



سازمان نظام مهندسی استان فارس



موسسه آموزش عالی نوید پارس – دیباگران



خلاصه جزوه بتن های ویژه و روش های خاص بتن ریزی



مدرس : سروش فخرایی نژاد

فهرست مطالب

..... بخش اول : مروری بر تکنولوژی بتن

..... بخش دوم : بتن های ویژه.....

..... بتن با عملکرد بالا.....

..... بتن خود تراکم.....

..... بتن غلتکی.....

..... بتن معماری.....

..... بتن گذر دهنده نور.....

..... بتن سنگین.....

..... بتن الیافی.....

..... بتن پلیمری.....

..... بتن سبک.....

بخش اول

مروری بر تکنولوژی بتن

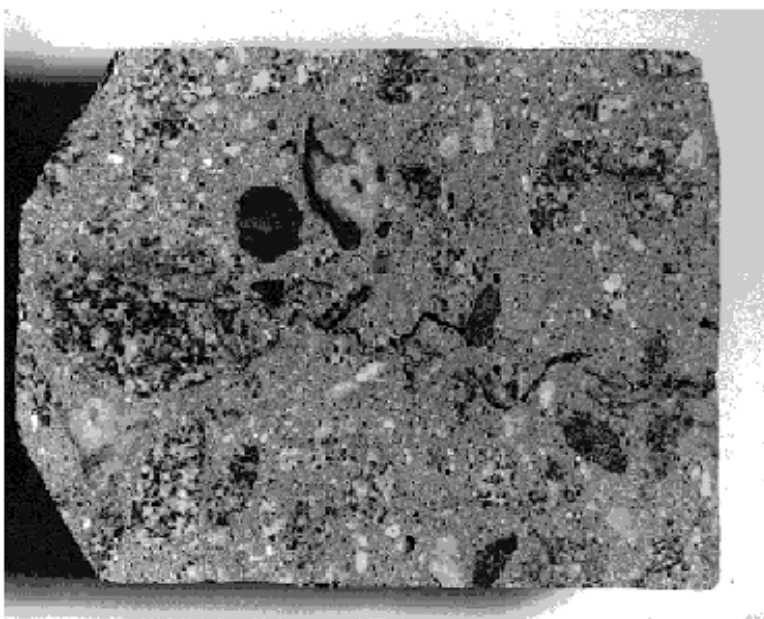
بتن، مخلوطی است از نسبت های معین وزنی (یا به اشتباه حجمی) سیمان، سنگدانه و آب که پس از اختلاط و گذشت زمان، تبدیل به یک جسم بسیار سخت و مقاوم می گردد.

واژه بتن، مأخوذ از مصدر *Concretus* به معنای رشد یافتن و اشتقاق پیدا کردن است.

بتن به عنوان یکی از قدیمیترین مصالح، هزاران سال است که توسط بشر برای ساخت و ساز مورد استفاده قرار گرفته، هر چند که بتن های دوران باستان، از لحاظ ساختار، تفاوت های بنیادین با بتن های امروزی داشتند.

امروزه رد پای بتن به عنوان پر مصرف ترین ماده مصنوعی جهان در جای جای زندگی انسان دیده میشود.

در تمامی سازه های ساخته شده به دست بشر امروزی با هر نوع مصالح و به هر شکلی، بتن با اشکال و کاربردهای سازه ای و ناسازه ای متفاوت، حضور چشمگیری دارد.



مزایای بتن و سازه های بتنی

- در دسترس بودن مصالح اولیه
- امکان شکل دهی اعضا به هر صورت دلخواه، با توجه به شکل قالب
- مقاومت فشاری بسیار قابل توجه در مقایسه با بسیاری از مصالح دیگر

- صلبیت بالا

- عدم نیاز به مراقبت در طول دوران خدمت، در صورت طراحی صحیح اختلاط بر اساس پارامترهای دوام و مقاومت و اجرای صحیح

- مقاومت بالا در برابر رطوبت

- مقاومت بسیار زیاد در برابر آتش سوزی های مهیب

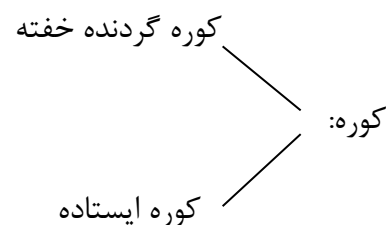
- طول عمر بسیار طولانی در صورت اجرای مناسب

مصالح تشکیل دهنده بتن

Cement

سیمان

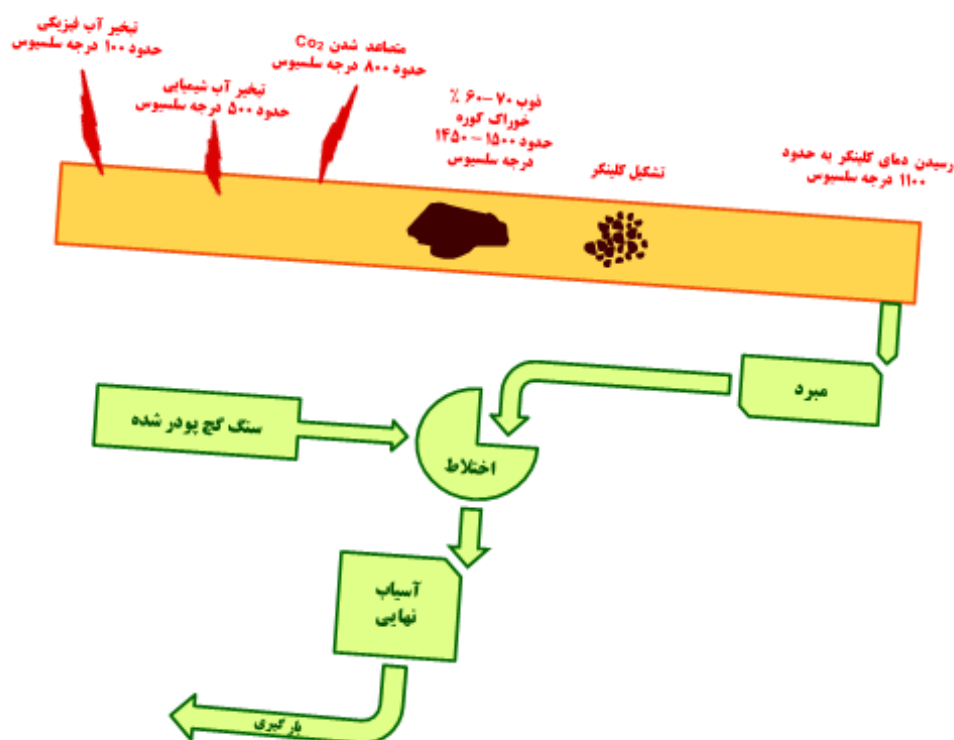
نحوه فراوری سیمان



مشخصات کوره گردنده خفته:

طول ۲۴۰-۱۰۰ متر قطر ۸-۴ متر زاویه کوره نسبت به سطح افق: ۳-۴ درجه

سرعت دوران کوره حول محور فرضی: ۲-۱/۵ دور بر دقیقه



شکل شماتیک کوره گردنده خفته

مراحل فراوری سیمان

۱. استخراج سنگ آهک از معدن

۲. خرد و پودر کردن سنگ آهک تا رسیدن به ابعاد حدود ۰/۱ میلیمتر

۳. مخلوط شدن پودر سنگ آهک (عامل ایجاد کلسیم) و خاک رس یا شیل (عامل ایجاد سیلیس)

۴. ورود خوراک کوره (مخلوط پودر سنگ آهک و خاک رس یا شیل) به مرحله پیش گرمایش و عبور هوای گرم از روی مخلوط حاصله جهت غبار زدایی و همچنین گرم شدن خوراک کوره

۵. ورود مخلوط گرم شده به داخل کوره دوار

۶. تبخیر آب فیزیکی در ۱۰۰ درجه سانتی گراد

۷. تبخیر آب شیمیایی خاک رس در حدود ۵۰۰ درجه سانتی گراد

۸. آزاد شدن دی اکسید کربن در حدود ۸۰۰ درجه سانتی گراد

۹. رسیدن خوراک در حال دوران به نقطه ای از کوره با دمای حدود ۱۵۰۰-۱۴۵۰ درجه سانتی گراد و ذوب شدن حدود ۶۰-۷۰٪ مخلوط و تشکیل ماده ای خمیری شکل

۱۰. حرکت خمیر حاصله به سمت انتهای کوره، سخت شدن و خرد شدن آن در اثر حرکت دورانی کوره و تشکیل ماده ای سخت به رنگ قهوه ای تا سیاه براق به ابعاد ۲۶-۲/۵ میلیمتر با نام کلینکر

۱۱. حرکت کلینکر به سمت انتهای کوره و رسیدن به دمای حدود ۱۱۰۰ درجه سانتی گراد

۱۲. خروج کلینکر از کوره و ورود آن به سرد کن جهت کاهش دمایی معادل ۱۰۰۰ درجه سانتی گراد و رسیدن به دمای حدود ۱۰۰ درجه سانتیگراد

۱۳. خروج کلینکر خنک شده از سرد کننده و مخلوط شدن آن با حدود ۲٪ سنگ گچ خرد شده (۲ درصد وزن کلی کلینکر)

۱۴. آسیاب نهایی

۱۵. خروج دانه های بسیار ریز سیمان با ابعادی حدود ۸-۲ میکرون (۱۰۰۸- /۰۰۲ میلیمتر)

۱۶. بارگیری به صورت فله ای و یا بسته بندی پاکتی (استاندارد پاکت اروپایی: ۵۰ kg و استاندارد پاکت آمریکایی ۴۲/۶kg)

تجزیه شیمیایی سیمان

در صورت تجزیه شیمیایی سیمان به ترتیب با فراوانی اکسیدهای زیر روبرو خواهیم بود :

جدول ۱: اکسید های تشکیل دهنده سیمان

نام اکسید	درصد وزنی در کل سیمان	منشاء	ملاحظات
اکسید کلسیم	٪ ۶۷-۶۰	سنگ آهک	
اکسید سیلیسیم	٪ ۲۵-۱۷	خاک رس	
اکسید آلومینیوم	٪ ۳-۸	خاک رس	گداز آور
اکسید آهن	٪ ۰/۵-۶	خاک رس	گداز آور
اکسید منیزیم	٪ ۰/۵-۴	سنگ آهک	
اکسیدهای سدیم و پتاسیم	٪ ۰/۳-۱/۲	خاک رس	
سولفات ها	٪ ۳-۲/۵	خاک رس	
اکسیدهای فرعی	مقدار ناچیز		

ترکیب شیمیایی سیمان

اگر یک دانه کلینکر در زیر میکروسکوپ های الکترونی نوری یا به روش آنالیز شیمیایی مورد بررسی قرار گیرد، مشخص می گردد که ماده مورد بررسی یک ماده کاملاً ناهمگن است. اما در میان ترکیبات مختلفی که کلینکر یا سیمان را تشکیل می دهند و در وزن مشخصی از آن ها، چهار ترکیب، از فراوانی بسیار بیشتری برخوردارند که به ترکیبات اصلی (فازهای اصلی) سیمان مشهورند:

C_3S : تری کلسیم سیلیکات (آلیت)

$3CaO \cdot SiO_2$

C_2S : دی کلسیم سیلیکات (بلیت)

$2CaO \cdot SiO_2$

C_3A : تری کلسیم آلومینات

$3CaO \cdot Al_2O_3$

C_4AF : تترا کلسیم آلومینوفریت

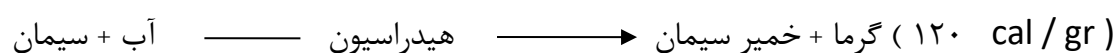
$4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$

یادداشت: 

هیدراسیون (هیدراتاسیون)

Hydration

به واکنش شیمیایی سیمان و آب که یک واکنش گرمازا است و طی آن سیمان به عاملی چسباننده تبدیل میگردد، هیدراسیون اطلاق میگردد.



Portland Cement

انواع سیمان پرتلند

سیمان تیپ I

- استفاده در مواقعی که ویژگی خاصی (مقابله با عوامل خورنده شیمیایی محیطی و ...) مد نظر نباشد
- پر مصرف ترین تیپ سیمان
- زمان دستیابی به حدود ۱۰۰٪ مقاومت نهایی حدود ۲۸ روز

سیمان تیپ II

- دارای خاصیت ضد سولفاته و قابل استفاده در مناطقی که در معرض حمله قابل توجه سولفات ها نباشد
- * دارای حرارت هیدراسیون کمتر نسبت به سیمان تیپ I
- سخت شدگی دیرتر نسبت به سیمان تیپ I (نتیجه حاصله از بند *)
- امکان بتن ریزی های حجیم تر (نتیجه حاصله از بند *)
- فعالیت زیاده از فاز C₂S نسبت به سیمان تیپ I (عامل کاهش حرارت هیدراسیون و سخت شدگی دیرتر بتن)
- زمان دستیابی به حدود ۱۰۰٪ مقاومت نهایی حدود ۴۲ روز

سیمان تیپ III (سیمان زودگیر)

- استفاده در مناطق سردسیر و یخبندان
- استفاده در ساخت قطعات بتنی پیش ساخته
- دستیابی به مقاومت های زودرس
- بالا بودن فاز C_3A جهت زودگیر شدن سیمان (درصد فاز $C_3A = 15\%$)
- قیمت زیاد نسبت به سیمان تیپ I و II
- حساسیت بالا به رطوبت و الزام به استفاده از محتویات کیسه در مدت زمان کوتاه
- عدم تولید در کشور در طی چند سال اخیر

سیمان تیپ IV (سیمان دیرگیر)

- دارای حرارت هیدراسیون بسیار کم
- امکان بتن ریزی های بسیار حجیم
- فعالیت بسیار شدید فاز C_2S

سیمان تیپ V (کاملاً ضد سولفات)

- استفاده در مناطقی که در معرض حمله شدید سولفات ها قرار دارند
- محدود شدن فاز C_3A حداکثر به ۵ درصد (توجه: هر چه درصد فاز C_3A کاهش یابد، خاصیت ضد سولفات افزایش می یابد)
- توجه: استفاده از این تیپ سیمان در سواحل جنوبی کشور یا مناطقی که همجوار با آب های شور باشند، اکیدا ممنوع می باشد.

یادداشت :



جدول ۲: ویژگی های شیمیایی الزامی سیمان های پرتلند

ردیف	ویژگی شیمیایی		نوع سیمان پرتلند					شماره استاندارد ملی ایران برای روش آزمون مربوط
			۱	۲	۳	۴	۵	
۱	C ₃ S (درصد وزنی سیمان)	حدأ کثر مقدار مجاز	—	—	—	۳۵	—	۱۶۹۲
۲	C ₂ S (درصد وزنی سیمان)	حدأقل مقدار مجاز	—	—	—	۴۰	—	۱۶۹۲
۳	C ₃ A (درصد وزنی سیمان)	حدأ کثر مقدار مجاز	—	۸	۱۵	۷	۵	۱۶۹۲
۴	(C ₃ A + C ₄ AF) یا (۲C ₃ A + C ₄ AF) + C ₂ F (درصد وزنی سیمان)	حدأ کثر مقدار مجاز	—	—	—	—	۲۵	۱۶۹۲
۵	کاهش وزن ناشی از سرخ شدن (درصد وزنی)	حدأ کثر مقدار مجاز	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰	۲/۵۰	۳/۰۰	۱۶۹۲
۶	میزان باقیمانده نامحلول (درصد وزنی)	حدأ کثر مقدار مجاز	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۱۶۹۲
۷	SiO ₂ (درصد وزنی سیمان)	حدأقل مقدار مجاز	—	۲۰	—	—	—	۱۶۹۲
۸	Al ₂ O ₃ (درصد وزنی سیمان)	حدأ کثر مقدار مجاز	—	۶	—	—	—	۱۶۹۲
۹	Fe ₂ O ₃ (درصد وزنی سیمان)	حدأ کثر مقدار مجاز	—	۶/۰	—	۶/۵	—	۱۶۹۲
۱۰	MgO (درصد وزنی سیمان)	حدأ کثر مقدار مجاز	۵	۵	۵	۵	۵	۱۶۹۲
۱۱	SO ₃ (درصد وزنی سیمان)	اگر C ₃ A ≤ ۸/۸	۳/۰	۳/۰	۳/۵	۲/۳	۲/۳	۱۶۹۲
		اگر C ₃ A > ۸/۸	۳/۵	—	۴/۵	—	—	

جدول ۳: ویژگی های مکانیکی الزامی سیمان های پرتلند

ردیف	ویژگی مکانیکی	نوع سیمان پرتلند							شماره استاندارد ملی ایران برای روش آزمون مربوطه		
		۱					۲	۳		۴	۵
		۱-۳۲۵	۱-۴۲۵	۱-۵۲۵							
۱	مقاومت فشاری نمونه یک روزه (N/mm^2)	حد اقل مجاز	—	—	—	—	—	۱۲/۵	—	—	۳۹۳
۲	مقاومت فشاری نمونه دو روزه (N/mm^2)	حد اقل مجاز	—	۱۰/۰	۲۰/۰	—	—	—	—	—	۳۹۳
۳	مقاومت فشاری نمونه سه روزه (N/mm^2)	حد اقل مجاز	۱۲/۰	—	—	—	۱۰/۰	۲۴/۰	—	۸/۵	۳۹۳
۴	مقاومت فشاری نمونه هفت روزه (N/mm^2)	حد اقل مجاز	۲۰/۰	—	—	—	۱۷/۵	—	۷/۰	۱۵/۰	۳۹۳
۵	مقاومت فشاری نمونه بیست و هشت روزه (N/mm^2)	حد اقل مجاز	۳۲/۵	۴۲/۵	۵۲/۵	—	۳۱/۵	—	۱۸/۰	۲۷/۰	۳۹۳
		حدا کثر مجاز	۵۲/۵	۶۲/۵	—	—	—	—	—	—	—

پوزولان

مواد سیلیسی یا سیلیسی آلومیناتی هستند که تنها در مجاورت با آب آهک هیدراته شده حاصل از واکنش سیمان و آب، تولید ترکیباتی می کنند که دارای ساختاری تقریباً مشابه با ترکیباتی است که در اثر هیدراسیون سیمان پرتلند حاصل گردیده و خاصیت چسبندگی قابل توجهی از خود بروز میدهد.

طبیعی

پوزولان:

مصنوعی

پوزولان طبیعی: (خاکستر آتشفشانی، سنگ های رسی، پوکه سنگ، خاک دیاتومه کلسینه شده، خاک رس پخته، شیل)

پوزولان مصنوعی: (دوده سیلیسی (دارای حداقل ۸۵ درصد سیلیس غیر بلوری)، خاکستر پوسته برنج، خاکستر بادی)

فراوری

کلینکر + سنگ گچ + پوزولان ← آسیاب ← سیمان پوزولانی
سیمان پرتلند + پوزولان پودر شده ← سیمان پوزولانی

انواع سیمان پوزولانی

سیمان پوزولانی معمولی (میزان پوزولان برحسب درصد وزنی: ۱۵٪ - ۵٪)

سیمان پوزولانی ویژه (میزان پوزولان برحسب درصد وزنی: ۴۰٪ - ۱۶٪)

کاربرد

پرتلند معمولی: ساخت بتن یا ملات

پرتلند ویژه: ساخت بتن های حجیم ، ساخت بتن های تحت تأثیر حملات سولفاته قوی

خصوصیات سیمان پرتلند پوزولانی

۱. مقاومت نهایی بالاتر
۲. کاهش حرارت هیدراسیون و در نتیجه امکان بتن ریزی های حجیم تر با احتمال وقوع ترک های حرارتی کمتر
۳. چسبندگی بیشتر خمیر سیمان به سنگدانه ها
۴. چسبندگی بیشتر بتن و آرماتورها
۵. مقاومت بیشتر در برابر حمله سولفات ها (در صورت قابل توجه بودن درصد پوزولان مصرفی)
۶. مقاومت بیشتر در برابر حمله کلرایدها (در صورت کافی بودن درصد پوزولان)
- و

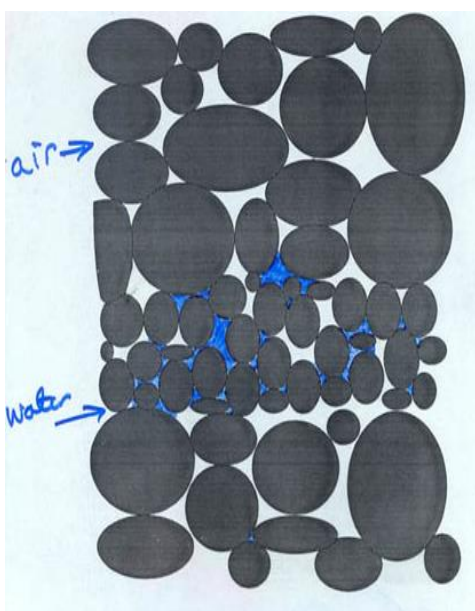
آب

وظیفه آب مصرفی در بتن

- انجام واکنش هیدراسیون

- ایجاد کارایی

توجه : همیشه بخشی از آب مصرفی صرف خیس کردن سطح سنگدانه ها شده و بخشی دیگر نیز جذب آن ها برای رسیدن سنگدانه به حالت اشباع با سطح خشک می گردد.



مشخصات آب مصرفی در بتن

۱. آب مصرفی در بتن بایستی بی طعم، بی بو، بی رنگ و فاقد هرگونه چربی و یا آلودگی باشد. (آب آشامیدنی)
۲. آب های حاوی جلبک و خزه، به هیچ عنوان در بتن قابل استفاده نیست. این گونه آبها به دلیل در بر داشتن حباب های بیشمار هوا، تولید شده توسط جلبک و خزه، در صورت استفاده در بتن، به شدت آن را متخلخل می سازند
۳. آب رودخانه، آب چاه و برکه، جزء آب های مشکوک تلقی می شود. این گونه آبها در صورتی برای بتن قابلیت استفاده دارند که نمونه بتن ساخته شده با آن، پس از ۷ روز، حداقل ۹۰ درصد مقاومت فشاری نمونه بتن ساخته شده با آب سالم را داشته باشد.

۴. PH آب بایستی در این محدوده باشد: $5 \leq PH \leq 8.5$

جدول ۴- حداکثر میزان مجاز مواد زیان آور در آب

مواد شیمیایی	حداکثر مجاز، ppm	روش آزمایش
میزان یون کلرید، • برای بتن آرمه در معرض حمله کلریدی، عرشه پل و موارد مشابه • برای دیگر بتن های آرمه در شرایط مرطوب یا دارای قطعات مدفون	۵۰۰ ۱۰۰۰	ASTM C114 یا استاندارد ملی ۲۳۵۰
سولفات بر حسب SO_4	۳۰۰۰	استانداردهای ملی ۱۶۹۲ یا ۲۳۵۳
میزان قلیائیت معادل $Na_2O + 0.658K_2O$	۶۰۰	استاندارد ملی ۱۶۹۵
مجموع مواد جامد	۵۰۰۰۰	استاندارد ملی ۲۳۵۵

سنگدانه

حدود سه چهارم حجم و وزن بتن را سنگدانه تشکیل می دهد. متأسفانه گاهی اوقات و در برخی کتابها به اشتباه، به سنگدانه ها، پرکننده های خنثی و فاقد وظیفه مشخصی به غیر از پر کنندگی اطلاق میشود. در صورتی که خواص

فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی سنگدانه، می تواند تاثیرات بسیار تعیین کننده ای بر مقاومت بتن گذاشته و کوچکترین تغییری در خواص، دانه بندی و مشخصات آن می تواند باعث تغییرات قابل توجه در خواص بتن تازه و سخت شده گذارد.

طبقه بندی سنگ دانه ها

سنگ دانه های طبیعی

سنگ دانه های مصنوعی

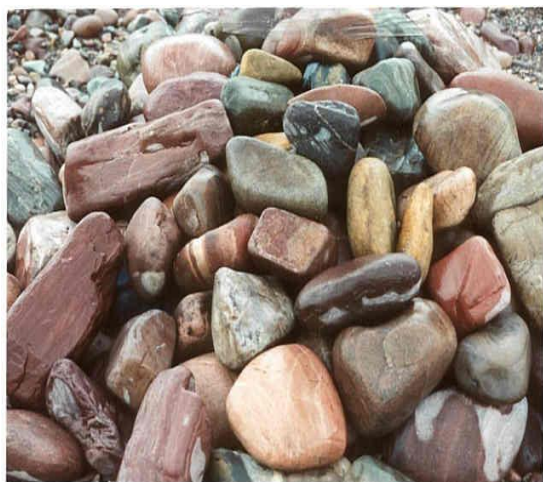
سنگ دانه های بازیافتی

سنگدانه های طبیعی

سنگ دانه های رودخانه ای

سنگ دانه های شکسته کوهی

سنگ دانه های رودخانه ای



حاصل شدن در اثر پدیده های فرسایش - حمل - رسوب :

خرد شدن سنگ و جدا شدن آن از سنگ مادر در اثر پدیده هوازدگی

غلتیدن به پایین کوه و خرد شدن

حمل توسط رودخانه

رسوب در بخش پایین دست رودخانه

جمع آوری و حمل به کارخانه

دانه بندی

(استفاده از سنگ دانه های درشت به عنوان مصالح شکسته پس از خرد شدن در سنگ شکن) به قسمت سنگ دانه شکسته رجوع شود {)

سنگ دانه شکسته کوهی

استخراج سنگ های بزرگ (کپ) از کوه

حمل به کارخانه

خرد شدن توسط سنگ شکن

شستشو

سرند شدن

شستشو



طبقه بندی سنگ دانه ها از حیث بافت سطحی

سنگدانه های دارای بافت سطحی صاف یا نسبتا صاف

سنگدانه های دارای بافت سطحی زبر

دانه بندی سنگدانه ها

هدف از دانه بندی سنگدانه ها، تعیین توزیع اندازه دانه های موجود در حجمی از سنگدانه مورد آزمایش و گردآوری اطلاعات لازم برای کنترل مخلوط های حاوی سنگدانه یا به عبارت ساده تر، تعیین دامنه اندازه ذرات موجود در مخلوطی سنگدانه ای است.

دانه بندی سنگدانه ها، با کمک سری الک و دستگاه لرزاننده صورت می پذیرد.

الک

- چشمه های الک: مربعی شکل

-جنس الک های کوچکتر از ابعاد ۴mm (گاهی اوقات تا ۱۶ mm): تور سیمی از آلیاژ فسفر و برنز

-جنس الک های بزرگتر: برنج یا فولاد نرم

-کلیه الک ها دارای قابی دایره ای (استوانه ای) بوده که به راحتی بر روی یکدیگر نصب می شوند



توجه:

نحوه سوار شدن الک ها بر روی یکدیگر به شکلی است که بزرگترین الک در بالا قرار گرفته و به ترتیب به سمت پایین الک ها کوچک و کوچکتر می شوند در انتها نیز ظرفی وجود دارد که ریزدانه ریز عبوری از آخرین الک نیز در آن جمع گردد.

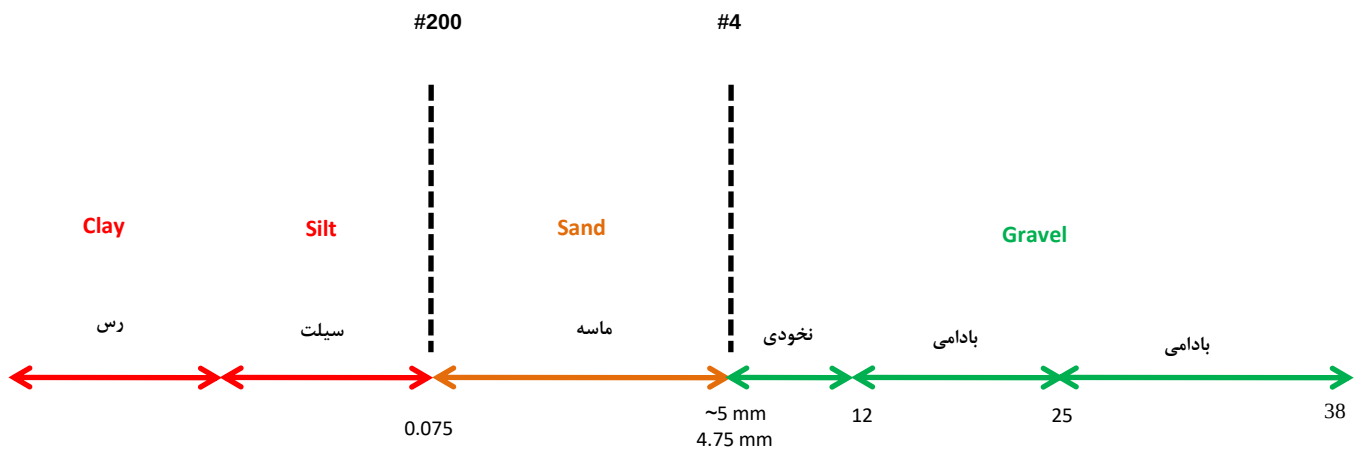
مقدار سنگدانه ای که پس از انجام عمل **Shaking** بر روی کل مجموعه الک ها، روی هر الک باقی می ماند، نشانگر قسمتی از سنگدانه درشت تر از سوراخ های همان الک ، اما ریزتر از الک بالاتر از خود (الک بزرگتر) می باشد

الک های مورد استفاده برای درشت دانه در بتن:

$$1 \frac{1}{2} * 1 * \frac{3}{4} * \frac{1}{2} * \frac{3}{8} * \frac{3}{16}$$

الک های مورد استفاده در ریزدانه بتن:

$$\frac{3}{8} * 4 * 8 * 16 * 30 * 50 * 100 * 200$$



یادداشت : 

مشخصات شن مرغوب

- سنگدانه درشت بایستی توپر و چگال باشد. استفاده از سنگدانه های متخلخل یا سنگدانه های با درصد جذب آب بالا باعث افزایش شدید مقدار آب در مخلوط میگردد.

- سنگدانه بایستی عاری از گرد و خاک و هرگونه آلودگی باشد. به عبارتی دیگر سنگدانه درشت باید همواره شسته شده باشد !!

- استفاده از سنگ دانه های متورق به دلیل از هم پاشیدگی در اثر مجاورت با رطوبت به مرور زمان یا شکست در حین بارگذاری جایز نیست .

- استفاده از سنگدانه های پولکی و سوزنی به دلیل امکان حبس ذرات آب در زیر آنها بایستی طبق استاندارد ملی ایران *INSO302* حداکثر به مقادیر جدول ۵ محدود گردد.

- حداکثر مقادیر مواد مجاز زیان آور در سنگدانه درشت بایستی طبق استاندارد ملی ایران *INSO 302* به مقادیر جدول ۶ محدود گردد.

جدول ۵ - حداکثر میزان مجاز دانه های پولکی و سوزنی در درشت دانه های بتن

ردیف	شرح	حداکثر درصد وزنی سنگدانه سوزنی یا پولکی نسبت به کل نمونه	شماره استاندارد ملی ایران برای روش آزمون مربوطه
۱	دانه های پولکی و سوزنی موجود در سنگدانه های مانده بر روی الک ۶/۳ میلی متر	۳۰	-
۲	دانه های پولکی و سوزنی موجود در سنگدانه های با حداکثر اندازه ۹/۵ میلی متر	۴۵	-
۳	دانه های پولکی و سوزنی موجود در سنگدانه های با حداکثر اندازه ۱۲/۵ میلی متر	۴۵	-
۴	دانه های پولکی و سوزنی موجود در سنگدانه های با حداکثر اندازه ۱۹ میلی متر	۴۰	-
۵	دانه های پولکی و سوزنی موجود در سنگدانه های با حداکثر اندازه ۲۵ میلی متر	۴۰	-
۶	دانه های پولکی و سوزنی موجود در سنگدانه های با حداکثر اندازه ۳۸ میلی متر	۴۰	-
۷	دانه های پولکی و سوزنی موجود در سنگدانه های با حداکثر اندازه ۵۰ میلی متر	۳۵	-
۸	دانه های پولکی و سوزنی موجود در سنگدانه های با حداکثر اندازه ۶۳ میلی متر	۳۵	-

توضیح: تا زمان تدوین استاندارد ملی ایران در این زمینه، آزمون مربوطه باید مطابق با یکی از استانداردهای معتبر بین المللی انجام شود.

جدول ۶ - حداکثر میزان مجاز مواد زیان آور در شن

ردیف	ماده زیان آور	حداکثر درصد وزنی ماده زیان آور، نسبت به کل نمونه	شماره استاندارد ملی ایران برای روش آزمون مربوط
۱	کلوخه های رسی و ذرات سست	۵	-
۲	ذرات ریزتر از ۷۵ میکرون (ردشده از الک نمرة ۲۰۰)، حاوی رس یا شیل	۱	۴۴۶
۳	ذرات ریزتر از ۷۵ میکرون (ردشده از الک نمرة ۲۰۰)، فاقد رس یا شیل	۱/۵	۴۴۶
۴	زغال سنگ، لیگنیت، یا سایر مواد سبک	۰/۵	-
		۱	
۵	سولفات های محلول در آب، بر حسب SO_3	۰/۴	-
۶	کلرایدهای محلول در آب، بر حسب Cl^-	۰/۰۴	-

مشخصات ماسه مرغوب

- ماسه مورد استفاده در بتن الزاما بایستی به خوبی شسته شده تا حتی الامکان از سیلت و رس و مواد زیان آوری چون سولفات و کلراید زدوده شود.

متأسفانه مشکلی که در مورد سیستم شستشوی ماسه ها در ماسه شویی ها به شدت رایج است شسته نشدن کافی ریز دانه ها و در نتیجه وجود مقادیر زیادی سیلت و رس در ماسه تحویلی به خریدار و یا شسته شدن بیش از حد ماسه و از دست رفتن مقادیر قابل توجهی از ماسه ریز دانه بسیار با ارزش (فیلر) میگردد.

- حداکثر مقادیر مواد مجاز زیان آور در سنگدانه ریز بایستی طبق استاندارد ملی ایران *INSO 302* به مقادیر جدول ۷ محدود گردد.

- ماسه مورد استفاده در بتن الزاما بایستی آزمایش ذرات عبوری از الک ۲۰۰ را طبق استاندارد ملی ایران *INSO 446* را پشت سر گذارد.

Fineness Modulus

مدول نرمی (F.M)

این ضریب برای کنترل اندازه ریز دانه ای (ماسه) تولید شده در یک معدن در کل روزهای متفاوت می باشد و از تحلیل اندازه ای با الک محاسبه می گردد

بایستی توجه داشت که باید: $\frac{2}{3} \leq F.M \leq \frac{3}{1}$ باشد. اگر میزان F.M کمتر از $\frac{2}{3}$ باشد نشان از نرمی و ریزی ماسه داشته و در صورتیکه F.M بیش از $\frac{3}{1}$ باشد، نشانگر درشت و خشن بودن ماسه است.

نحوه محاسبه F.M

(مجموع درصد تجمعی مانده روی الک های $\frac{3}{8}$ و $\frac{1}{4}$ و $\frac{1}{2}$ و $\frac{3}{4}$ و $\frac{1}{2}$ و $\frac{3}{4}$ و $\frac{1}{2}$ و $\frac{3}{4}$) تقسیم بر ۱۰۰

یادداشت: 

مشکلات ناشی از F.M زیاد و چگونگی فائق آمدن بر آن ها

یادداشت: 

جدول ۷ - حداکثر میزان مجاز مواد زیان آور در ماسه

ردیف	ماده زیان آور	حداکثر وزنی ماده زیان آور، نسبت به کل نمونه	شماره استاندارد ایران برای روش آزمون مربوط
۱	کلوخه های رسی و ذرات سست	۳	-
۲	ذرات ریزتر از ۷۵ میکرون (رد شده از الک نمره ۲۰۰)، حاوی رس یا شیل	۳	۴۴۶
		۵	۴۴۶
۳	ذرات ریزتر از ۷۵ میکرون (رد شده از الک نمره ۲۰۰)، فاقد رس یا شیل	۵	۴۴۶
		۷	۴۴۶
۴	زغال سنگ و لیگنیت	۰/۵	-
		۱	-
۵	میکا	۱	-
۶	سولفات های محلول در آب، برحسب SO_3	۰/۴	-
۷	کلریدهای محلول در آب، برحسب Cl^- (در بتن آرمه)	۰/۴	-

آزمایش های صورت پذیرفته بر روی بتن تازه و سخت شده

آزمایش اسلامپ

مهمترین آزمایش صورت گرفته بر روی بتن تازه میباشد و معرف میزان روانی بتن میباشد.

لوازم آزمایش :

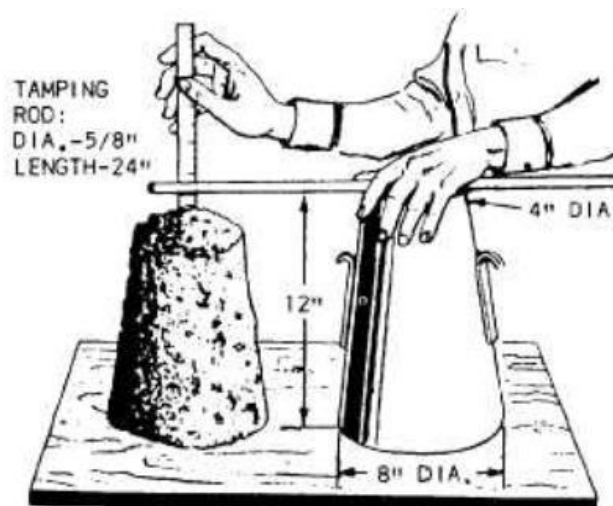
- مخروط اسلامپ

(مخروطی ناقص با ارتفاع ۳۰ cm ، قطر قاعده بالایی ۱۰ cm و قطر قاعده پایینی ۲۰ cm)

- میله تراکم به طول ۶۰ cm و قطر ۱/۶ cm با نوک گرد

- صفحه کفی

یادداشت: 





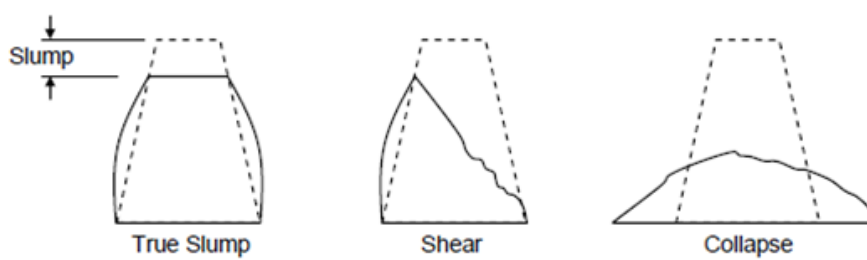
یادداشت : 

انواع اسلامپ

- صحیح (واقعی)

- اسلامپ برشی

- اسلامپ ریزشی



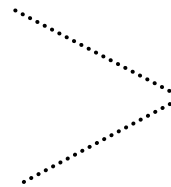
توضیحات تکمیلی

یادداشت : 

آزمایش مقاومت فشاری بتن

متداول ترین آزمایش بر روی بتن سخت شده می باشد و تا حدود زیادی می تواند معرف مشخص های مقاومتی بتن در اثر نیروی فشاری باشد

مکعبی: بریتانیا، آلمان و ...



انواع آزمایش مقاومت فشاری بتن

استوانه ای: ایالات متحده، کانادا، استرالیا، نیوزلند و فرانسه

آزمون استوانه ای

مشخصات استوانه:

قطر: ۱۵cm

ارتفاع: ۳۰cm

جنس: فولاد یا چدن

(ASTM C 470)



یادداشت :

نحوه تبدیل نتایج حاصل از آزمایش مقاومت فشاری مکعبی به استوانه ای

مقاومت فشاری آزمون استوانه ای : f'_c

مقاومت فشاری آزمون مکعبی : f_{cu}

یادداشت: 

جدول ۸- ضرایب تبدیل آزمونهای مکعبی به استوانه ای و بالعکس

مقاومت فشاری آزمون مکعبی (MPa)	≤ 25	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵
r	۱/۲۵	۱/۲	۱/۱۷	۱/۱۴	۱/۱۳	۱/۱۱	۱/۱
مقاومت فشاری آزمون استوانه ای (MPa)	با توجه به ضریب	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰

فرمول بسیار دقیق و ساده جایگزین جدول ۸ :

یادداشت: 

دوام بتن (پایایی بتن)

به توانایی بتن جهت تحمل و مقابله با عوامل جوی، فیزیکی شیمیایی و یا هر نوع فرایندی که باعث فساد تدریجی و یا تخریب بتن گردد دوام اطلاق می گردد. (ACI 201.2)



علل مختلف دوام کم بتن

- خسارت مکانیکی
- خسارت شیمیایی
- خسارات فیزیکی

خسارت مکانیکی

- ضربه
- سایش
- فرسایش

خسارت شیمیایی

- واکنش قلیایی - سیلیسی
- واکنش قلیایی - کربناتی
- حمله سولفات ها

- حمله کلرایدها
- حمله اسیدها
- حمله دی اکسید کربن (کربناته شدن بتن)
- تبلور نمک ها

خسارات فیزیکی

- یخ زدن و ذوب شدن مکرر بتن
- سیکل سرد و گرم شدن بتن به طور متناوب
- تاثیر دمای زیاد هوا بر بتن

سایش بتن

سایش در اثر عوامل زیر می تواند رخ دهد:

- عبور و مرور مکرر
- لغزش
- خراشیدن
- ضربه

فرسایش بتن

- فرسایش توسط ماسه حمل شده توسط باد و تندباد
- فرسایش توسط مواد معلق موجود در آب و یا سرعت زیاد آب در دراز مدت که در هر دو مورد می توان شاهد فرسایش در سازه های هیدرولیکی بود

عوامل موثر بر افزایش فرسایش

فرسایش به عوامل متعددی از قبیل: اندازه، سختی ذرات حمل شونده و مقدار و شکل، سرعت، نوع جریان آب و کیفیت بتن بستگی دارد

نفوذ پذیری بتن

جریان آب از میان خلل و فرج بتن به عمق را نفوذ پذیری می گویند. نفوذپذیری تنها تابعی از تخلخل نبوده و شکل، اندازه، پیچ و خم مسیر و پیوستگی منافذ نیز در آن موثر می باشد
توجه: نفوذپذیری خمیر سیمان با پیشرفت هیدراسیون به سرعت کاهش می یابد



روش های کاهش نفوذ پذیری بتن

پروسه هیدراسیون

اجزای تشکیل دهنده بتن

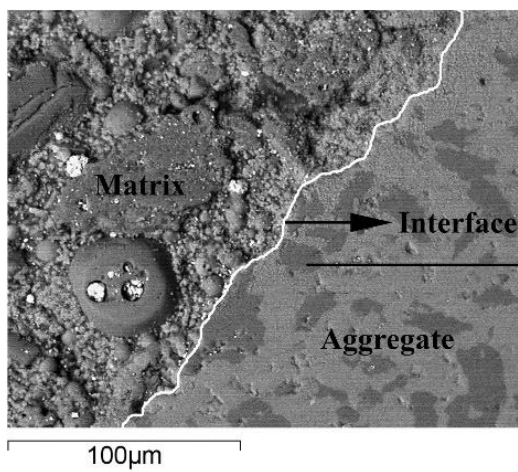
- سیمان
- آب
- سنگدانه :
 - بادامی
 - نخودی
 - ماسه شسته

ساختار بتن سخت شده

- خمیر سخت شده سیمان
- سنگدانه

ساختار بتن سخت شده در مقیاس میکروسکوپی

- خمیر سخت شده سیمان
- ناحیه انتقال میانی
- سنگدانه



یادداشت: 

محصولات جامد

خمیر سخت شده سیمان

منافذ

یادداشت:



کربناته شدن

در صورت مرطوب بودن بتن و وجود مقدار قابل توجهی گاز کربنیک در هوا، دی اکسید کربن قادر خواهد بود از طریق رسوخ به منافذ دارای آب و واکنش با آن، تولید اسید کربنیک یا (H_2CO_3) نماید. اسید کربنیک تولید شده قادر است با هیدروکسید کلسیم ($CaOH_2$) موجود در بتن سخت شده واکنش نشان داده و تولید کربنات کلسیم ($CaCO_3$) کند. به فرایند فوق، کربناسیون اطلاق میگردد.

یادداشت: 



تأثیرات منفی کربناسیون بر روی بتن

- ایجاد خوردگی در آرماتورهای بتن مسلح
- ایجاد پدیده جمع شدگی کربناسیونی

روش های کاهش کربناسیون

یادداشت: 

حملات سولفاته

حملات سولفاته یکی از حملات شایع و بسیار خطرناک به بتن بوده که میتواند با توجه به شدت حمله، صدمات جبران ناپذیری را بر سازه وارد نماید.

یادداشت: 

اثرات حمله سولفات ها بر بتن

- انبساط و ترک خوردگی بتن
- پوسته پوسته شدن بتن
- خرد شدن بتن
- ایجاد شوره سولفات (معمولا خسارت از گوشه ها و لبه ها آغاز شده و با حرکت تدریجی ترک حتی می تواند باعث ترکیدن بتن نیز گردد)
- کاهش شدید مقاومت بتن



تدابیر احتیاطی در محیط های سولفات: (فقط سولفات و نه سولفات کلریدی)

- استفاده از طرح اختلاط خاص
- کاهش C_3A موجود در سیمان به ۵ درصد (به عبارت دیگر استفاده از سیمان ضد سولفات)
- استفاده از سیمان پوزولانی و روبره ای ، سیمان تیپ V و تیپ II (در صورت کم بودن میزان حملات سولفات)
- کاهش نسبت آب به سیمان با استفاده از روان کننده و فوق روان کننده های مناسب.
- افزایش نفوذ ناپذیری بتن از طریق :
- استفاده از میکروسیلیس جهت کاهش نفوذ پذیری و افزایش مقاومت
- عمل آوری بسیار دقیق
- عمل آوری با بخار آب تحت فشار زیاد

استفاده از خاکستر بادی
ویبراسیون صحیح

حملات کلرایده

یکی از خطرناک ترین حملات به سازه های بتن مسلح رسوخ و نفوذ یون کلراید به بتن و رسیدن آن ها به آرماتور
میباشد.

یادداشت: 

راه های مقابله با حملات کلرایده :

یادداشت: 

حمله اسیدی

حملات شیمیایی به بتن از طریق تجزیه کردن محصولات هیدراسیون و تشکیل ترکیبات جدید صورت می پذیرد آسیب پذیرترین بخش بتن هیدرات های کلسیم و بلورهای C-S-H و نیز سنگدانه های آهکی می باشند به طور کلی بتن می تواند توسط مایعاتی با $PH \leq 6/5$ مورد حمله واقع شود. اما تنها در صورتی که $PH \leq 5/5$ باشد حمله می تواند تأثیر گذار بوده و برای $PH \leq 4/5$ حمله شدید خواهد بود.

از جمله شایعترین حملات اسیدی عبارتند از :

- بتن های در مجاورت فاضلاب های ساکن و جاری
- محیط های در تماس مستقیم با اسید های خورنده مانند اسید سولفوریک
- حمله آب های دارای CO_2 آزاد (آب مرداب) و یا دارای سولفید هیدروژن
- حمله آب های حاوی لجن
- باران های اسیدی

و ...

روشهای مقابله با حملات اسیدی

یادداشت: 

سلامت سنگدانه

قابلیت تحمل تغییرات حجمی زیاد سنگدانه حاصل از شرایط فیزیکی از قبیل یخ زدن و آب شدن، تغییرات حرارتی در دماهای بالای نقطه انجماد و تر و خشک شدن های متناوب را سلامت سنگدانه گویند.

انواع گسیختگی در اثر ناسالم بودن سنگدانه ها

- پوسته پوسته شدن
- ترک های گسترده سطحی

- قلوه کن شدن

- از هم پاشیدن

واکنش قلیایی - سیلیسی

واکنشی است مخرب مابین سنگدانه ها و خمیر سیمان هیدراته شده اطراف آن ها

(واکنش بین اجزای سیلیسی فعال موجود در سنگدانه ها و قلیایی های موجود در سیمان)
(حمله هیدروکسیدهای قلیایی موجود در سیمان بر کانی های سیلیسی موجود در سنگدانه ها)



تولید ژل قلیایی سیلیسی در منافذ یا سطح سنگدانه ها



تورم ژل به وجود آمدن فشار داخلی به دلیل احاطه شدن ژل توسط خمیر سیمان



ترک و از هم پاشیدگی خمیر سیمان

راه حل:

- یادداشت: 

بخش دوم

بتن های ویژه و روش های اجرا

بتن توانمند ! (بتن با عملکرد بالا) *High Performance Concrete (H.P.C)*



به بتن بسیار متراکم، دارای نفوذ ناپذیری فوق العاده زیاد، دوام عالی و دارای مقاومت فشاری حداقل بیش از 400 kg/cm^2 و کارایی بسیار بالا، بتن با عملکرد بالا یا به تعبیری ناقص بتن توانمند اطلاق میگردد.

(در برخی از کتب، متأسفانه به غلط، از این بتن، به عنوان "بتن با مقاومت بالا" نام برده می شود که کاملاً اشتباه است. زیرا بتن با مقاومت بالا *High Strength Concete (H.S.C)* بتنی است که صرفاً دارای مقاومتی بیش از 500 kg/cm^2 بوده و ناتروایی، دوام فوق العاده و کارایی بسیار، به عنوان معیار های اصلی طرح (طرح اختلاط) و اجرای آن، الزاماً در نظر گرفته نمیشوند .

از طرفی ترجمه کلمه *Performance* به توانمند نیز خالی از اشکال نبوده و شاید یکی از بزرگترین دلایل اشتباه شدن تفاوت بتن مزبور با بتن *H.S.C*، همین ترجمه نادرست واژه مذکور باشد. بنابراین پیشنهاد میگردد به جای استعمال واژه "بتن توانمند" از اصطلاح صحیح تر "بتن با عملکرد بالا" استفاده گردد..

((گردآورنده))

شاید در یک جمله کوتاه بتوان بتن توانمند را این چنین توصیف کرد: "توسعه ای است منطقی، از بتنی حاوی میکروسیلیس و فوق روان کننده، جهت حصول به یک مقاومت بسیار بالا و یا نفوذپذیری بسیار کم و دوام عالی"

شایان ذکر است، همانطور که از نام این بتن خاص پیداست، دستیابی به تمام یا هر کدام از پارامتر های مقاومت، دوام، تراوایی و کارایی با توجه به مشخصات هر پروژه مورد نظر ، کاملاً امکان پذیر می باشد.

تا سال های نه چندان دور، بتن های *H.P.C* در محدوده مقاومتی $400-700 \text{ kg/cm}^2$ واقع میشدند. اما امروزه با پیشرفت علم و تکنولوژی، امکان دستیابی به مقاومت های بالای 2500 kg/cm^2 نیز امکان پذیر است. بنابراین طبقه بندی بتن های با عملکرد بالا، به شکل زیر تغییر یافته است :

High Performance Concrete (H.P.C)	محدوده مقاومتی $400 - 800 \text{ kg/cm}^2$: بتن با عملکرد بالا
Ultra High Performance Concrete (U.H.P.C)	محدوده مقاومتی $800 \text{ kg/cm}^2 >$: بتن با عملکرد بسیار بالا

به عنوان مثال : با مصالح سنگدانه ای نامرغوب شیراز، امکان دستیابی به مقاومت $1200 - 1000 \text{ kg/cm}^2$ به شکل کاملاً اجرایی، به راحتی امکان پذیر است.

مصالح تشکیل دهنده بتن با عملکرد بالا

سیمان

- سیمان های پیشنهادی جهت ساخت بتن پر مقاومت :
- تمامی سیمان های پرتلند، به جز سیمان تیپ III، به دلیل حرارت زایی بالا *یادداشت :*
- سیمان های پوزولانی
- سیمان های آمیخته با سرباره
- عیار سیمان رایج حدوداً $390 - 500 - 560 \text{ kg/m}^3$!!
- توصیه بر عدم تجاوز میزان سیمان مصرفی از اعداد مذکور فوق و جایگزین کردن پوزولان یا میکرو سیلیس به عنوان بخشی از سیمان مورد نیاز و

یادداشت: 

مضرات استفاده از عیار زیاد سیمان

- افزایش حرارت هیدراسیون و امکان ایجاد ترک های حرارتی
- افزایش جمع شدگی ناشی از خشک شدن بتن و در نتیجه، ایجاد ترک های خطرناک در بتن
- افزایش احتمال ایجاد ترک در ناحیه انتقال به علت تفاوت بسیار مدول الاستیسیته خمیر سیمان و سنگدانه
- افزایش هزینه تمام شده

سنگدانه

- الزام بر توپر، سنگین و وزین بودن سنگدانه ها
- تاکید بر تمیز و عاری بودن سنگدانه ها از هرگونه گرد و خاک و آلودگی
- امکان استفاده از سنگدانه های آهکی متراکم با کیفیت بالا، مرسوم در طرح اختلاط بتن های معمولی
- تاکید بر استفاده از ماسه با $F.M = 2/3 - 3/1$
- محدود کردن حداکثر اندازه درشت دانه به 19 mm

مواد افزودنی

Plasticizers

روان کننده ها (کاهنده های آب)

به آن دسته از افزودنی ها اطلاق شده که قادرند بدون تغییر روانی، مقدار آب اختلاط را کاهش داده یا بدون تغییر مقدار آب، موجب افزایش روانی و اسلامپ شوند، یا هر دو اثر فوق الذکر را به طور همزمان ایجاد نمایند.

مکانیزم عملکرد

چسبیدن مولکولهای افزودنی با بار منفی بر روی دانه های سیمان، دور شدن ذرات سیمان از یکدیگر در اثر نیروی دافعه (دافعه الکترو استاتیک)، امکان هیدراسیون کاملتر ذرات به دلیل پراکندگی دانه های سیمان و امکان احاطه شدن تعداد بیشتری دانه سیمان توسط فیلم نازک آب و نیز قابلیت حرکت بیشتر ذرات به دلیل آزاد شدن آب محبوس بین دانه های سیمان و در دسترس بودن آب یاد شده جهت حصول به روانی کافی.

در صورت استفاده از آب جهت افزایش روانی بتن



کاهش بسیار شدید مقاومت

در صورت ثابت نگهداشته شدن عیار سیمان و افزایش آب



افزایش کارایی



افزایش نسبت آب به سیمان



کاهش مقاومت



کاهش دوام

مشهور ترین پایه شیمیایی خانواده روان کننده ها

- لیگنوسولفونیک اسید

- ملامین فرمالدئید سولفانات شده

- نفتالین فرمالدئید سولفانات شده

- پلی کربوکسیلات ها

ردیف	پایه شیمیایی	نام تجاری	دوز بر حسب درصدی از سیمان مصرفی (پیشنهاد تولید کنندگان)	میزان مصرف در هر متر مکعب به طور اجرائی با توجه به اقلیم و دمای هوا برای رساندن اسلامپ ۷ به ۱۴ (با فرض عیار ۳۵۰)	قیمت (تومان)	خواص منفی
۱	لیگنو					
۲	ملامین					
۳	نفتالین					
۴	پلی کربوکسیلات					

میکروسیلیس

Silica Fume (Micro Silica)

این مواد از فراورده های جانبی حاصل از فرآیند تولید فروسیلیسیم در کوره های قوس الکتریکی بوده و دارای حداقل خلوص ۸۵ درصد اکسید سیلیسیم می باشد. در حقیقت ساختار میکروسیلیس، اکسید سیلیسیم میکرونی فعال غیر متبلور می باشد. میکروسیلیس در مجاورت با سیمان و آب میتواند با Ca OH_2 ناشی از هیدراسیون سیمان واکنش داده و تولید هیدرات سیلیکات کلسیم (بلورهای C-S-H) نماید.

ویژگی ها و کاربرد

- جایگزین بخشی از سیمان در بتن



- دارای قطری حدود یک دهم تا یک صدم قطر ذرات سیمان
 - ایجاد تراکم در ساختار خمیر سیمان و کاهش شدید نفوذ پذیری
 - افزایش قابل توجه مقاومت فشاری، کششی و خمشی بتن
 - افزایش دوام بتن
 - امکان ساخت بتن آب بند و کاملاً نفوذ ناپذیر!
 - افزایش مقاومت سایشی و فرسایشی
 - مقاومت بسیار زیاد در برابر نفوذ سولفات ها و املاح خورنده
 - مقاومت بسیار زیاد در برابر حمله کلرایدها
 - کاهش *Bleeding* در بتن ساخته شده
- توجه : در هنگام استفاده از میکروسیلیس، استفاده از روان کننده یا فوق روان کننده الزامی است

یادداشت: 

میکروسیلیس و مشتقات آن

یادداشت: 

کندگیر کننده

Retarders

به آن دسته از افزودنی ها اطلاق می شود که از طریق کاهش سرعت هیدراسیون، زمان گیرش و تغییر حالت خمیری به سخت شدگی بتن را به تاخیر می اندازند.

کند گیر کننده ها با توجه به میزان تاخیری که میتوانند در گیرش بتن به وجود بیاورند به دو گروه تقسیم بندی میشوند :

Normal Set Admixtures (Retarders)

- کند گیر کننده های معمولی

Extended Set Control Admixtures (ESCA)

- دیر گیر کننده ها (افزودنی کنترل کننده آبگیری)

ویژگی ها و کاربرد



یادداشت :



پوزولان

- استفاده از پوزولان، باعث کاهش حرارت هیدراسیون، کاهش احتمال وقوع ترک های حرارتی خطرناک، کاهش تراوایی و افزایش همگنی محصولات هیدراسیون و کاهش شدید روند ترک های موئین در ناحیه انتقال میگردد.

مزایای بتن با عملکرد بالا

- امکان کاهش ابعاد اعضای سازه ای به دلیل مقاومت بیشتر بتن در تحمل نیروهای وارده بر عضو، در مقایسه با سازه مشابه ساخته شده با بتن معمولی
- کاهش فولاد مصرفی در بتن در مقایسه با سازه مشابه با بتن معمولی
- رفتار همگن تر بتن با عملکرد بالا ، نسبت به بتن معمولی، به دلیل کمتر بودن میزان ترک های موئین در ناحیه انتقال
- بیشتر بودن مقاومت باربری دراز مدت، نسبت به بتن های معمولی

- امکان کاهش ابعاد اعضای فشاری و کاهش میزان فولاد مصرفی به دلیل افزایش ظرفیت باربری ستون، حاصل از افزایش مقاومت فشاری بتن

- امکان افزایش مقاومت فشاری و خمشی پوسته ها و سازه های گنبدی شکل

- امکان ساخت بتن های بسیار مقاوم در برابر فرسایش، سایش و حملات شدید شیمیایی، بخصوص سولفات ها و کلریدها به دلیل نفوذ ناپذیری بسیار پایین و مقاومت بسیار بالا

- دوام عالی بتن با عملکرد بالا به دلیل نفوذپذیری بسیار کم

- جلوگیری از رشد و نمو باکتری ها در سطح بتن، به خصوص در مناطقی که کاربرد عضو بتنی از لحاظ بهداشتی از اهمیت بالایی برخوردار است

سوال: دلیل رشد و نمو بسیار کم باکتری ها چیست؟

یادداشت: 

معایب بتن با عملکرد بالا

- افزایش پدیده خزش (Creeping) و جمع شدگی (Shrinkage) به دلیل کاهش درصد فولاد مصرفی

- وجود ترک های میکروسکوپی بیشتر نسبت به بتن معمولی به علت پدیده Shrinkage

- افزایش حرارت ناشی از هیدراسیون در اثر مصرف بیشتر سیمان و در نتیجه احتمال وقوع ترک های حرارتی (حدود افزایش میزان حرارت، به ازای هر ۱۰۰ کیلوگرم سیمان در متر مکعب بتن برابر با ۱۴-۱۰ درجه سانتیگراد می باشد. (ACI - 363)

- افزایش میزان سیمان مصرفی در بتن های پر مقاومتی که در آنها پارامتر اصلی، دوام و ناتراوایی است و نه مقاومت، می تواند مفید فایده واقع میگردد.

روش های مقابله با عیوب بتن با عملکرد بالا

یادداشت: 

جدول ۱۱ - حداکثر میزان مقاومت های فشاری مجاز برای بتن H.P.C با توجه به آیین نامه های مختلف

Country	Building code	Max. comp. strength (MPa)	Test specimen
Sweden	BBK 94	80	Dry cube 150 mm
Sweden	HPC Design Handbook	120	Dry cube 150 mm
International	CEB-FIP MC-90	80	Wet cylinder 150/300mm
International ext	CEB-FIP MC-90	100	Wet cylinder 150/300mm
US	ACI 318-89	no maximum specified	Wet cylinder 152/304 mm
Germany	Suppl. to DIN 1045, 488 and 1055	115	Dry cube 200mm
Norway	NS 3473	105	Dry cube 100 mm
		94	Wet cylinder 150/300 mm
Japan	Specification for HPC	80	Wet cylinder 100/200

بتن خود تراکم

Self Consolidating Concrete (S.C.C)



بتنی است بسیار روان و سیال که بدون اعمال انرژی خارجی (بدون نیاز به هرگونه ویبراسیون) به راحتی هر چه تمام تر، توانایی پر کردن قالب، بخصوص در اعضای با تراکم آرماتور بسیار بالا و یا محل های بسیار دشوار و دور از دسترس جهت بتن ریزی را داشته و بدون هیچگونه رخداد پدیده های *Bleeding* و *Segregation* تحت اثر وزن خود به آسانی متراکم میگردد. (ACI 237)

تاریخچه ساخت

نظریه ساخت بتن خود تراکم، برای اولین بار به سال ۱۹۸۶ توسط پروفسور او کامورای ژاپنی (okamura) جهت ساخت بتنی بدون احتیاج به عمل ویبراسیون مطرح گردید. دو سال بعد و در سال ۱۹۸۸ آقایان اوزاوا (ozawa) و ماکاوا (macawa) اولین نمونه بتن S.C.C را در دانشگاه توکیو تولید نمودند.

مزایای بتن خود تراکم

- قابلیت پر کردن قالبهای با تراکم آرماتور بسیار بالا و محل های دشوار بتن ریزی با بالاترین درصد تراکم
- حذف کامل ویبراسیون
- عدم وقوع پدیده های آب انداختگی و جداسدگی
- کاهش شدید نفوذ پذیری
- جاگیری آسان تر بتن در قالب
- سطح تمام شده عالی
- کاهش نیروی انسانی
- اجرای سریعتر خصوصاً در مورد مقاطع دیوار و ستون
- آزادی عمل بیشتر در طراحی (امکان ایجاد مقاطع نازک تر)

مشکلات استفاده از ویبراتور جهت متراکم کردن بتن

- وقوع پدیده *Segregation* به دلیل ویبره زیاد در بعضی از قسمتها
- عدم تراکم بتن به صورت همگن در نقاط مختلف سازه و حصول مقاومت فشاری های متفاوت در مقاطع مختلف یک عضو
- گیر کردن شیلنگ ویبراتور بین آرماتورها در حین اجرا
- عدم امکان ویبراسیون دقیق در بعضی مناطق ، بخصوص گوشه ها به علت غیرقابل دسترس بودن و در نتیجه کرمو شدن بتن
- کرمو شدن بخشی هایی از سطح بتن به دلیل ویبره بیش از حد و دور شدن شیره بتن- آلودگی صوتی و خطرات جانی ویبراسیون

مواد و مصالح تشکیل دهنده بتن S.C.C

- سیمان
- سنگدانه
- آب
- افزودنی ابر روان کننده یا فوق روان کننده
- میکرو سیلیس

- ماده لزجت دهنده

- فیلر با دانه بندی خاص

همان طور که از موارد فوق هویداست، تفاوت بتن S.C.C و بتن معمولی، در نسبت مصالح مورد استفاده، دانه بندی خاص درشت دانه، ریز دانه و فیلر و وجود برخی افزودنی ها (Admixtures) و مضاف ها (Additives)، به فراخور طرح اختلاط لازم برای هر پروژه می باشد که در ذیل به اختصار مورد بررسی قرار می گیرند:

سیمان

- حدود عیار سیمان مورد استفاده: $350-500-560 \text{ kg/m}^3$

- امکان استفاده از انواع سیمان پرتلند

توجه: مقدار و نوع سیمان براساس خواص و دوام لازم، توسط طراح اختلاط در نظر گرفته می شود

درشت دانه

- قابلیت استفاده از شن های گرد گوشه و شکسته تا سایز 38 mm با توجه به طرح اختلاط و تراکم آرماتورها

ناگفته پیداست که افزایش اندازه درشت دانه، باعث کاهش شدید جاری شدن مخلوط بتن می گردد

مضاف بر آن که تراکم بالای آرماتور نیز دلیلی مبرهن دیگری بر عدم استفاده از ذرات با اندازه اسمی بالاست. معمولا

اندازه درشت دانه در بتن های S.C.C در محدوده $5-19 \text{ mm}$ در نظر گرفته می شود.

ریزدانه

- امکان استفاده از ماسه های شکسته و گرد گوشه با نظر طراح اختلاط

یادداشت: 

فیلر

ذرات با سایز کمتر از 0.125 mm از جنس سنگ آهک، گرانیت و دولومیت جهت پر کردن خلل و فرج مابین ریزدانه

ها (ماسه) و بهبود پایداری مخلوط مورد استفاده قرار میگیرد



اصلاح کننده های لزجت (ویسکوزیتر)

نوعی افزودنی خاص و بسیار گران قیمت است که جهت افزایش مقاومت در برابر پدیده جداشدگی کاربرد دارد. لازم به ذکر است در صورت عدم دسترسی به ویسکوزیتر، یک مهندس طراح اختلاط توانا، می تواند با در نظر گیری نسبت آب به سیمان مناسب، فوق روان کننده، فیلر و میکروسیلیس مرغوب، مخلوط بتن خود تراکمی بدون احتیاج به اصلاح کننده لزجت و با کیفیت فوق العاده بالا تولید کند. نکته: در صورت انتخاب فیلر با دانه بندی مناسب، امکان حذف میکروسیلیس نیز وجود دارد.

طرح اختلاط

طرح اختلاط بتن S.C.C بسیار خاص و ویژه است و بایستی به نحوی ارائه گردد که تمامی ویژگی های بتن تازه و سخت شده را تامین نماید. یک طرح اختلاط اصولی برای بتن S.C.C ، زمانی معتبر است که همزمان هر سه پارامتر زیر را به طور کامل ارضا نماید:

یادداشت:



آزمایش های بتن خود تراکم

آزمایش های کاملاً خاصی جهت تعیین این که اصولاً بتن ساخته شده در طبقه بندی بتن ویژه S.C.C قرار می گیرد و یا ظاهراً شبیه بتن خود تراکم است، ضروری و لازم می نماید. واثبات خود تراکم بودن بتن، تازه شروع ماجراست. زیرا

قابلیت پرکنندگی، گذر دهندگی و لزجت، پارامترهای بسیار مهمی هستند که فقط از طریق انجام این آزمایش های بخصوص امکانپذیر است.

در روش ساخت بتن S.C.C، تاکنون هیچ آزمایشی به تنهایی ارائه نگردیده که بتواند به طور جامع تمامی خواص این نوع بتن را در برگرفته و بالطبع پس از ارائه هر طرح اختلاط، پارامترهای مختلف کارایی، چسبندگی و ... بایستی با بیش از یک روش آزمایش، کنترل گردند.

جدول ۱۲ : آزمایش های مرسوم جهت تعیین خواص بتن S.C.C

ردیف	روش	ویژگی مورد سنجش
۱	جریان اسلامپ	قابلیت پرکنندگی
۲	جریان اسلامپ T50cm	قابلیت پر کنندگی
۳	حلقه J	قابلیت گذرندگی
۴	قیف V	قابلیت پر کنندگی
۵	قیف V T5min	مقاومت در برابر جداشدگی
۶	جعبه L	قابلیت گذرندگی
۷	جعبه U	قابلیت گذرندگی
۸	جعبه Fill	قابلیت گذرندگی
۹	غربال سنجش پایداری GTM	مقاومت در برابر جداشدگی
۱۰	أریمت	قابلیت پرکنندگی

یادداشت:



Slump flow Test

آزمایش جریان اسلامپ

این آزمایش به منظور تعیین میزان روانی و آزادی حرکت بتن S.C.C، در یک سطح افقی، به هنگام عدم وجود مانع صورت می گیرد.

نحوه انجام آزمایش:

یادداشت: 

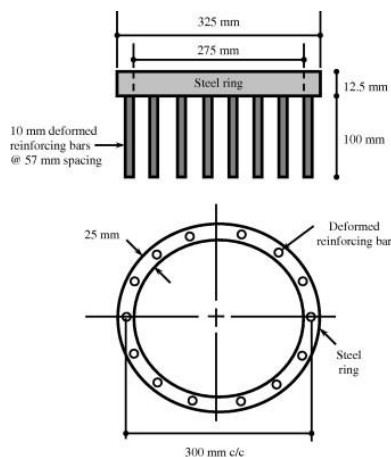
شرایط پذیرش آزمایش :

یادداشت: 

آزمایش حلقه J (جی - رینگ) : J - Ring Test

این آزمایش برای اندازه گیری قابلیت گذرندگی بتن S.C.C، از میان میلگردها به کار می رود.

مشخصات جی رینگ:



نحوه انجام آزمایش:

یادداشت: 



شرایط پذیرش آزمایش:

یادداشت: 

L Box Test

آزمایش جعبه L (ال باکس)

این آزمایش مبین قابلیت جریان یابی بتن و همچنین، امکان انسداد بتن، ناشی از فاصله آرماتورها می باشد.

نحوه انجام آزمایش:

یادداشت: 



شرایط پذیرش آزمایش :

یادداشت :



آزمایش قیف V

V Funnel Test

- ۱- قرار دادن قیف وی بر روی پایه مخصوص
- ۲- مرطوب کردن سطوح داخلی قیف با اسفنج
- ۳- بستن دریچه زیرین قیف
- ۴- ریختن حدود ۱۲ لیتر بتن در درون قیف
- ۵- صاف کردن سطح بتن ریخته شده
- ۶- باز کردن دریچه زیرین پس از گذشت ۱۰ ثانیه
- ۷- ثبت زمان خروج بتن

شرایط پذیرش آزمایش :

یادداشت :



جدول ۱۳ - شرایط و ضوابط پذیرش برای بتن خودتراکم بر اساس استاندارد امریکا

روش آزمایش	واحد	جدول تغییرات اندازه ها	
		حداقل	حداکثر
جریان اسلامپ	میلیمتر	۵۵۰	۸۵۰
جریان اسلامپ $T50_{cm}$	ثانیه	۱	۵
حلقه J	میلیمتر	۰	۱۰
قیف V	ثانیه	۶	۱۲
جعبه L	h_2/h_1	۰/۸	۱

اصلاح طرح اختلاط اولیه

پس از ساخت مخلوط آزمایشی در آزمایشگاه و انجام آزمایش های مربوطه، در صورت عدم برآورد شدن برخی از پارامترهای لازمه، طرح اختلاط، بایستی مجدداً، به طور بنیادین مورد بازنگری قرار گیرد.

گزینه های پیشنهادی

یادداشت: 

بتن غلتکی

Roller Compacted Concrete (R.C.C)



بتنی است که پس از ریخته شدن، توسط حرکات غلتک، متراکم میگردد. (ACI 207.5)
در این نوع بتن، اسلامپ، جهت تحمل وزن غلتک های سنگین راه سازی که جهت تراکم بتن به کار گرفته، می شوند، بایستی در حد صفر باشد.

انواع بتن غلتکی

- بتن R.C.C حجیم (کم عیار)
- بتن R.C.C روسازی (پر عیار)

تاریخچه ساخت بتن غلتکی حجیم

این نوع بتن، در ابتدا به عنوان جایگزینی بسیار ارزان قیمت به عنوان بخشی از مصالح مصرفی سدهای خاکی و سنگریزه ای به منظور افزایش مقاومت برشی و در نتیجه امکان افزایش شیب جناحین سد و نهایتاً کاهش حجم مصالح مورد استفاده قرار گرفت.

در سال ۱۹۷۸ ژاپنی ها برای اولین بار، در بدنه سد شیماجی گاوا (Shimajigawa) از بتن RCC سود برده هر چند که هسته سد از بتن معمولی ساخته شده بود.



سد شیماجی گاوا

اما به سال ۱۹۸۲، امریکایی ها برای اولین بار در جهان، سد ویلوکریک (Willow Creek)، اولین سد تمام RCC را با ۵۰ متر ارتفاع ساختند.



سد ویلوکریک

پس از اجرای موفقیت آمیز سد فوق، استفاده از بتن RCC در تمامی جهان جهت ساخت سد و یا مرمت سدهای در خطر، به سرعت مورد توجه قرار گرفت و امروزه این فناوری در ایران نیز قابل اجرا می باشد. برای مثال: سد چشمه عاشق و هایقر در استان فارس از جمله سدهای بتن غلتکی اجرا شده در کشور می باشند.

کاربرد بتن غلتکی حجیم

- ساخت سد
- اصلاح شیب جناحین سد و خاکریز
- ساخت دیوار حائل
- ساخت قطعاتی که نیازمند مقاومت های بالا نباشند

مزایا

- کاهش ۱۵-۳۰٪ هزینه ساخت در مقایسه با بتن معمولی
 - قابل مقایسه بودن از لحاظ اقتصادی با سدهای خاکی
 - امکان طراحی بتن غلتکی حجیم در گستره وسیعی از مقاومت، کارایی، تغییرات جمعی و خصوصیات حرارتی
 - سرعت بالای تولید و اجرای بتن (۷۵۰ - ۳۵ متر مکعب بر ساعت)
- (رکورد بتن ریزی غلتکی متعلق به سد ویلوکریک (Willow Creek) در ارگون ایالات متحده به حجم ۷۶۵ متر مکعب بر ساعت می باشد).
- کاهش ابعاد سد
 - امکان ساخت سرریز و بدنه سد به طور همزمان در مقایسه با سد خاکی مشابه
 - ساده تر بودن کنترل دانه بندی سنگدانه ها در مقایسه با بتن های حجیم معمولی به دلیل عدم معیار قرار گیری مقاومت با نسبت $\frac{W}{C}$
 - مصرف کمتر سیمان و امکان استفاده از بتن رقیق تر
 - کاهش هزینه های قالب بندی به دلیل ریختن و کوبیده شدن بتن به صورت لایه لایه
 - کاهش هزینه حمل، به دلیل جابه جایی بتن تازه با کمپرسی و نه با تراک میکسر
 - مقاومت بسیار بالا در برابر چرخه یخ زدن و ذوب مکرر

معایب

- مشکل تعبیه فولاد در مقطع و در نتیجه نیاز به استفاده در مناطقی که مقدار قابل توجهی آرماتور در مقطع لازم نباشد

نکات بسیار مهم در طراحی و اجرای سدهای غلتکی حجیم

- اطمینان از نفوذ ناپذیر بودن بدنه سد و درزهای آن
- حصول مقاومت پیوستگی و مقاومت برشی بالا در حد فاصل میان لایه های کوبیده شده
- توجه: در این نوع سدها ، مشکلات عدیده حادثه در اثر وقوع ترک های حرارتی کمتر به چشم می خورند
- لزوم در نظر گیری روانی بسیار کم مخلوط بتن ساخته شده به دلیل جلوگیری از فرو رفتن ماشین آلات پخش، تسطیح و تراکم
- (روانی در بتن $R.C.C$ تا آنجا مورد نیاز است که امکان اختلاط، ریخته شدن، تسطیح و تراکم وجود داشته باشد)
- لزوم چسبندگی کافی بین بتن و سنگدانه ها با در نظر گیری روانی کافی

مصالح مورد استفاده در بتن غلتکی حجیم

سیمان

- سیمان تیپ IV
- سیمان تیپ II پوزولانی
- سیمان پرتلند همراه با ماده مضاف مانند روباره یا خاکستر بادی

سنگدانه

یادداشت: 

افزودنی ها

استفاده از افزودنی های کندگیر کننده و هم چنین میکروسیلیس برای کاهش نفوذپذیری و افزایش چسبندگی می تواند بسیار مفید فایده واقع گردد.

نحوه اجرای بتن حجیم غلتکی

۱. تهیه بتن در بچینگ پلنت با توجه به طرح اختلاط خاص مورد نظر به شرح ذیل :

- انباشتن مصالح سنگی در گروه های دانه بندی متفاوت

- پر کردن سیلوهای تغذیه سنگدانه (*Feed bin*) با لودر و یا تونل های دسترسی (*Reclaim tunnel*) در پروژه های بزرگ

- فراخوانی میزان مشخص وزنی از مصالح سنگدانه ای، سیمان و آب، به داخل میکسر

- انجام عمل اختلاط

- بارگیری بتن

۲. حمل بتن ساخته شده توسط کامیون، کامیون تخلیه از کف و اسکرپر

۳. اطمینان از تمیز بودن سطح بتن ریزی

۴. تخلیه بتن در محل مورد نظر

۵. پخش کردن بتن و متراکم کردن آن به یکی از دو روش زیر:

الف) - پخش شدن بتن توسط بولدوزر در لایه ای به ضخامت حدود ۳۰ سانتی متر

- متراکم شدن لایه فوق الذکر، توسط یک غلتک لرزشی و تکرار اعمال یاد شده به همین منوال

ب) - پخش شدن بتن توسط بولدوزر ، در ۴ لایه ۱۵ سانتی متری

- حرکت رو به جلو و عقب بولدوزر، بر روی هر لایه ریخته شده، جهت جلوگیری از هرگونه ایجاد جدایش احتمالی

- متراکم شدن سطح فوقانی لایه نهایی (لایه چهارم) توسط یک غلتک لرزشی

(توجه: در این روش حدود ۹۰٪ تراکم توسط بولدوزر صورت گرفته و تنها حدود ۱۰٪ عملیات تراکم، بر عهده غلتک می باشد).

نکته: در هر دو روش الف و ب می توان از غلتک های چرخ فلزی ارتعاشی دوقلو ۹ تنی با تعداد عبور ۲ بار، به جای غلتک های ارتعاشی با تعداد عبور ۴ بار سود برد).

یادداشت: 

۶. عمل آوری بتن ریخته شده تا زمان سفت شدن با استفاده از افشانک و به صورت پودر آب، جهت جلوگیری از شسته شدن بتن تازه ریخته شده

۷. آبپاشی سطح بتن، پس از سفت شدن آن و عمل آوری حداقل به مدت ۷ روز



نکات مهم در عمل آوری بتن غلتکی حجیم

- عمل آوری کامل لایه جدایش دو بتن ریزی متوالی (درز واریز افقی) تا زمان ریختن لایه بعد
- حفاظت از سطح رویه بتن، از یخ زدن و ذوب مکرر، بارش شدید باران و فرسایش ناشی از آمد و شد، چه بر روی سطح رویه نهایی و چه برای سطح رویه ای که قرار است مجدداً بر روی آن لایه جدیدی اجرا گردد

نکات مهم در آماده سازی سطوح واریز

یادداشت: 

ملاتی است جهت افزایش چسبندگی بین لایه بتن ریخته شده و بتن جدید. از این ملات بایستی حداکثر ۱۵-۱۰ دقیقه قبل از اجرای لایه جدید بتن بر روی بتن قدیمی، استفاده کرد. بدیهی است که در شرایط آب و هوای گرم، مقدار فوق الذکر بایستی کاهش یابد.

نحوه اجرای ملات بستر

- تخلیه از طریق تراک میکسر یا باکت بر روی سطح مورد نظر و پخش شدن توسط شن کش های دندانه دار
- پخش شدن توسط تراکتورهای کوچک مجهز به تیغه پلاستیکی (تی پلاستیکی) در پروژه های بزرگ
- قابلیت پمپاژ توسط دستگاه شاتکریت

عوامل موثر بر ارائه طرح اختلاط بتن غلتکی

- کارایی کم و در حین مناسب
- قابلیت تراکم بتن تسطیح شده
- دوام بالای بتن ساخته شده
- مقاومت لازمه براساس نظر طراح
- لزوم بر آب بند بودن سد
- لزوم بر مقاومت برشی و مقاومت پیوستگی بالا بین لایه های کوبیده شده بر روی یکدیگر

نکات مهم در ارائه طرح اختلاط

- استفاده از کمترین میزان آب
- استفاده از کمترین عیار سیمان ممکنه با در نظر گیری چسبندگی و عدم جدا شدگی
- استفاده از پوزولان در صورت عدم استفاده از سیمان تیپ IV
- قابلیت استفاده از پوزولان برای سیمان تیپ IV به منظور افزایش چسبندگی و مقاومت فشاوری

نوع پوشش بالادست سد

- پانل های پیش ساخته بتنی (ساخته شده با بتن حباب زا)، مهار شده توسط بتن غلتکی حجیم

- بتن ریزی درجا (بتن حباب زا) با استفاده از سیستم قالب های لغزان و همزمان بتن ریزی غلتکی
- بتن ریزی درجا (بتن حباب زا) با قالب های مرسوم فلزی و اجرای همزمان بتن غلتکی

نوع پوشش پایین دست سد

- امکان استفاده از بتن R.C.C به کارگیری شده در بدنه اصلی سد در پوشش پایین دست، با زاویه ۴۵-۵۳ درجه، بدون نیاز به محافظت در برابر ریزش احتمالی، در صورت اجرای صحیح و استفاده از مصالح بسیار مرغوب تا عمق ۵۰ سانتی متری از سطح رویه
- استفاده ترجیحی از پوشش بتنی حباب زا جهت روکش کردن بتن غلتکی (*facing system*)

شیب های متراکم نشده

Uncompacted Slopes

- در صورت عدم تراکم سطح و لبه های بتن غلتکی، بتن ریخته شده به صورت طبیعی، زاویه ای بین ۴۵-۶۰ درجه را بدون گسیختگی می تواند تحمل کند. این نوع شیب را می توان در پایین دست سد غلتکی که خطر برخورد امواج با شیب وجود ندارد، به عنوان رویه، بی هیچ تلاشی جهت رویه سازی، مورد استفاده قرار داد.
- بدیهی است که ظاهر خشن، ناهموار، نازیب، سطح اکسپوز با دانه های قلوه ای و شنی نمایان و مقاومت نه چندان زیاد، از مشخصات این رویه خواهد بود.

یادداشت: 

سیستم های روسازی

دلایل استفاده از سیستم های روسازی

Facing System

- کاهش حجم بتن غلتکی مورد نیاز، به دلیل امکان شکل دهی به رویه اجرا شده، با شیب های تندی که بتن غلتکی به تنهایی نمی تواند در این گونه شیب ها بدون جداسازی سنگدانه ها باقی بماند

- افزایش مقاومت بتن غلتکی در برابر سیکل های یخ زدن و ذوب شدن های مکرر، از طریق روسازی با بتن حباب دار و نگهداری از بتن غلتکی زیر آن و به عبارت دیگر افزایش دوام بتن نهایی
- امکان کنترل نشست آب، در صورت اجرای پانل های پیش ساخته به عنوان رویه، مجهز به غشاهای آب بند
- اجرای بهتر و نهایتا به دست آمدن مقاومت بیشتر در محل اتصال سازه های هیدرولیکی از قبیل سرریزها و دیواره راهنمای حوضچه آرامش
- زیبایی بصری رویه های بالا دست و پایین دست

Slipform Curbing System

الف - سیستم جدول بندی

این سیستم در رویه سازی سدهایی مورد استفاده قرار می گیرد که ضخامت لایه ریخته شده بتن در جا، بر روی بتن غلتکی از ۳۰ cm تجاوز نکند.

در این روش از پانل های پیش ساخته بتنی (بتن حباب دار) جهت شکل دهی به رویه بالا دست یا پایین دست سد، سود برده می شود. این نوع پانل ها می تواند در صورت نیاز، به صورت آب بند، یعنی مسلح به غشاهای پلی وینیل کلرایدی (PVC)، جهت کنترل نشست آب ساخته شوند. بدیهی است، پس از اجرای بتن درجا، ما بین پانل بتنی و رویه بتن غلتکی، پانل ها به عنوان قالب های ماندگار به صورت اکسپوز در تمام طول دوران سرویس دهی سد، باقی خواهند ماند.

Expose Facing

ب - سیستم سطح نمایان بتن غلتکی قالب بندی شده

در این روش، اقدام به قالب بندی بالا دست یا پایین دست و اجرای بتن غلتکی در قالب های یاد شده می کنند. بدیهی است پس از بازکردن قالب ها، سطح تمام شده رویه بتن غلتکی اکسپوز خواهد بود. از ایرادات این روش، وجود تخلخل و سطح تمام شده، با کیفیت نه چندان بالا می باشد. که برای حل این معضل می توان.....

یادداشت: 

بتن غلتکی روسازی



کاربرد بتن غلتکی روسازی

- ساخت لایه های روسازی راه، باند فرودگاه و ...
- ساخت پوشش های کف با مقاومت سایشی بالا

مزایای بتن غلتکی روسازی

- هزینه کمتر
- دارای مقاومتی برابر با روسازی های مرغوب آسفالتی
- امکان ساخت روسازی هایی با بار ترافیکی سنگین

مصالح مصرفی

سیمان

- عیار سیمان مصرفی پیشنهادی : $350 - 420 \text{ kg/m}^3$!!
- تاکید بر استفاده از سیمان های تیپ II و IV و II پوزولانی به دلیل حرارت زایی پایین
- در صورت استفاده از سیمان های I و V استفاده از یک نوع پوزولان مانند خاکستر بادی (Fly Ash) توصیه می گردد.

سنگدانه ها

یادداشت: 

افزودنی ها

یادداشت: 

نحوه اجرای روکش بتنی R.C.C

- ورود مصالح (سیمان، سنگدانه و آب) به داخل میکسرهای با ظرفیت بالا (میکسر با همزن دوقلو)
- اختلاط کامل مصالح
- خروج بتن آماده از خروجی میکسر به قسمت ذخیره، جهت انتظار برای تخلیه به کامیون و ورود مجدد مصالح اولیه به میکسر، جهت کار پیوسته مخلوط کن و افزایش راندمان دستگاه بتن ساز
- حمل بتن آماده توسط کمپرسی (کامیون از پشت)
- تخلیه بتن از کمپرسی به داخل قیف فینیشر (Finisher)
- پخش شدن بتن توسط فینیشر به صورت یکنواخت، تسطیح شدن توسط لبه های تسطیح کننده دستگاه فینیشر، کوبیده شدن توسط شمشه های مخصوص ماشین و در نهایت وایبره شدن توسط کامپکتور فینیشر به میزان ۹۵-۹۰٪ تراکم آزمایشگاهی
- توجه: فینیشرهای یاد شده تنها برای روسازی هایی با ضخامت ۲۵ سانتی متر مفید می باشند.
- تراکم نهایی سطح به کمک غلتک های چرخ فلزی ارتعاشی ۲ محوره ۹ تنی، به صورت عبور ۴ باره از لاین مورد نظر

نکات بسیار مهم در هنگام اجرای روسازی با بتن غلتکی

- اجرای روسازی با دقت بالا و سرعت زیاد و بدون توقف، جهت جلوگیری از پدید آمدن اتصال سرد
- انجام دقت بسیار در تراکم درزهای طولی بین دو لاین



نکات مهم به هنگام اجرای یک لاین (خط) در مجاورت لاین موجود

- تنظیم شدن شمشه فینیشر، کمی بالاتر از سطح تمام شده لاین قبلی. دلیل؟

یادداشت: 

- انجام عملیات پخش و تسطیح بتن خط جدید با کمی همپوشانی با لایه قبلی

توجه: در صورت تامین نشدن تراکم مورد نظر (رسیدن به وزن مخصوص کارگاهی برابر با حداقل ۹۸/۵ درصد وزن مخصوص آزمایشگاه)، بایستی غلتک تعداد حرکت بر روی لاین مورد نظر را به اندازه یک حرکت رفت و برگشتی دیگر (مجموعاً ۲ بار) افزایش دهد.

نکته: غلتک بایستی بلافاصله در پشت فینیشر شروع به انجام ویراسیون نماید

عمل آوری

- عمل آوری بتن ریخته شده تا زمان سفت شدن با استفاده از افشانک و به صورت پودر آب، جهت جلوگیری از شسته شدن بتن تازه ریخته شده

- آبپاشی سطح بتن، پس از سفت شدن آن و عمل آوری حداقل به مدت ۷ روز

یادداشت: 

درزهای اجرایی عرضی

در صورت کم اهمیت بودن کیفیت ظاهری سطح روسازی ، از درز اجرایی استفاده نمیشود. به عبارت دیگر، بدون تعبیه درزهای اجرایی، به بتن اجازه داده می شود دچار ترک های عرضی شود. معمولا فواصل این ترک ها ۱۵-۲۰ متر می باشد.

سوال: دلیل زیاد تر بودن فاصله ترک های حادث شده در بتن $R.C.C$ نسبت به بتن معمولی چیست؟ 
یادداشت :

اما در صورتی که کیفیت ظاهری سطح $R.C.C$ مد نظر باشد، اقدام به اجرای درزهای اجرایی عرضی با فواصل کمتر از ۱۲ متر به طور تجربی می گردد.
دلیل؟

یادداشت : 

بتن گذردهنده نور (لیتراکانریت) (لیتراکان)

Transparent Concrete

Litra Concrete (Litra con)



یکی از جدیدترین دستاوردهای علم بتن، بتن شفاف با قابلیت عبور دهی نور می باشد. این بتن دارای دانسیته $2400-2100 \text{ kg/m}^3$ ، مقاومت فشاری 500 kg/cm^2 و مقاومت کششی حدوداً 72 kg/cm^2 بوده که با توجه به امکان ساخت آن در کارخانه، به صورت قطعات پیش ساخته با ابعاد 30×60 سانتی متر و ضخامت های متفاوت $2/5$ تا 50 سانتی متر قابل سفارش و ساخت می باشد.

این بتن برای اولین بار در سال ۲۰۰۱ میلادی توسط یک آرشیتکت مجاری ۲۷ ساله به نام آرون لوزونک زی (Aron Losonczi) به جهانیان معرفی گردید. وی در سال ۲۰۰۴ میلادی شرکت خود را با نام *Litra Con* تاسیس نمود.

خواص لایتراکان

- محصولی ترکیبی از حدود ۹۶٪ بتن و ۴٪ فیبرهای نوری
- قرارگیری فیبرهای نوری با فواصل بسیار کم در دو وجه بتن
- تبدیل شدن فیبرهای شیشه ای نوری به جزئی ساختاری از بتن، به دلیل اختلاط کامل آنها با بتن معمولی به هنگام ساخت بتن
- امکان ساخت اعضای باربر با لایتراکان به دلیل مقاومت فشاری بالا و عدم تاثیر منفی فیبرهای شیشه ای نوری بر روی خواص بتن
- (در حقیقت این فیبرهای شیشه ای نوری هستند که باعث نفوذ و نور به داخل بتن و انتقال نور نفوذی از وجهی به وجه دیگر آن می گردند)
- نمایش سایه های اجسام قرار گرفته در پشت یک وجه (وجهی که نور به آن تابیده می شود)
- نمایش سایه ها به رنگ نوری که به آن تابانیده می شود. برای مثال در صورت تابیده شدن رنگ صورتی، در وجه دیگر، سایه ها به همان رنگ صورتی نمایان می شوند.

موارد کاربرد

- ساخت دیوارهای باربر و غیر باربر
- ساخت پوشش های کف
- ساخت پارتیشن

یادداشت: 

ماهیت فیبر نوری

رشته هایی هستند در حد موی انسان از جنس شیشه که قابلیت انتقال نور و دیگر داده ها را با سرعت بسیار بالا دارند

اجزای تشکیل دهنده فیبر نوری

هسته - رویه - روکش

Core

هسته

بخش مرکزی بسیار کم قطر و نازک قرار گرفته در مرکز فیبر، جهت ارسال سیگنال های نوری به ضخامت ۶۲/۵-۹ میکرون

Buffer Coating (Inner Jacket)

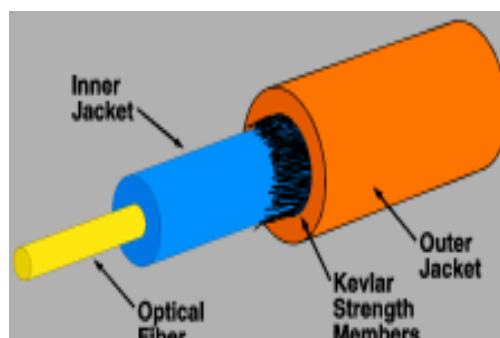
رویه

احاطه کننده هسته

Cladding (Outer Jacket)

روکش

روکش پلاستیکی محافظ فیبر در برابر عوامل خارجی



بتن سنگین

Heavy Density Concrete



به بتنی اطلاق میگردد که دارای چگالی بیشتری نسبت به بتن های معمولی بوده، و به عنوان سپرهای محافظتی در برابر تشعشعات کاربرد دارد. چگالی بتن سنگین حدود $1/5$ تا $2/5$ برابر چگالی بتن ساخته شده با سنگدانه های متراکم آهکی بوده و حتی میتواند در برخی از دیوارهای ضد تشعشع از 6500 Kg/m^3 نیز تجاوز نماید. (*ACI 304.3*)

سپرهای محافظتی

هدف از ساخت این سپرها، حفاظت کارکنان نیروگاه ها و راکتورهای اتمی، مراکز تحقیقات اتمی و واحدهای پزشکی در برابر اشعات α ، γ ، X ، پرتوهای نوترونی، پروتونی، رادیومی، پلوتونیومی و ... می باشد.

دلایل ساخت سپرهای حفاظتی از بتن سنگین

یادداشت:

عوامل موثر بر توقف یا انحراف پرتوهای خطرناک

یادداشت:



عوامل موثر بر مقاومت بتن سنگین

- دانه بندی سنگدانه مصرفی
- کیفیت درشت دانه و ریزدانه
- نسبت آب به سیمان
- تراکم بسیار بالا
- نفوذ پذیری فوق العاده کم
- کنترل تغییرات حجمی بتن و عدم ایجاد هرگونه ترک در آن

وزنه های تعادل (بتن وزنی) *Counter Weight Concerte*

این نوع بتن، جهت کنترل وزن، در بخش خاصی از یک سازه بخصوص، یا افزایش وزن مرده بخشی از سازه، بنا به ملاحظات سازه ای کاربرد دارد.

- استفاده از سنگدانه های بسیار متراکم و افزودنی حباب زا، در صورت قرار داشتن وزنه تعادل در معرض چرخه ذوب و انجماد مکرر

- پوشش دادن میلگردها با Coater و یا استفاده از میلگردهای ضد زنگ Stainless Steel (فولاد آلیاژی از نوع کم آلیاژ با مقاومت بالا با حدود ۱۰٪ عنصر آلیاژی کرم) و استفاده از سیمان تیپ II پوزولانی، در صورت قرارگیری بتن وزنی در مناطق ساحلی با آب شور



مصالح تشکیل دهنده بتن سنگین

سیمان

- تمامی سیمان های پرتلند به خصوص تیپ I

توجه: در صورت وجود سنگدانه های سیلیسی در طرح اختلاط، استفاده از سیمان کم قلیا با میزان قلیائیت کمتر از ۰/۶ درصد و در صورت وجود سنگدانه های دولومیتی، استفاده از سیمان کم قلیا با میزان قلیائیت کمتر از ۰/۴ درصد به شدت توصیه می گردد.

در صورتیکه سپر، در تماس دائم با مایعات قلیایی باشد (شرایط محیطی فوق العاده شدید) در هر صورت، استفاده از سنگدانه های سیلیسی یا دولومیتی اکیدا ممنوع است.

سنگدانه

- مگنیت (Magnetite) ، ایلمنیت (Ilmenite) ، بوریت (Borate) بوکسیت (Boxite) و ... یا ترکیبی از درشت دانه مگنیتیت و ریزدانه تراشه های فولادی (Steel shot)

نکات مهم در ارائه طرح اختلاط بتن سنگین

یادداشت: 

چگونگی اجرا

- روش معمولی
- روش پیش آکندگی

الف) روش معمول

- بتن ریزی به سبک بتن ریزی های معمولی با در نظر گیری چگالی بسیار زیاد بتن سنگین و اثرات آن بر میکسر، کامیون های حمل، نقاله ها، قالب و ...
- لزوم کاهش حجم بتن در حال ساخت در میکسر بچینگ (در نظر گیری حجم بسیار کمتری از مصالح اولیه جهت ساخت بتن در میکسر به دلیل چگالی حجمی فوق العاده زیاد آن) نسبت به حجم بتن معمولی
- ویراسیون بسیار دقیق بتن ریخته شده در قالب

Preplaced Aggregate Method

ب) روش پیش آکندگی

یادداشت: 

نکات مهم:

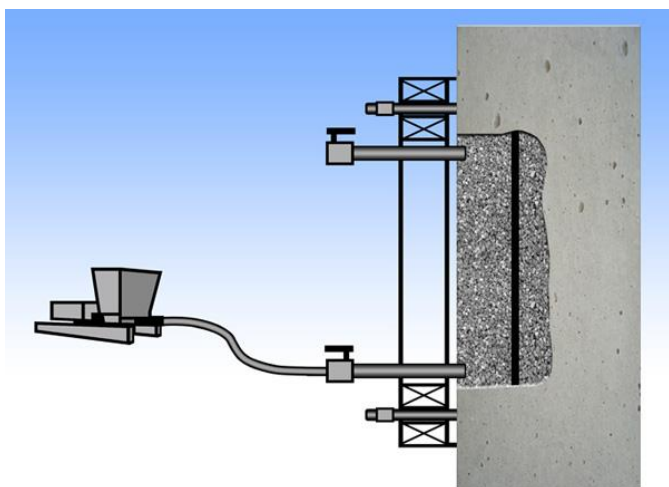
- تاکید بر تهیه درشت دانه و ریزدانه از کانیهای با جرم مخصوص زیاد مانند: بوریت، بوکسیت، مگنیت، ایلمنیت، و ...
- استفاده از ماسه ریزتر نسبت به بتن معمولی (F.M) کمتر) و عیار سیمان بسیار بالا در طرح اختلاط، به دلیل خشن بودن زیاد مخلوط حاصله (حداقل عیار سیمان توصیه شده: 360 kg/m^3)
- تاکید بر پمپاژ بتن سنگین در فواصل کوتاه از محل تخلیه یا ریخته شدن در قالب، به دلیل تمایل زیاد مخلوط به جداسدگی

گفتنی است که مقاومت فشاری حدود 140 kg/cm^2 برای دیوارهای محافظتی که نقش پارتیشین را ایفا کرده و نیز مقاومت حدود $200-350 \text{ kg/cm}^2$ ، جهت اعضای سازه ای مقاوم در برابر تشعشعات کافی است. هر چند که میتوان با طرح اختلاط خاص به مقاومت های بسیار بالاتری نیز دست یافت.

این امر به خصوص در ساخت سپرهای حفاظتی راکتورها و نیز مخازن تحت فشار که همزمان فشار بالا، رطوبت و دمای بیش از 70°C باشد بسیار حائز اهمیت بوده و ناگفته پیداست که در طرح اختلاط لازم علاوه بر چگالی بالا مقاومت و دمای عالی و حداقل میزان رخداد جمع شدگی های حرارتی و خزش به شدت مورد نظر است.

نحوه اجرای بتن با سنگدانه های از پیش آکنده:

یادداشت:



جدول ۱۸ - خصوصیات مکانیکی برخی از مشهورترین سنگدانه های مورد استفاده در بتن سنگین

Aggregate	Limonite	Limonite + magnetite	Barite	Barite	Magnetite	Iron limonite
Placement	Conventional	Pre-packed	Conventional	Pre-packed	Conventional	Pre-packed
Density (kg. per m ³)	2960	3360	3620	3680	3580	4370
Compressive strength MPa	42.0	33.0	44.0	24.0	41.0	23.0
Modulus of Elasticity GPa	32.0	36.0	31.0	26.0	31.0	39.0
Shrinkage (Per cent)	0.021	0.023	0.029	0.029	0.018	0.013

بتن الیافی

Fibre Reinforced Concrete



بتنی است که اجزاء تشکیل دهنده آن، سیمان، سنگدانه، آب و الیاف مجزا و غیر پیوسته باشد. (ACI 544.3)

تاریخچه بتن الیافی

- استفاده از الیاف کاه جهت مسلح کردن خشت های خام، قبل از پخته شدن، برای اولین بار ظاهراً توسط مصریان باستان و نیز استفاده آنان از الیاف آریستی، در ظروف سفالی
- استفاده از الیاف فولادی در بتن مسلح به سال ۱۹۷۱ جهت تولید پنل های پیش ساخته به کار رفته در پارکینگ فرودگاه هیترو لندن



فرودگاه هیترو (لندن)

- ساخت باند پرواز فرودگاه ویکسبرگ (Vicksburg Airport) می سی سی پی آمریکا توسط U.S.Army ، به سال ۱۹۷۱ با دو درصد حجمی الیاف و ضخامت ۱۵ cm
- فراگیر شدن استفاده از بتن الیافی به مرور زمان ، در نقاط مختلف دنیا، از جمله ساخت باند فرودگاه، ساخت بزرگراه و تثبیت شیب های تند در سدها و صخره ها، روکش تونل ها از طریق شاتکریت، ساخت اساس پالایشگاه ها و ...

هدف از مسلح نمودن بتن با الیاف

یادداشت: 

مصالح مورد استفاده در بتن الیافی

سیمان

- امکان استفاده از تمامی سیمان های پرتلند و پرتلند پوزولانی

افزودنی و مضاف

- امکان جایگزینی بخشی از سیمان مصرفی با خاکستر بادی بسیار مرغوب جهت افزایش کارایی و بهبود مقاومت خمشی در دال ها (میزان خاکستر بادی اضافه شده بستگی به نظر طراح اختلاط دارد)
(به طور مثال انجمن سیمان پرتلند، میزان ۳۰ درصد وزنی خاکستر بادی جایگزین سیمان را برای ساخت باندهای فرودگاه و بزرگراه ها پرتدد پیشنهاد می کند)

سنگدانه

یادداشت: 

الیاف



الیاف های مورد استفاده در این نوع بتن می توانند از فولاد، پشم سنگ (Rockwool)، شیشه، آزبست (Asbestos)، ریون (ابریشم مصنوعی (Rayon))، پلی پروپیلن (Polypropylene) و ... با اشکال و اندازه های متفاوت، بسته به جنس، کاربرد و نحوه فراوری تهیه شوند.

طول : معمولاً ۲۰-۳ میلیمتر

در ذیل مشخصات برخی از الیاف ها ذکر گردیده:

الیاف فولادی:

قطر: ۰/۲۵ - ۰/۹ mm

الیاف شیشه ای:

قطر: ۰/۰۱۵ - ۰/۰۰۵ mm

خصوصیات و کاربرد الیاف ها

- امکان مسلح ساختن بتن های غیر سازه ای و کف سازی ها و امکان حذف شبکه های مش و کاهش ضخامت لایه بتنی با استفاده از الیاف فولادی
- قابلیت استفاده از الیاف فولادی در روکش بتنی اتوبان ها، جهت افزایش مقاومت کششی سطح جاده
- امکان کاربرد الیاف فولادی در قطعات پیش ساخته تونل، جهت افزایش مقاومت در برابر ضربه ناشی از جابجایی و مهار فشار های وارده از دیواره های تونل
- قابلیت استفاده در شاتکریت، برای تثبیت خاک در انواع حفاری ها (تونل سازی ، راهسازی و...) و استفاده از الیاف فولادی با طول کوتاه تر جهت حذف مش گذاری
- ساخت پانل های ساندویچی و قطعات سبک پیش ساخته با بتن الیافی، جهت کاهش وزن ساختمان و کاهش خرابی های ناشی از زلزله
- امکان استفاده از الیاف شیشه در تولید آرماتورهای سبک و بسیار مقاوم در برابر خوردگی و نیز تعمیر بناها و تقویت سازه های صدمه دیده با حصول مقاومت پیچشی و برشی مناسب
- قابلیت تقویت پوسته اعضای بتنی
- امکان افزایش مقاومت حرارتی بتن با استفاده از الیاف پلی پروپیلن
- کاهش احتمال وقوع ترک خوردگی در سنین اولیه بتن، بخصوص طی ۲۴ ساعت اول، به دلیل مقاومت کششی بسیار زیاد الیاف پلی پروپیلن در صورت استفاده
- کاهش شدید آب انداختگی بتن تازه و جلوگیری از انتقال آب به سطح بتن و در نتیجه یکسان بودن نسبت آب به سیمان در تمام بتن به طور نسبی و تداوم کامل تر هیدراسیون ، در صورت استفاده از الیاف پلی پروپیلن

- افزایش چشمگیر مقاومت بتن در برابر بارهای ضربه ای، بالاخص ، بارگذاری های دینامیکی مانند تند بادهای، زلزله ، ارتعاش ماشین آلات سنگین و انفجار

نکات مهم و ملاحظات در حین ساخت و اجرای بتن الیافی

یادداشت: 



دستگاه *Vebe*

بتن پلیمری

Polymer Concrete



پلاستیک

پلاستیکها مواد آلی مشتق شده از پروتئین، مواد نفتی، سلولز، رزین، زغال و بوده که توسط فشار یا گرما، و یا فشار و گرما به طور توأمان، قابلیت فرم گیری به اشکال مورد نظر را دارند. به بیان تخصصی تر، پلاستیکها، پلیمرها یا ماکرو مولکولهایی با جرم ملکولی بسیار زیاد بوده که از به هم پیوستن ملکولهای هیدروکربنی ساده ای به نام مونومر پدید آمده اند .

پلیمریزاسیون

به فرآیند پیوند منومرها و تشکیل پلیمرها پلیمریزاسیون اطلاق میگردد

تقسیم بندی پلاستیک ها

- ترموپلاستیکها
- ترموستها

انواع ترمو پلاستیک

- آکرلیک ها

Acrylics

<i>Polyethylene</i>	- پلی اتیلن
<i>Poly Vinyl Chloride</i>	- پلی وینیل کلراید (پی وی سی)
<i>Polystyrene</i>	- پلی استایرین
<i>Nylon</i>	- نایلون
<i>ABS = Acrylonitrile Butadiene Styrene</i>	- ای. بی. اس

انواع ترموست

<i>Alkyds</i>	- الکیدها
<i>Aminos (Urea a Melamine Formaldehyde)</i>	- آمینوز (فرم آلدئید اوره و ملامین)
<i>Diallyl Phthalate (DAP)</i>	- دی ای پی
<i>Epoxies</i>	- اپوکسی ها
<i>Polyesteres</i>	- پلی استرها
<i>Polyurethane</i>	- پلی اورتان

خواص پلیمرها

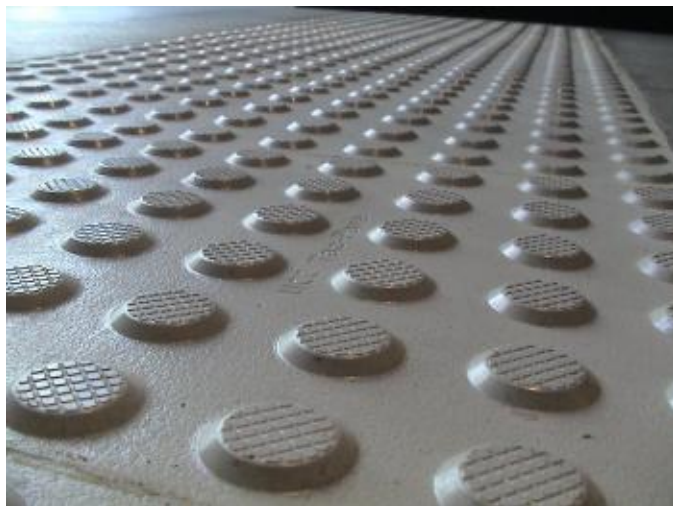
- مواد شیمیایی بی اثر
- مقاومت فشاری و کششی بیشتر نسبت به بتن
- مدول الاستیسیته کمتر نسبت به بتن
- احتمال فاسد شدن در اثر مواد شیمیایی، میکروارگانیزم ها و پرتوهای ماوراء بنفش
- راه حل: استفاده از پلیمر مناسب، استفاده از مواد پایدار کننده و ضد اکسیداسیون

انواع بتن های پلیمری

یادداشت: 

نحوه ساخت بتن با پلیمر تزریقی

یادداشت: 



بتن پلیمری

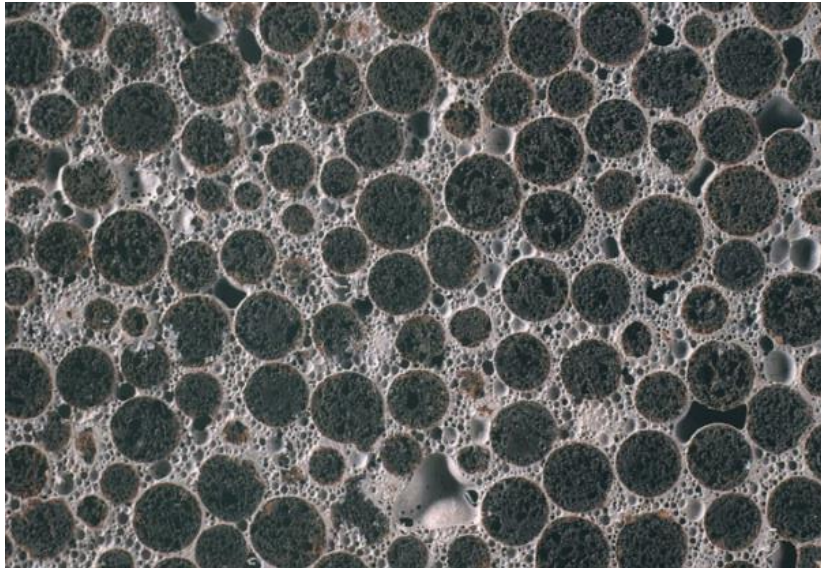
یادداشت: 

بتن پلیمری با سیمان پرتلند

یادداشت: 

بتن سبک

Light Weight Concrete



بتنی است که چگالی آن به طور کاملاً مشهودی از چگالی بتن ساخته شده با سنگدانه های رودخانه ای یا شکسته کمتر باشد.

با توجه به تنوع سنگدانه های متخلخل موجود (طبیعی و مصنوعی) و وزن مخصوص های متفاوت هر گروه از آنها، بتن های سبک دارای بازه وسیعی از وزن مخصوص می باشند، به طوری که امکان حصول بتنی با وزن مخصوص kg/m^3 ۱۸۵۰-۳۰۰ و یا بیشتر کاملاً وجود دارد.

بنابراین ناگفته پیداست که هرگونه تغییر در انتخاب نوع سنگدانه سبک، می تواند منجر به تفاوت های بسیار فاحشی در خصوصیات بتن تولیدی گردد.

حتی برای یک نوع سنگدانه خاص نیز، میزان تخلخل و تعداد خلل و فرج موجود در سنگدانه متفاوت بوده و این پارامتر می تواند میزان جذب آب و در نهایت کل طرح اختلاط را تغییر دهد

عوامل موثر بر انتخاب سنگدانه در بتن سبک

- مقاومت بتن
- وزن حجمی
- ملاحظات اقتصادی

مزایا و معایب بتن سبک

یادداشت: 

روش های ساخت بتن سبک

الف- استفاده از سنگدانه متخلخل با وزن مخصوص ظاهری (Gs) کمتر از ۲/۶
به بتن ساخته شده با این نوع سنگدانه بتن دانه سبک اطلاق می گردد.

ب- ایجاد حفرات گازی یا هوا در داخل بتن و متخلخل کردن بتن حاصله
به بتن ساخته شده با این روش بتن اسفنجی، بتن متخلخل، بتن کفی، بتن گازی گفته میشود.

ج- حذف ماسه (ریزدانه) از بتن و در نتیجه افزایش تخلخل در بتن حاصله
این نوع بتن، بتن فاقد ریزدانه نام دارد.

سبکدانه طبیعی

سبکدانه مصنوعی با منشاء طبیعی

انواع سنگدانه سبک :

سبکدانه مصنوعی

سبکدانه مصنوعی با منشاء صنعتی

سبکدانه های طبیعی:

دیاتومه، سنگ پا، پوکه سنگ، توف، اسکوریا و....
همه سبکدانه های فوق، منشاء آتشفشانی دارند



توف



اسکوریا

سبگدانه های مصنوعی با منشاء طبیعی

- سنگدانه های فراوری شده در یک پروسه حرارتی جهت منبسط و متخلخل نمودن شیل، رس، پرلیت، و رمیکولیت، افسدین، خاک رس، سنگ رس، سنگ لوح منبسط شونده و..... (ASTM C 332-87)

سنگدانه های مصنوعی با منشاء صنعتی

- سنگدانه های تشکیل شده در یک پروسه حرارتی
- سنگدانه های تشکیل شده در یک پروسه برودتی

انواع بتن سبک

بتن سبک غیر سازه ای

Low Density Light Weight Concrete

بتن سبک سازه ای

Structural Light Weight Concrete

بتن سبک متوسط

Moderate Strength Light Weight Concrete

بتنی است که چگالی خشک آن (γ_d) از 1850 kg/m^3 بیشتر نبوده و مقاومت فشاری ۲۸ روزه آن بیش از MPa ۱۷ باشد (ASTM C330-82a). چگالی این نوع بتن در حدود دو سوم چگالی بتن های معمولی می باشد. به عبارت دیگر تفاوت بتن سبک سازه ای و بتن معمولی، تنها در نوع سنگدانه، یعنی جایگزین شدن نمونه های متخلخل، به جای سنگدانه های توپر و متراکم می باشد.

کاربرد

- ساخت پانل ها و اعضای پیش ساخته بتنی، کف سازی

مزایای بتن سبک سازه ای

یادداشت : 

مصالح مورد استفاده در بتن سبک سازه ای

سیمان

قابلیت استفاده از تمامی سیمان های پرتلند و پرتلند پوزولانی

سنگدانه

- سنگدانه های مورد استفاده: پوکه صنعتی، پوکه معدنی، سرباره های انبساط یافته ، رس، شیل و اسلیت انبساط یافته

- عدم معیار قرار دادن $\frac{W}{C}$ در طرح اختلاط

دلیل ؟

یادداشت : 

- دارای چگالی کوچکتر و مساوی 800 kg/m^3
- دارای مقاومت فشاری $3/5 - 70 \text{ kg/cm}^2$
- سنگدانه مصرفی مورد استفاده: پرلیت و ورمیکولیت

کاربرد

استفاده به عنوان پارتیشن های سبک، کف سازی و عایق های صوتی کف و دیوار

مزایا

- کاهش انتقال صدا بین طبقات و دیوارها
- کاهش هزینه تهویه گرمایی و سرمایی فضاها

انواع بتن ناسازه ای

- الف- بتن اسفنجی
- ب- بتن دانه سبک

ب- بتن دانه سبک

- استفاده از رس منبسط شونده یا الیاف پلی استر منبسط شده با چگالی $960 - 240 \text{ کیلوگرم بر متر مکعب}$

بتن سبک متوسط:

Moderate Strength Light Weight Concrete

- دارای مقاومت فشاری برابر با $70 - 170 \text{ kg/cm}^2$
- دارای چگالی برابر با $800 - 1400 \text{ kg/m}^3$
- امکان استفاده در برخی از اعضای سازه ای با توجه به نظر محاسب از لحاظ بارهای وارده جهت
- کاهش وزن اعضا، سازه و کاهش ابعاد فونداسیون

- امکان استفاده از افزودنی های ابر روان کننده و فوق روان کننده جهت کاهش $\frac{W}{C}$ و افزایش مقاومت حاصله

سنگدانه های مورد استفاده

- سنگ های آذرین متخلخل، پرلیت، الیاف پلی استایرن و ..

جدول ۱۹- سنگدانه های سبک مناسب با توجه به باربری مورد نیاز

بتن سبک ناسازه ای	بتن سبک متوسط	بتن سبک سازه ای
		شیل منبسط شده
		شیل، رس و خاکستر بادی منبسط شده کلوخه ای
		شیل، رس و خاکستر بادی منبسط شده کوره دوار
	پوک آذرین	
	سنگ پا	
پرلیت		
	پلی استایرن	
ورمیکولیت		
سنگدانه اسفنجی		