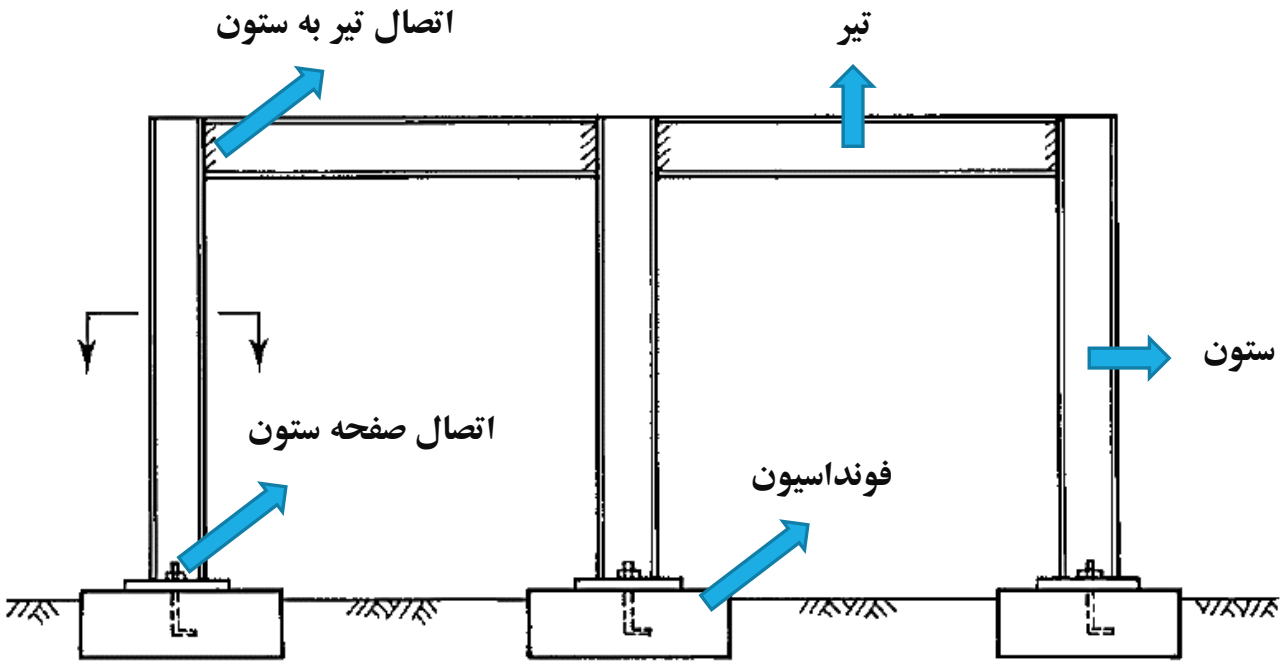


Steel pipe Hollow Structural Sections



W-shape with cover plates | Plate girders | Double angle | Double channel

اجزاء سازه های فولادی



Typical section

اجزاء سازه های فولادی

❑ ستون (Column)

ستون ها اعضایی از سازه های فولادی هستند که نیروهای فشاری در راستای محور عضو را متحمل می شوند. اغلب در سازه های فولادی ستون ها علاوه بر نیروهای فشاری، نیروهای برشی و لنگر خمشی را نیز تحمل می کنند؛ از این رو این اعضاء را اصطلاحاً تیر ستون می نامند.

- ✓ مقاطع باکس، صلیبی، تیرآهن بال پهن، لوله، تیر آهن بال باریک دوبل و ... جهت ساخت ستون ها مورد استفاده قرار می گیرد.

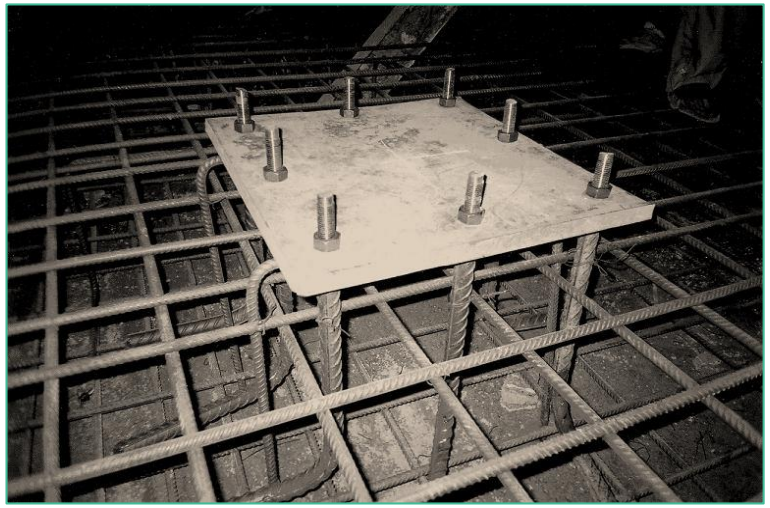
❑ تیر (Beam)

تیرها اعضایی از سازه های فولادی هستند که نیروهای عمود بر محور عضو را متحمل می شوند. نیروهای وارده با ایجاد لنگر خمشی و نیروی برشی در تیر به تکیه گاه ها (اتصالات) منتقل می شوند.

تیرها در سازه های فولادی بسته به نوع اتصال آن در تکیه گاه به تیرهای اصلی (با اتصال گیردار) و تیرهای فرعی (با اتصال مفصلی) تقسیم می شوند.

✓ مقاطع تیر ورق، تیرآهن و ... جهت ساخت تیرها مورد استفاده قرار می گیرد.

❑ اتصال صفحه ستون (Base Plate)



اتصال پایه ستون در سازه های فولادی ضمن انتقال بارهای سازه به پی ساختمان، سبب کاهش تنش های وارده بر پی تحت اثر نیروهای ناشی از ستون در آن می گردد.

اجزاء پایه ستون شامل:

- صفحه ستون (Base Plate)
- سخت کننده (Stiffener)
- میل مهار (Anchor Bolt)

❑ نحوه اجرای اتصال صفحه ستون

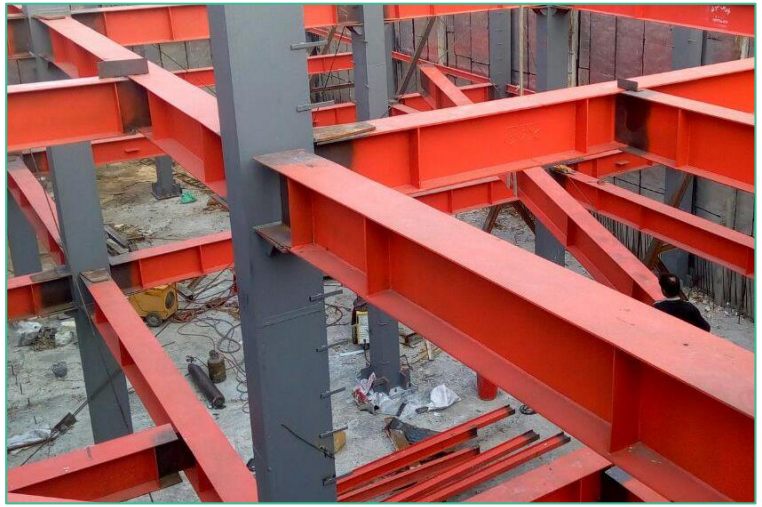
روش اول: ستون، صفحه ستون و سخت کننده ها به طور یکپارچه توسط اتصال جوشی در کارخانه ساخته شده و بر روی میل مهار هایی که در فونداسیون کار گذاشته شده نصب می گردد.

روش دوم: ستون در کارخانه ساخته شده؛ صفحه ستون در کارگاه بر روی میل مهار هایی که در فونداسیون کار گذاشته شده نصب می گردد؛ سپس ستون بر روی صفحه مستقر شده و سخت کننده ها توسط اتصال جوشی ستون را به صفحه ستون متصل می کنند.

❑ اتصال تیر به ستون (Beam to Column Connection)

اتصال صلب (Rigid Connection)

اتصال صلب به اتصالی اطلاق می شود که قابلیت انتقال لنگر بین تیر و ستون را دارا باشد. در قاب با اتصال صلب زاویه نسبی بین تیر و ستون تغییر نمی کند.



❑ اتصال تیر به ستون (Beam to Column Connection)

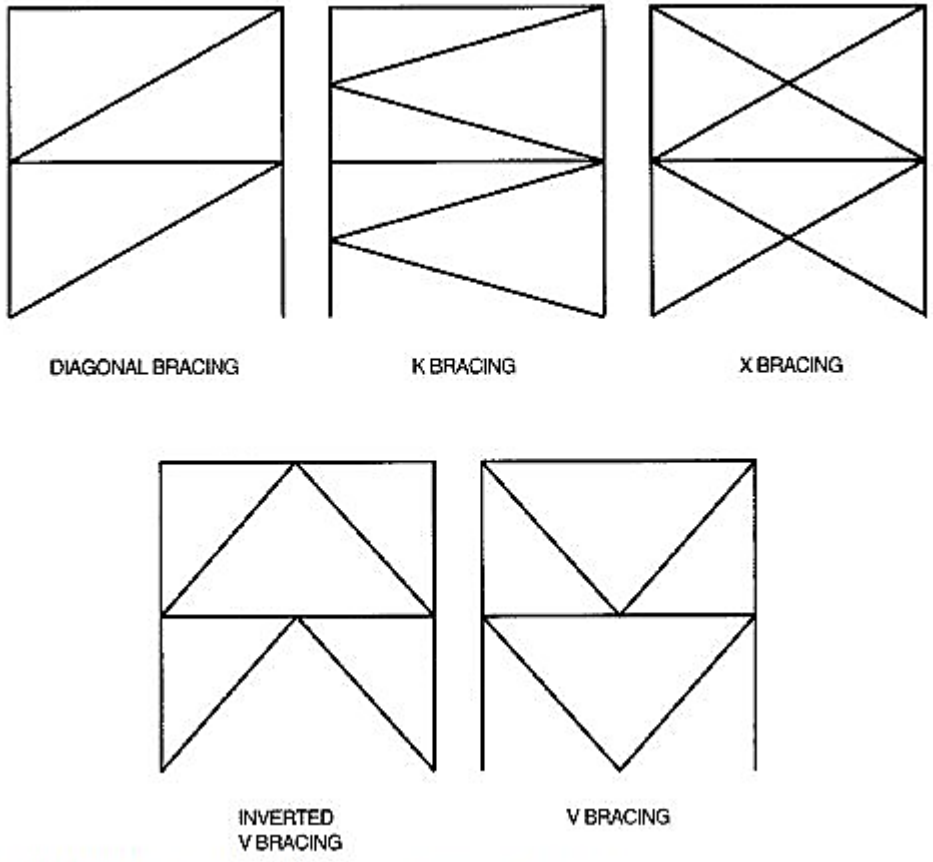
اتصال مفصلی (Hinge Connection)

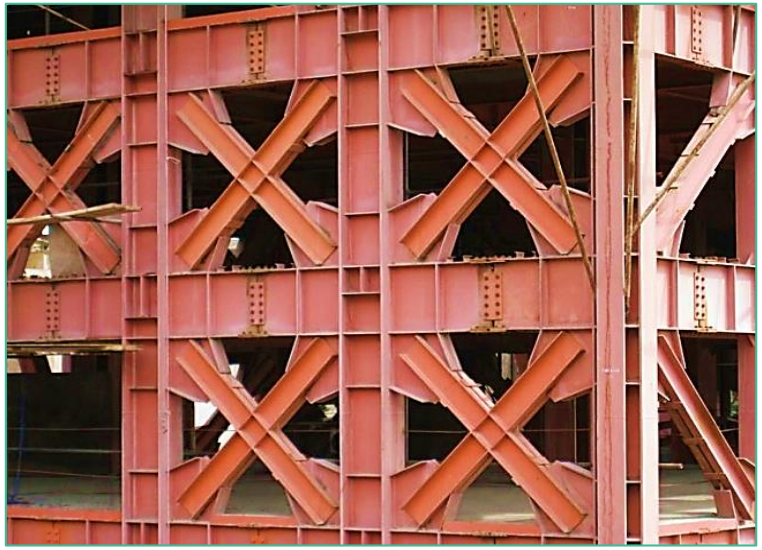
اتصال مفصلی یا ساده به اتصالی اطلاق می شود که قابلیت انتقال لنگر بین تیر و ستون را دارا نمی باشد. در قاب با اتصال مفصلی زاویه نسبی بین تیر و ستون تغییر می کند.

❑ مهاربند (Brace)

مهاربندها به عنوان عناصر مقاوم در برابر بارهای جانبی چون زلزله و باد در سازه ها به کار می روند. انواع آرایش مهاربند ها:

- مهاربند قطری
- مهاربند K
- مهاربند ضربدری
- مهاربند هشتی (شورون معکوس)
- مهاربند هفتی (شورون)





❑ دیوار برشی (Shear Wall)

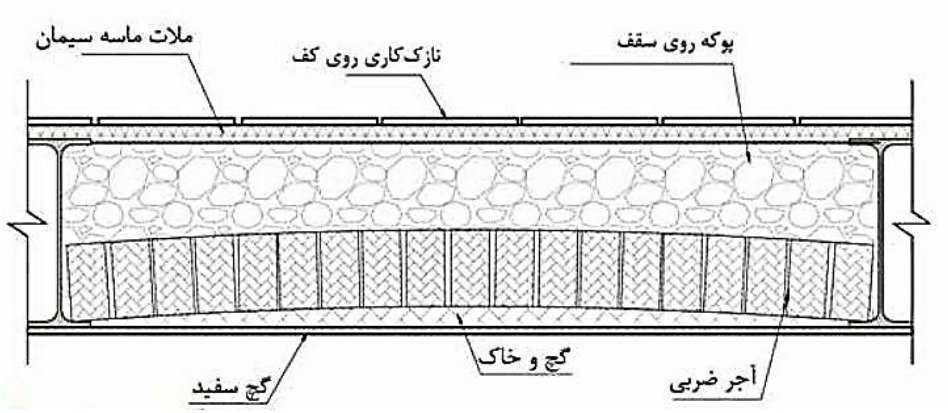
در سازه هایی که اتصالات تیر به ستون در آن ها از نوع اتصال مفصلی است می بایست جهت تامین پایداری جانبی، مهاربند یا دیوار برشی بتنی و فلزی در سازه تعبیه گردد.

همچنین می توان جهت افزایش باربری جانبی در سازه علاوه بر استفاده از اتصالات صلب تیر و ستون، مهاربند و یا دیوار برشی بتنی و فلزی نیز در سازه تعبیه و سازه را به صورت دوگانه اجرا نمود.

انواع سقف در سازه های فولادی

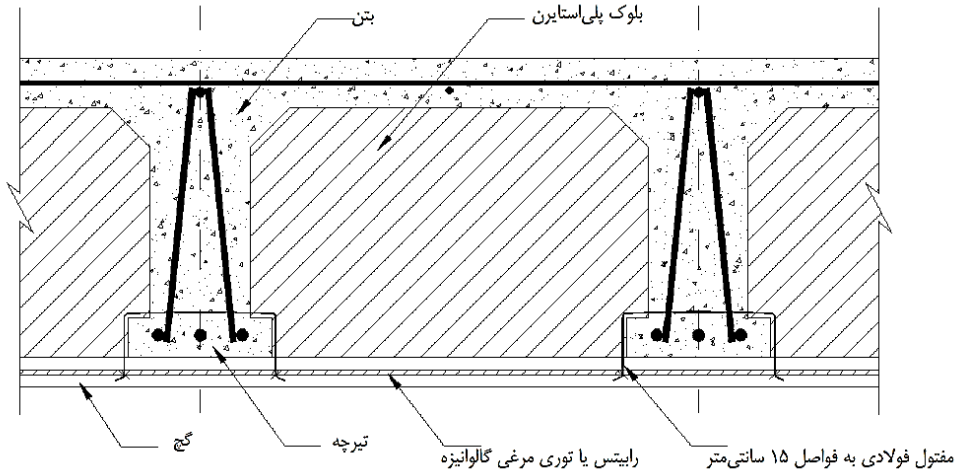
❑ سقف طاق ضربی

- در دسترس بودن مصالح
- سرعت اجرای بالا
- عدم نیاز به نیروی اجرایی متخصص
- هزینه کم
- وزن بالای سقف
- عملکرد نامناسب لرزه ای
- وجود ارتعاش در حین بهره برداری
- قابل اجرا در سازه فلزی



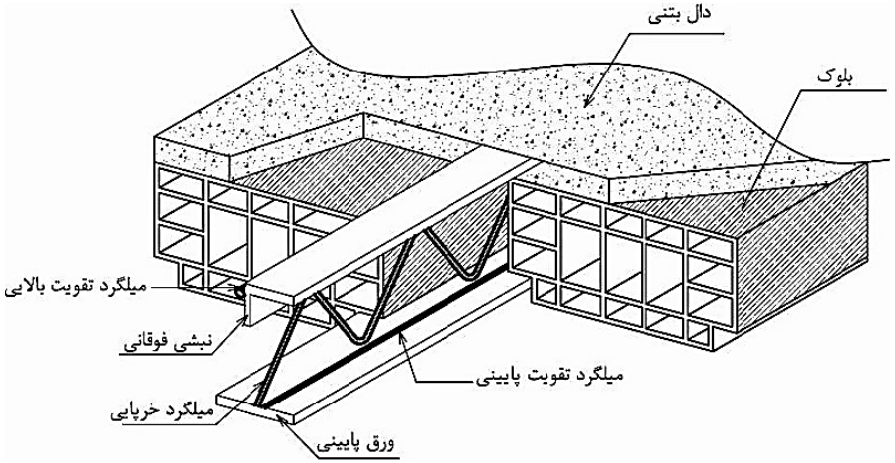
سقف تیرچه بتنی و بلوک

- صرفه اقتصادی
- عدم نیاز به تجهیزات خاص
- عدم نیاز به نیروی اجرایی متخصص
- ضعف بلوک یونولیتی در حریق
- الزام به استفاده از تیرچه پاشنه بتنی
- الزام به اجرای سقف کاذب
- وزن بالای سقف با بلوک سفالی
- قابل اجرا در سازه فلزی و بتنی



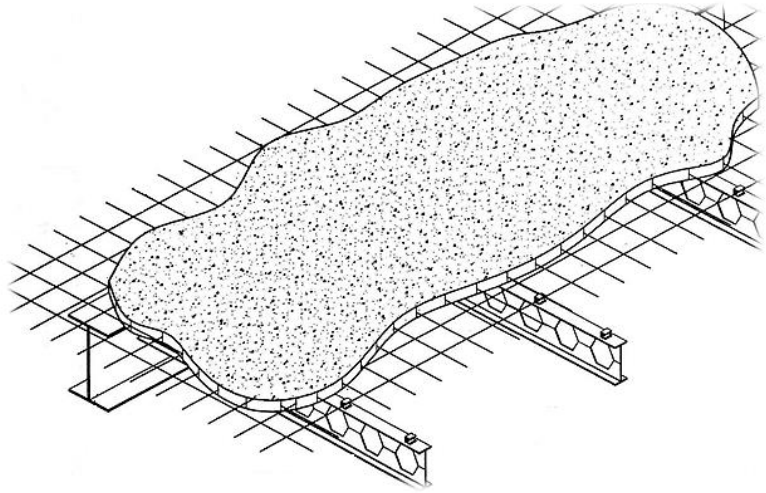
سقف تیرچه فلزی و بلوک؛ کرومیت

- صرفه اقتصادی
- عدم نیاز به تجهیزات خاص
- عدم نیاز به نیروی اجرایی متخصص
- ضعف بلوک یونولیتی در حریق
- سرعت اجرای بالاتر از تیرچه بتنی
- الزام به اجرای سقف کاذب
- قابلیت اجرای همزمان ۲ یا ۳ سقف
- قابل اجرا در سازه فلزی و بتنی



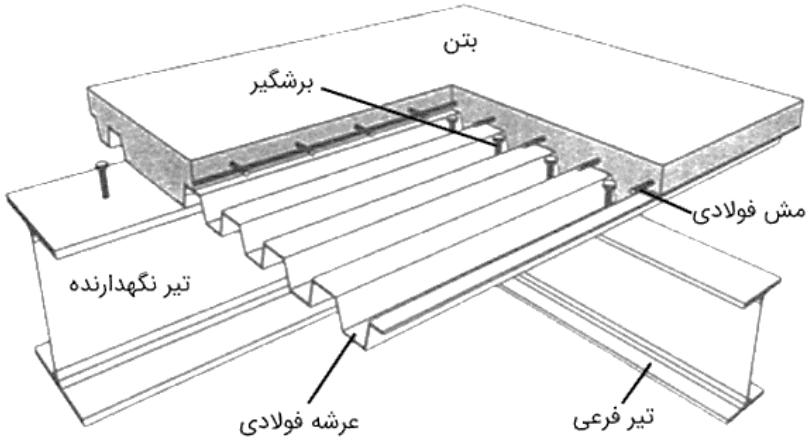
سقف کامپوزیت

- عملکرد لرزه ای مناسب
- قابلیت اجرای همزمان چند سقف
- عدم نیاز به نیروی اجرایی متخصص
- حجم قالب بندی بالا به نسبت تیرچه
- عدم نیاز به ماشین آلات سنگین
- الزام به اجرای سقف کاذب
- برشگیر جهت پیوستگی بتن و تیر
- قابل اجرا در سازه فلزی و بتنی



❑ سقف عرشه فولادی

- عملکرد لرزه ای مناسب
- قابلیت اجرای همزمان چند سقف
- عدم نیاز به نیروی اجرایی متخصص
- حجم قالب بندی بالا به نسبت تیرچه
- عدم نیاز به ماشین آلات سنگین
- الزام به اجرای سقف کاذب
- برشگیر جهت پیوستگی بتن و تیر
- قابل اجرا در سازه فلزی و بتنی



اجرای سازه های فولادی

❑ برشکاری

- ✓ برش ورق هایی که در ساختن قطعات فولادی مصرف می گردد باید توسط دستگاه برش شعلهٔ ریلی انجام گیرد.
- ✓ برای ورق ها با ضخامت مساوی یا کمتر از ۱۲ میلی متر، برش توسط دستگاه گیوتین مجاز می باشد.
- ✓ لبه ها باید کاملاً یکنواخت و خالی از ناهمواری های بیش از ۳ میلی متر باشد. ناهمواری ها و زخم های بیش از ۳ میلی متر را باید با سنگ زدن و در صورت لزوم تعمیرکاری توسط جوش، هموار کرد.
- ✓ در نیمرخ های سنگین و قطعات ساخته شده با جوش به ضخامت بیش از ۴۰ میلی متر، باید قبل از برش گرمایی، پیش گرمایش تا دمای حداقل ۶۵ درجه سلسیوس انجام شود.

❑ سوراخ کاری

- ✓ سوراخ کاری برای پیچ یا پرچ فقط میتواند به وسیله مته یا منگنه انجام شود.
- ✓ سوراخ کاری با منگنه فقط برای ورق های به ضخامت حداکثر ۱۲ میلیمتر مجاز است.
- ✓ برای سوراخ های با قطر زیاد می توان ابتدا با قطر کوچکتر سوراخی توسط منگنه ایجاد نمود و بعد با مته سوراخ را به قطر دلخواه رساند.
- ✓ قطعاتی که با پیچ به هم متصل می گردند در صورت امکان باید همه به هم خال جوش شده و با هم سوراخ کاری شوند.
- ✓ سوراخ های لوبیایی را می توان به یکی از روش های زیر ایجاد کرد:
  - منگنه زنی در یک مرحله
  - مته کردن یا منگنه کردن دو یا چند سوراخ در طرفین و صاف کردن لبه سوراخ
  - برش های ماشینی

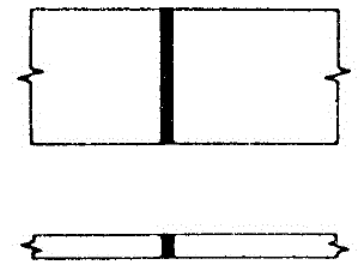
❑ اتصال با استفاده از جوش

- ✓ قبل از جوشکاری باید سطوح مورد نظر از مواد زاید (گرد و خاک، زنگ زدگی، رنگ و غیره) کاملاً پاک شود.
- ✓ جوشکاری به طور کلی در دمای محیط جوشکاری زیر صفر درجه سلسیوس خصوصاً در جریان باد ممنوع است.
- ✓ در صورتی که جریان هوا یکنواخت و ثابت بوده و بتوان محیط جوشکاری را به شعاع حداقل ۱۰۰ میلی متر با وسایل مناسب به نحوی گرم کرد که با دست کاملاً محسوس باشد و محیط جوشکاری حفاظت گردد، جوشکاری بلامانع است.
- ✓ شدت جریان و نوع الکترودها باید طوری انتخاب شوند که جوش کامل و دارای نفوذ کافی مطابق نقشه ها بوده و قطعات مورد اتصال به قدر کافی ذوب شوند.
- ✓ سطح جوش باید عاری از شیار، قسمت های برآمده، بریدگی و گودافتادگی باشد.

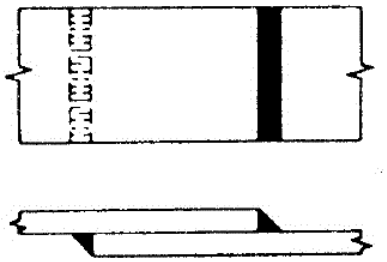
❑ اتصال با استفاده از جوش

- ✓ چنانچه جوشکاری در بیش از یک عبور انجام شود، قبل از انجام عبور بعدی، پوستهٔ عبور قبلی باید به کمک چکش گل زن و برس سیمی، پاک گردد.
- ✓ بین قطعاتی که مستقیماً به طریق جوش گوشه به هم جوش می شوند نباید درزی بیش از ۲ میلی متر موجود باشد.
- ✓ ترتیب عملیات جوشکاری باید به نحوی انجام گیرد که قطعات مربوطه از شکل اصلی خارج نشده و از تاب برداشتن و اعوجاج بیشتر از حد رواداری ها جلوگیری به عمل آید.
- ✓ روش اجرا باید طوری ترتیب داده شود که مقدار جوش های کارگاهی لازم به حداقل برسد، به طوری که ساخت قطعات با جوش در کارخانه انجام شده و اتصال در کارگاه حتی المقدور توسط پیچ پرمقاومت صورت گیرد.

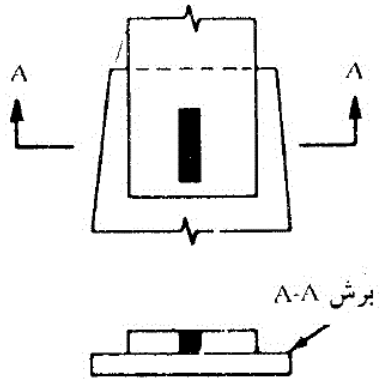
- انواع جوش



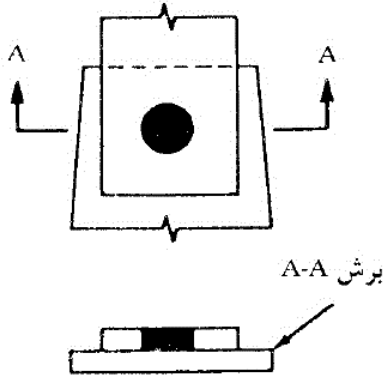
(الف) جوش شیاری



(ب) جوش گوشه



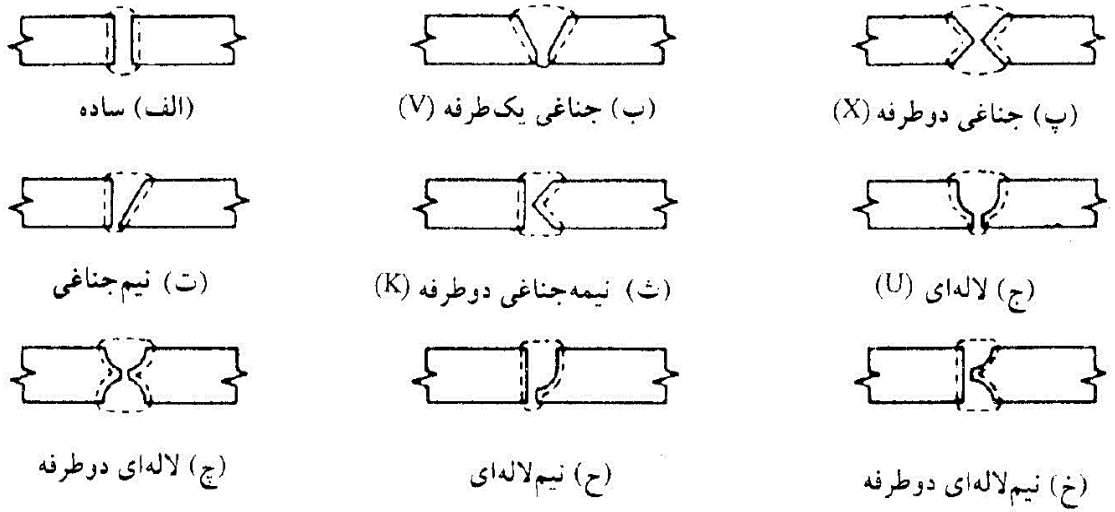
(پ) جوش کام



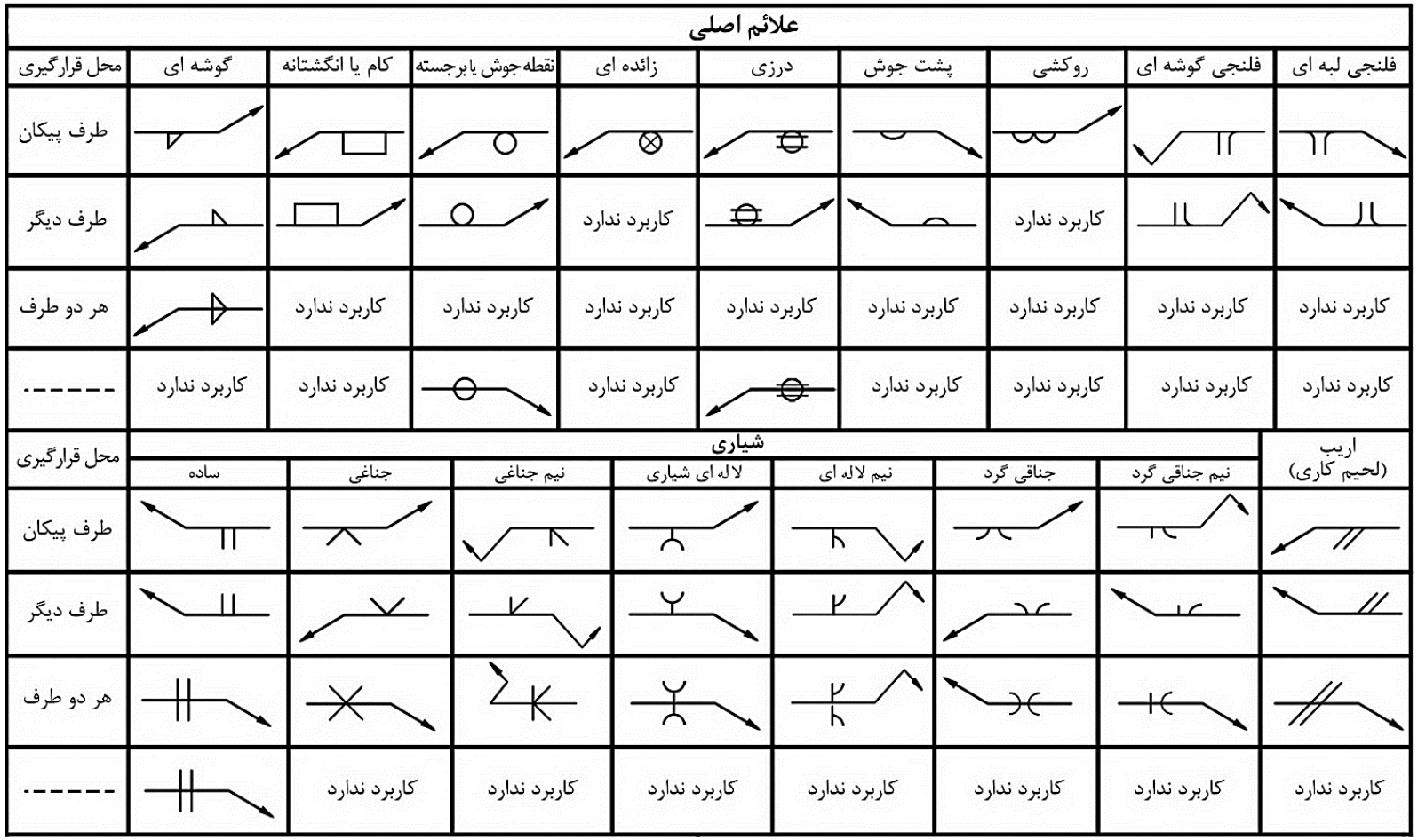
(ت) جوش انگشتانه

- انواع جوش گوشه

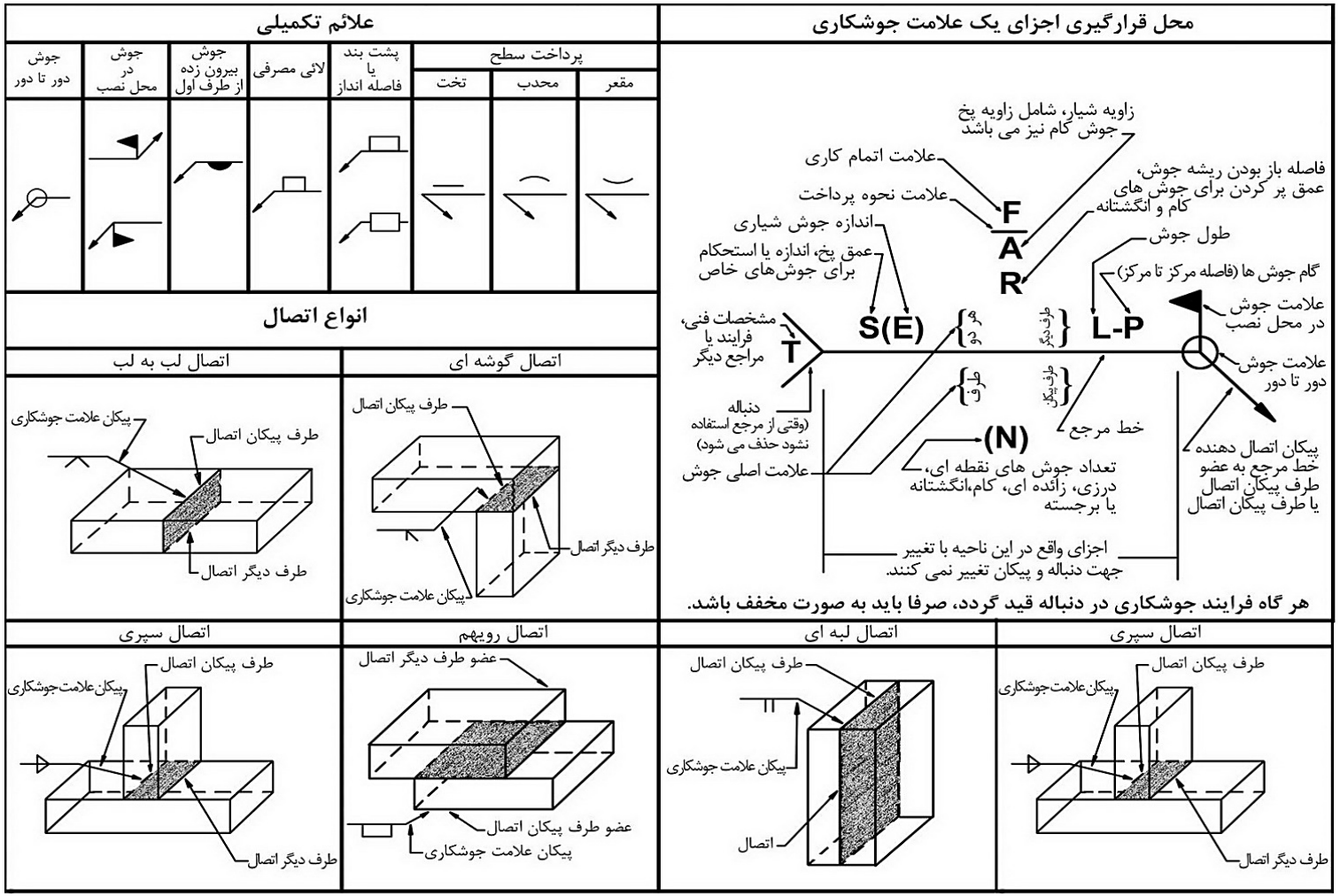
- انواع جوش شیاری



- علائم جوشکاری



- علائم جوشکاری



- انواع الکترود سازگار با فلز پایه

الکترودهای سازگار با فلز پایه

تنش تسلیم مشخصهٔ مصالح فلز پایه (F_y)	نوع الکترود سازگار
تا 300 MPa و $t \leq 20$ mm (t = ضخامت فلز پایه)	E60 یا معادل آن
	E70 یا معادل آن
تا 300 MPa و $t > 20$ mm	E70 یا معادل آن
از 300 MPa تا 380 MPa	E70 یا معادل آن
از 380 MPa تا 460 MPa	E80 یا معادل آن

- پیش گرمایش

حداقل دمای پیش گرمایش

ضخامت (mm)	دمای پیش گرمایش در فرآیند غیر کم هیدروژن (درجه سلسیوس)	دمای پیش گرمایش در فرآیند کم هیدروژن (درجه سلسیوس)
$t \leq ۲۰$	※۲۰	※۱۰
$۲۰ < t \leq ۴۰$	۶۵	※۲۰
$۴۰ < t \leq ۶۵$	۱۱۰	۶۵
$t > ۶۵$	۱۵۰	۱۱۰

※ این دما در حد لمس‌کردن ورق قابل حس است و در سایر موارد باید از روش‌های دماسنجی سطحی (مثلاً گچ‌های حساس به دما) استفاده شود.

- آزمایش های جوش

میزان آزمایش‌های غیر مخرب جوش هنگام تولید و نصب

نوع جوش مورد آزمایش	نوع آزمایش	درصد آزمایش‌ها برای گروه‌بندی اهمیت ساختمان مطابق استاندارد ۲۸۰۰		
		۱ و ۲	۳	۴
۱- همهٔ جوش‌ها	بازرسی چشمی (VI)	100	100	100
۲- جوش‌های لب‌به‌لب عرضی بال‌های کششی، اعضای کششی خرپاها، یک‌ششم عمق جان تیرها در مجاورت بال کششی و جوش شیاری ورق روسری و زیرسری به ستون در اتصال صلب تیر به ستون	پرتونگاری یا فراصوت (RT یا UT)	100	75	25
۳- جوش‌های لب‌به‌لب طولی بال‌های کششی و اعضای کششی خرپاها	پرتونگاری یا فراصوت (RT یا UT)	10	5	–
۴- جوش‌های لب‌به‌لب عرضی و طولی در بال‌های فشاری و اعضای فشاری خرپاها و ستون‌ها	پرتونگاری یا فراصوت (RT یا UT)	20	10	–
۵- جوش‌های لب‌به‌لب عرضی جان تیرها که شامل بند ۲ فوق نیست و جوش‌های لب‌به‌لب طولی جان تیرها	پرتونگاری یا فراصوت (RT یا UT)	20	10	–
۶- جوش گوشهٔ بال به جان و سخت‌کننده‌ها	رنگ نافذ (PT) یا ذرات مغناطیسی (MT)	10	10	5
۷- جوش‌های گوشهٔ اتصالات مهاربندها و اتصالات تیر به ستون	رنگ نافذ (PT) یا ذرات مغناطیسی (MT)	100	20	10

❑ اتصال با استفاده از پیچ

- ✓ انواع متداول پیچ های مورد استفاده در اسکلت های فولادی عبارتند از پیچ های معمولی و پیچ های پر مقاومت.
- ✓ پیچ ها با سه نوع عملکرد اتکایی، پیش تنیده و لغزش بحرانی مورد استفاده قرار می گیرند.
- ✓ استفاده از پیچ های پرمقاومت برای هر سه نوع اتصال و استفاده از پیچ های معمولی فقط در اتصالات اتکایی مجاز است.
- ✓ در اتصالات اتکایی ایجاد نیروی پیش تنیدگی لازم نیست ولی در اتصالات پیش تنیده و لغزش بحرانی پیچ ها باید پیش تنیده گردند.
- ✓ مشخصات پیچ های موجود یا تولید در ایران طبق استانداردهای ASTM و ISO ارائه شده است.
- ✓ برای هر پیچ باید واشر و مهرهٔ سازگار مورد استفاده قرار گیرد.

- انواع پیچ

مشخصات مکانیکی پیچ‌ها*

نوع پیچ	ISIRI 2874 EN-ISO 898	ASTM	تنش تسلیم مشخصه (F_y) (MPa)	تنش کششی نهایی (F_u) (MPa)	کرنش نهایی (ε_u) (%)
پیچ‌های معمولی	4.6	A307	240	400	22
	4.8	—	320	420	14
	5.6	—	300	500	20
	5.8	—	400	520	10
	6.8	—	480	600	8
پیچ‌های پرمقاومت	8.8	A325 F1852	کاربرد ندارد	800	12
	10.9	A490 F2280	کاربرد ندارد	1000	9
	12.9	—	کاربرد ندارد	1200	8

* در اتصالات پیش‌تنیده و لغزش بحرانی فقط از پیچ‌های پر مقاومتی می‌توان استفاده کرد که مطابق استاندارد مربوطه، دارای قابلیت پیش‌تنیدگی باشند. پیچ‌هایی دارای قابلیت پیش‌تنیدگی هستند که پیچ، مهره و واشر مطابق استاندارد معتبر نظیر EN ISO 14399 تولید شده باشند.

- روش های کنترل حصول پیش تنیدگی پیچ

✓ سفت کردن مجدد مهره

✓ واشر کشش سنج (DTI Washer)

✓ آچار مدرج

✓ پیچ های ویژه (TC Bolt)

- حصول پیش تنیدگی پیچ با بستن اضافه مهره

✓ برای پیش تنیده کردن چنین پیچی باید مهرهٔ آن را به اندازهٔ مقداری که در جدول مشخص شده اضافه چرخاند. این چرخش اضافی را می توان به کمک آچار دسته بلند، یا با آچار معمولی با استفاده از دو کارگر یا به وسیلهٔ آچار بادی تأمین نمود.

✓ حصول پیش تنیدگی باید توسط آچار مدرج (تورک متر) تأیید گردد.

✓ باز کردن و استفادهٔ مجدد از پیچ هایی که به حد پیش تنیدگی رسیده اند، مجاز نمی باشد.

چرخش اضافی لازم برای پیش‌تنیده کردن پیچ‌های کاملاً سفت (d_b قطر اسمی پیچ است)

طول پیچ (L)	دو سطح اتصال عمود بر محور پیچ	یک سطح اتصال عمود بر محور پیچ و سطح دیگر شیب‌دار با شیب کمتر از ۱:۲۰	دو سطح اتصال شیب‌دار با شیب کمتر از ۱:۲۰ نسبت به محور پیچ
$L \le 4d_b$	$\frac{1}{3}$ دور	$\frac{1}{2}$ دور	$\frac{2}{3}$ دور
$4d_b < L \le 8d_b$	$\frac{1}{2}$ دور	$\frac{2}{3}$ دور	$\frac{5}{6}$ دور
$8d_b < L \le 12d_b$	$\frac{2}{3}$ دور	$\frac{5}{6}$ دور	۱ دور

- حصول پیش تنیدگی پیچ با روش کنترل گشتاور

✓ پس از بستن اولیه پیچ های اتصال و پیش تنیدگی پیچ ها از صلب ترین ناحیه اتصال به وسیله آچار مدرج کالیبره شده بر اساس لنگر پیچشی پیش تنیدگی صورت خواهد گرفت.

حداقل نیروی پیش‌تنیدگی و بار گواه در پیچ‌های پرمقاومت طبق استاندارد ISO

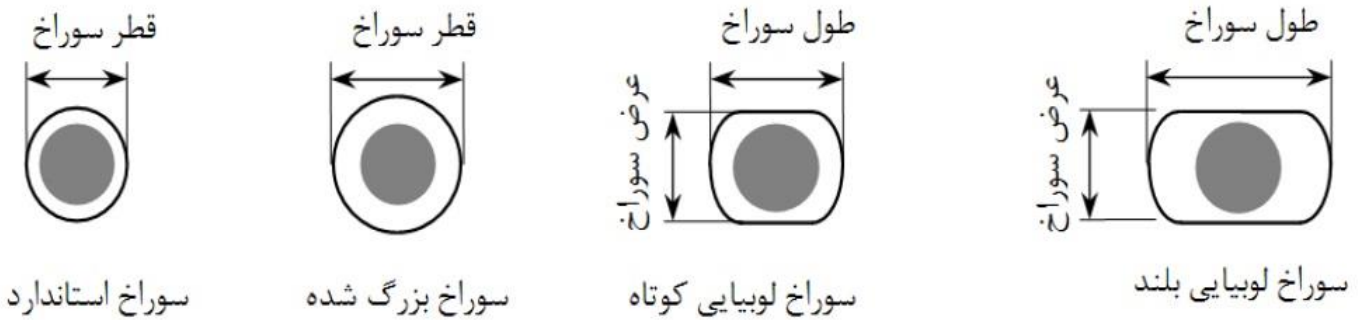
قطر اسمی پیچ (mm)	سطح مؤثر (mm^2)	حداقل بار کششی (kN)		بار گواه (kN)		نیروی پیش‌تنیدگی (kN)	
		8.8	10.9	8.8	10.9	8.8	10.9
M12	84.3	67.4	87.7	48.9	70	47.2	61.4
M16	157	125	163	91	130	87.5	114.1
M20	245	203	255	147	203	142.1	178.5
M22	303	252	315	182	252	176.4	220.5
M24	353	293	367	212	293	205.1	256.9
M27	459	381	477	275	381	266.7	333.9
M30	561	466	583	337	466	326.2	408.1
M36	817	678	850	490	678	474.6	595

- انواع سوراخ در اتصال پیچی

✓ سوراخ های بزرگ شده فقط در اتصالات اصطکاکی مجاز است.

✓ سوراخ لوبیایی کوتاه در تمام امتدادها در اتصالات اصطکاکی مجاز هستند ولی در اتصالات اتکایی، امتداد طولی سوراخ باید عمود بر امتداد نیرو باشد.

✓ سوراخ لوبیایی بلند فقط در امتداد عمود بر مسیر نیرو در اتصالات اتکایی مجاز هستند. در اتصالات اصطکاکی در تمام امتدادها مجاز بوده لیکن باید فقط در یکی از ورق های اتصال وجود داشته باشد.



- حداکثر ابعاد سوراخ در اتصالا پیچی

ابعاد اسمی سوراخ پیچ بر حسب میلی‌متر

قطر پیچ (mm)	ابعاد اسمی سوراخ (mm)			
	سوراخ استاندارد	سوراخ بزرگ‌شده	سوراخ لوبیایی کوتاه (طول×عرض)	سوراخ لوبیایی بلند (طول×عرض)
M۱۶	۱۸	۲۰	۱۸×۲۲	۱۸×۴۰
M۲۰	۲۲	۲۴	۲۲×۲۶	۲۲×۵۰
M۲۲	۲۴	۲۸	۲۴×۳۰	۲۴×۵۵
M۲۴	۲۷	۳۰	۲۷×۳۲	۲۷×۶۰
M۲۷	۳۰	۳۵	۳۰×۳۷	۳۰×۶۷
M۳۰	۳۳	۳۸	۳۳×۴۰	۳۳×۷۵
≥M۳۶	d+۳	d+۸	(d+۳) × (d+۱۰)	(d+۳)×۲/۵ d

رنگ آمیزی

- ✓ قسمت های فولادی باید در مقابل خوردگی محافظت شوند که برای این منظور باید سطوح آنها رنگ شوند.
- ✓ کارهای فولادی که در تماس با بتن باید قرار گیرند، لازم نیست رنگ شوند.
- ✓ در سطوح و لبه هایی از سازه فولادی که پس از رنگ آمیزی جوش خواهند شد، باید رنگ آمیزی در فاصله ۵۰ میلی متری از خط جوش متوقف شود.
- ✓ تمام نقاطی که رنگ قطع شده و سطح فلز بیرون است باید تمیز شده و مجدداً رنگ آمیزی شوند به طوری که سطح کاملاً پوشیده شده و یکپارچگی رنگ با سطوح مجاور رنگ شده تأمین گردد.
- ✓ کلیه سطوحی که در فاصلهٔ ۵۰ میلی متری از محل هر جوش کارگاهی قرار می گیرند، باید از موادی که به جوشکاری صدمه می زند و یا درحین جوشکاری گازهای سمی و مضر تولید می کند، کاملاً پاک شود. قبل از جوشکاری باید رنگ کارخانه ای از روی سطوحی که جوش انجام می گیرد، توسط برس سیمی کاملاً برطرف و پاک گردد.

- حداقل ضخامت رنگ آمیزی

حداقل ضخامت رنگ‌آمیزی قطعات فولادی در شرایط محیطی مختلف [1]

شرایط محیطی	آماده‌سازی سطح فولاد	نوع و ضخامت رنگ		
		قطعهٔ فولادی در داخل دیوار و نازک‌کاری	قطعهٔ فولادی به‌صورت روباز لبکن درون محیط بسته	قطعهٔ فولادی در معرض شرایط جوی
ملایم [2]	Sa 2	40 میکرون ضدزنگ الکیدی [5]	40 میکرون ضدزنگ الکیدی 40 میکرون رویهٔ الکیدی	40 میکرون ضدزنگ الکیدی 40 میکرون لایه میانی الکیدی 40 میکرون رویهٔ الکیدی
سخت [3]	Sa 2.5	40 میکرون آستر اپوکسی غنی از روی	40 میکرون آستر اپوکسی غنی از روی 40 میکرون لایهٔ میانی اپوکسی MIO 40 میکرون رویهٔ پلی‌یورتان	60 میکرون آستر اپوکسی غنی از روی 60 میکرون آستر میانی اپوکسی MIO 60 میکرون رویهٔ پلی‌یورتان
بسیار سخت و ساحلی [4]	Sa 3	40 میکرون آستر اپوکسی غنی از روی 40 میکرون رویهٔ اپوکسی MIO	60 میکرون آستر اپوکسی غنی از روی 60 میکرون لایهٔ میانی اپوکسی MIO 60 میکرون رویهٔ پلی‌یورتان	نواحی مانند ناحیهٔ جزر و مدی که نیاز به مطالعهٔ خاص دارد. در سایر موارد حداقل سه لایه اپوکسی با ضخامت کل 400 میکرون

(۱) به‌جای مقادیر این جدول، استفاده از یک سیستم رنگ‌آمیزی با محافظت در مقابل خوردگی مطابق استانداردهای ملی سری ۶۵۹۴ به شرطی که مشخصات فنی مربوطه توسط کارشناس ذیصلاح تهیه شده و به تایید طراح برسد، بلامانع است.

(۲) شرایط ملایم، شرایط آب و هوایی با رطوبت نسبی متوسط مساوی یا کمتر از 50%

(۳) شرایط سخت، شرایط آب و هوایی با رطوبت نسبی بیش از 50% و مساوی یا کمتر از 80%

(۴) شرایط بسیار سخت، شرایط آب و هوایی با رطوبت نسبی متوسط بیش از 80%

(۵) در این حالت آماده‌سازی Sa 1 و یا St 2 نیز موردقبول است.

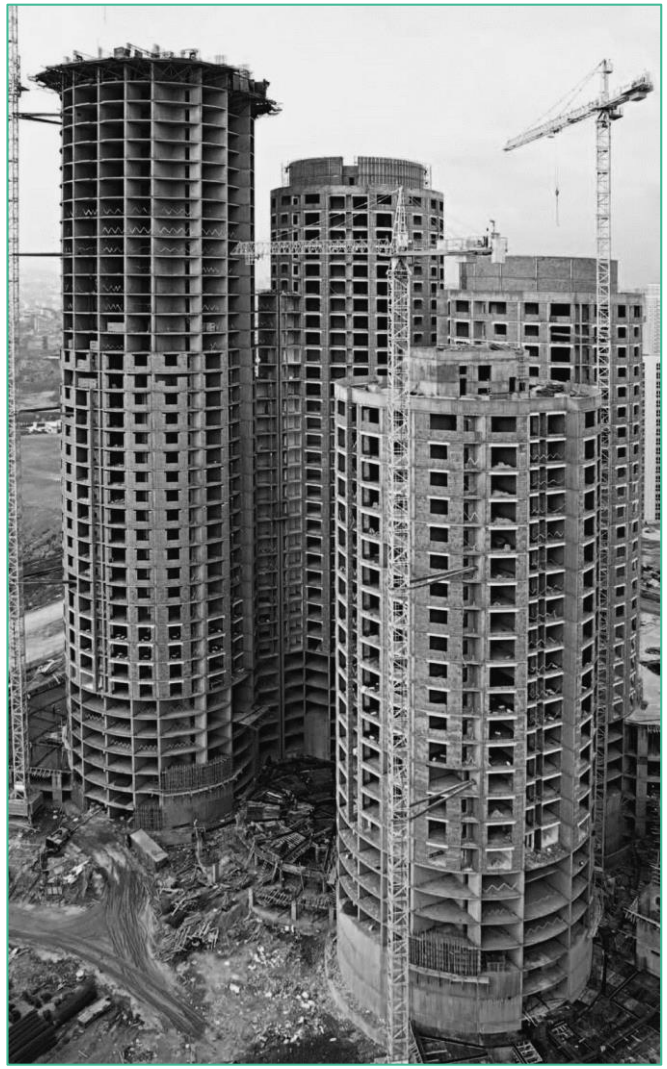
(۶) منظور از رطوبت نسبی متوسط، بیشترین مقدار رطوبت نسبی متوسط ماهانه در مرطوب‌ترین ماه سال است.

Sa ۱ : تمیز کردن به‌صورت ماسه‌پاشی خفیف

Sa ۲ : تمیز کردن به‌صورت ماسه‌پاشی عمیق

Sa ۲/۵ : تمیز کردن به‌صورت ماسه‌پاشی عمیق‌تر

Sa ۳ : تمیز کردن به‌صورت ماسه‌پاشی با حصول سطح نقره‌ای



بخش پنجم

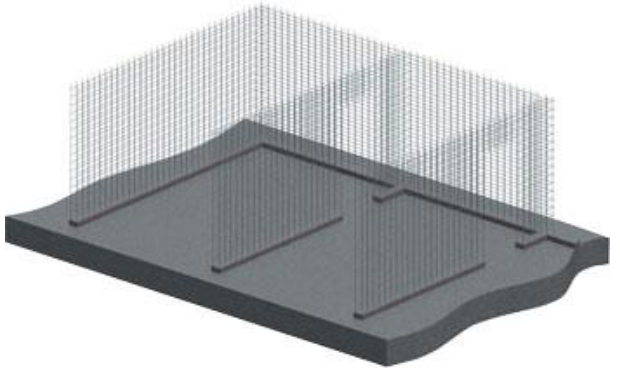
سیستم های سازه ای نوین

سازه بتن آرمه قالب تونلی

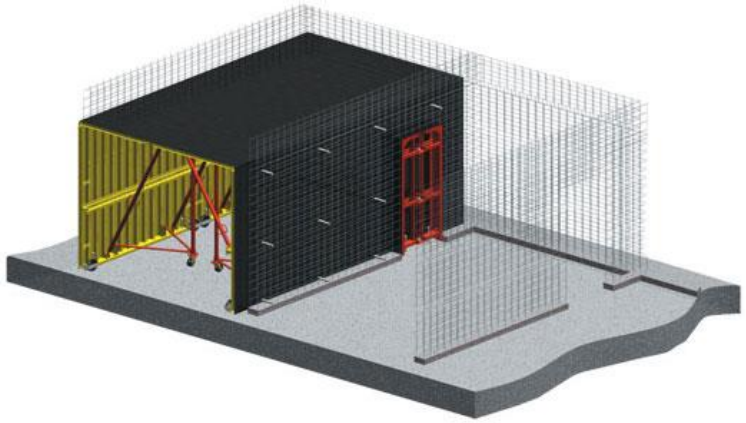
❑ معرفی

در این روش سازه ای قالب ها از نوعی قالب فلزی به شکل تونل جهت قالب بندی یکپارچه دیوار و سقف بتنی هر طبقه استفاده می گردد. بطوری که اسکلت بتنی ساختمان فقط شامل دیوار های بتنی برشی و سقف های دال بتنی بوده و فاقد هرگونه اعضای سازه ای معمول نظیر تیر و ستون است و به صورت یکپارچه بتن ریزی می شود و با توجه به استفاده از قالب های متحرک انتقال کلی قالب ها به طبقات دیگر میسر می باشد.

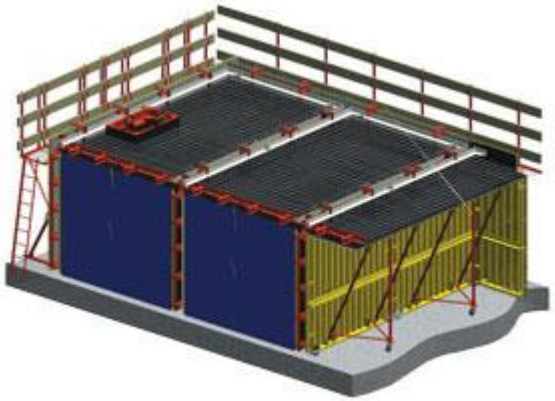
مراحل اجرای سیستم قالب تونلی



۱. اجراء شبکه آرماتور دیوارها



۲. جایگذاری قالب ها



۳. اجراء شبکه آرماتور دال ها

۴. بتن ریزی و انتقال قالب ها

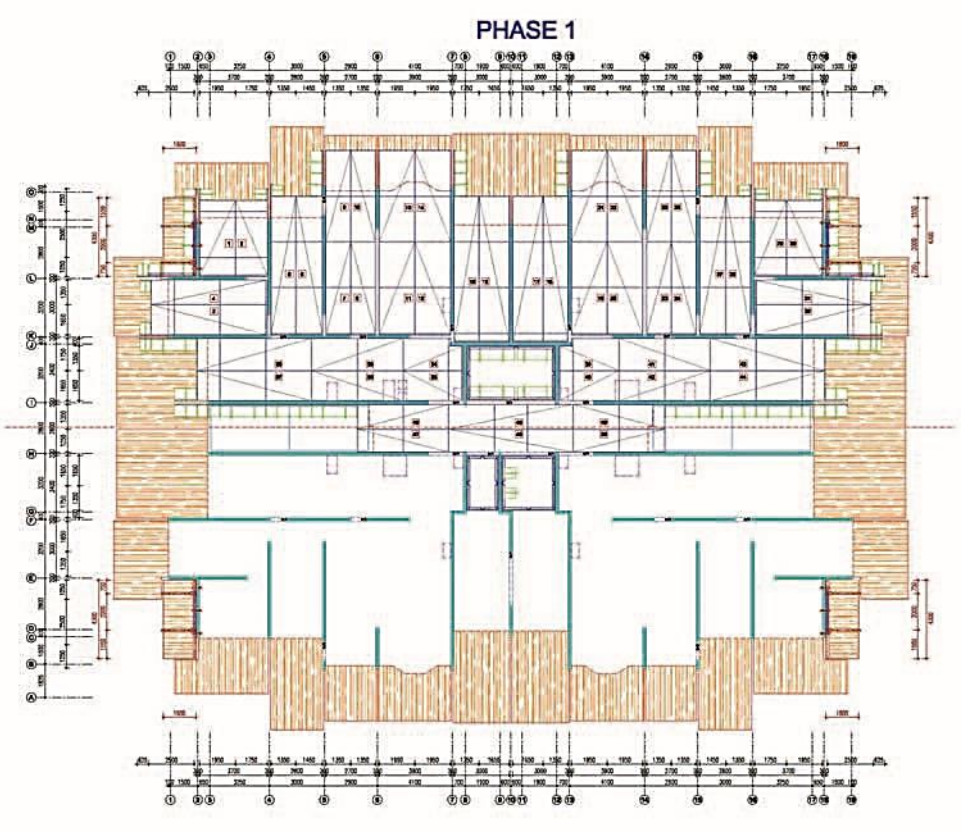
❑ مزایای سیستم قالب تونلی

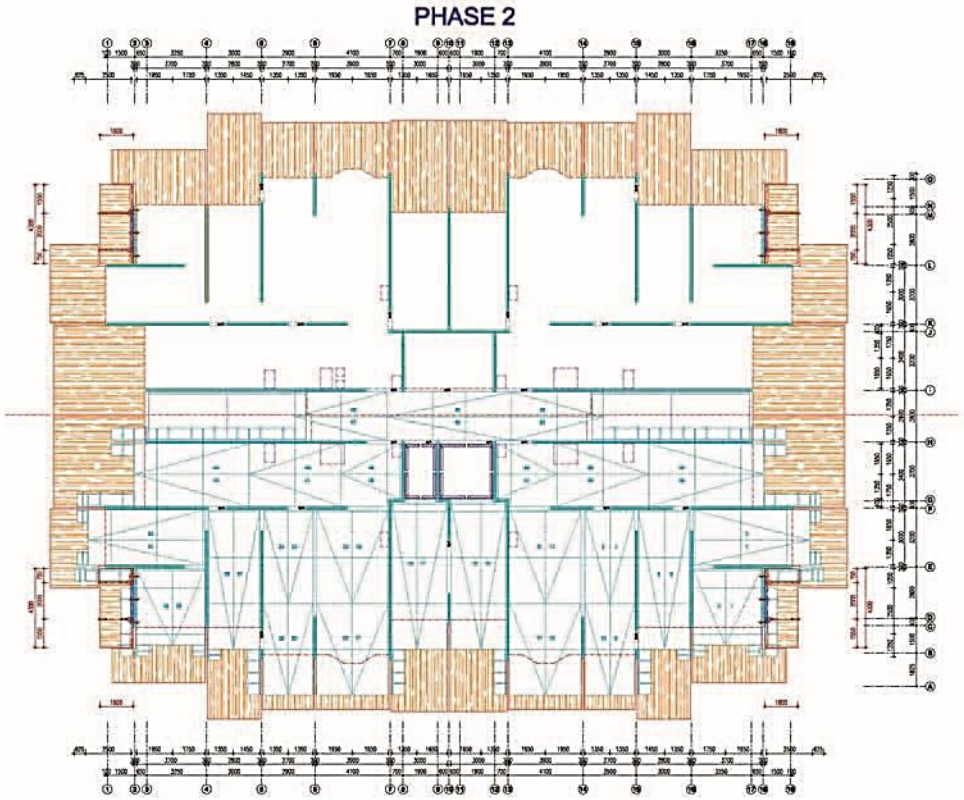
- ✓ تغییر ماهیت تمرکز تنش از حالت متمرکز بصورت گسترده بعلت تبدیل سازه از حالت تیر و ستون به حالت دال و دیوار
- ✓ یکپارچگی سیستم و بهبود رفتار آن بدلیل کاهش تعداد نقاط دارای اتصال سرد در سازه
- ✓ ایجاد تقارن سازه ای
- ✓ کاهش قابل توجه زمان قالب بندی و اجراء سازه
- ✓ کاهش مقدار مصالح مصرفی به دلیل عملکرد یکپارچه

❑ معایب سیستم قالب تونلی

- ✓ محدودیت معماری در طراحی فضاهای داخلی
- ✓ محدودیت در اجرای طبقات در تراز منفی
- ✓ لزوم اجرای داکت های تاسیساتی قبل از بتن ریزی
- ✓ افزایش هزینه تجهیزات
- ✓ نیازمند نیروی اجرایی متخصص

❑ مراحل اجرای سیستم قالب تونلی





قاب های سبک فولادی نورد سرد (LSF)

❑ معرفی

ساختمان ها با سیستم LSF از سه جزء اصلی شامل ورق های فولادی سرد نورد شده جهت اجزاء سازه، صفحات پوشش و لایه درونی عایق صوت و حرارات تشکیل شده است.

در این سیستم اجزاء سازه ای به روش خشک و عمدتاً با اتصالات پیچی به هم متصل شده و پس از اجرای لایه عایق درونی، پانل های پوشش دیوار ها و سقف نصب می گردد.

❑ نکات آیین نامه ای سیستم قاب سبک فولادی نورد سرد

- به کارگیری این سیستم در مناطق با خطر نسبی لرزه خیزی بسیار زیاد مجاز نمی باشد.
- به کارگیری این سیستم در مناطق با خطر نسبی لرزه خیزی کم، متوسط و زیاد با دیوار برشی بتن آرمه تا ۵ طبقه یا ۱۸ متر بلامانع است.
- به کارگیری این سیستم در مناطق با خطر نسبی لرزه خیزی کم، متوسط و زیاد با مهاربند تا ۲ طبقه یا ۷/۲ متر بلامانع است.
- به کارگیری حداکثر دهانه ۵ متر و ارتفاع حداکثر ۳/۶ متر برای هر طبقه در این سیستم مجاز می باشد.

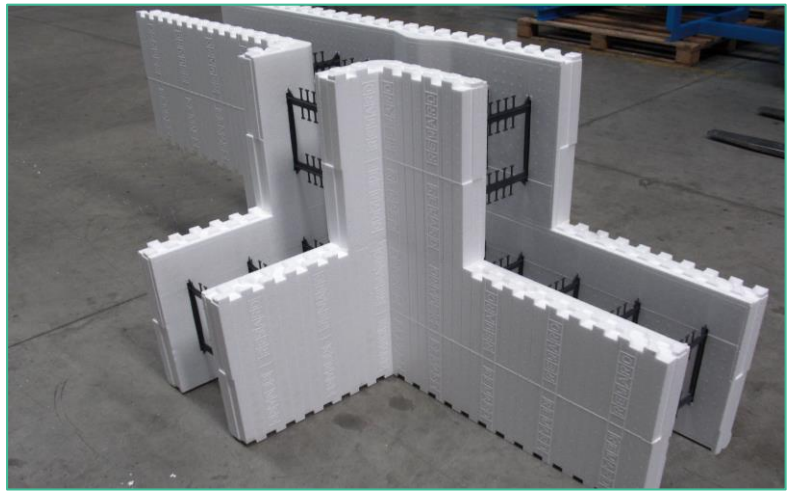
❑ مزایای سیستم قاب های سبک فولادی نورد سرد

- ✓ کاهش وزن ساختمان
- ✓ کاهش قابل توجه زمان اجرای سازه
- ✓ کاهش مقدار مصالح مصرفی
- ✓ عایق مناسب حرارت و صوت
- ✓ سهولت اجرای تاسیسات
- ✓ کاهش وزن دیوارها به دلیل استفاده از پانل های سبک گچی

❑ معایب سیستم قاب های سبک فولادی نورد سرد

- ✓ محدودیت در تعداد طبقات
- ✓ محدودیت در طول دهانه
- ✓ محدودیت در ارتفاع طبقه
- ✓ مقاومت پایین اجزاء سازه ای در برابر حریق
- ✓ هزینه بالای تولید فطعات گالوانیزه در کارخانه
- ✓ نیروی اجرایی متخصص

دیوار باربر با قالب ماندگار عایق (ICF)



❑ معرفی

در ساختمان ها با سیستم ICF قالب های دیوار و سقف توسط مفتول گالوانیزه به صورت مدفون در مصالح عایق چون پلی استایرن، به صورت پانل هایی تولید می شوند.

پس از انجام آرماتور بندی اجزاء سازه چون دیوار و دال، پانل ها به عنوان قالب ماندگار نصب و فضای درون آن بتن ریزی می گردد.

❑ نکات آیین نامه ای سیستم دیوار باربر با قالب ماندگار عایق

- حداقل ضخامت دیوارهای بتنی نباید از ۱۵ سانتی متر کمتر باشد.

- در صورت عدم کنترل ضوابط طراحی لرزه ای در سازه، کاربرد این سیستم در مناطق با خطر لرزه خیزی کم و متوسط برای ساختمان با اهمیت کم و متوسط با حداکثر ارتفاع ۱۰ متر می باشد.

- در صورت کنترل ضوابط طراحی لرزه ای و محدودیت های حریق، استفاده از این سیستم تا ارتفاع ۵۰ متر مجاز می باشد.

❑ مزایای سیستم دیوار باربر با قالب ماندگار عایق

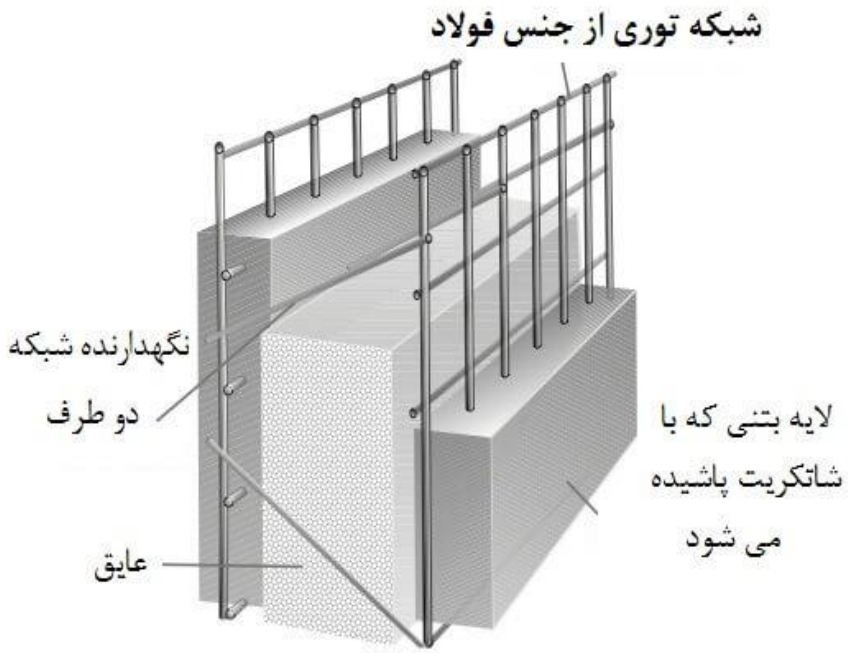
- ✓ کاهش قابل توجه زمان اجرای سازه
- ✓ عدم نیاز به قالب بندی
- ✓ عایق مناسب حرارت و صوت
- ✓ سهولت اجرای تاسیسات
- ✓ سهولت در حمل و نقل
- ✓ نصب بدون نیاز به ماشین آلات سنگین

❑ معایب سیستم دیوار باربر با قالب ماندگار عایق

- ✓ سنگینی اجزای سازه
- ✓ مقاومت پایین قالب ها در برابر حریق
- ✓ هزینه بالای تولید قالب ها
- ✓ محدودیت معماری به دلیل وجود دیوار بتن مسلح
- ✓ امکان آسیب در قالب ها تحت عوامل جوی و حشرات

پانل پیش ساخته سه بعدی سبک (3D Panel)

❑ معرفی



در این سیستم، سازه از پانل های سه بعدی متشکل از شبکه میلگرد به صورت خرپای فضایی و یک لایه پلی استایرن تشکیل شده که پس از نصب توسط دو لایه بتن پاششی در دو سمت پانل احاطه می گردد.

- ضخامت پلی استایرن ۴ تا ۹ سانتی متر.
- ضخامت بتن ۴ تا ۷ سانتی متر.

❑ نکات آیین نامه ای سیستم پانل پیش ساخته سه بعدی سبک

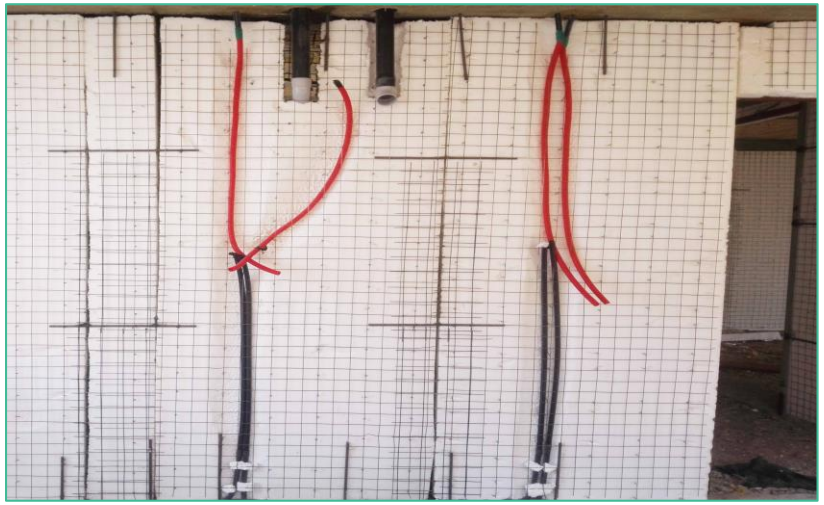
- از پانل ها می توان جهت اجرای دیوارهای خارجی و داخلی ساختمان به عنوان دیوار غیر باربر استفاده نمود.

- در صورت رعایت ضوابط می توان از پانل ها به عنوان اعضای باربر استفاده و بدون نیاز به سازه ای مجزا تنها با استفاده از پانل ها ساختمان هایی حداکثر ۲ طبقه و تا ارتفاع ۷/۲ متر احداث نمود.

- حداکثر دهانه باربر ثقلی ۵ متر، طول آزاد دیوار ۶ متر و ارتفاع دیوار ۳/۲ متر می باشد.

❑ مزایای سیستم پانل پیش ساخته سه بعدی سبک

- ✓ کاهش قابل توجه زمان اجرای سازه
- ✓ ضخامت کم اعضای سازه
- ✓ عدم نیاز به قالب بندی
- ✓ عایق مناسب حرارت و صوت
- ✓ سهولت اجرای تاسیسات
- ✓ سهولت در حمل و نقل
- ✓ نصب بدون نیاز به ماشین آلات سنگین



❑ معایب سیستم پانل پیش ساخته سه بعدی سبک

- ✓ دشواری نصب پانل ها
- ✓ دشواری در اجرا و کنترل بتن پاششی.
- ✓ محدودیت تعداد طبقات و دهانه
- ✓ هزینه تولید پانل های سه بعدی
- ✓ دسترسی دشوار جهت ترمیم تاسیسات
- ✓ نیروی اجرایی متخصص