به نام خدا

دانشگاه ایوانکی

جزوه درس :

تکنولوژی بتن و آزمایشگاه

استاد درس : مهندس علیدوستی

منابع :

- *مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان*
- *آنالیز و طراحی سازه های بتن آرمه – دکتر کی نیا*
- *تکنولوژی و طرح اختلاط بتن – دکتر مستوفی نژاد*
- *نشریه ۵۵ سازمان برنامه*

پائیز ۸۸

بتن چیست ؟

- *بتن مجموعه ای از مصالح سنگی (سنگدانه ای) است که توسط یک جسم چسباننده به نام خمیر سیمان بهم متصل شده وتشکیل یک سنگ یا یک جسم سنگی را میدهد.*

- *اجزای تشکیل دهنده بتن*
- *۱. مصالح سنگی درشت دانه (شن)* } *حدود۶۰-۷۰٪ ازحجم بتن*
- *۲. مصالح سنگی ریز دانه (ماسه)*
- *۳. سیمان حدود ۷ الی ۱۵ درصد حجم بتن*
- *۴. آب حدود ۱۴ الی ۲۱ درصد حجم بتن*
- *۵. هوا در بتن بدون هوا ۰.۵ -۳ درصد و در بتن هوادار ۴-۸ درصد حجم بتن را تشکیل میدهد.*
- *۶. مواد اصلاح کننده ی بتن: مانند مواد افزودنی , پوزولان ها و مواد شبه سیمانی که معمولا به صورت درصدی از وزن* سیمان به مخلوط اضافه می شوند تا خواص مطلوب مورد نظر را در بتن ایجاد کند.

	هوا	سنگدانه ها	سیمان	آب
حجم	۰.۵ -۳٪	۶۰-۷۵٪	۷-۱۵٪	۱۴-۲۱٪
وزن	۰	٪۶۳-۸۵	٪۹-۱۸	٪۵-۹

نکته : وزن مخصوص بتن ۲۴۰۰γ = kg\cm3 می باشد .

دلایل پر مصرف بودن بتن

۱.مهم ترین جز بتن که سنگدانه ها هستند در طبیعت به وفور یافت میشوند.

۲.مقاومت فشاری قابل قبول و خوبی دارد وتنها ضعف آن کمی مقاومت در برابر کشش است.

۳.سازه های بتنی در برابر آتش سوزی مقاومت خوبی دارند حتی می تواند تا ۲۴ ساعت دوام بیاورند.

۴.تنوع سازه های ساخته شده بتنی به دلیل شکل پذیری مناسب بتن زیاد است.

نکات اجرایی بتن و فولاد

۱. به دلیل فراوانی مواد اولیه, بتن ارزان تر از فولاد تهیه میشود.

۲. وزن بتن نسبت به مقاومت آن بسیار زیاد است به همین دلیل در ساختمان های بلند مرتبه معمولاً از فولاد که دارای نسبت وزن به مقاومت کمتری است استفاده می شود.

۳. مقاومت کششی بتن کم است اما فولاد دارای مقاومت فشاری و کششی بالایی است به همین دلیل در قسمت های تحت کشش اجزای بتنی از فولاد استفاده می شود به این ترتیب فولاد و بتن می تواند مکمل یکدیگر باشند.

۴. برخلاف بتن در فولاد ، مصرف کننده نقشی در تولید و تعیین خواص آن ندارد اما در بتن هر چند مواد اولیه دارای استاندارد باشد ساخت آن در کارگاه و نحوه اجرای آن نقش مهمی در خواص آن خواهد داشت.

۵. بتن مقاومت بهتر و بیشتری در برابرآتش سوزی دارد.

۶. توسعه بعدی و تقویت سازه های بتنی بسیار مشکل تر از سازه فلزی است

۷. سرعت اجرای سازه های فلزی معمولاً بیشتر از سازه فولادی است.

سیمان

سیمان چسبی است که پس از مخلوط با آب به صورت دوغاب سیمان یا خمیر سیمان دور دانه ها را آغشته کرده و آنها را به هم می چسباند. نقش سیمان در بتن چسباندن اجزا به یکدیگر بوده و بخودی خود تاثیری در مقاومت و باربری ندارد و از ترکیب مصالح آهکی، رس، سیلیس و اکسیدهای معدنی در دمای ۱۴۰۰ درجه تا ۱۵۰۰ درجه سانتی‌گراد ساخته می‌شود. به جسم حاصل، پس از حرارت دیدن کلینگر می‌گویند و از آسیاب کردن آن سیمان بدست آید.

روشهای ساخت سیمان

روشهای مختلفی برای تولید سیمان وجود دارد. اصولاً چهار روش برای تولید سیمان وجود دارد :

۱- روش تر

۲- روش نیمه تر

۳- روش نیمه خشک

۴- روش خشک

- روش تر و نیمه تر

در روش تر و نیمه تر خاک رس مصرفی در دستگاه دوغاب ساز (Wash mill) ، تبدیل به دوغاب می گردد. سپس دوغاب خاک رس به همراه سنگ آهک در آسیاب مواد خام مخلوط و نرم گشته و تبدیل به دوغاب با غلظت بیشتری می شود. پس از تنظیمات لازم توسط آزمایشگاه، بعنوان خوراک کوره مورد مصرف قرار می گیرد. در روش نیمه تر، مواد خروجی از آسیاب مواد به صورت دوغاب است و قبل از ورود به کوره بوسیله فیلتر پرس آب آن گرفته می شود و بصورت کیک یا آماج (حبه) به کوره تغذیه می گردد.

- روش نیمه خشک

در روش نیمه خشک مواد اولیه بصورت خشک با یکدیگر مخلوط گشته و به آسیاب مواد خام تغذیه می گردند. مواد خروجی از آسیاب مواد به صورت پودر است. قبل از تغذیه این پودر به کوره مقداری آب روی آن پاشیده می شود و آن را به صورت آماج یا حبه در آورده و به کوره تغذیه می نمایند.

- روش خشک

در روش خشک مواد اولیه خشک وارد آسیاب می شود. پودر خروجی از آسیاب مواد، پس از تنظیم، به عنوان خوراک کوره مصرف می گردد.

ساختار سیمان

اساساً سیمان با آسیاب نمودن مواد خام از قبیل سنگ و آهک و آلومینا و سیلیسی که به صورت خاک رس و یا سنگهای رسی وجود دارد و مخلوط نمودن آنها با نسبتهای معین و با حرارت دادن در کوره‌های دوار تا حدود ۱۴۰۰درجه سانتی‌گراد بدست می‌آید. در این مرحله ، مواد در کوره تبدیل به گلوله‌های تقریبا سیاه رنگی می‌شوند که کلینکر نامیده می‌شود.

کلینکر پس از سرد شدن ، با مقداری سنگ گچ به‌منظور تنظیم گیرش ، مخلوط و آسیاب شده و پودر خاکستری رنگی حاصل می‌شود که همان سیمان پرتلند است. با توجه به نوع و کیفیت مواد خام ، سیمان با دو روش عمده‌تر و خشک تولید می‌شود، ضمن اینکه روشهای دیگری نیز وجود دارد. البته امروزه عموماً از روش خشک در تولید سیمان استفاده می‌شود، مگر در مواردی که مواد خام ، روش تر را ایجاب کند، زیرا در روش خشک ، انرژی کمتری برای تولید مورد نیاز است.

ترکیبات شیمیایی سیمان

مواد خام مورد مصرف در تولید سیمان در هنگام پخت با هم واکنش نشان داده و ترکیبات دیگری را بوجود می‌آورند. معمولاً چهار ترکیب عمده به‌عنوان عوامل اصلی تشکیل دهنده سیمان در نظر گرفته می‌شوند که عبارتند از:

- سه کلسیم سیلیکات ($O۲=C۳S۳$)
- دو کلسیم سیلیکات ($CaOSiO۲=C۲S۲$)
- سه کلسیم آلومینات ($CaOAl۲O۳=C۳A۳$)
- چهار کلسیم آلومینو فریت ($CaOAl۲O۳Fe۲O۳۴$)

که اختصاراً اکسیدهای CaO را با C و $SiO۲$ را با S و $Al۲O۳$ را با A و $Fe۲O۳$ را با F نشان می‌دهند. سیلیکاتهای $C۳S$ و $C۲S$ مهمترین ترکیبات سیمان در ایجاد مقاومت خمیر سیمان هیدراته می‌باشند. در واقع سیلیکاتها در سیمان ، ترکیبات کاملا خالصی نیستند، بلکه دارای اکسیدهای جزئی به‌صورت محلول جامد نیز می‌باشند. این اکسیدها اثرات قابل ملاحظه ای در نحوه قرار گرفتن اتمها، فرم بلوری و خواص هیدرولیکی سیلیکاتها دارند.

ترکیبات دیگری نیز در سیمان وجود دارند که از نظر وزن قابل ملاحظه نیستند، ولی تأثیرات قابل ملاحظه ای در خواص سیمان دارند که عمدتاً عبارتند از: MgO،$TiO۲$،$Mn۲O۳$،$K۲O$،$NaO۲$، که اکسیدهای سدیم و پتاسیم به نام اکسیدهای قلیایی شناخته شده‌اند. آزمایشها نشان داده است که این قلیائی‌ها با بعضی از سنگدانه‌ها واکنش نشان داده‌اند و حاصل این واکنش باعث تخریب بتن شده است. البته قلیائی‌ها در مقاومت بتن نیز اثر دارند.

وجود سه کلسیم آلو مینات ($C۳A$) در سیمان نقش عمده ای در مقاومت سیمان به جزء در سنین اولیه ندارند و در برابر حملات سولفاتها نیز که منجر به سولفوآلومینات کلسیم می‌شود، مشکلاتی به بار می‌آورد، اما وجود آن در مراحل تولید ، ترکیب آهک و سیلیس را تسهیل می‌کند. میزان $C۴AF$ در سیمان هم در مقایسه با سه ترکیب دیگر کمتر است و تأثیر زیادی در رفتار سیمان ندارند، ولی در واکنش با گچ ، سولفو فریت کلسیم را می‌سازد و وجود آن به هیدراسیون سیلیکاتها شتاب می‌بخشد.

مقدار و اندازه واقعی اکسیدها در ترکیبات انواع سیمان ، مختلف است. البته باقی مانده نامحلول نیز که عمدتا از ناخالصی‌های سنگ گچ حاصل می‌گردد، اندازه گیری می‌شود، تا حدود ۱,۵ درصد وزن در سیمان مجاز است. افت حرارتی نیز که دامنه کربناسیون و هیدراسیون آهک آزاد و منیزیم آزاد را در مجاورت هوا نشان می‌دهد، تا حدود ۳ الی ۴ در صد وزن سیمان اندازه گیری می‌شود.

سیمان های مصرفی در بتن عبارتند از: **۱.** سیمان های پرتلند ۵ گانه ۲. سیمانهای ویژه

سیمان پرتلند

اگرچه از زمانهای بسیار گذشته اقوام و ملل مختلف به نحوی با استفاده از سیمان در ساخت بنا سود می‌جستند، ولی اولین بار در سال ۱۸۲۴ ، سیمان پرتلند به نام "ژوزف آسپدین" که یک معمار انگلیسی بود، ثبت شد. به لحاظ شباهت ظاهری و کیفیت بتن‌های تولید شده از سیمانهای اولیه به سنگهای ناحیه پرتلند در انگلیس، اینگونه سیمان به نام سیمان پرتلند معروف شد و تا به امروز برای سیمانهایی که از مخلوط نمودن و حرارت دادن مواد آهکی و رسی و مواد حاوی سیلیس ، آلومینا و اکسید آهن و تولید کلینکر و نهایتا آسیاب نمودن کلینکر بدست می‌آید، استفاده می‌شود.

سیمانی آبی است که از آسیاب کردن کلینکر به همراه مقدار مناسبی سنگ گچ یا سولفات کلسیم متبلور خام بدست می آید که به ۵ گروه زیر تقسیم میشود:

۱.سیمان پرتلند نوع یک: سیمان پرتلند معمولی است که در مصارف عمومی استفاده می شود و به ۳ گروه تقسیم میشود : ۳۲۵-۱ , ۴۲۵ -۱ , ۵۲۵ -۱

۲.سیمان پرتلند نوع دو: سیمان پرتلند اصلاح شده است که تا حدودی در مقابل حمله سولفات ها مقاوم است.

۳.سیمان پرتلند نوع ۳ : سیمان زود سخت شونده است که برای تهیه آن کافیست سیمان را بیشتر و ریزتر آسیاب کنند درآن صورت گیرش آن سریعتر خواهد بود وگرمای هیدراسیون بیشتری ایجاد میکند از این سیمان در تهیه بتن در هوای سرد یا در تعمیرات و اجرای سازههایی که باید سریعاً مورد بهره برداری قرار گیرد استفاده میشود چون در مدت کوتاهی بتن به مقاومت مورد نظر می رسد.

۴.سیمان پر تلند نوع چهار: سیمان با حرارت زایی کم است این سیمان کندگیر بوده لذا واکنش آن با آب (هیدراسیون) آن کندتر انجام و در نتیجه گرمای کمتری ایجاد می شود لذا در هوای گرم به جهت تسهیل در امر مراقبت از بتن و در بتن ریزی های حجیم سرد کاربر دارد.

۵.سیمان پر تلند نوع پنج: سیمان مقاوم در برابر سولفات است.

سیمانهای ویژه

۱.سیمان پرتلند سفید: برای استفاده در سطح ساختمان ها و مواقعی که استفاده از سیمان های بدون رنگ با مقاومت های بالا مورد نیاز باشد. از این سیمان در تولید انواع سیمان های رنگی استفاده می شود.

نکته : تفاوت سطوح گچی و سیمان سفید در این است که گچ بر خلاف سیمان دارای انبساط است لذا پس از مصرف ترکها را می پوشاند و سطحی بدون ترک بدست میاورد در حالی که درسیمان ها پدیده جمع شدگی (انقباض) وجود دارد که باعث ترک خوردگی میشود.

۲.سیمان پرتلند رنگی: این سیمان ها بیشتر جنبه تزئینی و آرایشی دارند و در نماسازی سیمانی و تولید بتن نمادار به مصرف می رسند. از افزودن مواد رنگی معدنی بی اثر شیمیایی به سیمان پر تلند معمولی یا سفید بدست می آید . از سیمان پرتلند معمولی برای ساخت سیمان های پر تلند رنگی قرمز, قهوه ای و سیاه و برای ساخت سیمان هایی به رنگهای دیگر از سیمان سفید استفاده میشود.

۳.سیمان پر تلند آمیخته:

الف.سیمان پرتلند پوزولانی: از مخلوط کامل و یکنواخت و همگن از سیمان پرتلند و پوزولان و سنگهای آسیاب شده بدست میاید ، سیمان پوزولانی دو نوع است . معمولی (دارای ۵-۱۵٪ وزن سیمان پوزولان است) و ویژه (دارای ۱۵-۴۰٪ وزن سیمان پوزولان است.) از سیمان پوزولان معمولی در مصارف عمومی وساخت ملات استفاده میشود. از سیمان پوزولانی ویژه در ساخت بتن های حجیم و نیز در مواردی که بتن تحت تهاجم شیمیایی قرار گیرد استفاده میشود.

نکته : پوزولان ها عبارتند از مواد سیلیسی یا سیلیسی و آلومینیومی که خود به تنهایی فاقد ارزش چسبانندگی اند یا ارزش چسبانندگی آنها کم است، اما به صورت ذرات بسیار ریز، در دمای متعارف و در مجاورت رطوبت با هیدوکسید کلسیم واکنش می دهند و ترکیباتی را تولید میکنند که ساختار آنها تاحدودی مشابه ترکیباتی است که بر اثر آبگیری سیمان پرتلند تولید می شود.

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

پوزولان های طبیعی در انواع خام یا تکلیس شده وجود دارند و به طور عمده شامل خاکستر های آتشفشانی غیر بلوری نمی باشند.....

دوده سیلیسی یا میکروسیلیس محصول فرعی کوره های قوسی الکتریکی صنایع فروآلیاژ و فروسیلیس است . ماده ای است با فعالیت پوزولانی بسیار شدید که بیش از ۸۵ درصد سیلیس بلوری نشده دارد.

خاکستر بادی محصول فرعی سوخت زغال سنگ است که شامل سیلیس، آلومین و اکسید های آهن و کلسیم است. خاکستر بادی در انواع C و F وجود دارد. نوع C خاکستر بادی به دلیل دارا بودن بیش از ۱۰ درصد اکسید کلسیم خاصیت سیمانی شدن نیز دارد .خاکستر پوسته برنج از پوسته برنج به دست میاید و دارای میزان زیادی سیلیس غیر کریستالی است.

ب. سیمان پرتلند رو باره ای یا سرباره ای: از آسیاب کردن ۱۵-۹۵٪ سرباره کوره آهنگدازی فعال و غیر کوهستانی با کلینکر سیمان پرتلند و مقدار مناسبی سنگ گچ بدست می آید. این سیمان دارای

پایداری بیشتر در برابر سولفاتها است و بتن ساخته شده با آن نفوذ پذیری کمتر و دوام بیشتر دارد. این سیمان در مقایسه با سیمان پر تلند معمولی دیرگیرتر بوده و گرمای آبگیری آن کمتر است.

نکته : متداولترین ماده شبه سیمانی روباره یا سرباره کوره آهنگدازی است. مواد شبه سیمانی دارای خاصیت پنهان هیدرولیکی هستند و در صورتی که به گونه ای مناسب فعال شوند خواص سیمانی پیدا می کنند. این مواد فقط در محیط قلیایی با آب واکنشی مشابه سیمان پرتلند نشان می دهند .

ج.سیمان بنایی: استفاده از آن در ساخت بتن و بتن آرمه مجاز نبوده و فقط در ملات و مانند آن بکار میرود.

۴.سیمان چاه نفت: این سیمان ها برای درزگیری چاه های نفت به کار می روند. عمده این نوع سیمان ها دیرگیر بوده و در برابر دماها و فشارهای بالا مقاوم می باشند. این سیمان ممکن است در حفره چاه های آب و فاضلاب نیز به مصرف برسد. از افزودن برخی مواد شیمیایی خاص به کلینکر سیمان معمولی بدست میاید.

۵.سیمان انبساطی یا پرتلند گسترش یابنده:

یکی از خواص بتن جمع شدگی ناشی از خشک شدن آن است که منجر به ترک خوردگی در سطح بتن شده و علاوه بر ظاهری نامناسب ، بتن را در برابر حمله عوامل خارجی آسیب پذیر می سازد به طوری که دوام بتن را کاهش میدهد. لذا با افزودن مواد شیمیایی مخصوص(مانند سولفوآمونیات) به کلینکرسیمان معمولی آن را تهیه می کنند. این سیمان در هنگام ترکیب با آب افزایش حجم دارد و در نتیجه کاهش ترک خوردگی ناشی از انقباض را منجر میشود .

۶.سیمان پر آلومین(برقی)یا سیمان آلومنیوم:

بسیار زود گیر است و حدود ۸۰٪ از مقاومت نهایی در مدت ۲۴ ساعت پس از بتن ریزی حاصل شده به طوریکه می توان ۶ تا ۸ ساعت پس از بتن ریزی قالب های جانبی را باز نمود. این سیمان دارای مقدار زیادی آلومین است . مواد خام این سیمان سنگ آهک و بوکسیت است. این سیمان بسیار گران قیمت بوده و در برابر حمله سولفات ها و نیزآبهای دارایCO_2 که به صورت اسید کربنیک عمل میکند مقاوم باشد.

مفاهیم و نکات سیمان:

۱.هیدراتاسیون: انجام فعل و انفعالات شیمیایی سیمان در مجاورت آب در بتن که باعث آزاد شدن گرما میشود که به آب گیری سیمان نیز معروف است. در واقع سیلیکاتها و آلومیناتهای سیمان در مجاورت آب محصولی هیدراسیونی را تشکیل می‌دهند که کم‌کم با گذشت زمان ، جسم سختی بوجود می‌آید. دو ترکیب عمده سیلیکاتی سیمان یعنی C_3S و C_2S عوامل عمده سخت شدن سیمان هستند و عمل هیدراسیون روی C_3S سریعتر از C_2S انجام می‌گیرد.

هر گرم از سیمان تقریبا ۱۲۰ کالری حرارت آزاد می‌کند. چون هدایت حرارتی بتن کم است، لذا حرارت می‌تواند به‌عنوان یک عایق حرارتی عمل نماید. از طرف دیگر حرارت تولید شده بوسیله هیدراسیون سیمان می‌تواند از یخ زدن آب در لوله‌های موئین بتن تازه ریخته شده جلوگیری نماید.

۲. واکنش فوق زمان بر است . زمان بر بودن دارای مفهوم لگاریتمی است یعنی عمده اتفاقات در کوتاه مدت رخ میدهد ولی با گذشت زمان متوقف نمی شود. لذا روند کسب مقاومت بتن هیچگاه متوقف نمی شود. با نرمتر(ریزتر) کردن سیمان ذرات آب سریعتر با ذرات سیمان واکنش داده و سریعتر به مقاومت میرسد مانند سیمان نوع ۳.

۳. **تنش حرارتی**: در بتن ریزی حجیم گرمای ناشی از هیدراتاسیون در سطح بتن به علت مجاورت با هوا کاسته می شود و اختلاف حرارت و بتن باعث گرادیان حرارتی شده و ایجاد کرنش و تغییر شکل میکند که این منجر به تنش می شود که به آن تنش حرارتی گویند .

انبار کردن سیمان های پرتلند :

سیمان به دو صورت فله ای و کیسه ای (۵۰ کیلو گرمی) انبار می شود.

۱.در انبار سیمان های کیسه ای روی کف خشک که دست کم ۱۰ سانتی متر از سطح اطراف خود بالاتر باشد قرار میگیرد.

۲.سیمان های کیسه ای باید بر اساس نوع آن و به طور جداگانه نگهداری و به ترتیب ورود به انبار مصرف شوند.

۳.حداکثر مقدار سیمان که میتوان روی هم انبار کرد در مناطق خشک۱۲عدد مشروط به حداکثر ارتفاع ۱.۸ متر و در مناطق شرجی با رطوبت نسبی بیش از ۹۰٪, ۸ عدد مشروط به ارتفاع ۱.۲۰ متر میباشد .

۴.کیسه های سیمان باید حداقل ۳۰ سانتی متراز دیوارها و ۶۰ سانتی متر از سقف فاصله داشته و فاصله ی بین ستون کیسه های سیمان در مناطق خشک ۵-۸ سانتی متر (جهت عبور هوا دربین کیسه ها) و در مناطق شرجی و با رطوبت نسبی بیش از ۹۰٪ باید کیسه ها به هم چسبانده شود تا رطوبت کمتری به کیسه ها برسد.

۵.سیمان های کیسه ای در مناطق با رطوبت نسبی حداکثر ۹۰٪ ، باید ۴۵ روز پس از تولید و در سایر مناطق ۹۰روز پس از تولید مصرف شوند.

۶.در صورت کلوخه شدن سیمان در کیسه ها باید آن را با غلتانیدن کیسه ها بر روی کف اصلاح کرد تا به صورت پودر در آید .

۷.سیمان های فله باید در سیلوهای استاندارد نگهداری شود.

۸.حداکثر ذخیره ی سیمان ۸۰٪ ظرفیت سیلو می باشد چون تخلیه ی سیمان معمولاً با هوای فشرده صورت میگیرد .

۹.سیمان نگهداری شده در سیلو باید حداکثر ۹۰ روز پس از تولید مصرف شود.

آب:

آب به سه صورت در بتن مصرف دارد.

- *برای شستشوی سنگ دانه ها*
- *برای ساخت بتن*
- *برای عمل آوری بتن*

آب به کار رفته در بتن باید پاک و تمیز و صاف و عاری از هر گونه ناخالصی باشد. دارای مزه یا بوی خاصی نباشد و عموماً آب قابل آشامیدن بهترین نوع آب مصرفی است مگر اینکه سوابق قبلی نشان دهنده ی نا مناسب بودن آن برای بتن باشد .در صورت لزوم آزمایش بر روی آب, باید نمونه برداری ۱. در ابتدای کار و ۲. پس از هربار تغییر منبع انجام گیرد .

مشکلاتی که در اثر استفاده از آب نامناسب ایجاد می شود:

۱. تاخیر در زمان گیرش سیمان و به تبع آن بتن خواهد شد.

۲. ایجاد خوردگی و زوال تدریجی در میلگردهای موجود در بتن خواهد شد.

۳. کاهش مقاومت نهایی را موجب خواهد شد.

۴. ایجاد لکه در سطح بتن وتغییر رنگ بتن که به ویژه در بتن های که سطح آن در نما قرارمی گیرد حائز اهمیت خواهد بود.

نکات مهم:

۱. به طور کلی PH آب نباید کمتر از ۵ و یا بیشتر از ۸.۵ باشد.

۲. درنگهداری از آن دقت شود که امکان رشد خزه ها و مواد الی در آن نباشد چون خزه ها بر روی دانه دانه ها چسبیده و از چسبیدگی سیمان به دانه ها جلوگیری می کند که این موجب افت مقاومت نهایی بتن می شود.

۳. استفاده از آب دریا به علت وجود نمک های محلول در آن در موارد اضطراری و به صورت محدود در ساخت بتن های غیر مسلح استفاده شده ودر سایر موارد به ویژه بتن آرمه ممنوع است. چون مواد محلول در آب دریا به ویژه یون های کلر در طول زمان موجب خوردگی میلگردهای موجود در بتن خواهد شد.

۴. وجود چربی ها به ویژه چربیهای معدنی مانند نفت و انواع روغن های مصرفی موجب کاهش چسبندگی دانه ها به سیمان شود . میزان چربی های معدنی آب مصرفی در یک حجم معین از بتن از ۲.۵٪ وزن سیمان مصرفی درهمان حجم از بتن بیشتر نباشد.

میزان آب در خمیر سیمان :

میزان آب در بتن معمولا با W/C نمایش داده شده و بصورت یک اصل باید حدالمقدور نسبت آب به سیمان کم انتخاب شود . قسمتی از آبی که در ساخت بتن مصرف میشود (حدود ۲۵٪ وزنی سیمان) جذب ذرات سیمان شده و در واکنشهای شیمیایی (هیدراتاسیون) بکار میرود اما عملاً ساخت بتن با این مقدار آب میسر نیست زیرا اینچنین بتنی به اندازه ای سفت است که کار کردن با آن غیر ممکن خواهد بود لذا باید نسبت آب به سیمان را تا آنجا افزایش داد که به سهولت بتوان با بتن کار کرد . محدوده ۰/۴ الی ۰/۶ محدوده مجاز خواهد بود . آب مازاد بر ۲۵٪ که هیدراتاسیون شرکت نمیکند جا اشغال کرده و نهایتاً در بتن محبوس یا تبخیر شده و فضای خالی ایجاد میکند ، یعنی در هرحال از حجم مفید بتن میکاهد . نسبت آب به سیمان بیشتر فقط این حسن را دارد که روانی و کارایی بتن را بیشتر میکند ولی در صورت استفاده از نسبت آب به سیمان کمتر خواهیم داشت :

۱- افزایش مقاومت فشاری و کششی
۲- افزایش خاصیت آب بندی (نفوذ ناپذیری بیشتر)
۳- کاهش جذب آب
۴- پیوستگی بهتر بین لایه های متوالی در بتن ریزی
۵- افزایش چسبندگی بین میلگرد و بتن
۶- افزایش مقاومت در برابر شرایط جوی نامساعد
۷- کاهش میزان افت
۸- کاهش میزان خزش
۹- کاهش امکان آب انداختن بتن
۱۰- کاهش امکان جداشدن دانه ها

سنگ دانه ها

مصالح سنگی حدود سه چهارم حجم بتن را تشکیل داده واهمیت آن بقدری است که مقاومت بتن به مقاومت سنگ دانه های آن مربوط می باشد بتنی خوب تلقی می شود که وقتی شکسته شود دانه های سنگی آن از وسط شکسته شود و سیمان پاره نشود یعنی بتن از حداکثر مقاومت سنگدانه ها استفاده کند . سنگدانه به ۲ دلیل در بتن به کار میروند :

۱.دلیل اقتصادی : سنگدانه ها از سیمان خیلی ارزان تر بوده لذا استفاده آن باعث کاهش هزینه میشود.

۲.دلیل فنی: سنگدانه در بتن مانند استخوان بندی عمل میکند و علاوه بر این موجب افزایش مقاومت شده و موجب کاهش جمع شدگی و افزایش ثبات حجمی بتن نیزخواهد شد.

انواع سنگدانه از نظر اندازه:

- *ریزدانه (ماسه)*
- *درشت دانه (شن)*

مرز اندازه شن و ماسه الک استاندارد نمره ۴ (#۴) است که اندازه آن سه شانزدهم اینچ یا ۴.۷۶ میلی متر است. دانه های عبوری از این الک ماسه و بقیه شن را تشکیل میدهند. البته باید توجه شود که دانه های ماسه از ۰.۰۷۵ mm بزرگتر باشد.

به صورت حدودی ۶۰-۷۰٪ سنگدانه مصرفی در بتن شن و۳۰-۴۰٪ ماسه است. در حقیقت دانه های شن اسکلت اصلی بتن و دانه های ماسه نقش پر کننده بین دانه های شن را دارند.

انواع سنگدانه از لحاظ تولید:

۱.سنگدانه طبیعی: این سنگدانه ها در طبیعت ایجاد شده اند که به دو صورت معمولی (گرد گوشه) و شکسته بدست می آید. سنگدانه گرد گوشه بر اثر عواملی چون هوازدگی, سایش و غلتش در آب ایجاد شده و استفاده آن در بتن به علت گرد گوشه بودن و سطحی صاف باعث اصطکاک کمتر لذا روانی بیشتر بتن و درنتیجه نیاز کمتر بتن ساخته شده به آب را دارد. اما سنگدانه های شکسته توسط سنگ شکن در کارخانه از شکسته شدن سنگ های بزرگ بدست می آید. سطح شکسته شده زبر بوده و باعث کاهش روانی بتن شده و از آنجا که قفل وبست دانه ها بیشتر است مقاومت نهایی بتن را افزایش میدهد.

۲.سنگدانه مصنوعی: در اروپا و سایر مناطقی که فاقد معادن شن و ماسه بوده و یا به دلایل زیست محیطی سرباره های کوره ذوب آهن و فلزات و ... و یا نخاله های حاصل از تخریب ساختمان بدست می آورند.

شکل و بافت سطحی و ظاهری دانه ها:

۱.دانه های گرد: در اثر فرسایش در طبیعت شکل آنها گرد و سطح آنها صاف شده است.

۲.دانه های نا منظم: دارای سطح صاف و صیقلی است اما شکل انها کاملاً گرد نیست.

۳.دانه های گوشه دار: دارای سطح صافی نیستند و شکل هندسی مشخصی ندارند و دارای گوشه های مشخص و تیز هستند.

۴.دانه های پولکی شکل: ضخامت آنها نسبت به دو بعد آنها کمتر است.

۵.دانه های سوزنی شکل: طول آنها نسبت به دو بعد دیگر به میزان زیادی بیشتر است.

اصولاً در بتن سازی دانه های گرد , نامنظم و گوشه دار استفاده می شود و سایر موارد مجاز نمی باشد.

حداکثر درصد وزنی سنگدانه سوزنی یا پولکی نسبت به کل نمونه :

ردیف	شرح	حداکثر درصد وزنی سنگدانه سوزنی یا پولکی نسبت به کل نمونه
۱	دانه‌های پولکی موجود در سنگدانه‌های مانده بر روی الک ۶/۳ میلیمتر($\frac{۱}{۴}$ اینچ)	۳۰
۲	دانه‌های پولکی موجود در سنگدانه‌های با حداکثر اندازه ۹/۵ میلیمتر($\frac{۳}{۸}$ اینچ)	۴۵
۳	دانه‌های سوزنی موجود در سنگدانه‌های با حداکثر اندازه ۱۲/۵ میلیمتر($\frac{۱}{۲}$ اینچ)	۴۵
۴	دانه‌های سوزنی موجود در سنگدانه‌های با ۱۹ میلیمتر(اینچ)حد اکثر از	۴۰
۵	دانه‌های سورنی موجود در سنگدانه‌های مانده بر روی الک۲۵ میلیمتر ۱ اینچ	۴۰
۶	دانه‌های سوزنی موجود در سنگدانه‌های با حداکثر اندازه ۳۸ میلیمتر ($۱\frac{۱}{۲}$ اینچ)	۴۰
۷	دانه‌های سوزنی موجود در سنگدانه‌های با ۵۰ میلیستر ($\frac{۲}{۳}$ اینچ)حداکثر اندا	۳۵
۸	دانه‌های سوزنی موجود در سنگدانه‌های با حداکثر اندازه ۶۳ میلیمتر ($۲\frac{۲}{۳}$ ای‌نچ	۳۵

تقسیم بندی سنگدانه ها با توجه به رطوبت سطحی و جذب آب دانه ها :

۱- **دانه های کاملاً خشک** : دانه هایی هستند که در کوره ۱۰۰ الی ۱۱۰ درجه حرارت دیده و کاملاً خشک شده باشند . در این دانه ها سطح خارجی و خلل و فرج داخلی آنها کاملاً خشک است .

۲- **دانه های خشک** : دانه هایی هستند که در بعضی از حفره های داخلی آنها آب وجود دارد اما سطح خارجی آنها خشک است .

۳- **دانه های اشباع با سطح خشک (SSD)** : دانه هایی هستند که کلیه حفر ها و خلل و فرج آنها از آب پر شده باشد ، لیکن سطح دانه ها خشک است . چنانچه دانه ها را به مدت ۲۴ ساعت در آب نگه داشته و سپس از آب بیرون آورند و سطح آن را با دستمال خشک و ضخیم کاملاً خشک کنند ، این دانه ها اشباع با سطح خشک میباشند .

۴- **دانه های مرطوب** : دانه هایی هستند که خلل و فرج داخلی آنها اشباع از آب بوده و از طرفی سطح خارجی آنها نیز خیس میباشد .

مدول نرمی ماسه : (FM)

مدول نرمی یا ضریب نرمی عبارتست از مجموع درصد های باقیمانده روی الکهای استاندارد تقسیم بر صد . مدول نرمی بین صفر تا ۹ متغیر است . هرچه مدول نرمی بزرگتر باشد مخلوط درشت دانه تر (خشن تر) و هرچه مدول نرمی ماسه کوچکتر باشد مخلوط ریزدانه تر (کاراتر) است .

انبساط حجمی ظاهری دانه های ریز بر اثر رطوبت (ری کردن ماسه) :

ماسه در اثر رطوبت ری کرده و حجم آن زیاد میشود . حجم دانه های ماسه با اضافه شدن آب افزایش میابد . بیشترین افزایش حجم ماسه در رطوبت ۵٪ حاصل میشود و هرچه رطوبت از این مقدار بیشتر شود ، ری کردن رو به کاهش خواهد گذاشت .

دانه بندی :

دانه بندی یعنی نحوه توزیع دانه ها از نظر ابعاد که با یک شاخص به نام منحنی دانه بندی مشخص میشود .بدین صورت منحنی دانه بندی عبارتست از یک منحنی که نحوه توزیع دانه ها را از نظر ابعاد مشخص میکند .

برای تنظیم منحنی دانه بندی ابتدا شن و ماسه یا مخلوط آنها وزن کرده و آنها را از الک های استاندارد عبور میدهند آنگاه وزن دانه های مانده روی هر الک را اندازه گیری کرده و درصد آنها را نسبت به وزن کل محاسبه مینمایند . مجموع درصدهای مانده روی الک مورد نظر و الکهای بالاتر را از ۱۰۰ کم نموده تا درصد رد شده از الک مورد نظر بدست آید سپس بر اساس اندازه الک و درصد رد شده از الکهای استاندارد منحنی را ترسیم میکنند .

تعداد الکهای استاندارد که معمولا استفاده میشود ۹ عدد بوده که ۵ الک در محدوده ماسه و ۱ الک مرز بین شن و ماسه و ۳ الک در محدوده شن قرار دارد .

- الک مرز شن و ماسه الک نمره ۴ با بعد شبکه ۴.۷۵ میلیمتر میباشد .
- الکهای استاندارد در محدوده شن :

الک ۹.۵ میلیمتر

الک ۱۹.۰۶ میلیمتر

الک ۳۸.۱ میلیمتر

- الکهای استاندارد در محدوده ماسه :

الک ۲.۳۶ میلیمتر الک نمره ۸

الک ۱.۱۸ میلیمتر الک نمره ۱۶

الک ۰/۶ میلیمتر الک نمره ۳۰

الک ۰/۳ میلیمتر الک نمره ۵۰

الک ۰/۱۵ میلیمتر الک نمره ۱۰۰

منحنی دانه بندی به دو دسته تقسیم میشوند :

۱- **منحنی دانه بندی پیوسته**: که دارای دو خصوصیت است اولاً تمام ابعاد استاندارد در دانه ها موجود باشد ثانیاً بعضی از ابعاد نسبت به سایر ابعاد به میزان چشمگیری زیاد یا کم نباشد.

در ساخت بتن سعی میشود از دانه بندی پیوسته استفاده میشود زیرا فضای خالی بین دانه ها به حداقل میرسد چون دانه های ریزتر در لابلای دانه های درشت قرار گرفته و در هم جفت میشود در نتیجه فضای خالی که برای پر شدن با خمیر سیمان باقی میماند کمتر میشود در این حال بتن حاصله توپر تر و متراکم تر خواهد شد . مقاومت افزایش یافته و مصرف سیمان نیز کمتر میشود

۲- منحنی دانه بندی گسسته (ناپیوسته): تنها برای ساخت بتن با دانه های نمایان یا بتن اکسپوز توصیه شده است . بتن اکسپوز بتنی است که برای نما بکار میرود و روی آن یک سری دانه های درشت دیده میشود .

دانه بندی مصالح درشت :

محدودیت خاصی تصریح نشده فقط این نکته قابل توجه است که با استفاده بیشتر از مصالح دانه ای درشت تر مشروط بر ثابت بودن نسبت آب به سیمان ، مقاومت فشاری افزایش میابد .در عین حال رعایت محدودیتهای زیر الزامیست :

بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه های درشت نباید از هیچیک از مقادیر زیر بیشتر باشد.

- یک پنجم کوچکترین بعد داخلی قالب بتن
- یک سوم ضخامت دال
- سه چهارم حداقل فاصله آزاد بین میلگردها
- سه چهارم ضخامت پوشش روی میلگردها
- ۳۸ میایمتر (۱.۵ اینچ) در بتن آرمه
- ۶۳ میلیمتر (۲.۵ اینچ) در بتن غیر مسلح

دانه بندی مصالح ریز :

ضوابط الزامی دانه بندی سنگدانه های ریز (ماسه) مصرفی در بتن :

ردیف	اندازه الک (mm)	اندازه الک برحسب اینچ یا نمره الک	درصد وزنی ردشده از الک
۱	۹/۵۰	$\frac{3}{8}$ in	۱۰۰
۲	۴/۷۵	#۴	۸۹-۱۰۰
۳	۲/۳۶	#۸	۶۰-۱۰۰
۴	۱/۱۸	#۱۶	۳۰-۹۰
۵	۰/۶	#۳۰	۱۵-۵۴
۶	۰/۳	#۵۰	۵/۴۰
۷	۰/۱۵	#۱۰۰	۰-۱۵

سنگدانه های سبک مصرفی در بتن

سنگدانه های سبک مصرفی در بتن، عموماً به دو صورت تهیه می شوند:

۱. سنگدانه های حاصل از شیشه ای شدن، انبساط، گلوله شدن مواد، و یا موادی نظیر سرباره کوره آهنگدازی، خاک رس، دیاتومه، خاکستر بادی، شیل یا سنگ لوح.

۲. سنگدانه های حاصل از فرآوری مواد طبیعی نظیر پومیس، اسکوریا و توف.

سنگدانه های سبک می توانند هم در بتن سازه ای و هم در بتن غیر سازه ای بکار روند.

در بتن سازه ای ، برای دستیابی به مقاومت مورد نیاز میتوان بخشی از سنگدانه سبک را با ماسه طبیعی جایگزین نمود.

ضوابط حمل و نقل، تحویل و نگهداری سنگدانه های مصرفی در بتن

ضوابط بارگیری، حمل و نقل، تخلیه، و انبار کردن سنگدانه های مصرفی در بتن به قرار زیر است:

۱. شرایط باید به گونه ای باشد که مواد خارجی و زیان آور در آنها نفوذ نکنند.

۲. شرایط باید به گونه ای باشد که دانه های ریز و درشت در یک دپو از یکدیگر جا نشوند.

۳. شرایط باید به گونه ای باشد که سنگدانه ها شکسته نشوند.

۴. محل نگهداری سنگدانه ها باید دور از پوشش گیاهی و مواد آلوده کننده باشد.

۵. شن های با حداکثر اندازه بیش از ۳۸ میلیمتر، باید در دو گروه کمتر و بیشتر از ۲۵ میلیمتر نگهداری شوند . شن های با حداکثر اندازه ۳۸ میلیمتر یا کمتر باید در دو گروه کمتر و بیشتر از ۱۹ میلیمتر نگهداری شوند . این کار امکان جدا شدن دانه ها از یکدیگر را کاهش میدهد.

۶ . دیواره های تقسیم دپوی مصالح سنگی باید به گونه ای مقاوم و پایدار باشد که در صورت خالی بودن یک قسمت و پر بودن قسمت مجاور، دیواره ها بر اثر رانش سنگدانه ها تخریب یا جابجا نشود.

۷. در هنگام بارش و یخبندان، باید سنگدانه های واقع در فضای آزاد با برزنت یا ورقه های پلاستیکی پوشانیده شود.

۸ . در هنگام گرمای شدید، بر روی سنگدانه های واقع در فضای آزاد، سایبان درست شود.

۹ . شیب مخروط های دپوی شن و ماسه نباید زیاد باشد زیرا شیب زیاد دپوها موجب جداشدن دانه های ریز و درشت از هم میشود.

۱۰ . سنگدانه ها تا حدامکان باید به صورت لایه هایی با ضخامت یکسان بر روی یکدیگر ریخته شده و انبار شوند . سنگدانه ها باید بالودر یا وسایل مناسب دیگر به گون های برداشته شوند که هر بار قسمت هایی از همه لایه های افقی برداشته شوند.

۱۱ . در صورت تخلیه سنگدانه ها در هنگام باد ، باید تدابیری اتخاذ گردد که از جداشدن ذرات ریز جلوگیری شود.

۱۲ . محل دپوی شن و ماسه باید به گونه ای باشد که همواره امکان تخلیه آب مازاد وجود داشته باشد.

۱۳ . سنگدانه های انباره شده در دپو باید حداقل ۱۲ ساعت درمحل باقی مانده و سپس مصرف شود . این امر موجب می شود که رطوبت سنگدانه ها به حد یکنواخت و پایدار برسد.

۱۴ . سیلوی ذخیره سنگدانه ها حتی المقدور باید با مقطع مربع یا دایره باشد و شیب مخروط یا هرم تحتانی آن کمتر از ۵۰ درجه باشد .مصالح سنگی باید به صورت قائم در داخل سیلو ریخته شود تا از برخورد مواد سنگی با کناره های سیلو جلوگیری شده و دانه ها از هم جدا نشوند.

در صورتی که سیلوی ذخیره سنگدانه ها پرباشد امکان شکسته شدن سنگدانه ها وبه هم خوردن دانه بندی آن کاهش می یابد. برای خالی کردن سنگدان هها به داخل سیلو، باید از نردبان ویژه مصالح سنگی استفاده شود.

۱۵ . در صورتی که شرایط به گونه ای باشد که امکان شکسته شدن سنگدانه ها درحین جابجا کردن یا انبار کردن وجود داشته باشد، باید قبل از ساختن بتن با این سنگدانه ها، آنها را دانه بندی کرد.

۱۶ . ضوابط مربوط به جلوگیری از جداشدن سنگدانه ها باید در مورد سنگدانه های گرد گوشه، که بیشتر مستعد این امر هستند، جدی تر رعایت شود.

۱۷ . در هنگام بارش برف و یخبندان، سنگدانه ها باید به گونه ای انبار شوند که امکان یخ زدگی و نیز جمع شدن برف و یخ بین دانه ها وجود نداشته باشد.

۱۸ . در هنگام تحویل هر محموله از سنگدانه ها وارده به کارگاه، باید مشخصات مذکور در اسناد تحویل سنگدانه ها با مشخصات سفارش داده شده مقایسه شده و نیز سن گدانه های وارده مقایسه و انطباق آن کنترل شود.

۱۹ . در هنگام تحویل هر محموله از سنگدان ه ها ی وارده به کارگاه، باید وضعیت ظاهری آن ها از نظر اندازه، شکل دانه ها و ناخالصی های آن با چشم کنترل شود.

نکات عمومی درمورد سنگدانه ها :

- بهترین منابع سنگدانه ها، در محل رودخانه ها می باشد که بسیار ساده و ارزان استخراج می گردند.
- دانه های درشت رودخانه ای عموماً گرد و دارای دانه بندی مناسب ولی مقاومت بتن آن کمتر می باشند.
- بهترین سنگدانه برای تهیه بتن، سنگدانه های سیلیسی هستند.سختی آنها بین ۶ تا ۷ (از ۱۰ که مربوط به الماس است.) می باشد. ولی برای بتن های معمولی بیشتر از سنگدانه های آهکی استفاده می شود که سختی آنها بین ۳ تا ۴ است.
- مقدار آب همراه شن به لحاظ کم بودن آن قابل صرفنظر است ولی آب همراه با ماسه که گاهی به ۵۰ تا ۶۰ لیتر بر مترمکعب ماسه می رسد و قابل ملاحظه است و بایستی در زمان بتن ریزی مورد توجه قرار بگیرد.
- سنگدانه های مصنوعی که از گرد حاصل از سوزانیدن زباله ها و یا سرباره کوره های ذوب آهن و غیره بدست می آید و حاوی مقادیری فلزات و دیگر مواد سخت می باشند می توان برای ساخت بتن های غیرباربر استفاده نمود. امروزه بیش از ۴۰ درصد بتن های مصرفی در کارگاه باربر نیستند و با استفاده از این روش می توان کمک شایانی به حفظ محیط زیست نمود.

افزودنی ها

معمولاً به جای استفاده از یک سیمان بخصوص، این امکان وجود دارد که بعضی از خواص سیمانهای معمولی مورد استفاده را به وسیله ترکیب کردن ان با یک افزودنی تغییر داد. قابل توجه اینکه نباید عبارات "مواد ترکیبی" و "مواد افزودنی" با معانی مترادف به کار روند، زیرا مواد ترکیبی موادی هستند که در مرحله تولید به سیمان اضافه می‌شوند در حالی که مواد افزودنی در مرحله مخلوط کردن به بتن اضافه می‌شوند.

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

میزان مصرف

حد اکثر میزان مصرف مواد افزودنی ۵ درصد وزنی سیمان است . استفاده از کلرید کلسیم فقط در بتن بدون فولاد مجاز است و حداکثر مقدار مصرف آن ۲ درصد وزنی سیمان است . در هر حال مواد افزودنی نباید بیشتر از مقداری که تولید کننده مشخص کرده است مصرف شوند.

انواع مواد افزودنی

مواد افزودنی اگر فقط بر روی یکی از خواص بتن (تازه یا سخت شده) تاثیر بگذارند مواد افزودنی تک منظوره، و در غیر این صورت مواد افزودنی چند منظوره نامیده می شوند. مواد افزودنی چند منظوره دارای یک عملکرد اصلی و یک یا چند عملکرد جنبی هستند که بسته به مورد مصرف ممکن است عملکرد اصلی آنها تغییر کند مواد افزودنی مورد نظر در اینجا ، مواد افزودنی شیمیایی هستند که به صورت صنعتی و شیمیایی تولید میشوند.

افزودنی های شیمیایی اساساً عبارتند از: تقلیل دهنده‌های آب، کندگیر کننده ها و تسریع کننده‌های گیرش. در ضمن افزودنی های دیگری نیز وجود دارند که هدف اصلی از کاربرد آنها محافظت بتن از اثرات زیان آور یخ زدگی و ذوب یخ است.

الف : انواع مواد افزودنی تک منظوره

۱ .ماده افزودنی کندگیر کننده : افزودنی هایی هستند که زمان گیرش بتن را به تاخیر می اندازند. این مواد در هوای خیلی گرم که زمان گیرش معمولی بتن کوتاه می‌شود و همچنین برای جلوگیری از ایجاد ترک های ناشی از گیرش در بتن ریزی های متوالی مفید می‌باشند. به عنوان چند نمونه از کندگیر کننده‌ها می‌توان از مشتقات هیدروکربنی، نمک های محلول روی نام برد

نکته : زمان گیرش بتن، یعنی زمان لازم برای آغاز تغییر حالت مخلوط بتن از خمیری به جامد

۲ . ماده افزودنی تندگیر کننده : ماده ای است که زمان گیرش بتن، یعنی زمان لازم برای شروع تغییر حالت مخلوط بتن از خمیری به جامد را کاهش میدهد.

۳ .ماده افزودنی زود سخت کننده یا تسریع کننده زمان سخت شدگی: ماده ای است که بدون تاثیر بر روی زمان گیرش، روند کسب مقاومت بتن را تسریع میکنند یعنی مقاومت اولیه بتن را بالا می‌برند. چند نمونه از تسریع کننده‌ها عبارتند از: کربنات سدیم، کلرورآلومینیوم، کربنات پتاسیم، فلوئورور سدیم، آلومینات سدیم، نمک های آهن و کلرور کلسیم.

۴ .ماده افزودنی حباب هواساز: ماده ای است که موجب ایجاد حباب های ریز و یکنواخت هوا در داخل بتن تازه می شود، به گونه ای که این حباب های هوا پس از سخت بتن نیز در آن باقی می مانند.

۵ .ماده افزودنی نگهدارنده آب: ماده ای است که موجب کاهش آب انداختگی بتن، و درنتیجه کاهش میزان از دست رفتن آب داخل بتن میشود.

۶ .ماده افزودنی کاهنده جذب آب: ماده ای است که میزان جذب مویینگی در بتن سخت شده را کاهش میدهد.

ب: انواع مواد افزودنی چند منظوره

۱. ماده افزودنی کاهنده آب / روان کننده : ماده ای است که یا بدون تغییر روانی، مقدار آب مخلوط بتن را کاهش می دهد ، یا بدون تغییر مقدار آب ، روانی بتن را افزایش می دهد، و یا هم موجب کاهش آب و هم افزایش روانی بتن میشود.

۲. ماده افزودنی کاهنده آب قوی /روان کننده قوی، یا فوق کاهنده آب / فوق روان کننده : ماده ای است که یا بدون تغییر روانی مقدار آب مخلوط بتن را به میزان زیادی کاهش می دهد، یا بدون تغییر مقدار آب، روانی بتن را به میزان زیاد افزایش می دهند، روانی بتن به طور همزمان می شود.

۳. ماده کندگیر کننده / کاهنده آب / روان کننده : این ماده موجب افزایش زمان گیرش، کاهش مقدار آب، و افزایش روانی بتن به طور همزمان می شود . معمولاً بسته به مورد مصرف، کاهش مقدار آب یا افزایش روانی، عملکرد اصلی این ماده است و دو خاصیت دیگر عملکرد ثانویه آن می باشند.

۴. ماده افزودنی تندگیر کننده /کاهنده آب / روان کننده : ماده ای است که موجب کاهش زمان گیرش، کاهش مقدار آب،و افزایش روانی بتن به طور همزان می شود . معمولاً بسته به مورد مصرف، کاهش مقدار آب یا افزایش روانی، عملکرد اصلی و دو خاصیت دیگر عملکرد جنبی این ماده می باشند.

۵. ماده افزودنی کندگیر کننده / کاهنده آب قوی / روان کننده قوی، یا کند گیر کننده / فوق کاهنده آب / فوق روان کننده : ماده ای است که موجب افزایش زمان گیرش، کاهش زیاد مقدار آب، و افزایش زیاد روانی بتن به طور همزمان می شود . معمولاً بسته به مورد مصرف، کاهش زیاد مقدار آب یا افزایش زیاد روانی عملکرد اصلی، و دو خاصیت دیگر عملکرد جنبی این ماده می باشند

نکته : تقلیل دهنده‌های آب (روان کننده ها) : این افزودنی ها به سه منظور به کار می‌روند:

۱-رسیدن به مقاومتی بالاتر به وسیله کاهش نسبت آب به سیمان

۲-رسیدن به کارایی مشخص با کاهش مقدار سیمان مصرفی و نتیجتاً کاهش حرارت هیدراتاسیون در توده بتن.

۳-سادگی بتن ریزی به وسیله افزایش کارایی در قالبهایی با آرماتور انبوه و موقعیت های غیرقابل دسترسی

فوق روان کننده‌ها: افزودنی هایی نیز هستند که در ضمن تقلیل شدید آب باعث مقداری تاخیر در گیرش نیز می‌شوند. دو نمونه از روان کننده‌های قوی : ملامین فرمالدئید سولفاته شده تغلیظ شده و یا نفتالین فرمالدئید سولفاته شده تغلیظ شده می‌باشند. اساسا استفاده از اسیدهای سولفاته شده باعث تسریع عمل پراکنش می‌شود. چون در سطح ذرات سیمان جذب شده و به آنها بار منفی می‌دهند واین باعث دفع ذرات از یکدیگر می‌شود. این فرایند کارایی را در یک نسبت آب به سیمان مشخص افزایش می‌دهد

مواد جایگزین سیمان

مواد جایگزین سیمان شامل پوزولان ها و مواد شبه سیمانی می شوند .این مواد به منظور تامین یک یا چند خاصیت زیر، بسته به مورد، به کار میروند:

- *کاهش مصرف سیمان*
- *کاهش سرعت و میزان حرارت آبگیری*
- *افزایش مقاومت بتن*
- *افزایش پایایی بتن از طریق کاهش نفوذپذیری آن*

پایایی بتن

پایایی یا دوام بتن ساخته شده از سیمان پرتلند به توانایی بتن برای مقابله با عوامل جوی، حملات شیمیایی، سایش، فرسایش و هرگونه فرآیند منجر به اضمحلال و تخریب اطلاق می شود. بتن پایا در شرایط محیطی مورد نظر، شکل، حداقل کیفیت اولیه و قابلیت بهره برداری مورد نظر از ساز ه های بتنی را حفظ میکند.

انواع آسیب دیدگی های بتن

۱ - آسیب دیدگی بر اثر دوره های یخ زدن و آب شدن : آسیب دیدگی براثر دوره های یخ زدن و آب شدن در بتن به صورت ترک خوردگی و فروپاشی آن مشخص می شود . علت این آسیب دیدگی انبساط پیشرونده خمیر سیمان سخت شده بر اثر دوره های یخ زدگی و آب شدن مکرر است.

۲ - حمله سولفاتی : به علت نفوذ یون سولفات موجود در آب یا خاک مجاور بتن، موادی منبسط شونده در بتن ایجاد می شوند که با گذشت زمان باعث فروپاشی سطح بتن شده و خرابی به مرور به صورت پیشرونده به داخل بتن گسترش می یابد. به همین دلیل میزان یون سولفات موجود در آب و یا خاک باید بررسی شود.

۳ - واکنش قلیایی سنگدانه ها: در برخی از حالات سنگدانه هایی از نوع خاص با اکسیدهای قلیایی سیمان واکنش داده و این واکنش ها با انبساط بتن همراه است . در اثر این انبساط و در حضور رطوبت، بتن تحت تنش های داخلی قرار گرفته و ترک می خورد .این نوع آسیب دیدگی در تمامی جسم بتن ایجاد شده و به عکس آسیب دیدگی های دیگر که از سطح خارجی شروع می شوند از درون باعث تخریب می شود. به همین دلیل سنگدانه های مشکوک به توانایی واکنش زایی مانند اوپال، کلسدونی، بعضی از اشکال کوارتز، کریستوبالیت، تریدیمت و شیشه های سلیسی باید مورد بررسی قرار گرفته و در صورت فعال بودن آنها از سیمانی با قلیایی معادل کمتر از ۰/۶ درصد واکنش قلیایی-سلیسی و ۰/۴ برای واکنشهای قلیایی -کربناتی استفاده شود.

۴ - خوردگی فولاد مدفون در بتن :اگر بنا به دلایلی لایه محافظ خوردگی بتن در روی میلگردهای مدفون در آن از بین روند با حضور اکسیژن و آب، خوردگی در فولاد به صورت پیشرونده ادامه یافته و با افزایش حجم محصولات زنگ آهن در اطراف میلگردها، تنش های داخلی دربتن موجب ترک خوردن و ورآمدن آن می شود. علل آغاز خوردگی نفوذ یون کلرید و یا گاز دی اکسیدکربن به داخل بتن میباشد.

۵ - سایش و فرسایش : در اثر عبور وسایط نقلیه و یا حرکت آب از روی سطح بتن، آسیب دیدگی به صورت جداشدن ذراتی از سطح بتن آغاز شده و در نهایت به از دست رفتن قسمتی از بتن منجر می شود . با افزایش مقاومت فشاری بتن می توان مقاومت سایشی و فرسایشی آن را افزایش داد.

ضوابط ویژه برای افزایش پایایی در شرایط محیطی مختلف

کاهش نفوذ پذیری بتن: برای افزایش پایایی بتن باید نفوذ پذیری آن را با رعایت موارد زیر تقلیل داد:

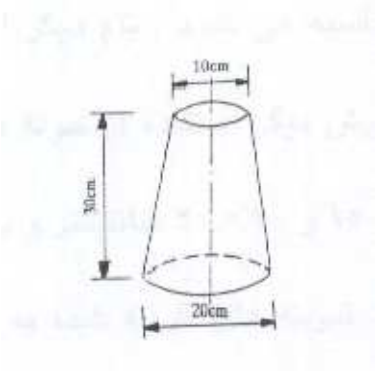
- *استفاده از سیمان مناسب*
- *بهینه سازی عیار سیمان*
- *انتخاب صحیح و مناسب نسب تهای اختلاط بتن*
- *استفاده از افزودنی های شیمیایی مانند روان کنند ه ها، مواد حباب هواساز و...*
- *کاهش و محدود نمودن نسبت آب به مواد سیمانی (سیمان و پوزولان و مواد شبه سیمانی)*
- *تامین حداکثر تراکم با وسایل و روش های مناسب*
- *عمل آوری دقیق و کافی با روشهای مناسب*

نکته : استفاده از مواد حباب ساز: بتنی که احتمال دارد در معرض یخ زدن و آب شدن یا تحت اثر مواد شیمیایی یخ زدا قرار گیرد باید با مواد افزودنی حباب ساز ساخته شود . مقدار درصد حباب هوا در بتن تازه باید طبق یکی از استانداردهای معتبر بین المللی اندازه گیری شده باشد.

کارایی

درجه سهولت ریختن و کارکردن با بتن . هرچه ریختن بتن تازه و کارکردن با آن ساده تر باشد بتن کاراتر بوده و هر چه کارکردن با بتن سخت تر باشد کارایی بتن کمتر خواهد بود .

آزمایش استاندارد تعیین درجه کارایی آزمایش اسلامپ میباشد. برای آزمایش از یک مخروط ناقص به ارتفاع ۳۰ سانتیمتر استفاده میشود. بتن تازه را در سه لایه در مخروط جای میدهند با میله هر سه لایه را ویبره میکنند سپس سطح آنرا صاف کرده و مخروط را به آرامی به سمت بالا میکشند . بتن پس از بیرون آمدن از قالب مخروطی مقداری افت میکند میزان این افت برحسب میلیمتر را درجه اسلامپ گویند . مقدار اسلامپ برحسب نوع کار (مکانی که بتن ریزی در آن صورت میگیرد) تعیین میشود.



نکته : بتن تازه بتنی است که تازه ساخته شده و دارای خاصیت روانی یا پلاستیسیته است و مهمترین مساله در آن کارایی است .

مقاومت فشاری مشخصه بتن

مقاومت فشاری مشخصه بتن مقاومتی است که حداکثر ۵ درصد تمامی مقاومت های اندازه گیری شده برای رده بتن مورد نظر ممکن است کمتر از آن باشد .

رده بندی بتن

رده بندی بتن براساس مقاومت مشخصه آن به ترتیب زیر است:

C۵۰ C۴۵ C۴۰ C۳۵ C۲۵ C۲۰ C۱۶ C۱۲ C۱۰ C۸ C۶

اعداد بعد از C بیانگر مقاومت فشاری مشخصه بتن برحسب مگاپاسکال میباشند

نکته : فقط بتنهای رده C۲۰ و بالاتر را می توان در بتن آرمه به کار برد . برای بتن های C۱۲ و پایین تر میتوان نسبت های اختلاط را براساس تجارب قبلی و بدون مطالعه آزمایشگاهی تعیین کرد.

آزمونه ها :

تمامی ضوابط مربوط به مقاومت فشاری مشخصه بتن براساس آزمایش آزمونه های استوانه ای به ابعاد ۱۵۰×۳۰۰ میلیمتر استوار است .در صورت استفاده از آزمونه های مکعبی باید مقاومت آنها به مقاومت نظیر آزمونه های استوانه ای تبدیل شود. برای تبدیل مقاومت نمونه های غیر استاندارد میتوان به ترتیب ذیل عمل نمود:

الف : مقاومت نظیر نمونه های استوانه ای به ابعاد غیر استاندارد نسبت به استوانه استاندارد از رابطه زیر بدست می آید.

$$\text{مقاومت نظیر استوانه استاندارد} = \frac{\text{مقاومت نمونه استوانه‌ای به ابعاد } a \times 2a}{\phi_1}$$

که در آن Ø از جدول زیر بدست می آید :

مقادیر ϕ_1

a × ۲a	۱۰۰ × ۲۰۰	۱۵۰ × ۳۰۰	۲۰۰ × ۴۰۰	۲۵۰ × ۵۰۰	۳۰۰ × ۶۰۰
ϕ_1	۱/۰۲	۱/۰۰	۰/۹۷	۰/۹۵	۰/۹۱

ب: مقاومت نظیر نمونه های مکعبی به ابعاد مختلف نسبت به مکعب ۲۰۰ میلیمتری از رابطه زیر به دست میاید.

$$\text{مقاومت نظیر مکعب به ابعاد ۲۰۰ میلیمتر} = \frac{\text{مقاومت نمونه مکعبی به ابعاد b}}{\phi_2}$$

.

که در آن Ø از جدول زیر بدست میاید .

مقادیر ϕ_2

مکعبی b	۱۰۰	۱۵۰	۲۰۰	۲۵۰	۳۰۰
ϕ_2	۱/۰۵	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۹۵	۰/۹

ت: مقاومت نظیر نمونه های مکعبی ۲۰۰ میلیمتر نسبت به استوانه استاندارد از رابطه زیر به دست میآید:

$$\text{مقاومت نظیر استوانه استاندارد} = \frac{\text{مقاومت نمونه مکعبی به ابعاد ۲۰۰ میلیمتر}}{\phi}$$

که در آن Ø برحسب محدوده مقاومت فشاری نمونه مکعبی ۲۰۰ میلیمتری از جدول زیر بدست میآید:

مقادیر ϕ

مقاومت فشاری نمونه مکعبی (MPa)	≤ ۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵
ϕ	۱/۳۵	۱/۲۰	۱/۱۷	۱/۱۴	۱/۱۳	۱/۱۱	۱/۱۰
مقاومت فشاری نمونه استوانه‌ای (MPa)	با توجه به ضریب	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰

نکات مهم :

- *مقاومت فشاری مشخصه بتن براساس آزمایش های ۲۸ روزه تعیین می شود*
- *آزمایش های مقاومت کششی بتن نباید مبنای پذیرش بتن در کارگاه باشد.*

خستگی :

چناچه قطعه ای تحت اثر بارهای متناوب که هریک از آنها از مقاومت فشاری استاتیکی کمتر باشد قرار گیرد ، گسیخته میشود که آنرا اصطلاحاً گسیختگی ناشی از خستگی گویند . یک مشخصه مهم رفتار بتن در برابر خستگی این است که برای تعداد مشخصی سیکل بارگذاری ، گسیختگی ناشی از خستگی در نسبت ثابتی از مقدار مقاومت نهایی رخ میدهد که این نسبت مستقل از مقدار مقاومت ، سن بتن و سایر عوامل موثر در مقاومت است . بنابراین مقاومت خستگی را میتوان تنها بوسیله یک پارامتر مشخص نمود .

خزش :

خزش یا وارفتگی عبارتست از افزایش تدریجی تغییر شکل یک ماده که تحت اثر بار ثابت قرار دارد. با گذشت زمان خزش با سرعت کاهش یابنده ای ادامه میابد و سرانجام پس از ۲ تا ۵ سال متوقف میشود . برای بتن های معمولی که پس از ۲۸ روز بارگذاری میشوند ۱۵ تا ۳۵ ٪ خزش نهایی در دوهفته اول ، ۴۰ تا ۷۰ ٪ خزش نهایی در سه ماه اول و ۶۵ تا ۸۵ ٪ خزش نهایی در یکسال اول اتفاق میافتد .خزش تابع عوامل متعددی است که مهمترین آنها عبارتند از : جنس و مقدار مصالح سنگی ، سن بتن در زمان اعمال بار ، شدت تنش وارده ، مقاومت بتن ، رطوبت و دمای محیط .

هر قدر نسبت دانه های سنگی به سیمان بیشتر باشد مقدار خزش کمتر خواهد بود . تاخیر در بارگذاری و افزایش مقاومت بتن خزش را در بتن کاهش میدهد . با افزایش رطوبت محیط خزش کمتر خواهد شد .

افت :

افت یا انقباض عبارتست از تغییرات حجم بتن که مستقل از تنشهای وارده و تغییر درجه حرارت صورت میگیرد. بطور کلی افت ناشی از دو عامل است :

۱- از دست دادن آب در اثر خشک شدن (افت خشک شدگی) که از تبخیر آب بتن حاصل شده و شدیداً تحت تاثیر مساحت سطح ملات سیمانی بتن است
۲- تغییرات حجم ناشی از کربناسیون (افت کربناسیونی) ناشی از ترکیب اسید کربنیک با مواد هیدراته و رسوب گذاری کربنات کلسیم حاصله در فضاهای خالی بتن است.

هرچه رطوبت محیط بیشتر باشد افت کاهش میابد . افت بتن پس از چند سال به مقدار نهایی رسیده و کاهش میابد .افت یک پدیده قابل برگشت است و در صورت قرارگیری بتن در محیط مرطوب با گذشت زمان افزایش حجم (تورم) صورت میگیرد.

عوامل مهم در افت علاوه بر رطوبت عبارتند از جنس و مقدار مصالح و مقدار مصرفی در بتن . بطوریکه هر چه مدول الاستیسیته مصالح سنگی بیشتر باشد افت کمتر است بطوریکه افت بتن ساخته شده با گرانیت نصف و بتن ساخته شده با کوارتز یک سوم بتن ساخته شده با ماسه سنگ است .

افت پدیده ای مضر بوده که در صورت عدم کنترل با عث ایجاد ترک خوردگی های زیان آور در سازه خواهد شد .

اختلاط بتن و بتن ریزی

نیروی انسانی:

تهیه، کاربرد ، اجرا و کنترل کارهای بتنی باید به افراد صاحب صلاحیتی واگذار شود که از تجربه و دانش کافی برخوردار بوده و دارای پروانه مهارت فنی و یا گواهی لازم از مراجع ذیصلاح باشند.

تجهیزات و وسایل :

الف -تمامی وسایلی که برای مخلوط کردن و انتقال بتن به کار میرود باید تمیز باشند.

ب -پیمانه کردن مصالح تشکیل دهنده بتن باید تا حد امکان به طریق وزنی انجام گیرد.

پ -رواداری توزین هر یک از اجزای تشکیل دهنده بتن ۳± درصد است.

ت -برای توزیع یکنواخت افزودنی های شیمیایی در حجم بتن باید ضمن استفاده از تجهیزات مناسب، دقت های لازم بکارگرفته شده و دستورالعمل کارخانه سازنده رعایت شود.

ث- رطوبت مصالح سنگی بویژه ماسه قبل از ورود به دستگاه بتن ساز با توجه به کارایی و نسبت آب به سیمان بایدکنترل شده و نتایج آن در محاسبه میزان آب اختلاط منظور گردد.

آماده سازی محل بتن ریزی

الف -تمامی مواد زاید از جمله یخ باید از محلهای مورد بتن ریزی زدوده شوند.

ب - قالب ها باید به نحوی مناسب تمیز و اندود شوند.

پ - مصالح بنایی که در تماس با بتن خواهند بود باید به خوبی خیس شوند.

ت -تمامی میلگردها قبل از بتن ریزی باید کاملاً تمیز شده و عاری از پوششهای آلاینده باشند.

ث- قبل از ریختن بتن، باید آب اضافه را از محل بتن ریزی خارج شود، مگر آنکه استفاده از قیف و لوله مخصوص بتن ریزی در آب (ترمی) مورد نظر باشد و یا دستگاه نظارت آن را مجاز بداند.

ج- قبل از ریختن بتن جدید روی بتن سخت شده قبلی باید لایه ضعیف احتمالی سطح بتن و هر نوع ماده زاید دیگر زدوده شود.

نکات مهم در اختلاط بتن

- بتن باید طوری مخلوط شود که تمامی مواد تشکیل دهنده آن به صورت همگن در مخلوط پخش شوند.
- قبل ازپرکردن مجدد، باید مخلوط کن را بطور کامل تخلیه کرد.
- مخلوط کن باید با سرعت توصیه شده از طرف کارخانه سازنده چرخانده شود
- ترتیب ورود مواد متشکله بتن به مخلوط کن باید متناسب با نوع مخلوط کن و نوع بتن باشد.
- عمل اختلاط باید حداقل تا ۱.۵ دقیقه، پس از ریختن تمامی مواد تشکیل دهنده به داخل مخلوط کن ادامه یابد.
- باز آمیختن با آب پس از اتمام اختلاط، ضمن نقل و انتقال یا در محل بتن ریزی مجاز نمی باشد، مگر در موارد استثنایی و با کسب مجوز از دستگاه نظارت.
- اختلاط بتن با دست به هیچ وجه مجاز نیست بجز موارد استثنایی و کم اهمیت، با دستور دستگاه نظارت و برای بتن از رده پائین تر ازC۱۶ .

اختلاط با دست

رعایت نکات ریز توسط پیمانکار برای ساخت بتن با دست الزامی است:

الف -حداکثر حجم بتن برای هر بار ساخت با دست ۳۰۰ لیتر است.

ب -برای تهیه بتن ابتدا روی یک سطح صاف، تمیز و غیر قابل نفوذ شن به صورت یکنواخت ریخته، سپس روی آن ماسه یکنواخت پخش میشود، در هر حالت ضخامت دو قشر نبایستی از ۳۰ سانتیمتر تجاوز نماید.

پ -سیمان خشک به صورت یکنواخت روی مصالح سنگی پخش و سپس با وسایل مناسب بطور کامل مخلوط میشود.

ت -پس از اختلاط کامل مصالح، آب بتدریج به مخلوط اضافه و بطور یکنواخت مخلوط میشود تا بتن همگن بدست آید.

ث -چنانچه از پیمانه های حجمی استفاده شود باید وزن مصالح سنگی خشک قبلا به دقت اندازه گیری و پیمانه های حجمی بر این اساس ساخته شده باشد.

ج -بتن ساخته شده با دست باید حداکثر ۳۰ دقیقه پس از ساخت مصرف شود.

انتقال بتن

۱- انتقال بتن از مخلوط کن تا محل نهایی بتن ریزی باید چنان صورت گیرد که از جداشدن یا از بین رفتن مصالح جلوگیری شود.

وسایل انتقال بتن باید امکان رساندن بتن به پای کار را طوری تامین کنندکه مواد تشکیل دهنده جدا نشوند و حالت خمیری بتن بین بتن ریزی های متوالی از دست نرود. وسایل شامل :

- چرخ های دستی و دامپر: حمل بتن با انواع چرخهای دستی و دامپر فقط تحت شرایط زیر مجاز است.

حجم ساخت بتن از ۳۰۰ لیتر در هر نوبت تجاوز نکند ، ردهٔ بتن از$C16$ کمتر نباشد، فاصله حمل در چرخهای دستی حداکثر ۶۰ متر و در دامپر حداکثر ۱۲۰ متر باشد، وسایل مزبور دارای چرخهای لاستیکی باشد و مسیر حمل کاملاً صاف و افقی باشد.

- ناو ه شیب دار : ناوه شیب دار باید فلزی یا دارای روکش فلزی بوده، کاملاً آب بند باشد و شیب آن ثابت و به گونه ای اختیار شود که هنگام حمل عمل جدایی در اجزای بتن حادث نشود . در انتهای ناوه باید قیف قائم برای تخلیه بتن به قالب پیش بینی شود .
- تلمبه (پمپ) بتن : در انتقال بتن به وسیله پمپ ، حداکثر نسبت اندازه سنگدانه ها به کوچکترین قطر داخلی لوله انتقال بتن نباید از مقادیر زیر تجاوز کند:

۰/۳۳ برای سنگدانه های تیزگوشه

۰/۴۰ برای سنگدانه های کاملاً گردگوشه

- باکت یا جام : دریچهٔ تخلیه باکت باید در کف آن تعبیه شده باشد و جام باید دارای تعداد بازشو کافی باشد . اندازه دهانه بازشو نباید از طول باکت و ۵ برابر قطر بزرگترین دانه مصالح سنگی کمتر باشد . شیب جدار باکت در محل تخلیه آن نباید از ۶۰ درجه کمتر باشد . تخلیه بتن به داخل باکت باید به طور قائم و در مرکز آن باشد . چنانچه بتن داخل باکت، مستقیماً و یا از طریق ناوه شیبدار به داخل قالب تخلیه می شود، باید در انتهای نقطه تخلیه و در ارتفاع حداقل ۶۰ سانتمیتری، بتن توسط محفظه هدایت به محل نهایی ریخته شود.
- کامیون مخلوط کن

بتن ریزی

- بتن باید تا حد امکان تزدیک به محل نهایی خود ریخته شود تا از جدایی دانه ها در اثر جابجایی مجدد جلوگیری شود.
- روند بتن ریزی باید طوری باشد که بتن هنگام ریختن و جا دادن به حالت خمیری باقی بماند و بتواند به راحتی به فضاهای بین میلگردها راه یابد.
- بتنی که به حالت نیمه سخت درآمده یا به مواد زیان آور بیرونی آلوده شده نباید در بتن ریزی قطعات سازه ای به کار رود.
- بتن ریزی باید از آغاز تا پایان به صورت عملیاتی سریع و پیوسته در محدوده مرزها یا درزهای از پیش تعیین شده قطعات ادامه یابد .
- سطح بتن ریخته شده به صورت لایه های افقی باید تراز باشد
- استفاده از مواد حباب زا و ساخت بتن با حباب هوا برای بتن هایی که در معرض رطوبت و یخ زدن و آبشدنی های متوالی قرار می گیرند، الزامی است.
- در بتن ریزی حدامکان باید ارتفاع سقوط آزاد بتن را محدود نمود . این ارتفاع برای جلوگیری از جدا شدن دانه ها به ۰/۹۰ تا ۱.۲۰ متر محدود میشود.
- بتن باید در طول عملیات بتن ریزی با استفاده از وسایل مناسب متراکم شود ، بطوری که میلگردها و اقلام مدفون را بطور کامل دربرگیرد و قسمت های داخلی و بخصوص گوشه های قالب را به خوبی پر کند . بتن های خودتراکم رامی توان متراکم نکرد.
- ویبراتور در داخل بتن باید بطور منظم و فواصل مشخص به نحوی فرو برده شود که دو قسمت لرزانیده شده، با هم همپوشانی داشته باشند .قسمتی از ویبراتور باید در لایه زیرین که

هنوز حالت خمیری دارد، فرو رود. ویبراتور باید تا حد امکان به صورت قائم وارد بتن گردد و به آرامی بیرون کشیده شود تا حباب هوا در داخل بتن باقی نماند.

- متراکم کردن با دست را میتوان در کارهای کوچک و با اجازه دستگاه نظارت با استفاده از میله فولادی (تخماق) یا وسایل مشابه برای تراکم بتن استفاده نمود . میله باید به اندازه کافی وارد بتن شود تا بتواند به راحتی به انتهای قالب یا انتهای لایه مربوط به همان مرحله بتن ریزی برسد، ضخامت میله باید چنان انتخاب شود که به راحتی از بین میلگردها عبور نماید.

ماله کشی و پرداخت بتن

ماله کشی و پرداخت بتن عبارت است از زدودن بتن اضافی روی سطح بتن، از بین بردن نقاط پست و بلند سطحی و یا به شکل خاص در آوردن سطح بتن، از جمله روشهای مختلف ماله کشی و پرداخت بتن عبارتند از : شمشه کشی، تخته ماله، ماله کشی، استفاده از ماله دسته بلند، استفاده از شمشه دسته دار، جاروکشی، پرداخت.

انجام هر گونه عملیات پرداخت بر روی سطوح دالهای بتنی، مادام که آب ناشی از آب انداختگی وجود داشته باشد، ممنوع است . لیسه ای کردن سطحی که ماله کشی نشده است مجاز نیست . پاشیدن سیمان خشک بر روی سطوح خیس برای جذب آب اضافی می تواند موجب ترک خوردگی سطحی شود و مجاز نیست . جاروکشی و هر گونه روشی که موجب رفع لغزندگی سطوح می شود باید زمانی صورت گیرد که بتن کاملاً سخت نشده است ولی به اندازه کافی سخت شده باشد که بافت ایجاد شده را حفظ کند.

عمل آوری

عمل آوردن فرآیندی است که طی آن از افت رطوبت بتن جلوگیری و دمای بتن در حدی رضایت بخش حفظ می شود عمل آوردن بتن بر ویژگی های بتن سخت شده از قبیل میزان نفوذ پذیری و مقاومت در برابر یخ زدن و آب شدن اثری بسزا دارد. عمل آوردن باید بلافاصله پس از تراکم بتن آغاز شود تا بتن در برابر عوامل زیانبار مورد محافظت قرارگیرد . عمل آوردن بتن از مراقبت و محافظت، یا پروراندن تشکیل میشود.

- مراقبت به مجموعه تدابیری گفته می شود که باعث شود سیمان موجود در بتن به مدت کافی مرطوب بماند به طوری که حداکثر میزان آبگیری آن ، چه در لایه های سطحی دانه ها و چه در حجم آن میسر باشد.
- محافظت به مجموعه تدابیری اطلاق می شود که بموجب آنها از اثر نامطلوب عوامل بیرونی مانند شسته شدن به وسیله باران یا آب جاری بر اثر بادهای گرم و خشک، سرد شدن سریع یا یخبندان، لرزش و ضربه خوردن بتن جوان جلوگیری شود.
- منظور از پروراندن بتن سرعت بخشیدن به گرفتن و سخت شدن آن به کمک حرارت است .

روش های عمل آوردن

برای حفظ رطوبت بتن و نیز در صورت لزوم نگهداری آن در دمایی مساعد میتوان از یکی از روش های زیر استفاده کرد:

۱ - هر روشی که به تداوم حضور آب اختلاط در بتن در دوره سخت شدن اولیه منجر شود، مانند استفاده از آب پاشی یا پوششهای خیس اشباع شده.

۲- هر روشی که به وسیله آن از کاهش آب اختلاط از طریق پوشاندن یا اندود کردن سطح آن جلوگیری کند، مانند استفاده از نایلون، کاغذهای ضد آب یا کاربرد ترکیبات عمل آورنده غشایی.

۳ -هر روشی که به کمک آن کسب مقاومت بتن از طریق دادن گرما یا رطوبت تسریع شود، مانند استفاده ازبخار یا قالبهای گرم، مشروط بر آنکه بر ویژگیها و پایایی بتن اثر نامطلوب نداشته باشد.

مدت عمل آوردن

این مدت زمان به نوع سیمان، شرایط محیطی و دمای بتن بستگی دارد وطی آن، دمای هیچ قسمت ازسطح بتن نباید از ۵ درجه سیلیوس کمترشود.

بتن ریزی در هوای سرد

هوای سرد به وضعیتی اطلاق میگردد که برای سه روز متوالی شرایط زیر برقرار باشد:

- دمای متوسط هوا در شبانه روز کمتر از ۵ درجه سلسیوس باشد (دمای متوسط روزانه میانگین حداکثر و حداقل دمای هوا در فاصله زمانی نیمه شب تا نیمه روز است).
- دمای هوا برای بیشتر از نصف روز از ۱۰ درجه سلسیوس زیادتر نباشد.

تدابیر لازم برای بتن ریزی در هوای سرد :

- می توان از سیمان زودگیر (پرتلند نوع سه) به جای سیمان معمولی برای اطمینان از سرعت بیشتر کسب مقاومت بتن استفاده نمود.
- استفاده از سیمان روبار ه ای و سیمانهای آمیخته در بتن ریزی در هوای سرد توصیه نمیگردد.
- می توان از آب گرم برای رساندن بتن به دمای مطلوب استفاده نمود، در این حالت باید از تماس مستقیم آب گرم وسیمان جلوگیری شود و این موضوع در نحوه ریختن مصالح در مخلوط کن مراعات گردد.
- سنگدانه ها نباید آغشته به یخ و برف باشند .معمولاً ماسه از شن مرطوب تر و احتمال وجود یخ در آن بیشتر است بنابراین اغلب گرم کردن ماسه ضرورت پیدا میکند.
- نسبت آب به سیمان نباید از ۰/۵ بیشتر باشد .
- برای کاهش میزان آب قابل یخ زدن در بتن و همچنین کاهش میزان آب انداختن بتن تازه باید مقدار آب اختلاط حداقل ممکن باشد بنابراین برای تأمین کارایی لازم میتوان از مواد افزودنی خمیری کننده و روان کننده استفاده نمود.
- در صورتیکه از مواد افزودنی روان کننده استفاده نمیشود اسلامپ بتن نباید بیشتر از ۵۰ میلیمتر انتخاب گردد.
- عمل آوردن بتن تازه باید حداقل ۲۴ ساعت و تا رسیدن بتن به مقاومت ۵ مگاپاسکال ادامه یابد.برای عمل آوردن بتن تازه و محافظت آن یخ زدن میتوان از روشهای زیر استفاده نمود:

با استفاده از پوششهای عایق / استفاده از گرم کردن بتن و محیط اطراف

- بتن تازه باید در مقابل وزش باد، بویژه پس از برداشتن پوشش ها محافظت گردد . باید توجه داشت که از تبخیر زیاد آب و کربناتی شدن سطوح بتن در اثر احتراق مواد سوختی برای گرم کردن آن جلوگیری شود.

بتن ریزی در هوای گرم

هوای گرم هنگام بتن ریزی باعث پایین آمدن کیفیت بتن تازه وسخت شده می گردد . هوای گرم به دمای زیاد هوا همراه یا بدون باد و رطوبت کم اطلاق می شود . این عوامل باعث تبخیر سریع آب، افزایش سرعت آبگیری سیمان، کاهش کارایی بتن تازه و تسریع گیرش آن می شوند که می تواند موجب کاهش مقاومت نهایی بتن گردند. هوای گرم همچنین باعث ایجاد مشکلاتی در بتن ریزی و متراکم کردن آن تشدید جمع شدگی خمیری می شود و موجب ترک در بتن جوان میگردد .دمای بتن در هنگام بتن ریزی نباید بیش از ۳۲ درجه سلسیوس برای بتن معمولی و ۱۵ درجه سلسیوس برای بتن حجیم باشد .

تدابیر لازم برای بتن ریزی در هوای گرم :

- برنامه ریزی مناسب و دقیق برای زمانهای شروع مراحل ساخت بتن و بتن ریزی.
- تنظیم زمان بتن ریزی در هنگام خنک بودن هوا.
- بکار بردن سیمان های مناسب با حرارت زایی کم یا جایگزین کردن مقداری از سیمان با مواد پوزولانی یا استفاده از سیمان پرتلند پوزولانی یا روبار های و استفاده از طرح اختلاط مناسب به منظور احتراز از مصرف سیمان زیاد.
- عدم استفاده از سیمان با دمای بیش از ۷۵ درجه سلسیوس.
- پایین نگهداشتن دمای سیمان با نگهداری سیمان در سیلوهای عایق بندی شده و یا رنگ آمیزی شده به رنگ سفید.
- کاهش دمای سنگدانه ها با انبار کردن آنها در سایه یا آب پاشی یا دمیدن هوای سرد به آنها
- خنک کردن آب مصرفی و یا جایگزینی بخشی از آن با یخ خرد شده یا یخ پولکی.
- عایق کردن منابع و لوله های تأمین آب و یا رنگ آمیزی به رنگ سفید برای قسمت هایی که در برابر تابش مستقیم آفتاب قرار میگیرند.
- نگهداری ابزار و ماشین آلات تهیه و حمل مخلوط بتن در سایه و آب پاشی آنها.
- عایق کردن مخلوط کن ها یا پاشیدن آب سرد یا دمیدن هوای سرد به آنها یا رنگ آمیزی آنها به سفید.

- میلگردها، اجزای توکار و قالبهای با دمای بیش از ۵۰ درجه سلسیوس باید بلافاصله قبل از بتن ریزی آب پاشی شوند و آب اضافی کاملاً جمع آوری گردد.
- حفظ بتن از جریان باد و تابش آفتاب توسط بادشکن و سایبان.
- جلوگیری از تبخیر آب بتن با آبپاشی بتن و هوای مجاور آن.
- مدت عمل آوردن بتن از ۷ روز کمتر نباشد. ضمن آنکه روش آب پاشی برای عمل آوری بتن ترجیح داده می شود .در سطوح افقی میتوان از ترکیبات غشایی عمل آورنده مورد تأیید دستگاه نظارت استفاده نمود.

توضیحات: ----------

قسمت طرح اختلاط (حجمی و وزنی) بصورت جزوه دست نویس در اختیار دانشجویان قرار گرفته است . همچنین جزوه آزمایشگاه از دانشگاه علم وصنعت تهیه شده بود. درصورت استقبال و عنایت دانشجویان عزیز در آینده ای نزدیک این جزوه کاملتر و جامعتر ارائه خواهد شد. ---------- **سربلند باشید**