

بتن های ویژه و روشهای خاص بتن ریزی

دوره ارتقا نظارت
پایه ۲ به ۱

ویرایش ۵-۱۴۰۱۱۰

عنوان دوره : بتن‌های ویژه و روشهای خاص بتن‌ریزی

| شماره دوره: | صلاحیت : نظارت | رشته : عمران (پایه دو به یک) |
|--------------|----------------|---|
| ۳۱۶ | | |
| مدت : (ساعت) | سرفصل ها : | |
| | ۱ | بتن پمپی (مصالح و نسبتها، ویژگی‌ها و وسایل کار) |
| | ۲ | بتن‌ریزی زیر آب (مصالح و نسبتها و ویژگی‌ها و اجزا، وسایل و کنترل کیفی) |
| | ۳ | بتن پیش‌آکنده (مصالح و نسبتها و ویژگی‌ها و اجزا، وسایل و کنترل کیفی) |
| | ۴ | بتن مکیده (مصالح و نسبتها و ویژگی‌ها و اجزا، وسایل و کنترل کیفی) |
| | ۵ | بتن پاشیدنی (مصالح و نسبتها و ویژگی‌ها و اجزا، وسایل و کنترل کیفی) |
| | ۶ | بتن الیافی |
| | ۷ | بتن‌های با دوام بالا |
| | ۸ | بتن‌های توانمند (بتن‌های با کیفیت بالا) |
| | ۹ | بتن‌های سبک |
| | ۱۰ | بتن خودتراکم |
| | ۱۱ | بتن خودتراز |
| | ۱۲ | ضوابط بتن‌ریزی در هوای سرد، گرم، ساحلی و خلیج فارس |
| ۱۶ | جمع | |

کلیات

گسترده‌گی استفاده از سازه های خاص باعث شده تا تعریف مشخصی برای بتن های ویژه عنوان نشود.

در مجموع هر بتنی را که با بتن معمولی در یک یا چند عامل مؤثر بر کیفیت و مشخصات مانند کارایی، مقاومت و اجزای تشکیل دهنده تفاوت اساسی داشته باشد بتن ویژه گویند.



مقدمه

تفاوت مصالح به کار رفته در بتن های ویژه نسبت به بتن های معمولی گاه در حدی است که سیمان به عنوان ماده چسباننده اصلی بتن، جای خود را به مواد دیگری داده است و خود به عنوان یک افزودنی به کار گرفته می شود.

بتن با عملکرد بالا (توانمند)

استفاده از بتن های با عملکرد بالا (بتن های توانمند) در دهه ۱۹۹۰ با تولید بتن های با مقاومت بالاتر از حد معمول (بالای ۴۰ مگاپاسکال) گسترش یافت.

خصوصیات بتن توانمند از دیدگاه انستیتو بتن امریکا AC:

- سهولت در بتن ریزی
- تراکم بدون جداشدگی
- مقاومت اولیه بالا
- خواص مکانیکی ثابت در درازمدت و حتی رو به افزایش
- سختی زیاد
- طاقت بیشتر از بتن های عادی
- دوام زیاد در محیط های خورنده

بتن با عملکرد بالا (توانمند)

بتن های توانمند (ACI، ۱۹۹۸):

شامل بتن های:

- بتن سبک
- بتن با کارایی بالا
- بتن با مقاومت زیاد
- بتن غلتکی
- بتن ضدآب
- بتن پاششی
- بتن خود تراکم
- بتن پمپی
- بتن بدون ریزدانه

بتن با عملکرد بالا (توانمند)

مزایا

- کاربرد در شرایط سخت و خورنده
- کاهش نفوذ پذیری و افزایش دوام دراز مدت
- کاربرد در سازه های دریایی
- کاهش هزینه های نگهداری و تعمیر سازه
- افزایش دوام در برابر سیکل های یخ زدن و آب شدن
- افزایش دوام در برابر حمله مواد شیمیایی، شرایط آب و هوایی گرم و مرطوب
- بهبود عملکرد دراز مدت تحت بارگذاری های استاتیکی، دینامیکی و خستگی
- مقاومت فشاری بالا
- افزایش سختی
- افزایش مقاومت سایشی
- بتن ریزی زیر آب
- کاهش خزش و جمع شدگی
- افزایش مدول الاستیسیته

بتن با عملکرد بالا (توانمند)

محدودیت ها

نیاز به تجهیزات ویژه

نیاز به نیروی کار متخصص

مقاومت کمتر در مقابل آتش سوزی

پایین بودن نسبت آب به سیمان

هزینه زیاد ساخت و اجرا

دسته بندی بتن

پیشرفت فناوری بتن منجر به تنوع بسیار زیاد در انواع بتن شده است. به طوری که امروزه برای هر پروژه بتنی با توجه به محدودیت طراحی، مکانی، آب و هوایی و امکانات اجرایی و برخی محدودیت های دیگر، بتن خاص یا ویژه ای استفاده می شود.

دسته بندی بتن

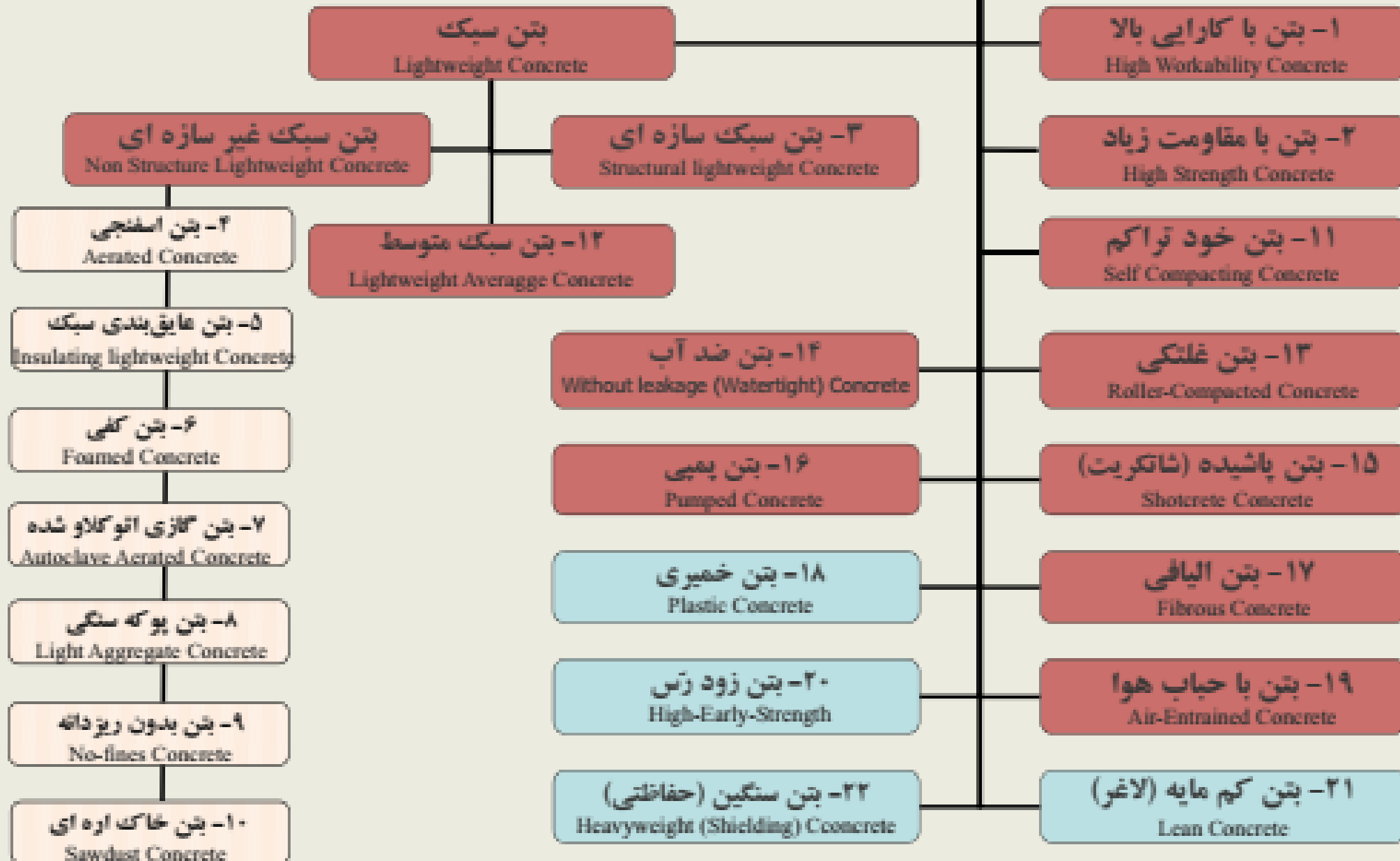
برخی از مهم ترین نامهای متعارف بتن

| | | | | | |
|-------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---|-------------------------------|------------------------|
| Truck-Mixed Concrete | بتن مخلوط شده در کامیون | Lightweight Concrete | بتن سبک | Reinforced Concrete | بتن آرمه (بتن مسلح) |
| Plain Concrete | بتن ساده | Structural Concrete | بتن سازه‌ای | Ready Mixed Concrete | بتن آماده |
| Porous Concrete | بتن متخلخل | Field Concrete | بتن کارگاهی | Precast Concrete | بتن پیش‌ساخته |
| Prestressed Concrete | بتن پیش‌تنیده | Cold-weather Concrete | بتن هوای سرد | Cast-in-situ Concrete | بتن درجا |
| Colored concrete | بتن رنگی | Normal-Weight Concrete | بتن معمولی | Internally sealed Concrete | بتن بدون درز |
| Dry-packed Concrete | بتن خشک بسته‌ای | Hardened Concrete | بتن سخت شده | Monolithic Concrete | بتن یکپارچه |
| Architectural Concrete | بتن معماری | Vibrated Concrete | بتن مرتعش شده | Shrink-Mixed Concrete | بتن نیمه آماده |
| Shotcrete | بتن پاشیده | Fair face Concrete | بتن با نمای خوب | Nailable Concrete | بتن قابل میخکوبی |
| Packaged Concrete | بتن بسته‌بندی شده | Portland cement Concrete | بتن با سیمان پرتلند | Rich (Fat) Concrete | بتن پر (مایه) سیمان |
| Sulfate-Resistant Concrete | بتن ضد سولفات (سیمان ضد سولفات) | Centrifugally cast (Spun) Concrete | بتن متراکم شده با نیروی گریز از مرکز | Hot-weather Concrete | بتن هوای گرم |

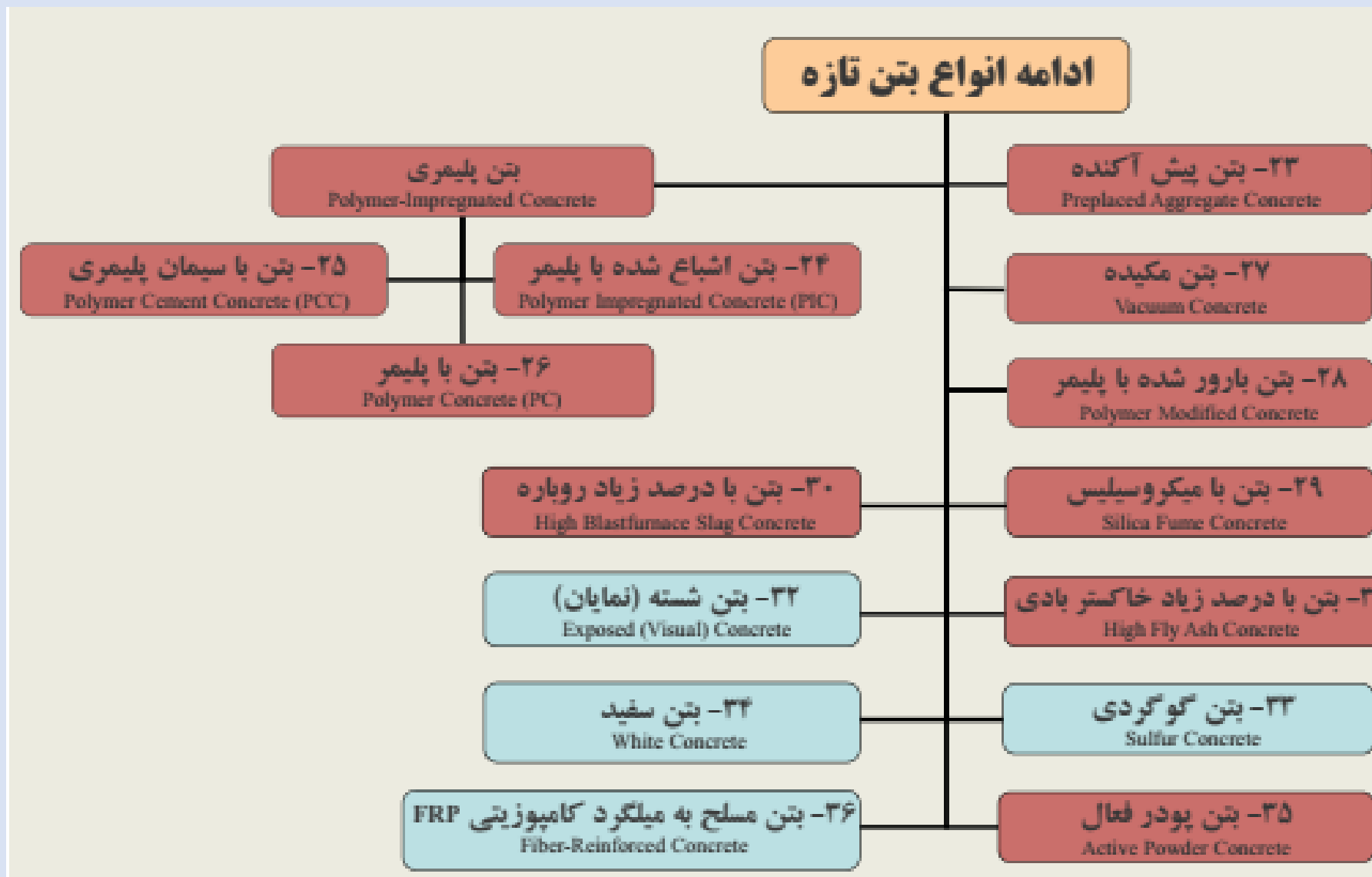
بتن با عملکرد بالا (توانمند)

بخش دوم دسته بندی شامل بتن تازه ای است که به واسطه تغییر طرح اختلاط دارای ماهیت جدیدی می شود و به نام بتن خاص یا ویژه خوانده می شود. اکثر این بتن ها دست آوردهای به روز فناوری پیشرفته بتن هستند.

انواع بتن تازه



دسته بندی بتن



دسته بندی بتن



بتن سبک

مؤسسه بتن امریکا (ACI 116R-87)

بتن سبک، بتنی است که وزن مخصوص آن به طور محسوسی کمتر از وزن مخصوص بتنی است که با سنگدانه های طبیعی یا شکسته ساخته می شود.

بتن سبک شامل سنگدانه های سبک بوده و دارای چگالی مخصوصی بین ۲۵۰ تا ۱۸۴۰ کیلوگرم بر متر مکعب می باشد.

بر اساس کاربرد و مقاومت فشاری در سه دسته طبقه بندی می شوند:

۱- بتن سبک سازه ای

۲- بتن سبک غیرسازه ای

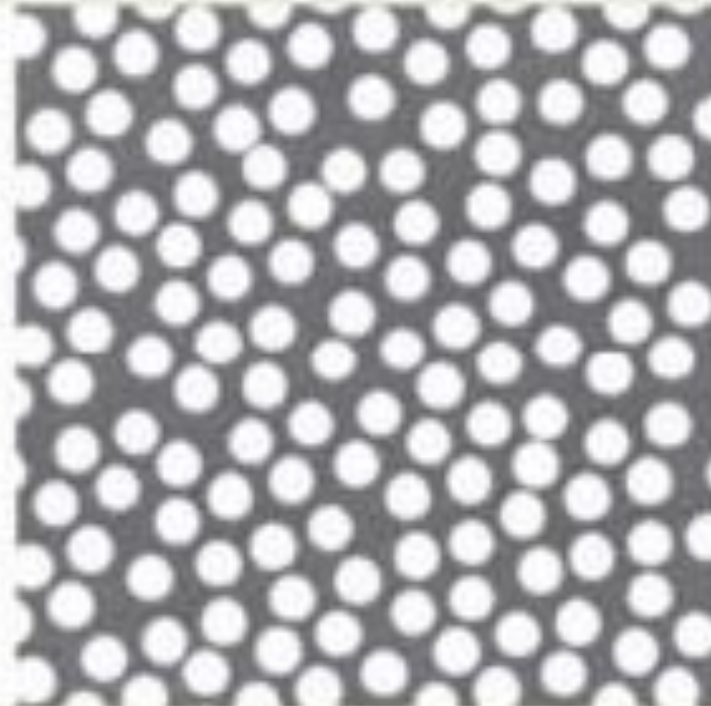
۳- بتن سبک متوسط

بتن سبک

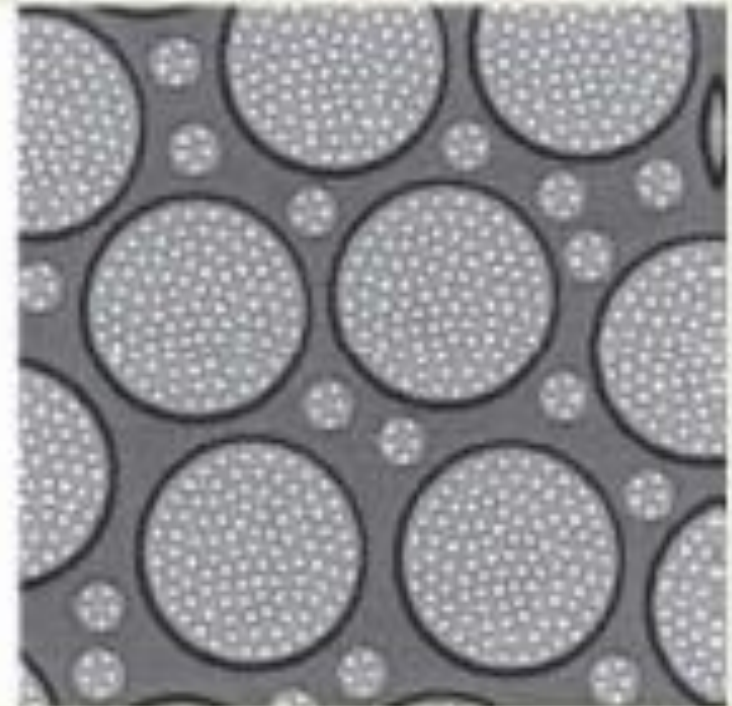
روش های تولید بتن سبک



پ) بدون ریزدانه



پ) حباب هوا



الف) سنگدانه سبک

بتن سبک

اصول اجرایی حاکم بر بتن ریزی با بتن سبکدانه سازه ای (همانند بتن های متعارف)

✓ پیوستگی و تداوم در بتن ریزی

✓ عدم گیرش یا زودگیری بتن قبل از ریختن و تراکم

✓ عدم جدا شدگی مواد (ناهمگنی) بتن

✓ رعایت دمای مناسب بتن ریزی،

✓ عدم آلودگی بتن به مواد مضر

✓ رعایت تراکم مناسب

بتن سبک

اصول اجرایی حاکم بر بتن ریزی با بتن سبکدانه سازه ای (همانند بتن های متعارف)

- ✓ رعایت پرداخت صحیح سطح بتن
- ✓ انتخاب صحیح اسلامپ با توجه به وضعیت قطعه و وسایل تراکمی موجود
- ✓ رعایت و به کارگیری نسبت ها و مقادیر صحیح مصالح و پرهیز از مصرف مواد نامناسب
- ✓ عمل آوری صحیح و قالب برداری به موقع و با دقت

بتن سبک

خصوصیات بتن سبک

- کاهش هزینه های ساخت به علت سبکی مصالح (وزن سازه مجموعاً کاهش می یابد که در کاهش مخارج فونداسیون مؤثر است)
- با توجه به سبک تر شدن ساختمان، اثرات مخرب زلزله بر ساختمان کاهش می یابد.
- مقاومت بتن سبک معمولاً از بتن معمولی کمتر است.
- توانایی سنگدانه های سبک در جذب مقادیر زیاد آب
- امکان نفوذ مقداری از خمیر تازه سیمان به درون منافذ باز (سطحی) ذرات سنگدانه ای سبک (مخصوصاً ذرات درشت تر) و در نتیجه این جذب آب، وزن مخصوص آنها زیادتراً از وزن مخصوص ذراتی می شود که در کوره خشک شده اند.

بتن سبک

انواع سنگدانه های قابل استفاده در بتن سبک

الف - سنگدانه های طبیعی سبک: مانند؛ دیاتومه، سنگ پا، پوکه سنگ، خاکستر و توف که به جز دیاتومه ها بقیه آنها منشاء آتشفشانی دارند.

منابع این سنگدانه ها محدود است لذا به میزان زیادی مصرف نمی شوند.

استفاده از پوکه معدنی ذکر شده (مثل سنگ پا) که ساختمان داخلی آن استحکام داشته باشد برای ساخت بتن سبک با وزن مخصوص ۷۰۰ تا ۱۴۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب مناسب است.

این بتن ها عایق حرارتی خوبی هستند ولی جذب آب و جمع شدگی آن زیاد است.

خاک دیاتومه: Diatomaceous earth

* خاک دیاتومه: نوعی خاک است که از بقای فسیلی میکروارگانیسم های تک سلولی به نام دیاتومها تشکیل شده است. این خاک به دلیل ساختار متخلخل و خاصیت جاذب آب و هوا، در صنایع مختلف از جمله کشاورزی، صنایع غذایی، داروسازی، صنایع نساجی و صنایع شیمیایی کاربرد دارد. این خاک در صنایع مختلف به عنوان جاذب رطوبت، جاذب بو، جاذب آلودگی و جاذب آلودگی استفاده می شود.

بتن سبک

ب- سنگدانه های مصنوعی: در ۴دسته زیر مطرح می شوند:

- ۱- سنگدانه هایی که با حرارت دادن و منبسط شدن خاک رس، سنگ رسی، سنگ لوح، سنگ رسی دیاتومی، پرلیت، اسیدین و ورمیکولیت به دست می آیند.
- ۲- از سرد نمودن و منبسط شدن دوباره سرباره کوره آهن گدازی به دست می آیند.
- ۳- سنگدانه های سبک کلینکری
- ۴- مخلوطی از خاک رس با زباله خانگی و لجن فاضلاب پردازش شده را می توان با پختن در کوره، تبدیل به سنگدانه نمود.

بتن سبک

مزایای سنگدانه مصنوعی:

- سنگدانه های مصنوعی تولیداتی مصنوعی بوده و در نتیجه یکنواخت تر و از ثبات بیشتری در خصوصیات نسبت به سنگدانه های سبک طبیعی برخوردارند.
- دسترسی مناسبتر به منابع سنگدانه های مصنوعی مانند؛ رس، شیل و اسلیت با کیفیت مناسب
- قابلیت استفاده در مناطق مختلف کشور

بتن سبک سازه ای

۱- بتن سبک سازه ای

این بتن همانند بتن معمولی است با این تفاوت که بنا به دلایل اقتصادی، ایمنی در برابر حریق و سبک سازی در ساخت آن از سنگدانه های سبک استفاده می شود.

وزن مخصوص آن تقریباً **۷۰٪** وزن مخصوص بتن ساخته شده با سنگدانه های طبیعی معمولی است.

در ساخت بتن های سازه ای سبک، هدف اصلی هرچه سبک تر بودن وزن آن و سپس مقاومت آن است.

بتن سبک سازه ای

کاهش وزن مرده سازه

ابعاد مقاطع سازه ای

مزیت اصلی استفاده از بتن سبک در سازه ها: **کاهش هزینه نهایی**

کاربرد اصلی بتن سبک:

تولید اعضای پیش ساخته بتنی و پانل های پیش ساخته

بتن سبک سازه ای

الف - خصوصیات:

در ساخت بتن سبک ساختمانی از مصالح سنگی سبک و تولید شده از شیلها، رسها، اسلیت و روبره آهنگذاری استفاده می شود.

وزن واحد حجم مصالح سنگی به کار گرفته شده، **۱۴۵۰ تا ۱۹۰۰** کیلوگرم در مترمکعب بوده و مقاومت **۲۸** روزه آزمون استوانه ای باید از **۱۷** مگاپاسکال بیشتر باشد.

کارایی بتن سبک ساختمانی با اسلامپ **۵۰ تا ۷۵ میلیمتر**، برابر کارایی بتن معمولی با اسلامپ **۷۵ تا ۱۲۵ میلی متر** می باشد.

پ- ریختن و عمل آوری بتن سبک سازه ای

لرزش بتن های سبک باید با دقت ویژه ای انجام گیرد تا از جدایی سنگدانه ها و جدا شدن مصالح دانه ای در لایه های مختلف اجتناب شود.

پس از ویبره، آب انداختن بتن همواره مشکل بزرگی در پرداخت نهایی سطح بتن می باشد و این امر اختصاص به بتن سبکدانه ندارد. خوشبختانه به دلیل جذب آب تدریجی توسط سبکدانه ها، آب انداختن می تواند به کمترین مقدار برسد. اما اگر سبکدانه ها قبل از اختلاط کاملاً اشباع شده باشد امکان آب انداختن بیشتر می شود.

پ- ریختن و عمل آوری بتن سبک سازه ای

علل افزایش آب انداختن بتن:

- کم بودن عیار سیمان و مواد چسباننده سیمانی
- فقدان مواد ریزدانه
- عدم وجود حباب هوا در بتن
- درشتی بافت دانه بندی
- افزایش حداکثر اندازه سبکدانه
- گرد گوشه بودن سنگدانه ها و بافت صاف سطح سنگدانه
- بالا بودن اسلامپ
- زیادی نسبت آب به سیمان

پ- ریختن و عمل آوری بتن سبک سازه ای

راهکاری مواجهه با آب انداختن بتن

وقتی بتن آب می اندازد باید اجازه داد آب تبخیر گردد و اگر تبخیر به سرعت میسر نمی شود یا نگران گیرش هستیم باید سعی شود آب خارج شده از بتن با وسیله مناسبی (مکش، گونی یا اسفنج) از سطح پاک گردد و سپس با استفاده از ماله خاصی که شامل یک شبکه سیمی درشت می باشد سنگدانه های درشت را به زیر سطح مورد پرداخت فشار داده شود تا سطح مورد نظر به راحتی قابل پرداخت گردد و سنگدانه های درشت مزاحمتی ایجاد نکنند.

در نهایت سطح با ماله چوبی و به دنبال آن با ماله فلزی یا لاستیکی صاف میشود.

پ- ریختن و عمل آوری بتن سبک سازه ای

عدم رعایت این نکات:

موجب افزایش نسبت آب به سیمان در سطح
کاهش مقاومت و دوام
نهایتاً افزایش نفوذپذیری بتن سطحی میشود.

پ- ریختن و عمل آوری بتن سبک سازه ای

عمل آوری بتن سبک از لحاظ زمان و روش مشابه روش اتخاذ شده برای بتن معمولی میباشد.

عمل آوری داخلی

به علت پوکی و تخلخل و جذب آب سبکدانه ها در صورت فقدان عمل آوری رطوبتی از ناحیه اجرا کنندگان، بخشی از آب خود را در اختیار خمیر سیمان قرار دهند تا توقف شدیدی در هیدراتاسیون سیمان رخ ندهد. این امر را عمل آوری داخلی بتن سبکدانه می گویند

پ- ریختن و عمل آوری بتن سبک سازه ای

عمل آوری سطحی

عکس موضوع فوق صادق است و توانایی تبخیر آب سطحی در بتن سبک بیشتر است
نیاز به عمل آوری شدیدتری احساس میشود.

بنابراین در عمل آوری سطوح مثل بتن کف، غشای مراقبت باید بلافاصله بعد از پرداخت زده
شود.

ت – اسلامپ مناسب بتن سبک سازه ای

به دلیل سبکی سنگدانه ها به ویژه سبکدانه های درشت احتمال جدا شدگی در بتن شل افزایش مییابد.

اسلامپ های بیش از ۱۰ سانتیمتر ابدأ مطلوب نیست مگر بتن پر عیاری (یا موادی مثل میکروسیلیس)

بتن سبکدانه پمپی با اسلامپ ۱۰ تا ۱۵ سانتیمتر، نیازمند عیار سیمان $400 \text{ kg/m}^3 <$

در اسلامپ کمتر، حداقل عیار سیمان (ACI) $335 \text{ kg/m}^3 <$

ت – اسلامپ مناسب بتن سبک سازه ای

مقادیر مطلوب اسلامپ در حالات متعارف (این اعداد جنبه آیین نامه ای ندارند)

اسلامپ های ۵ تا ۸ سانتیمتر برای بتن سبکدانه غیر پمپی

اسلامپ ۷ تا ۱۰ سانتیمتر برای بتن سبکدانه پمپی

بتن سبک سازه ای

تغییرات اسلامپ در طول اجرا در بتن سبکدانه بسیار جدی است. بنابراین سعی میشود که در چنین پروژه هایی حتی الامکان از ۲۴ ساعت قبل از ساخت بتن، سبکدانه ها را خیس کرد (آب پاشی تحت فشار و به صورت بارانی یا از سیستم خلاء برای نفوذ سریعتر آب به داخل سبکدانه) تا آب قابل ملاحظه ای را جذب نمایند و پس از اختلاط بتن شاهد افت اسلامپ زیادی نباشیم. این خیس کردن ممکن است حتی از سه روز قبل شروع شود.

ریختن همزمان آب و سبکدانه در مخلوط کن و اضافه کردن سیمان و غیره پس از مدتی تأخیر میتواند به افت اسلامپ کمتر منجر شود.

ج- مزایای میخ کاری در بتن سبک سازه ای

بتن های سبک به طور کلی شامل سنگدانه هایی هستند که در اثر نفوذ یک میخ تغییر شکل داده و یا می شکنند. در نتیجه مصالح خرد شده اطراف میخ را احاطه کرده و باعث افزایش مقاومت بیرون کشیدگی میخ می شوند.

سنگدانه های معمولی تمایل بیشتری به خرد شدن و سوراخ شدن داشته به همین جهت میخ به راحتی از درون بتن بیرون کشیده می شود.

بتن های عایق حرارتی با سنگدانه های پرلایت و ورمیکولیت به راحتی میخ کاری می شوند لیکن نیروی پیوستگی میخ با آنها نسبت مستقیم با مقاومت فشاری پایین آنها دارد.

بتن سبک غیر سازه ای

خصوصیات:

معمولاً برای جداسازی سبک مورد استفاده قرار میگیرد.
دارای جرم مخصوص کمتر از ۸۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب میباشد.
با وجود جرم مخصوص کم، مقاومت فشاری آن حدود ۰/۳۵ تا ۷ مگاپاسکال است.

سنگدانه های متعارف مصرفی

➤ **پرلیت** (نوعی سنگ آذرین)

➤ **ورمیکولیت** (ماده ای با ساختار ورقه ای شبیه میکا)

مزیت:

➤ کاهش هزینه مصرف انرژی گرمایی یا سرمایی فضاها

➤ کاهش انتقال صوت بین طبقات و فضاهای ساختمان

بتن سبک

انواع بتن های سبک غیر سازه ای بر اساس ترکیب ساختمان خود

➤ بتن پوکه سنگی

➤ بتن بدون ریزدانه

➤ بتن خاک اره ای

➤ بتن اسفنجی

➤ بتن سبک عایق بندی

➤ بتن کفی

➤ بتن گازی اتوکلاو شده

بتن سبک غیر سازه ای - بتن اسفنجی

خصوصیات:

- جرم مخصوصی تا حدود ۲۴۰ کیلوگرم بر متر مکعب
- مقاومت فشاری در حدود ۲/۸ الی ۲۸ مگاپاسکال
- مقاومت در برابر یخ زدگی به علت وجود فضاهای خالی
- نفوذپذیر زیاد (وجود ۱۵ تا ۲۵٪ حجم فضای خالی)

انواع بتن اسفنجی (پوک، متخلخل و لانه زنبوری):

- بتن اسفنجی گازی
- بتن اسفنجی کفی
- بتن اسفنجی از نظر خلل و فرج (مقدار آبگذری) مشابه
 - بتن فاقد ریزدانه با سنگدانه سبک
 - بتن گازی

بتن سبک غیر سازه ای - بتن اسفنجی

کاربردها:

➤ پرکننده برای ساخت برخی پانل های جداکننده

➤ ایجاد کف سازی

(به علت نفوذپذیری بالا بدون نیاز به شیب بندی، ممانعت از رویش پوشش گیاهی)

➤ شیب بندی

➤ عایقهای حرارتی

➤ جاذب صوت

➤ کارایی بسیار زیاد در مناطق سردسیر به علت مقاومت در برابر یخ زدگی

(وجود فضای کافی برای تحمل انبساط آب موجود درون بتن)

بتن سبک غیر سازه ای - بتن اسفنجی

ترکیبات بتن اسفنجی:

➤ سنگدانه درشت (شن)

➤ سیمان

➤ آب (نسبت آب به سیمان اندک) (پس از یک ساعت کل آب بتن تبخیر می شود)

➤ ماسه به میزان اندک (و گاهی اوقات بدون ماسه)

➤ کف یا هواساز

| نوع بتن | مقاومت فشاری (مگاپاسکال) | جرم مخصوص خشک (kg/m^3) |
|------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| اسفنجی با ماسه | ۰/۹-۱/۷ | ۴۰۰-۵۶۰ |
| اسفنجی بدون ماسه | ۰/۴۸-۳/۱ | ۲۴۰-۶۴۰ |

| نسبت مصالح | مقدار مصالح |
|--|---------------------------|
| سیمان | ۲۷۰-۴۱۵ Kg/m^3 |
| سنگدانه | ۱۱۹۰-۱۴۸۰ Kg/m^3 |
| نسبت آب به سیمان (از لحاظ جرم) | ۰/۲۷-۰/۳ |
| نسبت سنگدانه به سیمان (از لحاظ جرم) | ۴ تا ۴/۵ به ۱ |
| نسبت سنگدانه ریز (ماسه) به سنگدانه درشت (شن) | ۰ تا ۱ به ۱ |

بتن سبک غیر سازه ای - بتن اسفنجی

مهمترین مزایای بتن اسفنجی

| | | |
|-------------------------|---|---|
| جاذب صوت | با توجه به سبک تر بودن آن ارزان تر و با بهره‌وری بیشتر است. | وسیع بودن زمینه کاربردی، به صورت همزمان به جای مصالح دیگر |
| کاهش وزن مرده | کاهش هزینه‌های زهکشی در صورت استفاده از این بتن (با زیرسازی مناسب) در کف‌سازی معابر | در دسترس بودن مصالح و ساده بودن شیوه تولید |
| مقاومت در مقابل یخ‌زدگی | با توجه به نداشتن هیچ‌گونه آلودگی شیمیایی با محیط زیست کاملاً سازگار است. | مانند سازه بتنی عمر آن بی پایان بوده تغییر شکل نمی‌دهد و به عنوان یک ماده مصرفی موقت مورد مصرف قرار نمی‌گیرد. |

بتن سبک غیر سازه ای – بتن عایق بندی

خصوصیات:

مقاومت فشاری بین ۰/۷ تا ۷ مگاپاسکال

کاربردها:

- مقاومت فشاری ۰/۷ مگاپاسکال و کمتر برای عایق سازی لوله های بخار زیر زمینی
- مقاومت بیشتر تا حدود ۳/۵ مگاپاسکال برای عایق سازی پیاده رو
- بام ساختمان ها
- دیوارهای ضد آتش

خصوصیات سنگدانه های مصرفی:

وزن مخصوص مصالح سنگی مصرفی: بین ۲۵۰ تا ۱۴۵۰ کیلوگرم در مترمکعب

بتن سبک غیر سازه ای – بتن عایق بندی

انواع سنگدانه های مصرفی (مصالح منبسط شونده مانند):

➤ پرلیت

➤ ورمیکولیت

➤ پوکه های منبسط شونده پلی استایرین

➤ روباره آهنگدازی

➤ رس

➤ دیاتومیت ها

| نوع بتن | مقاومت فشاری (مگاپاسکال) | جرم مخصوص خشک (kg/m^3) |
|-----------|--------------------------|-----------------------------------|
| پرلیت | ۰/۵۵-۳/۱ | ۳۲۰-۶۴۰ |
| ورمیکولیت | ۰/۴۸-۳/۵ | ۲۴۰-۶۴۰ |

بتن سبک غیر سازه ای – بتن عایق بندی

تأثيرات وزن مخصوص کم بتن عایق بندی:

➤ افزایش کارایی بتن (اسلامپ تا ۲۵۰ میلیمتر)

➤ کاهش مقاومت فشاری

➤ افزایش انقباض بتن در هنگام خشک شدن (راهکار: اضافه کردن ریزدانه با وزن معمولی به مخلوط بتن سبک، به جهت حصول خواص عایق بندی حرارتی وزن مخصوص محدود به ۸۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب)

بتن سبک غیر سازه ای – بتن عایق بندی

رابطه مقاومت حرارتی بتن R با جرم مخصوص و ضخامت بتن

➤ کاهش مقاومت حرارتی بتن با افزایش جرم مخصوص

➤ کاهش مقاومت حرارتی بتن با کاهش ضخامت بتن

| ضخامت بتن (میلی متر) | | | | جرم مخصوص (kg/m ³) |
|------------------------|------|------|------|-----------------------------------|
| ۱۵۰ | ۱۰۰ | ۵۰ | ۳۰ | |
| ۱/۴۶ | ۰/۹۷ | ۰/۵۰ | ۰/۲۴ | ۳۲۰ |
| ۱/۰۶ | ۰/۷۰ | ۰/۳۵ | ۰/۱۷ | ۴۸۰ |
| ۰/۱۸۵ | ۰/۵۶ | ۰/۲۹ | ۰/۱۴ | ۶۴۰ |
| ۰/۱۶۸ | ۰/۴۶ | ۰/۲۲ | ۰/۱۲ | ۸۰۰ |
| ۰/۱۵۳ | ۰/۳۶ | ۰/۱۹ | ۰/۰۹ | ۹۶۰ |
| بتن سبک سازه ای | | | | |
| ۰/۱۱۹ | ۰/۱۴ | ۰/۰۷ | ۰/۰۴ | ۱۷۰۰ |
| بتن معمولی | | | | |
| ۰/۰۸ | ۰/۰۵ | ۰/۰۳ | ۰/۰۱ | ۲۳۲۰ |

بتن سبک غیر سازه ای-بتن کفی

خصوصیات:

وزن حجمی ۶۰۰ تا ۱۶۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب (علت سبکی: تقسیم یکنواخت حبابهای هوا در حجم مخلوط)

خصوصیات مواد کف کننده:

- مواد معدنی و گیاهی (بی ضرر برای محیط زیست)
- این کف قابلیت محلول در آب
- غیر قابل اشتعال

بتن سبک غیر سازه ای-بتن کفی

کاربردها:

➤ دیوارهای داخلی سبک (آجر سبک، بلوک)

➤ شیب دادن بامهای افقی

➤ بارگذاریهای سبک

➤ عایق بندی صدا

➤ عایق بندی گرما



بتن سبک غیر سازه ای-بتن کفی

برای تولید بتن سبک عمدتاً هر نوع آبی را میتوان استفاده نمود.

عدم استفاده از آبهای آلوده به روغن و چربی و مواد ارگانیک

مقدار آب استفاده شده در یک متر مکعب از بتن کفی از ۶۰ تا ۷۵ لیتر میباشد

➤ ۵۰ لیتر آن با صد کیلوگرم سیمان

➤ ۱۰ تا ۲۵ لیتر برای ترکیب با فوم پروتئینه برای تولید کف

نسبت آب به سیمان در زمان گیرایی بتن سبک تأثیر گذار است (مانند تولید بتن معمولی)
(حدود ۴۵ درصد w/c).

بتن سبک غیر سازه ای - بتن کفی

| محدودیت‌ها | مزایا | | |
|-------------------------|--|---|----------------------------------|
| کاربرد غیرسازه‌ای | نیاز به تجهیزات برودتی و حرارتی کم‌تر دارد. | عایق در برابر حرارت، صوت و رطوبت | کاهش وزن مرده |
| نیاز به نیروی کار متخصص | سریع‌الاحداث و شکل‌دهی بسیار راحت بتن توسط قالب | مقاومت عالی در مقابل یخ‌زدگی، مقاومت در برابر نفوذ رطوبت و آب | حمل و نقل سریع و ارزان |
| هزینه زیاد ساخت و اجرا | سطوح داخلی احتیاج به پوشاننده سنتی مانند گچ و گل و غیره نداشته و با حداقل هزینه قابل رنگ آمیزی می‌باشد. | مانند سازه بتنی عمر آن بی‌پایان بوده تغییر شکل نمی‌دهد و به‌عنوان یک ماده مصرفی موقت مورد مصرف قرار نمی‌گیرد. | برشکاری با اره و قابلیت میخ‌کوبی |
| مقاومت اندک فشاری | در دسترس بودن مواد اولیه بتن کفی و ساده بودن فناوری و ماشین‌آلات و شیوه تولید | وسیع بودن زمینه کاربردی به‌صورت هم‌زمان به‌جای مصالح و مواد مختلف کاربرد دارد. | مقاوم در برابر زلزله |
| نیاز به تجهیزات ویژه | ارزان و با بهره‌وری بیش‌تر (با توجه به سبکی آن هزینه سازه فلزی و یا بتنی هر ساختمان را حداقل به اندازه ۳۰ درصد کاهش می‌دهد.) | با توجه به نداشتن هیچ‌گونه آلودگی شیمیایی و عدم انتقال حرارت، صوت و رطوبت با محیط زیست کاملاً سازگار است. | مقاوم در برابر آتش‌سوزی |

بتن سبک غیر سازه ای - بتن کفی

- مشخصات وزن مخصوص و مقاومت فشاری بتن سبک با ۲۸ روز عمل آوری

| مقاومت (کیلوگرم بر سانتی متر مربع) | ضریب انتقال حرارتی Kcal/m hc | حجم کف لیتر | آب لیتر | ماسه کیلوگرم | سیمان کیلوگرم | وزن مخصوص (خشک) (کیلوگرم بر متر مکعب) |
|---------------------------------------|---------------------------------|----------------|------------|-----------------|------------------|--|
| ۷ | -/۰۶۵ | ۸۷۵ | ۱۱۵ | - | ۲۵۰ | ۳۰۰ |
| ۱۰ | -/۰۷ | ۸۴۰ | ۱۳۰ | - | ۳۰۰ | ۳۵۰ |
| ۱۶ | -/۰۸۴ | ۸۳۰ | ۱۴۵ | - | ۳۴۰ | ۴۰۰ |
| ۱۷ | -/۰۹ | ۷۸۰ | ۱۷۵ | - | ۳۷۵ | ۴۵۰ |
| ۱۹ | -/۰۹۵ | ۷۷۵ | ۲۰۰ | - | ۴۲۵ | ۵۰۰ |
| ۲۴ | -/۱ | ۷۷۰ | ۲۰۵ | - | ۴۵۵ | ۵۵۰ |
| ۲۰ | -/۰۹ | ۷۷۰ | ۱۸۰ | - | ۳۷۵ | ۶۰۰ |
| ۲۹ | -/۱۱۵ | ۷۶۰ | ۲۲۰ | - | ۵۱۰ | ۶۰۰ |
| ۲۰ | -/۱۲ | ۷۷۰ | ۱۵۰ | ۳۲۰ | ۳۲۰ | ۷۰۰ |
| ۳۳ | -/۱۵ | ۷۶۵ | ۱۶۰ | ۳۶۵ | ۳۶۵ | ۸۰۰ |
| ۳۵ | -/۱۷۵ | ۷۰۰ | ۱۹۰ | ۴۱۰ | ۲۱۰ | ۹۰۰ |
| ۲۶ | -/۱۸ | ۶۷۱ | ۱۳۰ | ۵۶۰ | ۲۸۰ | ۹۰۰ |
| ۳۶ | -/۲۰۵ | ۶۳۰ | ۱۴۵ | ۳۳۰ | ۳۱۵ | ۱۰۰۰ |
| ۵۰ | -/۲۳ | ۵۸۵ | ۱۵۵ | ۶۹۰ | ۳۳۵ | ۱۱۰۰ |
| ۷۰ | -/۲۷ | ۵۴۰ | ۱۵۰ | ۸۰۰ | ۳۳۵ | ۱۲۰۰ |
| ۹۸ | -/۳۰۵ | ۴۶۵ | ۱۴۷ | ۹۳۰ | ۳۱۰ | ۱۳۰۰ |
| ۱۱۷ | -/۳۴۵ | ۴۳۵ | ۱۵۰ | ۹۹۰ | ۳۳۰ | ۱۴۰۰ |
| ۱۳۷ | -/۳۹ | ۳۹۰ | ۱۶۰ | ۱۰۱۰ | ۳۷۰ | ۱۵۰۰ |
| ۱۷۶ | -/۴۳۵ | ۳۷۰ | ۱۹۰ | ۱۱۴۶ | ۳۹۲ | ۱۶۰۰ |
| ۱۲۳ | -/۵۱ | ۳۱۰ | ۱۵۰ | ۱۱۲۶ | ۳۰۹ | ۱۶۰۰ |

افزایش
ضریب
انتقال
حرارت

افزایش
مقاومت
فشاری

توجه: اعداد و ارقام جدول با کیفیت بهینه سیمان، ماسه، آب (عمل آوری) و سایر مصالح استفاده شده معتبر است.

بتن سبک غیر سازه ای - بتن کفی

نسبت مقدار ماسه و سیمان مورد نیاز برای تولید یک متر مکعب بتن سبک

| مقدار سیمان و ماسه (کیلوگرم بر متر مکعب) | | | | | | فقط سیمان کیلوگرم | وزن مخصوص بتن سبک (کیلوگرم بر متر مکعب) |
|--|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|----------------------|--|
| ۱:۳ | | ۱:۲ | | ۱:۱ | | | |
| سیمان کیلوگرم | ماسه کیلوگرم | سیمان کیلوگرم | ماسه کیلوگرم | سیمان کیلوگرم | ماسه کیلوگرم | | |
| ۳۸۰ | ۱۱۴۵ | | | | | - | ۱۶۰۰ |
| ۳۶۰ | ۱۰۷۵ | | | | | - | ۱۵۰۰ |
| ۳۳۰ | ۹۹۵ | | | | | - | ۱۴۰۰ |
| ۳۱۰ | ۹۳۰ | | | | | - | ۱۳۰۰ |
| ۲۹۰ | ۸۶۰ | | | | | - | ۱۲۰۰ |
| | | ۳۴۵ | ۶۹۰ | | | - | ۱۱۰۰ |
| | | ۳۱۵ | ۶۳۰ | | | - | ۱۰۰۰ |
| | | ۲۸۰ | ۵۶۰ | ۴۱۰ | ۴۱۰ | - | ۹۰۰ |
| | | | | ۳۶۵ | ۳۶۵ | ۵۸۰ | ۸۰۰ |
| | | | | ۳۲۰ | ۳۲۰ | ۵۴۰ | ۷۰۰ |
| | | | | | | ۵۱۰ | ۶۰۰ |
| | | | | | | ۳۷۵ | ۶۰۰ |
| | | | | | | ۴۵۵ | ۵۵۰ |
| | | | | | | ۴۲۵ | ۵۰۰ |
| | | | | | | ۳۷۵ | ۴۵۰ |
| | | | | | | ۳۴۰ | ۴۰۰ |
| | | | | | | ۳۰۰ | ۳۵۰ |
| | | | | | | ۲۵۰ | ۳۰۰ |

توجه: مقدار ماده پروتئین برای هر متر مکعب حداکثر ۲/۵ لیتر می باشد.

بتن سبک غیر سازه ای-بتن کفی

عمل آوری طبیعی (هوای آزاد)

با مرطوب نگه داشتن بتن

روش های تسریع زمان گیرش بتن کفی:

۱- استفاده از بخار

پس از ۵ تا ۶ ساعت در معرض بخار قرار گیرد (مشابه بتن معمولی).

۲- استفاده از هوای گرم

قرارگیری بتن کفی تازه تولید شده در تونل های گرم

۳- روش غیر طبیعی

استفاده از افزودنی ها (افزودن ۱ تا ۲ درصد تسریع کننده)

بتن سبک غیر سازه ای-بتن کفی

با کاهش و افزایش حباب های موجود در این بتن، وزن مخصوص های مختلفی به دست می آید و این تغییر وزن مخصوص در کاربرد آن نقش اساسی دارد.

کاربرد بتن کفی با وزن مخصوص ۴۰۰ الی ۷۰۰ کیلوگرم در متر مکعب:

- شیب بندی سقف ها
- کف بندی ساختمان
- به عنوان پرکننده انبوه
- نگهدارنده تأسیسات عبوری و ایزولاسیون دیوارها
- میزان جذب آب نزدیک به صفر (بتن شناور)
- نفوذپذیری بسیار کم در مقابل آب و بخار (استفاده در ساخت استخر و سردخانه و غیره)
- دیواره های کوره که مستقیماً با حرارت سرو کار دارند

بتن سبک غیر سازه ای-بتن کفی

بلوک های پیش ساخته شده بتن سبک کفی

➤ دیوارهای خارجی

➤ دیوارهای جداکننده

انتقال بتن کفی با کمک فشار هوا تا حداکثر ۱۰ متر افقی و ۵ متر ارتفاع توصیه می شود تا خصوصیات آن دچار تغییر نشود

بتن سبک غیر سازه ای-بتن گازی اتوکلاو شده (بخار) (بتن اسفنجی اتوکلاوی)

➤ در سال ۱۹۲۰ میلادی توسط دکتر اکسل اریکسون ابداع گردید.

➤ مخلوط آهک، سیلیس، پودر سیمان و پودر آلومینیوم ماده ای بتنی ایجاد می کند که متخلخل و بسیار سبک می باشد. اما این محصول مقاومت زیادی نداشت.

➤ عمل آوری بتن گازی در حرارت و فشار زیاد،  بتن متخلخل با مقاومت بالا

➤ عایق خوب به علت وجود حباب های گاز

بتن سبک غیر سازه ای-بتن گازی

بتن پوک و سبک (وزن مخصوص در حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد وزن مخصوص بتن عادی)

استفاده از افزونه (پودر آلومینیوم تا حدود ۰.۵٪) در ملات اولیه ← افزایش حجم بتن
(حدود ۵ برابر حجم اولیه)

کاربردها

- عایقکاری
- مقاومت در مقابل آتش

بتن سبک غیر سازه ای – بتن گازی

انواع بتن گازی به لحاظ عمل آوری:

➤ فضای آزاد

➤ در بخارخانه (رطوبت - دما)

➤ در گرم خانه (اتوکلاو) (رطوبت - دما - فشار هوا)

انواع بتن گازی به لحاظ وزن مخصوص

➤ وزن مخصوص ۴۰۰ الی ۹۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب برای بلوکهای ساختمانی غیرباربر و

همچنین بلوکهای تزئینی و پانل ها

➤ وزن مخصوص ۱۰۰۰ الی ۱۸۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب برای قطعات باربر و مسلح

بتن سبک غیر سازه ای - بتن گازی

مصالح و مشخصات مورد نیاز برای تولید یک مترمکعب بتن گازی تولید شده در بخارخانه

| مصالح | مقدار | مشخصات | مقدار |
|----------------|-------------|----------------------|-------------------------|
| پودر آلومینیوم | ۵۰۰ گرم | فشار بخار آب | ۸ تا ۱۰ بار |
| ماسه سیلیسی | ۴۰۰ کیلوگرم | وزن فضایی | ۷۷۰ کیلوگرم بر متر مکعب |
| گردآهک زنده | ۱۴۰ کیلوگرم | فضای خالی | ٪۶۵ |
| سیمان | ۳۵ کیلوگرم | مقاومت فشاری ۲۸ روزه | ۶ مگاپاسکال |

بتن سبک غیر سازه ای-بتن گازی

علت پوکی بتن سبک گازی اتوکلاو

➤ واکنش پودر آلومینیوم با هیدرواکسید کلسیم و آب

تولید هیدروژن.



➤ **افزایش حجم ملات تا حدود دو برابر** توسط گاز هیدروژن (توسط حبابهای گازی با قطر حدود ۳ میلیمتر)

➤ در پایان عملیات شکل دهی، **جایگزینی هوا توسط هیدروژن** (هیدروژن به اتمسفر می گریزد)

بتن سبک غیر سازه ای – بتن گازی

کاربردها:

➤ کفسازی پشت بام یا طبقات

➤ ساخت ساختمان های پیش ساخته

➤ پوشش سطح جاده ها و فرودگاه ها و پیاده روها (مقاومت در برابر یخزدگی و عدم جذب رطوبت)

بتن سبک غیر سازه ای - بتن گازی

| | | |
|--|---|-----------------------------|
| صرفه جویی در هزینه های حمل و نقل قطعات پیش ساخته (تولید صنعتی) | مقاومت در برابر یخ زدگی | عایق رطوبت |
| کاهش بار مرده و در ادامه کاهش مصرف مصالح و سبک سازی ساختمان | مقاومت در مقابل نفوذ آب | عایق گرما و سرما |
| جلوگیری از استهلاک سیستم های سرمایش و گرمایش | مصرف راحت و سریع | عایق صوت |
| سرعت در اجرا به دلیل سیال بودن بتن سبک که در نتیجه آن عمل بتن ریزی به مراتب و بدون نیاز به ویبره سریع تر از بتن معمولی انجام می شود. | صرفه جویی در حمل مصالح از نظر وزن | انقباض مطلوب در حین خشک شدن |
| صرفه جویی در هزینه های مصرف انرژی (نفت، گاز و برق و ...) به دلیل تبادل حرارتی و برودتی کمتر بتن سبک | نسبت مقاومت فشاری مناسب به وزن | کاهش ضایعات بلوک ها |
| عمر مفید بیش تر قالب فلزی (ضریب تکرار بیش تر قالب در سیستم بتن سبک) | کارکردن با این بتن نیاز به تخصص خاصی ندارد. | مقاومت بیش تر در مقابل حریق |
| افزایش قابل توجه عمر مفید ساختمان (بیش از صد سال) | حداقل تأثیرات زیست محیطی | خاصیت خود جذب و دفع آب |
| سرعت اجرا نیز نسبت به آجر و سفال تا ۲ الی ۳ برابر افزایش می یابد. | توانایی ذخیره و آزاد کردن انرژی در طول زمان | راحتی در بردن و میخکوبی آن |

بتن سبک غیر سازه ای-بتن با حباب هوا

خصوصیات حباب هوا در بتن:

➤ بهبود شرایط ساخت و اجرا

➤ افزایش مقاومت نهایی بتن

➤ افزایش کارایی (کاهش نسبت آب به سیمان)

➤ مقاومت در برابر یخبندان (ایجاد حباب هوا، باعث افزایش کارایی در شرایط یخبندان، افزایش مقاومت در برابر ذوب و یخبندان)

➤ مقاومت در برابر مواد یخزدا (از بین برنده یخ و برف) (ممانعت از پوسته شدن و فرسایش سطح بتن)

➤ مقاومت در برابر سولفات‌ها

➤ مقاومت فشاری و آب بندی (بالا بودن کارایی منجر به تقلیل نسبت آب به سیمان و در نتیجه افزایش مقاومت فشاری، افزایش مقاومت در برابر سایش و آب بندی)

نکته: آثار استفاده از مواد یخزدا: پوسته شدن سطح بتن و نهایتاً تخریب

عدم استفاده از مواد یخزدا مخرب (نیترات آمونیوم یا سولفات آمونیوم) دارای واکنش سریع شیمیایی با بتن

بتن سبک غیر سازه ای-بتن پوکه سنگی

انواع سنگدانه های مصرفی:

- پوکه سنگ معدنی
- سنگ پا
- پوکه آهنگدازی

بتن سبک غیر سازه ای - بتن پوکه سنگی

پوکه سنگ معدنی

- تولید شده از: کف مواد مذاب آتشفشانها با ۶۰ تا ۶۵٪ سیلیس
- پوک و غیر بلوری (تا ۸۵٪ حجم آنها خالی)
- واکنش با آب آهک ← سیلیکات کلسیم
- وزن حجمی: ۳۵۰ تا ۶۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب (وزن حجمی بتن با پوکه معدنی ۶۰۰ تا ۱۰۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب)
- جذب آب: ۳۰ تا ۵۰٪ (کاهش میزان جذب آب با حذف دانه های ریزتر از ۰/۱ میلیمتر)
- مقاومت فشاری ۲۸ روزه: ۲/۵ تا ۵ مگاپاسکال

بتن سبک غیر سازه ای - بتن پوک که سنگی

سنگ پا:

- تولید شده از: کف سنگ بازالت (جنس آن سیلیکات آلومینیوم تا ۵۰٪ وزنش SiO_2)
- معادن: قروه در کردستان، سنگ پای قزوین و رشته کوه غربی آذربایجان
- وزن حجمی: ۷۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب (نزدیک به ۷۰٪ حجم آن خالی و عایق حرارتی)

مقاومت فشاری:

- مقاومت فشاری بتن: ۳۰ مگاپاسکال (با عیار ۲۷۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم سیمان در مترمکعب)
- مقاومت فشاری بتن: ۲.۵ تا ۵ مگاپاسکال (با عیار ۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم سیمان در مترمکعب)

بتن سبک غیر سازه ای – بتن پوک که سنگی

خصوصیات سنگ پا

- بخشی از دوغاب سیمان به سوراخهای سنگ پا رفته و اثر چسبندگی ندارد
- انقباض کمی بتن
- جذب آب اندک سنگدانه ها
- اجرای بتن ریزی بدون تراکم (حداقل شدن چسبندگی سنگدانه به یکدیگر)
- عدم نیاز به آزمایش کارایی یا اسلامپ
- عدم جداسدگی سنگدانه ریز یا درشت و امکان ریختن بتن از ارتفاع قابل ملاحظه (سنگدانه تک اندازه)

بتن سبک غیر سازه ای - بتن پوکه سنگی

پوکه آهنگدازی:

از دمیدن آب یا بخار آب بر روی خمیر تفاله آهنگدازی (به شکل پوکه ماسه)

وزن حجمی: ۶۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب (۷۵٪ حجم آن خالی)

موارد مصرف پوکه آهنگدازی:

➤ قبل از آسیاب شدن: در ساختن بتن سبک (مانند پوکه معدنی)

➤ بعد از آسیاب شدن: جایگزین سیمان (به عنوان مواد شبه سیمانی)

بتن سبک غیر سازه ای - بتن بدون ریزدانه

خصوصیات

- ترکیبی از سنگدانه های درشت (۱۰ تا ۲۰ میلیمتر) و تک اندازه با سیمان و آب (بدون تراکم)
- فضای خالی این بتن (پوکی): بین ۲۵ تا ۴۰ درصد
- درصد جذب آب به صورت وزنی: حدود ۱۵ تا ۲۵ درصد
- کمتر به صورت مسلح مصرف می شود
- جمع شدگی کمتر از بتن معمولی است

بتن سبک غیر سازه ای-بتن بدون ریزدانه

خصوصیات

➤ کمتر بودن قابلیت انتقال حرارتی از بتن معمولی با سنگدانه مشابه

➤ نفوذپذیری زیاد (زهکش و تثبیت شده)

➤ خاصیت ناچیز موئینگی

➤ مقاوم در برابر یخبندان

➤ جاذب صوت (نه عایق صوت)

بتن سبک غیر سازه ای - بتن بدون ریزدانه

مقاومت فشاری

1. با سنگدانه
2. با سنگدانه
3. مدول الاستیسیته
4. نسبت مقارنتی
5. مقاومت کششی کمتر نسبت به بتن

| آزمایش | نوع نمونه | نیرو (کیلو نیوتن) | طول (میلی متر) | ارتفاع (میلی متر) | عرض (میلی متر) | مقاومت کششی (مگاپاسکال) | متوسط مقاومت کششی (مگاپاسکال) |
|--------|--------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------------|-------------------------------|
| ۱ | بدون ریزدانه | ۱۸/۶ | ۴۵۰ | ۱۵۰ | ۱۵۰ | ۲/۴۸ | ۲/۷۵ |
| ۲ | بدون ریزدانه | ۱۸/۲ | ۴۵۰ | ۱۵۰ | ۱۵۰ | ۲/۴۳ | |
| ۳ | بدون ریزدانه | ۱۸/۸ | ۴۵۰ | ۱۵۰ | ۱۵۰ | ۲/۵۱ | |
| ۴ | بدون ریزدانه | ۲۱/۶ | ۴۵۰ | ۱۵۰ | ۱۵۰ | ۲/۸۸ | |
| ۵ | معمولی | ۳۱/۸ | ۴۵۰ | ۱۵۰ | ۱۵۰ | ۴/۲۴ | ۴/۳ |
| ۶ | معمولی | ۳۱/۳ | ۴۵۰ | ۱۵۰ | ۱۵۰ | ۴/۱۷ | |
| ۷ | معمولی | ۳۳/۶ | ۴۵۰ | ۱۵۰ | ۱۵۰ | ۴/۴۸ | |

| | | | | |
|----|--------|-----|-------|------|
| ۷ | معمولی | ۷۹۷ | ۲۲۵۰۰ | ۳۵/۴ |
| ۸ | معمولی | ۸۱۲ | ۲۲۵۰۰ | ۳۶/۱ |
| ۹ | معمولی | ۸۰۶ | ۲۲۵۰۰ | ۳۵/۸ |
| ۱۰ | معمولی | ۸۰۱ | ۲۲۵۰۰ | ۳۵/۶ |
| ۱۱ | معمولی | ۸۰۴ | ۲۲۵۰۰ | ۳۵/۷ |
| ۱۲ | معمولی | ۸۰۲ | ۲۲۵۰۰ | ۳۵/۶ |

۳۵/۷

بتن سبک غیر سازه ای - بتن بدون ریزدانه

سنگدانه

➤ سبکدانه درشت: وزن مخصوص بتن سبک یا نیمه سبک: ۶۵۰-۱۰۰۰ کیلوگرم در مترمکعب

➤ سنگدانه معمولی: وزن مخصوص: ۱۶۰۰ تا ۲۰۰۰ کیلوگرم در مترمکعب

➤ بهتر است: سنگدانه های گرد گوشه یا نیمه شکسته

➤ ۵ درصد ذرات بزرگتر و ۱۰ درصد ذرات ریزتر در این نوع سنگدانه تک اندازه مجاز است

➤ نباید ذرات ریزتر از ۴/۷۵ میلیمتر در آن مشاهده شود

➤ نسبت حجمی سیمن به سنگدانه: ۱ به ۸ تا ۱ به ۱۰

بتن سبک غیر سازه ای - بتن بدون ریزدانه

مشخصات نسبت‌های مختلف طرح اختلاط در بتن بدون ریزدانه

| جرم حجمی (کیلوگرم بر متر مکعب) | مقاومت فشاری (مگاپاسکال) | نسبت آب به سیمان | حجمی سنگدانه بر سیمان |
|-----------------------------------|-----------------------------|------------------|--------------------------|
| ۲۰۲۰ | ۱۴/۴ | ۰/۳۸ | ۶ |
| ۱۹۷۰ | ۱۲ | ۰/۴ | ۷ |
| ۱۹۴۰ | ۱۰ | ۰/۴۱ | ۸ |
| ۱۸۷۰ | ۷ | ۰/۴۵ | ۱۰ |

کاهش جرم حجمی

کاهش مقاومت فشاری

افزایش آب به سیمان

افزایش سنگدانه به سیمان

بتن سبک غیر سازه ای-بتن بدون ریزدانه

کاربردها

- برای روسازی و پیاده‌رو سازی اطراف درختان و یا پارکینگها (به دلیل نفوذپذیری)
- در دیوارهای باربر با طبقات کم
- برای ایجاد نفوذپذیری در جاده سازی به عنوان لایه اساس یا زیر اساس
- به عنوان یک لایه بتن مگر نفوذپذیر در زیر دال کف یا شالوده منابع آب بتنی

بتن سبک غیر سازه ای-بتن خاک اره ای

خصوصیات:

- دارای مقاومت پیوستگی زیاد
- کارایی بالا (اسلامپ بین ۲۵ تا ۵۰ میلیمتر)

بتن سبک غیر سازه ای – بتن خاک اره ای

کاربردها:

- ساخت بلوکهای بتنی برای کاربرد سازه ای و غیر سازه ای
- عایقکاری صوتی
- بلوکهای کفسازی
- پانلهای دیوار
- پانل کف
- قالبهای ماندگار

بتن سبک غیر سازه ای – بتن با کارایی زیاد

خصوصیات

➤ روانی مناسب (اسلامپ ۱۷/۵ تا ۲۳ سانتیمتر) (استفاده از فوق روانکننده جهت افزایش کارایی بتن اسلامپ ۵۰ تا ۷۵ میلیمتر به اسلامپ ۱۷۵ تا ۲۳۰ میلیمتر)

➤ قابلیت جای دهی و متراکم شدن با انرژی کم

➤ جداشدگی دانه بندی و کاهش اسلامپ در حین انتقال

راهکارها:

✓ الزام ارائه طرح اختلاط مناسب

✓ افزایش مقدار ماسه و کاهش شن به مقدار ۴ تا ۵ درصد (افزایش ده درصدی ماسه در صورت استفاده از ماسه درشت)

بتن سبک غیر سازه ای - بتن با کارایی زیاد

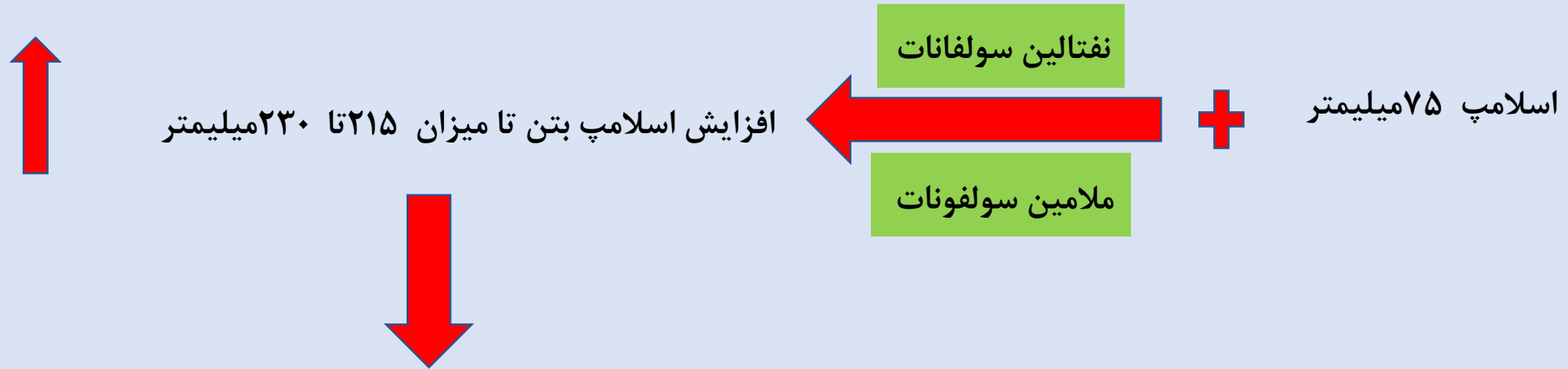
جدول (۶-۳۶) نسبت‌های اختلاط برای بتن با کارایی زیاد*

| ردیف | نوع | نسبت‌های اختلاط | | | | نسبت آب به سیمن |
|------|--|-----------------|------|------|-----|-----------------|
| | | سیمن نوع ۱ | ماده | شن | آب | |
| ۱ | مخلوط کنترل (سلاب ۲۵ میلی‌متر) | ۵۲۲ | ۱۹۲۸ | ۱۷۳۸ | ۲۹۱ | ۰/۲۷ |
| ۲ | مخلوط کنترل (سلاب ۲۳۰ میلی‌متر) | ۵۰۵ | ۱۳۷۸ | ۱۶۷۶ | ۲۸۸ | ۰/۵۸ |
| ۳ | بتن با کارایی زیاد (سلاب ۲۳۰ میلی‌متر) | ۵۲۲ | ۱۹۲۳ | ۱۷۳۱ | ۲۹۱ | ۰/۲۷ |
| ۴ | بتن با کارایی زیاد (سلاب ۲۳۰ میلی‌متر) | ۵۳۰ | ۱۹۱۵ | ۱۷۳۲ | ۲۹۳ | ۰/۲۷ |

(* مقدار هوا در بتن تازه بین ۵/۸ تا ۶/۷ درصد و در بتن سخت شده حدود ۳ درصد بوده است.

** مواد افزودنی به صورت مخلوط هستند ولی نسبت مزبور به صورت درصدی از وزن ماده‌ی جامد به وزن بتن ذکر شده است.

بتن سبک غیر سازه ای-بتن با کارایی زیاد



بازگشت به اسلامپ اولیه (پس از ۳۰ تا ۶۰ دقیقه)

✓ بتن با اسلامپ زیاد بدون مواد افزودنی کاهنده آب، میزان افت اسلامپ بسیار کمتر

بتن سبک غیر سازه ای - بتن با کارایی زیاد

جدول (۱-۱۸): مزایا و محدودیت‌های بتن با کارایی بالا

| محدودیت‌ها | مزایا | |
|---------------------------|---|-----------------------------------|
| نیاز به قالب‌بندی آب‌بندی | بتن‌ریزی با استفاده از ترمی | بدون نیاز به ویبره مقاطع سطحی |
| کنترل دقیق طرح اختلاط | سهولت بتن‌ریزی در مقاطعی که تراکم میلگرد وجود دارد. | امکان تولید سطوح یکنواخت و متراکم |
| افزایش هزینه طرح اختلاط | افزایش سرعت بتن‌ریزی | پمپاژ سریع بتن |

بتن خود تراکم (خود تراز)

این نوع بتن برای نخستین بار در سال ۱۹۸۶ در ژاپن معرفی شد.

تعریف

بتن خود تراکم بتنی است که تحت وزن خود جاری شده و ضمن حفظ همگنی خود، بدون نیاز به ویبراتور، تمامی قالب را پر کرده و شکل ظرف را به خود بگیرد.

با داشتن کارایی بسیار زیاد این بتن در اجراء، خطر جدایی سنگدانه ها و خمیر را نداشته و در عین حال از مقاومت زیاد و دوام نسبتاً بالایی برخوردار است.

بتن خود تراکم (خود تراز)

مشخصات فنی بتن خود تراکم:

- دارای اسلامپ بیش از ۶۰۰ میلیمتر در حالت معمولی و بدون جداشدگی
- در صورت نیاز، حفظ روانی خود به مدت ۹۰ دقیقه
- قابلیت ۹۰ دقیقه پمپ شدن در ۱۰۰ متر لوله
- مقاومت ۲۸ روزه آن در حدود ۲۵ تا ۶۰ مگاپاسکال
- مقاومت در برابر سیکل های انجماد- ذوب شدن

بتن خود تراکم (خود تراز)

خصوصیات بتن خود تراکم:

- افزایش سرعت اجرا
- امکان بتن ریزی در مقاطع ظریف پر میلگرد
- عدم نیاز به کارگران ماهر و بهره زن
- عدم آلودگی صوتی به دلیل عدم استفاده از ویبراتور
- امکان کار در شب در مناطق شهری

بتن خود تراکم (خود تراز)

توصیه هایی در ارتباط با بتن خود تراکم:

- هزینه بالاتر خرید بتن های خود تراکم آماده از بتنهای آماده معمولی
 - جلوگیری از اضافه کردن آب به محموله بتن توسط راننده تراک میکسر
 - عمل آوری این بتن باید با فاصله کمی بعد از بتن ریزی شروع شود
 - عدم استفاده از ویبره در بتنهای خود تراکم (باعث ته نشینی درشتدانه ها) میشود.
 - مسأله گلوله شدن (مخلوط نشدن) مصالح.
- راه حل: ساخت بتنی با قوام کمتری نسبت به بتن خود تراکم و افزودن فوق روان کننده و آب جهت افزایش قوام بتن تا حد لازم**
- عدم قطع عملیات بتن ریزی در حین اجرا

الف – مواد تشکیل دهنده بتن خود تراکم (خود تراز)

سنگدانه، سیمان، مواد افزودنی و آب

➤ سنگدانه ها: ماسه (ریزدانه) و شن (درشت دانه)

ماسه شکسته و یا گرد گوشه اعم از سیلیسی و یا آهکی

ذرات ریزتر از ۱۲۵ میکرون (پودر) بر خواص روانی بتن خود تراکم می افزایند

حداکثر اندازه معمولی دانه ها ۱۶ تا ۴۰ میلیمتر

استفاده از سنگدانه شکسته سبب افزایش مقاومت بتن خود تراکم **(به دلیل افزایش قفل و بست بین ذرات)**

سنگدانه گرد گوشه موجب افزایش روانی **(به دلیل کاهش اصطکاک داخلی)**

الف – مواد تشکیل دهنده بتن خود تراکم (خود تراز)

سیمان:

تمامی انواع سیمان های استاندارد

انتخاب نوع سیمان بستگی به پارامترهای مورد انتظار بتن مثل مقاومت، دوام و غیره

عیار سیمان ۳۵۰ تا ۴۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب

عیار سیمان بیشتر از ۵۰۰ (کیلوگرم بر متر مکعب) منجر به افزایش خطر جمع شدگی و

عیار سیمان کمتر از ۳۵۰ (کیلوگرم بر متر مکعب) نیز فقط در صورت استفاده از **مواد پوزولانی، خاکسترهای بادی، دوده سیلیسی و غیره**

الف – مواد تشکیل دهنده بتن خود تراکم (خود تراز)

مواد افزودنی:

- مصالح بسیار ریز غیر آلی (به منظور بهبود و یا ایجاد خواص مشخص در بتن)
- بهبود کارایی، کاهش حرارت هیدراتاسیون و عملکرد بهتر بتن در دراز مدت

الف – مواد تشکیل دهنده بتن خود تراکم (خود تراز)

مواد افزودنی های عمومی:

➤ پودر سنگ: ذرات شکسته بسیار ریز (کوچکتر از ۱۲۵ میکرون) سنگ آهک، دولومیت و یا گرانیت

عدم استفاده از پودرهای دولومیتی (برهم زدن دوام بتن به علت واکنش کربنات قلیایی)

➤ خاکستر بادی: موجب بهبود خواص بتن مؤثر (ماده حاصل از سوختن زغال سنگ و دارای خصوصیات پوزولانی)

➤ میکروسیلیس: دارای حدود ۹۰ درصد دی اکسید سیلیس

موجب افزایش سیالیت بتن

موجب افزایش دوام بتن

نقش مهمی در چسبندگی و پرکنندگی بتن با عملکرد بالا

الف – مواد تشکیل دهنده بتن خود تراکم (خود تراز)

انواع مواد افزودنی: (موجب کاهش مصرف آب تا حدود ۲۰٪)

- فوق روان کننده ها به منظور ایجاد کارایی مناسب
- اصلاح لزجت به منظور اصلاح لزجت (کاهش جداشدگی دانه بندی در صورت حضور پودرها)
- حبابزا به منظور بهبود مقاومت در برابر یخزدگی و آب شدن،
- کندگیرکننده ها به منظور کنترل گیرش

ب- طرح اختلاط بتن خود تراکم (خود تراز)

سه شیوه مختلف برای تولید بتن خود تراکم:

۱- میزان مولد پودری افزایش پیدا می کند،

۲- از مواد لزوج کننده استفاده می شود

۳- ترکیبی از دو حالت قبل

میزان فوق روان کننده مصرفی نسبت به بتن معمولی در هر سه حالت افزایش مییابد.

بتن خود تراکم (خود تراز)

استفاده از روشهای حجمی به جای وزنی

حدود مقادیر حجمی ترکیب بتنهای خود تراکم عبارتند از:

- حداکثر نسبت حجمی آب به پودر (مصالح با حداکثر سائز ۰/۱۲۵ میلیمتر)
- نسبت آب به سیمان بین ۰/۸ تا ۱/۱ (این مصالح شامل سیمان و فوق روان کنندهها است)
- مقدار حجم کل پودر در متر مکعب بین ۱۶۰ تا ۲۴۰ لیتر (حدود ۴۰۰ تا ۶۰۰ کیلوگرم)
- حجم شن بین ۲۸ تا ۳۵ درصد حجم مخلوط
- حجم آب کمتر از ۲۰۰ لیتر بر متر مکعب بتن
- ماسه، مابقی حجم مخلوط

بتن خود تراکم (خود تراز)

جدول (۱-۲۲): نسبت‌های اختلاط نهایی بتن خود تراکم مصرفی در پروژه واقعی (برای یک متر مکعب بتن)

| ماده | ماده اصلاح کننده | فوق روان کننده | پودر سنگ (فیلر) | آب | سیمان | شن ۱۲-۲۰ میلی متر | شن ۶-۱۲ میلی متر | ماسه ۰-۶ میلی متر | مصالح |
|--------|------------------|----------------|-----------------|--------|-----------|-------------------|------------------|-------------------|-------|
| (لیتر) | لزجت (لیتر) | (لیتر) | (کیلوگرم) | (لیتر) | (کیلوگرم) | (کیلوگرم) | (کیلوگرم) | (کیلوگرم) | |
| ۲/۷ | ۲ | ۳/۶ | ۱۰۰ | ۱۶۷ | ۴۰۰ | ۳۷۰ | ۱۶۰ | ۱۲۰۰ | مقدار |

پ- روشهای کنترل کیفیت بتن خود تراکم (خود تراز)

عدم وجود استاندارد خاصی برای پذیرش بتن خود تراکم
شش آزمایش متعارف به عنوان آزمایشهای مورد قبول برای سنجش ویژگیهای بتن خود تراکم

جدول (۱-۲۳): آزمایشهای مطرح برای سنجش کیفیت بتن خود تراکم

| محدوده نتایج مورد قبول | | واحد | روش آزمایش |
|------------------------|-------|-------------|--------------------------|
| حداکثر | حداقل | | |
| ۸۱۰ | ۴۵۵ | میلی متر | جریان اسلامپ مخروط آبرام |
| ۵ | ۲ | ثانیه | جریان اسلامپ |
| ۲۵ | ۰ | میلی متر | حلقه J |
| ۱ | ۰/۸ | (h_2/h_1) | جعبه $L (h_2/h_1)$ |
| ۳۰ | ۰ | میلی متر | جعبه $U (h_2-h_1)$ |
| ۱۲ | ۶ | ثانیه | قیف V |

پ- روشهای کنترل کیفیت بتن خود تراکم (خود تراز)

آزمایش جریان اسلامپ مخروط آبرام:

- این آزمایش توسط کشورهای اروپایی ارائه شده
- اختلاف نتایج از یک طرح اختلاط بتن نباید بیش از ۵۰ میلیمتر اختلاف داشته باشند.
- قطر پخش شدگی بتن باید در محدوده ۴۵۵ الی ۸۱۰ میلیمتر باشد

پ- روشهای کنترل کیفیت بتن خود تراکم (خود تراز)

آزمایش جریان اسلامپ

- این آزمایش توسط انجمن مهندسين عمران ژاپن به منظور ارزیابی قابلیت تغییرشکل بتن تحت وزن خود بدون حضور هیچ قیدی به جز اصطکاک صفحه جریان براساس اصول آزمایش مخروط اسلامپ برای بتنهای معمولی تدوین شد.
- جداشدگی در صورت وقوع در اطراف لبه های توده پخش شده قابل مشاهده می باشد

پ- روشهای کنترل کیفیت بتن خود تراکم (خود تراز)

نحوه انجام آزمایش جریان اسلامپ :

حدود ۶ لیتر بتن

ابتدا بدنه داخلی مخروط اسلامپ کمی تر میشود.

سپس باید صفحه فلزی را روی سطح متعادلی محکم کرد. استوانه در مرکز صفحه قرار گرفته و داخل آن به کمک پیمانان از بتن پر میشود. هیچ ضربهای نباید به بدنه استوانه وارد شود.

سپس مخروط را به صورت عمودی بالا کشیده و اجازه میدهند بتن آزادانه به بیرون جریان یابد. در همین لحظه زمان سنج را فعال نموده و زمانی را که طول میکشد تا بتن به قطر ۵۰۰ میلیمتر برسد ثبت میکنند.

قطر نهایی بتن پهن شده را در دو جهت عمود برهم اندازه گیری نموده میانگین آنها به عنوان قطر نهایی بتن پهن شده (۵۰۰ میلیمتر) ثبت می شود.

مدت زمان مورد قبول در این آزمایش: در محدوده ۲ تا ۵ ثانیه

پ- روشهای کنترل کیفیت بتن خود تراکم (خود تراز)

آزمایش حلقه

این آزمایش برای بتن خود تراکم با سنگدانه کوچکتر از ۲۵ میلیمتر مناسب است. قابلیت روانی و سرعت پخش بتن با توجه به وجود میلگردهای حلقه و جزییات توقف پخش بتن بررسی میشود.

در روش اجرای ساده این آزمایش پس از آماده سازی تجهیزات، آنها را با حوله ای مرطوب میکنیم تا نه خشک و نه تر باشند

پس از گذاشتن صفحه در سطح یکنواخت حدود ۶ تا ۷ لیتر بتن تازه توسط سطل آورده میشود و با یک دقیقه (± 1 ثانیه) تأخیر در داخل مخروط أبرام که در وسط رینگ قرار دارد ریخته میشود.

در کمتر از ۳۰ ثانیه مخروط بالا کشیده شده و بتن جاری میشود.

اگر متوسط قطر پخش شدگی نسبت به روش جریان اسلامپ کمتر از ۲۵ میلیمتر باشد کارایی بتن خوب و اگر بیش از ۵۰ میلیمتر باشد کارایی بتن ضعیف و بین این ارقام متوسط محسوب میشود.





آزمایش اسلامپ بتن خود تراکم

= 1.00

 IRAN CONCRETE CLINIC TV
021-45872
WWW.CLINICBETON.IR

کلینیک بتن ایران
دپارتمان آموزش



جامعه‌ی مجازی دانشجویان ایران

پ- روشهای کنترل کیفیت بتن خود تراکم (خود تراز)

آزمایش جعبه L

هدف: قابلیت روانی، انسداد و جداشدگی بتن

در این آزمایش از جعبه ای فلزی که L شکل است، استفاده میشود.

بخش قائم جعبه توسط دریچه ای با بخش افقی جدا شده است

در ابتدا بخش قائم جعبه به وسیله ۶ الی ۷ لیتر بتن بدون هیچ ویبره ای پر میشود

بعد از یک دقیقه دریچه مرز مشترک بالا کشیده میشود تا بتن پس از عبور از سفره میلگرد در بخش خالی جعبه (محفظه افقی) جریان یافته و با سطحی غیر یکنواخت توقف نماید.

پس از توقف کامل بتن، ارتفاع سطح انتهایی بتن در جعبه افقی (h_2) بر ارتفاع بتن در محفظه قائم (h_1) تقسیم میشود.

(h_2/h_1) = معیار سنجش عبورکنندگی (محدوده مجاز ۰/۸ الی ۱)

aparat.com/fahabbeton

پ- روشهای کنترل کیفیت بتن خود تراکم (خود تراز)

آزمایش جعبه U

هدف: قابلیت روانی، انسداد و جداسدگی بتن

در این آزمایش از جعبه ای فلزی که توسط دریچه ای به دو قسمت مساوی تقسیم شده است استفاده میشود

برای شروع آزمایش محفظه قائم بتن پر (حدود ۲۰ لیتر) میشود.

بعد از یک دقیقه دریچه مرز مشترک باز شده و بتن پس از عبور از سفره میلگرد در بخش خالی جعبه (محفظه

دوم) جریان یافته و در ارتفاعی که عموماً کمتر از ارتفاع بتن محفظه اول است توقف مینماید.

پس از توقف کامل بتن، ارتفاع سطح بتن از لبه جعبه در دو محفظه اول و دوم اندازهگیری می شود.

h_2-h_1 : معیار سنجش عبورکنندگی (مقدار مجاز حداکثر ۳۰ میلیمتر)

[aparat.com/fahabbeton](https://www.aparat.com/fahabbeton)

پ- روشهای کنترل کیفیت بتن خود تراکم (خود تراز)

آزمایش قیف

هدف: سنجش توانایی بتن برای تغییر جهت جریان و عبور از میان مقاطع مسلح و مقید بدون جداشدگی و وقوع انسداد در جریان

برای شروع آزمایش قیف از بتن پر (حدود ۱۲ لیتر) میشود.

زمان خروج کامل بتن از قیف بعد از بازشدن دریچه = معیار سنجش.

لازم است زمان اندازهگیری شده در محدوده ۶ تا ۱۲ ثانیه باشد

[aparat.com/fahabbeton](https://www.aparat.com/fahabbeton)

بتن با مقاومت زیاد

بتن با مقاومت زیاد باعث صرفه جویی قابل ملاحظه ای در

➤ در ابعاد قطعات سازه ای

➤ حجم مصالح مصرفی

➤ کاهش بارهای دایمی (مرده) سازه های بتن آرمه

بتن مقاومت بین ۲۰ تا ۴۰ مگاپاسکال ← بتن معمولی

بتن با مقاومت بیش از ۴۰ مگاپاسکال ← بتن مقاومت بالا

بتن با مقاومت زیاد

نحوه تولید بتن با مقاومت بالا:

- به کارگیری نسبت های درست و مناسب ترکیبات بتن
- کاهش نسبت آب به سیمان
- استفاده از میکروسیلیس به عنوان جانشین بخشی از سیمان
- استفاده از سنگدانه های مقاوم و متراکم
- کاهش حداکثر اندازه سنگدانه

بتن با مقاومت زیاد

با پیشرفت سریع فناوری بتن در جهان، امکان تولید بتن های با مقاومت بالاتر افزایش یافته و نیز تعریف بتن با مقاومت بالا، روز به روز در حال تغییر است.

| بتن با مقاومت فشاری | امروزه (مگاپاسکال) | سال ۱۹۵۰ (مگاپاسکال) | ۱۹۶۰ الی ۱۹۷۰ (مگاپاسکال) |
|---------------------|--------------------|----------------------|---------------------------|
| پایین | کمتر از ۲۰ | | |
| متوسط | ۲۰ الی ۵۰ | | |
| بالا | ۵۰ الی ۸۰ | بیش از ۳۴ | بیش از ۵۲ |
| بسیار بالا | ۸۰ الی ۱۵۰ | | |
| فوق العاده زیاد | بیش از ۱۵۰ | | |

بتن با مقاومت زیاد

خصوصیات بتن مقاومت زیاد (بتن با عملکرد بالا یا بتن توانمند)

➤ نفوذپذیری کم

➤ کیفیت بسیار خوب

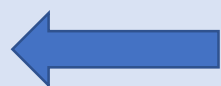
➤ دوام بسیار خوب در مقابل انواع شرایط نامناسب محیطی

➤ افزایش مقاومت زیاد از خوردگی ناشی از سولفات آمونیوم با استفاده از میکروسیلیس در بتن های توانمند

➤ کاهش تخریب ناشی از سایش (تا حدود ۵۰ درصد) با افزایش مقاومت (از ۵۰ به ۱۰۰ مگاپاسکال)

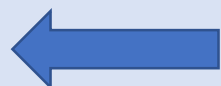
نکته:

تاثیر زیادی دارد



تاثیر نوع سنگدانه بر مقاومت سایشی در مقاومت‌های معمولی

تاثیر چندانی ندارد



تاثیر نوع سنگدانه بر مقاومت سایشی در مقاومت‌های بسیار زیاد

بتن با مقاومت زیاد

| محدودیت‌ها | | مزایا | | |
|-----------------------------|--|-------------------------------------|---|--|
| جزئیات اجرایی دشوارتر | شکل پذیری کم‌تر | افزایش مقاومت سایشی | سختی بیش‌تر | مقاومت فشاری بالا |
| بحرانی شدن تغییر شکل | پیچیده شدن میلگردگذاری | افزایش مقاومت خمشی | کاهش خزش و جمع‌شدگی | قالب‌برداری سریع‌تر |
| کاهش مدول الاستیسیته (مقطع) | مقاومت کم‌تر در مقابل آتش‌سوزی (پایین بودن نسبت آب به سیمان) | کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری سازه | مزیت اقتصادی آن در دیوار برشی و ستون سازه‌های بلند خصوصاً در دو سوم پایین ساختمان | دوام بیش‌تر به واسطه‌ی افزایش آب‌بندی و کاهش نفوذناپذیری |

الف روش ساخت: بتن با مقاومت زیاد

پارامترهای موثر بر مقاومت بتن با مقاومت زیاد:

- خواص مواد تشکیل دهنده
- نسبت های اختلاط مواد تشکیل دهنده بتن
- روش های اختلاط مواد تشکیل دهنده بتن
- جا دادن و تراکم بتن
- عمل آوردن بتن

الف روش ساخت: بتن با مقاومت زیاد

چهار روش جهت تولید بتن مقاومت بالا:

- انجام تراکم بهتر با اصلاح دانه بندی (در صورت عدم امکان تراکم مناسب، بهره گیری از بتن با روانی بالا)
- بهبود باند چسبنده بین دانه ها و خمیر سیمان (با افزایش مقدار مواد سیمانی)
- کاهش تخلخل بتن با کاهش نسبت آب به سیمان (استفاده از مواد افزودنی و عوامل خارجی تزریق سولفور یا پلیمری، گرما، فشار و غیره)
- عمل آوری بتن (روش های سخت شدن تحت فشار و دما) در ساخت بتن با مقاومت فولاد و بیشتر و تأمین مقاومت اولیه زیاد

ب- طرح اختلاط بتن با مقاومت زیاد

راهکار اول: کاهش نسبت آب به سیمان تا ۰/۲۲ و اصلاح دانه بندی مجموعه مصالح سنگی و سیمان

کاهش آب در صورتی مقدور است که از روان کننده های قوی و سازگار با سیمان استفاده شود. (ضمن کاهش آب مورد نیاز، روانی بتن افزایش یافته و مقدار جمع شدگی و خزش آن نیز کاهش می یابد)

راهکار دوم: اصلاح دانه بندی (به منظور ایجاد بتنی متراکم و کاهش خلل و فرج بسیار ریز بین ذره های ماسه و سیمان را می توان با به کار گرفتن برخی مصالح بسیار ریز مانند؛ دوده سیلیسی، خاکستر بادی، روباره و یا ترکیبی از آنها تأمین نمود).

روش اول به تنهایی قابل انجام است.

ترکیب روش دوم + روش اول (به صورت همزمان) ← مقاومتی در حدود ۹۰ تا ۱۴۰ مگاپاسکال

مقاومت سنگدانه ها در این بتن از عوامل محدود کننده است

ب- طرح اختلاط بتن با مقاومت زیاد

مقاومت بتن ۳۵۰ مگاپاسکال با استفاده از روشهای جدید و مصالح خاص

➤ محدود به شرایط آزمایشگاهی

➤ خصوصیات اقتصادی و اجرایی آن در کارگاه وجود دارد.

آب:

توصیه: استفاده از نسبت آب به سیمان کمتر از ۰/۴ (۰/۳ الی ۰/۵)
جهت کنترل کارایی (استفاده از فوق روان کننده ها) با حداکثر نسبت آب به سیمان ۰/۲۶

ب- طرح اختلاط بتن با مقاومت زیاد

سیمان:

➤ سیمان پرتلند نوع ۵

➤ پرتلند نوع ۲

➤ سیمان منبسط شونده در شرایط خاص

افزایش مقاومت بتن میتواند ناشی از افزایش مقدار سیمان باشد.

➤ افزایش سیمان منجر به افزایش درجه حرارت در بتن

افزایش درجه حرارت در بتن منتهی به ایجاد ترکهای جدی

راهکار: در صورت نیاز به استفاده از مقدار زیاد سیمان از حرارت زایی کم (نوع ۴) استفاده شود.

مقدار سیمان برای بتن مقاومت زیاد (۳۹۰ تا ۵۶۰ کیلوگرم در مترمکعب)

ب- طرح اختلاط بتن با مقاومت زیاد

سنگدانه ها:

سنگدانه ها در حدود ۶۰ تا ۹۰ درصد حجم بتن انتخاب نوع سنگدانه و دانه بندی مناسب موثر بر روی

➤ مقاومت

➤ نفوذپذیری

➤ دوام

➤ کارایی

➤ هزینه تمام شده بتن سخت

جنس سنگدانه ها مصرفی:

➤ مناسبترین سنگدانه (سنگدانه سیلیسی)

علت:

✓ تامین دوام طرح

✓ تامین اقتصاد طرح

➤ سنگدانه واکنش زا (شیست ها، سنگدانه های آهکی دگرگون نشده، توف ها)

بتن با مقاومت زیاد

مقاومت بتن با استفاده از سنگدانه های خاص:

سنگدانه های معدنی ← مقاومت فشاری تا ۲۳۰ مگاپاسکال
سنگدانه های سرامیکی ← مقاومت فشاری تا ۴۶۰ مگاپاسکال

مقاومت فشاری بتن نمیتواند از مقاومت قسمت عمده سنگدانه هایی که در بتن قرار دارد بیشتر شود

برای ساخت بتن مقاومت زیاد

مناسب تر

✓ هرچه تراکم سنگدانه ها بیشتر

✓ هر چه تخلخل سنگدانه ها کمتر

بتن با مقاومت زیاد

ویژگی های تاثیر گذار سنگدانه در بتن مقاومت زیاد:

➤ مقاومت

➤ جذب آب

➤ قدرت چسبندگی

بتن با مقاومت زیاد

آیا سنگدانه های مقاومت بالا برای بتن مقاومت

بالا بهترین دانه ها هستند؟

بتن با مقاومت زیاد

سنگدانه های مقاومت بالا برای بتن مقاومت بالا بهترین دانه ها نیستند
علت: مدول الاستیسیته متفاوت سنگدانه مقاومت بالا با سیمان منجر به تمرکز تنش می شود

بزرگترین اندازه قطر دانه درشت جهت مقاومت فشاری زیاد (با مقدار سیمان زیاد و نسبت آب به سیمان کم)

➤ برای مقاومت تا ۶۰ مگاپاسکال، اندازه شن ۱۹ الی ۲۵ میلیمتر

➤ برای مقاومت تا ۱۰۰ مگاپاسکال، اندازه شن ۹/۵ یا ۱۲/۵ میلیمتر باشد

ب- طرح اختلاط بتن با مقاومت زیاد

انواع مواد افزودنی:

۱- مواد هوازا (موثر در کاهش مقاومت بتن)

فقط وقتی مسأله دوام بتن در مقابل یخزدن و آب شدن

۲- کندگیر کننده ها

برای کاهش گرمای هیدراتاسیون ناشی از مصرف زیاد سیمان

افزایش کارایی بتن

۳- روان کننده (کاهنده آب)

کاهش آب ناشی از مصرف این مواد از ۵ تا ۱۰ درصد (جبران کاهش حجم کل مخلوط با افزایش ماسه)

۴- افزودنیهای معدنی یا پوزولان ها (دوده سیلیس (میکروسیلیس)، سرباره کوره، خاکستر بادی، خاکستر

پوسته برنج، روباره آهنگدازی آسیاب شده، پوزولانهای حاوی کوارتز و میکا و غیره)

ب- طرح اختلاط بتن با مقاومت زیاد

| ۵ | ۴ | ۳ | ۲ | ۱ | |
|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------------------|
| ۴۷۵ | ۵۶۴ | ۴۸۷ | ۴۷۵ | ۵۶۴ | سیمان (kg/m ³) |
| ۱۰۴ | - | - | ۵۹ | - | خاکستر بادی (kg/m ³) |
| ۷۴ | ۸۹ | ۴۷ | ۲۴ | - | میکروسیلیس (kg/m ³) |
| ۱۰۶۸ | ۱۰۶۸ | ۱۰۶۸ | ۱۰۶۸ | ۱۰۶۸ | شن (kg/m ³) |
| ۵۹۳ | ۵۹۳ | ۶۷۶ | ۶۵۹ | ۶۴۷ | ماسه (kg/m ³) |
| ۱۵۱ | ۱۴۴ | ۱۵۵ | ۱۶۰ | ۱۵۸ | آب (Li/m ³) |
| ۱۶/۴۵ | ۲۰/۱۲ | ۱۱/۲۳ | ۱۱/۶۱ | ۱۱/۶۱ | فوق روان کننده |
| ۱/۵۱ | ۱/۴۷ | ۰/۹۷ | ۱/۰۴ | ۱/۱۲ | دیرگیر کننده |
| ۰/۲۳۱ | ۰/۲۲ | ۰/۲۹۱ | ۰/۲۸۷ | ۰/۲۸۱ | نسبت آب به سیمان |
| ۱۱۹/۳ | ۱۳۱/۸ | ۹۶ | ۱۰۰/۴ | ۸۶/۵ | مقاومت فشاری ۹۰ روزه (مگاپاسکال) |

بتن غلتکی

تعریف انجمن بتن امریکا:

بتن متراکم شده با غلتک یا به عبارتی بتنی سخت نشده که با حرکت غلتک بر روی آن متراکم میشود را بتن غلتکی (رول کریت) یا به اختصار RCC می نامند.

خصوصیات:

- با حداقل خلل و فرج است
- مقاوم در برابر که نسبت به حمله عناصر و نمک های گزند بار
- دارای همان خصوصیات بتنهای معمولی درجا ریز و عمل آوری شده
- اسلامپ بتن غلتکی در حد صفر (قابلیت تحمل وزن غلتک متراکم کننده)
- ماشین آلات مورد استفاده (غلتک های سنگین از نوع چرخ فولادی ارتعاشی با چرخهای استوانه ای دو قلو)

ب- انواع بتن غلتکی: بتن غلتکی

۱- بتن غلتکی حجیم با عیار سیمان کم (عدم نیاز به مقاومت زیاد):

➤ مقدار سیمان: ۴۰-۱۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب

➤ در لایه های ۱۵۰ تا ۳۰۰ میلیمتری و کوبش توسط غلتک های لرزشی و یا لاستیکی (با وزن معادل ۹ تن) به علت حرارت زایی بسیار اندک این بتن استفاده از سرمایه در عمل آوری نیاز ندارد.

خصوصیات:

✓ کاهش مصرف سیمان

✓ هزینه قالب بندی در آنها کمتر است زیرا به صورت لایه لایه اجرا می شود.

✓ هزینه انتقال (این بتن با کامیونهای از عقب خالی شو حمل و با بولدوزرها پخش شده و با غلتکهای ویبره متراکم شود).

✓ خواص خزشی و حرارتی بتن غلتکی در محدوده بتن حجیم معمولی است.

✓ مدت ساخت به میزان زیادی کاهش مییابد.

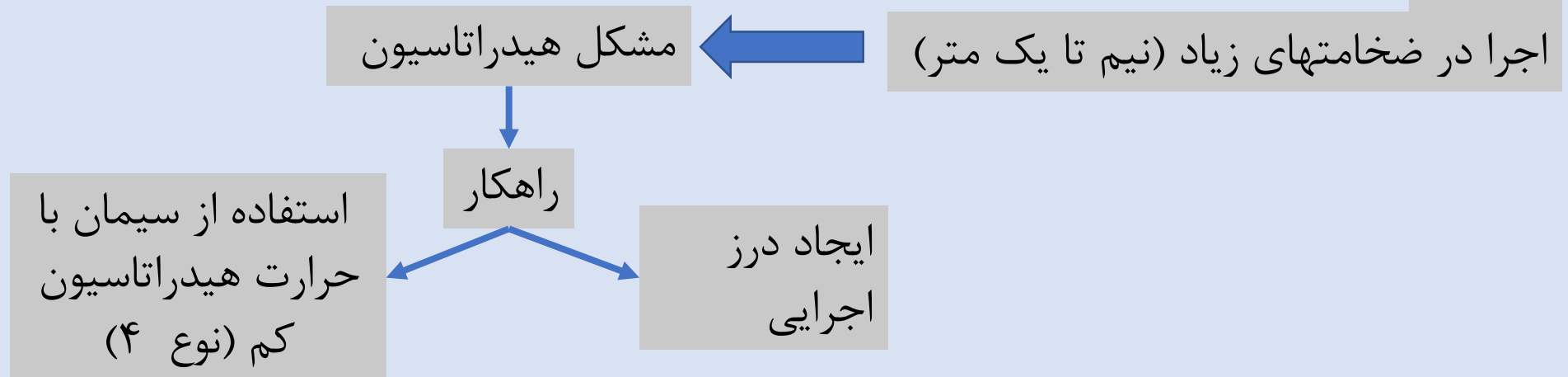
✓ مزیت اصلی استفاده از بتن غلتکی عامل اقتصادی است (که در پروژه های سد سازی این مزیت اقتصادی شامل کاهش حدود ۱۵ تا ۳۰ درصدی هزینه اجرا نسبت به بتن معمولی است)

ب) انواع بتن غلتکی: بتن غلتکی

۲- بتن غلتکی حجیم با عیار سیمان زیاد:

سیمان مصرفی: ۱۵۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم در متر مکعب (در برخی موارد جایگزینی بین ۶۰ تا ۸۰ درصد از آن با پوزولان) در لایه های ۱۵۰ تا ۳۰۰ میلیمتری ریخته (فقط با غلتکهای لرزشی کوبیده میشود)

نکته:



پ- محدودیتهای بتن غلتکی:

محدودیتهای بتن غلتکی:

- نوع میکسر (حجم زیاد بتن سازی پیوسته)
 - در هر جایی قابلیت اجرایی ندارد
 - روشهای محافظتی از بتن پرهزینه تر (با توجه به حجم وسیع کار)
 - امکان ایجاد درز سرد بین بتن تازه و سخت شده (به علت روانی کم و خشکی بتن غلتکی)
- راهکار:** استفاده از مخلوطهای با روانی زیاد به عنوان مخلوط بستر در لایه اولیه

مشخصات مصالح بتن غلتکی

نکات لازم:

- ۱- استفاده از ریزدانه های چسبنده با $PI < 5$ (ریزدانه های چسبنده باعث جذب آب شده و سپس برای رسیدن به کارایی مورد نظر نیاز به آب بیشتری خواهد بود و در نتیجه مقاومت بتن پایین میآید)
- ۲- عدم استفاده از سنگدانه های بزرگتر از ۷۵ میلیمتر (زیرا در حین حمل و نقل و پخش مصالح جدایی اتفاق میافتد)
- ۳- هر چه اندازه بزرگترین سنگدانه مصرفی بیشتر باشد عمل تراکم غلتک مشکلتر میشود (اگر ضخامت لایه ۳ برابر قطر سنگدانه مصرفی و بیشتر باشد این تأثیرگذاری کم میشود)
- ۴- کاربرد مواد افزودنی در بتن غلتکی زیاد نیست (در بعضی موارد از مواد کندگیر کننده)
- ۵- استفاده از سیمان با حرارت زایی کم (کم قلیا و مقاوم در مقابل سولفاتها)
- ۶- مصرف سیمانهای پوزولانی بین ۶۰ تا ۸۰ درصد در بتن
- ۷- میزان آب مصرفی بسته به کاربرد پوزولان حدود ۱۰۰ تا ۱۴۰ کیلوگرم بر متر مکعب

بتن پاشیده (شاتکریت)

تعریف:

بتن پاشیده فرایندی است که در آن بتن یا ملات بر روی یک سطح پاشیده میشود تا لایه ای متراکم، خود نگهدار و برابر ایجاد گردد.

کاربردها:

- در مواردی که شکل کار پیچیده یا قالب بندی مشکل و پر هزینه باشد (نیاز به حذف قالب بندی باشد)
- در بهسازی ساختمانها و پلها

بتن پاشیده (شاتکریت)

انواع بتن پاشیده (بر مبنای زمان افزودن آب اختلاط به مخلوط سنگدانه ها و سیمان)

➤ بتن پاشیده تر

➤ بتن پاشیده خشک



انواع بتن پاشیده (شاتکریت)

بتن پاشیده تر

مصالح تشکیل دهنده بتن (شن - ماسه - سیمان - آب) همانند بتن معمولی اختلاط یافته و به داخل مخزن پمپ ریخته می شوند.

سپس با اعمال نیروی مکانیکی توسط پیستون، فشار هوا و یا غلتک دوار بتن به درون لوله انتقال رانده می شود.

بتن از داخل لوله به سرعت عبور کرده و از انتهای لوله (نازل) در سطح مورد نظر پاشیده می شوند



tamasha.com/ttbbiston

بتن پاشیده (شاتکریت)

بتن پاشیده خشک

مراحل ساخت:

اختلاط خشک ماسه (سنگدانه) و سیمان در داخل مخلوط کن و سپس ریختن این مخلوط به داخل دستگاه بتن پاش است.





aparat.com/ttbbiston



کلینیک تخصصی بتن آریا : تهیه و توزیع انواع افزودنی های بتن و مواد شیمیایی ساختمان

www.clinicbetonaria.ir

۰۹۱۳۱۹۱۴۹۸۸ - ۰۳۴۳۴۲۹۴۱۳۷





مشخصات کلی بتن پاشیده (شاتکریت)

طرح اختلاط:

- نسبت آب به سیمان: $0.35/0.15$ الی 0.5
- حداکثر اندازه سنگدانه مخلوط: 20 میلیمتر
- وزن مخصوص: مشابه بتن معمولی متراکم

➤ افزودن مواد ریزدانه نظیر پودر سنگ، پوزولانها (دوده سیلیسی و سرباره): کاهش قابل ملاحظه در کمانه کردن و برگشت سنگدانه ها

بتن پاشیده (شاتکریت)

بازگشت یا کمانه کردن مصالح

- بتن پاشی روی دیواره های شیبدار و عمودی: ۱۵ تا ۳۰ درصد
- عملیات سربالا: بین ۲۵ تا ۵۰ درصد است.

راهکارهای کاهش برگشت مصالح افزایش چسبندگی بتن پاشیده

- افزایش نسبت سیمان
- افزودن ریزدانه ها (ماسه نرم، پودر سنگ، پوزولانها (دوده سیلیسی (میکروسیلیس)، سرباره و خاکستر بادی)
- خمیری و روان نمودن بتن (استفاده مناسب نسبت آب به سیمان)

نکته: روانی زیاد، باعث افزایش ریزش

بتن پاشیده (شاتکریت)

ضخامت لایه ها در شاتکریت:

➤ در سطوح قائم یا سقفی: ضخامت ۲۵ میلیمتر

➤ در سطوح افقی یا کفی: ضخامت ۷۵ میلیمتر

✓ ضخامت زیاد لایه ها منجر به شکم دادن یا پوسته شدن ملات

✓ زمان بین لایه های متوالی باید حداقل ۳۰ دقیقه باشد

✓ نباید زمان بین لایه ها به قدری طولانی باشد که لایه قبلی به صورت سطحی با استعداد خشک شدن در آید و چسبندگی بین لایه ها کاهش یابد.

پ- پرداخت نهایی بتن پاشیده (شاتکریت)

در اغلب موارد سطوح نهایی ایجاد شده به وسیلهی بتنپاشی رضایت بخش است. برای اجرای عمل پرداخت که با شمشه کشی انجام میشود ابتدا شمشه بر روی نقاط نشانه و گرم بندی تکیه داده شده و با حرکت جانبی و تکراری، ملاتهای اضافی از سطح جدا میشوند

بعد از شمشهکشی، سطح نهایی را طبق مشخصات فنی ارایه شده میتوان به کمک تخته ماله و یا مالهی آهنی ماله کشی کرد. عملاًوری سطوح فوق بر اساس ضوابط مندرج در بخش فوق لازم الاجرا است].



[aparat.com/ttbbiston](https://www.aparat.com/ttbbiston)

بتن پاشیده (شاتکریت)

آزمایش های بتن پاشیده:

➤ گرفتن ۳ مغزه از بتن پاشیدنی سخت شده (برای هر ۳۸ متر مکعب یا هر شیفت کاری) این مغزه ها به مدت حداقل ۴۰ ساعت قبل از آزمایش در داخل آب قرار داده می شوند.

➤ بتن پاشی داخل قالب $۷۵ \times ۴۵۰ \times ۴۵۰$ میلیمتر (در این روش نیز یک نمونه برای هر ۳۸ متر مکعب یا هر شیفت کاری) شرایط عمل آوری مشابه دیوار اصلی خواهد بود. سپس ۳ مغزه به قطر ۷۵ میلیمتر از این نمونه تهیه و آزمایش میشود.

روش بتن پاشیده (شاتکریت)

مقایسه روشهای بتن پاشیده:

➤ **طرح اختلاط:** در روش خشک محدودیتهای طرح اختلاط کمتر از روش تر است.

✓ نسبت آب به سیمان در حالت تر بیشتر از روش خشک است.

✓ عدم یکنواختی در کیفیت بتن پاشیده در حالت خشک (به علت عدم کنترل نسبت آب به سیمان در طی بتن پاشی)

✓ امکان توقف یا شروع مجدد پاشیدن بتن در حالت خشک (به علت عدم ترکیب آب با مخلوط)

➤ **مقاومت فشاری بتن:** مقاومت فشاری در روش خشک بیشتر

روش بتن پاشیده (شاتکریت)

مقایسه روشهای بتن پاشیده:

- **دوام:** دوام روش تر بیشتر از روش خشک میباشد.
- **ضخامت لایه:** در روش تر ضخامت لایه بتن کمتر از روش خشک
- **هزینه دستگاه:** دستگاه بتن پاشی روش تر گرانتر از روش خشک میباشد.

روش بتن پاشیده (شاتکریت)

مقایسه روشهای بتن پاشیده:

➤ **کمانه مصالح:** میزان بازگشت و کمانه مصالح در روش خشک تا دو برابر بیشتر است (تا ۴۰ درصد)

➤ **شرایط کاری:** در محیط بسته روش تر بهتر است. در سربالا روش خشک بازگشت کمتری دارد.

➤ **مواد افزودنی:**

مواد افزودنی حبابساز (برای افزایش مقاومت بتن در برابر یخزدن و آب شدن) تنها در روش تر

استفاده از افزودنی گیرش آنی در روش خشک

بتن پمپی

تعریف:

بتنی که قابل پمپ شدن باشد

بتن پمپی شامل محدودیت های خاصی در طرح اختلاط بتن است که در صورت رعایت آنها بتن با کیفیت مناسب، شرایط انتقال از طریق پمپ های مخصوصی را پیدا می کند.

بتن پمپی

پمپ بتن:

به وسیله پمپ می توان بتن را تا فاصله ۳۵۰ متر و یا ارتفاع ۴۵ متر (هر متر ارتفاع معادل حدود ۸ متر طول) منتقل کرد.

بتن پمپی

ضوابط و توصیه های اجرایی عملیات انتقال بتن توسط پمپ عبارتند از:

در انتقال بتن به وسیله پمپ، کوچک ترین قطر داخلی لوله باید

➤ در حالت **سنگدانه های تیز گوشه**: ۳ برابر سنگدانه ها

➤ در حالت **سنگدانه های کاملاً گرد گوشه**: ۲/۵ برابر سنگدانه های کاملاً گرد گوشه

➤ اسلایم بتن برای پمپ کردن آن حدود **۷۵ میلیمتر** مناسب است.

➤ حداکثر نسبت آب به سیمان: ۰/۴۵

➤ مواد افزودنی لازم برای تأمین کارایی و تأخیر در گیرش بتن با نظر و تأیید دستگاه نظارت

➤ لوله میتواند از نوع صلب یا انعطاف پذیر باشد.

➤ بهتر است از لوله های پارچه ای یا پلاستیکی باز شونده

بتن پمپی

اساس کار سه نوع پمپ بتن متداول در ادامه بررسی شده است:

الف- پمپ پیستونی:

پمپ پیستونی رایجترین نوع پمپ است که در آن بتن تحت اثر وزن خود و نیز مکش ناشی از حرکت رفت و برگشت یک پیستون، به محفظه ای بین دو دریچه ی ورودی و خروجی وارد شده و از آنجا تلمبه میشود

ب- پمپ هوای فشرده:

در این پمپ، مخلوط بتن و هوای تحت فشار به تناوب داخل محفظه منتقل شده و هر بار در اثر فشار هوا بتن از طریق لوله انتقال به جام تخلیه منتقل میشود.

پ- پمپ مکنده:

در این پمپ در اثر عبور غلتکهای روی یک لوله قابل انعطاف، بتن از مخزن وارد این لوله شده و سپس به طرف لوله خروجی رانده میشود

بتن پمپی

انواع پمپ ها:

➤ پمپ بومدار، موبایلی یا دکل دار

لوله های انتقال بتن روی سیستمی از بازوهای هیدرولیکی متحرک نصب میشوند و مجموعهمی آنها به انضمام دستگاه پمپ روی کامیون نصب میشوند.

مناسب برای کارگاههای کوچک و هنگامیکه حجم بتن ریزی کم باشد

➤ پمپ های ثابت (پیستونی)

برای انتقال بتن به فواصل بیشتر که در پمپ در محل مناسبی از کارگاه مستقر باشد.

افت ناشی از اتصالات پمپ ساده:

✓ زانوی ۹۰ درجه معادل ۱۲ متر لوله

✓ زانوی ۴۵ درجه معادل ۶ متر لوله

✓ یک زانوی ۳۰ درجه معادل ۴ متر لوله

بتن پمپی

راهکارهای تثبیت لوله انتقال بتن و دفع ضربات ناشی از کارکرد پمپ:

➤ احداث تکیه گاه های موقت ویژه ای که صلبیت زیادی داشته (فونداسیون موقت) و به سازه در حال احداث متکی نباشد.

➤ جداسازی لوله پمپ از سازه و قالب بندی با استفاده از انواع جداکننده ها و جاذب های انرژی (الوار (تخته)، لاستیک، یونولیت فشرده) ضربه گیر

ضریب اطمینان روش اول **بیشتر**

هزینه اجرای روش اول **بیشتر**

بتن الیافی

قدیمی ترین کاربرد الیاف در مصالح ساختمانی با عملکرد کششی ضعیف هزاران سال پیش:

- کاه در کاهگل در مصالح سنتی ایرانی
- استفاده از الیاف آزبست در ساخت ظروف گلی
- استفاده از پشم بز و ساروج در پل های قدیمی

قدمت به کار گرفتن الیاف در بتن

کمتر از نیم قرن پیش (اولین کاربرد نوین سیمان پرتلند تقویت شده با آزبست)

بتن الیافی

مزایای الیاف در بتن

- شکل پذیری بتن
- قابلیت جذب انرژی بیشتر
- بتن با توسعه ترک خوردگی کمتر تحت بار و تنشهای ناشی از افت و حرارت
- بهبود مقاومت بتن در مقابل ضربه یا بارگذاری دینامیکی

بتن الیافی

مزایای الیاف در بتن

➤ جلوگیری از تخریب و از هم پاشیدگی مصالح

➤ کاهش ضخامت مقطع

➤ بهبود عملکرد خمشی (افزایش در مقاومت خمشی بین ۲ تا ۴)

➤ بهبود عملکرد کششی
علیرغم آنکه مقاومت نهایی کششی به میزان زیادی افزایش نمی یابد (حدود ۱۰٪)
اما کرنش کششی در هنگام گسیختگی افزایش می یابد.

➤ بهبود عملکرد برشی اصطکاکی مقطع از طریق (الیاف دارای انتهای چین خورده افزایش تا ۱۰۰ درصد)

بتن الیافی

مصالح اصلی بتن الیافی:

- سیمان هیدرولیکی
- آب
- شن
- ماسه
- پزولان ها
- مواد افزودنی
- الیاف مجزا

بتن الیافی



جنس الیاف:

- فولاد
- پلی پروپیلن
- شیشه
- آزبست
- مواد طبیعی
- میکا
- کربن
- کنف
- آRAMID کولار
- مواد نانو

کاربرد الیاف فولادی بیشتر از انواع دیگر.

جدول (۱-۳۰): مشخصات فیزیکی و مکانیکی بعضی از الیاف [۲۱]

| نوع الیاف | قطر (μm) | وزن مخصوص (Gr/cm^3) | ضریب ارتجاعی GPa | مقاومت کششی GPa | کرنش گسیختگی % |
|-------------------------|--------------------------|-----------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|
| فولاد | ۵-۵۰۰ | ۷/۸ | ۲۰۰ | ۱-۳ | ۳-۴ |
| شیشه | ۹-۱۵ | ۲/۶ | ۸۰ | ۲-۳ | ۲-۳/۵ |
| آزبست | ۱/۵-۲۰ | ۲/۵ | ۱۹۶ | ۳/۵ | ۲-۳ |
| کربن | ۷/۵ | ۱/۹ | ۳۰۰-۴۰۰ | ۲-۳ | ۰/۵-۱ |
| پلی پروپیلن | ۲۰-۴۰۰ | ۰/۹ | ۵ | ۰/۵ | ۲۰ |
| نایلون | ۲۰-۴۰۰ | ۱/۱ | ۴ | ۰/۹ | ۱۳-۱۵ |
| کولار ۴۹ | ۱۰ | ۱/۵ | ۱۳۳ | ۴/۹ | ۲/۶ |
| کولار ۲۹ | ۱۰ | ۱/۵ | ۶۹ | ۲/۹ | ۴ |
| پلی استر | ۲۰-۴۰۰ | ۱/۴ | ۸/۲ | ۰/۷ - ۰/۹ | ۱۱-۱۳ |
| پنبه (کتان) | ۲۰۰-۶۰۰ | ۱/۵ | ۴/۸ | ۰/۴ - ۰/۷ | ۳-۱۰ |
| پلی اتیلن | ۲۰-۴۰۰ | ۰/۹ | ۰/۱ - ۰/۴ | ۰/۷ | ۱۰ |
| پشم سنگ | ۱۰-۸۰۰ | ۲/۷ | ۶۹-۱۱۸ | ۰/۷ - ۰/۹ | ۰/۶ |
| ابریشم مصنوعی (ریون) | ۱۰-۱۰۰ | ۱/۵ | ۸/۶ | ۰/۴ - ۰/۶ | ۱۰-۲۵ |
| آکرلیک | ۲۰-۳۵۰ | ۱/۱ | ۲ | ۰/۲ - ۰/۴ | ۲۵-۴۵ |

مزایای بتن الیافی

قابلیت شکل پذیری بتن الیافی همانند خواص مواد پلاستیکی بوده و باعث میشود که بتن الیافی گسیختگی ناگهانی نداشته باشد.

از آنجاکه الیاف فولادی در جسم بتن در همه جهات پراکنده می شود در صورت تشکیل یک ترک در جهات مختلف الیاف اتصالاتی را به وجود آورده و از گسترش ترک جلوگیری می نمایند.

بنابراین رشته های الیاف به طور فعال در محدود کردن عرض ترک وارد عمل شده و با تشکیل ریز ترکهای زیاد قابلیت بهره برداری بتن را افزایش می دهند.

بتن الیافی

از نظر اقتصادی هزینه اختلاط، بتن ریزی، پرداخت و عمل آوری بتن الیافی با بتن معمولی اختلاف زیادی ندارد.

همچنین کاهش ابعاد عضو بتن الیافی با هزینه الیاف ها برابری می کند و لذا هزینه های کلی بتن معمولی با بتن الیافی اختلاف چندانی ندارد.

با در نظر گرفتن **عمر مفید بتن** می توان نتیجه گرفت که **بتن الیافی** در کاهش هزینه مؤثر است.



بتن الیافی

تاثیر بکارگیری الیاف بجای خاموتهای قائم یا میلگردهای خم شده:

- مقاومت برشی اصطکاکی افزایش مییابد.
- الیاف به طور یکنواخت در حجم بتن توزیع شده و خیلی بیشتر از میلگردهای برشی به یکدیگر نزدیک هستند.
- هم مقاومت کششی در نخستین ترک و هم مقاومت کششی نهایی توسط الیاف افزایش مییابند.



جدول (۱-۳۳): مزایای بتن الیافی در مقایسه با بتن معمولی

| محدودیت‌ها | مزایا | |
|--------------------------------------|--|---|
| افزایش هزینه اولیه | افزایش قابلیت بهره‌برداری | مقاومت در مقابل تورق و سایش |
| نیاز به وایبره بیشتر | صرفه اقتصادی بلند مدت | افزایش در میزان جذب انرژی |
| عدم امکان جایگزینی با میلگردهای خمشی | مقاومت در مقابل تنش‌های خستگی | قابلیت باربری بعد از ترک خوردگی |
| کاهش کارایی بتن | مقاومت عالی در برابر ضربه | افزایش مقاومت برشی |
| دشواری پخش یکنواخت الیاف در بتن | در موارد خاصی لزومی به کاربرد میلگرد نیست. | قابلیت کششی و ظرفیت زیاد تغییر شکل نسبی |

بتن الیافی

نسبت اختلاط و مصالح

افزودن هر نوع الیاف به بتن ساده از کارایی آن میکاهد. (کارایی بتن مسلح تابعی از حجم الیاف) آزمایش اسلامپ برای تعیین کارایی مناسب نیست و شاید تا ۸ برابر، عدد کمتری نشان دهد برای سنجش کارایی بتن الیافی استفاده از دستگاه و بی توصیه میشود. تأثیر مقدار الیاف و نسبت ظاهر آنها بر روی زمان آزمایش و بی مورد مطالعه قرار گرفته است. از دیدگاه مقاومت و سختی بتن، ارجح آن است که نسبت ظاهری و مقدار الیاف افزایش یابد. لیکن در این مطالعه مشاهده شد (افزایش این دو متغیر موجب کاهش کارایی میشوند).

بتن الیافی



آزمایش روان سنجی وی - بی

روشی برای تعیین روانی بتن های با روانی کم

مبدع: مهندس سوئدی برنر (Vebe Bahner)

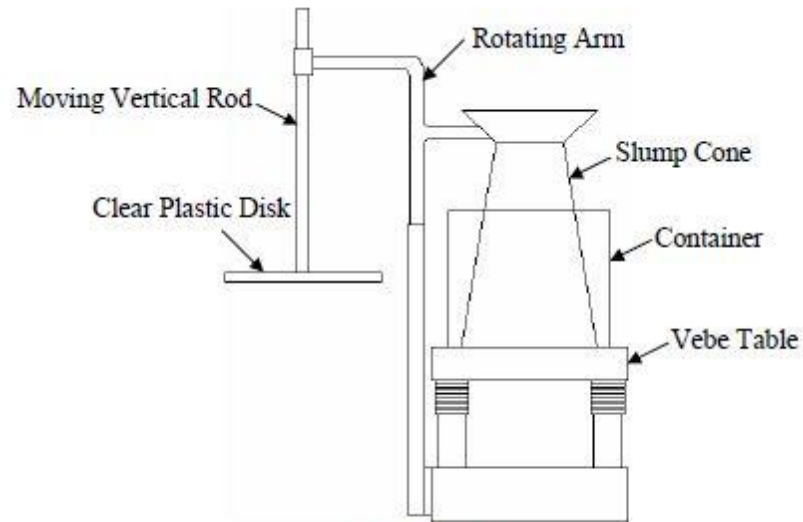


Figure 10: Vebe Consistometer

اجزای دستگاه:

میز لرزاننده

یک ظرف استوانه ای

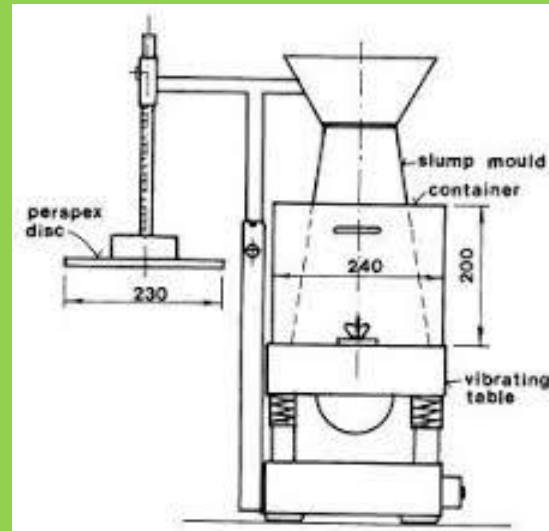
یک مخروط اسلامپ

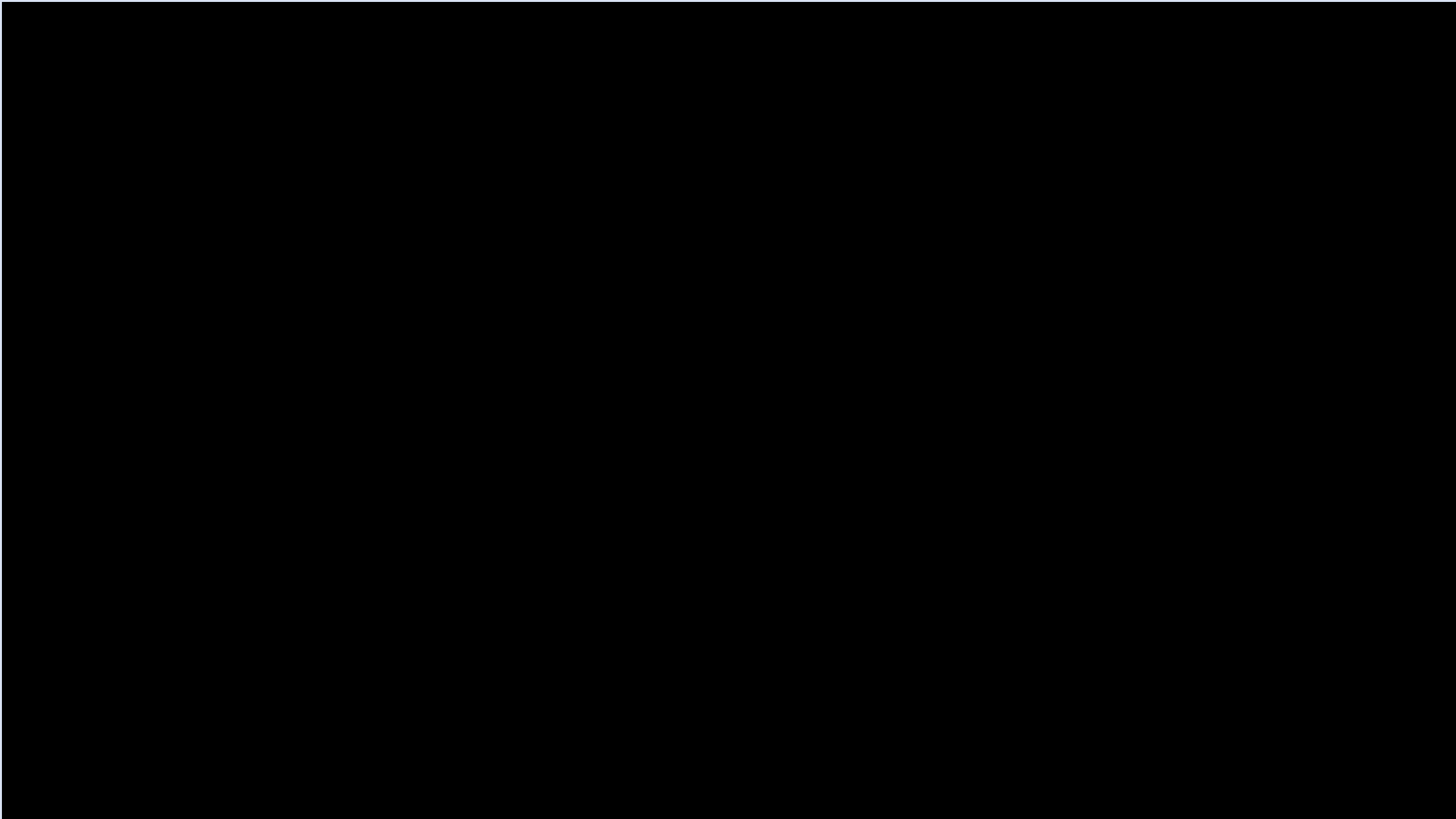
صفحه شیشه ای متصل به میله با آزادی حرکت (این میله به عنوان نقطه انتهایی مرجع عمل میکند)

بتن الیافی

نحوه انجام آزمایش

ابتدا مخروط در ظرف استوانه ای قرار داده شده با بتن پُر شده و همانند آزمایش اسلامپ مخروط خارج میشود. سپس صفحه شیشه ای را آزاد نموده و تحت وزن خود روی بتن مخروطی ناهموار قرار داده می شود. ویبره میز لرزاننده با حداکثر ۳ تا ۴ برابر شتاب ثقل زمین روشن می شود.





بتن الیافی

| Workability Description | Vee-bee Time (Seconds) |
|-------------------------|------------------------|
| Extremely Dry | 32 - 18 |
| Very Stiff | 18 - 10 |
| Stiff | 10 - 5 |
| Stiff Plastic | 5 - 3 |
| Plastic | 3 - 0 |

4kg of Fine Aggregate

CyberLink
by PowerDirector

بتن الیافی

ساخت بتن الیافی

برای اختلاط مصالح از همان تجهیزات بتن معمولی استفاده میشود (توزیع الیاف در مخلوط یکنواخت باشد تا از عارضه جدا شدگی یا گلوله شدن الیاف جلوگیری شود).

عوامل موثر در جلوگیری از گلوله شدن الیاف در حین ساخت بتن:

➤ نسبت ظاهری (نسبت طول به قطر معادل): حداکثر ۱۰۰

➤ درصد حجم الیاف: حداکثر ۲٪

بتن الیافی

تفاوت‌های بتن الیافی و بتن معمولی

➤ عمل اختلاط مصالح به صورت خشک و سپس افزودن آب به مخلوط

➤ باز نمودن توده های گلوله شده الیاف قبل از ورود به مخلوط

➤ زمان اختلاط مشابه بتن معمولی

➤ نیازمند ویبره بیشتر برای خروج هوای محبوس و تراکم لازم (بهترین نوع ویبره: ویبره قالب)

➤ پرداخت و عمل آوری همانند بتن معمولی (جلوگیری از زبرکردن (با برس) سطح بتن قبل از گیرش نسبی بتن)

بتن الیافی

جدول (۱-۳۸): موارد استفاده از فرآورده‌های سیمانی تقویت شده با الیاف گوناگون [۲۱]

| نوع الیاف | مصارف |
|---------------------|--|
| شیشه | پانل‌های پیش‌ساخته، دیوار نما، لوله‌های فاضلاب، سقف‌های پوسته‌ای بتنی |
| فولاد | بلوک‌های سقفی بتنی مجوف، روکش جاده‌ها، کف پل‌ها، سازه‌های مقاومت در برابر انفجار، پی ماشین‌آلات، سازه‌های دریایی، پوشش تونل‌ها |
| نایلون، پلی پروپیلن | شمع‌ها، شمع‌های پیش‌تنیده، پانل‌های نما، واحدهای شناور برای عبور و تخلیه بار در دریا، ترمیم روسازی‌ها، پوشش سطحی لوله‌های زیر آب |
| آزبست* | ورقه‌ها، لوله‌ها، صفحه‌ها، مواد عایق و ضد آتش، لوله‌های فاضلاب، ورقه‌های صاف یا موج‌دار سقف، پوشش‌های سطحی دیوارها |
| کربن | واحدهای موج‌دار جهت کف‌سازی، جداکننده‌های موج‌دار، بدنه قایق‌ها، تخته‌های داربست |
| کولار | همانند الیاف کربن |
| بامبو | صفحات ساختمانی (اجرای چوبی در ساختمان‌ها) |
| پودر میکا | به‌عنوان ماده جایگزین بخشی از آزبست در ورقه‌های سیمانی و لوله‌های بتنی و مواد تعمیراتی |
| الیاف گیاهی | موارد ارزان قیمت جهت پوشش سقف و پانل‌های نما |

*استفاده از الیاف آزبست به علت ایجاد بیماری در حال حاضر به شدت کاهش یافته است

بتن الیافی

بتن پاشی با الیاف فلزی

عمده الیاف مصرفی در روش بتن پاشی: الیاف فلزی (الیاف پلیمری دارای کاربرد محدود)

کاربردها:

- پوشش دیواره تونلها
- پایداری شیبها
- پوشش بدنه لوله های فولادی
- پوسته ها
- تعمیر و یا بازسازی سازههای دریایی
- کانالهای آب

بتن الیافی

بتن پاشی با الیاف پلیمری

- طول الیاف: بین ۱۹ تا ۵۷ میلیمتر
- هدف از افزودن الیاف پلیمری: کاهش ترک خوردگی ناشی از جمع شدگی پلاستیک
- مقدار مصرف متعارف: درصد حجمی الیاف: حدود ۱٪

در صورت استفاده از درصدهای حجمی بیشتر از ۱٪:

- بهبود خصوصیات طاقت
- کاهش ترک خوردگی ناشی از جمع شدگی
- نیازمند به مقدار بیشتری فوق روان کننده جهت حفظ کارایی

بتن الیافی

بتن با نرمی بالا (خمیری)

بتنی که بتواند تغییر شکل های زیاد را بدون شکست تحمل نماید

هدف از کاربرد الیاف:

➤ افزایش مقاومت کششی

➤ کنترل گسترش ترکها

➤ افزایش طاقت بتن

نوع بسیار جدید بتن الیافی (با حداکثر نرمی بتن): با استفاده از ریختن دوغاب روی الیاف

بتن الیافی

بتن با نرمی بالا

میزان الیاف: حدود ۱۰٪ (حدود ۱۰ برابر الیاف مصرفی در بتن الیافی متداول)

خصوصیات:

- تقریباً غیر قابل نفوذ
- به علت نرمی زیاد این قطعات ظرفیت تغییر شکل پذیری این قطعات در حدود ظرفیت دالهای فولادی میرسد
- مقاومت فشاری: حدود ۸۵-۱۱۰ مگاپاسکال
- مقاومت کششی حدود ۳۵-۴۵ مگاپاسکال

بتن الیافی

بتن با نرمی بالا

کاربردها:

- لایه های محافظی بدون ترک و تقریباً نفوذناپذیر
- لایه های محافظ کوچک
- باندهای فرودگاه در برابر ضربات عملکرد خوبی
- کارهای تعمیراتی دالها به عنوان لایه روی بتن قدیم و بدون درز و در زمانی کوتاه

بتن الیافی

بتن هوشمند برای اولین بار توسط چانگ (Chung) ارایه گردید که در آن همچون بتن با نرمی بالا (خمیری) به جای میلگرد از الیاف پلیمری کربن در اندازه های کوتاه استفاده میشود.

این بتن قادر است تغییرات نیرو در سطح خود را با تغییرات جریان الکتریکی عبوری از خود پاسخ دهد. از این رو برای مثال میتواند؛ مسیر، وزن و حتی سرعت خودرویی که از روی آن در حال عبور است را مشخص نماید. در نتیجه وزن وسایل نقلیه عبوری در یک بزرگراه در حالت عادی قابل ثبت خواهد بود.

بتن الیافی

محققان با کالیبره کردن بتن هوشمند (ارتباط بین تنش و مقاومت الکتریکی)، وزن وارد بر بتن را بر اساس تغییرات مقاومت الکتریکی آن تعیین میکنند.

هزینه کاربرد این بتن ۳۰٪ نسبت به بتنهای بدون الیاف بیشتر میشود که نسبت به تعبیه سنسور در جادهها و محلهای مورد نظر برای ثبت اطلاعات بسیار مقرون به صرفه است

بتن الیافی

aparat.com/clinicbeton.com

بتن الیافی



بتن الیافی

파워메쉬-SF(Structural synthetic fiber)



Plain concrete

VS.

POWERMESH-SF concrete

나이콘소재(주)
aparaf.com/Iranalyaf

www.nycontech.com

بتن الیافی



بتن الیافی



بتن زودرس

بتن ساخته شده با سیمان با مقاومت زودرس (سیمان پرتلند نوع ۳)

استفاده از این نوع بتن به منظور:

- بالا بردن مقاومت بتن
- کاهش زمان محافظت
- تسریع عمل گیرش در روزهای نخست (موقعی که نیاز به بارگذاری سریع)

توصیه لازم در ساخت این نوع بتن:

- به کار بردن سیمان با تاب اولیه زیاد
- به کار بردن نسبت آب به سیمان کم
- به کار بردن ماده مضاف تسریع کننده گیرش بتن

بتن زودرس

علت گیرش سریع این بتن: به علت افزایش عملیات هیدراتاسیون در سیمان (همراه با افزایش حرارت)

عدم کاربرد این بتن در مناطق گرمسیری و بتن ریزی حجیم به علت:

➤ افزایش حرارت بتن

➤ پدیدار شدن ترک در مقطع

نحوه اختلاط، عمل آوردن و نگهداری بتن تا رسیدن به مقاومت های خواسته شده، باید قبلاً به

تأیید دستگاه نظارت برسد.

بتن زودرس



بتن کم مایه (لاغر)

بتن لاغر یا کم مایه (بتنهای رده C10 و پایین تر)

خصوصیات:

جزء بتن غیر سازه ای

ارائه طرح اختلاط آن براساس تجارب قبلی و بدون مطالعه آزمایشگاهی

مجاز به ساخت این بتن به صورت دستی

مجاز به حمل و نقل آن از طریق دامپر یا چرخ دستی (فرغون)

کاربرد:

قشری از بتن لاغر (به ضخامت حداقل 7cm) مابین سطح بستر خاکی و بتن آرمه

نکات:

ضخامت این قشر مطابق نقشه های اجرایی و مشخصات فنی خصوصی می باشد.

با اجازه کتبی دستگاه نظارت میتوان برای پر کردن خاکبرداری های اضافی یا حفره ها

بتن سنگین (حفاظتی)

تعریف (مؤسسه بتن و سیمان امریکا)

بتنی که اساساً دارای وزن مخصوص بیشتر از بتن های معمول (وزن مخصوص ۳۲۰۰ تا ۶۴۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب)

خصوصیات:

با استفاده از سنگدانه های سنگین

مقاومت فشاری زیاد (۷۰ تا ۱۴۰ مگاپاسکال)

نفوذناپذیری بتن

کاهش شدت نفوذ و اثر تشعشعات هسته ای (نوترون، پروتون، اشعه گاما و ایکس)

علت: نفوذناپذیری

عدم نفوذ اشعه ها در برخورد با جرم چگال

تغییرات حجمی بتن و اجتناب از هر گونه ترک خوردگی

کاربردها:

به عنوان سپر محافظ در مقابل تشعشع

حفاظتهای هسته ای (واحدهای پزشکی، مراکز تحقیقات و آزمایشهای اتمی)

بتن سنگین (حفاظتی)

مقایسه بتن سنگین با بتن معمولی

➤ افزایش هزینه ساخت نسبت به بتن معمولی دارد

➤ افزایش مقاومت سایشی نسبت به بتن معمولی به علت افزایش چگالی

بتن سنگین (حفاظتی)

نقش افزودنی ها:

دوده‌ی سیلیسی متراکم با کاهش نفوذپذیری بتن، چگالی خمیر سیمان و مقاومت بتن افزایش مییابد.

مگنتیت و ایلمنیت رایج ترین سنگدانه های سنگین مصرفی در ساخت سپر محافظ در مقابل تشعشع
باریت، فروسفور و سنگدانه های فولادی در ساخت بتن های وزنی

بتن پیش آکنده

تعریف بتن پیش آکنده (Preplaced Aggregate Concrete):

بتن حاصل از تزریق ملات ماسه-سیمان پس از ریختن مصالح سنگی درشت دانه در قالب

برای انجام مرمت و تعمیر سازه های بتنی

برای بتن ریزی قطعات ویژه یا فضاهایی که ریختن، جا دادن و متراکم کردن بتن تازه در آنها به سادگی میسر نیست

بتن پیش آکنده

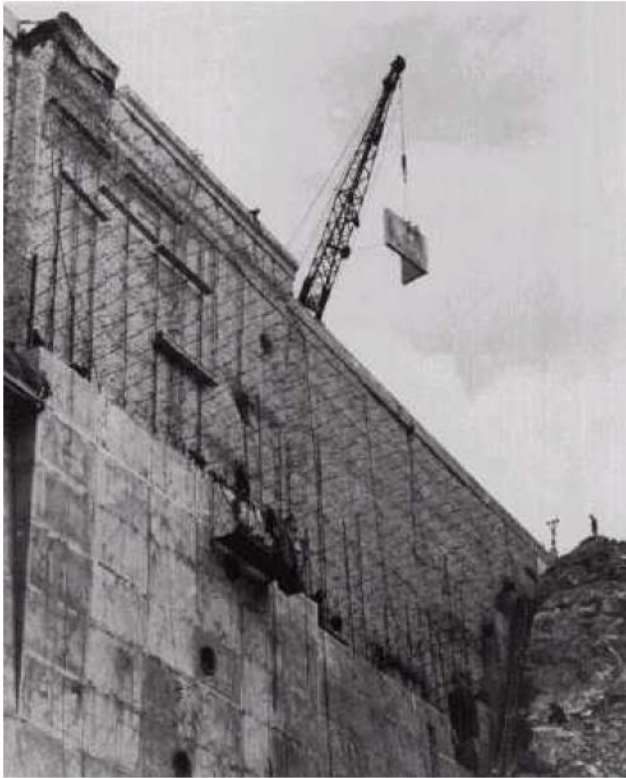


Figure 2.3. The use of precast concrete slabs as formwork during the refacing of Barker Dam (Nederland, Colorado) by PAC method in 1946

تاریخچه استفاده بتن پیش آکنده

سال ۱۹۳۷ ← استفاده در تعمیر تونلی در کالیفرنیا

← استفاده در سرریزی سد Hoover

سال ۱۹۴۶ ← استفاده در تعمیرهای بالا دست سدی در کلرادو

سال ۱۹۵۴ و ۱۹۵۵ ← استفاده در ساخت ۳۴ پایه پل

بتن پیش آکنده

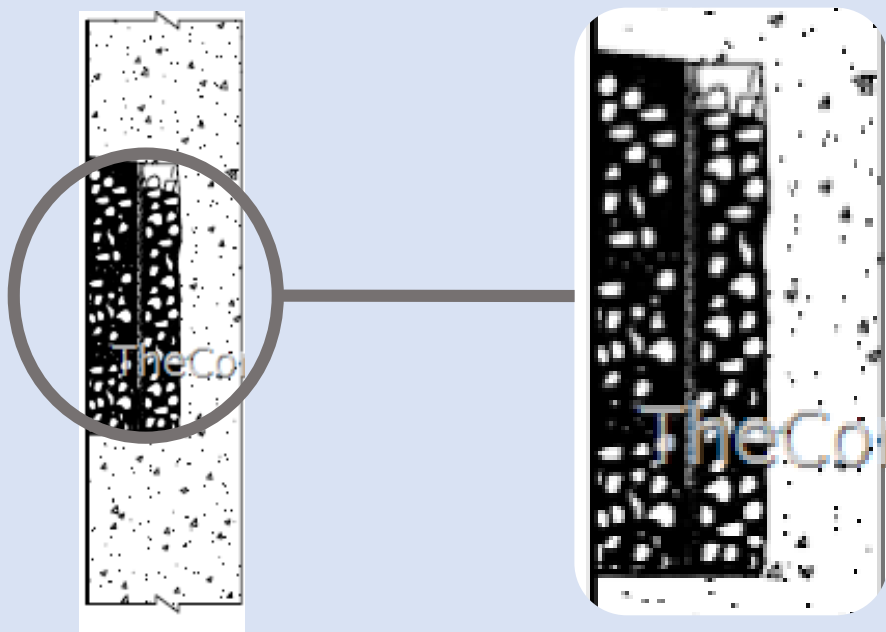
ساختار بتن پیش آکنده

* اتکاء مستقیم شن ها بر همدیگر

* مقید گردیدن جمع شدگی خمیر سیمان توسط سنگدانه ها

۱- توسط ماسه ها

۲- توسط شن ها



بتن پیش آکنده

کاربردها:

➤ **ساخت و اجرای سازه‌ها و قطعات** (حاوی بتن سنگین مانند سپری‌ها پرتوهای رادیواکتیو، دیوارهای حائل و سدهای وزنی،

دیواره‌های بندری، موج شکن‌ها، قطعات سنگین برای تثبیت ساحل‌ها و شیروانی‌ها)

➤ **بتن ریزی در زیر آب‌ها** (ساکن و جاری با عمق کمتر از ۳۰ متر)

➤ **بتن ریزی شمع‌ها و سپرها به صورت درجا در مناطق خشک و آبدار**

➤ **بتن ریزی حجیم و سدها و پایه‌های پل‌ها و شالوده‌های حجیم**

بتن پیش آکنده

کاربردها:

- بتن ریزی منابع آب و مخازن نگهدارنده مایعات
- بتن‌های تعمیراتی با ضخامت بیش از ۱۰ سانتی متر
- بتن ریزی در هوای سرد و گرم
- بتن‌های با نمای خاص و آرشیتکتی

بتن پیش آکنده



Figure 2.12. An overhead repair with congested reinforcement where the need for consolidation of preplaced coarse aggregate is unavoidable

بتن پیش آکنده

خصوصیات:

- **نیازی به ویبره و لرزاندن درونی نیست** (ولی گاهی استفاده از لرزاننده بیرونی در سطح بالای ملات در بهبود کیفیت سطح نهایی مؤثر است)
- **جمع شدگی کمتر** (به علت مصرف کم سیمان و اتکای مستقیم سنگدانه های درشت به یکدیگر)
- **امکان مصرف سیمان کمتر** (کاهش گرمزایی و سرعت گرمزایی در بتن حجیم و مرتفع نمودن تضاد ایجاد مقاومت و دوام با سیمان کم را با کارایی بتن)
- **آب بندی و دوام بهتر** این بتن ها در محیط های خورنده (به دلیل همگنی و ترک کمتر و نسبت آب به سیمان کم)
- **امکان خنک سازی و گرم سازی** ساده تر (مصالح سنگی و ملات تزریقی در هوای گرم و سرد و بتن ریزی حجیم).
- **امکان ایجاد نماهای خاص و بکار گیری مصالح سفید و رنگی در مجاورت سطح.**

بتن پیش آکنده

خصوصیات:

- امکان استفاده از دانه بندی گسسته در این بتن.
- امکان ریختن بتن در زیر آب، (اعم از ساکن و جاری به ویژه در آب‌های کم عمق و کمک در تثبیت و فرو بردن قالب‌ها در آب).
- امکان دستیابی به مقاومت‌های نسبتاً زیاد، (با بکارگیری نسبت آب به سیمان کمتر و مصرف روان کننده و میکروسیلیس در ملات تزریقی)
- کم کردن هزینه‌های تجهیز کارگاه به ویژه در بتن ریزی‌های حجیم و سدها.
- داشتن مدول ارتجاعی بیشتر، ضریب پواسون کمتر و خزش کمتر از بتن‌های معمولی مشابه.
- امکان مصرف افزودنی‌های (حبابزا، روان ساز، پوزولان‌ها، پلیمرها، حباب زداها، ضد قارچ، زود گیر کننده‌ها، کند گیر کننده‌ها، انبساط زاها و اتصال‌زاها و مواد آب بندکننده در ملات مصرفی)

بتن پیش آکنده



اجزای تشکیل دهنده بتن پیش آکنده

مصالح سنگی

(۱) مصالح سنگی درشت دانه

(۲) مصالح سنگی ریزدانه

مواد چسباننده

(۱) سیمان

(۲) پوزولان ها

افزودنی ها



بتن پیش آکنده

ویژگی های سنگ دانه های درشت

الف) نوع شن ها : شکسته کوهی یا نیمه شکسته رودخانه ای برای تامین پوکی و سهولت تزریق ملات

ب) دانه بندی یکنواخت برای پوکی بیشتر

ج) حداکثر اندازه ی شن : ۲۵ تا ۱۵۰ میلی متر ← ¼ اندازه قالب

د) حداقل اندازه ی شن: ۱۳ تا ۴۰ میلی متر

ه) شن ها باید تمیز و عاری از گل باشند

و) وزن مخصوص توده ای خشک شن مصرفی با پوکی ۳۵ تا ۵۰ درصد: ۱/۲۵ تا ۱/۶۰ تن بر متر مکعب

ز) چگالی ظاهری ذرات بین ۳/۵ تا ۷/۸ تن بر متر مکعب ← به مراتب بیشتر از شن های معمول

بتن پیش آکنده

ویژگی های مصالح سنگی ریزدانه

(الف) از نظر تمیزی، دوام و سایر موارد (به جز دانه بندی) ← مطابق ویژگی های آیین نامه های معتبر

(ب) حداکثر اندازه ی ماسه ← وابسته به اندازه شن

(ج) ماسه ی کاملا گرد گوشه ارجح

(د) ماسه باید سخت، توپر، با دوام و عاری از گل و لای (به ویژه در سطح) باشد.

(ه) در بتن های سنگین ممکن است از ماسه با چگالی زیاد استفاده شود ← به دلیل عیار بالای سیمان و پوزولان امکان جدایی مواد در ملات کم است.

بتن پیش آکنده

ویژگی های سیمان

- سیمان پرتلند با انواع ۵ گانه
- سیمان های پرتلند روباره ای و سرباره ای

ویژگی پوزولان ها

- الف- پوزولان های طبیعی
خاکسترها، توف های آتشفشانی، شیل ها و رس های خاص و ...
- ب- پوزولان های طبیعی
شیل ها و رس های تکلیس شده، روباره های آهن گذاری و ...

بتن پیش آکنده

افزودنی ها

➤ **حتما** باید مورد آزمایش قرار گیرند.

➤ شامل روان کننده های معمولی و ممتاز، کندگیرکننده ها، حباب زا، آب بند کننده ها و ...

بتن پیش آکنده

نسبت ها و مقادیر مصالح بتن پیش آکنده

مقدار چسباننده ها

- مقدار سیمان و چسباننده ها ← میزان روانی و آب ملات - نسبت آب به سیمان
- عیار سیمان : ۴۵۰ تا ۸۰۰ کیلو گرم در هر متر مکعب
- آیا این بتن ها پر سیمان هستند؟

بتن پیش آکنده

مقدار شن مصرفی

هر متر مکعب بتن ← ۱ متر مکعب شن

بتن پیش آکنده

مقدار و نسبت‌های ملات و روانی آن

- مقدار ملات

برای شنی با پوکی $0/3$ تا $0/5$ ← $0/3$ تا $0/5$ متر مکعب ملات ← 1 متر مکعب بتن

- نسبت ها و مقادیر اجزای ملات

نسبت وزنی سیمان به ماسه: $1:1$ تا $1:3$

نسبت آب به سیمان: $0/4$ تا $0/6$

نسبت پوزولان به سیمان: از 10 درصد تا 50 درصد

- روانی ملات تزریقی

با ماسه های ریزتر از $2/5$ میلی متر از قیفی به حجم 1725 لیتر با قطر سوراخ $12/5$ میلی متر استفاده

بتن پیش آکنده



وسایل و تجهیزات لازم

- وسایل تامین شن و ماسه
- وسایل لازم برای استقرار لوله های تزریق در داخل قالب و بالا کشیدن لوله ها (مانند جرثقیل و یا وینچ)
- لوله های تزریق ملات، لوله های بازدید ملات، لوله های تخلیه هوا
- وسایل ریختن شن در قالب (شامل تسمه نقاله، جام و جرثقیل، جرثقیل خاک بردار، کمپرسی، درمپر، فرغون، بیل، لودر و یا هر وسیله ممکن دیگر در خشکی و آب)
- وسایل توزین و پیمانه کردن اجزاء ملات و اختلاط آنها
- وسایل پمپ کردن ملات در لوله ها
- لرزاننده های متصل شونده به قالب و هوای فشرده برای تراکم شن ها (در صورت لزوم)
- وسایل لازم برای کنترل روانی و کیفیت ملات و بتن

بتن پیش آکنده

نحوه اجرای بتن پیش آکنده:

ابتدا: سنگدانه درشت با شن در قالب ریخته و متراکم شده (فضای خالی بین آنها که تقریباً ۳۳٪ کل حجم) سپس: تزریق دوغاب ملات ماسه-سیمان (معمولاً حاوی مواد روان کننده و منبسط شونده) به درون مصالح سنگی (توسط لوله های تزریق از پایین ترین نقطه قالب)

نکات:

➤ پمپاژ دوغاب باید با سرعت یکنواخت و به آرامی تحت فشاری بین ۵ تا ۸ اتمسفر بدون قطع شدگی

➤ خیس و اشباع نمودن مصالح سنگی قبل از اضافه نمودن ملات

بتن پیش آکنده



اجرا و ساخت بتن پیش آکنده

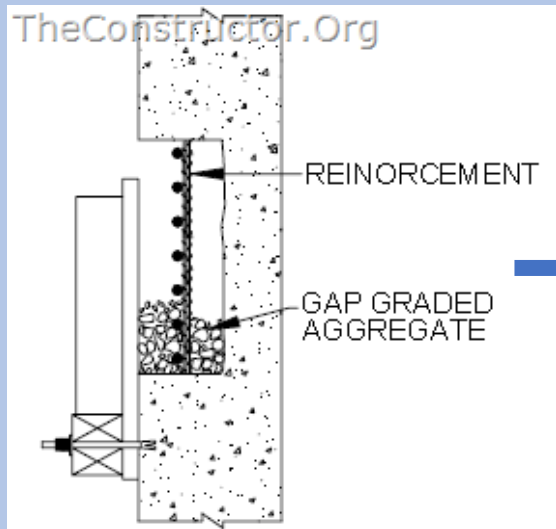
- قالب بندی و درزبندی
- کارگذاری لوله های تزریق ملات و سایر لوله های مورد نیاز
- ریختن سنگدانه های درشت شکسته و نسبتا یک دست در قالب
- تزریق ملات ریزدانه و شل ماسه سیمان در فضای خالی درشت دانه ها
- لرزاندن قالب ها (در صورت نیاز) و تشکیل بتن مورد نظر
- بالا کشیدن تدریجی لوله های تزریق ضمن ادامه دان عمل تزریق و پر کردن قالب از بتن
- نگهداری از بتن و باز کردن قالب ها

بتن پیش آکنده

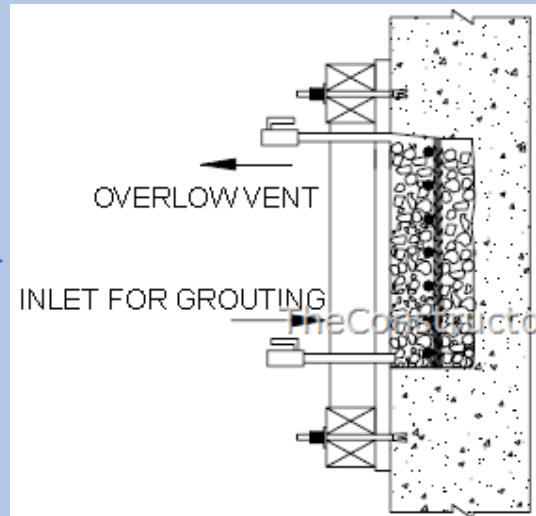
موقعیت قرارگیری لوله های در حین
ریختن مصالح درشت دانه



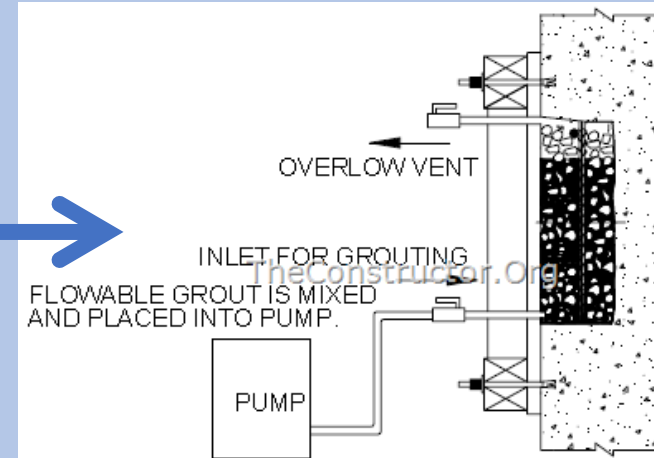
بتن پیش آکنده



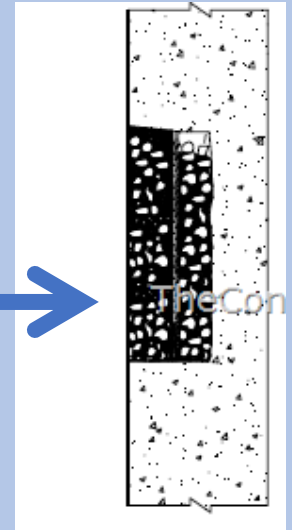
مرحله اول - قرار دادن سنگدانه های درشت در قالب و مهار کردن قالب ها



مرحله دوم - قرار دادن لوله ها درون قالب برای تزریق ملات



مرحله سوم - تزریق ملات داخل قالب و پرکردن فضای خالی بین سنگدانه ها

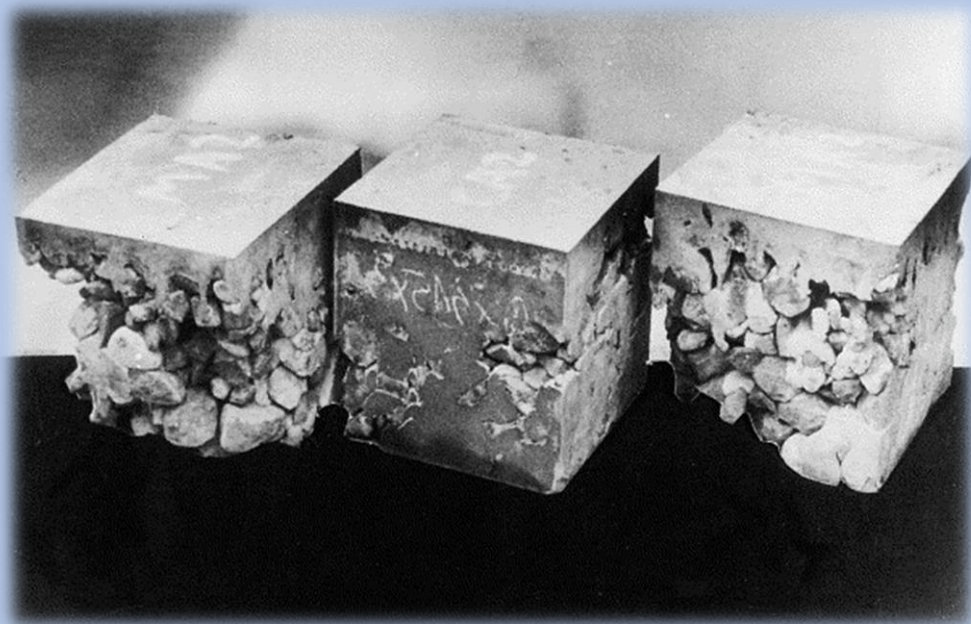


مرحله چهارم - خارج کردن لوله ها و پرداخت بتن

بتن پیش آکنده

نمای بتن پیش آکنده

نمای شبه موزاییکی



بتن پیش آکنده

نکات لازم در اجرا:

- کوچکترین اندازه سنگدانه مصرفی: ۸ الی ۱۰ برابر بزرگترین اندازه دانه های ماسه موجود در دوغاب
- سنگدانه های درشت باید عاری از گرد و غبار (به طور کامل خیس و اشباع)
- نسبت های اختلاط ملات از نظر وزنی: (۲ قسمت سیمان، ۱ قسمت خاکستر بادی و ۳ الی ۴ قسمت ماسه)
- استفاده از پوزولان برای کاهش خطرات آب انداختن و بهبود کیفیت روانی ملات
- استفاده از مواد افزودنی روان کننده با خاصیت دیرگیر کننده
- قابلیت قالب جهت تحمل فشار ملات سیمان

بتن پیش آکنده

نکات لازم در اجرا:

➤ استفاده از مواد منبسط شونده (نظیر پودر آلومینیوم) در ملات

➤ معلق باقی نگه داشتن سیمان و سنگدانه های ریز و مواد افزودنی تا قبل از تکمیل عمل پمپاژ سیمان (در یک مخلوط کن مخصوص کلوئیدی که سرعت گردش زیاد)

➤ آب بند بودن کامل قالب و قطعات محصور کننده محل بتن ریزی

➤ قرارگیری لوله ای جهت خروج هوا در موقع تزریق در بالای قالب (یا در بالاترین قسمت فضای مورد بتن ریزی)

➤ تزریق ملات باید تا وقتی ادامه یابد که ملات از لوله هواکش سرریز نماید (تا زمان عدم روئیت حباب هوا در ملات خروجی)

بتن پیش آکنده

اقتصاد و دانه بندی بتن پیش آکنده:

- ۶۰٪ شن ۴۰٪ ملات ← هزینه کم
- عدم نیاز شن به دانه بندی خاص
- سرعت کار بالا

بتن پیش آکنده

کنترل های ملات و بتن پیش آکنده

- کنترل های حرارتی
- کنترل های قبل از ریختن
- کنترل های حین اجرا
- کنترل های پس از اجرا

بتن پیش آکنده

کنترل های حرارتی

➤ دمای حداکثر به ۲ عامل بستگی دارد:

- ✓ دمای درونی بتن
- ✓ افزایش دما ناشی از هیدراتاسیون

➤ فرآیند های کاهش دما:

- ✓ استفاده حداقل از سیمان
- ✓ استفاده از سیمان کم حرارت
- ✓ استفاده از پوزولان
- ✓ خنک کردن سنگدانه ها

بتن پیش آکنده

کنترل های قبل از ریختن

آزمایش از نمونه های بتن برای تعیین ویژگی هایی چون:

- وزن مخصوص
- زمان گیرش
- روانی
- آب انداختن
- انبساط و انقباض
- و ...

بتن پیش آکنده

کنترل های حین اجرا

* کنترل ملات از نظر ← روانی و مقاومت

کنترل های پس از اجرا

➤ عدم انطباق مقاومت نمونه های کنترلی با مقاومت مشخصه ← مغزه گیری از بتن سخت شده

بتن پیش آکنده

روش نمونه گیری مغزه برای
انجام آزمایش:

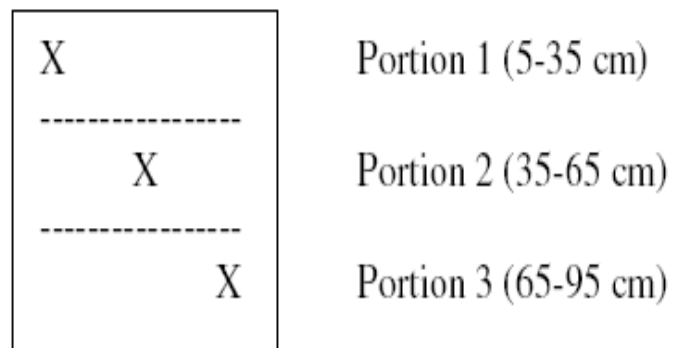


Figure 3.3. Selection of the locations of the three core specimens in order to check the horizontal and the vertical uniformity of the concrete simultaneously

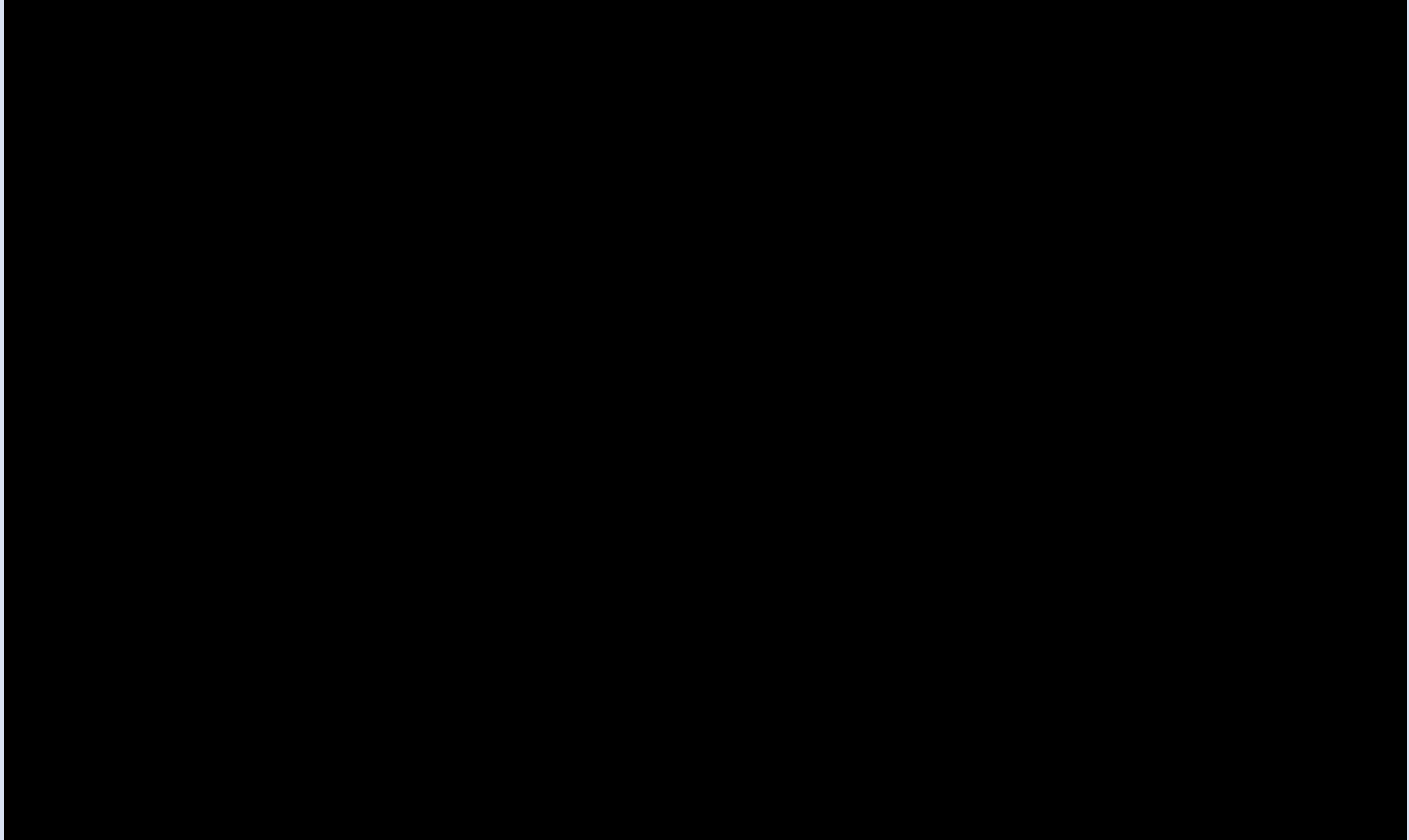
(While giving the depths of the portions, the top surface of the specimen is taken as datum)

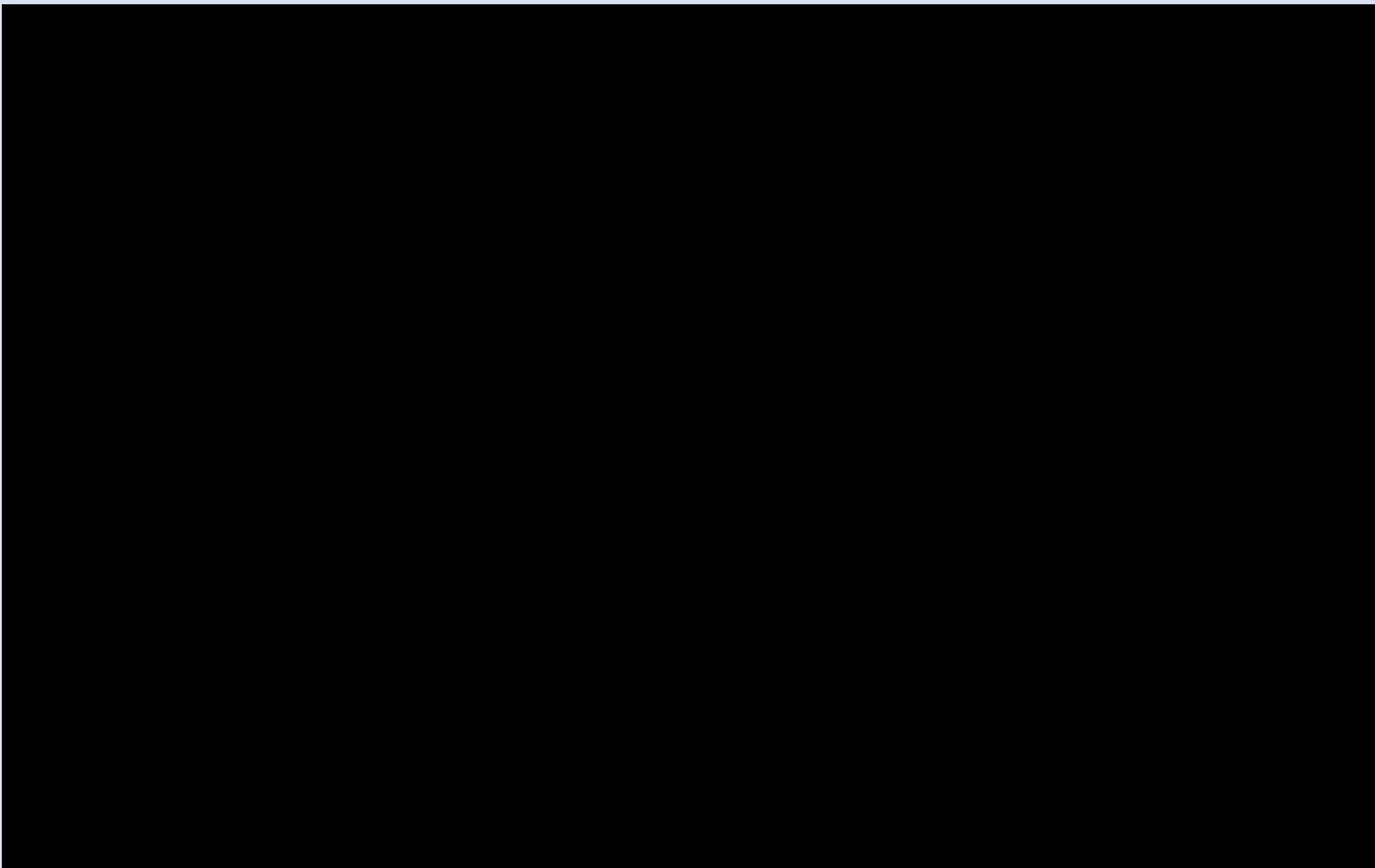
بتن پیش آکنده

| Specimen | Compressive Strength (MPa) | | | |
|-------------------------------|----------------------------|---------|----------|--------|
| | 28 days | 90 days | 6 months | 1 year |
| CC | 11.3 | 15.1 | 18.3 | 20.0 |
| PAC ₁ ¹ | 10.9 | 14.9 | 18.6 | 19.5 |
| PAC ₂ ¹ | 11.6 | 15.3 | 18.9 | 21.3 |
| PAC ₃ ¹ | 13.7 | 15.5 | 23.1 | 28.9 |
| PAC ₄ ¹ | 19.5 | 23.7 | 24.2 | 25.7 |
| PAC ₅ ¹ | 10.6 | 14.9 | 18.2 | 19.6 |
| PAC ₆ ¹ | 12.1 | 16.0 | 19.9 | 21.2 |
| PAC ₇ ¹ | 11.9 | 13.6 | 17.5 | 19.2 |
| PAC ₁ ² | 28.4 | 31.3 | 36.0 | - |
| PAC ₂ ² | 16.5 | 19.9 | 21.9 | - |
| PAC ₃ ² | 15.9 | 19.9 | 24.0 | - |
| PAC ₄ ² | 14.6 | 18.9 | 21.3 | - |

آزمایش مقاومت فشاری:

نتایج حاصل از آزمایش اندازه گیری مقاومت فشاری انجام شده بر روی نمونه های اصلی (استاندارد ASTM)





بتن مکیده

تعریف:

بتنی است که ابتدا با نسبت آب به سیمان بیشتر آن را در قطعه می ریزیم و سپس نسبت آب به سیمان آن را با اعمال خلأ و مکیدن آب کم می کنیم .

این عمل بلافاصله پس از ریختن و تراکم بتن انجام می شود تا آب اضافی از مجموعه لوله های به هم پیوسته پر آب (بتن اشباع) توسط مکش ناشی از اعمال خلأ در سطح بتن از قسمتهای بالائی و تا حدودی قسمتهای میانی آن خارج گردد .

ضمناً مقداری از حبابهای هوای بتن نیز بدین ترتیب خارج شده و بتن توپرتر می شود .

بتن مکیده

به منظور تأمین کارایی کافی آب موجود در بتن اغلب بیش از میزان لازم برای انجام و تکمیل واکنشهای سیمان است.

در نتیجه آب اضافی، بتن سخت شده دارای مقادیر زیادی فضاهای موئینه است که سبب کاهش مقاومت و دوام بتن میگردند.

مکیدن و خارج کردن آب از سطح بتن روشی است که برای مقابله با این ضعف در سطح بتنهای تازه ریخته و متراکم شده به کار گرفته می شود

بتن مکیده

مزایای روش:

سبب زودتر سخت شدن بتن
بهبود کیفیت و خواص فیزیکی و مکانیکی بتن در سطح
سطح آن از مقاومت و دوام بیشتری در برابر عوامل خارجی و محیطی برخوردار می شود
حذف حفرات سطحی قطعات

با اعمال این روش که توسط پمپ های مخصوص خلاء انجام میشود میتوان ۱۰ تا ۲۰ درصد از آب اختلاط بتن در سطح را کاست

بتن مکیده

این عمل میتواند تا ۲۰ الی ۲۵ سانتیمتری از سطح بتن را تحت تأثیر قرار دهد.

در عمل برای بهبود کیفیت سطوح در معرض سایش و فرسایش به هنگام مکیدن آب، ماله کشی توأم با فشار به طور همزمان انجام میشود

مکیدن بتن باید حتی الامکان بلافاصله پس از ریختن بتن و مادامیکه بتن حالت خمیری دارد صورت گیرد

ویبره بتن در همان دقایق ابتدایی پس از مکیدن بتن مطلوب است. چرا که باعث بسته شدن موئینه های ریز موجود در بتن که ناشی از خروج آب در حین مکیدن بوده خواهد شد و بدین ترتیب باعث اصلاح خواص آب بندی بتن میشود.

لازم به ذکر است که بازده عملیات مکیدن بتن در درجه حرارت های پایین بیشتر است

بتن مکیده

مکیدن بتن در هر مرحله از بتن ریزی فشار جانبی وارد بر قالب را عملاً به صفر کاهش میدهد. در حالی که فشار بتن معمولی از بالا به پایین بهطور خطی افزایش مییابد. از دیگر نتایج گیرش سریع بتن مکیده، قالببرداری سریع است. مدت زمان انجام مکیدن به ازای هر ۲۵ میلیمتر از ضخامت دال، معادل ۳ تا ۵ دقیقه میباشد

بتن مکیده

کاربردها:

کارخانجات قطعات پیش ساخته بتنی (افزایش سرعت کار: امکان بازکردن قالب یک ستون ۴ متری ظرف ۳۰ دقیقه پس از بتن ریزی)

کلیه دالهای بتنی بویژه در راهسازی (بهبود کیفی سطح بتن)

در بتن سرریزها و کانالها و لوله های آب (افزایش مقاومت و دوام سطحی در برابر سایش و قلوه کن شدن ناشی از خلأزایی)

اتصال خوب روکش بتنی تعمیری در رویه راه یا سرریزها

بتن مکیده

محدودیت ها:

➤ استفاده از این روش مستلزم داشتن وسایل اعمال خلأ و مکشی می باشد که تأمین آن گران بوده و از تعمیر و نگهداری پر هزینه است.

➤ عمل مکش و کاهش آب به طور نامحدودی انجام نمی شود و معمولاً حدی برای کاهش W/C وجود دارد که به طور کلی یک محدودیت محسوب می شود.

➤ همه بتن ها به یک میزان در این روش از بهبود برخوردار نمیشوند. همچنین وجود برخی مواد پوزولانی و ریز باعث می شود نتوان به خوبی از این روش استفاده کرد.

بتن مکیده

محدودیت ها:

➤ همه قسمت‌های بتن به یک اندازه بهبود نمی یابند (هم از نظر مقاومتی و هم از نقطه نظر دوام) زیرا W/C در همه قسمت‌ها به یک میزان کم نمی شود . قسمت‌های فوقانی با بخش های میانی و تحتانی یک قطعه (مانند دال) کاملاً متفاوت خواهد بود .

➤ صرف وقت برای اعمال مکش در قسمت های مختلف سطح قطعه از جمله محدودیت های مهم می باشد . در هوای معتدل و گرم مسئله گیرش بتن باید به ما اجازه چنین کاری را بدهد زیرا هر چه به زمان گیرش اولیه بتن نزدیک می شویم کار خروج آب با مشکل بیشتری همراه می گردد .

بتن مکیده

وسایل مورد نیاز:

پمپ مکش (خلاً)

فرش خلاً (Vacuum Mat)

بتن مکیده

مشخصات بتن مصرفی:

کارایی بالای بتن (اسلامپ: ۵ سانتیمتر)

از نظر حداکثر اندازه و بافت دانه بندی باید گفت بتن های با حداکثر اندازه بیشتر و بافت دانه بندی درشت تر بهتر آب خود را پس می دهند.

بتن هایی با شن و ماسه غلتیده و گردگوشه آب خود را بهتر پس می دهند و از این نظر مطلوب تر هستند

هر چه بتن پر سیمان تر و دارای مواد ریزدانه تر مانند پوزولانها ، پودر سنگ و گل و لای بیشتر باشد ، کار خروج آب مشکل تر می گردد .

بتن مکیده

مشخصات بتن مصرفی:

مصرف روان کننده هائی که لزجت آب را نیز کم کنند مناسب است.

استفاده از کندگیر کننده روان ساز (روان کننده کندگیر) رای اینکه بتوانیم در مدت زمان قابل قبولی این عمل مکش را در تمام سطح بتن (به ویژه دالهای بزرگ)

استفاده از مواد حبابزا و بتن حبابدار توصیه نمی شود (اصولا بکارگیری هر ماده در بتن که بتواند خارج شود و یا از خروج آب جلوگیری کند ، توجیه ندارد)

بتن مکیده

نحوه انجام کار:

ابتدا بتن نسبتاً شل یا شل خود را در محل می ریزیم و پس از تراکم و تراز کردن آن با شمشه بدون اینکه آن را ماله کشی کنیم، در اسرع وقت آماده اعمال خلاً می شویم. این کار باید قبل از سفت تر شدن بتن صورت گیرد.

فرش خلاً را بر روی بتن قرار می دهیم و پس از اتصال به پمپ، آن را روشن نموده تا مکش اعمال شود و آب بتن خارج گردد. این عمل معمولاً ۱۰ تا ۲۰ دقیقه ادامه می یابد.

بتن مکیده

نحوه انجام کار:

پس از پایان کار در یک قسمت ، فرش خلأ را به قسمتهای مجاور منتقل نموده و عملیات را عیناً ادامه می دهیم . مسلماً در صورت وجود فرش خلأ به تعداد زیادتر ، می توان از آنها استفاده نمود . فرشهای متعدد باعث تسریع کار شده و از سفت شدن بتن نیز جلوگیری می شود .

بعد از اعمال مکش در هر قسمت ، می توان آن را با ماله چوبی و سپس فلزی صاف نمود . مکش معمولاً تا عمق ۱۵ سانتیمتری مؤثر است و می تواند آب را تا حدود ۲۰ درصد خارج نماید . این خروج آب ممکن است به نشست بتن تا حدود ۳ درصد ضخامت منجر شود .

بتن مکیده

مقاومت بتن قبل و بعد از اعمال خلا

| W/C قبل از اعمال خلاً | W/C بعد از اعمال خلاً | مقاومت Mpa قبل از اعمال خلاً | مقاومت Mpa بعد از اعمال خلاً |
|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| ۰.۷۴ | ۰.۶۸ | ۱۷.۵ | ۲۳ |
| ۰.۷۱ | ۰.۵۹ | ۱۵.۰ | ۲۲.۵ |
| ۰.۶۵ | ۰.۵۷ | ۲۰.۵ | ۲۷ |
| ۰.۶ | ۰.۵۵ | ۲۹.۵ | ۳۳ |

SAFARI

بتن پلیمری

بتن ساخته شده با سیمان پرتلند معمولی محدودیتهایی دارد (که برخی موارد استفاده از آنها با مشکلاتی

همراه میشود). از جملهی این محدودیتهای میتوان به پایین بودن مقاومت خمشی، اختلاف کرنش آن با فولاد،

مقاومت کم در مقابل یخزدگی و به خصوص مقاومت کم در مقابل عوامل شیمیایی اشاره کرد. از روشهایی که میتوان تا حدودی این محدودیتهای را بر طرف کرد استفاده از مواد پلیمری در ساخت بتن است.

پلیمرها که اصولاً مواد مصنوعی پلاستیکی بوده و از مواد آلی محسوب میشوند با ایجاد یک شبکه‌ی به هم پیوسته در داخل بتن میتوانند حفره‌های داخلی را پر کرده و نفوذپذیری بتن را به شدت کاهش دهند. (چنین بتنی با قابلیت جذب آب بسیار پایین، دوام بسیار خوبی در مقابل عوامل مخرب محیطی و جملهی مواد شیمیایی از خود نشان میدهد).

بتن پلیمری

جدول (۱-۴۱): مهم‌ترین مزایا و محدودیت‌های کاربرد بتن پلیمری

| محدودیت‌ها | مزایا | |
|--|------------------------------|---|
| هزینه خیلی زیاد | سختی بالا | عایق جریان الکتریسیته |
| اندازه بزرگ‌ترین دانه‌ها نباید از یک سوم ضخامت بتن بیش‌تر باشد. | مقاوم در مقابل حملات شیمیایی | مصرف کم‌تر مواد تا حد ۵۰ درصد (به علت مقاومت بیش‌تر) |
| مصالح سنگی باید با اپوکسی مورد مصرف سازگار باشد. | مقاومت بالای سایش | چسبندگی عالی به بسیاری از مصالح |
| رطوبت سنگدانه‌ها از نیم درصد کم‌تر باشد. | عایق حرارت | ثبات حجمی (افت ناچیز) |
| ماسه سیلیسی خالص با درصد رد شده‌ی خیلی کم از الک ۱۵۰ میکرون برای ساخت این بتن مناسب است. | مقاوم در برابر عوامل جوی | رشد سریع مقاومت (کسب مقاومت فشاری ۱۴ مگاپاسکال در ظرف چند ساعت در برخی موارد چند دقیقه) |
| مقاومت کم در برابر حرارت | کارایی بالا | عمل‌آوری سریع و کم هزینه |

بتن پلیمری

در ساخت بتن با مواد پلیمری از انواع پلیمرها و از جمله پلی استر، اپوکسی و پلی متیل متا اکریلیت (PMMA) استفاده میشود [۱۴].

مواد پلیمری را میتوان به سه روش در بتن به کار برد.

به دلیل هزینه زیاد این مصالح و دردسرهای زیاد فناوری تولید این بتن‌ها استفاده از آنها به غیر از نوع «بتن با سیمان پلیمری» خیلی محدود است [۱۴].

بتن پلیمری

جدول (۴۲-۱): مقایسه‌ی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی بتن‌های پلیمری با بتن معمولی (با شرایط تقریباً مشابه)

| نوع بتن | ترکیبات | مقاومت فشاری (MPa) | مقاومت کششی (MPa) | مدول الاستیسیته (GPa) | جذب آب (%) | مقاومت در مقابل اسید |
|---|---|--------------------|-------------------|-----------------------|------------|----------------------|
| بتن اشباع شده با پلیمر | بتن ساده + تزریق پلیمر به داخل مقطع | ۱۴۰ | ۱۰/۵ | ۴۲ | ۰/۶ | ۱۰ |
| بتن اشباع شده با پلیمر در حالتی که بتن قبل از اشباع، اتوکلاو شود. | بتن اتوکلاوی + تزریق پلیمر به داخل مقطع | ۲۷۳ | ۱۴/۷ | ۴۹ | < ۰/۶ | > ۱۰ |
| بتن با سیمان پلیمری (لاتکس) | سیمان + آب + سنگدانه + پلیمر | ۳۸ | ۵/۶ | ۱۴ | - | ۴ |
| بتن پلیمری | سنگدانه + چسب ۲ جزئی | ۲۱۰ | ۱۱ | ۴۰ | ۰/۶ - ۰/۵ | > ۱۰ |
| بتن با سیمان پرتلند | سیمان + آب + سنگدانه | ۳۵ | ۲/۵ | ۲۵ | ۵/۵ | ۱ |

بتن پلیمری

بتن اشباع شده با پلیمر

فناوری تولید بتن اشباع شده با پلیمر بسیار پیچیده و سختتر از بتن معمولی میباشد لذا بیشتر تولید آن در کارخانهای مجهز انجام میشود

از این جهت این بتن معمولاً یک بتن پیشساخته است که پس از خشک شدن کامل با یک مونومر با ویسکوزیتهی پایین اشباع میشود. (این مونومر با پلیمریزاسیون درجا، حفرههای موجود در بتن را پر

کرده و تشکیل یک شبکهی به هم پیوسته میدهد

اشباع بتن با پلیمر به صورت قابل توجهی مقاومت و دوام بتن را بهبود میبخشد. برای اعضای سازههای بتنارمه و قطعات بزرگ بتنی گاهی، پلیمر بر روی سطح بتن پاشیده میشود

بتن پلیمری

توصیه میشود در بتنهای درجا ضخامت مقطع حداکثر به ۱۵۰ میلیمتر محدود شود زیرا نفوذ کامل پلیمر در مقاطع ضخیم مشکل است

اگر نفوذ نسبتاً سریع (در مدت ۱ ساعت) و عین حال کامل، مد نظر باشد اعضای خشک شده باید قبل از غوطهور شدن در مونومر مکیده شوند. (انجام این روند ممکن است در کاربردهای دوام ضروری نباشد. در چنین

حالتی غوطهور کردن بتن خشک شده در درون مونومر در تمامی طول شب بدون مکش قبلی آن موجب میشود که عمق نفوذ به نصف تا سه

چهارم ضخامت نسبت به سطح ورود مونومر برسد

بهدلیل سیستم منافذ پیچ و خم دار بتن سخت شده، تزریق کامل نمونههای خشک شده از طریق غوطهور کردن یا تراوش خیلی مشکل است. طبق تحقیقات انجام شده وقتی که تزریق کامل مد نظر باشد غیر از غوطهور شدن نمونه ضروری است که مونومر تحت فشار، تزریق شود

بتن پلیمری

بتن با سیمان پلیمری (Polymer Cement Concrete (PCC))

بتن با سیمان پلیمری نوع دیگری از بتن پلیمری است که مواد و فناوری تولید این بتن مشابه بتن معمولی با سیمان پرتلند است و پلیمر در این بتن به‌عنوان یک ماده افزودنی استفاده می‌شود. اختلاف عمده‌ی آن با بتن اشباع شده‌ی پلیمر، استفاده از سیمان و آب همراه با پلیمر (لاتکس) میباشد

پلیمرهای مورد استفاده بیشتر از نوع: استایرین بوتادین رابر، آکرلیک و پلی وینیل استات است

این نوع بتن از نوع پلیمر اشباع شده ارزانتر است و در تعمیرات بتن برای حصول بتن با نفوذپذیری کم به کار برده میشود

بتن پلیمری

از طرفی این نوع بتن گرانتر از بتن با میکروسیلیس، روباره و خاکستر بادی تمام میشود.

مزایای بتن پلیمری:

✓ سهولت اختلاط

✓ کارایی زیادتر با وجود نسبت آب به سیمان کم

✓ عمل آوری سریعتر و نیاز به مدت مراقبت کمتر

✓ چسبندگی بسیار خوب با میلگردها و بتن قدیم

✓ مقاومت خوب در مقابل نفوذ آب و گاز

✓ مدول ارتجاعی کمتر از بتن معمولی در حدود ۱۵ درصد که شکل پذیری بیشتری را موجب شده و برای تعمیرات بتن مناسبتر است.

بتن پلیمری

از آنجا که برای ساخت این بتن‌ها از پلیمر به میزان ۱۰ تا ۲۵ درصد وزنی سیمان استفاده می‌شود لذا در صورت افزودن این پلیمر، بتن مزبور به مقدار زیادی آب اختلاط نیاز خواهد داشت.

کاربردهای اصلی بتن با سیمان پلیمری

✓ در کف ساختمان

✓ عرشه پل

✓ پوشش جاده

✓ تعمیر ساختمانهای بتنی

✓ نصب پانلهای پیش ساخته (به دلیل خصوصیت چسبندگی خوب)

✓ سنگ چینی و نصب سرامیک

بتن پلیمری

بتن با پلیمر (Polymer Concrete (PC))

بتن پلیمری که به نام بتن چسب پلاستیک و یا بتن چسبی نیز خوانده میشود از یک ماده چسباننده پلیمری و پرکننده معدنی نظیر ماسه یا شن تشکیل شده است

در این نوع بتن سنگدانه ها با پلیمر یا صمغ مصنوعی به جای سیمان به یکدیگر چسبانده می شوند به این ترتیب برای تهیه این نوع بتن نیازی به آب نیست

استفاده از سنگدانه های خشک در این روش بسیار اهمیت دارد زیرا وجود رطوبت سبب آسیب دیدگی جدی در خواص این نوع بتن می شود.

خواص بتن پلیمری عمدتاً تابع مقدار و خواص پلیمر در بتن است.

بتن پلیمری

رزینهای اپوکسی از متداولترین چسباننده ها هستند. رزین های پلی استر یا فنولی نیز برای این منظور به کار میروند.

ماده چسباننده از دو بخش رزین و سخت کننده تشکیل می شود که پس از مخلوط کردن با هم ترکیب شده و به سرعت سخت می شود و مقاومت زیادی نسبت به بتن معمولی پیدا می کند.

حرارت باعث گیرش سریعتر این نوع بتن شده ولی بتن سخت شده در مقابل شعله و گرمای زیاد مقاومت خوبی ندارد.

کاربردها:

- ✓ تعمیرات بتن معمولی
- ✓ اضافه نمودن طول شمع ها
- ✓ چسباندن اعضا و قطعات سازه بتنی به یکدیگر و روکش های محافظ
- ✓ کارهای بتن فوری در معادن، تونلها و جاده ها

بتن پلیمری

بتن بارور شده با پلیمر

بارور کردن بتن با پلیمر فرایندی است که در آن سطح بتن سخت در مقابل حملات شیمیایی از جمله نفوذ کلر محافظت می شود.

این نوع بتن مانند بتن معمولی که با سیمان پرتلند ساخته میشود در رطوبت عمل می آید و سپس با یک پیک مونومر مایع یا گاز آغشته می شود که بعداً به وسیله تشعشعات گاما یا روش های شیمیایی به پلیمر تبدیل می شود.

استفاده از اشعه گاما خواص بتن را در مقایسه با روش شیمیایی بهبود می دهد.

بتن پلیمری

مقاومتهای فشاری، کششی و ضربه‌های بتنهایی که از این طریق پلیمری می‌شوند خیلی بیشتر از مقاومتهای متناظر آنها قبل از واقع شدن تحت این قبیل عملیات اصلاحی می‌باشند.

این نوع بتن‌ها در مقابل یخزدن و آب شدن، سایش و حملات شیمیایی مقاومت بیشتری نسبت به بتن معمولی دارند. این خواص ناشی از تراکم زیاد بتنهای پلیمری است به طوری که نفوذپذیری آنها تقریباً یک صدم نفوذپذیری بتنهای معمولی است.

عیب عمده این نوع بتن‌ها هزینه زیاد آن است و فقط در موارد خاص از قبیل لوله‌های بتنی انتقال آبهای خورنده و یا دستگاه‌های تبدیل آب شور دریا به آب شیرین (تصفیه آب دریا) یا روسازی راه‌های با شرایط محیطی بسیار شدید مورد توجه و مصرف قرار می‌گیرد.

بتن پلیمری

بتن با میکروسیلیس

دوده سیلیسی محصول فرعی کوره‌های با قوس الکتریکی در صنایع تولید سیلیکون، فرو سیلیس و سایر آلیاژهای سیلیکو است.

اگرچه بتن با میکروسیلیس خیلی ارزانتر از بتن اصلاح شده پلیمری (لاتکسی) است ولی هنوز به‌طور قابل ملاحظه‌ای گرانتر از بتن معمولی و یا بتن حاوی خاکستر بادی و روباره میباشد.

در این نوع بتن به دلیل ریز بودن فوق العاده ذرات میکروسیلیس، نیاز به آب افزایش می‌یابد که باید اثر منفی آن را با افزودن مواد کاهنده آب خنثی نمود.

بتن پلیمری

استفاده از این بتن برای سازه‌هایی که در معرض حملات توأم کلرها و سولفات‌ها قرار دارند و همچنین برای استفاده با سنگدانه‌های سیلیسی فعال، مؤثر می‌باشد.

استفاده از میکروسیلیس در روکش‌های نازک پلها در مقایسه با روکش‌های پلیمری یا پلیمر اصلاح شده اقتصادیتر بوده و برای بتن با مقاومت زیاد (۱۲۰ مگاپاسکال در سن ۹۰ روزه) همراه با روان کننده های قوی بهکار میرود.

در این نوع بتن گرایش به جمعشدگی پلاستیکی زیاد است. بنابراین برای جلوگیری از کاهش سریع آب و ترک خوردگی باید احتیاطهای لازم صورت گیرد. از اینرو در مقاطع نازک نظیر دالها باید بلافاصله بعد از جا دادن و صاف کردن سطح بتن، عملآوری با ترکیبات عملآورنده شروع و یا سطح بتن با نایلون پوشانده و در مقابل وزش باد محافظت گردد.

بتن پلیمری

در پارهای موارد مخلوط میکروسیلیس با روباره یا خاکستر بادی نیز بهکار برده میشود. باید توجه داشت که میکروسیلیس در میان مواد چسباننده جایگزین سیمان (روباره، خاکستر بادی، خاکستر پوسته برنج و . . .) دارای بیشترین بازدهی است.

بتن با درصد زیاد روبراره

روباره محصول فرعی کوره های بلند آهنگذاری است که وقتی آن را توسط آب به سرعت سرد کنند به شکل شیشه ای در آمده و پس از آسیاب شدن، قابل استفاده در بتن می باشد.

در بعضی موارد روبراره هنگام تولید سیمان در کارخانه با آن مخلوط شده و به این ترتیب سیمان پرتلند روبراهای تولید می کنند.

این نوع سیمان در مقایسه با سیمان پرتلند، دارای امتیازهای بسیار زیاد به ویژه در محیط های دریایی مناطق گرمسیر می باشد.

بتن با درصد زیاد روبراره

مهمترین خواص این نوع سیمان عبارتند از:

- ✓ نفوذپذیری کم بتن ساخته شده با این نوع سیمان در مقایسه با سیمان پرتلند معمولی
- ✓ مقاومت در مقابل نفوذ یون کلرید
- ✓ هدایت الکتریکی کم
- ✓ مقاومت زیاد در برابر انتشار اکسیژن
- ✓ کاهش انبساط در صورت وجود سنگدانه های واکنش زا
- ✓ پایین بودن گرمای حاصل از آبگیری سیمان
- ✓ مقاومت خوب در برابر شسته شدن و حملات بیولوژیکی در محیط های دریایی

بتن با درصد زیاد خاکستر بادی

این بتن حاوی خاکستر بادی با مقدار کمی آهک زنده، به میزان ۶۰ درصد وزن سیمان بوده و دارای نسبت آب به کل مواد چسباننده حدود ۰/۲۸ تا ۰/۳۲ است.

اسلامپ زیاد (بتن روان و جاری) با استفاده از روان کننده های قوی قابل حصول است.

مقاومت فشاری ۷ تا ۹ روزه این نوع بتن معادل یک روزه بتن معمولی (سیمان نوع ۱) و مقاومت فشاری یک ساله آن ۶۵ تا ۷۰ درصد بتن معمولی است.

غیر از افزایش مقاومت فشاری درازمدت در این نوع بتن، مقاومت در مقابل یخزدن و آب شدن، حملات شیمیایی و واکنش قلیایی دانه های سیلیسی افزایش یافته و بتن با دوام و پایایی زیاد به دست خواهد آمد.

بتن با درصد زیاد خاکستر بادی

جدول (۱-۴۴): مزایا و محدودیت‌های کاربرد بتن با درصد زیاد خاکستر بادی

| محدودیت‌ها | مزایا |
|---|--|
| نیاز به عمل‌آوری دقیق (حداقل به مدت ۷ روز) | مقاومت زیاد (به‌ویژه در دراز مدت) |
| عدم کارایی در مناطق سردسیر | اسلامپ زیاد در اثر مصرف روان‌کننده‌های قوی |
| هزینه زیاد تهیه مصالح | مدول الاستیسیته بالاتر از بتن معمولی |
| نیاز به کنترل کیفیت بالاتر در طرح اختلاط، جا دادن و عمل‌آوردن | نفوذپذیری کم (که این مطلب با آزمایش سریع نفوذپذیری مطابق ASTM C1202 به اثبات رسیده و در این آزمایش شار عبوری حدوداً کم‌تر از ۵۰۰ کلمب می‌باشد که نشان دهنده نفوذپذیری خیلی کم است.) |

بتن شسته (نمایان)

- برای تهیهی بتن شسته که ظاهر بسیار زیبایی نیز دارد نخست قالب دال کف با بتن مناسب پر می شود. سپس سنگدانه های درشت هم اندازه بر روی سطح بتن پخش می شوند. بعد با تخماق دستی شنها به نحوی کوبیده میشوند که کاملاً در بتن فرو رفته فقط سطح فوقانی آنها اندکی نمایان باشد. پس از آنکه بتن خود را گرفت با پاشیدن آب پر فشار، ملات اضافی از سطح سنگدانه ها شسته شده و دانهها نمایان می شوند.
- سنگدانه ها باید تمیز و بدون خاک بوده و شکل آنها تقریباً یکسان باشد. اندازه دانه ها می تواند از ۲۰ میلیمتر تا ۲۰ سانتیمتر متفاوت باشد. ولی معمولاً از سنگدانه های ۴۰ تا ۶۵ میلیمتری و یا ۲۵ تا ۵۰ میلیمتری استفاده می شود.

بتن گوگردی

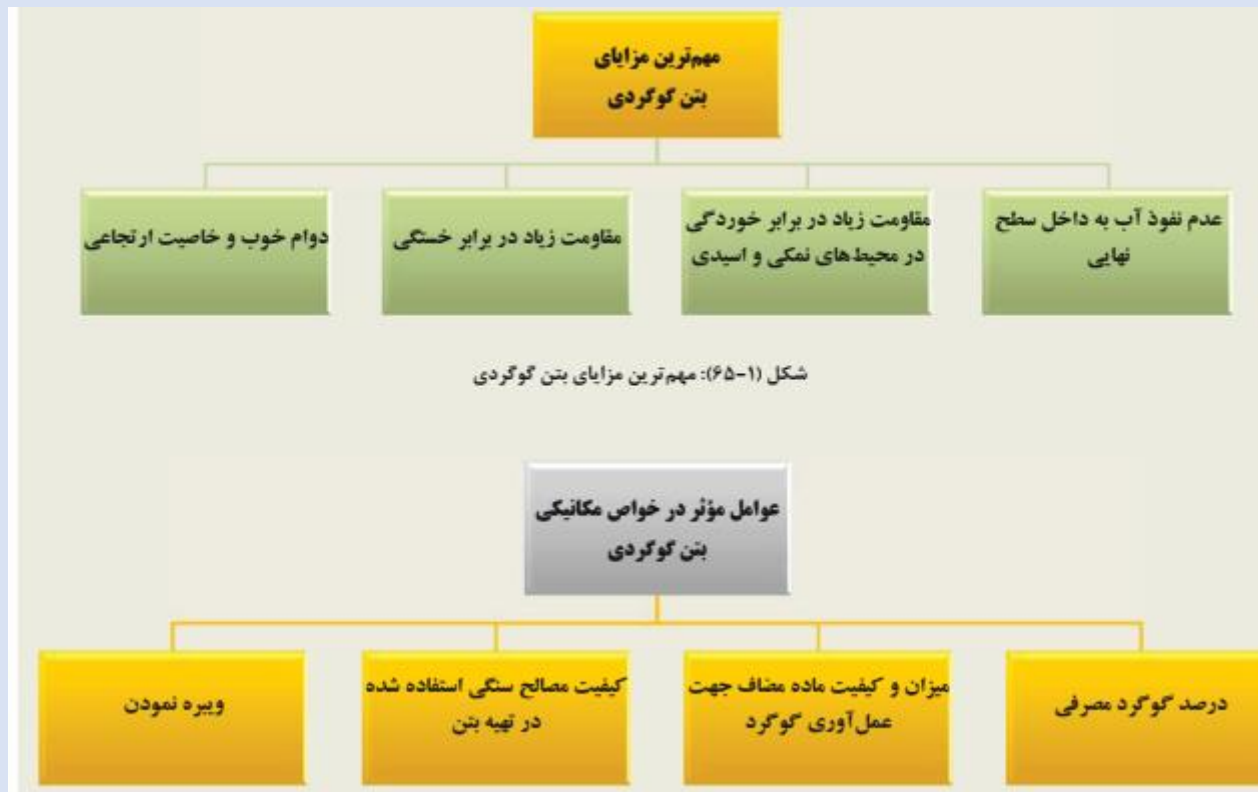
- بتن گوگردی یکی از مواد ترکیبی است که از ترکیب مصالح سنگی و سیمان گوگردی به دست می آید و به علت ساختمان خاص خود در خانواده بتن ها قرار می گیرد.
- سیمان گوگردی سیمانی است که از ترکیب گوگرد و مواد مضاف در یک فرایند حرارتی به دست می آید. به این ترتیب در بسیاری از موارد میتواند به عنوان یک جانشین مناسب برای بتن مورد استفاده قرار گیرد.
- لذا بتن گوگردی یک عنوان کلی است که برای مجموعه ای از محصولات استفاده می شود که از نظر نوع و نسبت ترکیبات استفاده شده متفاوت می باشند. این مواد در مجموع جزء دسته مواد ترموپلاستیک بوده که از ترکیبات گرمایی نوع خاصی از گوگرد، ترکیبات معدنی و افزودنی های مورد نیاز و مواد پرکننده به دست می آید.

بتن گوگردی

برای ساخت بتن گوگردی دو راه وجود دارد

- ۱- روش اول این است که ابتدا سیمان را گرم کرده و پس از رسیدن به حالت مذاب آن را به مخلوط شن و ماسه گرم شده می افزایند.
 - ۲- در روش دوم آن را به صورت پودر جامد درآورده و پس از گرم کردن شن و ماسه در داخل بتونیر، آن را به مخلوط گرم شده اضافه میکنند تا پس از دریافت حرارت لازم از مخلوط و رسیدن به درجه حرارت معین به صورت مذاب در آمده و به تشکیل مخلوط بتن گوگردی منجر شود.
- نکته:** با توجه به اینکه کشور ما دارای معادن گوگرد فراوان بوده و همچنین حجم بسیار زیادی گوگرد نیز از تصفیه گازهای ترش بهدست میآید میتوان به بهترین نحو از سیمان گوگردی استفاده نمود.

بتن گوگردی



بتن گوگردی

جدول (۱-۴۵): مزایا و محدودیت‌های بتن گوگردی در مقایسه با بتن معمولی [۲]

| محدودیت‌ها | مزایا | | | |
|---|---|---|--|---|
| تنها نکته منفی این است که در صورت گرم کردن بتن گوگردی این بتن در درجه حرارت ۸۰ درجه سانتی‌گراد به بالا به تدریج مقاومت خود را از دست می‌دهد و در درجه حرارت ۱۲۰ درجه خمیری شکل می‌شود. لذا برای کاربرد آن در ساختمان باید یک لایه پوششی از بتن معمولی یا گچ و یا سنگ بر روی آن به‌عنوان عایق کشیده شود. | این صنعت در واقع صنعت پاک و غیره آلاینده محسوب می‌شود و از مواد زائد صنعت نفت استفاده می‌نماید. | کلیه دستگاه‌ها و تجهیزات آن در داخل کشور تولید شده و نیازی به خروج ارز ندارد. | سرعت گیرش بتن گوگردی حدود یک ساعت است در حالی که در بتن معمولی ۲۸ روز است. | به‌علت چسبندگی بسیار بالای این بتن به فلزات می‌توان برای روکش پل‌های فلزی استفاده نمود. |
| | مقاومت کششی و ضریب گسیختگی حدود ۳ برابر | دوام بیش‌تر در مقابل خوردگی | نیازی به آب، برای ساخت بتن ندارد. | امکان بازیافت سریع بتن گوگردی |
| | گیرایی بسیار سریع آن موجب تسریع اجرای کارهای عمرانی و کاهش هزینه می‌شود. | به‌علت عایق رطوبت بودن می‌توان از آن به‌عنوان ایزولاسیون استفاده نمود. | امکان استفاده از دامنه وسیعی از مصالح برای تولید این بتن وجود دارد.* | نیاز به سرمایه‌گذاری کم‌تری (حدود یک دهم) نسبت به سیمان معمولی برای تولید دارد. |
| | بتن گوگردی و معمولی مصرف می‌کند و بیش‌تر از سوخت‌های فسیلی استفاده می‌کند. | یک‌صدم بتن معمولی برق مصرف می‌کند و بیش‌تر از سوخت‌های فسیلی استفاده می‌کند. | مواد اولیه و افزودنی‌های آن در کشور تولید می‌شود. | این بتن دارای استاندارد ACI بوده و بیش از ۳۰ سال است که در دنیا استفاده می‌شود. |
| | مقاومت در برابر خوردگی بسیار زیاد (اسیدها) | نفوذپذیری بسیار کم‌تر | مقاومت در برابر سایش بسیار بالاتر | خزش کم‌تر |
| | ضریب هدایت حرارتی پایین‌تر | مقاومت در برابر خستگی بسیار بالاتر | دوام در چرخه حرارتی برابر یا بالاتر | ضریب الاستیسیته بالاتر |

بتن سفید

- رنگ بتن برآیند رنگ اجزای تشکیل دهنده‌ی آن میباشد به طوری‌که بتن معمولی با مصالح عموماً به رنگ تیره در نهایت نیز به رنگ طوسی پر رنگ به چشم می‌آید. (رنگ بتن در برخی موارد معماری که لازم است سطح بتن به‌صورت نمایان) اکسپوز (اجرا شود اهمیت مییابد. در گذشته برای تغییر رنگ بتن از انواع پوششها و رنگهای شیمیایی استفاده میشد لیکن امروزه با پیشرفت فناوری ساخت بتنهای سازه‌ای رنگی خصوصاً رنگ سفید، نیازی به استفاده از پوشش رنگی نمی باشد.
- برای ساخت بتن سفید باید از مصالح به این رنگ استفاده شود. تنوع معادن کشور در حدی است که با کمی جستجو سنگدانه‌های آذرین سفید رنگ با حداقل مشخصات سنگدانه های معمولی یافت میشود. (که با خرد کردن سنگها، دانه بندی مورد نظر از فیلر تا سایز بزرگ تأمین خواهد شد.

بتن سفید

- سیمان مورد استفاده نیز در این بتن باید از نوع پرتلند سفید باشد. در صورت استفاده از سیمان سیاه با سنگدانه سفید یا برعکس بتن حاصله به رنگ طوسی روشن در خواهد آمد. استفاده از سیمان پرتلند سفید با مشخصات استاندارد مندرج در جلد اول، به‌عنوان بتن سازهای امکانپذیر است.
- طرح اختلاط این بتن با مصالح سفید مشابه بتن معمولی می باشد تنها نکته آن تمیز بودن تجهیزات مرتبط با حمل مصالح، ساخت و بتن ریزی می باشد.
- همچنین عمل آوری بتن سفید نیاز به دقت کافی دارد زیرا به راحتی در اوایل سن کثیف می شود و تقریباً تمیز کردن آن غیر ممکن است. استفاده از ورقه های پلاستیک برای عمل آوردن بتن و دوری آن از گرد و غبار روش مناسبی است.

بتن پودر فعال

- نوع دیگری از بتن با مقاومت بالا تحت عنوان بتن با پودر فعال میباشد. این محصول یک بتن با مقاومت فوقالعاده زیاد است که از نظر شکل پذیری و خاصیت جذب انرژی بسیار خوب، تخلخل بسیار کم، نفوذپذیری ناچیز و مقاومت سایشی بسیار خوب میباشد.
- مقاومت فشاری این بتن حداقل ۲۰۰ مگاپاسکال و مقاومت خمشی آن با استفاده از الیاف کوچک فولادی در حدود ۵۰ مگاپاسکال است. ایده تولید بتن پودر فعال نخستین بار در اوایل دهه ۱۹۹۰ در فرانسه شکل گرفت و برای اولین بار در سال ۱۹۹۷ در ساخت یک پل عابر پیاده با دهانه ۶۰ متر در شبروک کانادا به صورت عملی به کار گرفته شد.

بتن پودر فعال

مواد و طرح اختلاط بتن پودر فعال عبارتند از:

دانه‌های کوارتز ریز با دانه بندی خوب و در محدوده‌ی ۰/۱۵ الی ۰/۴ میلی‌متر، سیمان پرتلند بدون C3A و یا با C3A بسیار کم (مثلاً سیمان نوع ۵) پودر میکروسیلیس مرغوب و فوق روان کننده با کیفیت بسیار خوب با نسبت آب به مواد سیمانی بسیار کم (۰/۱۸ الی ۰/۲) ساخته می شوند.

عملآوری بتن پودر فعال ممکن است در دمای معمولی و یا تحت فشار و با بخار ۱۶۰ درجه سانتیگراد انجام گیرد. (امروزه دانش تولید این بتن در حال پیشرفت است و گفته می شود بتن تا مقاومت فشاری ۶۰۰ مگاپاسکال را هم به این روش تولید نموده اند.

بتن پودر فعال

- در تحقیقات اخیر با جایگزینی حدود ۴۰ درصد از سیمان پرتلند با خاکستر بادی ضمن ثابت ماندن مقاومت فشاری، بهبود خصوصیات دیگری چون کاهش حرارت هیدراسیون و جمع شدگی نیز مشاهده گردید.
- مقاطع تیر تولید شده با بتن پودر فعال که بدون استفاده از میلگردهای فولادی ساخته می شوند با مقاطع فولادی از نظر ابعاد و وزن قابل مقایسه و رقابت هستند.

بتن مسلح به میلگرد کامپوزیتی

- اگرچه بتن آرمه از دیر باز و به طور سنتی از ترکیب بتن و میلگردهای فولادی تشکیل شده است لیکن در سالهای اخیر استفاده محدودی از میلگردهای غیر فلزی آغاز شده است. هر چند تحقیقات بر روی کاربرد وسیع تر آنها و عملکرد دراز مدت بتن مسلح به میلگرد کامپوزیتی ادامه دارد. این میلگردها که معروف به میلگردهای با الیاف پلاستیکی (FRP هستند از الیاف مختلفی چون الیاف شیشه ای (GFRP، الیاف آرامیدی (AFRP و الیاف کربنی (CFRP در یک رزین چسباننده تشکیل شده اند.

بتن مسلح به میلگرد کامپوزیتی

خاصیت عمده این میلگردها که سبب کاربرد آنها شده است مقاومت در برابر خوردگی آنها است که میتواند در محیطهای بسیار خورنده دوام دراز مدتی داشته باشند. این مسأله به خصوص در مورد پایه‌های پل، سازه‌هایی که در تماس با نمک‌های یخزدا قرار می‌گیرند و نیز سازه‌های ساحلی و دریایی، هر ساله موجب میلیاردها دلار خسارت در سراسر دنیا میشود. سازه‌های بتن مسلح در نواحی ساحلی ایران به خصوص در مجاورت خلیج فارس از این مسأله مستثنی نبوده و در مواردی کمتر از ۵ سال از نظر سازه‌های غیر قابل استفاده گردیده‌اند.

بتن مسلح به میلگرد کامپوزیتی

مزایا و محدودیتهای میلگرد کامپوزیتی

جدول (۱-۴۷): مزایای و محدودیتهای کاربرد میلگرد کامپوزیتی

| محدودیتها | | مزایا | |
|---|---|--|-------------------------------|
| خزش زیاد | کرنش گسیختگی کم | مقاومت الکتریکی زیاد | هدایت مغناطیسی پایین |
| ضریب ارتجاعی فشاری میلگرد FRP از ضریب ارتجاعی کششی آنها کمتر است. | شکونده بودن | مقاومت در برابر خوردگی | ظرفیت بالای تغییر شکل ارتجاعی |
| حساسیت به خستگی | تفاوت قابل ملاحظه‌ای ضریب انبساط حرارتی آنها در مقایسه با بتن | وزن مخصوص به مقاومت اندک است. | مقاومت کششی زیاد |
| حداکثر مقاومت کششی ۴۰۰ مگاپاسکال برای اعضای شکل‌پذیر | | دوام دراز مدت در محیط‌های بسیار خورنده | |

بتن مسلح به میلگرد کامپوزیتی

برای جلوگیری از خوردگی فولاد در بتن مسلح روشهای مختلفی ارائه شده و مورد استفاده قرار گرفته است که از بین آنها میتوان به پوشش اپوکسی روی میلگردها، تزریق پلیمر به سطوح بتنی و حفاظت کاتدیک میلگردها اشاره نمود.

با این وجود هر یک از این روشها فقط تا حدودی مؤثر بوده است.

لذا توجه محققین به حذف کامل عامل این نقص که همان میلگردهای فولادی است معطوف شد.

در نهایت با ورود مواد کامپوزیتی (FRP به صورت میلگرد در بتن به جای فولاد این ضعف کاملاً مرتفع شد. مواد کامپوزیتی بسیار مقاوم در محیطهای خورنده همچون محیط های نمکی و قلیایی هستند.

در این میان بهترین الیاف کربن، آرامید و شیشه مقاومت بهتری را از خود در برابر حمله قلیایی ها نشان می دهند.

بتن مسلح به میلگرد کامپوزیتی

پ- مدول الاستیسیته: مدول الاستیسیته محصولات کامپوزیتی غالباً در محدوده قابل قبولی قرار دارد اگر چه اصولاً کمتر از مدول الاستیسیته فولاد است.

بتن بدون جمع شوندگی

جمع شدگی ناشی از خشک شدن، یک خاصیت مهم سیلیکات کلسیم هیدراته شده است که محصول اصلی هیدراتاسیون سیمانهای پرتلند میباشد. بنابراین همانطور که شرح داده شد اعضای بتنی کوچک و متوسط، مستعد جمع شدگی ناشی از خشک شدن هستند و معمولاً ترک می خورند.

این امر بدین خاطر صورت میگیرد که بتن تمایل به آزاد شدن از دست تنش های وارده دارد و اگر این تنشها از مقاومت کششی آن بیشتر شود بتن ترک میخورد.

ترکها در بتن موجب افزایش تراوایی و در نتیجه کاهش دوام بتن در مقابل مواد مضر می شوند و در بعضی از موارد بر ایمنی و عملکرد سازه های اعضای بتنی نیز اثر منفی می گذارند.

بتن بدون جمع شدگی

بر اساس تعریف کمیته ACI 223 بتن بدون جمع شدگی با سیمان منبسط شونده ساخته می شود و بر اثر آن به علت مقید شدن توسط میلگرد بهاندازه مقدار پیش بینی شده جمع شدگی ناشی از خشک شدن و یا کمی بیش از آن منبسط می شود.

از این رو بتن در هنگام منبسط شدن و بر اثر مقید شدن، مقداری تنش فشاری در آن به وجود می آید.

اما با جمع شدگی ناشی از خشک شدگی این تنشها در نهایت بسیار کاهش می یابد. در حالت ایده ال مقداری فشار در بتن باقی می ماند و در نتیجه از خطر ترک خوردگی ناشی از جمع شدگی جلوگیری می شود.

بتن بدون جمع شونده گی

- چ (موارد مصرف: استفاده از بتن بدون جمع شونده گی در کفسازیها میتواند تا ۸۰ درصد درزهای بین دالهای بتنی را کاهش دهد که مزیت بزرگی از نظر ظاهر، ساخت و هزینه تعمیرات در پروژه ها محسوب می شود.
- همچنین استفاده از این بتن در مخازن و تصفیهخانهها به علت کاهش مصرف میلگرد لازم برای جمع شونده گی، بتن ریزی در مقاطع بزرگ و پیوسته، درزهای اجرایی کمتری به وجود می آید که کاهش مصرف نوارهای آب بند را نسبت به بتن معمولی خواهد داشت و از نظر زمان اجرا و صرفه اقتصادی مورد توجه قرار می گیرد.

بتن حجیم

- هر حجمی از بتن معمولاً با ابعاد بزرگ که نیازمند تدابیری ویژه برای کاهش ترک خوردگی ناشی از گرمای آبگیری (هیدراتاسیون) سیمان باشد بتن حجیم نامیده میشود.

تقسیم بندی سازه های بتنی حجیم:

- ✓ الف- سازه های ثقیلی مانند سدهای وزنی شامل سدهای بتن غلتکی
- ✓ ب- سازه های پوسته ای ضخیم مانند سدهای قوسی
- ✓ پ- سازه های بتن آرمه ضخیم مانند ایستگاه های پمپاژ بزرگ، نیروگاه ها و پایه های حجیم پلها.

بتن حجیم

واکنش میان سیمان و آب، توأم با تولید گرما میباشد و سبب افزایش قابل ملاحظه دمای درون قطعات بزرگ بتنی میشود. اگر این گرما نتواند به سرعت تخلیه شود تغییر حجم ناشی از افزایش و کاهش دمای سازه، ممکن است تنشها و کرنشهای قابل ملاحظه‌ای ایجاد نماید که ترک خوردگی بتن را به دنبال خواهد داشت. تدابیر لازم برای کنترل دمای بتن ممکن است قبل، همراه و یا بعد از بتن ریزی اعمال شوند

اندازه بزرگترین دانه سنگی بتنهای حجیم معمولاً بزرگتر از بتنهای متداول است و دانه بندی سنگدانهها باید با دقت بیشتری کنترل شود تا با حداقل سیمان ممکن یا به کمک پوزولانها طرح اختلاط مناسب تهیه شود

بتن حجیم

الف) طبقه‌بندی: برای تولید بتنهایی با دانه‌بندی مناسب باید سنگدانه‌ها براساس اندازه طبقه‌بندی شوند. سنگدانه‌ها به دو گروه اصلی درشت (شن) و ریز (ماسه) طبقه‌بندی میشوند.

طبقه‌بندی سنگدانه‌های مصرفی در بتن حجیم با بزرگترین اندازه اسمی ۱۵۰ میلی‌متر بر اساس پنج محدوده‌ارایه شده در جدول (۱-۵۲) توصیه میشود. هر یک از محدوده‌های فوق میتواند بر اساس نیاز طرح و با تأیید دستگاه نظارت به دو محدوده کوچکتر تقسیم شود.

جدول (۱-۵۲): طبقه‌بندی سنگدانه‌های مصرفی در بتن حجیم

| شن (میلی‌متر) | شن (میلی‌متر) | شن (میلی‌متر) | شن (میلی‌متر) | ماسه (میلی‌متر) |
|------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------|
| ۱۵۰ تا ۷۵ | ۷۵ تا ۴۰ | ۴۰ تا ۲۰ | ۲۰ تا ۵ | صفر تا ۵ |

بتن حجیم

استفاده از سنگدانه‌های بزرگتر از ۱۵۰ میلی‌متر در بتن‌های حجیم با این شرط امکان پذیر است که بتوان نشان داد در کیفیت بتن، استهلاک دستگاہ‌ها و روش اجرا اثر منفی نداشته و موجب کاهش هزینه‌ها خواهد شد.

در صورت استفاده از بتن آرمه حجیم، ضوابط مندرج در فصل دوم جلد اول برای تعیین حداکثر اندازه سنگدانه لازم الاجرا است.

بزرگترین اندازه سنگدانه مورد استفاده در بتن حجیم با توجه به محدودیت‌های طرح و صرفه اقتصادی تعیین می‌شود.

بتن حجیم

سیمان

در بتنهای حجیم یکی از چند گونه سیمان پرتلند نوع ۴، ۲ یا ۵ یا انواع بهخصوصی از سیمانهای آمیخته پرتلند پوزولانی و روبرهای استفاده میشود.

سیمان نوع دو با گرمای آبگیری متوسط در صورتی برای استفاده در بتنریزیهای حجیم مناسب است که مجموع سه کلسیم سیلیکات و سه کلسیم آلومینات (C3S+C3A) آن کمتر از ۵۸ درصد یا گرمای آبگیری ۷روزه آن کمتر از ۷۰ کالری بر گرم باشد.

سیمان نوع ۴ با گرمای آبگیری کم برای سازههای بتنی حجیم که در آنها الزامات حرارتی تعیین کننده میباشد مناسب است. (گرمای آبگیری ۷روزه این سیمان به ۶۰ کالری بر گرم محدود شده است.

بتن حجیم

سیمان نوع یک نباید به تنهایی در بتن های حجیم مصرف شوند مگر آنکه نشان داده شود به همراه پوزولانها، روبره ها یا دیگر مواد افزودنی معدنی کلیه الزامات مربوطه را برآورده می کند.

زمانی که کلریدها یا یونهای مخربی نظیر آن علاوه بر یون سولفات وجود داشته باشد برای جلوگیری از خوردگی میلگردها باید نسبت آب به سیمان را کاهش داده و **سیمان نوع دو** مصرف نمود.

مصرف سیمان نوع ۳ در بتنهای حجیم مجاز نیست.

سیمان نوع پنج (مقاوم در برابر سولفاتها) به دلیل روند حرارت زایی متوسط در بتن ریزی های حجیم نیز کاربرد دارد.

بتن حجیم

ریختن و تراکم بتن

الف- ریختن بتن:

بتن باید تا حد امکان در محل نهایی ریخته شود به نحوی که جریان بتن به اطراف سبب جدایی بتن نشود. حرکت دادن بتن به اطراف توسط ویبراتور مجاز نمی باشد.

سطح تمام شده بتن باید تا ۲۴ ساعت با نظر دستگاه نظارت از عبور و مرور افراد حفاظت گردد.

بتنریزی باید با سرعتی انجام گیرد که سطح بتن ریخته شده قبلی تا زمان بتن ریزی لایه بعدی به گیرش ابتدایی خود نرسیده باشد.

در صورت بروز بارندگی شدید یا طولانی مدت که ممکن است باعث شسته شدن شیره یا تغییر در میزان روانی بتن شود باید بتنریزی متوقف و بتن ریخته شده حفاظت شود.

بتن حجیم

ترتیب بتنریزی و ضخامت لایه ها در یک نوبت بتنریزی به حجمی از بتن گفته میشود که در یک عملیات پیوسته بتنریزی بین دو درز اجرایی افقی انجام می پذیرد. هر نوبت بتن ریزی را میتوان در لایه های متوالی اجرا نمود. برای بتن ریزی دیوارها باید به وسیله لوله، بتن را تا نزدیک سطح بتن ریزی پایین برد. ضخامت قشرهای متوالی بتن باید تقریباً مساوی و به اندازه‌های باشد که تراکم لازم بتن تأمین شود. ریختن بتن در احجام بزرگ و پخش آن با ویبراتور مجاز نیست.

بتن حجیم

حداکثر ضخامت بتن ریزی در هر نوبت و هر لایه بتن ریزی و حداقل زمان بین دو نوبت بتن ریزی در شرایط معمولی (بدون اعمال تدابیر پس سرمایه‌اش)

جدول (۱-۶۶): حداکثر ضخامت و حداقل زمان بین دو نوبت بتن*

| حداقل زمان بین دو نوبت بتن ریزی (ساعت) | | حداکثر ضخامت یک لایه بتن ریزی (متر) | حداکثر ضخامت یک نوبت بتن ریزی (متر) | محل بتن ریزی |
|--|-------------------------------------|---|---|----------------------------------|
| دمای بیش‌تر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد | دمای کم‌تر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد | | | |
| ۶۰ | ۴۸ | ۰/۵ | ۳ | دیوارهای با پهنای کم‌تر از ۵ متر |
| ۷۲ | ۶۴ | ۰/۵ | ۱/۵ | دال با ضخامت بیش‌تر از ۰/۵ متر |
| - | - | - | یک نوبت | دال با ضخامت کم‌تر از ۰/۵ متر |

بتن حجیم

در مورد بتنریزی بدنه سدها که از تدابیر پس سرمایه‌ش استفاده می‌شود ضخامت نوبت‌ها، لایه‌های بتن ریزی و حداقل زمان بین دو نوبت بتن ریزی بر اساس مطالعات حرارتی تعیین می‌شوند.

لرزاننده باید به صورت عمودی و در فواصل یکنواخت (تقریباً $1/5$ برابر شعاع تأثیر لرزاننده) در بتن فرو برده شود.

لرزاننده باید با سرعت به سمت پایین لایه و حداقل تا 150 میلیمتر درون لایه سخت نشده قبلی فرو برده شود.

بتن عبور دهنده نور

این بتن در سال ۲۰۰۱ توسط یک معمار مجارستانی به نام آرون لاسونسزی (Áron Losonczi) اختراع شد و به ثبت رسید.

این مصالح ترکیبی از فیبرهای نوری (الیاف شفاف است که نور را از ابتدا به انتها طول خود بدون تأثیر از محیط منتقل میکند).

(و ذرات بتن است) و میتواند به عنوان بلوکها و یا پانلهای پیش ساخته مورد استفاده قرار گیرد.

هزاران فیبر شیشه‌ای نوری به صورت موازی کنار هم بین دو وجه اصلی قطعه بتنی قرار میگیرند و باعث نفوذ نور به داخل قطعه میشوند.

نسبت فیبرها بسیار کم و حدود ۴ درصد کل حجم بتن است.

اندازه و ترتیب فیبرها در بتن میتواند متفاوت باشد لیکن قرارگیری فیبرها عموماً منظم است.

بتن عبور دهنده نور

در تئوری، ضخامت یک دیوار ساخته شده با بتن عبور دهنده نور میتواند تا چند متر باشد زیرا فیبرها تا حدود ۲۰متر طول، بدون کاهش میزان نور عمل میکنند. از طرفی اعضای باربر بتنی نیز میتوانند از این نوع بتن ساخته شوند. زیرا فیبرهای شیشه‌ای هیچ تأثیر منفی روی مقاومت بتن ندارند و مسلح کردن این مصالح نیز در صورت نیاز ممکن است. همچنین انواع دیگری از این بتن با عایق حرارتی و صوتی قابل تولید است.

در صورت نیاز به مسلح کردن این بتن شیارهایی در داخل آن تعبیه میشود.

در حین ساختن دیوارها میلگردها به صورت عمودی یا افقی در این شیارها قرار میگیرند و فیبرهای نوری به خاطر خاصیت انعطاف پذیری خود در اطراف میلگردها جمع میشوند و به این ترتیب میلگردها دیده نمی شوند.

از این روش در چند پروژه و طراحی نمایشگاه با موفقیت استفاده شده است.

بتن عبور دهنده نور

پ) طراحی داخلی و معماری: از بتن عبور دهنده نور میتوان برای روکش دیوارها در طراحی داخلی استفاده کرد (به صورتی که از پشت نورپردازی شده باشند و میتوان از نورهای رنگی متنوع برای ایجاد حس فضای مورد نظر استفاده کرد). همچنین ساخت لامپ لایترا کیوب و نورپردازی با آن ب) پوشش کف: یکی از جذابترین موارد استفاده از بتن عبور دهنده نور، در پوشش کفها و درخشش آن از پایین است.

- الف) دیوار: میتواند برای دیوارهای داخلی و خارجی مورد استفاده قرار گیرد (جهت انتقال نور به داخل) به خاطر استحکام زیاد این ماده میتوان از آن برای ساختن دیوارهای باربر هم استفاده کرد.

بتن با سنگدانه بازیافتی

برای جلوگیری از مسایل محیط زیستی که از تخریب ساختمانها و مصرف مصالح نو ناشی میشود، تحقیقات وسیعی در ساخت بتن با سنگدانه بازیافتی (خرد کردن بتن قدیم و استفاده از آن بهعنوان سنگدانه در بتن جدید) در حال انجام است.

به عنوان مثال در کشور هلند هر سال حدود ۱۰ میلیون تن مصالح ناشی از تخریب ساختمان های بتنی که حدود یک سوم حجم بتن مورد نیاز در ساخت ساختمانها است تولید میشود. قرار است نیمی از این مصالح در بتنهای جدید استفاده شوند.

در حال حاضر تحقیقات روی میزان جمعشدگی و خزش و دوام این بتنها ادامه دارد تا در آینده کاربرد وسیعتر آن را امکانپذیر سازد.

بتن با سنگدانه بازیافتی

مصالح مختلفی برای کاربرد مجدد در بتن وجود دارد که پلی استایرن، خرده شیشه، خاک خیابانها و بتن تخریب شده برخی از آنها است.

ضایعات پلیاستایرن معمولاً از دور ریزهای یونولیت‌های تولیدی در صنایع مختلفی چون ساختمان یا بسته‌بندی جمع‌آوری شده و پس از تبدیل آنها به دانه‌های بسیار ریز در اختلاط بتن مورد استفاده قرار می‌گیرند. (علیرغم دشواری در پخش یکنواخت دانه‌های پلیاستایرن در مخلوط،) بتن ساخته شده با این مصالح یک نوع بتن سبک سازه‌ای محسوب می‌شود (که وزن مخصوص خشک آن ۱۶۲۷ الی ۲۰۱۰ کیلوگرم بر مترمکعب با مقاومت فشاری ۱۱ تا ۳۷ مگاپاسکال خواهد بود).

همچنین خرده شیشه و بتن تخریب شده در بتن قابل استفاده هستند و بتن حاصل بتن درجه ۲ محسوب میشود که قابلیت کاربرد سازه‌ای نخواهد داشت

بتن با سنگدانه بازیافتی

ولی گرد و خاک خیابانها در هیچ بتنی قابلیت استفاده ندارد. (زیرا وجود مواد آلی و هیدروکربن (سوختها) ناشی از تردد وسایل نقلیه بر گیرش و اتصال اجزای بتن تأثیر بسیار بدی دارد).
براساس تحقیقات صورت گرفته با طرح اختلاط جدول (۶۷-۱) نمونه های متعددی با مصالح بازیافتی مورد آزمایش قرار گرفت.

جدول (۱-۶۷): طرح اختلاط بتن شاهد برای یک متر مکعب

| افزودنی کاهنده آب (درصد) | میزان حباب هوا (درصد) | سیمان (کیلوگرم) | آب (کیلوگرم) | ماسه (کیلوگرم) | شن (کیلوگرم) |
|-----------------------------|--------------------------|--------------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| ۲۴ | ۴/۵ | ۳۵۶ | ۱۵۳ | ۷۸۵ | ۹۵۵ |

بتن با سنگدانه بازیافتی

مقدار مصالح به کار رفته در هر نمونه مکعبی با سنگدانه های بازیافتی

جدول (۱-۶۸): طرح اختلاط آزمایش مکعبی انواع بتن های با سنگدانه بازیافتی [۲۹]

| ۷ | ۶ | ۵ | ۴ | ۳ | ۲ | ۱ | |
|-------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------|------------------|-------------------------|------|--------------------------|
| پوزولانی با سنگدانه بتن | شاهد با سنگدانه بتن | پوزولانی با گرد و خاک | شاهد با گرد و خاک | پوزولانی شیشه ای | شاهد با سنگدانه شیشه ای | شاهد | نمونه بتن |
| ۱۵/۵۷ | ۱۵/۵۷ | | | ۱۵/۵۳ | ۱۵/۵۳ | ۳۰/۷ | شن (kg) |
| ۲۵/۳۵ | ۲۵/۳۵ | | | ۲۲/۰۹ | ۲۲/۰۹ | ۲۵/۴ | ماسه (kg) |
| ۱۵/۵۷ | ۱۵/۵۷ | | | ۳/۸۸ | ۳/۸۸ | - | سنگدانه بازیافتی |
| (بتنی) | (بتنی) | | | (۲۰٪ شیشه) | (۲۰٪ شیشه) | | |
| ۴/۸۹ | ۴/۸۹ | | | ۳/۵۵ | ۳/۵۵ | ۴/۹ | آب (kg) |
| ۶/۸۹ | ۱۱/۵۶ | | | ۴/۸۸ | ۸/۲۳ | ۱۱/۶ | سیمان (kg) |
| ۳/۴۲ | - | | | ۲/۴۴ | - | - | روبار آهن گدازی (kg) |
| ۱/۱۵ | - | | | ۰/۸۱۳ | - | - | میکروسیلیس (kg) |
| ۰/۲ | ۰/۲ | | | ۰/۱۴ | ۰/۱۴ | ۰/۲ | میزان حباب هوا (درصد) |
| ۱ | ۱ | | | ۰/۷۳ | ۰/۸ | ۱ | افزودنی کاهنده آب (درصد) |

آزمایش های بسیار با نتایج متفاوت و اختلاط بی نتیجه

بتن با سنگدانه بازیافتی

جدول (۱-۶۹): نتایج آزمایش‌های نمونه مکعبی انواع بتن‌های با سنگدانه بازیافتی [۲۹]

| ۷ | ۶ | ۵ | ۴ | ۳ | ۲ | ۱ | |
|-------------------------|---------------------|--|--------------------|------------------|-------------------------|-------------|--|
| پوزولانی با سنگدانه بتن | شاهد با سنگدانه بتن | پوزولانی با گردو خاکی | شاهد با گرد و خاکی | پوزولانی شیشه‌ای | شاهد با سنگدانه شیشه‌ای | شاهد | نمونه بتن |
| ۳۳/۷۳ | ۲۹/۷۹ | | | ۴۰/۱ | ۳۳/۹۵ | ۲۹/۴۳ | مقاومت فشاری متوسط ۲۸ روزه (مگاپاسکال) |
| ۱۸۸ | ۲۴۴۹ | | | ۲۱۴ | ۲۸۲۶ | ۲۲۷۸ | مقاومت الکتریکی بتن (کلمب) |
| -۱۰۰۰۰) (۱۰۰ | -۴۰۰۰) (۲۰۰۰ | آزمایش‌های بسیار با نتایج متفاوت و اختلاط بی نتیجه | | -۱۰۰۰۰) (۱۰۰ | (۲۰۰۰-۴۰۰۰) | (۲۰۰۰-۴۰۰۰) | |
| خیلی کم | متوسط | | | خیلی کم | متوسط | متوسط | |
| ۰/۰۰۱۵ | ۰/۰۰۹۵ | | | ۰/۰۰۷۵ | ۰/۰۱۸۵ | ۰/۰۰۹۸ | ۳ روزه |
| ۰/۰۰۳ | ۰/۰۴۲ | | | ۰/۰۰۷۵ | ۰/۰۳۱ | ۰/۰۰۹۸ | ۷ روزه |
| ۰/۰۱۸ | ۰/۰۵۳ | | | ۰/۰۱ | ۰/۱۵ | ۰/۰۳۳ | ۱۴ روزه |
| | | | | | | | درصد اتساع |

بتن با سنگدانه شیشه ای

شیشه یکی از عمده ترین زباله های شهری است و اغلب به همراه پلاستیک، فلزات سرامیک و مواد آلی می باشد لذا استفاده مجدد از آن در صنایع مختلف با مشکلات فراوانی روبرو است. شیشه یک ماده منحصر به فرد است که میتواند بارها و بارها بدون تغییر در خواصش بازیافت شود.

بتن با سنگدانه شیشه ای

عملکرد دانه‌های بزرگ شیشه در بتن به علت واکنش قلیایی تقریباً برعکس رفتار همان شیشه به صورت پودر است.

میتوان در بعضی از مخلوط های بتن تا ۳۰٪ وزن سیمان پودر شیشه اضافه کرد و به مقاومت مناسبی دست یافت. همچنین خزش خشک شدن بتن با پودر شیشه نیز در حد قابل قبول و مجاز است.

کاربرد سنگدانه شیشه به همراه پودر شیشه یا دیگر پوزولانهای طبیعی (میکروسیلیس، خاکستر بادی یا سرباره کوره آهنگدازی) میتواند بهترین راه حل برای کاهش واکنش قلیایی سنگدانه های شیشه‌ای باشد.

از نظر اقتصادی بسیار به صرفه است که پودر شیشه به جای سیمان مصرف شود تا این که شیشه به‌عنوان سنگدانه در بتن مصرف شود.

بتن ریزی در زیر آب

یکی از کاربردهای بتن در تأسیسات زیر آبی، پایه اسکله ها و سازه های دریایی است. بتن ریزی در زیر آب معمولاً با مشکلات فنی و اجرایی روبرو است و در بسیاری موارد استفاده از قطعات پیشساخته اقتصادیتر می باشد.

برای بتن ریزی در زیر آب معمولاً بتن توسط لوله به زیر سطح آب با دو روش؛ قیف و لوله ترمی و پمپ منتقل میشود که در ادامه این بخش به بررسی دقیق آنها پرداخته می شود.

بتن ریزی در زیر آب

الف) بت‌ریزی با قیف و لوله (ترمیمی): در این روش باید دقت شود تا در اثر جریان آب مواد سیمانی شسته نشوند. لازم است برای بتن با کارایی زیاد بتن ریخته شده در آب حداقل ۳۵۰ کیلوگرم در مترمکعب مواد سیمانی داشته باشد. نسبت آب به سیمان در طرح اختلاط نباید از ۰/۴۵ تجاوز کند.

سیستم قیف و لوله باید کاملاً آب‌بند بوده و بتن به‌راحتی در آن حرکت نماید. در طول مدت بتن‌ریزی باید این سیستم از بتن پر باشد. قطر لوله ترمیمی باید حداقل ۸ برابر قطر بزرگترین اندازه سنگدانه مصرفی باشد. اسلالمپ بتن باید بین ۱۷۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر انتخاب شود. سر لوله ترمیمی همواره باید به میزان ۰/۶ تا ۱/۵ متر در داخل بتن ریخته شده قرار گیرد.

بتن ریزی در زیر آب

ب- بتن ریزی با پمپ:

نسبت آب به سیمان باید کم ترین مقدار ممکن را داشته و مقدار آن از $0/6$ تجاوز ننماید.

مقدار سیمان باید نسبتاً زیاد باشد در محدوده 350 تا 400 کیلو گرم در متر مکعب تا چسبندگی کافی بتن تأمین شود و خطر شسته شدن سیمان از بین برود.

به منظور افزایش کارایی بتن میتوان از سنگدانه های گرد گوشه استفاده نمود. استفاده از دانه بندی پیوسته با حداکثر اندازه 38 میلیمتر و همچنین مقدار کافی ریزدانه ضروری است.

چنانچه سنگدانه ها حاوی مقدار کافی ریزدانه نباشند میتوان با افزودن مواد ریز، چسبندگی کافی را در بتن ایجاد نمود.

بتنی که پمپ میشود باید تا حدی روانتر باشد تا از مسدود شدن لوله ها جلوگیری شود.

به منظور آنکه نسبت آب به سیمان از حد مجاز بالاتر نرود باید برای تأمین روانی از مواد افزودنی مناسب نظیر فوق روان کننده ها یا مواد افزودنی آبنگهدار استفاده شود. جز در مواردی که افزونه های ویژه مصرف میشود باید از سقوط آزاد بتن به داخل آب جلوگیری کرد تا پدیده جداشدگی ذرات رخ ندهد. بتنریزی در زیر آب میتواند با روش پیش آکنده نیز با رعایت ضوابط مربوطه انجام شود.

بتن لاشه سنگی

در مواقعی که با کمبود مصالح دانه‌بندی شده مواجه هستیم و وزن بتن (حجم) اهمیت بیشتری نسبت به مقاومت پیدا میکند استفاده از بتن لاشه سنگی توصیه میشود.

این بتن برای اعضای حجمی (وزنی) نظیر آبندها، دیوارهای حایل و غیره کاربرد بیشتری دارد که حتی از سنگهای بزرگ با بیش از ۴۵ کیلوگرم وزن نیز استفاده میشود.

این سنگها حدود ۲۵ تا ۶۵ درصد از حجم بتن را تشکیل داده و در بتن غوطه ور میشوند که آن را شفته طبیعی نیز مینامند.

استفاده از مصالح سنگی در محل، کاربرد ماشینآلات در حمل سنگها و بتنریزی باعث کاهش هزینه ها و افزایش سرعت اجرا میشود.

کاربرد سنگهای شکسته مانند بتن معمولی در افزایش مقاومت و دیگر خصوصیات بتن مؤثر است.

نسبت سیمان - شن و ماسه - لاشه سنگ به ترتیب به نسبت ۶-۳-۱ باهم مخلوط میشوند.

بتن موزاییکی

موزاییک در قرن ۱۵ در ایتالیا ابداع شد و از قدیمیترین روشهای روسازی کفها محسوب میشود. در ابتدا موزاییکهای کفسازی از ملات ماسه سیمان و تکه های کوچک سنگ مرمر و گرانیت به صورت نمایان تشکیل میگردد.

در نهایت با صیقلی نمودن سطح آن جلوه بسیار زیبایی مییافت. کاربرد این مصالح به صورت پیشرفته تر و گسترده تر بدون قالب و درجا به نام بتن موزاییکی معروف است که کاربرد فراوانی در کف سازیها پیدا نموده است.

عمر بیش از ۴۰ سال برای این بتن در کف سازیها از مزایای مهمی به شمار میآید که آن را بسیار مقرون به صرفه مینماید.

بتن موزاییکی

بتن موزاییکی از دو لایه زیرین و رویه تشکیل میشود، که لایه زیرین از بتن (معمولی - بدون ریزدانه - بتن غلتکی) با اسلامپ بسیار کم به ضخامت ۷ تا ۱۰ سانتیمتر تشکیل شده است. این لایه بتن به خوبی متراکم شده و در حد امکان ترازبندی سطح انجام میشود تا برای اجرای رویه آماده شود.

رویه به ضخامت ۲ تا ۳ سانتیمتر متشکل از سیمانهای رنگی و پودر سنگ میباشد که با اسلامپ بالا روی سطح پخش و سنگدانه های مرمر رنگی در آن فرو نشانده میشود و سپس روی آن غلتک سبک حرکت داده میشود.

پس از خودگیری رویه روی آن را با دستگاہ ساب صیقلی میکنند تا ضمن حذف خلل و فرجها نمای اصلی موزاییک مشخص شود.

بتن موزاییکی

- ساخت بتن موزاییکی با ورود اپوکسیها (انواع چسبهای مصالح سنگی) تغییر شگرفی داشته به طوری که ضخامت ۲ تا ۳ سانتیمتری لایه رویه را به حدود ۶ تا ۹ میلیمتر رسانده است.
- همچنین در انواع رنگها و طرحها قابل اجرا است زیرا از رنگدانه های مختلفی در ترکیب آن میتوان استفاده نمود. در برخی از این طرحها از مصالحی نظیر تکه های سنگ گرانیت و مرمر، شیشههای بازیافتی، صدف و بسیاری مواد دیگر استفاده میشود.
- مقاومت بالای فشاری، تنوع زیاد در طرح و اجرا و مقاومت شیمیایی مناسب در کنار زیبایی آن این نوع مصالح را بسیار کاربردی نموده است.

بتن با دانه بندی گسسته

بتن با دانه بندی گسسته عموماً برای بتنهای با سنگدانه نمایان در معماری کاربرد دارد. این بتن (فاقد سنگدانه‌های متوسط) از نظر گسستگی دانه‌بندی مشابه بتن بدون ریزدانه فاقد ریزدانه است.

بتن با دانه بندی گسسته عموماً دارای اسلامپ برشی بوده لذا کاربرد آزمایش اسلامپ برای تعیین کارایی این بتن‌ها دارای جوابهای یکنواخت و صحیحی نمیباشد و بهتر است از دستگاه و بی در این خصوص استفاده شود.

معمولاً این بتن با سنگدانه های اندازه ۱۹، ۲۵ و ۰/۶ میلی‌متر و گذشته از الک نمره ۴ ماسه تشکیل شده است. (اندازه متوسط سنگدانه ۹/۵ و ۱۲/۵ میلی‌متر از لیست دانه‌بندی حذف شده است).

بتن کلوئیدی

اصطلاح کلوئید به معنی «چسب مانند» است. هر محلول کلوئیدی از ذرات خیلی ریز در اندازه‌های ۰/۱ تا ۰/۰۰۱ میلی‌متر تشکیل شده که فقط با اولترامیکروسکوپ دیده میشود و برخلاف محلول‌های واقعی همیشه ناهمگن میباشند.

بتن کلوئیدی مشابه بتن‌های پلیمری بوده و استفاده از آن برای بتن‌ریزی در زیر آب بسیار مناسب محسوب میشود.

فشرده‌گی و تراکم بتن در زیر آب از اهمیت زیادی برخوردار است لذا مقدار زیادی مصالح ریزدانه پرکننده (ماسه نرم یا خاکستر بادی) در مخلوط بتنی به‌کار میرود تا یکپارچگی و تراکم بتن را در هنگام اجرا و خودگیری تأمین نماید.

بتن کلوئیدی

در این بتن برای جلوگیری از جداشدگی از مصالح چسبنده با قدرت چسبندگی بالایی استفاده شده است. این بتن اصولاً به‌عنوان مصالح محافظ سواحل دریایی و مسیرهای طویل انتقال آب استفاده میشود. به هر حال این بتن‌ها مناسب اجرای بتنریزی کفها و فونداسیونهای زیر آب هستند.

این بتن در دو نوع سبک و معمولی قابل ساخت است که این تغییر وزن ناشی از وزن و نوع سنگدانه‌ها میباشد.

این بتن اجازه نفوذ هیچ رطوبتی را نخواهد داد.

مهمترین مشخصه این بتن‌ها هنگام اجرا، عدم جداشدن یا شسته شدن آن هنگام پاشیدن است.

بتن با دانه بندی گرانیتی

برای کاهش فرسایش در کفسازیها و یا مسیرهای جریان آب در سدها که در معرض شدید فرسایش و خوردگی قرار دارند اجرای یک لایه بتن با دانه بندی گرانیتی میتواند از خوردگی و فرسایش ناشی از تردد وسائط نقلیه، عابرین پیاده و سایر عوامل جوی چون جریان شدید آب جلوگیری نماید.

بتن ضد حرارت

آتش به عنوان یک عامل خارجی و مهم مخرب ساختمانها و سازه ها محسوب می شود.

بتن به عنوان مصالحی مقاوم در برابر آتش همواره مد نظر بوده لیکن به علت وجود میلگرد در سازههای بتنی و اختلاف ضریب انبساط حرارتی آن با بتن باعث عدم یکنواختی رفتار بتن آرمه در برابر حرارت میباشد.

نوع سنگدانه ها مورد استفاده در بتن میتواند در خصوصیات آتشپادی بتن مؤثر باشد. معمولاً نوع سنگدانه های مصرفی در بتن های سازه های در سه نوع کربناتی، سیلیسی و سبکدانه ها دسته بندی میشوند.

بتن خود تمییز شونده

با تابش نور آفتاب بر سطح بتن مواد آلاینده مضر برای طبیعت تبدیل به موادی بی خطر شده و از سطح بتن زدوده میشوند.

این بتن علاوه بر این که در مقایسه با بتنهای معمولی از مقاومت به مراتب بیشتری برخوردار است، خاصیت تجزیه آلاینده ها در برابر نور آفتاب در آن امکان حذف آلاینده های خطرناک موجود در آب و هوا را نیز فراهم کرده است تا جایی که از این نوع بتن میتوان برای تصفیه کامل آب و هوا در سطح گسترده استفاده کرد.

با توسعه فناوری این بتن میتوان برای تصفیه آبهای فاضلاب و تبدیل آن به آب شرب یا تصفیه آب در حوزه کشاورزی استفاده نمود.

این بتن دارای نسبت به بتن معمولی خصوصیات بهتری از نظر مقاومت و دوام داشته و قابلیت استفاده در همه جا را دارد لیکن ارزش منحصر به فرد این بتن در قابلیت معماری و محیط زیست آن است.

بتن خود تمیز شونده

نور شدید آفتاب یا اشعه ماورای بنفش یکی از روشهای تجزیه مواد آلی در طبیعت است که به آرامی در حال انجام است.

دی اکسید تیتانیوم (TiO_2) افزودنی انحصاری در بتن خود تمیز شونده میباشد.

این افزودنی نیمه هادی بوده و با تابش نور به آن باعث جدایی الکترونها در سطح آن میشود که با مواد خارجی واکنش نشان داده و باعث تجزیه ترکیبات آلی (آلاینده های هیدروکربنی) و آلاینده هایی چون باکتریها، جلبکها، ترکیبات آلی فرار و غیره میشود.

محصولات ثانویه ناشی از تجزیه آلاینده ها عموماً به صورت اکسیژن، آب، دی اکسید کربن، نیترات و سولفات متصاعد میشوند. بارندگیها، پسماندهای آلاینده ها را شسته و از سطح بتن پاک میکند.

بدین طریق سطوح ساختمان همواره پاک بوده جذب حرارت آفتاب کمتر شده و نیاز به تجهیزات سرمایشی کاهش مییابد.

بتن خود تمییز شونده

نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم به دو صورت

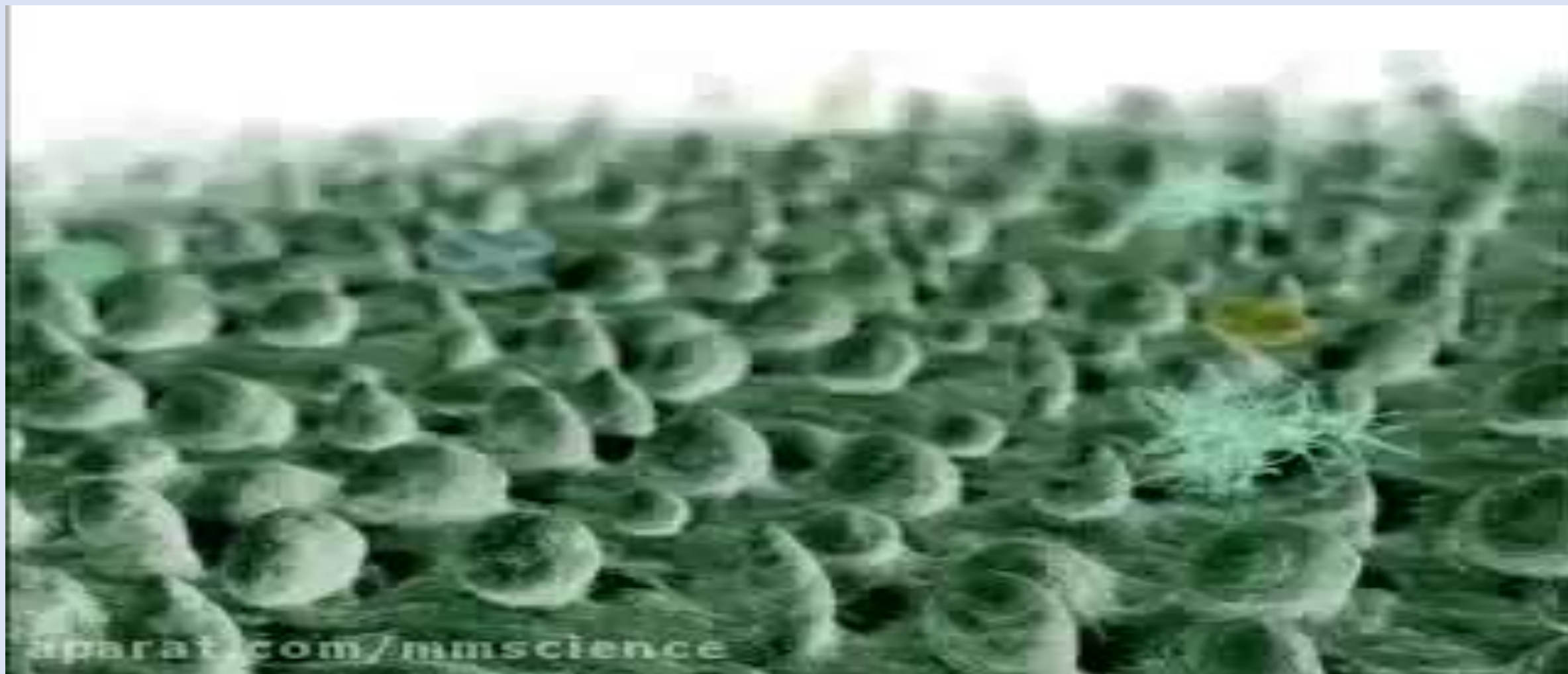
۱- پوشش سطحی بتن

۲- به عنوان جایگزین درصدی از سیمان به کار رفته در بتن استفاده میشود

همچنین با استفاده از اکسید تیتانیوم خواص بتن از نظر مکانیکی و دوام افزایش مییابد.

استفاده از نانو ذرات تیتانیوم در ساخت این نوع بتن باعث میشود تا ظاهر بتن از رنگ خاکستری به رنگ سفید تغییر کند این موضوع نیز از محاسن دیگر این نوع بتن است که نمای بهتری را در ساختمانها و سازه ها ایجاد میکند.

بتن خود تمییز شونده



بتن خود تمییز شونده

www.Ligand.ir
لیگاند تبلیغاتی و بازاریابی

بتن سبز (بتن اکو) – بتن دوستدار محیط زیست

همان بتن معمولی است که به جای استفاده از سیمان، از **مواد سازگار با محیط زیست** ساخته شده است.

بتن اکو از لحاظ رنگی کاملاً شبیه به دیگر بتن‌هاست.

موجب کاهش مصرف سیمان پرتلند در بتن می شود

علت اصلی این موضوع آن است که اصولاً مراحل تولید سیمان برای محیط زیست یک فرایند آلوده کننده است به همین دلیل هرچه مصرف سیمان کاهش یابد درصد آلاینده‌گی نیز کاهش خواهد یافت.

مزایای بتن سبز:

کاهش انتشار گاز دی اکسید کربن (تا حدود ۸۰٪) نسبت به سیمان معمولی

صرفه جویی اقتصادی (تا حدود ۱۰٪ تا ۳۰٪) نسبت به بتن معمولی

بتن سبز

مواد جایگزین سیمان در بتن سبز الف- پوزولان ها:

مواد سیلیسی یا سیلیسی و آلومینی بدون یا با ارزش چسبانندگی کم که در هم کناری آب با هیدروکسید کلسیم واکنش نشان می دهند و ترکیباتی مانند سیمان پرتلند آبداده می سازند.

۱- پوزولان های طبیعی:

خام یا تکلیس شده (کلسینه شده) (خاکسترهای آتش فشانی غیر بلورین)

۲- پوزولان های مصنوعی (صنعتی):

✓ **دوده سیلیسی** (میکرو سیلیس، محصول فرعی کوره های قوس الکتریکی صنایع فروآلیاژ و فرو سیلیس، ماده ای با فعالیت پوزولانی شدید)

✓ **خاکستر بادی محصول فرعی سوخت زغال سنگ** (سیلیس، آلومین و اکسیدهای آهن و کلسیم)

✓ **خاکستر پوسته برنج**

تکلیس (کلسینه کردن)

کلسینه کردن یا تکلیس، فرآیندی است که در آن موادی مثل خاکهای معدنی را در دمای نسبتاً بالا حرارت می دهند تا ترکیبات شیمیایی موجود در مواد تجزیه شوند و ترکیبات فرار نیز (مثل آب) از مواد خارج گردند.

بتن سبز

مواد جایگزین سیمان در بتن سبز

ب- مواد شبه سیمانی:

دارای ویژگی‌های پنهان هیدرولیکی (اگر به گونه‌ای مناسب فعال شوند ویژگی سیمانی می‌یابند و تنها در محیط‌های بازی با آب واکنش همانند سیمان پرتلند نشان می‌دهند.)

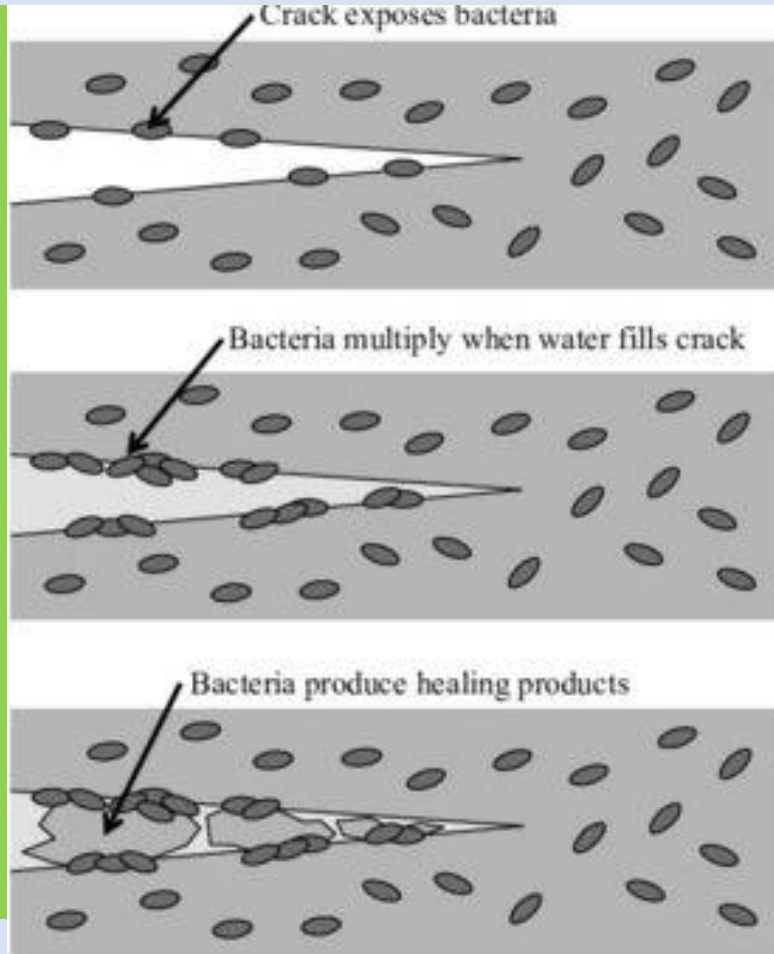
✓ پرکاربردترین ماده شبه سیمانی: **سرباره کوره آهن‌گدازی**

بتن سبز



**Green
Concrete**

بتن خود ترمیم (self-healing concrete)



بتن خودترمیم (self-healing concrete)

بتن خود ترمیم بتنی است که میتواند در طول عمرش ترکهای مویی خود را ترمیم کند.

مزایا

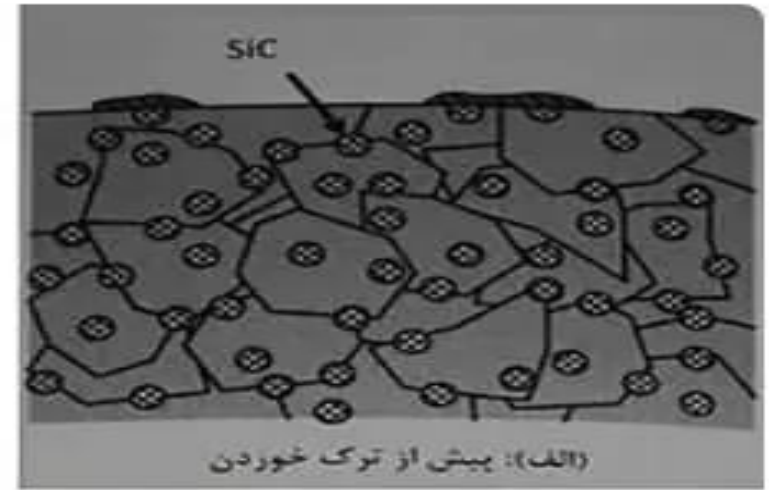
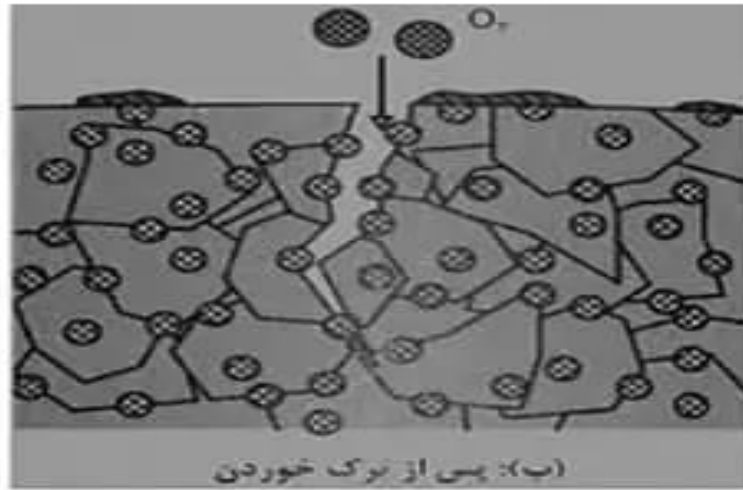
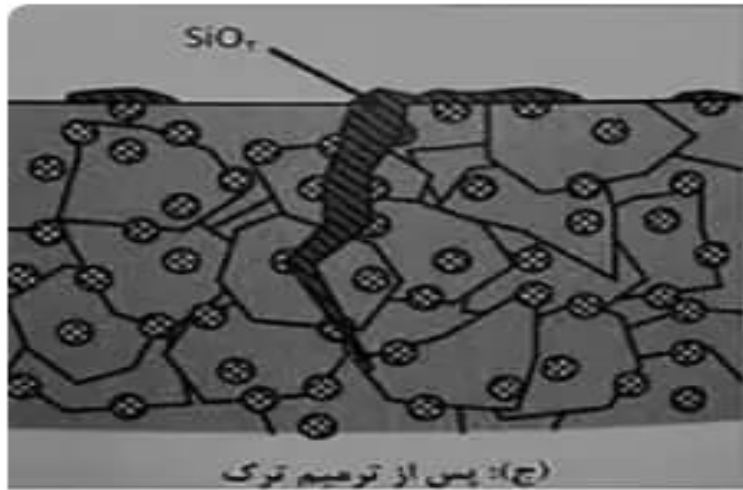
- ✓ کاهش نفوذپذیری (در برابر آب و دیگر مواد شیمیایی)
- ✓ افزایش دوام و پایداری بتن (مقاومت بسیار بالا در برابر شرایط مختلف جوی)
- ✓ قابلیت شکل پذیری
- ✓ مقاومت بالا در برابر سرما و گرما
- ✓ طول عمر زیاد

بتن خودترمیم (self-healing concrete)

مزایا

- ✓ بهبود خواص مکانیکی بتن مانند مقاومت فشاری و مقاومت خمشی
- ✓ کاهش هزینه تعمیر و نگهداری
- ✓ جلوگیری از آسیب دیدگی سازه اصلی ساختمان
- ✓ جلوگیری از زنگ زدگی فولاد و آرماتورهای داخلی بتن
- ✓ کاهش مصرف سیمان برای نوسازی آنها کاهش یافته و خدمت بزرگی به محیط زیست

بتن خود ترمیم (self-healing concrete)



بتن خودترمیم (self-healing concrete)

بتن خود ترمیم بتنی است که میتواند در طول عمرش ترکهای مویی خود را ترمیم کند.

مزایا

کاهش نفوذپذیری

افزایش دوام بتن

صرفه جویی زیاد در تعمیر و نگهداری این بتن‌ها،

کاهش مصرف سیمان برای نوسازی آنها کاهش یافته و خدمت بزرگی به محیط زیست (کاهش تولید CO₂)

این بتن هنوز در مراحل تحقیقاتی قرار دارد و لذا راهکارهای موجود همچنان آزمایشگاهی و استفاده از آنها در پروژه های عادی هزینه بر است.

بتن خودترمیم

روشهای موجود برای ترمیم ترکهای مویی (حدود ۵۰ میکرون نصف ضخامت تار مو) بوده و توان ترمیم ترکهای عریض در این بتن وجود ندارد.

عملکرد این بتن بی شباهت به بدن انسان نیست زیرا درخراشهای کوچک پوست بدن بدون نیاز به بخیه خود را ترمیم میکند، ولی در برشهای عریض قطعاً نیاز به بخیه و جمع کردن بریدگی میباشد. در بتن نیز به همین صورت میباشد و روشهای مختلفی امروزه برای ترمیم ترکها برحسب نوع و عرض آنها وجود دارد.

ترمیم خودکار ترک توسط بتن امر جدیدی است که بتن فوق توانایی انجام آن را دارد.

بتن خودترمیم

ترکیبات مورد استفاده جهت ایجاد عملکرد خود ترمیمی:

الف- کاربرد ذرات نانو سیلیس در بتن

- ✓ حضور این مواد منجر به واکنش با هیدرواکسید کلسیم Ca(OH)_2 میشود
- ✓ تولید ژل متراکم، یکپارچه و نامحلول هیدرواکسید کلسیم سیلیکات C-S-H
- ✓ این ژل تمام منافذ و ترکها را پر مینماید.

بتن خود ترمیم

ترکیبات مورد استفاده جهت ایجاد عملکرد خود ترمیمی:

ب- استفاده از باکتریهای تولید کربنات کلسیم:

یا تعبیه لوله های شیشه ای موئین حاوی سیلیکات کلسیم
با وقوع ترک خوردگی آنها فعال شده و ترمیم را شروع می نمایند.

بتن خود ترمیم

ترکیبات مورد استفاده جهت ایجاد عملکرد خود ترمیمی:

پ- استفاده از کپسولهای بسیار ریز سیلیکات کلسیم

- ✓ پس از سخت شدن بتن و بروز ترک، کپسولهای حاشیه ترک پاره شده و در مجاورت رطوبت با کلسیم موجود در بتن واکنش نشان میدهد
- ✓ تشکیل ژل هیدرواکسید کلسیم سیلیکات (C-S-H)
- ✓ تمام منافذ و ترکها را پر مینماید.
- ✓ انجام این مراحل و انسداد ترک حدود یک تا سه هفته زمان میبرد تا نفوذپذیری بتن ترمیم شود.

بتن خودترمیم

ترکیبات مورد استفاده جهت ایجاد عملکرد خود ترمیمی:

ت- استفاده از ظرفیت پنهان سیمان غیرفعال موجود در بتن

همواره بخشی از سیمان در بتن وارد واکنش شیمیایی نمیشود و در بتن سخت شده به صورت ذخیره وجود دارد تا در صورت فراهم شدن شرایط، وارد واکنش شیمیایی شوند

✓ در مواقعی که ترکی در بتن ایجاد میشود نفوذ رطوبت و دی اکسید کربن به داخل بتن شرایط لازم را برای واکنش شیمیایی به وجود می آورد.

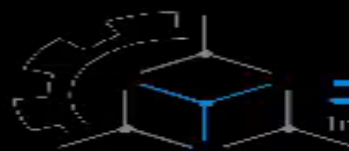
✓ تشکیل ترکیبات جدید هیدرواکسید کلسیم سیلیکات است

✓ موجب انسداد فضاهای به وجود آمده

aparat.com/Mehrazi_engineering_institute



@iranmavad



ایران مواد
Iran-mavad.com



iranmavad

خاک دیاتومه Diatomaceous earth

- خاک دیاتومه: نوعی خاک است که از بقایای فسیلی جلبک‌های تک سلولی پوسته‌سخت دیاتوم به وجود آمده است. از این خاک در تصفیه، ساخت حشره‌کش‌ها، جذب مایع، پوشش‌های پلاستیک و لاستیک، کاتالیزور، و عایق حرارتی استفاده می‌شود. لازم به ذکر است، آلفرد نوبل با واکنش این خاک با تری نیترو گلیسرین تی ان تی را کشف کرد که امروزه در معدن کاربرد وسیعی دارد (ویکی پدیا).

پن سبک

کیفیت سنگدانه های قابل استفاده در بتن سبک

الف- سنگدانه های طبیعی سنگدانه: سنگدانه با چگالی سنگدانه الکترولیت و نوع که به هر دو دسته با پایه آنها سنگدانه آتشفشانی دارند. سنگدانه این سنگدانه ها معمولاً سنگدانه است که تا به میزان زیادی مورد استفاده است. نوعی از سنگدانه های قابل استفاده در بتن سبک با چگالی ۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب است.

این بتن ها طبق جدول جدولی جدولی آب و جمع جدولی آن زنگ است.

مکانیزم عمل آوری داخلی

Reinhardt و Weber

در طی فرآیند هیدراتاسیون سیمان، یک سیستم منافذ موئین (capillary pores) در خمیر سیمان تشکیل می‌شود. اندازه این منافذ از منافذ سبکدانه کوچک‌تر است و به محض اینکه رطوبت نسبی بر اثر هیدراتاسیون کاهش یابد یک گرادیان رطوبت به وجود می‌آید. سبکدانه اشباع به عنوان منبع رطوبت عمل کرده و منافذ موئین خمیر سیمان، آب موجود در آن را توسط مکش موئین (capillary suction) به خود جذب می‌کند. آب مورد نیاز برای هیدراته شدن ذرات سیمان هیدراته نشده فراهم شده و محصولات هیدراتاسیون، منافذ را پر می‌کنند. بدین ترتیب منافذ موئین ریزتر شده و مکش موئین که با مربع شعاع منافذ نسبت معکوس دارد با کاهش اندازه منافذ بیشتر می‌شود، لذا مکش آب از سبکدانه ادامه یافته و خمیر سیمان کمبود رطوبت خود را بدین‌وسیله جبران می‌نماید. هرچه اندازه سبکدانه کوچک‌تر باشد، برای یک حجم معین، توزیع آن در خمیر سیمان با فراوانی بیشتری همراه بوده و دسترسی منافذ موئین به آب مورد نیاز آسان‌تر می‌گردد. بنابراین سبکدانه ریز برای این منظور مناسب‌تر

پ- ریختن و عمل آوری بتن سبک

در نهایت سطح یا سنگ جوی و به دنبال آن با سنگ طوی یا لایه‌های سنگ، می‌سازند.
فشار ریختن این سنگ موجب افزایش نسبت آب به سیمان در سطح و کاهش مقاومت و دوام و پایداری خمیر سیمان می‌شود.
عمل آوری بتن سبک از لحاظ زمان و روش مشابه روش انجام داده برای بتن معمولی می‌باشد.
به علت پستی و خستگی و جذب آب سنگدانه‌ها در صورت فقدان عمل آوری رطوبتی از ناحیه آنها گدازگی رخ می‌دهد که در اختیار خمیر سیمان قرار ندهد یا توقف نهایی در هم‌نشینی سیمان رخ ندهد. این امر آوری داخلی بتن سنگدانه می‌گردد.

تکلیس (کلسینه کردن)

کلسینه کردن یا تکلیس، فرآیندی است که در آن موادی مثل خاکهای معدنی را در دمای نسبتاً بالا حرارت می دهند تا ترکیبات شیمیایی موجود در مواد تجزیه شوند و ترکیبات فرار نیز (مثل آب) از مواد خارج گردند.

بتن سبز

مواد جایگزین سیمان در بتن سبز

الف- پوزولان ها:

مواد سیلیسی یا آلومینیومی و آموکسیدی بدون یا با ارزش چسبندگی کم که در حین کناری آب با هیدروکسید کلسیم واکنش نشان می دهند و ترکیباتی مانند سیمان پرتلند ایجاد می سازند.

۱- پوزولان های طبیعی

۲- پوزولان های مصنوعی (خاکسترهای آتش فشانی غیر بلورین)

۳- پوزولان های مصنوعی (مصنوعی)

۴- پوزولان های طبیعی (سنگ و سلیس، محصول فرعی کوره های آه، کوره های آه، کوره های صنایع فولاد و فرو سلیسی، خاکهای با فعالیت پوزولانی طبیعی)

۵- پوزولان های مصنوعی (سنگ آهک، سلیس، آلومین و کلسیم، سلیس آلومین و کلسیم)

۶- پوزولان های مصنوعی (سنگ آهک، سلیس آلومین و کلسیم)