The 1 st International Conference of Iranian natural hazards and environmental crise strategies and challenges
اولین همایش بین المللی مخاطرات طبیعی و بحران های زیست محیطی ایران، راهکارها و چالش ها

بررسی اثر پودرسنگ‌های تراورتن و مرمر در خواص بتن خودتراکم سبک

موسی مظلوم[1]، سید محمّدهمایونی[2]*

۱- دانشیار، دانشکده عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران(mazloom@srttu.edu)

۲- دانشجویی کارشناسی ارشد سازه، دانشکده عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران(hero.smh.cvl.eng@gmail.com)

چکیده

گسترش روزافزون نیازهای مهندسی برای ساخت و ساز، استفاده از مصالح در دسترس و پرکاربرد نظیر بتن که بتواند پاسخگوی نیازهای خاص هر پروژه در پروژه عمرانی باشد ضروری به نظر می‌رسد. با توسعه کاربرد بتن، تولید بتنی که توانایی جریان‌پذیری تحت وزن خود را داشته باشد و نیازی به تراکم داخلی یا خارجی نداشته باشد دستاورد مهم می‌باشد. در این مطالعه ارزیابی‌هایی بر روی بتن خودتراکم‌سبک برای استفاده از پودر سنگ‌های تراورتن و مرمر بجای پودر سنگ آهک و تاثیر این پودرها بر روی فاز خمیری و سخت‌شده بتن خودتراکم‌سبک انجام شد. برای بررسی موضوع از طرح‌های اختلاط با نسبت آب به سیمان ۰/۳۲ و ۰/۳۵ استفاده شد. همچنین این طرح‌های اختلاط با استفاده از میکروسیلیس با جایگزینی ۱۰ درصد وزن سیمان و بدون میکروسیلیس ساخته شدند. برای دست‌یابی به بتن سبک در این تحقیق از سبکدانه لیکا سازه‌ای با وزن مخصوص kg/m^3 ۵۰۰ استفاده شد. در این مطالعه ۱۲ طرح اختلاط مورد مطالعه قرار گرفت که وزن مخصوص آنها در محدوده Kg/m^3 ۱۷۱۱ – ۱۶۷۵ قرار داشتند. برای مطالعه فاز خمیری طرح‌های اختلاط آزمایش‌های جریان اسلامپ، حلقه J، قیف V و جعبه U انجام شد. قطر نهایی جریان اسلامپ و زمان جریان اسلامپ بترتیب در محدوده ۸۲۰mm – ۷۴۰ و s ۶- ۵ قرار گرفته است. میانگین اختلاف ارتفاع حلقه J ، قیف V در زمان های ۱۰ و ۳۰۰ ثانیه و جعبهU به ترتیب به مقادیر ۱۳mm–۸ ، ۶s–۵ ، ۲۴s–۷ و ۳۳mm–۲۴ محدود شد. برای بررسی فاز سخت‌شده بتن خودتراکم‌سبک برای آزمون مقاومت فشاری ۷، ۲۸ و ۹۰ روزه و مقاومت کششی ۲۸ روزه انجام شد که مقدار آن به ترتیب ۲۵MPa–۱۴ و ۴MPa–۲ می‌باشد. باتوجه به نتایج مطالعات صورت گرفته، بتن خودتراکم‌سبک عملکرد بهتری با استفاده از پودر سنگ‌های تراورتن و مرمر در فاز تازه و سخت‌شده از خود نشان داد.

واژه‌های کلیدی: بتن خوتراکم سبک(SCLC) ، پودر سنگ، مقاومت فشاری، روانی بتن ، میکروسیلیس

۱- مقدمه

بتن به عنوان یک ماده چند فاز ناهمگن یکی از عمده مصالح مورد استفاده در صنعت ساخت و ساز می‌باشد، مشکل اصلی در بتن مسلح، نحوه اختلاط و بتن‌ریزی، بتن تازه در قالب‌های که دارای آمارتورهای زیاد هست می‌باشد. برای رفع این مشکل و مشکلاتی نظیر: ویبره کردن مناسب و کاهش خطای انسانی در تولید و استفاده از بتن. در دهه‌ی ۸۰ میلادی توسط مهندسین

* نویسنده مسئول: سید محمد همایونی، smhomayooni@srttu.edu & hero.smh.cvl.eng@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

ژاپنی بتنی تولید شد[۱] که بدون نیاز به ویبره خارجی یا داخلی تحت وزن خود براحتی شکل قالب را به خود گرفته و در آرماتوربندی‌ها دچار انسداد زیاد نمی‌شد[۲]. همچنین نیاز به مصالح سبک در صنعت ساخت از ترکیب ویژگی‌های مطلوب بتن خوتراکم(SCC) و مصالح سنگی سبک (LWAC) بتنی به‌نام بتن خودتراکم سبک(SCLC) تولید شد. معمولاً همه‌ی مصالحی که برای تولید بتن معمولی استفاده شده است، برای تولید بتن خودتراکم نیز کاربرد دارد. ولی تفاوت عمده در استفاده از فوق روان کننده برای رسیدن به جریان‌پذیری مناسب و استفاده از حجم بالایی از پودر سنگ به منظور ایجاد لزجت و تفاوت در میزان درصد ریزدانه به درشت دانه می‌باشد، تا بتن SCC به کارایی و پایداری لازم و ممانعت از جداشدگی برسد[۳]. چالش اصلی در SCC ایجاد تعادل میان کارایی کافی و تحمل جداشدگی مناسب می‌باشد[۴].

کارایی مطلوب SCLC تازه بمنظور رسیدن به سیالیت بالا، یکنواختی و پرکنندگی مناسب و تحمل در برابر جداشدگی ضروری می‌باشد[۵]. برای بررسی موارد فوق روش‌های مورد استفاده همان روش‌های استفاده شده برای فاز خمیری SCC می‌باشد، که تحقیقات فراوانی بدین منظور صورت گرفته است[۵-۱۰]. Zhimin Wu و همکاران. که بر روی کارایی SCLC مطالعه کرده‌اند استفاده از آزمایش اسلامپ ، قیف V و جعبه L و U را برای بررسی کارایی SCLC مناسب می‌دانند [۵]. Khayat و همکاران. گزارش کرده‌اند که از جعبه L وU و حلقه J برای ارزیابی توانایی عبور SCC می توان استفاده نمود [۶]. Granata برای آزمایش جریان‌پذیری و توانایی پرکنندگی SCC در فاز خمیری از جعبه L و U و حلقه J و برای بررسی ویسکوزیته از آزمون قیف V بهره برده است [۷]. در تحقیقات Karahan و همکاران از دستگاه ها زمان جریان اسلامپ و جعبه L و جعبه V و مقاومت فشاری و مقاومت کششی برای بررسی و یژگی‌های سخت شده و تازه بتن SCLC استفاده شده است واز متاکائولین بعنوان فیلر و همچنین جایگزین سیمان استفاده شده است که هیچ اثر مثبتی برروی مقاومت فشاری ندارد و جریان پذیری را کاهش داده است [۸]. این تحقیقات استفاده از آزمایش های اسلامپ، جعبه U و L ، حلقه J را برای ارزیابی تامین توانایی عبور و یکنواختی و تحمل جداشدگی در SCC که مطابق با آیین نامه EFNARC [۹] می‌باشد را تایید می‌کند. همچنین بکارگیری آزمون اسلامپ و جعبه L و یا جعبه U در کارگاه می‌تواند شرایط مناسبی را برای کنترل کیفیت SCC فراهم آورد[۱۰].

برای رسیدن ویژگی‌های مطلوب در فاز خمیری و سخت شده SCC در نقاط مختلف دنیا از فیلرهای نظیر خاکستر بادی، میکروسیلیس، پودرسنگ و پوزلان‌های طبیعی استفاده شده است[۳]. این ریزدانه‌ها برای حفظ یکنواختی در نمونه‌ها و کاهش خطر جداشدگی لازم می‌باشد[۵]. استفاده از پودر سنگ ویژگی های مکانیکی و دوام SCC را از طریق پرکردن منافذ و فراهم کردن ساختار متراکم‌تر بهبود بخشیده است[۱۱]. مکانیسم عمل این ریزدانه‌ها در SCC توسط بسیاری از محققان بررسی شده و یک تیتر در گزارش کمیته ACI 237[۱۲] می‌باشد. درسال ۲۰۱۲ توسط Gesoglu و همکاران ویژگی‌های تازه و سخت شده SCC با استفاده از ترکیبی از پودر سنگ آهک و مرمر و خاکستر بادی مطالعه شده است [۱۳]. در این تحقیق دو سری طرح اختلاط با و بدون خاکستر بادی طراحی شده که پودر های سنگ آهک و مرمر با درصد های ۵، ۱۰ و ۲۰ جایگزین سیمان شده است. نتایج نشان می دهد که با افزایش درصد فیلرها مقدار فوق روان کننده افزایش، مقدار سیمان کاهش و ویژگی های فاز خمیری بهبود یافته است. در هر دو طرح اختلاط با افزایش درصد فیلرها به میزان ۵ الی ۲۰ درصد، مقاومت فشاری ۲۸ و ۹۰ روزه و همچنین مقاومت کششی ۲۸ روزه به میزان ۶ الی ۱۰ درصد افزایش داشته است. همچنین در سال ۲۰۱۵ Granata از پودر پومیس بعنوان پرکننده در SCC استفاده کرده است[۷].که نتایج تحقیقات آنها نشان می‌دهد، استفاده

Archive of SID

www.SID.ir

از این فیلر اثرات مثبتی برروی ویژگی‌های مکانیکی SCC داشته و مقاومت فشاری نمونه‌های SCC که در آنها از فیلر استفاده شده ۱۵ الی ۲۰ درصد افزایش داشته است.Bekir و همکاران ویژگی‌های بتن SCLC با استفاده از سه نوع سبکدانه و تاثیر میزان حجم پودر سنگ پرداخته‌اند، در بررسی آنها برای فاز سخت شده از مقاومت فشاری و کششی دونیم شدن برای نمونه‌های ۳ و ۷ و ۲۸ و ۹۰ روزه استفاده شده است [۱۴]. Mazloom و همکاران رابطه‌ی بین کارایی و استحکام بتن را مطالعه کرده‌اند. در این بررسی از میکروسیلیس ۱۰ درصد بعنوان جایگزین سیمان استفاده شده است و از پودرسنگ آهک بعنوان فیلر در بتن استفاده کرده‌اند. که اشاره می کند میکروسیلیس سبب بهبود عملکرد بتن SCC در مقاومت فشاری شده است [۱۵، ۱۶].

سالانه ۲۰ میلیون تن سنگ ساختمانی در ایران تولید می‌شود. حدود ۴۵ درصد از این تولیدات در مبداء و در صنایع تبدیلی بعنوان دور ریز دور ریخته می‌شود. دفع این مواد، امروزه برای محیط زیست جهانی یک معضل محسوب می‌شود، که بکارگیری این مواد در SCLC می‌تواند اقتصادی باشد[۱۳]. در این مطالعه اثر پودر سنگ مرمر و تراورتن بعنوان فیلر و جایگزین پودر سنگ آهک بر روی فاز خمیری و سخت شده SCLC بررسی شده است این پودر ها در مخلوط‌های تکی یا ترکیبی دوگانه با میکروسیلیس با نسبت آب به سیمان ۰/۳۲ و ۰/۳۵استفاده شد. به‌منظور تأمین مشخصات آیین‌نامه‌ی در فاز خمیری برای SCLC از آزمون‌های اسلامپ، حلقه‌یJ، قیفV و جعبه U استفاده شد. در فاز سخت شده برای تعیین مشخصات مکانیکی از آزمون مقاومت فشاری برای نمونه‌های ۷، ۲۸، ۹۰ روزه و آزمون مقاومت کششی دونیم شدن برای نمونه‌های ۲۸ روزه انجام شد.

۲- برنامه آزمایشگاهی

۲-۱- مصالح مصرفی

سیمان استفاده شده در این مطالعه سیمان تیپ ۴۲۵-۱ کارخانه سیمان تهران می‌باشد، که بر اساس استاندارد EN 197-1 [۱۷] می‌باشد. و خلاصله مشخصات شیمیایی و مکانیکی آن در جدول۲ آمده است. میکروسیلیس استفاده شده، تهیه شده از صنایع فروسیلیس ایران کارخانه شهریار می‌باشد. که براساس تحقیقات صورت گرفته حداقل مقدار استفاده از آن بصورت ۱۰ درصد جایگزین ورزن سیمان می‌باشد و مشخصات شیمیایی آن در جدول۲ ارائه شده است. برای دست یابی به بتن سبکتر در این تحقیق، سبکدانه لیکا بکار برده شد، سبکدانه رس منبسط(لیکا) با استفاده از رس باد شونده به روش فرآیند تَر در داخل کوره گردان تولید می شود. که دارای وزن مخصوص متراکم نشده ۵۲۰-۵۵۰ Kg/m^3 که مطابق با استاندارد ASTM c127 [۱۸] می‌باشد. طبق استاندارد ASTM c127 [۱۸] جذب آب نیم ساعت و یک ساعت لیکا حدود ۷ درصد و جذب آب ۲۴ ساعت ۱۱ درصد بدست آمد. مشخصات شیمیایی لیکا در جدول۲ ارائه شده است. همچنین برای جلوگیری از پدیده انسداد و یکنواختی بهتر بتن بزرگترین اندازه لیکا براساس استاندارد EFNARC [۹]، ۹/۵ mm انتخاب شد. دانه بندی لیکا در جدول۳ ارائه شده است. ماسه مصرفی ماسه طبیعی شهریار با وزن مخصوص اشباع سطح خشک ۲۵۳۰ Kg/m^3 و میزان جذب آب ۳/۶ درصد می‌باشد. در این مطالعه از فوق روان کننده برپایه پلی کربکسیلاتی محصول شرکت LGChem استفاده شد، این محصول مایعی روان به رنگ قهوه ای روشن با وزن مخصوص ۱/۰۷ gr/cm^3 می‌باشد. از سه نوع پودر سنگ به‌عنوان فیلر در این تحقیق استفاده شد،که پودر سنگ آهک تهیه شده از کارخانه پودر سنگ ساوه و پودر سنگ تراورتن از معدن استخراج تراورتن و پودر

Archive of SID

www.SID.ir

سنگ مرمر از حوضچه کارخانه فرآوری سنگ مرمر تهیه شد. که ترکیبات شیمیایی هر یک از این پودر سنگ‌ها در جدول۲ آورده شده است. در ساخت تمامی نمونه‌ها از آب شرب تهران استفاده گردید.

جدول۱- مشخصات فیزیکی سنگدانه ها

سنگدانه		جذب آب (٪)	چگالی (kg/m^3)	مدول نرمی (٪)	حداکثر قطردانه (mm)
لیکا		۷	۵۲۰	–	۹/۵
ماسه		۳/۶	۲۵۳۰	۳/۶	۴/۵
سنگ خرد	آهک	۱/۰۹	۲۶۸۰	–	۰/۱۵
	تراورتن	۲	۲۵۱۰	–	۰/۱۵
	مرمر	۰/۳۶	۲۶۸۰	–	۰/۱۵

جدول۳- دانه بندی لیکا

اندازه الک(mm)	لیکا (درصد عبوری)
۹/۵	۱۰۰
۴/۷۵	۷۰
۲/۳۶	۰

جدول۲- مشخصات شیمیایی و فیزیکی سنگدانه ها

ترکیبات	درصد وزنی سیمان	میکروسیلیس	لیکا	پودر سنگ آهک	پودر سنگ مرمر	پودر سنگ تراورتن
CaO	۶۳/۵۶	۰/۴۹	۲/۴۶	۵۵/۰۷	۵۲/۴۵	۵۴/۲۳
SiO_2	۱۹/۳۰	۹۳/۶۰	۶۶/۰۵	۰/۲۲	۱/۲۹	۰/۴۹
Al_2O_3	۵/۵۷	۱/۳۲	۱۶/۵۷	۰/۱۸	۰/۳۹	۰/۰۴
Fe_2O_3	۳/۴۶	۰/۳۷	۷/۱۰	۰/۴۴	۰/۷۸	۰/۰۸
$SiO2+Al2O3+Fe2O_3$	۲۸/۳۳	–	–	–	–	–
MgO	۰/۸۶	۰/۹۷	۱/۹۹	۰/۳۴	۰/۵۴	۰/۳۳
SO_3	۳/۰۲	۰/۵۰	۰/۰۳	–	–	۰/۳۰
K_2O	۰/۸۰	۱/۰۱	۲/۶۹	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۰۳
Na_2O	۰/۱۳	۰/۳۱	۰/۶۹	–	–	۰/۱۲
L.o.I	۱/۹۵	–	۰/۸۴	۴۲/۸۶	۴۳/۹۰	۴۳/۸۲
سطح مخصوص (بلین)(Cm^2/gr)	۳۲۹۴	۲۰۴۰۰	–	–	–	–
وزن مخصوص (gr/Cm^3)	۳/۰۷	۲/۲۱	۰/۵۲	۲/۶۸	۲/۷۱	۲/۵۱
مقاومت فشاری ۲۸ روزه(MPa)	۴۶	–	–	–	–	–

۲-۲- طرح‌های اختلاط:

به‌منظور ارائه یک مشاهده برای مقایسه اثر استفاده از پودر سنگ مرمر و تراورتن به‌عنوان جایگزین پودر سنگ آهک بر روی جریان‌پذیری و پایداری و مقاومت نمونه‌ها ابتدا با توجه به ویژگی‌های مصالح از طریق سعی و خطا چند طرح اختلاط بصورت تجربی حاصل شد. سپس برای دست‌یابی به کارایی و پایداری در محدوده استاندارد EFNARC [۹] و وزن مخصوص مورد قبول آیین نامه ACI 213[۱۹] برای بتن سبک طرح‌های اختلاط اولیه اصلاح شد. و طرح‌های با نسبت آب به سیمان ۰/۳۲

Archive of SID

www.SID.ir

و ۰/۳۵ انتخاب شد. در این طرح‌ها که ۳۰ الی ۳۵ درصد از وزن مصالح سنگی (لیکا+ماسه) را، لیکا تشکیل می دهد، دانه بندی لیکا در جدول۳ ارائه شد. جذب آب لیکا بالا می‌باشد بدین سبب مصالح لیکا به مدت نیم ساعت در آب قرار داده شد، تا بصورت کامل جذب آب کند. طرح‌های اختلاط با و بدون میکروسیلیس ارائه شد که در نصف طرح‌ها از ده درصد میکیروسیلیس بصورت جایگزین سیمان استفاده گردید. برای دست‌یابی به روانی مناسب از فوق روان کننده در اختلاط‌ها با درصدهای مختلف استفاده شد. با ثابت نگهداشتن تمام مولفه‌های طرح‌ها برای هر نسبت آب به سیمان و تغییر در نوع فیلر اقدام به بررسی ویژگی‌های تازه و سخت شده بتن مانند کارایی (آزمون اسلامپ، حلقه J، قیف V و جعبه U)، وزن مخصوص، مقاومت فشاری و مقاومت کششی دونیم شدن مورد بررسی قرار گرفت. برای آزمون مقاومت فشاری از نمونه های مکعبی ۱۰۰×۱۰۰×۱۰۰ mm، برای آزمون مقاومت کششی غیر مستقیم از قالب های استوانه‌ای به قطر ۱۰۰ mm و ارتفاع ۲۰۰mm استفاده شد. نمونه های فشاری در سنین ۷، ۲۸ و ۹۰ روزه برای هر سن ۳ نمونه و نمونه های کششی در سن ۲۸ روزه وبرای هر سن سه نمونه آزمایش شدند. نمونه ها بعد از ۲۴ ساعت از قالب بیرون آورده شده و در محیط آزمایشگاه در آب تا ۲۸ روز نگهداری شدند. در این مطالعه ۱۲ طرح اختلاط بکار گرفته شد، که در جدول ۴ آورده شده است.

جدول۴- طرح‌های اختلاط

طـــــرح		برحسب کیلوگرم بر متر مکعب (Kg/m^3)										
		BL1	BL2	BT1	BT2	BM1	BM2	CL1	CL2	CT1	CT2	CM1	CM2
سیـــــمان		۵۵۰	۴۹۵	۵۵۰	۴۹۵	۵۵۰	۴۹۵	۵۵۰	۴۹۵	۵۵۰	۴۹۵	۵۵۰	۴۹۵
میکروسیلیس		-	۵۵	-	۵۵	-	۵۵	-	۵۵	-	۵۵	-	۵۵
فوق روان کننده		۶/۱	۶/۱	۶/۱	۶/۱	۶/۱	۶/۱	۴/۹	۴/۹	۴/۹	۴/۹	۴/۹	۴/۹
آب		۱۷۵	۱۷۵	۱۷۵	۱۷۵	۱۷۵	۱۷۵	۱۹۲	۱۹۲	۱۹۲	۱۹۲	۱۹۲	۱۹۲
آب به سیمان		۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۳۵
پودر سنگ	آهک	۲۲۰	۲۲۰	-	-	-	-	۱۶۵	۱۶۵	-	-	-	-
	تراورتن	-	-	۲۲۰	۲۲۰	-	-	-	-	۱۶۵	۱۶۵	-	-
	مرمر	-	-	-	-	۲۲۰	۲۲۰	-	-	-	-	۱۶۵	۱۶۵
ماســـــه		۴۸۵	۴۸۵	۴۸۵	۴۸۵	۴۸۵	۴۸۵	۴۷۴/۵	۴۷۴/۵	۴۷۴/۵	۴۷۴/۵	۴۷۴/۵	۴۷۴/۵
لیـــــکا		۲۰۸	۲۰۸	۲۰۸	۲۰۸	۲۰۸	۲۰۸	۲۷۵	۲۷۵	۲۷۵	۲۷۵	۲۷۵	۲۷۵
وزن مخصوص تر		۱۶۹۱	۱۶۸۲	۱۶۸۴	۱۶۷۵	۱۶۹۲	۱۶۸۴	۱۷۱۰	۱۷۰۳	۱۷۰۶	۱۶۹۹	۱۷۱۱	۱۷۰۴

۳-۲- پودر سنگ :

از آنجایی که سنگدانه بخش بزرگی از بتن را تشکیل می‌دهد و در بتن SCC در مقایسه با سایر انواع بتن ، بیشترین حجم استفاده از پودر سنگ وجود دارد بنابراین شناخت نحوه تاثیر سنگدانه‌ها بر رفتار بتن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. و همچنین افزایش فوق‌روان‌کننده‌ها موجب ناپایداری بیشتر بتن SCC می‌گردد. برای حفظ پایداری باید میزان سیمان را افزایش داد و یا از اصلاح کننده لزجت استفاده نمود که هزینه تولید بتن را افزایش می‌دهد[۹،۲۰]. برای رفع این ناپایداری باید پارامترهای تاثیرگذار مانند جنس مواد پودری در کنار سیمان باید مد نظر قرار داد[۲۱]. یکی از خصوصیاتی که در سنگ‌های پایه آهکی وجود دارد و فرآیند هیدراتاسیون را در سنین اولیه تسریع می‌کند. و در نتیجه آن دمای هیدراتاسیون را افزایش می‌دهد. این نوع پودرها بطور قابل توجهی باعث افزایش واکنش‌زایی فازهای کلینکر سیمان می‌شوند. در ترکیبات شیمیایی آنها هیدرات‌های

Archive of SID

www.SID.ir

کربوآلومینات مشاهده می‌شود،که ناشی از واکنش $CaCO_3$ با C_3A می باشد. و همچنین نشان داده شده که از واکنش $CaCO_3$ با فازهای سیلیکاتی، هیدرات‌های کربوسیلیکات تشکیل می‌شود[۲۲]. در این تحقیق به‌منظور بررسی امکان جایگزینی پودرسنگ آهک با پودرهای در دسترس نظیر پودر سنگ تراورتن بدست آمده از معدن استخراج سنگ تراورتن و پودر سنگ مرمر که از پسماند کارخانه سنگ‌بری تهیه شده است. برای دستیابی بهتر از نظر کاراپذیری و پایداری و همچنین مشخصات مکانیکی بهتر مورد مطالعه قرار گرفت، ابتدا همه پودرها از الک شماره ۱۰۰ گذارنده شد تا به اندازه ۱۵۰ میکرون برسند.

۳- آزمایش‌ها:

۳-۱- آزمایش بتن تازه:

با دستگاه آزمایش جریان اسلامپ زمان رسیدن مخلوط SCLC به قطر ۵۰۰mm (T_{500}) که جریان‌پذیری را نشان می‌دهد و قطر نهایی پخش شدن(D_f) که توانایی پرکنندگی و جریان‌پذیری را می سنجد، اندازه‌گیری می‌شود. آزمون حلقه J برای مشخص کردن توانایی عبور بتن از بین آرماتور های متراکم موجود در قالب می باشد. تغییر بیشتر در اختلاف ارتفاع نشان دهنده قابلیت عبور کم می‌باشد که می‌تواند منجر به پدید انسداد گردد. آزمون قیف V برای ارزیابی مدت زمان نهایی برای برای جریان‌پذیری و عبور از مکان‌های محدود بدون انسداد طراحی شده و در دو زمان ۱۰ و ۳۰۰ ثانیه انجام می‌شود. و باید در محدوده تعیین شده EFNARC[۹] مطابق با جدول ۵ باشد. و آزمون جعبه U مطابق با استاندارد EFNARC[۹] مؤلفه‌ی اساسی اختلاف ارتفاع میان دو جعبه با جعبه U ارزیابی می‌گردد. از این آزمایش برای سنجش توانایی عبور و پرکنندگی SCLC استفاده می‌شود. نتایج مربوط به آزمایش های روانی و جریان‌پذیری بتن تازه SCLC در جدول ۶ آمده است.

جدول۵

رده	VF1	VF2
زمان قیف V (s)	تا ۸	۹ تا ۲۵

جدول۶- نتایج آزمایش های بتن تازه SCLC

	قطر جریان اسلامپ	زمان رسیدن به d500	اختلاف ارتفاع حلقه J	جریان قیف V (۱۰)	جریان قیف V (۳۰۰)	اختلاف ارتفاع جعبه U
	mm	s	mm	s	s	mm
BL1	۷۶۰	۴/۹۱	۱۰	۱۳	۱۹	۲۶
BL2	۷۴۰	۵/۸	۸	۶/۹۳	۷/۵۹	۳۰
BT1	۷۵۰	۵/۱۲	۹	۱۴/۲	۲۰/۷	۲۵
BT2	۷۴۰	۵/۱	۱۰	۷/۵۶	۱۰/۲	۲۹
BM1	۷۵۵	۵/۹	۱۱	۱۴/۳	۲۲/۶	۲۴
BM2	۷۵۰	۵/۶	۱۰	۶/۷۱	۲۰/۱	۳۳
CL1	۸۱۰	۵/۵	۱۳	۱۲/۴	۲۳/۸	۲۴
CL2	۷۸۰	۵/۸۱	۱۱	۵/۳۱	۱۴	۲۹
CT1	۸۰۰	۵/۷	۱۱	۱۰/۶	۲۳	۲۵
CT2	۸۰۰	۵/۶	۹	۸/۳۴	۱۶/۲	۳۰
CM1	۸۲۰	۵/۱۹	۱۳	۱۱/۶	۱۵/۷	۲۵
CM2	۸۱۰	۵/۴	۱۰	۸/۶	۱۹/۲۶	۲۸

Archive of SID

www.SID.ir

۲-۳- آزمایش بتن سخت شده:

پس از ساخت نمونه‌های برای انجام آزمایش فاز سخت شده بتن SCLC نمونه‌ها طبق استاندارد ASTM C192 را برای آزمون مقاومت در قالب‌های ۱۰۰×۱۰۰×۱۰۰ mm قرار داده شد، برای هر طرح اختلاط سه نمونه مکعبی در نظر گرفته شد بعد از ۲۴ ساعت و برای عمل‌آوری داخل آب قرار گرفت. برای نمونه‌های ۷ و ۲۸ روزه، نمونه‌ها طبق استاندارد پس از خارج کردن از آب آزمون مقاومت فشاری بر اساس استاندارد ASTM C39 صورت گرفت. برای نمونه‌های ۹۰ روزه هم پس از ۲۸ روز عمل آوری در محیط مناسب برای آزمون نگهداری گردید. همچنین برای مقاومت کششی غیرمستقیم از قالب‌های استوانه‌ای ۲۰۰×۱۰۰mm استفاده شد و برای هر طرح سه نمونه طبق شرایط بیان شده عمل‌آوری صورت گرفت و بعد از ۲۸ روز مطابق با استاندارد ASTM C496 مورد آزمون قرار گرفت. نتایج مربوط به این آزمون ها در جدول ۷ آورده شده است.

جدول۷- نتایج آزمایش مقاومت فشاری و مقاومت کششی دونیم شدن

برحسب مگاپاسکال (MPa)

طرح	نسبت آ. به سیمان	مقاومت فشاری ۷ روزه	مقاومت فشاری ۲۸ روزه	مقاومت فشاری ۹۰ روزه	مقاومت کششی ۲۸ روزه
BL1	۰/۳۲	۱۱/۴	۱۴/۶	۱۵/۹	۲/۲۸
BL2	۰/۳۲	۱۷/۰	۱۹/۸	۲۱/۲	۳/۵۴
BT1	۰/۳۲	۱۳/۱	۱۶/۳	۱۸/۲	۳/۹۴
BT2	۰/۳۲	۱۸/۱	۲۲/۴	۲۵/۳	۴/۲۴
BM1	۰/۳۲	۱۲/۳	۱۵/۹	۱۷/۲	۱/۸۱
BM2	۰/۳۲	۱۶/۴	۱۹/۳	۲۳	۳/۷۸
CL1	۰/۳۵	۹/۸۴	۱۲/۸	۱۴/۳	۲/۹۵
CL2	۰/۳۵	۱۵/۹	۲۰/۴	۲۴	۳/۴۹
CT1	۰/۳۵	۱۲/۵	۱۶/۸	۱۸/۸	۲/۸۴
CT2	۰/۳۵	۱۵/۶	۱۹/۹	۲۱/۴	۲/۸۰
CM1	۰/۳۵	۱۲/۱	۱۶/۴	۱۷/۹	۲/۴۲
CM2	۰/۳۵	۱۵/۶	۱۸/۹	۲۰/۵	۳/۳۴

۴- تحلیل نتایج:

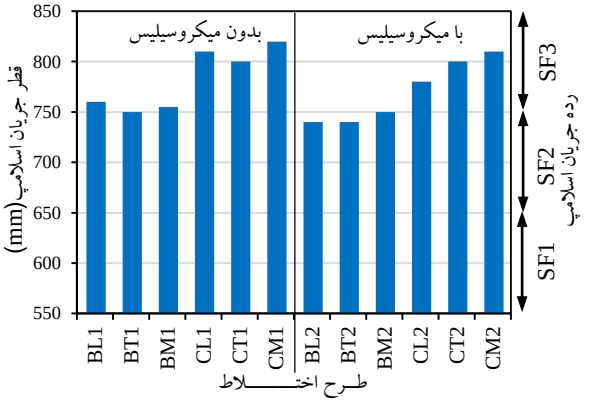
۴-۱- آزمایش‌های بتن تازه:

برای طرح‌های اختلاط حاوی پودرمرمر، قطر نهایی جریان اسلامپ با آب به سیمان متفاوت و با استفاده از میکروسیلیس و بدن میکروسیلیس افزایش یافته که این افزایش قطر جریان نشان دهنده افزایش کاراپذیری بهتر مخلوط‌ها می‌باشد. پودر تراورتن نسبت به پودر سنگ آهک در بعضی طرح‌ها قطر جریان کمتر داشته است ولی در محدوده تعیین شده توسط آیین نامه می‌باشد . با توجه به شکل ۱ قطر نهایی جریان اسلامپ برای پودر مرمر بین ۸۲۰ mm - ۷۵۰ و برای پودر تراورتن و پودر سنگ آهک به‌ترتیب بین ۸۰۰ mm – ۷۴۰ و ۸۱۰ mm – ۷۴۰ می باشد. برای همه مخلوط‌ها با افزایش نسبت آب به سیمان قطر نهایی جریان اسلامپ با توجه به شکل ۱ افزایش داشته است، که برای نسبت آب به سیمان ۰/۳۲ و ۰/۳۵ به‌ترتیب ۷۶۰ mm – ۷۴۰ و ۸۲۰mm – ۷۸۰ می‌باشد. با افزایش قطر نهایی جریان اسلامپ، تنش برشی و ویسکوزیته(لزجت) بتن تازه کاهش پیدا

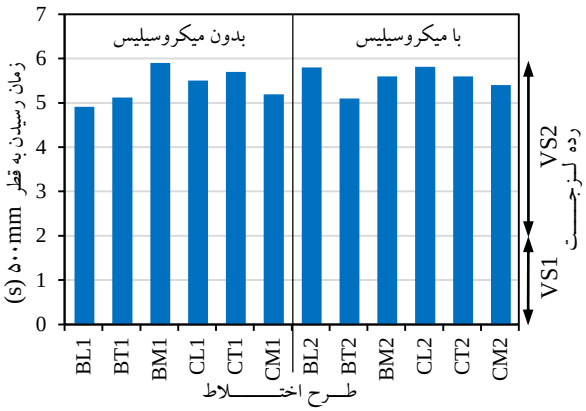
Archive of SID

www.SID.ir

می‌کند[۲]. همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده با افزودن ۱۰ درصد میکروسیلیس در همه طرح‌ها قطر نهایی جریان کاهش داشته است.که می توان گفت با افزودن میکروسیلیس لزجت افزایش داشته است. به‌جز طرح‌های BL2 و BT2 که در رده SF2 قرار گرفتند همه مخلوط ها در رده SF3 قرار می‌گیرند.



شکل۱:تاثیر نوع پودر و میکروسیلیس و درصد آب به سیمان بر قطر نهایی جریان‌اسلامپ (برحسب میلی‌متر)



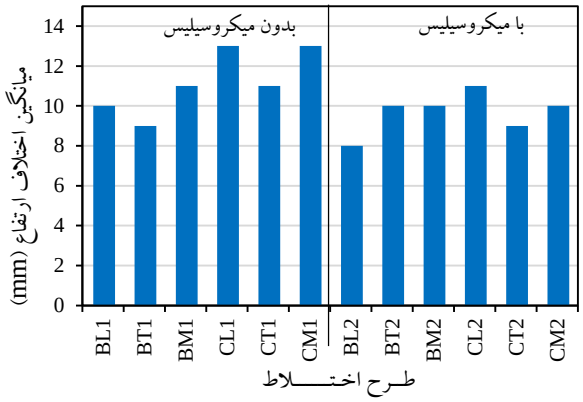
شکل۲: مقایسه اثر نوع پودر بر زمان جریان اسلامپ تا d=۵۰۰mm (بر حسب ثانیه)

همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است زمان رسیدن جریان اسلامپ به قطر ۵۰۰ mm برای همه طرح ها ۶ s - ۵ است. که همه‌ی طرح‌ها طبق رده‌بندی لزجت پیشنهادی آیین‌نامه EFNARC[۹] در رده VS2 قرار دارند. مدت زمان رسیدن به قطر ۵۰۰ mm، جریان‌پذیری و لزجت پلاستیک بتن تازه را نشان می دهد. که با افزودن پودر مرمر و تراورتن بجای پودر سنگ آهک لزجت پلاستیک و جریان‌پذیری تغییر زیادی نکرده و در محدوده آیین نامه می‌باشد. هرچند در بین بازه ۶ s - ۵ در نوسان بوده است.

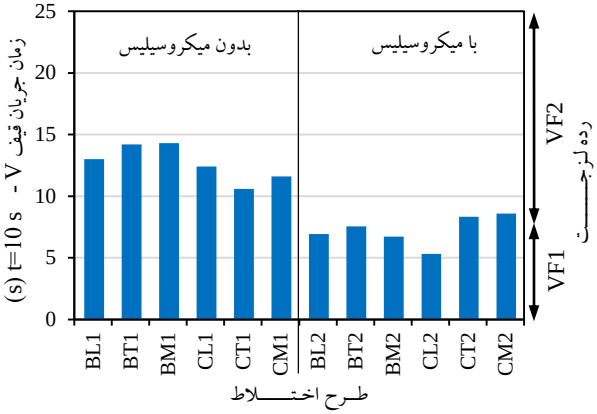
برای بررسی توانایی عبور مخلوط‌ها از آزمایش حلقه J استفاده شد که نتایج در شکل ۳ مشاهده می شود با توجه به نتایج همه مخلوط ها دارای توانایی عبور مناسبی می‌باشند. در مخلوط‌های CL1 و CM1 به دلیل میانگین اختلاف ارتفاع بالاتر احتمال وقوع انسداد وجود دارد . برای طرح اختلاط‌های BT1 و BL2 و CT2 توانایی عبور با توجه به آیین نامه EFNARC[۹] توانایی عبور مناسب دارند و احتمال انسداد پایین می‌باشد. همچنین با توجه به شکل ۳ می‌توان گفت با افزایش نسبت آب سیمان روانی افزایش پیدا می‌کند، ولی در طرح اختلاط های با آب به سیمان بالا و بدون میکروسیلیس که لزجت پایین‌تری دارند احتمال انسداد بیشتر است.

زمان جریان قیف V برای t=۱۰ s و t=۳۰۰ s به‌ترتیب بین ۱۵ s – ۵ و ۲۴ s – ۸ می‌باشد که در شکل ۴ و ۵ نشان داده شده است زمان جریان قیف V برای t=۱۰ s همه‌ی طرح‌هایی که از میکروسیلیس استفاده شده در رده VF1 جای گرفته است. و طرح‌های بدون میکروسیلیس در رده VF2 می‌باشد. که این نشان می‌دهد افزودن میکروسیلیس روی لزجت تاثیر می گذارد. همچنین افزودن پودر مرمر و تراورتن رده لزجت بهتری نسبت به پودر سنگ آهک را نشان می‌دهد. در شکل۵ نیز می‌توان مشاهده کرد که به غیر از طرح اختلاط BL2 که در رده لزجت VF1 قرار دارد مابقی طرح اختلاط‌ها در رده VF2 قرار دارند و برای طرح اختلاط‌های CT1، CL1 و BM1 احتمال انسداد در عبور از مکان های محدود وجود دارد و همچنین احتمال جداشدگی برای این طرح‌ها وجود دارد ولی در مرحله آزمایش جداشدگی رخ نداده است.

Archive
www.SID.ir



شکل۳: مقایسه میانگین اختلاف ارتفاع حلقهJ طرح‌های اختلاط (برحسب میلی‌متر)



شکل۴: تغییرات زمان جریان قیفV در t=۱۰s بر اساس نوع پودر و میکروسیلیس و درصد ابه به سیمان (برحسب ثانیه)

شکل ۶ و۷ رابطه‌ی میان زمان جریان قیفV با زمان رسیدن جریان اسلامپ به قطر ۵۰۰ mm را نشان می دهد. باتوجه به شکل ۶ طرح‌های اختلاط BL2، BT2 ، BM2 و CL2 در محدوده مناسبی قرار ندارند . ولی با افزایش زمان برای آزمایش عملکرد مناسب از خود نشان داده‌اند، که شکل ۷ مشاهده می گردد.

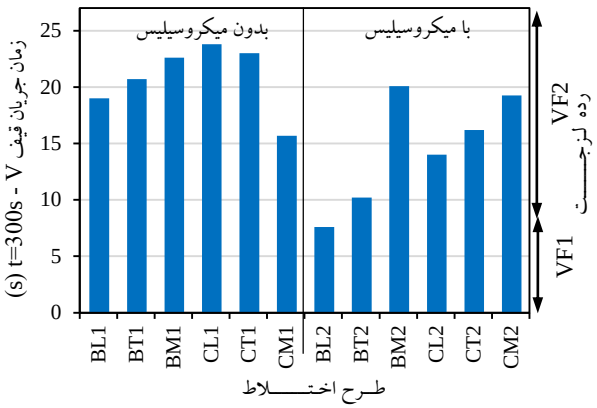
نتایج آزمایش مربوط به جعبه U درشکل۸ مشاهده می‌شود همه طرح اختلاط‌ها بجز BM2 دارای توانایی عبور مناسب می‌باشند. یعنی اختلاف ارتفاع$\Delta h \leq$ ۳۰ mm را کسب نموده اند.برای بررسی توانایی عبور و شکل‌پذیری و روانی و پرکنندگی نتایج حاصل از این آزمون با نتایج قیفV مقایسه شده است که این مقایسه در شکل ۹ و ۱۰ قابل مشاهده می‌باشد. طبق EFNARC در شکل ۹ و ۱۰ سطح محدود به دامنه $V_{t=10s,300s} \leq$ ۲۵ s ≤ ۸ و $\Delta h \leq$ ۳۰ mm ≤ ۰ ناحیه خود تراکمی نامیده می شود، همانطور که در شکل ۹ مشاهده می‌شود، همه‌ی طرح‌ها در محدوده‌ی ناحیه خودتراکمی قرار دارند. فقط مخلوط‌های CL2 و BM2 عملکرد مناسبی نداشته‌اند.هرچند CL2 با گذشت زمان بیشتر عملکرد مطلوبی داشته که در شکل۱۰ قابل مشاهده می‌باشد.

۲-۴- آزمایش‌های بتن سخت شده :

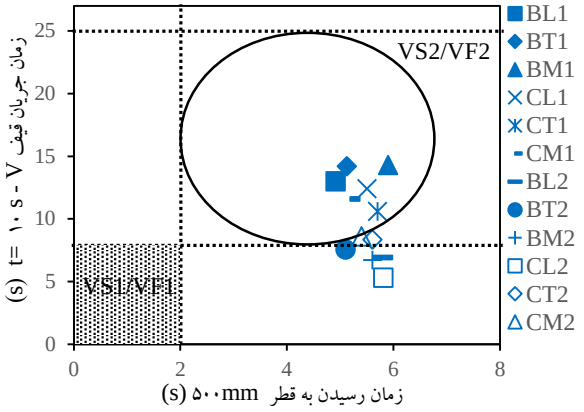
تغییرات مقاومت فشاری ۷ ، ۲۸ و ۹۰ روزه برای نمونه ها به‌ترتیب ۱۷ MPa – ۹/۸۴ ، ۲۲/۴ MPa – ۱۲/۸ و ۲۵/۳ MPa – ۱۴/۳ بوده است که روند این تغییرات در شکل ۱۱ آمده است. با توجه به این شکل مقاومت فشاری نمونه های ۷ روزه ساخته شده با تراورتن نسبت به پودر سنگ آهک ۹/۵ درصد افزایش داشته و پودر مرمر نسبت به سنگ آهک ۴ درصد افزایش مقاومت داشته است. مقاومت فشاری متوسط نمونه‌های ۲۸ روزه ساخته شده با پودر تراورتن و مرمر نسبت به سنگ آهک به ترتیب ۱۲ و ۴/۵ درصد افزایش داشته‌اند. و برای مقاومت فشاری ۹۰ روزه به ترتیب ۱۱ و ۴ درصد بطور متوسط افزایش داشته است.

Archive of SID

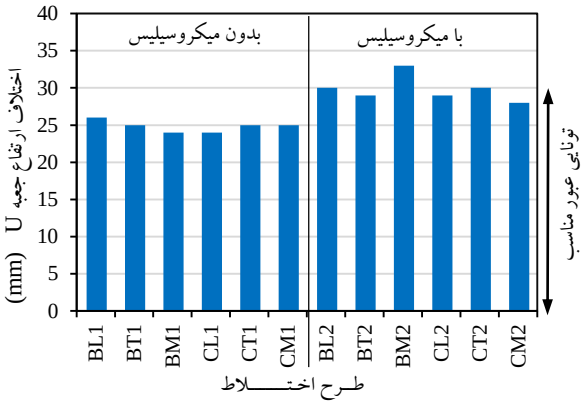
www.SID.ir



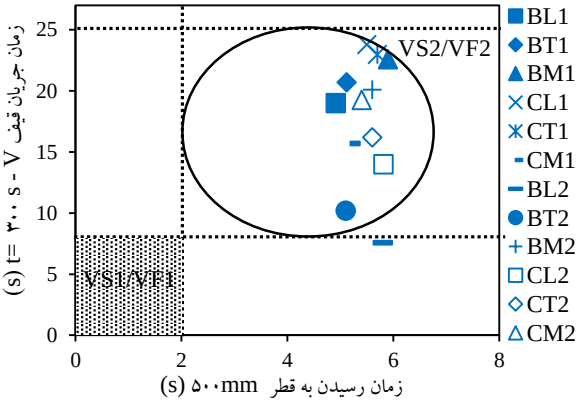
شکل۵: تغییرات زمان جریان قیف V در t=۳۰۰s بر اساس نوع پودر و میکروسیلیس و درصد ابه به سیمان (برحسب ثانیه)



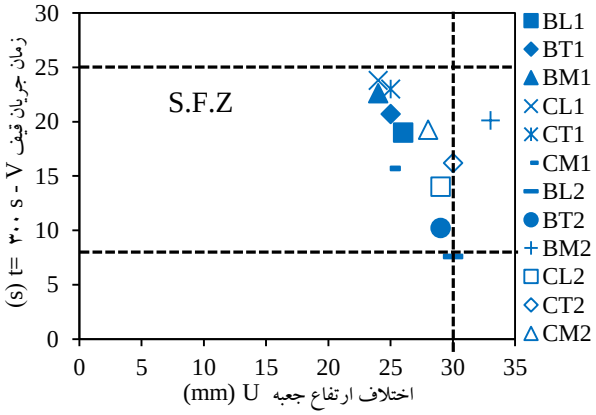
شکل۶: رابطه رده لزجت با زمان جریان قیف V در t=۱۰s و زمان جریان اسلامپ تا قطر ۵۰۰mm



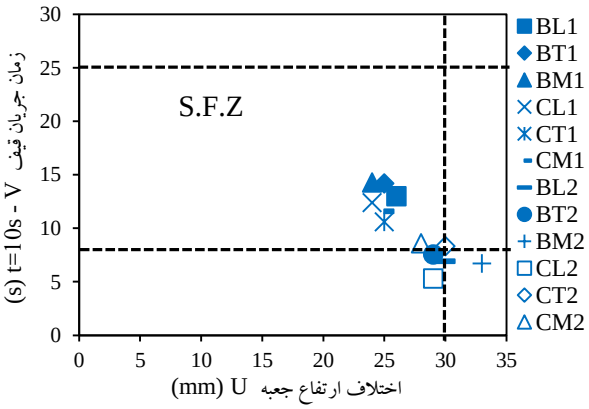
شکل۸: تاثیر نوع پودر، میکروسیلیس و درصد آب به سیمان بر اختلاف ارتفاع جعبه U (برحسب میلی‌متر)



شکل۷: رابطه رده لزجت با زمان جریان قیف V در t=۳۰۰s و زمان جریان اسلامپ تا قطر ۵۰۰mm



شکل۱۰: رابطه زمان جریان قیف V در t=۳۰۰s و اختلاف ارتفاع جعبه U (Δh) در ناحیه خودتراکمی

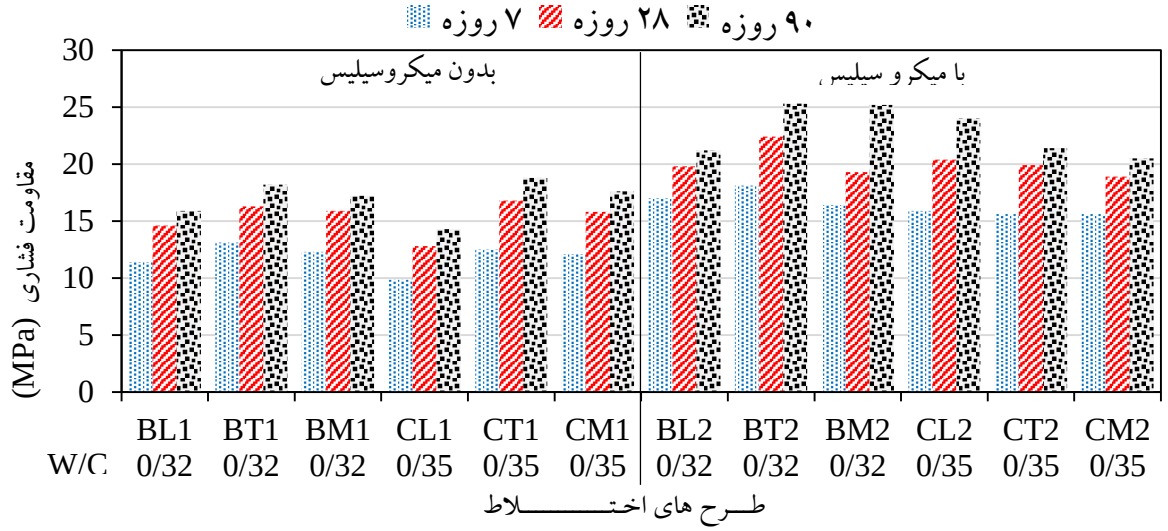


شکل۹: رابطه زمان جریان قیف V در t=۱۰s و اختلاف ارتفاع جعبه U (Δh) در ناحیه خودتراکمی

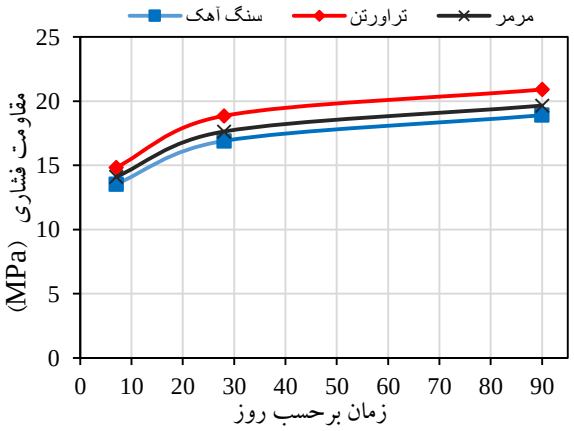
www.SID.ir

همانطور که در شکل ۱۲ مشاهده می‌شود، می‌توان نتیجه گرفت با افزودن پودر تراورتن و مرمر به جای پودر سنگ آهک، سبب افزایش مقاومت فشاری می‌شود. همچنین در شکل های ۱۳ ، ۱۴ و ۱۵ مشاهده می‌شود که طرح‌های اختلاط حاوی میکروسیلیس و نسبت آب به سیمان ۰/۳۲ بالاترین مقاومت فشاری را کسب کرده‌اند. هرچند طرح اختلاط CL2 مقاومت بالاتری را در شکل۱۳ نشان می‌دهد. از این سه نمودار می‌توان نتیجه گرفت طرح اختلاط های حاوی میکروسیلیس و نسبت آب به سیمان پایین‌تر مقاومت فشاری بالاتری را کسب می‌کند.

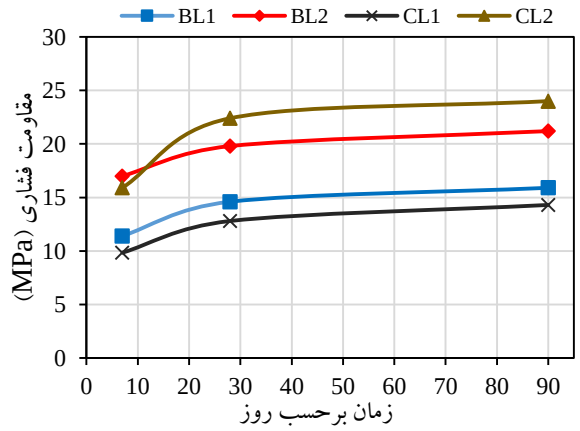
مقادیر مربوط به مقاومت کششی دونیم شدن در شکل ۱۶ آورده شده است. که بیشترین مقدارمقاومت ۴/۲ MPa که مربوط به طرح BT2 و کمترین مقدار ۱/۸ MPa برای BM1 بدست آمده است. با توجه به شکل طرح‌هایی که با میکروسیلیس ساخته شده‌اند دارای مقاومت کششی بالاتری هستند و بیشترین مقدار در میان همه طرح ها را در آب به سیمان ۰/۳۲ نشان می‌دهد. در نتیجه با میکروسیلیس و پودرسنگ تراورتن و نسبت آب به سیمان ۰/۳۲ مقاومت کششی بالاتری کسب شده است.



شکل۱۱: مقدار مقاومت فشاری نمونه های ۷، ۲۸ و ۹۰روزه

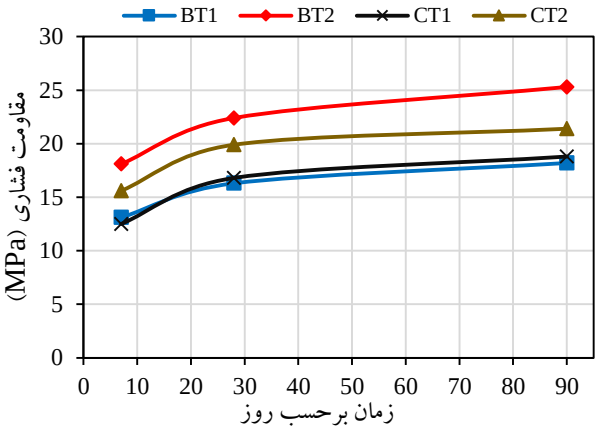


شکل۱۲: روند افزایش مقاومت فشاری متوسط۷، ۲۸ و ۹۰ روزه نمونه‌های ساخته شده با انواع پودر سنگ

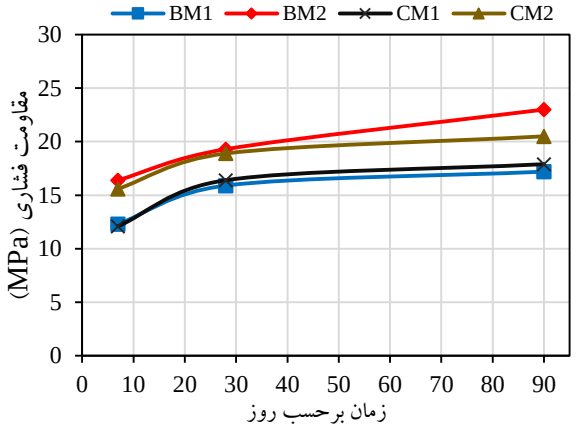


شکل۱۳: نمودار افزایش مقاومت فشاری نمونه‌های۷، ۲۸ و ۹۰ روزه ساخته شده با پودر سنگ آهک با نسبت آب به سیمان ۰/۳۲ و ۰/۳۵

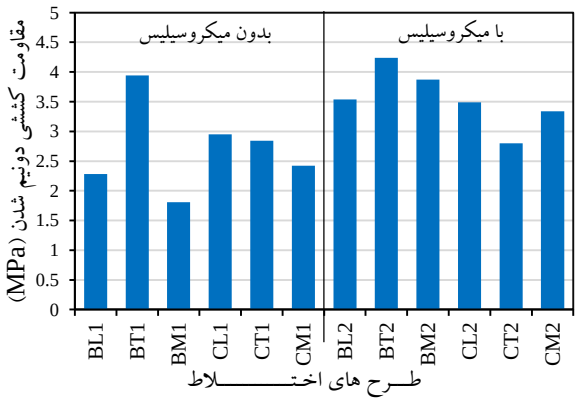
www.SID.ir



شکل۱۴: نمودار افزایش مقاومت فشاری نمونه‌های ۷، ۲۸ و ۹۰ روزه ساخته شده با پودر سنگ تراورتن با نسبت آب به سیمان ۰/۳۲ و ۰/۳۵



شکل۱۵: نمودار افزایش مقاومت فشاری نمونه‌های ۷، ۲۸ و ۹۰ روزه ساخته شده با پودر سنگ مرمر با نسبت آب به سیمان ۰/۳۲ و ۰/۳۵



شکل۱۶: مقدار مقاومت کششی دونیم شدن ۲۸ روزه طرح های اختلاط

۵- نتیجه‌گیری:

- با استفاده از پودرهای تراورتن و مرمر بعنوان جایگزین پودر سنگ آهک می‌توان بتن SCLC در محدوده‌ی شرایط آیین نامه‌ای ساخت و این پودر ها اثر قابل ملاحظه‌ی بر روی بهبود خواص تازه و سخت شده‌ی بتن SCLC دارد.
- پودرهای تراورتن و مرمر در ترکیب با میکروسیلیس عملکرد بهتری بر روی روانی SCLC داشت. ولی در طرح‌های که نسبت آب به سیمان ۰/۳۲ بوده و از میکروسیلیس استفاده نشده است روانی کاهش یافته است. پودر مرمر در ترکیب با میکروسیلیس و بدون ترکیب میکروسیلیس و در نسبت‌های مختلف آب به سیمان روانی بتن SCLC افزایش داشته است. با پودر سنگ مرمر می توان مخلوط روانتری نسبت به پودر سنگ آهک ساخت.
- برای طرح‌های اختلاط حاوی پودر مرمر که دارای آب به سیمان متفاوت می‌باشد، قطر نهایی جریان اسلامپ نسبت به سایر مخلوط‌ها افزایش بیشتری داشت. این افزایش‌ها در حضور میکروسیلیس و بدون میکروسیلیس هم مشاهده شد. این افزایش قطر جریان نشان دهنده افزایش کاراپذیری بهتر مخلوط‌ها می‌باشد. پودر تراورتن نسبت به پودر سنگ آهک در

www.SID.ir

بعضی طرح‌ها قطر جریان کمتر داشته است ولی در محدوده تعیین شده توسط آیین نامه می‌باشد . با توجه به شکل ۱ قطر نهایی جریان اسلامپ برای پودر مرمر بین ۸۲۰ mm - ۷۵۰ و برای پودر تراورتن و پودر سنگ آهک به‌ترتیب بین ۸۰۰ mm – ۷۴۰ و ۸۱۰ mm – ۷۴۰ می باشد.

- در طرح اختلاط‌هایی که پودر سنگ تراورتن بکار برده شد، توانایی عبور بالاتری نسبت به سایر طرح‌ها مشاهده شد. در مخلوط‌های حاوی پودرسنگ تراورتن بدون میکروسیلیس و با میکروسیلیس به ترتیب ۱۵٪ و ۱۳٪ توانایی عبور بهبود پیدا کرده است. استفاده از میکروسیلیس باعث بهبود ۱۳ درصدی توانایی عبور مخلوط‌ها نسبت به طرح اختلاط‌های بدون میکروسیلیس شده است، البته با افزایش نسبت آب به سیمان طرح‌ها عملکرد بهتری در توانایی عبور نداشته اند.
- استفاده از پودر سنگ مرمر و تراورتن می‌تواند نقش موثری در افزایش لزجت مخلوط‌های بتن SCLC تا ۱۲ ٪ نسبت به پودر سنگ آهک داشته باشد و نسبت به استفاده از پودر سنگ آهک بتن در رده لزجت بالاتری قرار گیرد. هرچند ممکن است استفاده از این دو پودر در مخلوط‌ها جداشدگی و انسداد رخ دهد ولی در انجام آزمایش‌ها جداشدگی و انسداد مشاهده نشد.
- افزایش نسبت آب به سیمان بدون حضور میکروسیلیس لزجت مخلوط را در حدود ۱۳ ٪ کاهش می‌دهد و با میکروسیلیس ۱۴٪ لزجت را افزایش می‌دهد. یعنی در صورت افزایش نسبت آب به سیمان و درحضور میکروسیلیس تفاوت لزجتی در حدود ۲۷٪ با مخلوط های با درصد آب به سیمان پایین‌تر و بدون میکروسیلیس خواهیم داشت.
- مقاومت فشاری نمونه‌های ساخته شده با پودر تراورتن با استفاده از میکروسیلیس و بدون میکروسیلیس و نسبت آب به سیمان ۰/۳۲ و ۰/۳۵ تا۱۰ ٪ بهتر از سایر نمونه ها بوده و مقاومت فشاری و کششی بالاتری بدست داده است ولی مقاومت فشاری نمونه هایی حاوی پودر مرمر حدود ۴ ٪ افزایش داشته که افزایش قابل توجهی نسبت به پودر سنگ آهک نبوده است.

مراجع:

1- Okamura H, Ouchi M(2003). Self-compacting concrete. Journal Advance Concrete Technology, 1, 1, p5–15.
2- Murat Kurt, Muhammed Said Gül, Rüstem Gül, Abdulkadir Cüneyt Aydin,Türkay Kotan (2016). The effect of pumice powder on the self-compactability of pumice aggregate lightweight concrete. Construction and Building Materials, 103, p36–46.
3- Shamsad Ahmad , Saheed Kolawole Adekunle, Mohammed Maslehuddin, Abul Kalam Azad (2014). Properties of self consolidating concrete made utilizing alternative mineral fillers. Construction and Building Materials, 68, p268–276.
4- Jae Hong Kim, Nagy Noemi b, Surendra P Shah (2012). Effect of powder materials on the rheology and formwork pressure of self-consolidating concrete. Cement & Concrete Composites, 34, p746–753.
5- Zhimin Wua, Yunguo Zhang, Jianjun Zheng, Yining Ding (2009). An experimental study on the workability of self-compacting lightweight concrete. Construction and Building Materials, 23, p2087–2092.
6- Khayat KH, Assaad J, Daczko J (2004). Comparison of field-oriented test methods to assess dynamic stability of self-consolidating concrete. ACI Mater Journal, 101, 2, p168–176.
7- Michele Fabio Granata (2015). Pumice powder as filler of self-compacting concrete. Construction and Building Materials, 96, p581–590.

Archive of SID

www.SID.ir

8- Okan Karahan, Khandaker M A Hossain, Erdogan Ozbay, Mohamed Lachemi, Emre Sancak (2012). Effect of metakaolin content on the properties self-consolidating lightweight concrete. Construction and Building Materials, 31, p320–325.
9- EFNARC (2002). Specifications and Guidelines for Self-Compacting Concrete, Association House, 99 West Street, Farnham, UK. www.efnarc.org, ISBN 0 953973344.
10- Bartos P (2005). Testing-SCC toward new European for fresh SCC (p25–44). 1st International Symposium on Design, Performance and Use of Self-Consolidating Concrete, Changsha, China, 2005.
11- Felekog˘lu B, Baradan B (2003). Utilization of limestone powder in self-levelling binders (p475–484). R.K. Dhir, M.D. Newlands, J.E. Halliday, editors, Proceedings of the international symposium on advances in waste management and recycling, Thomas Telford Ltd, London, 2003.
12- ACI Committee 237 (2007). Self-consolidating concrete, ACI 237R-07. Farmington Hills: American Concrete Institute.
13- Mehmet Gesog˘lu, Erhan Guneyisi, Mustafa E. Kocabag, Veysel Bayram, Kasım Mermerdas (2012). Fresh and hardened characteristics of self compacting concretes made with combined use of marble powder, limestone filler, and fly ash. Construction and Building Materials, 37, p160–170.
14- Ilker Bekir Topcu, Tayfun Uygunoglu (2010). Effect of aggregate type on properties of hardened self consolidating lightweight concrete (SCLC). Construction and Building Materials, 24, p1286–1295.
15- M. Mazloom, A A Ramezanianpour, J J Brooks (2004). Effect of silica fume on mechanical properties of high-strength concrete. Cement & Concrete Composites, 26, p347–357.
16- M Mazloom, A Ranjbar (2010). Relation between the workability and strength of selef-compacting concrete. 35th Conference on OUR WORLD IN CONCRETE & STRUCTURES, Singapore, August 2010.
17- TS EN 197-1(2002). Cement – Part 1. composition, specifications and conformity criteria for common cements.
18- ASTM c127 (2005). Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate.
19- ACI 213 (1987). Self-consolidating concrete, ACI 237R-87. Farmington Hills: American Concrete Institute.
20- Skarendahl A , Peterson (2001). State of the Art Report of RILEM Technical Committee 174- SCC, Self-
Compacting Concrete. Report No.23.
21- Daczko J.A. Stability of self-Cosolidating Concrete , Assumed or Ensured (2002). proceedings of First North American conference on the Design Use of self-consolidating concrete. Center for Advanced Cement-based Materials (ACBM), 12, p245-252.
22- Vuk T, Tinta V, Gabrovsiek R, Kaucic V (2001). The effects of limestone addition, clinker type and fineness on properties of Portland cement. Cement and Concrete Research, 31, p135-139.

Archive of SID

www.SID.ir

The 1 st International Conference of Iranian natural hazards and environmental crise strategies and challenges
اولین همایش بین المللی مخاطرات طبیعی و بحران های زیست محیطی ایران، راهکارها و چالش ها

The effect of travertine and marble stone powders properties of self-compacting light weight concrete

Mousa Mazloom[1] , Seyyed Mohammad Homayooni[2]

1- Associate professor, Faculty of Civil Engineering, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran
2-MSc student, Department of Civil Engineering, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran

Abstract

Increasing engineering requirements for the construction, use of materials available and widely used, including concrete that meet the specific needs of each project is the construction project is necessary. With the development of concrete, concrete products that have the ability to flow under its own weight and density need not be internal or external, is an important achievement. The assessments on self-compacting light weight concrete for the use of powdered limestone and travertine and marble rather than the effect of the powder on the pasty phase and hardened self-compacting light weight concrete was done. To assess the issue of designs mixed with water to cement ratio was 0.32 and 0.35. It also plans to replace 10% by weight of mixing using silica fume cement and Without silica fume were built. In this study, expanded clay lightweight aggregate concrete to achieve structural density 500 kg/m^3 was used. In this study, 12 were studied mix design specific gravity in the range of 1675-1711 Kg/m^3 respectively. To study designs mixing pasty phase experiments slump flow, ring J, funnel V, U box was done. The final diameter of the slump and slump flow time is in the range of 740-820 mm and 5-6 s respectively. The average difference in height of ring J, funnel V at 10 and 300 seconds, U box ,respectively, to the values 8-13 mm, 5-6 s, 7-24 s and 24-33 mm was limited. SCLC to check the hard phase to test the compressive strength of 7, 28 and 90-day and 28-day tensile strength. The amount of which is, respectively, 14-25 Mpa and 2-4MPa. According to the results of studies, self-compacting light weight concrete travertine and marble powders better than using fresh and hardened phase showed.

Keywords: Self-compacting light weight concrete (SCLC), stone powders, compressive strength, workability of fresh concrete, silica fume.

Archive of SID

www.SID.ir