

شناخت مصالح ساختمانی

علی خان نصر اصفهانی

منبع اصلی درس

مصالح ساختمانی

سام فروتنی

انتشارات روزنه



دانشکده معماری و شهرسازی

مصالح ساختمانی

مدرس:

علی خان نصر اصفهانی
دانشیار دانشگاه

بهمن ماه ۱۳۹۷

سیمان

کاربرد:

- ۱) ملات (mortar): برای آجر چینی و چسباندن کاشی و آندودن رویه
- ۲) بتن (concrete): برای تیر، ستون، بند آبی، تونل سازی
- ۳) دوغاب (grout): برای پر تاب کردن و ناتراوا کردن لایه ها (در سد)

روند تهیه سیمان

در تمام طول مراحل تهیه سیمان دو عمل بطور مداوم در نظر گرفته می شود:

- مخلوط کردن مواد با یکدیگر و تولید مخلوطی همگن
- نمونه گیری و ارسال نمونه ها به آزمایشگاه

مواد مورد نیاز برای تهیه سیمان

مواد پدید آورنده سیمان:

درصد تقریبی بکار رفته	فرمول شیمیایی	نام ماده
60 ~ 67%	CaO	آهک زنده
17 ~ 25%	SiO ₂	سیلیس
3 ~ 8%	Al ₂ O ₃	آلومین
0.5 ~ 6%	Fe ₂ O ₃	اکسید آهن
ناچیز	MgO - K ₂ O - Na ₂ O	مواد دیگر

مراحل مختلف پخت سیمان

تبخیر رطوبت	دما ۱۰۰ درجه سانتیگراد در پیش گرم کنها
خروج گاز کربنیک از کربنات منیزیم و تولید منو اکسید منیزیم	دمای ۳۰۰ درجه در ابتدای کوره
تبخیر آب تبلور خاک رس	دمای ۵۰۰ الی ۶۰۰ درجه سانتیگراد
خروج گاز دی اکسید کربن موجود در کربنات کلسیم و تولید منواکسید کلسیم	دمای ۸۰۰ درجه سانتیگراد
تولید مواد اولیه سیمان همچون منو کلسیم آلومینات، منو کلسیم سیلیکات، پنتاکلسیم آلومینات	دمای مابین ۸۰۰ الی ۹۵۰ درجه سانتیگراد
تولید دی کلسیم سیلیکات (1200°C) تولید تری کلسیم آلومینات (1300°C) تولید تری کلسیم سیلیکات (1450°C)	دمای مابین ۱۲۰۰ الی ۱۳۰۰ درجه سانتیگراد
تری کلسیم آلومینات، دی کلسیم سیلیکات، تری کلسیم سیلیکات، تتراکلسیم آلومینات فریت	نهایتاً در دمای ۱۴۵۰ درجه سانتیگراد چهار ترکیب اصلی سیمان تولید می گردد.

عناصر اصلی تشکیل دهنده سیمان

تری کلسیم آلومینات
دی کلسیم سیلیکات
تری کلسیم سیلیکات
تتراکلسیم آلومینات فریت

مواد تشکیل دهنده سیمان پس از پخت:

درصد تقریبی موجود در سیمان	نام صنعتی	فرمول شیمیایی	نام ماده
54%	C ₃ S	3CaO . SiO ₂	تری کلسیم سیلیکات
17%	C ₂ S	2CaO . SiO ₂	دی کلسیم سیلیکات
11%	C ₃ A	3CaO . Al ₂ O ₃	تری کلسیم آلومینات
9%	C ₄ AF	4CaO . Al ₂ O ₃ . Fe ₂ O ₃	تترا کلسیم آلومینات فریت

تولید کلینکر



کلینکر با کمک فعل و انفعالات شیمیایی در حرارت ۱۵۰۰ درجه سانتیگراد ایجاد می گردد.

مواد اولیه آسیاب شده تا سرحد ذوب شدن حرارت داده می شوند تا نهایتاً دانه ها به یکدیگر چسبیده و تولید دانه هایی با رنگ قهوه‌ای روشن به نام کلینکر کنند.

مدت زمان پخت بسته به شرایط مختلف بین ۳ الی ۵ ساعت به طول می انجامد

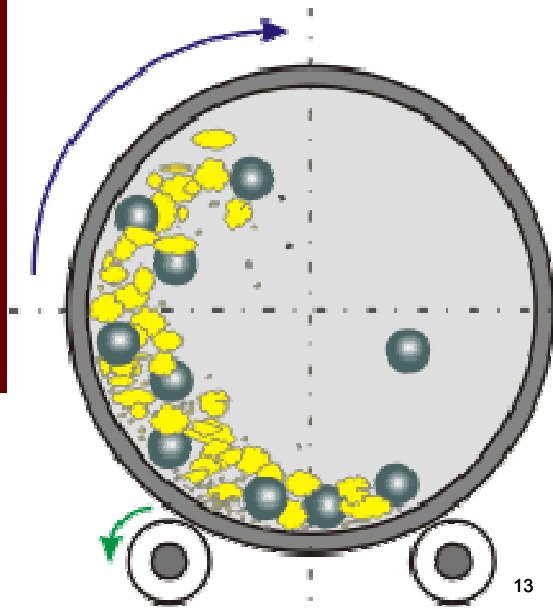
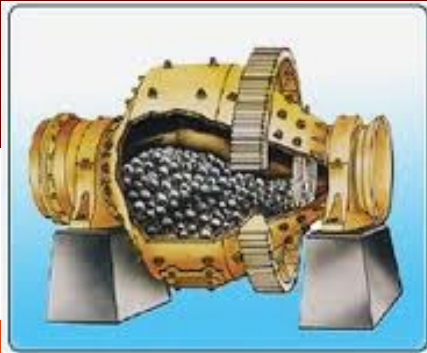
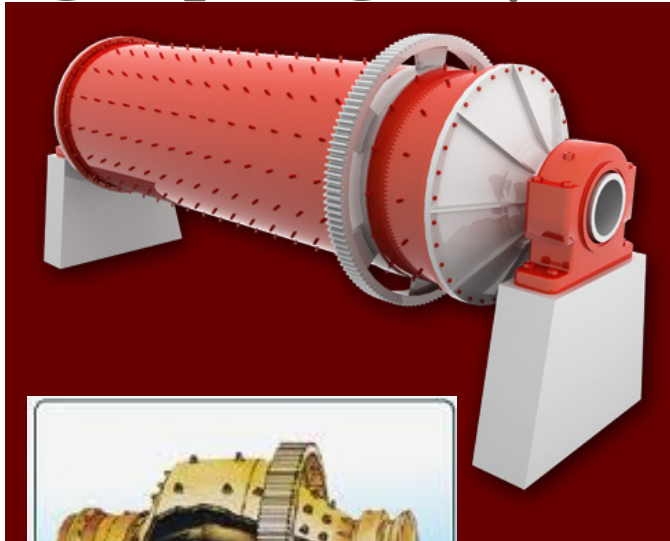
آسیاب کردن کلینکر

کلینکر پس از خروج از کوره سرد شده و پس از افزودن ۲ درصد سنگ گچ به کمک آسیابهای ساچمه ای خرد می گردد.

پس از آسیاب شدن سیمان پرتلند آماده بارگیری و بسته بندی می باشد.



آسیاب ساچمه ای یا گلوله ای



13

13

انواع سیمان تولیدی

- **سیمان تیپ ۱:** رایج ترین نوع سیمان که مقاومتی به مواجهه با سولفات ندارد.
- **سیمان تیپ ۲:** این نوع سیمان اندکی مقاوم به سولفات هست.
- **سیمان تیپ ۳:** این نوع سیمان به سیمان زود گیر نیز معروف است.
- **سیمان تیپ ۴:** کمترین حرارت هیدراسیون را در موقع سخت شدن تولید می کند.
- **سیمان تیپ ۵:** این نوع سیمان ضد سولفات بوده و در برابر حمله شدید سولفات مقاوم است.

انواع اختصاصی تر سیمان

- سیمان پرتلند ممتاز: (در تولید آن نهایت دقت به عمل می آید).
- سیمان زودگیر: (مقدار کلسیم سیلیکات در آن بالا است).
- سیمان ضد سولفات: (سیمان آهنی).
- سیمان هوازا: (به دلیل تولید حبابهایی که به هم متصل نیستند در برابر یخ زدگی مقاوم است).
- سیمان های رنگی: (همچون حذف و یا کاهش ترکیبات آهن دار).
- سیمان چاه کنی: (در صنعت نفت کاربرد دارد و در دمای بالا سخت می گردد).
- سیمان روباره: (این سیمان از ترکیبات روی سطح کوره های ذوب آهن تشکیل می گردد).
- سیمان پوزولان: (پوزولان یک ماده ای است که اگر خوب آسیاب گردد سیمان طبیعی است).
- سیمان انبساطی: (پس از خشک شدن یک درصد افزایش حجم می یابد).
- سیمان برقی: (این سیمان اکسید آلومینیوم زیاد و آهک کم دارد).

۱) سیمان گونه اول (معمولی):

❖ در بیشتر کارها کاربرد دارد.

❖ فراوان فرآوری می شود.

❖ نباید در خاک و آب سولفات دار و آب دریا بکار برده شود.

۲) سیمان گونه دوم:

در برابر سولفات، اندکی پایدار است و به هنگام خودگیری گرمای اندکی آزاد می‌کند و از این رو برای آب و هوای گرم مناسب است.

۳) سیمان گونه سوم (زودگیر):

- ❖ تاب سه روزه برابر تاب هفت روزه گونه اول است.
- ❖ خودگیری تند ← آزاد شدن گرما تند ← برای هوای سرد بهتر است.
- ❖ باز شدن زودتر قالب
- ❖ اگر به سیمان گونه سوم تا 2% وزنی CaCl_2 (ضد یخ) افزوده شود، زودگیرتر می شود.
- ❖ افزایش CaCl_2 خوردگی میلگرد ها را در پی خواهد داشت.
- ❖ اگر سیمان گونه سوم، به هنگام آسیاب کردن خیلی ریزتر شود (رویه ویژه $600 \text{ m}^2/\text{kg}$ زودگیرتر می شود.

۴) سیمان گونه چهارم (کم گرما):

- ❖ به هنگام خودگیری کمترین گرما را پدید می آورد و از این رو برای بتن های پرحجم بکار برده می شود.
- ❖ در سرزمین های گرم نیز کاربرد دارد.

۵) سیمان گونه پنجم (ضد سولفات):

- ❖ در آب و خاکهای پرسولفات کاربرد دارد.

۶) سیمان حباب زا (هوازا):

- ❖ سیمان های A1 - A2 - A3 همان سیمان های گونه یکم تا سوم هستند که مواد حباب زا به آن ها افزوده شده است.
- ❖ حباب های پدید آمده، ریز و ناپیوسته اند و هنگام با کارا کردن بتن، تاب آن را در برابر یخ زدن و آب شدن پی در پی و همچنین تاب آن را در برابر فشار تبلور سولفات (بلور زدن سولفات فشار تبلور بیشتری نسبت به آب دارد) می افزاید.

(۷) سیمان سفید:

- ❖ خاک رس چینی (کائولین) + آهک نرم و سره (خالص) و پختن با گاز و نفت به جای گرد زغال سنگ و همراهی کمتر MgO Fe_2O_3
- ❖ کاربرد: نما، کاشی (موزائیک)، فراهم کردن سیمان رنگی از آسیاب کلینکر سیمان سفید و اکسیدهای رنگی
- ❖ اکسید کرم ← سبز
- ❖ اکسید منگنز ← آبی
- ❖ اکسید کبالت ← قهوه ای

(۸) سیمان روباره:

- ❖ اگر 80% ~ 35 روباره کوره آهن گدازی به 20% ~ 65 ، کلینکر سیمان افزوده و آسیاب ، شود، سیمان ارزانی فراهم می‌گردد.
- ❖ گرمای خودگیری و آگیری آن کمتر است.
- ❖ در برابر خوردگی شیمیایی، پایدارتر می‌باشد.
- ❖ این سیمان دیرگیر است.
- ❖ بتن آن کارائی خوبی دارد .

(۹) سیمان سوپر سولفات:

- ❖ 85% ~ 80 روباره + 10% ~ 15 سولفات کلسیم بی‌آب + 5% کلینکر که تا رسیدن به نرمی 500 m^2/kg آسیاب می شوند.
- ❖ این سیمان در برابر سولفات فراوان و آب دریا پایداری بیشتری دارد.

(۱۰) سیمان آماس کننده (متنسیط شونده):

- ❖ این سیمان، وارون دیگر سیمان‌ها، به هنگام سخت شدن 1% افزایش حجم می‌یابد.
- ❖ درزه‌گیری
- ❖ چیرگی بر خزش بتن
- ❖ اندکی پیش تنیده کردن بتن

(۱) سیمان پوزولانی:

- ❖ پوزولان ماده سلیسی یا سلیسی آلومیناتی است، که به خودی خود چسباننده نیست ولی چنانکه گرد آن همراه سیمان بکار برده شود، چسباننده می‌گردد.
- ❖ پوزولان (تراس) ← ۱- خاکستر آتشفشانی (توف و تراس) ۲- خاکستر زغال سنگ ۳- خاکستر پوسته برنج ۴- برخی سنگهای رسی و رس پخته
- ❖ 20 ~ 40% پوزولان با 60 ~ 80% کلینکر آسیاب شود، سیمان پوزولانی پدید می‌آید.
- ❖ سیمان‌های پوزولانی دیر می‌گیرند و گرمای کمتری رها می‌کنند و دربرابر سولفات ها پایدارترند و اگر ماده پوزولانی آن‌ها ریزتر باشند، بتن آنها ناتراوانتر می‌گردد.

(۱۲) سیمان برقی (پر آلومین) سیمان آلومینا:

- ❖ 40% آلومین (Al_2O_3)
- ❖ کلینکر سختی دارد. (آسیاب کردن پر هزینه)
- ❖ پایدار در برابر سولفات
- ❖ بسیار زودگیر (80% تاب فشاری پس از 24 ساعت)
- ❖ نسوز
- ❖ کلینکر به جای دانه ← بتن بسیار پرتاب 100 kg/cm^2
- ❖ آمختن این سیمان با سیمان‌های دیگر، هر دو را بی ارزش می‌کند.
- ❖ برای هوای سرد و سرزمین‌های سردسیر

(۱۳) سیمان ضد نم:

- ❖ 0.1 ~ 0.4% وزن اسید اولئیک
- ❖ نگهداری آسان در انبار

(۱۴) سیمان ضد باکتری:

- ❖ آمیختن و آسیاب کردن عامل ضد باکتری با کلینکر
- ❖ برای گرمابه همگانی و استخر شنا

(۱۵) سیمان بنائی:

- ❖ برای ملات

خودگیری سیمان

□ خودگیری عبارت است از استحکام سیمان و تبلور و سخت شدن آن

□ عوامل موثر در خودگیری:

- ترکیبات شیمیایی: تغییر میزان مواد تشکیل دهنده موجب دگرگونی در سرعت خودگیری می شود.
- حرارت محیط: رابطه مستقیم دارد. حداقل دمای خودگیری ۲ درجه سانتیگراد است.
- مقدار پخت: سیمان نپخته دیرتر خودگیری می کند.
- مدت انبارش: رابطه معکوس دارد
- آب: وجود املاح گچی، خودگیری را کند می کند. به همین خاطر در تولید محصولات سیمانی از آب آشامیدنی بی بو و طعم و رنگ استفاده می شود.

بتن

آمیخته سنگدانه، سیمان و آب که با گذر زمان خود را گرفته و سخت و پرتاب می شود و یکبارچه می گردد.

ویژگی های بتن

- (۱) باربر و پرتاب، بویژه در فشار
- (۲) پایدار در برابر سایش، یخ زدگی، گرما، خوردگی، الکتریسیته
- (۳) شکل پذیر (در قالب)، ارزان، در دسترس
- (۴) سازگار با فولاد، فولاد در درون بتن زنگ نمی زند
- (۵) فولاد و بتن با افزایش دما به یک اندازه بزرگ می شوند

کاربرد بتن

- (۱) تیر، ستون، آسمانه، زمینہ، دیوار (جدا کتندہ، باربر، نگہدار)
- (۲) بند آب (سد)، آبرو (کانال و لولہ)، انبار آب
- (۳) راہ (رویہ، اساس و زیراساس)
- (۴) پیکرہ (مجسمہ)

روش های فراوری بتن

(۱) دستی: در این روش به آمیخته شن و ماسه و سیمان، آب زده می شود و با بیل زیر و رو می گردد تا یکنواخت گردد. این بتن کم ارزش و شل است و تنها برای کارهای کم ارج بکار می رود.



روش های فراوری بتن

(۲) ماشینی:

الف) روش حجمی: در این روش حجمهای حساب شده‌ای از شن و ماسه و سیمان به درون دیگ بتن ساز (mixer) که از پیش در درون آن بخشی از آب بتن ریخته شده است، ریخته می‌شود و هنگام با چرخش mixer مانده آب نیز افزوده می‌شود.

ب) روش وزنی: در این روش وزنهای حساب شده‌ای ... (برای کارهای بسیار ارج دار)



برخی گونه های بتن

بتن پاشیده شده (shotcrete):

- ۱- رومالی کاربرد:
- ۲- نگهداری گذرا از دیواره تونل ها
- ۳- نما
- ۴- همراه با تور و میلگردهای نازک هم می تواند بکار رود.
- ۵- پاشش تر و خشک
- ۶- ریز دانه ← کار برد سیمان بیشتر
- ۷- چندان پرتاب نیست.



برخی گونه های بتن

بتن هوادار (Air entrained concrete):



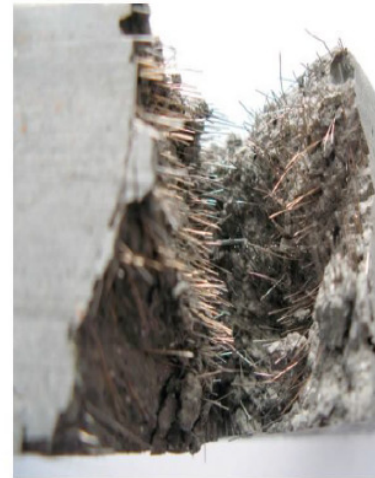
برخی گونه های بتن

بتن نمایان (نما) (Exposed concrete):



بتن پاکیزگی (مگر) کم مایه (Lean concrete):

بتن الیافی (fiber reinforced concrete):



بتن تگری (Gunite concrete):

بتن عبور دهنده نور

Litracon Light Transmitting Concrete

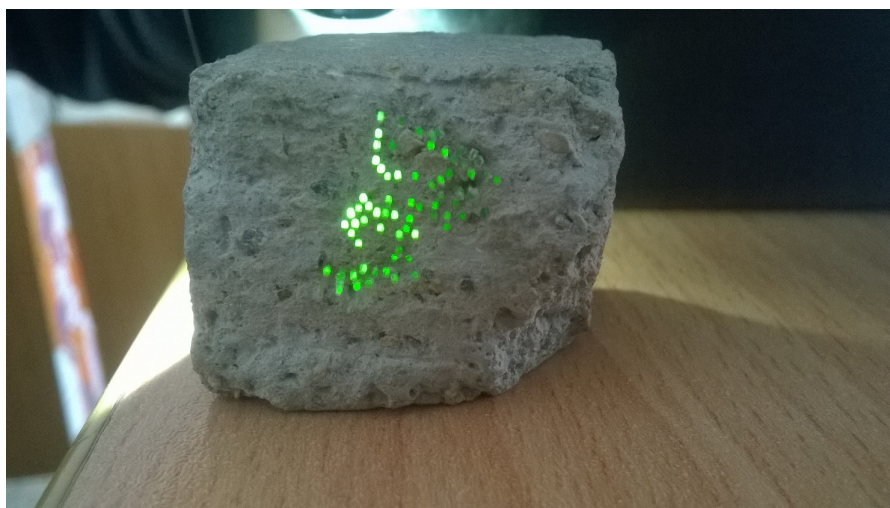


- این نوع بتن در سال ۲۰۱۰ توسط یک معمار مجارستانی تولید شد.
- این بتن از مخلوط فیبرهای نوری و بتن معمولی تولید می‌گردد.
- درصد فیبر نوری به کار رفته در بتن حدوداً ۴ درصد می‌باشد.
- از این بتن می‌توان همچون بتن عادی جهت تحمل بارهای زیاد استفاده کرد.
- توانایی تحمل بار توسط این بتن تفاوتی با بتن عادی ندارد.

بتن عبور دهنده نور

Litracon Light Transmitting Concrete

- این نوع بتن در سال ۲۰۱۰ توسط یک معمار مجارستانی تولید شد.
- این بتن از مخلوط فیبرهای نوری و بتن معمولی تولید می‌گردد.
- درصد فیبر نوری به کار رفته در بتن حدوداً ۴ درصد می‌باشد.
- از این بتن می‌توان همچون بتن عادی جهت تحمل بارهای زیاد استفاده کرد.
- توانایی تحمل بار توسط این بتن تفاوتی با بتن عادی ندارد.



این قطعه بتونی با کمک قرار دادن فیبرهای نوری در مابین بتن ساخته شد. به این سیستم انتقال نور «نور سرد» گفته می شود که می تواند در انبارهای مهمات و یا امکانی که مواد به شدت آتش زا و یا منفجره وجود دارد مورد استفاده قرار گیرد.

اجزاء یک کوره گردنده خفته



- کوره اصلی
- رینگ ها
- دنده کوره
- غلطک ها
- خنک کن ها

نکاتی در مورد سیمان:

- ❖ دانه‌های سیمان هر چه ریزتر ← سخت شدن زودتر ← دمای آنگیری بیشتر
- ❖ دانه‌های بزرگ‌تر از 0.025 mm پس از یک هفته به افزایش تاب فشاری کمک می‌کنند.
- ❖ نگهداری سیمان ریزدانه دشوار است ← نم می‌گیرد.
- ❖ سیمان ریزدانه، بتن را ناتراوا می‌کند.
- ❖ رویه ویژه: رویه ریزه‌های یک گرم یا یک کیلوگرم سیمان را می‌گویند.
- ❖ در سیمان‌های 1- 2- 3- 4- 5 رویه ویژه $2600 \text{ cm}^2/\text{gr}$ می‌باشد.
- ❖ رویه ویژه با بهره‌مندی از دستگاه Blaine، از روی زمان گذر حجم ثابتی از هوای با دما و فشار معین که از میان لایه ای از سیمان می‌گذرد، اندازه‌گیری می‌شود.
- ❖ خودگیری (Setting): خمیر سیمان پس از گذر زمانی، خود را می‌گیرد و می‌تواند فشار اندکی را برتابد، که به آن خودگیری گفته می‌شود.
- ❖ خودگیری آغازی بر سخت شدن ولی خود آن نیست.
- ❖ سخت و پرتاب شدن خمیر سیمان با گذر زمان و با آنگیری سیمان (هیدراتاسیون) به سرانجام می‌رسد.
- ❖ خودگیری تند، در قالب جای دادن بتن راه دشوار می‌کند.
- ❖ سیمان انبار شده، از هوا آب گرفته و اندک اندک کلوخه می‌شود. ← آجر و کاشی
- ❖ نباید بیشتر از 12 ~ 10 کیسه سیمان بر روی هم چیده شود. (کلوخه می‌شوند)
- ❖ کیسه‌های سیمان بایستی کمیته 10cm از زمین و دیوار انبار دور باشند.
- ❖ سیمان‌های کندگیر، در دراز مدت تاب فشاری کمتری ندارند. تنها دیرتر به تاب پایانی خود می‌رسند.
- ❖ تاب 90 روزه سیمان‌های گونه یکم تا پنجم، نزدیک به هم است.
- ❖ روباره کوره آهنگدازی دارای آهک، سیلیکات و آلومینات است و گونه‌ای کلینگر است.
- ❖ با پیشرفت آنگیری (Hydration) همه سیمان‌ها گرما آزاد می‌شود.

پایدار باشید