تحقیقات بتن
بهار و تابستان ۹۱،
سال پنجم، شماره اوّل
ص۷۸-۶۹
تاریخ دریافت: ۹۱/۱/۲۶
تاریخ پذیرش: ۹۱/۴/۱۵

مطالعهٔ آزمایشگاهی تأثیر مقدار دوده سیلیسی روی عملکرد بتن پودری واکنشی (RPC)

علیرضا خالو *
استاد دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شریف
محمد مهدی خداویردی زنجانی
دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی شریف
خلیل عزیزی
کارشناس ارشد مهندسی سازه دانشکده تحصیلات تکمیلی واحد بوشهر

چکیده :
بتن پودری واکنشی نوع جدیدی از بتن‌های توانمند است که بدلیل ریزی مواد پودری و پوزولانی مورد استفاده در آن و نیز مقدار زیاد موادی که به‌صورت هیدرولیکی فعال‌اند به آن بتن پودری واکنشی می‌گویند. هدف از این مقاله امکان سنجی ساخت و تولید بتن‌های پودری با مصالح بومی مورد استفاده در منطقه عسلویه است.
در این مقاله طی یک برنامه آزمایشگاهی برخی از خواص بتن (RPC) مورد بررسی قرار گرفته است. در این راستا با محاسبهٔ مقدار سیمان، نسبت آب به سیمان و درصد بهینهٔ فوق روان‌کننده اقدام به ساخت شش طرح اختلاط با درصدهای مختلف دوده سیلیسی (۰،۱۰،۱۵،۲۰،۳۰،۴۰ درصد) شده است. آزمایش‌ها مطالعات رئولوژی، مقاومت‌های فشاری و خمشی، نوع عمل‌آوری و بررسی ریزساختار را شامل می‌شود. نتایج آزمایش‌ها و تحلیل نشان می‌دهد که طرح اختلاط با ۱۵ درصد دوده سیلیسی بهینه بوده و بیشترین مقاومت‌های خمشی و فشاری در هر سه حالت مختلف رژیم عمل‌آوری فراهم می‌آورد.

واژه‌های کلیدی : بتن پودری واکنشی، پوزولانی، فوق روان کننده، میکرو سیلیس، عمل‌آوری.

*نویسنده مسئول: khaloo@sharif.ir

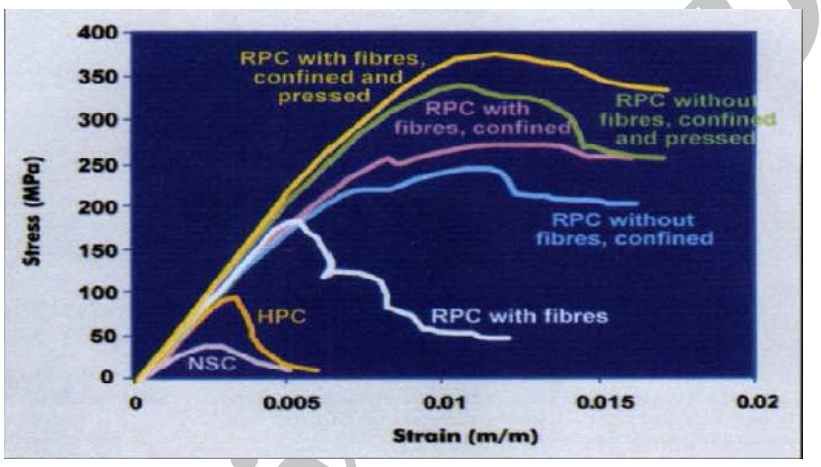
Archive of SID
www.SID.ir

۱. مقدمه

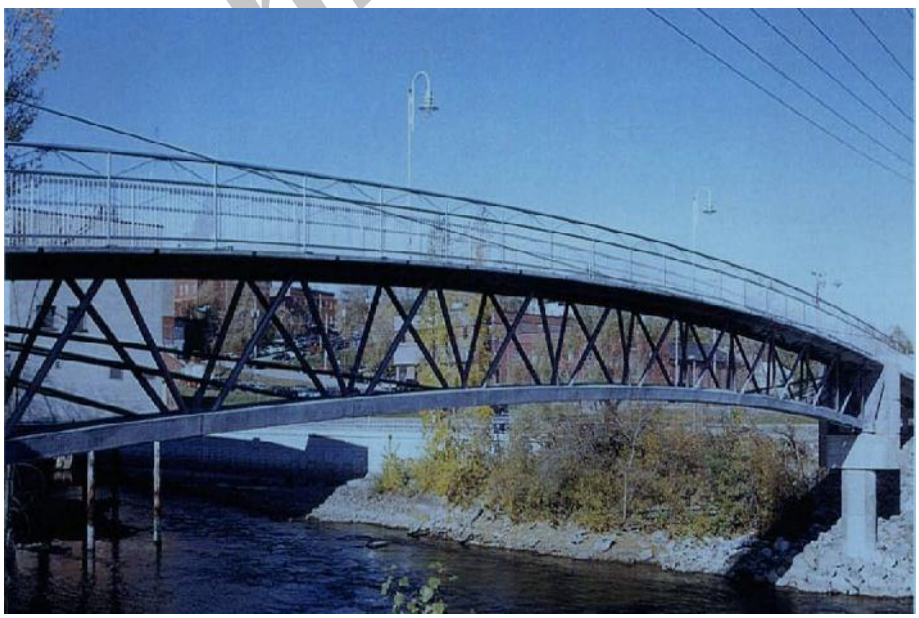
بتن معمولی یکی از مصالح معمول در ساخت و ساز است که با مشکلاتی نظیر مقاومت و دوام پایین دربرابر خوردگی ناشی از نفوذ یون کلروسولفور در شرایط خاص مواجه است. به همین دلیل محققان اقدام به جایگزین کردن بتن مقاوم‌تر به‌نام بتن با عملکرد بالا (HPC) نمودند. سپس بتن‌های با عملکرد فوق‌العاده (UHPC) طراحی شد و در نهایت تلاش دست‌اندرکاران دانش بتن منجر به ساخت بتن‌های پودری واکنشی (RPC) گردید[۱]. شکل ۱ مقایسه‌ای از رفتار مکانیکی بتن پودری در مقایسه با سایر بتن‌های موجود را نشان می دهد.

بتن پودری واکنشی از سال ۱۹۹۰ گسترش چشمگیری پیدا نمود. قبل از آن HPC مهم‌ترین و مناسب‌ترین گزینه برای بتن‌های با مقاومت مناسب و عملکرد بالا بود.

اولین سازه ساخته شده با RPC پلی است در شربروک کبک که در طراحی و ساخت آن از بتن RPC استفاده شده (شکل ۲)، و این امر باعث کاهش قابل توجه مقاطع بتنی از لحاظ ابعاد و وزن شده است[۲]. مصالح متداول مورد کاربرد در ساخت بتن RPC عبارت‌اند از سیمان پرتلند، پودر کوارتز، دوده سیلیسی، فوق روان کننده و الیاف فولادی [۳].



شکل ۱- مقایسه عملکرد مکانیکی بتن پودری با سایر بتن‌های موجود[۱]



شکل۲- اولین سازه ساخته شده با بتن پودری (sherbrooke, quebec) [۲]

www.SID.ir

جهت دستیابی به مقاومت و کیفیت بالاتر، در کنار سیمان پرتلند از خاکستر بادی و میکروسیلیس استفاده می‌شود. با توجه به این‌که تهیه کوارتز نیز هزینهٔ زیادی را می‌طلبد، جهت کاهش هزینه‌ها در ساخت بتن پودری استفاده از سنگ‌دانه‌های طبیعی با اندازه ۳ میلی‌متر و پایین پیشنهاد شده است[۳].

با توجه به ادبیات فنی موجود چارچوب طرح اختلاط مورد استفاده در بتن پودری به شرح ذیل است:

- نسبت آب به سیمان یا مواد سیمانی بین ۱۵٪ تا ۲۵٪
- مقدار کل مواد سیمانی بین ۷۵۰ تا ۱۴۰۰ کیلوگرم در مترمکعب (سیمان با جایگزینی درصدهای مختلف میکروسیلیس در بازه ۱۰٪ تا ۵۰٪)
- ماسه کوارتز دارای اندازه ذرات بین ۱۵۰ تا ۶۰۰ میکرون
- ماسه طبیعی عبوری از الک ۸
- الیاف فولادی در بازه ۲/۵ تا ۱۰ درصد

گزارش‌های ارائه شده درخصوص مطالعات تحقیقاتی و آزمایشگاهی در زمینهٔ ساخت بتن‌های پودری با توجه به نسبتاً جدید بودن نوع بتن در سطح جهانی محدود بوده و در داخل کشور نیز گزارش مطالعاتی ارائه نگردیده است. در همین راستا نیز ساخت و تولید بتن‌های ویژه با توجه به کاربردهای ویژه آن‌ها در سازه‌های خاص حائز اهمیت بوده و لزوم شناسایی و بررسی عملکرد آن‌ها ضروری است.

هدف از انجام این تحقیق، بررسی امکان ساخت و تولید بتن RPC با مصالح بومی و نیز مطالعه برخی از پارامترهای تأثیرگذار بر عملکرد آن است. از سیمان تیپ ۲ شرکت سیمان هرمزگان، ماسه معدن سیراف، دوده سیلیسی از کارخانجات فرو آلیاژ ازنا در استان سمنان و فوق روان کننده با پایه پلی کربوکسیلات اتر با نام تجاری Glenium 110P در این مطالعه استفاده شده است. براساس بررسی‌های آزمایشگاهی مختلف روی شش طرح اختلاط با درصدهای مختلف دوده سیلیسی (۰، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۳۰، ۴۰ درصد)، طرح بهینه با جایگزینی ۱۵٪ میکروسیلیس که دارای بیشترین مقاومت فشاری و خمشی است به عنوان بهترین طرح شناخته شد.

۲. برنامه آزمایشگاهی

۲ - ۱. طرح اختلاط و مشخصات مصالح مصرفی

در این مطالعه مقدار کل مواد سیمانی ۱۱۰۰ کیلوگرم در یک متر مکعب و برابر میانگین مقدار مواد سیمانی معمول در بتن RPC و نیز جهت دستیابی به مقاومت بالا در نظر گرفته شد. با درنظر گرفتن نسبت آب به سیمان (۰/۲) درراستای دستیابی به طرح مخلوط بتن پودری، مقدار افزودنی فوق روان کننده بهینه محاسبه گردید. برای به‌دست آوردن مقدار بهینه فوق روان کننده ۵ طرح اختلاط خمیر سیمان با درصدهای مختلف (۱/۵ ، ۱/۸ ، ۲/۰ ، ۲/۳ ، ۲/۵) فوق روان کننده ساخته شده و توسط مخروط مارش، زمان خروج نیم لیتر خمیر سیمان از قیف تعیین گردیده در نمودار لگاریتم زمان بر حسب درصد استفاده از فوق روان کننده، هر گاه زاویه داخلی شکست نمودار ۱ ± ۱۴۰ درجه شد، آن درصد، نقطهٔ بهینهٔ فوق روان کننده خواهد بود که مطابق نمودار درصد بهینه ۲/۲ درصد است (شکل ۳). بر اساس مطالب فوق، طرح‌های اختلاط نهایی در جدول ۱ آورده شده است.

۲- ۲. روش عمل‌آوری

با توجه به تحقیقات صورت پذیرفته در رابطه با طراحی و ساخت بتن‌های پودری، روش‌های مختلفی جهت عمل‌آوری این بتن‌ها به‌کار گرفته شده است (۱۱-۴). این روش‌ها شامل عمل‌آوری معمولی (آب ۲۰ درجه سانتی گراد)، عمل‌آوری حرارتی (آب ۹۰ درجه سانتی‌گراد) و عمل‌آوری اتوکلاو (بخار با دمای ۱۹۰ – ۱۶۳ و فشار KPa ۱۱۹۰-۵۶۰)اند.

در این مطالعه در راستای این‌که بتن پودری می‌بایست با حداقل مصرف انرژی تحت عمل‌آوری قرار گیرد لذا از بین روش‌های بالا، روش عمل‌آوری در حمام آب ۹۰ درجه انتخاب گردید.

روش عمل‌آوری زیر جهت کلیه طرح‌ها انجام شد:

- یک روز در قالب
- یک روز در آب ۲۰ درجه سانتی گراد
- سه روز در آب ۹۰ درجه سانتی گراد

۳ - ۲. انجام آزمایش‌ها

پس از ساخت بتن‌ها، با آزمایش رئولوژیکی از طریق جریان اسلامپ کوچک (Mini Flow slump)، جریان‌پذیری بتن ارزیابی گردید و سپس مازاد آن در قالب‌های مکعبی(۵X۵ X۵ cm) جهت انجام آزمایش مقاومت فشاری و قالب منشوری (۱۶X۴X۴cm) جهت انجام آزمایش مقاومت خمشی ریخته شد. پس از مشخص شدن طرح بیشینه مقاومتی، نمونهٔ استوانه‌ای از این طرح ساخته و

Archive of SID

www.SID.ir

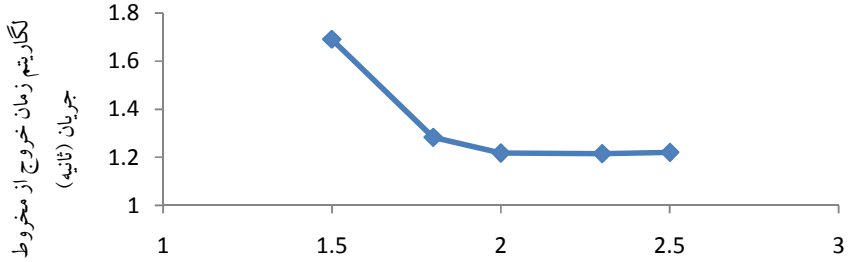
جهت بررسی رفتار مکانیکی تحت آزمون فشاری و بررسی تغییر شکل با دستگاه یونیورسال قرار گرفت و مدول الاستیسته بتن پودری بهینه تعیین گردید. در پایان طرح‌های ۱،۳و۵ به‌عنوان نماینده شش طرح با توجه به مقاومت و میزان دوده سیلیسی انتخاب گردیدند و مورد آزمون‌های ریز ساختاری شامل آزمون الکترونی روبشی (SEM) و آنالیز تفکیک انرژی (EDS) قرار گرفتند.

۳. نتایج آزمایش‌ها و تجزیه و تحلیل

۳ـ۱. آزمایش رئولوژی

با توجه به خاصیت جریان‌پذیری بتن‌های پودری واکنشی، بررسی میزان این جریان پذیری از طریق تست اسلامپ کوچک که برای ملات‌های خودتراکم مورد استفاده قرار می‌گیرد[۱۲]، در این پژوهش استفاده شده است. طبق استاندارد EFNARC، بازشدگی ملات به میزان ۲۶-۲۴ سانتی‌متر مقدار قابل قبول جهت دستیابی به ملات خودتراکم می‌باشد. اما در بتن‌های RPC به‌دلیل پیوستگی زیاد میان دانه‌ها امکان جداشدگی ذرات وجود ندارد و بنابراین میزان بازشدگی بیشتر از محدوده فوق نیز می‌تواند قابل قبول باشد.

با توجه به نتایج آزمون رئولوژی که در جدول ۲ نمایش داده شده است، افزایش دوده سیلیسی سبب افت جریان‌پذیری بتن پودری گردیده است. علت اصلی این موضوع احاطه مقداری از مولکول‌های آب آزاد توسط ذرات دوده سیلیسی در ساختار خمیر سیمان است.



شکل۳- زمان مخروط جریان در طرح‌های خمیر سیمان

جدول ۱- طرح‌های مخلوط بتن پودری در این پژوهش (مقادیر بر حسب kg/m^3)

شماره طرح	آب به مواد سیمانی	آب به سیمان	سیمان	میکروسیلیس	آب	فوق‌روان‌کننده	ماسه
۱	۰/۲	۰/۲۰	۱۱۰۰	-	۲۲۰	۲۲	۱۰۱۳
۲	۰/۲	۰/۲۲	۹۹۰	۱۱۰	۲۲۰	۲۲	۹۷۷
۳	۰/۲	۰/۲۳	۹۳۵	۱۶۵	۲۲۰	۲۲	۹۵۸
۴	۰/۲	۰/۲۵	۸۸۰	۲۲۰	۲۲۰	۲۲	۹۴۰
۵	۰/۲	۰/۲۸	۷۷۰	۳۳۰	۲۲۰	۲۲	۹۰۴
۶	۰/۲	۰/۳۳	۶۶۰	۴۴۰	۲۲۰	۲۲	۸۶۸

جدول ۲- نتایج آزمون جریان اسلامپ کوچک

شماره طرح	میانگین قطر بازشدگی (سانتی‌متر)
۱	۳۲/۵
۲	۳۰/۰
۳	۲۹/۰
۴	۲۸/۵
۵	۲۵/۵
۶	۲۵/۰

Archive of SID

www.SID.ir

۳-۲. آزمایش خواص مکانیکی

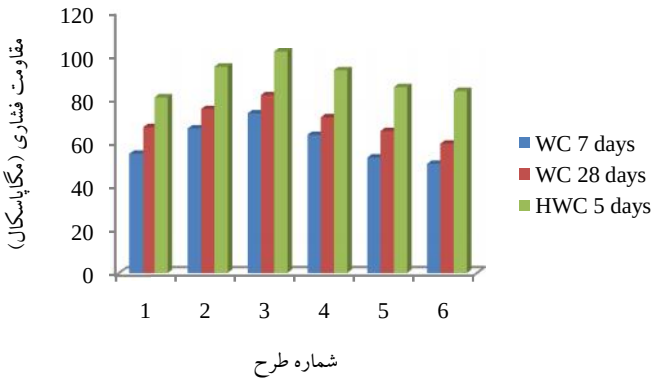
با توجه به اهداف این مطالعه، از طرح‌های اختلاط بتن پودری نمونه‌های مختلفی جهت بررسی رفتار مکانیکی این مصالح ساخته شد. آزمون‌های فشاری و خمشی به‌عنوان مهم‌ترین آزمون‌های مکانیکی مورد بررسی قرار گرفتند.

پس از مشخص شدن طرح بیشینه مقاومتی، نمونهٔ استوانه‌ای از این طرح ساخته شد و جهت بررسی رفتار مکانیکی تحت آزمون فشاری و بررسی تغییر شکل قرار گرفت و مدول الاستیسیته بتن پودری بهینه نیز محاسبه گردد. نتایج آزمون‌های مکانیکی در جدول ۳ ارائه شده است. در شکل ۴ مقایسه نتایج آزمون فشاری در روش‌های عمل‌آوری مختلف و نیز سنین مختلف عمل‌آوری را ارائه شده است. بیشینه مقاومتی در بین طرح‌ها، در طرح دارای ۱۵ درصد دوده سیلیسی (طرح ۳) به‌دست آمده است.

با استناد به جدول ۳ و مقایسهٔ نتایج طرح‌ها ملاحظه می‌گردد که طرح‌های دارای مقادیر ۱۰ و ۲۰ درصد دوده سیلیسی (به ترتیب طرح‌های ۲ و ۴) درحالت عمل‌آوری در آب داغ دارای نتایج نزدیک به یکدیگرند که علت این موضوع تقویت عملکرد پوزولانی دوده سیلیسی تحت حرارت است.

جدول ۳- نتایج آزمون‌های فشاری و خمشی (بر حسب مگاپاسکال)

شماره طرح	نوع عمل‌آوری					
	در آب معمولی (۲۰ درجه)				در آب جوش (۹۰ درجه)	
	مقاومت فشاری		مقاومت خمشی		مقاومت فشاری	مقاومت خمشی
	۷ روزه	۲۸ روزه	۷ روزه	۲۸ روزه	۵ روزه	۵ روزه
۱	۵۴/۹	۶۷/۱	۱۰/۱	۱۳/۶	۸۰/۸	۱۷/۸
۲	۶۶/۵	۷۵/۴	۱۳/۷	۱۵/۴	۹۴/۹	۲۲/۲
۳	۷۳/۴	۸۱/۸	۱۵/۰	۱۷/۵	۱۰۱/۹	۲۳/۴
۴	۶۳/۵	۷۱/۶	۱۲/۲	۱۴/۹	۹۳/۳	۲۲/۱
۵	۵۳/۱	۶۵/۳	۸/۹	۱۱/۸	۸۵/۵	۲۰/۵
۶	۵۰/۲	۵۹/۵	۷/۸	۱۰/۴	۸۳/۷	۱۹/۷



شکل ۴- مقاومت فشاری نمونه‌های بتن پودری تحت عمل‌آوری‌های مختلف (WC= عمل‌آوری معمولی، HWC= عمل‌آوری در آب داغ ۹۰ درجه)

Archive of SID

www.SID.ir

همچنین با توجه به افزایش حجم دوده سیلیسی در مقادیر متوسط و بالای جایگزینی سیمان (۲۰،۳۰و ۴۰ درصد) با بیشتر شدن مقدار سیلیس غیر فعال درماتریس خمیر، مقاومت بتن پودری هم در عمل‌آوری معمولی و هم در عمل آوری حرارتی کاهش یافته است.

در شکل نحوه تغییرات مقاومت خمشی بتن‌های پودری با تغییر در مقدار دوده سیلیسی، سن نمونه و نوع عمل‌آوری نشان داده شده است.

در راستای دستیابی به مدول الاستیسیته (E) با طرح بهینه، نتایج آزموتست فشاری با کرنش تحت کنترل در شکل ۶ آورده شده است.

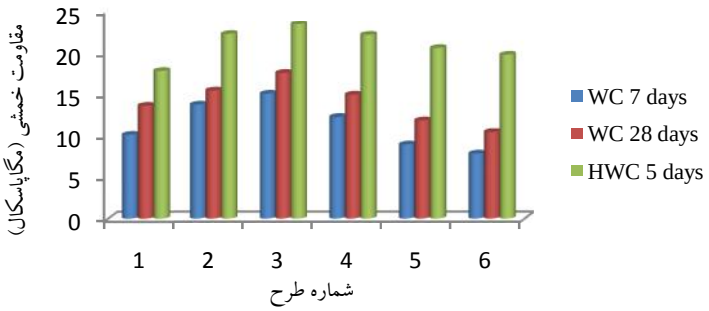
با توجه به شکل ۶ ملاحظه می‌گردد که بتن پودری نسبت به بتن معمولی تردتر است. نتایج مقاومت فشاری و مدول الاستیسیته به‌دست آمده از آزمون فشاری با کرنش تحت کنترل در جدول ۴ نشان می‌دهد که با افزایش حدود ۳/۵ برابر مقاومت فشاری در بتن پودری واکنشی، مدول الاستیسیته حدود ۶۰ درصد افزایش می‌یابد. همچنین مقایسه مدول الاستیسیته پیشنهادی کمیته ۳۶۳ ACI از همخوانی نزدیکی با مقدار حاصل از آزمایش برخوردار است.

۳ - ۳. بررسی ریز ساختاری

دو آزمون میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و آنالیز تفکیک انرژی(EDS) به عنوان آزمون‌های ریز ساختاری بر روی نمونه‌های به‌دست آمده از طرح‌های مختلف بتن پودری صورت گرفت.

این آزمون ها روی طرح‌های ۱،۳و۵ انجام شد. علت اصلی بهبود ریز ساختار و مقاومت نمونه‌های بتنی تحت عمل‌آوری حرارتی، ایجاد محیط مناسب جهت برقراری واکنش‌پذیری پوزولانی عنوان نمود. با توجه به همین موضوع و با مقایسه اشکال ۷- الف و ب که به ترتیب ریز ساختار طرح مبنا (طرح ۳) تحت عمل‌آوری معمولی و حرارتی را نشان می‌دهد ملاحظه می‌گردد که عمل‌آوری حرارتی به تولید مقادیر بیشتری ژل C-S-H منجر گردیده که در نتیجه بهبود شرایط واکنش هیدراتاسیون حاصل گردیده است.

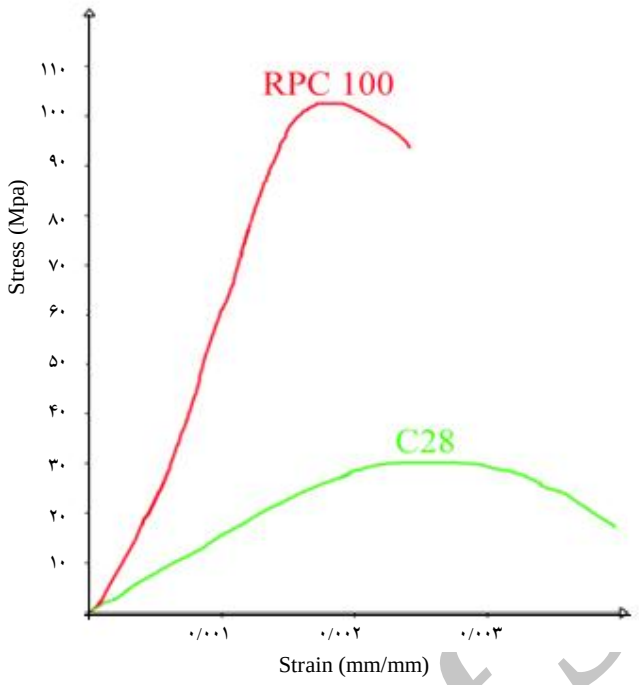
اشکال ۸- الف و ب که از نتایج آزمون آنالیز تفکیک انرژی حاصل گردیده‌اند مقایسه نسبت SiO2)Ca) رادر ساختار ژل C-S-H موجود در ماتریس بتن‌های RPC نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشخص شده است نسبت C/S در نمونه طرح (۳) افزایش قابل توجهی نسبت به نمونه بدون میکروسیلیس (طرح ۱) دارد. زمانی که مقادیر بالای دوده سیلیسی در ماتریس به‌کار گرفته می‌شود بخش قابل توجهی از این ذرات تنها نقش پر کننده (فیلر) را ایفا نموده و نه تنها سبب تولید ژل پر مقاومت C-S-H نخواهد شد بلکه با کلوخه شدن به یکدیگر موجب به‌وجود آمدن نواحی ضعیف و کم‌مقاومت نیز در ماتریس می گردند. لذا مقاومت طرح‌های بتن پودری با افزایش مقدار دوده سیلیسی نسبت به طرح بهینه کاهش می‌یابد.



شکل ۵ - مقاومت خمشی طرح‌های مختلف بتن پودری در سنین و عمل‌آوری‌های مختلف
(WC= عمل‌آوری معمولی، HWC= عمل‌آوری در آب داغ ۹۰ درجه)

Archive of SID

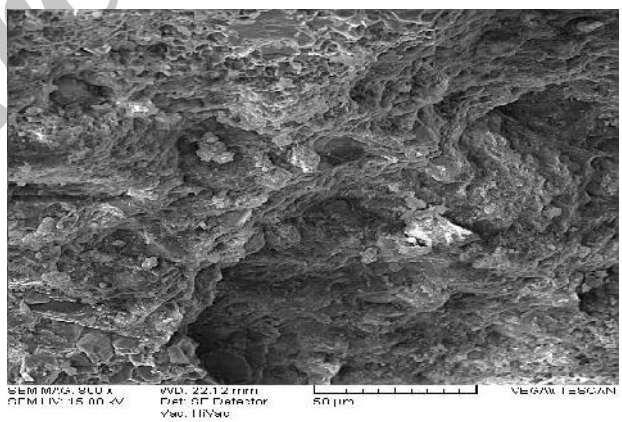
www.SID.ir



شکل ۶- نمودار رفتار فشاری نمونه بتن پودری طرح بهینه (طرح ۳) در مقایسه با نمونه بتن معمولی (۲۸ مگاپاسکال)

جدول ۴- مقاومت مشخصه و مدول الاستیسیته طرح بهینه (طرح ۳) و طرح بتن معمولی

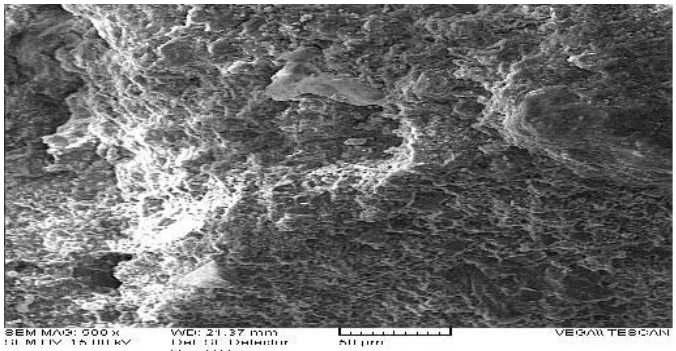
نام طرح	مقاومت مشخصه (MPa)	مدول الاستیسیته (GPa)	مدول الاستیسیته محاسبه شده با فرمول (GPa)	
			ACI- ۳۱۸	ACI- ۳۶۳
بتن معمولی (C28)	۲۸	۲۵/۲	۲۵/۰	۲۴/۵
بتن پودری (RPC100)	۱۰۰	۴۰/۵	–	۴۰/۱۰۰



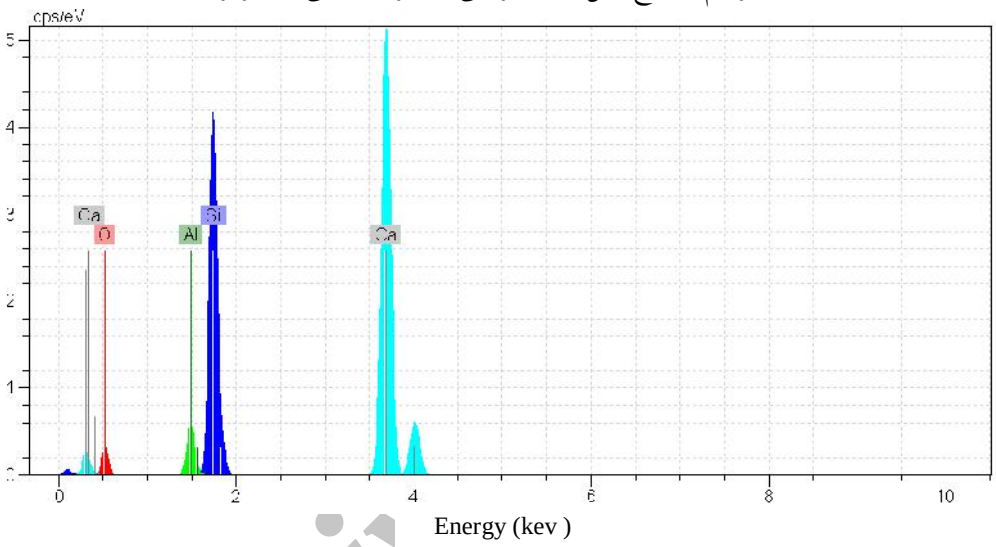
شکل ۷- الف- ریز ساختار طرح مبنا در سن ۲۸ روز تحت عمل‌آوری معمولی (کریستال‌های پرتلندیت در گوشه‌ی سمت چپ تصویر به وضوح قابل مشاهده‌اند)

Archive of SID

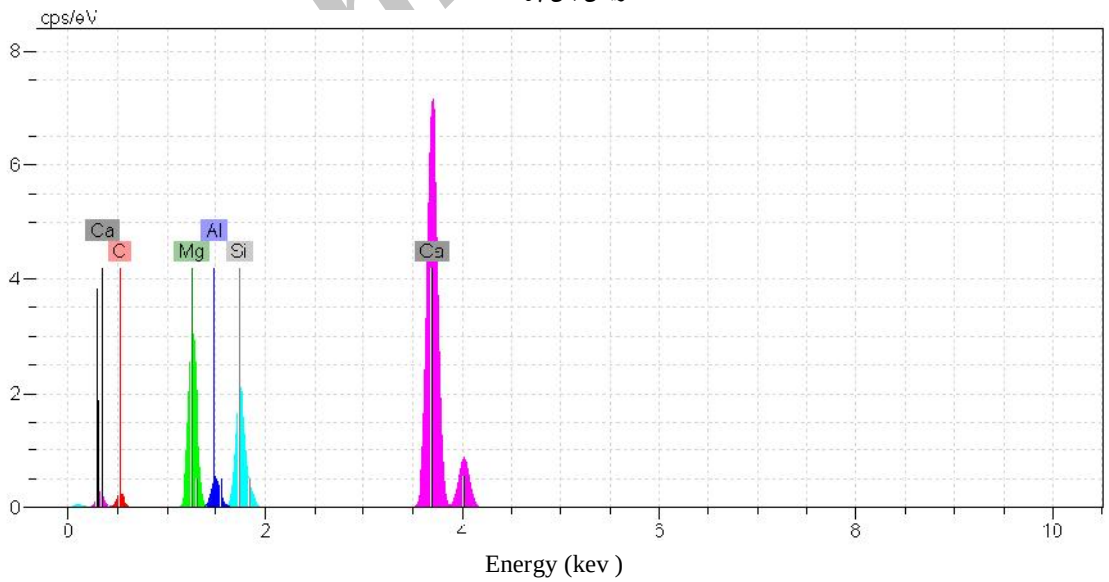
www.SID.ir



شکل ۷- ب- ریز ساختار طرح مبنا تحت عمل‌آوری حرارتی (تولید مقادی بیشتر ژل کلسیم- سیلیکات- هیدرات و ایجاد ساختاری متراکم از نتایج عمل‌آوری حرارتی‌اند) (بزرگ‌نمایی ۵۰۰ برابر)



شکل ۸-الف- نسبت C/S در خمیر موجود در طرح ۱ برابر ۱/۹ می‌باشد که نشان از حضور مقادیر بیشتر نوع III ژل C-S-H در ماتریس بتن پودری دارد



شکل ۸- ب- نسبت C/S در خمیر موجود در طرح ۳ برابر ۳/۵ است که نشان از حضور مقادیر بیشتر نوع I ژل C-S-H در ماتریس بتن پودری دارد

www.SID.ir

۴. نتیجه‌گیری

براساس مطالعات این پژوهش که بررسی خواص رئولوژی، مکانیکی و نیز ریز ساختار بتن‌های پودری را دربرگرفت نتایج زیر حاصل گردید:

۱- با افزایش میزان جایگزینی دوده سیلیسی از قطر بازشدگی جریان در آزمون اسلامپ کوچک کاسته می‌گردد.

۲- بیشینه مقاومتی در بین طرح‌های مورد مطالعه در طرح دارای ۱۵ درصد میکروسیلیس (طرح۳) به‌دست آمده که برابر ۱۰۱/۹ MPa در ۲۸ روز با عمل‌آوری حرارتی است.

۳- طرح‌های دارای مقادیر ۱۰ و ۲۰ درصد دوده سیلیسی در حالت عمل‌آوری حرارتی دارای نتایج نزدیک به یکدیگر هستند.

۴- مقاومت بتن پودری با افزایش مقدار دوده سیلیسی، بیش از ۱۵ درصد مواد چسبنده، در عمل‌آوری معمولی و نیز حرارتی کاهش یافته است.

۵- مدول الاستیسیته بتن پودری نسبت به بتن معمولی بسیار بیشتر می‌شود. همچنین بتن‌های پودری خاصیت ترد شکنندگی بسیار بالایی دارد که در جهت رفع این مشکل ضروری است در ساخت این بتن‌ها از الیاف فولادی استفاده نمود.

۶- بررسی ریزساختاری انجام شده نشان می دهد که عمل‌آوری تحت حرارت سبب بهبود ساختار تخلخل و همچنین بهبود شرایط انجام واکنش پوزولانی از طریق فعال سازی ذرات سیلیس با پیوندهای سطحی اشباع می گردد.

۵. مراجع

[1]. M.G. Lee, Y.C. Wang, C.T. Chiu, "A preliminary study of reactive powder concrete as a new repair material, Construction and Building Materials," 21, 182–189, 2007.

[2]. P.Y. Blais, M.Couture, Precast, "Prestressed Pedestrian Bridge-World's First Reactive Powder Concrete Structure," PCI Journal, 60-71, 1999.

[3]. Z. Yunsheng, S. Wei, L. Sifeng, J. Chujie, L. Jianzhong, "Preparation of C200 green reactive powder concrete and its static–dynamic behaviors," Cement & Concrete Composites, 30, 831–838, 2008.

[4]. M. G. Lay , Handbook of Road Technology, Sec. Ed., Vol. 1, Gordon and Breach Science Publishers, 1990.

[5]. J. Ma, M. Orgass, Comparative Investigations on Ultra-High Performance Concrete with and without coarse aggregates, LACER, No.9, 10 pages, 2004.

[6]. A. Sadrekarimi, "Development of a Light Weight Reactive Powder Concrete," Journal of Advanced Concrete Technology, Vol.2, No.3, 409-417, 2004.

[7]. A. Cwirzen, V. Penttala, C. Vornanen, "Reactive powder based concretes: Mechanical properties, durability and hybrid use with OPC," Cement and Concrete Research, 38, 1217-1226, 2008.

[8]. D. P. Bentz, "Drying/hydration in cement pastes during curing," Materials and Structures, Vol.34, 557-565, 2001.

[9]. H. N. Atkins, "Highway Materials, Soils, and Concretes," 4th Edition, Prentice Hall, 277-330, 2003.

[10]. D. A.St John, Concrete Petrography, A handbook of investigative techniques, Wiley &Sons, New York, 1998.

[11] S. H. Kosmatka, B. Kerkhoff, W. C. Panarese, "Design and Control of Concrete Mixtures,"14th Edition, Portland Cement Association, 2002.

[12]. V. S. Ramachandran, "Concrete Admixtures Handbook," Properties, Science, and Technology, Noyes Publications, 1984.

Archive of SID

www.SID.ir

Experimental investigation of silica fume content influence on performance of reactive powder concrete

A. Khaloo*

Professor, Department of Civil Engineering, Sharif University of Technology

M.M. Kh. Zanjani

M.Sc. student in Structural Engineering (Kish branch), Sharif University of Technology

Kh. Azizi

M.Sc. in Structural Engineering, Graduate School of Bushehr

(Received: 2012/4/14, Accepted: 2012/7/5)

Abstract

Reactive powder concrete is a new type of high-strength concrete, which due to extra fine materials and pozzolans in addition to high hydraulicly active materials is refered to as Reactive Powder Concrete (RPC). The objective of this paper is to make feasibility study on construction and production of RPC using locally available materials in Assalooyeh region.

In this research study, some of the properties of RPC are investigated. Six mixes, using 0%, 10%, 15%, 20%, 30% and 40% silica fume, based on required cement content,water to cement ratio and optimized super-plasticizer are designed. Experimental program included reology of fresh mixes, compressive and flexural strengths, three types of curing condition and micro-structure of the concretes. Test results and analysis indicate that mixes with 15% silica fume provide the highest compressive and flexural strengths for the three types of curing regimes.

Keywords: pozzolanic reactive powder concrete, super plasticizer, microsilico, curing.

Archive of SID

* Corresponding author: khaloo@sharif.ir

www.SID.ir