# www.icivil.ir

پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

ارائه کتابها و جزوات رایگان مهندسی عمران

بهترین و برترین مقالات روز عمران

انجمن های تخصصی مهندسی عمران

فروشگاه تخصصی مهندسی عمران

# بسم اللّه الرحمن الرحیم

دانشکده فنی ومهندسی

دانشگاه آزاد اسلامی واحد گچساران


# جزوه تکنولوژی بتن و اجرای سازه های بتنی و فلزی


استاد: مهندس حسین فتحی


فروردین 1392


شماره های تماس

09391411238-09178801238

مهندس حسین فتحی



Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

فهرست درس

مقدمه

فصل اول: بتن

فصل دوم: سیمان

فصل سوم: افزودنی ها

فصل چهارم: سنگدانه ها

فصل پنجم: آب برای مخلوط بتن

فصل ششم: بتن تازه (بتن تر)

فصل هفتم: بتن ریزی و دستگاههای مربوطه

فصل هشتم: خصوصیات بتن سخت شده

فصل نهم: طرح اختلاط بتن

فصل دهم : روشهای مناسب مراقبت از بتن

فصل یازدهم: سازه های بتنی و فولادی  و قالب بندی سازه بتنی

فصل دوازدهم : اسکلت و مصالح فلزی

فصل سیزدهم : اجرای ساختمانهای فلزی

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

## مقدمه:

هدف جزوه مزبور آشنایی دانشجویان گرایش عمران در مقطع کارشناسی و دیگر مراکز آموزش عالی با درس تکنولوژی بتن و اجرای روش سازه های بتنی و فلزی نگاشته شده است. گسیختگی و خرابی تعداد زیادی از سازه های بتنی در زلزله های اخیر ایران، زلزله های ویرانگری مانند طبس، منجیل و رودبار، بیرجند، قائنات، بم ... روشنگر این واقعیت است که مهندسین به اندازه کافی با بتن آشنا نمی باشند. در نتیجه این ناآگاهی در ارتباط صحیح اجزاء بتن برای رسیدن به مخلوط مناسب و همچنین اجرای صحیح کارهای بتنی دقت کافی صورت نمی گیرد. به نظر می رسد که گاهی اثرات آب، هوا، دما و شرایط محیطی به حساب آورده نمی شود و لذا اطمینانی در مورد پایایی و دوام سازه های بتنی به وجود نمی آید. با انتخاب تناسبات مختلفی از مصالح تشکیل دهنده بتن طیف وسیعی از مقاومتهای مختلف بتن به دست می آید. امروزه تولید انواع مختلف سیمان، انواع سنگدانه های خاص، روشهای مختلف نگهداری و عمل آوری بتن باعث کشف خواص گوناگونی از بتن شده است. در کنار خواص مکانیک مصالح مصرفی، مهارت اجرا و نظارت دقیق عامل بسیار مهمی در کسب مقاومت بتن به شمار می آید.

**عواملی که باعث مقبولیت عمومی در استفاده از بتن گردیده است عبارتند از:**

1- شکل خمیری قبل از گیرش (که می تواند به هر شکل دلخواهی درون قالب قرار گیرد)

2- مقاومت خوب در برابر آتش سوزی و عوامل جوی

3- دسترس بودن مصالح آن

4- مقاومت فشاری خوب آن

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

در مقابل مزایای فوق عیب عمده بتن ضعف آن در مقابل کشش می باشد که این ضعف توسط میلگرد (بتن آرمه) برطرف گردیده است.

هم اکنون تولید سالیانه سیمان در کشور به 32 میلیون تن رسیده است (سرانه هر نفر تقریباً 500 کیلوگرم) و در نظر است تا پایان برنامه چهارم اقتصادی این میزان تولید به 80 میلیون تن برسد (سرانه هر نفر تقریباً 1000 کیلوگرم) این میزان تولید سیمان که بخش عمده آن در تولید بتن و فرآورده های بتنی مصرف می شود نشانگر اهمیت بتن به عنوان مصالح ساختمانی برتر قرن می باشد. در این راستا اجباری شدن تعدادی از استانداردهای مصالح ساختمانی از جمله سیمان، شن، ماسه، بتن آماده ... به بهبود کیفیت سیمان و فرآورده های بتنی کمک فراوانی نموده است ولی متأسفانه هنوز تا رسیدن به مرحله بهره گیری کامل از کیفیت کامل بتن های تولید شده و مصرف شده در کشور فاصله زیادی وجود دارد. سریعترین راه رسیدن به این هدف ارتقاء سطح دانش و فرهنگ عمومی استفاده از بتن به عنوان مصالح ساختمانی ممتاز می باشد. از این روست که تقریباً در تمامی دانشگاههای کشور مسابقات متعددی در زمینه بتن صورت می گیرد و به علاوه دو انجمن بزرگ بتن ICI (انجمن بتن ایران) و ACI (انجمن بتن آمریکا) همه ساله به منظور آگاهی و آموزش و ترغیب مهندسین نسل های آینده اقدام به برگزاری مسابقات متعددی می نماید گرچه اذعان دارم که هنوز برای کم کردن فاصله خود با استانداردهای جهانی در زمینه تولید علم راه طولانی در پیش داریم ولی در خصوص امر پژوهش و تحقیقات در زمینه بتن فعالیتهای خوب و چشمگیری در چند سال اخیر توسط اساتید و دانشجویان علاقه مند صورت گرفته است و دانشجویان دانشگاهها موفق به کسب دستاوردهای بزرگی در مسابقات کشوری و جهانی شده اند.

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

# فصل اول

## بتن و فولاد به عنوان یک مصالح ساختمانی

بتن و فولاد به عنوان مصالح ساختمانی گاه به صورت رقیب و گاه به صورت مکمل به شمار می روند و تقریباً در همهٔ پروژه های عمرانی به نحوی مشارکت دارند. از فونداسیون ساختمانها، پایه های پل و باندهای فرودگاه گرفته تا سدهای عظیم بتنی از این مصالح ارزشمند استفاده می کنند.

بتن در مقابل آتش سوزی مقاوم است در حالی که فولاد در آتش سوزی شدید مقاومت خود را از دست می دهد همچنین در کشور ما به دلیل فراوانی مواد اولیه بتن ارزانتر از فولاد تهیه می شود از طرفی وزن بتن به نسبت مقاومت آن بسیار زیاد است به همین دلیل در ساختمانهای بلند مرتبه نمی توان از آن استفاده کرد در عوض وزن فولاد نسبت به مقاومت آن کم است .

بتن یکی از مهم ترین مصالح ساختمانی به شمار می رود و تقریباً در همهٔ پروژه های عمرانی به نحوی مشارکت دارد. از فونداسیون ساختمانها، پایه های پل و باندهای فرودگاه گرفته تا سدهای عظیم بتنی از این مصالح ارزشمند استفاده می کنند.

بتن ترکیبی است از مصالح سنگی درشت دانه و ریزدانه که خمیر سیمان آنها را به یکدیگر می چسباند. گاهی از افزودنی ها نیز برای تغییر و بهبود برخی خواص بتنی استفاده می شود. همواره باید به خاطر داشت که خصوصیات بتن بستگی زیادی به نوع مصالح بکار رفته و درصد حضور آنها در بتن دارد. از مهم ترین مزایای بتن می توان به توانایی قالب گیری، اقتصادی بودن، دوام مناسب، مقاومت در برابر آتش سوزی و استفاده در محل و صرف انرژی کمتر در ساخت اشاره کرد. توانایی قالب گیری بتن باعث می شود که بتوان آن را به هر شکل دلخواهی در آورد. بتن های پیش ساخته را می توان به عنوان عناصر ساختمانی مورد استفاده قرار داد. بتن های پیش تنیده پیش ساخته در بسیاری از پروژه ها استفاده شده اند. لوله های بتنی پیش ساخته نیز در سیستم های زهکشی، فاضلاب شهری و پروژه های انتقال آب به بکار می روند. بتن خوب و با کیفیت مصالح بسیار با دوامی است و در صورتی که صحیح طراحی شده باشد بدون نگهداری زیاد قادر

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

است سالها باقی بماند همچنین بتن دارای مقاومت فشاری مناسبی است و می تواند به عنوان یک عضو تحمل کننده تنش های فشاری مورد استفاده واقع شود. بتن نسبت به فولاد به صرف انرژی کمتری نیاز دارد. به خاطر نیاز به استفاده از دماهای بالا، برای ساخت هر متر مکعب فولاد به حدود 300 گیگا ژول انرژی نیاز است در حالیکه فقط بخش کمی از بتن، یعنی سیمان، برای تولید نیاز به حرارت دارد (هر متر مکعب حدود 22 گیگا ژول).مقاومت کششی کم، شکنندگی، تغییر حجم و نسبت مقاومت به وزن پایین از جمله مهم ترین ایرادات بتن هستند. شناخت محدودیت های بتن برای طرح صحیح آن ضروری است. بتن یک مصالح شکننده با مقاومت کششی بسیار پایین است و بنابراین بطور معمول نباید آن را در معرض تنش های کششی قرارداد و باید از میلگردهای فولادی برای تحمل این تنش ها در بتن استفاده کرد. شکنندگی بتن همچنین به این معنی است که در برابر ضربه نسبت به مصالح چکش خوار مثل فولاد ضعیف تر است. حتی در فشار، بتن دارای نسبت مقاومت فشاری به وزن نسبتاً کم است و برای تحمل بارهای فشاری زیاد باید از حجم بیشتری از آن استفاده کرد. البته با توجه به هزینهٔ کم آن چنین عملی اغلب از لحاظ اقتصادی امکان پذیر است. ناپایداری حجمی بتن نیز به این معناست که بتن پس از دست دادن آب و خشک شدن دچار کاهش حجم و وارفتگی (shrinkage) غیرقابل بازگشت و نیز خزش (creep)، حتی تحت بار سرویس، می شود.

شناخت این محدودیت ما را قادر خواهد ساخت تا با طرح های مناسب یا کنترل آنها جبرانی برایشان بیابیم.

جدول زیر برخی خصوصیات یک بتن ساختمانی نمونه ای را نشان می دهد. بدیهی است که خصوصیات زیر برای یک نمونهٔ خاص بتن جهت درک حدود مشخصات مکانیکی بتن ارائه شده اند و با تغییر خصوصیات مصالح و نسبت حضور آنها در بتن تغییر می کنند.

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

خصوصیات نمونه ای بتن ساختمانی

| | |
|---|---|
| مقاومت فشاری | 35 Mpa |
| مقاومت خمشی | 6 Mpa |
| مقاومت کششی | 3 Mpa |
| ضریب الاستیسیته | 28 Gpa |
| ضریب پواسون | 0.18 |
| کرنش کششی در حالت گسیختگی | 0.001 |
| ضریب انبساط حرارتی | $10^{-5}$ /$^{o}$C |
| جرم حجمی: بتن معمولی: | 2300 kg/m$^{3}$ |
| بتن سبک: | 1800 kg/m$^{3}$ |

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

**نکات اجرایی بتن :**

**1-تعیین نسبتهای مخلوط :**

بتن مخلوطی از شن و ماسه و سیمان و آب است که با توجه به مواردمصرف باید نسبتهای هر کدام از آنها با دقت تعیین کرد . مشخص کردن صحیح نسبتهای مواد تشکیل دهنده بتن را طرح مخلوط بتن می گویند

**2- مخلوط کردن:**

بعد از تعیین نسبتهای مخلوط باید مواد را به خوبی با یکدیگر مخلوط نمود تا به صورت یکنواخت و همگن در بیاید اگر مواد به خوبی با هم مخلوط نشوند مقاومت پیش بینی سده به دست نمی آید

**3-انتقال :**

در اثر انتقال نادرست جدا شدگی اتفاق می افتد انتقال باید توسط پمپ با دیگر وسایل مخصوص انجام گیرد همچنین نباید بتن را از ارتفاع زیاد پرتاب کرد زیرا باعث جدا شدن اجزای سنگین از سبک می شود

**4-تراکم :**

هر یک در صد هوا در بتن 5/5 در صد مقاومت آن را کاهش می دهد بنابراین بعد از انتقال بتن به قالب باید هوای آن درا خارج کرد این عمل با لرزاندن (ویبره کردن ) صورت می گیرد .

**5-پرداخت سطح بتن :**

سطح بتن باید کامل صاف و هموار گردد . برای این کار نباید به بتن آب یا پودر سیمان اضافه کرد زیرا آب زیادی باعث کاهش مقاومت بتن می شود اگر فرمول بتن صحیح باشد . بتن به طور طبیعی آب انداختن خواهد داشت که همین آب برای پرداخت کافی است ولی اگر نسبتهای بتن درست نباشد آب انداختن بیش از اندازه است و باعث کاهش مقاومت می گردد .

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

**6-محافظت و عمل آوری :**

بعد ار انجام عمل بتن ریزی ممکن است بتن به دلیل عوامل جوی مانند باران باد و تابش شدید آفتاب از بین برود به همین دلیل باید بعد از بتن ریزی از آن مراقبت نمود . در اثر بارش باران آب بتن زیاد می شود و مقاومت آن کاهش می یابد .

گر بتن تحت تابش شدید خورشید قرار گیرد آب آن خشک می شود و عمل هیدراتاسیون به خوبی انجام نمی گردد و بتن اصطلاحا می سوزد . همچنین کمبود آب باعث جمع شدگی بتن می شود و در اثر جمع شدگی بتن ترک می خورد در صورت ترک خوردن بتن حمله سولفاتها اتفاق می افتد و همچنین آب در بتن نفوذ می کند و یخ می زند و منجر به خرد شدن بتن می شود . در نتیجه تا زمانی که بتن مقاومت اولیه خود را به دست آورد باید مرطوب نگهداشته شود و هیدراتاسیون آن ادامه یابد . به این منظور به مدت تقریبا هفت روز بوسیله گونی خیس بتن مرطوب نگه داشته می شود .

**نکاتی چند در مورد بتن ریزی در فصل سرما**

**ا ثر یخ زدگی بر بتن تازه :**

بتن در دماهای بسیار پایین مقاومت بسیار کمی کسب می کند تا وقتی میزان اشباع بودن بتن در اثر عمل آبگیری به اندازه کافی کاهش نیافته باشد ، لازم است که بتن تازه در برابر آثار ویرانگر یخ زدگی محافظت شود بتنی که حتی یک بار در سنین اولیه یخ زده باشد در مقایسه با بتنی که یخ نزده باشد در برابر شرایط جوی از مقاومت کمتری برخوردار است و نیز آب بند نخواهد بود .

استعداد آسیب پذیری بتنی که در برابر یخ زدن محافظت نشده است خیلی بیشتر از بتنی است که در برابر یخ زدن محافظت گشته و در ضمن از مقاومت فشاری کمتری هم برخوردار است .

حال هرگاه اقدامات احتیاطی لازم به کار بسته شود می توان بتن ریزی را در سرتاسر ماه های زمستان با اطمینان خاطر انجام داد و با بکار بستن این تمهیدات هیچ کارگاهی تعطیل نخواهد شد .

بر اساس استاندارد بین المللی ACI603 در کارهای بتنی هوای سرد به هوایی اطلاق می شود که

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

بیش از سه روز متوالی شرایط زیر را داشته باشد .

بتن ریزی در شرایط دمای بالاتر از 5+ درجه سانتیگراد:در این شرایط مهمترین مسئله آمادگی برای زمانی است که جبهه یخبندان محیط کارگاه را فرا می گیرد،در این حالت اگر گیرش خمیر سیمان صورت نگرفته باشد موجب یخ زدگی رطوبت داخلی بتن ، افزایش حجم آب و نهایتا انبساط حجمی بتن و ترک خوردگی آن می گردد،در زمانی که این احتمال وجود داشته باشد که چندین ساعت پس از بتن ریزی جبهه یخبندان فرا رسد باید از مواد ضد یخ که ترجیحا دارای ترکیبات زود گیر کننده هستند استفاده نمود .

استفاده از مواد زود گیر موجب تسریع در گیرش خمیر سیمان و مقاومت در برابر افزایش حجم یخ می گردد .

نباید فراموش کرد که همواره دمای بتن ریخته شده با استفاده از امکانات متفاوت گرمایشی باید در نقطه ای بالای 5+ درجه سانتیگراد حفظ گردد تا واکنش شیمیایی سیمان و آب ادامه یابد و مقاومت لازمه حاصل گردد .

بتن ریزی در شرایط دمای زیر 5+ درجه سانتیگراد :

موکدا توصیه می گردد در دمای کمتر از 5+ درجه سانتیگراد نباید بتن ریزی کرد مگر اینکه در تمام شرایط درجه حرارت بتن همواره بالاتر از 5+ حفظ گردد .

توجه داشته باشید که با بتن ریزی در چنین شرایطی عمل هیدراسیون بسیار کند صورت می گیرد بطوریکه پس از یخ زدن آب در صفر درجه ، این واکنش متوقف می گردد بنابراین در زمان باز کردن قالب مشاهده می کنیم که بتن به راحتی خورد می شود به علت اینکه خمیر سیمان تشکیل نشده است .

باید کاملا توجه داشت که استفاده از ضد یخ تنها از یخ زدن رطوبت درونی بتن جلوگیری میکند،اگر بتن ریخته شده پس از عملیات بتن ریزی به حال خود رها شود ، رطوبت درون آن یخ نمی زند اما چون دمای آن کمتر از 5+ درجه سانتیگراد است واکنش شیمیایی سیمان و آب بسیار کند می شود

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

و به همین خاطر بتن ضایع می گردد و دارای مقاومت خیلی کمی خواهد شد .

پس در زمستان در هر شرایطی باید پس از بتن ریزی نیبت به عمل آوری بتن مبادرت ورزید نکته مهم دیگر اینکه چون هوای سرد نسبت به هوای گرم دارای رطوبت کمتری است بتن های ریخته شده در شرایط محیطی سرد به ، عمل آوری و مراقبت بیشتری نیازمند است .

**ویژگی های یک ضد یخ مناسب برای بتن :**

ضد یخی برای بتن مناسب می باشد که علاوه بر کاهش نقطه انجماد آب اضافی داخل بتن به عنوان یک تسزیع کننده در گیرش و رشد مقاومت سنین اولیه بتن عمل نماید.حال باید توجه نمود در پروژه هایی که در زمان بهره برداری امکان خوردگی وجود دارد و یا بتن هایی که پیش تنیده هستند و یا در آنها از آلومینیوم و گالوانیزه استفاده شده است و یا بتن هایی که در تماس با آب یا خاک سولفاته هستند و یا بتن هایی که سنگدانه های آنها مستعد واکنش قلیایی هستند به هیچ وحه از ضد یخ های کلر دار استفاده نکنید. بلکه از ضد یخ هایی استفاده نمایید که بر پایه دیگر مواد(نیترات) ساخته شده باشد.

**توصیه های مهم:**

برای آنکه در زمستان بتن ریزی مناسب و مطمئنی داشته باشیم بهتر است که نکات زیر را رعایت کنیم : رعایت نکات ذکر شده باعث میگردد هیچ گاه پروژه ای بر اثر سرما و یخ زدگی در زمستان تعطیل نگردد.

1-میانگین دمای هوای شبانه روز کمتر از 5 +درجه سانتیگراد باشد.(منظور از میانگین دمای هوای شبانه روز ، میانگین حداقل و حداکثر دما در طول 24 ساعت می باشد.

2-در نیمی از ساعات شبانه روز دمای هوا از10+ درجه سانتیگراد بالاتر نرود. 1-استفاده از سیمان با مقاومت زودرس 2-استفاده از ضد یخ مناسب

3-سطوح قالب ها و آرماتور ها را از یخ و برف بزدایید و در صورت لزوم آنها را گرم نمایید تا حداقل

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

دمای 2+ درجه سانتیگراد را داشته باشد .

4-در درجه حرارت 5+ و بالاتر پس از استفاده از مواد ضد یخ ، بتن را کاملا با استفاده از پوشاننده های مناسب (برزنت،نایلن،...) بپوشانید و محیط را گرم نگهدارید تا در شب هنگامی که هوای گرم فرا می رسد بتن دچار ترک خوردگی نشود .

5-در شرایط دمایی زیر 5+ با گرم کردن سنگدانه ها ، قالبها و آب(به ترتیب) دمای بتن را در حین کار بالای 5+ درجه نگهداشته و سپس بتن را با پوشش مناسب گرم نگهدارید. 6-مصالح مصرفی جهت ساخت بتن را در معزض وزش باد و هوای سرد قرار ندهید

**بتن مگر :**

بتن با عیار کم سیمان زیر فونداسیون که بتن نظافت نیز نامیده می شود معمولاً به ضخامت 10 تا 15 سانتیمتر و از هر طرف 10 تا 15 سانتیمتر بزرگتر از خود فونداسیون ریخته میشود .

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

# فصل دوم

## سیمان (Cement)

به هر ماده چسپنده ای سیمان اطلاق می شود . لکن به ماده چسپاننده مصالح سنگی در بتن سیمان هیدرولیکی و اصطلاحا سیمان گویند . سیمان چسبی است که پس از مخلوط با آب به صورت دوغاب سیمان یا خمیر سیمان دور دانه ها را آغشته 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 بشکنند دانه های سنگی آن از وسط شکسته شود و سیمانها (جسب) پاره نشود

مادۀ اصلی گیرش سیمان "سیلیکات کلسیم" (کلسیم سیلیکات) است. در سیمان " سه کلسیم سیلیکات" و " دو کلسیم سیلیکات" باعث گرفتن سیمان می شوند. برای اینکه ساخت سیمان اقتصادی باشد باید از مصالحی که در طبیعت به وفور یافت شوند استفاده گردد. در عمل از " خاک -رس" که دارای سیلیس بالا ($Sio_2$) و "سنگ آهک" ($CaCo_3$) که دارای ترکیبات کلسیم است استفاده می شود. سنگ آهک و خاک رس به نسبت حدود 3 به 1 با یکدیگر ترکیب می شوند. این مواد آسیاب شده و بصورت پودر در می آیند. مواد در کوره ای که حرارت آن به تدریج زیاد می شود تا دمای حدود 1500 درجه سانتی گراد پخته شده و ایجاد گلوله هایی به قطر 2 تا 25 میلیمتر می نمایند که به آنها کلینکر (Clinker) گفته می شود. کلینکر را سرد کرده از آسیاب کردن آن و مخلوط کردن آن با 1 تا 2 درصد گچ سیمان بدست می آید. در حرارتهای پائین (تا 100 درجه سانتی گراد) آب موجود در خاک رس تبخیر می شود در حرارتهای بالاتر سنگ آهک به اکسید کلسیم (آهک زنده) و دی اکسید کربن تجزیه می شود:

$$CaCo_3 \rightarrow CaO+Co_2$$

که $Co_2$ بصورت گاز از دودکش کوره خارج می شود.

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

در درجات حرارت بالاتر سیلیس خاک رس ($Sio_2$) بـا آهـک زنـده (Cao) ترکیـب شـده و ایجـاد سیلیکات کلسیم ($Cao, Sio_2$) می نماید. باید توجه داشت که اگر چه هدف اصـلی ایجـاد و تولیـد سیلیکات کلسیم است ولی بـه خـاطر وجـود ناخـالص هـایی در خـاک رس (مثـل ترکیبـات آهـن، آلومینیم، منگنز، ...) ترکیبات اضافه دیگری نیز در نهایت تولید می شـوند. بـه سـیمانی کـه از ایـن روش تولید می شود سیمان پرتلند یا به اختصار سیمان می گویند.

افزودن گچ در مراحل نهایی تولید سیمان برای کنترل زمان گیرش سیمان است. اگر گچ به سـیمان اضافه شود سیمان در مجاورت آب به سرعت می گیرد و کار کردن با بتن مشکل می شود. همـانطور که در ادامه گفته می شود یکی از ترکیباتی که در سیمان تولیـد مـی شـود سـه کلسـیم آلومینـات ($3Cao, Al_2O_3$) نیز هست که این ماده میل ترکیـب شـدیدی بـا آب دارد. وقتـی ایـن مـاده آب سیمان را می گیـرد سـیمان، یـا بـتن تولیـد شـده بـا سـیمان، کـارآیی و روانـی خـود را از دسـت می دهد. با اضافه کردن سنگ گچ کریستالهایی بصورت یک غشاء روی ذرات سه کلسـیم آلومینـات را می گیرد (غشایی از سولفات کلسیم $Ca\ So_4$ ) و اجازه نمی دهد آب سریعاً به ذرات سـه کلسـیم آلومینات برسد و زمان گیرش قابل کنترل خواهد بود.

**روشهای تولید سیمان**

سیمان به دو صورت کلی "روش تر" و "روش خشک" تولید می شود ولی روشهای نیمه تـر و نیمـه خشک نیز وجود دارند. در روش تر مواد اولیه خـود دارای رطوبـت هسـتند (حـدود 25 درصـد). بـا افزودن آب اضافی به آنها رطوبت آنها را بالاتر می برند و ایجاد لجن می کننـد. لجـن را در حوضـچه هایی که دارای پره های گردنـده اسـت بطـور مـدام مخلـوط مـی کننـد تـا از رسـوب کـردن ذرات جلوگیری شود. این لجن بعداً بصورت خوراک کوره وارد کوره شده و پخته مـی شـود. روش خشـک وقتی استفاده می شود که درصد رطوبت اولیهٔ مواد پائین است، در این روش مواد با همـان رطوبـت اولیـــه ای کـــه دارنـــد (معمـــولاً کمتـــر از 25 درصـــد) بصـــورت پـــودر در آمـــده و وارد کـــوره می شوند.

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

## مقایسهٔ روش تر و روش خشک

- در روش تر چون نسبت به روش خشک گرد و خاک کمتری تولید می شود از نظر ایمنی و سلامت کارگران مناسب تر است.

- سیمانی که از روش تر بدست می آید بدلیل مخلوط شدن بهتر مواد با هم مرغوب تر است.

- سیمان تهیه شده از روش تر چون برای خشک کردن مواد در کوره نیاز به انرژی بیشتری دارد گران تر تمام می شود. اضافه بر این، هزینهٔ نگهداری مواد هم در روش تر بیشتر است چون نیاز به حوضچه و مخلوط کننده دارد.

## ترکیبات اصلی سیمان پرتلند

پس از آنکه سیمان پخته شد چهار مادهٔ اصلی زیر در آن تولید می شود که بر خصوصیات سیمان تولید شده تأثیر خواهند گذاشت. معمولاً به منظور رعایت اختصار $CaO$ را با حرف $C$, $Sio_2$ را با حرف $S$, $Al_2O_3$ را با حرف $A$, $Fe_2O_3$ را با حرف $F$ نشان می دهند. به این ترتیب ترکیبات اصلی سیمان عبارتند از: سه کلسیم سیلیکات ($C_3S$) و دو کلسیم سیلیکات ($C_2S$) و سه کلسیم آلومینات ($C_3A$) و چهار کلسیم آلومنیوفریت ($C_4AF$).

**جدول 2-1 ترکیبات اصلی سیمان پرتلند معمولی**

| نام ترکیب | فرمول شیمیایی | علامت اختصاری | درصد حضور در سیمان معمولی |
|---|---|---|---|
| سه کلسیم سیلیکات | $3CaO, SiO_2$ | $C_3S$ | حدود 54 درصد |
| دو کلسیم سیلیکات | $2CaO, SiO_2$ | $C_2S$ | حدود 16 درصد |
| سه کلسیم آلومینات | $3CaO\ Al_2O_3$ | $C_3A$ | حدود 11 درصد |
| چهار کلسیم آلومنیوفریت | $4CaO, Al_2O_3, Fe_2O_3$ | $C_4AF$ | حدود 9 درصد |

سیلیکاتها ($C_3S$ , $C_2S$) (مخصوصاً $C_3S$ ) اصلی ترین و مهمترین ترکیبات سیمان هستند و در حقیقت مقاومت و حتی سرعت گیرش سیمان به وجود آنها بستگی دارد. زیادتر بودن این سیلیکاتها

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

مقاومت سیمان را در نخستین روزهای ساخت آن بالا می برد و طبیعتاً سرعت گیرش را زیاد می کند. سه کلسیم آلومینات ($C_3A$) و چهار کلسیم آلومنیوفریت ($C_4AF$) در واقع ناخالصیهای سیمان هستند و حضور آنها چندان در سیمان مفید نیست. هر قدر که $C_3A$ سیمان زیادتر باشد مقاومت سیمان در برابر حملهٔ سولفاتها کمتر می شود. به همین خاطر است که در سیمانهای ضد سولفات سعی می شود که حضور $C_3A$ کم و در صورت امکان کاملاً منتفی شود. حضور $C_4AF$ بدلیل داشتن ترکیبات آهن باعث تیره رنگ شدن سیمان می شود به همین خاطر در ساخت سیمان سفید باید از ایجاد این ماده جلوگیری کرد. مواد فرعی دیگری نیز در سیمان تولید می شوند که مهم ترین آنها اکسید سدیم ($Na_2O$) و اکسید پتاسیم ($K_2O$) هستند که به قلیائیهای سیمان معروفند. چون این اکسیدها می توانند با بعضی از سنگدانه ها در بتن ترکیب شده و سبب خرابی بتن گردند باید کنترل شود که میزان آنها در سیمان کم باشد.

واکنش سیمان با آب (هیدراسیون یا آبش) (Hydration)

وقتی که آب به ذرات سیمان می رسد سیمان شروع به سخت شدن می نماید که این واکنش یک واکنش گرمازا بوده و با تولید حرارت همراه است. به واکنش آب با سیمان هیدراسیون یا هیدراتاسیون یا آبش می گویند. هنگام واکنش آب با ذرات سیمان اصطلاحاً می گویند که ذرات سیمان در حال هیدره شدن هستند. در ترکیب آب با سیمان سیلیکاتها و حتی آلومیناتهای سیمان هیدره شده و به تدریج سخت می شوند. البته سیلیکاتها و مخصوصاً $C_3S$ بیشترین فعل و انفعال را با آب جهت سخت شدن سیمان ایجاد می کنند. نکته: $C_3S$ ناخالص الایت (alite) و $C_2S$ ناخالص بلایت (belite) نام دارند که مقدار آنها در سیمانهای مرغوب تجارتی کم است و سیلیکاتهای خالص تر وجود دارد. همانطور که قبلاً ذکر شد گیرش $C_3A$ سریعتر از گیرش سیلیکاتهای کلسیم بوده و با اضافه کردن گچ کنترل می شود. $C_3A$ نسبت به سیلیکاتها به آب بیشتری جهت فعل و انفعال نیازمند است. به حرارت ایجاد شده در واحد وزن سیمان "حرارت هیدراسیون" می گویند (مثلاً مقدار حرارتی بر حسب ژول که از هیدره شدن هر گرم سیمان تولید

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

می شود). هر گرم سیمان تقریباً 120 کالری حرارت آزاد می کند. در سیمانهای پرتلند تقریباً نصف کل حرارت در 1 تا 3 روز، 75 درصد آن پس از 7 روز و حدود 90 درصد آن پس از 6 ماه به تدریج آزاد می شود. نکته: در سیمان بیشترین حرارت متصاعد شده مربوط به $C_3A$ است. بعد از آن $C_3S$ حرارت بیشتری آزاد می کند. $C_4AF$ در رتبهٔ بعد و $C_2S$ در پائین ترین رتبه از لحاظ تولید حرارت قرار دارند بنابراین با کاهش $C_3S, C_3A$ می توان حرارت هیدراسیون را کم کرد.

**زمان گیرش سیمان (Setting Time)**

در سیمان قبل از مرحلهٔ سخت شدن دو زمان گیرش وجود دارد: زمان گیرش اولیه و زمان گیرش نهایی. در گیرش اولیه مخلوط آب و سیمان هنوز بصورت جامد در نیامده است و اگر سوزنی با وزن مشخص بر روی مخلوط قرار دهیم سوزن در آن فرو می رود. پس از گیرش اولیه امکان قالب گیری سیمان وجود ندارد. در گیرش نهایی هنوز نمی توان روی سیمان بطور کامل بارگذاری کرد در واقع درست پس از اتمام زمان گیرش نهایی مرحلهٔ سخت شدن سیمان شروع می شود و تنها مقداری بار را می توان بارگذاری کرد.

برای تعیین زمان گیرش از دستگاه ویکات (یا ویکا) استفاده می شود که در آن سوزنی با وزن مشخص و به قطر یک میلیمتر در خمیر سیمان فرو می رود. ارتفاع قالب سیمان 40 میلیمتر بوده و طبق استاندارد ASTM[1] زمان گیرش اولیه زمانی است که سوزن با اندازهٔ 25 میلیمتر در داخل خمیر سیمان فرو می رود. طبق همین استاندارد حداقل زمان گیرش سیمانهای پرتلند معمولی 60 دقیقه است. در گیرش نهایی، سوزن باید تنها انرژی روی سیمان بگذارد. طبق استاندارد زمان گیرش نهایی برای سیمانهای پر تلند معمولی حداکثر 10 ساعت باید باشد. رابطهٔ زیر نیز برای گیرش اولیه و گیرش نهایی سیمان پیشنهاد شده است (فرمول گیلمور) :

$$\text{گیرش نهایی (دقیقه)} = 90 \text{ (دقیقه)} + \frac{1}{2} \text{ (زمان گیرش اولیه (دقیقه))}$$

باید توجه داشت که فرمول فوق برای سیمان پرآلومین (سیمان برقی) صادق نیست.

[1] American Society of Testing Materials.

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

## انواع سیمان

امروزه سیمان به انواع مختلف و برای تأمین مقاصد مختلف در شرایط گوناگون تهیه می شود ولی پنج نوع اصلی سیمان که به سیمانهای تیپ I تا V معروفند به قرار زیرند:

### سیمان پرتلند معمولی (تیپ I)

معمولی ترین نوع سیمان است که برای اکثر کارهای ساختمانی بکار می رود. وقتی شرایط محیطی ویژه ای را نداشته باشیم از این نوع سیمان استفاده می شود. روش تولید آن مطابق آنچه قبلاً توضیح داده شده می باشد.

### سیمان پرتلند اصلاح شده (تیپ II)

خصوصیات این سیمان همانگونه که از نامش پیداست نسبت به سیمان تیپ I اصلاح شده است. حرارت تولید شده توسط این نوع سیمان از سیمان معمولی کمتر است و نسبت به سیمان پر تلند معمولی مقاومت بیشتری در برابر حملهٔ سولفاتها از خود نشان می دهد بنابراین می توان گفت که تا حدودی کم دما و تاحدودی ضد سولفات است.

### سیمان پر تلند زود سخت (زودگیر) (تیپ III)

مقاومت این نوع سیمان به سرعت افزایش پیدا می کند. این سیمان نسبت به سیمان پر تلند معمولی دارای $C_3S$ بیشتری است (حدود هفتاد درصد) همچنین ذرات این نوع سیمان ریزتر از ذرات سیمان معمولی است این امر باعث می شود که ذرات این نوع سیمان سطح مخصوص بیشتری داشته باشند و سطح بیشتری از ذرات در تماس با آب قرار گرفته و هیدره شوند (به سطح واحد جرم یک ماده سطح مخصوص گفته می شود که دارای واحد متر مربع بر کیلوگرم یا واحدهای مشابه است). باید توجه داشت که زمان گیرش این نوع سیمان تقریباً با زمان گیرش سیمان تیپ I یکسان است ولی مقاومتی که در سنین پایین ایجاد می کند بالاتر است. دو مورد از مهمترین موارد استفاده این نوع سیمان یکی بتن ریزی در هوای سرد است که بدلیل حرارت بالای ایجاد شده

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

می تواند از یخ زدن سریع بتن جلوگیری کند و دیگری موقعی است که بخواهیم قالبها را برای بتن ریزی مجدد سریع تر باز کنیم یا برای پیشرفت سریع کار به مقاومت زودرس نیاز باشد.

**سیمان پر تلند کم دما (تیپ IV)**

حرارت هیدراسیون این نوع سیمان از سیمان پر تلند معمولی کمتر است و این بدلیل درصد کمتر ترکیبات $C_3A$, $C_3S$ است. درصد این ترکیبات طبق استاندارد به اندازه ای است که حرارت تولید شده توسط این نوع سیمان پس از 28 روز مساوی است با حرارت تولید شده توسط سیمان معمولی پس از 7 روز بدلیل ترکیبات کمتر $C_3A$ , $C_3S$ آهنگ افزایش مقاومت این سیمان کندتر از سیمان پر تلند معمولی است ولی مقاومت نهایی آنها یکسان است (آهنگ افزایش مقاومت عبارتست از میزان ازدیاد مقاومت در واحد زمان). موارد مصرف این نوع سیمان در بتن ریزیهای حجیم (مثل ساخت سدهای بتنی وزنی) و هوای گرم می باشد.

**سیمان پر تلند ضد سولفات (تیپ V)**

بتن هایی که در معرض آب یا خاکی که دارای سولفات است قرار می گیرند زودتر خراب می شوند. علت خرابی بتن در اثر حملهٔ سولفاتها و نمکها بدین شرح است: سولفاتها و نمکها (سولفاتهای منیزیم و سدیم) با سه کلسیم آلومینات ($C_3A$) موجود در سیمان ترکیب شده و ماده ای به نام "سولفو آلومینات کلسیم" (اترینگایت) تشکیل می دهد که با انبساط و افزایش حجم همراه است و باعث ایجاد ترک و خرابی در بتن می شود. بنابراین برای ساخت سیمان ضد سولفات باید درصد $C_3A$ موجود در سیمان را محدود کرد (حداکثر 3/5 درصد) تا هنگام حملهٔ سولفاتها مادهٔ سولفو آلومینات کلسیم تشکیل نگردد. البته در این نوع سیمان مقدار گچ را نیز محدود می کنند (حداکثر 2/3 درصد). از این نوع سیمان وقتی که آب یا خاک سولفاته باشد استفاده می شود.

در مورد سیمانهای معمولی عوامل زیر در مقاومت بتن تولید شده در برابر حملهٔ سولفاتها مؤثرند:

1- مقدار سیمان موجود در بتن: هر قدر مقدار سیمان موجود در بتن بیشتر باشد بدلیل بیشتر شدن $C_3A$ مقاومت در برابر حملهٔ سولفاتها کمتر می شود.

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

2- مقدار سولفات موجود در آب یا خاک: هر قدر مقدار این سولفاتها بیشتر باشد مقاومت کمتر است.

3- فشردگی و یکدستی بتن: هر قدر بتن متراکم تر و فشرده تر باشد مقاومتش در برابر حمله سولفاتها بیشتر است (اصولاً در این صورت اکثر خصوصیات مثبت بتن مثل مقاومت و ... بهتر است).

4- خشک و تر شدن متناوب بتن: تجربه نشان داده است که بتنهایی که در معرض تر و خشک شدن متناوب قرار دارند مقاومتشان در برابر حملهٔ سولفاتها کمتر است (مثل قسمتهایی از سازه های دریایی که در معرض جزر و مد قرار دارند).

سیمان های دیگر

همانطور که گفته شد تنوع سیمانها به پنج مورد فوق محدود نمی شود در شرایط ویژه وقتی به سیمانهایی با خصوصیات ویژه نیاز داشته باشیم سیمانهای متنوعی تولید می شوند که از آن جمله ا

**سیمان سفید**

این نوع سیمان به خاطر زیبایی در کارهای آرشیتکتی کاربرد دارد. از آنچه گفته شد چنین بر می آید $C_4AF$ باعث تیرگی رنگ سیمان می شود، بنابراین برای تهیه این سیمان باید از ایجاد آن جلوگیری کرد یا از مقدار آن کاست. به همین خاطر برای تهیه آن از خاک رس (که دارای اکسیدهای آهن، منگنز و سایر ناخالصیهاست) استفاده نمی شود و از رس مخصوصی به نام رس چینی (رس سفید یا کائولن) که اکسیدهای آهن و منگنز آن ناچیز است استفاده می شود. در حین آسیاب کردن و مخلوط کردن مواد نیز باید احتیاط های لازم برای جلوگیری از آلودگی مواد را اعمال کرد. این نوع سیمان از لحاظ خصوصیات مقاومتی، گیرش، .... تفاوتی با سیمان معمولی ندارد.

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

## سیمان رنگی

از آسیاب کردن نرمهٔ سنگهای رنگی با کلینکر سیمان رنگی و نیز افزودن اکسیدهای مناسب بدست می آید. رنگهای تیره مثل قهوه ای، مشکی و حتی قرمز را می توان با سیمان پر تلند معمولی ساخت ولی سیمان با رنگهای دیگر را با سیمان سفید می سازند (نرمهٔ سنگ رنگی با کلینکر سیمان سفید مخلوط می شود).

**از مواد زیر طبق جدول 2-2 می توان برای ایجاد رنگ در سیمان استفاده کرد:**

**جدول 2-2- اکسیدهای مناسب برای ایجاد رنگ در سیمان**

| | |
|---|---|
| **اکسید آهن** | **برای رنگهای قهوه ای، سیاه و قرمز** |
| **اکسید کرم** | **برای رنگ سبز** |
| **اکسید کبالت** | **برای رنگ آبی** |
| **کربن** | **برای رنگ مشکی** |
| **اکسید تیتانیوم** | **برای سفیدتر کردن رنگ سیمان** |

## سیمان پر تلند پوزولانی

پوزولانها مواد سیلیسی یا آلومینی هستند که به تنهایی خاصیت گیرش ندارند ولی می توانند در مجاورت آهک شکفته ($Ca(OH)_2$) به تدریج تولید سیلیکات کلسیم نمایند که دارای خاصیت سیمانی شدن است. مواد پوزولانی یا معدنی هستند (مثل خاکسترهای آتشفشانی، زئولیت، شیل (Shale) اوپالین) یا مصنوعی (مثل سنگ رس یا خاک کلسیته شده یا خاکستر نرم (بادی)[1]). سیمانهای پوزولانی را از مخلوط کردن گرد آنها با سیمان پرتلند بدست می آورند. مواد پوزولانی در محیط مرطوب و در مجاورت $Ca(OH)_2$ آزاد شده از هیدراسیون سیمان به سیلیکات کلسیم هیدراته تبدیل می شوند و خاصیت گیرش پیدا می کنند بطور کلی سیمانهای پوزولانی به آرامی

[1] . Fly Ash

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

مقاومت پیدا می کنند بطوریکه مقاومت اولیه آنها از مقاومت اولیه سیمان پـر تلنـد معمـولی کمتـر است ولی مقاومت نهایی آنها نسبتاً بالاست و حتی بیش از سیمان پر تلند معمولی است بتنهایی کـه از سیمانهای پوزولانی ساخته می شوند در برابر سولفاتها بهتر از سیمان معمولی مقاومت می کننـد. مزیت این سیمانها ارزانی آنها، هیدراسیون آرام و حرارت زایی کمترشان است بنـابراین مـی تـوان از آنها حتی در بتن ریزیهای حجیم، سدها، اسکله ها و پایه های پل استفاده کرد.

## سیمان بنایی (سیمان آجر) (Masonry Cement)

برای ایجاد چسبندگی لازم بین ملات و سیمان در کارهای آجر چینی، کرسی چینی، بلوک کـاری و ... از این نوع سیمان استفاده می شود. برای این منظور به سیمان مقداری آهک اضافه می کنند ولی اضافه بر این کمی سنگ گچ متبلور (ژیپس) و یک مادۀ حباب زا افزوده می شود.

## سیمان هایدروفوبیک (ضد آب)

در مناطقی که هوا دارای رطوبت بالایی است سیمانهای انبار شده در اثر ترکیب با رطوبت هوا خراب می شوند. برای جلوگیری از این امر به سیمان ماده ای به نام اسید اولیـک یـا اسـتیرات کلسـیم یـا استیرات آلومینیم اضافه می کنند. ایـن مـواد مـی تواننـد دور ذرات سـیمان را گرفتـه و از رسـیدن رطوبت هوا به آنها و هیدره شدن ذرات جلوگیری کنند. موقع بتن ریـزی در اثـر سـایش سـیمان بـا مواد سنگی و نیز مخلوط شدن در مخلوط کن (میکسر) این مـواد از ذرات کنـار مـی رونـد و آب بـا سیمان ترکیب می شود.

## سیمان پر آلومین (سیمان آلومینای بالا یا سیمان برقی)

از این نوع سیمان ابتدا به عنوان سیمان ضد سولفات استفاده می شد ولی بعداً به عنوان سـیمان زود سخت بکار رفت. مواد اصلی این نوع سیمان سنگ آهک و سـنگ بوکسـیت اسـت. سـنگ بوکسـیت دارای اکسید آلومینیوم هیدراته، اکسیدهای آهن و تیتانیم وکمی اکسید سیلسیم است. این سـیمان دارای رونـد افـزایش مقاومـت بـالایی اسـت بطوریکـه حـدود 80 درصـد مقاومـت نهـایی آن طـی 24 ساعت و حتی گاهی 6 تا 8 ساعت بدست می آید. به خاطر گیرش سریع حرارت بـالایی نیـز در

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

کوتاه مدت ایجاد می کند. به خاطر گرانی سنگ بوکسیت این سیمان حتی گرانتر از سیمان تیپ III است.

## سیمان منبسط شونده (Expansive)

بتن ساخته شده با سیمان معمولی پس از خشک شدن و به مرور زمان کاهش حجم پیدا می کند ولی اگر از این نوع سیمان استفاده شود در اثر انبساط سیمان، کاهش حجم جبران شده و باعث می شود حجم بتن در اثر جمع شدگی ناشی از خشک شدن تغییر نکند. این سیمان در سه نوع مختلف S, K, M تولید می شود سیمان نوع M از آسیاب و مخلوط کردن کلینکر سیمان پر تلند، کلینکر سیمان برقی و سنگ گچ ساخته می شود که زود گرفته و زود سخت می شود و در برابر سولفاتها بسیار مقاوم است. سیمان نوع K از آسیاب کردن کلینکر سیمان پر تلند، مقدار زیادی گچ متبلور (ژیپس) و یک مادهٔ منبسط شونده (بوکسیت و سنگ گچ) بدست می آید سیمان نوع S دارای مقدار بیشتری $C_3A$ و سولفات کلسیم ($CaSO_4$ یا گچ) است. با سیمان منبسط شونده می توان بتنهای پیش تنیده ایجاد کرد.

## سیمان روبارهٔ آهنگذاری (سیمان تفاله)

این نوع سیمان از آسیاب کردن و مخلوط کردن سیمان پر تلند و سربارهٔ کوره های آهن گدازی که در آنها آهن تولید می شود بدست می آید. سرباره ها دارای اکسیدهای کلسیم، سیلسیم و آلومینیم هستند. وقتی در اثر فعل و انفعال سیمان با آب آهک آزاد شده و محیط قلیایی می شود هیدراسیون سرباره آغاز می شود. مقاومت اولیه این نوع سیمان از سیمان پر تلند معمولی کمتر است ولی مقاومت نهایی آنها تقریباً یکی است. موارد استفاده این نوع سیمان در بتن ریزیهای حجیم (به خاطر حرارت زایی کمتر) و در سازه های دریایی و اسکله ها به علت مقاومت در برابر سولفاتها ($C_3A$ این نوع سیمان از سیمان پر تلند معمولی کمتر است) می باشد. در کشورهایی که تولید سرباره آنها زیاد است از این نوع سیمان به جای سیمان پر تلند معمولی استفاده می شود.

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

علاوه بر سیمانهای فوق سیمانهای سوپرسولفات (پرسولفات) که دارای مقاومت بالایی در برابر حملهٔ سولفاتهاست، سیمان مخصوص چاههای نفت که در برابر حرارت و فشار زیاد مقاوم است و سایر سیمانها نیز ساخت می شوند.

**نکات تکمیلی در مورد سیمان**

1- گیرش کاذب : به سفت شدن زودرس سیمان ظرف چند دقیقه پس از مخلوط شدن با آب اطلاق می شود. در گیرش کاذب حرارت قابل توجهی آزاد نمی شود و با مخلوط کردن دوبارهٔ سیمان خاصیت خمیری سیمان باز می گردد.

2- وزن مخصوص ظاهری سیمان در حدود $1600\text{-}1670\ kg/m^3$ است و وزن مخصوص حقیقی آن $3200\ kg/m^3$ است. چون همیشه مقداری هوا و فضای خالی بین ذرات سیمان وجود دارد وزن مخصوص حقیقی عملاً قابل حصول نیست.

3- حجم یک کیسه سیمان 30 لیتر و وزن آن 50 کیلوگرم است.

4- به سطح مخصوص سیمان (مساحت سطح خارجی دانه های سیمان در واحد جرم آن (برحسب $m^2/kg$ ) نرمی سیمان (Fineness) نیز گفته می شود. معمولاً سطح مخصوص سیمان با آزمایشی با نام آزمایش بلین (Blaine) تعیین می شود. در این آزمایش مقدار مشخصی از سیمان به دقت وزن شده و در یک محفظه قرار داده می شود و تا حد مشخص و ثابتی متراکم می گردد. زمان لازم برای عبور مقدار ثابتی هوا از محفظه بستگی به سطح مخصوص سیمان دارد که با اندازه گیری آن می توان سطح مخصوص سیمان یا همان نرمی آن را بدست آورد.

5- بهتر است سیمان سریعاً پس از تولید مصرف شود چون سیمانهایی که در پاکت عرضه می شوند حتی اگر در شرایط مطلوب نگهداری شوند پس از 1 تا 1/5 ماه حدود 20 درصد از مقاومتشان را از دست می دهند. کلوخه شدن سیمان نشان دهندهٔ هوازدگی آن است.

6- در مناطق خشک حداکثر 12 پاکت سیمان را می توان روی هم انبار کرد مشروط بر اینکه ارتفاع کل آنها از 1/8 متر تجاوز نکند.

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

7- تانکرهای مخصوص حمل سیمان که بصورت فله ای سیمان را عرضه می کنند بونکر نامیده می شوند.

8- برای نسوزها می توان از سیمانهای پر آلومین استفاده کرد. بتنهای ساخته شده با این نوع سیمان در دماهای بالای $1000\ ^oc$ و بسته به نوع دانه های سنگی تا $1800\ ^oc$ نیز می توانند مقاومت کنند.

**ضوابط الزامی بسته بندی و حمل و انبار کردن و مصرف سیمانهای کسیه ای:**

ضوابط الزامی بسته بندی حمل و نقل انار کردن و مصرف سیمانهای کیسه ای بر اساس مبحث شماره9 مقرررات ملی ساختمان باید طبق موارد ذیل رعایت گردد :

سیمان پرتلند باید در کیسه های مناسب مقاوم و قابل انعطاف بسته بندی شود . به گونه ای که رطوبت و مواد خارجی نتواند به داخل آن نفوذ کند و کیسه سیمان در هنگام حمل و نقل پاره نشود .

روی کیسه سیمان باید نوع سیمان پرتلند (ا الی 5) و تاریخ تولید سیمان درج شود . در سیمانهای نوع 1 باید مقاومت فشاری نیز قید گردد .

وزن هر کیسه سیمان پرتلند 50کیلو گرم میباشد .

سیمان کیسه ای باید روی کف خشک که دست کم به اندازه 10سانتی متر از سطح اطراف خود بالاتر باشد قرار گیرد

در مناصق خشک حداکثر تعداد کیسه سیمان که میتواند برروی هم انبار شوند 12پاکت است . مشروط به اینکه ارتفاع آنها از 180 سانتی متر تجاوز نکند .

در مناطق خشک کیسه های سیمان باید نزدیک به یکدیگر با فاصله 50 تا 80 میلیمتر از یکدیگر قرار داده شوند تا عبور جریان هوا از بین کیسه ها موجب خشک شدن سیمان بشود . در مناطق شرجی با رطوبت 90 درصد کیسه های سیمان باید به یگدیگر چسپانده شوند .

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

کیسه های سیمان در همه مناطق باید حداقل 300 میلیمتر از دیواره ها و 600 میلیمتر از سقف فاصله داشته باشند .

کیسه های سیمان باید در مناطق با رطوبت نسبی حداکثر 90درصد 45 روز پس از تولید و درسایر مناطق 90 روز پس از تولید مصرف شوند . و اگر بنا به دلایل غیر قابل اجتناب این امر میسر نسد این سیمانها باید قبل از مصرف مورد آزمایش قرار گیرند .

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

## فصل سوم

## افزودنی ها (Admixtures)

در سال 1935 تولید مواد افزودنی درسطحی گسترده و به صورت تجاری آغاز گردید به عنوان مثال در آمریکا تولیداتی از قبیل روان کننده ها که بیشتر بر پایه سولفیدها و کند گیر کننده ها که بیشتر بر پایه فسفات ها و اکسید روی بودند مورد توجه قرار گرفت . پس از جنک جهانی دوم با توجه به ساخت و سازه های جدید و نیاز به یافتن روش هایی جهت بهبود کیفیت بتن و صرفه جویی در مصرف سیمان پژوهشگران را بر آن داشت که تحقیقات همه جانبه ای را در ارتباط با اثر مواد مختلف بربتن به عمل آورند که در این زمینه صدها ماده معدنی و آبی و در نتیجه تولید انواع ماده افزودنی مورد بررسی قرار گرفتند .

**بنا به تعاریف ACI افزودنی ها بر دو نوع می باشند .**

الف) افزودنی های (Admixtures) که به عنوان جزء اضافی قبل از اختلاط و یا در حین اختلاط به مخلوط بتن اضافه می شوند . مانند مواد هوازا

ب) افزودنی های (Aditives) که در حین تولید سیمان در کارخانه با آن آسیاب و مخلوط می شوند مانند سیمان تیپ 5 که برای ساختن بتن ضد سولفات به کار می رود .

### مواد مضاف (افزودنی) (Admixtures)

مواد افزودنی موادی هستند که می توان به سیمان پر تلند معمولی اضافه کرد و خصوصیات ویژه ای را (مثل زودگیر شدن، دیرگیر شدن، ...) برای بتنی که از آن سیمان تولید می شود بدست آورد. مهم ترین مواد مضاف عبارتند از:

### 1- سریع کننده ها (شتاب دهنده ها) (Accelerators)

موادی هستند که سخت شدگی بتن را سریع کرده و مقاومت اولیه آن را بالا می برند (خصوصیاتی شبیه به خصوصیات سیمان زود سخت (تیپ III) به سیمان می دهند). از مهمترین سریع کننده ها کلرید کلسیم (یا کلرور کلسیم، $CaCl_2$ ) است این ماده مانند یک کاتالیزور به هیدراسیون

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

$C_3S$, $C_2S$ کمک می کند. این ماده را هم می توان به سیمان پر تلند معمولی اضافه کرد و هم به سیمان پر تلند زودگیر (تیپ III) هر چه سرعت سخت شدگی سیمان در حالت طبیعی بیشتر باشد اثر سریع کننده ها روی آن بیشتر است. کلریدکلسیم ($CaCl_2$) را نباید با سیمان برقی بکار برد. باید سعی شود که این ماده بطور یکنواخت و یکدست به بتن اضافه شود به همین خاطر ابتدا آن را در آب حل کرده و به بتن می افزایند. مقاومت بتن ساخته شده در برابر سایش را افزایش می دهد ولی دارای معایب زیر است: موجب افزایش خزش و جمع شدگی بتن می شود (به افزایش کرنش بتن تحت تنش ثابت و به مرور زمان خزش (Creep) گفته می شود. کاهش حجم بتن را پس از سفت شدن آن جمع شدگی یا وارفتگی بتن (Shrinkage) می گویند) مقاومت بتنهای حباب زا در مقابل یخ زدگی در دراز مدت کاهش می دهد، و از همه مهمتر باعث زنگ زدگی فولاد درون بتن می شود به خاطر همین عیوب (مخصوصاً آخری) استفاده از آن در بعضی استانداردها منع شده است (آیین نامهٔ بتن ایران (آبا) نیز استفاده از آن را در بتن های مسلح ممنوع اعلام کرده است).

مادهٔ سریع کنندهٔ دیگر کلرید سدیم (نمک طعام یا Nacl ) است که هم اثرات مثبت و هم اثرات منفی آن ضعیف تر از ($CaCl_2$) است. سریع کننده های دیگر عبارتند از: کلرور آلومینیم، کربنات پتاسیم، آلومنیات سدیم و نمکهای آهن.

## 2- کندگیر کننده ها (Retarders)

موادی هستند که گیرش بتن را به تعویق می اندازند. کندگیر کننده ها در هوای خیلی گرم و همچنین برای جلوگیری از ایجاد ترک در بتن ریزیهای متوالی می توانند مفید باشند. همچنین می توان با ایجاد دیرگیری در ایجاد سطح پرداخت شده سهولت ایجاد کرد. از مهمترین مواد کندگیر کننده، کربوهیدراتها (مواد قندی) هستند. مواد قندی (مثل شکر) را باید کنترل شده و خیلی کم به بتن اضافه کرد. مثلاً اگر 0/05 درصد وزن سیمان شکر اضافه کنیم گیرش بتن حدود 4 ساعت به تعویق می افتد. در هنگام برکار کردن یا خراب شدن میکسر می توان از این خصوصیت استفاده کرد. زمان اضافه کردن کندگیر کننده ها هم مهم است. در صورتی که کندگیر کننده ها با

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

تأخیر به بتن اضافه شوند تأثیر بیشتری خواهند داشت چون انتظار می رود که کندگیر کننده ها با سیلیکات کلسیم واکنش انجام دهند و اگر سریع به بتن اضافه شوند به مصرف $C_3A$ می رسند ولی اگر با تأخیر افزوده شوند تا آن زمان $C_3A$ هیدره شده و آنها به مصرف سیلیکات کلسیم خواهند رسید. دیرگیر کننده ها مقاومت اولیه بتن را کاهش می دهند ولی در مقاومت نهایی آن تأثیری ندارند.

## 3- کاهش دهنده های آب (روان کننده ها)

استفاده از این مواد باعث می شود که آب کمتری برای ساخت بتن مورد نیاز باشد و در نتیجه مقاومت بالاتری را بدون آنکه کارآیی بتن (روانی بتن) کاهش یابد بتوان بدست آورد. بطور کلی با مصرف این افزودنی ها هدفهای زیر را می توان تأمین کرد:

الف – با کاهش نسبت آب به سیمان با یک کارآیی ثابت می توان به مقاومت بالاتری دست یافت.

ب- با کاهش مقدار سیمان مصرفی حرارت هیدراسیون در بتن کاهش می یابد.

ج- با افزایش کارآیی در اثر استفاده از روان کننده ها می توان کار بتن ریزی در قالبهایی که دارای آرماتور زیاد و انبوه یا موقعیت های غیرقابل دسترسی هستند را ساده کرد.

روان کننده ها می توانند خصوصیات دیگری را نیز در بتن ایجاد کنند. افزودنی هایی که فقط میزان آب را کاهش می دهند تحت عنوان تیپ A دسته بندی می شوند. اگر افزودنی ها همزمان با کاهش آب باعث تسریع در گیرش نیز شوند تیپ E و آنهایی که همزمان با کاهش آب باعث تأخیر در گیرش می شوند تیپ D نامگذاری شده اند. عمل روان کننده ها بدین صورت است که جذب ذرات سیمان شده و ایجاد بار الکتریکی منفی می کنند این امر موجب دور شدن ذرات سیمان از یکدیگر شده که خود باعث سهولت بیشتر برای حرکت ذرات می شود و از طرفی آب آزاد شده در اثر جلوگیری از توده ای شدن سیمان باعث روانی مخلوط شده و کارآیی آن را افزایش می دهد. میزان کاهش آب مخلوط در اثر استفاده از این افزودنی ها بین 5 تا 15 درصد متغیر است. بخشی از کاهش آب در نتیجهٔ حباب زایی است که توسط افزودنی انجام می شود. میزان کاهش آب

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

بستگی به مقدار سیمان مصرفی، نوع دانه های سنگی، وجود پوزولانها و عوامل حباب زا دارد. چون روان کننده ها با ایجاد پراکندگی سیمان در مخلوط بتن ضمن ایجاد سطوح بیشتر در تماس با آب و در نتیجه هیدراسیون بهتر سیمان می شوند، در دراز مدت مقاومت این بتن از بتنی که با همین نسبت آب به سیمان و بدون افزودنی ساخته می شود بیشتر است. از جمله این مواد فوق روان کننده ها (سوپر پلاستی سایزر) هستند که تحت عنوان تیپ F نیز نام گذاری شده اند. با این روان کننده ها می توان بتنهای با مقاومت خیلی بالا ساخت که با کارآیی معمولی و نسبت آب به سیمان بسیار پائین بدست می آیند. اسیدهای سولفاته شده (ملامین فرمالدئید سولفاته شده یا نفتالین فرمالدئید سولفاته شده) نیز به عنوان روان کننده های قوی بکار می روند. قیمت گران روان کننده های قوی تنها نقطه ضعف و عیب آنهاست.

## 4- افزودنی های دافع آب (کاهندهٔ نفوذپذیری)

این مواد جذب آب توسط بتنهای سفت شده را کاهش می دهند و در نتیجه نفوذپذیری بتن کم می شود. اصولاً غیرقابل نفوذ بودن بتن بستگی به مقدار سیمان و آب مخلوط و طول مدت حفاظت بتن دارد. بتنی که با نسبت وزنی آب به سیمان کمتر از 0/49 ساخته شده و مقدار اسلامپ آن کم است، در صورتی که به نحو مناسبی در قالب ریخته شود غیرقابل نفوذ خواهد بود. روغنهای معدنی و گیاهی و بعضی صابونهای مصنوعی و مواد پوزولانی این خاصیت را در بتن ایجاد می کنند.

## 5- مواد مضاف هوازا (حباب زا) (Air-Entraining)

در هوای بسیار سرد و در بتنهایی که در معرض یخ زدن و آب شدن متناوب هستند امکان یخ زدن و ترک خوردن بتن وجود دارد. مواد مضاف هوازا برای بهبود بخشیدن به دوام اینگونه بتنها بکار می روند. حباب هوا بمیزان زیادی مقاومت بتن را در برابر ترک خوردگی ناشی از یخ زدگی افزایش می دهد و باعث افزایش کارآیی بتن نیز می شود. مواد حباب زا در بتن ایجاد حباب های بسیار ریز در

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

حد 0.005mm میکنند که در تمام خمیر سیمان یا بتن پخش می شوند. در ایـران سـیمان هـوا زا تولید نمی شود و فقط در چند سال اخیر در مقیاسهای کوچک از اینگونه مواد استفاده شده است.

## 6- پوزولانها

بسیاری از مواد طبیعی مثل سنگهای رسی یا اپالین دار، توفها، پوکه سنگهای معدنی و بعضـی مـواد مصنوعی مثل خاکستر بادی همانطور که قبلاً گفته شد به عنوان مواد پوزولانی مـورد اسـتفاده قـرار می گیرند. در بعضی مواقع مـواد پـوزولانی را بـرای کنتـرل حـرارت تولیـد شـده توسـط بـتن بکـار می برند که می تواند در بتن ریزیهایی حجیم مورد استفاده قرار گیرد. بعضی اوقات که دسترسی بـه دانه های سنگی مناسب نیست، ممکن است دانه های سنگی که اسـتعداد منبسـط شـدن دارنـد در بتن بکار روند. در اینگونه مواقع مواد پوزولانی می توانند این انبساط را خنثـی کننـد. مصـرف مـواد پوزولانی به عنوان جایگزین کننده سیمان بدلیل گیرش کند ممکن است به مقـدار قابـل تـوجهی از مقاومت اولیه بتن خصوصاً در 28 روز اول بکاهد، بنابراین اینگونه بتنهـا را در شـرایط مرطـوب بایـد بطور طولانی و مداوم نگهداری نمود. خاکستر بادی (خاکستر نرم) که باقیمانـدۀ بسـیار نـرم و پـودر شده حاصل از سوختن پودر زغال سنگ می باشد به عنوان پـوزولان و کمـک کننـده کـارآیی بکـار می رود. البته توصیه می شود که با این ماده از مواد حباب زا نیز به منظور رسیدن به کـارآیی مـورد نظر بکار رود.

## 7- مواد مضاف منبسط کننده (تولید کننده گاز)

در مواقعی که پر کردن کامل یک فضای محدود لازم باشد می توان با افـزودن مقـدار کمـی از یـک مادۀ تولید کننده گاز برای ایجاد انبساط استفاده کرد. یکی از این مواد پودر آلومینیم اسـت کـه بـه مقدار کم مورد استفاده قرار می گیرد. گاهی از این مواد جهت تولید بتن سبک وزن گـازی اسـتفاده می شود که در این صورت از مقادیر بیشتری از این مواد باید استفاده کرد. بتن گازی، بتن اسفنجی، بتن کفی و سیپورکس نام هایی برای انواع بتن های سبک هستند.

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

**نکتهٔ تکمیلی در مورد افزودنی ها**

باید توجه داشت که پیمانه کردن دقیق افزودنی ها برای رسیدن به هدف مورد نظر اهمیت زیادی دارد و در صورت عدم رعایت این نکته ممکن است اثر معکوسی داشته باشند. مثلاً مقدار کم شکر (بین 0/03 تا 0/15 درصد وزن سیمان) بتن را دیرگیر می کند ولی در صورتی که مقدار آن افزایش یابد و به 0/2 وزن سیمان برسد تأثیر معکوسی خواهد داشت و بتن زودگیر می شود.

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

## فصل چهارم

## سنگدانه ها (Aggregates)

**مقدمه**

تقریبا 75 درصد حجم بتن را سنگ دانه ها تشکیل می دهند . از این رو سنگدا نه ها در عملکرد بتن نقش مهمی را ایفا میکنند .

اولین قدم در ساخت یک بتن خوب و با کیفیت مطلوب استفاده از مصالح سنگی مرغوب است .

بر طبق بند 2 استاندارد شماره 302 ایران شن از جدا شدن و خرد شدن سنگها بدست می آید . شن به ذرات سنگی اطلاق می شود، که کوچکترین بعد آن 7 میلیمتر باشد . شن ممکن است طبیعی باشد یا از خرد کردن و آسیاب کردن سنگ های سخت طبیعی بدست آید .

برطبق مبحث شماره 9 مقررارت ملی ساختمان سنگدا نه های بزرگتر از 4/75میلیمتر ( الک نمره 4 در سیستم ASTM) را سنگدانه درشت یا شن و سنگدانه های ریزتر از 4/75 میلیمتر را ریز یا ماسه می نامند .

سنگ دانه ها را میتوان بر اساس وزن مخصوص – موادتشکیل دهنده (کانیها) ،دانه بندی ،روش تولید (طبیعی یا مصنوعی ) ،شکل دانه ها (تیز گوشه یا گرد گوشه ) ، بافت سطحی (زبر یا نرم ) – مقاومت پایایی وغیره تقسیم بندی نمود .

سنگ دانه ها در صورتی زیان آور تلقی میشوند که یک یا چند مورد زیر را در بتن ببار آورند:

1-ایجاد تغییرات حجمی زیاد در حجم خمیر سیمان و یا سنگدانه ها و یا هر دو مورد

2-مزاحمت در روند گیرش سیمان

3-ایجاد فرآورده های زیان آور در بتن

کاهس مقاومت در بتن

کاهش پایایی بتن به طور کلی سه گروه از مواد زیان آور ممکن است در سنگدانه ها و جود داشته باشند :

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

گروه اول ناخالصی هایی که در فرآیند هیدراتاسیون سیمان اخلال به وجود می آورد مانند سنگ گچ و وجود نمک

گروه دوم نا خالصی هایی که موجب ایجاد قشرهای پوششی برروی سنگدانه ها شده از پیوستگی کامل بین سنگدا نه ها و خمیر سیمان جلوگیری به عمل می آورد . مانند وجود خاک رس – لای – خاک برروی سنگدانه ها گروه سوم بعضی از دانه ها که به علت شکل ظاهری و یا بافت آنها جزء دانه های ضیعف و یا ناسالم می باشند مانند دانه های سوزنی و پولکی

از آنجا که حدود $\frac{3}{4}$ حجم بتن را سنگدانه ها تشکیل می دهند، کیفیت آنها از اهمیت زیادی برخوردار است. دانه های سنگی در مقاومت بتن، دوام و پایداری آن بسیار مؤثرند. سنگدانه ها یا بصورت طبیعی در اثر فرسایش و هوازدگی وجود دارند و یا اینکه می توان آنها را بطور مصنوعی با خرد کردن سنگ مادر بدست آورد. خواصی نظیر ترکیبات شیمیایی و کانیهای تشکیل دهنده، طبقه بندی و مشخصات از نظر سنگ شناسی، سختی، مقاومت، پایداری فیزیکی و شیمیایی، تخلخل، رنگ، ... در مورد سنگدانه ها بستگی به خصوصیات سنگ مادر دارد و بین آنها مشترک است. ولی خواصی در سنگدانه ها وجود دارد که در سنگ مادر نیست مثل شکل دانه ها و اندازهٔ آنها، بافت سطحی و جذب.

**اندازهٔ دانه های سنگی**

بتن از سنگدانه هایی با اندازه های مختلف که معمولاً بین 0.07mm و 50mm (2 اینچ) و بطور متوسط 20mm ($\frac{3}{4}$ اینچ) می باشد ساخته می شود. مصالح سنگی مصرفی در بتن را به دو دستهٔ ریز دانه (ماسه) و درشت دانه (شن) تقسیم می کنند. مصالح ریزدانه مصالحی هستند که از الک شمارهٔ 4 گذشته و روی الک شمارهٔ 100 باقی می مانند (ذرات بزرگتر از حدود 0/15 میلیمتر یا 150 میکرومتر و کوچکتر از حدود 4/75 میلیمتر ) به مصالحی که روی الک نمره 4 باقی می مانند (ذرات بزرگتر از 4/75 میلیمتر) مصالح سنگی درشت دانه گفته می شود. در سازه های معمولی حداکثر قطر دانه ها معمولاً از 32 میلیمتر تجاوز نمی کند گرچه از سازه های حجیم مثل سدها

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

می تواند به 250 میلیمتر هم برسد. مقدار بهینه برای حداکثر اندازه سنگدانه ها در بتن های معمولی بین 20 تا 40 میلی متر است.

بزرگترین اندازه سنگدانه های درشت نباید از هیچ یک از مقادیر زیر بیشتر باشد:

الف- سه چهارم فاصله آرماتورها از هم

ب- یک پنجم کوچکترین بعد داخلی قالب بتن

ج- یک سوم ضخامت دال

د- سه چهارم ضخامت پوشش روی میلگرد (cover)

در ضمن بکار بردن سنگدانه های درشت تر از 38 میلی متر در ساخت بتن آرمه توصیه نمی شود ولی در هیچ حالت اندازه سنگدانه ها نباید از 63 میلی متر تجاوز کند (آبا).

**شکل و بافت سنگدانه ها**

مشخصات ظاهری خارجی سنگها بخصوص شکل و بافت آنها در رابطه با خواص بتن اهمیت زیادی دارد. بعنوان مثال سنگدانه های پولکی تأثیر منفی روی کارآیی و دوام بتن دارند و آب و حباب هوا را در زیر خود محبوس می کنند، به همین خاطر در صد دانه های طویل و پولکی بین 10 تا 15 درصد از درشت دانه ها نباید بیشتر شود. دانه های تیز گوشه بدلیل قفل شدن بهتر در یکدیگر پیوستگی بیشتری را در بتن ایجاد می کنند

در جدول 4-1 دسته بندی سنگدانه ها از نظر شکل بر اساس استاندارد انگلستان آورده شده است:

**جدول 4-1- طبقه بندی سنگدانه ها بر اساس شکل آنها**

| دسته بندی | توضیح | مثال |
|---|---|---|
| گرد گوشه | سایش کامل توسط آب یا تغییر شکل یافته در اثر اصطکاک | شن رودخانه ای یا ساحلی ماسه بادی |
| بی شکل یا نامنظم | قسمتی تغییر شکل یافته در اثر سایش با لبه های گرد | بعضی از شن ها |
| پولکی | دانه هایی که ضخامت کمی نسبت به دو بعد دیگر دارند | سنگهای لایه ای یا ورقه ای |
| تیز گوشه | دارای لبه های تیز و مشخص | سنگهای شکسته |
| طویل (دراز) | دانه هایی که طول آنها نسبت به دو بعد دیگرشان بیشتر است | |
| پولکی و طویل | دانه هایی که طول آنها بزرگتر از عرض و عرض آنها بزرگتر از ضخامتشان است | |

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

شکل و بافت سطحی سنگدانه ها تأثیر عمده ای بر میزان آب لازم نیز دارد. هر چه تخلخل و فضای خالی بین دانه های متراکم شده بیشتر باشد آب بیشتری مورد نیاز است. بافت زبرتر و خشن تر دانه ها سبب بالا بودن چسبندگی و پیوستگی بین آنها و خمیر سیمان را فراهم می کند. بطور کلی اگر بافت سنگدانه ها طوری باشد که دوغاب سیمان نتواند نفوذی از سطح آنها به داخل داشته باشد، پیوستگی مطلوب حاصل نخواهد شد. بطور کلی پیوستگی خوب زمانی است که علاوه بر دانه های جدا شده از خمیر سیمان در نمونه بتنی شکسته شده، تعدادی دانه های سنگی نیز از میان شکسته شده باشند ولی اگر تعداد این دانه های شکسته زیاد باشد ممکن است نشان دهنده وجود سنگدانه های ضعیف در بتن باشد.

**طبقه بندی سنگدانه ها از نظر بافت سطحی سنگدانه ها در جدول 4-2 آورده شده است:**

**جدول 4-2- طبقه بندی سنگدانه ها بر اساس بافت سطحی آنها**

| گروه | بافت سطحی | مشخصات | مثال |
|---|---|---|---|
| 1 | شیشه ای | دارای سطح بسیار صاف و شیشه ای | فلینت سیاه |
| 2 | صاف و صیقلی | ساییدگی با آب یا صاف شده در اثر شکست سنگهای لایه ای یا ریز دانه | شن، سنگ لوح، مرمر بعضی از ریولیتها |
| 3 | دانه ای | شکستگی هایی که در آن کم و بیش دانه های گرد گوشه دیده می شوند | ماسه سنگ، اولیت |
| 4 | زبر و خشن | با سطح شکست زیر متشکل از دانه های ریز و متوسط که بلورهای آن به آسانی مشاهده نمی شوند | بازالت، فلسیت، نگ آهک |
| 5 | بلوری یا کریستالی | دانه های کریستالی به آسانی قابل رؤیت است | گرانیت، گابرو، گنایس |
| 6 | متخلخل یا لانه زنبوری | سوراخها و حفره های قابل رؤیت | آجر، سنگ پا |

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

**مهمترین آزمایشهایی که می توان بر روی سنگدانه ها انجام داد عبارتند از:**

**الف- مقاومت سنگدانه ها در مقابل فشار**

مقاومت فشاری بتن نمی تواند بطور قابل ملاحظه ای از مقاومت سنگدانه ها بیشتر شود. حداقل مقاومت فشاری سنگدانه های خوب 20 Mpa است گرچه مقاومت فشاری بسیاری از سنگدانه های خوب به حدود 80 Mpa هم می رسد. باید توجه داشت که مقاومت لازم برای سنگدانه ها باید از مقاومت معمولی بتن بالاتر باشد. برای تعیین مقاومت فشاری دانه های سنگی نمی توان روش مستقیمی را بکار برد و معمولاً از تعریف پارامتری به نام «ضریب شکست سنگدانه ها» برای این منظور استفاده می شود. ضریب شکست از آزمایش زیر بدست می آید:مصالح سنگی از الک 14 میلیمتری باید عبور کرده وروی الک 10 میلیمتری بمانند (دانه های بتن 10 تا 14 میلیمتر آزمایش می شوند). گاهی در صورت نبود اندازه های فوق از اندازه های دیگر نیز می توان استفاده کرد. نمونه ها ابتدا در اون (Oven) تا حدود 110-100 درجه سانتیگراد خشک شده و پس از 4 ساعت در یک قالب استوانه ای ریخته شده و با میله ای به روش استاندارد متراکم می شوند سپس یک استوانه روی دانه ها قرار گرفته و مجموعه در زیر ماشین پرس تحت بار 400 KN (حدود 40 تن) (معادل فشار22.1 Mpa) قرار گرفته و پس از 10 دقیقه که بار به آرامی اضافه شد برداشته شده و دانه ها از الک 2/36 میلیمتر (الک نمره 8) عبور داده می شوند طبق تعریف نسبت وزن مصالح عبور کرده از این الک (مصالح شکسته شده) به وزن کل نمونه «ضریب شکست» یا «ضریب خرد شدگی» دانه ها نام دارد که با ضرب آن در عدد 100 درصد شکستگی یا خرد شدگی دانه ها بدست می آید. سنگدانه هایی که مقاومت فشاری کم دارند دارای ضریب خردشدگی زیاد هستند.

**ب- مقاومت در برابر ضربه (طاقت) (Toughness)**

- طاقت به مقاومت سنگدانه ها در برابر ضربه اطلاق می شود. آزمایش طاقت بسیار شبیه به آزمایش تعیین ضریب خرد شدگی است با این تفاوت که ضربه توسط یک چکش استاندارد که تحت

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

اثر وزن خود 15 بار روی مخزن استوانه ای محتوی دانه های سنگی سقوط می کند بدست می آید. مصالح خرد شده از الک 2/36 میلیمتری عبور داده می شود و ضریبی بر حسب در صد برای نتیجه آزمایش بدست می آید.

**مقاومت در برابر سایش (سختی) (Hardness)**

سختی یا مقاومت در برابر سایش، بخصوص در راههای بتنی و کفهای ساختمانهایی که در معرض رفت و آمد بالا می باشند اهمیت زیادی دارد. برای انجام آزمایش، دانه های سنگی بین 14 تا 20 میلیمتر در یک لایه در سینی مخصوص توسط یک ماده چسبنده کنار هم قرار می گیرند و نمونه توسط یک ابزار استاندارد تحت سایش قرار می گیرد (معمولاً از سمباده هایی از جنس کوارتز)، در صد وزن کم شده از نمونه توسط سایش اندازه گیری می شود که زیاد بودن این درصد نشانه مقاومت کم مصالح سنگی در برابر سایش است. آزمایش دیگر «لوس آنجلس تست» است که در آن مصالح سنگی در یک استوانه فولادی که بصورت افقی دوران می کند ریخته شده و گلوله های فولادی (6 یا 12 عدد بسته به اندازه سنگها) به آنها اضافه می شود پس استوانه به تعداد مشخص دوران می کند. بر اثر برخورد گلوله ها و دانه ها مصالح خرد می شوند و در صد مصالح خرد شده که بصورت پودر در آمده است اندازه گیری می شود.

**مقادیر حداکثر زیر توسط استاندارد انگلستان توصیه شده است:**

- حداکثر 25 در صد برای سنگدانه هایی که در کفهای با سایش شدید بکار می روند.
- حداکثر 30 درصد برای سنگدانه های مصرفی در کفها و سطوح با سایش کمتر.
- حداکثر 45 درصد برای سنگدانه هایی که در بتن معمولی بکار می روند.

**دانسیته حجمی**

در تکنولوژی بتن دانسیته بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب اندازه گیری می شود. دانسیته مطلق زمانی حاصل می شود که بتوان دانه ها را طوری متراکم کرد که هیچگونه فضای خالی بین آنها باقی نماند و چون عملاً چنین چیزی ممکن نیست از دانسیته حجمی (دانسیته ظاهری) استفاده

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

می شود. می توان دانه های سنگی را در استوانه ای به حجم معین ریخت و با وزن کردن آنها جرم واحد حجم یا دانسیته آنها را بدست آورد ولی چون نحوه قرارگیری و تراکم دانه ها بر دانسیته تأثیر دارد دانسیته حجمی در دو حالت بدون تراکم و متراکم بیان شده است. در روش غیر متراکم سنگدانه های خشک به آرامی درون استوانه ای که قطر و ارتفاعش مشخص است ریخته شده و اضافه آن توسط غلت دادن یک میله روی سر استوانه جدا می شود. وزن دانه ها تعیین شده و از تقسیم وزن دانه ها به حجم استوانه (که نماینده حجم دانه ها با در نظر گرفتن فضای خالی بین آنهاست) دانسیته ظاهری (حجمی) بدست می آید. در روش متراکم دانه ها در سه لایه در استوانه ریخته شده و هر لایه با میله ای به قطر 16mm به تعداد معین متراکم می شوند. مشخص است که دانسیته حجمی متراکم بیشتر از دانسیته حجمی غیر متراکم است چون در روش متراکم وزن بیشتری از دانه ها را می توان در همان حجم جا داد . نسبت دانسیته حجمی غیر متراکم به دانسیته حجمی متراکم بین 0/87 تا 0/96 است .

چون نحوه توزیع دانه ها روی دانسیته حجمی موثر است وجود دانه های درشت و ریز در مخلوط لازم است . در حقیقت دانه های ریزتر می توانند فضاهای خالی بین ذرات درشت تر را پر کرده و دانسیته حجمی را افزایش می دهند . حداکثر دانسیته حجمی موقعی بدست می آید که میزان تقریبی ریزدانه ها بین 35 تا 40 درصد کل وزن سنگدانه ها انتخاب شود . تخلخل سنگدانه ها بین صفر تا 50 درصد متغیر است .

**وزن مخصوصی نسبی ( دانسیته نسبی یا توده ویژه )**

وزن مخصوص نسبی ( دانسیته نسبی یا توده ویژه ) به نسبت جرم ( یا وزن ) واحد حجم یک ماده به جرم ( وزن ) همان حجم از آب طلاق می شود :

$$G_S = \frac{\gamma}{\gamma_w} = \frac{P}{P_w}$$

که در رابطه بالا $\gamma$ دانسیته ماده ( وزن واحد حجم ماده $\left[N/m^3\right]$

$\gamma_w$: دانسیته آب ( در دمای استاندارد $\gamma_w = 9806\ N/m^3$ )

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

P : چگالی یا جرم مخصوص ماده ( جرم واحد حجم ماده $\left( {}^{kg}/_{m^3} \right)$ )

$p_w$: چگالی یا جرم مخصوص آب ( در دمای استاندارد $p_w = 1000 \ {}^{kg}/_{m^3}$ ) است .

در مورد دانه های سنگی که دارای خلل و فرج هستند وزن مخصوص نسبی به دو صورت می تواند تعریف شود :

وزن مخصوص مطلق ( توده ویژه مطلق ) : که در آن حجم مواد جامد بدون خلل و فرج در نظر گرفته می شوند .

وزن مخصوص ظاهری ( توده ویژه ظاهری ) : که در آن حجم مواد جامد با در نظر گرفتن حفرات لحاظ می شود .

**مواد مضر سنگدانه ها**

مواد مضر سنگدانه ها ناخالصیهایی هستند که یا ممکن است روی فعل و انفعال هیدراسیون سیمان تأثیر بگذارد و یا بصورت پوششی از ایجاد چسبندگی بین دانه ها و خمیر سیمان جلوگیری کنند. بعضی از این مواد مضر خود بسیار ضعیف هستند و به بتن آسیب می رسانند. همچنین ممکن است سنگدانه ها حاوی نمکهای کلرور و سولفات باشند. مواد مضر سنگدانه ها عبارتند از:

**الف - ناخالصیهای آلی**

مواد آلی روی فعل و انفعالات سیمان تأثیر می گذارند. مواد آلی معمولاً حاصل پوسیدگی مواد گیاهی هستند که در سنگدانه ها و بخصوص ماسه یافت می شوند و با شستن به آسانی از آن جدا می شوند. زغال سنگ، زغال چوب و یا سایر مواد سبک مثل چوب یا مواد الیافی (فیبر) و خاک برگ درختان از این جمله اند. تشخیص مواد آلی سنگدانه ها با آزمایش تشخیص رنگ امکان پذیر است. مواد آلی روی دوام بتن نیز اثر منفی دارند و ممکن است سبب ایجاد لکه در بتن شوند

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

## ب- رس و ذرات بسیار ریز

لای، رس و ذرات بسیار ریز معمولاً بصورت پوششی روی سطح دانه ها را پوشانده و روی چسبندگی دانه ها و خمیر سیمان تأثیر می گذارند. همچنین آنها باعث افزایش آب مخلوط بتن جهت مرطوب شدن همه دانه ها می شوند.

## ج- ناخالصیهای نمکی

معمولاً ماسه هایی که از ساحل دریا یا مصب رودخانه جمع آوری می شوند دارای نمک هستند که با شستن آن با آب تازه از دانه ها جدا می شوند. چنین ماسه هایی بخصوص آنهایی که از بالای سطح داغاب رودخانه جمع آوری می شوند در بتن مسلح خطر زنگ زدگی و خوردگی آرماتور را به همراه دارد تأثیر منفی اینگونه نمکها در دانه های سنگی جذب آب این نمکها و ایجاد شوره است که بصورت ذرات سفید رنگی در سطح بتن ظاهر می گردند.

### دانه بندی سنگدانه ها

توزیع میزان ذرات موجود در مخلوط با اندازه های مختلف را دانه بندی می گویند. الکهایی که برای دانه بندی سنگدانه ها از آنها استفاده می شوند عبارتند از:

برای ریز دانه: الکهای نمره 4، 8، 16، 30، 50، 100

برای درشت دانه: الکهای 6، 3، 1/5، 3/4، 3/8 اینچ و الک نمره 4

که خط تقسیم درشت دانه و ریز دانه الک 5 میلیمتر (نمره 4) است. برای چگونگی انجام عمل دانه بندی و محاسبات مربوطه می توان به کتابهای مکانیک خاک مراجعه نمود. جدول 4-3 ارتباط بین نمره الک با اندازه چشمه آن را نشان می دهد.

**جدول 4-3- رابطه بین نمره الک یا اندازه آن و اندازه چشمه های الک**

| نمره یا اندازه الک | 6 اینچ | 3 اینچ | 1/5 اینچ | 3/4 اینچ | 3/8 اینچ | نمره 4 | نمره 8 | نمره 16 | نمره 30 | نمره 50 | نمره 100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| اندازه چشمه (mm) | 152/4 | 76 | 38 | 19 | 9/5 | 4/75 | 2/38 | 1/18 | 0/595 | 0/297 | 0/149 |

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

مناسب ترین دانه بندی مصالح ریز دانه بستگی به نوع مصرف بتن، مقدار سیمان بتن و حداکثر اندازه دانه های سنگی درشت دانه دارد. مقدار مصالح ریز دانه ای که از الکهای نمره 50 و 100 می گذرد در شکل پذیری بتن تازه و صافی سطح بتن ساخته شده و نیز مقدار آب مصرفی بتن تاثیر دارد. مثلاً برای بتن تیغه ها و کفهایی که لازم است سطح آنها صاف باشد، باید بیش از 15 درصد ماسه از الک شماره 50 گذشته و حداقل 3 تا 4 درصد آن از الک نمره 100 عبور کند. با رعایت این حدود بتن آسان تر شکل می گیرد.

در مورد درشت دانه تا حد خاصی هر چه اندازه دانه ها بزرگتر شود مقاومت بتن افزایش می یابد ولی پس از آن در اثر زیاد شدن فضای خالی بین درشت دانه ها مقاومت کاهش خواهد یافت. شکل 2-4 محدوده مناسب برای دانه بندی ریزدانه ها و درشت دانه ها در بتن را نشان می دهد. در صورتی که دانه بندی مصالح موجود در محدود این دانه بندی ها نباشد باید دانه بندی آنها را با افزودن سنگدانه های مناسب طوری اصلاح کرد تا دانه بندی جدید در محدوده دانه بندی مجاز قرار گیرد

**نکات تکمیلی دانه های سنگی**

دانه های بین 0/06 میلیمتر و 0/02 میلیمتر (0/002 اینچ و 0/0008 اینچ) به لای یا سیلت و مواد ریزتر به رسها طبقه بندی شده اند.

ضریب تخلخل که حجم فضاهای خالی به حجم کل سنگدانه هاست در واقع نمایانگر حجم ملات لازم برای پر کردن فضای خالی بین دانه های درشت است.

وجود میکا، سنگ گچ، سولفاتها و بعضی از سولفورها مثل پیریت آهن در سنگدانه ها مضر است.

دانه بندی تأثیر مهمی بر کارآیی بتن دارد  ولی بطور مستقیم روی مقاومت تأثیر ندارد. تأثیر غیر مستقیم آن این است که برای رسیدن به بتنهای با مقاومت بالا باید بتوان مخلوط را خوب متراکم کرد که حداکثر تراکم در مخلوط با ساختن مخلوطی با کارآیی کافی میسر می شود.

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

1- با کم شدن سطح مخصوص دانه ها آب کمتری برای مخلوط لازم است. در صورت درشت بودن مصالح سطح مخصوص کل کمتر شده و آب لازم نیز کمتر خواهد شبنابراین برای یک کارآیی مشخص و مقدار سیمان معین نسبت آب به سیمان کاهش یافته و مقاومت افزایش می یابد ولی برای قطر دانه ها مقدار حداکثری وجود دارد که بیش اآن نه تنها مفید نیست بلکه بدلیل کم کردن پیوستگی و چسبندگی و ایجاد فضاهای خالی زیاد بین دانه های درشت، مضر نیز خواهد بود. به هر حال وجود ذرات ریز برای پر کردن فضاهای خالی و ایجاد پیوستگی نیز لازم است به همین خاطر آیین نامه ها بر این اساس محدوده دانه بندی را ارائه می دهند که می توان از آنها استفاده کرد.

مصالح سنگی باید به نحوی حمل و انبار شوند که جدا شدن دانه ها از یکدیگر به حداقل رسیده و از آلوده شدن آنها با مواد زیان آور جلوگیری شود.

تورم در مورد ماسه های بسیار ریز دانه (ماسه بادی) بیشتر است. ماسه بادی با رطوبت 10 درصد تا حد 40 درصد تورم حاصل می کند.

مقادیر خاک رس، لای و گرد و خاک به مقادیر زیر محدود شده است:

- در ماسه خرد شده از سنگ: 15 درصد وزنی
- در ماسه طبیعی خرد شده از شن: 3 درصد وزنی
- در سنگدانه های درشت: 1 درصد وزنی

حداکثر مجاز گچ و سولفاتها در سنگدانه های ریز 3 درصد و در سنگدانه های درشت 8 درصد است.

آیین نامه ها مقدار دانه های رد شده از الک No.50 را بین 10 تا 30 درصد مجاز می دانند. در دالها و بتن ریزیهای با ضخامت کم یا در مواردی که بتن با دست ریخته می شود باید از دانه های ریزتر استفاده کرد بطوری که حداقل 15 درصد آن از الک No.50 و 3 درصد آن از الکNo.100 رد شوند.

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

## فصل پنجم

## آب برای مخلوط بتن

یکی از مهمترین عوامل  در کیفت بتن نسبت آب به سیمان است . آب در بتن دو کار اصلی انجام میدهد :

ترکیب شیمیایی با سیمان و انجام هیدراسیون سیمان

ایجاد کارایی و روان لازم برای بتن

آب به دوگونه برروی مقاومت بتن اثر میگذارد

1- تاثیر اساسی مقدار آب در مخلوط در مقاومت بتن

2=کیفت آب بکار رفته در بتن

در مورد آب مصرفی در بتن ذکر این نکته در همینجا لازم است که قید گردد که آب ریخته شده در داخل دستگاه مخلوط کن تنها آب بتن نمی باشد . معمولا سنگدا نه ها دارای رطوبت سطحی میباشند که این آب میتواند قسمت عمده ای از آب اختلاط را تشکیل دهد بنابراین مهم این است که آبی که توسط سنکدانه ها به داخل بتن آورده میشود کنترل گردد .

**مزایای ناشی از کاهش مقدار آب در بتن به صورت فهرست وار در ذیل نام برده شده است:**

1- افزایش مقاومت  فشاری و خمشی بتن

2- افزایش خاصیت آب بندی در بتن

3- کاهش جذب آب در بتن

4- افزایش مقاومت در برابر عوامل جوی

5- پیوستگی بهتر بین لایه های متوالی بتن

6- کاهش تغییرات حجمی در اثر تر و خشک شدن

7- چسپندگی بهتر آرماتور و بتن

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

8- کاهش مقدار افت بتن

9- کاهش مقدار خزش

در اکثر استانداردها آب مناسب برای بتن آبی است که برای آشامیدن مناسب است ولی ممکن است آب مناسب برای ساخت بتن لزوماً قابل آشامیدن نباشد. آبی که ناشناخته است در صورتی می توان در ساخت بتن مصرف کرد که مقاومتهای 7 روزه و 28 روزه نمونه های مکعبی که از آن ساخته شده اند حداقل 90 درصد مقاومت نمونه های مشابهی که با آب آشامیدنی ساخته شده اند گردند.در صورتی که ناخالصیهای آب بیش از حد باشند بر زمان گیرش تأثیر گذاشته و ممکن است باعث شوره زدن یا خوردگی آرماتورها نیز شود. به عنوان یک قاعده کلی هر آبی که PH بین 6 تا 8 داشته و طعم شوری نداشته باشد می تواند برای بتن مصرف شود. این در حالی است که رنگ آب نمی تواند ملاک خیلی مناسبی برای تشخیص خوب یا بد بودن آن برای ساخت بتن باشد. وجود جلبک در آب مخلوط سبب ایجاد حباب هوا در بتن و کاهش مقاومت آن می گردد.در آب یون کلر و یون $So_3$ که یونهای خورنده هستند محدود شده است (یون کلر حداکثر 500 ppm و یون$So_3$ حداکثر 1000 ppm). استفاده از آب دریا که معمولاً حدود 3/5 در صد املاح محلول دارد مقاومت اولیه را بالا می برد و لیکن مقاومت نهایی معمولاً پایین می آید. این آب روی گیرش نیز تأثیر می گذارد ولی تأثیر آن در مقابل مقاومت چندان مهم نیست(استاندارد انگلستان تا حدود 30 دقیقه تغییر در زمان گیرش را مجاز می داند). استفاده از آب دریا بخصوص در مناطق گرمسیر خطر خوردگی فولاد را بالا می برد و استفاده از آن مجاز نیست.

**کربناتها و بی کربناتهای قلیایی:**

کربناتها و بی کربناتهای سدیم و پتاسیم تأثیرات متفاوتی بر زمان گیرش دارند. کربناتها ممکن است باعث گیرش خیلی سریع شوند در حالیکه بی کربناتها ممکن است باعث سریع در گیرش یا تأخیر در گیرش شوند.

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

نمکهای روی، مس، سرب، منگنز و قلع فعال بوده و ممکن است باعث کاهش قابل توجهی در مقاومت شوند ولی نمکهای آهن معمولاً اثر بدی بر مقاومت ندا

## فصل ششم

## بتن تازه (بتن تر)

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

تعریف کارایی: کارایی عبارت است از درجه سهولت ریختن و کارکردن با بتن هر چه ریختن بتن تازه و کارکردن با آن ساده تر باشد بتن از کارایی بالاتری برخوردار است و هر چه کارکردن با بتن سخت تر باشد کارایی آن پایین تر یا کمتر است .

آزمایش استانداردی که برای مشخص کردن درجه کارایی به کار گرفته می شود آزمایش معروف اسلامپ است .

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 کارایی بتن نامند.

این افت می تواند از صفر تا سی سانتیمتر تغییر کند. یعنی بصورت نظری می توانیم تااسلامپ صفر تا سی سانتیمتر را داشته باشیم .

در این حالت خواص بتن از زمانی که اب به پودر سیمان و سنگدانه اضافه می شود تا وقتی که بتن گیرش حاصل کرده و سخت می گردد مورد توجه قرار می گیرد . مقاومت بتن با نسبت های مخلوط معین تحت تاثیر درجه تراکم آن قرار دارد و بنا براین بسیار مهم است که روانی مخلوط

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

بتن تازه در حدی باشد که بتوان آن را به سهولت کافی حمل نمود در جا ریخت متراکم کرد و سطح آن را پرداخت نمود بدون آنکه در خلال این مراحل جدا شدگی صورت گیرد

بسیاری از خواص بتن خشک شده به مقدار تراکم بتن تازه وابسته است. بتن تازه باید آنقدر کارآیی و روانی داشته باشد که بتوان آن را کاملاً متراکم کرد. بعلاوه بتوان آن را به آسانی حمل نمود و در قالبها ریخت.

## کارآیی (Workability)

در تعریف کارآیی بصورت مقدار کار مفید داخلی برای ایجاد تراکم کامل بیان شده است. گاه از واژه روانی نیز برای بیان حالت بتن تازه استفاده می شود ولی در عمل ممکن است بتنهای با روانی یکسان کارآیی متفاوت داشته باشند. از آنجا که مقاومت بتن با افزایش دانسیته افزایش می یابد و افزایش دانسیته با کم کردن تخلخل و فضاهای خالی امکان پذیر است. اهمیت ساخت بتن متراکم مشخص می شود. افزایش تخلخل مقاومت را به شدت کاهش می دهد مثلاً اگر 5 درصد فضای خالی در بتن وجود داشته باشد مقاومت آن تا 30 در صد کاهش می یابد. وجود این فضاهای خالی یا بدلیل حبابهای محبوس شده است که به دانه بندی ذرات ریز مخلوط بستگی دارد و یا بدلیل فضاهایی است که در اثر خارج شدن آب اضافی در مخلوط باقی می مانند که به نسبت آب به سیمان بستگی دارد. هر چه نسبت آب به سیمان بیشتر باشد این فضاهای خالی بیشترند ولی باید توجه داشت که از طرفی هر چه بتن خیس تر باشد حبابهای نوع اول (حبابهای محبوس) بهتر می توانند خارج شوند.

### عوامل موثر بر کارآیی

کارآیی بتن تازه به عوامل مختلفی از جمله مقدار آب، نوع سنگدانه ها و دانه بندی آنها، نسبت سنگدانه به سیمان، وجود افزودنی ها و ریزی سیمان بستگی دارد ولی مهمترین عامل میزان آب

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

است. آب بیشتر باعث کم شدن اصطکاک بین اجزا و روان تر شدن بتن می شود.ذرات ریزتر بدلیل سطح مخصوص بیشتر به آب بیشتری برای تر نمودن سطح خود نیاز دارند. دانـه هـای نـامنظم بـا بافت خشن نسبت به دانه های گرد به آب بیشتری نیاز دارند. تخلخل و جذب آب مصـالح سـنگی نیز اهمیت دارد چون می تواند آب مخلوط را که بـرای روان شـدن بـتن لازم اسـت جـذب کـرده وکارآیی را کاهش دهد.سنگدانه های سبک تمایل به کم کـردن کـارآیی دارنـد.اگـر نسـبت آب بـه سیمان ثابت باشدبا کاهش نسبت سنگدانه به سیمان کار آیی افزایش می یابد.در صورتی که نسـبت درشت دانه به ریزدانه زیاد باشد باعث خشن شدن مخلوط و کاهش کارآیی می شود .ریزی سیمان تاثیر کمی بر کار آیی دارد .هر چه ذرات سیمان ریزتر باشدآب بیشتری برای هیـدره شـدن آن لازم است.

**آب انداختن بتن (آبدهی بتن) (Bleeding)**

آب انداختن بتن در واقع نوعی جدایی در بتن است که در اثرآن قسـمتی از آب مخلـوط بـه سـطح بتن آمده و از دانه ها جدا می شود. علت این امر ناتوانی ذرات جامـد (سـیمان و سـنگدانه هـا) در نگه داشتن همه آب مخلوط بین خود است.

**آب انداختن بتن اثرات منفی زیر را برای بتن در بر دارد:**

1. در اثر آب انداختن بتن لایه بـالایی پـر آب شـده و بـا ریخـتن لایـه بعـدی بـر روی آن و محبوس شدن این آب اضافی که نمی تواند جذب ذرات شـود لایـه ای بسـیار ضـعیف و متخلخل و کم دوام بین دو لایه ایجاد می شود.
2. با بالا آمدن آب مقداری از آب در زیر سنگدانه های درشت یا زیر آرماتورها محبوس شده و ناحیه ای با چسبندگی ضعیف ایجاد می کنند و چون فضاهای خالی ایجاد شده در یـک جهت قرار می گیرد در نتیجه نفوذ پذیری بتن در صفحه افقی افزایش می یابد.

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

3. آب انداختن بتن مخصوصاً در دالهای نازک و روسازیها خطر یخبندان بتن را تشدید می کند.
4. آب بالا آمده ممکن است با خود مقدار قابل توجهی از ذرات سیمان را به بالا و سطح بتن بیاورد این امر اولاً باعث کاهش مقاومت بدلیل کم شدن سیمان می شود و ثانیاً چون لایه ای از شیره بتن روی سطح تشکیل می شود ایجاد یک لایه ضعیف و کم مقاومت در برابر سایش مخصوصاً در دالها می کند. به همین خاطر باید همواره چنین سطحی با برس زدن و شستن از سطح بتن پاک شود.
5. فضاهای خالی ایجاد شده ناشی از بالا آمدن آب ایجاد ترکهای مویی در بتن می کنند که این ترکها بخصوص در مقاطعی که تحت خمش قرار می گیرند خطرناک است.

**عوامل موثر بر آب انداختن بتن**

آب انداختن بتن به میزان آب مخلوط بستگی دارد. نوع و کیفیت و خواص سیمان نیز در آب انداختن بتن مؤثر است. هر چه ذرات سیمان ریزتر باشند آب انداختن کمتر است. سیمانهای با خاصیت قلیایی بالا آب انداختن را کاهش می دهد.بالا بودن $C_3A$ در سیمان یا اضافه کردن کلرورکلسیم ($Cacl_2$) به سیمان آب انداختگی را کاهش می دهد. (البته همانطور که قبلاً گفته شد این مواد اثرات نامناسب جانبی در بتن ایجاد می کنند.) دمای هوا در سرعت آب انداختن مؤثر است. دمای بالاتر سرعت آب انداختن را زیاد می کند ولی در کل ظرفیت آب انداختن بتن بی تأثیر است. مخلوطهای پرعیار (با سیمان بالا) نسبت به مخلوطهای کم عیار خطر آب انداختن کمتری دارند اضافه کردن پوزولانها و یا پودر آلومینیم مقدار آب انداختن بتن را کاهش می دهند اضافه کردن مواد حباب زا خطر آب انداختن بتن را کم می کند. عمق بتن ریزی در مقدار آب انداختن بتن مؤثر است. هر چه ضخامت کمتر باشد مقدار آب انداختن بتن بیشتر است چون آب

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

مسیر کوتاهتری را باید برای رسیدن به سطح بپیماید.آب انداختن بتن همیشه پدیده ای مضر نیست. اگر با اثرات جانبی توأم نباشد و آب بتواند تبخیر شود و سیمانی به همراه آب بالا نیاید با کاهش نسبت آب به سیمان مقاومت افزایش می یابد ولی این افزایش مقاومت زیاد نیست و اصولاً به خاطر طبقات منفی بیشتر بهتر است از آن جلوگیری بعمل آید.

**جدایی دانه ها (Seggregation)**

در بتن نباید دانه ها و ملات جدا شوند. جدایی در مخلوطهایی که دارای چسبندگی مناسبی هستند رخ نمی دهد. جدایی باعث بر هم خوردن یکنواختی پخش ذرات و ناهمگن شدن مخلوط می شود و بیشتر بستگی به نحوهٔ حمل و ریختن بتن دارد. جدایی معمولاً به یکی از دو صورت زیر دیده می شود:

1. جدایی در مخلوطهای خشک که در آن دانه های درشت تر (مثلا به علت حرکت سریعتر در شیبها) نسبت به ریز دانه ها تمایل به جدا شدن از بقیه دانه ها دارند.
2. این نوع جدایی بیشتر در مخلوطهای آبدار مشاهده می شود که در آن دو غاب (مخلوط سیمان و آب) از سایر اجزای مخلوط جدا می شود.

در بعضی از دانه بندی ها که مخلوط خیلی خشک است نوع اول جدایی اتفاق می افتد. با افزایش آب چسبندگی مخلوط افزایش می یابد ولی وقتی مخلوط بسیار آبدار می شود نوع دوم اتفاق می افتد. علاوه بر دانه بندی که در جدایی دانه های مخلوط مؤثر است، گسترش بیشتر آن به روشهای حمل و ریختن بتن بستگی دارد.

**توصیه های زیر در این باره برای کم کردن خطر جدایی مؤثرند:**

الف ـ اگر بتن به مسافتهای طولانی حمل نشود و مستقیماً توسط چرخهای دستی، دامپر یا وسایل دیگر حمل و در محل خود ریخته شود خطر جدایی دانه ها کم می شود.

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

ب ـ پرتاب بتن از یک فاصله قابل ملاحظه به داخل قالب و یا عبور آن از ناودانیهای طولانی (سرسره یاشوت) خصوصاً اگر با تغییر جهت هم همراه باشد به جدایی بیشتر کمک می کند. در صورتی که مجبور به قبول چنین شرایطی برای بتن ریزی باشیم باید از بتنی با چسبندگی بالا استفاده کرد.

ج ـ باید از پخش کردن یک توده بلند بتن در قالب توسط ویبراتور به فاصله یا سطح زیاد خودداری کرد.

د ـ با وجود آنکه برای ساخت یک بتن متراکم لرزاندن آن اهمیت زیادی دارد ولی در صورت استفادهٔ ناصحیح از ویبراتور و لرزاندن طولانی مدت بتن جدایی اتفاق افتاده و ذرات درشت در کف قالب و دو غاب در بالای آن جمع می شوند.

ه ـ استفاده از مواد هوازا در بتن خطر جدایی دانه ها را کم می کند.

و ـ از بین آزمایشهایی که برای تعیین کارایی مورد استفاده قرار می گیرند آزمایش میزسیلان تصویر مناسبی از چسبندگی مخلوط را نشان می دهد.

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

فصل هفتم

## بتن ریزی و دستگاههای مربوطه

برای بتن ریزی ابتدا مقادیر صحیح سیمان، مصالح سنگی، آب و در صورت لزوم مواد افزودنی پیمانه شده و در مخلوط کنها مخلوط می شوند. این بتن تازه از محل ساخت به محل نهایی حمل شده و در قالبهای از پیش آماده شده ریخته شده و متراکم می شود تا با وزن مخصوص بالاتری سخت شود و به این ترتیب بتن با کیفیت بالاتری تولید شود.

بتن باید طوری مخلوط شود که تمامی مواد تشکیل دهندهٔ آن به صورت همگن در مخلوط کن پخش شوند. قبل از پرکردن مجدد، باید مخلوط کن را به طور کامل تخلیه کرد. مخلوط کن را باید با سرعت توصیه شده توسط کارخانهٔ سازنده چرخاند.

مخلوط کنها (بتونیرها یا میکسرها)

بطور کلی دو نوع مخلوط کن وجود دارد: دستگاههای مخلوط کن ثابت و متحرک

1- دستگاههای مخلوط کن ثابت

ساده ترین و معمول ترین نوع مخلوط کنها، مخلوط کنهای پیمانه ای هستند که در آنها مصالح با هم مخلوط شده، خالی شده و سپس پیمانه دیگری از مصالح وارد مخلوط کن می شود. امروزه این مخلوط کنها در چهار نمونه ساخته می شوند:

الف ـ مخلوط کنهای کج شونده : در این نوع مخلوط کنها مصالح پس از اختلاط با کج کردن ظرف مخلوط کن تخلیه می شوند. پره هایی در داخل ظرف مخلوط کن تعبیه شده است. تخلیه مصالح این مخلوط کنها بسیار سریع است وبرای مخلوطهای با کارآیی پائین و مخلوطهایی با دانه های سنگی نسبتا درشت مناسبند.

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

ب ـ مخلوط کنهای غیر کج شونده: این نوع مخلوط کنها دارای محوری افقی بوده و تخلیه مصالح با وارد کردن یک ناودانی به داخل مخلوط کن و یـا دوران دادن مخلـوط کـن در خـلاف جهـت اولیـه صورت می گیرد.

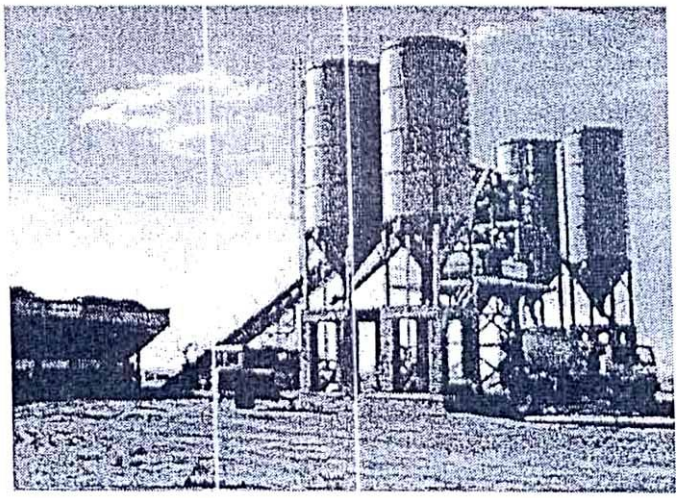
ج ـ مخلوط کنهای تغاری : این نوع مخلوط کنها از یک ظرف دایره ای شکل که حـول محـور خـود می چرخد و نیز یک یا دو میلهٔ پره دار که حول محور قائمی مـی چرخنـد تشـکیل شـده اسـت. در بعضی از نمونه ها ظرف تغاری شکل ثابت بوده و میله های پره دار علاوه بر چرخش حول محور قائم خود روی مدار دایره ای شکل دوران می کنند. همهٔ قسمتهای بتن به خوبی مخلوط شـده و توسـط تیغه ای که در گوشه تعبیه شده است از چسبیدن مخلوط به جدارهٔ مخلوط کن جلوگیری می شود. ارتفاع پره ها طوری تنظیم می شود که از تشکیل لایه ای از مـلات در تـه مخلـوط کـن خـودداری شود. این نوع مخلوط کنها مخصوصاً برای مخلوطهای سفت و چسبنده مناسب بوده و بـرای سـاخت بتنهای پیش ساخته و ساختن مقدار کم بتن در آزمایشگاهها کاربرد دارند.

دـ مخلوط کنهای دوقلو : از این نوع مخلوط کنها بیشتر در ساختن راههای بتنی استفاده مـی شـود .بتن مدتی در یکی از تغارهای مخلوط کن مخلوط شـده و سـپس بـه مخلـوط کـن دوم مـی رود و سپس تخلیه می شود. در این زمان تغار اول از پیمانه جدید پر شده و همین سیکل تکرار می شـود. در ایـن روش بـازدهی بـتن بیشـتر شـده و در سـاخت روسـازیهای بتنـی کـه در فضـا و دسترسـی محدودیتهایی وجود دارد مناسب است.

توجه : دستگاههای مرکزی بتن (بچینگ پلانت[1]) که نوعی ماشینهای بتون سـاز ثابـت هسـتند نیـز وجود دارند که در مرکز تهیه بتن نصب شده و از مخازن مختلـف شـن و ماسـهٔ دانـه بنـدی شـن را انتخاب کرده و با مخلوط کردن با آب و سیمان بتنهای استاندارد تولیـد مـی کنـد (شـکل 7-1) . از طریق این سیستمهای مرکزی امکان اتصال به کامپیوتر و کنترل اختلاط وجود دارد.

[1] Batching Plant

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)



شکل 7-1- بچینگ پلانت

2- دستگاههای مخلوط کن متحرک

مهمترین نوع این مخلوط کنها «تراک میکسرها» هستند. تراک میکسرها مخازنی هستند که روی کامیونها، یدک کشها و تریلرها نصب می شوند و اختلاط بتن را در حین جابجایی آن امکان پذیر می کند. این مخلوط کنها برای انتقال بتن در مسافتهای طولانی مناسبند. معمولاً مصالح خشک به داخل تراک میکسر ریخته شده و در حین حمل به وسیلهٔ یک منبع و یک پمپ آب لازم به داخل میکسر ریخته و پس از مخلوط کردن بتن آماده می شود. بتونیرها در مدت 8 ساعت کار قادرند 20 تا 60 متر مکعب و ایستگاههای مرکزی بتن 100 تا 250 متر مکعب بتن بسازند.

توصیه هایی در مورد اختلاط بتن

حداقل زمان لازم برای اختلاط 1/5 دقیقه است مگر اینکه با آزمایش های لازم ثابت شود زمان کوتاهتری هم می تواند مورد قبول واقع شود. این مدت می تواند تا 2 الی 30 دقیقه نیز افزایش یابد. دستگاههای بتن ساز را باید در پایان کاملاً شسته و تمیز کرد بطوری که چیزی از مخلوط در داخل دیگ باقی نماند . نباید اجازه داد که تکه های بتن در روی قسمتهای مختلف دیگ باقی بمانند و سخت شوند. برای توقفهای بیش از 1/5 ساعت باید حتماً دیگ را شست. روش صحیح تمیز کردن بدین صورت است که ابتدا نصف حجم مخزن شن درشت ریخته شده و به مدت 5

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

دقیقه آن را مخلوط می کنند تا شن درشت در اثر سایش تکه های بتن را از سطح دیگ جدا کند بعد شن را خالی کرده و داخل دیگ را با فشار آب می شویند.

آماده سازی محل بتن ریزی

قبل از بتن ریزی باید محلی که بتن قرار است در آنجا ریخته شود را آماده کرد. تمامی مواد زاید مثل یخ باید از محل های بتن ریزی برداشته شوند. قالبها به نحو مناسبی تمیز و اندود گردند. مصالح بنایی که در تماس با بتن خواهند بود باید به خوبی خیس شوند. تمام میلگردها قبل از بتن ریزی کاملاً تمیز شده و عاری از پوشش های آلاینده باشند. قبل از ریختن بتن باید آب اضافه از محل بتن ریزی خارج شود، مگر اینکه استفاده از قیف و لولهٔ مخصوص بتن ریزی در آب (ترمی) مورد نظر باشد و یا دستگاه نظارت آن را مجاز بداند . قبل از ریختن بتن جدید روی بتن سخت شدهٔ قبلی باید لایهٔ ضعیف احتمالی سطح بتن و هر نوع مادهٔ زاید دیگر زدوده شود.

وسایل حمل و انتقال بتن

این وسایل را بطور کلی می توان در دو دسته طبقه بندی نمود:

1- وسایل انتقال افقی بتن  2- وسایل انتقال عمودی و روی سطوح شیب دار

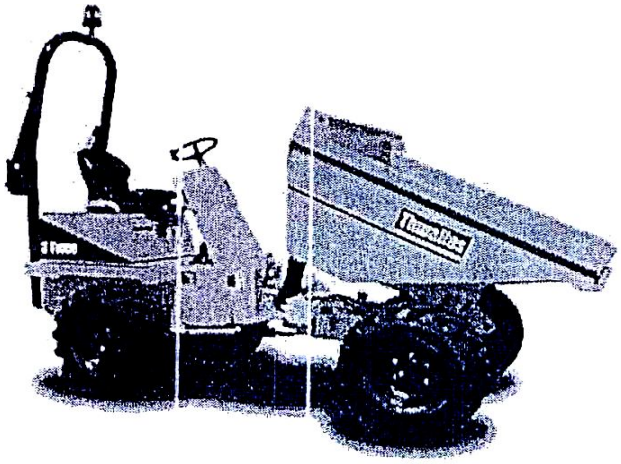
1- وسایل انتقال افقی بتن :

الف ـ چرخ دستی و ارابه : با این روش حجم محدودی از بتن را می توان به کمک کارگر جابجا کرد. حداکثر وزن مصالح جابجا شده در حدود 150 کیلوگرم است.

ب ـ دامپر : وسیله ای مکانیکی است که می توان توسط آن حجم معینی از بتن را حمل کرد. حداکثر ظرفیت مخزن آن 2/5 متر مکعب است. مخزن روی یک خودروی کوچک که می تواند توسط یک راننده هدایت شود قرار گرفته است. تخلیه بتن از این دستگاه می تواند از مقابل، پهلو یا از هر سه طرف (پهلوها و مقابل) انجام شود. در بعضی نمونه ها برای بتن ریزی در قالبهای با ارتفاع

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

بلندتر مخزن توسط یک جک با کنترل راننده بالا رفته و می تواند مصالح را در قالب تخلیه کند (شکل 7-2).



ج ـ کامیون کمپرسی : برای حمل بتن در حجم زیاد از این وسیله استفاده می شود. در موقع حمل بتن با کامیون باید دقت کرد که بتن دچار جدایی نشود. برای مسافتهای زیاد و طولانی کامیون کمپرسی وسیلهٔ مناسبی نیست.

د ـ تراک میکسر : از این وسیله علاوه بر مخلوط کردن بتن می توان برای بتن ریزی نیز استفاده کرد. این وسیله برای انتقال بتن در مسافتهای طولانی کاربرد دارد.

2- وسایل انتقال عمودی و روی سطح شیب دار

الف ـ سطوح شیب دار(سرسره): اگر ارتفاع بتن ریزی از 3 متر تجاوز کند، رها کردن بتن از این ارتفاع در قالب باعث جدایی دانه ها می شود. در این حالتها یک سطح شیب دار ساخته می شود تا در اثر تخلیه بتن جابجایی مصالح درشت از مصالح ریز صورت نگیرد. استفاده از سطوح با شیب زیاد نیز مناسب نیست و دانه های درشت بر اثر سرعت زیادتر از دانه های ریز جدا می شوند. در صورتی که مسافت نسبتاً طولانی و اختلاف ارتفاع قابل ملاحظه باشد از تسمه نقاله استفاده می شود.

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

ب ـ جرثقیل و جام : در ساختمانهای بلند از این وسیله استفاده می شود. جامها می توانند تا ظرفیت 2 مترمکعب بتن را در هر نوبت جابجا کنند. بتن داخل جام از طریق دریچه ای که زیر آن واقع است توسط یک اهرم باز شده و تخلیه می شود.

ج ـ پمپ : در جاهایی که امکان حمل بتن با وسایل معمولی وجود نداشته باشد یا حمل بتن به شیوه های دیگر غیر اقتصادی باشد از پمپ استفاده می شود. ظرفیت پمپ های فشرده (پمپهای کوچک قابل حمل) طوری است که قادرند تا مسافت افقی 90 متر و ارتفاع 30 متر بتن را انتقال دهند. با پمپهای پیستونی می توان بتن را تا مسافت افقی 450 متر و ارتفاع 40 متر انتقال داد.

در انتقال بتن توسط پمپ، حداکثر نسبت اندازهٔ سنگدانه ها به کوچکترین قطر داخلی لولهٔ انتقال بتن نباید از مقادیر زیر تجاوز کند :

الف ـ 0/33 برای سنگدانه های تیز گوشه

ب ـ 0/40 برای سنگدانه های کاملاً گردگوشه

لرزاندن بتن (ویبره)

برای حذف هوای محبوس و نزدیک کردن ذرات جامد به یکدگر توسط دستگاه لرزاننده (ویبراتور) لرزاندن و ارتعاش بتن صورت می گیرد. با این وسیله مخلوطهای خشک و چسبنده در مقایسه با روش دستی بخوبی متراکم شده و بتنی با مقاومت خوب و سیمان کمتر بدست می آید البته این صرفه جویی در مصرف سیمان با هزینه دستگاه لرزاننده و نیاز به قالبهای محکمتر جهت استفاده از این وسایل جبران می شود.

لرزاندن بتن معمولاً به یکی از طریقه های زیر انجام می شود:

1- لرزاننده درونی : این روش معمولی ترین نوع لرزاندن بتن است. این دستگاه ازیک سر مرتعش کننده که توسط یک میلهٔ انعطاف پذیر به یک موتور متحرک متصل است تشکیل شده است.

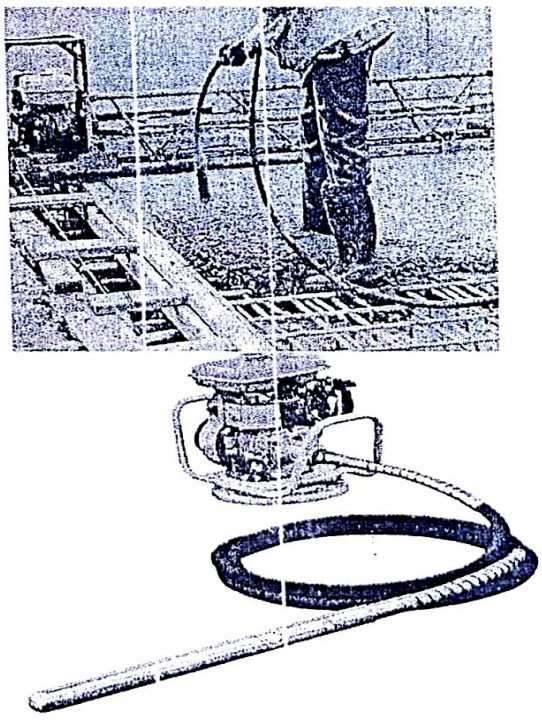
سر خرطومی شکل دستگاه وارد بتن شده و با ایجاد لرزش یکنواخت باعث تراکم آن می شود. در پایان عمل تراکم بتن نباید کرمو و متخلخل و با رو زدن زیاد شیره ملات همراه باشد. سر ویبراتور

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

باید به آهستگی از بتن بیرون آورده شود تا سوراخ ایجاد شده خود به خود پرشده و هوایی در داخل بتن باقی نگذارد.

فاصله نقاطی که سر ویبراتور در آنها فرو میرود حدود 50 سانتی متر توصیه شده است. ضخامت بتن برای ویبره نباید از 50 سانتی متر بیشتر باشد، در غیر اینصورت هوای محبوس به راحتی نمی تواند از بتن خارج شود. اصولاً هر چه کارایی بتن بیشتر باشد ویبرۀ کمتر و هر چه کارآیی آن کمتر باشد ویبرۀ بیشتری مورد نیاز است. توصیه شده است که سر ویبراتور بین 5 تا 30 ثانیه در بتن نگه داشته شود.

شکل 7-3 یک ویبراتور داخلی و نحوۀ استفاده از آن را برای لرزاندن بتن نمایش می دهد.



**شکل 7-3- ویبراتور داخلی و نحوۀ ویبره کردن**

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

2- لرزاننده خارجی : این نوع لرزاننده بر روی یک تکیه گاه به قالبها متصل شده و قالب و بتن هر دو لرزانده می شوند. قالب باید به اندازهٔ کافی محکم باشد تا دوغاب سیمان در اثـر لرزیـدن قالـب خارج نشود. لرزاننده های خارجی معمولاً برای بتنهای پیش ساخته و یا قطعات بتنی در کارگاه کـه شکل و ضخامت کم آنها برای لرزاننده های داخلی مناسب نیست بکار می روند. در این روش لایه های بتن ریزی نباید خیلی ضخیم باشند چون در غیر این صورت هوا به راحتـی نمـی توانـدخارج شود (چکش الکتریکی برای نمونه های آزمایشگاهی از جمله ی لرزاننده هاست).

3- میزهای لرزاننده : که مناسب ترین وسیله تراکم بتن برای قطعات پیش ساخته بـوده و ارتعـاش یکنواختی در بتن ایجاد می کنند. آنهـا همچنـین بـرای نمونـه هـای آزمایشـگاهی مناسـبند. اصـول ارتعاش و لرزش در اینگونه لرزاننده ها مشابه ویبراتورهای خارجی است

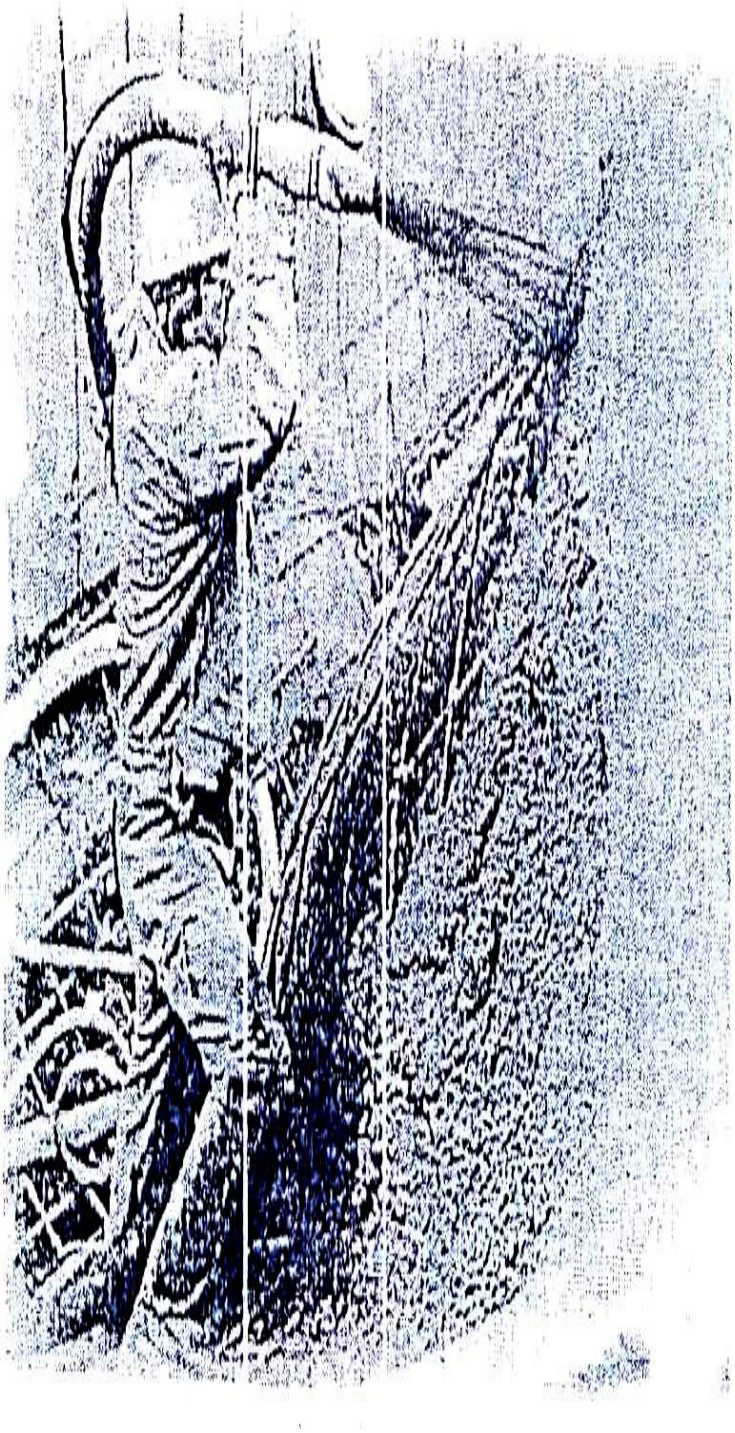
**بتن پاشی (شاتکریت)[1]**

پاشیدن سریع بتن توسط شیلنگ به کمک فشار باد و با سرعت زیاد بر روی سطوح را شاتکریت یا گنایت می گویند. این شیوه برای ملاتهای با حداکثر قطر دانـه 5 میلیمتـر و بـرای پوشـش داخلـی تونلها، تانکها و مخازن بتن ، تعمیرات بتنهای خراب شـده، پایـدار کـردن صـخره هـای شـیب دار، پوشش فولاد برای ضد آتش کردن آن و ایجاد لایهٔ نازک روی بـتن و آجـر کـاربرد دارد. بـا کامـل کردن ضخامت بتن پاشیده شده می توان ضخامت را به 100 میلیمتر نیز رساند .

[1] . Shotcrete

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

شکل 7-4 نحوهٔ بتن پاشی را نمایش می دهد.



**شکل 7-4- بتن پاشی (شاتکریت**

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

فصل هشتم

## خصوصیات بتن سخت شده

مقاومت فشاری بتن مهمترین ویژگی بتن سخت شده است و معیار پـذیرش بـتن قـرار مـی گیـرد. تخلخل بتن به عنوان نقطه ضعف بتن مطـرح اسـت کـه باعـث کـاهش قابـل تـوجهی در مقاومـت می شود. عامل اساسی و مهم نسبت آب به سیمان (W/C) در مخلوط بتن اسـت و نسـبت مصـالح، کارایی، بزرگترین اندازهٔ دانه های سنگی و دیگر عوامل در درجات بعدی اهمیت در تأثیر بر مقاومـت بتن قرار می گیرند. با فرض تراکم کامل و در یک سن معین مقاومت بتن بـا نسـبت آب بـه سـیمان بطور معکوس متناسب است (قانون آبرام). مقاومت بتن با سن بتن نسبت مستقیم دارد مثلاً مقاومت فشاری بتنهای 28 روزه از مقاومت فشاری بتنهای 7 روزه بیشتر است. جدول 8-1 درصـد مقاومـت فشاری بتن برای سنین مختلف را نسبت به سیمان تیپ 1 نشان می دهد. بـه عنـوان مثـال جـدول نشان می دهد که مقاومت 28 روزهٔ سیمان نوع 1 در حدود 1/43 برابر مقاومت 7 روزهٔ آن است (یـا به عبارت دیگر مقاومت 7 روزه در حدود هفتاد درصد مقاومت 28 روزهٔ آن خواهد بود).

جدول 8-1 درصد مقاومت فشاری بتن برای سنین مختلف نسبت به سیمان تیپ 1

| نوع سیمان | مقاومت یک روزه | مقاومت 3 روزه | مقاومت 7 روزه | مقاومت 28 روزه |
|---|---|---|---|---|
| نوع 1 | 000000 | 64 | 100 | 143 |
| نوع 2 | 00000 | 54 | 89 | 143 |
| نوع 3 | 64 | 125 | 000 | 00000 |
| نوع 4 | 00000 | 0000 | 36 | 89 |
| نوع 5 | 00000 | 43 | 71 | 107 |

در طراحیها معمولاً مقاومت فشاری 28 روزه بتن مورد اسـتفاده قـرار مـی گیـرد کـه آن را بـا $f'_c$ نمایش می دهند مثلاً $f'_c = 280\ \mathrm{kg/cm^2}$ نشاندهنده مقاومت فشاری 28 روزه معـادل 280 کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است. برای انجام واکنشهای شیمیایی 20 درصد وزن آب به سـیمان لازم است (W/C=0.2) ولی این مقدار آب کارآیی بتن را بسیار کم می کند. عملاً کار کردن با بتنی که

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

دارای نسبت آب به سیمان کمتر از 40 درصد باشد امکان پذیر نیست. معمولاً نسبت آب به سیمان در بتنهای با مقاومت معمولی حدود 50 درصد و برای بتنهای کم مقاومت تر (مثلاً $200kg/cm^2$) این نسبت به حدود 60 درصد و برای بتنهای مگر (بتن پاکیزگی) تا 70 درصد هم می تواند افزایش یابد (جدول 9-3 در انتهای فصل نهم را ملاحظه کنید).

برای ساخت بتن های مرغوب با استفاده از روان کننده های قوی مصرف آب را تا 25 درصد وزن سیمان (W/C=0.25) نیز می رساند. مثلاً به عنوان نمونه طبق آیین نامه ACI برای مقاومت 28 روزه حدود $250kg/cm^2$ (حدود 25 مگاپاسکال) برای بتن بدون حباب زایی نسبت آب به سیمان معادل 62 درصد توصیه شده است. در حالیکه برای مقاومت حدود مثلاً $300kg/cm^2$ این نسبت 55 درصد است. یعنی با یک کاهش 7 درصدی در نسبت آب به سیمان در حدود 50 کیلوگرم بر سانتی متر مربع می توان به مقاومت سیمان افزود. باید توجه داشت که نسبتهای فوق مطلق نیستند و بستگی کاملی به مقدار کارآیی لازم و بزرگترین اندازهٔ دانه های سنگی دارند. با کارآیی ثابت هر چه بزرگترین اندازهٔ دانه های سنگی بیشتر شود آب کمتری برای مخلوط لازم است. در حالیکه با یک اندازه دانه های سنگی ثابت هر چه کارآیی بیشتری مورد نظر باشد آب بیشتری لازم است.

آزمایش مقاومت فشاری بتن روی نمونه های مکعبی و استوانه ای استاندارد انجام می شود نمونه های مکعبی به ضلع 20 سانتیمتر و نمونه های استوانه ای به قطر 15 سانتی متر و ارتفاع 30 سانتیمتری هستند. مقدار مقاومتی که نمونه های استوانه ای نشان می دهند از مقدار مقاومتی که نمونه های مکعبی نشان می دهند کمتر است، این در حالی است که مقاومتی که نمونه های استوانه ای نشان می دهند به مقاومت واقعی بتن نزدیکتر است و بهتر است که این مقاومت ملاک عمل قرار گیرد. مقاومت نمونه های مکعبی را معمولاً با $f_{cu}$ نشان می دهند.

برای تبدیل مقاومت نظیر نمونهٔ مکعبی استاندارد به نمونهٔ استوانه ای استاندارد می توان از رابطهٔ زیر استفاده کرد که در آن ضریب $\phi$ از جدول 8-1 بدست می آید :

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

$\phi$ / (مقاومت نظیر نمونهٔ مکعبی استاندارد) = مقاومت نظیر نمونهٔ استوانه ای استاندارد

جدول 8-1 ضریب تبدیل مقاومت نمونهٔ مکعبی به استوانه ای

| مقاومت نمونهٔ مکعبی (Mpa) | کوچکتر از 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\phi$ | 1/25 | 1/2 | 1/17 | 1/14 | 1/13 | 1/11 | 1/1 |
| مقاومت نمونهٔ استوانه ای (Mpa) | با توجه به ضریب | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |

گاهی اوقات ممکن است دسترسی به نمونه های مکعبی یـا اسـتوانه ای بـا ابعـاد اسـتاندارد مقـدور نباشد. در اینصورت می توان از قالب های با ابعاد دیگر استفاده کرد و مقاومت های بدست آمده را با استفاده از روابط زیر به مقاومت های نظیر نمونه های استاندارد تبدیل کرد. ضریب $\phi_1$ برای تبـدیل مقاومت نمونه های استوانه ای غیراستاندارد به استاندارد و ضریب $\phi_2$ برای تبـدیل مقاومـت نمونـه های مکعبی غیراستاندارد به استاندارد به کار می روند و بـه ترتیـب از جـدولهای 8-2 و 8-3 قابـل حصول هستند.

$\phi_1$ / (مقاومت نظیر نمونهٔ استوانه ای a x 2a ) = مقاومت نظیر نمونهٔ استوانه ای استاندارد

جدول 8-2 – ضریب تبدیل مقاومت نمونهٔ استوانه ای غیراستاندارد به استاندارد

| a x 2a | 10 x 20 | 15 x 30 | 20 x 40 | 25 x 50 | 30 x 60 |
|---|---|---|---|---|---|
| $\phi_1$ | 1/02 | 1/00 | 0/97 | 0/95 | 0/91 |

$\phi_1$/ (مقاومت نظیر نمونهٔ مکعبی به ابعاد b) = مقاومت نظیر نمونهٔ مکعبی استاندارد

جدول 8-3- ضریب تبدیل مقاومت نمونهٔ مکعبی غیراستاندارد به استاندارد

| b | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
|---|---|---|---|---|---|
| $\phi_2$ | 1/05 | 1/00 | 1/00 | 0/95 | 0/9 |

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

دیگر خصوصیات فیزیکی و مکانیکی بتن

علاوه بر مقاومت فشاری بتن، مهم ترین خصوصیات بتن سخت شده عبارتند از:

1- وزن مخصوص: وزن مخصوص بتن بستگی به بزرگترین اندازهٔ دانه های سنگی داشته و از جدول 6-9 در انتهای فصل نهم قابل تخمین است. بتن های معمولی که بصورت عادی با سیمان های معمولی تیپ 1 تا 5 ساخته می شوند دارای وزن مخصوص 2200 تا 2500 کیلوگرم بر مترمکعب هستد که این محدوده به دلیل تفاوت در جنس دانه ها و نیز تراکم بتن است.

2- ضریب الاستیسیته: بر خلاف فولاد، مدول الاستیسیتهٔ بتن مقدار ثابتی نیست و بستگی به مقاومت فشاری آن ( $f'_c$ ) دارد. روابط متعددی برای ارتباط دادن ضریب الاستیسیته و مقاومت فشاری بتن ارائه شده است. مثلاً آیین نامهٔ ACI رابطهٔ زیر را پیشنهاد می کند:

$$E_c = 0.135\, W_c^{1.5} \sqrt{f'_c} \qquad (kg/cm^2)$$

که در آن $W_c$ وزن مخصوص بتن است. رابطه فوق برای بتن های معمولی با وزن مخصوص متوسط 2350 کیلوگرم بر متر مکعب به صورت زیر در خواهد آمد:

$$E_c = 15000 \sqrt{f'_c} \qquad (Gpa)$$

به عنوان مثال ضریب الاستیسیتهٔ بتن برای چهار نوع مختلف بتن با استفاده از رابطهٔ فوق به ترتیب جدول 8-4 محاسبه می شود.

جدول 8-4 حدود ضریب الاستیسیتهٔ بتن برای چهار نوع مختلف بتن

| $f'_c$ $(kg/cm^2)$ | 160 | 200 | 240 | 280 |
|---|---|---|---|---|
| $E_c$ $(kg/cm^2)$ | $1.9 \times 10^5$ | $2.1 \times 10^5$ | $2.3 \times 10^5$ | $2.5 \times 10^5$ |

(مقایسه کنید با مقدار مدول الاستیسیتهٔ فولاد که در حدود $2.0 \times 10^6$ $kg/cm^2$ است).

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

3- ضریب پواسون: ضریب پواسون بتن (υ) برای بتن های سازه ای بین 0/2 تا 0/3 و بطور متوسط 0/18 است و برای اکثر بتن ها اغلب در محدودهٔ کوچکتر 0/15 تا 0/2 قرار می گیرد.

به عمل آوردن بتن (Curing)

برای اینکه بتوان با کیفیت خوب بوجود آورد باید بتن را در محیطی مناسب به عمل آورد. به عمل آوردن به سلسله اقداماتی گفته می شود که برای تکمیل و پیشرفت هیدراسیون سیمان، به منظور افزایش مقاومت بتن لازم است. این اقدامات در واقع نوعی مراقبت و نگهداری از بتن می باشد. عمل آوردن بتن آن است که بتن در حالت اشباع و یا تا حد امکان نزدیک به اشباع نگهداری شده تا هیدراسیون سیمان که تنها در حفره های موئینه اشباع امکان پذیر است به خوبی انجام شود بنابراین باید از کاهش آب حفره های موئینه بر اثر تبخیر آن جلوگیری به عمل آورد. به عبارت دیگر با آب دادن مقطع بتنی و در نتیجه ورود آب به درون بتن از کاهش درجهٔ اشباع حفره های اولیه جلوگیری به عمل آورد. آیین نامهٔ بتن ایران عمل آوردن بتن را به سه بخش مراقبت، محافظت و پروراندن تفکیک کرده است.

مراقبت به مجموعهٔ تدابیری گفته می شود که باعث شود سیمان موجود در بتن به مدت کافی مرطوب بماند بطوریکه حداکثر میزان آبگیری آن در همه جای آن میسر باشد.

محافظت به مجموعهٔ تدابیری گفته می شود که به موجب آنها از اثر نامطلوب عوامل بیرونی مانند شسته شدن بوسیلهٔ باران یا آب جاری، اثر بادهای گرم و خشک، سرد شدن سریع یا یخبندان، لرزش و ضربه خوردن بتن تازه جلوگیری شود.

پروراندن بتن سرعت بخشیدن به گرفتن و سخت شدن آن به کمک حرارت است.

در موارد گوناگون می توان برای تماس مستمر قطعهٔ بتنی با آب اقدامات زیر را به عمل آورد:

1- در مورد قطعه های با سطح کم می توان برای جلوگیری از تبخیر آب قالبها را باز نکرده و در جای خود باقی گذاشت و آنها را در تمام طول دورهٔ سخت شدن بتن، اگر جنس قالب مناسب باشد مرطوب نگه داشت.

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

2- اگر لازم باشد که قالبها در همان سنین ابتدایی باز شوند می توان سطح بتن را از صفحات پلاستیکی پوشاند. حتی می توان از گونیهای مرطوب در دور تا دور قطعه استفاده کرد و آنها را مرتب مرطوب نگه داشت.

3- در مورد سطوح بتنی گسترده مثل دالهای روسازی بزرگراهها می توان یک عایق مثل ورقه های پلاستیکی یا ورقه های پلی اتیلن استفاده کرد. حتی می توان بتن را در صورت امکان غرقاب نمود یا با ماسه، خاک، خاک اره و یا کاه مرطوب خیس نگه داشت.

4- استفاده از خمیر مرطوب و برزنت، کاغذهای ضد مرطوب، پلی اتیلن، ... امکان پذیر است.

نکات زیر را باید در به عمل آوردن بتن رعایت کرد:

1- در صورت استفاده از گونی باید گونی را بطور مداوم مرطوب نگه داشت و تا حد امکان از چند لایه گونی استفاده کرد.

2- گوشه و کنار پلی اتیلن باید محکم شود تا از حرکت هوا و خشک شدن بتن جلوگیری شود.

3- به ورقهای پلی اتیلن و سایر عایقهای روطوبتی باید حداقل 20 سانتیمتر روی هم قرار گیرند اما اگر از نوار برروی درزها استفاده شود بهتر است.

4- ورقه ها باید در تماس نزدیک با سطح بتن باشند.

5- نایلون، گونی یا عایقهای رطوبتی را باید به سرعت قبل از تبخیر آب نصب کرد.

6- بتن هایی که در قالب هستند نیاز به عمل آوری زیادی ندارند ولی سطوح افقی نیاز به عمل آوری دارند.

7- عمل آوری بتن باید در اسرع وقت پس از تراکم و پرداخت آن آغاز شود. مثلاً نیم ساعت پس از محو شدن سطح آب بتن.

8- در مورد دالها بخصوص آنهایی که سطحشان باید پرداخت شود استفاده از ورقه های پلاستیکی مناسب ترین وسیلهٔ عمل آوری است. گرچه عایقهای رطوبتی و گونی مرطوب نیز قابل استفاده هستند.

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

طول مدت عمل آوری

در حالت کلی عمل آوردن بتن باید تا زمانی که بتن حداقل 70 درصد مقاومت فشاری طراحی شـده را بدست آورد ادامه یابد. آیین نامهٔ بتن ایران (آبا) حداقل زمان عمل آوری بتن را طبق جـدول 8-4 توصیه کرده است :

جدول 8-4 توصیه های آبا برای حداقل مدت عمل آوری بتن

| نوع سیمان | شرایط محیطی پس از ریختن بتن در قالب | دمای متوسط سطح بتن | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 5 تا 10 درجه سیلسیوس | بالاتر از 10 درجه سیلسیوس | هر دمایی بین 5 تا 25 درجه سیلسیوس |
| نوع 1 و 2 و 3 و 5 | متوسط | 4 روزه | 3 روزه | $\frac{60}{T+10}$ روز |
| | ضعیف | 6 روز | 4 روز | $\frac{80}{T+10}$ روز |
| همه سیمان ها به جز نوع 1و 2و 3 و 5 و همه سیمانهای حاوی مواد پوزولانی یا روباره ای | متوسط | | | |
| | ضعیف | 10 روز | 7 روز | $\frac{140}{T+10}$ روز |
| همه سیمان ها | خوب | اقدامی خاص ضرورت ندارد. | | |

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

فصل نهم

# طرح اختلاط بتن

تعیین درصدهای اجزای مختلف بتن را برای ساختن بتنی با خصوصیات مشخص را طرح اختلاط بتن می گویند. مهمترین عوامل در طرح اختلاط بتن عبارتند از: حداقل مقاومت فشاری 28 روزه، کارآیی، نسبت آب به سیمان، بزرگترین اندازهٔ دانه های سنگی، وجود یا عدم وجود مواد حباب زا و شرایط محیطی می باشند.

برای بدست آوردن یک بتن خوب و پایا باید موارد زیر را رعایت کرد:

مصرف سنگدانهٔ خوب و مناسب، انتخاب صحیح و مناسب نسبتهای اختلاط مواد تشکیل دهندهٔ بتن که با محاسبه به دست می آیند، استفاده از مواد افزودنی مناسب در صورت لزوم، مصرف مقدار کافی سیمان، محدود کردن نسبت آب به سیمان به مقدار کافی و در عین حال کم، تراکم تن با وسایل و روش مناسب و عمل آوردن بتن به مدت کافی و به روش مناسب. در ضمن حداکثر نسبت آب به سیمان برای بتن هایی که در معرض یخ زدن و آب شدن در شرایط مرطوب هستند و نیز بتن های آب بند مطابق جدول 9-1 خواهد بود. طرح اختلاط بتن به روشهای مختلفی صورت می گیرد که در اینجا روش ACI با ذکر یک مثال مورد بررسی قرار می گیرد. از جداول انتهای این فصل می توان در طرح اختلاط بتن استفاده کرد.

مثال: طرح اختلاط بتنی که در شرایط سخت و در معرض آب شور قرار دارد مورد نظر است. برای محافظت بتن در برابر یخ زدگی قرار است از حباب زایی نیز در بتن استفاده شود. مقاومت مقرر 28 روزه برابر با 25 مگاپاسکال و اسلامپ بین 80 تا 100 میلیمتر است. درشت دانه های موجود دارای بزرگترین اندازهٔ دانهٔ سنگی 25 میلیمتر، وزن ظاهری خشک $1600\ kg/m^3$ ، وزن مخصوص ظاهری در حالت SSD برابر با 2.68 ، جذب آب 1 درصد و رطوبت کلی 2 درصد هستند. ریز دانه

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

ها دارای وزن مخصوص ظاهری در حالت SSD برابر با 2.65 ، جذب آب 0/9 درصد و رطوبت کلی 7 درصد و مدول نرمی 2.6 می باشند. سنگدانه ها با مشخصات دانه بندی ASTM مطابقت دارند.

طرح اختلاط

1) از جدول 9-1 با توجه به شرایط محیطی ماکزیمم نسبت آب به سیمان 0/45 انتخاب می شود.

2) از جدول 9-2 با توجه به بزرگترین اندازهٔ دانه های سنگی 25 میلیمتر، 6 درصد حبابزایی توصیه می شود. این مقدار هوا بصورت درصدی از حجم بتن اندازه گیری و مشخص شده است.

3) از جدول 9-3 با توجه به $f'_c = 25\text{Mpa}$ نسبت $\frac{w}{c} = .0.53$ بدست می آید که محدودیت قسمت (1) را نیز ارضا نمی کند. بنابراین نسبت آب به سیمان 0/45 انتخاب می شود.

4) از جدول 9-4 برای بتن حباب دار با اسلامپ 80 تا 100 میلیمتر و بزرگترین اندازهٔ دانهٔ سنگی 25 میلیمتر مقدار $w=175\ \text{kg/m}^3$ (در متر مکعب بتن) بدست می آید.

5) با توجه به قسمتهای 3 و 4 خواهیم داشت:

$$c = \frac{175}{0.45} \cong 389\text{kg/m}^3 \quad \text{(در مترمکعب بتن)}$$

6) از جدول 9-5 با توجه به FM=2.6 و بزرگترین اندازهٔ دانهٔ سنگی 25 میلیمتر، حجم ظاهری خشک درشت دانه ها برابر با 0.69 در واحد حجم بتن بدست می آید $(0.69\text{m}^3/\text{m}^3)$ .

7) مقدار درشت دانهٔ خشک با توجه به قسمت 6 برابر خواهد بود با :

$$0.69\times1600=1104 \quad \text{kg/m}^3$$

8) چون وزن ظاهری خشک سنگدانه ها داده شده است ابتدا اصلاح وزن سنگدانه ها تا رسیدن به حالت SSD را انجام می دهیم. با توجه به جذب آب 1 درصدی درشت دانه های موجود، مقدار درشت دانه ها در حالت SSD بصورت زیر بدست می آید:

$$1104\times1.01=1115 \quad \text{kg/m}^3$$

9) تخمین وزن حجمی بتن با توجه به جدول 9-6 :

$$\text{وزن حجمی بتن} = 2315 \quad \text{kg/m}^3$$

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

10) محاسبهٔ مقدار ماسه در حالت اشباع با سطح خشک :

مقدار ریزدانه ها با استفاده ازروش وزنی = $2315-175-389-1115=636\ kg/m^3$

11) مقادیر بدست آمده برای سنگدانه ها در حالت SSD می باشند. از آنجا که سنگدانه ها دارای رطوبت سطحی هستند باید وزنشان را اصلاح نمائیم و وزن آنها را در حالت طبیعی موجود بدست آوریم. چون مقدار رطوبت کلی درشت دانه ها و ریز دانه ها به ترتیب 3 و 7 درصد است، رطوبت جذب نشده در آنها تفاوت بین رطوبت کلی و جذب آنهاست:

درصد رطوبت درشت دانه ها = $3-1=2\%$

درصد رطوبت ریز دانه ها = $7-0.9=6.1\%$

بنابراین اصلاح وزن سنگدانه ها را بصورت زیر انجام می دهیم:

مقدار درشت دانه ها در حالت مرطوب $=1115\times1.02=1137.3\quad kg/m^3$

مقدار ریز دانه ها در حالت مرطوب $=636\times1.061=674.8\quad kg/m^3$

12) اصلاح وزن آب نسبت به حالت SSD :

تفاوت در اصلاح وزن درشت دانه ها $=1137.3-1115=22.3\ kg/m^3$

تفاوت در اصلاح وزن ریزدانه ها $=674.8-636=38.8\ kg/m^3$

مقدار آب اصلاح شده $=175-22.3-38.8=113.9\ kg/m^3$

13) نتایج نهایی در متر مکعب بتن :

سیمان = $389\ kg/m^3$

ریزدانه = $674.8\ kg/m^3$

درشت دانه = $1137.3\ kg/m^3$

آب = $113.9\ kg/m^3$

جمع = $2315\ kg/m^3$

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

## جداول مربوط به طرح اختلاط بتن به روش ACI

### جدول 9-1 حداکثر نسبت مجاز آب به سیمان در وضعیت محیطی نامناسب

| شرایط محیطی | حداکثر نسبت آب به سیمان |
|---|---|
| بتن آب بند: | |
| الف – بتن در معرض آب شیرین | 0/5 |
| ب- بتن در معرض آب شور یا آب دریا | 0/45 |
| بتن در معرض یخ زدن و آب شدن در شرایط مرطوب | |
| الف – جداول، جوی های آب و مقاطع نازک | 0/45 |
| ب- سایر قطعات | 0/5 |
| ج – در حضور مواد شیمیایی یخ زدا | 0/45 |
| برای حفاظت در برابر خوردگی در سازه های بتن آرمه ای که در معرض اب شور یا آب دریا قرار دارند. | 0/4 |

جدول 9-2 مقدار هوای توصیه شده برای بتن های حباب زا برحسب بزرگترین اندازهٔ دانه ها

| بزرگترین اندازهٔ دانه ها (mm) | 10 | 12/5 | 20 | 25 | 40 | 50 | 70 | 150 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| شرایط ملایم | 4/5 | 4 | 3/5 | 3 | 2/5 | 2 | 1/5 | 1 |
| شرایط متوسط | 6 | 5/5 | 5 | 4/5 | 4/5 | 4 | 3/5 | 3 |
| شرایط سخت | 7/5 | 7 | 6 | 6 | 5/5 | 5 | 4/5 | 4 |

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

جدول 9-3 رابطهٔ بین نسبت آب به سیمان و مقاومت فشاری مقرر بتن

| مقاومت فشار 28 روزه مگا پاسگال | نسبت آب به سیمان (w/c) | |
|---|---|---|
| | بتن بدون هوا زایی | بتن با هوا زایی |
| 40 | 0/43 | ---- |
| 35 | 0/48 | 0/40 |
| 30 | 0/55 | 0/46 |
| 25 | 0/62 | 0/53 |
| 20 | 0/70 | 0/61 |
| 15 | 0/80 | 0/71 |

جدول 9-4 مقدار تقریبی آب برای کارآیی های مختلف برحسب بزرگترین اندازهٔ دانه ها

| اسلامپ (mm) | بزرگترین اندازهٔ دانه های سنگی (mm) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 10 | 12/5 | 20 | 25 | 40 | 50 | 70 | 150 |
| بتن بدون حباب زایی | | | | | | | | |
| 30-50 | 205 | 200 | 185 | 180 | 160 | 155 | 145 | 125 |
| 80-100 | 225 | 215 | 200 | 195 | 175 | 170 | 160 | 140 |
| 150-180 | 240 | 230 | 210 | 205 | 185 | 180 | 170 | --- |
| درصد تقریبی هوای محبوس | 3 | 2/5 | 2 | 1/5 | 1 | 0/5 | 0/3 | 0/2 |
| بتن با حباب زایی | | | | | | | | |
| 30-50 | 180 | 175 | 165 | 160 | 145 | 140 | 135 | 120 |
| 80-100 | 200 | 190 | 180 | 175 | 160 | 155 | 150 | 135 |
| 150-180 | 215 | 205 | 190 | 185 | 170 | 165 | 160 | --- |

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

جدول 9-5 حجم ظاهری خشک درشت دانه در واحد حجم بتن

| بزرگترین اندازهٔ دانه ها (mm) | حجم ظاهری خشک درشت دانه در واحد حجم بتن برای مدول نرمی ماسه | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 2/4 | 2/6 | 2/8 | 3 |
| 10 | 0/5 | 0/48 | 0/46 | 0/44 |
| 12/5 | 0/59 | 0/57 | 0/55 | 0/53 |
| 20 | 0/66 | 0/64 | 0/62 | 0/60 |
| 25 | 0/71 | 0/69 | 0/67 | 0/65 |
| 40 | 0/75 | 0/73 | 0/71 | 0/69 |
| 50 | 0/78 | 0/76 | 0/74 | 0/72 |
| 70 | 0/82 | 0/80 | 0/78 | 0/76 |
| 150 | 0/87 | 0/85 | 0/83 | 0/81 |

**جدول 9-6 تخمین اولیهٔ وزن حجمی بتن تازه برحسب بزرگترین اندازهٔ دانه های سنگی**

| حداکثر قطر شن (میلیمتر) | وزن هر متر مکعب بتن (کیلوگرم در متر مکعب) | |
|---|---|---|
| | بتن معمولی | بتن با حباب هوا |
| 10 | 2285 | 2190 |
| 12/5 | 2315 | 2235 |
| 20 | 2355 | 2280 |
| 25 | 2375 | 2315 |
| 40 | 2420 | 2355 |
| 50 | 2445 | 2375 |
| 70 | 2465 | 2400 |
| 150 | 2505 | 2435 |

## فصل دهم

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

## روشهای مناسب مراقبت از بتن

به عمل آوردن  یا مراقبت از بتن مراقبتی است  که سازنده بتن باید در طول 7الی 10 روز اول از بتن به عمل آورد .

در مراقبت از بتن دو مسئله باید مورد توجه قرار گیرد :

1-رطوبت کافی و مناسب

2-دمای خوب و عالی

3-کنترل دما در هواب معمولی چندان ضرورتی ندارد ولی در هوای بسیار گرم و یا در هوای سرد تر از 4 درجه سانتی گراد باید تدابیر ویژه ای اتخاذ شود

روشهای مراقبت از بتن

مراقبت از بتن را می توان به طرق مختلف انجام داد که استفاده از هریک از روشها با توجه به نوع سازه بتنی و امکانات و شرایط کار متفاوت بوده و بستگی به نظر مهندس کارگاه دارد .

**روشهای مراقبت از بتن را می توان در چند دسته اساسی برشمرد :**

**الف) روشهایی که حضور آب را درکنار بتن تامین می کند**

**روش(1)- ایجاد برکه آب :**

به این صورت که شرایط مناسب به گونه ای فراهم شود که در طول دوره مراقبت همواره یک لایه آب به ضخامت حداقل 5الی 10 سانتیمتر روی بتن باقی بماند . استفاده از این روش فقط برای سطوح تخت و افقی مناسب است .

حفاظی به ارتفاع 10 الی 15 سانتی متر در اطراف آنها ایجاد کرده و به ارتفاع 5الی 10 سانتیمتر در آن آب ریخت . ایجاد برکه آب از این نظر خوب است که تبخیر هر چند هم شدید باشد نیازی نخواهد بود که مدام سطح مورد نظر را مرطوب کرد . لذا برکه مورد نظر در صورتیکه دما خیلی هم گرم باشد ممکن است اقلا یکی دو روز دوام داشته و آب آن تبخیر نشود . در دمای معمولی گاهی

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

یک هفته یا بیشتر ممکن است آب این برکه دوام داشته باشد . عیب این روش آن است که مصرف آب آن نسبتا بالا بوده برای جایی مناسب است که آب کافی موجود باشد .

در بکار بردن این روش باید دقت شود که شرایطی نباشد که آب نسبت به بتن بیش از 10 درجه سانتی گراد اختلاف درجه حرارت داشته باشد . از آنجا که معمولا اختلاف دمایی در شب و روز وجود دارد و از طرفی آب نسبت به بتن سریعتر گرم و یا سرد می شود . در این صورت اختلاف دما بین آب و بتن ممکن است ایجاد شود و در چنین حالتی تر ک های موئین در سطح بتن ایجاد می شود . همچنین آب مصرفی جهت مراقبت نباید دارای عناصر شیمیایی مخرب باشد ( طبیعتا باید مانند آبی باشد که با آن بتن می سازیم )

واضح است که ین روش برای جاها یی مناسب است که امکان یخ زدگی وجود نداشته باشد .

**روش(2)- ایجاد مه( آب پاشی)**

ایجاد مه به این معنی است که آب به صورت ریز شده و پودر پاشیده شود تا روی بتن مورد نظر را مه آب بپوشاند .

این روش برای جاهایی مناسب است که دما نسبتا بالا باشد .

از انواع آب پاشها منجمله از آب پاشهایی که برای آب پاش چمن استفاده می شود . می توان استفاده کرد . این روش برای آب پاشی سطوح افقی ئر وحله ائل و نیز برای آب پاشی سطوح قائم مناسب است . لکن در مراقبت از سطوح قائم باید از شلنگهایی با سوراخهای مناسب استفاده شود

این روش برای جاهایی توصیه می شود که از نظر میزان مصرف آب . محدودیتی و جود نداشته باشد ( چون اتلاف آب در این رئش بسیار بالا و حتی از روش اول هم بیشتر است )

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

**روش (3)- استفاده از پوشش خیس :**

پوشش هایی نظیر گونی کرباس و موکت اگر به صورت خیس شده روی بتن قرار گیرند در مراقبت از سطوح بتنی بسیار مفید خواهند بود .

حسن این پوشش ها در این است که اولا از تابش مستقیم آفتاب برسطح بتن جلوگیری می کنند لذا از تبخیر و خروج آب به میزان زیادی کاسته می شود . ثانیا این پوشش ها مقداری از آب را در خود ذخیره می کنند که مدت زمانی طول می کشد تا این آب تبخیر شود .

ضمنا بسته به میزان حرارت و نوع و ضخامت پوشش باید هر چند ساعت یا هر چند روز یکبار آنها راخیس کرد . توجه شود که در تابستان و در مناطق گرمی مانند جنوب کشور برای مراقبت صحیح و کامل از بتن یا روش دوم (آب پاشی) باید هر نیم ساعت سطح بتن را آب پاشی کرد که امکان آن به خصوص اگر پروژه بزرگ باشد بسیار مشکل و شاید غیر ممکن است . ولی چنانچه در همین مورد از روش سوم یعنی استفاده از پوششش خیس استفاده شود . می توان فاصله زمانی آب پاشی و خیس کردن گونی ها را به 4الی 5ساعت افزایش داد . در استفاده از پوششش خیس باید توجه کرد که از ریختن بتن باید چند ساعتی گذشته باشد تا بتوان پوشش را مورد استفاده قرار داد و الا ممکن است سطح بتن خراب و ناصاف شود .

در این روش علاوه بر پوشش های عادی نظیر گونی ء کرباس ء موکت و کتان می توان از خاک یا خاک اره یا کاه یا علف با نظر مهندس کارگاه و در صورتی که اشکا لی ایجاد نکند استفاده کرد .

معمولا پوشش به ضخامت 5 سانتی متر از خاک یا خاک ارهو یا 15 سانتی متر کاه یا علف می تواند مناسب باشد . از خصوصیات چنین پوشش هایی این است که آب را به کندی از خود عبور می دهند . این پوشش ها قادرند آب را تا حدود زیادی در خود ذخیره نمایند و

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

احتمالا آب پاشی چند ساعت یکبار را به چند روز یکبار تقلیل دهند . عیب این پوششش ها لکه کردن احتمالی آب پاشی سطح بتن است . لذا از این روش نمی توان در مراقبت از بتن نما استفاده کرد .

پوشش هی خاک ء خاک اره و علف برای سطوح افقی مناسب بوده ولی پوشش های خیس (گونی – موکت و غبره ) هم برای سطوح قائم مناسب هستند .

امروزه این روش یکی از روشهای متداول مراقبت از بتن است ودر ساختمانهای بتن آرمه به خصوص در مراقبت از ستونها از آن استفاده می شوند .

**روش (4)- استفاده از کاغذ های نفوذ ناپذیر :**

کاغذ های نفوذ ناپذیر معمولا از دو لایه کاغذ گرافت تشکیل شده که با یک لایه قیر به هم چسپانده شده اند این کاغذها چرب و روغنی بوده و تا حدی عایق رطوبت هستند .

در این روش ابتدا سطح بتن را کاملا خیس نموده سپس کاغذ نفوذ ناپذیر را روی بتن پهن می کنند این کاغذ اجازه نمی دهد که آب بتن تبخیر شود و لذا ممکن است با گذشت زمان یک هفته یا 10 روز هنوز سطح بتن در زیر کاغذ مرطوب باقی مانده باشد .

هزینه استفاده از این کاغذ ها معمولا بالادست در استفاده از کاغذ های نفوذ ناپذیر باید دقت شود که دو کاغذ مجاور ء عرض 10الی 15 سانتی متر را ربه طور مشترک پوشش داده باشند .

کاغذ نفوذ ناپذیر را می توان به دفعات مورد استفاده قرار داد و چنانچه روزنه یا پارگی در کاغذ مشاهده شود می توان با چسبا ندن یک تکه از همان کاغذ آن را تعمیر یا مرمت کرد

**.روش (5) – استفاده از پوشش های نایلونی**

روش مناسبی برای جلوگیری از تبخیر آب محسوب می شود . لیکن اشکال آن این است که آسیب پذیر بوده و قابل ترمیم هم نیست . پوشش های نایلونی معمولا در مقابل آفتاب خشک و پاره می شوند .

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

**روش (6)- استفاده از مواد محافظ**

موادی هستند از جنس موم یا چربی یا چسب که معمولا با دستگاهی نظیر دستگاه رنگ پاش روی سطح بتن پاشیده می شوند در کارهای بزرگ و عادی مصرف آنها از نطر اقتصادی به صرفه نبوده ولی در کارهای خاصی که در ارتفاع اجرا شده و از نظر وسعت و حجم کوچک ولی مراقبت از آن مشکل می باشد استفاده از این مواد مقرون به صرفه است ( نظیر موارد تزئینی سردر و کنگره های بتنی که در ارتفاع ساخته می شوند )

**روش (7)- قالبهای در جا نگهداشته شده**

این قالبها می توانند از نقطه نظر مراقبت و سیله خوبی باشند . قالب های فلزی از این نظر خوبند که آب بتن را محبوس نموده و به هیچ اجازه نمی دهند که آب از بتن خارج شده و تبخیر شود لذا تا زمان ی که قالب دور ستون است نباید نگران مراقبت از آن بود فقط قسمتهایی باز بتن مانند سر ستون با گونی خیس یا آب پاش مراقبت شود .

در مورد قالبهای چوبی باید گفت که این قالبها تا حدی آب بتن را جذب کرده از طرف دیگر عبور می دهند . در مورد این قالب ها باید مراقب ویژهای در نظر گرفته شودئ به این صورت که سطح قالب باید آب پاشی و خیس گردد (مثلا روزی یکبار یا یک روز در میان)

ب: روشهایی که با ایجاد حرارت زیاد همراه با رطوبت کافی گیرش را تسریع می کند

اصولا بتن در دمای بالاتر واکنش های سریعتری را انجام می دهد لذا می تئان با ایجاد محیطی با حرارت و رطوبت مناسب کاری کرد که به جای اینکه مثلا بتن در مدت 7روز سخت شود در مدت زمانی کمتر مثلا 2یا 3 روز یا حتی یک روز به مقاومت و گیرش 7روزه برسید

روش (1)- استفاده از جریا ن بخار آب

در این روش جریانی از بخار آب را مرتبا از روی قطعه بتنی عبور می دهند تا واکنش ها تسریع شده طول دوره مراقبت کاهش یابد معمولا با این روش می توان مراقبت 7 روزه را به 48ساعت تقلیل داد. در این روش دمای سطح بتن با بخار آب به 80 الی 100 درجه سانتی گراد می رسد .

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

استفاده از این روش برای بتن پیش ساخته مناسب است م برای بتن های در جا کاربرد ندارند .

روش (2)- استفاده از بخار آب همراه با فشار

در این روش دمای حدود 150 درجه با بخار آب به همراه فشار به قطعه که در محفظه قرار گرفته است تزریق می شود . فشار موجود سبب می شود که گرما با سرعت بیشتری در عمق بتن نفوذ کرده و گیرش تسریع گردد. در عادی میرسد و می توان مراقبت را متوقف کرد .

در  برای مراقبت از قطعات پیش ساخته استفاده می شود .

مراقبت از بتن در هوای سرد

جدا از تکنیک های ذکر شده در مورد مراقبت مراقبت از بتن در هوای سرد معمولا نیاز به تکنیک های دیگری دارد . چون در هوای سرد مسئله تامین رطوبت  تقریبا منتفی است و سازنده نگران تبخیر رطوبت نیست . لذا مسئله ء مسئله دما و درجه حرارت است  چون اگر دما زیر صفر باشد بتن یخ می زند و چنانچه یخ زد می برد و دیگر واکنش های آن تکمیل نمی شود .

به این ترتیب مسئله بتن ریزی در هوای سرد این است که اولا احتمال یخ زدگی بتن وجود دارد و ثانیا به فرض آنکه بتن یخ نزند به دلیل کافی نبودن درجه حرارت زمان گیرش بتن و بالتبع زمان مراقبت از آن طولانی می شود .

بنابراین مشکل مراقبت از بتن در هوای سرد تامین حرارت است که با روش های مختلف ای کا را انجام می دهند . از جمله این روشها استفاده از  لحاف های عایق است که معمولا پوشش هی عایق پشم شیشه ای مناسب ترین پوشش هستند . با توجه به اینکه بتن در هنگام گرفتن گرمارا بوده و گرمای آزاد شده دمای محدوده خود بتن را بالا می برد اگر چنانچه یک پوشش عایق روی بتن کشیده شود دمای بتن از دمای محیط بالاتر رفته و به دلیل عایق بودن بیرون گرمتر می شود . این تکنیک ساده و عملی است ء به خصوص برای دما حدود صفر درجه بسیار مناسب است ولی متا سفانه در عمل کمتر استفاده می شود .

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

اگر دما هم سردتر باشد (مثلا حدود 4الی 5 درجه صفر )استفادع از پوشش هایی که مجهز به وسایل گرما زا هستند مناسب است. مانند پتو های برقی که ا لما نهای حرارتی از داخل آنها ذعبور کرده .

همچنین استفاده از بخاری یا شعله جهت مراقبت از بتن در هوای سرد نیز در مواردی مناسب است ( بعنوان مثال در صورت امکان می توان فطعات بتنی را در یک فضای سر بسته قرار داده و آنها را با بخاری یا شعله گرم نمود .

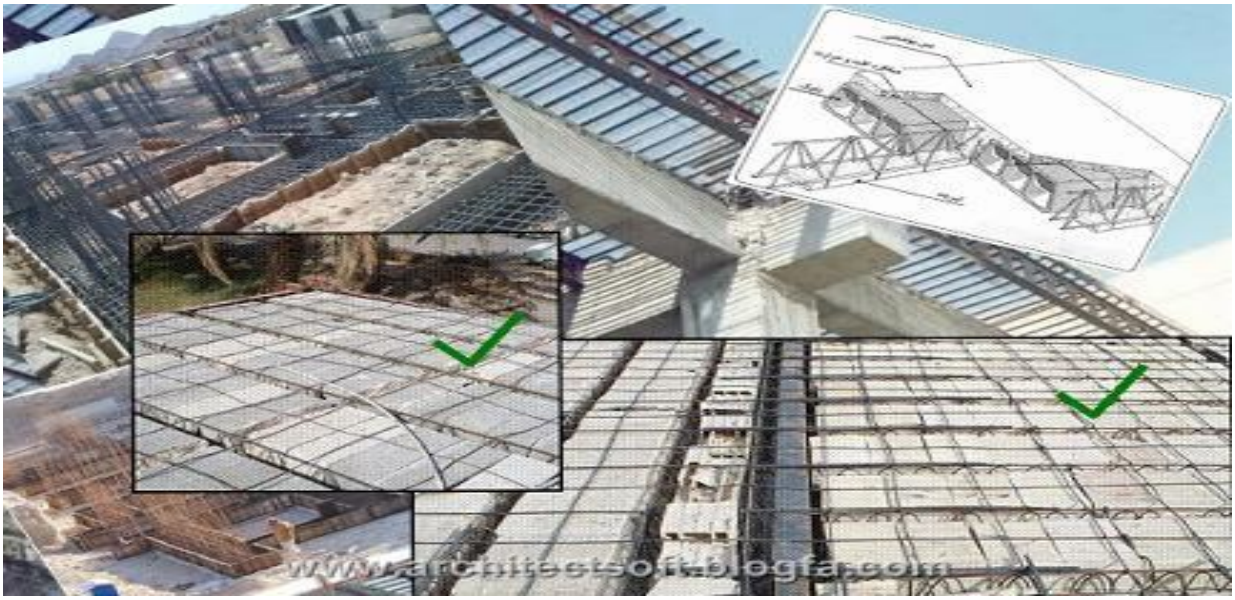
روش های مراقبت از بتن تنها به روشهای مذکور محدود نمی شوند و بسته به نوع کار حجم کار دمای محیط موقعیت و شرایط کار هر مهندس کارگاهی می تواند به ابتکار خود در این خصوص اقدام نموده و چاره اندیش کند . به هرحال نتیجه میگیریم که در مراقبت از بتن در هوای عادی مسئله حرارت مطرح نبوده و مشکل مشکل حرارتی است ولی تقریبا در دمای سرد تقریبا مسئله رطوبت منفی است و مسئله حرارت باید مد نظر قرار گیرد .

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

## فصل یازدهم

### سازه های بتنی و فولادی و قالب بندی سازه بتنی

بدرستی قدمت استفاده بشر از سرپناه یا بطورکلی به مفهوم امروزی قدمت استفاده بشر از مسکن معلوم نیست ولی تقریبا آنرا می توان همزمان با پیدایش بشریت دانست ، زیرا چنین گمان می رود که بشر از همان ابتدا برای مصون ماندن ا برف وباران وسرما وگرما وحمله حیوانات وهمچنین حمله سایر اقوام به غارها پناه برده واین غارها را می توان اولین محل سکونت برای بشر دانست واز آن زمان تاکنون انسانها همیشه به فکر آن بوده اند که مسکنی راحت تر وبهتر برای برای خود تهیه نمایند.



در قرون اخیر که رشد جمعیت در دنیا به طور چشمگیری روبه ازدیاد نهادوبشر از لحاظ علمی وفنی مشکلات بسیاری را حل نموده در ساختن مسکن نیز مانند سایر امورتحولات عمده ای بوجود آورد ودیگر ساختن خانه های تک واحدی جوابگوی احتیاجات جوامع بشری نبوده وبه همین علت سیستم خانه سازی به کلی دگرگون شده واستفاده از مصالح مقاوم نیز مانند فولاد وسیمان در ساختمان رایج گردید ودراثر دسترسی به این مصالح وامکانات دیگر گسترش شهرها از افقی به عمودی تبدیل شد وامر آپارتمان سازی در ساختمانهای چندین طبقه متداول گردید.

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

## ساختمانهای بتنی و فولادی

هر روز هنگام عبور از خیابان‌های شهر شاهد ساخت و سازهای روز افزونی هستیم، ساختمان‌های مختلف از یک طبقه تا 60 طبقه که جلوی آنها انواع مصالح دیده می‌شود؛ سازه‌هایی که گاه از بتن ساخته می‌شوند و گاه از فولاد.در مورد اینکه کدام نوع سازه بر دیگری برتری دارد، اختلاف نظر شدیدی بین سازندگان ساختمان‌ها وجود دارد. معمولاً معیارهای ساخت، جواب‌های متفاوتی برای ما به همراه دارند

عمده عوامل مؤثر در این روند، هزینه، زمان و کیفیت ساخت هستند. هزینه ساخت و سود حاصل از این سرمایه‌گذاری با زمان اتمام طرح رابطه تنگاتنگی دارند. بدیهی است هر چه زمان طرح طولانی‌تر شود شاهد افزایش قیمت مصالح، قیمت تمام شده طرح، هزینه‌های متفرقه و بازگشت دیرتر سرمایه خواهیم بود که خوشایند هیچ سازنده‌ای نیست.

سازه‌های بتن آرمه در مقابل سازه‌های فولادی معمولاً نیاز به هزینه کمتر و زمان بیشتری برای ساخت دارد؛ در حالی‌که سازه‌های فولادی ابتدا نیاز به سرمایه زیادی برای خرید آهن آلات دارد ولی در عوض شاهد سرعت اجرای بالاتری خواهیم بود. بنابراین در ساختمان‌های عادی کمتر از 6 طبقه در نهایت از این منظر تفاوت زیادی وجود ندارد.

در اسکلت‌های فولادی حتماً باید تمام اسکلت آماده باشد تا بتوان سقف را اجرا کرد. به عبارت دیگر اول باید تیر و ستون‌هایی وجود داشته باشد تا بتوان روی آن سطحی به نام سقف یا همان کف اجرا کرد. در حالی‌که در سازه‌های بتن آرمه ابتدا ستون‌های هر طبقه و سپس سقف همان طبقه که خود مشتمل بر تیرها و کف یکپارچه‌تری نسبت به سازه‌های فولادی است اجرا می‌شود.

مزیت این روش نسبت به روش اول آن است که می‌توان طبقه مورد نظر را سریعتر برای اجرای دیگر مراحل از جمله تیغه چینی، اجرای تأسیسات مکانیکی و برقی و... در اختیار سایر پیمانکاران قرار داد که خودموجب تسریع در روند طرح خواهد بود.

ولی به‌طور کلی زمان اجرای سازه‌های فولادی در مقیاسهای بزرگ تا حدودی کوتاه‌تر از سازه‌های

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

بتن آرمه و هزینه‌های سازه‌های بتن آرمه کمتر از سازه‌های فولادی است که هر سازنده‌ای با توجه به شرایط معیارهای خود تصمیم‌گیرنده اصلی است.

حال با فرض وجود شرایطی کاملاً ایده‌آل، یعنی عدم‌وجود محدودیت زمان و هزینه‌ها، عامل سوم یعنی کیفیت سازه را بررسی می‌کنیم. کیفیت را می‌توان از جنبه‌های متفاوتی مانند مقاومت در برابر بارهای ثقلی وارده و زلزله، مقاومت در برابر حرارت، ابعاد، دهانه‌های قابل پوشش، تعداد طبقات قابل طراحی، قابلیت ترمیم آسان و... مورد نقد و بررسی قرار داد. با توجه به گستردگی و پیچیدگی مسئله، در اینجا فقط تصمیم‌گیری برای ساختمان‌های عادی را مورد توجه قرار می‌دهیم.

اولین و مهم‌ترین نکته قابل ذکر در این مورد مقاومت مصالح و ابعاد مصالح مصرفی است. معمولاً هر چه اعضای باربر ما ابعاد بزرگتر از نگاه عام و ممان اینرسی بالاتر از دید مهندسی داشته باشد، رفتار سازه‌ای مناسب‌تر است و هر چه مصالح مصرفی که در عرف ساختمان‌سازی بتن یا فولاد هستند قابلیت تحمل نیروهای بیشتر را داشته باشند منجر به طراحی اعضای ظریف‌تری خواهند شد.

اگر هر دو عامل در کنار هم قرار گیرند منجر به رسیدن به سختی و صلبیت بالاتری خواهند شد که جزء اصلی‌ترین آیتم‌های طراحی یک مهندس محاسب به شمار می‌روند.

در طراحی سازه‌ها، مقاومت بتن را 10 درصد مقاومت فولاد فرض می‌کنند بنابراین ابعاد ستون‌ها و تیرهای بتنی، به‌مراتب بیش از سازه‌های فولادی است. البته این ابعاد بزرگ اعضای بتنی، ممان اینرسی بسیار بالاتری نسبت به گزینه دیگر به ارمغان خواهند آورد که در نهایت سازه بتنی، سختی بالاتر و معمولاً رفتار سازه‌ای مناسب‌تری دارد.

« سازه‌های بتنی سنگین هستند.»

در پاسخ به این ایراد باید گفت: ابعاد بزرگ سازه تا جایی مورد پذیرش یک مهندس است که منجر به سنگینی بیش از حد سازه نشود و با توجه به آنکه بحث ما در مورد سازه‌های عادی کمتر از 6 طبقه است تفاوت وزن اسکلت نیز آنچنان نخواهد بود تا مهندس طراح را به سمت طراحی سازه فولادی بکشاند. این موضوع در بسیاری از سازه‌های عظیم نیز صادق است که برج 56 طبقه تهران

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

نمونه بارزی از این دست است.

بحث زلزله که بحث داغ این روزهای تهران است می‌تواند جنبه دیگری از کیفیت مناسب یک سازه باشد. سازه‌های بتن آرمه عادی و به ویژه مجهز به دیوارهای بتنی به‌علت سختی بالا نسبت به سازه‌های فولادی در برابر زلزله، در بیشتر موارد مقاومت بسیار بالایی از خود نشان می‌دهند اما سازه‌های فولادی نیز می‌توانند همین رفتار را از خود نشان دهند مشروط برآنکه طراحی مناسبی داشته باشند.

نکته قابل تامل اینجا است که این رفتار به چه قیمتی به دست خواهد آمد؟ اگر طراحی، یک طراحی بدون نقص باشد، هم سازه فولادی و هم سازه بتن آرمه در چند ثانیه وقوع زلزله، با حداقل خسارت ممکن جان سالم به در خواهند برد. اما کار به اینجا ختم نخواهد شد و پس از زلزله‌های زیادی شاهد شکستگی لوله‌های گاز و وقوع آتش سوزی‌های مهیب بوده‌ایم که گاه از خود زلزله مخرب‌تر هستند

با توجه به اینکه اطفاء حریق بلافاصله بعد از وقوع حادثه ممکن نیست، ساختمان باید به گونه‌ایطراحی شود که تا چند ساعت متوالی بتواند آتش را با حداقل خسارات وارده تحمل کند. درسازه‌های بتن آرمه مقاومت بالایی در برابر آتش سوزی وجود دارد، اما درسازه‌های فولادی درصورتی‌که تمهیدات ایمنی لازم در آنها صورت نپذیرد در چند دقیقه ابتدایی حریق، شاهد تخریب‌های بسیار سریع و غیرقابل جبران خواهیم بود که این مورد نیز مزیتی بسیار ارزشمند برای سازه‌های بتن آرمه به حساب می‌آید.

اما آنچه اکثر مهندسان را نسبت به سازه‌های بتن آرمه به شدت بدبین کرده، عدم‌قطعیت‌ها، یکنواخت نبودن مقاومت بتن و کم اطلاعی بسیاری از سازندگان از نحوه عمل‌آوری و به دست آوردن نتیجه‌ای مطلوب از این ماده است.

قابلیت اشتباه در تهیه بالقوه این نوع ماده در مقابل فولاد توجیه دیگری است که از سوی عده زیادی در مخالفت با بتن ارائه می‌شود، چراکه ممکن است حین عمل آوری، مقاومت فشاری کمتر

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

از حد مورد نیاز به دست آید.

این گروه معتقدند جبران یک اشتباه در سازه‌های بتن آرمه در مواردی منجر به تخریب اجباری سازه می‌شود در حالی‌که فولاد در هر لحظه که سازنده اراده کند با هزینه‌ای به نسبت پایین قابل ترمیم و تقویت است

در پاسخ به این ایراد باید گفت این عدم‌قطعیت‌ها در آیین نامه‌ها با اعمال ضریب ایمنی بسیار بالایی پیش‌بینی شده تا جایی که در موارد زیادی شاهد مقاومتی چند برابر مقاومت مورد نیاز در ساخت این قبیل سازه‌ها هستیم.از سوی دیگر این عدم‌قطعیت کیفیت بتن در شالوده وسقف‌های سازه فولادی نیز وجود دارد و صرفاً متعلق به سازه‌های بتن آرمه نیست.

در نهایت باید بر این موضوع تاکید کرد که به‌طور کلی هم سازه‌های فولادی و هم سازه‌های بتن آرمه درصورتی که در طراحی آنها سیستم مناسب و منطبق بر آیین‌نامه‌های به روز، مورد استفاده قرار نگیرد و متخصصین متبحر آنها را اجرا و مهندسین با تجربه بر اجرای آنها نظارت مستمر نکنند، هیچ رجحانی از نظر کیفیت و قابلیت اطمینان بر دیگری ندارند.

فراموش نکنیم معیار چهارمی نیز در انتخاب وجود دارد؛ معیاری که 3 معیار هزینه، زمان و کیفیت را تحت سیطره خود قرار می‌دهد: فولاد به‌عنوان یک سرمایه ملی ماده‌ای است که ارزان به دست نمی‌آید و همانند نفت روزی تمام خواهد شد؛ ماده‌ای که باید در صنایع ارزشمندتر و یا حداقل در سازه‌های خاص که نیاز به ظرافت خاصی دارند و پس از بررسی‌های علمی برتری فولاد در آن محرز شده، مورد استفاده و بهره برداری قرار گیرد تا شاهد رشد اقتصادی در دیگر زمینه‌هاباشیم.

به هر حال،استفاده از سازه‌های بتن آرمه با توجه به مصرف به‌مراتب پایین‌تر از فولاد (به‌صورت میلگرد) هم از نظر سازه‌ای و هم از نظر اقتصادی و هم از جنبه ملی به‌مراتب مناسب‌تر و بهینه‌تر از سازه‌های فولادی است.

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

## قالب بندی سازه های بتنی

به منظور شکل دادن مناسب قطعات بتنی و حفاظت از آنها تا زمان مناسب کسب مقاومت لازم از قالب استفاده می شود . هر ازه بتنی تنها در صورت یک قالب بندی صحیح و دقیق دارای ابعاد و مشخصات درست و مناسبی خواهد بود . لذا آشنایی با اصول تکنیکها و ضوابط مربوط به این فن از مهمترین مواردی است که دست اندکاران اجرای سا زه های بتنی از پیمانکاران گرفته تا مهندسین ناظر باید آنها را بیاموزند . متاسفانه در شرایط فعالی در اغلب موارد به فن قالب بندی به چشم یک عملیات مهندسی نگاه نشده و پیمانکاران جزء مسئولیت اجرای این عملیات را بر عهده می گیرند و همین امر گاهی به صدور دستور تخریب سازه بتنی اجرا شده از طرف دستگاه نظارت می انجامد . عدم توجه به لزوم استفاده از مصالح مناسب بر ای قالب و استفاده مکرر از قالب های تغییر شکل داده (دفرمه)و خراب نیز مزید بر این علت می شود و از این رو باید به مسئله بازدید دائم از قالبها خصوصا از درزهای بین قالبها به منظور حصول اطمینان از عدم نشت شیره (دوغاب)بتن از لای قالبها توجه ویژه ای مبذول داشت .

**مصالح قالب بندی :**

از مصالح مختلفی برای قالب بندی در ساختمان هاب بتنی استفاده می گردد . رایج ترین این مصالح مصالح چوبی هستند که شامل تخته و الوار و پلی وود (تخته چند لا )و تخت فیبری می باشند ک عموما به کمک میخ به هم متصل می شوند . با این حال به دلیل گرانی چوب در کشور استفاده دیگر مصالح رو به گسترش است .

برای کارهای با اهمیت که در آن ابعاد سطح کار تمام شده سرعت اجرا و دقت در عملیات مهم است . از قالب های فلزی استفاده کرد در طراخی این قالب ها به دلیل جرم حجمی زیاد مصالح فلزی باید ابعاد معقولی برای قالب در نظر گرفت که عمو ما ابعاد به طول 2متر و ارتفاع 1/5متر برای کارهای دارای سطوح بزرگ مناسب است البته در عمل بسته به ابعاد و سطوح کار مدول های قالب بندی را طوری در نظر گرفت که حداکثر سرعت و حداقل تعداد درزها با ژوئنهای اجرایی حداقل

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

تعداد دفعات باز کردن و بستن قالب مناسبت ترین وزن قالب و نیز حداقل میزان پرت قالب به طور همزمان فراهم شوند .

**انواع قالب**

**قالب های لغزنده**

امروزه برای ساخت سازه های بلند و با طول زیاد نظیر سیلوها، برج های مخابراتی، هسته های برشی ساختمان های بلند، برج های خنک ساز ، دودکشها، پایه های پله، کف تونلها، کانال های آب، کف جاده ها و سازه های مشابه که اجرای آنها در گذشته نیاز به داربست بندی سنگین در اطراف سازه داشت،از روشی استفاده می گردد که قالب لغزنده نام دارد. با استفاده از روش قالب لغزنده بسیاری از داربست بندی های اطراف سازه حذف گردید و سرعت اجرای کار به همراه نمای بهتر . برای کار افزایش می یابد

**قالب های لغزنده قائم**

اساس روش اجرای قالب لغزنده عمودی این است که قالب به ارتفاع 1 تا 1.5 متر در فواصل زمانی متناوب به بالا کشیده می شود. در ضمن بالا کشیدن قالب عملیات بتن ریزی و آرماتور بندی نیز ادامه می یابد و دائما مخلوط بتن از بالا به درون قالب ریخته شده و ضمن حرکت قالب به سمت بالا بتن سخت شده از قسمت زیرین قالب جا می ماند. سرعت حرکت قالب طوری تنظیم می شود که بتن در زمان خارج شدن از قالب ضمن تحمل وزن خود، جهت حفظ شکل خود از مقاومت کافی برخوردار باشد. قالب بندی لغزان قائم را می توان بر اساس حرکت پیوسته انجام داد و یا آن را طوری برنامه ریزی کرد که در ارتفاع معینی متوقف گردد و سپس حرکت لغزان خود را مجددا از . سر گیرد

معمولا حرکت قالب لغزان با سرعتی یکنواخت صورت می گیرد در صورتی که قالب لغزان دارای توقف باشد درزهایی به وجود می آیند که با درزهای میان مراحل بتن ریزی در عملیات ساختمانی با قالب ثابت فرقی ندارد

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

قالب لغزنده در امتداد قائم با سرعتی یکنواخت حرکت می کند و این سرعت به اندازه ای است که هر مقطع از بتن در طول مدت زمان لازمی که برای گیرش اولیه نیاز دارد درون قالب می ماند.روش قالب لغزنده عمودی برای سازه های پوسته ای با ضخامت جدار ثابت و یا تقریبا ثابت به کار می رود. قالب های لغزان قائم توسط جکهایی به بالا حرکت داده می شوند که بر روی میله های صاف یا لوله های سازه ای کار گذاشته شده در بتن سخت عمل می کنند. این جکها ممکن است از نوع دستی، بادی،برقی یا هیدرولیکی باشند. سکوهای کار و داربست های کارگران پرداختکار نیز به قالب بندی متصل و به همراه آن حرکت می کنند.

**قسمتهای اصلی یک قالب لغزنده عبارتند از:**

دیواره‌های قالب : دیواره‌های قالب باید به اندازه کافی محکم و مقاوم باشند جنس این دیواره‌ها ممکن است چوبی و یا فلزی باشند. قالبهای فلزی به مراتب سنگین‌تر از قالبهای چوبی‌اند ولی در عوض استحکام بیشتری داشته و تعداد دفعات استفاده از آنها بیشتر است. تعمیرات و یا تغییرات احتمالی قالبهای فلزی نیز

نسبت به قالبهای چوبی دشوارتر است در عوض تمیز کردن آنها آسانتر و نمای بتن پس از باز کردن قالب صاف‌تر است.

**خود قالب ها را می توان در سه بخش در نظر گرفت**

یوغها

(پشت بندهای افقی)(کمرکش)

و قالب بدنه

**یوغها:**

دو وظیفه اصلی دارند: جلوگیری از باز شدن قالب ها در قالب در برابر فشارهای جانبی بتن و انتقال بار و فشار به جکها.

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

**پشت بندها:**

نیز برای تقویت مقاومت خمشی بدنه قالب ساخته شده و بار قالب ها را به یوغ ها منتقل می کنند سکوی نازک کاری، عرشه اجرایی و سکوی طره ای به پشت بندهای افقی متصل می شونداتصال پشت بندها به یوغ باید قادر به حمل این بارها باشد. قالب بدنه که نیز می تواند از پانلهای فلزی، پانلهای چند لایه و یا الوارهای چوبی باشد مستقیما به پشت بندهای افقی متصل می شود

**طوقه‌ها :**

این طوقه‌ها برای نگهداری سکوی کار و انتقال آن و همچنین نگهداری و تحمل وزن قالب و کابل جک در نظر گرفته می‌شوند. طوقه‌ها معمولاً فلزی و به صورت پروفیلهایی مناسب طرح و در نظر یکی که بالاتر از طوقه‌ها و در .گرفته می‌شوندسکوی کار : معمولاً سه سطح کار در نظر می‌گیرند ارتفاعی در حدود دو متر و بالاتر از انتهای دیوار قرار گرفته و برای استفاده از بستهای فلزی ثابت‌کننده به کار می‌روند. دیگری سکویی است که در بالای کف و هم‌تراز بالای قالب قرار می‌گیرد و برای قرار دادن ظرف بتن و انبار کردن مصالح و وسایل تراز کردن و همچنین وسایل کنترل جک مورد استفاده قرار می‌گیرد و بالاخره سومین سکو به صورت چوب‌بست آویزان و یا یکسره که معمولاً در دو طرف دیوار قرار گرفته و برای دسترسی به نمای قسمتی از دیوار، که به تازگی قالب .آن را باز کرده و ترمیم احتمالی آن، مورد استفاده قرار می‌گیرد

**جکهای هیدرولیکی**

جکهای هیدرولیکی مورد استفاده معمولاً با ظرفیت خود، نظیر جکهای سه تنی و یا شش تنی مشخص می‌شوند

**قالب بندی دیوار های بتنی به روش لغزنده:**

از جمله محسنات این روش قالب‌بندی که برای دیوارهای نسبتاً بلند استفاده می‌شود تعداد دفعات بیشتر استفاده از قالب و سرعت عمل بیشتر آن است. در اولین دفعه استفاده از قالب دو دیواره قالب به صورت معکوس قرار می‌گیرد. پس از ریختن بتن و سخت شدن (با تکیه به پاخور بتنی (رامکا

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

آن، قسمتهای داخلی قالب را تا حد نهایی بتن ریخته شده بالا می‌برند و پس از محکم کردن آن قسمت دوم دیوار را بتن ریزی می‌کنند. پس از سخت شدن بتن، قالب را باز کرده و نظیر دفعه اول عمل می‌کنند. عمل قالب‌بندی و بتن‌ریزی را به همین ترتیب تا انتهای کار و اتمام بتن‌ریزی دیوار .ادامه می‌دهند

## قالب ها ی لغزنده و افقی

این نوغ قالب برای ریختن بتن دیوارهای طولانی، کف و جداره کانهل های بزرگ ، بتن ریزی شیبها ،کف تونلها و سطح راه ها به کار می رود . به دلیل اینکه اکثر قالب بندی های افقی لغزان بر روی تکیه گاه ثابت قالب مانند سنگ یا خاک انجام می شود،این عملیات اصولا عملیات تحکیم ، شمشه ماشین قالب لغزان معمولا بر روی ریل یا سکوی شکل داده شده حرکت .کشی، پرداختکاری است می کند. بخش دریافت بتن ماشین ناوه ای است که برای توزیع یکنواخت بتن در تمامی بخشهای قالب طراحی شده است. متراکم ساختن بتن توسط لوله لرانی انجام می شود که با لبه جلویی قالب موازی و کمی جلوتر از آن قرار دارد. متراکم کردن بتن سازه را می توان با ویبراتورهای دستی نیز انجام داد. لوله های بتنی در جای یکپارچه نیز با استفاده از روش قالب بندب لغزان افقی تولید می شوند. ساخت پوششی کامل تونل با قالب بندی لغزان نیز انجام شده است

## قالب های رونده

قالب های رونده یا قالب های بالا رونده قالب هایی هستند که پس از هر بار بتن ریزی از سطح بتن فاصله گرفته و به صورت خزنده (با فشار جک و یا با استفاده از کارگر و جرثقیل) جابجا می شوند. این قالب ها معمولا برای اجرای دیوارهای بلند کاربرد دارند. در اجرای سنتی دیوارهای بلند لازم است که دو طرف دیوار داربست بندی گردد اما در شیوه قالب های رونده، قالب هر مرحله به مرحله قبلی متکی شده و قالب همانند یک صخره نورد به سمت بالا صعودکرده و مراحل فوقانی دیوار را به اجرا در می آورد، بدون اینکه نیاز به داربست جانبی داشته باشد. هر مرحله از اجرای دیوار به این

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

شیوه رالیفت می گویند. در این قالب ها از دو سری قالب استفاده می شود و در هر مقطع یک سری قالب بر بالای سر قالب سری قبل استقرار پیدا می کند. بدین ترتیب که در حدود 50 تا 70 سانتی متر از بالای قالب، سوراخی کار گذاشته می شود و قالب توسط جرثقیل بلند شده و پای آن در سوراخ مذکور توسط بولت محکم می شود و قالب توسط جک در وضعیت شاقول تثبیت می شود. .سوراخ لیفت اول در لیفت دوم نیز ایجاد می گردد تا در اجرای لیفت سوم مورد استفاده قرار گیرد

***قالب های پرنده***

اصطلاح قالب پرنده به سیستمی اطلاق می شود که اجزا آن به یکدیگر متصل شده و یک واحد بزرگ را تشکیل می دهند که به آن عرشه می گویند. این سیستم برای قالب بندی دال بتنی در ساختمانهای چندین طبقه مورد استفاده قرار می گیرد. پس از آکه بتن هر طبقه ریخته شده مقاومت لازم را کسب کرد،قالب پرنده ( بدون جاسازی اجزا از بتن جدا شده و به صورت افقی به سمت بیرون ساختمان حرکت داده می شود و در بیرون ساختمان بالا کشیده می شود تا در موقعیت جدید برای یک دال دیگر مورد استفاده مجدد قرار گیرد. اصطلاح " قالب عرشه پرنده" از آنجا گرفته شده است که این قالب به سمت بیرون ساختمان حرکت داده می شود( پرواز می کند) و به سمت بالا کشیده می شود تا در تراز طبقه بالاتر مورد استفاده قرار گیرد. هر واحد قالب پرنده از اجزا سازه ای مختلفی از جمله: خرپاها، تیرها،تیرچه ها و رویه فلزی یا پلاستیکی تشکیل و مونتاژ می شود تا چندین بار مورد استفاده قالب بندی دالهای ساختمان قرار گیرند. این قالب ها را میتوان برای نگاه داشتن تیرها و شاه تیرها، دالها و سایر اجزا سازه ای مورد استفاده قرار داد

سیستم همبندی بلوک ها ( Intralock System ) یک نوع سیستم بلوک های ساختمانی بدون ملات است که شامل شش نوع ترکیب مختلف از بلوک ها می باشد.وی در ادامه می افزاید ، هر بلوک به سه قسمت توخالی جدا از هم با جداره هایی با صخامت کم تقسیم شده است.گفتنی است این نوع بلوک های بدون ملات روی هم قرار می گیرند و قسمت توخالی مرکزی آن با دوغاب

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

سیمان پر می شوند وبه صورت صلب بتنی در می آیند.مهندس زنجانی در ادامه خاطر نشان کرد دوغاب سیمان در میان و اطراف بلوک ها جریان یافته سبب پیوند بلوک به بلوک های کناری می گردد و همه بلوک ها و دیوارها بدون استفاده از ملات در اتصالات شبکه ای همانند شبکه تیر هاو ستونها تشکیل می دهند.شایان ذکر است دو فضای تو خالی دیگر بلوک با ایجاد کانال های هوای داخلی و خارجی در امتداد قائم و افقی سبب عایق بندی و ایجاد خاصیت ضد صدا و ضد آتش بلوک ها می گردد. همچنین وی اشاره کرد می توان لوله ها وسیم کشی درون ساختمان را از آنها عبور داد و نیز سیستم های اعلام خطر را در این بلوک ها تعبیه کرد .گفتنی است این بلوک دارای مزایای منحصر به فردی است ، از جمله می توان به سرعت ساخت ، دیوار های محکمتر و کاربرد های متنوع تر آن اشاره کرد.به دلیل اینکه در این سیستم نیازی به ریختن ملات در میان بلوک ها نیست سرعت ساخت افزایش یافته و کیفیت کار به آسانی کنترل می شود. مهندس زنجانی در ادامه افزود، فضای تو خالی میانی که به وسیله سیمان پر می شود دیوارهای سخت همانند دیوارهای بتنی ایجاد می کند. همچنین در نوعی از آنها پروفیل های فولادی را نیز می توان در فضای خالی بلوک ها جای داد و اطراف آن را با دوغاب سیمان همانند دفن فولاد بتن پر کرد.

**قالب بندی فونداسیون :**

قالب بندی باید از تخته سالم بدون گره به ضخامت حداقل 5. 2 سانتیمتر یا ورقه های فلزی صاف یا از قالب آجری (تیغه 11 سانتیمتری آجری یا 22 با اندود ماسه سیمان برای جلوگیری از خروج شیره بتن ) صورت گیرد. لازم به یادآوری است که پی های عادی می توان با قرار دادن ورقه پلاستیکی ( نایلون (در جداره خاکبرداری از آن به عنوان قالب استفاده کرد .

تذکر: در آرماتور بندی فاصله میله گردها تا سطح آزاد بتن در مورد فونداسیون نباید از 4 سانتیمتر کمتر باشد

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

**پدستالها :**

ستونهای بتنی کوتاه و کم آرماتور و حتی گاهی بدون آرماتور که عموماً روی پی های بتنی اجرا شده و روی آنها صفحه زیر ستون نصب شده و سپس ستونهای فلزی روی صفحه نصب میگردد. این ستونها بدلیل ابعاد نسبتا زیاد ( از نظر عرضی زیاد و ارتفاعی کم) جزء ستونهای لاغر محسوب میشوند و لذا تحمل مقاومت فشاری آنها بسیار زیاد میباشد .

**موارد استفاده از پدستالها:**

(زمانیکه بخشی از ستون فلزی داخل خاک مدفون باشد که به جهت پوسیدگی آن از پدستال ها در همان بخش استفاده می کنند .

(زمانیکه ارتفاع ستون فلزی زیاد باشد و به جهت مهار کردن لاغری آن در بخشی از آن به طرف پی از پدستال استفاده می کنند .

(زمانیکه لنگر در پای ستون یا نباشد یا کم باشد .

(زمانیکه در بخش زیر زمین ساختمان با ارتفاع حدود3 متر بخواهیم فضای قابل استفاده داشته باشیم .

(زمانیکه بخواهیم بخش زیر زمین ساختمان را بجای ستونهای فلزی با پدستالهای بتنی اجرا و در حقیقت پدستالها با پی تولید یک پی جدید بنماید و در محاسبات سازه به صورت پی وارد شود .

(زمانیکه بخواهیم ستونهای اکسپوز ( در نما و دید) فلزی از کف به بالا باشد .

نکته1: توصیه شده پدستال ها فقط زمانیکه لنگر در پای ستون نیست استفاده شوند در غیر اینصورت محاسبات آنها مانند ستونهای بتنی بوده و آرماتورهای مورد نیاز را باید محاسبه کرد .

نکته2: جهت خرد نشدن سطح پدستال معمولاً از یک شبکه مش آرماتور ضعیف تا حد نمره 14 روی پدستال و زیر صفحه زیر ستون استفاده میکنند

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

## فصل دازدهم

## اسکلت و مصالح فلزی

### فلزات آهنی

اولین فلزی که توسط بشر مورد استفاده قرار گرفته است، مفرغ (آلیاژیاز مس و قلع و شاید چند فلز دیگر ) بوده است در طول تاریخ تحول در ساخت و کاربرد هیچ فلزی مانند سیر تکامل آهن و آلیاژ معروف آن یعنی فولاد مهم نبوده بطوریکه امروزه نود و پنج درصد کل تولیدات فلزات دنیا را به خود اختصاص داده .

علیرغم سعی وافر باستانشناسان هنوز تاریخ اولین کاربرد آهن توسط بشر مشخص نگردیده است . فقط یک خنجر و یک دستبند آهنی در داخل اهرام مصر یافت شده است . که گمان میرود مربوط به 5000سال پیش است . استفاده از آهن تاثیر بسیار زیادی در سیر تمدن بشر در قرون گذشته داشته و احتمالا همان تاثیر را در قرون آتی نیز خواهد داشت .

بشر از دیر باز با آهن و فولاد و چدن که امروزه به عنوان پر مصرف ترین فلزات جهانند، آشنا بوده است. استفاده از آلیاژهای آهن در بنا حتی در میزان بسیار اندک و محدود در ابنیهٔ اعصار گذشته کمتر به چشم می خورد. اما تنها از اوائل قرن هیجدهم با پیشرفت صنعت، استفاده از این فلز رو به فزونی گذاشته است. از این طریق ایده های نو و پدیده های بدیع وارد صنعت ساختمانی گردید. در ابتدا از آهن برای کارهای جزئی همچون تزئینات و کلاف بندی بناهای سنگی استفاده می شد. در همین زمان در بعضی از پوشش های کم وزن مثل سقف تئاتر فرانسه که در بوردو ساخته شد به کار رفت، اما به علت عدم توسعه صنایع تصفیهٔ آهن استفاده از این فلز محدود است. در اواسط قرن هیجدهم در انگلستان قدم های شایان توجهی در بهبود و پیشرفت صنعت آهن برداشته شد. در اواخر این قرن نتایج این پیشرفتها در اختیار عموم قرار گرفت و این صنعت با توجه به توسعه روز افزون صنایع اسلحه سازی بهبود حاصل کرد و اولین ابنیه با اعضای باربر فلزی همچنین پل های فولادی بنا شدند . اولین سازه تمام فلزی یک پل چدنی در انگلستان می باشد کا از اواخر قرن هیجدهم تا کنون به منظور عبور و مرور بر روی رودخانه سورن بکار می رود . که به مرور زمان

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

فصل نوینی در تاریخ ساختمان سازی آغاز شد و دروازه های استفاده از آهن در ساختمان گشوده شد.

قدیمی ترین کاربرد آهن، در اروپا در قرن سیزدهم میلادی در تولید اسلحه و وسایل دیگر در عرصه آهن بوده است؛ استفاده از یک زنجیر از جنس آهن نرم تحت کشش در کنبد کلیسای سنت پاول برای جلوگیری از ریزش دیواره ها به بیرون و استفاده از چدن توسط پاکستون در قسمتهای پیش ساخته ساختمان کریستال پالاس (قصرۀ بلورین) در سال 1851پیشرفتهای با ارزش در استفاده از آهن در ساختمان، می باشند . فولاد مادۀ نسبتاً جدیدی است و در مقادیر صنعتی تنها در اواخر قرن نوزده ، پس از توسعۀ روش بسمر به دست آمد. اولین ساختمان بلند10 طبقه با اسکلت فلزی در سال 1858م. در شیکاگو توسط ویلیام لوبادن جنی ساخته شد.

**فولاد:**

**.** فولاد آلیا ژی از آهن و کربن است که کمتر از 2درصد کربن دارد . در فولا د ساختمانی عموما در حدود 3 درصد کربن و ناخالصیهای دیگری مانند فسفر و سولفور و اکسیژن و نیتروژن و چند ماده دیگر موجود می باشد

به کمک کاهش ناخالصی کربن و سایر مواغد زائد، فولاد را از چدن سفید تهیه می کنند.

**روشهای تولید فولاد**

روشهای امروزی برای ساخت فولاد عبارتند از : روش اکسیژن، روش اپن هارت (زیمنس مارتن) و روش فولاد سازی با کورۀ الکتریکی.صرف نظر از روش تولید، روند فولاد سازی شامل اکسیداسیون ناخالصی های نامطلوب است که مبدل به سرباره می شوند و یا می سوزند.

در روش **بسمر و اکسیژن**، هوا یا گاز اکسیژن به داخل پاتیل متحرک که با چدن مذاب بارگیری شده است با فشار دمیده شده و باعث اکسید شدن ناخالصی ها می شود.

در **روش اپن هارت** ،این عمل به کمک سوخت تسریع می شود و در **کوره‌های الکتریکی** که با چدن سرد و آهن قراضه بارگیری می شود حرارت ناشی از ایجاد قوس الکتریکی بین الکترودها و آهن آلات درون کوره موجب ذوب و اکسید شدن ناخالصی های مطلوب می شود.

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

**روش پاتیل اکسیژن** ، فولادی مشابه کورهٔ اپن هارت تولید می کند، ولی بسیار ارزان تر است. در عوض در روش اپن هارت امکان تولید فولادهای آلیاژی(فرو وانادیم- فرو کرم) فراهم می شود و در روش الکتریکی که گران ترین روش است تولید فولادهای ویژه (ضد زنگ، ضد اسید و ضد حرارت) ایجاد می شود. یکی از روش های جدید تولید فولاد **روش پاشیدن** است که با تبدیل چدن مذاب به ذرات بسیار ریز به کمک فشار اکسیژن صورت می گیرد؛ این عملیات در مخزن ویژه ای انجام می گیرد.

در ایران دو روش استاندارد برای تولید فولاد وجود دارد. **روش اکسیژن** برای تولید مقادیر زیاد فولاد معمولی و روش **کورهٔ قوس الکتریکی** برای تولید فولاد با کیفیت بالا به خصوص فولادهای آلیاژی به کار می رود.

**خواص فولاد:**

وزن مخصوص فولاد 7/85 تن در متر مکعب است. مقاطع مختلف فولاد بر حسب متر و یا متر مربع جدول بندی شده اند و در محاسبات از این گونه جداول که سایر خصوصیات مکانیکی قطعه در آنها جای گرفته، استفاده می شود.

**تاب کششی** و یا مقاومت ارتجاعی فولادها متفاوت است. بر اساس نوع مصرف ، فولادهای گوناگونی تهیه می شود که آنها را نام گذاری متفاوتی نیز کرده اند .اکنون ساخت فولادهای 32 ، 37 ، 45 ، 50 ، 52 برابر استاندارد آلمان در کارخانه های ذوب آهن متداول است. که به ترتیب مشخص کنندهٔ تاب کششی 320 ، 370 ، 450 ، 500 و 520 نیوتن در هر میلی متر مربع است.

**تاب فشاری، برشی،خمشی،ضربه ای، سختی و شکنندگی** فولادها بر حسب آلیاژ آنها متغیر است.

**ضریب انبساط** فولاد با ازدیاد حرارت از صفر تا 100درجهٔ سانتی گراد برابر 2 درصد محاسبه می شود.

تأثیر رطوبت و نمکها بر فولاد بسیار زیاد است و به سرعت اکسیده می شود یا میپوسد. برای مقابله با این مسأله از آلیاژهای **کِرُم ، نیکل، وانادیوم و مولیب دنوم** استفاده می شود. می توان سطح

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

آن را قلع اندود (حلبی) یا آن را **روی اندود** نمود(آهن سفید) یا به وسیلهٔ رنگ ضد زنگ، و سرنج آن را در برابر رطوبت حفظ کرد.

**شکل پذیری** فولاد باعث می شود که برای مصارف گوناگون بتوان از آن مقاطع متنوعی پدید آورد. از جمله مقاطع فولادی می توان انواع زیر را نام برد:

ورق-تسمه-آرماتور(با مقطع دایره ساده، دایرهٔ آجدار، نیم دایره، مربع و شش گوش)- مقطع یا پرفیل معمولی- نبشی –سپری-ناودانی-زد-کلاهی-ریلی-لوله و همین طور مقاطع مختلف برای چهار چوب در و پنجرهٔ فولادی.

**قابلیت اتصال :** با استفاده از اتصال تر یا خشک می توان قطعات مختلف آهنی را به یکدیگر متصل نمود. و قطعه یا قطعات یکپارچه ای به دست آورد. در قسمت اتصالات فولاد توضیحات بیشتری ارائه شده است.

### 2. 2. تأثیر ناخالصی ها در کیفیت فولاد

کربن بیش از حد، فولاد را ترد می کند و بر سختی آن می افزاید. کمبود آن باعث افزایش خاصیت چکش خواری فولاد می شود. کربن عامل پائین آمدن درجهٔ ذوب فولاد است.

**منگنز و سیلیسیوم**، تاب کششی و سختی فولاد را افزایش می دهند و مانع از چکش خواری و شکل پذیری آن می شوند.

**فسفر**، فولاد را ترد و شکننده می کند.

**گوگرد**، عامل پائین آمدن تاب ضربه ای در فولاد است و نیز سبب می شود که فولاد مذاب حالت خمیری و سفت داشته باشد.

**رُم**، تاب کششی فولاد را افزایش می دهد و مانع از زنگ زدن آن می شود. فولاد ضد زنگ قریب به 12% کِرُم همراه دارد و به این منظور می توان از آلیاژ نیکِل و مولیب دنوم نیز استفاده کرد.

**مس** ،آلیاژ فولاد و مس زنگ نمی زند و دیر می پوسد. ( فولاد کورتن

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

استفاده از فلزات در ساختمان از اهمیت فراوانی برخوردار است . از فلزات به عنوان سازه ساختمان ، پوشش ها و تزئینات و یراق آلات استفاده می شود و چون نقش کلیدی و اساسی دارند نحوهٔ ساخت و نصب آنها و همچنین محافظت از آنها، از جملهٔ مهم ترین عملیات ساختمانی به شمار می آید . به علت تفاوت اساسی بین کارهای فلزی سنگین که معمولاً اسکلت ساختمان و یا اجرای سازهٔ ان را تشکیل می دهد ، با کارهای فلزی سبک مانند ساخت و نصب در و پنجره ، این قسمت به دو بخش متفاوت تقسیم می شود .

## 9. 1. اجرای کارهای فولادی سنگین

فولادهای مورد بحث در این قسمت عبارتند از : تا شده های نورد شده، ورق و لوازم اتصال ، مانند پیچ و مهره و پرچ هایی که در کارهای فلزی و اسکلت سازی مصرف می شوند . قطعات فولادی باید از زنگ زدگی و عیب هایی که به مقاومت یا شکل ظاهری آنها لطمه می زند، عاری باشند . استفاده از قطعات زنگ زده و پوسته پوسته شده مجاز نیست مگر این که به وسیلهٔ ماسه پاشی ( سندبلاست ) یا برس زنی کاملاً تمیز گرند . در این حالت نیز چنانچه سطح مقطع تا شده ها ضعیف شده باشد ، باید سطح واقعی و ضعیف شده در محاسبات منظور گردد .

در نقشه های کارگاهی همهٔ اطلاعات و جزئیات برای ساخت قطعات سازه شامل مشخصات و ابعاد عناصر و محل آنها همچون نوع و اندازهٔ جوش ها، پیچ ها یا پرچ ها درج شده است . بنابراین قطعات فولادی بر اساس این مشخصات انتخاب و دقیقاً اندازه گیری و بریده می شوند . لبه های بریده شده باشد تا حد امکان عاری از ناهمواری و بریدگی باشد .

عموماً فولاد ساختمانی که در نقشه ها درج می شود، فولادی است که دارای مقاومت ارتجاعی برابر 2400 کیلوگرم بر سانتی متر مربع است و ازدیاد طولی نسبی آن در حد گسیختگی در حدود 20 درصد می باشد .

**در کارگاه ساختمان اسکلت فلزی باید نکات زیر را در نظر داشت :**

قطعات فولادی باید از عیب هایی که به مقاومت و یا شکل ظاهری آنها لطمه می زند عاری باشد .

به کار بردن آهن های بازیافتی به طور کلی ممنوع است مگر آنکه در محاسبات به آن توجه شده باشد .

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

تیر و ستون ها باید حتی الامکان یک پارچه باشند  از وصله کردن قطعات کوتاه خودداری شود .

آهن الاتی که مدتی در فضای باز رها شده اند قبل از استفاده باید مورد آزمایش قرار گیرند.

اسکلت فلزی را باید توسط اندود ضد رنگ محافظت کرد . قبل از زدن رنگ ضد ژنگ سطح آهن باید تمیز و فاقد زنگ و گرد و غبار و غیره باشد. چنانچه رنگ زدن قبل از جوشکاری انجام شود باید رنگ کاری به فاصله 5 سانتی متر قبل از محل جوش متوقف گردد و پس از جوش کاری این کار را تکمیل کنند .

قطعات فولادی که داخل بتن قرار می گیرد به هیچ وجه نباید رنگ و یا روغن زده شوند. (رنگ اپوکسی برای ضد زنگ کردن میل گردها طبق مشخصات مجاز است) .

باید از مجاورت موادی مانند گچ و آهک که باعص پوسیدن فولاد می شود ، جلوگیری کرد

**اجرای کارهای فلزی سبک**

قطعات مورد بحث در این قسمت شامل پروفیل های در و پنجره ، قاب ها ، ورق های محافظتی و قطعات تزئینی می شوند . این قطعات معمولاً به صورت جدول درها، پنجره ها ، قاب ها و چهارچوب های در و پنجره ها ، یراق آلات و تمامی اتصالات درها و پنجره ها و همچنین ورق های آب بندی و غیره در نقشه های اجرایی منعکس شده اند .

در و پنجره ها با تنوع زیادی طراحی و به اجرا در می آیند که از آن جمله می توان از بازشوی لولایی، محوری، کشویی و همچنین پنجرۀ ثابت نام برد . درهنگام ساخت آنها باید به نکات زیر توجه کرد :

باید دقت زیادی در اجرای دقیق و صحیح انها به عمل آورد .

باید به قائم بودن و افقی بودن قطعات و همچنین مستوی و بدون تاب بودن ضخامت آنها دقت کرد.

اتصال محکم و بدون لرزش آنها به دیوار و اجزای ثابت باید در نظر گرفته شود .

جوش کاری در روکار قطعات فلزی باید مخفی و یا صاف شده باشد ، همچنین به منظور ضدزنگ نمودن باید قطعه رنگ شود . ساخت چهارچوب ها و لنگه های در و پنجره باید به نحوی انجام شود که به خوبی هوابندی شوند و آبچکان ها به خوبی آب را از سطح پنجره و نقاط قابل نفوذ دور نمایند.

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

ورق های نازک فولادی به کمک پیچ، پرچ، جوش نقطه ای وتا کردن ورق ها روی یکدیگر به هم متصل می شوند .

**حمل و نقل و نگهداری**

مصالح فلزی را باید در مکانی تمیز، عاری از رطوبت و مواد مضر، دور از گرد و خاک انبار شوند تا از آلودگی سطح و خوردگی و زنگ زدگی آنها جلوگیری شود .

انواع فلزات را باید بر حسب نوع فلز ، نوع تا شده و یا قطر هر تا شده از یکدیگر تفکیک و در کارگاه انبار نمود . در صورت وجود میلگردهای هم قطر یا سایر نیمرخ های هم اندازه با مقاومت گوناگون، آنها را باید در محل های مختلف نگهداری و با رنگ کردن نوک نیمرخ ها آنها را از یکدیگر متمایز نمود .

در هنگام حمل و تخلیهٔ صورت پذیرد که کوچکترین آسیبی به مقاطع فلزی وارد نشود .

**توصیه هایی برای انتخاب مصالح هماهنگ با طراحی پایدار**

از قطعاتی که آمیزه ای از چند مصالح اند و قابل بازیافت نیستند ، استفاده نکنید .

در صورت امکان، از پرداخت فیزیکی فلزات همچون چکشی کردن، ماسه پاشی و صیقلی شده به جای روکش استفاده کنید .

چنانچه روکش روی فلزات الزامی است، از روکش گردپاشی با مواد فاقد حلال استفاده کنید . گرده مازاد در جریان تولید، مجدداً قابل استفاده است .

از روش آبکاری که در جریان آن از سیانید کادمیوم یا کِرُم ، - روشی که از الکترولیز فرم آلدئید مس بهره می گیرد – به علت سمی بودن و آسیبی که پس مانده خط تولید به محیط زیست می زند استفاده نکنید .

آلومینیوم نیاز به صرف انرژی فراوان در جریان تولید دارد . در جایی که وزن سبک و مقاومت در برابر پوسیدگی آلومینیوم مورد نیاز نیست از مصالح جایگزین استفاده کنید.

در مشخصات فنی حتی الامکان استفاده از محصولات آلومینیومی را که از قطعات بازیافتی و کاربرد مجدد تولید شده اند پیشنهاد کنید ( بسیاری آلیاژها به کمک مواد بازیافتی قابل تولید نیستند )

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

فولاد معمولاً مقدار زیادی موادبازیافتی به همراه دارد . این میزان در فولادهای دارای مقاومت بالا حتی تا 15 درصد نیز می رسد ، 75 درصد این میزان قطعاتی هستند که قبلاً در بازار یک بار به مصرف رسیده است .دور ریز فولاد در کارگاه را به کمک سفارش قطعات پیش ساخته کاهش دهید .

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

## فصل سیزدهم

## اجرای سازه های فلزی

در این نوع ساختمان‌ها برای ساختن ستون‌ها و پل‌ها از پروفیل‌های فولادی استفاده می‌شود. در کشور ما معمولاً ستون‌ها را از تیرآهن‌های I دوبل یا یال پهن‌های تکی استفاده می‌نمایند، و همچنین برای اتصالات از نبشی و تسمه و برای زیر ستون‌ها از صفحه فولادی استفاده می‌شود، و معمولاً دو قطعه را به وسیله جوش به همدیگر متصل می‌نمایند. سقف این نوع ساختمان‌ها ممکن است تیرآهن و طاق ضربی باشد، و یا از انواع سقف‌های دیگر از قبیل تیرچه بلوک و غیره استفاده گردد. برای پارتیشن بندی می‌توان از انواع آجر و یا قطعات گچی و یا چوب و یا سفال‌های تیغه‌ای استفاده کرد.

**دسته بندی قطعات فلزی:**

**از نظر این مقررات، قطعات سازه‌های فولادی به شرح زیر می‌باشد:**

پیچ‌های مهاری داخل بتن- صفحات کف ستون- ستون‌ها- تیرها- بادبندها- خرپاها- لاپه‌ها- دستک‌ها- کلاف دیوارها- پیچ و مهره و پرچ و پین اعم از موقت یا دائم- اتصالات

قطعات یا اعضا فلزی دیگری که در نقشه‌ها وجود دارند از نظر این مقررات جزئی از سازه فولادی محسوب نمی‌شوند. از قبیل: صفحات مشبک کف- فلزات تزئینی یا یراق آلات- دودکش‌ها

**تقسیم‌بندی شیوه‌های اجرایی در ساختمان‌های فولادی:**

**ساختمان‌های فولادی از نظر شیوه اجرا به سه دسته تقسیم می‌شوند:**

**الف) پیش‌ساخته:** ساختمان‌های فولادی که قطعات آن به طور کامل در کارگاه ساخت، مونتاژ و جوشکاری می‌شوند و اتصال آنها برای نصب در پای کار انجام می‌پذیرد.

**ب) نیمه پیش‌ساخته:** ساختمان‌های فولادی که برخی از قطعات آن در کارگاه ساخت، مونتاژ و جوشکاری می‌شوند و بقیه قطعات در پای کار ساخته شده و نصب می‌شوند.

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

**پ) درجا:** ساختمان‌های فولادی که کلیه قطعات آن در پای کار برشکاری و مونتاژ و جوشکاری شده و به وسیله اتصالات جوشی نصب می‌شوند.

**مصالح فولاد**

ویژگی‌های شیمیایی و مکانیکی و روش آزمایش آنها برای فراورده‌های فولادی گرم نوردیده باید مطابق استاندارد ملی ایران شماره 1600 باشد.

ابعاد و رویدادهای ابعاد برای تیرآهن با بال نیم پهن باید طبق استاندارد 1791 ایران، برای تیرآهن با بال باریک طبق استاندارد 3276 ایران، برای ورق طبق استاندارد 3694 ایران و برای نبشی طبق استانداردهای 1792 و 1791 ایران باشد. در مورد سایر مقاطع تا زمان تهیه استاندارد ملی ایران، به استانداردهای معتبر مرتبط بین المللی مراجعه شود.

در صورت لزوم، می‌توان با کسب اجازه ناظر، از استامداردهای دیگری به جای موارد مندرج در بند بالا پیروی نمود. این امر نباید منجر به عدول از نیازمندی‌های طرح سازه شود.

درجه بندی تضمین شده مصالح فولادی به وسیله کارخانه فولاد در انطباق با بندهای بالا برای اطمینان از کیفیت مصالح، کافی است.

هرگاه مصالح فولادی، رواداری‌های مربوط به صافی، انحنا یا پیش‌خیز مطابق بندهای دو و سه این مقررات را ارضا نکنند، مجری مجاز است که عملیات اصلاحی را به وسیله گرمایش کنترل شده و صافکاری مکانیکی انجام دهد.

ویژگی‌های میلگرد مورد استفاده برای ساخت مهار داخل پی باید منطبق بر شرایط طرح باشد. روش رزوه پیچ روی این میلگردها باید به نحوی باشد که حداقل سطح مقطع میله در ناحیه رزوه شده از 70% سطح مقطع میلگرد دست نخورده کمتر نباشد و هیچ‌گونه شکستگی دندانه‌های پیچ رخ ندهد

**پیچ و مهره:**

تا زمان تهیه استانداردهای ملی ایران، ویژگی‌های شیمیایی و مکانیکی و هندسی پیچ و مهره و واشر باید با استانداردهای مرتبط بین‌المللی (ISO) منطبق باشد.

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

**الکترود جوشکاری:**

ویژگی‌های الکترود مصرفی برای جوشکاری باید با استاندارد 871 ایران منطبق باشد.

**نقشه‌ها و مدارک فنی:**

هر ساختمان فولادی لازم است دارای مجموعه‌ای از نقشه‌های محاسباتی، نقشه‌های کارگاهی، نقشه‌های نصب و مدارک مربوط به مشخصات فنی خصوصی باشد. با توجه به اهمیت و پیچیدگی هر ساختمان ممکن است تعدادی از این مدارک مورد نیاز نبوده و یا با هم ادغام گردند.

لازم است نقشه‌های محاسباتی به همراه مدارک مربوط قبل از آغاز هرگونه عملیات اجرایی آماده باشد.

نقشه‌های کارگاهی و نقشه‌های نصب می‌توانند به تناسب عملیات اجرایی تحویل ناظر شود. ناظر پس از مطالعه از نظر کامل بودن اطلاعات اجرایی، آن را پس از تصویب به سازنده ابلاغ می‌کند.

مشخصات فنی عمومی و خصوصی باید حاوی کلیه اطلاعات لازم برای اجرای پروژه با کیفیت صحیح و مطلوب باشد. قسمتی از این مشخصات ممکن است در حاشیه نقشه‌ها قید شود یا به صورت دفترچه‌های مجزا به سازنده تحویل گرد

**کشش ساده:**

سازه‌ها هرگاه تحت تأثیر نیرو قرار گیرند تغییر شکل می‌دهند، اگرچه این تغییر شکل‌ها بندرت توسط چشم غیرمسلح دیده می‌شوند اما تنش‌های متناظر آنها قابل اندازه‌گیری هستند. نوع و کیفیت تنش‌ها می‌تواند کاملاً پیچیده باشد با وجود این اغلب شامل بر دو وضعیت اساسی می‌باشند: کشش و فشار.

**کشش** وضعیتی از تنش است که در آن ذرات مواد تمایل به کشیدگی و جدایی دارند. مواد خاصی مانند بتن بدون افزایش طول زیاد، به آسانی تحت تأثیر نیروی کششی از هم گسیخته و جدا می‌شوند. مواد دیگری نظیر فولاد که قادر به افزایش طول کششی زیادی هستند در مقابل کشش بسیار مقاوم می‌باشند.

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

افزایش طول مهمترین تغییر شکل در اثر کشش ساده است اما تنها تغییر شکل آن نیست.

**فشار** وضعیتی دیگر از تنش می‌باشد که ذرات مواد را به هم فشرده می‌سازد. کاهش طول یکی از اثرات اعمال فشار است. در محدوده رفتار ارتجاعی این کاهش در واحد طول یا کرنش فشاری نسبت مستقیم با مقدار بار وارده بر واحد سطح مقطع ستون یا تنش فشاری دارد. نسبت تنش فشاری به کرنش فشاری مدول الاستیک در فشار می‌باشد.

تغییر شکل‌ها در وضعیت فشار برعکس تغییر شکل‌ها در وضعیت کشش است. بر اساس پدیده پواسون کاهش طول در جهت اعمال نیرو و افزایش طول در جهت عمود بر آن اتفاق می‌افتد. در نتیجه ستون فولادی که قادر به تحمل تنش فشاری 1450کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع است از نظر تئوری می‌تواند با اطمینان وزن خود را تا ارتفاع 1700 متری تحمل نماید از آنجایی که مدول‌های الاستیک فولاد در کشش و فشار برابر هستند این ستون تحت فشار به همان اندازه کوتاه می‌شود که تحت کشش برابر، افزایش طول می‌یابد.

با افزایش تدریجی فشار ناشی از اِعمال نیرو جزء باریک به حد مشخصی می‌رسد که دیگر به جای کوتاه شدن خمیده می‌شود و معمولاً می‌شکند. این حد خطرناک بار کمانش آن جزء نامیده زء نامیده می‌شود. این پارامتر یک فاکتور اصلی در طراحی سازه‌هایی می‌باشد که در آنها مصالح مورد استفاده با وجود سطح مقطع کم، مقاومت لازم برای تحمل فشار را دارد، در نتیجه از اجزاء باریک استفاده می‌شود.

هرگاه بارهایی موجب چرخاندن سازه‌ای شوند در آن پیچش به وجود می‌آید. برای مثال بارگذاری‌های خارج از مرکز ثقل که از یک تیر کف به تیر اصلی بین دو ستون منتقل می‌شود، موجب تنش‌های پیچشی در تیر اصلی می‌شوند.

صلبیّت در مقابل پیچش بستگی به مدول برش دارد. کارآمدترین مقاطع در مقابل پیچش مقاطع توخالی هستند که به تنش‌های برشی بیشترین بازوی اهرم را در چرخش به دور محور تیر می‌دهند.

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

تمام وضعیت‌های پیچیده تنش، ترکیبی از دو وضعیت اولیه تنش هستند که عبارتند از کشش و فشار. ترکیب فشار و کشش در تارهای مختلف یک عنصر سازه‌ای که شاید متداولترین این ترکیبات باشد خمش نامیده می‌شود و نقش اساسی در بیشتر سیستم‌های سازه‌ای دارد.

به علت خمش تیر، تارهای بالا تحت کشش و تارهای پایین تحت فشار قرار می‌گیرند. به علاوه می‌توان گفت که کشش و فشار به نسبت فاصله از تار وسط یا تار خنثی افزایش می‌یابد. وضعیتی از تنش که در آن تنش از یک کشش ماکزیمم تا یک فشار ماکزیمم برابر، به صورت خطی تغییر یابد خمش ساده نامیده می‌شود.

تنش‌های خمشی در طول تیر تغییر شکل یافته منحنی‌وار توزیع می‌شوند، اما این تغییر شکل در مقایسه با طول تیر به حدی کم است که می‌توان گفت وزن‌های عمودی در تیر تنش‌های افقی ایجاد می‌کنند. در نتیجه ممکن است خمش را به صورت یک مکانیزم سازه‌ای در نظر گرفت که قادر به انتقال بارهای عمودی در جهت افقی به تکیه‌گاه و یا به طور کلی انتقال در جهت عمود بر بارگذاری می‌باشد.

با در نظر گرفتن مقاومت فشاری اکثر مصالح ساختمانی، به طور نسبی آسانتر است که بارها را به صورت عمودی به زمین انتقال دهیم اما مشکل اساسی سازه‌ای عبارت است از انتقال افقی بارهای عمودی به منظور پوشاندن دهانه بین دو تکیه‌گاه عمودی. بدین ترتیب مشخص می‌شود که خمش از اهمیت ویژه‌ای به عنوان یک مکانیزم سازه‌ای برخوردار می‌باشد.

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

**انواع اتصالات:**

**انواع اتصالات فولادی:**

**اتصالات خشک:**

در این روش ها با اضافه نمودن قطعهٔ جدیدی دو قطعه را در جوار یکدیگر به هم می بندند. در اتصالات خشک چند طریقه زیر وجود دارد که در هیچ کدام احتیاج به ذوب کردن خود قطعهٔ فولادی نیست.

**پرچ :**دو قطعهٔ فولاد را سوراخ و پرچ را از بین آنها رد می کنند. آن طرف قطعهٔ پرچ را توسط دستگاه مخصوصی داغ می کنند و شکل می دهند. در گذشته، پرچ را ابتدا داغ و داخل سوراخ می کرند. و سپس طرف دیگر را شکل می دادند. پرچ ها در ابعاد مختلف و کیفیتهای متفاوت محاسبه و تعیین قطر می گردند. طرز نشاندن و تعداد آنها نیز توسط محاسبات بدست می آید.

امروزه برای متصل نمودن دو ورق نازک نیز از روش میخ پرچ استفاده می شود که سرعت کار را تا حد زیادی بالا می برد.

**پیچ :**دو قطعهٔ فولاد را سوراخ می کنند و پیچ را از داخل آن می گذرانند. سپس واشر می اندازند و مهره می کنند. مشخصات و تعداد پیچ و مهره و نوع واشر با محاسبات به دست می آید. برای به وجود آمدن اصطحکاک در میان قطعات قبلاً سطح آنها را به خوبی توسط شن پاش تمیز و زبر می نمایند.

روشهای خشک قابل کنترل اند و بسیار دقیق اجرا می شوند. معایبی نیز به همراه دارند که از آن جمله، پوسیدن قطعهٔ اضافی و بریدن آنهاست و همین طور عدم کارآیی در نقاطی که دسترسی چندان به آن نیست.با وجود این هنوز هم برای اجرای کارهای دقیق و یا قطعات فولادی پیش ساخته، استفاده از این گونه روش‌ها ترجیح داده می شود.

در اتصالات با پیچ، کار باید به نحوی انجام پذیرد که کوچک ترین صدمه ای به محل سوراخ ها وارد نشود، همچنین سوراخ کاری باید به گونه ای انجام شود که کاملاً در روبروی یکدیگر قرار گیرند

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

قطعاتی که با هیچ به یکدیگر متصل می شوند باید کاملاً به هم جفت شده باشند و هیچ قطعه ای بین آنها قرار نگیرد.

**اتصال به کمک تا کردن:**

در این روش ورقهای نازک را بدون نیاز به ماده یا قطعهٔ جدیدی بر روی هم تا می کنند. استفاده از این روش در ساختن کانال ها و آب بندی قطعات شیروانی بام بسیار متداول است.

**4- اتصالات تَر یا جوشی:**

مصرف جوش در ساختمانهای فولادی روز به روز بیشتر و مزیت آن بر سایر اتصال دهنده‌ها آشکارتر می گردد. محل اتصال را به هر شکل که باشد می توان جوش کرد. انبار وسایل آن به محل کمتری احتاج دارد و خطر زنگ زدگی در محل جوش کمتر است. زیرا جوش خوب، درز اتصال را کاملاً می پوشاند و صاف می شود و از آلیاژ مناسبی برخوردار است. در زیر اشارهٔ مختصری به انواع جوش می شود.

جوش بر اثر گداختن و افزودن مادهٔ مذاب دیگری که محل جوش را پر می‌کند. جوش الکتریسیته، جوش اکسیژن، جوش کاربید و همچنین هاویه و لحیم کاری در این دسته می گنجند.

**جوش بر اثر فشار زیاد؛**

با گرم کردن محل جوش و در اثر فشار زیاد بدون مادهٔ اضافی انجام می گیرد. جوش نقطه ای که در صنایع مختلف به کار می‌رود، از این دسته جوش ها است.

چسباندن قطعات سبک فولادی توسط مواد شیمیایی در بعضی از صنایع رایج است ولی خطر زنگ زدگی در محل اتصال و مقاومت اندک، از کیفیت آنها می کاهد.

چناچه سطح آنُد کمتر از کاتُد باشد و یا محیط الکترولیت اسیدی و یا حاوی نمک های کلر و سولفور باشد و یا حرارت افزایش یابد عمل خوردگی تسریع می شود.

**پیش بینی های عملی برای مقابله با خوردگی**

با توجه به مطالبی که بیان شد چند راه حل عملی برای جلوگیری از خوردگی پیشنهاد می‌شود . گرچه بیشتر راه حل ها در هنگام طراحی باید مد نظر باشد .

انتخاب فلزات متناسب با محیط

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

احتراز شرایط رطوبتی . احتراز درز و شکافی که موجب نگهداری آب و رطوبت و گل می شود به وسیله پر کردن آنها با جوش یا ماستیک و یا پیش بینی سوراخ زهکشی .

جلوگیری از تماس فلزات غیر همگون به وسیلهٔ قرار دادن یک قطعه عایق ، برای مثال رنگ های قیری، لاستیک های مصنوعی .جلویری از تغییر در هوای محیط اطراف و مجاور فلز**در آب :**

از حرارت و جریان شدید، شرایط سکون جلوگیری کنید .

مانع قطع شدید و یا تغییر ناگهانی حرکت آب در لوله ها شوید .

اجازه ندهید که آب از روی فلزاتی که خوردگی در آنها صورت نمی گیرد به فلزات زیری جریان پیدا کند . چنانچه فلزات مختلفی قرار است در سیستم آبی یکسان به کار روند فلز کاتُد باید در پایین دستِ جریان آب قرار گیرد .

آلیاژ و یا دخالت دادن عضو دیگری که دارای خاصیت ضد پوسیدگی بیشتری باشد .

کدر کردن یا ایجاد لایه ای محافظ از اکسید همان فلز در سطح آن .

حفاظت کاتدیک : گاهی اوقات جریان پوسیدگی را به نحوی منحرف می کنیم و باعث می شویم که قطعهٔ فلزی ما در مقابل پوسیدگی مصون بماند . مثلاً به پایه پل های فلزی که داخل آب هستند یا لوله های زیر زمین، فلزاتی نظیر روی و کِرُم متصل میکنیم . این فلزات برای پوسیدگی مستعدتر از فولاد هستند و به این ترتیب فولاد در برابر پوسیدگی محافظت می شود .

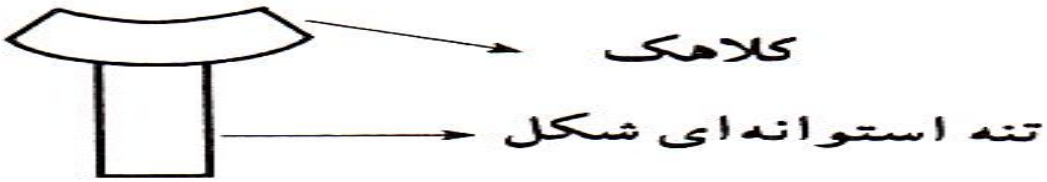
بسته به نوع وسایل اتصال، اتصالات مختلفی را در اسکلت فلزی می‌توان نام برد؛ از جمله اتصال

**اتصال پرچی، اتصال پیچی و اتصال جوش که هر یک معایب و محاسنی دارند.**

پرچ از قدیمی‌ترین وسایلی است که از آن برای اتصال اعضای سازه‌های فلزی استفاده می‌شود.یک پرچ نکوبیده مطابق شکل زیر از یک تنه‌ی استوانه‌ای کوچک که سر آن دارای کلاهک می‌باشد تشکیل شده است. پرچها معمولاً از فولاد معمولی ساخته می‌شوند.

شیوه‌ی استفاده از پرچ به این قرار است که ابتدا پرچ را تا دمای سرخ شدن گرم می‌کنند؛ سپس آن را به وسیله انبر مخصوص درون سوراخ اتصال قرار می‌دهند و با ثابت نگه داشتن سر کلاهکدار آن، سر دیگر را می‌کوبند تا به فرم کلاهک درآید و پرچ محکم گردد.

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)




**امروزه پرچکاری به دلایل زیر از رونق افتاده است:**

1- پیشرفت فن جوشکاری

2- تولید پیچ‌های اعلا و پرمقاومت

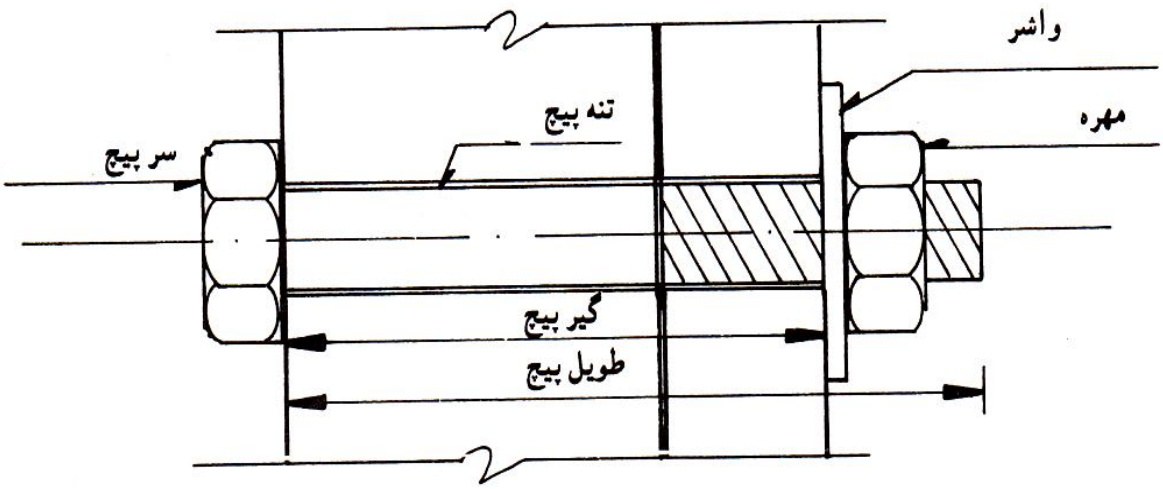
3- نیاز به نیروی انسانی زیاد و ماهر برای پرچکاری

4- نیاز به نظارت و کنترل دقیق

5- تولید سروصدای زیاد به هنگام کوبیدن در پرچکاری و خطر آتش‌سوزی در کارگاه.

فرم سر میخ پرچ معمولاً به نوع کار بستگی دارد و به صورت سر نیم‌گرد یا سرخزینه‌ای، عدسی، تخت، نیم کره، یا تخت کله گردی است

یک اتصال پیچی از نظر انجام کار، سریعتر و عملی‌تر از سایر اتصالات است و با توجه به سرعت و آسانی اجرا بر دیگر اتصالات برتری دارد. اجزای تشکیل دهنده هر اتصال پیچی (مطابق شکل) شامل سرپیچ، تنه پیچ، واشر و مهره است.




جزئیات یک اتصال پیچی

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

**انواع پیچ با توجه به جنس آن عبارتند از:**

1- پیچ‌های معمولی

2- پیچ‌های ساختمانی دقیق

3- پیچ‌های اعلای پیش تنیده

**1- پیچ‌های معمولی:** این پیچ‌ها که آنها را «پیچ خام» یا «پیچ ساده» می‌نامند، دارای مقاومت خیلی زیاد نیستند و در محل‌هایی به کار می‌روند که نقش حساسی در ساختمان ندارند. مثل قطعات درجه دوم، مانند اتصال لاپه‌ها به خرپاها یا ساختمان‌های سبک که فقط بار استاتیکی را تحمل می‌نمایند. لقی سوراخ این پیچ‌ها حدود 2 میلیمتر بوده و قطر آنها از 6 میلیمتر تا 100 میلیمتر ساخته می‌شود.

**2- پیچ‌های ساختمانی دقیق:** این پیچ‌ها از فولاد با مشخصات بهتری ساخته می‌شود و دقت و ابعاد آنها زیاد و لقی آنها در سوراخ کم و در حدود 0/3 تا 0/5 میلیمتر است این پیچ‌ها را به وسیله ضربه و پیچاندن در سوراخ قرار می‌دهند. قطر این پیچ‌ها از 12 میلیمتر تا 38 میلیمتر متغیر است.

**3- پیچ‌های اعلای پیش تنیده:** این پیچ‌ها از فولاد اعلا با مقاومتی چندین برابر پیچ‌های معمولی ساخته می‌شوند. طرز کار این پیچ‌ها با انواع قبلی به کلی متفاوت است، زیرا در این پیچ‌ها با تولید پیش‌تنیدگی، قطعات فلزی مورد اتصال را به یکدیگر می‌فشارند. هر وصله به صورت اصطکاکی عمل می‌کند. مقاومت جاری شدن این پیچ‌ها 8000 تا 9000 کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع است.

**نکات آیین‌نامه‌ای برای ابعاد اتصال با پیچ و پرچ عبارتند از:**

1- فاصله مرکز به مرکز پیچ‌ها یا پرچ‌ها از یکدیگر در هیچ حالتی نباید از $2\frac{2}{3}$ برابر قطر آنها کمتر باشد. بهتر از این فاصله از 3 برابر کمتر نشود.

2- حداقل فاصله پیچ یا پرچ از لبه ورق به قطر پیچ یا پرچ بستگی دارد، و نحوه بریده شدن لبه ورق با قیچی «یا نورد شده (مثلاً بریده شده)» نیز در این فاصله مؤثر است. برای نمونه، چنانچه قطر

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

پیچ از $1\frac{1}{4}$ اینچ بالاتر باشد، فاصله لبه آزاد برای لبه نورد شده برابر (قطر x 1/25) و برای لبه قیچی شده (قطر x 1/75) است.

3- حداکثر فاصله پیچ یا پرچ تا لبه نباید از دو برابر قطر ورق تجاوز کند. ضمناً این فاصله نباید از 15 سانتیمتر بیشتر شود.

4- سوراخ پرچها و یا پیچهای معمولی باید در حدود 1/6 میلیمتر از قطر و درجه بزرگتر باشد.

جوشکاری به عملی اطلاق می‌شود که طی آن تکه‌های فلز با حرارت دادن آنها به حالت خمیری یا مایع درآمده سپس به یکدیگر متصل می‌شوند. تا کنون 140 روش یا بیشتر برای جوشکاری ابداع شده که بعضی از آنها متداول و بعضی قدیمی است.

**انواع جوشکاری عبارتند از:**

الف) جوشکاری با گاز

ب) جوشکاری قوس الکتریکی

ج) جوش قوس الکتریکی با الکترود روکش‌دار

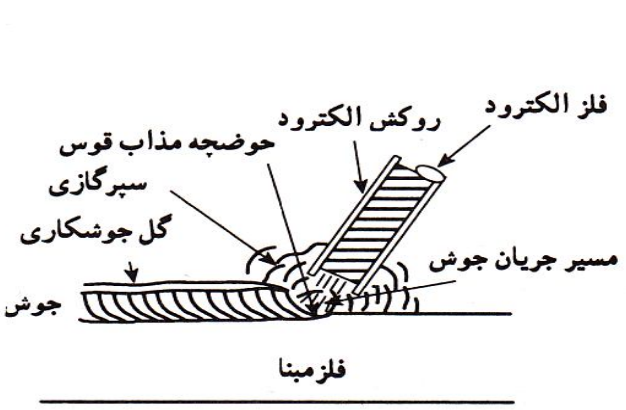
**الف) جوشکاری با گاز**

ابتدا لبه فلز با حرارت ناشی از احتراق گاز ذوب می‌شود و همراه یا بدون فلز پرکننده درهم ادغام می‌شود و پس از انجماد عمل اتصال صورت می‌گیرد. گازهای سوختنی که در این نوع جوشکاری مورد استفاده قرار می‌گیرند، عبارتند از: استیلن، پروپان، هیدروژن، گاز طبیعی و برخی گازهای سوختنی دیگر.

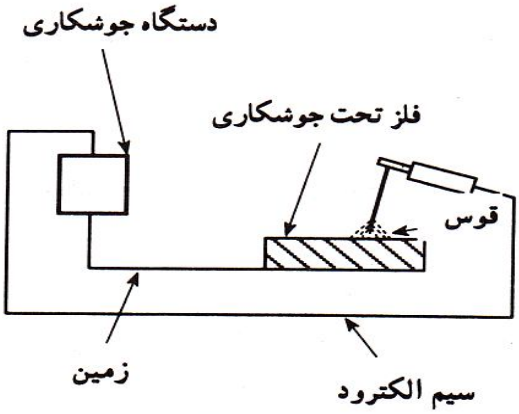
ب) جوشکاری قوس الکتریکی

از معمولی‌ترین روش‌های جوشکاری، خصوصاً برای جوش فولاد ساختمانی، استفاده از انرژی برق است؛ به این منظور، اغلب از قوس الکتریکی استفاده می‌کنند. در جوشکاری با قوس الکتریکی قطعات مورد جوش، قسمتی از مدار الکتریکی به نام « مدار جوش» را تشکیل می‌دهند.

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)




جوش قوس الکتریکی تحت حفاظ




مدار جوش قوسی

منبع انرژی جریان در این مدار یک مولد برق، مبدل یا مبدل یکسو کننده است. یکی از کابل‌های خروجی از منبع انرژی به قطعه‌کار و کابل دیگر به الکترود متصل می‌گردد. هرگاه الکترود را به قطعه‌کار نزدیک کنیم، بین آن دو قوس الکتریکی ایجاد خواهد شد. اگر مدت ایجاد این قوس کمی طولانی شود، سبب ذوب شدن میله فلزی و قطعه کار خواهد گردید. از آنجا که حرارت قوس الکتریکی بسیار بالاست تقریباً ذوب آنی صورت می‌گیرد. فلز ذوب شده در مقابل اکسیژن و ازت موجود در هوا حساسیت بسیاری دارد. اگر این گازها از محوطه قوس الکتریکی دور نگه داشته نشوند فلز ذوب شده اکسید یا نیتریده می‌گردد و جوش حاصل ضعیف و شکننده خواهد شد. برای حفاظت جوش، از مفتول‌های روکشدار استفاده می‌شود که به آنها «الکترود» می‌گویند.

### ج) جوش قوس الکتریکی با الکترود روکش‌دار

جوش‌های قوس الکتریکی با الکترود روکش‌دار یکی از مهمترین، ساده‌ترین، و شاید کارآمدترین جوشهایی هستند که برای فولاد ساختمانی به کار می‌روند. این روش معمولاً «روش جوش برقی دستی با الکترود» خوانده می‌شود. در این روش جوشکاری، فلز الکترود تبدیل به ماده پرکننده می‌شود و قسمتی از روکش به گاز حافظ جوشکاری و قسمت دیگر آن به گل جوشکاری تبدیل می‌گردد و قسمتی هم به وسیله فلز جوش جذب می‌شود.

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

**روکش در الکترود باعث می‌شود که:**

1- با ایجاد سپر گازی، هوا را جدا ساخته، قوس را تثبیت می‌کند.

2- مواد دیگری مانند احیاء کننده‌ها را وارد فلز جوش می‌کند تا به این ترتیب بافت ساختمانی آن را بهبود بخشد.

3- با ایجاد یک روکش از گل جوشکاری روی حوضچه مذاب و جوش سخت شده آن را در مقابل اکسیژن و نیتروژن هوا حفاظت می‌کند و مانع سرد شدن سریع جوش می‌گردد.

**روش‌های مختلف شناسایی الکترودها به قرار زیر است:**

الف) در استانداردهای مختلف برای نشان دادن الکترودها از علامتهای گوناگونی استفاده می‌شود؛ برای مثال، انجمن جوشکاری آمریکا علامتها را با حرف E شروع می‌کند و یک عدد چهار یا پنج رقمی به دنبال آن قرار می‌گیرد. پیشوند E نشان دهنده جوشکاری با قوس الکتریکی و الکترود و دو رقم از چهار رقم یا سه رقم از پنج رقم معرف مقاومت کششی فلز الکترود بر حسب هزار پوند بر اینچ مربع است؛ برای مثال، الکترودهای نشان داده شده به صورت E50xx یا E60xx به ترتیب دارای مقاومت کششی Psi50000 (50 هزار پوند بر اینچ مربع) و Psi60000 (60 هزار پوند بر اینچ مربع) است.

ب) روش دیگر شناسایی الکترودها استفاده از یک سیستم رنگی است که توسط خطوط رنگی مشخص، انواع الکترودها از یکدیگر تشخیص داده می‌شوند.

اتصالهای جوشی به عواملی از قبیل: اندازه، شکل اعضایی که به هم متصل می‌شوند، نوع بارگذاری، سطحی از درز که برای جوشکاری قابل استفاده است و هزینه مقایسه‌ای انواع مختلف جوش بستگی دارد.

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

**به طور کلی پنج نوع اتصال جوش اصلی وجود دارند که عبارتند از:**

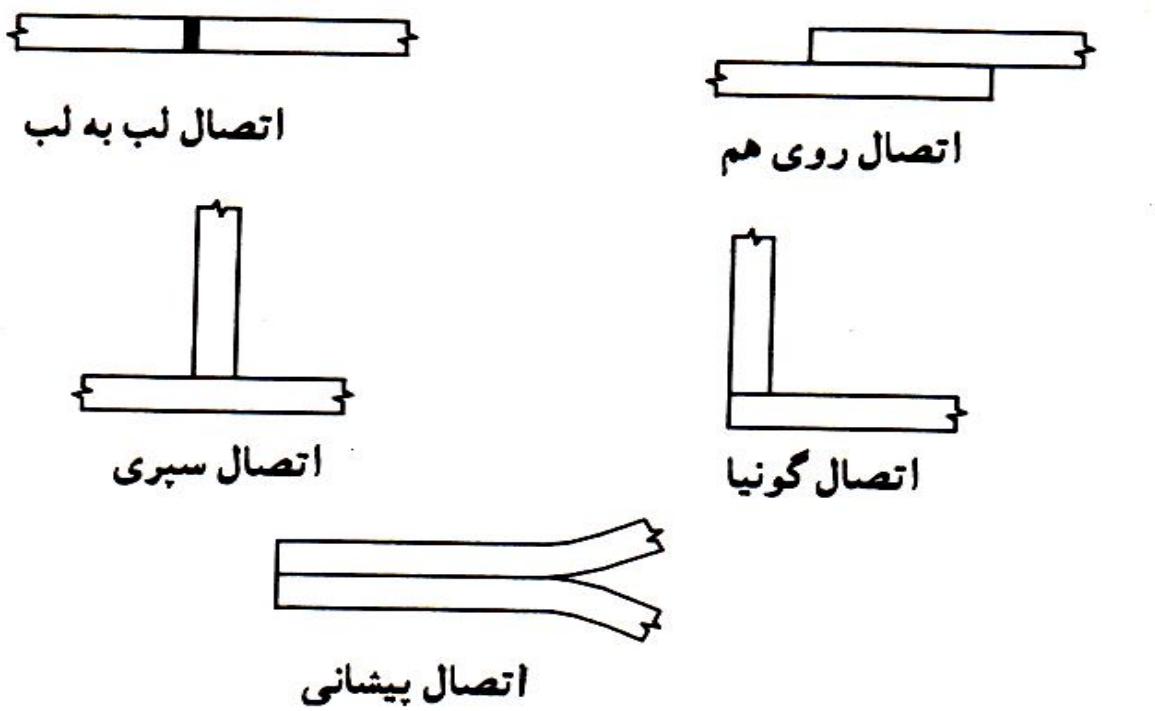
1- اتصال لب به لب.

2- اتصال روی هم.

3- اتصال سپری.

4- اتصال گوشه(گونیا).

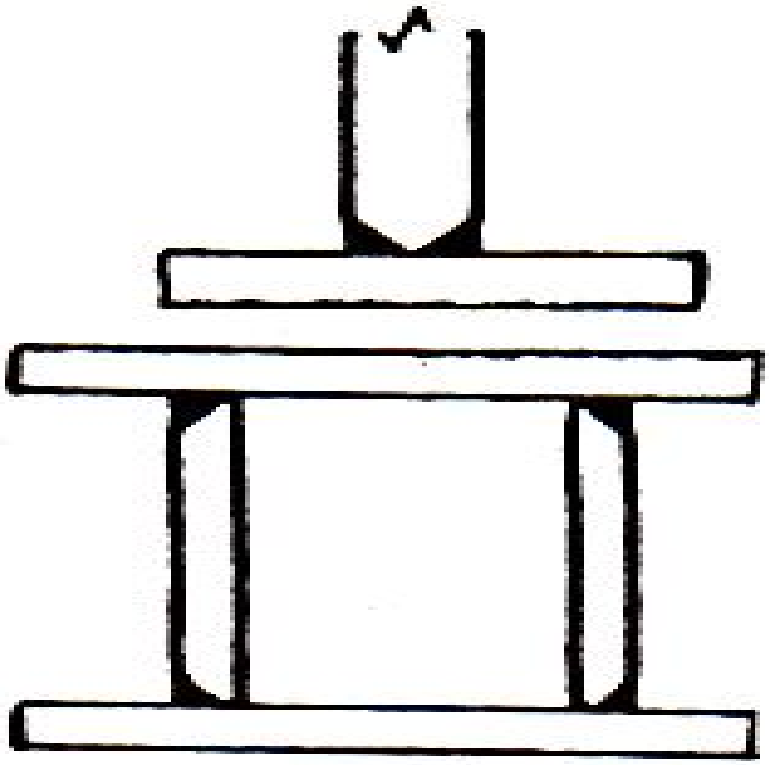
5- اتصال پیشانی.




**اتصال لب به لب:** این اتصال اغلب برای متصل ساختن انتهای ورقه‌های مسطح با ضخامتهای نسبتاً مساوی به کار می‌رود. در این روش، لبه‌هایی که جوشکاری می‌شود معمولاً پخ می‌زنند، آماده می‌کنند و با دقت در یک راستا قرار می‌دهند؛ سپس جوشکاری را آغاز می‌کنند. روی این اصل، این عمل اغلب در کارخانه که نظارت بیشتر است، انجام می‌گیرد. در اتصال لب به لب از جوش شیاری با نفوذ کامل استفاده می‌شود.

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

**اتصال سپری:** این نوع اتصال در ساخت، نیمرخهای مرکب به شکل T و I و نیز ساختن تیر ورقها، آویزها، لچکیها و عموماً قطعاتی کابرد دارد که با زاویه با هم جفت می‌گردند.



**اتصال گوشه:** این نوع اتصال به طور عمده در ساخت مقاطع جعبه‌ای مستطیل شکلی که به صورت تیر یا ستون ساخته می‌شود، کاربرد دارند.

**اتصال پیشانی:** این اتصال نقش باربری ندارد و بیشتر در نگهداری دو یا چند صفحه در یک سطح یا نگهداری امتداد اولیه کاربرد دارد.

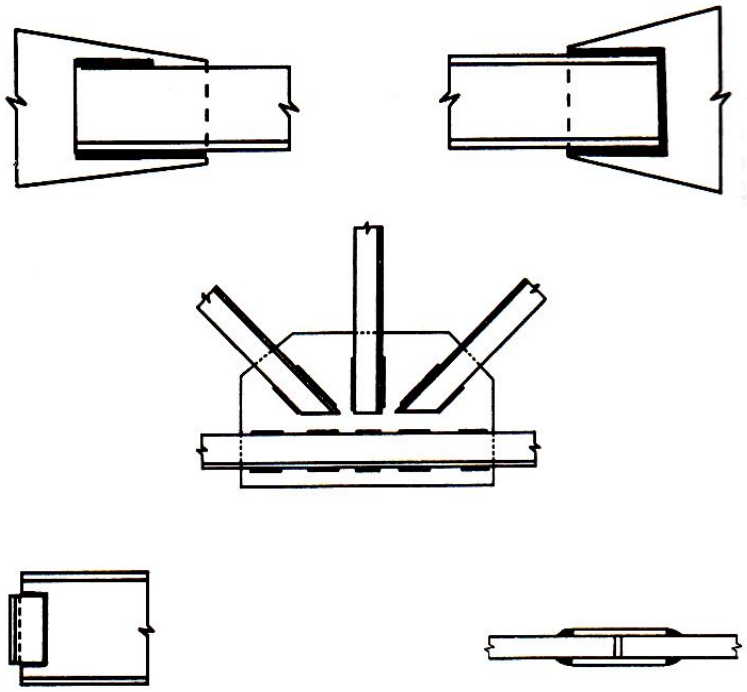
**مزایای اتصال روی هم:**

**1- سادگی جفت و جور کردن:** ساخت این گونه اتصالات نیاز به وقت زیادی نسبت به سایر اتصالات جوشی ندارد. قطعات می‌توانند روی هم جابجا شوند؛ از این رو خطاهای کوچک ساخت پوشیده خواهد شد.

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

**2- سادگی اتصال دادن:** لبه‌های قطعاطی که متصل می‌شوند، نیاز به آمادگی خاص ندارند و اغلب با برش عادی یا شعله بریده می‌شوند.

2- **امکان اتصال روی هم صفحات با ضخامتهای متفاوت:** مانند شکل‌های زیر:



نمونه‌هایی از اتصال رو هم

**جوشها به طور کلی به چهار نوع اجرا می‌شوند:**

1- جوش شیاری.

2- جوش گوشه.

3- جوش انگشتانه.

4- جوش کام.

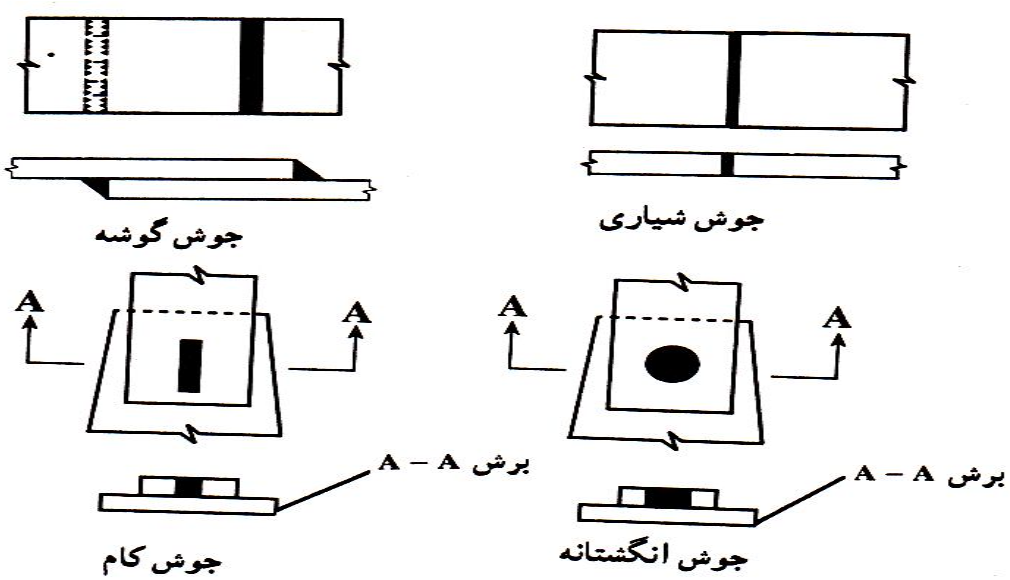
**در کارهای اسکلت فلزی از چهار نوع جوش گفته شده به نسبت زیر استفاده می‌شود:**

1- جوش شیاری 15 درصد،

2- جوش گوشه 80 درصد،

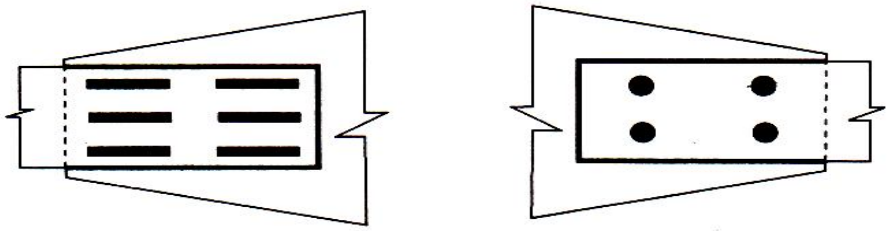
Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

3- جوشهای کام و انگشتانه مجموعاً 5 درصد.




**موارد استفادهٔ جوش کام و انگشتانه:**

این نوع جوش گاه به تنهایی و گاه با ترکیب دیگر جوشها نظیر جوش گوشه یا برای کمک در انتقال برش در صفحات روی هم به کار می‌رود.



**جوشهای کام و انگشتانه در ترکیب با جوش گوشه**

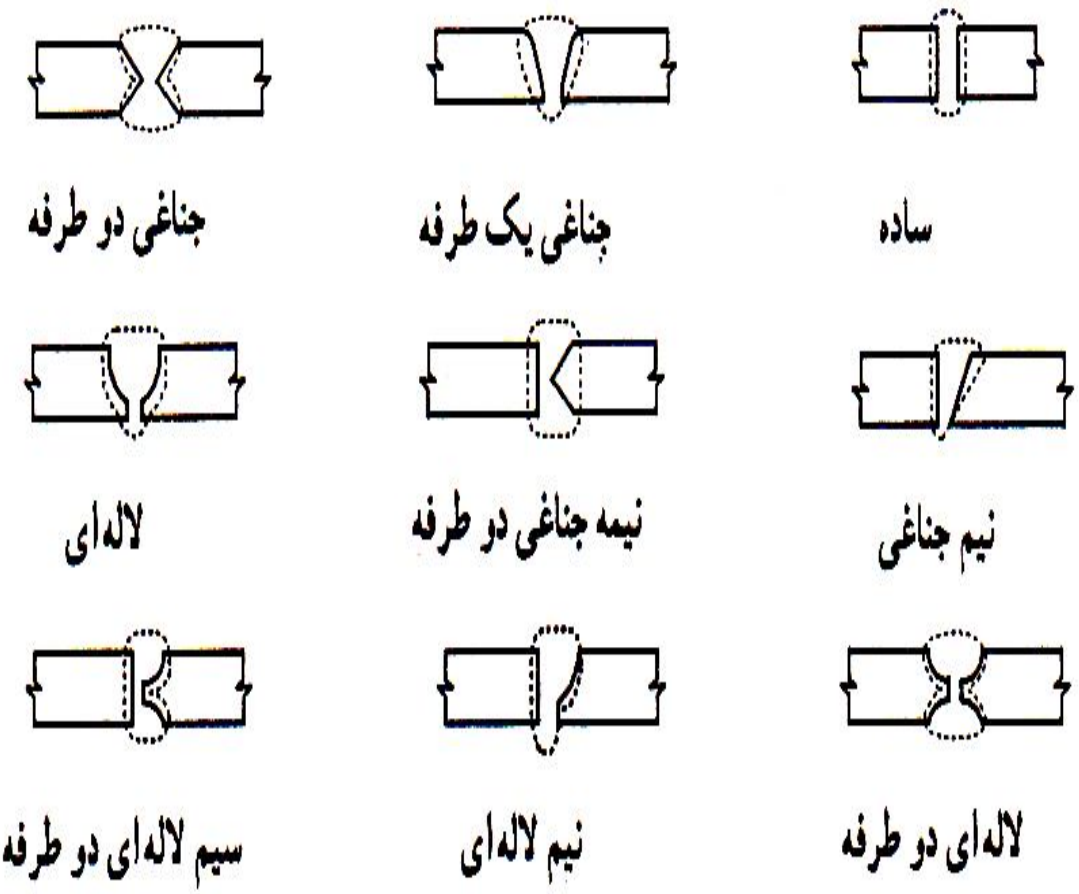
**مورد استفاده جوش شیاری:**

مورد استفاده اصلی جوش شیاری متصل ساختن قطعات سازه‌ای است که در روی یک سطح و در امتداد هم قرار گرفته‌اند. جوش شیاری بیشتر به منظور انتقال کل نیرویی است که به وسیله قطعاتی که با این جوش به هم متصل می‌شوند، به کار می‌رود؛ از این رو جوش باید دارای مقاومتی هم اندازه با مقاومت قطعات متصل شونده داشته باشد. چنین جوشی را « جوش شیاری با نفوذ

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

کامل» می‌گویند. وقتی درز جوش طوری طراحی شود که جوش شیاری در تمام عمق قطعات متصل شونده گسترش نیابد، به جوش، «جوش شیاری با نفوذ ناقص» گفته می‌شود.

در اشکال زیر، انواع جوش شیاری به نمایش درآمده و در هر یک نحوه آماده ساختن لبه‌های قطعات نشان داده شده است.



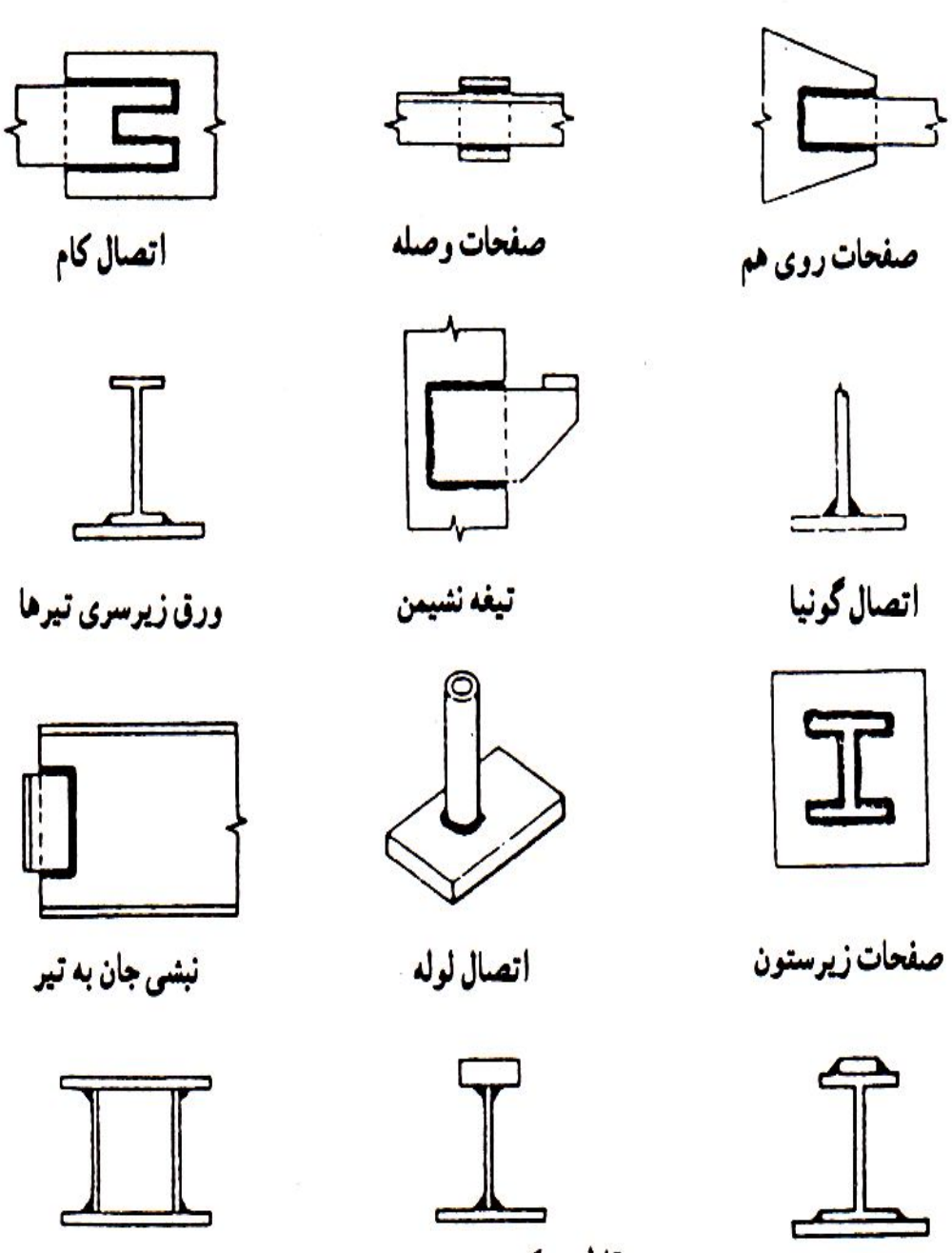

انواع درزهای جوش شیاری

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

**مورد استفاده جوش گوشه:**

جوش گوشه به دلیل سادگی انجام کار و قابلیت استفاده از آن در اغلب موارد دارای بیشترین کاربرد است.

**در این شکل‌ها انواع مختلف جوش‌های گوشه نشان داده شده است.**




نمونه‌هایی از موارد استفاده جوش گوشه

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

**وصله تیرها:**

ابتدا در محل دو تیرآهن (پروفیل) در امتداد یکدیگر قرار داده می‌شوند. برای جوشکاری کامل بین دو تیرآهن در هر یک از پروفیل‌ها درز با پخ مناسب ایجاد می‌شود. سپس به جوشکاری با نفوذ لازم اقدام می‌گردد، آنگاه سطح جوش را سنگ می‌زنند و بلافاصله باپلیت درز را می‌پوشانند و اطراف آن را جوش کامل می‌دهند. اندازه وصله اتصال و طول جوش لازم باید محاسبه شود. بهترین محل مناسب ورق برای طویل کردن ناحیه نقطه عطف لنگر خمشی و تلاش برش است و باید از اتصال ورق در ناحیه برش (نزدیک تکیه‌گاه) و لنگر ماکزیمم (وسط دهانه) پرهیز کرد. در صورت اجبار باید علاوه بر جان تیرآهن (پروفیل) بالها را به نحو مطلوب با ورق اتصال جوشکاری کرد.

**وصله ستون‌ها**

در این شیوه اتصال ستون‌ها بویژه ستون با قید موازی موارد زیر بایستی رعایت گردد.

الف: ابعاد بست (وصله) افقی ستون کمتر از این مقادیر نباشد:

l: طول وصله حداقل به فاصله مرکز تا مرکز دو نیم‌رخ باشد.

b: عرض وصله از 42% طول آن کمتر نباشد. t:ضخامت وصله از $\frac{1}{35}$ طول آن کمتر نباشد.

ب: در اطراف کلیه وصله‌ها و در سطح تماس با بال نیم‌رخ‌ها عمل جوشکاری انجام گردد. (مجموع طول خط جوش در هر طرف صفحه نباید از طول صفحه کمتر شود.)

ج: فاصله تیرها و ابعاد آن بر اساس محاسبات فنی تعیین می‌شود.

د: در قسمت انتهای ستون، باید حتماً از ورق با طول حداقل برابر عرض ستون استفاده کرد تا علاوه بر تقویت پایه، محل مناسبی برای اتصال با بندهای فلزی به ستون به وجود آید.

هـ: در محل اتصال تیر یا پل به ستون لازم است، قبلاً ورق تقویتی به ابعاد کافی روی بالهای ستون جوش شده باشد

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

## 1- اتصالات مفصلی(لولایی):

اتصالات مفصلی هم معمولاً در همه ساختمان‌ها در یک طرف سازه به کار می‌روند که این اتصال بسیار ساده است و فقط جهت اتصال دو قطعه به کار می‌رود و ممانی تحمل نمی‌کند. در این اتصال تغییر شکل وجود دارد در حالی که در اتصال مفصلی هیچ گونه تغییر شکلی نداریم. نحوه جوش دادن اتصالات مفصلی به این صورت است که (در مورد نبشی‌ها) فقط بر بالایی و پائینی جوش می‌شود و بقیه قسمت‌ها نباید جوش شود.

**انواع اتصالات مفصلی رایج عبارتند از:**

الف) اتصال ساده نشسته (نبشی نشیمن).

ب) اتصال به وسیله صفحه نشیمن و لچکی.

ج) اتصال به وسیله صفحه نشیمن و صفحه برشگیر (تیغه).

آنچه که امروزه اجراء می‌شود اتصال ساده نشسته و اتصال با صفحه نشیمن و لچکی است. اتصالات ساختمان به این صورت است که در جهت صلب اتصال با جفت صفحه موازی است و در جهت مفصلی اتصال به وسیله نبشی نشیمن و لچکی انجام می‌شود.

خصوصیت اصلی اتصال مفصلی این است که زاویه بین تیر و ستون بتواند تغییر کند و خصوصیت اصلی اتصال صلب این است که زاویه بین تیر و ستون نتواند تغییر کند.

## 2- اتصالات صلب (گیردار):

در موارد به کار می‌روند که از جانب تیر یا ستون در سر گره‌ها ممان جذب شود. اتصال صلبی که امروزه در کشور اجرا می‌گردد و به صورت کامل اجرا نمی‌شود اتصال صلب با جفت صفحه موازی است. در اتصال صلب باید جوش به صورتی باشد که قطعه کاملاً گیردار باشد و جای هیچ‌گون

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

## مزایا و معایب ساختمانهای فلزی

احداث ساختمان بمنظور رفع احتیاج انسانها صورت گرفته و مهندسین، معماران مسئولیت تهیه اشکال و اجراء مناسب بنا را برعهده دارند؛ محور اصلی مسئولیت عبارت است از :

الف ) ایمنی ب ) زیبائی ج) اقتصاد

با توجه به اینکه ساختمان های احداثی در کشور ما اکثرا" بصورت فلزی یا بتنی بوده و ساختمانهای بنایی غیر مسلح با محدودیت خاص طبق آئین نامه 2800 زلزله ایران ساخته میشود، آشنایی با مزایا و معایب ساختمانها می تواند درتصمیم گیری مالکین ، مهندسین نقش اساسی داشته باشد.

## مزایای ساختمان فلزی :

مقاومت زیاد: مقاومت قطعات فلزی زیاد بوده و نسبت مقاومت به وزن از مصالح بتن بزرگتر است ، به این علت در دهانه های بزرگ سوله ها و ساختمان های مرتفع ، ساختمانهائی که برزمینهای سست قرارمیگیرند ، حائز اهمیت فراوان میباشد .

خواص یکنواخت : فلز در کارخانجات بزرگ تحت نظارت دقیق تهیه میشود ، یکنواخت بودن خواص آن میتوان اطمینان کرد و خواص آن بر خلاف بتن با عوامل خارجی تحت تاثیر قرار نمی گیرد ، اطمینان در یکنواختی خواص مصالح در انتخاب ضریب اطمینان کوچک مؤثر است که خود صرفه جو یی در مصرف مصالح را باعث میشود .

دوام : دوام فولاد بسیار خوب است ، ساختمانهای فلزی که در نگهداری آنها دقت گردد . برای مدت طولانی قابل بهره برداری خواهند بود - خواص ارتجاعی : خواص مفروض ارتجاعی فولاد با تقریبی بسیار خوبی مصداق عملی دارد . فولاد تا تنشهای بزرگی از قانون هوک بخوبی پیروی مینماید . مثلاً ممان اینرسی یک مقطع فولادی را میتوان با اطمینان در محاسبه وارد نمود . حال اینکه در مورد مقطع بتنی ارقام مربوطه چندان معین و قابل اطمینان نمی باشد .

شکل پذیری : از خاصیت مثبت مصالح فلزی شکل پذیری ان است که قادرند تمرکز تنش را که در

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

واقع علت شروع خرابی است ونیروی دینامیکی و ضربه ای را تحمل نماید ،در حالیکه مصالح بتن ترد و شکننده در مقابل این نیروها فوق العاده ضعیف اند. یکی از عواملی که در هنگام خرابی ،عضو خود خبر داده و ازخرابی ناگهانی وخطرات ان جلوگیری میکند .

پیوستگی مصالح : قطعات فلزی با توجه به مواد متشکه آن پیوسته و همگن می باشد و ولی در قطعات بتنی صدمات وارده در هر زلزله به پوشش بتنی روی سلاح میلگرد وارد میگردد ، ترکهائی که در پوشش بتن پدید می آید ، قابل کنترل نبوده و احتمالا" ساختمان در پس لرزه یا زلزله بعدی ضعف بیشتر داشته و تخریب شود .

مقاومت متعادل مصالح،مقاومت : مصالح فلزی در کشش و فشار یکسان ودر برش نیز خوب و نزدیک به کشش وفشار است .در تغییر وضع بارها، نیروی وارده فشاری ، کششی قابل تعویض بوده و همچنین مقاطعی که در بار گذاری عادی تنش برشی در انها کوچک است ، در بارهای پیش بینی شده ،تحت اثر پیچش و در نتیجه برش ناشی از ان قرار میگیرند. در ساختمانهای بتنی مسلح مقاومت بتن در فشار خوب ، ولی در کشش و یا برش کم است. پس در صورتی که مناطقی احتمالاًتحت نیروی کششی قرار گرفته و مسلح نشده باشد تولید ترک و خرابی مینماید .

انفجار : در ساختمانهای بارهای وارده توسط اسکلت ساختمان تحمل شده ، از قطعات پرکننده مانند تیغه ها و دیواره ها استفاده نمی شود . نیروی تخریبی انفجار سطوح حائل را از اسکلت جدا می کند و انرژی مخرب آشکار میشود ، ولی ساختمان کلا" ویران نخواهد گردید . در ساختمانهایی بتن مسلح خرابی دیوارها باعث ویرانی ساختمان خواهد شد .

تقویت پذیری و امکان مقاوم سازی : اعضاء ضعیف ساختمان فلزی را در اثر محاسبات اشتباه ، تغییر مقررات و ضوابط ، اجراء و .... میتوان با جوش یا پرچ یا پیچ کردن قطعات جدید ، تقویت نمود و یا قسمت یا دهانه هائی اضافه کرد .

شرایط آسان ساخت و نصب : تهیه قطعات فلزی در کارخانجات و نصب آن در موقعیت ، شرایط

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

جوی متفاوت با تهمیدات لازم قابل اجراء است .

سرعت نصب : سرعت نصب قطعات فلزی نسبت به اجراء قطعات بتنی مدت زمان کمتری می طلبد

پرت مصالح : با توجه به تهیه قطعات از کارخانجات ، پرت مصالح نسبت به تهیه و بکارگیری بتن کمتر است .

وزن کم : میانگین وزن ساختمان فولادی را می توان بین 245 تا 390 کیلوگرم بر مترمربع و یا بین 80 تا 128 کیلوگرم بر مترمکعب تخکین زد ، درحالی که در ساختمانهای بتن مسلح این ارقام به ترتیب بین 480 تا 780 کیلوگرم برمترمربع یا 160 تا 250 کیلوگرم برمترمکعب می باشد .

اشغال فضا : در دو ساختمان مساوی از نظر ارتفاع و ابعاد ، ستون و تیرهای ساختمانهای فلزی از نظر ابعاد کوچکتر از ساختمانهای بتنی میباشد ، سطح اشغال یا فضا مرده در ساختمانهای بتنی بیشتر ایجاد میشود .

ضریب نیروی لرزه ای : حرکت زمین در اثر زلزله موجب اعمال نیروهای درونی در اجزاء ساختمان میشود ، بعبارت دیگر ساختمان برروی زمینی که بصورت تصادفی و غیر همگن در حال ارتعاش است ، بایستی ایستایی داشته و ارتعاش زمین را تحمل کند . در قابهای بتن مسلح که وزن بیشتر دارد ، ضریب نیروی لرزه ای بیشتر از قابهای فلزی است . تجربه نشان میدهد که خسارت وارده برساختمانهای کوتاه و صلب که در زمینهای محکم ساخته شده اند ، زیاد است . درحالیکه در ساختمانهای بلند و انعطاف پذیر ، آنهائی که در زمینهائی نرم ساخته شده اند ، صدمات بیشتری از زلزله دیده اند . بعبارت دیگر در زمینهای نرم که پریود ارتعاش زمین نسبتا" بزرگ است ، ساختمان های کوتاه نتایج بهتری داده اند و برعکس در زمینهای سفت با پریود کوچک ، ساختمان بلند احتمال خرابی کمتر دارند .

عکس العمل ساختمانها در مقابل حرکت زلزله بستگی به مشخصات خود ساختمان از نظر صلبیت و یا انعطاف پذیری آن دارد و مهمترین مشخصه ساختمان در رفتار آن در مقابل زلزله ، پریود طبیعی ارتعاش ساختمان است .

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

## معایب ساختمانهای فلزی :

ضعف در دمای زیاد : مقاومت ساختمان فلزی با افزایش دما نقصان می یابد . اگر دکای اسکلت فلزی از 500 تا 600 درجه سانتی گراد برسد ، تعادل ساختمان به خطر می افتد .

خوردگی و فساد فلز در مقابل عوامل خارجی : قطعات مصرفی در ساختمان فلزی در مقابل عوامل جوی خورده شده و از ابعاد آن کاسته میشود و مخارج نگهداری و محافظت زیاد است .

تمایل قطعات فشاری به کمانش : با توجه به اینکه قطعات فلزی زیاد و ابعاد مصرفی معمولا" کوچک است ، تمایل به کمانش در این قطعات یک نقطه ضعف بحساب می رسد .

جوش نامناسب : در ساختمانهای فلزی اتصال قطعات به همدیگر با جوش ، پرچ ، پیچ صورت میگیرد . استفاده از پیچ و مهره وتهیه ، ساخت قطعات در کارخانجات اقتصادی ترین ، فنی ترین کار می باشد که در کشور ما برای ساختمانهای متداول چنین امکاناتی مهیا نیست . اتصال با جوش بعلت عدم مهارت جوشکاران ، استفاده از ماشین آلات قدیمی ، عدم کنترل دقیق توسط مهندسین ناظر ، گران بودن هزینه آزمایش جوش و ..... برزگترین ضعف میباشد .

تجربه ثابت کرده است که سوله های ساخته شده در کارخانجات درصورت رعایت مشخصات فنی و استاندارد ، این عیب را نداشته و دارای مقاومت سازه ایی بهتر در برابر بارهای وارده و نیروی زلزله است.

## نکات اجرایی زیرسازی پی در سازه اسکلت فلزی

فرض کنید یک پروژه اسکلت فلزی را بخواهیم به اجرا در آوریم، مراحل اولیه اجرایی شامل ساخت پی مناسب است که در کلیه پروژه ها تقریبا یکسان اجرا می شود، اما قبل از شرح مختصر مراحل ساخت پی، باید توجه داشت که ابتدا نقسه فونداسیون را روی زمین پیاده کرد و برای پیاده کردن دقیق آن بایستی جزییات لازم در نقشه مشخص گردیده باشد .

از جمله سازه به شکل یک شیکه متشکل از محورهای عمود بر هم تقسیم شده باشد و موقعیت محورهای مزبور نسبت به محورها یا نقاط مشخصی نظیر محور جاده، بر زمین بر ساختمان مجاور و

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

غیره تعیین شده باشد. ( معمولاً محورهای یک امتداد با اعداد 1،2،3و... شماره گذاری می شوند و محورهای امتداد دیگر با حروف A-B-C و... مشخص می گردند. همچنین باید توجه داشت ستونها و فونداسیونهایی را که وضعیت مشابهی از نظر بار وارد شده دارند، با علامت یکسان نشان می دهند : ستون را با حرف C و فونداسیون را با حرف F نشان میدهند. ترسیم مقاطع و نوشتن رقوم زیر فونداسیون، رقوم روی فونداسیون، ارتفاع قسمت های محتلف پی، مشخصات بتن مگر، مشخصات بتن، نوع و قطر کلی که برای بریدن میلگرد ها مورد نیاز است باید در نقشه مشخص باشد. قبل از پیاده کردن نقشه روی زمین اگر زمین ناهموار بود یا دارای گیاهان و درختان باشد، باید نقاط مرتفع ناترازی که مورد نظر است برداشته شود و محوطه از کلیه گیاهان و ریشه ها پاک گردد. سپس شمال جغرافیایی نقشه را با جهت شمال جغرافیایی محلی که قرار است پروژه در آن اجرا شود منطبق می کنیم ( به این کار توجیه نقشه می گویند) پس از این کار، یکی از محورها را (محور طولی یا عرضی ) که موقعیت آن روی نقشه مشخص شده است، بر روی زمین، حداقل با دو میخ در ابتدا و انتها، پیاده می کنیم که به این امتداد محور مبنا گفته می شود ؛ حال سایر محورهای طولی و عرضی را از روی محور مبنا مشخص می کنیم ( بوسیله میخ چوبی یا فلزی روی زمین ) که با دوربین تیودولیت و برای کارهای کوچک با ریسمان کار و متر و گونیا و شاقول اجرا می شود. حال اگر بخواهیم محلفونداسیون را خاکبرداری کنیم به ارتفاع خاکبرداری احتیاج داریم که حتی اگر زمین دارای پستی و بلندی جزیی باشد نقطه ای که بصورت مبنا (B. M) باید در محوطه کارگاه مشخص شود ( این نقطه بوسیله بتن و میلگرد در نقطه ای که دور از آسیب باشد ساخته می شود.

نکات فنی و اجرایی مربوط به خاکبرداری: داشتن اطلاعات اولیه از زمین و نوع خاک از قبیل : مقاومت فشاری نوع خاک بویژه از نظر ریزشی بودن، وضعیت آب زیر زمینی، عمق یخبندان و سایر ویژگیهای فیزیکی خاک که با آزمایش از خاک آن محل مشخص می شود، بسیار ضروری است. درخاکبرداری پی هنگام اجرا زیر زمین ممکن است جداره ریزش کند یا اینکه زیر پی مجاور

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

خالی شود که با وسایل مختلفی باید شمع بندی و حفاظت جداره صورت گیرد ؛ به طوری که مقاومت کافی در برابر بارهای وارده داشته باشد یکی از راه حلهای جلوگیری از ریزش خاک و پی ساختمان مجاور، اجرای جز به جز است که ابتدا محل فونداسیون ستونها اجرا شود و در مرحله بعدی، پس از حفاری تدریجی، اجزای دیگر دیوار سازی انجام گیرد .

نکات فنی و اجرایی مربوط به خاکریزی و زیر سازی فونداسیون : چاههای متروکه با شفته مناسب پر می شوند و در صورت برخورد محل با قنات متروکه، باید از پی مرکب یا پی تخت استفاده کرد یا روی قنات را با دال بتن محافظ پوشاند. از خاکهای نباتی برای خاکریزی نباید استفاده کرد. ضخامت قشرهای خاکریز برای انجام تراکم 15 تا 20 سانتیمتر است. برای انجام تراکم باید مقداری آب به خاک اضافه کنیم و با غلتکهای مناسب آن را متراکم نمایی، البتهخاکریزی و تراکم فقط برای محوطه سازی و کف سازی است و خاکریزی زیر فونداسیون مجازنمی باشد. در برخی موارد، برای حفظ زیر بتن مگر، ناچار به زیر سازی فونداسیون هستیم، اما ممکن است ضخامت زیر سازی کم باشد ( حدود 30سانتیمتر ) در این صورت می توان با افزایش ضخامت بتن مگر زیر سازی را انجام داد و در صورت زیاد بودن ارتفاع زیر سازی، می توان با حفظ اصول فنی لاشه چینی سنگ با ملات ماسه سیمان انجام داد .

**نکاتی درموردجوشکاری ساختمانهای فلزی**

فرآیند برپا سازی اسکلت ساختمانهای فلزی (غالباً مسکونی و تجاری های کوچک) در زمان کوتاهی، حدوداً یک روزه، انجام می شود. به همین دلیل نمی توان تمام جوشکاریها را در همان روز انجام داد. در این حالت در قدم اول جوشکار سعی می کند تیر و ستونهای ساختمان را با حداقل جوش بر پا کند و بعد از رفتن جرثقیل، هزینه ساعتی اجاره جرثقیل زیاد است و برای همین نمی توان چند روز از آن استفاده کرد مضافاً اینکه اگر حتی یک ساعت در روز از آن استفاده شود باید هزینه کل روز را پرداخت نمود، شروع به جوشکاری کامل کند .

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

برای همین است که پایداری ساختمان فلزی در چند روز اول که جوشکاری ها هنوز نیمبند هستند بسیار کم است. بلای جان این وضعیت، باد است. بله وزش باد. من خود ساختمانی را به چشمم دیدم که بر اثر وزش باد پاییزی براحتی ناپایدار شد و فرو ریخت. صحنه وحشتناکی بود. تیرآهنهای ساختمان بهنگام فروریختن، بدلیل کوچکی عرض کوچه، از پنجره به خانه ملک روبرویی رفته بودند. واقعاً خطرناک بود. چه باید کرد؟ این خودش یک بحث علمی را میطلبد. آیا تابه حال به واژه "بارهای حین ساخت (Construction Loads) "برخورده اید؟ اساس قضیه اینست که تکنولوژی ساخت نیز علاوه بر بارهای اعمالی بر سازه، ممکن است بارهای جدیدی را به سازه اعمال کند. مثلاً در مبحث پل سازی، اگر برای ساخت پل مجبوریم که از تکنولوژی ساخت خاصی استفاده کنیم، شاید که لازم باشد سازه را برای یک بارگذاری جدید که ریشه آن فقط و فقط روش ساخت است طراحی کنیم. حالا جالب است که بعضی مواقع این بارها هستند که در طراحی سازه حاکم می شوند. بهر حال، می توان یک تحقیق علمی خوب در این زمینه مربوط به مسیله ای که اشاره شد انجام داد. اما اگر بخواهیم این مسئله را بصورت تقریبی و تجربی حل کنیم، بهتر است که دستورالعمل های ساده ای را رعایت کنیم .

-به هواشناسی اهمیت دهیم. روزهایی که وزش باد زیاد است (Windy Weather) از الم کردن سازه اجتناب کنیم -.اگر که مجبور به ادامه کار در حین وزش باد هستیم در طول برپا سازی به ارتفاع و عرض سازه عمود بر جهت وزش باد (سطح بادگیر سازه) دقت کنیم. طوری باید کار را پیشرفت داد که همواره این عامل حداقل باشد - .اگر در یک سایت با محوطه باز هستید احتمال تغییر جهت باد به نفع خود با آرایش و چیدمان مهندسی و حساب شده ماشین آلات کانتینرها و هر چیز دم دستتان که دارای حجم و سطح مناسبی است را بررسی کنید .

-استفاده از حایل برای افزایش پایداری هم گزینه مناسبی است .

-از علم مهندسی سازه نیز استفاده کنید. در حین علم سازی سازه دقت کنید که اگر بعضی از اتصالات کامل جوشکاری شوند می توانید حداقل یک سازه معین پایدار داشته باشید. اکنون باید

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

مطمئن باشید که سازه معین انتخابی شما پایدار است .

-موارد دیگری که نسبت به جایی که شما هستید احتمالاً وجود دارند که شما باید از خلاقیت خود کمک بگیرید.

**نکات اجرایی ساختمان بتنی و فلزی عبارتند از:**

1. مقاومت طراحی یک مقطع از یک قطعه سازه ای با تقسیم مقاومت مشخصه بر ضرایب ایمنی جزئی برای مقاومت ها محاسبه می شود.

2. عاملهای موثر بر **سازه** ساختمان ها که باید در طراحی در نظر گرفته شوند شامل بارهای مرده و زنده، بار باد و نیروی ناشی از زلزله و برخی عاملهای دیگر می باشد.

3. منظور از fتن رده 50c بتنی با 50 مگا پاسکال مقاومت مشخصه است.

4. اگر قرار باشد برای یک تیر ساده تحت بار گسترده یکنواخت یک درز اجرایی ( سطح واریز ) پیش بینی شود باید این درز در ثلث وسط طول تیر قرار گیرد.

5. تعیین نسبت اختلاط بر اساس تجربه و بدون مطالعه آزمایشگاهی برای رده **بتن** 12 و پایین تر

6. حداکثر دمای بتن ریزی در هوای گرم برای بتن 30 درجه سانتیگراد می باشد.

7. شرایط محیطی ضعیف برای بتن ریزی یعنی محیط خشک با رطوبت کمتر از 50% و حافضت نشده.

8. برای مقابله با سولفات ها ، سیمان سرباره ای و سیمان نوع 5 توصیه می گردد.

9. در مناطق ساحلی به منظور افزایش پایایی بتن حداقل مقدار سیمان 360 کیلوگرم در متر مکعب و حداکثر نسبت آب به سیمان برای بتن در معرض محیط 0/4 می باشد.

10. ضرائب ترکیب بارها برای ملحوظ نمودن احتمال کمتر همزمانی تعداد بیشتری از عاملها در نظر گرفته می شود.

11. منظور از ظرائب باربری یک قطعه **بتن آرمه** ، مقاومت محاسبه شده قطعه بر مبنای ابعاد

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

مقاطع آن و مقاومت های محاسباتی است.

12. آزمایش خم کردن و باز کردن خم برای میلگردهای سرد اصلاح شده الزامی می باشد.

13. قالب برداری و برچیدن پایه های زیر طره ها از انتهای آزاد صورت می گیرد.

14. مقاومت فشاری متوسط لازم در طرح اختلاط بتن با اعمال ظرایبی از انحراف معیار و مقادیر ثابتی بر مقاومت مشخصه بدست می آید.

15. در خصوص مقابله با املاح کلر ، سیمان نوع 2 در مقابل محیط هایی با املاح سولفات و کلر بهتر از انواع دیگر سیمان پرتلند عمل می کند.

16. برای کنتر دمای بتن در بتن ریزی در هوای گرم حداکثر دمای سیمان 70 درجه سانتیگراد و حداکثر دمای بتن هنگام ریختن 30 درجه سانتیگراد توصیه می گردد.

17. سیمانی که در آن فشردگی انبار پدید آمده است می توان پس از پودر کردن کلوخها آن را مصرف نمود.

18. تواتر نمونه برداری از بتن باید حداقل یک نمونه بتن از هر رده بتن در روز و حداقل 6 نمونه از کل سازه باشد.

19. در صورتی ، روش عمل آوردن و مراقبت رضایت بخش تلقی می شود که مقاومت فشاری نمونه های کارگاهی در هر سنی ، حداقل 85% مقاومت نظیر نمونه های عمل آمده در آزمایشگاه باشد.

20. از هر رده بتن در هر روز کار ، حداقل برداشت یک نمونه الزامیست.

21. مناسبترین جا برای سطوح واریز بتن جایی است که تلاشها بویژه نیروی برشی کمترین مقدار را داشته باشند.

22. منظور از عمل آوردن بتن یعنی مرطوب نگهداشتن بتن به مدت کافی ، جلوگیری از اثر سوء عوامل خارجی و بسته به مورد ، تسریح گرفتن و سخت شدن به کمک حرارت.

23. برچیدن پایه های اطمینان زمانی مجاز است که مقاومت بتن به مقاومت 28 روزه مورد نظر رسیده باشد.

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

24. نمونه های آگاهی به منظور اطلاع از کیفیت بتن در موعدهای خاص تهیه می گردند.

25. در ساخت بتن برای پی های حجیم بهتر است از سیمان تراس و یا **سیمان** نوع 2 استفاده نمود.

26. پیش تنیدگی را می توان ذخیره نمودن تنشهای فشاری در بتن قیل از بارگذاری نهایی نامید.

27. ماکزیمم تولید برش در وسط دیوار حاصل می گردد.

28. نقشه هایی که برای قسمت های خاص و حساس سازه با استفاده از نقشه های اجرایی تهیه می شوند را نقشه های کارگاهی می نامند.

29. در بتن هایی که در معرض آب زیرزمینی قرار دارند اصلا نباید از سیمان پرتلند تیپ 5 استفاده نمود.

30. مهندس ناظر می تواند برای حصول اطمینان از کیفیت مصالح مصرفی ، انجام هر آزمایشی را درخواست نماید.

31. وقتیکه بارهای سرویس به یک تیر بتن آرمه وارد می شوند ، لنگر حداکثر ایجاد شده در تیر بیشتر از لنگر ترک دهندگی بتن تیر است.

32. از میلگردهای فولادی از هر 50 تن و کسر آن از هر قطر و هر نوع فولاد حداقل 3 نمونه باید نمونه گیری کرد.

33. آبهای حاوی سولفاتها و کلریدها ، نظیر آب دریا و برخی چاه ها ، با این شرط که یون سولفات از 1000 و یون کلرید از 500 مشخص ، ستون طراحی می گردد.

34. طراحی ستونهای بتنی تحت خمش دو محوری معمولا با تبدیل دو ممان در دو جهت و یک ممان و با خروج از مرکزیت مشخص ، ستون طراحی می گردد.

35. مقدار کل سولفات در مخلوط بتن نباید از 5 % وزن سیمان بر حسب 3SO تجاوز نکند.

36. منظور از مقاومت مشخصه فولاد مقداری است که حداکثر 5% مقادیر نمونه های اندازه گیری شده برای تسلیم ، کمتر از آن باشد.

Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)

37. تغییر شکل زیاد ، ترک خوردگی بیش از حد و لرزش یک سازه بتن آرمه نشان دهنده یک حالت حدی بهره برداری است.

38. در حالت حدی بهره برداری بارها ، سربارها و سایر عوامل مشخصه ( بدون ضریب ) و در حالت حدی نهایی ، بارها و سایر عاملهای محاسباتی ( ضریب دار) ملاک عمل قرار می گیرند.

39. اگر پس از مصرف بتن در بنا ، آزمایش آزمونه های عمل آمده در آزمایشگاه حاکی از عدم تنطباق بتن بر رده مورد نظر باشد ، باید بر اساس آئین نامه بتن ایران تدابیری برای حصول اطمینان از ظرفیت باربری سازه اتخاذ نمود.

40. برای تیرها با دهانه بیش از 5 متر پایه های اطمینان الزامی است.


**شماره های تماس**

**09391411238-09178801238**

**مهندس حسین فتحی**


Print to PDF without this message by purchasing novaPDF (http://www.novapdf.com/)