

اجرای سازه های بتنی

فصل اول :

معرفی بتن و انواع آن

فصل دوم:

عملیات پی سازی

فصل سوم:

قالب و قالب بندی

فصل چهارم:

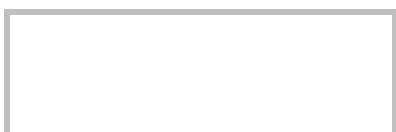
فولاد، آرماتور و آرماتور بندی

فصل پنجم:

اجرای ساختمان های بتن آرمه

فصل ششم:

انواع سقف ها



معرفی بتن و انواع آن

بتن (به فرانسوی : **Béton** (از ریشه لاتین) **Bitume**)، در مفهوم وسیع به هر ماده یا ترکیبی که از یک ماده چسبنده با خاصیت سیمانی شدن تشکیل شده باشد، گفته می شود. بتن ممکن است از انواع مختلف سیمان و نیز پوزولان ها، سرباره کوره ها، مواد مضاف، گوگرد، مواد افزودنی، پلیمرها، الیاف و غیره تهیه شود. همچنین در نحوه ساخت آن ممکن است حرارت، بخار آب، اتوکلاو، خلا، فشارهای هیدرولیکی و متراکم کننده های مختلف استفاده شود.

با توجه به گسترش و پیشرفت علم و پیدایش تکنولوژی های فراوان در قرن اخیر، شناخت بتن و خواص آن نیز توسعه قابل ملاحظه ای داشته است، به نحوی که امروزه شاهد کاربرد انواع مختلف بتن با مصالح مختلف هستیم که هر یک خواص و کاربری مخصوص به خود را داراست. در حال حاضر انواع مختلفی از سیمان ها که شامل پوزولان ها، سولفورها، پلیمرها، الیاف های مختلف و افزودنی های متفاوتی هستند، تولید می شوند.

ویژگی اصلی بتن **ارزان بودن** و **در دسترس بودن مواد اولیه** آن است. بتن به طور کلی محصولی است که از اختلاط آب با سیمان آبی و سنگدانه های مختلف در اثر واکنش آب با سیمان در شرایط محیطی خاصی حاصل می شود و دارای ویژگی های خاص است. بتن اینک با گذشت بیش از ۷۱ سال از پیدایش سیمان پرتلند توسط یک بنای لیدزی، به صورت کنونی، دستخوش تحولات و پیشرفت های شگرفی شده است. در دسترس بودن مصالح آن، دوام نسبتاً زیاد و نیاز به ساخت و سازهای فراوان سازه های بتنی چون ساختمان ها، سازه ها، سدها، پل ها، تونل ها و راه ها، این ماده را بسیار پر مصرف نموده است. اینک حدود سه تا چهار دهه است که کاربرد این ماده در شرایط خاص مورد استقبال کاربران آن قرار گرفته است. چند سالی است که مسأله **دوام بتن** در محیط های مختلف مورد توجه قرار گرفته است. مشاهده خرابی هایی با عوامل فیزیکی و شیمیایی در بتن ها در اکثر نقاط جهان و با شدتی بیشتر در کشورهای در حال توسعه، افکار و اذهان را به سمت طرح بتن هایی با ویژگی خاص و با دوام لازم سوق داده است. در این راستا در پاره ای از کشورها دستورالعمل ها و استانداردهایی نیز برای طرح بتن با عملکرد بالا تهیه شده و طراحان و مجریان در بعضی از این کشورهای پیشرفته ملزم به رعایت این دستورالعمل ها گشته اند.

مصالح و اجزای بتن

مصالح مصرفی اصلی عبارتند از **سیمان**، **سنگدانه درشت** یا **مصالح سنگی درشت دانه** (شن)، **سنگدانه ریز** یا **مصالح سنگی ریز دانه** (ماسه) و آب. علاوه بر این مصالح، مواد اصلاح کننده خواص بتن، یعنی مواد افزودنی و مضاف، پوزولان ها و مواد شبه سیمانی نیز می توانند در بتن استفاده شوند.

سیمان

به هر ماده چسبنده ای سیمان اطلاق می شود. به ماده چسباننده مصالح سنگی در بتن، سیمان هیدرولیکی و اصطلاحاً سیمان گویند. سیمان چسبی است که پس از مخلوط با آب به صورت دوغاب سیمان دور دانه ها را آغشته و آن ها را به هم می چسباند. لذا نقص سیمان در بتن صرفاً **چسبانندن دانه ها** به یکدیگر بوده و به خودی خود تأثیری در **مقاومت و باربری** ندارد. از این جهت بتن خوب بتنی است که وقتی در آزمایشگاه نمونه ای از آن را بشکنند، دانه های سنگی آن از وسط شکسته شود و سیمان پاره نشود. سیمان حدود **۷ الی ۱۱ درصد** از حجم بتن را تشکیل می دهد. سیمان های مصرفی در بتن عبارتند از سیمان های پرتلند پنج گانه و سیمان های ویژه.

انواع سیمان های پرتلند عبارتند از:

- ۱- سیمان پرتلند نوع یک (I):**
سیمان پرتلند معمولی، که با نماد «پ-۰» نشان داده می شود. سیمان پرتلند نوع یک، خود به سه نوع «۰-۵۲۳»، «۰-۵۲۳» و «۰-۳۲۳» تقسیم می شود. این سیمان مقداری **زودگیر** است و در جایی به کار می رود که از نظر سولفات مشکلی وجود نداشته باشد. سیمان تیپ IA سیمان تیپ یک هوازا می باشد.
- ۲- سیمان پرتلند نوع دو (II):**
سیمان پرتلند اصلاح شده، که با نماد «پ-۲» نشان داده می شود. این سیمان از نظر خواص متوسط است، بدین معنی که تا حدی **کندگیر** بوده و نیز تا حدی در مقابل حمله سولفات ها مقاوم است. برای ساخت این سیمان سعی می شود تا حدی از مقدار (C3S) و (C3A) کاسته و (C2S) را افزایش می دهند. سیمان تیپ IIA سیمان تیپ دو هوازا می باشد.
- ۹- سیمان پرتلند نوع سه (III):**
سیمان زود سخت شونده، که با نماد «پ-۵» نشان داده می شود. این سیمان تقریباً اجزای سیمان تیپ I را دارد، با این تفاوت که به شدت ریز تر آسیاب شده و به همین جهت گیرش سریع تری دارد. سیمان تیپ IIIA سیمان تیپ سه هوازا می باشد. موارد استفاده از این سیمان عبارتند از: ۰- هوای سرد ۲- تعمیرات فوری ۵- باز نمودن سریع قالب بندی ۵- محدودیت در مراقبت از بتن
- ۴- سیمان پرتلند نوع چهار (IV):**
سیمان با حرارت زایی کم، که با نماد «پ-۵» نشان داده می شود. این سیمان **کندگیر** بوده و در هنگام گیرش حرارت کمی تولید می کند. مقدار (C3S) و (C3A) موجود در این سیمان در مقایسه با انواع دیگر سیمان ها کمتر بوده و در مقابل (C2S) بیشتری به کار رفته است. مصرف این سیمان در هوای گرم و جهت جلوگیری از درز سرد و در بتن ریزی های حجیم و بتن ریزی های لایه به لایه پیشنهاد می شود.

۱- سیمان پرتلند نوع پنج (V)

سیمان مقاوم در برابر سولفات، که با نماد «پ-۳» نشان داده می شود. در این سیمان سعی می شود تا حد امکان مقدار (C3S) و (C3A) را به حداقل برسانند و در مقابل (C2S) بیشتری مصرف نمایند. این سیمان برای مصرف در بتن هایی که در مقابل حمله سولفات ها قرار دارد، مناسب است و به همین جهت به سیمان ضد سولفات شهرت دارد. حمله سولفات ها واکنش هایی همراه با **افزایش حجم** است که این ازدیاد حجم در بتن سخت شده ایجاد تنش های فشاری را به دنبال خواهد داشت، تا حدی که افزایش این تنش های فشاری منجر به خرد شدن بتن و گاهی پودر شدن بتن می شود. اکثر این واکنش ها همراه با افزایش حجم بین سولفات ها و (C3A) موجود در سیمان انجام می گیرد که ۱۲۲ درصد افزایش حجم را به دنبال خواهد داشت. به طور کلی سولفات هایی برای بتن مضر هستند که در آب قابل حل شدن باشند. اگر درجه حمله سولفات ها خیلی شدید باشد، از به کار بردن پوزولان ها همراه با سیمان تیپ پنج استفاده می شود.

سیمان های ویژه

سیمان پرتلند سفید

رنگ تیره سیمان به دلیل وجود **سولفات آهن** و **سولفات منیزیم** در سیمان است، همچنین **دوده** ناشی از سوخت نیز باعث رنگ تیره سیمان می شود. برای سفید شدن سیمان باید سولفات آهن و منیزیم از سیمان حذف شود و همچنین از سوخت مناسب و بدون دوده استفاده شود. به همین جهت برای تولید سیمان سفید، از خاک رسی که میزان سولفات آهن و منیزیم آن از ۱/۸ درصد کمتر است، استفاده می کنند و سوخت کوره را طوری انتخاب می کنند که دوده کمتری ایجاد نماید.

سیمان پرتلند رنگی

سیمان پرتلند رنگی، از افزودن مواد رنگی معدنی بی اثر شیمیایی به سیمان پرتلند معمولی یا سفید به دست می آید و از سیمان پرتلند معمولی برای ساخت سیمان های پرتلند رنگی قرمز، قهوه ای و سیاه و برای ساخت سیمان هایی به رنگ های دیگر، از سیمان سفید استفاده می شود. استفاده از این نوع سیمان به عنوان بتن سازه ای مجاز است.

سیمان های پرتلند آمیخته

سیمان های پوزولانی

سیمان پرتلند پوزولانی، چسباننده ای هیدرولیکی است که مخلوط کامل، یکنواخت و همگنی از سیمان پرتلند و پوزولان می باشد. سیمان های پرتلند آمیخته با پوزولان های طبیعی، به دو گروه سیمان پرتلند پوزولانی معمولی و سیمان پرتلند پوزولانی ویژه تقسیم بندی می شوند. سیمان پرتلند پوزولانی معمولی، دارای پوزولان به میزان حداقل ۳ و حداکثر ۳۰ درصد وزنی می باشد. این نوع سیمان با نماد «پ.پ» نشان داده می شود و برای مصارف عمومی در ساخت ملات یا بتن به کار می رود. سیمان پرتلند پوزولانی ویژه، دارای پوزولانی به میزان بیش از ۳۰ درصد تا ۱۵ درصد وزنی است. این نوع سیمان با نماد «پ.پ.و» نشان داده می شود و معمولاً برای ساخت بتن های حجیم و نیز در مواردی که بتن تحت تهاجم شیمیایی قرار می گیرد به کار می رود. این نوع سیمان، حرارت هیدراتاسیون کمی دارد و مقاومت اولیه لین بتن کم می باشد.

سیمان های پرتلند روبراره ای یا سرباره ای

این سیمان، از آسیاب کردن ۳۰ تا ۵۳ درصد سرباره کوره آهنگدازی فعال و غیر کریستالی (آمورف)، با سیمان پرتلند به دست می آید. این نوع سیمان پایداری بیشتری در برابر سولفات ها دارد و بتن ساخته شده با آن، نفوذپذیری کمتر و دوام بیشتر دارد. این نوع سیمان، در مقایسه با سیمان پرتلند معمولی، دیر گیرتر و حرارت هیدراتاسیون آن کمتر است.

سیمان بنایی

این سیمان در حقیقت مخلوطی است که از سیمان عادی به اضافه مواد پر کننده دیگری چون خاک رس پودر شده یا هیدروکسید کلسیم (آهک آب دیده و پودر شده) که نسبت اختلاط آن حدود ۷۱ درصد سیمان و ۱۵ درصد مواد دیگر است. استفاده از این نوع سیمان در بتن و بتن آرمه مجاز نیست و از آن می توان فقط در کارهای بنایی، در ملات و مانند آن استفاده کرد.

سنگدانه یا مصالح سنگی

سنگدانه ها تقریباً ۱۰٪ تا ۳۷٪ حجم بتن را تشکیل می دهند، لذا کیفیت آنها از اهمیت خاصی برخوردار است. سنگدانه ها نه تنها در مقاومت بتن بسیار مؤثرند، بلکه دوام بتن نیز تا حد زیادی تحت تاثیر آن ها قرار می گیرد و خواص فیزیکی، حرارتی و گاهاً شیمیایی آن ها در رفتار بتن تاثیر گذار است. دانه های سنگی به دو دسته **درشت دانه** (شن) و **ریز دانه** (ماسه) تقسیم می شود. ۱۰ تا ۷۱ درصد از کل دانه ها شن و ۱۵ تا ۱۵ درصد دانه ها را ماسه تشکیل می دهد.

مرز اندازه درشت دانه و ریز دانه **الک استاندارد نمره ۴** است که اندازه بعد آن **۴/۷۷ میلیمتر** است. دانه های عبوری از الک نمره ۵ ماسه و دانه های روی الک نمره ۵ شن هستند. دانه های ریز دانه (ماسه) باید دارای بعدی کمتر از ۱/۳۱۷ میلیمتر نباشند.

شکل و بافت سطحی و ظاهری سنگدانه ها:

دانه های موجود در طبیعت را از نظر شکل ظاهری به پنج دسته می توان تقسیم نمود:

- 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.
- ۹- **دانه های گوشه دار:** دارای سطحی صاف نیست، همچنین شکل هندسی مشخصی ندارند و اکثراً دارای گوشه های مشخص و تیز هستند.
- ۴- **دانه های پولکی شکل:** دانه هایی هستند که ضخامت آن ها نسبت به دو بعد دیگر بسیار کم است.
- ۱- **دانه های سوزنی شکل:** دانه هایی هستند که طول آن ها نسبت به دو بعد دیگر بسیار زیاد است.

اصولاً در بتن از دانه های گرد، نامنظم و گوشه دار استفاده می شود و به کارگیری دانه های پولکی و سوزنی شکل در ساخت بتن مجاز نمی باشد. به طور کلی دانه های گرد در مقایسه با دانه های نامنظم و گوشه دار در بتن کمترین مصرف سیمان را دارد، زیرا سطح ظاهری دانه های گردنسبت به دانه های نامنظم و گوشه دار کمتر بوده و چون خمیر سیمان بایستی تمام سطح ظاهری سنگدانه ها را بپوشاند، لذا این دانه ها به خمیر سیمان کمتر و در نتیجه سیمان کمتری نیاز دارد.

از نظر مقاومت نهایی بتن، اصولاً بتنی که با دانه های گوشه دار ساخته می شود به دلیل امکان درگیر شدن دانه ها با یکدیگر و برقراری اصطکاک بین آن ها، مقاوم تر خواهد بود.

توجه شود که دانه های سوزنی و پولکی، برای ساخت بتن مناسب نمی باشند، زیرا اگر کل جسم بتن تحت تنش قرارگیرد، در یک موضع از این دانه ها تمرکز تنش ایجاد شده و در همان موضع (از کمر دانه) دانه می شکند .

دانه بندی:

دانه بندی یعنی نحوه توزیع دانه ها از نظر ابعاد. دانه بندی مصالح را با یک شاخص به نام **منحنی دانه بندی** مشخص می کنند.

تعریف منحنی دانه بندی:

منحنی دانه بندی عبارت است از یک منحنی که نحوه توزیع دانه ها از نظر ابعاد را مشخص می کند. برای تنظیم منحنی دانه بندی ابتدا شن یا ماسه و یا مخلوط شن و ماسه مورد نظر را انتخاب نموده و از الک های استاندارد عبور می دهند.

تعداد الک های استاندارد که معمولاً استفاده می شود ، **۳ عدد** می باشد که ۳ الک در محدوده ماسه و یک الک مرز شن و ماسه و ۵ الک در محدوده شن است.

الک مرز شن و ماسه الک نمرة ۴ بوده که بعد شبکه های آن ۴/۷۷ میلیمتر است.

الک های در محدوده ماسه به شرح زیر است:

الک نمرة ۸	۲,۳۶ mm	# 8
الک نمرة ۱۶	۱,۱۸ mm	# 16
الک نمرة ۳۰	۰,۶ mm	# 30 (۶۰۰ μm)
الک نمرة ۵۰	۰,۳ mm	# 50 (۳۰۰ μm)
الک نمرة ۱۰۰	۰,۱۵ mm	# 100 (۱۵۰ μm)

الک های در محدوده شن به شرح زیر است:

الک $\frac{3}{8}$ "	۹/۵ میلیمتر
الک $\frac{3}{4}$ "	۱۹/۰۶ میلیمتر
الک $1\frac{1}{4}$ "	۳۸/۱ میلیمتر

به صورت عملی و در ایران معمولاً الک ۵/۳ میلیمتر را با الک ۰/۱ و الک ۵۰/۰۱ میلیمتر را با الک ۱۲ و الک ۵۸/۰۱ میلیمتر را با الک ۱۵ نام گذاری می کنند.

آب:

آب نقش بسیار اساسی و مهم در بتن دارد و به همین جهت استفاده از آب مناسب در بتن همواره باید مورد توجه قرار گیرد. استفاده از آب نامناسب در ساخت بتن مسائل و مشکلات زیر را به دنبال خواهد داشت:

- ۰- زمان گیرش سیمان به تأخیر افتاده و بتن دیر گیر می شود.
 - ۲- باعث افت مقاومت نهایی بتن می شود.
 - ۵- موجب خوردگی میلگرد ها می گردد.
 - ۵- ایجاد لکه بر روی سطح نهایی بتن (در مواردی که نمای بتنی حائز اهمیت باشد) .
- به طور کلی می توان گفت آب به کار فته در ساخت بتن باید پاک و عاری از هر گونه ناخالصی باشدو یا به عبارت دیگر قابل شرب باشد. آبی برای ساخت بتن مناسب است که دارای خصوصیات زیر باشد:

۰- اسید و بازی نباشد (PH بین ۰ تا ۸)

۲- درصد کربناتش کمتر از ۱/۰ درصد باشد.

۵- درصد جامدات معلق ریز دانه (مانند سیلت) کمتر از ۱/۰ درصد باشد.

۵- درصد کلرور کمتر از ۱/۳۱ درصد باشد.

۳- درصد سولفات هایش کمتر از ۱/۰ درصد باشد.

آبی که باعث افت مقاومتی بیش از ۰۱ درصد در بتن شود، برای ساخت بتن مناسب نمی باشد.

آب به سه صورت در بتن به کار می رود: آب مصرفی برای شستشوی سنگدانه ها، آب به عنوان یکی از اجزای تشکیل دهنده بتن که در هنگام ساخت آن به کار می رود و آب مصرفی برای عمل آوری بتن.

مواد افزودنی :

مواد افزودنی یا چاشنی های بتن موادی هستند که غیر از مواد اصلی (سیمان، آب و مصالح سنگی)، در حین اختلاط به بتن یا ملات افزوده می شوند. مقدار افزودنی ها کم است و در تعیین نسبت های اختلاط به حساب نمی آیند.

مواد افزودنی معمولاً به صورت گرد یا مایع هستند و یک یا چند ویژگی بتن تازه یا سخت شده را تغییر می دهند و هدف از کاربرد آن ها اصلاح برخی از این ویژگی ها است، اگرچه در عین حال ممکن است موجب اختلال و بروز عیب در پاره ای از ویژگی های مطلوب بتن می شوند، که این امر نباید خارج از محدوده مجاز استاندارد باشد.

مواد افزودنی اگر فقط بر روی یکی از خواص بتن (تازه سخت شده) تأثیر بگذارند مواد افزودنی تک منظوره و در غیر این صورت مواد افزودنی چند منظوره نامیده می شوند.

مواد افزودنی چند منظوره دارای یک عملکرد اصلی و یک یا چند عملکرد جانبی هستند که بسته به مورد مصرف ممکن است عملکرد اصلی آنها تغییر کند. مواد افزودنی مورد نظر در این قسمت، موارد افزودنی شیمیایی هستند که به صورت صنعتی و شیمیایی تولید می شوند. مواد افزودنی را یا می باید با کمی آب اختلاط بتن مخلوط کرده و همراه با سایر اجزای بتن به داخل مخلوط کن ریخت، و یا اینکه آن را به صورت تدریجی به مخلوط کن در حال کار وارد کرد. سازگاری افزودنی ها با یکدیگر و نیز با سیمان می باید بررسی گردد.

میزان مصرف

حداکثر میزان مصرف مواد افزودنی ۱ درصد وزنی سیمان است. استفاده از کلرید کلسیم فقط در بتن بدون فولاد مجاز است و حداکثر مقدار مصرف آن ۲ درصد زنی سیمان است. در هر حال مواد افزودنی نباید بیشتر از مقداری که تولید کننده مشخص کرده است، مصرف شوند.

مواد جایگزین سیمان یا مکمل سیمان :

این مواد به منظور تأمین یک یا چند خاصیت زیر، بسته به مورد، به کار می روند:

۰- کاهش مصرف سیمان

۲- کاهش سرعت و میزان حرارت هیدراتاسیون

۵- افزایش مقاومت بتن

۵- افزایش پایداری بتن از طریق کاهش نفوذپذیری آن

پوزولان ها :

پوزولان ها عبارتند از مواد سیلیسی یا آلومینی که خود به تنهایی فاقد ارزش چسبانندگی اند یا ارزش چسبانندگی آن ها کم است، اما به صورت ذرات بسیار ریز، در دمای متعارف و در مجاورت رطوبت با هیدروکسید کلسیم واکنش می دهند و ترکیباتی را تولید می کنند که ساختار آنها تا حدودی مشابه ترکیباتی است که بر اثر هیدراتاسیون سیمان پرتلند تولید می شود. امروزه استفاده از پوزولان ها به دلایل محیط زیستی و اقتصادی به شدت رو به افزایش است. حضور افزودنی های معدنی به عنوان جانشین قسمتی از سیمان پرتلند، معمولاً سرعت کسب مقاومت را کند می کند، ولی بهبود قابل ملاحظه ای در مقاومت نهایی بتن ایجاد می کند. همچنین قابلیت و توانایی یک افزودنی معدنی برای واکنش با هیدروکسید کلسیم موجود در خمیر سیمان هیدراته شده در دمای معمولی و تشکیل هیدرات های سیلیکات کلسیم، می تواند به کاهش چشمگیر در تخلخل خمیر سیمان و بتن منجر شود. این بتن می تواند در طول زمان دوام بسیار خوبی در مقابل عوامل مخرب محیطی و جوی از خود نشان دهد.

پوزولان ها بر دو نوعند: پوزولان های طبیعی و پوزولان های مصنوعی یا صنعتی.

پوزولان های طبیعی در انواع خام یا تکلیس شده (آهک زنی) وجود دارند و به طور عمده شامل خاکسترهای آتشفشانی غیر بلورین می باشند.

پوزولان های مصنوعی یا صنعتی به طور عمده شامل دوده سیلیس، خاکستر بادی، و خاکستر پوسته برنج می باشند.

دوده سیلیس یا میکروسیلیس محصول فرعی کوره های قوس الکتریکی صنایع فرو آلیاژی و فرو سیلیس بوده و ماده ای است با فعالیت پوزولانی بسیار شدید که بیش از ۸۳ درصد سیلیس بلوری نشده دارد.

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

خاکستر بادی در رده های F) با اکسید کلسیم حداکثر ۰۱ درصد (و C) با اکسید کلسیم بیش از ۰۱ درصد) وجود دارد. خاکستر بادی رده C ، در محیط بتن خاصیت سیمانی شدن نیز دارد، و آن را می توان جزو مواد شبه سیمانی به حساب آورد. خاکستر پسته برنج از سوختن پسته برنج به دست می آید و دارای میزان زیادی سیلیس غیر کریستالی یا آمورف است.

انواع بتن:

انواع بتن از نظر وزن مخصوص:

وزن مخصوص بتن :

وزن ویژه بتن به دو گونه حقیقی (با کم کردن خلل و فرج آن) و ظاهری (حجم ظاهری آن) بررسی می شود و از این دید بتن را در سه دسته بتن معمولی، بتن سبک و بتن سنگین گروه بندی می کنند.

۱- بتن معمولی

ساخته شده با سنگدانه ها و سیمان های معمولی تیپ یک تا پنج پرتلند و با وزن ویژه ۲۲۲۲ تا ۲۲۲۱ کیلوگرم بر متر مکعب.

۲- بتن سبک

در ساخت آن یا به جای شن و ماسه سیلیسی، از دانه های متخلخل، مانند پومیس یا پوک بکار رفته و یا با روش هایی (مانند افزودن ژل آلومینیوم) شرایطی را فراهم می آورند تا حجم بتن افزایش یابد. وزن ویژه این گونه بتن ۱/۵۵ تا ۱/۱۳ وزن ویژه بتن معمولی است. یعنی می توان بتن با وزن ویژه ۱۱۸ کیلوگرم بر متر مکعب نیز ساخت، که بر آب شناور بماند. این بتن بیشتر برای نماسازی، دیوارهای جدا کننده، سقف کاذب و جاهایی که مقاومت مطرح نباشد، بکار می رود. ممکن است در بتن سبک آرماتور (بیشتر آرماتورهای با مقاومت بالا) هم به کار رود. کار با این گونه بتن به دو روش ساخت بلوک های پیش ساخته سبک و نیز بتن ریزی درجا انجام پذیر است.

۹- بتن سنگین

از جمله بتن هایی است که کاربرد ویژه دارد. این بتن جهت کاربری در ساخت نیروگاه های هسته ای (و برای پیشگیری از بروز نشت های اتمی و آلاینده های محیط زیست) طراحی می گردد. در ساخت این گونه بتن بجای شن و ماسه خرده های فولاد، چدن و یا سولفات باریم بکار می رود تا از نشت هرگونه پرتوهای آسیب زا مانند ایکس، و دیگر پرتوها پیشگیری گردد. وزن ویژه بتن سنگین ۰/۳ تا ۲/۳ برابر بتن معمولی (۱۱۵۳ تا ۱۱۱۰ کیلوگرم بر متر مکعب) است. از سازه های تقویت شده با این بتن در ایران، می توان از نیروگاه اتمی بوشهر و نیروگاه آب سنگین اراک یاد نمود. دانه های فولاد با گیرش پرتوهای اتمی، از نشت آنها به محیط زیست پیرامون جلوگیری می نماید.

بتن مگر:

بتن مگر یا بتن نظافت یا همان بتن رگلاژ کف قالب بندی فونداسیون، در واقع یک بتن با عیار سیمان کم (بین ۰۱۱ تا ۱۳۰ کیلوگرم سیمان بر مترمکعب) است که به منظور آماده سازی بستر خاکبرداری شده برای آرماتوربندی و صفحه گذاری اجرا می گردد.

موارد استفاده بتن مگر :

- ۰- جلوگیری از نفوذ سیمان به خاک
 - ۲- جلوگیری از جذب آب بتن توسط خاک
 - ۵- آماده سازی بستر خاک برای پی ریزی
- ۵- صاف، تراز و همگن کردن فونداسیون
- ۳- اگر خاک برداری بیش از حد لازم انجام شود برای تراز کردن کف پی و پر کردن فضای خالی از بتن مگر استفاده می شود.

رعایت نکات ذیل جهت اجرای بتن مگر الزامی است:

- ۰- قبل از اجرای بتن مگر خاک بستر باید مرطوب شود تا آب بتن جذب خاک نگردد و بتن پوک نشود.
- ۲- شفته آهک باید قبل از اجرای بتن مگر مرطوب شود تا آب بتن را جذب نکند.
- ۵- بتن مگر باید زمانی بر روی شفته آهک اجرا شود که مقاومت شفته به ۱/۱ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع رسیده باشد. (شفته آهکی زمانی به مقاومت ۰/۳ کیلوگرم بر متر مربع رسیده است که اثر کفش پس از راه رفتن بر روی آن باقی نماند).
- ۵- بتن مگر معمولاً توسط دستگاه های بتونیر کوچک ساخته می شود. دقت شود که بتن درون دستگاه حداقل دو دقیقه پس از اضافه کردن آب، به خوبی مخلوط شود و سپس مورد استفاده قرار بگیرد.
- ۳- بتن مگر معمولاً جهت پاکسازی کف و اجرای دقیق تر فاصله گذاری آرماتورها از کف اجرا می شود بنابراین باید دقت شود که سطح تمام شده آن تمیز و یکنواخت باشد تا آرماتوربندی بهتر انجام شود.
- ۰- بعد از ریختن بتن مگر، بسته به دمای هوا، باید حدود ۰۱ ساعت سطح آن مرطوب نگه شود. بعد از گذشت یک روز می توان عملیات بعدی را شروع کرد.

بتن مسلح :

بتن مسلح یا بتن آرمه به بتن تقویت شده با میلگرد (آرماتور) گفته می شود. برای مسلح کردن بتن از میلگردهای تقویتی، شبکه های توری تقویتی، صفحات فلزی یا الیاف تقویتی استفاده می گردد. هدف اصلی استفاده از بتن آرمه، واگذاری نیروهای کششی بوجود آمده در بتن به میلگردهاست (به دلیل مقاومت کششی بالای میلگرد و ضعف بتن در کشش) تا بدین طریق نیروهای کششی به بتن وارد نشده و سبب ترک خوردگی و در نهایت تخریب و گسیختگی بتن نشود. مقاومت کششی بتن تقریباً ۰۱ درصد مقاومت فشاری آن است. از مواد دیگری همچون الیاف آلی و معدنی نیز می توان به مانند کامپوزیت هایی در اشکال مختلف برای تقویت بتن استفاده کرد. بتن نیروهای

فشاری را به خوبی تحمل می کند، اما در برابر نیروهای کششی ضعیف است. پس با مسلح کردن بتن، می توان مقاومت کششی آن را افزایش داد. علاوه بر این، کرنش شکست بتن در کشش، بسیار پایین است که با مسلح نمودن آن می توان دو لبه بتن ترک خورده را به هم نزدیک کرد.

بتن آسفالتی :

بتن آسفالتی گرم، مخلوطی است از سنگدانه های شکسته و دانه بندی شده و فیلر که در کارخانه آسفالت حرارت داده شده و با قیر گرم در درجه حرارت های معین مخلوط و به همان صورت گرم برای مصرف در راه، حمل، پخش و کوبیده می شود.

دوام زیاد، تولید یکنواخت، کنترل درجه حرارت و رطوبت مصالح و آماده شدن سریع برای عبور ترافیک، از مزایای بتن آسفالتی گرم می باشد که بدون هیچگونه محدودیتی در راه ها، خیابان ها، فرودگاه ها، باراندازها، پایانه ها، و پارکینگ ها مورد مصرف قرار می گیرد.

بتن اسفنجی اتوکلاوی (AAC):

بلوک سبک بتنی هوادار اتوکلاو شده یا بتن هوادار اتوکلاوی (AAC - Autoclaved Aerated Concrete) همان بتن گازی سبک یا متخلخل می باشد. ساخت این محصول به روش اختلاط و پخت مواد اولیه انجام می گیرد. یک مهندس سوئدی پس از آزمایش ها متعدد دریافت که اگر عمل آوری این مواد در حرارت و فشار زیاد انجام شود، یک محصول بتنی متخلخل با مقاومت بالا به دست می آید که به علت وجود حباب های گاز در آن، یک عایق خوب نیز محسوب می شود. این محصول پس از تغییراتی در فرمولاسیون بتن اسفنجی اتوکلاوی و به اختصار AAC نام گرفت. مواد تشکیل دهنده اصلی بتن هوادار اتوکلاوی، ماسه سیلیسی، آهک، سیمان و آب می باشد. سیلیس از مهمترین مواد اولیه بتن سبک AAC می باشد و از معادن داخل کشور تهیه می شود، آهک نیز بصورت فرآوری شده و پخته شده به داخل کارخانه حمل می گردد.

مزایای فنی :

- | | |
|------------------------|--|
| ۱- سبکی وزن | ۲- عایق در برابر صدا |
| ۳- عایق در برابر حرارت | ۴- استحکام و پایداری در مقابل زلزله و آتش سوزی |
| ۵- عایق در برابر برودت | |

مزایای اجرایی :

با توجه به ابعاد و سبکی و راحتی نصب بلوک های سبک در همه ضخامت ها، سرعت اجرا نسبت به سایر مصالح به ۵ برابر افزایش می یابد.

مزایای اقتصادی :

پروژه های ساختمانی با استفاده از بلوک های AAC با در نظر گرفتن سرعت اجرا، به دستمزد کمتری احتیاج و همچنین استفاده از AAC به سبب مصرف ملات کمتر و نیز کاهش بارهای وارده به سازه به دلیل وزن کم دیوارها که موجب کاهش ابعاد سازه می شود، صرفه جویی قابل ملاحظه ای را در هزینه مصالح مصرفی موجب می گردد. همچنین این مصالح با وجود تخلخل هایی از حباب های ریز شرایط مناسبی به منظور جلوگیری از هدر رفت انرژی ساختمان داشته باشد و به عبارت دیگر می تواند عایق هوشمند صوت و حرارت باشد.

بتن الیافی :

در ساخت این نوع بتن از کامپوزیت ها به عنوان یک فناوری نوین در صنعت ساخت و ساز استفاده می شود. از جمله مواد جدیدی که جایگاه ویژه ای در ساخت و ساز به خود اختصاص داده، الیاف تقویت کننده می باشد. این مواد باعث بهبود خواص مطلوب بتن، همچون مقاومت آن می گردد و در بعضی موارد با کاهش وزن بتن، مصالح بسیار سبکی را ایجاد می نماید. مقاومت کششی و برشی بتن الیافی نسبت به بتن معمولی بیشتر می باشد. ضخامت نهایی بتن الیافی علاوه بر کفایت در برابر بارهای استاتیکی و دینامیکی، ضریب اطمینان بسیار بالایی در اجرا ایجاد می کند. این نوع از بتن در سازه های زیرزمینی که در معرض آب و رطوبت و خوردگی بیشتر قرار دارند، اهمیت بالاتری دارند. علاوه بر این موارد بتن های الیافی در برابر بارهای دینامیکی مانند زلزله، و ضربه به دلیل خصوصیات جذب انرژی مناسب، عملکرد بسیار مناسب تری از خودشان نشان می دهند. کاربرد این گونه رشته ها یا الیاف در بتن و به طور کلی در ملات های سیمانی که مورد استفاده است، می تواند الیاف شیشه ای، پلی اتیلنی، فولادی، آزبست و یا نایلونی باشد.

مزایای بتن الیافی:

مزایای این نوع بتن در مقایسه با بتن معمولی را می توان بطور خلاصه به شرح ذیل بیان داشت:

- ۱- مقاومت در مقابل تورق، سایش و هوازدگی سطح
- ۲- مقاومت زیاد در مقابل تنش های خستگی
- ۳- مقاومت بسیار عالی در مقابل ضربه
- ۴- قابلیت کششی خوب (ظرفیت زیاد کرنش)
- ۵- قابلیت باربری زیاد بعد از ترک خوردگی
- ۶- مقاومت کششی، خمشی و برشی زیاد

۷- طاقت خیلی زیاد

۸- در این مواد، ترک خوردگی از حالت ترک های متمرکز خارج شده و بصورت ترک های متعدد ظاهر شده است. این رفتار در افزایش شکل پذیری اعضا و مهمتر از آن در پایداری سازه های بتنی تأثیرات چشمگیری دارد.

۹- با اتکا بر ظرفیت کرنش پذیری این مصالح در فشار می توان از میزان آرماتورهای محصور کننده در نواحی فشاری کاست.

۱۰- مقاومت برشی در این بتن ها و رفتار آن ها به گونه ای است که می توان آرماتورهای برشی را حذف نمود.

۱۱- از دیگر مزایای استفاده این مواد شکل پذیری در اعضای لرزه ای، افزایش میزان تغییر شکل های غیر الاستیک، عدم افت مقاومت و حفظ یکپارچگی در این تغییر شکل ها است.

۱۲- این مواد پتانسیل زیادی جهت استفاده در المان های جاذب انرژی به عنوان کنترل غیر فعال در بهسازی لرزه ای ساختمان را دارند.

الیاف شیشه ای:

اضافه کردن الیاف شیشه به بتن به شدت بر کاهش کارایی بتن تازه تأثیر می گذارد، بنابراین باید از روان سازه های مناسب استفاده کرد و شیوه مناسب اختلاط را نیز تجربه کرد. همچنین الیاف شیشه ای به شدت تمایل دارند که در بتن تازه به یکدیگر چسبیده و گلوله شوند که به این پدیده گلوله شدن الیاف می گویند. واضح است که در صورت وقوع این پدیده، توزیع الیاف دیگر یکنواخت نبوده و بنابراین برای برطرف کردن آن باید چاره اندیشی کرد. الیاف شیشه ای مخصوص (تارهای بریده شده) دارای قطرهایی بین $1/311$ تا $1/310$ میلی متر هستند که این نوع الیاف ممکن است در تولید عناصری با الیاف شیشه ای به یکدیگر اتصال یابند که در این صورت قطر الیاف اتصال یافته به $1/510$ تا $0/5$ میلی متر می رسد.

الیاف فولادی:

الیاف فولادی به منظور بهبود بخشیدن به خواص بتن، کاربرد وسیعی را در سازه های بتنی و بتن مسلح پیدا کرده است. یکی از مهمترین نقش های الیاف فولادی در بتن افزایش مقاومت کششی بتن بوسیله کاهش ایجاد ریزترک های حاصله از بارگذاری خارجی است.

الیاف پلی پروپیلن :

کاربرد الیاف پلی پروپیلن از ترک خوردگی و جمع شدگی بتن بخصوص در سنین اولیه آن جلوگیری می کند. تولید بتنی شکل پذیر با الیاف پلی پروپیلن در بتن الیافی دارای شکل پذیری بسیار زیادی می باشد و هرگز خرد نمی شود. الیاف پلی پروپیلن آب گریز است و درصد جذب آب آن صفر می باشد، بنابراین هرگز نباید از افزودن آب اضافی جهت افزایش روانی بتن استفاده کرد.

الیاف کربن:

وزن مخصوص این نوع از الیاف $22/7$ کیلو نیوتن برمتر مکعب می باشد و شکل مختلف آن بلوری می باشد و ضخامت آن نازکتر از موی انسان می باشد و دارای قطر 0 الی 0.1 میکرو متر می باشد. مزایایی اصلی آن : استحکام بالای خستگی، مقاومت در برابر خوردگی، ضریب انبساط حرارتی پایین می باشد. معایب آن عبارت است از قیمت بالا، کرنش در شکست، هادی الکتریکی

روش و میزان مصرف :

الیاف را می توان در هر زمان به میکسر اضافه نمود. همچنین می توان الیاف را در انتها به آب طرح اختلاط اضافه نمود و داخل میکسر ریخت که در این صورت باید برای رسیدن به مخلوط یکنواخت، 5 تا 5 دقیقه دیگر هم زدن ادامه یابد. در صورت استفاده از بتن آماده، می توان الیاف را به تدریج داخل تراک میکسر ریخت و هم زدن در دور تند باید به قدری ادامه داشته باشد که از پخش کامل الیاف داخل بتن مطمئن شد. مقدار مصرف الیاف با توجه به عملکرد مورد نظر، از $1/0$ تا 5 کیلوگرم در مترمکعب متغیر است.

از آنجا که نحوه قرار گرفتن الیاف داخل بتن، کاملاً تصادفی می باشد، از این بتن معمولاً نمی توان به نحو مطلوبی در ساخت تیرها و ستون ها بهره گرفت و در این نوع سازه ها استفاده از روش سنتی و شبکه بندی فولادی به صرفه تر و مناسب تر می باشد. اما بر اساس برآوردهایی که توسط بعضی از متخصصین کشور انجام گرفته است، در جاهایی که سرعت اجرای بالا مدنظر است و یا نیاز به پاشش بتن (شاتکریت) روی سطوح ویژه ای است، استفاده از این نوع بتن توصیه می گردد.

بتن پاشیده :

بتن پاشیده یا بتن پاشی پای کار (به انگلیسی: Shotcrete) فرایندی است که در آن بتن یا ملات با فشار و سرعت بالا بر روی یک سطح پاشیده می شود تا لایه ای متراکم، خود نگهدار و برابر ایجاد گردد. بتن پاشیده شامل دو نوع مرطوب و خشک است. شات کریت را می توان وسیله ای بسیار مؤثر، پایا و اقتصادی برای کنترل زمین، کارهایی نظیر مرمت و بازسازی سازه های بتنی و ساختمان های قدیمی، ساخت پوشش های بتنی نگهداری اولیه در تونل سازی، پایداری شیب های سنگی و خاکی و پایداری بسیاری از سازه های زیرزمینی دانست. همچنین شات کریت را می توان به عنوان ملات یا بتنی که با سرعت بالا توسط هوای فشرده روی یک سطح پاشیده می شود تعریف کرد. از جمله مزیت های شات کریت عدم نیاز به قالب بندی یا قالب بندی بسیار کم نسبت به سایر روش ها، مناسب برای سطوح نامنظم و امکان حمل مواد برای محل های با دسترسی مشکل می باشد.

انواع بتن پاشیده :

بتن پاشیده را می توان به دو دسته کلی از نظر روش اختلاط تقسیم کرد :

۱- مخلوط مرطوب

۲- مخلوط خشک

در گذشته از شاتکریت خشک به این علت که اساساً وسایل مورد نیاز در دسترس تر و ارزان تر بود و مواد خشک می توانست برای مسافت طولانی تر حمل شود (یک مزیت مهم در کاربردهای معدنی است)، به صورت گسترده استفاده می شد. با این حال روش اختلاط تر دارای برتری های مهمی از جمله کاهش پس ریز، عدم نیاز به نیروی انسانی ماهر و نیاز به وسایل کمتر در محل اجرا برای معادن زیرزمینی است. کیفیت شاتکریت به عوامل متعددی وابسته است از جمله اپراتور، کنترل آب مخلوط، سرعت نازل و تکنیک پاشیدن. در هر موردی توانایی و تمرین اپراتور بسیار مؤثر است.

مزایای ماده افزودنی بتن شات کریت (بتن پاششی):

عوامل مؤثر در انتخاب نوع عملیات شاتکریت می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۳- محل عملیات

۱ - عوامل اقتصادی

۴- مهارت و قابلیت اپراتور

۲- دسترسی به مواد و وسایل

امروزه برای انتخاب روش به میزان برگشت مواد، مقدار دور ریز و خواص آن نظیر مقاومت پایداری در مقابل هوازدگی توجه بسیار می شود.

بتن پاشیده مرطوب :

در مرحله اول آب و سایر مواد با هم به مخلوط کن وارد شده و مخلوط می شوند و پس از آن است که سایر افزودنی ها به مخلوط اضافه می شود و عملیات بتن پاشی انجام می گردد..

بتن پاشیده خشک :

در این روش ابتدا مواد به صورت خشک با درصد بسیار کمی آب مخلوط می شوند و قبل از خروج از نازل به آن ها آب اضافه می شود. در این روش بر خلاف روش مخلوط تر، آب درانتهای مسیر و قبل از خروج از نازل به مخلوط اضافه می شود.

مزایا و معایب :

معایب شات کریت مخلوط خشک به شرح زیر است :

۱- به علت نرسیدن آب به همه دانه ها، ممکن است بعضی قسمت ها هیدراته نشده باقی بمانند.

۲- گرد و غبار ناشی از پراکنده شدن دانه سیمان در محل کارگاه زیاد است.

۳- به دلیل نجسبیدن ملات (به دلیل هیدراته نشدن) بخش عمده ای از آن به هدر می رود.

مزایای شاتکریت مخلوط تر به شرح زیر است :

۱- بطور معمول، نیاز به قالب بندی ندارد و بدین ترتیب هزینه های قالب بندی و تجهیزات نیروی انسانی و زمان انجام عملیات بطور قابل ملاحظه ای کاهش می یابد. عدم

استفاده از قالب سبب می شود که کارگر بتواند فضای کار را دیده و بتن را به شکل مناسبی بین میلگردها جای دهد.

۲- امکان اجرای سازه های بتنی با اشکال منحنی، مدور و غیر منظم (مثل استخر و آبگیر)

۳- امکان تثبیت کوه ها و صخره ها با پوشاندن آن ها با یک شبکه مش و پاشیدن بتن روی آن ها

۴- روکش کردن پایه پل ها و لاینینگ تونل ها

۵- افزایش ضخامت لوله های بتنی در محیط های خورنده و خطرناک در مقابل آتش

۶- مقاومت مکانیکی بهتر نسبت به شاتکریت مخلوط خشک

۷- چسبندگی بهتر بین بتن و میلگرد

۸- کاهش نفوذ پذیری و آب بندی مناسب

بتن پیش تنیده :

بتن پیش تنیده، روشی است برای برطرف کردن ضعف بتن در برابر کشش. به عبارت دیگر پیش تنیدگی عبارت است از ایجاد یک تنش ثابت و دائمی در یک عضو بتنی به نحو دلخواه و به اندازه لازم، به طوری که در اثر این تنش، مقداری از تنش های ناشی از بارهای مرده و زنده در این عضو خنثی شده و در نتیجه مقاومت باربری آن افزایش پیدا می کند. هدف اصلی، محدود کردن تنش های کششی و ترک های ناشی از لنگر خمشی تحت تاثیر بارهای وارده در آن عضو می باشد. بتن جسمی است مقاوم در مقابل فشار، ولیکن مقاومت آن در مقابل کشش بسیار کم می باشد، بنابراین می توان با وارد کردن فشار به بتن، کشش ایجاد شده در اثر بار مرده و زنده را در عضو بتنی تقلیل و

در نتیجه مقاومت آن را افزایش داد. از بتن پیش تنیده می توان برای ساخت تیرها، کف طبقات یا پل هایی با طول دهانه های زیاد که در عمل با بتن مسلح معمولی قابل ساخت نیستند، بهره برد. از تاندون های پیش تنیده (عموماً کابل های فولادی کششی)، برای ایجاد بارهای مقاوم می توان استفاده نمود.

در این روش، قبل از بتن ریزی، فولاد که به صورت مفتول یا کابل می باشد، تا نزدیکی حد جاری شدن کشیده می شود. پس از بتن ریزی و گرفتن بتن و در نتیجه، ایجاد چسبندگی لازم بین فولاد و بتن، عامل کشش در فولاد حذف شده و در نتیجه، کلیه نیروی کششی فولاد، به صورت فشاری وارد بتن می شود، بنابراین بتن، قبل از بارگذاری دارای تنش های فشاری در کلیه نقاط خود می باشد. حال اگر از این عضو به صورت خمشی استفاده شود، تا مرحله ای که تنش فشاری موجود، تنش های کششی ناشی از خمش را خنثی نماید، عضو می تواند باربری داشته باشد. با استفاده از این شیوه، ترک های موجود در ناحیه کششی بتن مسلح حذف می شود و همچنین از تغییر شکل های خمشی نیز به مراتب کاسته می شود.

سقف های پیش تنیده:

بتن های پیش تنیده از دیرباز در پل ها و اسکله ها کاربرد داشته و در سال های اخیر استفاده از آن در سقف های دال تخت، با دهانه های بلند و خصوصاً در سقف پارکینگ های طبقاتی و عموماً اعضای که تحت اثر خمشی می باشند، توسعه یافته است. در این سقف ها با بوجود آوردن نیروی اضافی فشاری در بتن، قسمتی از تنش های کششی بتن خنثی شده و در نتیجه سطح مقطع فشاری بتن افزایش می یابد. در این نوع سقف ها نیرویی در بتن، توسط کشش کابل ها بعد از ریختن بتن و رسیدن بتن به مقاومت لازم، ایجاد می شود. این روش به صورت کارگاهی یا کارخانه ای قابل انجام است و با مخفف TP شناخته می شود. در اجرای سقف های TP ابتدا غلاف های فلزی جایگذاری می شوند. سپس، کابل ها درون غلاف قرار گرفته و پس از بتن ریزی و رسیدن بتن به مقاومت لازم، کشیده می شوند. در مرحله بعد به منظور محافظت کابل ها در برابر خوردگی و زنگ زدگی، گروت یا دوغاب سیمانی و یا مواد پلیمری مانند انواع مناسب قیر یا گریس به درون غلاف ها تزریق می شود.

مزایای سقف های پیش تنیده:

به طور کلی مزایایی سقف های پیش تنیده را می توان به صورت زیر برشمرد :

- ۱- **نداشتن ترکهای دائمی :** یکی از مهمترین خواص سازه های پیش تنیده نداشتن ترک های دائمی می باشد. این موضوع باعث دوام بیشتر این نوع سازه ها نسبت به سازه های بتنی و بتن آرمه می شود. این امر به خصوص در محیط هایی با گازها و زمین های خورنده و همچنین سازه های دریایی بسیار حائز اهمیت می باشد. برتری این نوع بتن نسبت به بتن آرمه در ساختمان تانکرهای آب و مخازن به جهت نداشتن ترک واضح است.
- ۲- **وزن کمتر سازه :** وزن این نوع از سازه ها به مراتب از وزن سازه های بتن آرمه معادل کمتر است.
- ۳- **نداشتن خیز :** خیز تیرهای بتنی پیش تنیده تحت اثر بارهای سرویس معمولاً بسیار کم می باشد، زیرا قبل از وارد آمدن بارهای سرویس، تحت تاثیر نیروی وارده از طرف کابل ها، مقداری خیز به طرف بالا در تیر به وجود آمده است، که از شدت خیز به طرف پایین می کاهد.
- ۴- **تست سازه قبل از بارگذاری :** در سازه های بتنی قبل از وارد آمدن بارهای سرویس، سازه به وسیله نیروی کابل ها به شدت بارگذاری شده و بتن و فولاد تحت اثر تنش های زیادی قرار می گیرند، و این خود یک نوع امتحان از نظر مطمئن بودن بتن و فولاد می باشد.
- ۵- **قابلیت انعطاف پذیری :** با تغییر مقدار نیروی پیش تنیدگی، می توان سازه را صلب و یا انعطاف پذیر کرد، بدون اینکه مقاومت نهایی آن تغییری بکند.
- ۶- **اقتصادی بودن :** سازه های پیش تنیده معمولاً برای دهانه های بزرگ و بارهای سنگین اقتصادی تر از سازه های بتن آرمه می باشد.
- ۷- **انعطاف پذیری در معماری :** سازه های پیش تنیده به دلیل حذف بعضی از ستون ها و پایه ها، امکان اجرای سازه با دهانه های بزرگتر را امکان پذیر ساخته و قابلیت سازه از نظر معماری را افزایش می دهد.

تخریب این سیستم سقف به دلیل وجود کابل های تحت تنش، بسیار پر خطر بوده و باید با روش های خاص توسط تیم فنی آموزش دیده، صورت گیرد.

بتن خودمتراکم

بتن خود متراکم بتنی است که به خودی خود و بدون صرف هیچ گونه انرژی خارجی و تحت اثر وزن خود پخش می شود. این بتن با روانی و کارایی بسیار بالا به راحتی در لابه لای سازه قرار می گیرد و در واقع نیازی به ویبره کردن ندارد. از دیگر مزایای این بتن حداقل تفاوت بین بتن آزمایشگاهی و کارگاهی را می توان ذکر کرد. لازم به ذکر است بتن خود متراکم با بتن هایی که در گذشت با روانی بالا کاربرد داشتند تفاوت اساسی دارد، چرا که در گذشته با بالا بردن نسبت آب به سیمان این امر میسر می شده که مضرات زیادی برای بتن دارد، اما در طرح مخلوط بتن خود متراکم میزان آب به سیمان حذف گردیده و با استفاده از مواد افزودنی دیگر به بتن با روانی بالارسیده ایم.

بتن سبک (بتن فوم):

بتن سبک کف دار یا بتن سبک فومی، یکی از انواع بتن سبک می باشد که بیش از ۱۲ درصد آن را هوا تشکیل داده است. این امر با استفاده از ترکیب ماده کف زای از پیش شکل یافته و مخلوط پایه سیمانی ایجاد می شود. بتن کف دار در سال ۵۲۵۰ میلادی برای اولین بار معرفی شده است، اما فقدان مواد و تجهیزات پیشرفته کاربرد آن را به پروژه های کوچک محدود کرد. در ۱۲ سال گذشته توسعه منابع مورد نیاز، شامل پیشرفت های مهم در تولید تجهیزات و ماده کف زای با کیفیت، تولید و بتن ریزی این نوع بتن را در مقیاس های بزرگ ممکن ساخته است. در ۳۰ سال گذشته استفاده از بتن های کف دار با سرعت زیادی نیست به دیگر بتن های خاص رشد یافته است. بازار مصرف فعلی این محصول در انگلستان نزدیک به یک میلیون متر مکعب در سال می باشد. در حال حاضر بتن کف دار در سراسر دنیا به طور وسیعی در کاربردهای غیرسازه ای یا نیمه سازه ای مورد استفاده دارد. این موارد شامل پرکردن فضاهای خالی حجیم (مخصوصاً وقتی دسترسی مشکل باشد مانند بتن لوله های فاضلاب، چاه ها، سرداب ها، زیرزمین ها، معادن، حوض های ذخیره، تونل ها و متروهایی که بی مصرف هستند) تثبیت معابر تاسیسات، عایق صوتی و حرارتی، پایداری خاک یا دیگر المان های پیش

ساخته و دیوارهای تزریق تونل. مهم ترین امتیازات بتن کف دار جریان یافتن ، خود تراکم و خود تراز بودن ، سبک وزن بودن و تغییرات ابعادی کم می باشد. کف که به ماده پایه (مخلوط سیمان، آب، ماسه) اضافه می گردد، باید توانایی پایدار ماندن و از بین رفتن هنگام پمپ شدن، بتن ریزی و عمل آوری را داشته باشد. این فاکتور مخصوصاً وقتی کف بخش غالب بتن می شود، مهم است.

بتن شفاف :

استفاده از تکنولوژی نانو امکان تولید بتن شفاف را فراهم نموده است که تحولی عظیم در زمینه طراحی ساختمان ها و سازه های شهری از قبیل پل ها ایجاد می نماید. این نوع بتن با افزودن فیبرهای شیشه به مخلوط خرده سنگ، سیمان و آب به شیوه ای متفاوت تهیه می شود.

موارد کاربرد بتن شفاف :

- ۱- دیوار: به عنوان متداول ترین حالت ممکن، این بتن می تواند در ساختن دیوارها مورد استفاده قرار گیرد. به این ترتیب هر دو سمت و همچنین ضخامت این ماده جدید قابل مشاهده خواهد بود. این ماده می تواند برای دیوارهای داخلی و خارجی مورد استفاده قرار گیرد. به خاطر استحکام زیاد این ماده می توان از آن برای ساختن دیوارهای باربر هم استفاده کرد. در صورت نیاز، مسلح کردن این ماده نیز ممکن است. انواع دیوار با عایق حرارتی نیز در دست تولید است.
- ۲- کف پوش ها: از بتن شفاف می توان به عنوان کف پوش نیز استفاده نمود که طراحی منحصر به فردی دارد.
- ۳- طراحی داخلی: از این نوع بتن عبور دهنده نور می توان برای روکش دیوارها در طراحی داخلی استفاده کرد.

بتن غلطکی :

بتن متراکم شده با غلطک یا بتن غلطکی، بتنی با اسلامپ صفر می باشد که با ارتعاش توسط غلتک ها محکم و سفت می شود. دو نوع بتن غلطکی در کارهای ساختمانی به کار می رود : بتن غلطکی حجیم با عیار سیمان کم، در ساخت سدها و سازه های حجیم مانند دیوارهای حایل، پایه های سنگین و خاکریزها که در آن ها مقاومت زیاد مورد نیاز نیست و بتن غلطکی با عیار سیمان نسبتاً زیاد، در اجرای سریع لایه های روسازی بزرگراه ها و پوشش های مشابه که در آنها مقاومت مکانیکی و سایشی بالایی مورد نیاز است. مزیت اصلی این نوع بتن ها، هزینه پایین آن است. بتن غلطکی در ساخت سد به کار می رود که از نظر اقتصادی و سرعت تکنیک جایگزین موادی مانند مصالح سدهای خاکی و از نظر مکانیکی یعنی استحکام و دوام، مانند بتن است. این تکنولوژی تحت عناوین زیر در کشورهای مختلف مورد بررسی و اجرا قرار گرفته است. در بسیاری از کشورها هزینه ساخت سدهای بتنی با سرعتی بیش از هزینه های مشابه در سدهای خاکی افزایش یافته است به طوری که در سال ۱۵۰۰ حدوداً ۷۵٪ سدها، بتنی بوده و در فاصله سال های ۰۵۰۰ تا ۷۱۵۰ این عدد به ۲۵٪ تقلیل یافته است. استفاده از بتن غلطکی در ساخت سدهای بتنی دارای مزایای اقتصادی و سرعت عمل قابل ملاحظه ای نسبت به سدهای معمولی است و از تجارت و تلاش های موفق سد سازی در دهه اخیر محسوب می شود.

فصل دوم

پی و پی 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:

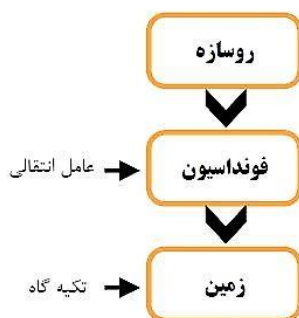
تعریف فونداسیون :

۱- مبحث 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.

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 ۵ الی ۳ 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).

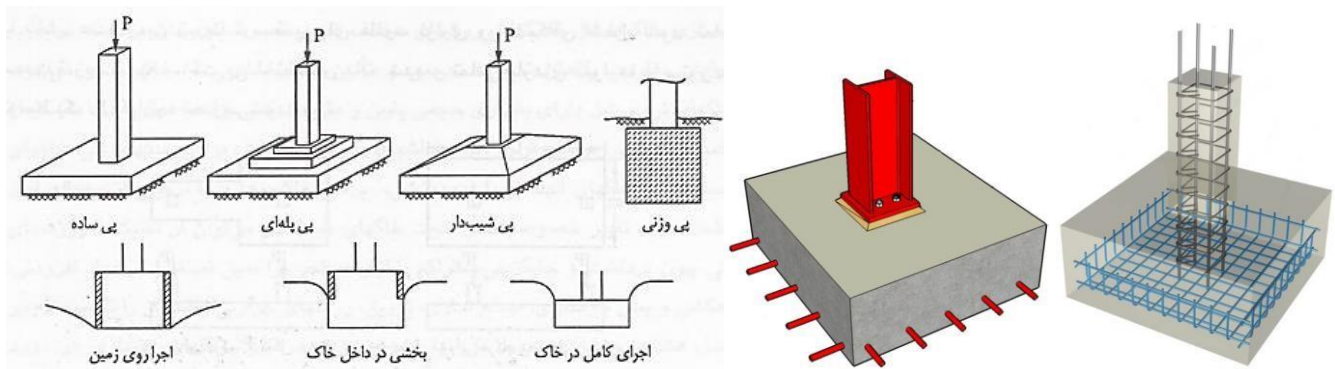
پی نواری: از این نوع شالوده اغلب برای تحمل بار دیوارهای باربر استفاده می شود. این شالوده ها معمولاً اعضای بتن مسلح با طول زیاد و عرض یکنواخت در اعماق سطحی زمین هستند.

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؟

۰- 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.

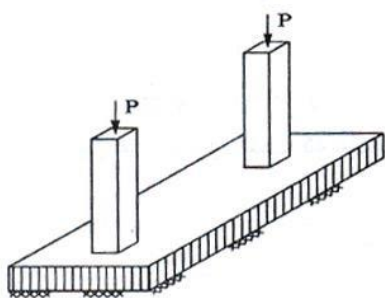
با توجه به بند فوق می توان نتیجه گرفت که در سازه های بتنی که پای ستون گیردار است استفاده از این نوع پی توصیه نمی شود زیرا **لنگر پای ستون** باعث ایجاد خروج از مرکزیت می شود در حالی که این نوع شالوده قادر نیست لنگر را به خوبی انتقال نماید. علاوه بر این در صورت وجود برون محوری، فشار در یک طرف فونداسیون 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 (شناژ):

وقتی که در یک ساختمان از فونداسیون های منفرد استفاده می شود، آن ها را باید توسط **کلاف های** 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 دو ستونی:



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).

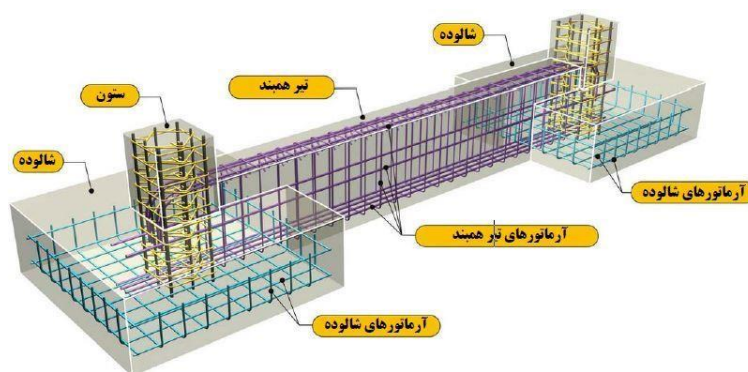
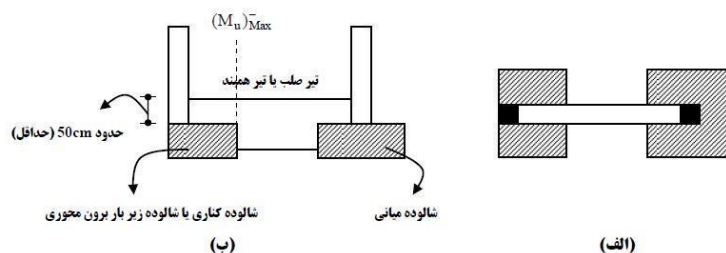
شالوده دو ستونی می تواند به صورت مستطیلی، دوزنقه ای، باسکولی، تی شکل و حفره ای طرح شوند. این پی ها به نحوی طراحی می شوند که مرکز هندسی آنها بر نقطه اثر برآیند بارهای وارده منطبق گردد .

شالوده باسکولی:

شالوده باسکولی به مجموعه ای از دو شالوده منفرد اطلاق می شود که منتجه 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:

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



نکات مربوط به پی باسکولی:

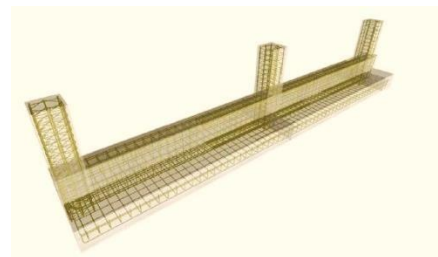
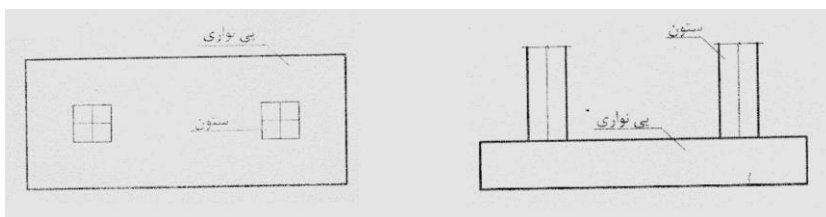
- ۱- تیر صلب بایستی بالاتر از سطح زمین قرار گرفته باشد (حداقل ۳ تا ۰۱ سانتی متر) تا در انتقال بار به زمین مشارکت نداشته باشد. تنها وظیفه این تیر به هم بستن پی ها به منظور جلوگیری از واژگون شدن پی کناری است.
- ۲- ارتفاع تیر صلب بایستی به گونه ای اختیار شده باشد که ممان اینرسی آن حداقل به اندازه ممان اینرسی 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.

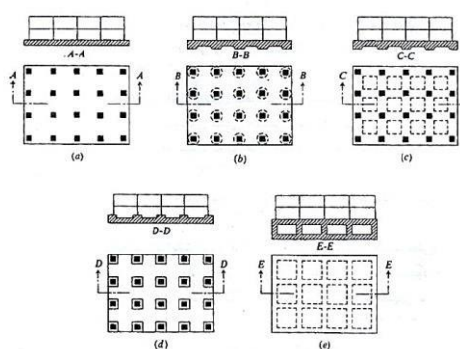
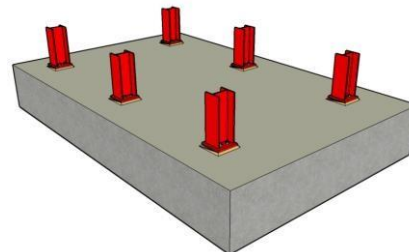
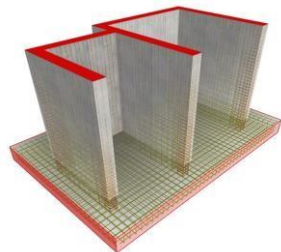
پی های گسترده:

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 زیربنا 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 ۱۳٪) 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 تارچنی (در بالا یا پایین) (c) سیستم دال دیوار (d) دال کف، دال سقف و دیوارهای میانی و جانبی (e) سیستم جمبه ای

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:

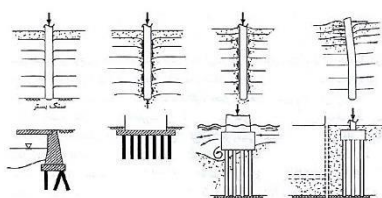
۱- سیستم های لاغر متداول یا شمع

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 آتی 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 جداری (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 ویبراتورهای کوبنده، 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 :



شکل ۱-۱۶ نمونه هایی از کاربردهای فونداسیون های عمیق

رایج ترین نوع فونداسیون عمیق شمع ها (Pile) هستند. یک شمع عضو سازه ای نسبتاً بلند، لاغر و ستون ماندنی 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
- ۵- شمع های چوبی (چوب فرآوری شده)
- ۵- شمع های با مصالح ترکیبی

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

انتخاب سیستم فونداسیون :

انتخاب سیستم فونداسیون بستگی به نوع سازه، موقعیت، بزرگی و نوع نیروهایی 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 توجیه 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 ۵ 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 معمولا از یک شبکه آرماتور ضعیف تا حد نمره ۵۰ روی پدستال و زیر صفحه زیر ستون استفاده می کنند.



فصل سوم

قالب و قالب بندی

تعریف قالب:

طبق مبحث 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 ۹۱ تا ۷۱ درصد هزینه اجرای بتن به قالب بندی آن اختصاص می یابد.

داربست سازه ای موقت است که برای نگهداری قالب بندی، سکوها ی 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 نشست 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.

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 ماده 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- طولی 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 ۲۱ 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 فایبر گلاس:

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.

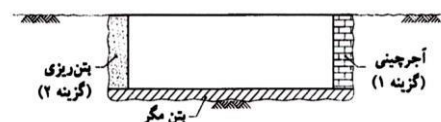
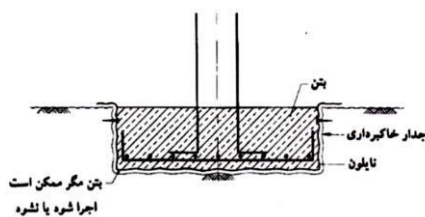
قالب بندی فونداسیون:

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:

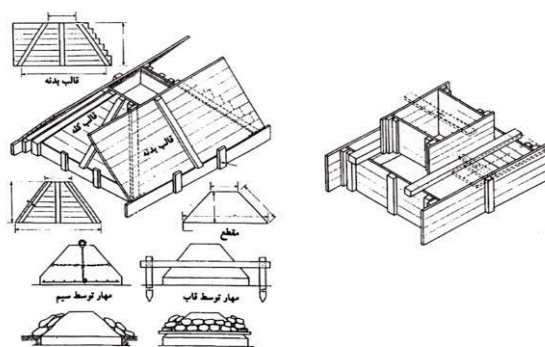
در صورتی که زمین مورد نظر برای احداث فونداسیون دارای مقاومت مناسب باشد، می توان با حفظ پوششی حدود $\frac{7}{3}$ تا $\frac{1}{3}$ سانتیمتر برای میلگرد، خاکبرداری جدار را به صورت منظم و قائم انجام داد. سپس برای جلوگیری از مکش شیره بتن توسط خاک و همچنین نظافت عملیات اجرایی روی سطوح خاک **نایلون** (ورق های 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.

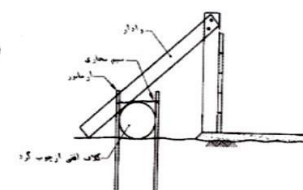
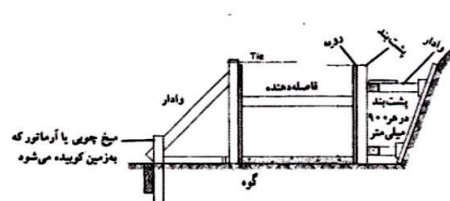
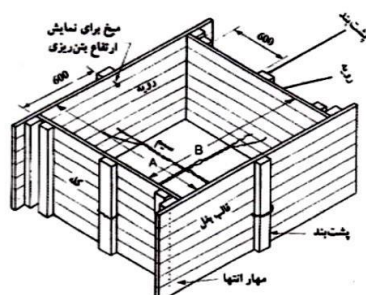
مجموعه قالب بندی فونداسیون:

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 :

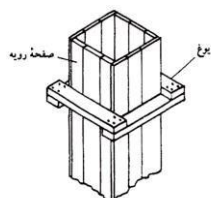
۱ - قالب سنتی

۲- قالب پانلی

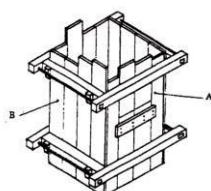
۳- قالب یکپارچه

۴- قالب بالارونده

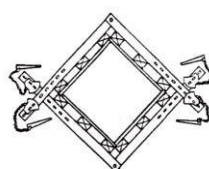
۵- قالب لرزنده



(الف) یوگ با استفاده از چهار هده چهار تراش چوبی



(ب) یوگ با استفاده از چهار تراش و بولت. پشت بند رویه B با گوه به بولت مهار شده است.



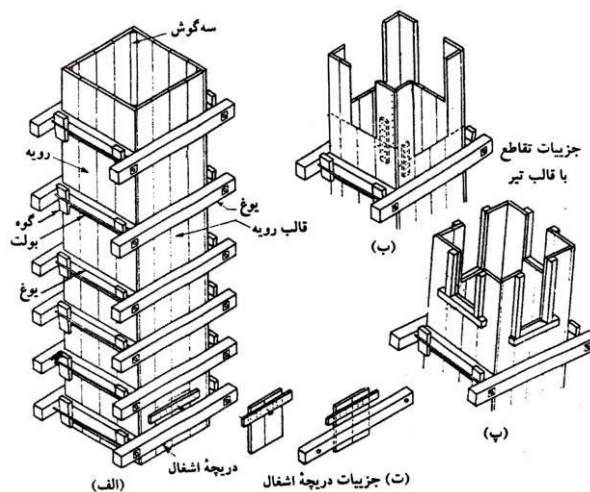
(پ) یوگ فلزی

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

تذکر: بر اساس میحث 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 ۱۲ تا ۲۳ میلیمتر و عرض ۱۳۰ تا ۱۲۳ میلیمتر تشکیل می یابد که به پشت بندهایی در فواصل ۱۵ تا ۱۰ 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 ۵ تا ۵ 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 شاقولی بودن ستون از جک هایی در وجه ستون استفاده می گردد و برای عملیات بتن ریزی و ویراتور 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.

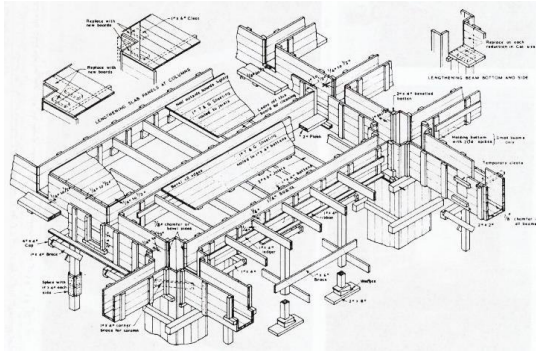
نکاتی در مورد قالب بندی ستون ها:

- 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 ویریه کردن ممکن است قالب از راستای خود جابه جا و یا حرکت چرخشی داشته باشد. به همین دلیل بعد از اتمام بتن ریزی و ویریه کردن لازم است که مجدداً قالب ستون 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.

قالب 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 ۳۰ تا ۱۲ 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.

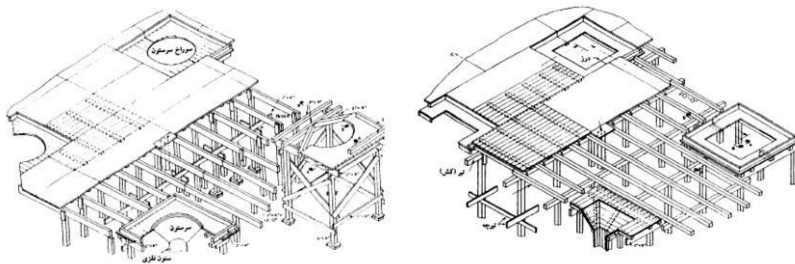


قالب های سقف بر اثر مرور زمان و نیازهای سازندگان تکامل یافته و شکلی امروزی با سرعت نصب زیاد پیدا کرده اند. انواع مختلف قالب سقف عبارتند از:

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

قالب های سنتی سقف:

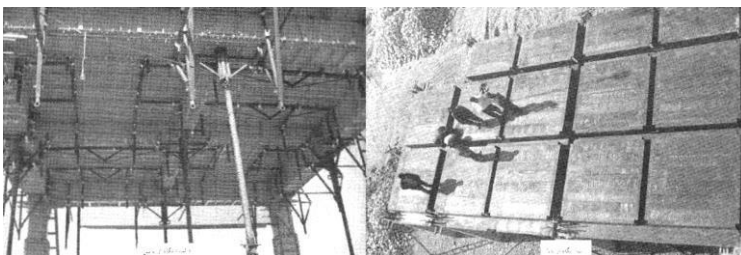
شکل زیر نشان دهنده شمای عمومی سیستم قالب سنتی است. این سیستم که در حال حاضر نیز در حالات خاص مورد استفاده قرار می گیرد، عبارت است از ساخت در جای کلیه اجزا قالب به کمک الوارهای چوبی. قالب چوبی در واقع شکل منفی سیستم دال می باشد که بر شمع ها متکی است و با صرف وقت قابل توجه توسط استادکاران نجار (کفراژبند) 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:

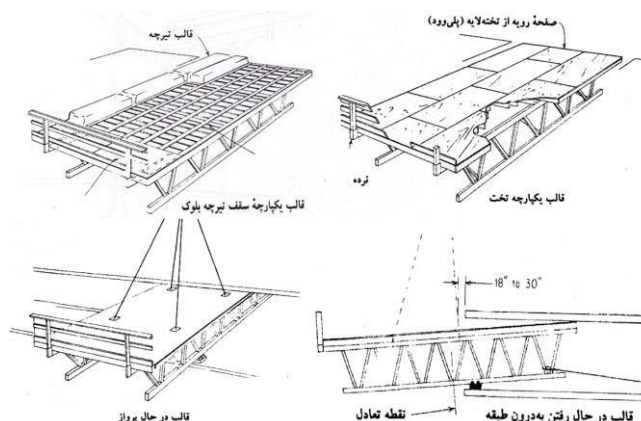
- ۱- رویه چندلایی با کلاف و پشت بند چوبی
- ۲- رویه چندلایی با کلاف و پشت بند فلزی
- ۳- رویه فلزی با کلاف و پشت بند فلزی
- ۴- رویه و کلاف و پشت بندهای آلومینیومی



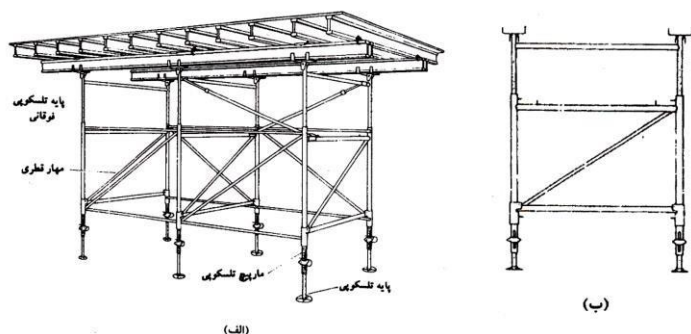
برای اجرا، تیرک ها و شمع ها در جای خود مستقر شده و پانل های پیش ساخته روی آن انداخته می شوند و توسط بست های مناسب به یکدیگر یکپارچه می شوند، به طوری که درز بین دو پانل کاملاً بسته گردد. اصولاً نکته مهم در قالب های پانلی، چه در دیوار و چه در سقف، درزبندی مناسب بین پانل هاست.

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:



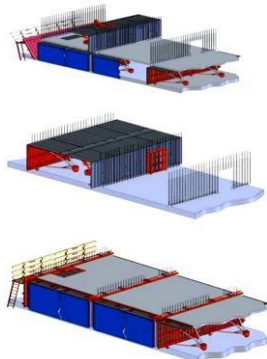
یکپارچه ترین و در نتیجه سریع ترین سیستم قالب بندی سقف، قالب های میزی است. در قالبهای میزی، اجزای مختلف قالب شامل رویه، پشت بند، تیرک، و پایه یکپارچه بوده و به طور یکپارچه حمل و نقل و نصب می گردند. این

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 ۲۱ 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:

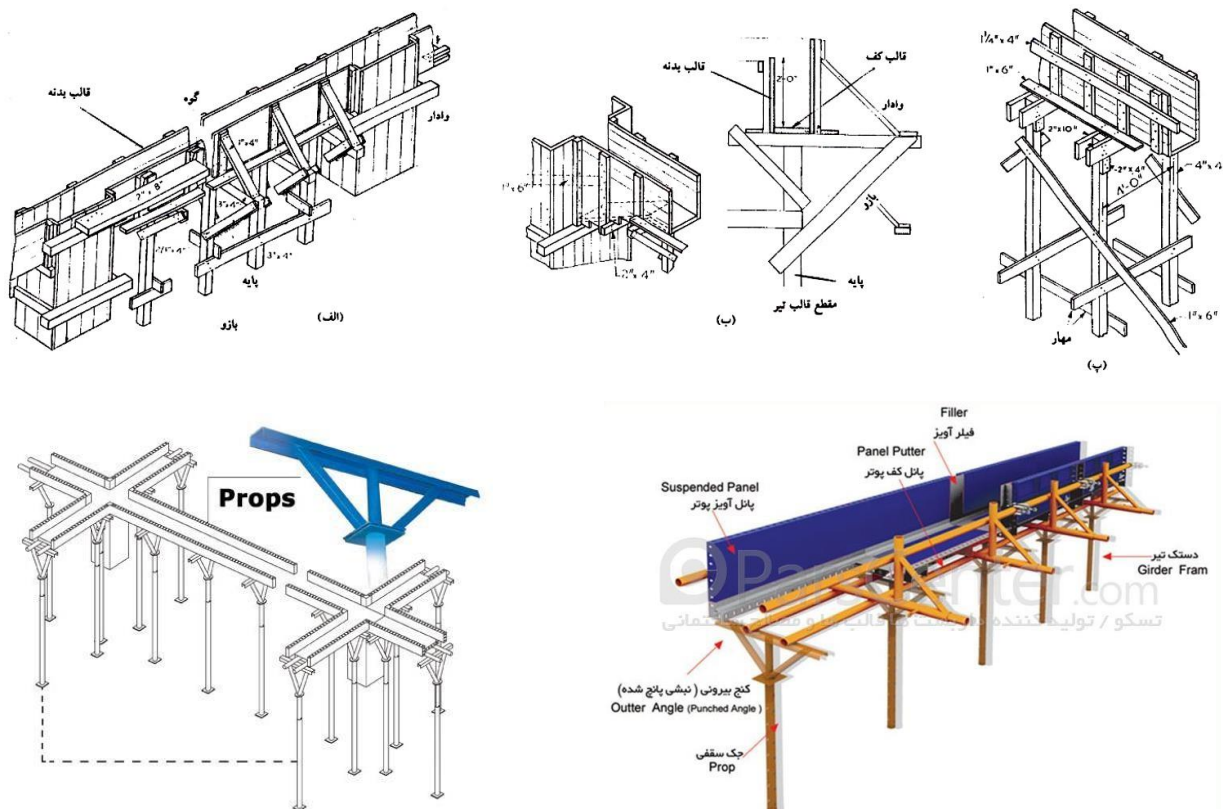
شکل های زیر نشان دهنده انواع قالب های چوبی تیر می باشند. عناصر اصلی قالب تیر عبارتند از:

۱- قالب کف

۲- قالب بدنه

۹- شمع

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



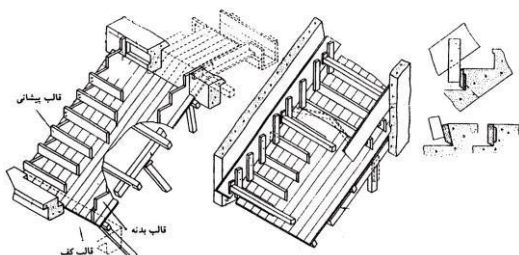
قالب های پله:

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

۱- قالب کف پله

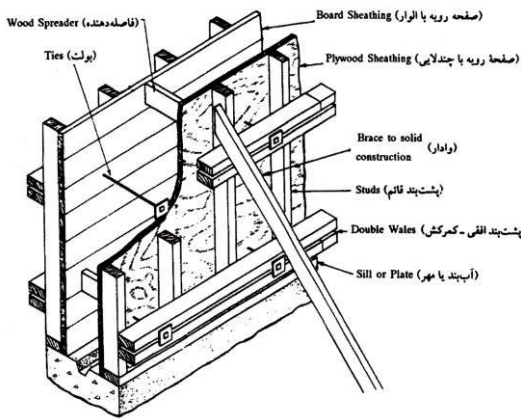
۲- قالب بدنه

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

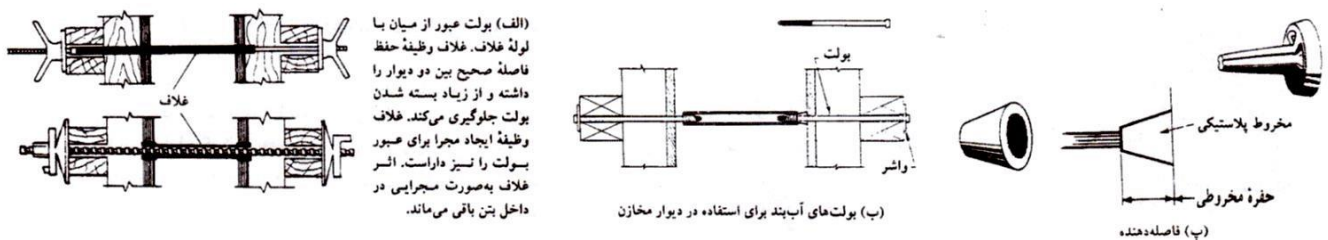
۴- بولت

۵- وادار

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. وادار 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:

پاشنه (رامکا):

برای سهولت عمل قالب بندی و تنظیم پای قالب، غالباً از رامکا استفاده می گردد. رامکا می تواند بتنی و یا فولادی باشد. در مناطق با خاک مهاجم و یا سازهایی در مجاورت آب و یون کلرید استفاده از رامکای فولادی مجاز نمی باشد. در استفاده از رامکای بتنی باید به نکات زیر توجه شود:

- ۱- رامکا یک قسمت محدود از بتن سازه است. برخورد با رامکا باید مانند سایر بتن ها بوده و در اختلاط یا ریختن و تراکم و عمل آوری دقت های لازم به کار گرفته شود.
- ۲- رامکای بتنی باید با بتن زیرین به صورت یکپارچه ریخته شود. وجود دو درز اجرایی در فاصله بسیار نزدیک به هم (۱ تا ۱۲ سانتیمتر) به هیچ عنوان مجاز نیست، بویژه آن که در مناطق زلزله خیز واقع باشیم.
- ۳- در ساخت رامکا باید قالب ها با دقت در محل مورد نظر تنظیم و تثبیت گردند، به ویژه اگر بخواهیم رامکای بتنی به صورت پیوسته با بتن زیرین باشد، میتوان قالب ها را از ابتدا در محل مورد نظر قرار داد و یا بلافاصله پس از بتنریزی قسمت زیرین اقدام به نصب قالب ها نمود و بتن رامکا را اجرا نمود.

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 ۰.۱ سانتیمتر پشت ریسمان قرار داده و با وسایل مناسب آن را مهر 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 ۲۷٪ 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	۲۴ 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 باربر 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 جلائی 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.

فصل چهارم

فولاد، آرماتور و آرماتوربندی

معرفی فولاد:

آهن فلزی است سنگین با وزن مخصوص ۷/۸۷ تن بر مترمکعب که در دمای ۱۳۵۰ 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.

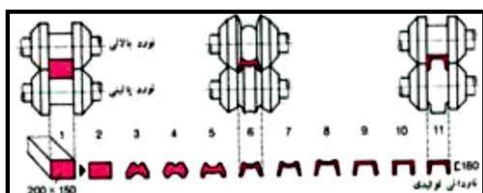
فولادها، آلیاژهایی از آهن و کربن هستند که عناصر دیگری نیز به همراه دارند. در میان این عناصر کربن نقش مهمی دارد و مقدار آن تعیین کننده اعظم خصوصیات فولاد همانند قابلیت عملیات حرارتی، جوشکاری، ریخته گری، نقطه ذوب و غیره می باشد. اگر مقدار درصد کربن کمتر از ۲/۷۲ درصد باشد محصول را فولاد و چنانچه مقدار آن از ۲/۷۲ تا ۴/۲۱ درصد باشد آن را چدن می نامند.

درصد کربن در فولادهای ساختمانی تا حدود ۲/۷۱ درصد است.

تولید فولاد شامل فرآیندهای زیر می باشد:

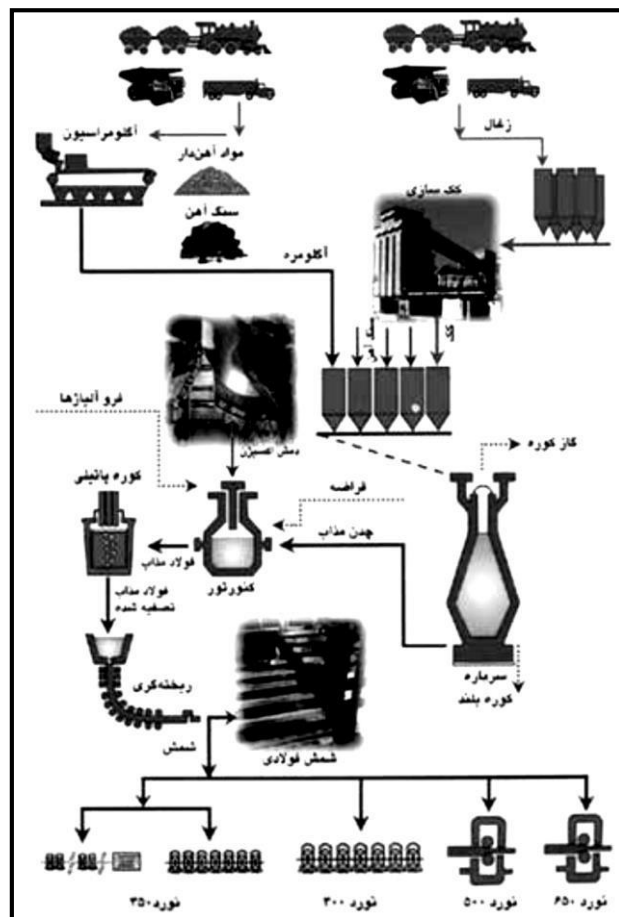
- ۰- استخراج سنگ آهن
- ۲- آماده سازی مواد اولیه شامل کانه آرای، تغلیظ، آگلومراسیون، کلوخه سازی و گندله سازی
- ۵- آماده سازی مواد جنبی شامل کک سازی و آهک سازی
- ۵- فرآیند احیا و آهن سازی
- ۳- فولاد سازی
- ۰- ریخته گری
- ۷- نورد

نورد کاری:



تغییر شکل دادن در اثر عبور از بین دو استوانه گردان را نورد کاری می گویند. نزدیک به ۱۸ درصد از فرآورده های فولاد جهان را با نورد کاری شکل می دهند. فولاد را تا دمای ۱۳۰۱ تا ۱۵۰۰ 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 قرقره 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 ۵ میلی متر را نورد گرم (۱۱۸ تا ۱۲۳۰) 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.



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

- ۱- کربن : ۰/۷۱ درصد
۲- سیلیکن : ۱/۱۰ درصد
۳- منگنز : ۰/۰۳ درصد
۴- مس : ۱/۱۰ 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 ۰/۷۱ درصد کربن قرار دارد. این فولادها به چهار رده کم کربن (کمتر از ۰/۳۰ درصد (، کربن ملایم (۰/۳۰ تا ۰/۲۵ درصد (، کربن متوسط (۰/۱۵ تا ۰/۳۵ درصد (و پر کربن (۰/۱۰ تا ۰/۷۱ درصد (تقسیم می شوند.

فولاد نرمه (37ST) :

فولاد های کربن دار ساختمانی در رده **کربن ملایم** قرار دارند و به آن ها **فولاد نرمه** می گویند. مثلاً حداکثر کربن فولاد نرمه 37ST بسته به ضخامت بین ۱/۲۳ تا ۱/۲۵ 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 ۱/۱۵ 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 37ST در رده فولاد نرمه قرار می گیرد و تنش تسلیم این فولاد ها بین ۲۲۲ تا ۲۲۴ مگاپاسکال قرار دارد.

فولاد یر مقاومت کم آلیاژ (52ST) :

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 ریزتر 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 52ST در رده فولاد های پر مقاومت کم آلیاژ قرار دارند و تنش تسلیم آن ها بین ۲۲۸ تا ۲۴۸ مگاپاسکال قرار دارد.

ولاد آلیاژ آب دیده باز پخت شده:

اگر فولادهای پر مقاومت کم آلیاژ را آب داده و سپس باز پخت نماییم، تنش تسلیم آن به ۲۲۱۱ تا ۲۲۷۷ 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 آبتکاری	نقطه ذوب، طاق، انبساط، قابلیت جوشکاری و کوره کاری	فولادهای غیر آلیاژی	
	الاستیسیت، استحکام، قابلیت آبتکاری عمقی، سختی در حالت گرم، مقاومت در مقابل خوردگی، جدا شدن کرافیت در چدن خاکستری	قابلیت جوشکاری		
	سجالت، 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 آبتکاری عمقی، استحکام، استحکام در مقابل ضربه، استحکام در مقابل ماییدگی	قابلیت براده برداری، جدا شدن کرافیت در چدن خاکستری	فولادهای آلیاژی	
	طاق، استحکام، مقاومت در مقابل خوردگی، مقاومت الکتریکی، دوام در حرارتهای بالا، قابلیت آبتکاری عمقی	انبساط حرارتی		
	سختی، استحکام، استحکام در حالت گرم، درجه حرارت آبتکاری، دوام برندگی، استحکام در مقابل ماییدگی، مقاومت در مقابل خوردگی	انبساط (به مقدار کم)		
	دوام، سختی، طاق، استحکام در حالت گرم	حساسیت در مقابل حرارتهای بالا		
	سختی، استحکام در حالت گرم، دوام	انبساط، قابلیت کوره کاری		
	سختی، دوام، برندگی، استحکام در حالت گرم	طاق، حساسیت در مقابل حرارتهای بالا		
	سختی، استحکام، مقاومت در مقابل خوردگی، درجه حرارت آبتکاری، استحکام در حالت گرم، دوام در حرارتهای بالا، دوام، برندگی	انبساط (به مقدار کم)		

مشخصات هندسی فولاد:

ضریب الاستیسیت:

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 الاستیسیت نام دارد و مقدار آن برای فولاد در حدود 210×10^3 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 ۱/۱۲ درصد، خطی موازی با شیب اولیه رسم می گردد. محل تقاطع این خط با نمودار، تنش تسلیم نامیده می شود.

ناحیه خمیری:

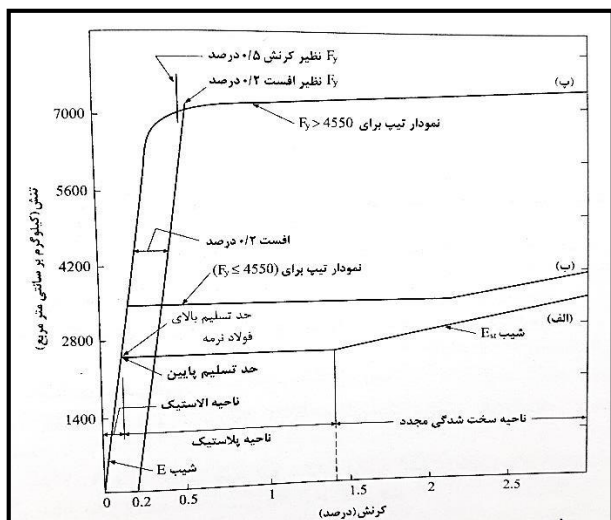
بعد از تنش تسلیم ناحیه ای تقریباً مسطح و افقی وجود دارد که طول آن حدود ۱۱ تا ۲۲ برابر کرنش نظیر حد خطی است. به این ناحیه محدوده خمیری یا پلاستیک گفته می شود و از خواص آن در طراحی پلاستیک استفاده می گردد. برای فولاد خشکه چنین ناحیه ای وجود ندارد و به همین دلیل تا کنون اجازه تحلیل پلاستیک به این گونه فولاد 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 ۲۲۲۷۲ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع می

باشد. در تحلیل

نمودار تنش کرنش انواع مختلف فولاد



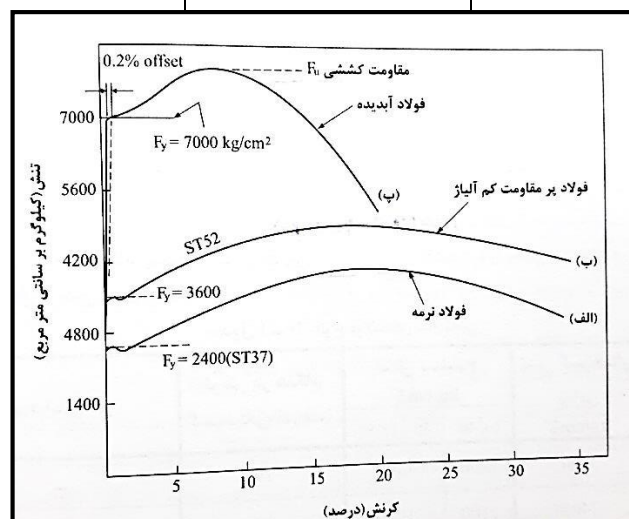
پلاستیک خمش
در جهت

ناحیه ابتدایی نمودار تنش کرنش با مقیاس بزرگتر

اطمینان از سخت شدگی مجدد صرف نظر می نمایند.

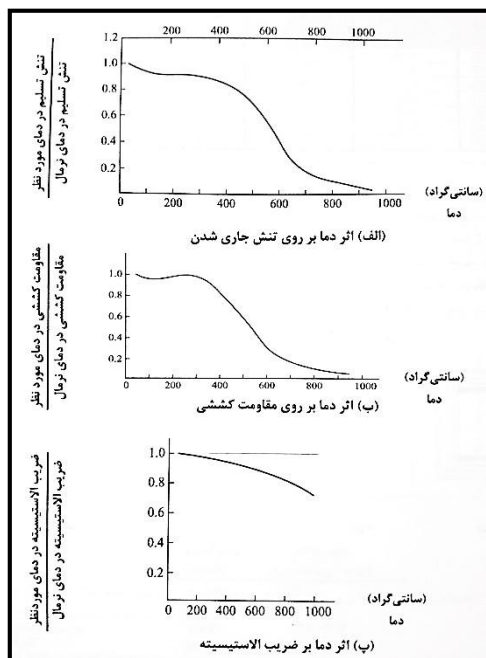
ضریب فنریت:

ضریب فنریت در واقع نشان دهنده انرژی جذب شده در ناحیه خطی می باشد و مسلماً 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 - $^2\text{Kg/Cm}$	ضریب فنریت - $^3\text{Kg.Cm/Cm}$	طاقت - Kg.Cm/Cm^3
نرمه	۲۲۱۲	۱/۱۴	۲۸۴
پر مقاومت آلیاژ دار	۲۲۹۱	۱۲۹/	۲۱۲۱
خشکه کربن دار	۲۲-۴۳۲۲۱۷	۲۷/۷	۲۱۲۷
خشکه کم آلیاژ	۲۲۲۷	۲۱۱/۳	۲۱۹۹

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 ۳۹ 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 ۲۴۹ تا ۲۱۴ 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 پر هزینه 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 چسپندگی 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)

۲- I شکل معمولی (IPE یا INP)

۵- ناودانی

۵- نبشی

۳- سپری

۰- لوله

۷- قوطی

۵- میلگرد

۰۱- تسمه

۰۰- Z شکل

فولا در

بتن:

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 گذراندن از حديدیه 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 (240S) : که منحنی تنش کرنش آن دارای پله تسلیم مشهود است.

۲- فولاد نیم سخت (S - 340S400) : که منحنی تنش کرنش آن دارای پله تسلیم بسیار محدود است.

۳- فولاد سخت (500S) : 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 AI		۲۴
میلگرد آج دار Ø یا AII		۳۰
میلگرد آج دار تابنده یا پیچیده Ø یا AIII		۵۰ U ۲۲

۱- میلگرد با رویه صاف یا میلگرد ساده (AI) : این نوع رویه فقط در میلگرد 240S به کار برده می شود. این میلگردها فقط می توانند به عنوان میلگرد دورپیچ در اعضاء 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 ۵ - ۵ - ۰ در مبحث نهم مقررات ملی ساختمان)

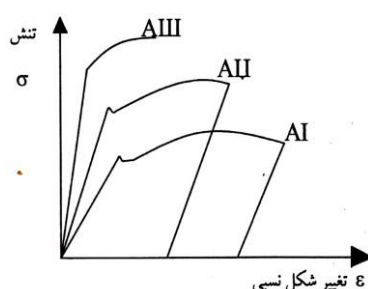
سطح زیر منحنی تنش کرنش ، شکل پذیری انواع فولاد را نشان می دهد به طوری که هر چه سطح زیر این منحنی بیشتر باشد، شکل پذیری نیز بیشتر خواهد بود. بر این اساس:

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.



جدول ۹-۴-۱ رده بندی مکانیکی میلگردهای فولادی

رده	علامت مشخصه در استانداردهای ملی ایران	f_{yk} (N/mm ²)	f_{yk} (N/mm ²)	طیفه بندی از نظر شکل رویه	رده از نظر سختی
S240	۲۴۰ س	۲۴۰	۳۶۰	ساده	نرم
S340	۲۴۰ آج	۲۴۰	۵۰۰	آجدار مارپیچ	نیم سخت
S400	۴۰۰ آج	۴۰۰	۶۰۰	آجدار چناتی	نیم سخت
S500	۵۰۰ آج	۵۰۰	۶۵۰	آجدار مرکب	سخت

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 نیارودن 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 شیبداری از کف بارکش تا کف زمین به وجود آورد تا میلگردها به روی هم بغلتند و در نتیجه افتادن روی زمین آسیب نبینند.

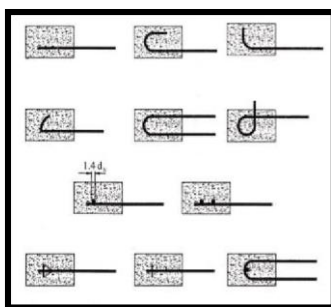
چهار اصل مهم در انبار کردن میلگردها عبارتند از:

- 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 ۲۰ متری بریده می شوند، باید برش میلگردها طوری باشد که پرت (افت) مصالح نداشته باشیم. برای بریدن میلگردها تا قطر ۲۰ میلیمتر از قیچی های دستی استفاده می گردد. برای بریدن میلگردهای با قطر بیشتر تا نمره ۲۵ از قیچی های زمینی اهرمی و برای میلگردهای با قطر بیشتر از نمره ۲۵ 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 میلگرد ها باید به صورت **سرد خم** شوند، مگر در شرایط خاص که دستگاه نظارت مجاز بداند.

۲- در شرایطی که دمای محیط کمتر از **۱ 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.

وصله میلگردها:

به لحاظ مشکلات اجرایی و عدم کافی بودن طول میلگردهای استاندارد (معمولاً ۲۰ 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 آماتورها 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 اتکائی :

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.

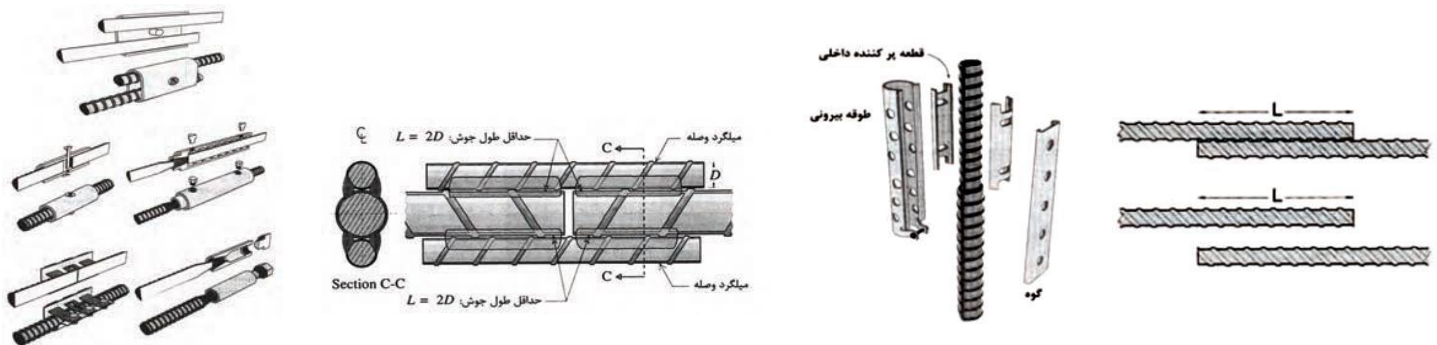
۱- اتصال سر به سر (نوک به نوک مستقیم

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:

حداقل 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.

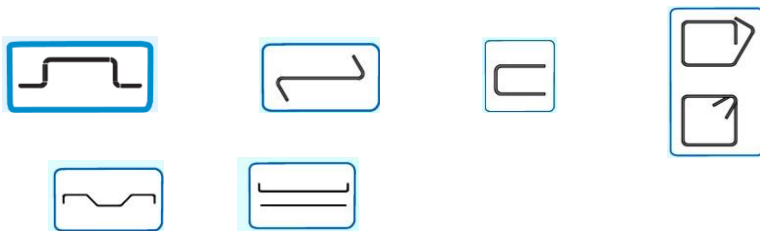
جدول شماره ۴۲-۴۳-۴۴-۴۵-۴۶-۴۷-۴۸-۴۹-۵۰-۵۱-۵۲-۵۳-۵۴-۵۵-۵۶-۵۷-۵۸-۵۹-۶۰-۶۱-۶۲-۶۳-۶۴-۶۵-۶۶-۶۷-۶۸-۶۹-۷۰-۷۱-۷۲-۷۳-۷۴-۷۵-۷۶-۷۷-۷۸-۷۹-۸۰-۸۱-۸۲-۸۳-۸۴-۸۵-۸۶-۸۷-۸۸-۸۹-۹۰-۹۱-۹۲-۹۳-۹۴-۹۵-۹۶-۹۷-۹۸-۹۹-۱۰۰					
نوع شرایط محیطی	ملازم	متوسط	شدید	بسیار شدید	فوق العاده شدید
نوع قطعه					
تیرها و ستون ها	۳۵	۴۵	۵۰	۶۵	۷۵
دالها، دیوارها و تیرچه ها	۲۰	۳۰	۳۵	۵۰	۶۰
بسته ها و صفحات پایی	۱۵	۳۵	۳۰	۴۵	۵۵

* اعداد جدول بر حسب میلی متر محاسبه شده است

تذکر : با توجه به توصیه آئین نامه ایران، پوشش بتن برای کف فونداسیون ۷۱ 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 اُدکا: 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 کمانش 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 ۲۱ میلی متر باشد.
 - ۲- فاصله محور تا محور میلگردها از یکدیگر، نباید کمتر از ۲۱ سانتی متر و بیشتر از ۹۱ سانتی متر در نظر گرفته شود.
 - ۳- ابعاد شناژ رابط بین پی ها باید متناسب با ابعاد پی و حداقل ۲۹ 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 ۲۱ 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، مشمش یا حصیری کف گفته می شود.



شکل ۷-۱- آماده سازی کف پی

شکل ۷-۲- اجرای میلگرد های طولی و عرضی کف پی

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

شکل ۷-۴- اجرای میلگردهای ریشه انتظار

شکل ۷-۵- اجرای میلگرد نشاها

جزئیات آرماتوربندی فونداسیون نواری :



شکل ۷-۶- آماده سازی کف پی

شکل ۷-۷- آماده کردن میلگردهای طولی و عرضی

شکل ۷-۸- چین میلگردهای طولی و عرضی

شکل ۷-۹- به هم بستن میلگردها

شکل ۷-۱۰- رعایت پوشش بتن در کف و پهنه

شکل ۷-۱۱- 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.
- ۳- قطر میلگردهای مصرفی در مارپیچ نباید از ۰ میلی متر کمتر باشد.



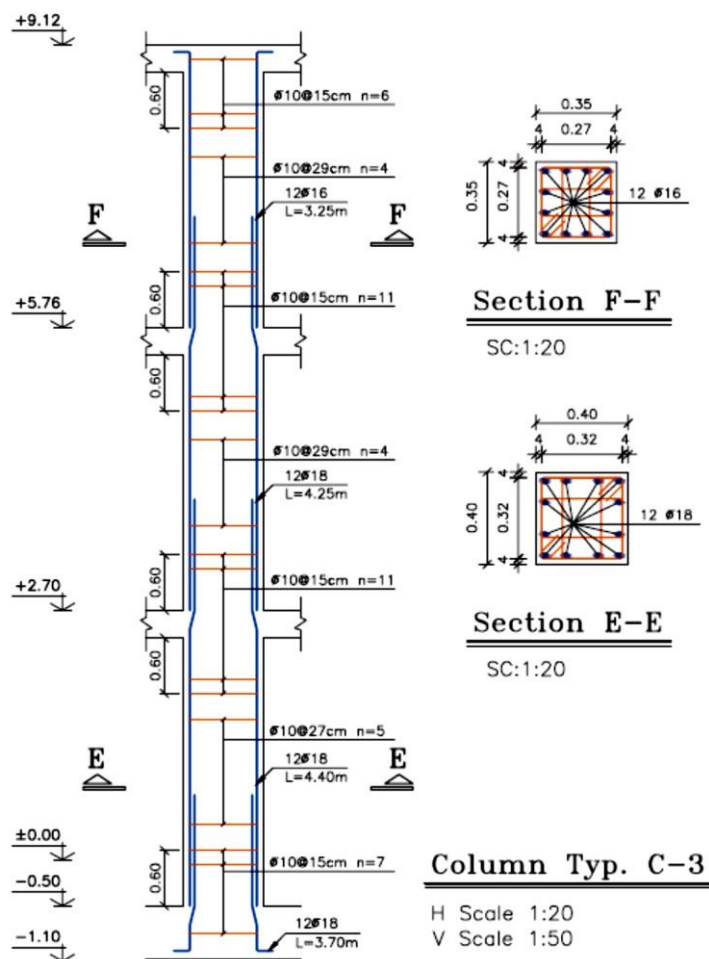
شکل ۷-۱۶- بتن ریزی ستون

شکل ۷-۱۷- اجرای خاموت و ستون جک

شکل ۷-۱۸- تکمیل میلگرد گذاری ستون

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

نمونه ای از آرماتورگذاری یک ستون بتنی:



تیرهای بتنی:



شکل ۷-۲۶. قاب‌چینی تیرها



شکل ۷-۲۳. آماده کردن میلگردهای تیر روی زمین



شکل ۷-۲۳. جای گذاری میلگردها در محل اصلی



شکل ۷-۲۴. تنظیم فاصله بین خاموت‌ها



شکل ۷-۲۵. بستن خاموت‌ها با مفتول

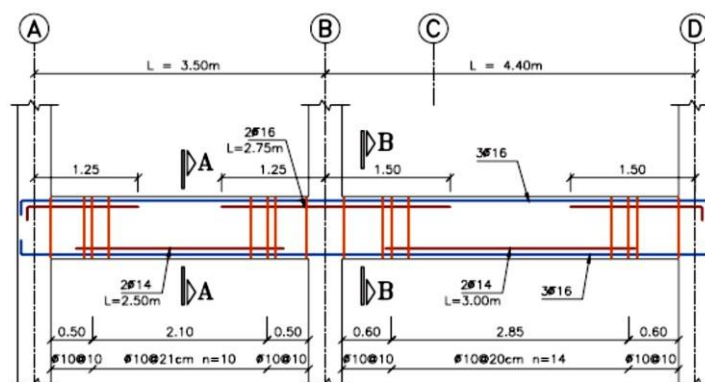


شکل ۷-۲۶. خم میلگردهای اصلی در انتهای محل قرارگیری



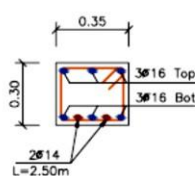
شکل ۷-۲۷. رعایت فاصله پوشش بتنی در کف

نمونه ای از آرماتورگذاری یک تیر بتنی:



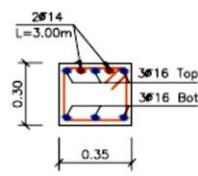
Beam Typ. B-1

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



Section A-A

SC:1:20

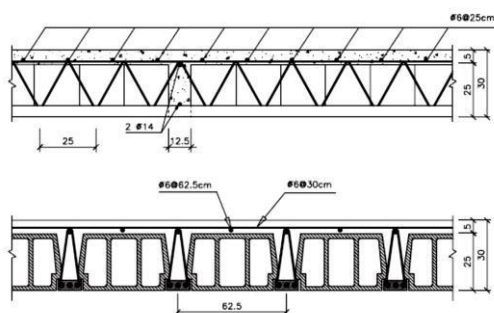


Section B-B

SC:1:20

سقف تیرچه بلوک:

در مورد سقف تیرچه بلوک به طور کامل در فصل نهم توضیح داده شده است.



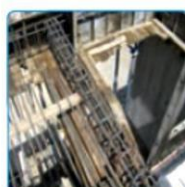
شکل ۷-۲۸- نشان مخفی



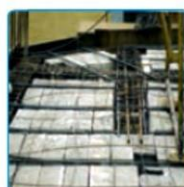
شکل ۷-۲۹- میلگرد میان سقفی



شکل ۷-۳۰- اجرای پاشودر سقف



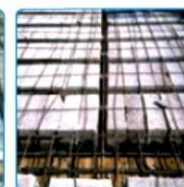
شکل ۷-۳۱- اجرای پاشودر سقف



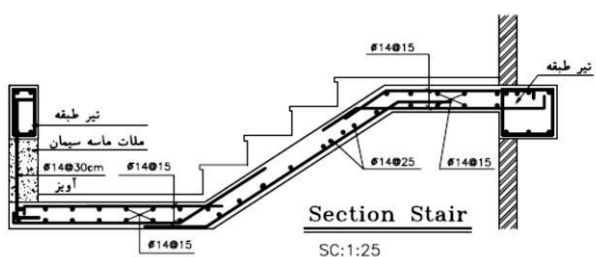
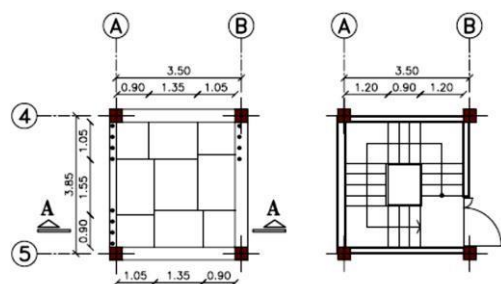
شکل ۷-۳۲- اجرای تیرهای
قرعی کنسول



شکل ۷-۳۳- اجرای کنسول ها



شکل ۷-۳۴- میلگردهای
فصل و حرارت



شکل ۷-۳۷- اجرای میلگردهای تال پله



شکل ۷-۳۸- اجرای میلگردهای تال پله



شکل ۷-۳۹- اجرای میلگردهای تال پله



شکل ۷-۴۰- اجرای میلگردهای تال پله



شکل ۷-۴۱- اجرای میلگردهای تال پله



شکل ۷-۴۲- بتن ریزی تال پله

فصل پنجم

اجرای ساختمان های بتن آرمه

بتن عمدتاً از دو قسمت تشکیل شده است:

۱- مصالح سنگی : حدود ۱۰ الی ۳۷ درصد حجم بتن از مصالح سنگی تشکیل شده است.

۲- خمیر سیمان : حدود ۲۳ تا ۱۵ درصد حجم بتن با خمیر سیمان پر می شود. از این مقدار، ۷ الی ۳۰ درصد سیمان و ۵۰ الی ۰۲ درصد آب است.

میزان آب در خمیر سیمان ($\frac{w}{c}$)

میزان آب در بتن معمولاً با نسبت وزنی آب به سیمان ($\frac{w}{c}$) (نشان داده می شود که W معرف وزن آب و C معرف وزن سیمان است. به صورت یک اصل باید حدالمقدور نسبت ($\frac{w}{c}$) کم انتخاب شود.

قسمتی از آبی که در ساخت بتن مصرف می شود (حدود ۲۳ درصد وزنی سیمان)، جذب ذرات سیمان شده و در واکنش های شیمیایی (هیدراسیون) به کار گرفته می شوند. اما عملاً ساخت بتن با $\frac{w}{c} = ۰/۲۵$ امکان پذیر نیست، زیرا چنین بتنی به اندازه ای سفت است که کار کردن با آن میسر نمی باشد و به همین جهت باید $\frac{w}{c}$ را تا آنجا افزایش داد که به سهولت بتوان با بتن کار کرد. لذا $\frac{w}{c}$ را تا ۰/۴ الی ۱/۶ می توان افزایش داد. اما در همین محدوده باز هم هر چه $\frac{w}{c}$ را کمتر در نظر گرفت، بهتر خواهد بود، زیرا مازاد آب که در واکنش شیمیایی شرکت نمی کند، جا اشغال کرده و نهایتاً یا در بتن محبوس می شود و یا تبخیر شده که در هر صورت باعث ایجاد فضای خالی و تخلخل در بتن می گردد. این فضای خالی در بتن باعث کاهش چگالی و حجم مفید بتن می گردد. کاهش چگالی بتن معمولاً باعث کاهش مقاومت بتن می گردد که در ادامه جزوه به آن می پردازیم.

محاسن استفاده از نسبت آب به سیمان کمتر

۱- افزایش مقاومت فشاری و کششی بتن

۲- افزایش خاصیت آب بندی بتن (زیرا هر چه آب کمتری مصرف شود، فضای خالی کمتری در بتن ایجاد می گردد و در نتیجه روزه های کمتری برای عبور آب وجود خواهد داشت).

۳- کاهش جذب آب

۴- پیوستگی بهتر بین لایه های متوالی در بتن ریزی

۵- افزایش چسبندگی بین بتن و میلگرد (سطح تماس بتن و میلگرد افزایش می یابد).

۶- افزایش مقاومت در مقابل شرایط نامساعد جوی

۷- کاهش میزان افت

۸- کاهش میزان خزش

۹- کاهش امکان آب انداختن بتن

۱۰- کاهش جداسازی دانه ها

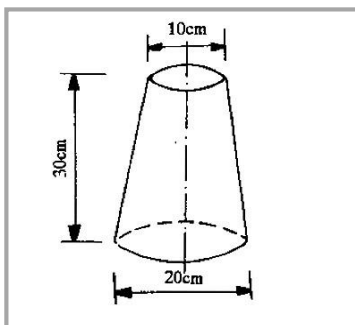
مزیت استفاده از نسبت آب به سیمان بیشتر

نسبت آب به سیمان بیشتر، فقط یک مزیت دارد و آن روانی و کارایی بیشتر است. متأسفانه غالباً مزیت های قبلی نسبت آب به سیمان کمتر، نادیده گرفته می شود و برای کار کردن راحت با بتن و افزایش کارایی، آب آن را افزایش می دهند که با افزایش نسبت آب در بتن نارسایی های بسیاری در بتن سخت شده ایجاد می گردد که مهم ترین آن ها کاهش مقاومت فشاری و کششی بتن است. در هر حال کار کردن با بتنی که دارای $\frac{w}{c}$ کمتر از ۱/۴ باشد، امکان پذیر نیست.

بتن تازه:

بتن تازه بتنی است که تازه ساخته شده و دارای خاصیت روانی یا پلاستیسیته است. مهمترین مسئله در بتن تازه میزان کارایی آن است.

تعریف کارایی:



کارایی عبارت است از درجه سهولت ریختن، انتقال و کار کردن با بتن. هر چه ریختن بتن تازه و کار کردن با آن ساده تر باشد، بتن از کارایی بالاتری برخوردار است و هر چه کار کردن با بتن سخت تر باشد، کارایی آن پایین تر یا کمتر خواهد بود.

آزمایش استاندارد که برای مشخص کردن درجه کارایی به کار گرفته می شود، آزمایش اسلامپ است. در این آزمایش مطابق تصویر زیر از یک مخروط ناقص به ارتفاع ۱۵ سانتیمتر استفاده می شود.

برای انجام این آزمایش بتن تازه را در سه لایه در مخروط جای می دهند و با یک میله فولادی (تخماق) هر لایه را متراکم می کنند و سپس سطح آن را صاف کرده و مخروط را به سمت بالا حرکت می دهند. بتن پس از بیرون آمدن از قالب مخروطی، مقداری افت می نماید. میزان این افت بر حسب سانتیمتر را اسلامپ بتن می گویند. اسلامپ بتن می تواند بین صفر تا ۱۵ سانتیمتر متغیر باشد. هر چه میزان اسلامپ بیشتر باشد، کارایی بتن بیشتر و هر چه میزان اسلامپ کمتر باشد

کارایی کمتر و بتن خشن تر است. معمولاً برای کارهای بتن آرمه اسلامپ باید در محدوده ۳ تا ۰۱ سانتیمتر انتخاب شود. میزان اسلامپ استاندارد بتن در فصل طرح اختلاط بتن توضیح داده شده است. عدد اسلامپ برای کارهای عادی بتنی (بدون آرماتور یا کم آرماتور) در محدوده ۲ الی ۳ سانتیمتر انتخاب می شود. در حالت های خاص که

تراکم آرماتور زیاد باشد یا از پمپ بتن برای بتن ریزی استفاده شود، اسلامپ بین ۰۱ الی ۲۰ سانتیمتر در نظر گرفته می شود. بدیهی است هر چه اسلامپ کمتری اختیار شود، خواص مطلوب بتن در بتن سخت شده بهتر خواهد بود.

آب انداختن:

پس از بتن ریزی و پرداخت سطح بتن، یک لایه نازک آب آغشته به سیمان روی سطح بتن ظاهر می شود که به پدیده **آب انداختگی** معروف است. این آب از قسمت های زیرین بتن به دلیل خاصیت موئینگی به قسمت های سطحی بالا آمده و در مسیر خود احتمالاً مقداری سیمان را نیز با خود شسته و همراه می کند. لذا در قسمت های بالایی بتن مقدار آب موجود از آبی که در طراحی در نظر گرفته شده بیشتر خواهد بود و به عکس در قسمت های پایین مقدار آب کمتر خواهد بود که باعث ایجاد یک بتن ناهمگن می گردد.

مشخصات نامطلوب بتن آب انداخته:

- ۱- پس از سخت شدن بتن نامرغوب بوده و به مقاومت مطلوب و مورد نظر نخواهد رسید.
- ۲- لایه رویی بتن آب انداخته پس از سخت شدن با گذشت زمان و با تردد روی آن به صورت پودر در آمده و **پدیده پودر شدگی** اتفاق می افتد. چنین بتنی اولاً بد نما شده و ثانیاً نقطه ضعفی برای شرایط یخ زدگی و هوازدهی خواهد بود. آب انداختگی پدیده بسیار نامطلوبی است و باید حتی المقدور از ایجاد آن جلوگیری نمود. متأسفانه بعضی از افراد سعی می کنند با زیاد ماله کشیدن بر روی سطح بتن یک قشر آب در سطح ایجاد کنند، غافل از اینکه این عمل ضعف های اساسی برای بتن ایجاد می کند.

مهم ترین دلیل در آب انداختن بتن اسلامپ زیاد است، بنابراین کارایی و اسلامپ کم در بتن، احتمال آب انداختگی را کاهش می دهد. دلایل دیگری از جمله ویبره بیش از حد و نیز نامناسب بودن دانه بندی، احتمال آب انداختن بتن را افزایش می دهد.

جداشدگی سنگدانه ها:

جدا شدن دانه ها از پدیده هایی است که در بتن تازه اتفاق می افتد. به این ترتیب که دانه های درشت مخلوط نشست کرده و به سمت پایین حرکت کرده و دانه های ریزتر به سمت بالا منتقل می شوند. بنابراین بتن حالت یکنواختی خود را از دست داده و توزیع دانه بندی به هم می خورد. جدا شدن دانه ها در بتن تازه یک پدیده نامطلوب محسوب می شود و ناظرین و مهندسین کارگاه همواره باید سعی کنند تا از عواملی که ممکن است منجر به بروز این حالت شود، جلوگیری نماید. بتنی که دانه های آن جدا شده، از نظر مقاومت فشاری و خمشی ضعیف است و به حد مطلوب نخواهد رسید.

مهم ترین دلیل جدا شدن دانه ها در بتن تازه اسلامپ بالا و بیش از حد مجاز است. دلایل دیگری از قبیل ویبره بیش از حد، جا به جا کردن بتن در قالب به وسیله بیل یا ویبراتور، ریختن بتن از ارتفاع زیاد نیز ممکن است به جدا شدن دانه ها منجر شود. انبار کردن نامناسب دانه ها ممکن است به جدا شدن دانه ها قبل از ساخت بتن و احتمالاً عدم وجود دانه بندی یکنواخت و صحیح در بتن ساخته شده منجر شود. به همین جهت لازم است انبار کردن دانه های شن و ماسه در کارگاه به صورت مجزا و در دپوهای جداگانه انجام گیرد.

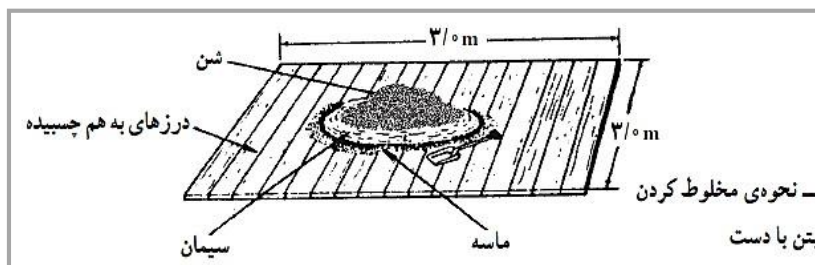
ساخت بتن:

اساساً اجزای تشکیل دهنده بتن باید طوری مخلوط شوند که بتن حاصله به صورت یک ماده همگن در آید.

اختلاط دستی:

اختلاط بتن با دست به هیچ وجه **مجاز** نیست، به جز موارد استثنایی و کم اهمیت، با رعایت موارد زیر:

- ۱- حداکثر حجم بتن برای هر بار ساخت با دست **۲۲۹ لیتر** است.
 - ۲- برای تهیه بتن ابتدا روی یک سطح صاف و تمیز و غیر قابل نفوذ، شن را به صورت یکنواخت ریخته سپس بر روی آن ماسه را به صورت یکنواخت اضافه می کنیم و در ادامه بر روی آنها سیمان را هم می ریزیم و مخلوط خشک باید **سه بار زیر و رو** شود.
 - ۳- پس از اختلاط کامل مصالح، آب به تدریج اضافه و به طور یکنواخت مخلوط می شود تا بتن همگنی به دست آید.
 - ۴- بتن ساخته شده با دست باید حداکثر **۲۹ دقیقه** پس از ساخت مصرف شود.
- در صورتی که در مرحله حساسی بتونیر خراب شود، مثل ستون بتنی که نصف بتن آن ریخته شده و نصف آن باید ریخته شود، در این صورت با بالا بردن **۲۱٪ عیار سیمان** می توان بتن ریزی ستون را به کمک اختلاط دستی کامل کرد.



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 ۲۲۱ الی ۲۸۱ 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 ۱ درجه)

۳- زمان اختلاط بتونیر حداقل ۱/۱ دقیقه با سرعت ۷ تا ۱۸ دور در دقیقه خواهد بود.

۴- ۰۱ درصد آب قبل از ورود مصالح داخل دیگ ریخته می شود، بقیه آب حین ورود مصالح و ۳۰ درصد 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 :

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

: راندمان کار

T : سیکل کار بتونیر

تراک میکسرها:

تراک میکسر ها مخازنی هستند که روی کامیون ها، یدک کش ها و تریلر ها نصب می شوند و جابه جایی و اختلاط مخلوط بتن را به صورت همزمان امکان پذیر می نمایند. برای انتقال بتن در مسافت های طولانی معمولاً مصالح خشک را داخل تراک میکسر می ریزند که در حین حمل به وسیله یک منبع و پمپ هیدرولیک آب لازم به داخل تراک ریخته می شود و پس از اختلاط مصالح بتن آماده می گردد. اگر بخواهند بتن را به فاصله ای نزدیک منتقل کنند، به جای مصالح خشک، داخل تراک میکسر ها را با بتن پرمی کنند و تراک میکسر را که تیغه هایی در داخل آن نصب شده به حرکت در می آورند تا بتن را به طور مرتب مخلوط کند و مانع از گیرش زود هنگام آن شود.

انتقال 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 آن ها 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، اسلالمپ، 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 **۲۳ 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 . دیگ کامیون مخلوط کن دارای دو سرعت دوران تند و کند می باشد. دور کند یا سرعت به هم زدن **۲ تا ۱ دور در دقیقه** و دور تند یا سرعت اختلاط **۷ تا ۱۹ دور در دقیقه** است. از زمانی که آب به مخلوط خشک بتن افزوده می شود، تعداد دوران **۲۷ تا ۲۲۱ دور با سرعت تند** برای اختلاط اولیه کافی است. اگر بتن آماده در داخل دیگ حمل شود و بخواهیم در هنگام تخلیه، مخلوط همگنی را مجدداً به دست آوریم، کافی است **۱۵ تا ۱۵ دور** با سرعت کند بتن را به هم بزنییم. حداکثر تعداد دوران دیگ به **۱۱۵ دور** (تند و کند) محدود می گردد. به این ترتیب مدت حمل در شرایط عادی (به غیر از بتن ریزی در هوای گرم و سرد) از زمان بارگیری تا تخلیه به **۰ تا ۰/۳ ساعت** محدود می شود. در این روش ساخت ، حداکثر بتن ساخته شده در هر مرحله ، نباید از **۷۹ درصد حجم اسمی تراک میکسر** تجاوز نماید.

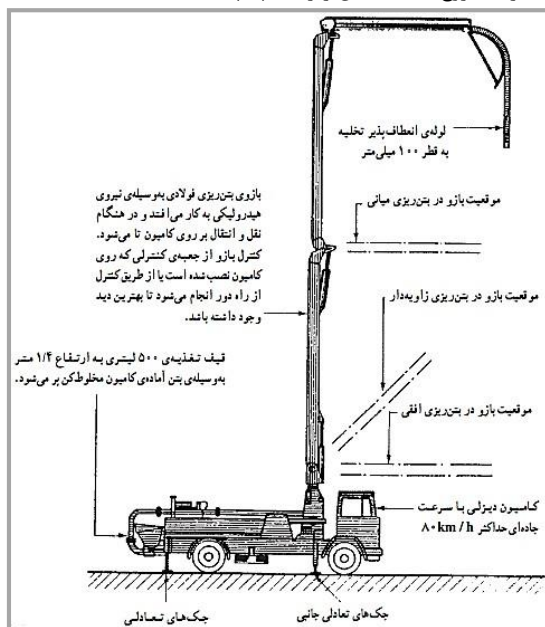
جام انتقال با ریل : هنگامی که محل مصرف به کارگاه ساخت بتن نزدیک باشد ، معمول ترین روش برای انتقال بتن های حجیم، استفاده از جام، ریل و کابل است . باید هنگام حمل و تخلیه با جام دقت شود که **جداشدگی** در اجزای متشکله بتن رخ ندهد. زمان حمل با روش های فوق نباید از **۴۱ دقیقه** تجاوز نماید.

روش دستی : حمل بتن با انواع چرخ های دستی، فرغون و دامپر مجاز نیست، مگر در کارهای کوچک که حجم ساخت بتن از **۲۲۹ لیتر** در هر نوبت تجاوز ننماید، رده بتن از **20C پایین تر** و فواصل حمل کوتاه باشد (کمتر از **۲۱۲ متر برای دامپر و ۲۷ متر با چرخ دستی بدون موتور**) شرایط جوی مساعد بوده و قبلاً تأیید دستگاه نظارت کسب شده باشد . وسایل مزبور باید دارای چرخ های لاستیکی بوده، مسیر حمل کاملاً صاف و افقی باشد و حمل با دقت کامل انجام شود تا جداشدگی اجزای بتن رخ ندهد.

ناوه شیبدار (شوت) : ناهو 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 ناهو ، 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 می باشد که 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 سنگدانه ها، 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 آزمون‌های 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 نفاذنی (بتن مگر) به ضخامت حداقل ۲۱ 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 **۲۲۹ کیلو گرم سیمان در متر مکعب بتن** و به ضخامت حدود ۲/۳ 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 زائد 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 آرماتور گذاری باید کتباً به اطلاع دستگاه نظارت رسیده باشد. این اعلام باید حداقل ۲۵ 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 آرماتور گذاری 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 نرسیده باشد، لوله ها و مجاری مدفون در دال، دیوار یا تیر، باید چنان کار گذاشته شوند که شرایط زیر تأمین شده باشند:

۰- 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.

تراکم بتن تازه:

تراکم بتن یعنی به حرکت در آوردن ذرات بتن، کم کردن اصطکاک بین آن ها و خارج کردن حباب های هوا در بتن.

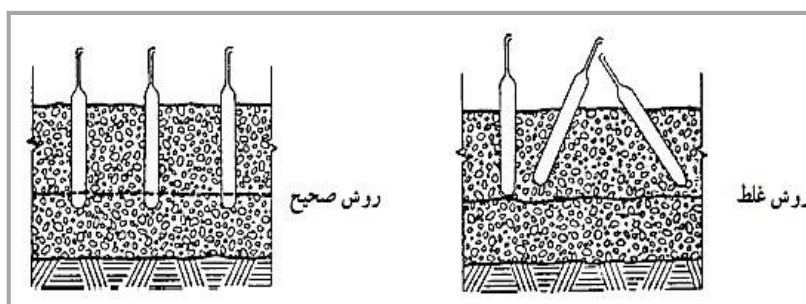
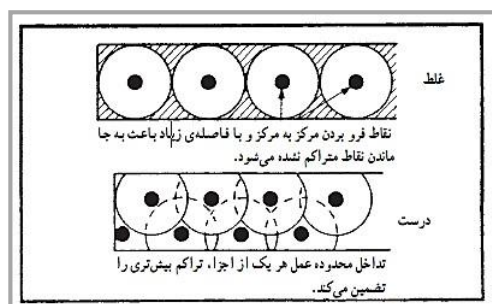
مکانیزمی که برای تراکم بتن به کار می رود، ارتعاش است. هدف از متراکم کردن بتن و خارج کردن حباب های هوا، آن است که بتن با چگالی بیشتری ایجاد شود تا در نتیجه آن مقاومت بتن افزایش یابد و در مقابل عوامل مخرب محیطی از خود دوام بهتری نشان دهد. از طرفی تراکم بتن با افزایش سطح تماس بین بتن و میلگرد، چسپندگی بهتری بین آن ها فراهم کرده و نیز سبب می شود که پس از باز کردن قالب ها سطح ظاهری صاف و بدون خلل و فرج برای بتن حاصل شود. قدیمی ترین روش برای ویبره، ضربه زدن به بتن (قالب) است. طبیعی است که این نحوه ویبره کرده برای کارهای کوچک و کم اهمیت می تواند تا حدودی مناسب باشد.

انواع ویبره:

۱- ویبره دستی:

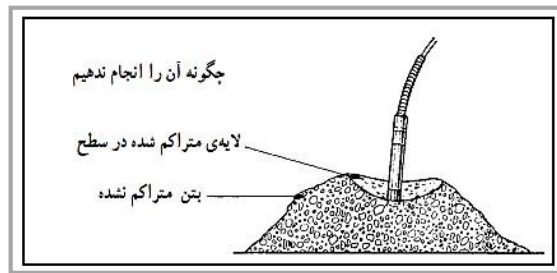
ساده ترین نوع ویبره، ویبره دستی است که ممکن است به صورت میله ای یا شیلنگی باشد. ویبره میله ای یک وسیله لرزاننده کوچک است که آن را به وسیله دست هدایت کرده، با فرو بردن به صورت قائم در قسمت های مختلف، بتن را مرتعش کرده و حباب های هوا را خارج می کنند.

برای اغلب کارهای بتن مسلح میله هایی به قطر ۱۲ تا ۱۵ میلیمتر ساخته شده است. برای کارهای حجیم همانند سد سازی میله هایی به قطر ۱۵۰ الی ۱۸۰ میلیمتر نیز وجود دارد که به علت سنگینی در هنگام کار به دو نفر احتیاج است. میزان تأثیر میله های لرزاننده به موقعیت کار، کارایی بتن و مشخصات میله بستگی دارد. هر چه قطر میله بزرگتر باشد، شعاع عمل آن بیشتر خواهد بود. هنگام اجرا می توان شعاع عمل را با چشم مشاهده کرد. لرزاننده باید به صورت عمودی و در فواصل یکنواخت به داخل بتن فرو برده شود و از خواباندن لرزاننده به صورت مایل یا افقی پرهیز گردد .



گروه	قطر لرزاننده (سانتی متر)	شعاع عمل (سانتی متر)	حجم بتن ریزی به ازای هر لرزاننده (متر مکعب بر ساعت)	کاربرد
۱	۲-۴	۸-۱۵	۰/۸-۴	برای بتن های خمیری و روان و در اعضای نازک و اعضای پیش تنیده و نمونه های آزمایشگاهی
۲	۳-۶	۱۳-۲۵	۲/۳-۸	بتن خمیری برای دیوارهای نازک، تیرها، شمع های پیش ساخته، ستون ها و دال های نازک
۳	۵-۹	۱۸-۳۶	۴/۶-۱۵	برای بتن نسبتاً خمیری (با اسلامپ کم تر از ۸ سانتی متر)، در اعضای عمومی، مانند دیوارها، ستون، تیرها و دال های ضخیم
۴	۸-۱۵	۳۰-۵۱	۱۱-۳۱	برای بتن ریزی حجیم و اعضای سازه ای با اسلامپ ۱۰ تا ۵ سانتی متر که کم تر از ۳ متر مکعب بتن در هر نوبت ریخته می شود.
۵	۱۳-۱۸	۴۰-۶۱	۱۹-۳۸	برای بتن ریزی حجیم، مانند سدها، دیوارهای ضخیم و ستون های پل ها که در هر نوبت بیش از ۳ متر مکعب ریخته می شود.

برای حذف موثر هوا، ویبراتور باید سریعاً به داخل بتن وارد گردد و با حرکت ملایم بالا به پایین به آهستگی خارج شود. نفوذ سریع ویبراتور سبب می شود تا بتن به طرف بالا و خارج از قالب حرکت گردد و هوا خارج می گردد. در زمانی که ویبراتور به آهستگی خارج می شود، هوای بالای ویبراتور به طرف بالا رانده می شود و از طرف دیگر باعث جاری شدن ملات به صورت یکنواخت می شود.



ویبراتور باید به انتهای لایه بتن ریزی رسیده و حداقل ۳۰ سانتیمتر در لایه قبلی نفوذ کند. لرزاننده نباید برای حرکت جانبی و هل دادن بتن استفاده گردد زیرا سبب جداشدگی اجزای بتن می گردد. مدت زمان تراکم کامل به طوری که بتن در تمام قالب جای گیرد و یا با بتنی که قبلاً ریخته شده، به صورت یکپارچه عمل کند، بین ۳ تا ۳۰ ثانیه است. درعمل به محض مشاهده حباب های هوا و به وجود آمدن غشایی درخشان از ملات بر روی سطح بتن و تغییر صدای لرزاننده، عمل تراکم را باید متوقف نمود. اگر زمان تراکم کم باشد سنگدانه ها حرکت می کنند، ولی ملات فرصت کافی برای جاری شدن ندارند و بتن متخلخل می شود. اگر زمان لرزاندن زیاد باشد، مقدار زیادی شیر به سطح آمده که باعث جدا شدگی در بتن و ایجاد ترک و کاهش مقاومت سطح بتن و کرمو شدن قسمت های زیرین بتن می شود.

۲- ویبره لرزاننده قالب:

این ویبره را در مجاورت قالب بتن قرار داده و یا به آن متصل می کنند. با به کار افتادن این ویبره، مجموعه قالب و بتن داخل آن مرتعش شده و حباب های هوا خارج می شوند.

۳- ویبره میزی:

معمولاً در کارگاه های بتن پیش ساخته مورد استفاده قرار می گیرد. در چنین کارگاه هایی میز ویبره در سالی موسوم به سالن ویبره مستقر بوده و با به کار افتادن دستگاه ویبره میزی، مجموعه میز، قالب و بتن لرزیده و عمل ویبره شدن انجام می گیرد. لازم است جهت تراکم کردن بهتر بتن و چسپندگی بهتر آن به فولاد، همیشه از ویبره استفاده شود تا امکان استفاده از نسبت آب به سیمان کمتری در ساخت بتن فراهم شود. ویبره بیش از حد مضر است، چون ممکن است سبب آب انداختن و یا جدا شدن دانه ها گردد. انتخاب ویبره در حد مناسب معمولاً نیاز به تجربه زیاد دارد و بسته به نظر مهندس ناظر تعیین می شود. (هر چه کارایی بیشتر باشد نیاز به ویبره کمتر و هر چه کارایی کمتر باشد نیاز به ویبره بیشتری است.

بتن ریزی فونداسیون و ستون:

قبل از بتن ریزی باید سطح قالب با آب مرطوب شود یا با مواد رها ساز آغشته شود تا آب بتن را به خود جذب نکند. در هنگام بتن ریزی فونداسیون ها باید دقت شود که بتن با ضربه به بدنه قالب برخورد نکند و حداکثر در لایه های ۱۵ سانتیمتری ریخته شده و پس از ویبره شدن هر لایه، لایه بعدی ریخته شود. تا آنجا که ممکن است باید بتن را با سرعت ریخت و در هنگام ریختن هر لایه از متراکم شدن لایه قبلی اطمینان حاصل نمود.

در زیر فونداسیون به منظور پرهیز از آلوده شدن بتن اصلی فونداسیون با خاک بستر اجرای یک لایه بتن پاکیزگی (بتن مگر) از بتن با رده C10 و با عیار سیمان ۱۳۰ کیلوگرم در متر مکعب و ضخامت حداقل ۳ سانتیمتر ضروری است که معمولاً از هر طرف ۰۱ تا ۳۰ سانتیمتر بزرگ تر از خود فونداسیون باشد.

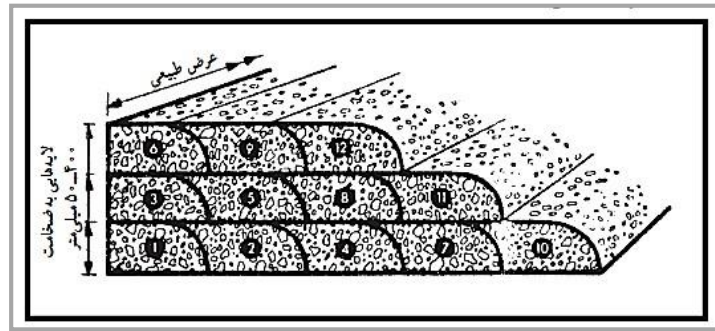
در ستون های کوچک قبل از اینکه اولین لایه بتن ریخته شود میله ویبره را در انتهای قالب قرار می دهیم (به علت عمق کم هر لایه با قرار دادن میله ویبره می توان اطمینان حاصل کرد که تمامی لایه های بتن به خوبی متراکم خواهد شد.) این لایه باید بتواند با قسمت های سخت، اتصال و یکپارچگی کاملی پیدا کند. لایه های بتن به نحوی در قالب ریخته می شود که میله ویبره بتواند آن ها را ویبره کند. در انتها، میله ویبره را باید به طور پیوسته و به آهستگی از بتن خارج نمود. حداکثر عمق لایه های بتن در هر نوبت بتن ریزی این نوع ستون ها نیز ۱۵ سانتیمتر است.

در ستون های بلند معمولاً در ارتفاع ۰ متر به ۰ متر یک دریچه در قالب ایجاد می کنند و یا اینکه یک بدنه قالب را متحرک طراحی کرده آن را مرحله به مرحله بالا می برند. پس از رسیدن بتن به این دریچه ها، به منظور امکان بتن ریزی دریچه ها مسدود شده و بتن از دریچه بالایی ریخته می شود و به همین ترتیب کار تا پایان ادامه می یابد.

بتن ریزی های حجیم:

در بتن ریزی های حجیم که به صورت لایه به لایه انجام می شود، هدف اصلی محدود کردن سطح آزاد بتن و اطمینان یافتن از تداوم بتن ریزی و قرار نگرفتن بتن تازه بر روی بتن سخت شده قبلی است.

وقتی از تسمه نقاله برای بتن ریزی استفاده می شود، بتن از ارتفاع ۰ تا ۲ متری به سطح کار می رسد. باید دقت کرد که از توده شدن و انباشته شدن بتن جلوگیری شود و با استفاده از مواد افزودنی و یا طراحی خاص، پس از ریخته شدن بتن در محل اجرا، در اثر نیروی حاصل از وزن خود افت کرده و به اطراف پخش شود.

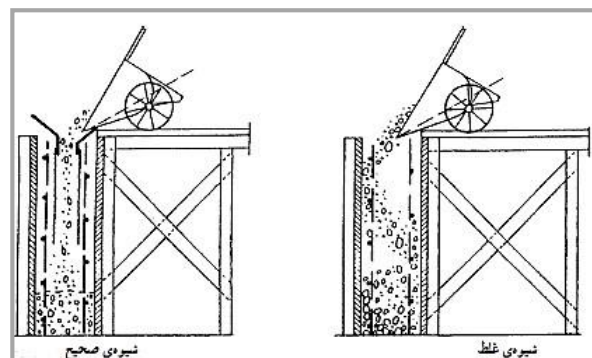
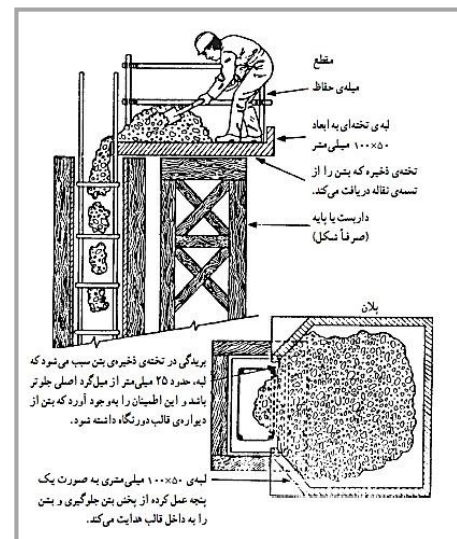
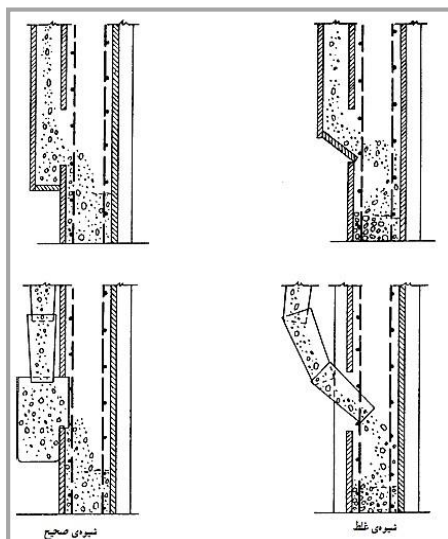


بتن ریزی دیوارها:

قبل از بتن ریزی باید مطمئن شد که میلگرد ها برای بتن ریزی و ارتعاش مزاحمتی ایجاد نخواهند کرد و در مواقع ضروری راه حلی برای ریختن بتن به قالب در نظر گرفته شود. در مرحله بعد می توانیم چگونگی انجام کار را برای بتن ریزی آموزش دهیم. نصب یک سپر چوبی در بالای قالب سبب جاری شدن بتن در داخل قالب می شود و عمل بتن ریزی به نحوی انجام می گیرد که کارگر بتن ریز بتواند داخل قالب را ببیند. برای دیوارهای بلند شیلنگ و ویراتور باید به اندازه کافی بلند باشد تا ویره بتواند در عمق دیوار حرکت کند. در هنگام اجرای کار باید ریختن بتن به طور یکنواخت و هم سطح انجام گیرد. در ریختن و تراکم کردن اولیه لایه بتن و پیوستگی این لایه به قسمت های افقی ساختمان باید دقت زیادی نمود.

عمق لایه اول نباید هیچ گاه بیشتر از ۱۵ سانتیمتر شود. در دیوارهای نازک وجود یک سکوی ممتد در بالای دیوار برای بتن ریزی یا انباشتن بتن سپس ریختن آن به داخل قالب یک راه حل اساسی است. در نقاط انتهایی و اتصالات عمودی ساختمان باید عمل تراکم و ارتعاش به دقت انجام گردد.

بتن ریزی دیوار ها باید از کنار قالب به سمت وسط انجام گردد. هر لایه را از یک طرف شروع می کنند و وقتی بتن ریزی به وسط می رسد، همان لایه را از طرف دیگر تا وسط می ریزند. در مورد دیوارهایی که طی چند لایه بتن ریزی می شوند، باید دقت نمود که در لایه های زیرین به خصوص در گوشه ها، شیره بتن جمع نشده و ارتفاع لبه داخلی دیوار برابر ارتفاع مورد نظر باشد.

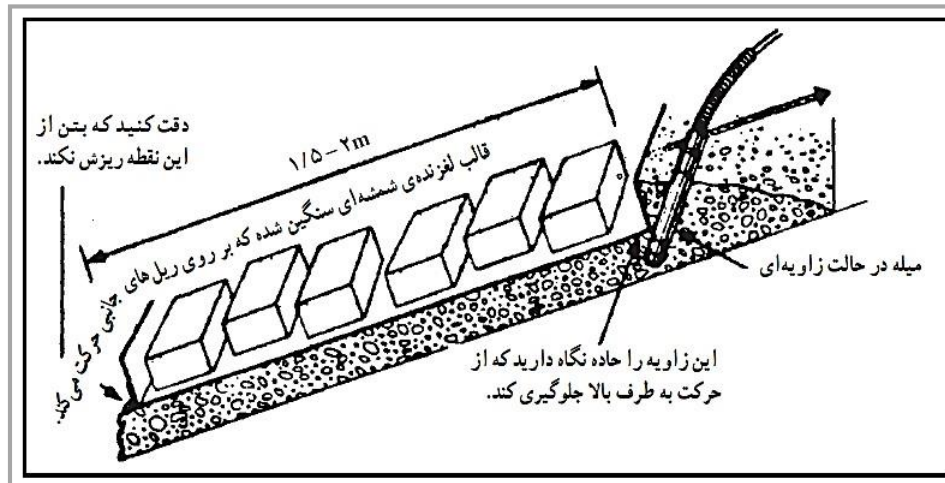


بتن ریزی دال ها:

بهترین روش ریختن و پخش بتن در دال ها استفاده از پمپ بتن است. در این روش نیازی به پخش بتن نیست و می توان با حرکت خرطوم (لوله تخلیه)، بتن را به محل های مورد نظر هدایت نمود. از انباشتن بتن در روی سقف یا دال باید پرهیز نمود، زیرا پخش آن با بیل منجر به جدا شدن دانه ها می شود. استفاده از ویراتور میله ای در دال های با ضخامت کم مجاز نیست. تراکم بتن ممکن است از طریق خارجی نیز انجام شود.

بتن ریزی در سطوح شیب دار:

در این حالت باید بتن ریزی از پایین به بالا انجام شود. به این ترتیب وزن بتن بالا سبب تراکم و جاناندازی بتن پایین می شود. اگر سطح شیب بیش از ۳ الی ۰۱ درجه نباشد، می توان از روش های متداول برای بتن ریزی دال ها استفاده نمود. اگر بتن پس از تراکم کمی افت کند، باید صبر کرد تا خود را بگیرد و سپس لایه بعدی ریخته شود. برای شیب های بیش از ۰۱ درجه لازم است که از یک قالب لغزنده شمشه ای مطابق شکل زیر استفاده نمود. قالب نباید لرزانده شود، زیرا این موضوع باعث می شود که بتن از لبه های پایینی بیرون بیاید و متورم شود.



نمونه گیری از بتن در هنگام بتن ریزی:

معمول ترین شیوه برای آزمایش بتن های سخت شده برداشت نمونه از بتن تازه و ساختن نمونه های مکعبی و استوانه ای است، به نحوی که پس از گیرش و سخت شدن بتوان مقاومت فشاری نمونه ها را در آزمایشگاه اندازه گیری نمود. نتایج حاصل برای مقایسه با بتن طراحی شده و بررسی رضایت بخش بودن کیفیت بتن اجرا شده به کار گرفته می شود. بنابراین باید ساخت نمونه های بتنی با دقت و به گونه ای صحیح انجام گیرد.

نمونه ها باید از داخل دستگاه یا زمان تخلیه بتن از دستگاه بتن ساز در چند نوبت برداشته شود. بتن ریزی در داخل قالب در چند لایه ریخته شده و هر لایه با میله مخصوص ۲۳ مرتبه کوبیده می شود تا تراکم لازم به دست آید. همیشه مقداری بیشتر از حجم مکعب یا استوانه بتن ریزی می شود، سپس با یک ماله سطح بالای نمونه صاف شده و بتن های اضافی برداشته می شود. لازم است که مشخصات نمونه، ساعت و زمان نمونه گیری، محل برداشت، درجه حرارت محیط و وضعیت هوا در دفتر کارگاه ثبت شود و بر روی یک کاغذ نیز نوشته شود و به سطح بالای نمونه بتنی چسبانده شود.

قبل از بتن ریزی باید قالب مکعبی یا استوانه ای به دقت بررسی شده و سطوح داخلی آن روغن کاری و تمیز گردد. پس از برداشت نمونه ها باید آن ها را در مکانی دور از دسترس و برخورد وسایل و افراد قرار داد و سطح آن را با گونی خیس پوشاند. در صورت افزایش تعداد نمونه ها می توان به جای میله از یک میز مرتعش کننده برای تراکم قالب ها استفاده نمود. لازم است پس از هر بار مصرف، قالب به دقت تمیز و روغن کاری گردد. همچنین باید مراقب بود که قالب در فضای باز قرار داده نشود. تمام اتصالات به انضمام سطوح داخلی قالب باید روغن کاری شود. برای تراکم قالب های نمونه به علت عمق کم بتن ریزی به هیچ وجه نباید از میله لرزانده استفاده نمود. برای این کار باید از میله دستی یا میز لرزانده استفاده نمود.

پرداخت سطح بتن

هدف از عملیات پرداخت سطح بتن افزایش مقاومت سایش و کاهش نفوذپذیری یا فقط تراز کردن سطح بتن است. کاربرد عملیات پرداخت برای دال های طبقات، دال های کف روی زمین، و دال های پارکینگ ساختمان و انواع شالوده ها است. بنابراین مراحل پرداخت تابع نوع دال است که باید بر اساس بند زیر تصمیم گیری شود.

مراحل پرداخت سطح

پرداخت سطح بتن باید طبق مراحل زیر انجام شود:

مرحله شمشه یا تراز کردن: هدف از شمشه کاری، تراز شدن سطح بتن به ارتفاع مورد نظر است. با حرکت دادن شمشه به سمت جلو، پستی و بلندی سطح بتن تراز می شود.

مرحله ماله کشی با ماله دسته بلند یا کوتاه (تی کشی): هدف از ماله کشی با ماله دسته بلند و یا کوتاه حذف لبه های باقی مانده از شمشه کاری و پر کردن منافذ سطح بتن است. طول دسته ابزار بر مبنای سطح بتن انتخاب می شود. حرکت ابزار به سمت جلو و برگشت است. ابزار ماله کشی با ماله دسته بلند یا کوتاه یا مرحله انجام این عمل، به تی کشی نیز مرسوم است.

مرحله ماله کشی : هدف از ماله کشی فرو بردن سنگدانه ها به درون بتن، حذف ناهمواری ها و تراکم سطح بتن است. ابزار ماله کشی به صورت دستی و مکانیکی وجود دارند. ابزار ماله دستی برای سطوح کم و نوع مکانیکی برای سطوح زیاد است. حرکت ابزار دستی به صورت اره ای و قوسی است.

پرداخت نهایی : هدف از پرداخت نهایی ایجاد سطح صاف و متراکم کردن سطح بتن است. وسیله پرداخت نهایی مشابه ابزار ماله کشی است و فقط جنس ابزار پرداخت نهایی باید فولادی باشد.

جنس ابزار

جنس ابزار چوبی یا فولادی آلیاژی با آلیاژ منیزیومی است. جنس چوبی، سیمان و ماسه ریز و درشت را حرکت می دهد، اما جنس فولادی، سیمان و ماسه ریز را حرکت می دهد. بنابراین برای بتن های چسبنده مانند بتن حاوی فوق روان کننده و پوزولان، نباید از جنس چوبی استفاده شود، زیرا سبب کنده شدن سطح بتن می شود. فقط جنس ابزار پرداخت نهایی، فولاد بدون آلیاژ است.

زمان توقف عملیات پرداخت

هرگاه در هنگام عملیات پرداخت، آب انداختن بتن مشاهده شد، باید عملیات پرداخت متوقف شود و اجازه داده شود که آب ناشی از آب انداختن تبخیر شود. اگر شرایط دما، رطوبت و باد به نحوی است که زمانی طولانی برای تبخیر آب سطحی نیاز است، می توان از چتایی استفاده کرد تا آب توسط چتایی جذب شود. همچنین می توان از دستگاه مکش استفاده کرد، اما کلاهی دستگاه باید مجهز به فیلتری باشد که فقط آب را از خود عبور دهد و از عبور ذرات سیمان جلوگیری کند. اما استفاده از پخش کردن سیمان بر روی سطح بتن برای جذب آب به هیچ وجه مجاز نیست. چنانچه در هنگام عملیات پرداخت، آب انداختن مشاهده شود، اما عملیات ادامه یابد، منجر به ایجاد یک لایه نازک سست بر سطح بتن می گردد که به مرور زمان آن لایه از سطح جدا می شود و سنگدانه ها در معرض کنده شدن قرار می گیرند که در طول زمان آن سنگدانه ها از بتن جدا می شوند و در نهایت باعث تخریب بتن می گردد.

تصمیم گیری در خصوص مراحل پرداخت

اگر پرداخت نهایی به دفعات تکرار شود، مقاومت سایش بتن افزایش می یابد و مقاومت سطح بتن در مقابل لیز خوردن کمتر می شود. بنابراین اجرای پرداخت نهایی و تعداد انجام آن باید بر اساس مقاومت سایش مورد نیاز تصمیم گیری شود. اگر مقاومت های سایشی و در مقابل لیز خوردن هر دو نیاز باشد، می توان پس از تکرار پرداخت نهایی با ابزار جارو زنی در زمانی که هنوز بتن سخت نشده است، مقاومت در مقابل لیز خوردن را افزایش داد. بنابراین مراحل پرداخت باید بر اساس نوع دال تصمیم گیری شود. برای دال پارکینگ ها باید مراحل پرداخت نهایی به دفعات انجام گردد و سپس از ابزار جارو زنی استفاده شود. چنانچه فقط هدف از پرداخت، تراز کردن یا ماله کشی با ماله دسته بلند یا کوتاه باشد می توان عملیات را در همین مرحله به اتمام رساند.

عمل آوری

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 به شرح زیر تقسیم می شوند:

۱- **روش آب رسانی :** این روش شامل ایجاد حوضچه بر سطح افقی بتن و پوشش های خیس مانند چتایی است.

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

چنانچه از روش آب رسانی برای عمل آوری استفاده می شود، باید روند عمل آوری به طور مستمر انجام گردد و در مدت عمل آوری نباید سطح بتن خشک باقی بماند. به خصوص اگر از چتایی خیس استفاده می شود، باید به طور دائم مرطوب نگاه داشته شود. برای حفظ رطوبت چتایی به مدت طولانی می توان با استفاده از ورق پلاستیکی، روی چتایی خیس را پوشش داد.

استفاده از مواد شیمیایی غشایی عمل آوری فقط در مواردی مجاز است که بهره گیری از هیچ روش دیگر عمل آوری امکان پذیر نباشد و از بازده مواد بر اساس اسناد و مدارک تولید کننده و یا انجام آزمایش ها، اطمینان حاصل شود.

روش عمل آوری باید بر مبنای نوع بتن و نسبت آب به سیمان مخلوط بتن و شرایط محیطی، طبق جدول زیر انتخاب گردد. علت مجاز نبودن روش عایقی برای بتن ها با نسبت آب به سیمان کمتر از ۱/۵۵، خشک شدگی و جمع شدگی خود به خودی بتن است.

روش های مجاز عمل آوری

روش مجاز عمل آوری بر اساس شرایط محیطی			نوع بتن و نسبت آب به سیمان مخلوط بتن
شرایط محیطی معمولی	شرایط محیطی هوای گرم	شرایط محیطی هوای سرد	بتن معمولی با نسبت آب به سیمان ۴۴۹۲ و بیشتر
روش آب رسانی و روش عایقی	روش آب رسانی و روش عایقی	روش عایقی	بتن حاوی مواد افزودنی معدنی مانند دوده سیلیس، سرباز و متاکائولین، با نسبت آب به سیمان کمتر از ۴۴۹۲
روش آب رسانی	روش آب رسانی	روش عایقی برای بتن با نسبت آب به سیمان ۵.۱ تا ۵۵.۱ مجاز است. اما ساخت بتن با نسبت آب به سیمان ۵.۱ و کمتر در هوای سرد مجاز نیست.	

در شرایط محیطی هوای گرم به خصوص در رطوبت نسبی کمتر از ۷۱ درصد و سرعت وزش باد بیش از 5 Km/h ، حفاظت بتن از تبخیر آب باید بلافاصله پس از اتمام عملیات پرداخت و با استفاده از پوشش پلاستیک انجام شود. پس از سخت شدن بتن، روش مجاز عمل آوری طبق جدول فوق باید اعمال گردد.

مدت عمل آوری

حداقل مدت عمل آوری باید طبق جدول زیر باشد.

حداقل مدت عمل آوری بر اساس شرایط محیطی، روز			نوع بتن و نسبت آب به سیمان مخلوط بتن
شرایط محیطی معمولی	شرایط محیطی هوای گرم	شرایط محیطی هوای سرد	بتن معمولی با نسبت آب به سیمان ۴۴۹۲ و بیشتر
۰	۷	۰۱	بتن حاوی مواد افزودنی معدنی مانند دوده سیلیس، سرباز و متاکائولین، با نسبت آب به سیمان کمتر از ۴۴۹۲
۰۱	۵۰	۵۰	

اجرای بتن در شرایط غیر متعارف شرایط غیر متعارف

شرایط غیر متعارف به شرایطی از نظر اقلیمی و محیطی اطلاق می شود که بر خصوصیات و خواص بتن تازه و بتن سخت شده تأثیر نامطلوب دارد. بنابراین، برای تأمین خواص مورد نظر بتن، انجام یک سری تدابیر و تمهیدات ضروری است.

اجرای بتن در هوای گرم

در شرایط هوای گرم، دمای محیط زیاد، رطوبت نسبی کم و سرعت باد زیاد می باشد. این شرایط سبب کاهش کارایی و زمان گیرش، مقاومت فشاری و دوام بتن می شود . به هر حال، هرگاه دمای محیط بیشتر از ۱۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی کمتر از ۷۱ درصد است، شرایط هوای گرم صادق است و اقدام به اجرای تدابیر الزامی می باشد. اگر در طول مدت شبانه روز، شرایطی فراهم می شود که هوای گرم محسوب نمی شود و یا از شدت شرایط هوای گرم کاسته می گردد، توصیه می شود که در آن زمان اقدام به بتن ریزی گردد.

الزامات قبل از ساخت

در صورتی که دمای مخلوط بتن بیشتر از دمای مجاز باشد باید برای کاهش دمای مخلوط بتن قبل از ساخت، تمهیدات به شرح زیر را اجرا نمود:

- ۱- استفاده از سیمان پرتلند با حرارت زایی کم
- ۲- جایگزین کردن بخشی از سیمان با مواد افزودنی معدنی
- ۳- رنگ آمیزی سفید یا عایق بندی سیلوهای سیمان و سنگدانه ها و مخازن آب
- ۴- نگهداری کیسه های سیمان در انبارهای سرپوشیده

دمای مخلوط بتن

دمای مخلوط بتن نباید بیشتر از ۹۲ درجه سلسیوس برای بتن معمولی و ۱۱ درجه سلسیوس برای بتن حجیم باشد.

دمای مخلوط بتن باید با سرد کردن مصالح مصرفی، کاهش یابد. اما قبل از هر گونه اقدام در جهت کاهش دمای مخلوط بتن، ابتدا با اندازه گیری دما و جرم مصالح مقدار دمای مخلوط طبق رابطه زیر محاسبه شود. در صورتی که دمای محاسبه شده بیشتر از دمای مجاز بتن باشد، باید آب مخلوط بتن سرد شود. زیرا سرد کردن آب آسان تر از دیگر مصالح است. با در نظر گرفتن دمای آب سرد، باید مجدد نسبت به محاسبه دمای مخلوط طبق رابطه اقدام شود. اگر دمای مورد نظر مخلوط تأمین گردید، باید فقط به سرد کردن آب اکتفا شود.

$$T = \frac{0.22 (T_a M_a + T_c M_c) + T_w M_w + T_{wa} M_{wa}}{0.22 (M_a + M_c) + M_w + M_{wa}}$$

که در آن:

T = دمای مخلوط، بتن درجه سلسیوس

T_w, T_a, T_c و T_{wa} = به ترتیب دمای سنگدانه، سیمان آب مخلوط و آب مخلوط شده در، سنگدانه به درجه سلسیوس

M_w, M_a, M_c و M_{wa} = به ترتیب جرم سنگدانه، سیمان آب مخلوط و آب مخلوط شده در، سنگدانه به کیلوگرم

چنانچه با کاهش دمای آب مخلوط، دمای مخلوط بتن به دمای مورد نظر کاهش نیافت، باید بخشی از آب مخلوط با یخ جایگزین گردد. یخ مصرفی باید به صورت پولکی یا خرد شده باشد و نباید بیش از ۳۷ درصد آب مخلوط جایگزین گردد. برای محاسبه دمای مخلوط بتن با استفاده از یخ از رابطه زیر استفاده شود. اگر دمای مخلوط بتن محاسبه شده، با دمای مجاز مطابقت داشت، نیاز به اقدامات بیشتر نیست.

$$T = \frac{0.22 (T_a M_a + T_c M_c) + T_w M_w + T_{wa} M_{wa} - 80 M_i}{0.22 (M_a + M_c) + M_w + M_{wa} + M_i}$$

که در آن M_i ، جرم یخ به کیلوگرم است.

اگر دمای محاسبه مخلوط بتن طبق فوق نشان دهد که دمای مورد نظر مخلوط بتن تأمین نشده است، باید نسبت به سرد کردن سنگدانه ها اقدام شود. سرد کردن سنگدانه ها باید ایجاد سایه بر روی دیپوی سنگدانه ها و با آب پاشی بر روی سنگدانه ها انجام پذیرد.

انتقال بتن

مدت انتقال بتن از محل ساخت مخلوط تا محل بتن ریزی باید به حداقل زمان ممکن تقلیل داده شود تا از کاهش کارایی بتن اجتناب گردد. چنانچه حمل بتن با کامیون (تراک میکسر) انجام می شود، تعداد چرخش جام باید محدود به ۱۱۵ بار و زمان انتقال به ۵۳ دقیقه محدود گردد.

بتن ریزی

پس از بتن ریزی، احتمال ترک خوردگی ناشی از جمع شدگی پلاستیک وجود دارد. احتمال این آسیب دیدگی در دال ها بیشتر است. هرگاه سرعت تبخیر آب از سطح بتن بیشتر از سرعت آب انداختن بتن باشد، ترک خوردگی سطح بتن حتمی است. اگر مشخص شد که سرعت تبخیر بیشتر از $0.5 \text{ kg/m}^2/\text{hr}$ است، باید نسبت به ایجاد سایه بر روی دال اقدام شود و در زمانی که عملیات پرداخت انجام نمی شود، سطح بتن باید با یک ورق پلاستیک پوشش داده شود. این پوشش نباید در تماس مستقیم سطح بتن باشد.

عمل آوری

پس از سخت شدن بتن باید عمل آوری آغاز شود. عمل آوری بر اساس روش های آب رسانی مانند ایجاد حوضچه و یا پارچه چتایی خیس همراه با پوشش پلاستیک انجام گردد. دمای آب عمل آوری نباید بیشتر از ۰۰ درجه سلسیوس سردتر از دمای بتن باشد. برای کاهش دمای سطوح بتن قالب بندی شده، باید بر سطح قالب ها، آب پاشی شود و یا از چتایی خیس استفاده شود.

ضوابط ویژه اجرای بتن در هوای سرد

هوای سرد به وضعیتی اطلاق می گردد که برای سه روز متوالی، هر دوی شرایط (الف) و (ب) برقرار باشد:

الف- دمای متوسط روزنه هوا در شبانه روز کمتر از ۱ درجه سلسیوس باشد. منظور از دمای متوسط روزانه، میانگین حداکثر و حداقل دمای هوا در فاصله زمانی نیمه شب تا نیمه روز است.

ب- دمای هوا برای بیشتر از نصف روز از ۲۱ درجه سلسیوس زیادتر نباشد.

تدابیر احتیاطی

الف- در بتن ریزی در هوای سرد باید دقت لازم در انتخاب مصالح مصرفی، طرح مخلوط بتن، شرایط اختلاط، حمل، ریختن و عمل آوردن بتن صورت گیرد تا اطمینان حاصل شود که بتن تازه ریخته شده دچار یخ زدگی نگردد و بتن سخت شده نیز دارای کیفیت لازم باشد.

ب- دمای مخلوط بتن در طول مدت بتن ریزی و عمل آوردن باید ثبت گردد تا اطمینان حاصل شود که محدوده توصیه شده در این مقررات حفظ شده باشد.

پ- دمای بتن باید حداقل دو بار در شبانه روز در نقاط مختلف ساختمان ثبت گردد تا از وضعیت عمل آوری و نگهداری بتن اطمینان کافی حاصل شود.

ت- گوشه ها و لبه های بتن در مقابل یخ زدن آسیب پذیرند، بنابراین دمای این نقاط باید با دقت بیشتری کنترل شود.

مصالح مصرفی

الف- می توان از سیمان زود سخت شونده (پرتلند نوع سه) به جای سیمان معمولی برای اطمینان از سرعت بیشتر کسب مقاومت بتن استفاده نمود.

ب- استفاده از سیمان های آمیخته، به ویژه سیمان پوزولانی، در بتن ریزی در هوای سرد توصیه نمی گردد.

پ- می توان از آب گرم برای رساندن بتن به دمای مطلوب استفاده نمود، در این حالت باید از تماس مستقیم آب گرم بیش از ۱۵ درجه د سیمان جلوگیری شود و این موضوع در نحوه ریختن مصالح در مخلوط کن مراعات گردد.

ت- سنگدانه ها در هنگام مصرف نباید آغشته به یخ و برف باشند. معمولاً ماسه از شن مرطوب تر و احتمال وجود یخ در آن بیشتر است بنابراین اغلب گرم کردن ماسه ضرورت پیدا می کند.

الزامات طرح مخلوط بتن

الف- نسبت آب به سیمان باید با توجه به روند کسب مقاومت بتن در دمای محیط انتخاب گردد. نسبت آب به سیمان نباید از ۱۳ درصد بیشتر باشد بنابراین لازم است قبل از شروع بتن ریزی تدابیر لازم برای کسب مقاومت بتن صورت گیرد.

ب- برای کاهش میزان آب قابل یخ زدن در بتن و همچنین کاهش میزان آب انداختن بتن تازه باید مقدار آب اختلاط حداقل ممکن باشد بنابراین برای تأمین کارایی لازم می توان از مواد افزودنی خمیری کننده و روان کننده استفاده نمود.

پ- در صورتی که از مواد افزودنی روان کننده استفاده نمی شود اسلامپ بتن نباید بیش از ۱۳ میلیمتر انتخاب گردد.

حداقل دمای بتن

الف- حداقل دمای مجاز بتن هنگام اختلاط، ریختن و نگهداری و نیز حداکثر مجاز افت تدریجی دما در ۲۵ ساعت اولیه پس از خاتمه دوره عمل آوری بتن مطابق جدول زیر است.

ب- دمای بتن هنگام اختلاط نباید بیش از ۸ درجه سلسیوس زیادتر از مقادیر جدول زیر باشد زیرا موجب اتلاف انرژی بیشتر، افت شدید اسلامپ و در نهایت کاهش کیفیت بتن می گردد. در صورت تأمین کارایی رعایت این بند الزامی نیست.

پ- دمای بتن هنگام ریختن نباید بیش از ۰۰ درجه سلسیوس زیادتر از جدول زیر باشد، در غیر اینصورت موجب کاهش کیفیت بتن می گردد. در صورت تأمین کارایی لازم در محل کار و در لحظه بتن ریزی، رعایت این بند الزامی نیست.

نکات مربوط به حمل و ریختن بتن

الف- حمل و ریختن بتن باید به نحوی باشد که بتن تازه، دمای خود را از دست ندهد. بتن باید در جد امکان در وسایل سر بسته و عایق بندی شده حمل گردد.

ب- قبل از بتن ریزی باید میلگردها، قالب، سطح بتن سخت شده قبلی و زمین از هر نوع یخ زدگی زوده شود.

عمل آوری بتن تازه

الف- عمل آوردن بتن تازه باید حداقل تا رسیدن بتن به مقاومت ۱ مگاپاسکال ادامه یابد.

ب- برای عمل آوردن بتن تازه و محافظت آن از یخ زدگی می توان از روش های ۰ (الی) ۵ استفاده نمود:

۱- با استفاده از پوشش های عایقی

۲- با استفاده از گرم کردن بتن و محیط اطراف

۳- سایر روش ها به تأیید دستگاه نظارت

پ- بتن تازه باید در مقابل وزش باد، به ویژه پس از برداشتن پوشش ها محافظت گردد. باید توجه داشت که از تبخیر زیاد آب و بروز پدیده کربناسیون در سطوح بتن بر اثر احتراق مواد سوختی برای گرم کردن آن جلوگیری شود.

محافظت بتن سخت شده

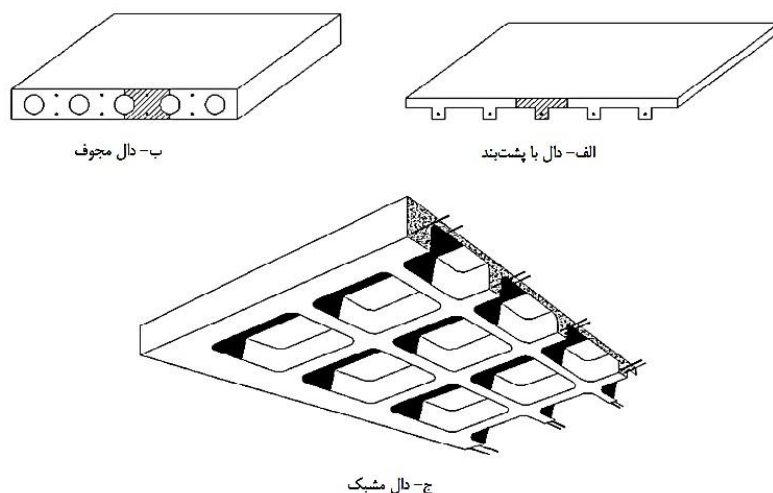
لازم است که از یخ زدگی بتن اشباع شده ای که مقاومت آن به ۵۰ مگاپاسکال نرسیده باشد، جلوگیری به عمل آید. باید از روش های استاندارد و با تهیه نمونه های کارگاهی برای تشخیص رسیدن بتن به مقاومت کافی استفاده نمود. می توان با روش های غیر مخرب استاندارد شده نیز مقاومت فشاری بتن را برای این منظور تخمین زد.

فصل ششم

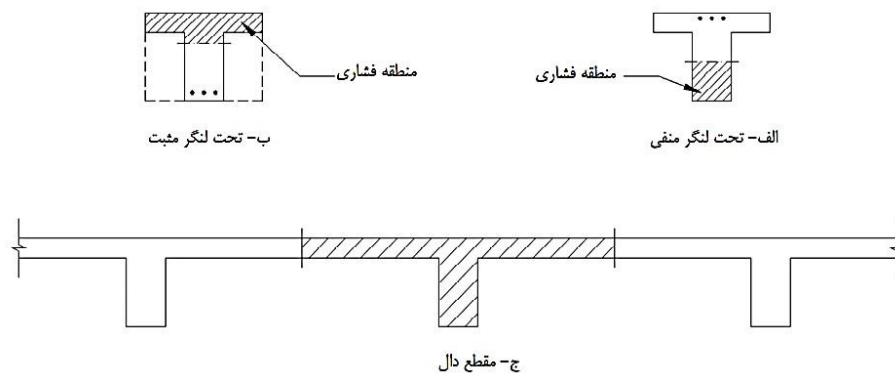
انواع سقف ها

سقف تیرچه و بلوک:

نیروهای قائم و افقی ناشی از بارهای ثقلی و نیروهای جانبی شامل بارهای باد و زلزله به سایر اعضای باربر است. سقف های سازه ای علاوه بر اینکه تحمل کننده بارهای ثقلی 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 تغییرشکل 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.

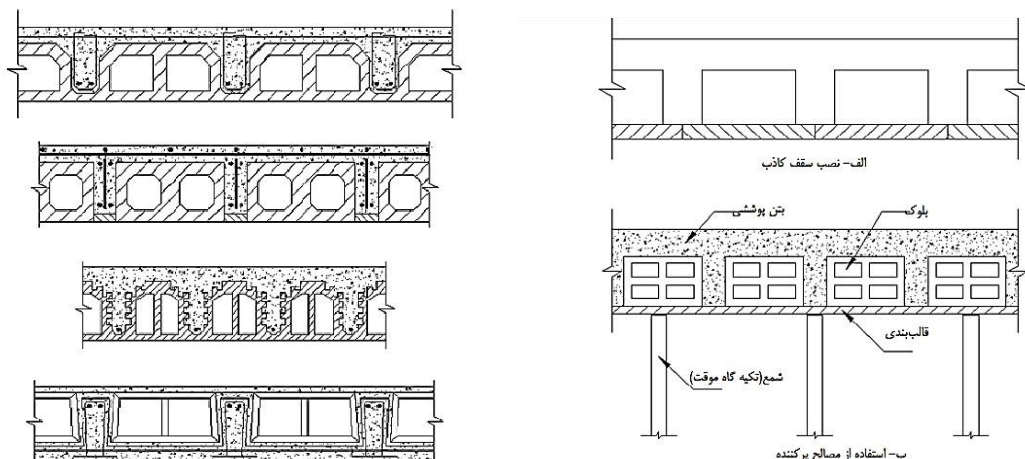


در صورتی که فاصله پشت بندها کم باشد، طرح و محاسبه این دال ها همانند طرح تیر T شکل است و تنها لازم است تا مقاومت دال واقع در بین دو پشت بند مجاور در برابر بارهای وارده کنترل شود. ضوابط مربوط به طراحی سقف های تیرچه و بلوک به تفصیل و به صورت گام به گام در **جزوه درسی سازه های بتن آرمه ۲** اینجانب عنوان 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 با تیرچه 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.

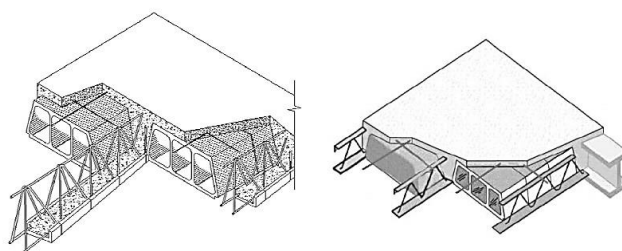
مزایای استفاده از سقف تیرچه و بلوک :

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.

اجزای تشکیل دهنده سقف تیرچه و بلوک :

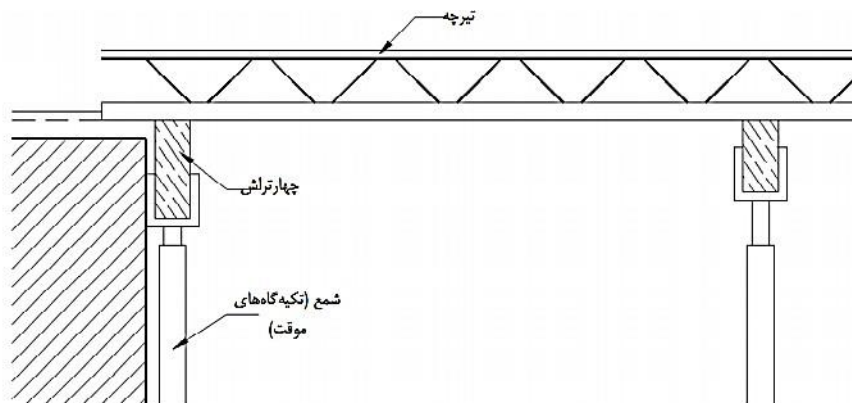
سقف های تیرچه و بلوک، تلفیقی از دو روش پیش ساختگی و بتن ریزی در محل است که در آن قالب تحتانی به کلی حذف می شود. در این سقف ها در نوع تیرچه فولادی با جان باز، تیرچه فولادی و در نوع تیرچه بتنی آن، آرماتورهای کششی و برشی (عرضی) و نیز پوشش بتن آرماتورهای اصلی، به صورت تیرچه های پیش ساخته، در کارخانه تولید 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، خمش 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)

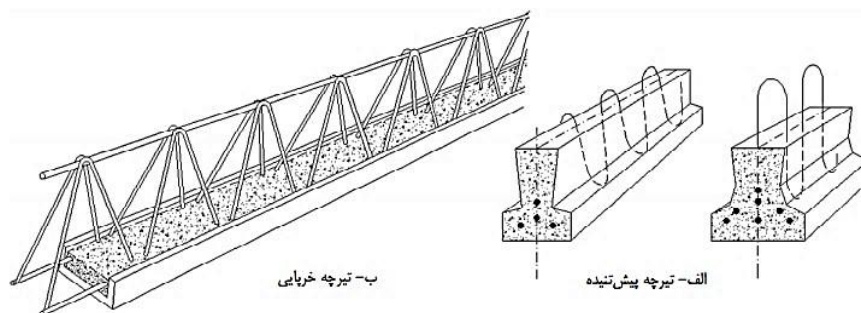
در ادامه، هر یک از اجزای سقف تیرچه و بلوک و عملکرد آنها توضیح داده شده است.

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 خرپایی** و **تیرچه پیش ساخته تنیده** مورد استفاده قرار می گیرد که در ادامه مورد بحث قرار می گیرد:

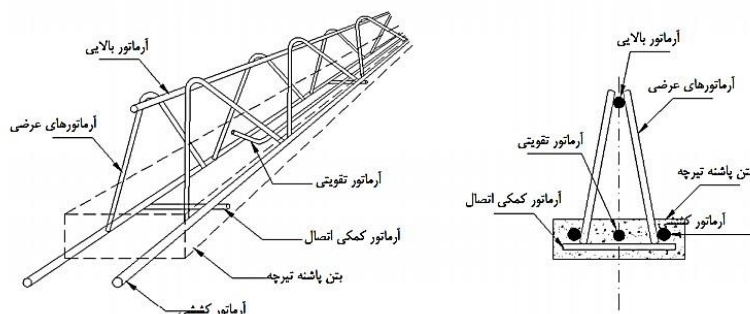
تیرچه پیش ساخته خرپایی:

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 خرپایی 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

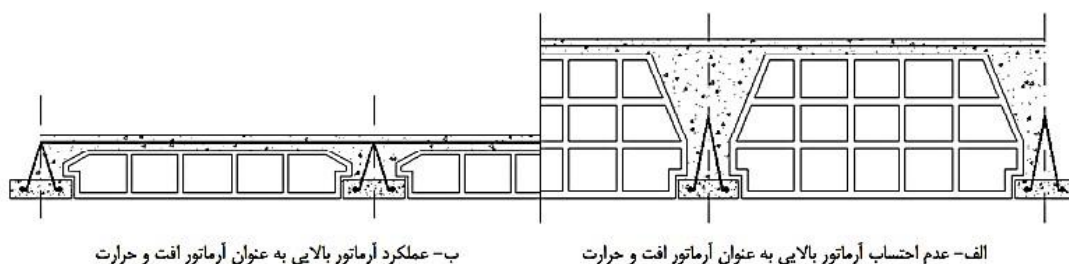
در مرحله اول بارگذاری تیرچه، آرماتور زیرین خرپا به عنوان عضو کششی خرپای تیرچه، باید قادر به تحمل نیروی کششی (حاصل از لنگر خمشی) ناشی از وزن خود تیرچه در زمان حمل و نقل باشد. در مرحله دوم بارگذاری تیرچه نیز این عضو باید قادر به تحمل نیروی کششی (حاصل از لنگر خمشی) ناشی از وزن مرده سقف در فاصله محور تا 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.



ب- عملکرد آرماتور بالایی به عنوان آرماتور افت و حرارت

الف- عدم احتساب آرماتور بالایی به عنوان آرماتور افت و حرارت

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.

۱- 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.

۷- 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:

۸۱

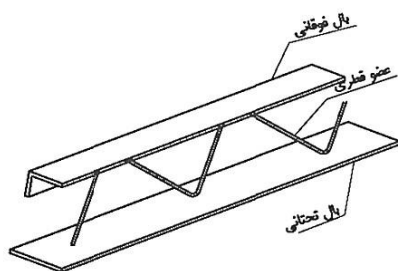
این نوع تیرچه که فقط در کارخانه های مجهز تولید می شود، از مقطع بتنی T شکل با رده مقاومتی 35C و بالاتر و مفتول های فولادی با مقاومت بالا (۱۳۰۷ تا ۱۱۵۰ نیوتن بر میلیمترمربع) تشکیل می شود. در این نوع تیرچه، مفتول ها را پیش از بتن ریزی تیرچه، توسط جک هایی تحت کشش معین قرار داده و سپس بتن ریزی مقطع اجرا می 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.

تیرچه فولادی برای تحمل مراحل سه گانه بارگذاری مذکور از اجزای زیر تشکیل شده است :



شکل ۱-۱- اجزای تیرچه فولادی با جان باز

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.

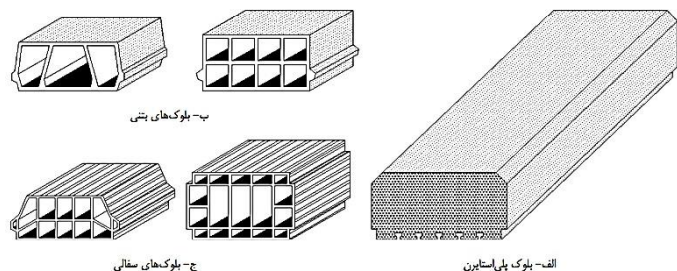
۲- اعضای قطری :

اعضای قطری تیرچه که معمولاً از میلگرد می باشند به عنوان عضو مورب خربا 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.

۹- بال فوقانی :

بال فوقانی تیرچه، از نبشی، تسمه یا ناودانی 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 اف 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 اف 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 اف و حرارت قرار گیرد، می توان از آرماتور مذکور به عنوان آرماتور اف 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 محصولات 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 ۲۹ تا ۲۷ 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 ۵۵۵۰ 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.

اجزای 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 ۱/۸ تا ۰/۲ میلیمتر و عرض مفید ورق فرم داده شده ۳۰۵ 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

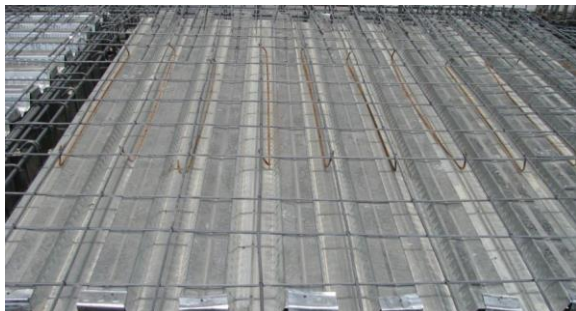
در عملیات بتن ریزی در سطح وسیع، بتن مدتی پس از گیرش و سخت شدن، دچار جمع شدگی شده و ترک می خورد. همچنین بدلیل تغییر دمای بتن، تنش هایی در آن بوجود می آید که آن هم باعث ترک خوردن بتن می گردد. به همین دلیل در سقف ها باید از آرماتورهای افت و حرارت استفاده نمود. این آرماتورها معمولاً میلگرد با قطر ۸ میلیمتر هستند.



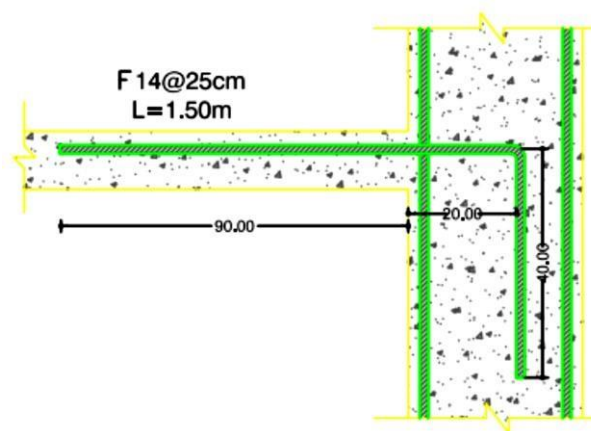
میلگرد های سازه ای :

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 ۳۷ 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 لنگر منفی، 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 CSF، LGS، 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 ۱۲ تا ۱۵ درصد صرفه جویی در مصرف فولاد اسکلت سازه

۳- کاهش وزن سقف، اسکلت، فونداسیون و در نهایت کاهش وزن سازه

۴- ۳۰ تا ۱۲ 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 ۱۰ تا ۷۱ 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 دپو 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 را بصورت منظم قرار می دهند تا در واقع از مصرف بتن برای پر کردن 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 پر شدن 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 کنار یکدیگر 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 ۵۸۳۰ در دانشگاه های آلمان و مجموعه شرکت های گروه فناوری های کوبیاکس در سال ۷۵۵۰ با همراهی مهندسين و متخصصين 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 ۷۵۸۰ 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 حدفواصل 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:



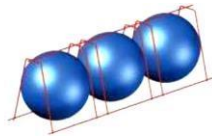
CBCM-S "SLIM-LINE"

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 ۱۵ درصدی حجمی و عددی ستون ها)
- ۳- بهینه سازی دال و فونداسیون (کاهش بارهای وارد بر پی، دال های تا ۱۵ 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 بازشو 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 درجای کوبیاکس :

۱۰- قالب بندی سقف

۲- اجرای مش تحتانی

۵- قرار گرفتن گوی ها بر روی مش تحتانی

۷- اجرای مش فوقانی

۳- بتن ریزی و ویبره

۴- تسطیح نهایی

۶- باز کردن قالب

قرار گیری توپ ها بر روی مش تحتانی



اجرای مش تحتانی



قالب بندی



تسطیح نهایی



بتن ریزی و ویبره



اجرای مش فوقانی



