

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



آشنایی با فن آوری ساختمان های بتنی

سازمان نظام کاردانی ساختمان

مدرس: شهرام شیخ زاده

کارشناس اداره کل آموزش فنی و حرفه ای خوزستان

۱- فصل اول :آشنایی بتن واجزای تشکیل دهنده بتن

۲- فصل دوم : آشنایی با آزمایش های بتن ومواد تشکیل دهنده آن

۳- فصل سوم:آشنایی با طرح اختلاط بتن

۴- فصل چهارم :آشنایی با میل گردهای فولادی دربتن مسلح

۵- فصل پنجم:آشنایی بااعضای ساختمانهای بتنی

۶- فصل ششم:آشنایی با اجرای بتن

۷- آشنایی با فناوری های نودر ساختمانهای بتنی

1-فصل اول :آشنایی با بتن و اجزای تشکیل دهنده بتن

- ۱-۱- تعریف بتن
- ۱-۲- تاریخچه ی بتن
- ۱-۳- محاسن و معایب بتن
- ۱-۴- خواص بتن
- ۱-۵- سیمان
- ۱-۶- مصالح سنگی
- ۱-۷- آب
- ۱-۸- مواد افزودنی

تعریف بتن:

- «بتن» (Concrete)، ترکیبی از شن، ماسه یا سنگ‌های خردشده با دانه‌بندی‌های مختلف (سنگدانه‌های ریز و درشت) است که توسط یک خمیر سیمانی به یکدیگر متصل شده‌اند.
- البته با توجه به خواص مورد نیاز، امکان استفاده از افزودنی‌های شیمیایی مانند کندگیر کننده، روان کننده و غیره یا افزودنی‌های معدنی مانند خاکستر بادی، سرباره و غیره نیز وجود دارد. سخت شدن مخلوط بتن، نتیجه یک فرآیند شیمیایی بین آب و سیمان است.

«بتن سخت شده» (HARDENED CONCRETE) را می‌توان به عنوان یک سنگ مصنوعی در نظر گرفت که در آن، فضای بین ذرات بزرگ‌تر (سنگدانه‌های درشت) توسط ذرات کوچک‌تر (سنگدانه‌های ریز) و فضای بین سنگدانه‌های ریز توسط سیمان پر شده‌اند.

در یک مخلوط بتنی، مواد سیمانی و آب باعث تشکیل خمیری با عنوان «خمیر سیمان» (CEMENT PASTE) می‌شوند. وظیفه خمیر سیمان، پر کردن فضای خالی بین سنگدانه‌های ریز، پوشاندن سطح سنگدانه‌های ریز و درشت و پیوند بین تمام ذرات در حین فرآیند سخت شدن یا گیرش است.



تاریخچه: استفاده از بتن به چه زمانی باز می گردد؟

قدیمی ترین اثر از یک سازه بتنی، مربوط به **حدود ۷۰۰۰ سال** قبل از میلاد است. که در سال ۱۹۸۵ میلادی و طی یک عملیات راه سازی در فلسطین کشف شد. بررسی های صورت گرفته نشان می دهند که بلوک های سنگی مورد استفاده در ساخت **هرم بزرگ جیزه (۲۵۰۰ سال قبل از میلاد)**، توسط یک ماده سیمانی بهم متصل شده اند. حدود ۵۰۰ سال قبل از میلاد، هنر **ساخت ملات آهکی در یونان باستان** شکل گرفت. این نوع ملات به طور گسترده در ساخت قصرها و معابد یونانی به کار گرفته می شد. در حدود سال ۲۰۰ قبل از میلاد، رومی ها یک نوع خاص از خاکستر آتشفشانی استخراج شده از محدوده «پوتزولی» (POZZUOLI) واقع در کشور ایتالیا را با آهک مخلوط کردند و دریافتند که این ترکیب مقاومت بیشتری نسبت به مواد ساخته شده پیشین دارد. بعدها این ماده با نام «پوزولان» (POZZOLAN) شناخته شد. بسیاری از سازه های پوزولانی رومی ها، یونانی ها، هندیان و مصریان که هزاران سال پیش ساخته شده اند، اکنون قابل مشاهده هستند. همین موضوع، پایداری بسیار خوب سازه های بتنی و دلیل تداوم استفاده از آن در طی چند هزار سال گذشته تا امروز را نمایش می دهد.



نمای بیرونی «کولوسئوم» (COLOSSEUM) در شهر رم. ساخت این
سازه بتنی در سال ۸۰ میلادی به اتمام رسید. هم اکنون، بخش بزرگی از
کولوسئوم سالم باقی مانده است.

سوال: محاسن بتن چه می باشند؟

محاسن بتن

۱- فراوانی و در دسترس بودن مصالح: شن و ماسه و آب در اکثر مناطق به آسانی و و فور یافت می شود، به همین دلیل اغلب می توان بتن را با قیمت ارزان تهیه کرد و به کاربرد.

۲- فرم پذیری: بتن قبل از سخت شدن فرم پذیر است، از این رو می توان آن را در هر قالبی و به هر شکلی ریخت.

۳- مقاومت فشاری بالا: اگر در ساخت بتن از مصالح خوب و مناسب استفاده شود. همچنین آب به مقدار لازم (رعایت نسبت آب به سیمان) به کار رود و در طرح اختلاط و روش های اجرا دقت کافی به عمل آید، بتن، مقاومت فشاری بالایی خواهد داشت.

۴- عمر طولانی: در وضعیت بهره برداری مناسب، سازه های بتنی می توانند بدون آن که مقاومت و باربری اش کاهش یابد، مدتی نامحدود دوام داشته باشد (این امر ناشی از افزایش مقاومت بتن در طی گذشت زمان است).

۵- مقاومت در برابر آتش: بتن مقاومت بیشتری در برابر آتش نسبت به سایر مصالح دارد و می تواند درجه های حرارت بالا را تحمل کند. (در برابر آتش سوزی با درجه حرارتی معادل با ۱۰۰۰ درجه سانتی گراد حدود یک ساعت طول خواهد کشید تا فولادی که دارای پوشش بتنی است به دمای ۵۰۰ درجه سانتی گراد برسد).

سوال: معایب بتن چه می باشند؟

معایب بتن

۱- **مقاومت کششی بسیار کم:** مقاومت کششی بتن حدود یک دهم مقاومت فشاری آن است. این نقیصه با به کارگیری میلگردهای فولادی در سازه های بتنی مرتفع می گردد.

۲- **سنگین بودن:** به علت بزرگی ابعاد و جرم مخصوص بالای بتن، وزن سازه های بتنی در مقایسه با سازه های فولادی بسیار سنگین تر است. این عیب را می توان با استفاده از دیوارهای نازک اعضای توخالی، بتن پیش تنیده، بتن حاوی دانه های سبک و یا بتن با مقاومت بالا برطرف کرد.

۳- **قدرت انتقال صوت و قابلیت انتقال حرارت:** این نقایص را می توان با استفاده از عایق های صوتی تا حد زیادی کاهش داد.

خواص بتن:

در لحظات اولیه اختلاط ، بتن دارای **حالت خمیری است** و پس از انجام عملیاتی از قبیل ریختن آن در قالب ، متراکم کردن و نگهداری از آن با گذشت زمان ، خود را می گیرد و **سخت می شود و در نتیجه به شکل قالب خود در می آید.**

بنا بر این بتن دو دوره عمر ، شامل **حالت تازه و حالت سخت شده** ، دارد که باید در هر دوره انتظاراتی را که طراح سازه از آن دارد ، برآورده سازد .

الف) ویژگی های مطلوب بتن تازه:

- ۱-قابلیت حمل: بتن باید در عین روانی، به صورت خمیری نسبتا سفت باشد تا ضمن حمل و نقل، اجزای تشکیل دهنده ی آن از هم جدا نشده و در یک گوشه جمع نشوند.
- ۲-قابلیت ریختن: بتن را باید بتوان به سهولت، بدون این که انسجام آن به هم بخورد، در محل مورد نظر تخلیه کرد.
- ۳-قابلیت جا دادن: بتن را باید بتوان به راحتی در قالب جا داد به طوری که تمام گوشه ها وزوایای قالب ها و دور میلگردها را پرکند.
- ۴-قابلیت تراکم: باید بتوان تا حد امکان هوای محبوس در بتن را خارج کرد و آن را متراکم نمود.
- ۵-قابلیت پرداخت: سطح بتن تازه را باید بتوان به راحتی صاف نمود و یاروی آن نقش مورد نظر را ایجاد کرد.

ب) ویژگی های بتن سخت شده:

- 1- مقاومت در برابر نیروهای وارده.
- 2- دوام در مقابل عوامل محیطی اعم از عوامل فیزیکی و شیمیایی و به تعبیر دیگر حفظ شدن کیفیت و قابلیت بهره برداری آن در طی زمان.
- 3- مقاومت در مقابل حرارت زیاد و یابروندت زیاد.
- 4- ثبات حجم، یعنی عدم تغییر حجم به میزانی که باعث شود تنش های اضافی در آن ایجاد شود.
- 5- مقاومت در مقابل اثر تخریبی آب و فرسایش.
- 6- نفوذپذیری بسیار کم.

سیمان

سیمان پودری است که از سنگ آهک و خاک رس تولید می شود .

از مخلوط آن با مصالح سنگی دیگر خصوصا ماسه، شن و سنگ برای ساخت انواع ملات و بتن استفاده می گردد.

سیمان ماده‌ای چسبنده است که قابلیت چسبانیدن ذرات به یکدیگر و به وجود آوردن جسم یکپارچه و محکم از ذرات متشکله را دارا می‌باشد.

و از ترکیب مصالح آهکی، رس، و اکسیدهای معدنی در دمای ۱۴۰۰ تا ۱۵۰۰ درجه سانتی‌گراد ساخته می‌شود. به جسم حاصل، پس از حرارت دادن کلینکر گویند.

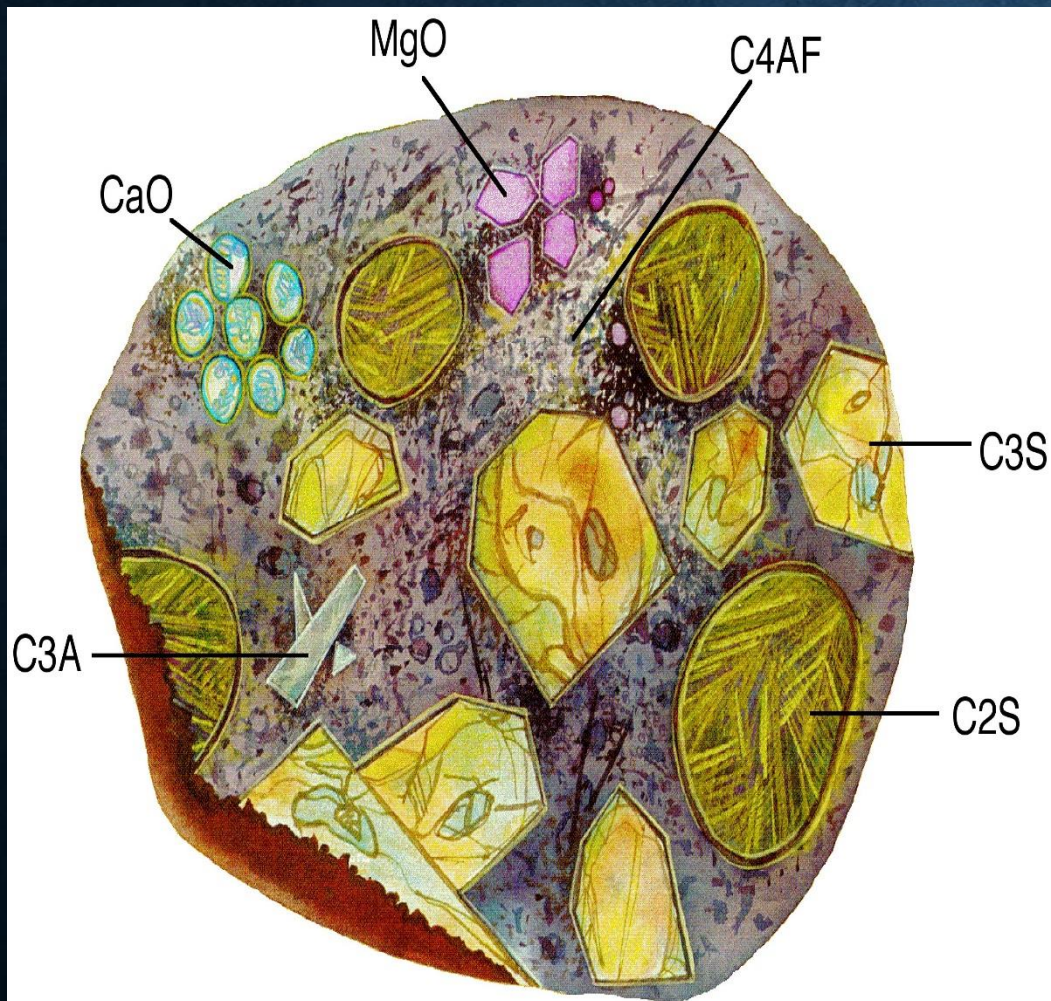
و از آسیاب کردن آن به همراه مقدار مناسبی سنگ گچ سیمان تیپ‌های مختلف بدست می‌آید و همچنین اضافه نمودن پوزولان به کلینکر و گچ سیمان پوزولانی حاصل می‌شود.

اندازه دانه‌های کلینکر ۲۰-۵ میلی‌متر و رنگ آن سبز تیره می‌باشد.

مقادیر تقریبی ترکیبات سیمان پرتلند:

جدول ۲- مقادیر تقریبی سیمان پرتلند

اکسید	مقدار (درصد)
CaO	۶۰-۶۷
SiO ₂	۱۷-۲۵
Al ₂ O ₃	۳-۸
Fe ₂ O ₃	۰/۵-۶/۰
MgO	۰/۱-۴/۰
قلیائی‌ها	۰/۲-۱/۳
SO ₃	۱-۳



ترکیبات اصلی سیمان پرتلند

جدول (۱) – ترکیبات اصلی سیمان پرتلند

نام ترکیب	اکسیدهای تشکیل دهنده	علامت اختصاری
سه کلسیم سیلیکات (الیت یا الایت)	$3CaO \cdot SiO_2$	C_3S
دو کلسیم سیلیکات (بلیت یا بلایت)	$2CaO \cdot SiO_2$	C_2S
سه کلسیم آلومینات	$3CaO \cdot Al_2O_3$	C_3A
چهار کلسیم آلومینوفریت	$4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$	C_4AF

ترکیبات فرعی :

این ترکیبات دارای مقادیر بسیار کم بوده و تنها برخی از خصوصیات سیمان را بهبود می دهند.

1 - **قلیایی های سیمان** : شامل اکسید سدیم و اکسید پتاسیم هستند. این ترکیبات حالت قلیایی بتن را افزایش می دهند و حدود 0.2 تا 1.5 درصد وزن سیمان هستند.

2 - **سنگ گچ** : به همراه کلینکر سیمان به میزان 2 تا 3 درصد برای تنظیم زمان گیرش سیمان و جلوگیری از واکنش و گیرش سریع و همچنین داشتن زمان کافی برای ساخت و حمل و نقل بتن ، اضافه می کنند. افزایش بیش از این مقدار موجب واکنش های انبساطی در بتن خواهد شد.

3 - **اکسید منزیم و آهک آزاد** : مقدار اکسید منزیم به حداکثر 3 درصد محدود می شود رنگ خاکستری مایل به سبز سیمان به دلیل وجود این ماده است مقادیر بیشتر این ماده موجب انبساط تاخیری در بتن و ترک خوردگی خواهد شد.

آشنایی با انواع سیمان و خصوصیات آنها

از مهم ترین انواع سیمان های هیدرولیک مصنوعی، سیمان **پرتلند** است.

سیمان پرتلند فرآورده ای است که از اختلاط سنگ آهک و خاک رس به نسبت وزنی حدود **۳ به ۱ تا ۴ به ۱** (بسته به ترکیب شیمیایی آن ها)، آسیاب کردن مخلوط به روش های تر یا خشک، همگن کردن مواد خام، پختن مواد در کوره تا مرز عرق کردن سطح دانه ها و چسبیدن آنها به یکدیگر به شکل جوش یا کلینکر، سرد کردن و آسیاب کردن کلینکر با کمی سنگ گچ به دست می آید.

انواع سیمان پرتلند در استاندارد ایران به پیروی از استاندارد آمریکایی **ASTM** به شرح زیر است :

۱-سیمان نوع ۱: سیمان پرتلند معمولی در کارهای معمولی و عمومی نظیر ساختن اسکلت های بتن آرمه، پل ها، قطعات پیش ساخته بتن آرمه، جدول خیابان ها، ملات ها، اندودها و پی ساختمان هایی که امکان حمله سولفات ها وجود ندارد مصرف می شود.

۲-سیمان نوع ۲: سیمان نوع ۲ یا سیمان اصلاح شده **در برابر حمله سولفات ها** از سیمان معمولی مقاوم تر است و در مواردی که آب زیرزمینی حاوی کمی سولفات است مصرف می شود. به علاوه چون گرمازایی این نوع سیمان هنگام آبگیری کمتر از سیمان معمولی است، در بتن ریزی های حجیم و بتن ریزی در هوای گرم نیز به مصرف می رسد.

۳-سیمان نوع ۳: سیمان نوع ۳ یا سیمان **خیلی زودگیر** را در مواقعی که بارگذاری باید مدتی کوتاه بعد از بتن ریزی صورت گیرد یا بخواهند **قالب ها را زودتر بردارند** یا به هنگام **بتن ریزی در هوای سرد** به مصرف می رسانند، مناسب برای قطعات **پیش تنیده**، دارای **مقاومت اولیه بتن بیشتر** از سایر سیمان ها.

۴- سیمان نوع ۴: سیمان نوع ۴ یا سیمان کم حرارت غالباً در بتن ریزی های حجیم به ویژه در فصول گرم به مصرف می رسد. مناسب برای درز یا اتصال سرد بتنی.

۵- سیمان نوع ۵: یکی دیگر از انواع سیمان ، سیمان نوع ۵ یا سیمان ضد سولفات است که برای مصرف در بخش هایی از ساختمان که شدیداً در معرض حمله سولفات ها باشد، مناسب است.



سیمان های ویژه

۱- سیمان پرتلند سفید: سیمان پرتلند سفید همانند سیمان پرتلند معمولی تهیه می شود با این تفاوت که در مواد اولیه آن اکسید آهن وجود ندارد، سیمان پرتلند سفید، از مواد ویژه ای که دارای آهن و منگنز خیلی کم است تولید می شود. کاربرد این سیمان در ساخت ساختمان هایی است که نمای آنها با رنگ سفید می باشد. معمولاً در ساخت این ساختمان ها با رنگ سفید و روشن، از سنگدانه های مخصوصی استفاده میشود. قیمت در سیمان های پرتلند سفید حدوداً دو برابر سیمان پرتلند معمولی میباشد. بنابراین در طول این مراحل کاری انتقال دادن، مخلوط کردن، باید در نهایت رعایت احتیاط صورت گیرد. تا از آلودگی ها جلوگیری شود و تمام تجهیزات و وسایل کاملاً تمیز باشند.

سیمان پرتلند سفید، از لحاظ خاصیت گیرشی و مقاوت مربوطه، شبیه به سیمان پرتلند معمولی می باشد و از لحاظ روش انبار کردن، مصرف سیمان پرتلند معمولی نسبت به سیمان پرتلند سفید تفاوت چندانی ندارند.

۲- سیمان پرتلند رنگی: سیمان رنگی (**Colored Cement**) نوعی سیمان سفید است که با استفاده از رنگدانه ها به رنگ های مختلف در می آید.

مواد رنگی متداول عبارتند از اکسید آهن برای رنگ های قرمز، زرد، قهوه ای و سیاه، اکسید منگنز برای رنگ های سیاه و قهوه ای، اکسید و هیدروکسید کرم برای رنگ سبز، آبی کبالت برای رنگ های آبی، اولترامارین برای رنگ سرمه ای، دوده برای رنگ سیاه، کهربای خام و سوخته برای رنگ قهوه ای و گل اخرا برای رنگ زرد.



استفاده از سیمان رنگی در کف سازی



رنگ های متنوع بتن

سیمان‌های آمیخته

دلیل ابتدایی توسعه سیمان‌های پرتلند آمیخته، صرفه‌جویی در قیمت و در نهایت کاهش کلینکر سیمانی مصرفی بوده است.

ولی در حال حاضر تولید این سیمان‌ها بیشتر بدلیل صرفه‌جویی در انرژی و ملاحظات زیست‌محیطی می‌باشد.

از جمله سیمان‌های پرتلند آمیخته می‌توان به سیمان پرتلند آهکی، سیمان پرتلند روباره آهن‌گذاری و سیمان پرتلند پوزولانی اشاره کرد.

سیمان پرتلند آهکی:

سیمان پرتلند آهکی مخلوطی است از حداقل ۸۰ درصد کلینکر سیمان پرتلند و حداکثر ۲۰ درصد سنگ آهک ویژه که از پودر کردن این دو ماده در آسیاب سیمان حاصل می‌گردد.

مواردی از دامنه کاربرد و ویژگی‌های سیمان پرتلند آهکی مانند استاندارد ۴۲۲۰ کاهش قیمت، کارایی مناسب، کاهش جداشدگی و آب انداختن، قابلیت پمپ کردن، نگهداری و حفظ آب بیشتر و نفوذپذیری کمتر نسبت به سیمان پرتلند معمولی ذکر شده است.

سیمان آمیخته روباره آهن گدازی:

این نوع سیمان را می توان در ساختمان های عمومی بکار برد و حاوی مخلوط کامل و یکنواخت روباره آهن گدازی آسیاب شده با سیمان پرتلند است. بدلیل قدرت نسبتاً زیاد سیمان پرتلند آهن گدازی در برابر حمله سولفات ها، اغلب از این سیمان برای سازه های دریایی استفاده می کنند.

در استاندارد ایران به شماره ۳۵۱۷ تولید سه نوع سیمان آمیخته روباره ای به نام های پرتلند سرباره ای ، پرتلند سرباره ای ضد سولفات و سیمان سرباره ای پیش بینی شده است که مقدار سرباره در آن ها به ترتیب کمتر از ۲۵ درصد، بین ۲۵ تا ۷۰ درصد و بیش از ۷۰ درصد است . نوع اول و دوم آن در ایران و معمولاً در کارخانه سیمان سپاهان تولید شده است.

سیمان‌های آمیخته پرتلند پوزولانی :

Portland Pozzolana Cement

سیمان پرتلند پوزولانی با خرد کردن و ترکیب سیمان کلینکر پرتلند و پوزولان‌های مصنوعی (خاکستر آتشفشانی، دوده سیلیس و مواد دیگر) با افزودن گچ یا سولفات کلسیم تولید می‌شود.

خاکستر آتشفشانی ماده‌ای بسیار ریز است که از بقایای الکتروشیمیایی یا مکانیکی از گازهای خروجی نیروگاه حرارتی ذغال سنگ ایجاد می‌شود. مهمترین خصیصه سیمان پوزولانی، مقاومت شیمیایی نسبتاً بالای آن است. به همین دلیل برای محیط‌ها با خطر حمله سولفات و کلر استفاده از این سیمان توصیه می‌شود. ناگفته نماند، در طرح اختلاط سیمان پوزولانی، نسبت آب به سیمان نباید به اندازه‌ای باشد که باعث افزایش کارایی بتن شود.

کاربردهای سیمان پوزولانی:

این نوع سیمان به دلیل داشتن گرمای هیدراتاسیون کمتر نسبت به سیمان نوع ۱ و ۲ برای مصارف عمومی مورد استفاده قرار می گیرد. همچنین کاربردهای بسیار دیگری همانند موارد نیز دارد:



- ۱-سازه های دریایی
- ۲-سازه های نزدیک به ساحل همانند اسکله های پل
- ۳-ساخت سد
- ۴-سازه های هیدرولیکی
- ۵-کارهای بتن ریزی گسترده و حجیم
- ۶-در شرایط بتن ریزی سخت
- ۷-در کارهای تزئینی و هنری به دلیل ایجاد سطح و نمای بهتر
- ۸-ملات سنگ تراشی و گچ کاری
- ۹-در شرایط آب و هوایی گرم
- ۱۰-در ساخت لوله های فاضلاب از پیش ساخته شده
- ۱۱-موقعیت هایی که در معرض شدید سولفات ها هستند.
- ۱۲-هر نوع کاربرد دیگری که در آن از سیمان پرتلند معمولی استفاده می شود.

سیمان پرتلند بنایی چیست؟

سیمان پرتلند بنایی یکی از مصالح ساختمانی می باشد که یکی از مصارف سیمان تهیه ملات و استفاده از آن در آجرکاری است. بدین منظور ملات مورد استفاده باید این خصوصیات را داشته باشد.

- ۱- باید آب خود را حفظ نماید. زیرا در حالت عادی، آجر در مجاورت ملات، آب ملات را جذب نموده و اصطلاحاً ملات را می سوزاند. چنین ملاتی به علت نبود آب کافی برای هیدراتاسیون سیمان، چسبندگی و مقاومت مناسبی ندارد.
- ۲- خشن نبوده، راحت پخش شود. ۳- ترک خوردگی در آن تا حد امکان کم بشود.

اترینگایت یا میکروب سیمان:

اترینگایت یا میکروب سیمان :

در صورت وجود مقدار اضافی C_3A در سیمان ، در محیط های سولفاتی در اثر ترکیب C_3A با نمک های سولفاتی ترکیبی بنام سولفو آلومینات کلسیم بوجود می آید که به آن میکروب سیمان گفته می شود ، که موجب انبساط بیش از حد بتن و تخریب آن می شود.

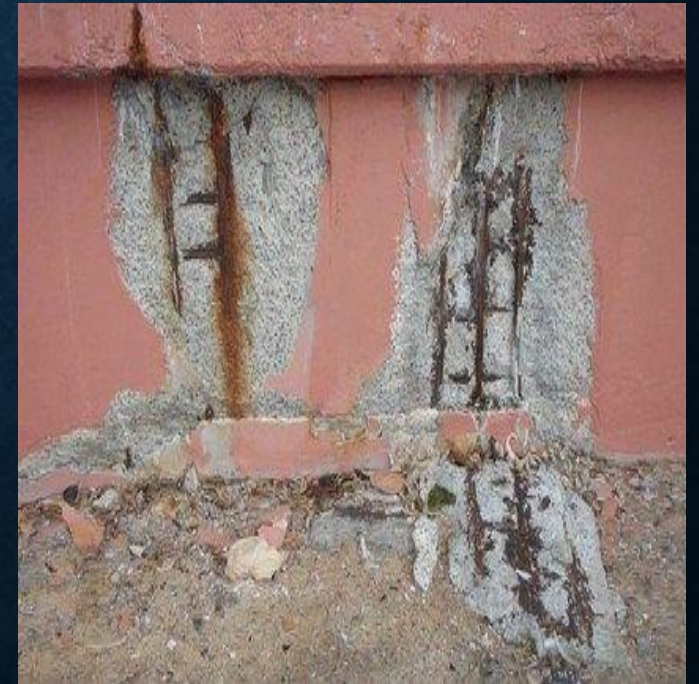
منظور از سرطان بتن چیست ؟

بتن به معنای واقعی یک موجود زنده است و از بدو تولدش تا انتهای عمرش که ممکن است بی نهایت باشد ، احتیاج به مراقبت و نگهداری دارد تا دچار افت ، فساد و بیماری نگردد. یکی از بیماری های مخربی که بتن ممکن است به آن دچار شود ، سرطان بتن می باشد. در این مطلب قصد داریم شما را با این بیماری آشنا کنیم :

-سرطان بتن واکنش بسیار مخربی است که باعث انبساط های شدید در سطح بتن می گردد.

این واکنش در بتن هایی که در معرض شرایط محیطی مرطوب قرار داشته و سنگدانه هایی که حاوی میزان معینی کانی اپال ، تری دسییت، کریستو بالیت، ریولیت، آندزیت، کلسدونی یا داسیتها باشد با مقدارقلیایی سیمان که مجموع Na_2O و K_2O آن از ۰.۶ درصد تجاوز کند صورت می گیرد ، که باعث انبساط های شدیدی در سطح بتن می گردد

ازدیاد حجم فولاد درون سازه ی بتونی بر اثر واکنش های شیمیایی / الکتروشیمیایی، سبب افزایش فشار درون بتن گردیده که در نهایت فرایند تخریب بتن را به همراه دارد. در این مقطع ترمیم بتن مطلقا امکان پذیر نبوده و یا انجام ان با هزینه های گزافی همراه است. شباهت این فرایند در بتون با بیماری مهلك سرطان عنوان سرطان بتن (**Concrete Cancer**) را مطرح نموده است.



ضوابط الزامی بسته بندی ، حمل و نقل سیمان های کیسه ای

انبار کردن سیمان

معمولاً سیمان به دو صورت فله‌ای و پاکتی از طرفکارخانه سازنده به کارگاه تحویل داده می‌شود.

سیمان فله‌ای : در این حالت، سیمان بدون بسته‌بندی توسط کامیون‌های مخصوص حمل سیمان که به بونکر موسوم است از کارخانه سیمان به کارگاه منتقل می‌گردد.

برای تخلیه سیمان از بونکر، از یک پمپ باد که بر روی بونکر نصب است، استفاده می‌شود. پس از توقف بونکر در نزدیک سیلو، لوله مخصوص تخلیه به لوله بارگیری سیلو متصل می‌گردد و سپس سیمان با فشار از طریق لوله بالای سیلو به درون آن می‌ریزد. سیلو، مخزن فلزی است که مقطع آن دایره است و قسمت پایین مخزن به شکل مخروط است.



برای انبار کردن سیمان فله‌ای موارد زیر توصیه می‌شوند :

۱- سطح داخلی سیلو باید کاملاً صاف باشد تا تخلیه ذرات سیمان به راحتی انجام گردد. شیب قسمت مخروطی سیلو باید حداقل ۵۰ درجه باشد. به مرور زمان ذرات سیمان به دیواره اطراف سیلو می‌چسبد که بهتر است هر چند وقت یکبار با فشار ملایم باد، سیلو را پاک و تمیز کرد.

چنانچه قسمت پایین سیلو مسطح و یا چهار طرف آن صاف باشد، سیمان بصورت مخلوط و یکنواخت خارج نمی‌شود.

۲- سیمان فله را باید در سیلوهای فلزی استاندارد انبار کرد. لازم است از انبار کردن سیمان فله‌ای در انبارهای غیر استاندارد و ساخته شده با مصالح بنایی خودداری نمود.

۳- انتهای قیف باید حدود ۱/۵ متر از زمین فاصله داشته باشد و قطر آن حدود ۲۰ سانتیمتر باشد.

۴- ارتفاع کل سیلو از سطح زمین باید به ۱۵ متر محدود شود تا بتوان با وسایل موجود آنرا پر نمود و فشار وارده بر سیمان‌های زیرین افزایش نیابد.

۵- در بالای سیلو باید یک هواکش کلاhek دار تعبیه شود تا هوای سیلو در هنگام بارگیری تخلیه گردد.

۶- حداقل ضخامت ورق فولادی سیلو در پایین ۵ میلیمتر بوده و می‌توان بتدریج آن را در بالا به ۳ میلیمتر کاهش داد.

۷- برای کنترل ارتفاع سیمان و هواکش، سیلو باید دارای نردبان فلزی باشد.

۸- توصیه می‌شود سیستم هوادهی برای ایجاد تلاطم در توده تحتانی سیمان جهت جلوگیری از کلوخه شدن زود هنگام آن به کار گرفته شود.

۹- سیمان‌های مختلف و حتی سیمان‌هایی که از یک نوع هستند و از دو کارخانه مختلف تهیه شده‌اند، نباید در یک سیلو نگهداری شوند و برای هر نوع سیمان باید سیلوی مجزا در نظر گرفته شود.

۱۰- توصیه می‌شود از انباشتن سیمان‌های داغ در سیلو خودداری شود، زیرا باعث کاهش کیفیت آن می‌گردد.

۱۱- در کارگاه‌هایی که امکان استفاده از سیلوهای فلزی وجود ندارد، در صورت رعایت کلیه موارد فنی و اجرایی می‌توان از سیلوهای دیگر استفاده نمود. در این گونه موارد توجه به نکات زیر الزامی است :

- ارتفاع کف سیلو باید از تراز زمین‌های مجاور خودبیشتر باشد، تا آب به داخل سیلو وارد نشود.
- کلیه سطوح داخلی سیلو باید در مقابل نفوذ رطوبت‌تعیق گردد.
- سیلو باید به گونه‌ای ساخته شود که امکان باقیمانده سیمان در گوشه و یا زوایای آن وجود نداشته باشد.
- دریچه‌های ورودی و خروجی سیمان باید به گونه‌ای طراحی شوند، که هنگام برداشت سیمان، همیشه ابتدا سیمان‌های قدیمی‌تر خارج گردند.
- در قسمت فوقانی سیلو باید یک دریچه کوچک محافظت شده برای خروج رطوبت و عدم تعریق تعبیه گردد

سیمان پاکتی (کیسه‌ای) :

سیمان پاکتی همان طور که از نامش پیداست، توسط کارخانه در پاکت با وزن معین بسته‌بندی و عرضه می‌شود. سیمان پرتلند نباید در تماس با رطوبت انبار گردد، بلکه باید به صورت خشک نگهداری شود تا از خرابی آن جلوگیری به عمل آید. سیمان پرتلند به رطوبت حساس است، اما اگر به صورت خشک نگهداری شود، برای مدت طولانی‌تر کیفیت خود را حفظ می‌کند. زمان گیرش سیمان پرتلند که در تماس با رطوبت انبار شود، نسبت به سیمانی که خشک نگهداری شود، طولانی‌تر بوده و مقاومت کمتری را نشان می‌دهد.

- ۱- 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 های سیمان در حمل و نقل پاره نشود.
- ۲- مشخصات پاکت کاغذی سیمان های کیسه ای می باید مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۴۵۴۳ باشد. استفاده از پاکت ها و کیسه های نفوذپذیر در برابر رطوبت مجاز نیست.
- ۳- بر روی کیسه های سیمان باید نوع سیمان پرتلند (۱ تا ۵) و تاریخ تولید سیمان درج شود. در سیمان های نوع یک باید مقاومت نیز قید گردد.
- ۴- وزن اسمی هر کیسه سیمان پرتلند ۵۰ کیلوگرم می باشد.
- ۵- برای هر محموله وارد شده به کارگاه ، مشخصات کارخانه و نوع سیمان و تاریخ تولید باید در برگ تحویل ثبت شده باشد.
- ۶- سیمان های پرتلند باید بر اساس نوع به صورت جداگانه در انبار نگهداری شوند ، به گونه ای که امکان اشتباه آنها با هم وجود نداشته باشد.
- ۷- سیمان های کیسه ای باید بر روی کف خشک که دست کم به اندازه ی ۱۰۰ میلیمتر از سطح اطراف خود بالاتر باشد قرار گیرد.
- ۸- شرایط انبار و ترتیب چیدن کیسه های سیمان باید به گونه ای باشد که کیسه ها ، به ترتیب ورود به انبار مصرف شوند.

۹ - در مناطق خشک ، حداکثر تعداد کیسه سیمان که می توان بر روی هم انبار کرد ۱۲ پاکت است ، مشروط بر اینکه ارتفاع کل آنها از ۱/۸ متر تجاوز نکند. اعداد فوق در مناطق شرجی و با رطوبت نسبی بیش از ۹۰ درصد به ترتیب ۸ پاکت و ۱/۲ متر است.

۱۰ - در مناطق خشک ، کیسه های سیمان باید نزدیک به یکدیگر ، با فاصله ی ۵۰ تا ۸۰ میلیمتر از یکدیگر قرار داده شوند تا عبور جریان هوا از بین کیسه ها موجب خشک شدن سیمان بشود. در مناطق شرجی با رطوبت نسبی بیش از ۹۰ درصد ، کیسه های سیمان باید به یکدیگر چسبانیده شوند.

۱۱ - کیسه های سیمان ، در همه ی مناطق باید حداقل ۳۰۰ میلیمتر از دیوار ها و ۶۰۰ میلیمتر از سقف فاصله داشته باشد.

۱۲ - در مناطق و در فصل هایی که احتمال بارندگی وجود دارد ، کیسه های سیمان یا باید در انبارهای سر پوشیده نگهداری شود و یا اینکه روی آنها با ورقه های پلاستیکی پوشیده شود و این ورقه ها به طور مطمئنی در اطراف پایدار و محکم شود.

۱۳ - سیمان های کیسه ای باید در مناطق با رطوبت نسبی بیش از ۹۰ درصد ۴۵ روز پس از تولید ، و در سایر مناطق ۹۰ روز پس از تولید مصرف شوند و اگر بنا به دلایل اجتناب ناپذیر این امر میسر نشد ، این سیمان ها قبل از مصرف باید حتما مورد آزمایش قرار گیرد.

۱۴ - سیمانی که به مدت زیاد انبار شود ممکن است به صورت کلوخه های فشرده در آید. اینگونه سیمان ها را باید با غلتانیدن پاکت ها بر روی کف اصلاح گردد تا به صورت پودر در آید. در صورتی که با یک بار غلتانیدن ، کلوخه به پودر تبدیل شود آن را می توان مصرف کرد و گرنه قبل از مصرف باید تحت آزمایش های مندرج در فصل دهم قرار گیرد.