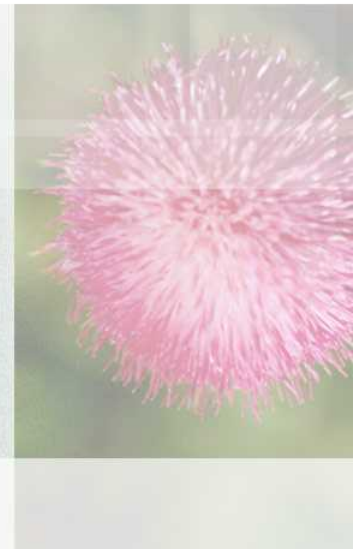




تولید سیمان بنایی رنگی اقدامی موثر در بهبود محیط زیست و بهینه سازی مصرف انرژی

مرکز تحقیقات سیمان تهران-مرکز تحقیقات مسکن

محمود رفیعی، طاهره رحیمی، فاطمه جعفر پور، فهیمه فیروزیار





فاز اول:

- امکان سنجی تولید
- بررسی انواع سیمان بنایی و ترکیبات آن
- تولید سیمان آزمایشگاهی در مقیاس آزمایشگاهی و انجام آزمایش های استاندارد
- هماهنگی تولید سیمان بنایی در مقیاس نیمه صنعتی

فاز دوم:

- تهیه استانداردهای و دستور العمل ها

فاز سوم:

- تولید سیمان بنایی رنگی در سیمان تهران



تعریف سیمان بنایی بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۳۵۱۶

سیمان بنایی چسباننده ای است آبی که در تهیه ملاتهای مختلف رایج در کارهای بنایی از آن استفاده می گردد.

این سیمان از آسیاب نمودن مخلوط کلینکر سیمان پرتلند و سنگ آهک طبیعی و یا مخلوط نمودن سیمان پرتلند و پودر نرم شده سنگ آهک یا پوزولان طبیعی و مصنوعی و یا سرباره آهن گذاری به نسبت های لازم با پودر هماتیت بدست می آید.

در این استاندارد دسته بندی برای سیمان بنایی ارائه نشده است



تعریف سیمان بنائی براساس ASTM C-91

سیمان بنایی چسباننده هیدرولیکی است که در کارهای بنایی و اندودکاری ساختمان مورد استفاده قرار می گیرد. این سیمان مخلوطی از سیمان پرتلند یا سیمان آمیخته و موادی نظیر سنگ آهک یا آهک هیدراته و سایر افزودنی های بهبود دهنده خواص سیمان مانند زمان گیرش، کارایی، آب نگه داری و دوام است.

سه نوع M,S,N



تعریف سیمان بنایی براساس BS EN 413-1

سیمان بنایی نوعی ماده چسباننده آبی بسیار ریزدانه است که بخش اصلی آن را کلینکر سیمان تشکیل می دهد. این نوع سیمان در ساخت ملات در آجرکاری و بلوک کاری و اندود کاری بیرونی و داخلی ساختمان مورد استفاده قرار می گیرد.

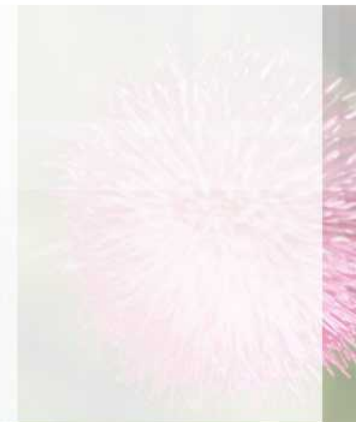
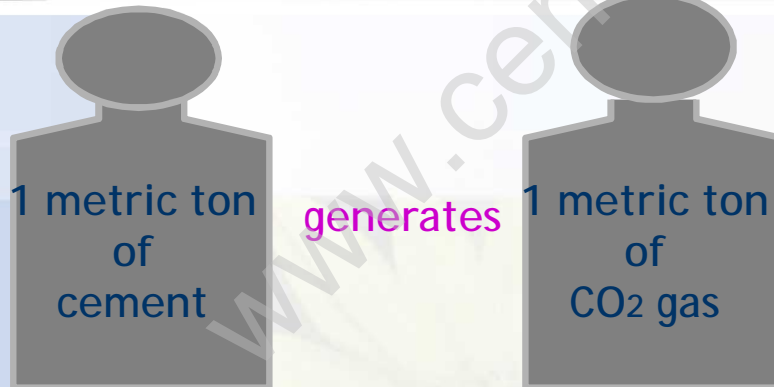




از نقطه نظر زیست محیطی

بخش سیمان یکی از مهمترین بخش های تولید کننده دی اکسید کربن می باشد که اثرات زیست محیطی مهمی را بر اکوسیستم دارد.

تقریباً بازای تولید هر تن کلینکر ۹۷٪ تن CO₂ تولید می شود.





بررسی آمارها نشان می دهد که حداقل ۱۵ درصد سیمان تولیدی کشور صرف کارهای بنایی می شود بنابراین چنانچه به عنوان نمونه از سیمان آمیخته ۳۰ درصد جایگزین، برای کارهای بنایی استفاده شود. سالانه در حدود ۱ / ۲ میلیون تن افزایش تولید سیمان از بابت تولید سیمان آمیخته ۳۰٪ برای کارهای بنایی عاید کشور می شود.

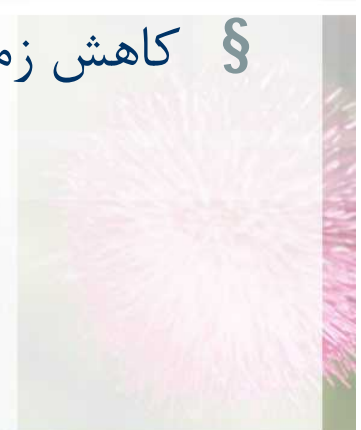
www.cementtechnology.ir





از نقطه نظر فنی

- § ایجاد چسبندگی مطلوب ملات سیمان بنایی با قطعات بنایی
- § کارایی بهتر ملات سیمان بنایی در مقایسه با ملات سیمانی
- § جمع شدگی کمتر ملات سیمان بنایی در مقایسه با ملات سیمانی
- § کاهش زمان گیرش





ویژگی های خاص سیمان بنایی عبارتند از:

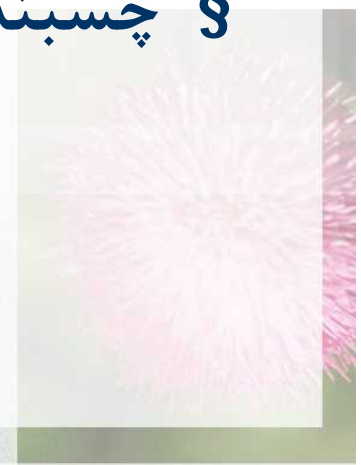
۱- کارایی

§ حفظ روانی در طول اجرا و پیوستگی مناسب قطعات بنایی

§ چسبیدن به سطوح عمودی شره نکردن در حین اجرا

§ چسبندگی مطلوب به قطعات بنایی

www.cementtechnology.ir

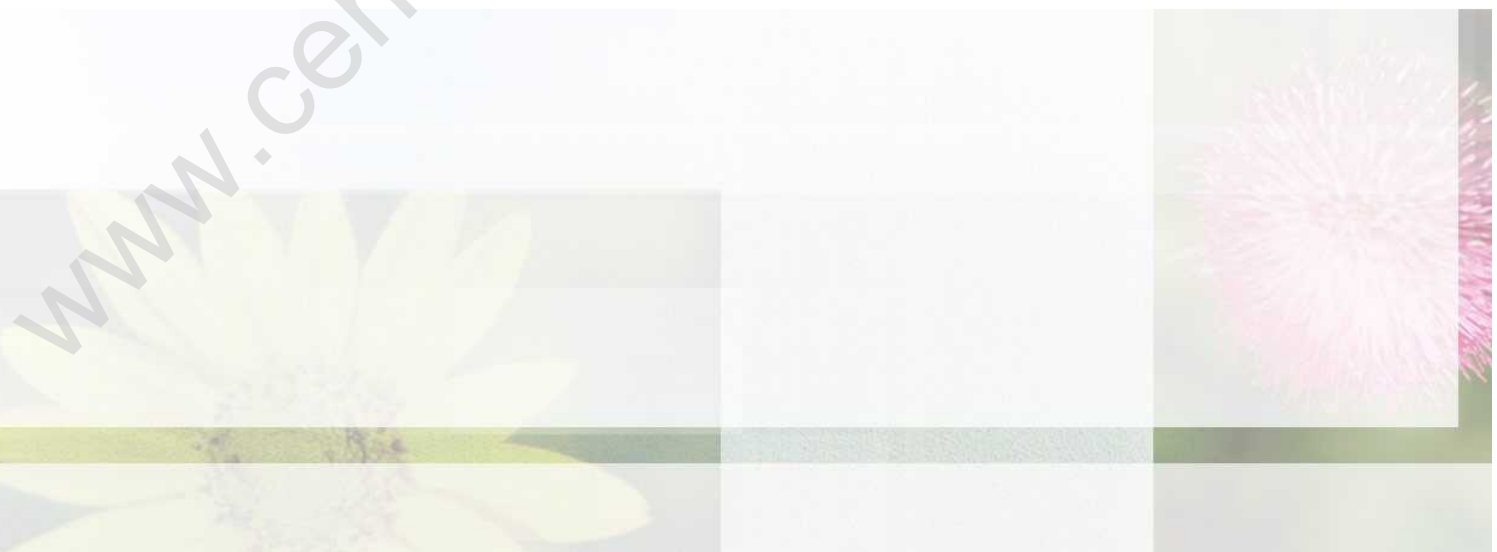




ویژگی های خاص سیمان بنایی عبارتند از:

۲- آب نگه داری

- § حفظ قوام ملات به لحاظ خاصیت آب نگه داری در طول اجرا
- § چسبندگی مطلوب قطعات بنایی به لحاظ آب نگه داری در طول اجرا





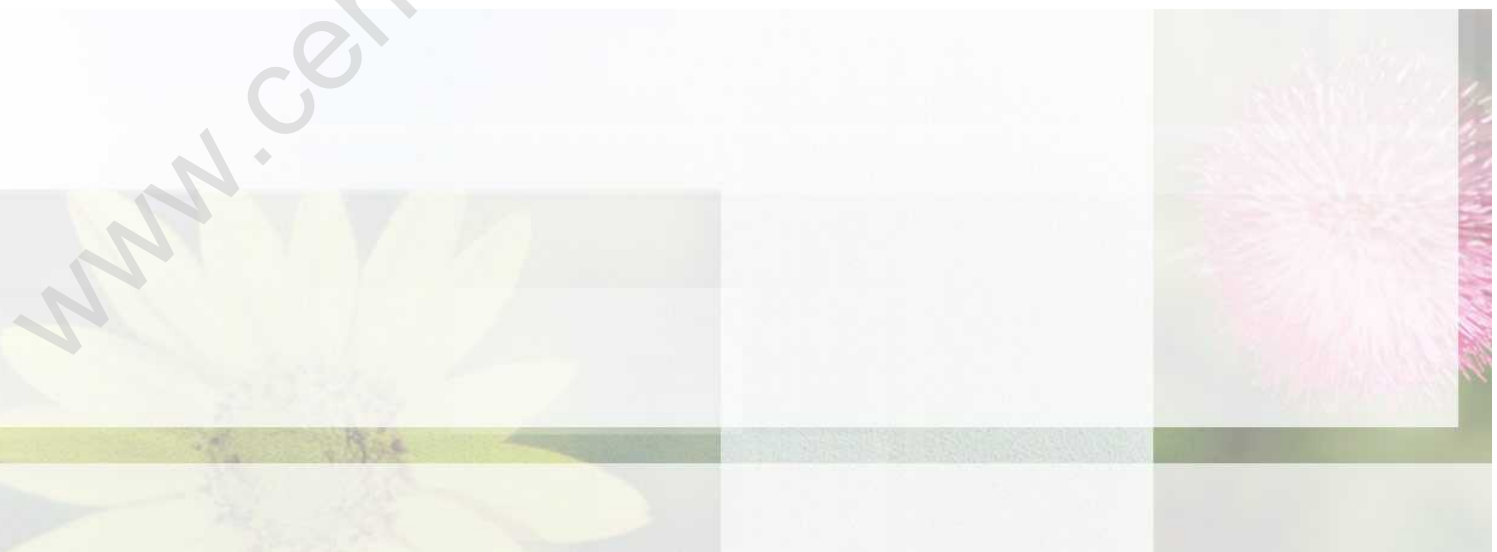
ویژگی های خاص سیمان بنایی عبارتند از:

۳- دوام

§ پایداری در برابر شرایط محیطی خورنده

§ پایداری در برابر چرخه های یخ زدگی

§ پایداری در برابر سولفاتها





مزایای کاربردی

- تهیه ملات بنایی با استفاده از سیمان پرتلند به علت برخی ضعف‌ها به ویژه چسبندگی کم و عدم وجود خوش کاری و خاصیت مطلوب باعث می‌شود مصرف کننده به ناچار مقدار قابل توجهی از سیمان پرتلند را با وجود عدم نیازهای مقاومتی مصرف کند. سیمان بنایی برخلاف سیمان پرتلند عمل می‌کند و با توجه به ترکیب و جنس سیمان بنایی ملات حاصل از این سیمان دارای چسبندگی خوب، خوش کاری و خاصیت خمیری مطلوب است و مانع از اتلاف سیمان می‌شود.



از نقطه نظر اقتصادی

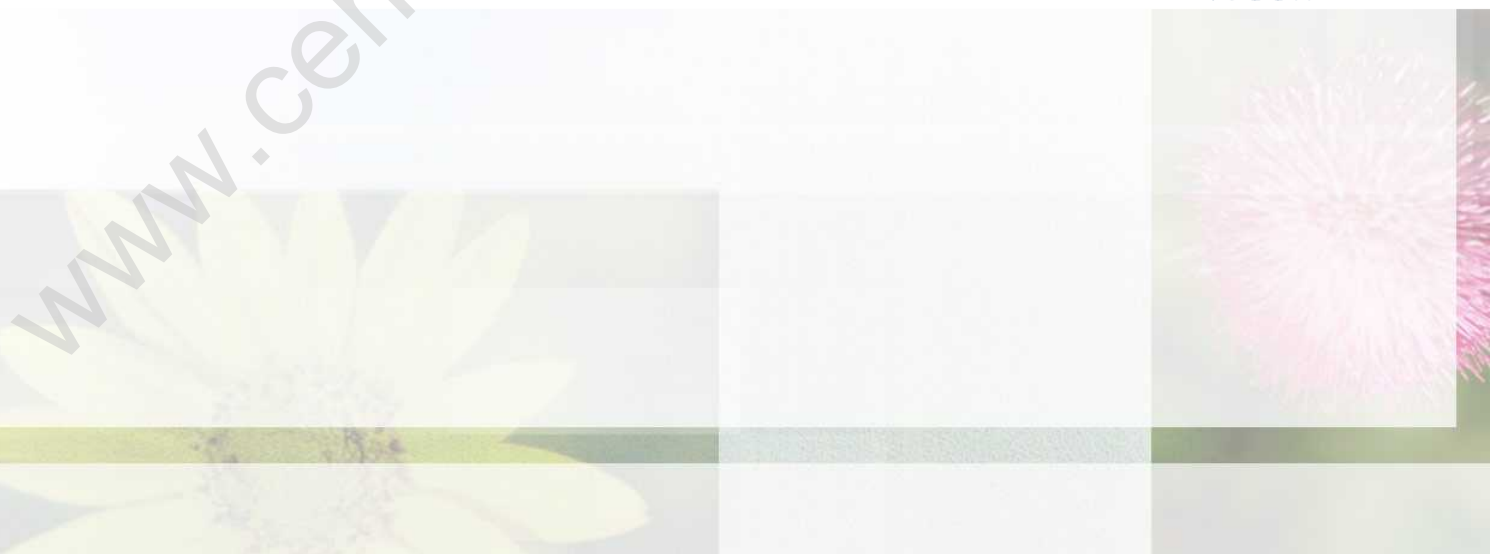
- تولید حجم بیشتری سیمان بنایی با یک حجم کلینکر ثابت، با استفاده از پرکنده ها
- ارزان تمام شدن این نوع سیمان به لحاظ ارزان تر بودن آسیاب مواد پوزولانی
- صرفه جویی در مصرف انرژی
- کاهش اصطکاک و در نتیجه استهلاک آسیاب

در تولید سیمان بنایی رنگی باید هزینه رنگدانه در نظر گرفته شود



ممنوعیت استفاده از سیمان بنایی در بتن ریزی

در صورتی که سیمان بنایی در بتن ریزی های سازه ای به کار رود، می تواند خسارت جبران ناپذیری را تحمیل کند و این مساله در همه آیین نامه های مربوط ممنوع شده است. برای جلوگیری از این امر لازم است سیمان های بنایی با رنگ نشان دار شوند تا در صورت استفاده در اجزای سازه ای به راحتی و با چشم قابل تشخیص باشند.





مقدار مواد متشکل سیمان بنایی در کشورهای صنعتی

مقدار مواد متشکل به درصد	مواد متشکل سیمان بنایی
۳۸ تا ۷۲	کلینکر
۱ تا ۸/۵	سنگ گچ
۲۴ تا ۵۷	سنگ آهکی
۰.۲٪ تا ۲۲	مواد اصلاح کننده
۰.۲٪ تا ۳/۰	مواد حباب هوا ساز



سیمان بنایی

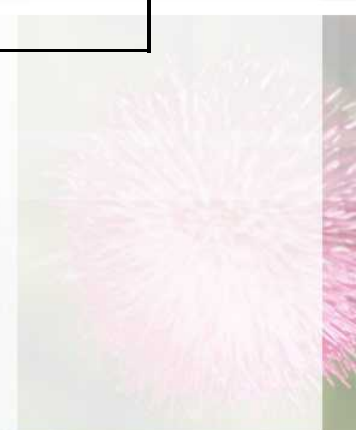
ترکیب	کلاس
متشکل از حداقل ۲۵ درصد کلینکر سیمان پرتلند	س-ب-۵
متشکل از حداقل ۴۰ درصد کلینکر سیمان پرتلند	س-ب-۵-۱۲/۵
متشکل از حداقل ۴۰ درصد کلینکر سیمان پرتلند بدون مواد حباب زا	س-ب-۵-۱۲
متشکل از حداقل ۴۰ درصد کلینکر سیمان پرتلند بدون مواد حباب زا	س-ب-۵-۲۲



آزمون اندازه گیری انبساط

آزمون اندازه گیری انبساط	
(الزامی) روش اتوکلاو	(اختیاری) روش لوشاتلیه
حداکثر- ۰/۱ درصد	حداکثر- ۱۰ میلی متر

www.cementtechnology.ir





قابلیت نگه داری آب بر حسب درصد وزنی

قابلیت نگه داری آب بر حسب درصد وزنی	هوای موجود بر حسب درصد حجمی	نوع
حداقل ۸۰	حداقل ۸ و حداکثر ۲۲	س-ب-۵-۵ س-ب-۵-۱۲/۵
حداقل ۷۵	حداکثر ۶	س-ب-۱۲-۵ س-ب-۲۲-۵



مقاومت فشاری

مقاومت فشاری ۲۸ روزه (استاندارد) مگاپاسکال		مقاومت فشاری ۷ روزه (اولیه) مگاپاسکال	نوع
حداکثر ۱۵*	حداقل ۵*	-	س-ب-ه-۵
حداکثر ۵/۳۲	حداقل ۵/۱۲	حداقل ۷	س-ب-ه-۵/۱۲
			س-ب-۵/۱۲
حداکثر ۵/۴۲	حداقل ۵/۲۲	حداقل ۱۰	س-ب-۵/۲۲



مقدار کلرید Cl

مقدار سولفات SO3

مقدار درصد جرمی	نوع سیمان بنایی	خواص
حداکثر ۰/۲	س-ب-ه-۵	
حداکثر ۰/۳	س-ب-۵/۱۲ س-ب-ه-۵/۱۲ س-ب-۵/۲۲	مقدار سولفات SO3
الزامی وجود ندارد	س-ب-ه-۵	
حداکثر ۱۰/۰	س-ب-۵/۱۲ س-ب-ه-۵/۱۲ س-ب-۵/۲۲	مقدار کلرید Cl



مرحله اول: بررسی امکان پذیری تولید سیمان بنایی در سیمان تهران

- در مرحله اول امکان تولید سیمان های بنایی رنگی (س.ب.۲۲۵) MC22/5X مطابق استاندارد EN413-1BS با استفاده از سیمان پرتلند ۴۲۵-۱ سیمان تهران و سنگ آهک معادن (چهلقز، مسگرآباد، لپه زنک و نثاری و بی بی شهربانو و صفائیه) سیمان تهران و پوزولان در مرکز تحقیقات مسکن مورد بررسی قرار گرفته شده و نمونه های مطابق استاندارد جهت تولید انتخاب شد.

سپس مقاومت فشاری و خمشی اندازه گیری شده و بعد از انتخاب بهترین نمونه (درصد اختلاط مناسب) تاثیر رنگدانه بر آن مورد بررسی قرار گرفت شد.



متوسط تجزیه شیمیایی سنگ آهک معادن مختلف مورد مصرف در ساخت سیمان بنایی

CaCO ₃	MgO	CaO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	نوع سنگ آهک
71/35	4/77	39/96	2/10	3/08	36/12	بی بی شهربانو
73/98	1/46	41/43	1/34	1/50	18/14	مسگر آباد
72/21	0/96	40/44	1/75	1/17	20/29	صفائیة
91/39	0/29	51/18	0/18	0/70	3/46	چهلقرز



براساس ویژگی های سنگ آهک ذکر شده در استاندارد EN 197-1

§ میزان کربنات کلسیم باید حداقل ۷۵٪ وزونی باشد.

§ مقدار رس موجود در سنگ آهک باید حداکثر ۲۰/۱ درصد (۲۰/۱ گرم در ۱۰۰ گرم) باشد.

§ مقدار کل مواد آلی موجود در سنگ آهک باید به شرح زیر باشد.

سنگ آهک نوع LL: حداکثر ۲۰/۰ درصد

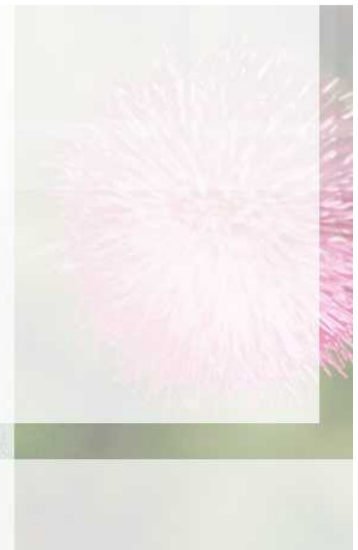
سنگ آهک نوع L: حداکثر ۵۰٪ درصد





§ نمونه های ملات سیمان بنایی متشکل از ۴۴ ترکیب مطابق روش ارائه شده در استاندارد ملی ایران شماره ۳۹۳ ساخته شد. نسبت آب به سیمان برای هر یک از مخلوط ها بر اساس روانی استاندارد در نظر گرفته شد.

www.cementtechnology.ir





نمونه های سیمان بنایی با ۱۸ ترکیب مختلف با استفاده از سه نوع سنگ آهک معادن بی بی شهربانو ، مسگرآباد و صفائیه به نسبت های ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درصد و ۱۰ ترکیب با استفاده از سنگ معدن چهلقرز به نسبت های ۱۰-۲۰-۳۰-۳۵-۴۰-۴۵-۵۰-۵۵-۶۰-۷۰ درصد ساخته شد.

درصد سنگ گچ در تمام نمونه های ۳ درصد در نظر گرفته شد.



ساخت سیمان بنایی با استفاده از پوزولان

نمونه های سیمان بنایی با ۶ ترکیب مختلف با استفاده از پوزولان ترانس مطابق جدول زیر تهیه گردید.

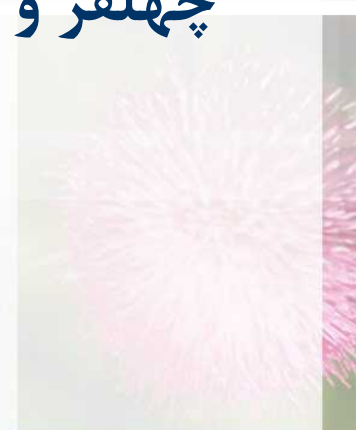
پوزولان	سنگ گچ	کلینکر	مشخصه نمونه
۱۰	۴	۸۶	کلینکر+سنگ گچ+پوزولان
۲۰	۴	۷۶	کلینکر+سنگ گچ+پوزولان
۳۰	۴	۶۶	کلینکر+سنگ گچ+پوزولان
۴۰	۴	۵۶	کلینکر+سنگ گچ+پوزولان
۵۰	۴	۴۶	کلینکر+سنگ گچ+پوزولان
۶۰	۴	۳۶	کلینکر+سنگ گچ+پوزولان



ساخت نمونه های سیمان بنایی با استفاده از مخلوط چهار سنگ آهک مختلف و پوزولان

نمونه های با ۲۰ ترکیب مختلف با استفاده از چهار نوع سنگ آهک معادن بی بی شهربانو، مسگر آباد، صفائیه و چهلقرز و پوزولان تراس به نسبت های مختلف تهیه شد.

www.cementtechnology.ir





- در مرحله اول تولید سیمان بنایی در مقیاس نیمه صنعتی براساس حداقل مقاومت فشاری ۲۸ روزه سیمان بنایی MC22/5 (س.ب.۲۲.۵) در کارخانه سیمان تهران صورت گیرد.

www.cementtechnology.ir





مقاومت فشاری ۲۸ روزه - kg/Cm ²			مشخصه نمونه
۴۰ درصد	۳۰ درصد	۲۰ درصد	
۲۴۷	۲۸۶	۵/۳۱۹	کلینکر+سنگ گچ+سنگ آهک بی بی شهربانو
۲۲۵	۵/۲۷۷	۳۶۵	کلینکر+سنگ گچ+سنگ آهک مسگر آباد
۵/۲۶۷	۵/۳۳۰	۳۵۸	کلینکر+سنگ گچ+سنگ آهک صفائیه
۲۳۸	۵/۳۴۵	۳۶۱	کلینکر+سنگ گچ+سنگ آهک چهلقر



مقاومت فشاری ۲۸ روزه kg/Cm ²	مشخصه نمونه
۳۶۴	۷۶ درصد کلینکر + ۴ درصد سنگ گچ + ۱۰ درصد سنگ آهک چهلقرز + ۱۰ درصد پوزولان
۳۳۳	۶۶ درصد کلینکر + ۴ درصد سنگ گچ + ۱۰ درصد سنگ آهک چهلقرز + ۲۰ درصد پوزولان
۵/۲۳۹	۵۶ درصد کلینکر + ۴ درصد سنگ گچ + ۱۰ درصد سنگ آهک چهلقرز + ۳۰ درصد پوزولان
۵/۳۲۹	۶۶ درصد کلینکر + ۴ درصد سنگ گچ + ۲۰ درصد سنگ آهک چهلقرز + ۱۰ درصد پوزولان
۲۸۰	۵۶ درصد کلینکر + ۴ درصد سنگ گچ + ۲۰ درصد سنگ آهک چهلقرز + ۲۰ درصد پوزولان
۵/۲۲۷	۳۶ درصد کلینکر + ۴ درصد سنگ گچ + ۲۰ درصد سنگ آهک چهلقرز + ۴۰ درصد پوزولان
۲۴۸	۵۶ درصد کلینکر + ۴ درصد سنگ گچ + ۳۰ درصد سنگ آهک چهلقرز + ۱۰ درصد پوزولان
۵/۳۷۳	۴۶ درصد کلینکر + ۴ درصد سنگ گچ + ۳۰ درصد سنگ آهک چهلقرز + ۲۰ درصد پوزولان



مقاومت فشاری ۲۸ kg/Cm ² روزه	مشخصه نمونه
۳۴۷	۸۶ درصد کلینکر + ۴ درصد سنگ گچ + ۱۰ درصد پوزولان
۳۳۲	۷۶ درصد کلینکر + ۴ درصد سنگ گچ + ۲۰ درصد پوزولان
۳۱۸	۶۶ درصد کلینکر + ۴ درصد سنگ گچ + ۳۰ درصد پوزولان
۳۰۴	۵۶ درصد کلینکر + ۴ درصد سنگ گچ + ۴۰ درصد پوزولان
۲۹۳	۴۶ درصد کلینکر + ۴ درصد سنگ گچ + ۵۰ درصد پوزولان
۲۸۱	۳۶ درصد کلینکر + ۴ درصد سنگ گچ + ۶۰ درصد پوزولان



بررسی تاثیر رنگدانه بر سیمان بنایی

مقاومت فشاری ۲۸ روزه مخلوط های با رنگدانه منفرد یا رنگدانه مخلوط
(به صورت پودری یا دانه ای یا آماده شده) در مقایسه با مخلوط بدون رنگدانه

رده الف: مطابق مقدار اظهار شده توسط تولید کننده

رده ب: ۸ درصد

زمان گیرش اولیه سیمان با رنگدانه منفرد یا رنگدانه مخلوط
(به صورت پودری یا دانه ای یا آماده شده) و بدون آنها نباید بیشتر از ۶۰ دقیقه باشد.
زمان گیرش سیمان با رنگدانه منفرد یا مخلوط رنگدانه نباید بیشتر از ۷۲۰ دقیقه باشد

میزان رنگدانه مورد مصرف ۵٪



مقاومت فشاری kg/Cm ² ۲۸ روزه		مشخصه نمونه
با رنگدانه	بدون رنگدانه	
۳۱۸	۵/۳۱۹	۷۷ درصد کلینکر + ۳ درصد سنگ گچ + ۲۰ درصد سنگ آهک بی بی شهر بانو
۲۶۵	۲۶۸	۶۷ درصد کلینکر + ۳ درصد سنگ گچ + ۳۰ درصد سنگ آهک بی بی شهر بانو
۲۱۵	۲۴۷	۵۷ درصد کلینکر + ۳ درصد سنگ گچ + ۴۰ درصد سنگ آهک بی بی شهر بانو
۳۶۱	۳۶۵	۷۷ درصد کلینکر + ۳ درصد سنگ گچ + ۲۰ درصد سنگ آهک مسگر آباد
۲۶۵	۵/۲۷۷	۶۷ درصد کلینکر + ۳ درصد سنگ گچ + ۳۰ درصد سنگ آهک مسگر آباد
۱۹۷	۲۲۵	۵۷ درصد کلینکر + ۳ درصد سنگ گچ + ۴۰ درصد سنگ آهک مسگر آباد



مقاومت فشاری ۲۸ kg/Cm ² روزه		مشخصه نمونه
با رنگدانه	بدون رنگدانه	
۳۰۹	۳۵۸	۷۷ درصد کلینکر + ۳ درصد سنگ گچ + ۲۰ درصد سنگ آهک صفائیه
۲۶۳	۵/۳۳۰	۶۷ درصد کلینکر + ۳ درصد سنگ گچ + ۳۰ درصد سنگ آهک صفائیه
۵/۲۱۲	۵/۲۶۷	۵۷ درصد کلینکر + ۳ درصد سنگ گچ + ۴۰ درصد سنگ آهک صفائیه



مقاومت فشاری kg/Cm ² ۲۸ روزه		مشخصه نمونه
با رنگدانه	بدون رنگدانه	
۳۶۲	۳۶۳	۸۶ درصد کلینکر + ۳ درصد سنگ گچ + ۱۰ درصد سنگ آهک چهلقر
۳۳۵	۳۶۱	۷۷ درصد کلینکر + ۳ درصد سنگ گچ + ۲۰ درصد سنگ آهک چهلقر
۳۲۹	۵/۳۴۵	۶۷ درصد کلینکر + ۳ درصد سنگ گچ + ۳۰ درصد سنگ آهک چهلقر
۲۶۵	۲۹۲	۶۲ درصد کلینکر + ۳ درصد سنگ گچ + ۳۵ درصد سنگ آهک چهلقر
۲۱۷	۲۳۸	۵۷ درصد کلینکر + ۳ درصد سنگ گچ + ۴۰ درصد سنگ آهک چهلقر



مرحله دوم: بررسی تولید سیمان بنایی در سیمان تهران

- بعد از بررسی نتایج حاصل از آزمایشات انجام شده در مرکز تحقیقات مسکن مجدداً آزمایشاتی جهت تولید سیمان بنایی رنگی با استفاده از درصد‌های مختلف کلینکر سیمان پرتلند و پوزولان با استفاده از ۱۰ رنگدانه مختلف انجام گردید.

با در نظر گرفت محدودیت منابع سنگ آهک مقرر گردید تولید سیمان بنایی رنگی تنها با استفاده از پوزولان در سیمان تهران انجام گیرد.



سیمان بنایی رنگی س.ب.۲۲/۵

کلینکر	پوزولان	گچ	رنگدانه	بلین
حداقل ۵۵٪ تا ۵۷٪	حداکثر ۳۵٪	۸/۳٪	۳٪ تا ۵٪	حداقل ۴۵.۰

خردایش کلینکر و پوزولان باید توامان انجام گیرد.



رنگدانه ها

- § اکسید های و هیدروکسید های مصنوعی یا طبیعی آن
- § اکسید تیتانیوم , کروم و منگنز
- § رنگدانه های کمپلکس غیر آلی
- § رنگدانه های از نوع لاجورد
- § کربن به شکل دوده

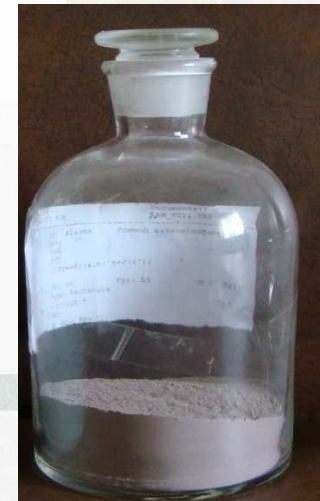
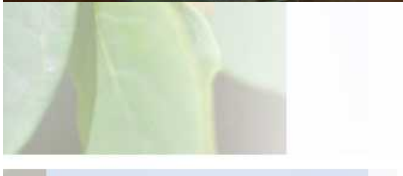


www.cementtechnology.ir





سیمان بنایی رنگی





www.cementtechnology.ir



- ۱- میزان کلرید
- ۲- میزان سولفات
- ۳- آب ننگه داری (ملات تازه)
- ۴- میزان هوای موجود (ملات تازه)
- ۵- سلامت سیمان
- ۶- زمان گیرش
- ۷- تعیین روانی ملات
- ۸- انقباض خطی (shrinkage)

www.cementtechnology.ir



نتیجه:

- سیمان پرتلند کالای ارزشمندی است که در کنار مصرف سوخت های تجدید ناپذیره انرژی الکتریسیته، استهلاک وسایل، ماشین آلات و پوشش کوره، هزینه قابل توجهی را برای کشور تحمیل می کند و نباید در موارد غیرضروری مصرف شود.
- به دلایل فنی، اقتصادی و زیست محیطی و حفظ منابع مواد اولیه و مواد سوختی و همچنین از دیدگاه اقتصاد کلان ضرورت تولید سیمان بنایی بسیار روشن است.
- سیمان تهران موفق گردید با استفاده از کلینکر سیمان ۱-۴۲۵ و پوزولان و ۱۰ نوع رنگدانه ها، سیمان بنایی رنگی س-ب-۲۲/۵ مختلف تولید نماید.

با آرزوی ایرانی زیبا و زیباتر

