

ارزیابی تأثیر نانوسیلیس و فوق روان کننده بر مقاومت ساینده بتن در سازه‌های آبی

صادق حبشی، جواد احدیان* و سکینه سلیمانی نیا**

* نگارنده مسئول: دانشکده علوم مهندسی آب، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. تلفن: (۰۶۱)۳۳۳۲۲۸۶۹،

پیام‌نگار: ja_ahadiyan@yahoo.com, j.ahadiyan@scu.ac.ir

** به ترتیب: کارشناس ارشد شرکت نیک تابان دز، دانشیار گروه سازه‌های آبی؛ و دانشجوی دکتری سازه‌های آبی دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ دریافت: ۹۴/۸/۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۰/۱۹

چکیده

از بتن معمولی به دلیل در دسترس بودن اجزای آن، به صورت گسترده در سازه‌های آبی استفاده می‌شود. مقاومت بتن می‌تواند با افزودن مقداری اندک از مواد ترکیبی به نام نانو مواد، به طور قابل توجهی افزایش یابد و باعث افزایش طول عمر بتن شود. تحقیق حاضر اثر مواد افزودنی نانوسیلیس و فوق روان کننده از نوع پلاستیکرت R-B را بر مقاومت سایشی بتن بررسی کرده است. برای ساخت نمونه‌های بتن از سیمان تیپ ۲ و ۵ استفاده شد. نانوسیلیس به مقدار ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ و فوق روان کننده به مقدار ۰/۵، ۰/۸، ۱/۱، ۱/۴ و ۱/۷ درصد وزنی سیمان مورد آزمون در نظر گرفته شد. کلیه آزمایش‌ها در آزمایشگاه بتن در دوره‌های عمل‌آوری ۷، ۲۸ و ۴۲ روزه اجرا گردید. در مجموع، ۶۰ آزمایش مختلف سایشی روی نمونه اجرا شد. در این آزمایش‌ها مقاومت سایشی مصالح درشت دانه بتن با سایش و ضربه در دستگاه لوس آنجلس تعیین گردید. نتایج نشان می‌دهد که با اضافه کردن نانوسیلیس و فوق روان کننده به بتن‌هایی با سیمان تیپ ۲ و ۵، مقاومت سایشی آنها در مقایسه با بتن معمولی، ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد. به طوری که مقدار افت جرم با افزایش نانو سیلیس به ترتیب تا ۶ و ۸ درصد وزنی سیمان، کاهش و پس از آن افزایش خواهد یافت و در مقادیر ذکر شده، کمترین کاهش جرم اتفاق می‌افتد که مقدار آن نسبت به بتن معمولی ۷، ۲۸ و ۴۲ روزه به ترتیب ۴۰، ۳۱ و ۵۰ درصد برای سیمان تیپ ۵ و ۲۷، ۳۲ و ۵۰ برای سیمان تیپ ۲ کمتر خواهد بود. همچنین در این تحقیق و برای مقاومت سایشی بر اساس نتایج به دست آمده، مقدار بهینه نانوذرات سیلیس ۶ درصد و فوق روان کننده ۰/۸ درصد وزنی سیمان تیپ ۲ و برای سیمان تیپ ۵ به ترتیب ۸ و ۰/۸ درصد وزنی، تعیین شد.

واژه‌های کلیدی

افزودنی‌های بتن، پلاستیکرت R-B، دوام بتن، مقاومت سایشی

مقدمه

علم و صنعت یاد می‌شود (Anon, 2001). هدف نهایی از

بررسی مواد در مقیاس نانو، یافتن طبقه‌ای جدید از مصالح ساختمانی با عملکرد بالاست. استفاده از بتن در ساخت انواع سازه‌های هیدرولیکی روز به روز گسترش یافته است. در تحقیقات امروزه برای کاربرد بتن در سازه‌های هیدرولیکی، تلاش‌ها به نحوی است که بتوان مقدار آب

دوام و مقاومت سازه‌های بتنی آبی، مدت زمان بهره‌برداری از آنها، و مقاوم‌سازی آنها در برابر خطرهای احتمالی مانند زلزله و طغیان رودخانه‌ها هزینه‌های درازمدت طرح را به گونه‌ای مؤثر کاهش می‌دهد. امروزه از فناوری نانو به عنوان یک تکنولوژی کلیدی و تأثیرگذار بر

بررسی تأثیرات میکروسیلیس و پلیمر S.B.R در مقاومت سایشی بتن پرداختند و نتیجه گرفتند که با افزایش ۱۰ درصد میکروسیلیس، مقاومت سایشی بتن ۱۵ درصد و با افزایش ۱۰ درصد پلیمر، مقاومت سایشی بتن ۳۰ درصد افزایش می‌یابد. حمزه و شمشیری (Hamzeh & Shamshiri, 2004) در تحقیقی ابتدا به معرفی بتن خودتراکم پرداختند و مزایای استفاده از این نوع بتن و به کارگیری روان کننده‌ها در بتن خودتراکم و طرح مخلوط این بتن را بررسی کردند. سیدیان و همکاران (Seyyedian et al., 2008) تأثیر نانومواد در بتن را مطالعه کردند و در تحقیقات خود با عنوان بررسی کاربرد نانومواد به منظور افزایش دوام بتن در پوشش کانال‌های آبیاری، به بررسی مقاومت فشاری بتن پرداختند. نتایج تحقیقات آنها نشان می‌دهد که با افزایش مقدار نانوسیلیس، مقاومت فشاری بتن افزایش می‌یابد اما با افزایش درصد مقدار نانواهن و مونت‌موریلونیت تغییر ساختار آلی در مخلوط ایجاد می‌شود و میزان مقاومت فشاری ابتدا افزایش سپس کاهش می‌یابد، به طوری که بیشترین مقاومت فشاری در بتن ۷ و ۲۸ روزه به ترتیب به میزان ۱۵/۴ و ۲۰/۳ مگاپاسکال در مونت‌موریلونیت ۰/۲۵ درصد و ۲۲/۷ و ۲۶ مگاپاسکال در نانواهن ۳ درصد مشاهده می‌شود. غفاری مقدم (Ghaffarimoghaddam, 2007) در تحقیقی به بررسی تأثیر مواد نانویی بر خواص بتن خودتراکم پرداخت. نتایج کار وی نشان می‌دهد که دستیابی به ساخت بتن خودتراکم با مواد نانوسیلیس، مقاومت فشاری ۹۰ روزه را تا ۵۲/۸ مگاپاسکال افزایش می‌دهد. کینگ و همکاران (Qing et al., 2007) در تحقیقی با عنوان تأثیر نانوسیلیس بر خواص چسبندگی خمیر سیمان سخت شده و مقایسه آن با بخار سیلیس، تأثیر این مواد را بر مقاومت خمیر سیمان بررسی کردند. نتایج تحقیقات نشان داده است که با افزایش ۳ درصد نانوسیلیس به خمیر سیمان، هیدرواکسید کلسیم کریستالی آن

مصرفی در مخلوط بتن را کاهش داد. دلیل این امر، افزایش مقاومت فشاری و مقاومت خمشی بتن در نتیجه کاهش مقدار آب مصرفی در آن است که به دنبال آن با بیشتر شدن پیوستگی بین اجزای بتن، مقاومت سایشی بتن نیز افزایش می‌یابد. در مخلوط بتن هر اندازه آب کمتری استفاده شود، مشروط براینکه تراکم و عمل‌آوری آن درست باشد، کیفیت بتن بهتر خواهد شد. از دیگر سو، سیلیس یکی از معروف‌ترین موادی است که نقش مهمی در چسبندگی و پرکنندگی بتن با عملکرد بالا دارد. افزودن نانوسیلیس، بر مدت زمان گیرش سیمان مؤثر است و مدت زمان گیرش اولیه را کاهش می‌دهد. با افزایش نانوسیلیس به سیمان، ملات سیمان متراکم‌تر می‌شود و نسبت به سیمان معمولی، نفوذپذیری به تدریج کاهش می‌یابد. در مقایسه با بتن معمولی (ساده)، فعالیت پوزولانی نانوسیلیس بسیار بیشتر است. نانوسیلیس با کریستال‌های هیدرواکسید کلسیم (Ca_2OH) واکنش می‌دهد تا ژله (C-S-H) تولید شود. بنابراین، اندازه و تعداد کریستال‌های هیدرواکسید کلسیم به شکلی چشمگیر کاهش می‌یابد و مقاومت زودگیر خمیر سیمان سفت شده، بعد از ۲۸ روز، افزایش می‌یابد. نانوسیلیس می‌تواند مثل هسته عمل کند و به ذرات ژله ای به خوبی بچسبد. اسماعیلی (Esmaeili, 2004) در تحقیقی به بررسی کاربرد میکروسیلیس و الیاف فولادی در بتن حجیم و روش اجرای آن در سده سازی و ساختن مخازن بتنی پرداخت. نتایج تحقیقات وی نشان می‌دهد که کاربرد میکروسیلیس در بتن حجیم با W/C بین ۰/۲ تا ۰/۴ و میزان جایگزینی بین ۱۵ تا ۲۰ درصد میکروسیلیس به جای سیمان بسیار مفید خواهد بود؛ همچنین، اضافه کردن الیاف فولادی به میزان ۱/۵ درصد وزنی به بتن حجیم می‌تواند به میزان قابل توجهی از ایجاد ترک‌های حرارتی در آن جلوگیری کند. رمضان‌پور و حق‌الهی (Ramezanpour & Haghollahhi, 2004) در تحقیقی به

کاهش می‌یابد و با کاهش این ماده، فضاهای خالی بین ذرات خمیر سیمان کم می‌شود و چسبندگی آن با افزودن نانوسیلیس، نسبت به بخار سیلیکا، بهبود پیدا می‌کند و به مقاومت بیشتری می‌رسد. مهرآوران (Mehravaran, 2010) در تحقیقی به بررسی تأثیر نانوسیلیس بر خواص مکانیکی بتن حاوی پودر پوزولان طبیعی پرداخت. نتایج مطالعه وی نشان می‌دهد که با استفاده از ذرات سیلیس می‌توان تراکم ذرات در بتن را افزایش داد که این امر به افزایش چگالی نانو ساختارهای تشکیل دهنده بتن و در نتیجه بهبود ویژگی‌های مکانیکی آن می‌انجامد. نتایج آزمایش‌ها روی نانوسیلیس در این تحقیق نشانگر فعالیت مناسب است و در محدوده ۱ تا ۴ درصد جایگزینی با سیمان، بهترین مقاومت را از خود نشان می‌دهد. لطفی و همکاران (Lotfi et al., 2010) با بررسی ویژگی ملات‌های سیمان دارای ذرات نانوسیلیس به این نتیجه دست یافتند که مقاومت فشاری ملات دارای ذرات نانوسیلیس بیشتر از مقاومت فشاری ملات حاوی دوده سیلیسی ۷ و ۲۸ روزه است. توبون و همکاران (Tobon et al., 2010) در تحقیقی با عنوان بررسی مقایسه‌ای عملکرد سیمان پرتلند ترکیب شده با نانوسیلیس و بخار سیلیس، خصوصیات فیزیکی ترکیب نانوسیلیس با سیمان پرتلند تیپ ۳ را با میزان اختلاط ۱، ۳، ۵ و ۱۰ درصد بررسی کردند. نتایج بررسی‌ها نشان داده است که این ماده، افزودنی مؤثری برای ترکیب با سیمان پرتلند است که بدون آنکه بر آزادسازی تأثیر داشته باشد، گرم‌آزایی مرحله گیرش و عملکرد مکانیکی‌شان را بهبود می‌بخشد و به دلیل افزایش آب ترکیبی مورد نیاز، افزودنی‌های پوزولان سیار فعال، زمان گیرش ملات را به تاخیر می‌اندازند. نظری و ریاحی (Nazari & Riahi, 2010) با بررسی مقاومت فشاری، خواص حرارتی و ساختمان میکروسکوپی بتن خودمتراکم با مقدار متفاوتی از نانوذرات اکسید مس، به این نتیجه رسیدند که نانوذرات CuO می‌تواند مقاومت فشاری بتن خودمتراکم را بهبود بخشد و با جایگزینی ۴ درصد وزنی سیمان، مقاومت را افزایش دهد. کشاورز و همکاران (Keshavarz et al., 2010a, b) در تحقیقی با آزمایش‌های مختلف به این نتیجه رسیدند که افزودن نانولوله‌های کربنی به کامپوزیت بتنی، خلل و فرج کامپوزیت را کاهش می‌دهد و باعث ایجاد کامپوزیت بتنی فشرده‌تر و پیوسته‌تر می‌شود و همچنین با استفاده از نانولوله کربنی در طرح اختلاط نمونه‌های بتنی، مقاومت خمشی و مقاومت فشاری نمونه‌ها به ترتیب ۱۳ و ۳۰ درصد افزایش می‌یابد. وظیفه‌خواه و مناف‌پور (Vazifekhah & Manafpour, 2010)، در تحقیقی با عنوان بررسی آزمایشگاهی مقاومت کششی بتن با الیاف فولادی، به بررسی مقاومت کششی بتن مسلح به الیاف فولادی با در نظر گرفتن نسبت‌های مختلف الیاف پرداختند و به این نتیجه رسیدند که مقاومت کششی بتن با الیاف فولادی، نسبت به بتن بدون الیاف، افزایش قابل توجهی دارد. لیانگ و همکاران (Liang et al., 2011)، در تحقیقی با عنوان ترکیب نانومکانیک مبتنی بر ساختارهای شبه شکننده و شکننده، مقاومت، رشد ترک استاتیکی، طول عمر و مقیاس‌گذاری به بررسی طول عمر سازه‌های بزرگ و بتنی پرداختند. شمسایی و همکاران (Shamsayi et al., 2012) با بررسی اثر نانوسیلیس در مقاومت فشاری و سایشی بتن به این نتیجه رسیدند که با استفاده از ۳ درصد نانوسیلیس و کاستن از نسبت آب به سیمان، مقاومت‌های فشاری و سایشی ۲۸ روزه به ترتیب ۳۴/۴ و ۳۶/۱۳ درصد افزایش می‌یابد. جلال (Jalal, 2012) استفاده از پودر نانو اکسید تیتانیوم در بتن خود متراکم را بررسی کرد و به این نتیجه رسید که با استفاده از ۱ تا ۵ درصد نانو تیتانیوم در مخلوط بتن، نفوذ آب و یون کلرید به میزان قابل توجهی کاهش و در نتیجه دوام و عمر بتن افزایش می‌یابد. ماسانا و همکاران (Massana et al., 2012) با بررسی استفاده از نانوسیلیس در بتن برای افزایش مقاومت سایشی آن به این نتیجه

کاهش می‌یابد و با کاهش این ماده، فضاهای خالی بین ذرات خمیر سیمان کم می‌شود و چسبندگی آن با افزودن نانوسیلیس، نسبت به بخار سیلیکا، بهبود پیدا می‌کند و به مقاومت بیشتری می‌رسد. مهرآوران (Mehravaran, 2010) در تحقیقی به بررسی تأثیر نانوسیلیس بر خواص مکانیکی بتن حاوی پودر پوزولان طبیعی پرداخت. نتایج مطالعه وی نشان می‌دهد که با استفاده از ذرات سیلیس می‌توان تراکم ذرات در بتن را افزایش داد که این امر به افزایش چگالی نانو ساختارهای تشکیل دهنده بتن و در نتیجه بهبود ویژگی‌های مکانیکی آن می‌انجامد. نتایج آزمایش‌ها روی نانوسیلیس در این تحقیق نشانگر فعالیت مناسب است و در محدوده ۱ تا ۴ درصد جایگزینی با سیمان، بهترین مقاومت را از خود نشان می‌دهد. لطفی و همکاران (Lotfi et al., 2010) با بررسی ویژگی ملات‌های سیمان دارای ذرات نانوسیلیس به این نتیجه دست یافتند که مقاومت فشاری ملات دارای ذرات نانوسیلیس بیشتر از مقاومت فشاری ملات حاوی دوده سیلیسی ۷ و ۲۸ روزه است. توبون و همکاران (Tobon et al., 2010) در تحقیقی با عنوان بررسی مقایسه‌ای عملکرد سیمان پرتلند ترکیب شده با نانوسیلیس و بخار سیلیس، خصوصیات فیزیکی ترکیب نانوسیلیس با سیمان پرتلند تیپ ۳ را با میزان اختلاط ۱، ۳، ۵ و ۱۰ درصد بررسی کردند. نتایج بررسی‌ها نشان داده است که این ماده، افزودنی مؤثری برای ترکیب با سیمان پرتلند است که بدون آنکه بر آزادسازی تأثیر داشته باشد، گرم‌آزایی مرحله گیرش و عملکرد مکانیکی‌شان را بهبود می‌بخشد و به دلیل افزایش آب ترکیبی مورد نیاز، افزودنی‌های پوزولان سیار فعال، زمان گیرش ملات را به تاخیر می‌اندازند. نظری و ریاحی (Nazari & Riahi, 2010) با بررسی مقاومت فشاری، خواص حرارتی و ساختمان میکروسکوپی بتن خودمتراکم با مقدار متفاوتی از نانوذرات اکسید مس، به این نتیجه رسیدند که نانوذرات CuO می‌تواند مقاومت فشاری بتن

سیمان پرتلند بررسی کردند. نانورس مورد استفاده در این تحقیق نانومتاکائولن بود. نتایج بررسی‌های این محققان نشان می‌دهد که مقاومت فشاری و کششی ملات سیمان با نانورس بالاتر از مقاومت فشاری و کششی ملات معمولی است و مقاومت کششی تا ۴۹ درصد افزایش می‌یابد. بررسی‌های وسیع تأثیر نانوسیلیس را در افزایش مقاومت فشاری و کششی بتن روشن می‌کند اما مطالعات کافی برای بررسی اثر این مواد در افزایش مقاومت سایشی بتن هنوز صورت نگرفته است. مطالعات و آزمایش‌ها نتایج ارزشمندی در مواردی که سیمان معمولی در بتن استفاده می‌گردد در اختیار قرار می‌دهد، اما به جای استفاده از یک سیمان به خصوص، این امکان وجود دارد که بعضی از خواص سیمان‌های معمولی مورد استفاده را با ترکیب آن با یک افزودنی تغییر داد (Anon, 2002).

در تحقیق حاضر بر اساس نوع سیمان تیپ ۲ و ۵، و درصدهای مختلف از نانوسیلیس در مقایسه با درصدهای مختلف فوق روان‌کننده، مقاومت سایشی نمونه‌ها در زمان‌های عمل‌آوری مختلف با یکدیگر مقایسه می‌شود.

مواد و روش‌ها

ساخت نمونه

در این تحقیق برای ساخت نمونه‌های مختلف، از درصدهای مختلف مواد ترکیبی نانوسیلیس و همچنین فوق روان‌کننده پلاستیکرت R-B استفاده شد. در جدول ۱، تمامی مواد به کار رفته در آزمایش‌ها و نیز درصد نانومواد افزوده شده به سیمان آمده است. یادآوری می‌شود که در تمامی این آزمایش‌ها از سیمان تیپ ۲ و ۵ در ترکیب نمونه‌های بتن استفاده شده است. در این تحقیق، از سنگدانه‌های موجود و رایج شامل شن با حداکثر اندازه، ذرات ۱۹ میلی‌متر و ماسه با حداکثر اندازه ذرات ۴/۷۵ میلی‌متر استفاده شد. این سنگدانه‌ها از نوع گردگوشه جنس سیلیس با وزن مخصوص ۱۶۵۰ و ۱۷۰۰

رسیدند که با استفاده از نانوسیلیس در ترکیب بتن، به میزان ۱۷ درصد مقاومت سایشی بتن افزایش می‌یابد. کارمیچال و آرولراج (Carmichael & Alrulraj, 2012) با بررسی تأثیر نانومواد بر قوام، زمان گیرش و مقاومت فشاری سیمان نتیجه گرفتند که استفاده از نانومواد (نانوآهن، نانوسیلیس، نانوآکسیدتریتی و نانوسیمان) گیرش اولیه و ثانویه را کاهش و مقاومت فشاری بتن را افزایش می‌دهد.

سلیمانی (Soleymani, 2012) در بررسی استفاده از مواد نانوسیلیس به همراه تفالۀ روغن نخل به این نتیجه رسید که استفاده بهینه از کامپوزیت نانوسیلیس با جایگزینی بخشی از سیمان و آزمایش در زمان‌های ۷، ۲۸ و ۹۰ روزه، هم به محیط زیست کمک می‌کند و هم به صورت چشم‌گیری مقاومت مکانیکی بتن را افزایش می‌دهد. عارفی و رضایی‌زرچی (Arefi & Rezaei-Zarchi, 2012)، در تحقیقی تحت عنوان تأثیر نانوذرات اکسید روی بر مقاومت فشاری و زمان گیرش مخلوط بتن خودمتراکم به این نتیجه رسیدند که افزایش مقدار اکسید روی بیش از ۰/۲ درصد می‌تواند استحکام خمشی بتن را افزایش دهد؛ حداکثر مقاومت خمشی و کششی پس از افزودن ۰/۵ درصد نانوذرات مشاهده می‌گردد به طوری که در این مقدار، برای بتن‌های ۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ روزه، مقاومت خمشی به ترتیب ۲، ۱/۶، ۱/۰۵ و ۱/۱۵ برابر و مقاومت کششی به ترتیب ۱/۵، ۱/۳۲، ۱/۰۲ و ۱/۰۶ برابر، نسبت به حالت شاهد، خواهد شد. جلال و همکاران (Jalal et al., 2012) با بررسی مخلوط نانوسیلیس و بخار سیلیس با سه عیار مختلف ۴۰۰، ۴۵۰ و ۵۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب و نسبت آب به سیمان ۰/۳۸ در بتن خودمتراکم این نتیجه را به دست آوردند که در عمل‌آوری ۷، ۲۸ و ۹۰ روزه، مقاومت کششی و فشاری بتن خودمتراکم افزایش می‌یابد. مورسی و همکاران (Morsy et al., 2012) اثر نانوآک رس را در مکانیکی خواص و ساختار ملات

مقادیر این است که طبق اندازه‌گیری‌ها، بیشترین مقاومت فشاری مجاز در بتن ایجاد خواهد شد. همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، نسبت آب به سیمان کمتر از ۳۵ درصد است در حالی که در ترکیب‌های معمولی این نسبت بالای ۴۰ درصد است و به دلیل استفاده از مواد افزودنی فوق روان‌کننده کارایی بتن با کاهش نسبت آب به سیمان افزایش یافته است. یادآوری می‌شود که این کاهش بر مبنای دستیابی به اسلامپ مورد نظر برابر با ۱۲-۱۰ سانتی‌متر کسب شده است. در تحقیق حاضر با توجه به شرایط منطقه خوزستان و فصل مورد آزمایش از فوق روان‌کننده‌کنندگی استفاده شده است.

کیلوگرم بر مترمکعب به ترتیب برای شن و ماسه بودند. در این تحقیق برای طرح اختلاط بتن مورد استفاده، از روش اختلاط استاندارد آیین‌نامه ACI 211 استفاده شده است. نکته مهم در تهیه نمونه‌های ماسه و شن محدود بودن تأمین مصالح، مطابق با مقادیر تئوری به دست آمده از طرح اختلاط است به گونه‌ای که در مقادیر مساوی بسته‌های ماسه و شن، وجود ذرات شن ال‌ک نشده در بسته‌های ماسه، مقدار ماسه خالص را حدود ۲۰ درصد کاهش می‌دهد و متعاقباً مقدار شن خالص حدود ۲۰ درصد افزایش خواهد یافت که این امر طرح اختلاط را به استانداردهای موجود نزدیک می‌کند. دلیل کاربرد این

جدول ۱- مواد مصرفی و درصد اختلاط نانومواد با سیمان

ردیف	ماده مصرفی	مقدار	اختلاط نسبت به سیمان (درصد)
۱	شن ۲۰-۵ میلی‌متر	۹۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب	-
۲	ماسه ۵-۰ میلی‌متر	۹۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب	-
۳	سیمان تیپ ۲ و ۵	۳۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب	-
۴	نانوسیلیس	-	۱۰ و ۸، ۶، ۴، ۲
۵	فوق روان‌کننده	-	۱/۷ و ۱/۵، ۱/۱، ۰/۸، ۰/۵
۶	آب	۱۲۰ لیتر	-

ساخته می‌شود، خاصیت دیرگیرکنندگی برای بتن‌ریزی در هوای گرم را دارد، با کاهش آب مصرفی همراه است و مقاومت‌های اولیه و نهایی بتن را افزایش می‌دهد. همچنین، مصرف این ماده از انقباض و خزش بتن جلوگیری می‌کند، سبب کاهش نفوذپذیری در بتن می‌شود و هوای اضافی بتن را تا ۷۰ درصد خارج می‌کند. از دیگرسو، با وجود کارآمدتر بودن نسبت سایر فوق روان‌کننده‌ها، به دلیل در دسترس بودن و نیز از لحاظ اقتصادی، پلاستیکرت R-B گزینه‌ای مناسب برای تحقق اهداف پژوهش حاضر است. این ماده یکی از جدیدترین مؤثرترین انواع تقلیل دهنده‌های آب است که در آمریکا به عنوان روان‌کننده قوی و در ASTM به عنوان تیپ F نامگذاری شده است. مصرف این نوع افزودنی معمولاً

هنگامی که هدف، رسیدن به مقاومتی بالا با یک کارایی داده شده باشد، مصرف روان‌کننده‌های قوی می‌تواند مصرف آب را ۲۵ تا ۳۵ درصد کاهش دهد. در نتیجه، با استفاده از نسبت پایین آب به سیمان، بتن‌های با مقاومت بالا ساخته می‌شود. دوره بقای کارایی بالای ایجاد شده با روان‌کننده‌های قوی، کم است. مطابق دستورالعمل کارخانه تولید کننده، در فوق روان‌کننده تحقیق حاضر، سرعت کاهش اسلامپ زیاد است و پس از ۳۰ تا ۹۰ دقیقه، کارایی به حالت طبیعی خود بر می‌گردد. به این دلیل این نوع افزودنی باید کمی قبل از ریختن بتن در قالب به مخلوط اضافه شود. در آزمایش‌های تحقیق حاضر از فوق روان‌کننده با نام تجاری پلاستیکرت R-B استفاده شده است. این ماده بر پایه نفتالین فرمالدئید سولفات

بیشتر از مصرف متداول برای روان‌کننده‌های عادی است و از تأثیرات جنبی نامطلوب آن هم به طور چشمگیری کاسته شده است. برای مثال، فوق روان‌کننده‌ها چون نمی‌توانند کشش سطحی آب را به طور محسوسی پایین آورند، مقدار هوای قابل توجهی نیز وارد بتن نمی‌کنند. این نوع افزودنی در تولید بتن‌های روان در مواقعی که محل بتن‌ریزی غیر قابل دسترسی است یا در محل‌هایی که بتن‌ریزی خیلی سریع لازم است به کار می‌روند.

مورد مصرف دیگر روان‌کننده‌های قوی در تولید بتن‌های با مقاومت خیلی بالاست که با کارایی معمولی و نسبت آب به سیمان بسیار پایین به دست می‌آیند. روان‌کننده‌های قوی از ملامین فرمالدئید سولفات‌ه شده غلیظ شده یا نفالین فرمالدئید سولفات‌ه شده غلیظ شده است که در پراکنده ساختن سیمان تأثیر دارد و تا حدودی خاصیت کند گیرکنندگی دارند. اساساً استفاده از اسیدهای سولفات‌ه شده باعث تسریع در پراکنش می‌شود. روان‌کننده‌های قوی در سطح ذرات سیمان جذب می‌شوند و به آنها بار منفی می‌دهند و این باعث دفع ذرات از یکدیگر می‌شود. این فرایند کارایی را در یک نسبت آب به سیمان مشخص افزایش می‌دهد، برای مثال می‌تواند اسلامپ ۷۵ میلی‌متر را تا ۲۰۰ میلی‌متر بالا ببرد.

سیلیس یکی از معروف‌ترین موادی است که نقش مهمی در چسبندگی و پرکنندگی بتن با عملکرد بالا دارد. افزودن نانوسیلیس، بر مدت زمان گیرش سیمان مؤثر است و مدت زمان گیرش اولیه را کاهش می‌دهد. با توجه به خصوصیات یاد شده در بخش قبل و فراگیر بودن استفاده از نانوسیلیس در تحقیق حاضر، این

ماده به عنوان یک ماده اصلی در ترکیب و طرح اختلاط نمونه‌های ساخته شده به کار گرفته شد. در این تحقیق برای طرح اختلاط بتن مورد استفاده از روش اختلاط استاندارد آیین‌نامه ۲۱۱ ACI استفاده و جزئیات طرح اختلاط در جدول ۱ نشان داده شده است. به هنگام ساخت نمونه‌های بتن، ابتدا شن، ماسه، سیمان و آب در مخلوط‌کن و در آزمایشگاه بتن به مدت دو دقیقه مخلوط و بعداً مواد افزودنی به تدریج به داخل مخلوط‌کن ریخته شد و پس از آن دوباره مخلوط‌کن به مدت سه دقیقه به کار خود ادامه داد تا مواد افزودنی در تمام فضای بتن پخش و مخلوط کاملاً یکنواختی حاصل شود. با توجه به برنامه‌ریزی آزمایش‌ها، نمونه‌های مربوط به دوره‌های عمل‌آوری ۷، ۲۸ و ۴۲ روزه تهیه و برای هر آرایه از جدول سناریوی آزمایشی دو نمونه آماده شد. این موضوع به دلیل کاهش خطاهای احتمالی در اندازه‌گیری و ساخت مد نظر قرار گرفت. در هنگام آزمایش نیز متوسط مقادیر اندازه‌گیری شده دو نمونه برای هر آرایه از جدول سناریوی آزمایشی در نظر گرفته شد. یادآوری می‌شود که برای نمونه‌های با مواد فوق‌روان‌کننده مقدار آب مصرفی تا ۸۰ لیتر (با توجه به دلایل یاد شده) کاهش یافت. جدول ۲ سناریوی آزمایشی نمونه‌های این تحقیق را نمایش می‌دهد.

جدول ۲ نشان می‌دهد که ۶۰ نمونه برنامه‌ریزی شده برای آزمایش وجود دارد که با توجه به تکرار هر نمونه، تعداد نهایی آنها به ۱۲۰ می‌رسد. نمونه شاهد نیز بدون ماده افزودنی برای مقایسه و تحلیل هر نمونه تهیه شد.

جدول ۲- برنامه‌ریزی ساخت نمونه‌های آزمایشی

ماده مصرفی	درصد نانوسیلیس	درصد فوق روان‌کننده	زمان عمل‌آوری
سیمان تیپ ۲ و ۵	۱۰ و ۸، ۶، ۴، ۲	۱/۵، ۱/۱، ۰/۸، ۰/۵ و ۱/۷	۲۸، ۴۲ و ۷ روز

آزمایش سایش

سنگ ساب استاندارد به مدت ۳۰ دقیقه تحت فرایند سایش سطحی قرار داده شد.

شکل ۱ دیسک چرخان و یکی از نمونه‌ها را نمایش می‌دهد. سنگ با سرعت ۶۰ دور در دقیقه، تحت نیروی ۸۰ کیلوگرم، دوران داده شد. پس از این مرحله اجازه داده شد تا نمونه مجدداً به طور کامل خشک و برای دومین بار وزن شود. وزن به دست آمده در این مرحله به عنوان وزن ثانویه ثبت شد. اختلاف وزن اول و دوم، افت جرم بتن را در اثر سایش نشان می‌دهد که به عنوان شاخصی برای مقاومت سایشی بتن محاسبه و ثبت شد. پس از آزمایش‌های مقاومت سایشی روی نمونه‌های بتن مکعبی به ابعاد $150 \times 150 \times 150$ میلی‌متر حاوی نانوذرات سیلیس و فوق روان کننده، نتایج مورد تحلیل و با نتایج آزمایش‌های شاهد نیز مقایسه شد.

شبیه‌سازی شرایط وقوع سایش در سازه‌ها در مقیاس آزمایشگاهی دشوار است، اما استاندارد در این زمینه راه کار مناسبی ارائه می‌دهد. روش‌های پیشنهادی ASTM برای آزمایش سایش عموماً در ASTM C418 (آزمایش استاندارد برای ارزیابی مقاومت سایشی به روش ماسه‌پاشی) و ASTM C779 (آزمایش استاندارد برای ارزیابی مقاومت سایشی سطوح بتنی افقی) ارائه شده است (Anon, 2012). در این پروژه، با استفاده از دیسک چرخان طبق استاندارد ASTM C779-a با توجه به تمرکز بیشتر روی سازه‌های هیدرولیکی بتنی، آزمایش استاندارد انتخاب شده است. پس از توزین نمونه خشک شده، وزن به دست آمده به عنوان وزن اولیه ثبت شد و برای اجرای آزمایش زیر دستگاه سایش قرار گرفت. در این مرحله، نمونه با



شکل ۱- نمونه بتن در حال سایش با استفاده از دیسک چرخان

نتایج و بحث

نمونه پس از سایش (مجدداً به صورت خشک) را نشان می‌دهد. بنابراین، در کلیه نتایج به صورت افت جرم به عنوان معیاری برای مقاومت سایشی بر حسب گرم بیان شده است. همان‌طوری که از نتایج مشخص است میزان سایش در نمونه‌های سیمان تیپ ۵، نسبت به تیپ ۲، کمی بیشتر است زیرا در سیمان تیپ ۵، در مقایسه با سیمان تیپ ۲، مواد افزودنی ضد سولفات بیشتر است و این موضوع باعث کاهش مقاومت سایشی آن می‌شود.

در جدول ۳ نتایج آزمایش‌های مقاومت سایشی روی نمونه‌های بتن شاهد ۷، ۲۸ و ۴۲ روزه برای نمونه‌های ساخته شده از سیمان تیپ ۲ و ۵ نشان داده شده است. اعداد مندرج در جدول ۳ نشان‌دهنده کاهش جرم نمونه‌های مکعبی در اثر سایش با دیسک چرخان و آب به صورت همزمان است و به عبارت دیگر این اعداد اختلاف جرم اولیه نمونه مکعبی به صورت خشک با جرم نهایی

جدول ۳- افت جرم بتن‌های معمولی تیپ ۲ و ۵ شاهد (بدون مواد افزودنی)، (کیلوگرم)

زمان عمل‌آوری			نمونه‌های بتن سیمان
۴۲ روزه	۲۸ روزه	۷ روزه	
۴۳	۵۷	۸۸	بتن سیمان تیپ ۲
۴۶	۵۸	۹۱	بتن سیمان تیپ ۵

تأثیر نانوذرات سیلیس بر مقاومت سایشی بتن

نتیجه آزمایش نمونه‌های بتن دارای نانوذرات سیلیس و نتایج مقاومت سایشی نمونه‌های مکعبی با استفاده از دستگاه دوار که در بخش مواد و روش‌ها به آن اشاره شد، نشان می‌دهد که با افزایش مقدار نانوسیلیس، مقاومت سایشی آنها در زمان‌های عمل‌آوری ۷، ۲۸ و ۴۲ روزه، نسبت به نمونه‌های شاهد، افزایش و سپس کاهش می‌یابد (جدول ۴).

در توضیح نتایج جدول ۴ و به دنبال آن شکل ۲، شایان ذکر است که با افزودن نانوسیلیس، واکنش شیمیایی سیمان تغییر می‌یابد و باعث کاهش حرارت هیدراتاسیون آن می‌شود. از طرفی، با توجه به اندازه مواد نانو (که بسیار کوچک است)، فضاهای ریز بین سنگدانه‌ها و ذرات سیمان پر می‌شود و چسبندگی در ترکیب سیمان را بالا می‌برد که این امر موجب افزایش مقاومت سایشی بتن می‌شود. افزودن این مواد بیش از میزان ذکر شده، باعث تجمع بیش از حد آنها در بین سنگ‌دانه‌ها و ذرات ریز سیمان می‌شود. از آنجاکه نانوذرات سیلیس به تنهایی هیچگونه مقاومت چسبندگی ندارند، خواص مکانیکی و هیدرولیکی بتن و از جمله مقاومت

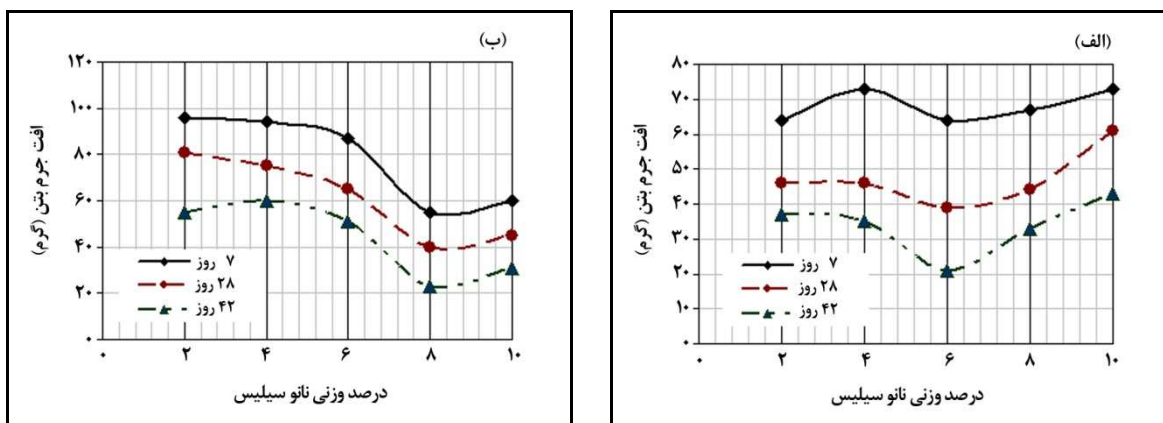
سایش بتن را کاهش می‌دهند. درصد بهینه نانوسیلیس افزودنی به سیمان تیپ ۲ و ۵ به طور جداگانه در جدول ۴ و شکل ۲ نشان داده شده است. این درصد بهینه می‌تواند کاربرد فراوانی در طرح اختلاط بتن، در بتن‌ریزی قسمت‌های سایشی سازه‌های آبی و سدها و سایر سازه‌های دیگر داشته باشد؛ همچنین به دلایل اقتصادی و نیز به دلیل بالا بردن خواص مکانیکی و مقاومت سایشی بتن، می‌تواند در بسیاری موارد به کار گرفته شود. برای بررسی دقیق‌تر، تغییرات مقاومت سایشی در مقابل درصد مواد افزودنی نانوسیلیس در شکل ۲ آمده است. شکل ۳ نمونه‌های بتن قبل و بعد از آزمایش سایش را نمایش می‌دهد.

به طور کلی، افزودن مواد نانوسیلیس به میزان بهینه در بتن باعث ترکیب و شرکت آن در واکنش هیدراتاسیون سیمان و جذب آهک حاصل از هیدراتاسیون سیمان می‌شود که بر اثر اضافه کردن آب به سیمان تولید خواهد شد. این امر باعث جلوگیری از افزایش حرارت در بتن و پوک نشدن بتن می‌شود. با اضافه کردن نانوسیلیس به میزانی بیش از حد بهینه، مقاومت بتن سیر نزولی خواهد داشت.

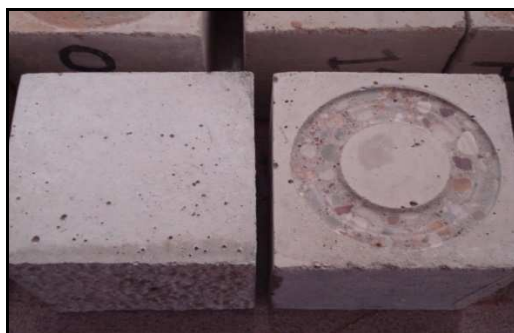
جدول ۴- افت جرم در نمونه‌های حاوی نانوسیلیس

افت جرم بتن (کیلوگرم)			نانوسیلیس در تیپ ۵	افت جرم بتن (کیلوگرم)			نانوسیلیس در تیپ ۲
۴۲ روزه	۲۸ روزه	۷ روزه	(درصد وزن سیمان)	۴۲ روزه	۲۸ روزه	۷ روزه	(درصد وزن سیمان)
۵۵	۸۱	۹۶	۲	۳۷	۴۶	۶۴	۲
۶۰	۷۵	۹۴	۴	۳۵	۴۶	۷۳	۴
۵۱	۶۵	۸۷	۶	۲۱	۳۹	۶۴	۶
۲۳	۴۰	۵۵	۸	۳۳	۴۴	۶۷	۸
۳۱	۴۵	۶۰	۱۰	۴۳	۶۱	۷۳	۱۰

ارزیابی تأثیر نانوسیلیس و فوق روان کننده...



شکل ۲- نتایج آزمایش مقاومت سایشی نمونه‌های بتن حاوی نانوسیلیس (الف) سیمان تیپ ۲ و (ب) سیمان تیپ ۵



شکل ۳- نمونه بتنی قبل و بعد از سایش

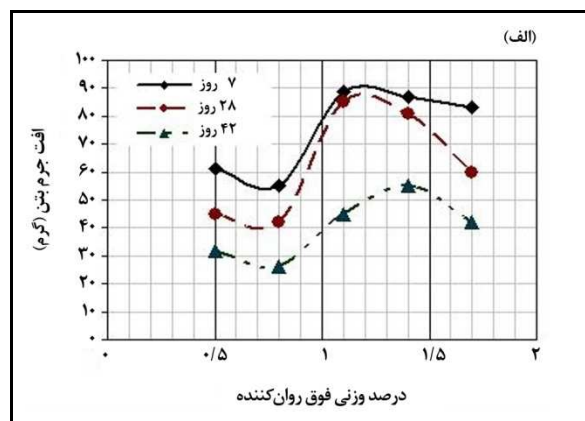
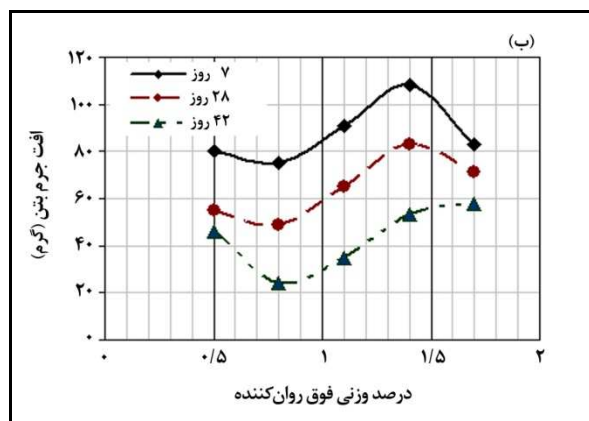
تأثیر فوق روان کننده بر مقاومت سایشی بتن

بر اساس نتایج آزمایش‌های اجرا شده روی نمونه‌های بتن حاوی درصد‌های مختلف فوق روان کننده اسکریت R-B مطابق جدول ۵ و شکل ۴ مشخص شد که افزایش مقاومت سایشی نمونه‌های بتن در

زمان‌های عمل‌آوری مختلف (نسبت به نمونه‌های شاهد) رخ می‌دهد. از طرفی، مشخص شد که پس از رسیدن به بالاترین مقاومت سایشی، با افزایش درصد مواد افزودنی فوق روان کننده، مقاومت سایشی کاهش می‌یابد.

جدول ۵- افت جرم در نمونه‌های حاوی فوق روان کننده

مقاومت سایشی (گرم)			فوق روان کننده در تیپ ۵ (درصد وزن سیمان)	مقاومت سایشی (گرم)			فوق روان کننده در تیپ ۲ (درصد وزن سیمان)
روزه ۴۲	روزه ۲۸	روزه ۷		روزه ۴۲	روزه ۲۸	روزه ۷	
۳۲	۴۵	۶۱	۰/۵	۴۶	۵۵	۸۰	۰/۵
۲۶	۴۲	۵۵	۰/۸	۲۴	۴۹	۷۵	۰/۸
۴۵	۸۵	۸۹	۱/۱	۳۵	۶۵	۹۱	۱/۱
۵۵	۸۱	۸۷	۱/۴	۵۳	۸۳	۱۰۸	۱/۴
۴۲	۶۰	۸۳	۱/۷	۵۸	۷۱	۸۳	۱/۷



شکل ۴- نتایج آزمایش مقاومت سایشی نمونه‌های بتن حاوی فوق‌روان‌کننده
(الف) سیمان تیپ ۲ و (ب) سیمان تیپ ۵

تیپ ۲، مشاهده می‌شود که اولاً مقاومت ایجاد شده بر اثر نانوسیلیس، نسبت به مقاومت ایجاد شده بر اثر فوق روان‌کننده در دوره ۷، ۲۸ و ۴۲ روزه به ترتیب به میزان ۱۴/۶۷، ۲۰/۴۱ و ۱۲/۵ درصد افزایش می‌یابد، ثانیاً مصرف بهینه نانوسیلیس در مخلوط بتن با سیمان تیپ ۲، به میزان ۶ درصد وزن سیمان است. درحالی‌که درصد بهینه فوق روان‌کننده در مخلوط بتن با سیمان تیپ ۲، به میزان ۰/۸ درصد وزن سیمان مصرفی است.

بررسی اثر نانوسیلیس بر مقاومت سایشی بتن با سیمان تیپ ۵ در مقایسه با فوق روان‌کننده

با مقایسه تأثیر نانوسیلیس و فوق روان‌کننده بر مقاومت سایشی نمونه‌های بتنی ساخته شده با سیمان تیپ ۵، مشاهده می‌شود که اولاً مقاومت ایجاد شده بر اثر نانوسیلیس با مقاومت فوق روان‌کننده در دوره ۷ روزه با هم مساوی است و پس از آن در دوره‌های ۲۸ و ۴۲ روزه به ترتیب به میزان ۴/۶۷ و ۱۱/۵۴ درصد افزایش می‌یابد، ثانیاً مصرف بهینه نانوسیلیس در مخلوط بتن با سیمان تیپ ۵، به میزان ۸ درصد وزن سیمان است. درحالی‌که مقدار بهینه فوق روان‌کننده در مخلوط بتن با سیمان تیپ ۵، ۰/۸ درصد وزن سیمان مصرفی است.

دلیل افزایش مقاومت نمونه‌های بتن حاوی مواد افزودنی فوق روان‌کننده، کاهش نسبت آب به سیمان است که سبب افزایش مقاومت سایشی می‌شود زیرا فضای خالی بتن بعد از گیرش و سخت شدن و تبخیر آب بتن کم می‌شود. این خود عامل مهمی برای افزایش مقاومت‌های بتن ترکیبی با فوق روان‌کننده است. در تحقیق حاضر به دلیل اینکه نسبت آب به سیمان ثابت در نظر گرفته شده است، با کم شدن آب مخلوط بتن، سیمان مصرفی نیز کاهش می‌یابد و از طرفی سرعت واکنش هیدراتاسیون خمیر سیمان کم می‌شود. در نتیجه حرارت گیرش بتن کاهش و مدت زمان آن افزایش می‌یابد که این فرایند، باعث جلوگیری از جمع‌شدگی، پوکی، کاهش خزش بتن سخت شده و نهایتاً افزایش مقاومت سایشی بتن خواهد شد. در نتیجه مقدار بهینه برای ترکیب فوق روان‌کننده به سیمان‌های تیپ ۲ و ۵ به صورت مجزا به دست آمده است. نتایج نشان می‌دهد که، افزودن ۰/۸ درصد فوق روان‌کننده بهترین نتیجه را به دست می‌دهد.

بررسی اثر نانوسیلیس بر مقاومت سایشی بتن با سیمان تیپ ۲ در مقایسه با فوق روان‌کننده

با مقایسه تأثیر نانوسیلیس و فوق روان‌کننده بر مقاومت سایشی نمونه‌های بتنی ساخته شده با سیمان

نتیجه گیری

۱۱/۵۴ درصد افزایش می یابد. مصرف بهینه نانوسیلیس در مخلوط بتن با سیمان تیپ ۲، ۶ درصد وزن سیمان است. در حالی که مصرف بهینه فوق روان کننده در مخلوط بتن با سیمان تیپ ۲، برابر ۰/۸ درصد وزن سیمان مصرفی است. برای سیمان تیپ ۵، مصرف بهینه نانوسیلیس و فوق روان کننده به ترتیب ۸ و ۰/۸ درصد وزن سیمان است. نتایج بررسی اثر درصدهای مختلف نانوسیلیس و فوق روان کننده نشان می دهد که نمونه های بتن حاوی سیمان تیپ ۲ برای درصد بهینه ۶ درصد نانوسیلیس نسبت به ۲ درصد میزان افزایش مقاومت سایشی ۱۸/۶ درصد و در مقایسه با ۱۰ درصد نانوسیلیس این میزان افزایش ۴۲/۸ درصد است. به طور کلی نتایج بررسی ها نشان می دهد که استفاده از نانوسیلیس در قسمت های حساس سازه های آبی که در معرض سایش و خوردگی هستند (سرریزها، ستون ها، حوضچه های آرامش و تخلیه رسوب) فنی و مقرون به صرفه است.

در این تحقیق افت جرم به عنوان معیاری برای مقاومت سایشی بر حسب گرم بررسی شد که نشان دهنده اختلاف جرم نمونه های بتن قبل و بعد از آزمایش سایش است. میزان سایش در نمونه های سیمان تیپ ۵ در مقایسه با سیمان تیپ ۲ معنی دار است. این افزایش سایش در نمونه های بتن حاوی سیمان تیپ ۵ در حدود ۴ درصد به طور متوسط در دوره های عمل آوری مختلف است. نتایج تحقیق همچنین نشان می دهد که در نمونه های ساخته شده با سیمان تیپ ۲، مقاومت نمونه های حاوی نانوسیلیس، نسبت به مقاومت نمونه های حاوی فوق روان کننده، در دوره های عمل آوری مختلف به طور متوسط ۱۵/۸۶ درصد افزایش می یابد. در نمونه های حاوی سیمان تیپ ۵، مقاومت ایجاد شده بر اثر نانوسیلیس برابر است با مقاومت حاصل از افزودن فوق روان کننده در دوره ۷ روزه و پس از آن در دوره های عمل آوری ۲۸ و ۴۲ روزه به ترتیب به میزان ۴/۶۷ و

قدردانی

از حمایت های مالی و آزمایشگاهی شرکت نیک تابان دز برای انجام این تحقیق سپاسگزاری می شود.

مراجع

- Anon. 2001. Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete. ASTM C494M-11. Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia.
- Anon. 2002. Concrete Aggregate Specifications. ISIRI 302. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 2nd Rev. (in Persian)
- Anon. 2005. Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete by Sandblasting. ASTM C418-12. Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia.
- Anon. 2006. Practice for Concrete Durability in the Persian Gulf and Oman Sea. No. 428. Tehran. Iran.
- Anon. 2012. Standard Test Method for Abrasion Resistance of Horizontal Concrete Surfaces. ASTM C779M-12. Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia.
- Arefi, R. and Rezaei-Zarchi, M. S. 2012. Synthesis of zinc oxide nanoparticles and their effect on the compressive strength and setting time of self-compacted concrete paste as cementitious composites. Int. J. Mol. Sci. 13(4): 4340-4350.

- Carmichael, M. J. and Arulraj, G. P. 2012. Influence of nano materials on consistency, setting time and compressive strength of cement mortar. *Int. J. Eng. Sci. Technol.* 2(1): 2250-3498.
- Esmaeili, A. R. 2004. Application of micro-silica and steel fibers in massive concrete and its execution method. *Proceeding of 11th Conference on Civil Students across the Country*. Hormozgan University. Iran. (in Persian)
- Ghaffarimoghaddam, F. 2007. Evaluation of the effect of nano materials on self-compacting concrete. *Proceeding of 2nd Nanotechnology Student Conference*. Kashan University. Iran. (in Persian)
- Hamzeh, M. and Shamshiri, M. 2004. Self-compacting concrete and its features. *Proceeding of 11th Conference on Civil Students across the Country*. Hormozgan University. Iran. (in Persian)
- Jalal, M. 2012. Durability enhancement of concrete by incorporating titanium dioxide nanopowder into binder. *J. Am. Sci.* 8(4): 289-294.
- Jalal, M., Pouladkhan, A. R., Ramezaniapour, A. A. and Norouzi, H. 2012. Effects of silica nanopowder and silica fume on rheology and strength of high strength self-compacting concrete. *J. Am. Sci.* 8(4): 270-277.
- Keshavarz, R., Mohebbi, E. and Morshedian, J. 2010a. Study of mechanical and microstructure of concrete-mwcnts nanocomposite treated with carboxylic group. *J. Nanocomposite Mater. Res.* 4, 229-236. (in Persian)
- Keshavarz, R., Morshedian, J. and Mohebbi, E. 2010b. Reinforced concrete with modified multi walled carbon nanotubes (mwcnts) with carboxylic group in order to improvement of microstructure and features of concrete. *Cement Magazine*. No. 153. (in Persian)
- Lotfi, M., Zeynali, M. and Raoofi, A. 2010. Properties of cement mortar with silica nanoparticles. *Iranian Chem. Eng. J.* 8 (44): 41-49. (in Persian)
- Liang, J., Bazant, Z. and Bazant, M. 2011. Unified nano-mechanics based probabilistic theory of quasibrittle and brittle structures: I. strength, static crack growth, lifetime and scaling. *J. Mech. Phys. Solids.* 59, 1291-1321.
- Massana, J., Anton R., Hueso A. and Sanchez, E. 2012. Cement mortars nano-materials for use in livestock facilities. *Int. Con. Agric. Eng. Valencia*. Spain.
- Mehravarar, M. 2010. Properties of concrete include taftan pozzolan using nano-silica. *Civil M. Sc. Thesis*. Sistan and Baluchestan University. Iran. (in Persian)
- Morsy, M. S., Alsayed, S. H. and Aqel, M. 2012. Effect of nano-clay on mechanical properties and microstructure of ordinary Portland cement mortar. *Int. J. Civil Environ. Eng.* 10(1): 23-27.
- Nazari, A. and Riahi, S. 2010. Effects of CuO nanoparticles on compressive strength of self-compacting concrete. *J. Sadhana.* 36(3): 371-391.
- Qing, Y., Zenan, Z., Deyu, K. and Rongshen, C. 2007. Influence of nano-Sio₂ addition on properties of hardened cement paste as compared with silica fume. *Constr. Build. Mater.* 21, 539- 545.
- Ramezanpour, A. and Haghollahi, A. 2004. The Effects of micro-silica and S.B.R polymer on concrete abrasion resistance. *Proceeding of 1st National Congress on Civil Engineering (1NCCE)*. Sharif University of Technology. Iran. (in Persian)
- Seyyedian, M., Taroghian, R. and ShafaiBejestan, M. 2008. Evaluation of the use of nanomaterials in order to extend the life of concrete channels. *Proceeding of 2nd Iranian National Conference on Construction Experiences of Irrigation and Drainage Networks*. Tehran University. Iran. (in Persian)

- Shamsayi, A., Rahmani, K., Peroti, S. and Rahemi, L. 2012. The effect of water-cement ratio in compressive and abrasion strength of the nano silica concretes. *World App. Sci. J.* 17(4): 540-545.
- Soleymani, F. 2012. Optimum flexural strength of binary blended concrete in presence of SiO_2 nanoparticles as nanofillers and with palm oil clinker aggregates. *J. Am. Sci.* 8(4): 426-431.
- Tobon, J. I., Restrepo, O. J. and Paya, J. 2010. Comparative analysis of performance of Portland cement blended with nanosilica and silica fume. *Medellin. Dyna.* 77(163): 37-46.
- Vazifekhah, N. and Manafpour, A. 2010. Experimental investigation on the tensile strength of concrete include steel fiber. *Proceeding of 5th National Congress on Civil Engineering (5NCCE)*. Ferdowsi University of Mashhad. Iran. (in Persian)

Effect of Nano-Silica and Superplasticizer on Concrete Abrasive Resistance of Hydraulic Structures

S. Habashi, J. Ahadian* and S. Soleymaninia

* Corresponding Author: Associate Professor, Hydraulic Structures, Faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, (SCU), Ahvaz, Iran. Email: ja_ahadian@yahoo.com, j.ahadian@scu.ac.ir

Received: 23 November 2015, Accepted: 9 January 2016

Conventional concrete is widely used in hydraulic structures because of its availability. It is, however, possible to add compound nano-materials with very low weights to strengthen and increase the durability of concrete and, in this way, to increase its lifespan. The present research examined the effects of nano-silica and superplasticizer (resin-based plasticrete) additives on the abrasive strength of the concrete compared to conventional concrete. The test scenarios to create the desired concrete types used cement types 2 and 5. Nano-silica was added at 2%, 4%, 6%, 8%, and 10% of the weight of the cement. The super-plasticizer was tested at 0.5%, 0.8%, 1.1%, 1.4%, and 1.7%. All tests were conducted at the Niktaban-Dez laboratory over processing periods of 7, 28, and 42 d. A total of 60 tests for level of abrasion were done on the specimen. The results showed that by adding nano-silica and super-plasticizer to concrete made with cement types 2 and 5 initially increased and then decreased the abrasive strength of the concrete compared to conventional concrete. The mass loss with the addition of 6% and 8% nano-silica decreased and then increased. The minimum mass at 7, 28, and 42 d decreased 40%, 31% and 50% for type 5 cement and 27%, 32% and 50% for type 2 cement, respectively, over conventional concrete. The results showed that the abrasive strength with the optimum percentage of nano-silica and superplasticizer, respectively, was 6% and 0.8% for type 2 cement and 8% and 0.8% for type 5 cement.

Keywords: Abrasive Strength, Concrete Admixture, Concrete Durability, RB Plasticrete