



انجمن علمی بتن ایران



مرکز تحقیقات
راه، مسکن و شهرسازی



انجمن بتن ایران
انجمن صنفی بتن ایران

CAPCO
شرکت همگرایان تولید

بتن آماده (گذشته، حال، آینده)

بسم الله الرحمن الرحيم



انجمن علمی بتن ایران



مرکز تحقیقات
راه، مسکن و شهرسازی



انجمن بتن ایران
انجمن علمی بتن ایران



بتن آماده (گذشته، حال، آینده)

عدم سازگاریهای
فوق روان کننده های پلی کربوکسیلات در بتن

PCE-Concrete Incompatibilities



انجمن علمی بتن ایران



مرکز تحقیقات
راه، مسکن و شهرسازی



انجمن بتن ایران
انجمن علمی بتن ایران

بتن آماده (گذشته، حال، آینده)



سیمان = نمک

• واکنشگر قلیائی

• CaO

• واکنشگرهای اسیدی

• SiO_2

• Al_2O_3

• Fe_2O_3



انجمن علمی بتن ایران



مرکز تحقیقات
راه، مسکن و شهرسازی



انجمن بتن ایران
انجمن علمی بتن ایران



بتن آماده (گذشته، حال، آینده)

روند واکنش تشکیل سیمان

- 100°C Evaporation of free water
- >500°C Evolution of combined water
- >860°C $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$
- >900°C Reactions between CaO and Al_2O_3 , Fe_2O_3 and SiO_2
- >1200°C Melting phase formation
- >1250°C Formation of C_3S and finished reaction of CaO



انجمن علمی بتن ایران



مرکز تحقیقات
راه، مسکن و شهرسازی



انجمن بتن ایران
انجمن علمی بتن ایران



بتن آماده (گذشته، حال، آینده)

فازهای اصلی سیمان

۱. فاز آلیت C3S
۲. فاز بلیت C2S
۳. فاز آلومینات C3A
۴. فاز آلومینو فریت C4AF

ترکیبات دیگر

۱. سولفات کلسیم در اشکال بدون آب، نیم آب و دو آب
۲. اکسیدهای کلسیم و منیزیم آزاد
۳. اکسیدهای قلیائی ناشی از ناخالصی مواد اولیه



انجمن علمی بتن ایران



مرکز تحقیقات
راه، مسکن و شهرسازی



انجمن علمی بتن ایران



بتن آماده (گذشته، حال، آینده)

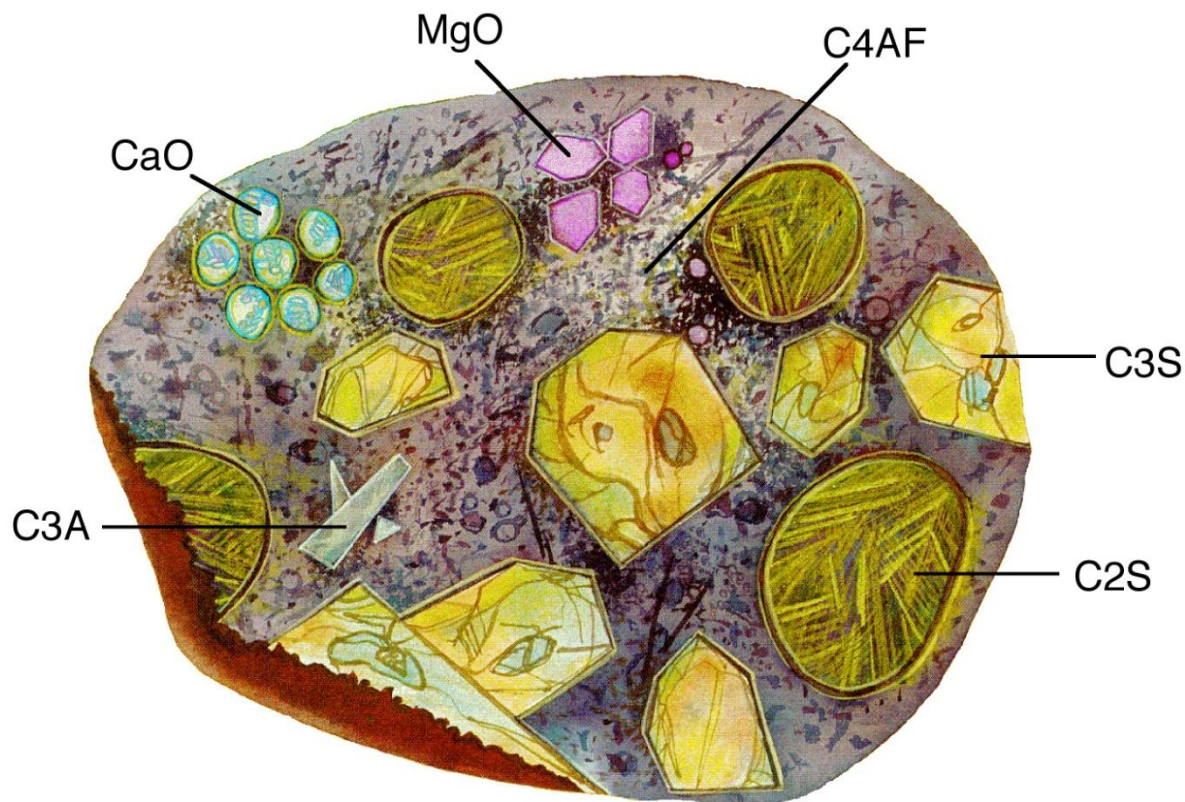
ترکیب درصد فازهای سیمان

Chemical Name	Chemical Formula	Oxide Formula	Cement Notation	Mineral Name
Tricalcium Silicate	Ca_3SiO_5	$3\text{CaO}.\text{SiO}_2$	$\text{C}_3\text{S}(40-60\%)$	Alite
Dicalcium Silicate	Ca_2SiO_4	$2\text{CaO}.\text{SiO}_2$	$\text{C}_2\text{S}(16-30\%)$	Belite
Tricalcium Aluminate	$\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$	$3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{C}_3\text{A}(7-15\%)$	Aluminate
Tetracalcium Aluminoferrite	$\text{Ca}_4\text{AlFeO}_5$	$4\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{C}_4\text{AF}(7-12\%)$	Ferrite



بتن آماده (گذشته، حال، آینده)

ساختار ذرات سیمان در سطح میکروسکوپی





انجمن علمی بتن ایران



مرکز تحقیقات
راه، مسکن و شهرسازی



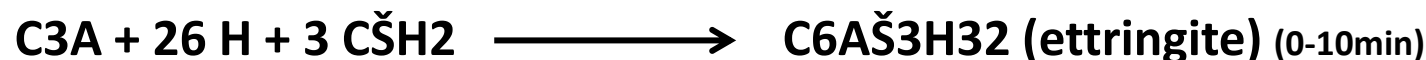
انجمن بتن ایران
انجمن علمی بتن ایران

بتن آماده (گذشته، حال، آینده)



واکنشهای هیدراتاسیون سیمان

انحلال - واکنش - ترسیب





بتن آماده (گذشته، حال، آینده)



اترینگایت

C6AŠ3H32

- ترکیبی از کلسیم آلومینات هیدرات می باشد که در حضور یون سولفات با C3A تشکیل می شود.
- با تشکیل کریستال در سطح C3A مانع از پیشرفت هیدراتاسیون آن شده و مانع flash setting می شود.
- طی روند واکنش هیدراتاسیون و با اتمام یون سولفات به ترکیب مونو سولفات C4AŠH12 تبدیل می شود.
- برهمکنشهای اولیه PCE عمدتاً با این فاز می باشد که دارای زتا پتانسیل مثبت بیشتری نسبت به بقیه اجزاء سیستم دارد.



انجمن علمی بتن ایران

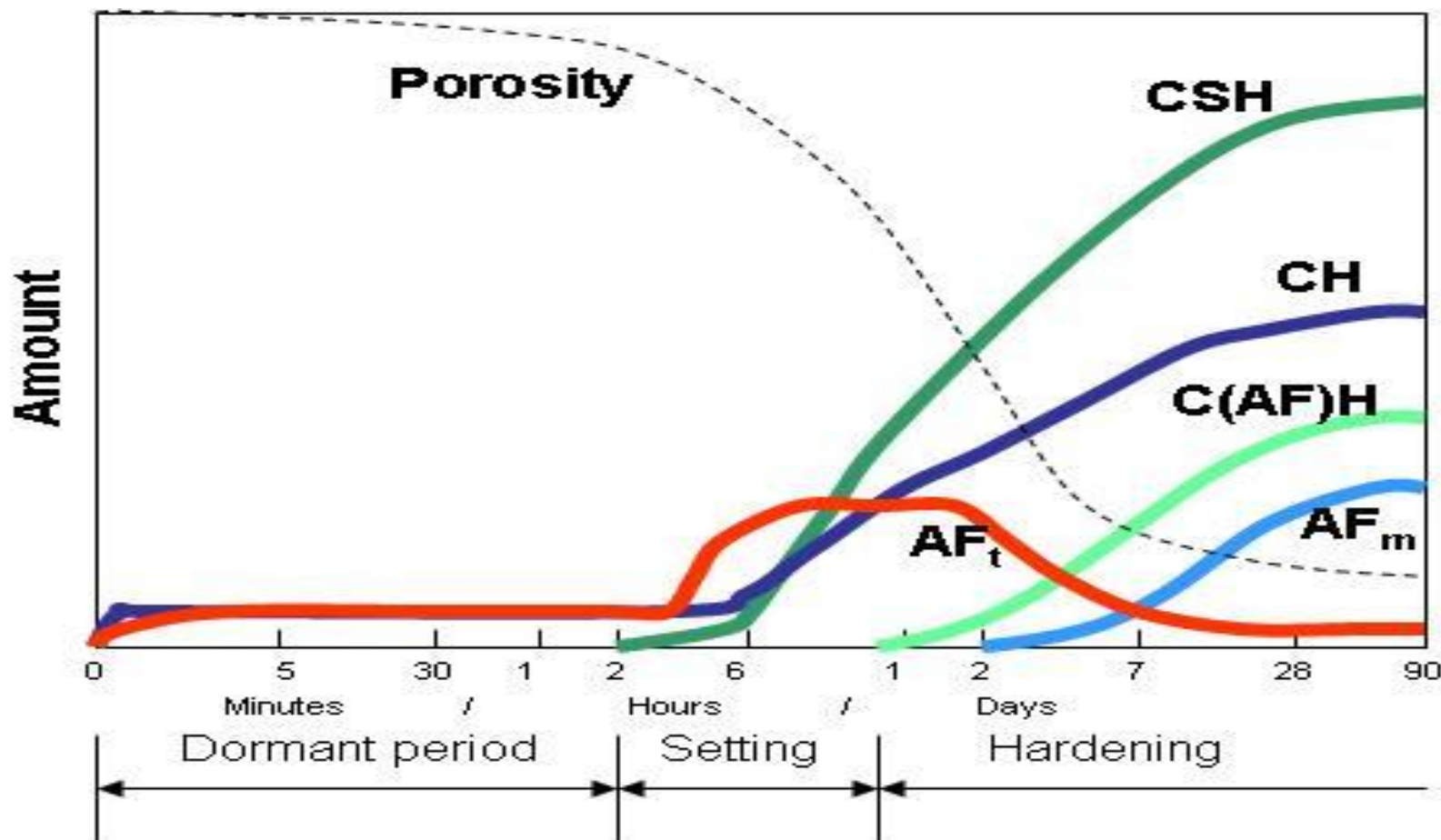
مرکز تحقیقات
راه، مسکن و شهرسازی

انجمن بتن ایران
انجمن علمی بتن ایران

بتن آماده (گذشته، حال، آینده)



روند تشکیل محصولات هیدراتاسیون





انجمن علمی بتن ایران



مرکز تحقیقات
راه، مسکن و شهرسازی

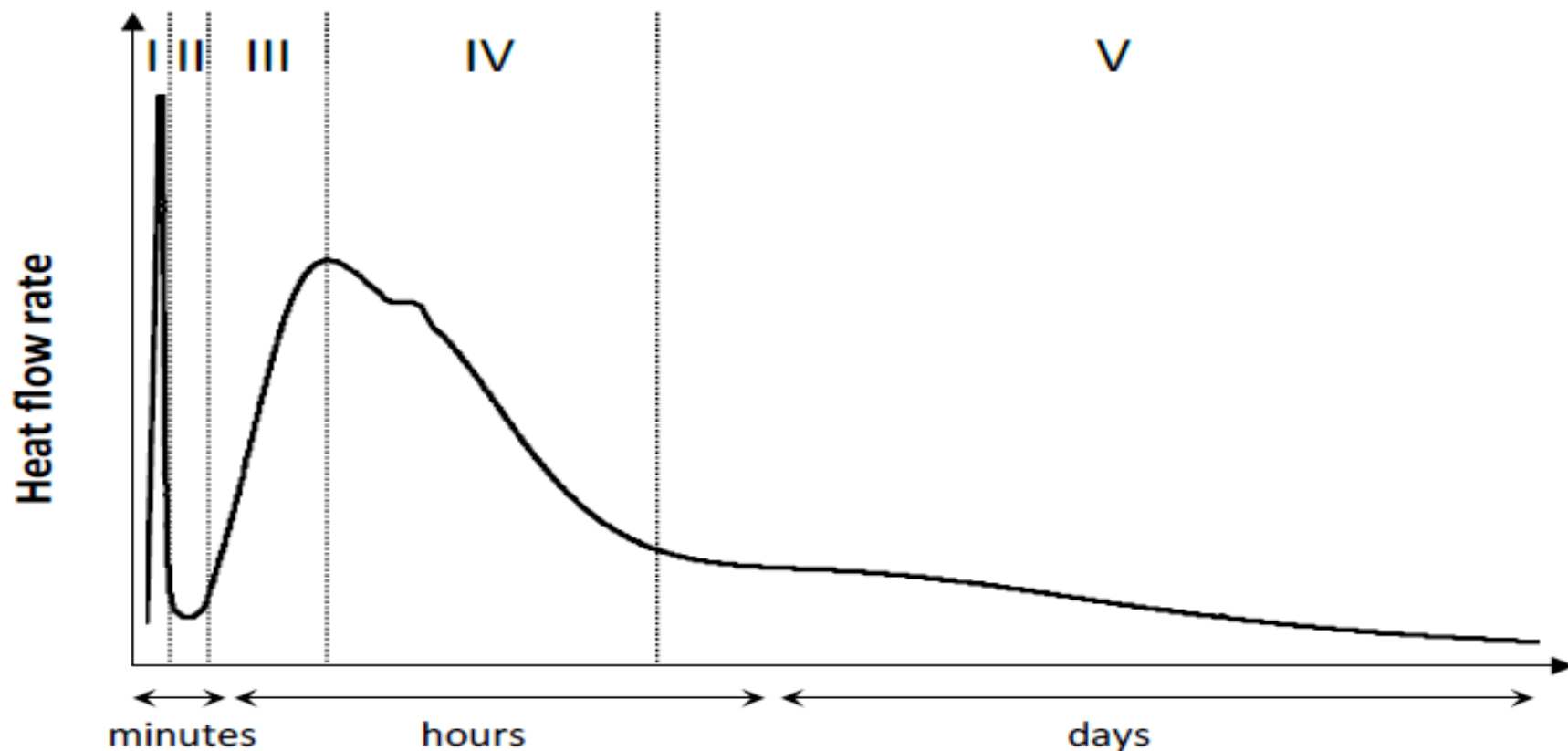


انجمن بتن ایران
انجمن علمی بتن ایران



بتن آماده (گذشته، حال، آینده)

نمودار گرمای هیدراتاسیون سیمان



Time of hydration



انجمن علمی بتن ایران



مرکز تحقیقات
راه، مسکن و شهرسازی



انجمن بتن ایران
انجمن علمی بتن ایران



بتن آماده (گذشته، حال، آینده)

درصد حجمی محصولات هیدراتاسیون در خمیر سخت شده

فاز	درصد حجمی	زتا پتانسیل	سطح ویژه
CSH	۵۰-۶۰٪	مثبت و کم	۳۰۰ m ² /gr
Ettringite	<۵٪	مثبت و زیاد	۵.۴ m ² /gr
Monosulfate	۱۵-۲۰٪	مثبت و متوسط	۵.۳ m ² /gr
Portlandite	۲۰-۲۵٪	منفی و زیاد	n.d



انجمن علمی بتن ایران

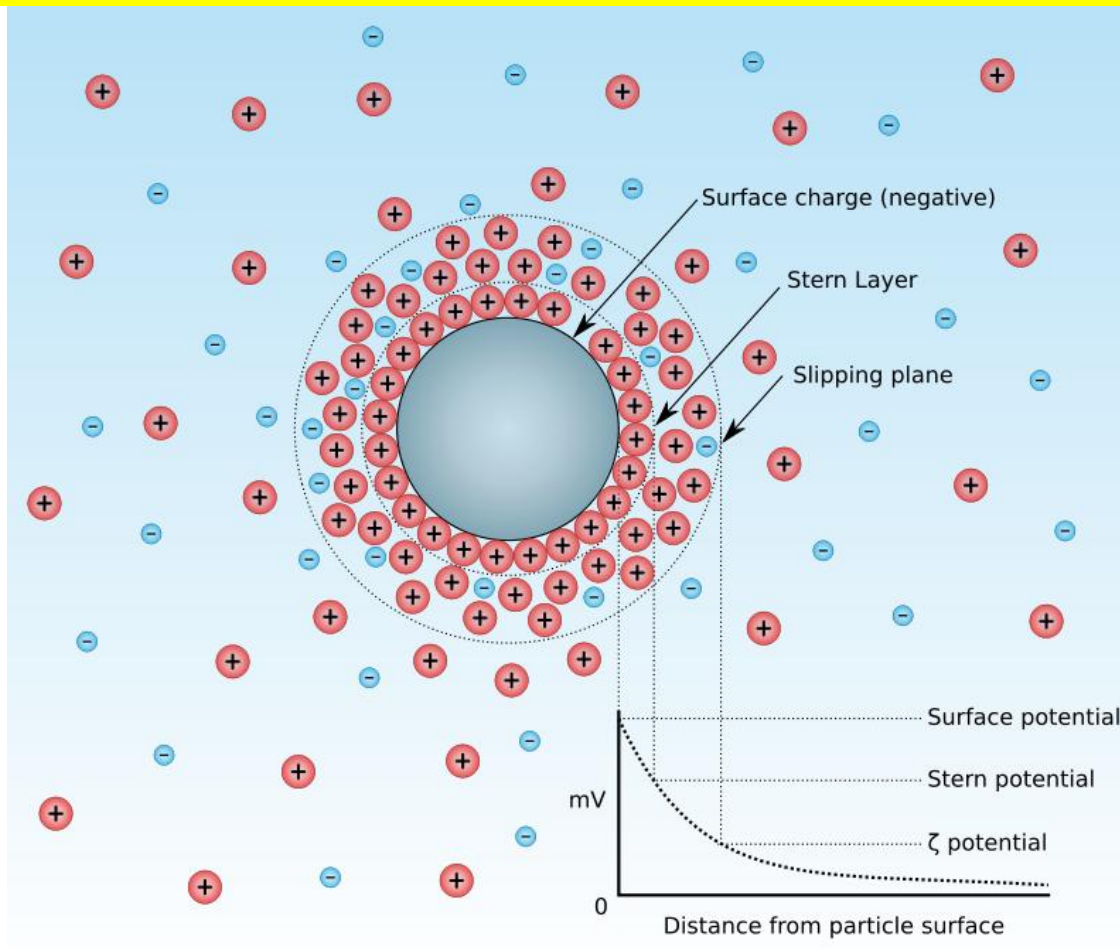
مرکز تحقیقات
راه، مسکن و شهرسازی

انجمن بتن ایران
انجمن علمی بتن ایران

بتن آماده (گذشته، حال، آینده)



زتا پتانسیل





انجمن علمی بتن ایران



مرکز تحقیقات
راه، مسکن و شهرسازی



انجمن بتن ایران
انجمن علمی بتن ایران

بتن آماده (گذشته، حال، آینده)



بار الکتریکی ذارت (زتا پتانسیل)

- اترینگایت < 4 + میلی ولت
- مونو سولفات $< 2,5$ + میلی ولت
- سینجنایت $0,5$ + میلی ولت
- پورتلندیت $4,4$ - میلی ولت
- ژپسم نزدیک به صفر



انجمن علمی بتن ایران



مرکز تحقیقات
راه، مسکن و شهرسازی

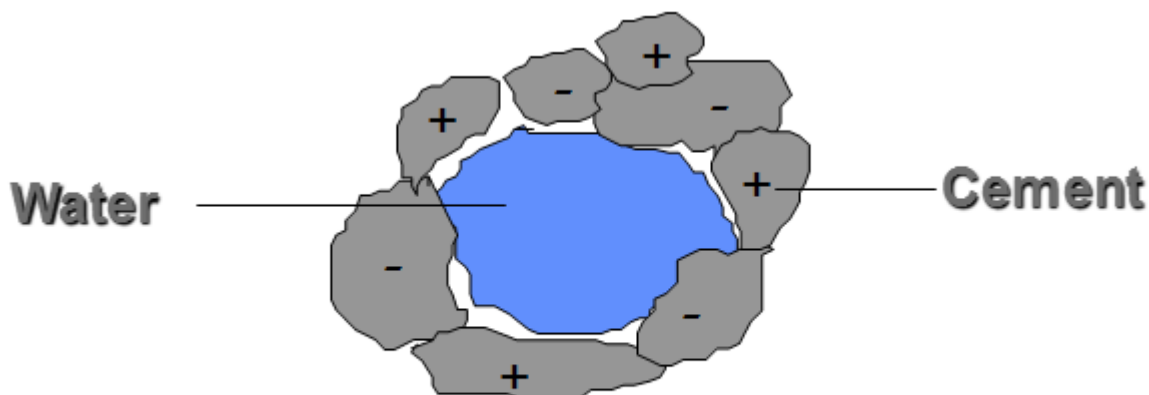


انجمن علمی بتن ایران



بتن آماده (گذشته، حال، آینده)

چسبندگی ذرات سیمان در محیط آبی





انجمن علمی بتن ایران



مرکز تحقیقات
راه، مسکن و شهرسازی



انجمن بتن ایران
انجمن علمی بتن ایران



بتن آماده (گذشته، حال، آینده)

سنگدانه

- ۶۰-۸۰٪ حجم بتن
- ماسه: سنگدانه های با کمتر از ۵ میلیمتر
- شن: سنگدانه های بزرگتر از ۵ میلیمتر تا معمولاً ۳۷,۵ میلیمتر



انجمن علمی بتن ایران



مرکز تحقیقات
راه، مسکن و شهرسازی



انجمن بتن ایران



بتن آماده (گذشته، حال، آینده)

رس Clay

- ترکیبات میکرونیزه آلومینوسیلیکات
- ساختار لایه ای
- چسبیده به سطح سنگدانه
- سطح ویژه بالا
- جذب آب بالا
- افزایش حجم ناشی از جذب کاتیونهای محیط و آب در بین لایه ها

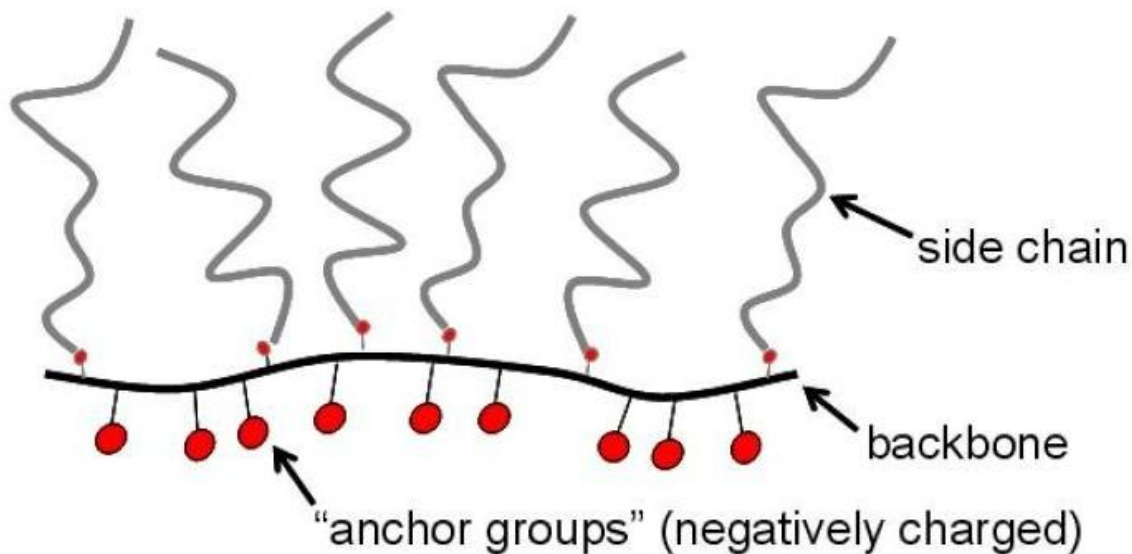
❖ اختلال در عملکرد روان کننده های پلی کربوکسیلات

- کاهش در مقاومت بتن
- افزایش در انقباض بتن



بتن آماده (گذشته، حال، آینده)

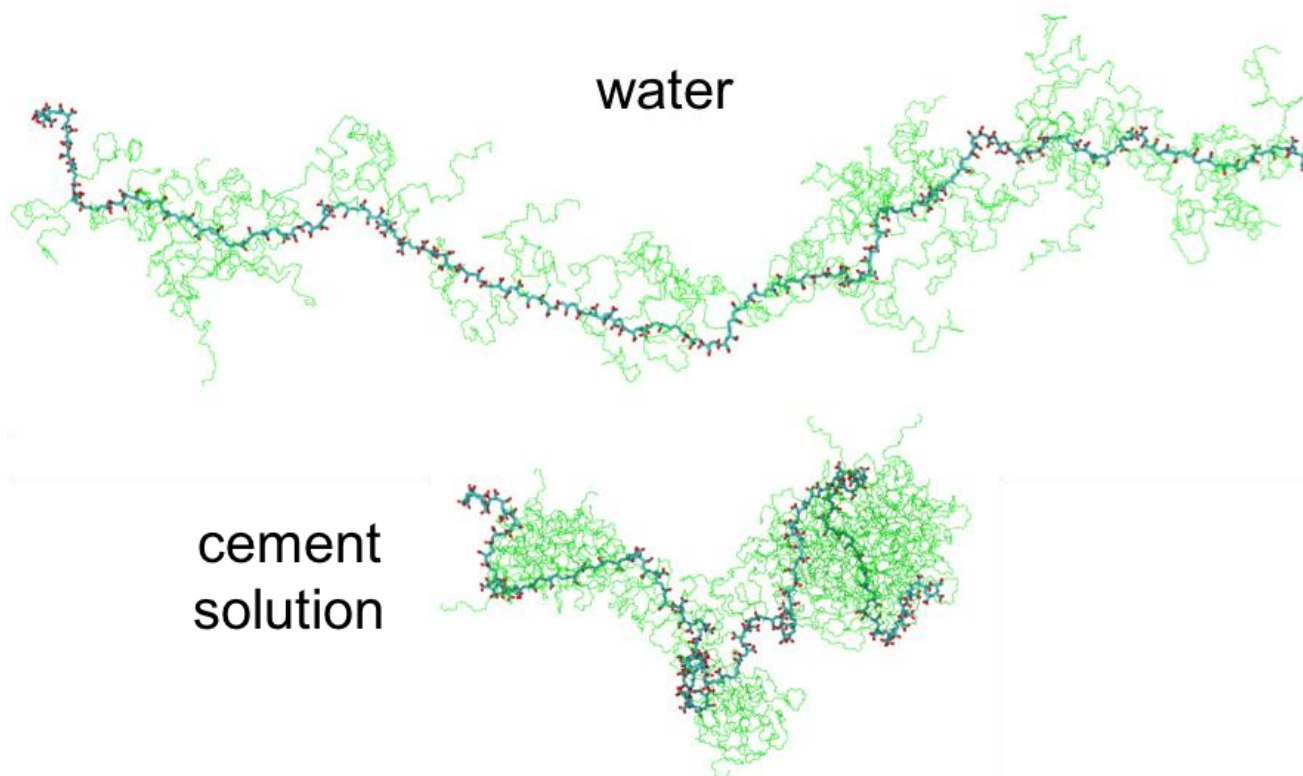
روان کننده های پلی کربوکسیلاتی





بتن آماده (گذشته، حال، آینده)

پیکربندی PCE در آب و محلول سیمان





انجمن علمی بتن ایران



مرکز تحقیقات
راه، مسکن و شهرسازی

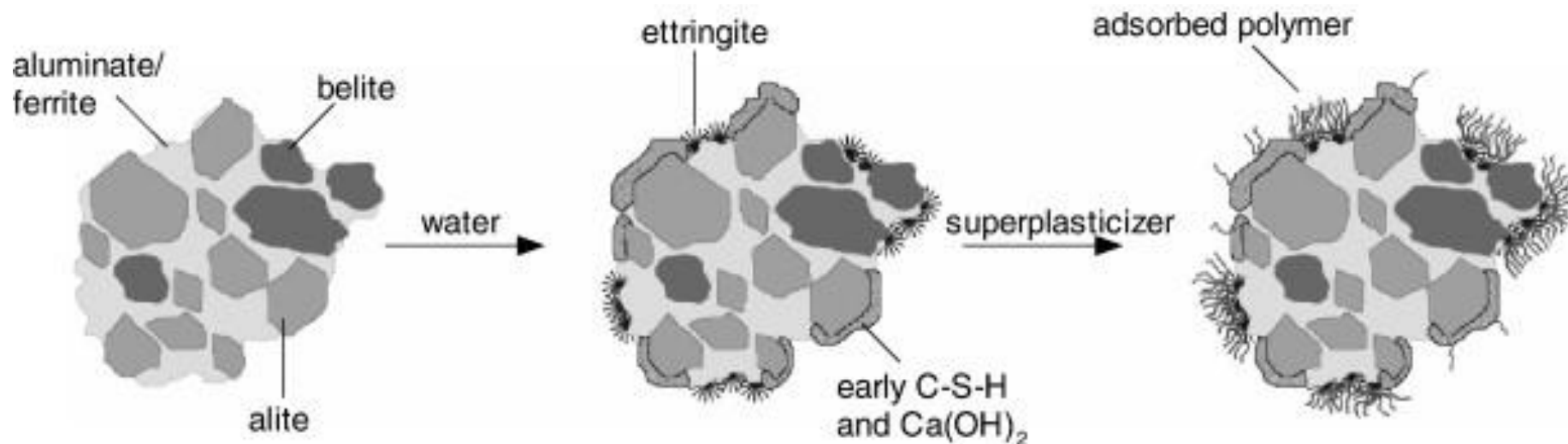


انجمن علمی بتن ایران



بتن آماده (گذشته، حال، آینده)

مکانیسم جذب روان کننده





انجمن علمی بتن ایران



مرکز تحقیقات
راه، مسکن و شهرسازی

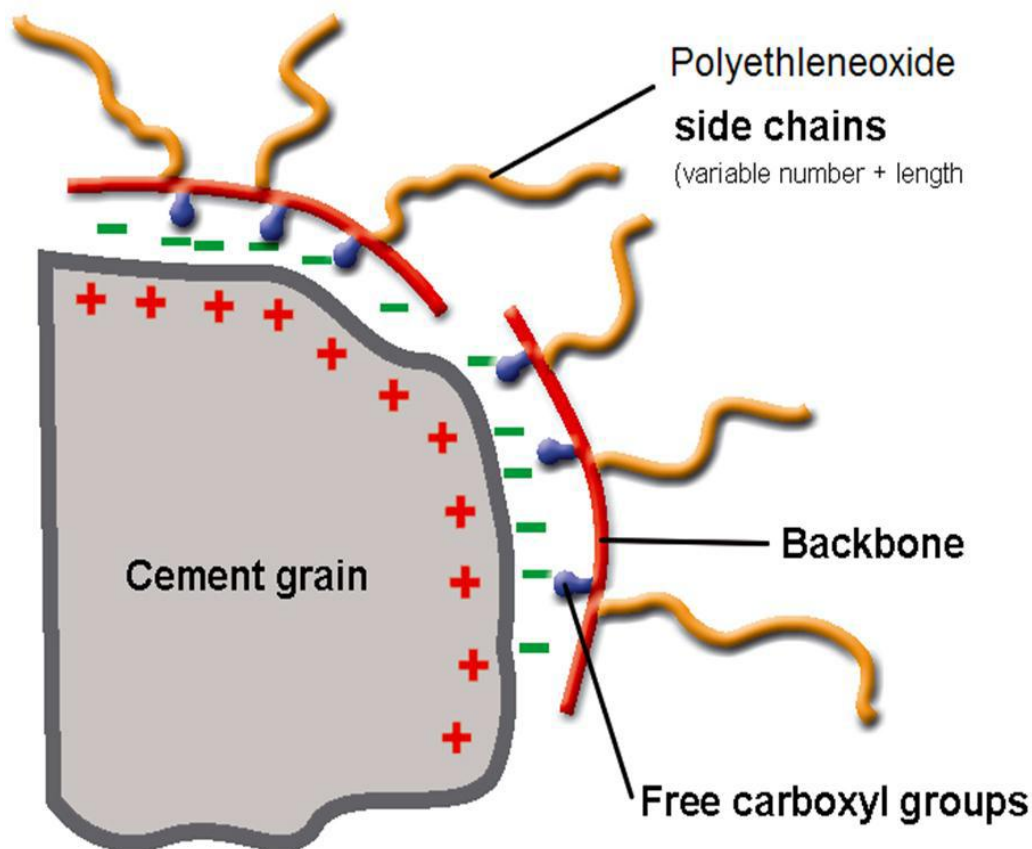


انجمن علمی بتن ایران



بتن آماده (گذشته، حال، آینده)

مکانیسم جذب روان کننده



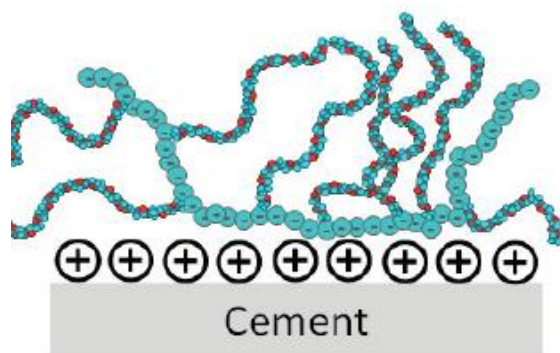


بتن آماده (گذشته، حال، آینده)

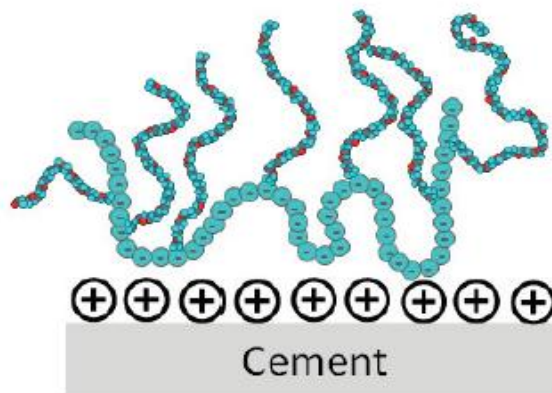


اشکال متداول جذب PCE

train



loop



tail





انجمن علمی بتن ایران
مرکز تحقیقات
راه، مسکن و شهرسازی

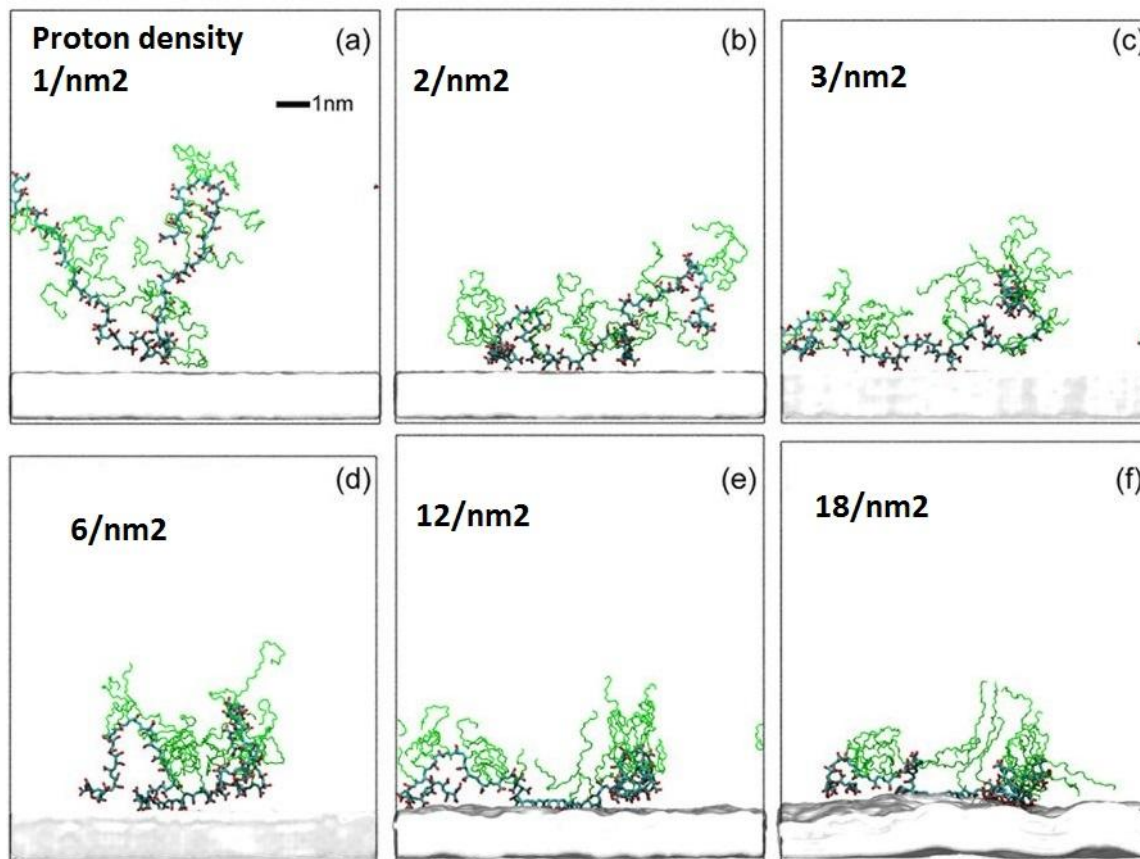


انجمن بتن ایران
انجمن علمی بتن ایران



بتن آماده (گذشته، حال، آینده)

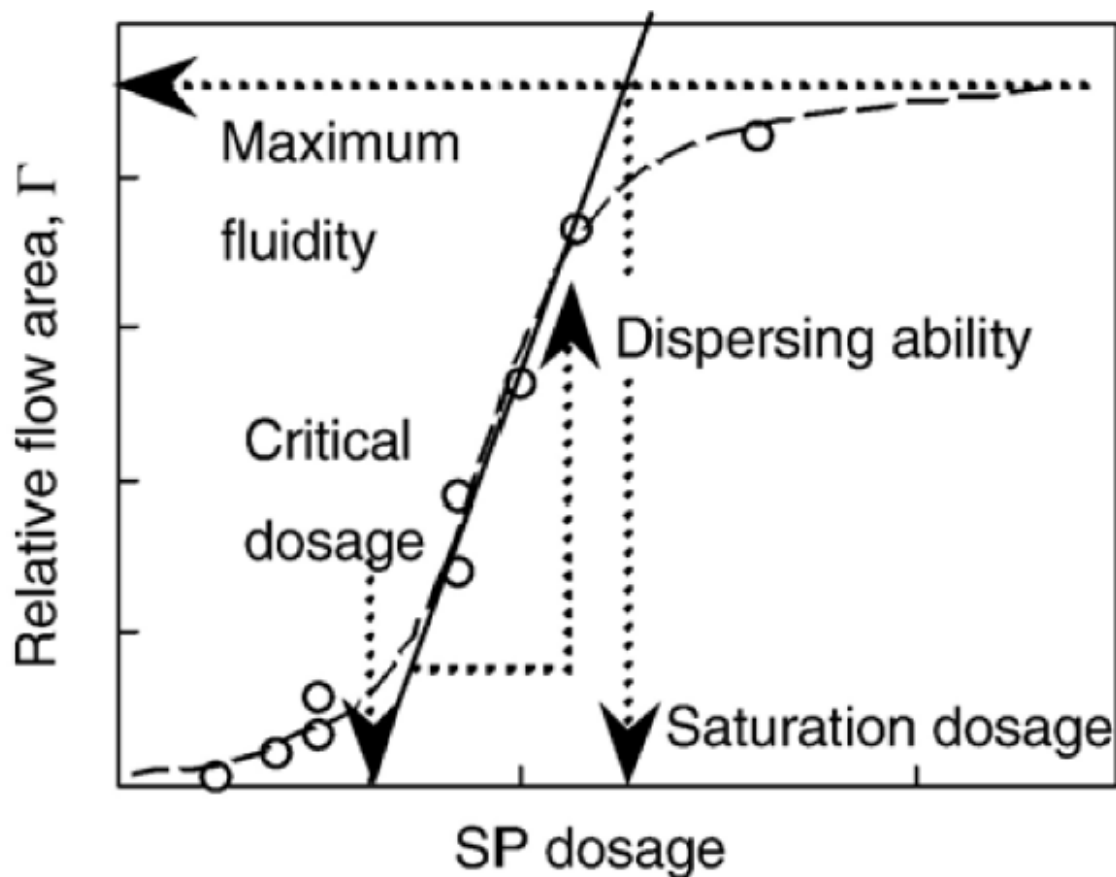
اشکال متداول جذب PCE





بتن آماده (گذشته، حال، آینده)

نمودار جذب-روانی PCE



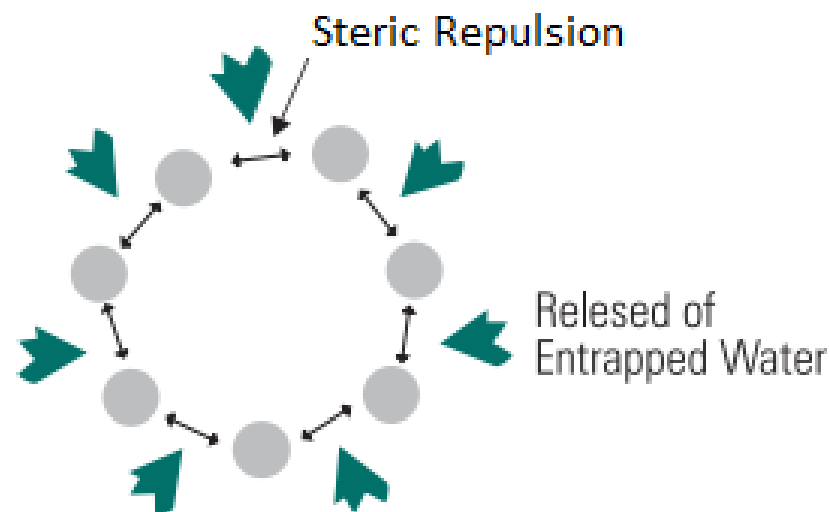
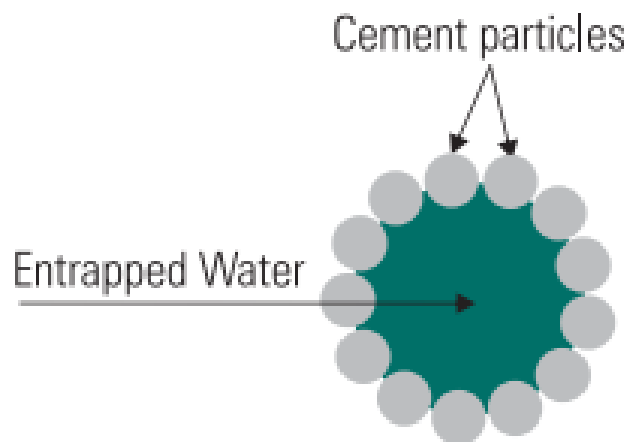


بتن آماده (گذشته، حال، آینده)



رها سازی آب به دام افتاده

Flocculation of Cement Particles



Dispersion of Cement Particles



انجمن علمی بتن ایران



مرکز تحقیقات
راه، مسکن و شهرسازی



انجمن بتن ایران



بتن آماده (گذشته، حال، آینده)

برهمکنش های اصلی PCE و اجزاء بتن

- انحلال در آب
- پخش شدن در ماتریس بتن تازه
- جذب بر روی سطوحی از سیمان که دارای بار مثبت قوی تری هستند.
- جذب بر روی میکرو ذرات غیر سیمانی که دارای بار سطحی مثبت می باشند.
- به دام افتادن در بین لایه های رس و کلسیم آلومیناتها intercalation
- جذب سطحی بر روی سنگدانه ها
- واکنشهای سطحی با مواد معدنی و تشکیل ترکیبات اورگانو مینرال



انجمن علمی بتن ایران

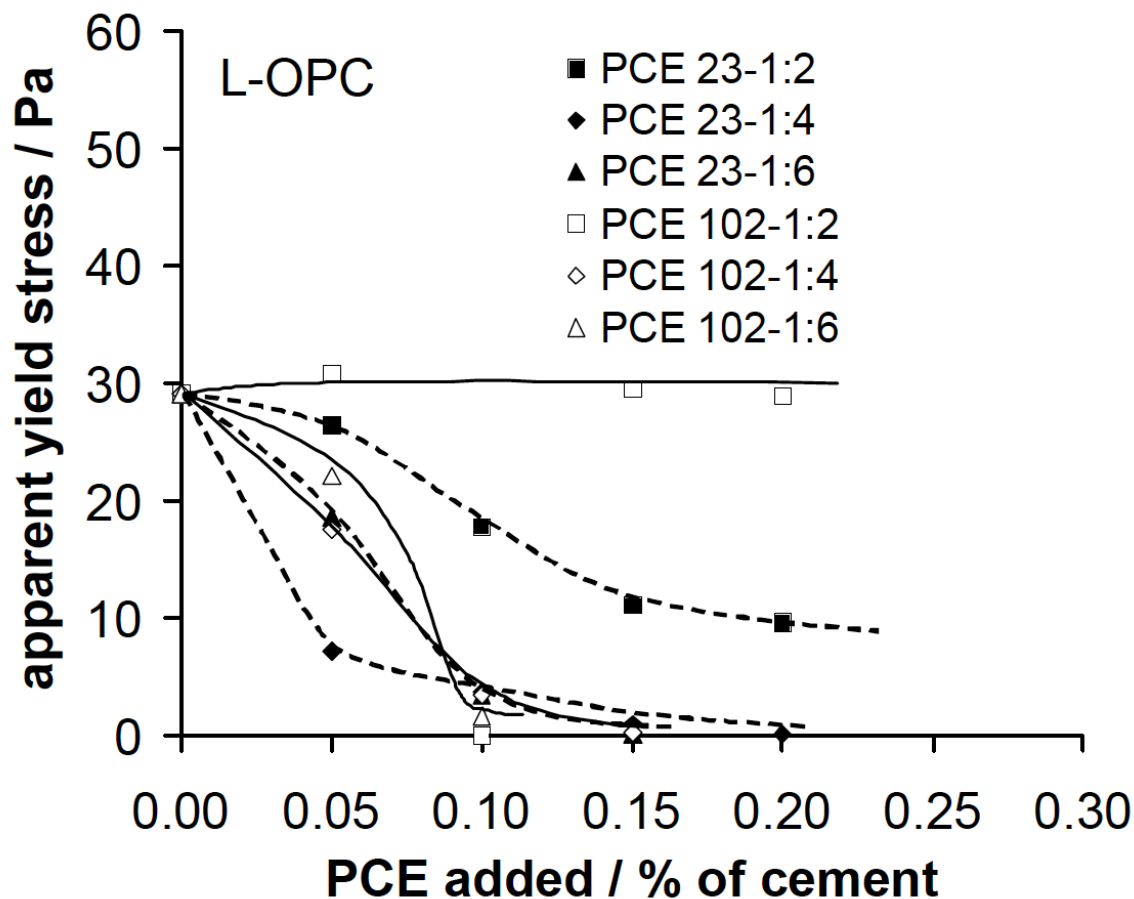
مرکز تحقیقات
راه، مسکن و شهرسازی

انجمن بتن ایران
انجمن علمی بتن ایران

بتن آماده (گذشته، حال، آینده)



رابطه ساختار PCE با روانی





انجمن علمی بتن ایران

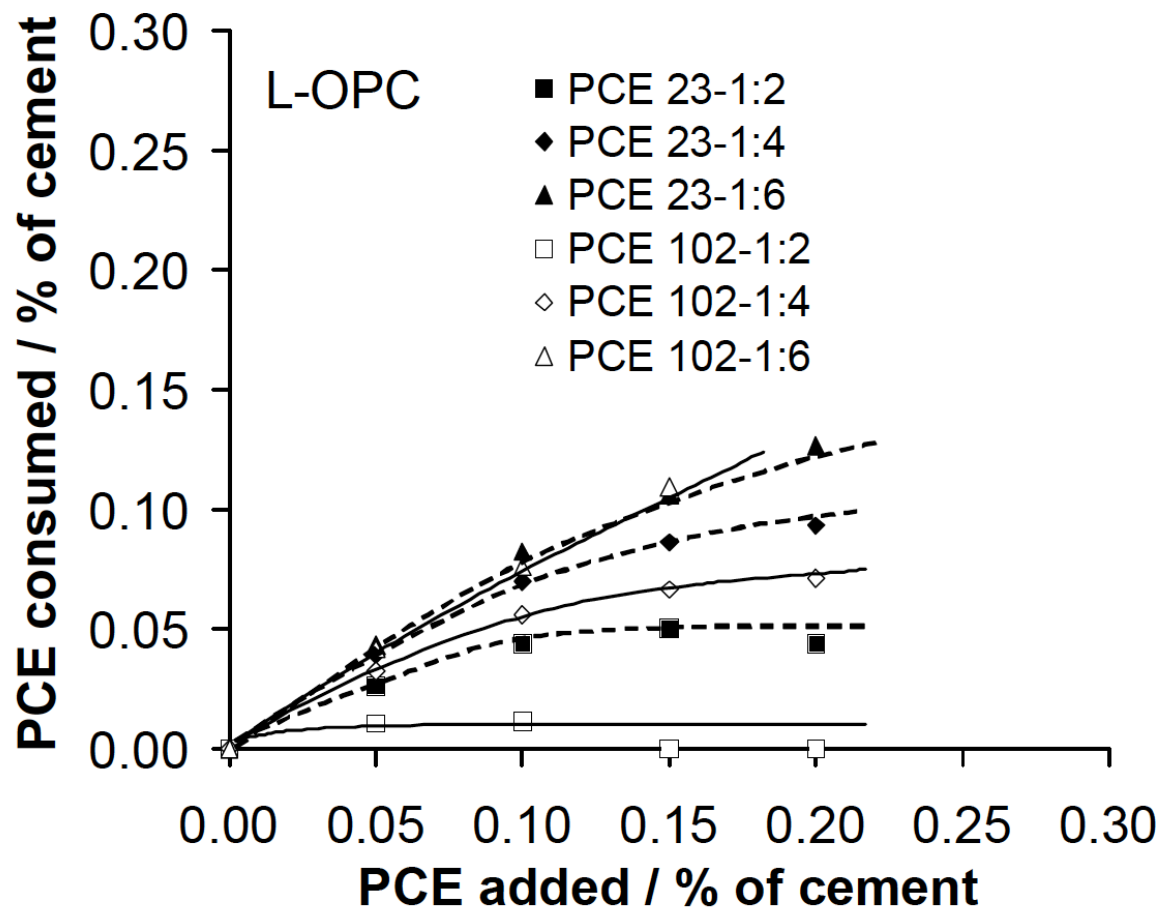
مرکز تحقیقات
راه، مسکن و شهرسازی

انجمن بتن ایران
انجمن علمی بتن ایران

بتن آماده (گذشته، حال، آینده)



رابطه ساختار PCE با میزان جذب





انجمن علمی بتن ایران



مرکز تحقیقات
راه، مسکن و شهرسازی

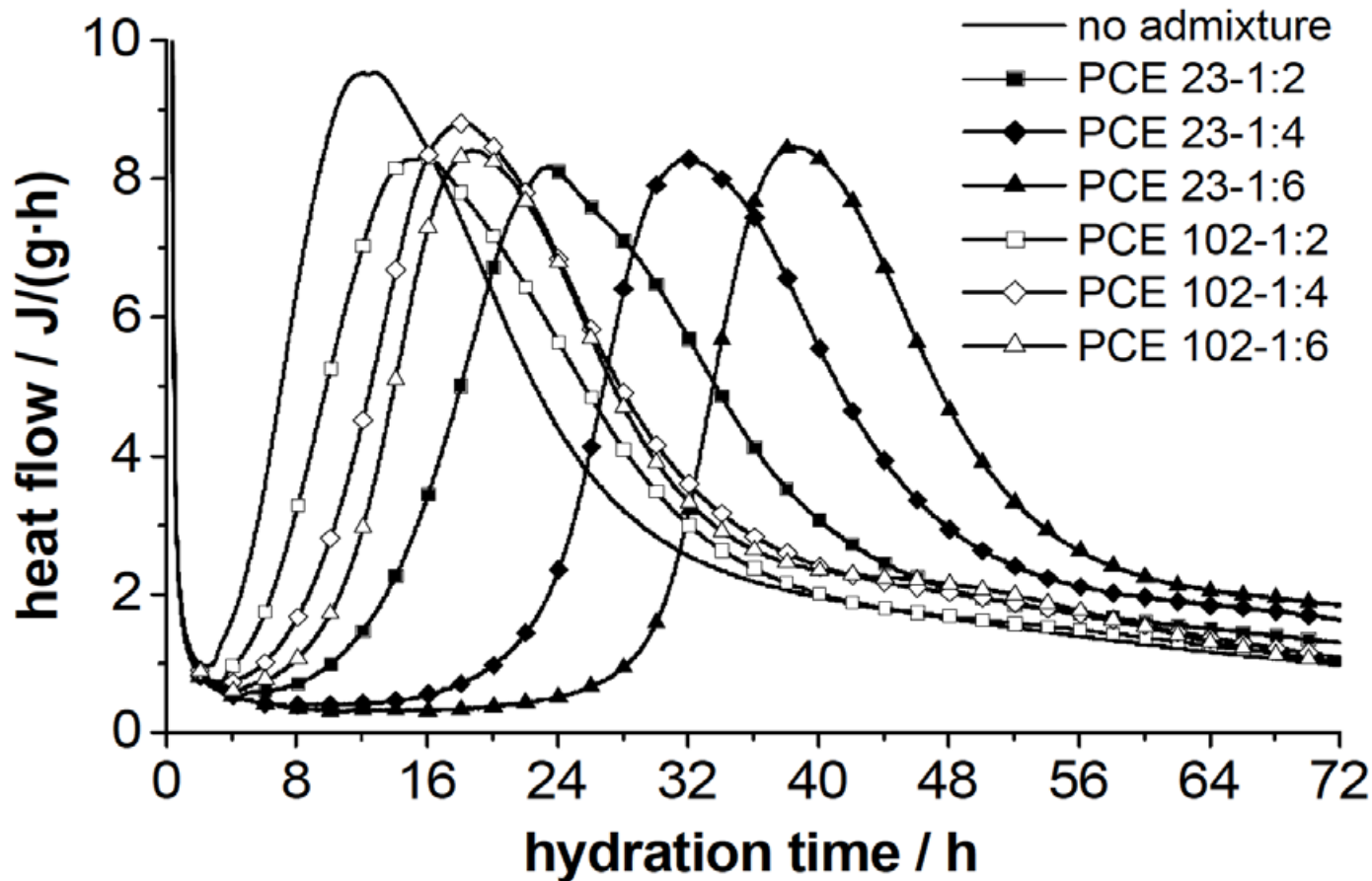


انجمن علمی بتن ایران



بتن آماده (گذشته، حال، آینده)

رابطه ساختار PCE با تاخیر در زمان گیرش





انجمن علمی بتن ایران



مرکز تحقیقات
راه، مسکن و شهرسازی

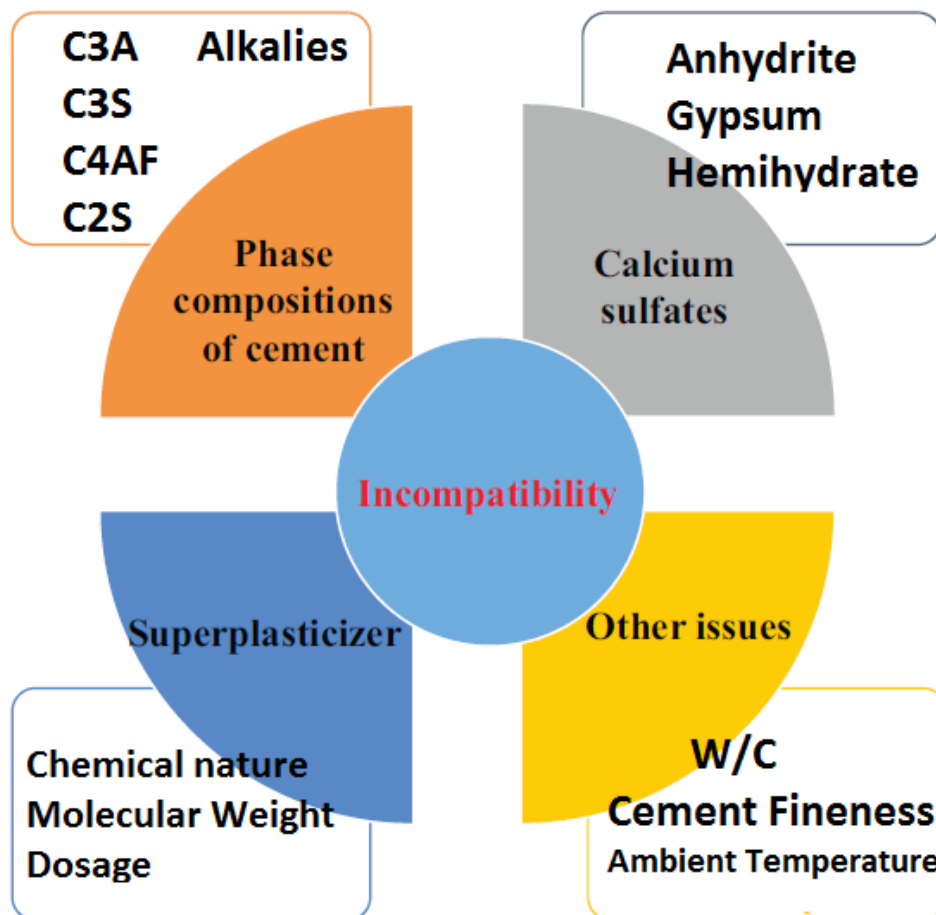


انجمن بتن ایران
انجمن علمی بتن ایران



بتن آماده (گذشته، حال، آینده)

عوامل اصلی ناسازگاریها





انجمن علمی بتن ایران



مرکز تحقیقات
راه، مسکن و شهرسازی



انجمن بتن ایران
انجمن علمی بتن ایران



بتن آماده (گذشته، حال، آینده)

پدیده های مهم ناشی از عدم سازگاری PCE در سیمان

۱. روانی ضعیف
۲. تاخیر در گیرش
۳. افت اسلامپ
۴. کسب مقاومت های پائین



انجمن علمی بتن ایران



مرکز تحقیقات
راه، مسکن و شهرسازی



انجمن بتن ایران



بتن آماده (گذشته، حال، آینده)

روانی ضعیف

۱. ناشی از ساختار PCE
۲. عدم توازن $C3A/SO3$
۳. بتن های با نسبت آب به سیمان پائین
۴. افزودن سریع افزودنی به مخلوط سیمانی
۵. بالا بودن درصد رس در سنگدانه ها



انجمن علمی بتن ایران



مرکز تحقیقات
راه، مسکن و شهرسازی

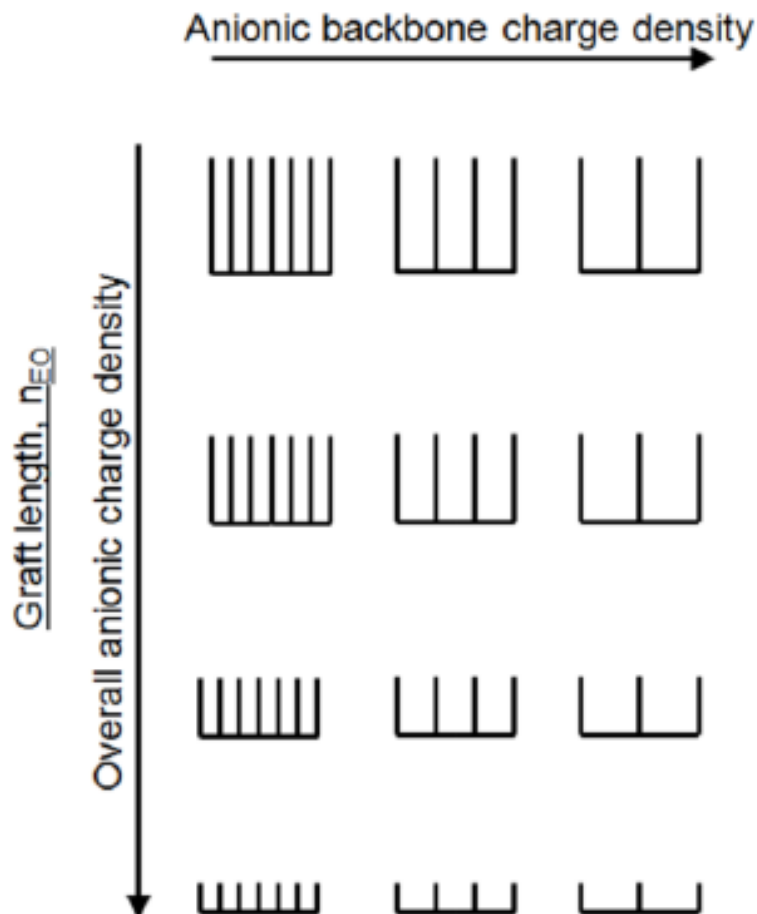


انجمن بتن ایران
انجمن علمی بتن ایران



بتن آماده (گذشته، حال، آینده)

۱. ضعف روانی ناشی از ساختار PCE





بتن آماده (گذشته، حال، آینده)

۱. ضعف روانی ناشی از ساختار PCE

۱. بلند بودن طول زنجیر اصلی
 - سرعت نفوذ پائین و جذب ضعیف
 - واجذب
 - تشکیل کمپلکس با کاتیونهای موجود و تغییر شکل
۲. بلند بودن طول زنجیرهای جانبی
 - گره خوردگی در زنجیرها و کاهش در کارایی
 - کاستن دانسیته بار و کاهش در قدرت جذب
۳. کم بودن دانسیته بار پلیمر
 - قدرت جذب پائین و افزایش در واجذب
۴. پلی دیسپرسیته بالا
 - عدم جذب یکنواخت زنجیرها و کاهش در اثربخشی جذب



بتن آماده (گذشته، حال، آینده)



۲. ضعف روانی ناشی از عدم توازن C3A/SO3

- در نسبت‌های بالای C3A میزان جذب PCE به دلیل سطح موثر بالای C3A بالا رفته و لذا مصرف آن زیاد می‌شود.
- در نسبت‌های پائین C3A، PCE با C3S تشکیل OMP داده و از اثربخشی PCE در روانی می‌کاهد و همچنین تاخیر در گیرش ایجاد می‌کند.
- در نسبت‌های پائین C3A/SO3، SO3 در رقابت با PCE برای جذب بر روی اترینگایت وارد شده و از توان جذب PCE می‌کاهد.
- در نسبت‌های بالای C3A/SO3 مولکول‌های PCE در لایه‌های هیدرات‌های آلومینیوم تشکیل OMP داده و اثربخشی خود را از دست می‌دهند.



انجمن علمی بتن ایران



مرکز تحقیقات
راه، مسکن و شهرسازی



انجمن بتن ایران
انجمن علمی بتن ایران



بتن آماده (گذشته، حال، آینده)

۳. ضعف روانی ناشی از نسبت آب به سیمان پائین

- تشدید ناسازگاری در W/C پائین
- کیفیت بتن به ساختار شیمیایی PCE وابستگی داشته و تناسبات بین جرم مولی، طول زنجیر جانبی، دانسیته بار بسیار تعیین کننده می باشد.
- تناسبات C3A و یون سولفات در دسترس سیستم نقش بسیار مهمی در کیفیت این بتن‌ها ایجاد می کند.
- استفاده از فیلرهای میکرونیزه به منظور بهبود ویسکوزیته مقاوم در برابر جدایش الزامی است.



انجمن علمی بتن ایران

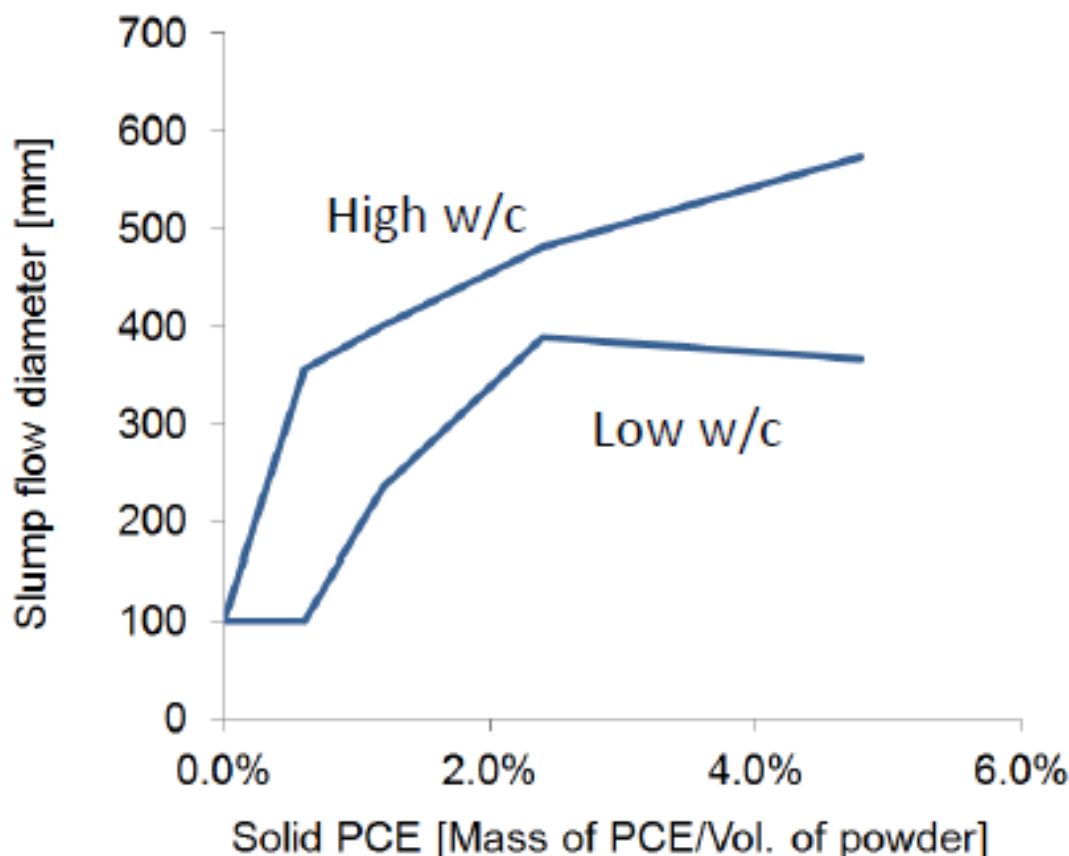
مرکز تحقیقات
راه، مسکن و شهرسازی

انجمن بتن ایران
انجمن علمی بتن ایران



بتن آماده (گذشته، حال، آینده)

۳. رفتار PCE در نسبت W/C متفاوت





انجمن علمی بتن ایران



مرکز تحقیقات
راه، مسکن و شهرسازی



انجمن بتن ایران
انجمن علمی بتن ایران



بتن آماده (گذشته، حال، آینده)

۴. ضعف روانی ناشی از تسریع در زمان ورود PCE

- تاخیر در اضافه کردن افزودنی دو مزیت ایجاد می کند:

۱. فاز اترینگایت تشکیل می شود و PCE کمتر بر روی فاز C3A جذب می شود و لذا OMP کمتری تشکیل می دهد و اثربخشی بالا می رود.
۲. کریستالهای اترینگایت درشت تر شده و سطح ویژه کمتری خواهند داشت و روانی بتن را کمتر کاهش می دهند.



انجمن علمی بتن ایران



مرکز تحقیقات
راه، مسکن و شهرسازی



انجمن بتن ایران
انجمن علمی بتن ایران



بتن آماده (گذشته، حال، آینده)

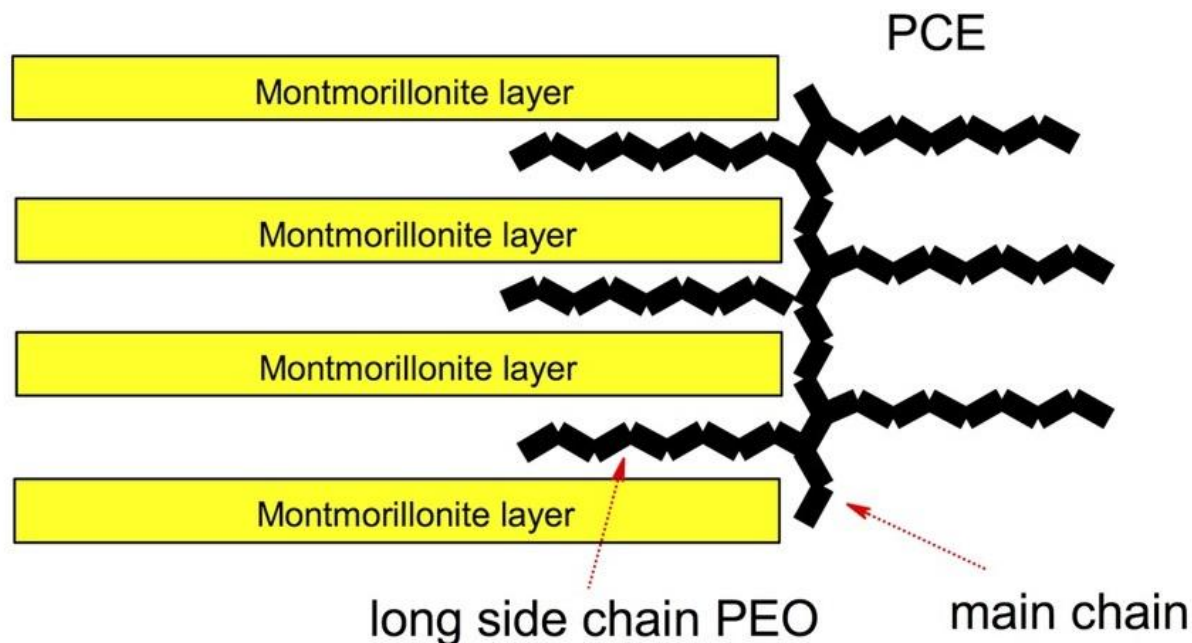
۵. حضور رس ناشی از سنگدانه

- رس ساختار لایه ای آلومینوسیلیکاتی دارد و در محیط قلیائی خمیر سیمان دارای زتا پتانسیل مثبت می شود.
- PCE به دو شکل جذب رس می گردد و از دسترس سیمان خارج می شود:
 ۱. جذب سطحی ناشی از جاذبه الکتروستاتیکی به دلیل زتا پتانسیل مثبت رس
 ۲. ورود به لایه های رس intercalation و تشکیل OMP



بتن آماده (گذشته، حال، آینده)

۵. حضور رس ناشی از سنگدانه





انجمن علمی بتن ایران



مرکز تحقیقات
راه، مسکن و شهرسازی



انجمن علمی بتن ایران



بتن آماده (گذشته، حال، آینده)

تاخیر در زمان گیرش

۱. با جذب بر روی سطح C3S مانع از انحلال آن در آب می شوند.
۲. مانع از تشکیل کریستالهای C-S-H می گردد.
۳. تشکیل کمپلکس یون کلسیم با PCE و تاخیر در تبلور کلسیم کربنات





انجمن علمی بتن ایران



مرکز تحقیقات
راه، مسکن و شهرسازی

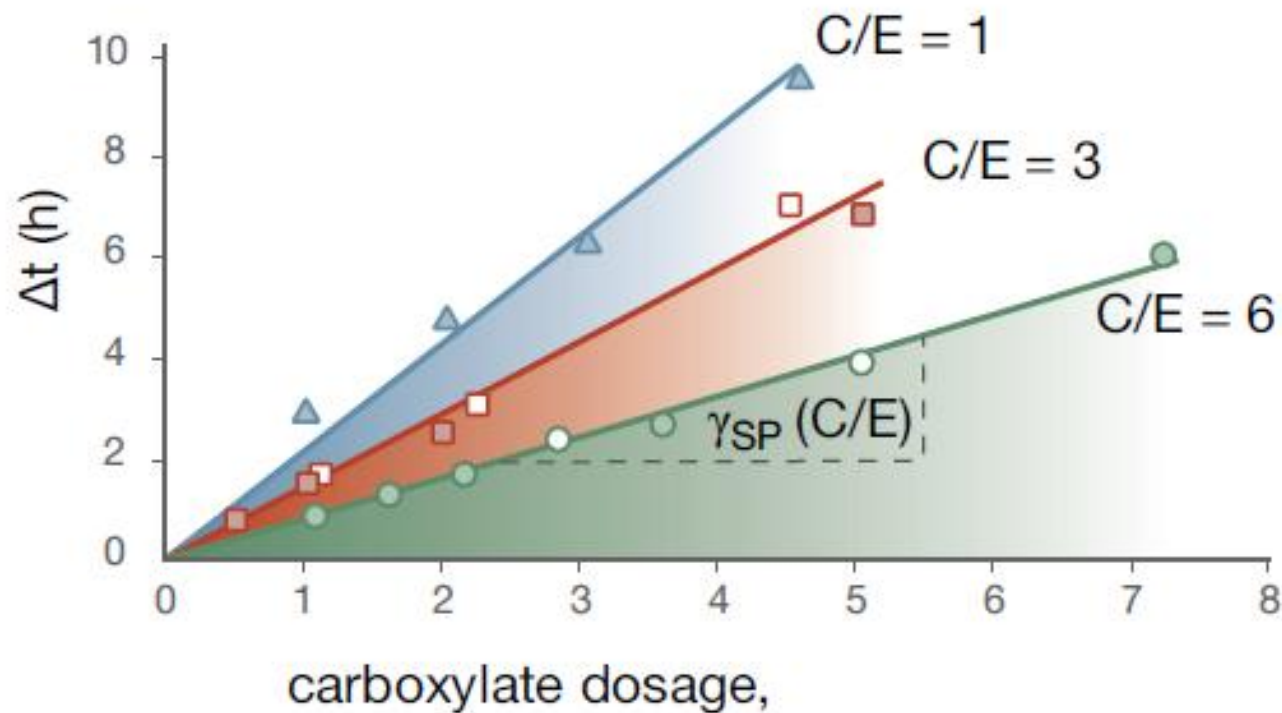


انجمن علمی بتن ایران



بتن آماده (گذشته، حال، آینده)

رابطه تاخیر در زمان گیرش با دانسیته بار زنجیر





انجمن علمی بتن ایران



مرکز تحقیقات
راه، مسکن و شهرسازی



انجمن بتن ایران
انجمن علمی بتن ایران



بتن آماده (گذشته، حال، آینده)

افت اسلامپ

۱. زیاد بودن دانسیته بار زنجیر
۲. بلند بودن زنجیرهای جانبی پلیمر
۳. اضافه کردن سریع روان کننده همزمان با آب
 - تغییر در ساختار کریستالهای اترینگایت و جذب بیشتر
۴. حضور رس در سیستم
 - ورود روان کننده آزاد به داخل لایه های رסהا
۵. نامناسب بودن نسبت $C3A/SO3$
۶. کم محلول بودن منابع سولفات موجود در سیمان



انجمن علمی بتن ایران



مرکز تحقیقات
راه، مسکن و شهرسازی



انجمن بتن ایران
انجمن صنفی بتن ایران



بتن آماده (گذشته، حال، آینده)

کاهش در مقاومت

- مصرف بیش از حد روان کننده
- ۱. ایجاد آب انداختگی و ضعف در ITZ
- ۲. افزایش Bleeding و افزایش پوروزیتیه در بتن



انجمن علمی بتن ایران



مرکز تحقیقات
راه، مسکن و شهرسازی



انجمن بتن ایران



بتن آماده (گذشته، حال، آینده)

آب انداختگی و جدایش Bleeding and Segregation

۱. مقدار آب زیادی در طرح اختلاط
۲. دانه بندی نامناسب شن و ماسه در طرح اختلاط
۳. بالا بودن مدول نرمی ماسه
۴. کم بودن مقدار سیمان در طرح اختلاط
۵. مصرف زیاد PCE در بتنهای HPC با نسبت آب به سیمان پائین