فصل اول: بتن

مقدمه

بتن یکی از پرکاربردترین مصالح ساختمانی است و ویژگی اصلی آن ارزان بودن و در دسترس بودن مصالح اولیه آن می باشد. بتن بطور کلی نوعی سنگ مصنوعی حاصل از اختلاط آب و سیمان و سنگدانه های مختلف و برخی مواد افزودنی (با نسبت های معین که به آن نسبت اختلاط می گویند) میباشد که در شرایط خاص می بایست نگهداری و عمل آوری گردد.

همانطور که گفته شد در دسترس بودن مصالح بتن، دوام نسبتا زیاد بتن، شکل پذیری آن پیش از سخت شدن یا گرفتن بتن، عمر طولانی، مقاومت در برابر آتش سوزی، مقاومت فشاری خوب آن و البته ارزان بودن بتن در مقایسه با فولاد باعث شده که در بسیاری از سازه ها استفاده گردد.

کیفیت بتن ارتباط مستقیم با نسبت اجزای تشکیل دهنده آن (طرح اختلاط)، مسائل اجرایی ساخت بتن، ریختن بتن و نگهداری و عمل آوری آن دارد.

مواد تشکیل دهنده بتن

بتن از سه جزء اصلی تشکیل شده است: آب، سیمان، سنگدانه

علاوه بر این سه جزء برای بهبود برخی خواص بتن از افزودنیهای دیگری نیز استفاده می شود که به آن پرداخته خواهد شد.

۱-آب: آب به سه صورت در بتن به کار می رود: آب جهت شستن سنگدانه ها، آب به عنوان یکی از اجزای تشکیل دهنده بتن و آب مصرفی برای عمل آوری بتن.

آب مصرفی بتن باید بگونه ای در کارگاه ها حمل و نیز نگهداری شود که احتمال ورود مواد مضر به داخل آن و همچنین رشد خزه ها و مواد آلی در آن وجود نداشته باشد.

کیفیت آب در بتن از آن جهت اهمیت دارد که ناخالصی موجود در آن ممکن است در گیرش سیمان تاثیر داشته و اختلالاتی بوجود آورد. همچنین آب نامناسب ممکن است روی مقاومت بتن اثر نامطلوب گذاشته و باعث کاهش مقاومت نهایی بتن شده و نیز سبب بروز لکه هایی در سطح بتن و حتی زنگ زدن آرماتورها بشود. به عنوان یک قانون کلی هر آبی که PH (درجه اسیدیته) آن بین ۶ تا ۸ بوده و شور نباشد می تواند برای بتن مصرف شود.

۲- سنگدانه ها: سنگدانه ها که معمولا سختی و مقاومت بتن را تامین می کنند به دو دسته درشت دانه یا شن (سنگدانه های بزرگتر از ۴/۷۵ میلیمتر)، و ریز دانه یا ماسه (سنگدانه های کوچکتر از ۴/۷۵ میلیمتر) تقسیم می شوند.

مطابق مبحث نهم مقررات ملی ، بزرگترین اندازه درشت دانه مصرفی نباید از هیچ یک از موارد زیر بزرگتر باشد:

- یک پنجم کوچکترین بعد داخلی قالب بتن
- یک سوم ضخامت دال
- سه چهارم حداقل فاصله آزاد بین میلگردها
- سه چهارم پوشش بتن روی میلگردها
- ۳۸ میلیمتر در بتن مسلح (بتن آرمه)
- ۶۳ میلیمتر در بتن حجیم غیر مسلح

مشخصات سنگدانه های مصرفی در ساخت بتن به شرح زیر است:

- ✓ سنگدانه ها باید کاملا تمیز و عاری از هر گونه گل و لای و دیگر ناخالصی های شیمیایی باشند.
- ✓ سنگدانه ها باید در برابر سایش مقاوم باشند مخصوصا اگر بتن در معرض رفت و آمد و تردد باشد.
- ✓ سنگدانه ها باید در برابر اعمال تنش مقاوم باشند چون سنگدانه ها نقش اسکلت بندی بتن و سیمان نقش چسباننده را بر عهده دارد و در صورتیکه دانه ها در برابر تنش مقاوم نباشند زود شکسته و از هم گسیخته می شوند و در نتیجه بتن حاصله مقاومت لازم را نخواهد داشت.
- ✓ سنگدانه ها باید در برابر یخبندان مقاوم باشند یعنی تخلخل کمتر و نفوذ پذیری کمتری داشته و مقاومت کششی آنها بالاتر باشد.
- ✓ سنگدانه ها باید در برابر هوازدگی مقاوم باشند. (خرد شدن سنگدانه ها در گذشت زمان در اثر تغییرات رطوبت و دما را هوازدگی گویند)
- ✓ بکارگیری دانه های سوزنی و پولکی شکل در ساخت بتن مجاز نیست.

نکته: بتنی که با دانه های گوشه دار ساخته می شود به دلیل امکان درگیر شدن بهتر دانه ها با یکدیگر و برقراری اصطکاک بهتر بین آنها دارای مقاومت نهایی بالاتری خواهد بود.

۳- سیمان: به ماده چسباننده مصالح سنگی در بتن سیمان هیدرولیکی یا اصطلاحا سیمان گفته می شود. سیمان چسبی است که پس از مخلوط شدن با آب بصورت دوغاب سیمان یا خمیر سیمان دور دانه ها را آغشته کرده و آنها را بهم می چسباند. لذا نقش سیمان در بتن صرفا چسباندن دانه ها به یکدیگر بوده و بخودی خود تاثیری 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 (چسب) پاره نشود. مواد اولیه سیمان عمدتا از خاک رس و سنگ آهک به نسبت ۱ به ۳ به دست می آید. سایر مواد تشکیل دهنده سیمان عبارتند از: آلومین، اکسید آهن و اکسید منیزیم.

روش تهیه سیمان به این صورت است که ابتدا مواد خام را آسیاب نموده و بعد آنها را با نسبتهای مشخص، کاملا مخلوط کرده و در مرحله بعد در کوره بزرگ دوار در دمای حدود ۱۴۰۰ تا ۱۸۰۰ درجه سانتیگراد حرارت می دهند.

در این دما بخشی از آنها ذوب شده و سبب بوجود آمدن دانه های فندقی به نام کلینکر می شود. کلینکر را سرد می کنند و حدود ۱ تا ۲ درصد به آن سنگ گچ اضافه می کنند سپس آن را آسیاب می کنند تا بصورت پودر نرمی دربیاید. اضاقه کردن گچ به این دلیل است که از گیرش سریع سیمان در مراحل اولیه ساخت بتن جلوگیری شده و فرصت کافی جهت مصرف بتن بوجود آید.

انواع سیمان های استاندارد (پرتلند)

انواع سیمانهای پرتلند شامل ترکیباتی مانند آلومینات ها ، سیلیکات ها و اکسیدهای آهن هستند اما نسبتی که در ترکیب سیمان دارند متفاوت است که این امر موجب ایجاد خواص متفاوت در سیمان ها میشود. بطور کلی سیمان پرتلند در ۵ نوع دسته بندی می شوند:

۱. **سیمان تیپ I (سیمان معمولی)**: همان سیمان معمولی بوده و در شرایط آب و هوای معمولی مصرف می شود. همچنین در جایی بکار می رود که از نظر سولفات مشکلی وجود نداشته باشد.
۲. **سیمان تیپ II (سیمان متوسط)**: این سیمان از نظر خواص متوسط است یعنی تاحدی کندگیر بوده و تا حدی هم در برابر حمله سولفاتها مقاوم است.
۳. **سیمان تیپ III (سیمان زود گیر)**: این سیمان تقریبا اجزای اولیه سیمان تیپ I را دارد با این تفاوت که به شدت ریزتر آسیاب شده و به همین جهت گیرش سریع تری دارد. معمولا از این سیمان در هوای سرد (این نوع سیمان در ساعات اولیه مصرف حرارت قابل توجهی آزاد می کند و باعث گرم شدن بتن می شود) یا نیاز به تعمیرات فوری یا نیاز به قالب برداری سریع استفاده می شود.
۴. **سیمان تیپ IV (سیمان کند گیر)**: سیمان تیپ چهار کندگیر بوده و در هنگام گیرش حرارت کمی تولید می کند. این سیمان در هوای گرم (جایی که تبخیر بالاست) و در دمای بالای ۴۰ ، ۵۰ درجه سانتیگراد، در بتن ریزی های حجیم مثل بتن ریزی سدها و پایه های پل جهت کاهش تنش های حرارتی بتن، و نیز برای جلوگیری از اتصال سرد در بتن ریزی های خاص بکار می رود. در بتن ریزی دیوارهایی مثل دیوار استخر یا دیوار مخازن آب که طول دیوار زیاد است چون بتن ریزی لایه لایه انجام میشود ممکن است مدت زمانی طول بکشد تا لایه بتن جدید روی لایه بتن قبلی ریخته شود و اگر لایه بتن

قبلی سفت شده باشد اتصال خوبی بین این دو لایه برقرار نمی شود. این نوع اتصال ضعیف را اتصال سرد می گوییم که در حقیقت ضعف بتن ریزی به خصوص برای سازه های آبی که نشت نکردن آب بسیار حائز اهمیت است به شمار می رود. استفاده از سیمان کندگیر تیپ چهار در چنین مواردی باعث می شود که فرصت کافی برای بتن ریزی باشد و لایه قبلی هنوز وارد واکنش نشده باشد (سفت نشده باشد) و بتواند با بتن جدید اتصال مناسبی را برقرار کند.

۵. **سیمان تیپ V (سیمان ضد سولفات):** این نوع سیمان برای مصرف در بتن هایی که در معرض حمله سولفاتها قرار دارند مناسب است.

۶. **سیمان تیپ IA , IIA , IIIA:** به ترتیب سیمان تیپ یک، دو و سه می باشد که مواد حباب ساز (مواد افزودنی با خاصیت هوازایی) به آن اضافه شده است.

سیمان های پرتلند انواع دیگری نیز دارند که از ترکیب مواد افزودنی و کلینکر سیمان پرتلند به دست می آید:

- **سیمان سفید:** این سیمان همان سیمان نوع I بوده که بیشتر در نماسازی و بندکشی و کارهای تزئینی مورد استفاده قرار می گیرد. در حقیقت 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. بنابراین برای تولید سیمان سفید از خاک رسی که میزان سولفات آهن و منیزیم آن کمتر است (خاک چینی) استفاده میکنند. از طرفی سوخت کوره را به نحوی انتخاب می کنند که تولید دوده نکند (مثلا از گاز استفاده می کنند). قیمت این سیمان گرانتر از سیمان معمولی بوده و برای همین فقط به عنوان روکش استفاده می شود.
- **سیمان رنگی:** از افزودن پودر سنگهای رنگی به سیمان پرتلند معمولی یا سیمان سفید، این نوع سیمان های رنگی حاصل می شود که بیشتر جنبه تزئینی دارند. معمولا در ساخت سیمانهای رنگی روشن از سیمان سفید استفاده می شود.
- **سیمان پرتلند سرباره ای:** این سیمان از مخلوط سیمان معمولی با پودر سرباره کوره ذوب آهن به دست می آید. مقاومت این سیمان در برابر سولفاتها سبب شده که در سازه های دریایی و اسکله ها مورد توجه قرار گیرد همچنین بدلیل حرارت زایی کمتر در بتن ریزی های حجیم نیز استفاده می شود.
- **سیمان پوزولانی:** این سیمان از مخلوط کردن پوزولان با کلینکر سیمان معمولی و آسیاب کردن این مخلوط به دست می آید. این سیمان کندگیر و مقاوم در برابر املاح شیمیایی است.

- **سیمان بنایی:** این سیمان مخلوطی است از سیمان پرتلند معمولی و مواد پرکننده دیگری مثل سنگ آهک پودر شده، پودر سنگ و مواد افزودنی حباب ساز. این سیمان برای ساخت بتن مجاز نبوده و برای ساخت ملات ها کاربرد دارد.
- **سیمان منبسط شونده:** این سیمان برای جلوگیری از انقباض بتن و به حداقل رساندن ترک خوردگی استفاده می شود. مقاومت این سیمان در برابر سولفات ها کم است.
- **سیمان پرآلومین:** این سیمان که پرآلومینیوم هم خوانده می شود به جای سیلیکات های کلسیم دارای سیلیکات های آلومینیوم است. این سیمان بسیار زودگیر بوده بصورتیکه حدود ۸۰٪ مقاومت خود را در همان ۲۴ ساعت اول به دست می آورد. مقاومت این سیمان در برابر حمله سولفاتها بسیار چشمگیر می باشد. این سیمان بسیار گرانتر از سیمان معمولی می باشد.

انبار کردن سیمان

بدلیل اینکه سیمان مکنده رطوبت است، بسیار حائز اهمیت است که سیمان در معرض رطوبت نباشد. سیمان به دو صورت فله ای و پاکتی عرضه می شود. در حمل سیمان باید توجه داشت که سیمان از اثر باران و رطوبت در امان باشد. در انبار کردن سیمان بصورت فله ای باید شرایطی فراهم شود که کف انبار کاملا خشک باشد، لذا میتوان مقداری شن خشک در کف پهن کرد تا از نفوذ رطوبت به بالا جلوگیری شود. همچنین روی سیمان نیز می بایست پلاستیک کشیده شود. سیمانهای پاکتی را روی سطوح تخته ای به نام پالت انبار میکنند. پالتها از کف زمین حدود ۱۰ سانت فاصله داشته و حداکثر تا ۸ ردیف سیمان پاکتی روی آنها چیده می شود. بین پالتهای مختلف که روی هر کدام حدودا ۵۰ پاکت چیده می شود نیز باید نیم متر فاصله جهت عبور جریان هوا وجود داشته باشد.

۴- مواد افزودنی در بتن: این مواد، مواد شیمیایی هستند که به بتن اضافه می شوند که برخی خواص مناسب و مطلوب را در بتن ایجاد کنند. میزان مصرف مواد افزودنی در بتن کم بوده و بصورت درصدی از وزن سیمان مشخص می شود. در یک دسته بندی کلی این مواد عبارتند از:

- **مواد افزودنی زودگیر کننده (تسریع کننده ها):** این دسته از مواد افزودنی سبب می شوند تا گیرش سیمان تسریع و در نتیجه مقاومت اولیه بتن بالا رفته و باعث می شوند بتن زودتر بگیرد. پرمصرف ترین زودگیر کننده کلرید کلسیم می باشد. از این دسته مواد افزودنی در شرایط بتن ریزی در هوای سرد، یا شرایطی که نیاز به قالب برداری سریع وجود دارد استفاده می شود.
- **مواد افزودنی کندگیر کننده:** افزودنی هایی وجود دارند که گیرش بتن را به تاخیر می اندازند. کندگیر کننده ها در هوای خیلی گرم که زمان گیرش معمولی بتن کم می شود و همچنین برای جلوگیری از ایجاد ترکهای ناشی از گیرش در بتن ریزی های متوالی مفید می باشد.

- **مواد حباب زا:** هدف از افزودن این دسته از مواد، ایجاد حباب های هوای ریز دلخواه به اندازه و فاصله مناسب در مخلوط بتن می باشد. تجربیات آزمایشگاهی و کارگاهی حاکی از آن است که ایجاد حباب هوا به نحو مناسب، مقاومت بتن در برابر یخ زدن و آب شدن را به میزان زیادی افزایش می دهد. هنگامیکه آب یخ میزند سبب افزایش حجمی می گردد که این افزایش حجم موجب ایجاد فشار هیدرولیکی شده که می تواند بتن را خرد کند. بخار شدن آب و تبلور نمک های به جا مانده از آن نیز می تواند سبب پدیده مشابهی شود. حباب های هوای عمدی حفراتی را بوجود می آورند که به اندازه کافی بهم نزدیکند و لذا فشار بوجود آمده را کم می کند. واضح است که بازده هر ماده حباب زا به اندازه و فاصله حفراتی که بوسیله این ماده بوجود می آید بستگی دارد.
- **افزودنی های کاهنده آب یا روان کننده ها:** این افزودنی ها به سه منظور بکار میروند: ۱- افزایش کارآیی بتن و بنابراین سادگی بتن ریزی در قالبهایی با آرماتورهای انبوه و موقعیتهای غیر قابل دسترسی ۲- افزایش مقاومت بتن و نیز کاهش نسبت آب به سیمان با حفظ کارآیی بتن ۳- رسیدن به یک کارآیی مشخص در بتن با کاهش مقدار سیمان مصرفی و در نتیجه کاهش حرارت هیدراتاسیون در توده بتن. افزودنی های روان کننده با ایجاد پراکندگی سیمان در مخلوط بتن ضمن ایجاد سطوح بیشتر در تماس با آب باعث هیدراتاسیون بهتر سیمان شده و در نتیجه در دراز مدت مقاومت این بتن از بتنی که با همین نسبت آب به سیمان بدون افزودنی ساخته می شود بیشتر خواهد بود.
- **مواد افزودنی کاهنده آب و کندگیر کننده:** همانطور که از اسم این مواد پیداست هم باعث کاهش مصرف آب شده و هم باعث کندگیر شدن بتن می شوند
- **مواد افزودنی کاهنده آب و زودگیرکننده**
- **مواد افزودنی فوق روان کننده:** این مواد یکی از موثرترین انواع تقلیل دهنده های آب می باشند که در مواردی که محل بتن ریزی غیرقابل دسترسی بوده یا در محل هایی که بتن ریزی خیلی سریع لازم است استفاده می شود.
- **ضد یخ ها:** ضد یخ ها معمولا در مواردی بکار می روند که امکان یخ زدن بتن تازه وجود داشته باشد (بتن ریزی در هوای زیر صفر). ضد یخ ها دو کار عمده انجام میدهند: ۱- دمای انجماد آب را پایین می آورند ۲- تا حدی نقش تسریع کننده دارند، یعنی باعث می شوند که واکنش هیدراسیون سریعتر انجام گیرد و بنابراین دمای زمان گیرش بتن بالاتر می رود. باید توجه داشت که استفاده از ضد یخ، بصورت عمده از یخ زدن بتن جلوگیری می کند و انجام واکنش را کند کرده تا زمانی که دمای مناسب فراهم شود. بنابراین از بتنی که به همراه ضد یخ در دمای زیر صفر ریخته می شود نمی توان انتظار داشت که در مدت چند روز سخت شود و این زمان ممکن است نسبت به بتن معمولی افزایش داشته باشد.

❖ جهت آشنایی با سایر افزودنی های بتن مراجعه شود به جدول ۱-۲ کتاب طراحی ساختمانهای بتنی نوشته دکتر گلابچی.

آزمون کارشناسی ارشد سال ۹۴: (گزینه ۴)

۵۴- مواد حباب‌زا به چه منظور در بتن مورد استفاده قرار می‌گیرد؟
۱) سبک کردن وزن بتن
۲) کم کردن آب مصرفی بتن
۳) بیرون راندن هوای بتن در هنگام بتن‌ریزی
۴) جلوگیری از ترک خوردن بتن در هنگام یخزدن

آزمون کارشناسی ارشد سال ۸۸ (گزینه ۴)

۵۳- افزودنی حباب‌ساز در بتن چه تأثیری ایجاد می‌نماید؟
۱) کاهش مقاومت در برابر سولفات‌ها
۲) تأخیر در گیرش بتن
۳) کاهش مقاومت فشاری
۴) پایدای در برابر یخزدگی

طرح اختلاط

روند انتخاب اجزای مناسب برای بتن و تعیین مقادیر نسبی آنها بمنظور تولید بتنی اقتصادی که دارای خصوصیات مشخصی مانند کارآیی، مقاومت و پایایی باشد را طرح اختلاط گویند.

نسبت آب به سیمان

میزان آب در بتن معمولا با نسبت وزنی آب به سیمان (W/C) نشان داده می شود که W معرف وزن آب و C معرف وزن سیمان است. بعنوان یک اصل کلی باید حتی المقدور نسبت W/C کم انتخاب شود. قسمتی از آبی که در ساخت بتن مصرف می شود (حدود ۲۵٪ وزنی سیمان) جذب ذرات سیمان شده و در واکنش های شیمیایی (هیدراسیون) بکار گرفته می شود. اما عملا ساخت بتنی با W/C=0.25 امکان پذیر نیست زیرا چنین بتنی به اندازه ای سفت است که کار کردن با آن میسر نخواهد بود به همین جهت نسبت آب به سیمان را باید تا جاییکه به سهولت بتوان با بتن کار کرد در نظر گرفت. لذا این نسبت را تا 0.4 الی 0.6 افزایش می دهند. اما در همین محدوده باز هم هرچه نسبت آب به سیمان کمتر در نظر گرفته شود بهتر است زیرا مازاد آب که در واکنش شیمیایی شرکت نمی کند، جا اشغال کرده و نهایتا یا در بتن محبوس می شود و یا تبخیر شده و فضای خالی ایجاد می کند، یعنی در هر حال از حجم مفید بتن می کاهد.

محاسن استفاده از نسبت آب به سیمان کمتر عبارت است از:

- افزایش مقاومت فشاری و کششی بتن
- افزایش خاصیت آب بندی بتن (زیرا هر چه آب کمتری مصرف شده باشد فضای خالی کمتری در بتن ایجاد شده و در نتیجه روزنه های کمتری برای عبور آب وجود خواهد داشت)

- کاهش جذب آب (بدلیل محدود شدن فضاهای خالی)
- پیوستگی بهتر بین لایه های متوالی در بتن ریزی
- افزایش چسبندگی بین میلگرد و بتن (چون سطح تماس میلگرد و بتن بیشتر خواهد بود)
- افزایش مقاومت در مقابل شرایط جوی نامساعد (تر و خشک شدن های متوالی و سرد و گرم شدن های متوالی)
- کاهش میزان افت
- کاهش میزان خزش
- کاهش امکان آب انداختن بتن
- کاهش امکان جدا شدن دانه ها

اما نسبت آب به سیمان زیاد تنها یک حسن دارد و آن روانی و کارآیی بیشتر است.

نکته: در هر حال کار کردن با بتنی با W/C کمتر از 0.4 امکان پذیر نیست و معمولا این عدد حدود ۵۰٪ در نظر گرفته می شود.

عیار بتن

مقدار سیمان مصرفی در یک متر مکعب بتن را عیار بتن گویند. بنابراین در یک متر مکعب بتنی با عیار ۳۵۰، مقدار ۳۵۰ کیلوگرم سیمان مصرف شده است.

نکته: عیار بتن سازه ای معمولا بین ۳۰۰ تا ۳۵۰ بوده و نمی تواند کمتر از ۲۵۰ باشد.

نکته: عیار بتن مگر (بتن زیر پی یا شالوده که با ایجاد فاصله بین خاک و بتن پی مانع از جذب آب بتن پی توسط خاک زیر شده و با ایجاد سطح صاف و تراز امکان اجرای دقیق پی را فراهم می کند) حدود ۱۵۰ می باشد.

نکته: عیار بتن کف سازی حدود ۱۰۰ تا ۱۵۰ می باشد.

مقدار سنگدانه

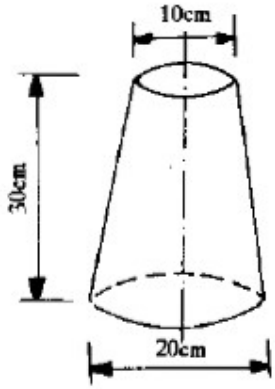
برای ساخت یک متر مکعب بتن بطور معمول در مجموع 1.2 متر مکعب شن و ماسه به نسبت ۲ به ۱ بکار می رود.

بتن تازه

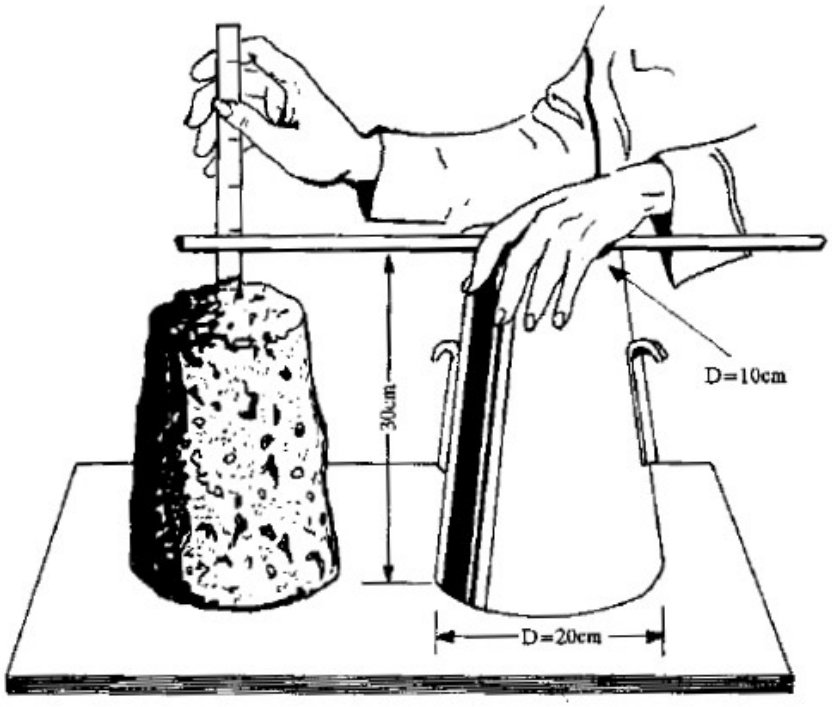
بتن تازه بتنی است که تازه ساخته شده و دارای خاصیت روانی می باشد. مهمترین مساله در بتن تازه میزان کارآیی آن است.

کارآیی بتن

درجه سهولت ریختن و کار کردن با بتن را کارآیی بتن گویند. آزمایش استانداردی که برای مشخص کردن درجه کارآیی بتن بکار گرفته می شود آزمایش اسلامپ می باشد. در این آزمایش از یک مخروط ناقص به ارتفاع ۳۰ سانت استفاده می شود.



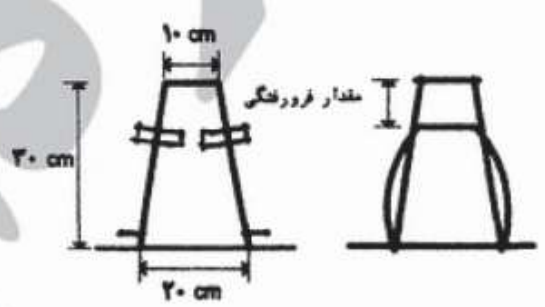
برای آزمایش بتن تازه را در سه لایه در مخروط جای می دهند و با میله هر لایه را ویبره می کنند سپس سطح آن را صاف کرده و مخروط را به سمت بالا حرکت می دهند. بتن پس از بیرون آمدن از قالب مخروطی مقداری افت می کند. میزان این افت بر حسب سانتیمتر را کارآیی بتن نامند. این افت می تواند از ۰ تا ۳۰ سانتیمتر تغییر کند.



معمولا عدد اسلامپ برای بتن های معمولی غیر مسلح (بدون آرماتور) یا کم آرماتور در محدوده ۲ تا ۵ سانتیمتر انتخاب می شود. در حالیکه برای بتن مسلح (بتن آرمه) عدد اسلامپ باید در محدوده ۵ تا ۱۰ سانتیمتر انتخاب شود. در حالت های استثنایی که تراکم آرماتور زیاد باشد یا از پمپ برای بتن ریزی استفاده شود اسلامپ ۱۰ تا ۱۲ سانتیمتر نیز مورد استفاده قرار می گیرد. بدیهی است هر چه اسلامپ کمتر باشد خواص مطلوب در بتن سخت شده بهتر خواهد بود.

کنکور کارشناسی ارشد سال ۹۱ (گزینه ۲)

۴۳- کدام عبارت در مورد آزمایش اسلامپ و عدد اسلامپ صحیح نیست؟



۱) کارآیی بتن با آزمایش اسلامپ سنجیده می‌شود.
۲) عدد اسلامپ برابر با ارتفاع مخروط پس از برداشتن قالب می‌باشد.
۳) عدد اسلامپ با میزان روانی بتن نسبت مستقیم دارد.
۴) بتن ریخته شده درون قالب مخروطی باید طبق دستورالعمل معینی متراکم شود.

آب انداختن بتن تازه

گاهی پس از بتن ریزی و پرداخت سطحی بتن یک لایه نازک آب آغشته به سیمان روی سطح بتن ظاهر می شود. این آب از قسمتهای زیرین بتن بدلیل خاصیت موئینگی به قسمتهای سطحی آمده و در مسیر خود مقداری سیمان را نیز با خود شسته و همراه می کند. لذا در قسمتهای سطحی بتن مقدار آب موجود از آنچه در طرح اختلاط در نظر گرفته شده بیشتر خواهد بود و بالعکس در قسمتهای زیرین مقدار آب کمتر خواهد شد. چنین بتنی پس از سخت شدن به مقاومت مورد نظر نرسیده و نامرغوب خواهد بود. و نیز لایه رویی چنین بتنی پس از سخت شدن به مرور زمان و با استفاده های ترافیکی از آن پودر شده و بصورت گرد و خاک در می آید و پدیده پودر شدگی اتفاق می افتد. در این حالت بتن در معرض یخ زدگی و هوازدگی خواهد بود. آب انداختن پدیده بسیار نامطلوبی است و مهمترین دلیل بروز آن اسلامپ بیش از حد می باشد. البته عواملی چون ویبره بیش از حد و نیز نامناسب بودن دانه بندی احتمال آب انداختن را افزایش می دهد.

جدا شدن دانه ها

یکی دیگر از مشکلاتی که در بتن تازه بروز می کند پدیده جدا شدن دانه هاست. به این ترتیب که درشت دانه ها در مخلوط نشست کرده و پایین میروند و ریزدانه ها به سمت بالا منتقل می گردند. بنابراین بتن حالت یکنواختی خود را از دست داده و از نظر مقاومت فشاری و خمشی ضعیف خواهد شد. مهمترین دلیل جدا شدن دانه ها در بتن تازه اسلامپ بالا و بیش از حد است. عوامل دیگری نظیر ویبره بیش از حد، جابجا کردن بتن در قالب بوسیله بیل یا ویبراتور، ریختن بتن از ارتفاع نیز ممکن است به جدا شدن دانه ها در بتن بیانجامد.

تراکم بتن تازه

تراکم بتن یعنی به حرکت درآوردن ذرات بتن، کم کردن اصطکاک بین آنها و خارج کردن حباب های هوا از بتن. مکانیزمی که برای تراکم بتن بکار میرود ارتعاش است. هدف از این کار به دست آوردن بتن توپری است که مقاومت بالاتری داشته و در برابر عوامل مخرب محیطی دوام بیشتری داشته باشد. انواع ویبره عبارت است از: ویبره دستی که شامل یک میله لرزاننده کوچک می باشد، ویبره لرزاننده قالب که در مجاورت قالب قرار گرفته یا به آن وصل می شود، و ویبره میزی که در کارگاه های بتن پیش ساخته مورد استفاده قرار می گیرد.

بتن سخت شده

پس از ریختن بتن با گذشت زمان بتن تازه به بتن سخت شده تبدیل می شود. از زمان ریختن بتن تا مرحله سفت و سخت شدن آن باید از آن نگهداری و مراقبت کرد.

عمل آوری بتن (مراقبت از بتن)

در مراقبت از بتن دو نکته بسیار مهم است:

۱- رطوبت کافی: حداقل ۸۰٪ رطوبت مورد نیاز است
۲- درجه حرارت مناسب: مناسب ترین درجه حرارت حدود ۱۳ درجه می باشد.

حداقل زمانی که برای بتن عادی جهت مراقبت پیشنهاد شده ۷ روز است. یعنی در طول مدت ۷ شبانه روز باید بتن در دمای مناسب و رطوبت حداقل ۸۰٪ نگهداری شود.

مقاومت بتن

مقاومت بتن به عوامل زیر بستگی دارد:

- **کیفیت دانه ها:** هر چه سنگدانه ها کیفیت بهتری داشته باشند مقاومت بتن بالاتر خواهد بود.
- **میزان دانه ها:** هر چه دانه های بیشتری در بتن مصرف شود بتن توپرتر و مقاوم تر خواهد بود.

- **مقدار سیمان:** معمولا هر چه مقدار سیمان در بتن بیشتر باشد (البته تا حد مشخصی) بتن مقاومت بالاتری خواهد داشت.
- **نسبت آب به سیمان:** هرچه نسبت آب به سیمان کمتر در نظر گرفته شود بتن دارای مقاومت بیشتری خواهد بود.
- **عمر بتن:** هر چه از شروع ساخت بتن زمان بیشتری گذشته باشد بتن مقاومت بیشتری خواهد داشت. مقاومت ۷ روزه در بتن عادی حدود ۷۰٪ مقاومت ۲۸ روزه آن می باشد. معمولا در محاسبات مقاومت ۲۸ روزه بتن که حدود ۹۰ تا ۹۵ درصد مقاومت نهایی آن است در نظر گرفته می شود.

اندازه گیری مقاومت بتن

۱- مقاومت فشاری بتن

مقاومت فشاری ۲۸ روزه بتن بر اساس نمونه آزمایشگاهی تعیین می شود. به این صورت که از بتن در قالبهای مخصوص نمونه گیری می شود. این قالب ها دو نوع هستند، یکی قالب مکعبی به ضلع ۱۵ سانتیمتر و یا ۲۰ سانتیمتر که بیشتر در کشورهای اروپایی از آن استفاده می شود و دیگری قالب استوانه ای به قطر ۱۵ سانتیمتر و ارتفاع ۳۰ سانتیمتر. نمونه مورد نظر در شرایط آزمایشگاه در حوضچه آب و یا حمام بخار به مدت ۲۸ روز نگهداری می شود. سپس این نمونه تحت اثر نیروی فشاری (بوسیله جک های مخصوص) قرار داده می شود و با افزایش نیرو در نمونه شکست رخ میدهد. مقاومت فشاری نمونه عبارت است از حاصل تقسیم نیرویی که سبب شکست شده به سطح مقطع نمونه (در قالب مکعبی سطح مقطع مربعی به ضلع ۱۵ و یا ۲۰ سانتیمتر است و در قالب استوانه ای دایره ای به قطر ۱۵ سانتیمتر). اگر نمونه گیری بر اساس قالب مکعبی انجام شده باشد مقاومت حاصله را مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه مکعبی نامند و آن را با f'_{cu} نشان می دهند و اگر بر اساس قالب استوانه ای باشد مقاومت بدست آمده را مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه استوانه ای نامند و آن را با f'_{cy} و یا به اختصار f'_c نشان می دهند. قابل ذکر است که مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه مکعبی و استوانه ای با هم متفاوت بوده بطوریکه مقاومت نمونه استوانه ای حدود ۷۲٪ تا ۸۰٪ نمونه مکعبی (بسته به ابعاد نمونه مکعبی) می باشد.

$$(f'_c = 0.72\, f'_{cu\ 15x15})\ (f'_c = 0.8\, f'_{cu\ 20x20})$$

در سنجش مقاومت فشاری بتن بعضی آیین نامه ها از نمونه مکعبی (مثل آیین نامه انگلستان BS، و آیین نامه بتن اروپا CEB) و برخی آیین نامه ها از مقاومت فشاری نمونه استوانه ای (مثل آیین نامه آمریکا ACI) استفاده می کنند. اما این تفاوت مشکلی را بوجود نمی آورد چراکه ضرایب مربوطه در آیین نامه های مختلف لحاظ شده است. در ایران محاسبات بتن آرمه اکثرا بر اساس آیین نامه های آمریکایی و مقاومت بتن بر اساس

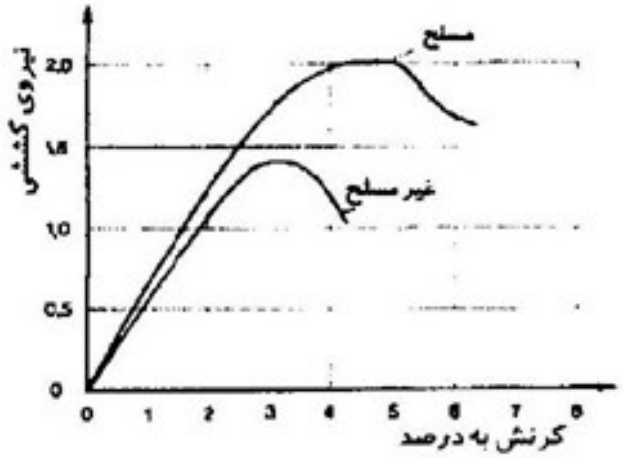
نمونه استوانه ای ملاک عمل می باشد. اما در نمونه گیری های کارگاهی اکثرا از نمونه های مکعبی استفاده می شود برای همین باید مقاومت فشاری مکعبی را به استوانه ای تبدیل کرد.

۲- مقاومت کششی بتن

از دیگر خواص مهم بتن مقاومت آن در کشش می باشد. مقاومت کششی بتن از دو طریق آزمایش و محاسبه می شود: در روش اول نمونه تحت کشش مستقیم قرار میگیرد و مقاومت کششی نمونه تحت کشش مستقیم به دست می آید (f_{ct}) و در روش دوم مقاومت کششی تحت کشش ناشی از خمش به دست می آید (f_r). بصورت تجربی مقاومت کششی بتن تحت کشش مستقیم حدود ۱۰ الی ۱۵ درصد مقاومت فشاری آن می باشد. آیین نامه بتن روابط محاسباتی مربوطه را بطور کامل ارائه کرده است.

بتن مسلح (بتن آرمه)

همانطور که گفته شد ضعف بتن در مقاومت کششی آن است که باعث می شود نتوان از آن در اعضایی که تحت تاثیر کشش و یا خمش می باشند استفاده شود. در نیمه دوم قرن نوزدهم میلادی، برای غلبه به این ضعف بتن، قسمتهایی را که تحت کشش قرار می گرفتند توسط میلگردهای فولادی مسلح کردند. چسبندگی عالی بتن به میلگردها باعث شد که این دو ماده مختلف با هم یکپارچه شده و ترکیب حاصل که بتن مسلح خوانده می شود اغلب مزایای خوب دو ماده مختلف را به تنهایی داراست.

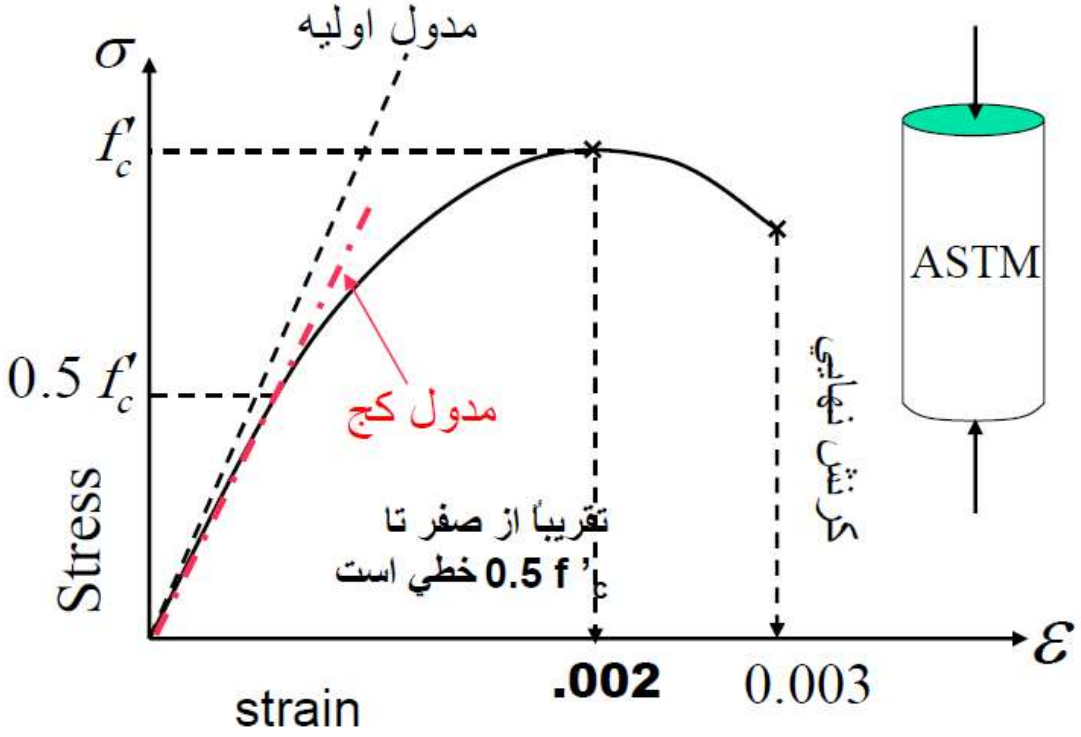


مدول الاستیسیته یا مدول یانگ E_c

مدول الاستیسیته توسط قانون هوک بیان می شود:

$$\sigma = E\,\varepsilon$$

در حقیقت شیب رابطه خطی بین تنش و کرنش به عنوان مدول الاستیسیته تعریف می شود. برخلاف فولاد مدول الاستیسیته بتن ثابت نیست و بستگی به مقاومت فشاری بتن f'c دارد. البته مدول الاستیسیته بتن بستگی ضعیفی به عمر بتن، مشخصات مواد دانه ای و سیمان، سرعت بارگذاری نمونه و نوع و ابعاد نمونه نیز دارد. با توجه به شکل زیر معمولا شیب در ناحیه $0.5f'_c$ به عنوان مدول الاستیسیته در نظر گرفته می شود.



مبحث نهم مقررات ملی ساختمان (طرح و اجرای ساختمانهای بتن آرمه-سال۹۲):

۹-۱۳-۷-۱ مقادیر مدول الاستیسیته بتن با جرم مخصوص (γ_c) بین ۱۵ تا ۲۵ kN/m^3، از رابطه (۹-۱۳-۱) تعیین می‌گردد:

$$E_c = (۳۳۰۰\sqrt{f_c} + ۶۹۰۰)(\frac{\gamma_c}{۲۳})^{۱/۵} \qquad (۹-۱۳-۱)$$

۹-۱۳-۷-۲ در تحلیل خطی مقدار $E_S = ۲\times۱۰^۵$ مگاپاسکال منظور می‌شود.

در صورتیکه بخواهیم مقدار مدول الاستیسیته را محاسبه کنیم، با فرضیات زیر داریم

$$E_c = (3300 * \sqrt{25} + 6900) * \left(\frac{24}{23}\right)^{1.5} = 24942.5\ MPa \quad or \quad 249425\ kg/cm^2$$

در برخی کتابها و مراجع برای بدست آوردن مدول الاستیسیته روابط زیر معرفی می گردد:

$E_c = 5000\sqrt{f_c}$ or $E_c = 4700\sqrt{f_c}$

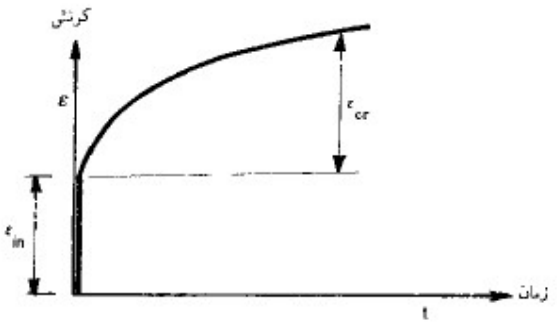
در حقیقت با کمی تقریب عدد $2.5*10^4$ MPa یا $2.5*10^5$ kg/cm^2 عدد قابل قبولی بر اساس کلیه روابط فوق با فرض f'_c=25MPa می باشد.

خزش و جمع شدگی بتن

خزش و جمع شدگی بتن تغییر شکلهای وابسته به زمان هستند. بتن فقط در مقابل بارهای کوتاه مدت رفتار الاستیک (خطی) دارد و بدلیل تغییر شکل های اضافی در طول زمان رفتار اصلی آن بصورت غیرالاستیک ارزیابی می شود. بنابراین با اینکه پیش بینی تغییر شکلهای دراز مدت یک سازه بتن مسلح مشکل می باشد اما کنترل کردن آن لازم می باشد. اگرچه خزش پدیده ای جدا از جمع شدگی می باشد اما همیشه با هم مورد مطالعه قرار می گیرند.

خزش

تغییر طول یا تغییر شکل، در طول زمان، تحت تنش ثابت را خزش گویند. اگر نمونه ای تحت تنش قرار گیرد در همان لحظات اول تغییر طولی خواهد داشت که به آن تغییر طول الاستیک یا آنی گفته می شود. اگر همین قطعه تحت تنش ثابت نگهداری شود با گذشت زمان تغییر طول اضافه تری نسبت به تغییر طول اولیه خواهد داشت که به آن کرنش یا تغییر طول ناشی از خزش می گویند. کرنش ناشی از خزش معمولا ۲ تا ۳ برابر کرنش اولیه است.



ε_{in} = تغییر طول الاستیک (کرنش اولیه)

ε_{cr} = تغییر طول (کرنش) ناشی از خزش

عوامل موثر بر خزش عبارتند از:

- مقاومت فشاری بتن: هر چه مقاومت فشاری بتن بیشتر باشد خزش بیشتر است.
- تنش وارد بر بتن: هر چه تنش وارد بر بتن بیشتر باشد خزش بیشتر است.
- رطوبت محیط: هر چه رطوبت محیط بیشتر باشد، خزش کمتر است.
- عمر بتن: هر چه عمر بتن بیشتر باشد خزش آن کمتر است.

جمع شدگی یا افت بتن

افت بتن در حقیقت نوعی کاهش حجم بتن است که از لحظات شروع گیرش بتن آغاز و در طول زمان سخت شدن آن نیز ادامه می یابد. افت بتن در اثر آب اضافی بکار رفته در ساخت بتن می باشد و به نیروی خارجی وارده بستگی ندارد. قبلا گفته شد که آب مورد نیاز جهت انجام واکنش شیمیایی سیمان ۲۵٪ وزنی سیمان است. یعنی اگر نسبت آب به سیمان را برابر ۲۵٪ در نظر بگیریم تمام این آب صرف واکنش شیمیایی می شود. اما بدلیل کارآیی مطلوب در بتن، نسبت W/C را بین 0.4 تا 0.6 در نظر میگیریم. بنابراین مازاد بر 0.25 در بتن باقی می ماند. در روزهای اول عمر بتن بخشی از این آب بالا آمده و تبخیر می شود، بدین ترتیب جای آن خالی می ماند. به همین لحاظ بتن تمایل پیدا می کند که خودش را جمع کرده و حجم از دست رفته را پر کند. تا زمانی که بتن تازه باشد مشکلی جهت جمع شدن بوجود نمی آید اما وقتی بتن تا حدی سفت می شود دیگر محیط (کف، دیواره و ...) به آن اجازه کاهش حجم را نمی دهند لذا این تمایل به کاهش حجم به شکل تنش کششی در بتن ظاهر می شود و از آنجا که مقاومت کششی بتن ناچیز است این پدیده موجب ترک خوردگی سطحی بتن می گردد.

خستگی در بتن

خستگی یعنی در قطعه ای بتنی که تحت بارهای متناوب قرار گرفته شکست اتفاق بیافتد بطوریکه هر یک از این بارها از مقاومت قطعه کمتر باشد.

پایایی بتن

مقاومت بتن در برابر عوامل جوی، حملات شیمیایی، سایش و فرسایش، و فرآیندهای تخریبی دیگر را پایایی گویند. بتن پایا در شرایط محیطی مورد نظر، شکل اولیه و کیفیت خود را به نحو مطلوبی حفظ می کند.

انواع بتن

بتن را از نظر وزن مخصوص به سه دسته کلی تقسیم می کنند:

- بتن معمولی
- بتن سبک
- بتن سنگین

بتن معمولی: بتن هایی که بصورت عادی با سیمانهای معمولی تیپ I تا V ساخته می شوند، دارای وزن مخصوص برابر با ۲۲۰۰ تا ۲۵۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب می باشند (معمولا $2400\ kg/m^3$).

بتن سبک: بتن سبک بتنی است که به طریق معمولی ساخته می شود ولی وزن مخصوص آنها بطور قابل ملاحظه ای کمتر از وزن مخصوص بتن های معمولی می باشد. این بتن بیشتر برای نماسازی، دیوارهای جداکننده، سقف کاذب و کلا جاهایی که مقاومت مطرح نباشد بکار می رود. در ساخت بتن سبک از روش های گوناگوی استفاده می شود مانند:

- ❖ بتن ساخته شده با مواد پر کننده سبک یا بتن دانه سبک
- ❖ بتن حباب دار
- ❖ بتن بدون ریزدانه

بتن سنگین: وزن مخصوص این بتن از بتن معمولی بیشتر بوده و در شرایط معمولی از آن استفاده نمی گردد. در ساخت یک نوع از این بتن به جای شن و ماسه از خرده های فولاد و چدن استفاده می شود و کاربرد چنین بتنی برای جلوگیری از تشعشع اشعه X بوده و یا در سازه هایی که مربوط به تاسیسات اتمی و یا سازه هایی با تشعشعات رادیواکتیو بکار می روند.

سایر انواع بتن عبارتند از:

- بتن پلیمری
- بتن مسلح
- بتن پیش فشرده
- بتن الیافی

جهت مطالعه بیشتر رجوع شود به صفحات ۲۷ و ۲۸ کتاب طراحی ساختمانهای بتنی دکتر گلابچی.

کنکور کارشناسی ارشد سال ۹۶ (گزینه ۴)

۵۳- از کدام ماده، در تهیه مخلوط بتن پلیمری می‌توان استفاده کرد و باعث کدام ویژگی خواهد شد؟

۱) ورمیکولیت، کاهش نفوذ آب

۲) پرلیت، افزایش مقاومت حرارتی

۳) پلی‌پروپیلن، افزایش قدرت جذب انرژی بتن

۴) لاستیک استایرن بوتادین، کاهش نفوذ CO_2

با توجه به توضیحات کتاب، پلیمرهای اضافه شده به بتن سبب کاهش نفوذ آب و CO_2 به درون بتن سخت شده می شوند. از طرفی نام این پلیمر بطور مشخص در متن توضیحات آمده است.

کنکور کارشناسی ارشد سال ۹۶ (گزینه ۴)

۳۶- استفاده از خاکستر بادی در ترکیب بتن، باعث ایجاد کدام ویژگی می‌شود؟

۱) افزایش نفوذپذیری
۲) افزایش مصرف سیمان
۳) کاهش پایداری زیست‌محیطی
۴) کاهش سرعت کسب مقاومت اولیه

نکته: خاکستر بادی نوعی پوزولان می باشد و به عنوان افزودنی بتن باعث می شود درگیرتر شدن بتن شده در نتیجه بتن دیرتر به مقاومت اولیه خود برسد. همچنین بتن حاوی خاکستر بادی در برابر حمله سولفاتها و نیز حمله اسیدی مقاومت بیشتری دارد.

مسائل اجرایی هنگام بتن ریزی

ساخت بتن

ساخت بتن باید بصورتی انجام گیرد که کلیه دانه ها و سیمان بطور یکنواخت با هم مخلوط شوند. باید حتما اطمینان حاصل شود که توزیع دانه ها در همه قسمتهای بتن به یک صورت است. این اطمینان اکثرا با چشم و با تجربه و بررسی در جا امکان پذیر است.

انتقال بتن

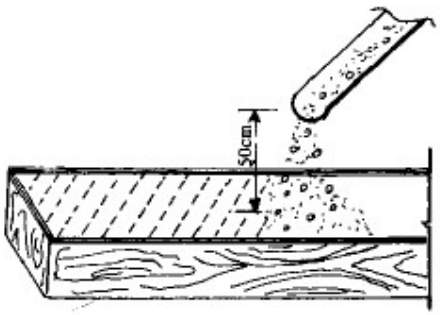
حمل بتن باید بصورتی انجام گیرد که جدا شدن دانه ها اتفاق نیفتد. همچنین آب بتن نیز از دست نرود.

حمل بتن به روشهای مختلفی صورت می گیرد:

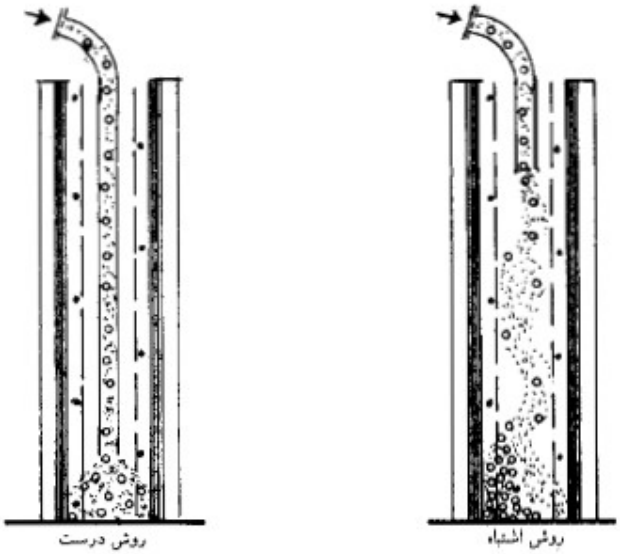
۱. حمل دستی: فقط برای کارهای کوچک کاربرد دارد.
۲. حمل با کمپرسی: بتنی که با کمپرسی حمل می شود حداکثر ۴۵ دقیقه می تواند درکمپرسی بماند. مشکل عمده این روش پدیده جدا شدن دانه هاست. این روش برای مسیرهای صاف و هموار و کوتاه یا متوسط پیشنهاد می شود.
۳. حمل با میکسر: توصیه شده حمل با میکسرهای دواری که بر پشت کامیون نصب شده اند بیشتر از یک ساعت و نیم طول نکشد.

ریختن بتن

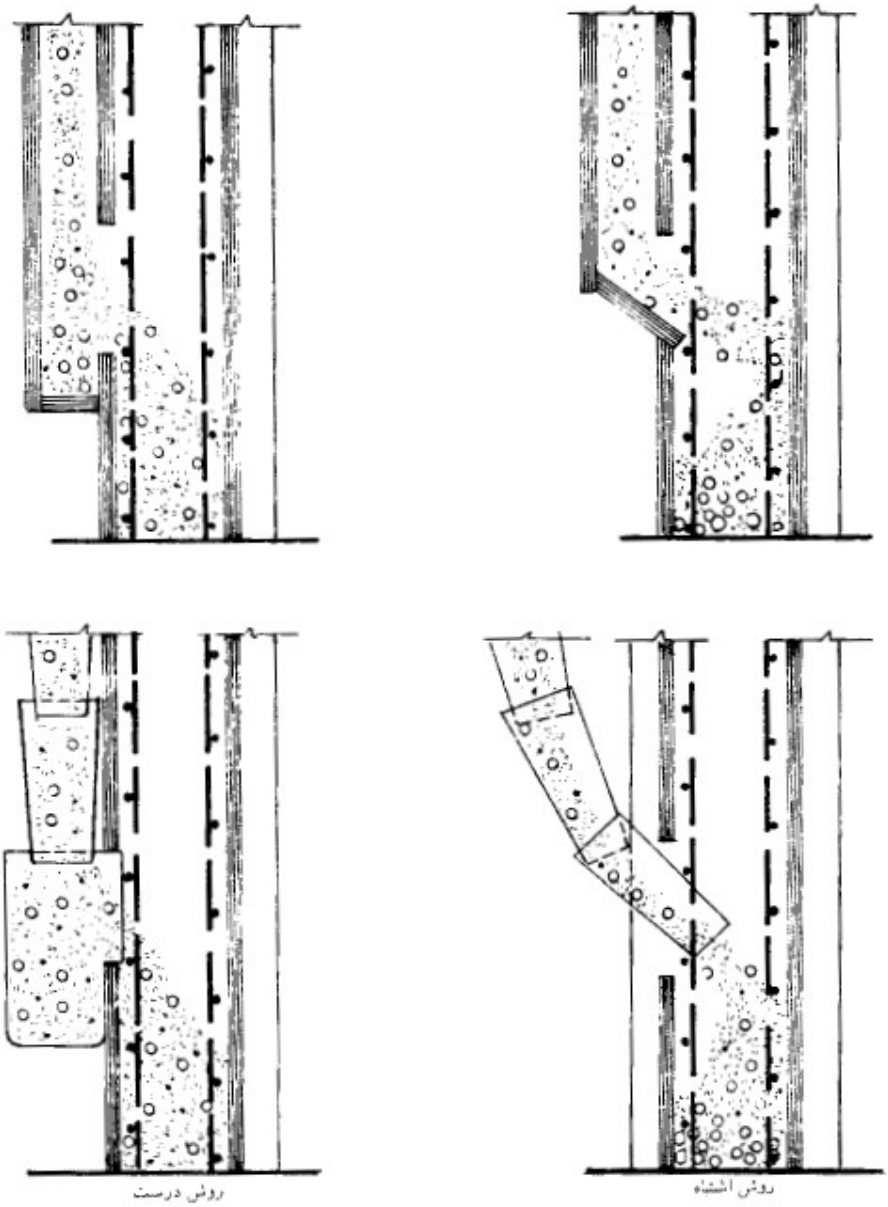
مرحله بعد از حمل، ریختن و جای دادن بتن در قالب است. مهمترین مساله هنگام ریختن بتن امکان جدا شدن دانه هاست. توصیه می شود فاصله قرارگیری بتن از محلی که بتن سرازیر می شود حتی المقدور کم بوده و از ۵۰ سانتیمتر تجاوز نکند.



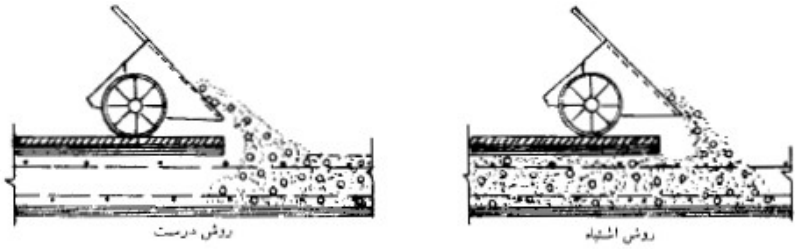
ممکن است بتن ریزی توسط دستگاه پمپ صورت گیرد. از مشکلات پمپ در ریختن بتن آن است که اجبارا باید نسبت آب به سیمان را برای حصول روانی لازم به میزان قابل توجهی افزایش داد. استفاده از پمپ بیشتر در مواردی توصیه می شود که بتن ریزی در ارتفاع بوده و از طرفی مشکل ریختن بتن نیز وجود داشته باشد. برای بتن ریزی در ستونها بوسیله پمپ باید دقت کرد که با عبور دادن لوله پمپ از قالب، ارتفاع مجاز بتن ریزی تنظیم شود.



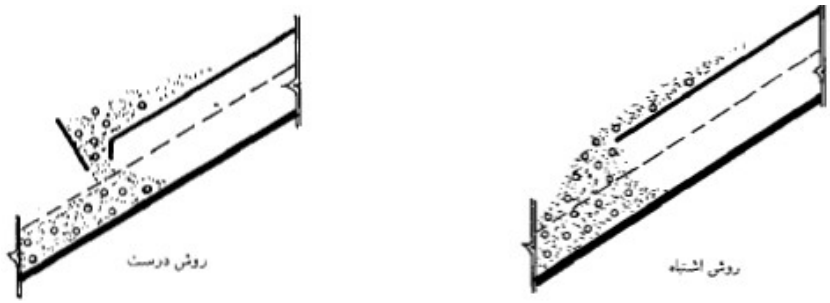
در بتن ریزی هایی نظیر بتن ریزی ستون که امکان عبور دادن لوله پمپ از قالب و تنظیم ارتفاع مناسب بتن ریزی میسر نباشد بهتر است که در قالب و در فواصل مناسب (مثلا ۱متر به ۱ متر) روزنه هایی را تعبیه نمود و بتن ریزی را از این روزنه ها انجام داد. در چنین مواقعی می توان از قیف جهت بتن ریزی استفاده کرد.



در مورد بتن ریزی در کفها باید توجه کرد که بتن را نباید بصورت توده بزرگی خالی کرد و سپس با حرکت افقی آن را جابجا کرده و قالب را پر کرد زیرا سبب جدایی دانه ها می شود. همچنین بتن ریزی باید بگونه ای انجام شود که بتن ریخته شده تحت وسیله تخلیه بتن قرار نگیرد زیرا سبب آب انداختن بتن می شود.



بتن ریزی روی سطح شیبدار باید از پایین به طرف بالا انجام شود تا وزن بتن بالا به تراکم بتن پایین کمک کند.



مراقبت از بتن

به عمل آوردن یا مراقبت از بتن، مراقبتی است که سازنده بتن باید در طول ۷ الی ۱۰ روز اول از بتن به عمل آورد. در مراقبت از بتن باید به دو مساله توجه کافی گردد:

- رطوبت کافی و مناسب
- دمای خوب و کافی

کنترل دما در هوای معمولی چندان ضرورتی ندارد ولی در هوای بسیار گرم و یا در هوای سردتر از ۴ درجه سانتیگراد باید تدابیر ویژه ای اتخاذ گردد.

روشهای مراقبت از بتن

مراقبت از بتن را به روش های مختلفی می توان انجام داد:

۱. روش ایجاد برکه: در طول دوره مراقبت همواره یک لایه آب به ضخامت حداقل ۵ الی ۱۰ سانتیمتر روی بتن می ماند. استفاده از این روش فقط برای سطوح تخت و صاف مناسب است. واضح است که این روش برای جاهایی مناسب است که امکان یخ زدگی وجود نداشته باشد.

۲. روش آب پاشی یا ایجاد مه: یعنی آب بصورت ریز شده و پودر شده روی بتن پاشیده شود. این روش برای جاهایی مناسب است که دمای هوا نسبتا بالا باشد.
۳. روش استفاده از پوشش های خیس: پوشش هایی نظیر گونی، کرباس و موکت اگر بصورت خیس شده روی بتن قرار گیرند در مراقبت از سطوح بتنی بسیار مفید خواهند بود. مزیت این پوشش ها این است که اولا از تابش مستقیم آفتاب بر سطح بتن جلوگیری می کنند، ثانیا این پوشش ها مقداری از آب را در خود ذخیره می کنند که مدت زمان زیادی طول می کشد تا این آب تبخیر شود. البته بسته به میزان حرارت و نوع و ضخامت پوشش باید هر چند ساعت یا هر چند روز آنها را خیس کرد.
۴. استفاده از پوشش های نایلونی: روش مناسبی برای جلوگیری از تبخیر آب محسوب می شود اما اشکال آن در این است که این پوشش ها آسیب پذیر بوده و قابل ترمیم نیز نمی باشند.
۵. استفاده از مواد محافظ: موادی هستند از جنس موم یا چربی که توسط دستگاه رنگ پاش روی سطح بتن پاشیده می شوند. در کارهای بزرگ و عادی استفاده از این روش مقرون به صرفه نمی باشد.
۶. قالبهای در جا نگه داشته شده: این قالبها می توانند از نقطه نظر مراقبت وسیله خوبی باشند. قالبهای فلزی آب بتن را محبوس کرده و مانع تبخیر آب بتن می شوند. بنابراین تا زمانی که قالب دور ستون است نباید نگران مراقبت از آن بود فقط قسمتهای باز بتن مانند سر ستون باید با گونی خیس یا آب پاشی مراقبت شود. در مورد قالبهای چوبی، چون تا حدی آب بتن را جذب کرده و آن را عبور می دهند، باید مراقبت ویژه ای در نظر گرفته شود به این صورت که سطح قالب باید آب پاشی و خیس گردد.
۷. روش استفاده از جریان بخار آب: در این روش جریانی از بخار آب را مرتبا از روی قطعه بتنی عبور می دهند تا واکنش ها تسریع شده و طول دوره مراقبت کاهش یابد.

بتن ریزی در شرایط خاص محیطی

بتن ریزی در هوای گرم

هرگاه دمای محیط بیشتر از ۳۰ درجه و رطوبت نسبی کمتر از ۷۰٪ باشد، شرایط هوای گرم صادق است و نیاز به اجرای تدابیر خاصی می باشد، چراکه شرایط هوای گرم باعث کاهش کارایی و زمان گیرش ونیز مقاومت فشاری و دوام بتن می گردد. اگر در طول شبانه روز شرایطی فراهم می شود که هوا گرم محسوب نمی شود یا از شدت گرمای هوا کاسته می شود توصیه می شود در آن زمان اقدام به بتن ریزی گردد.

در چنین شرایط محیطی، برای کاهش دمای مخلوط بتن قبل از ساخت، اجرای تمهیدات زیر ضروری است:

- استفاده از سیمان پرتلند با حرارت زایی کم (سیمان نوع IV که کندگیر می باشد)
- جایگزین کردن بخشی از سیمان با مواد افزودنی معدنی
- رنگ آمیزی سفید یا عایق بندی سیلوهای سیمان و سنگدانه ها و مخازن آب

- نگهداری کیسه های سیمان در انبارهای سرپوشیده
- کاهش دمای ابزارها و تجهیزات با پاشیدن آب سرد بر آنها
- در مواردی نیز برای کاهش دمای بتن می توان از آب پاشی بر روی سنگدانه ها استفاده کرد

بتن ریزی در هوای سرد

هنگامیکه برای سه روز متوالی متوسط دمای هوای شبانه روز کمتر از ۵ درجه باشد باید موارد زیر مطابق مبحث نهم مقررات ملی ساختمان در طرح بتن در نظر گرفته شود:

الف) نسبت آب به سیمان باید با توجه به روند کسب مقاومت بتن در دمای محیط انتخاب گردد. نسبت آب به سیمان نباید از ۵۰ درصد بیشتر باشد بنابراین لازم است قبل از شروع بتن‌ریزی 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 کارآیی لازم می‌توان از مواد افزودنی خمیری‌کننده و روان‌کننده استفاده نمود.

پ) در صورتی که از مواد افزودنی روان‌کننده استفاده نمی‌شود اسلامپ بتن نباید بیش از ۵۰ میلیمتر انتخاب گردد.

مطابق این آیین نامه برای مصالح مصرفی نیز باید موارد زیر را در نظر گرفت:

الف) می‌توان از سیمان زود سخت‌شونده (پرتلند نوع سه) به جای سیمان معمولی برای اطمینان از سرعت بیشتر کسب مقاومت بتن استفاده نمود.

ب) استفاده از سیمان‌های آمیخته، به ویژه سیمان پوزولانی، در بتن‌ریزی در هوای سرد توصیه نمی‌گردد.

پ) می‌توان از آب گرم برای رساندن بتن به دمای مطلوب استفاده نمود، در این حالت باید از تماس مستقیم آب گرم بیش از ۴۰ درجه و سیمان جلوگیری شود و این موضوع در نحوه ریختن مصالح در مخلوط‌کن مراعات گردد.

ت) سنگدانه‌ها در هنگام مصرف نباید آغشته به یخ و برف باشند. معمولا ماسه از شن مرطوب‌تر و احتمال وجود یخ در آن بیشتر است بنابراین اغلب گرم کردن ماسه ضرورت پیدا می‌کند.

کنکور ارشد معماری سال ۹۰ (گزینه ۲)

۵۸- بخش «Batching Plant» در کارخانه‌ی ساخت بتن چه وظیفه‌ای بر عهده دارد؟
۱) تفکیک و درجه‌بندی دانه‌های سنگی
۲) اختلاط مواد تشکیل دهنده‌ی بتن
۳) آزمایش مقاومت فشاری بتن
۴) شست‌وشوی شن پیش از اختلاط

فصل دوم

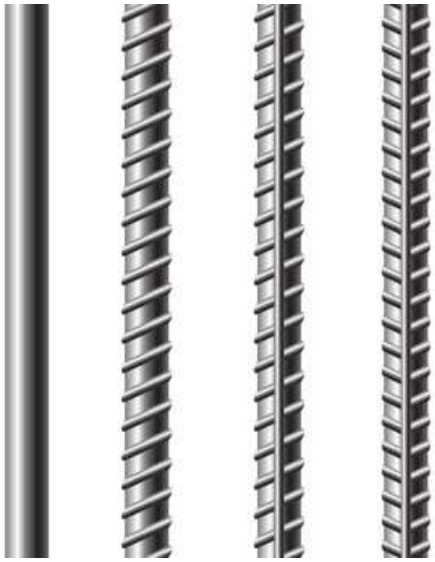
طراحی سازه های بتن مسلح (بتن آرمه)

مقدمه

همانطور که گفته شد ضعف بتن در کشش است. بنابراین برای بهبود مقاومت کششی بتن آن را توسط فولاد مسلح می کنند. فولادی که به این منظور در بتن بکار می رود معمولا به شکل میلگرد، مفتول، کابل و یا شبکه توری مانند جوش شده از مفتول می باشد.

میلگرد

غالبا فولاد مورد استفاده در کارهای ساختمانی میلگرد است. میلگردها به دو شکل ساده و آجدار می باشند. به دلیل چسبندگی بهتر میلگردهای آجدار با بتن، امروزه بسیاری از آیین نامه های بتن (مخصوصا ACI) فقط استفاده از میلگردهای آجدار را مجاز می دانند. شکل زیر نمونه ای از میلگردهای ساده و آجدار را نشان می دهد.



میلگردها در قطرهای ۶ الی ۳۲ میلیمتر تولید می شوند و برای قطرهای بزرگتر باید از سفارش مخصوص به کارخانه سازنده استفاده کرد. طول یک شاخه میلگرد معمولا ۱۲ متر می باشد. برای طولهای بیشتر معمولا میلگردها را به هم وصله می کنند. در جدول زیر سطح مقطع و وزن میلگردها با قطرهای مختلف آمده است.

قطر mm	سطح مقطع Cm^2	وزن واحد طول Kg/m
6	0.283	0.222
8	0.503	0.395
10	0.785	0.617
12	1.13	0.888
14	1.54	1.21
16	2.01	1.58
18	2.55	2
20	3.14	2.47
22	3.80	2.98
25	4.91	3.85
28	6.16	4.83
32	8.04	6.31

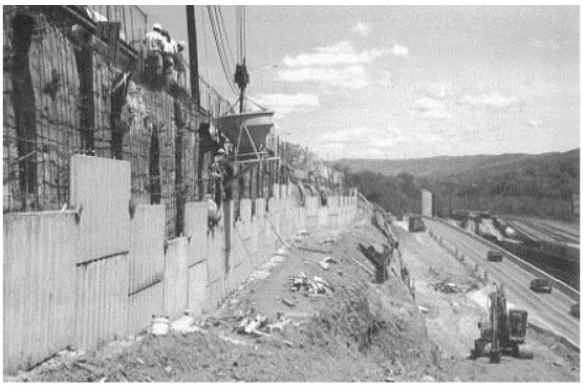
از نظر مشخصات مکانیکی، در ایران سه نوع میلگرد AI ، AII و AIII یافت می شود. هر سه نوع این فولادها از نوع گرم نورد شده هستند که چنین فولادهایی غالبا دارای نقطه تسلیم مشخصی می باشند. میلگرد AI از نوع میلگرد صاف (ساده) بوده و میلگردهای AII و AIII از نوع آجدار می باشند. مشخصات مکانیکی این سه میلگرد در جدول زیر آمده است:

نوع فولاد	تنش تسلیم (f_y) Kg/cm^2	تنش نهایی (f_u) Kg/cm^2
AI	2300	3800
AII	3000	5000
AIII	4000	6000

نکته: ضریب الاستیسیته فولادهای بتن مسلح طبق آیین نامه ACI برابر با $2x10^6\ kg/cm^2$ در نظر گرفته می شود.

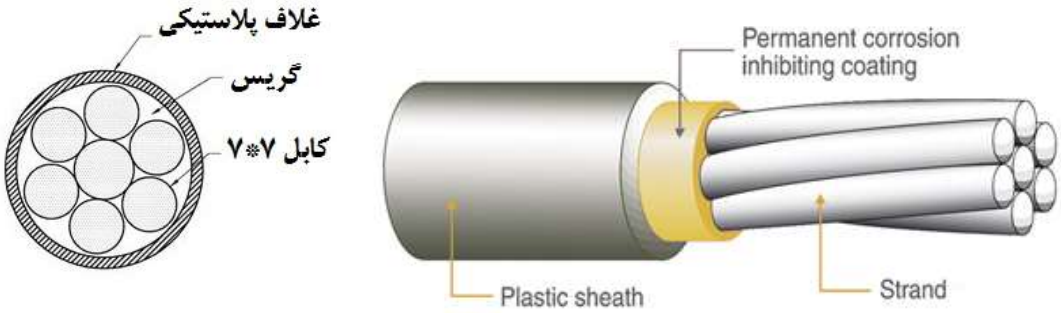
شبکه های جوش شده از مفتول

این شبکه ها از دو سری مفتول عمود بر هم تشکیل می گردد که توسط جوش به یکدیگر متصل شده اند. شبکه ها در دالها، دیوارها، دیواره تونلها، عملیات نیلینگ و پوسته های نازکی که امکان عملیات آرماتور بندی با میلگرد نیست مورد استفاده قرار می گیرند و سرعت بسیار زیادی در اجرای عملیات آرماتوربندی بوجود می آورند.



مفتولها و کابلها

مفتولها بصورت تک در کارهای ساختمانی و یا به حالت گروهی که کابل نامیده می شوند در کارهای بتن پیش تنیده و پس تنیده مورد استفاده قرار می گیرند. معمولترین کابلها، کابل ۷ مفتولی می باشد که در آن یک مفتول مرکزی توسط ۶ مفتول محیطی بصورت مارپیچ درگیر شده است.



هدف از طراحی سازه

بطور کلی هدف از طراحی یک سازه تامین ایمنی در مقابل فروریختگی و تضمین عملکرد مناسب در زمان بهره برداری می باشد. یا به عبارت دیگر سازه باید در برابر خرابی ایمن و همچنین در هنگام استفاده خدمت پذیر باشد. خدمت پذیری یک سازه به این معناست که تغییر شکلهای آن از مقادیر معینی تجاوز نکند، عرض ترکها از مقدار مجاز بیشتر نباشد، لرزش ساختمان در حداقل نگه داشته شود و ... . ایمنی به این معناست که مقاومت سازه در مقابل تمام بارهایی که احتمال وقوع آنها بر سازه می رود، کافی باشد. اگر مقاومت یک سازه و بارهای وارد بر آن و نیز اثرات داخلی آنها بطور دقیق قابل پیش بینی بود، با فراهم کردن ظرفیت باربری

سازه به مقدار جزئی بیش از بارهای وارده، می توانستیم از ایمنی سازه مطمئن باشیم. اما معمولا در تحلیل، طراحی و اجرای سازه ها معمولا تعداد زیادی عوامل غیرقطعی وجود دارد. مانند:

- بارهای واقعی ممکن است با بارهای مفروض طراحی متفاوت باشند.
- توزیع واقعی بار ممکن است با توزیع مفروض طراحی متفاوت باشد.
- رفتار واقعی سازه ممکن است با رفتار تئوریک آن تفاوت داشته باشد.
- مقاومت واقعی مصالح بکار رفته در ساخت ممکن است با مقادیر فرض شده در طراحی متفاوت باشد.
- ابعاد واقعی اعضای ساخته شده و نیز محل قرارگیری میلگردها ممکن است با موارد مفروض در طراحی تفاوت داشته باشد.

بعلاوه در بخش ایمنی سازه باید به نوع و اهمیت خرابی و تاثیر آن در بهره برداری از ساختمان نیز توجه نمود. به عنوان مثال بوجود آمدن یک ترک حرارتی در یک دیوار حائل ممکن است صدمه ای به خدمت پذیری آن سازه نداشته باشد در حالیکه همین ترک در جداره یک مخزن آب ممکن است آن مخزن را کلا بلا استفاده سازد. با توجه به مطالب گفته شده در می یابیم که انتخاب یک حاشیه اطمینان (ضریب اطمینان) مناسب که توازن را بین ایمنی و اقتصاد سازه برقرار سازد، بسیار حائز اهمیت می باشد.

با در نظر گرفتن اینکه مقاومت یک عضو در درجه اول به مقاومت مصالحی بستگی دارد که از آن ساخته می شود، به همین منظور در روش های طراحی باید مقاومت مصالح با حاشیه ایمنی منطقی تعریف گردد. مقاومت واقعی مصالح بطور دقیق قابل تعیین نیست، بعلاوه مقاومت یک سازه بستگی به دقتی دارد که در هنگام ساخت بکار می رود که این مطلب نیازمند دقت در نظارت بر اجرا می باشد. از مسائل اجرایی که می تواند در مقاومت سازه تاثیر بگذارد می توان اختلاف در ابعاد ساخته شده با ابعاد نقشه، عدم قرارگیری صحیح میلگردها در جای خود و عدم دقت در متراکم کردن بتن را نام برد.

بارهای وارده

بارهایی که بر یک سازه وارد می شوند در یک دسته بندی کلی به سه گروه تقسیم می گردند:

۱- **بار مرده:** این بارها که از نظر مقدار و محل تاثیر در طول عمر سازه ثابت هستند در حقیقت ناشی از وزن اجزای سازه می باشند. مانند وزن کفها، تیر و ستون ها، دیوارها، وزن تاسیسات ثابت ساختمانها، بام، راه پله و ... . در محاسبه بار مرده باید وزن واقعی مصالح مصرفی و اجزای ساختمان مورد استفاده قرار گیرد. به این منظور می توان از پیوست ۱-۶ مبحث ششم مقررات ملی ساختمان که جرم مخصوص مواد و جرم واحد حجم مصالح و اجزای ساختمان استفاده کرد.

۲- **بار زنده:** بارهای زنده بارهایی هستند که مقدار و محل تاثیر آنها می تواند متغیر باشد. در حقیقت بارهای زنده بارهایی غیردائمی ثقلی بوده که در حین استفاده و یا بهره برداری از ساختمان به آن

وارد می شوند. بارهایی که بوسیله اشیاء یا اشخاص در ساختمان ایجاد می شوند بار زنده محسوب می شوند. این بارها بسته به کاربری محل متفاوت بوده و از روی جدول ۱-۵-۶ مبحث ششم مقررات ملی ساختمان تعیین می شوند.

۳- **بارهای ناشی از طبیعت:** این بارها ناشی از عوامل طبیعی همچون زلزله، باد، برف، فشار خاک، سیل، باران و درجه حرارت می باشند. این بارها وابسته به زمان بوده و بر اساس نوع منطقه ساخت متفاوت می باشند.

مبانی طراحی سازه های بتن آرمه

در محاسبات سازه های بتن آرمه بکارگیری حاشیه اطمینان در قالب روشهای متفاوتی از جمله روش تنش مجاز، روش مقاومت نهایی، و روش حالت حدی صورت میگیرد.

روش تنش مجاز

روش تنش مجاز اولین روشی است که بصورت مدون برای طراحی سازه های بتن آرمه بکار گرفته شد. در این روش ابتدا بارهای وارد بر سازه (مرده، زنده، برف، باد، زلزله و ...) با استفاده از مبحث ششم مقررات ملی تعیین شده سپس سازه با استفاده از روش تئوری الاستیک آنالیز می گردد و مقطع با فرض برابری تنش های موجود و تنش های مجاز طراحی می گردد. مطابق آیین نامه ACI مقدار تنش های مجاز برای بتن و فولاد به شرح زیر است:

تنش مجاز فشاری ناشی از خمش $f_c=0.45f'_c$

نکته: منظور از f'_c مقاومت مشخصه نمونه استوانه ای استاندارد می باشد.

$$\text{تنش کششی مجاز در میلگرد} \begin{cases} 1400 \quad kg/cm^2 \quad if \quad F_y \le 3500 \quad kg/cm^2 \\ 1680 \quad kg/cm^2 \quad if \quad F_y \ge 4000 \quad kg/cm^2 \end{cases}$$

روش تنش مجاز با توجه به سهولت و سادگی آن تا سالها مورد توجه طراحان سازه بود اما نقاط ضعف این روش باعث شد این روش دیگر مورد استفاده قرار نگیرد. این نقاط ضعف شامل موارد زیر می شود:

- در روش تنش مجاز ایمنی تنها به کمک یک ضریب (ضریب اطمینان) و تنها در یک مرحله منظور می شود. اما همانطوریکه پیش از این گفته شد عواملی که لزوم تامین حاشیه ایمنی را ایجاب می کنند دارای ریشه ها و شدت های متفاوت هستند. بنابر این در نظر گرفتن همه آنها به کمک تنها یک ضریب امری منطقی به نظر نمی رسد.

- بتن ماده ای است که تا نصف تنش فشاری آن، رفتار تنش بصورت خطی است، بنابراین با بکار بردن درصدی از مقاومت فشاری بتن در محاسبات نمی توان اطلاعی از ضریب اطمینان کلی سازه در مقابل فروریختگی به دست آورد.
- این روش اقتصادی نبوده و برای طراحی ستونهای لاغر نیز مناسب نمی باشد.

روش مقاومت نهایی

این روش حاصل مطالعات گسترده روی رفتار غیرخطی بتن و تحلیل عمیق مساله ایمنی در سازه های بتن آرمه می باشد. در این روش بار بهره برداری بوسیله ضریبی موسوم به ضریب بار افزایش داده می شود که بار حاصله را اصطلاحا بار ضریبدار گوییم. سپس بار ضریبدار بر سازه اعمال شده و سازه به کمک روش های خطی آنالیز می گردد. سپس نیروهای داخلی مقاطع محاسبه می گردد که به این نیرو اصطلاحا مقاومت لازم گفته می شود. سپس مقاومت طراحی مقطع با ضرب مقاومت اسمی در ضریب کاهش مقاومت بدست می آید.

$$\text{مقاومت طراحی} = \phi.(V_n, M_n, P_n)$$

P_n, V_n, M_n: حداکثر مقاومت خمشی، برشی و محوری که مقطع قبل از گسیختگی دارا می باشد(مقاومت اسمی).

توضیح: مقاومت اسمی با استفاده از ابعاد مقطع، مقدار فولاد و مشخصات مکانیکی مصالح بدست می آید و ضریب ϕ نیز با توجه به اینکه عضو مورد طراحی تحت چه نیرویی می باشد، انتخاب می گردد. مثلاً برای قطعات خمشی $\phi = 0.9$ و برشی $\phi = 0.85$ ، ستون با تنگ $\phi = 0.7$ و ستون با دور پیچ $\phi = 0.75$ در نظر گرفته می شود.

بار بهره برداری × ضریب بار = بار ضریبدار (U)

$$U = 1.4D + 1.7L$$
$$U = 0.75(1.4D + 1.7L + 1.7W)$$
$$U = .9D + 1.3W$$
$$U = 0.75(1.4D + 1.7L + 1.87E)$$
$$U = 0.9D + 1.43E$$
$$U = (1.4D + 1.7L + 1.7H)$$
$$U = 0.9D + 1.7H$$

D: بار مرده
L: بار زنده
E: بار زلزله
W: بار باد
H: بار فشار خاک

اما از جمله معایب این روش، در نظر گرفتن یکسان ضریب کاهش مقاومت برای فولاد و بتن است. چون کاهش مقاومت فولاد و بتن در اصل یکسان نمی باشد.

روش حالت حدی

بمنظور تکامل روش مقاومت نهایی، مخصوصا از نظر نحوه اعمال ضرایب ایمنی، روش طراحی بر مبنای حالت حدی ابداع شد. این روش که روش طراحی مبنا در آیین نامه بتن ایران می باشد از نظر اصول محاسبات مقاومت، مشابه روش طراحی مقاومت نهایی است و تفاوت عمده آن با این روش در نحوه ارزیابی ظرفیت باربری و ایمنی اعضا می باشد. حالت حدی حالتی است که عضو تا رسیدن به آن وظایف خود را بطور کامل انجام میدهد ولی پس از رسیدن به هر یک از حالتهای حدی، عضو دیگر قادر به انجام وظایف خود نخواهد بود. در طراحی به روش حالت حدی سازه طوری طراحی می شود که با ایمنی مشخصی تحت هیچ یک از شرایط نامساعد بارگذاری به هیچ یک از حالات حدی نرسد. برای طراحی دو حالت مهم حدی نهایی و حدی بهره برداری مورد استفاده می باشد.

حالت حدی نهایی: به حالتی گفته می شود که حداکثر ظرفیت باربری عضو فرا رسیده است و دو حالت عمده آن حالت حدی نهایی گسیختگی و حالت حدی نهایی کمانش می باشد.
حالت حدی بهره برداری: حالتی است که حداکثر معیارهای بهره برداری مانند تغییر شکل، لرزش، ترک، پایایی به حداکثر معیار قابل قبول، رسیده باشد.

طراحی در حالت حدی نهایی

در طراحی حدی نهایی عضو به گونه ای طراحی می شود که حداکثر ظرفیت باربری عضو (مقاومت نهایی) بزرگتر یا مساوی نیروهای داخلی عضو ناشی از بارهای نهایی، باشد. لازم به ذکر است بارهای نهایی و مقاومت نهایی با استفاده از ضرایب ایمنی γ_f و ϕ حاصل می شوند.

ضرایب ایمنی بارها γ_f ، ضرایبی هستند که در بارهای وارده ضرب می شوند و حاصل بار ضریبدار یا بارنهایی گفته می شود. مطابق مبحث نهم مقررات ملی جهت طراحی ساختمانهای بتن آرمه از ترکیب بارهای زیر استفاده می شود:

۱) ۱٫۲۵D+۱٫۵L+۱٫۵(L$_r$ یا S یا R)
۲) D+۱٫۲L+۱٫۲(L$_r$ یا S یا R)+۱٫۲(W یا ۰٫۷E)
۳) ۰٫۸۵D+۱٫۲(W یا ۰٫۷E)
۴) ۱٫۲۵D+۱٫۵L+۱٫۵(L$_r$ یا S یا R) +۱٫۵(H یا ۰٫۸۴F)
۵) ۰٫۸۵D+۱٫۵(H یا ۰٫۸۴F)
۶) D+۱٫۲L+۱٫۲(L$_r$ یا S)+T
۷) ۱٫۲۵D+۱٫۵T

H : بار ناشی از فشار جانبی خاک، فشار آب زیرزمینی و یا فشار مواد انباشته شده
L : بار زنده طبقات به جز بام
L_o: حداقل بار زنده گسترده یکنواخت
L_r: بار زنده بام
R : بار باران
S : بار برف
T : بار خود کرنشی از قبیل اثرات تغییرات دما، نشست پایه‌ها و وارفتگی
W : بار باد
W_i : بار باد وارد بر یخ

ضرایب کاهش ظرفیت مصالح ϕ که به ضرایب تقلیل معروف هستند در مقاومت مشخصه فولاد و بتن ضرب می شوند و آنها را کاهش می دهند. در حقیقت این ضرایب بدلیل عدم اطمینان از کیفیت مصالح، نحوه اجرا، درستی ابعاد و اندازه ها مقاومت را کاهش می دهند.

ضریب کاهش مقاومت بتن $\phi_c = 0.6$

ضریب کاهش مقاومت فولاد $\phi_s = 0.85$

کنترل در حالت حدی بهره برداری

حالت حدی بهره برداری شامل دو حالت حدی تغییر شکل و ترک خوردگی است. در این حالت کنترل می شود که تغییر شکل و عرض ترک ایجاد شده در هر عضو تحت اثر بارهای بهره برداری ، از مقادیر مجاز کوچکتر باشد. برای این کنترل ضرایب بارها γ_f و نیز ضرایب ایمنی مقاومت ϕ برابر واحد در نظر گرفته می شود.