

بتن های ویژه

مهدی آرزومندی

فهرست مطالب

بتن با مقاومت بالا
بتن خود تحکیم یافته
بتن دوستدار محیط زیست
بتن با خاکستر بادی
بتن با سنگدانه های بازیافتی

بتن
اجزای بتن
مواد افزودنی
روان کننده
فوق روان کننده ها
حباب ساز
مواد مکمل یا جایگزین سیمان
میکرو سیلیس
خاکستر بادی



مشکلات اجرایی؟



سير تكاملي اتومبيل



١٢٦٤



١٣٩٤



سير تکاملی تلفن



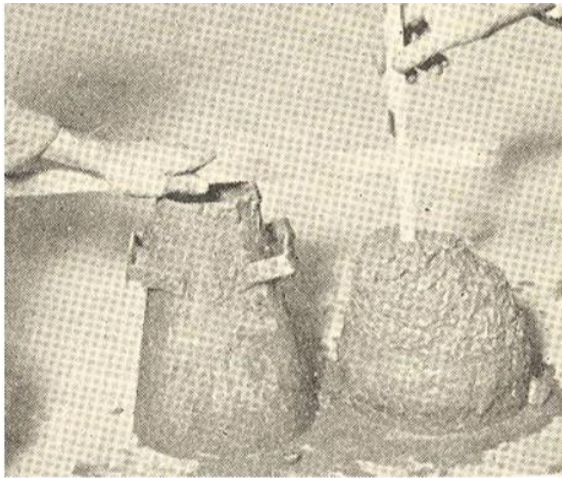
۱۲۵۵



۱۳۹۴



سير تکاملی بتن



۱۳۹۴

۱۳۱۵



همگامی با تکنولوژی



همگامی با تکنولوژی



همگامی با تکنولوژی



دبی :

۱۲ فروردین ۱۳۹۴

الزامی بودن استفاده از بتن سبز



بتن

بتن : پرمصرف ترین مصالح ساختمان در جهان

تولید سالیانه بتن در جهان : ۲۵ میلیارد تن

میانگین بتن مصرفی به ازای هر نفر : ۳/۸ تن

در بسیاری از کشورها نسبت مصرف بتن به فولاد از ۱۰ به ۱ فراتر رفته است.



اجزای بتن

سیمان

سنگدانه

آب

مواد افزودنی

مواد جایگزین و مکمل سیمان



مواد افزودنی

اولین افزودنی های بتن ۷۵ سال پیش

گزارش سال ۱۹۸۲ میلادی (۱۳۶۱)

۸۸٪ بتن ها در کانادا

۸۵٪ بتن ها در استرالیا

۷۱٪ بتن ها در امریکا

حداقل یک نوع افزودنی



مواد افزودنی

روان کننده

فوق روان کننده

حباب ساز



روان کننده

آب مورد نیاز هیدراسیون ۰/۲۵ وزن سیمان

آب اضافی جهت سهولت کار کردن با بتن و افزایش روانی

دلیل اختراع:

تبخیر آب اضافی.... خلل و فرج داخل بتن.... کاهش مقاومت و کاهش دوام



طرح اختلاط بتن

مقاومت فشاری (MPa)		اسلامپ (mm)	نسبت آب به سیمان	سیمان (kg/m ³)	بتن
۲۸ روزه	۷ روزه				
۳۷	۲۵	۵۰	۰/۶۲	۳۰۰	۱
۳۸	۲۶	۱۰۰	۰/۶۲	۳۰۰	۲



طرح اختلاط بتن

مقاومت فشاری (MPa)		اسلامپ (mm)	نسبت آب به سیمان	سیمان (kg/m ³)	بتن
۲۸ روزه	۷ روزه				
۳۷	۲۵	۵۰	۰/۶۲	۳۰۰	۱
۴۶	۳۴	۵۰	۰/۵۶	۳۰۰	۳

طرح اختلاط بتن

مقاومت فشاری (MPa)		اسلامپ (mm)	نسبت آب به سیمان	سیمان (kg/m ³)	بتن
۲۸ روزه	۷ روزه				
۳۷	۲۵	۵۰	۰/۶۲	۳۰۰	۱
۳۷,۵	۲۵,۵	۵۰	۰/۶۲	۲۷۰	۴



طرح اختلاط بتن

مقاومت فشاری (MPa)		اسلامپ (mm)	نسبت آب به سیمان	سیمان (kg/m ³)	بتن
۲۸ روزه	۷ روزه				
۳۷	۲۵	۵۰	۰/۶۲	۳۰۰	۱
۳۸	۲۶	۱۰۰	۰/۶۲	۳۰۰	۲
۴۶	۳۴	۵۰	۰/۵۶	۳۰۰	۳
۳۷,۵	۲۵,۵	۵۰	۰/۶۲	۲۷۰	۴

تولید سیمان



۵٪ کارخانه های سیمان

Marland (2008)



روان کننده ها

مقدار مصرف روان کننده ها :

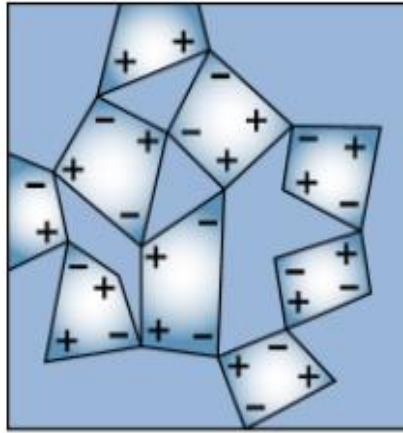
۱ تا ۵٪ وزن سیمان

روان کننده ها :

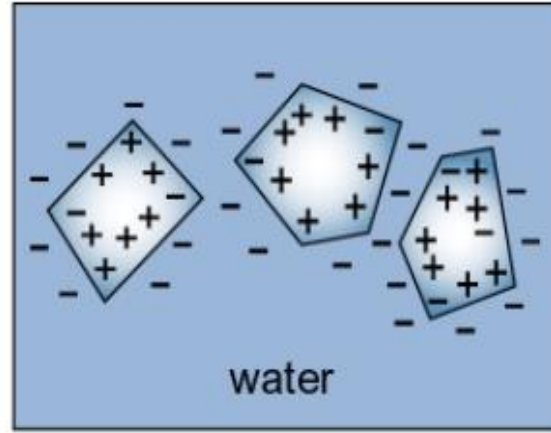
باعث کاهش ۵ تا ۱۰٪ آب



روان کننده ها



قبل



بعد

فوق روان کننده ها

اولین فوق روان کننده ها بتن ۴۵ سال پیش

مقدار مصرف فوق روان کننده ها :

۱ تا ۲٪ وزن سیمان

فوق روان کننده ها :

باعث کاهش ۲۰ تا ۲۵٪ آب (حدود ۳ تا ۴ برابر روان کننده ها)



فیلم فوق روان کننده ها



حباب ساز

دلیل اختراع:

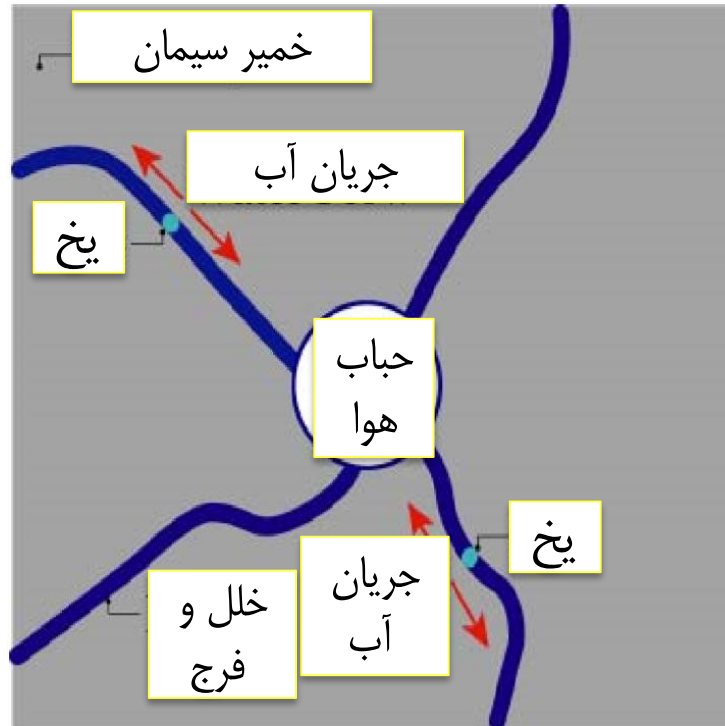
افزایش مقاومت بتن در مقابل دوره های یخ زدن و آب شدن متوالی

مزایای ثانویه:

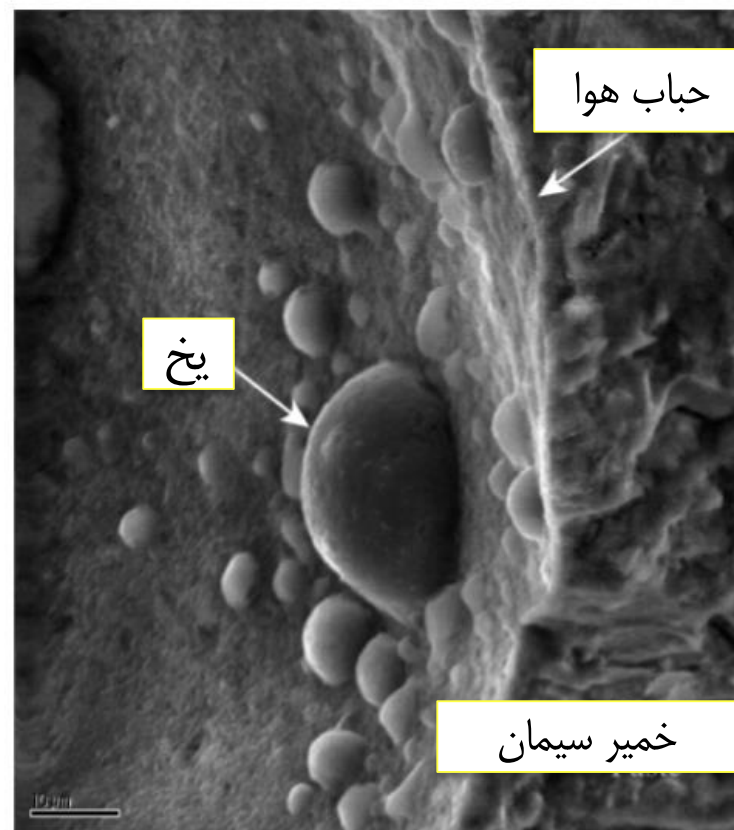
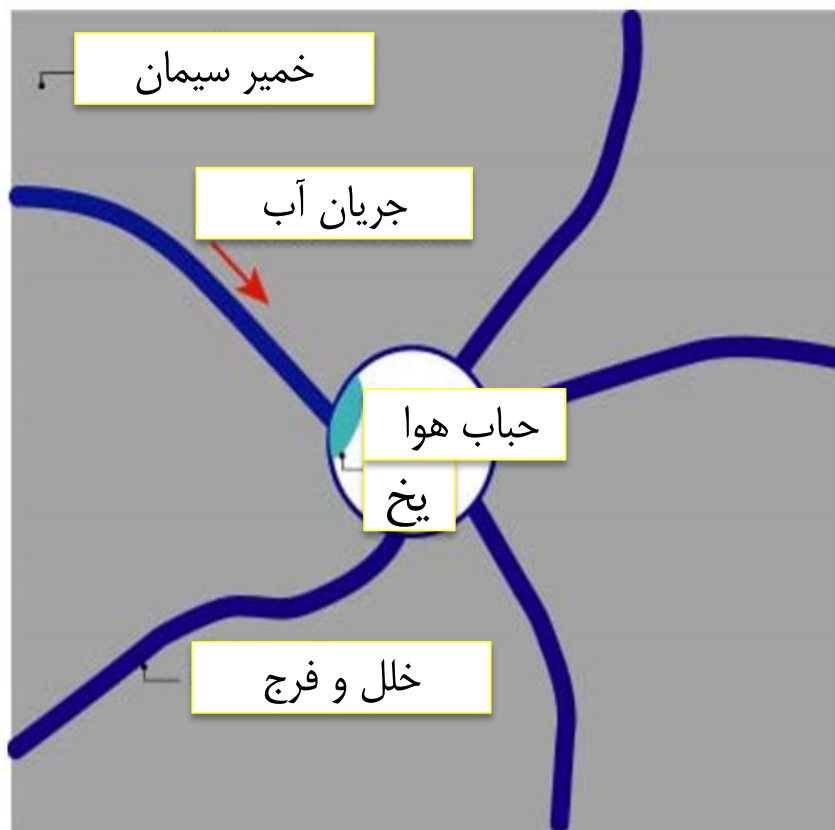
افزایش کارایی (عملکرد بلبرینگ گونه حبابها)



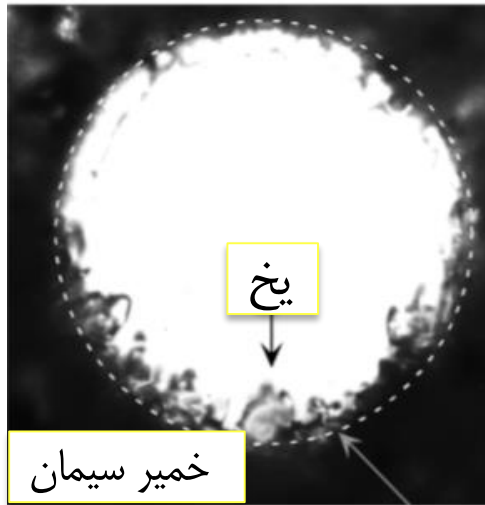
حباب ساز



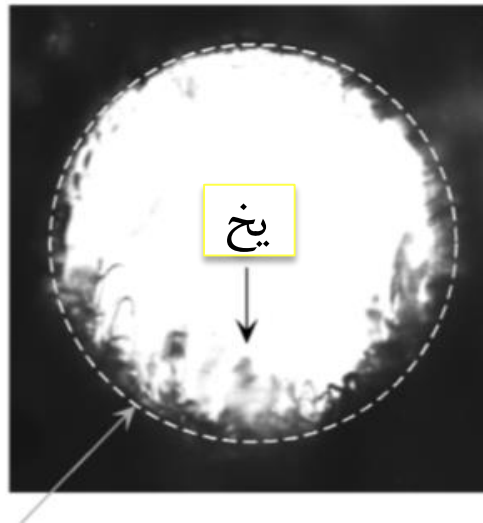
حباب ساز



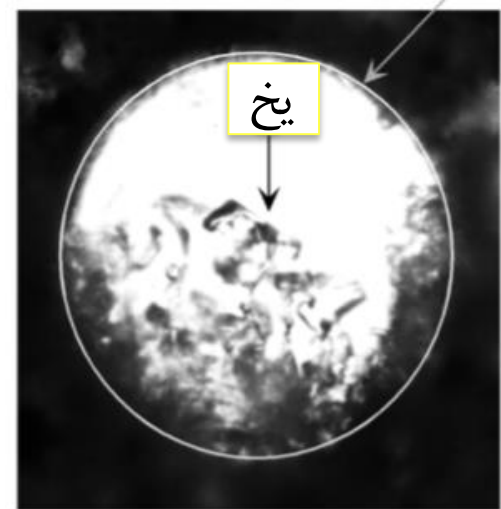
حباب ساز



۵ دقیقه



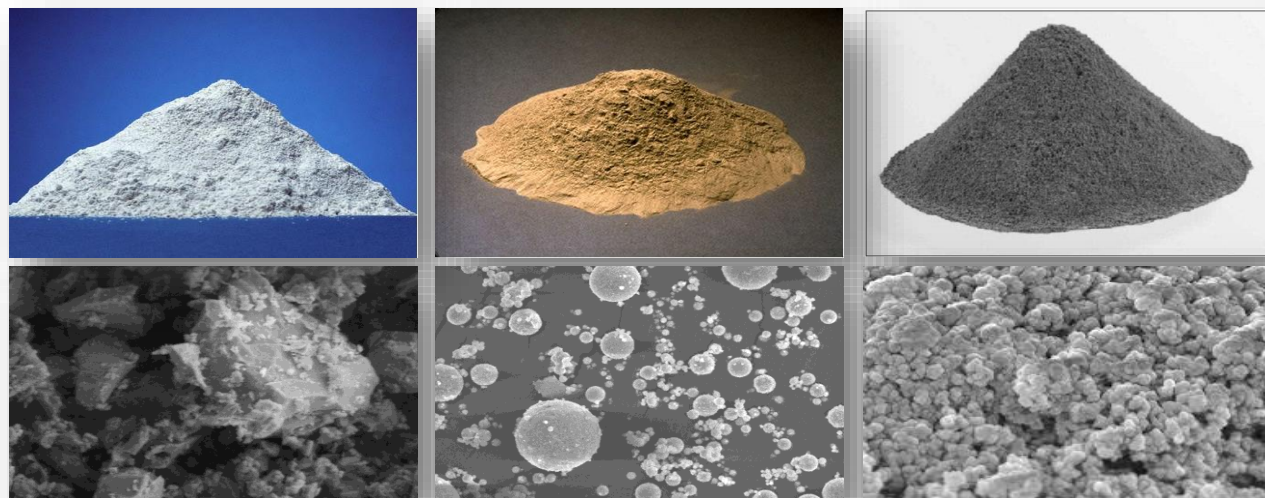
۱۵ دقیقه



۳۵ دقیقه



مواد مکمل یا جایگزین سیمان



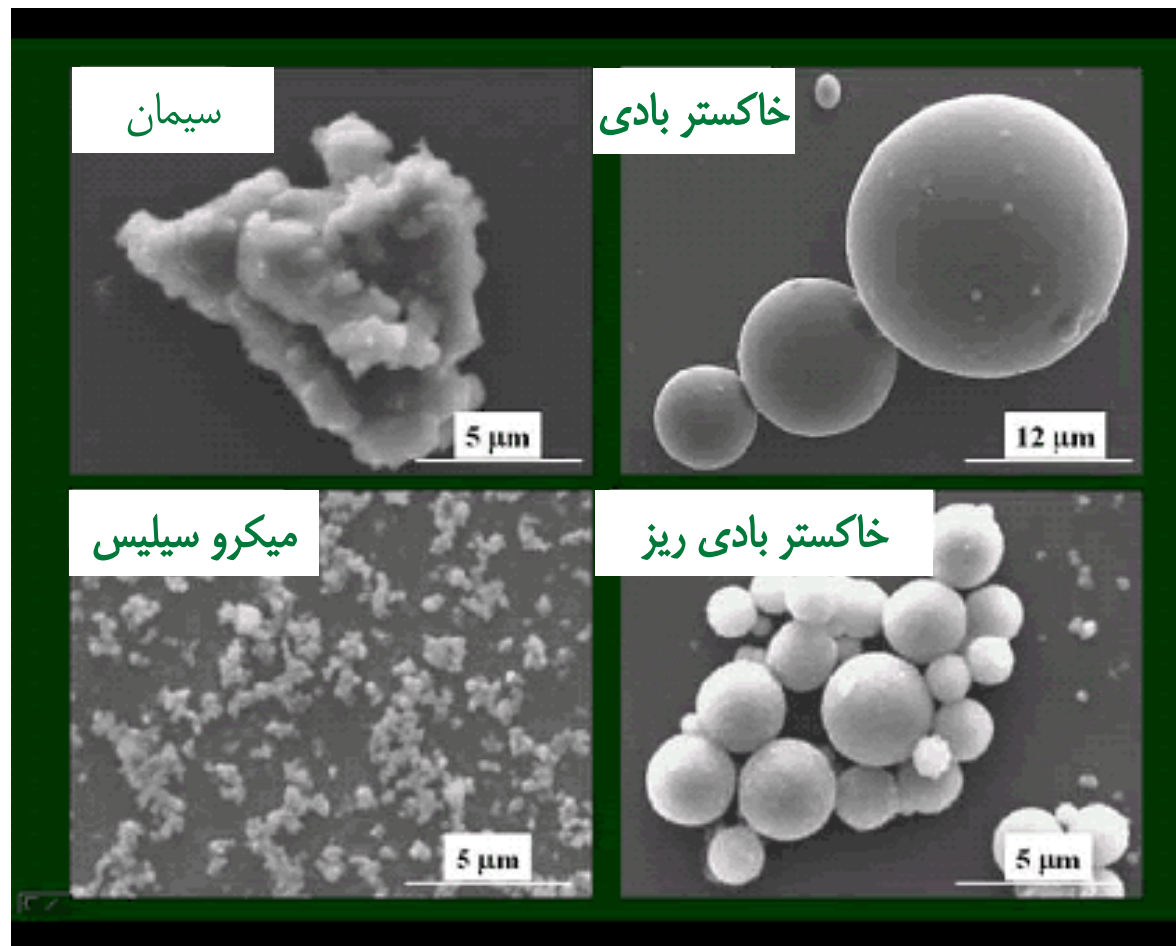
سیمان

خاکستر بادی

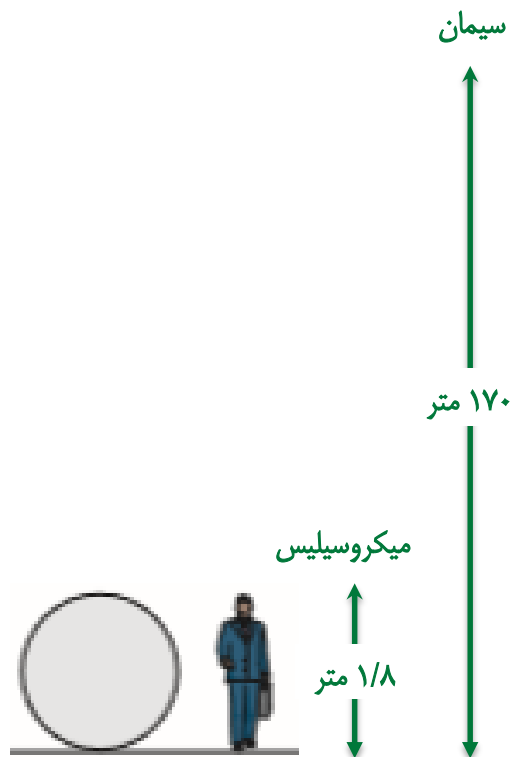
میکروسیلیس



مواد مکمل یا جایگزین سیمان



مقایسه ابعاد سیمان و میکرو سیلیس



میکرو سیلیس

در ایران، میکروسیلیس از دو کارخانه فرو آلیاژ ازنا و فروسیلیس سمنان

تولید اصلی: فرو سیلیسیم (عنصر آلیاژی در تولید فولاد و ...)

تولید ثانویه: میکرو سیلیس

به ازای هر تن فروسیلیسیم: ۳۰۰ کیلوگرم میکروسیلیس

گازهای حاصل از تولید فروسیلیسیم از غبارگیر ردشده و ذرات میکروسیلیس توسط یک سری مکانیزم ها از گاز جدا می شود.



میکرو سیلیس



میکرو سیلیس

تاریخچه:

اولین بار سال ۱۹۵۲ میلادی (۱۳۳۱ شمسی) در بتن استفاده شد.

مشخصات:

بدون بو
غیر قابل احتراق
رنگ خاکستری (کم رنگ تا پررنگ)
غیر قابل حل در آب



میکرو سیلیس

مکانیزم: ماده پوزولانی (اکسید سیلیسیم) واکنش با هیدروکسید کلسیم

عملکرد:

کاهش خلل و فرج بزرگ بتن (نقش پرکننده فعال)
کاهش ضخامت ناحیه انتقال بین خمیر سیمان و سنگدانه (ناحیه ضعیف بتن)

خواص بتن تازه:

افزایش زمان گیرش
کاهش روانی



میکرو سیلیس

خواص بتن سخت شده:

افزایش مقاومت فشاری
افزایش مقاومت کششی
افزایش مقاومت خمشی
افزایش مدول الاستیسیته

دوام:

افزایش مقاومت در برابر سایش
افزایش مقاومت در برابر حملات شیمیایی (اسید، کلر، سولفات و...)
افزایش مقاومت الکتریکی
کاهش نفوذپذیری



خاکستر بادی

در ایران، طبس

تولید اصلی: برق (نیروگاه های حرارتی که ذغال سنگ را بعنوان سوخت استفاده می کنند)
تولید ثانویه: خاکستر بادی

خاکستر بادی: ماده ای است که از سوختن زغال سنگ حاصل می گردد و توسط فیلترهای مخصوص، به صورت غبار جمع آوری می شود.

ماده پوزولانی

Class C با مقدار کلسیم بالا:

Class F با مقدار کلسیم پایین:



خاکستر بادی

اولین بار در سال ۱۹۳۰ میلادی (۱۳۱۰ شمسی) در امریکا در بتن

کاربرد اولیه در سازه های حجیم مانند سد ۳۰ تا ۷۵٪ (کاهش حرارت هیدراسیون)

تحقیقات بعدی: بهبود نفوذپذیری و دوام بتن

بطور سنتی: استفاده ۱۵ تا ۲۵٪ در بتن سازه ای

کانادا: سال ۱۹۸۶ میلادی (۱۳۶۶ شمسی) استفاده بیشتر از ۵۰٪ خاکستر بادی در بتن



خاکستر بادی



Pantheon (ایتالیا), 126 AD.

Thames Barrage (انگلستان ۱۳۶۲), 1982



Upper Stillwater Dam (آمریکا ۱۳۶۷), 1987

خاکستر بادی

محدودیت مصرف خاکستر بادی در بتن های سازه ای (آیین نامه بتن آمریکا)

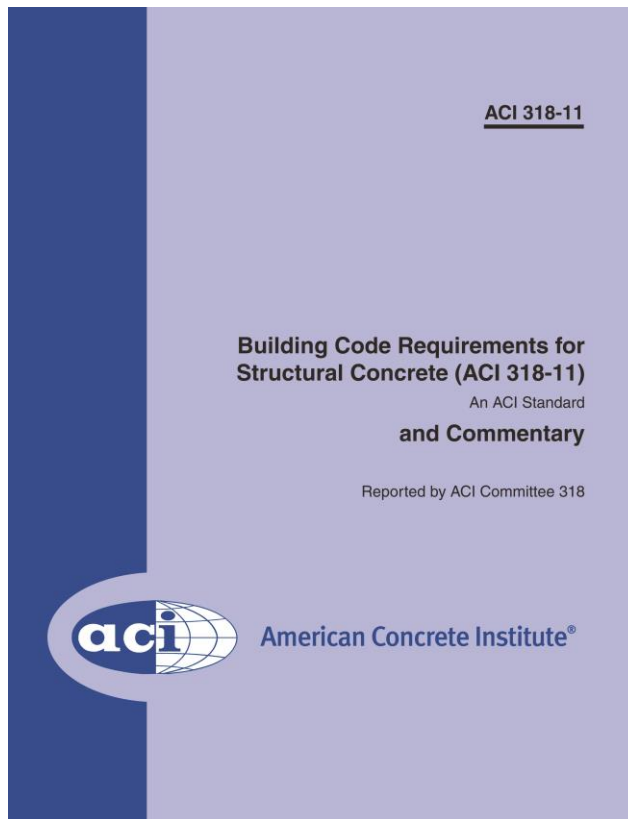


TABLE 4.4.2 — REQUIREMENTS FOR CONCRETE
SUBJECT TO EXPOSURE CLASS F3

Cementitious materials	Maximum percent of total cementitious materials by weight*
Fly ash or other pozzolans conforming to ASTM C618	25

بتن با مقاومت بالا

تعریف: مقاومت فشاری بیشتر از ۴۰ مگا پاسکال (مبحث نهم: ۵۰ مگا پاسکال)

دلیل اختراع: راه حل اقتصادی برای ساخت ساختمانهای بلند

تاریخچه: سال ۱۹۶۵ میلادی (۱۳۴۴ شمسی) در شیکاگو

دوام: افزایش دوام بعلت کاهش تخلخل



بتن با مقاومت بالا

کاهش تخلخل

سنگدانه: کاهش حداکثر اندازه سنگدانه

خمیر سیمان: استفاده از مواد پوزولانی (خاکستر بادی و میکرو سیلیس)

کاهش منافذ بزرگ و همگنی محصولات هیدراسیون
کاهش حرارت هیدراسیون ——— کاش ترک خوردگی

چرا افزایش سیمان کارساز نیست؟



بتن با مقاومت بالا

اندازه ذرات سیمان: بین ۱ تا ۱۰۰ میکرون - میانگین ۱۵ تا ۲۰ میکرون

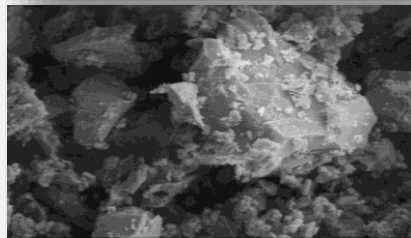
اندازه ذرات خاکستر بادی: بین ۱ تا ۱۰۰ میکرون - میانگین ۱۵ تا ۲۰ میکرون

اندازه ذرات میکروسیلیس: حداکثر ۱ میکرون - میانگین ۰/۱ میکرون

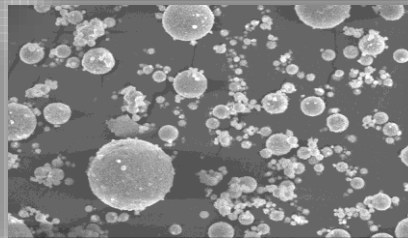
ذرات میکروسیلیس در حدود ۱۰۰ تا ۱۵۰ برابر کوچکتر از ذرات سیمان هستند.



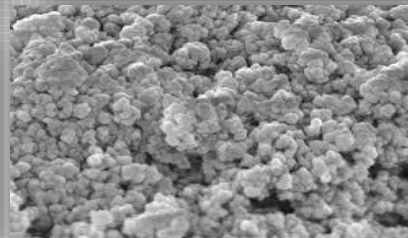
بتن با مقاومت بالا



سیمان



خاکستر بادی



میکروسیلیس

طرح اختلاط بتن با مقاومت بالا

مصلح (کیلوگرم بر متر مکعب)	برج آب (شیکاگو)	برج تجاری (هیوستون)
سیمان	۵۰۰	۳۹۰
خاکستر بادی (F)	۶۰	—
خاکستر بادی (C)	—	۱۰۰
شن	۱۰۶۰	۱۱۳۰
ماسه	۶۰۵	۵۷۵
نسبت آب به سیمان	۰/۳۲	۰/۳۳
روان کننده	۱۵	۱۵
مقاومت فشاری ۲۴ ساعته (مگاپاسکال)	۲۰	۲۷

بتن با مقاومت بالا



برج تگزاس (هیوستون - ۷۵ طبقه)



برج آب (شیکاگو - ۷۹ طبقه)

مشخصات بتن با مقاومت بالا

ضریب ارتجاعی: بیشتر از بتن معمولی

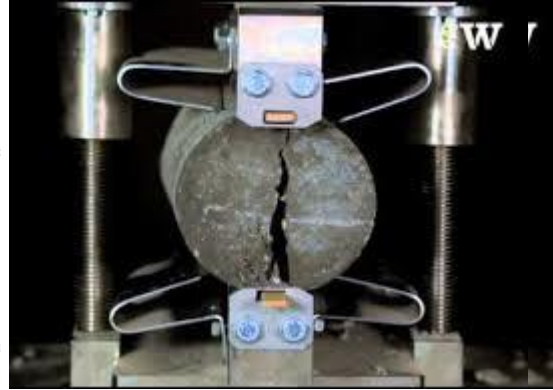
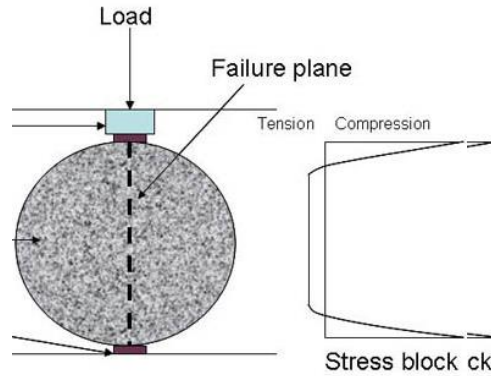
ضریب پواسون: معمولی : 0.15
مقاومت بالا: 0.20

مقاومت کششی: معمولی : 0.10 مقاومت فشاری بتن
مقاومت بالا: 0.05 مقاومت فشاری بتن

دوام: بهتر بعلت نفوذ پذیری کمتر در برابر عوامل مخرب فیزیکی و شیمیایی



مقاومت کششی بتن (تست برزیلی)



رفتار سازه ای و دوام بتن با مقاومت بالا

مقاومت خمشی: مشابه بتن معمولی

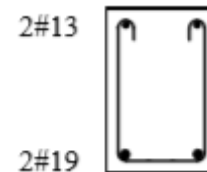
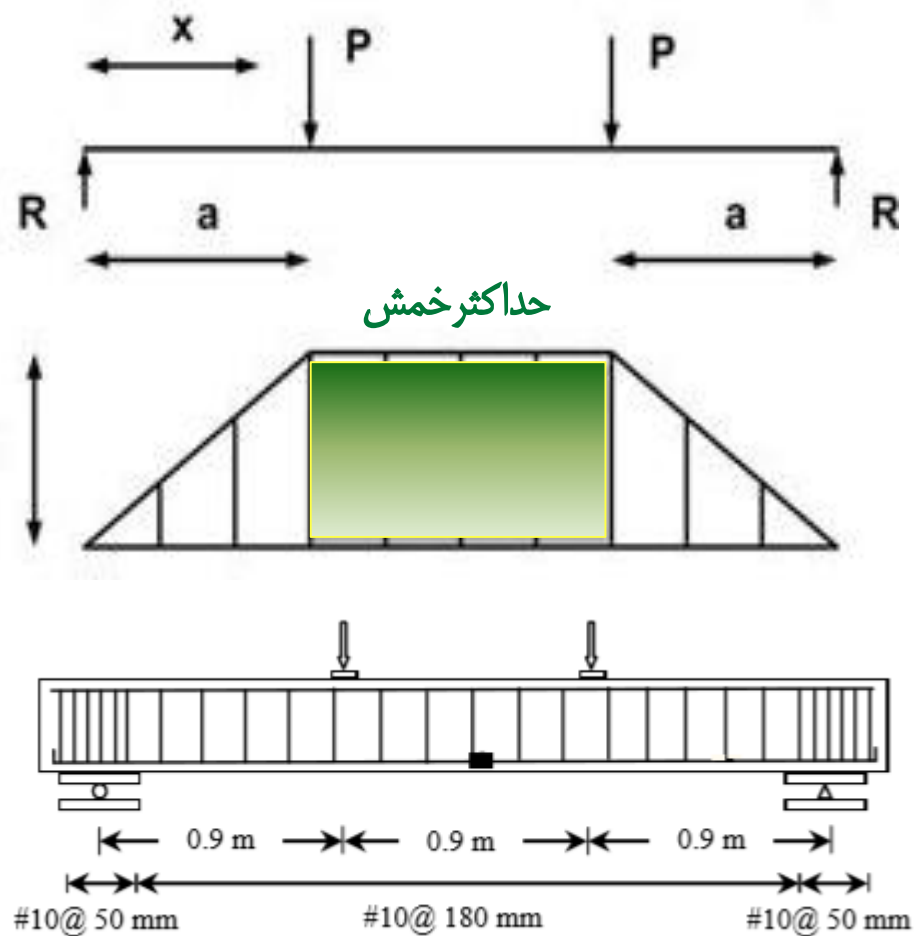
مقاومت برشی: کمتر از بتن معمولی

مقاومت پیوستگی میلگرد و بتن: بیشتر از بتن معمولی و اثر کمتر پیوستگی میلگرد بالایی

دوام: بیشتر بخاطر تخلخل کمتر



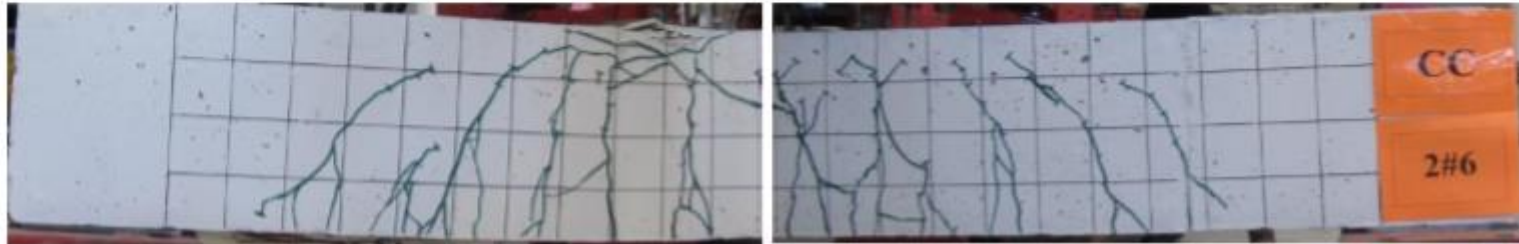
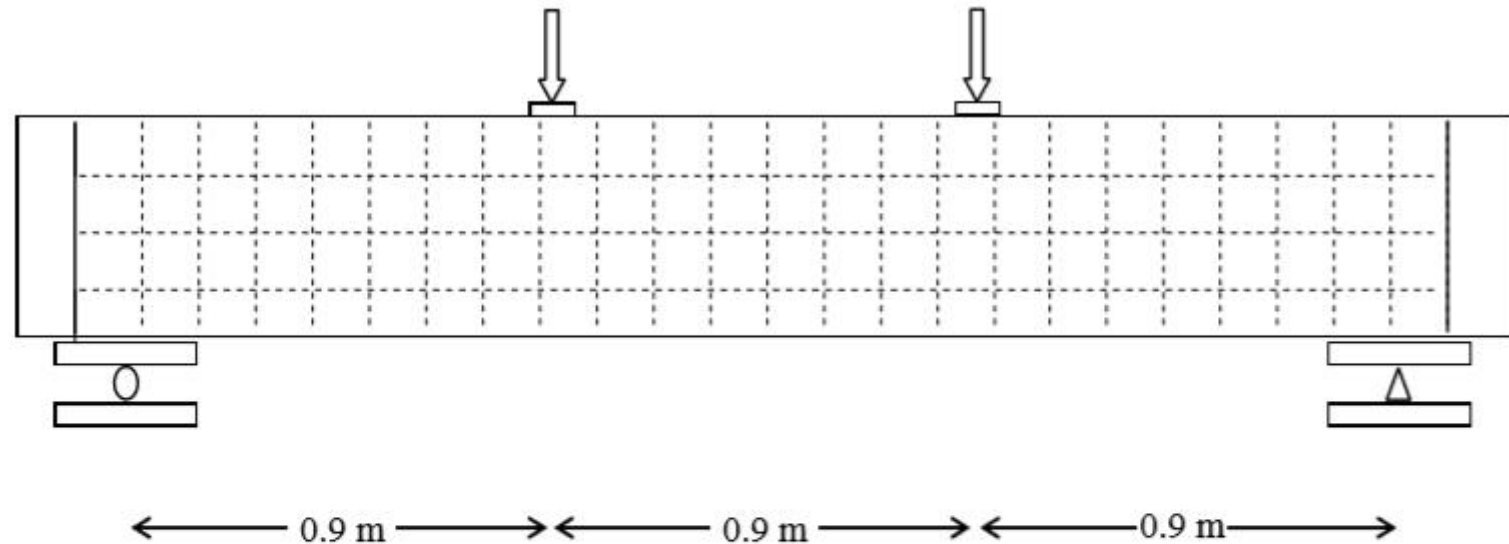
آزمایش مقاومت خمشی بتن بامقاومت بالا



آزمایش مقاومت خمشی بتن بامقاومت بالا



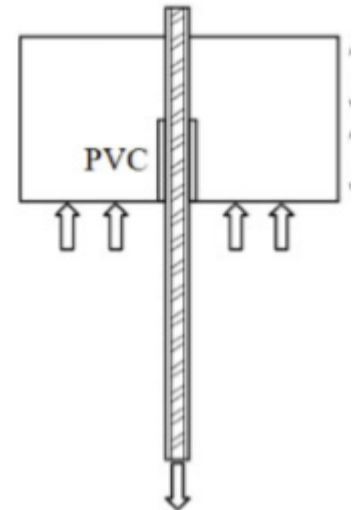
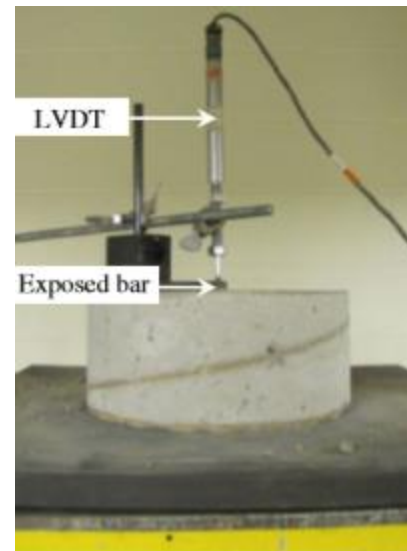
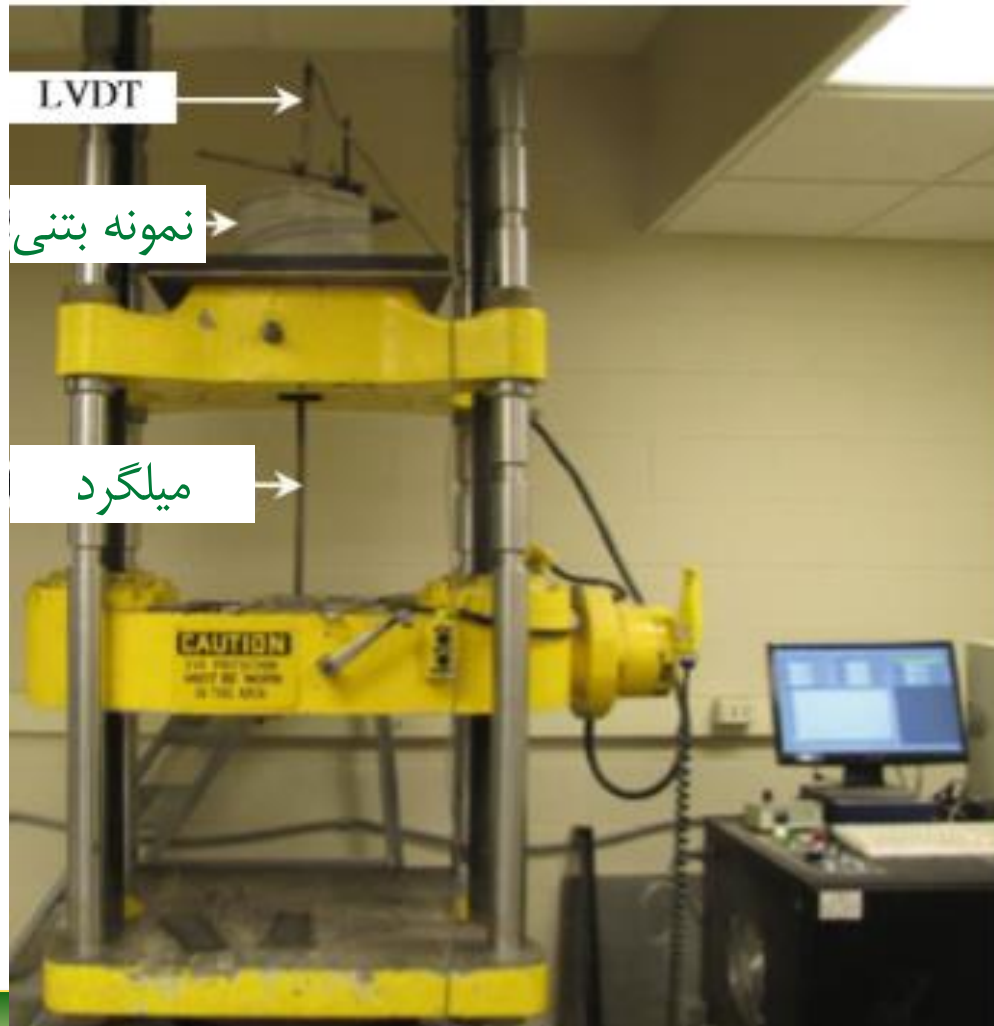
آزمایش مقاومت خمشی بتن بامقاومت بالا



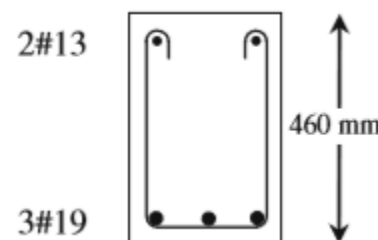
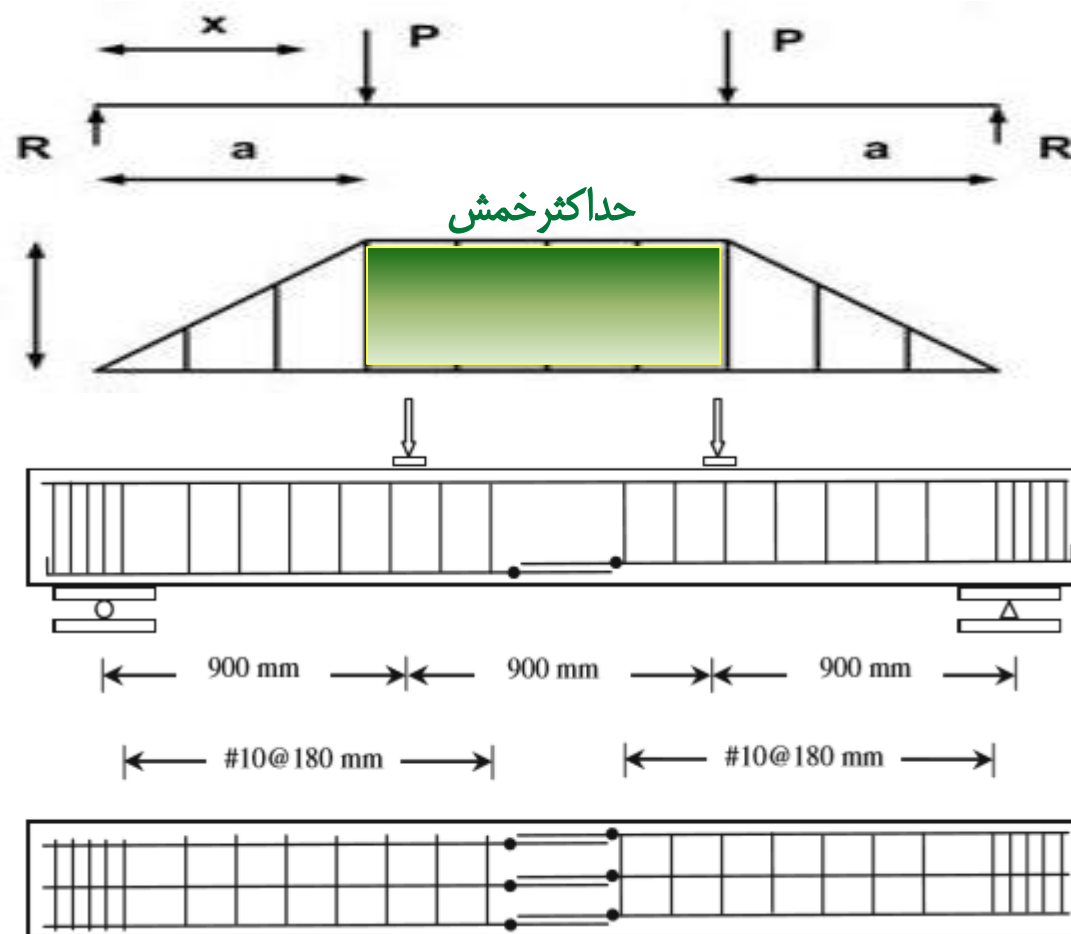
فیلم آزمایش مقاومت خمشی بتن



آزمایش مقاومت پیوستگی میلگرد و بتن بامقاومت بالا



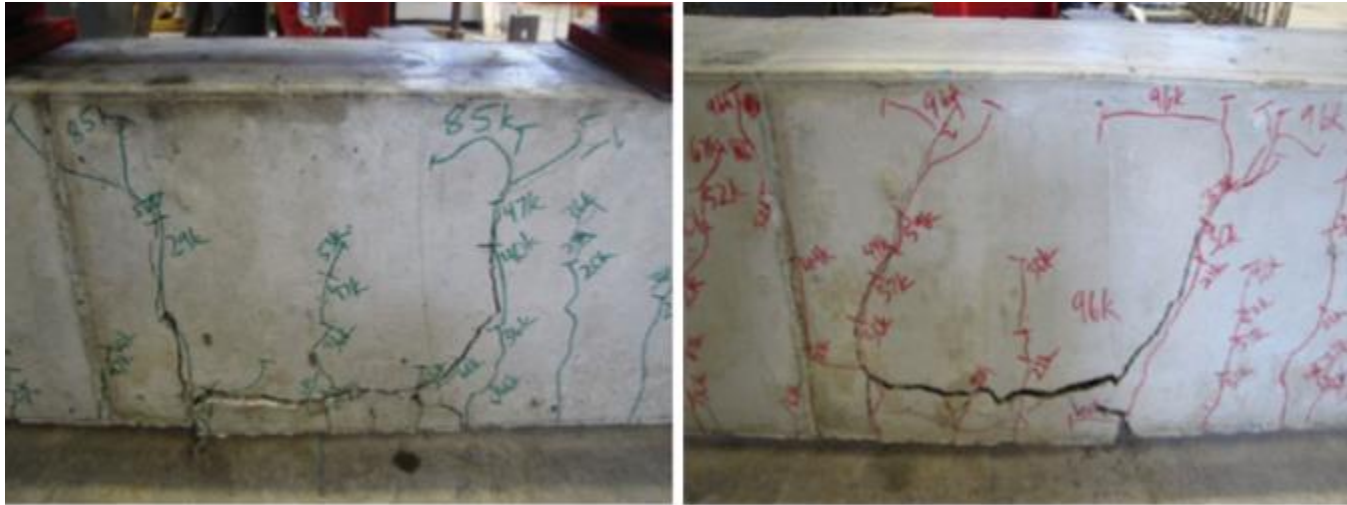
آزمایش مقاومت پیوستگی میلگرد و بتن بامقاومت بالا



آزمایش مقاومت پیوستگی میلگرد و بتن بامقاومت بالا



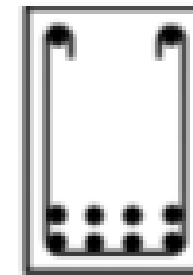
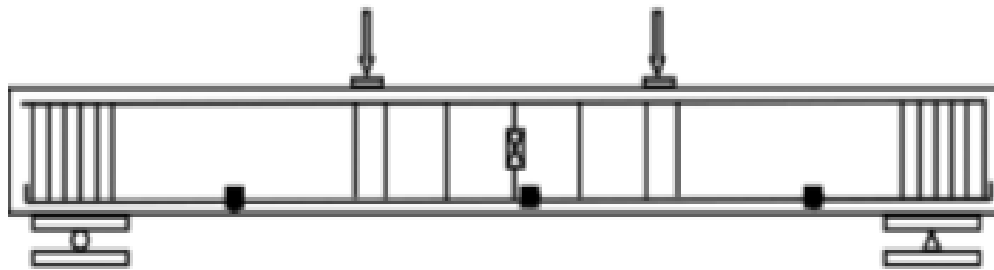
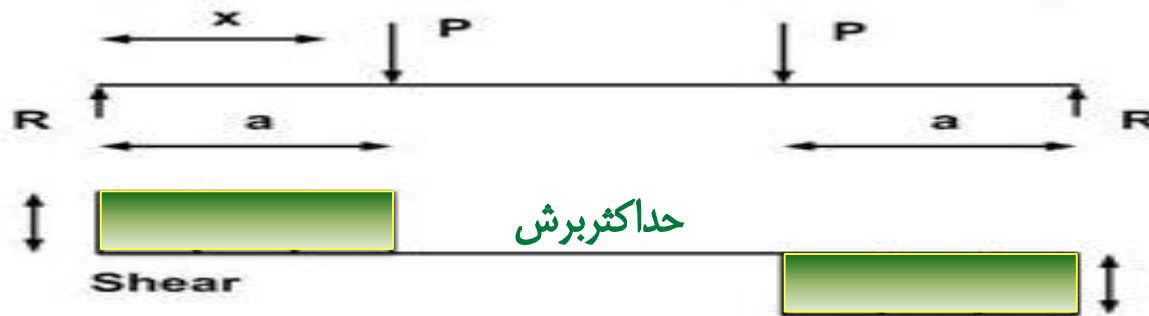
آزمایش مقاومت پیوستگی میلگرد و بتن بامقاومت بالا



فیلم آزمایش مقاومت پیوستگی میلگرد و بتن



آزمایش مقاومت برشی بتن بامقاومت بالا



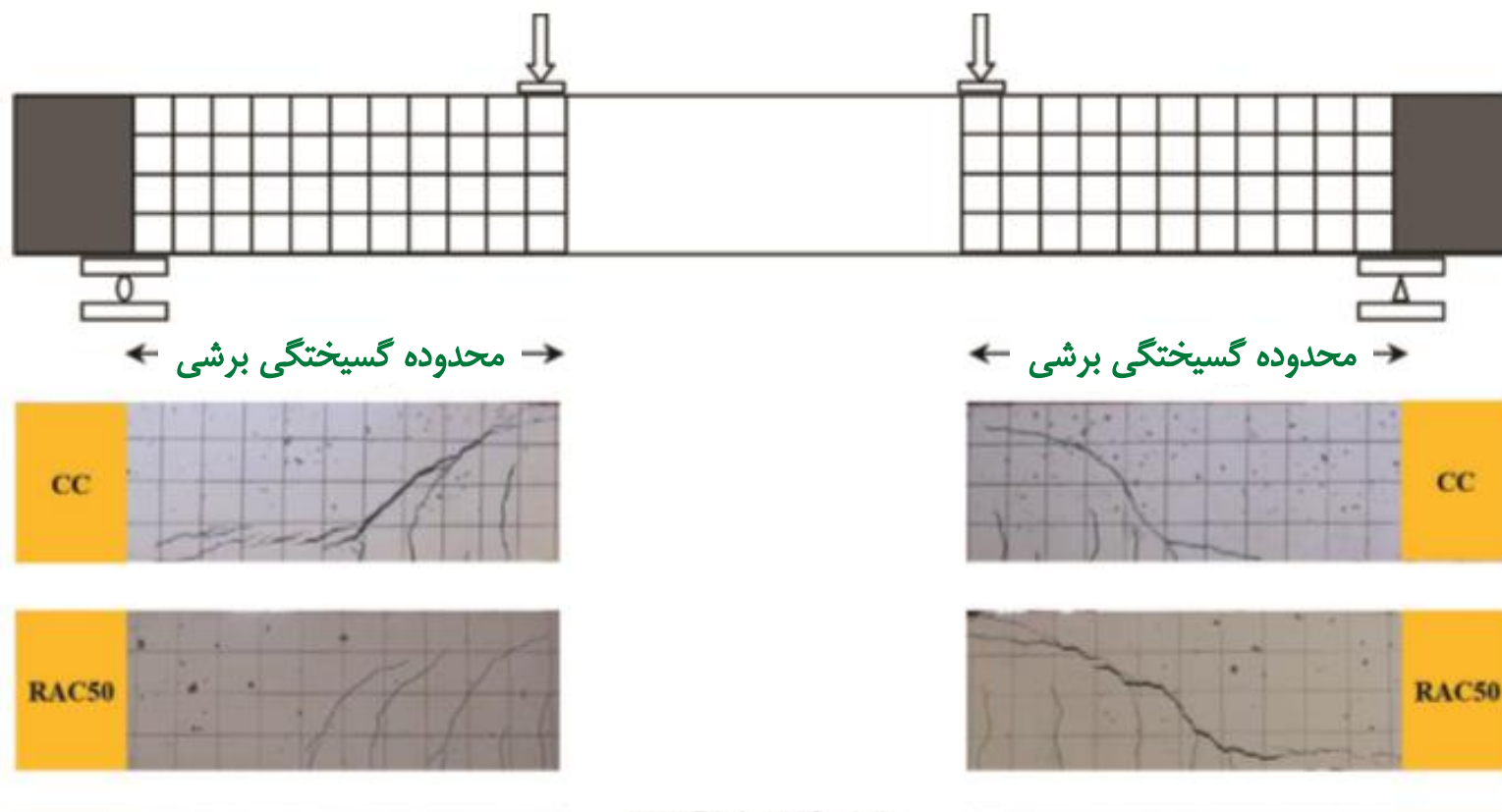
2#13

8#25

آزمایش مقاومت برشی بتن بامقاومت بالا



آزمایش مقاومت برشی بتن بامقاومت بالا

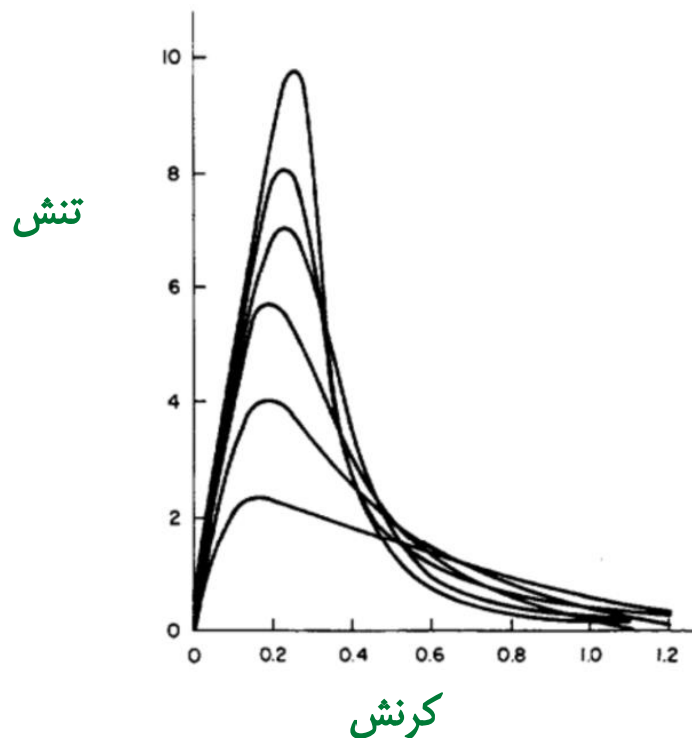


فیلم آزمایش مقاومت برشی بتن

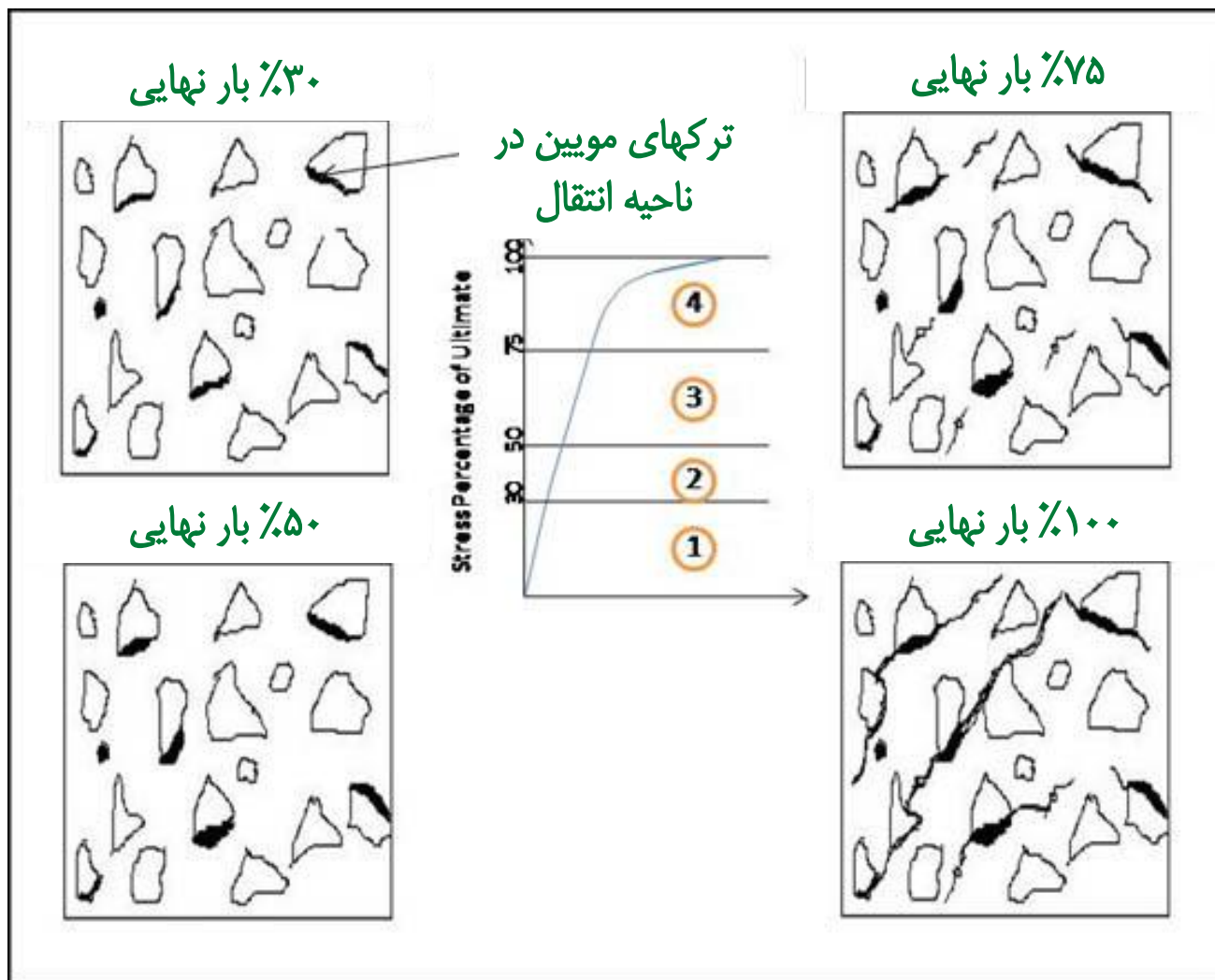


مشخصات بتن با مقاومت بالا

نمودار تنش-کرنش: شیب تندتر و رفتار خطی تا مقاومت بیشتر
(عبور کمتر ترکهای مویین از ناحیه انتقال)



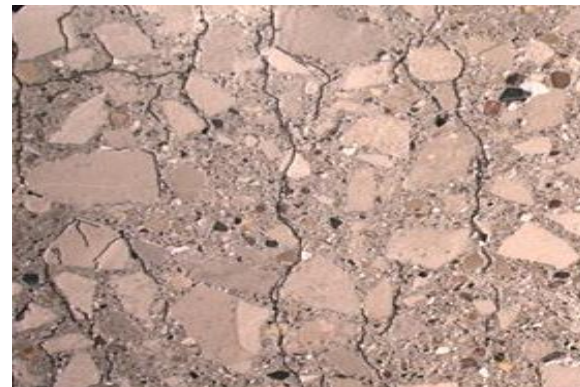
مشخصات بتن با مقاومت بالا



ترک در بتن



بتن با مقاومت بالا



بتن معمولی



بتن با مقاومت بالا در مبحث نهم

۲-۹-۹ بتن پرمقاومت

۱-۲-۹-۹ مشخصات کلی

بتن‌هایی که مقاومت فشاری مشخصه آنها بیشتر از ۵۰ مگاپاسکال است، بتن پرمقاومت محسوب می‌شوند. رفتار بتن‌های پرمقاومت ترد است، بنابراین برای تغییر رفتار این نوع بتن‌ها به شکل‌پذیر که ضرورت عملکرد مناسب آنها در مقابل بار زلزله است، باید الزامات مربوط این مبحث اعمال شوند.



بتن با مقاومت بالا در مبحث نهم

۹-۲-۲-۶ مقاومت فشاری سنگدانه‌ها باید حداقل برابر با مقاومت فشاری خمیر سیمان مصرفی در بتن پرمقاومت باشد و سنگدانه درشت نباید دارای صفحات ضعیف باشد. برای بهبود کارایی و کاهش مقدار خمیر سیمان، سنگدانه ریز باید گرد و برای بهبود مقاومت پیوستگی بین سنگدانه و خمیر سیمان، سنگدانه درشت زاویه دار (شکسته) باشد.

۹-۲-۲-۷ ماسه باید با دانه‌بندی درشت‌تر استفاده شود، هرچند مدول نرمی ماسه بین ۲/۵ تا ۳/۲ برای بتن پرمقاومت مناسب است، اما توصیه می‌شود ماسه با مدول نرمی ۳ و بیشتر استفاده گردد.



بتن با مقاومت بالا در مبحث نهم

۹-۲-۳-۲ مقدار مناسب سیمان بین ۳۹۰ تا 560 kg/m^3 است. در صورت عدم کسب مقاومت فشاری مورد نظر با استفاده از مقادیر سیمان ذکر شده، باید با کاهش نسبت آب به سیمان مخلوط و مواد افزودنی معدنی مناسب به مقاومت فشاری متوسط لازم دست یافت.

۹-۲-۳-۳ حجم سنگدانه درشت در بتن پرمقاومت معمولاً بیشتر از بتن معمولی است. با مدول نرمی ماسه بین $2/5$ تا $3/2$ و بر مبنای اندازه حداکثر سنگدانه برابر با $9/5$ ، $12/5$ ، 19 و 25 میلیمتر، حجم شن در مخلوط بتن به ترتیب برابر با $0/65$ ، $0/68$ ، $0/72$ و $0/75$ توصیه می‌شود.

۹-۲-۳-۴ برای ساخت بتن با مقاومت فشاری تا 60 مگاپاسکال، اندازه حداکثر شن باید 19 یا 25 میلیمتر و برای مقاومت فشاری تا 100 مگاپاسکال، اندازه حداکثر شن باید $9/5$ یا $12/5$ میلیمتر باشد.

بتن با مقاومت بالا در مبحث نهم

۹-۲-۳-۵ مقدار آب مخلوط و نسبت آب به سیمان باید بر اساس مقاومت فشاری مورد نظر تعیین شود. برای کارایی یکسان اندازه حداکثر سنگدانه به مقدار آب مورد نیاز افزوده می‌شود. بازه وسیع مقاومت فشاری با نسبت آب به سیمان بین $0/3$ تا $0/5$ قابل کسب است. اما نسبت آب به سیمان نباید کمتر از $0/26$ انتخاب شود.

۹-۲-۳-۶ پس از تعیین نسبت مخلوط، باید مخلوط‌های آزمون در آزمایشگاه ساخته شود. مخلوط‌های آزمون باید الزامات کارایی و مقاومت را تأمین کنند، در غیر این صورت باید مقدار یا نوع اجزای مخلوط اصلاح شوند.

۹-۲-۳-۷ مقاومت فشاری بتن‌های پرمقاومت باید در سن ۵۶ روزه اندازه گیری شوند، مگر آن که بتن پرمقاومت زودرس در نظر باشد که باید مقاومت در سن ۲۸ روزه معیار و مورد اندازه گیری قرار بگیرد.

بتن با مقاومت بالا در مبحث نهم

۹-۹-۲-۴-۲ برای کاهش افت اسلامپ، توصیه می‌شود که قبل از پیمانه کردن تمام سنگدانه‌ها اشباع شوند، اما مقدار آب آزاد در سطح سنگدانه‌ها باید در توزین بر اساس نسبت آب به سیمان مورد نظر، محاسبه شود. از آنجایی که فوق روان کننده اثر کوتاه مدت در تأمین اسلامپ دارد، برای کسب اسلامپ مورد نظر باید فوق روان کننده بیشتر در کارگاه افزوده شود و از اضافه کردن آب بیشتر به مخلوط اجتناب گردد.

۹-۹-۲-۴-۳ برای کنترل مدت گیرش مخلوط، دمای مخلوط بتن در هنگام جاگذاری باید بین ۱۵ تا ۲۵ درجه سلسیوس باشد.

۹-۹-۲-۴-۴ از آنجایی که مخلوط‌های بتن پرمقاومت معمولاً چسبنده می‌باشند، باید از استفاده از وسیله تراز و ماله دستی با جنس چوبی اجتناب شود و به جای آن از جنس فلزی استفاده گردد.



بتن با مقاومت بالا در مبحث نهم

۵-۴-۲-۹-۹ مخلوط‌های بتن پرمقاومت مستعد جمع‌شدگی خمیری می‌باشند، زیرا سرعت آب‌آوری آن‌ها بسیار کم است، بنابراین بلافاصله پس از اتمام عملیات پرداخت سطح بتن، باید با استفاده از پوشش پلاستیک، سطح بتن حفاظت شود و از تبخیر آب از سطح جلوگیری گردد.



بتن با مقاومت بالا در مبحث نهم

۹-۲-۴-۶ برای جلوگیری از خود خشک‌شدگی و جمع‌شدگی خود به خود بتن‌های پرمقاومت، باید از عمل‌آوری عایقی اجتناب شود و فقط از روش‌های عمل‌آوری آبرسانی مانند ایجاد حوضچه بر روی دال‌ها و یا پوشش چتایی خیس و بر روی آن ورق پلاستیک، استفاده گردد. مدت عمل‌آوری

باید بیشترین مقدار از دو مورد به شرح زیر باشد:

- ۱۰ روز

- ۷۰ درصد مقاومت ۲۸ روزه کسب شود.

۹-۲-۴ جدول حداقل مدت عمل‌آوری

حداقل مدت عمل‌آوری بر اساس شرایط محیطی، روز			نوع بتن و نسبت آب به سیمان مخلوط بتن
شرایط محیطی هوای سرد	شرایط محیطی هوای گرم	شرایط محیطی معمولی	
۱۰	۷	۶	بتن معمولی با نسبت آب به سیمان ۰/۴۳ و بیشتر
۱۴	۱۴	۱۰	بتن حاوی مواد افزودنی معدنی مانند دوده سیلیس، سرباره و متاکائولین، یا نسبت آب به سیمان کمتر از ۰/۴۳

بتن خود تحکیم یافته

تعریف: بتن با روانی بالا بدون نیاز به ویراتور

دلیل اختراع: کمبود کارگر ماهر ویراتورزن

تاریخچه: سال ۱۹۸۰ میلادی (۱۳۶۰ شمسی) در ژاپن



بتن خود تحکیم یافته

مزایا: کاهش کارگر، لوازم، صدا و زمان



برج خلیفه (دبی)



بتن خود تحکیم یافته

مزایا:

سهولت در پر کردن مقاطع پیچیده و مقاطع با آرماتور زیاد



بتن خود تحکیم یافته

HEALTH AND SAFETY IN CONCRETE CASTING PROCESSES

Romuald Rwamamara¹ and Peter Simonsson²

Luleå University of Technology, 971 87 Luleå, Sweden

تندرستی و ایمنی در روند بتن ریزی



بتن خود تحکیم یافته

Table 4. PLIBEL score for musculoskeletal risk factors

	Neck, Shoulder, Upper Back	Elbows, Forearms Hands	Feet	Knees and Hips	Low Back
SUM NVC casting	9	4	2	2	8
SUM SCC casting	4	1	2	2	5
Percentage NVC casting	34.6	36.4	25	25	38.1
Percentage SCC casting	15	9	25	25	23.8

کمر (%)	زانو ران (%)	پا (%)	آرنج (%)	گردن شانه (%)	بتن
۳۸	۲۵	۲۵	۳۵	۳۵	معمولی
۲۴	۲۵	۲۵	۹	۱۵	خود تحکیم یافته

بتن خود تحکیم یافته

Table 6. Concrete worker's QEC exposure levels for body regions

	Back	Shoulder /arm	Wrist/ Hand	Neck
SCC casting (floor)	14	18	24	4
Smoothing SCC surface (floor)	30	26	26	12
NVC casting (floor)	32	36	32	12
Vibrating NVC (floor)	40	40	34	14
NVC casting (wall)	32	30	28	12
Vibrating NVC (wall)	46	46	38	14
SCC casting (wall)	30	26	26	12



بتن خود تحکیم یافته

موقعیت	بتن	پشت (%)	آرنج شانه (%)	کمر دست (%)	گردن (%)
سقف	معمولی	۳۲	۳۶	۳۲	۱۲
	خود تحکیم یافته	۱۴	۱۸	۲۴	۴
دیوار	معمولی	۳۲	۳۰	۲۸	۱۲
	خود تحکیم یافته	۳۰	۲۶	۲۶	۱۲



بتن خود تحکیم یافته



سکوهای نفتی



مخازن نفت



بتن خود تحکیم یافته



برج ترامپ (نیویورک - ۶۸ طبقه)

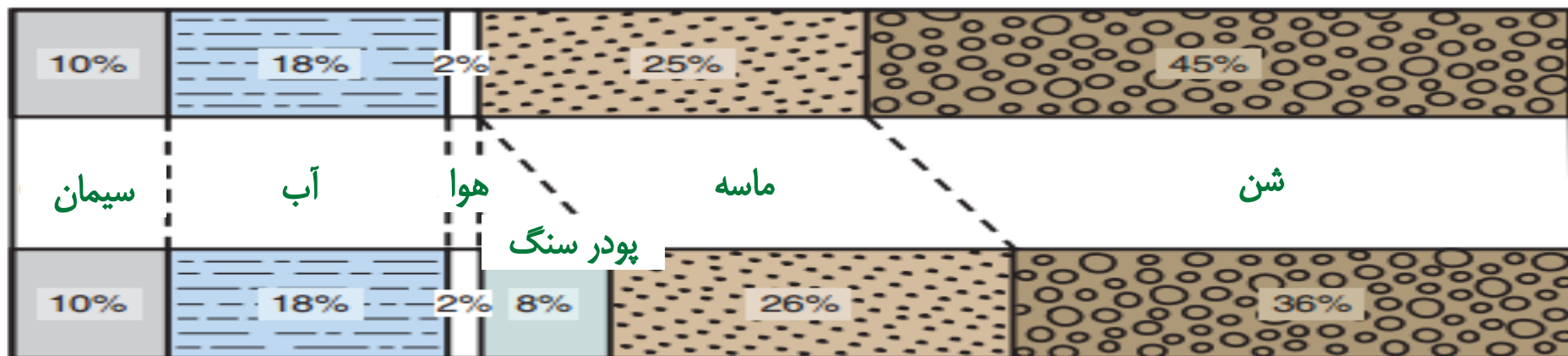


بتن خود تحکیم یافته

روش رایج در طرح اختلاط بتن خود تحکیم یافته:

افزایش ریزدانه، مواد افزودنی فوق روان کننده و اصلاح کننده لزجت بتن

بتن معمولی



بتن خود تحکیم یافته

روانی بتن خود تحکیم یافته



روانی بتن خود تحکیم یافته



بتن معمولی



بتن خود تحکیم یافته



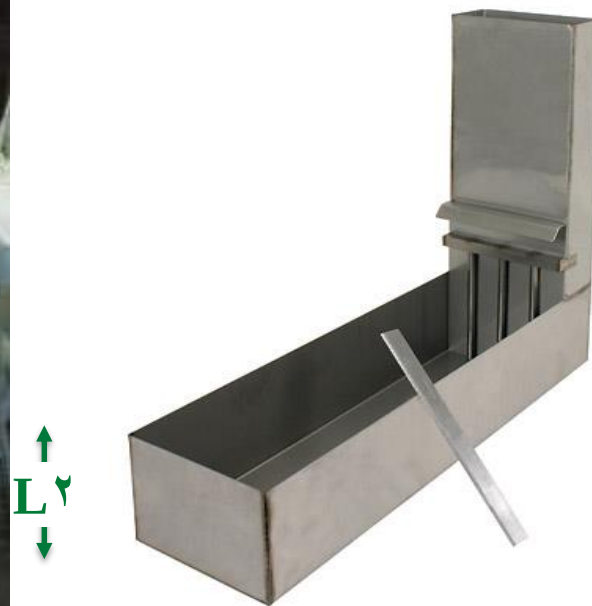
روانی بتن خود تحکیم یافته

آزمایش جی رینگ



روانی بتن خود تحکیم یافته

آزمایش ال باکس



$$L_1/L_2 > 0.8$$



پایداری بتن خود تحکیم یافته



آزمایش ستون جدا شدگی:

۱۵ دقیقه بعد از بتن ریزی

بدون ویبره و ضربه

شستن بتن روی الک نمره ۴ (۴/۷۵ میلیمتر) و وزن کردن

وزن سنگدانه بالایی - وزن سنگدانه پایینی
متوسط وزن سنگدانه های بالا و پایین
* ۱۰۰ = درصد جدا شدگی $> 10\%$



پایداری بتن خود تحکیم یافته

Visual Stability Index

ضریب پایداری چشمی

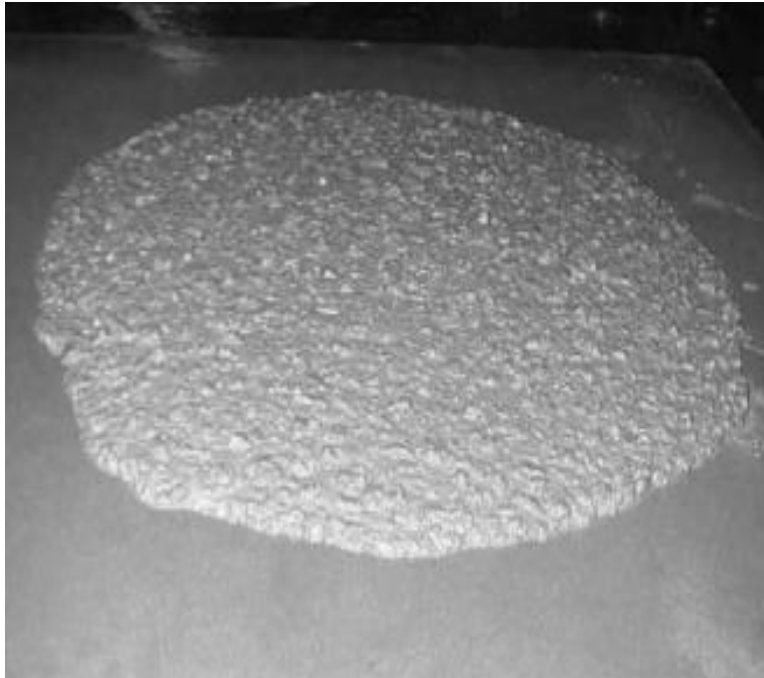


FIG. X1.1 VSI = 0 – Concrete Mass is Homogeneous and No Evidence of Bleeding.

همگن بدون آب دادگی



FIG. X1.2 VSI = 1 – Concrete Shows Slight Bleeding Observed as a Sheen on the Surface.

آب دادگی خفیف

پایداری بتن خود تحکیم یافته

Visual Stability Index

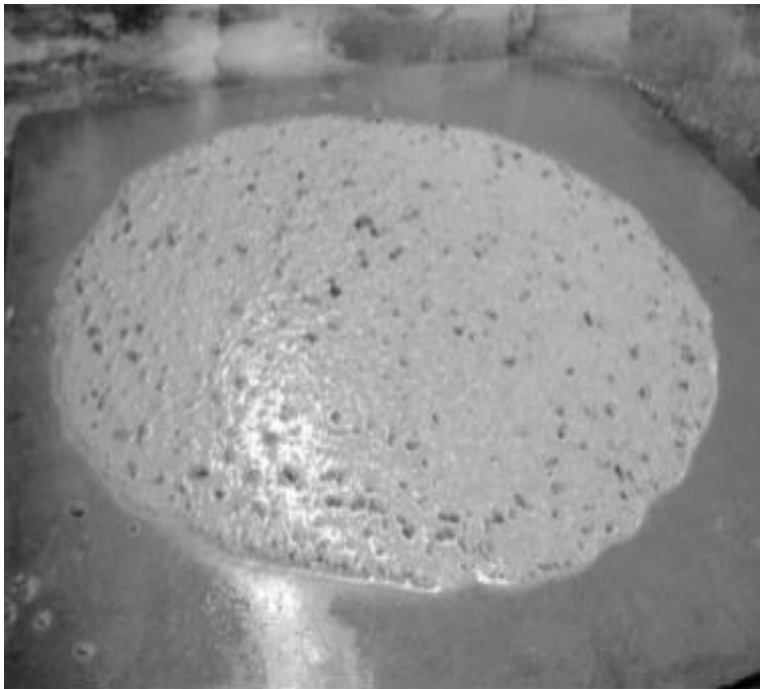


FIG. X1.3 VSI = 2 - Evidence of a Mortar Halo and Water Sheen.

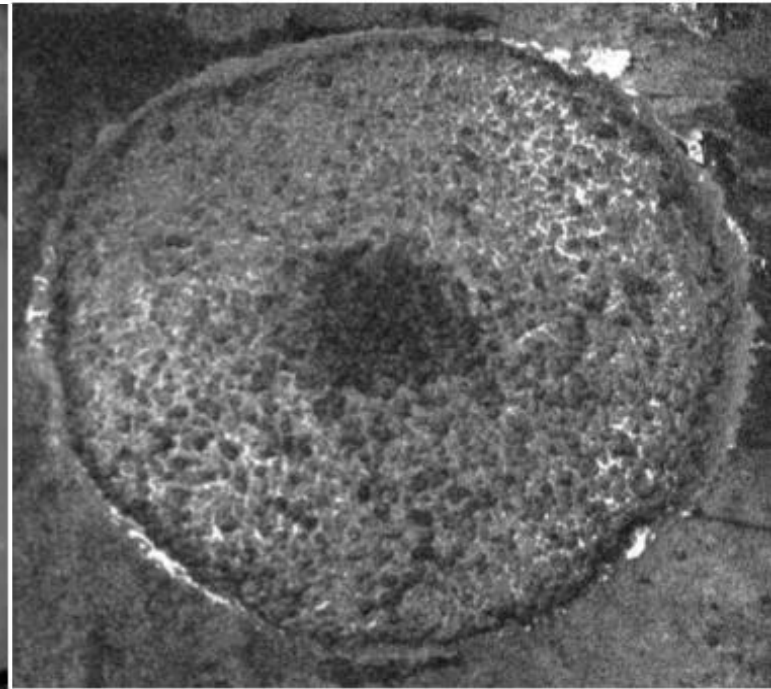


FIG. X1.4 VSI = 3 - Concentration of Coarse Aggregate at Center of Concrete Mass and Presence of a Mortar Halo.

هاله ای از ملات و آب

هاله ای از ملات و تمرکز شن در مرکز

روانی بتن خود تحکیم یافته

Visual Stability Index

TABLE X1.1 Visual Stability Index Values

	VSI Value	Criteria
بسیار پایدار	0 = Highly Stable	No evidence of segregation or bleeding.
پایدار	1 = Stable	No evidence of segregation and slight bleeding observed as a sheen on the concrete mass.
ناپایدار	2 = Unstable	A slight mortar halo ≤ 10 mm [≤ 0.5 in.] and/or aggregate pile in the of the concrete mass.
بسیار ناپایدار	3 = Highly Unstable	Clearly segregating by evidence of a large mortar halo > 10 mm [> 0.5 in.] and/or a large aggregate pile in the center of the concrete mass.



رفتار سازه ای و دوام بتن خود تحکیم یافته

مقاومت خمشی: مشابه بتن معمولی

مقاومت برشی: کمتر از بتن معمولی

مقاومت پیوستگی میلگرد و بتن: بیشتر از بتن معمولی و اثر کمتر پیوستگی میلگرد بالایی

دوام: دلیل اصلی اختراع بتن خود تحکیم یافته



بتن دوستدار محیط زیست (بتن سبز)

تعریف: استفاده از مواد پسماند در بتن

دلیل اختراع: کاهش آلودگی های محیط زیستی حاصل از بتن

انواع: استفاده از مواد پسماند بعنوان سنگدانه، آب و سیمان



بتن دوستدار محیط زیست

استفاده از مواد پسماند بعنوان سیمان

استفاده از مواد پوزولانی بجای سیمان

– خاکستر بادی

– روباره آهن گدازی

– میکروسیلیس

– خاکستر پوسته برنج



بتن با خاکستر بادی

خواص بتن تازه:

افزایش کارایی

افزایش زمان گیرش

کاهش حرارت هیدراسیون

دوام:

افزایش مقاومت در برابر حملات شیمیایی (نفوذ یون کلر)

افزایش مقاومت در برابر خوردگی

مقاومت در برابر یخ زدن و آب شدگی مشابه



بتن با خاکستر بادی

خواص بتن سخت شده:

کاهش سرعت رشد مقاومت فشاری
افزایش مدول الاستیسیته
افزایش مقاومت خمشی
افزایش بسیار کم مقاومت کششی
کاهش جمع شدگی



بتن با خاکستر بادی

عملکرد رفتار سازه ای (جایگزینی ۵۰ و ۷۰٪ خاکستر بادی بجای سیمان):
رفتار خمشی:

رفتار مشابه با بتن معمولی اعم از نحوه ترک خوردگی، رفتار بار-تغییر مکان و مقاومت
رفتار برشی:

رفتار مشابه با بتن معمولی اعم از نحوه ترک خوردگی، رفتار بار-تغییر مکان ولی مقاومت
برابر یا بیشتر

رفتار پیوستگی بین فولاد و بتن:
رفتار مشابه با بتن معمولی اعم از نحوه ترک خوردگی، رفتار بار-تغییر مکان ولی مقاومت
برابر یا بیشتر



بتن دوستدار محیط زیست



استفاده از مواد پسماند بعنوان سنگدانه
سنگدانه های بازیافتی



بتن دوستدار محیط زیست

استفاده از مواد پسماند بعنوان سنگدانه

شیشه های خرد شده



بتن دوستدار محیط زیست

استفاده از مواد پسماند بعنوان سنگدانه
لاستیک های فرسوده



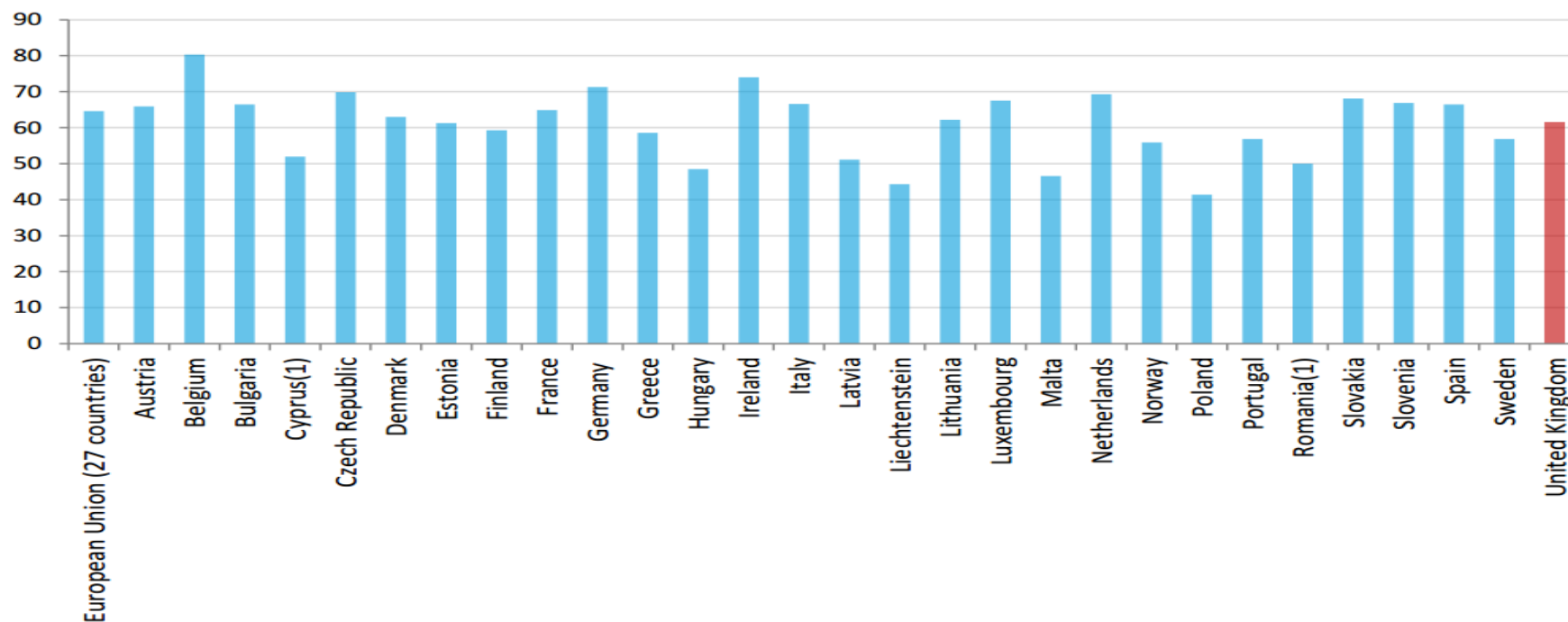
بتن دوستدار محیط زیست (سنگدانه های بازیافتی)



waldspirale (آلمان - ۲۰۰۰)

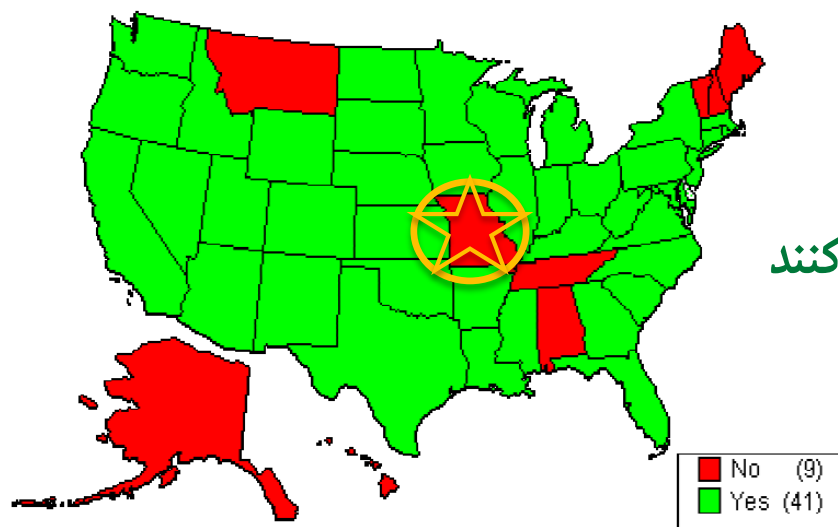
در صد بازیافت زباله ها در کشورهای اروپایی

Figure 10.3: Recycling rate for packaging waste, 2012



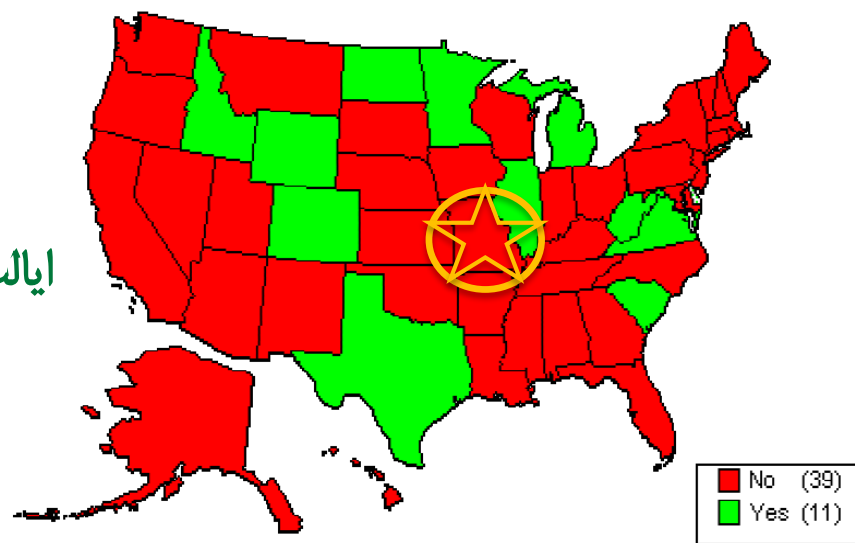
بطور مثال درصد بازیافت زباله های ساختمانی در انگلستان ۸۶/۵٪ می باشد.

بتن دوستدار محیط زیست



ایالت هایی که بتن را بعنوان سنگدانه بازیافت می کنند

ایالت هایی که بتن با سنگدانه بازیافتی استفاده می کنند



بتن دوستدار محیط زیست

استفاده از مواد پسماند بعنوان سنگدانه:

کاهش مقاومت های فشاری، کششی و خمشی

راه حل:

کاهش درصد جایگزینی

کاربرد در بتن های غیر سازه ای



رفتار سازه ای بتن با سنگدانه های بازیافتی بتن

مقاومت خمشی: مشابه بتن معمولی (جایگزینی ۵۰ و ۱۰۰٪)

مقاومت برشی:

مشابه بتن معمولی (جایگزینی ۵۰٪)

کمتر از بتن معمولی حدود ۱۰ تا ۱۵٪ (جایگزینی ۱۰۰٪)

مقاومت پیوستگی میلگرد و بتن:

مشابه بتن معمولی (جایگزینی ۵۰٪)

کمتر از بتن معمولی حدود ۱۰ تا ۱۵٪ (جایگزینی ۱۰۰٪)



عمل آوری بتن

مه پاش



