تحقیقات بتن
سال دوازدهم، شمارهٔ اول
بهار ۹۸
ص ۱۳ – ۵
تاریخ دریافت: ۹۷/۵/۳
تاریخ پذیرش: ۹۷/۸/۲۲

بررسی آزمایشگاهی تاثیر استفاده از الیاف‌های میکرو و ماکرو پلیمری بر مشخصات فیزیکی، مکانیکی و سایش روسازی‌های بتن غلتکی

جعفر سبحانی *
عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ایران
علیرضا پورخورشیدی
عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ایران
علی اکبر رمضانیانپور
دانشکده عمران دانشگاه صنعتی امیرکبیر(پلی تکنیک تهران)، تهران، ایران
مهدی نعمتی‌چاری
عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ایران
محمد مهدی لطفی
دانشکده عمران دانشگاه صنعتی امیرکبیر(پلی تکنیک تهران)، تهران، ایران

چکیده

بتن غلتکی نوع خاصی از طرح مخلوط بتن است که دارای مواد اولیه مشابه با بتن معمولی ولی با نسبت‌های متفاوت‌تر و همچنین بدون اسلامپ ساخته می‌شود. کاربرد بتن غلتکی با توجه به سهولت اجرای آن و مزایای فنی و اقتصادی به عنوان یکی از گزینه‌های مطرح در روسازی‌های جاده ها مطرح می‌باشد. به همین دلیل ارتقاء مشخصات مکانیکی و دوام آن اهمیت بسزایی دارد. استفاده از الیاف می‌تواند خواص بتن را ارتقاء دهد لیکن در زمینه بتن غلتکی دانش کمی موجود است. در این مقاله تاثیر استفاده از الیاف سنتز شده پلیمری رفتار فیزیکی و مکانیکی بتن غلتکی مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور ۳ طرح مخلوط بتن غلتکی با استفاده از الیاف‌های پلیمری طول کوتاه (میکرو) و طول بلند (ماکرو) ساخته شد. آزمایش های مکانیکی شامل مقاومت فشاری و مقاومت خمشی، مشخصات فیزیکی و همچنین سایش انجام گردید. نتایج آزمون‌ها نشان داد که استفاده از الیاف باعث بهبود خواص مکانیکی و فیزیکی و مقاومت سایشی روسازی بتن غلتکی میگردد.

واژه‌های کلیدی: بتن غلتکی،الیاف پلیمری، روسازی، خواص مکانیکی، مقاومت سایشی.

* نویسنده مسئول: sobhani@bhrc.ac.ir

۱- مقدمه

یکی از انواع روسازی‌های بتنی، رویه‌های بتن غلتکی (RCCP) است که از انواع بتن‌های بدون اسلامپ می‌باشد که برای کاربردهایی همچون سدسازی و یا راه‌سازی مورداستفاده قرار می‌گیرد. روسازی های بتن غلتکی، روسازی مستحکم، متراکم و با دوام هستند. این ویژگی ها در کنار افزایش سرعت ساخت و کاهش هزینه ها این نوع روسازی ها را به عنوان یک گزینه‌ی مناسب برای پارکینگ ها، انبارها، اسکله ها، بنادر، مناطق ویژه‌ی نظامی، خیابان ها و بزرگراه ها مطرح می کند. عواملی که سبب کاهش هزینه تولید بتن غلتکی در مقایسه با بتن معمولی می شود شامل کاهش مصرف سیمان، کاهش هزینه های قالب بندی و جایدهی بتن و کاهش زمان اجرای روسازی است. همچنین بتن غلتکی نیازی به قالب و یا پرداخت نهایی ندارد و در آن از داول ها و میلگردهای برشی و یا آرماتور فولادی برای مسلح کردن روسازی استفاده نمی شود [۱-۲].

ساخت روسازی بتن غلتکی روشی نوین در راستای توسعه و تکامل مصالحی نظیرخاک تثبیت شده با سیمان و یا اساس اصلاح شده با سیمان (CTB) می باشد که مدت های مدیدی به عنوان زیراساس و اساس در طراحی و ساخت روسازی ها کاربرد داشته است. گام بعدی در نظر گرفتن روسازی بتن غلتکی به عنوان روسازی کامل و بدون نیاز به لایه روکش بود. عملکرد روسازی بتن غلتکی در محوطه‌هایی که تحت بارگذاری سنگین و همچنین سایش شدید بوده‌اند، بسیار موفقیت‌آمیز بوده به نحوی که از آن زمان بتن غلتکی برای ساخت روسازی محوطه‌های صنعتی کاربرد وسیعی در دنیا داشته است. در این زمینه تحقیقات وسیعی در خصوص افزایش مقاومت سایشی روسازی‌های بتن غلتکی انجام شده است. یکی از راهکارهای افزایش مقاومت سایشی این نوع روسازی‌ها استفاده از انواع الیاف می‌باشد [۱].

رمضانیانپور و رشید داداش [۳]، تأثیر افزایش درصد الیاف پلی‌پروپیلن در بتن الیافی هیبریدی معمولی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آزمایش‌ها نشان‌دهنده آن است که هر چه الیاف فولاد صنعتی با درصد بیشتری از الیاف پلی‌پروپیلن جایگزین شود، میزان مقاومت خمشی و جذب انرژی کاهش می‌یابد.

وظیفه‌خواه و مناف‌پور [۴]، به بررسی مقاومت کششی بتن معمولی مسلح به الیاف فولادی با در نظر گرفتن نسبت‌های مختلف الیاف پرداختند. نتایج آزمایش نشان داد که مقاومت کششی نمونه‌های استوانه‌ای با مقدار ۱/۲ درصد حجمی الیاف به میزان ۲۶ درصد و مقاومت کششی نمونه منشوری نیز به میزان ۲۹ درصد نسبت به بتن بدون الیاف افزایش داشته است.

متوسلیان [۵]، تأثیر الیاف پلی‌پروپیلن را در کاهش ترک‌های بتن خود تراکم مورد ارزیابی قرار داده است. بتن خود تراکم به دلیل طرح اختلاط خاص آن باعث ایجاد ترک در مراحل اولیه بتن‌ریزی می‌گردد که استفاده از الیاف پلی‌پروپیلن می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی از ایجاد و گسترش ترک جلوگیری به عمل آورد. درنهایت بررسی‌ها نشان داده که بتن الیافی با میزان ۰/۳ درصد الیاف، بهترین تأثیر را در کاهش ترک‌های سطحی داشته است.

قدوسی و همکاران [۶]، به بررسی جمع شدگی خمیری و خشک‌شدگی انواع ملات های تعمیری جهت استفاده درترمیم رویه‌های بتنی فرودگاهی پرداختند. در آزمایش جمع شدگی خمیری مشاهده کردند زودترین زمان پیدایش اولین ترک مربوط به ملات‌های حاوی میکرو سیلیس بوده و در هر سه نمونه حاوی الیاف پلی‌پروپیلنی هیچ ترکی مشاهده نشد. در پایان به این نکته اشاره شد که الیاف پلی‌پروپیلنی نقش عمده‌ای در کاهش استعداد ترک‌خوردگی ناشی از جمع شدگی خمیری داشته است. بطوریکه در مخلوط‌های حاوی الیاف و لاتکس استایرن بوتادین در شرایط هوای گرم هیچ‌گونه ترکی مشاهده نشده است.

Perry [۷] به مقایسه الیاف پلی‌پروپیلن با الیاف فولادی برای مسلح کردن کف سازی خارجی پرداخت. دلیل اصلی وی در انجام این پژوهش این بود که سایش سطح کف‌سازی‌ها (پیاده‌روها و عبور وسایل نقلیه) موجب بیرون‌زدگی و در معرض دید قرار گرفتن الیاف فولادی می‌گردد که این امر می‌تواند بسیار خطرناک باشد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که مقاومت خمشی بتن مسلح به الیاف فولادی و پلی‌پروپیلن به ترتیب ۵۳ و ۷۸ درصد افزایش‌یافته است. همچنین مقاومت خارجی در برابر سایش در صورت استفاده از الیاف فولادی، ۲۰ درصد و الیاف پلی‌پروپیلن، ۴۱ درصد افزایش‌یافته است. بنابراین وی نتیجه گرفت که الیاف پلی‌پروپیلن برای مسلح نمودن کف‌سازی‌ها ازلحاظ سایش و کنترل ترک به‌مراتب بهتر از الیاف فولادی عمل می‌کند.

در پژوهشی Hsie و همکاران [۸]، با استفاده از ترکیب دو نوع الیاف پلی‌پروپیلن، ماکرو و میکرو، به بررسی خواص مکانیکی بتن

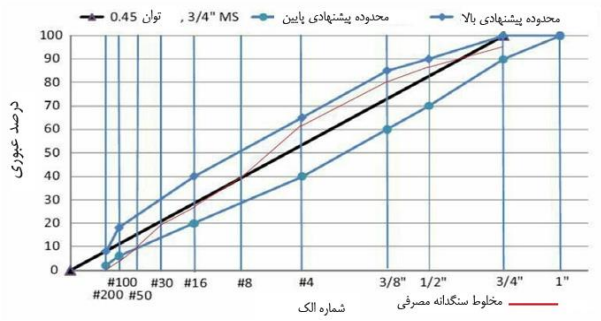
هیبریدی معمولی پرداختند. نتایج آزمایش نشان‌دهنده این موضوع است که مقاومت کششی، فشاری و خمشی بتن الیافی هیبریدی در همه ترکیب‌ها در مقایسه با بتن بدون الیاف بهتر بوده است.

از این دیدگاه مطالعه حاضر تاثیر استفاده از الیاف در طرح مخلوط بتن‌های غلتکی را در قالب یک برنامهٔ آزمایشگاهی بررسی می‌نماید. بدین منظور ۳ طرح مخلوط بتن غلتکی با استفاده از الیاف های پلی الفین و پلی پروپیلن ساخته و آزمایش های مکانیکی مقاومت فشاری و مقاومت خمشی، و دوامی جذب آب، نفوذ پذیری و سایش انجام گردید که مشخص شد که استفاده از الیاف باعث بهبود خواص مکانیکی و دوامی بتن غلتکی می گردد.

۲- روش انجام تحقیق

۲-۱- مواد و مصالح و طرح مخلوط

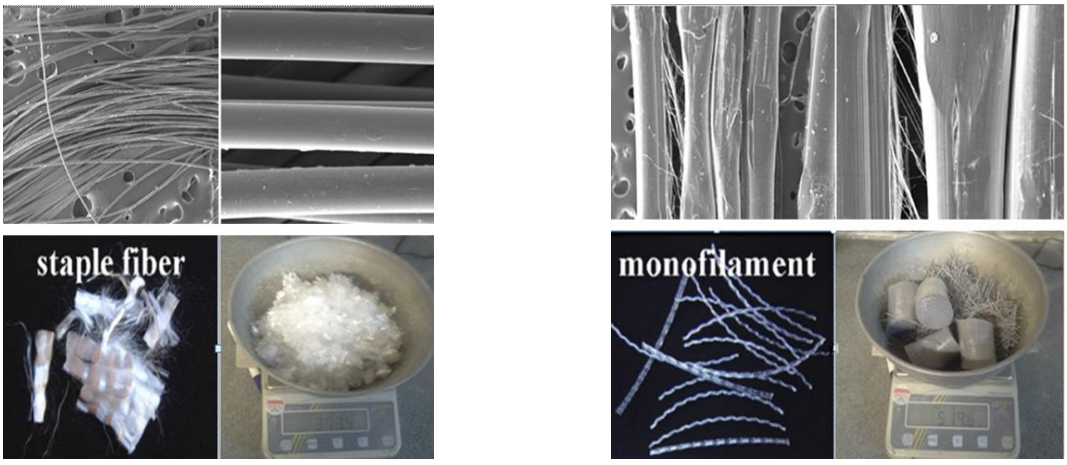
دانه‌بندی سنگدانه‌های مصرفی در مخلوط‌های بتن‌های غلتکی مورد بررسی در این تحقیق با اندازه حداکثر ۱۹ میلی‌متر و نمودار دانه‌بندی بهینه بر اساس توصیه PCA و منحنی فولر– تامپسون با توان ۴۵٪ در شکل ۱ نشان داده شده است [۹]. در جدول ۱ نیز مشخصات فیزیکی سنگدانه‌ها ارائه شده است. سیمان پرتلند مصرفی در این پروژه از نوع ۴۲۵-۱ بوده که مشخصات مکانیکی، فیزیکی و شیمیایی به ترتیب در جداول ۲ تا ۳ ارائه شده است. آب مصرفی در ساخت نمونه‌ها از آب شرب شهری تهیه شده است. در این مطالعه دو نوع الیاف شامل الیاف میکروپلی‌پروپیلنی و ماکرو پلی‌الفین (در هم تنیده) استفاده شده است،که مشخصات آنها در جداول ۴ و ۵ ارائه شده است. در شکل ۲ نیز تصویر میکروسکوپی الیاف نشان داده شده است. با توجه به استفاده از مواد اصلاح سطح در الیاف مورد استفاده، نیاز به هیچگونه تمهیداتی برای جلوگیری از تجمع و به هم پیوستن الیاف و توزیع آنها در زمان اختلاط لازم نشده و مستقیماً این الیاف پس از تماس با آب مخلوط و عمل اختلاط به راحتی از هم باز می‌شوند. در جدول ۶ نیز طرح مخلوط بتن های آزمایشی و شاهد ارائه گردیده است.



شکل ۱- منحنی دانه‌بندی سنگدانه مصرفی

جدول ۱- مشخصات سنگدانه‌های استفاده‌شده (شن و ماسه)

سنگ‌دانه	جذب آب (٪)	چگالی در حالت اشباع با سطح خشک (gr/cm^3)	مدول نرمی	حداکثر قطر سنگ‌دانه (mm)
ماسه	۳/۱۱	۲/۵۵	۳/۲۷	۴/۷۵
شن(مخلوط)	۲/۶۵	۲/۶۲	–	۱۹



(الف) (ب)

شکل ۲- الیاف مورد استفاده: الف- ماکرو پلی اُلفین، ب- الیاف میکرو

جدول ۲- مشخصات فیزیکی/مکانیکی سیمان مصرفی

ویژگی‌های فیزیکی	سیمان پرتلند
سطح مخصوص به‌دست‌آمده از آزمایش بلین (cm^2/gr)	۳۱۵۵
انبساط در آزمایش اتوکلاو (درصد)	۰/۰۲
زمان‌گیرش اولیه به‌دست‌آمده از آزمایش با سوزن ویکات (دقیقه)	۱۲۰
زمان‌گیرش نهایی به‌دست‌آمده از آزمایش با سوزن ویکات (دقیقه)	۲۲۰
مقاومت فشاری۲۸ روزه	۵۲/۱

جدول ۳- مشخصات شیمیایی سیمان مصرفی

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	SO_2	MgO	Na_2O	K_2O
۲۳/۱۹	۳/۵۶	۳/۲۹	۶۳/۰۷	۱/۶۳۸	۱/۳۱	۰/۱۹	۰/۶۶

جدول ۴- مشخصات الیاف میکرو پلی‌پروپیلنی

مشخصه	ویژگی مواد	استاندارد ASTM D7508 [۱۰]
ساختمان شیمیایی	۱۰۰٪پلی‌پروپیلنی	۱۰۰٪پلی‌پروپیلنی
سطح مقطع	دایره‌ای (قطر μM ۲۰)	دایره‌ای (قطر μM ۲۰۰ تا ۲۰)
وزن مخصوص	۰/۹۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب	۰/۹ تا ۰/۹۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب
مدول الاستیسیته(GPa)	۳/۷±۰/۰۵	۳/۵ تا ۱۵
مقاومت کششی (MPa)	۳۶۰±۲۵	۲۰۰ تا ۷۶۰
طول (mm)	۱۲	۳ تا ۵۰
تعداد در کیلوگرم	>۱۰۰۰۰۰۰۰۰	--
نسبت طول به قطر	۶۰۰۰۰۰	--

جدول ۵- مشخصات الیاف ماکرو پلی‌اُلفین

مشخصه	ویژگی مواد	استاندارد ASTM D7508
ساختمان شیمیایی	پلی اُلفین اصلاح‌شده	۸۵٪ پروپیلن و اتیلن
قطر مقطع الیاف (mm)	۰/۳	≤ ۰/۳
وزن مخصوص (gr/cm^3)	۰/۹۱	۰/۹ تا ۰/۹۲
مدول الاستیسیته (GPa)	۷	۳/۵ تا ۱۵
مقاومت کششی (MPa)	۶۲۰	>۳۴۴
طول (mm)	۵۸	۱۲ تا ۶۵
تعداد در کیلوگرم	۵۳۸۰۰	--
نسبت طول به قطر	۱۹۳	--

جدول ۶- طرح مخلوط بتن غلتکی شاهد و الیافی

شناسه	نوع الیاف	نسبت آب به سیمان	واحد وزن (kg/m^3)			
			سیمان	الیاف	آب	سنگ‌دانه
RF	شاهد	./۳۸	۳۵۰	۰	۱۳۲/۷	۱۹۰۳
FC-PO2	الیاف ماکرو	./۳۸	۳۵۰	۲	۱۳۲/۷	۱۹۰۳
FC-PP2	الیاف میکرو	./۳۸	۳۵۰	۲	۱۳۲/۷	۱۹۰۳

۳- آزمون‌ها و روش‌ها

در این مطالعه، آزمایش‌های مکانیکی مقاومت فشاری [۱۱] و مقاومت خمشی [۱۲]، و دوامی جذب آب [۱۳]، نفوذ پذیری [۱۴] و سایشی [۱۵] بر روی نمونه‌های تهیه شده به ترتیب مطابق با استانداردهای BS-EN 12390-4، ASTM C 78، BS-1881-122 ، BS-EN 12390-8، و EN-1338-2003 انجام گردید.

٤- نتایج و تفسیر

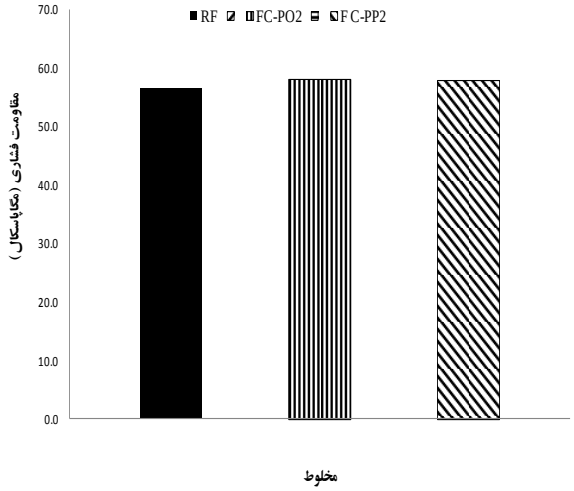
٤-١- مقاومت فشاری

نتایج آزمایش مقاومت فشاری در سن ۲۸ روز، برای ۳ طرح مخلوط ساخته‌شده در شکل ۲ ارائه شده است. با توجه به شکل ۲ مشاهده می‌شود که در هر دو نوع الیاف میکرو (پلی‌پروپیلن) و ماکرو (پلی اُلفین) در مقدارهای مصرف ۲ کیلوگرم با افزایش کم مقاومت فشاری روبه‌رو هستیم، که می‌توان علت این افزایش در مقاومت فشاری را به دلایل زیر نسبت داد.

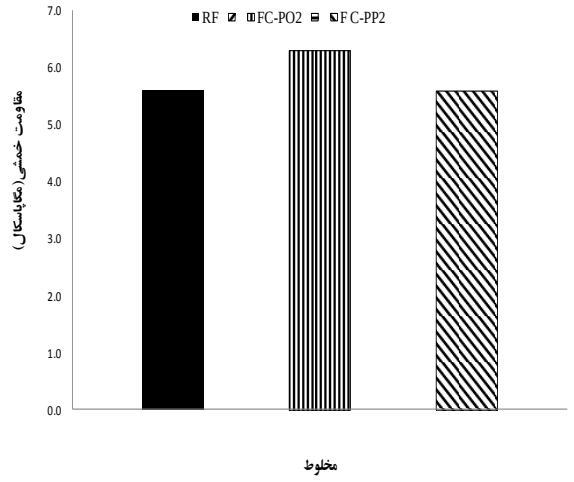
در رابطه با الیاف میکرو (پلی‌پروپیلن) می‌توان چنین بیان کرد که این الیاف‌ها به دلیل تعداد بسیار بالا و نحوه‌ی جهت‌گیری در بتن می‌توانند تمرکز تنش در نوک ترک‌ها را کاهش دهند، بنابراین باعث کاهش ترک‌خوردگی و افزایش مقاومت ترک‌خوردگی یا دوخت و دوز ترک‌های به وجود آمده در بتن شوند که این موضوع می‌تواند به افزایش مقاومت فشاری کمک کند. البته لازمه‌ی این موضوع استفاده از مقدارهای مصرف کافی می‌باشد (البته باید توجه شود که در مقدار مصرف‌های بالا از پدیده‌ی توپی شدن (balling) جلوگیری شود). در رابطه با الیاف ماکرو (پلی الفین) می‌توان چنان اظهار داشت که این الیاف به دلیل داشتن مدول الاستیسیته بالا و بافت سطحی زبری که دارد، باعث افزایش مقاومت فشاری می‌شود و زمانی که در مقدار زیاد استفاده می‌شود، عملکردی مشابه الیاف فولادی دارد بنابراین ممکن است بتوانند مقدار بیشتری از فشار را تحمل کنند و با انسجام بهتری که به ماتریس بتن غلتکی می‌بخشند باعث افزایش مقاومت فشاری شوند.

٤-٢ مقاومت خمشی (مدول گسیختگی)

نتایج آزمایش خمشی جهت تعیین مدول گسیختگی در شکل ۳ ارائه شده است. نتایج حاکی از آن است که الیاف های میکرو به دلیل طول کوتاه نتوانسته اند تغییری در مقاومت خمشی ایجاد کنند و بهبودی نسبت به نمونه‌ی شاهد حاصل نشده است، ضمنا مشاهده می‌شود الیاف ماکرو پلی اُلفینی در مقایسه با الیاف میکرو پلی‌پروپیلنی نقش مؤثرتری را در افزایش مدول گسیختگی داشته است. علت این امر مدول الاستیسیته و تنش کششی بیشتر الیاف پلی اُلفینی نسبت به الیاف پلی‌پروپیلنی (تقریباً ۲ برابر) می‌باشد، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت، تنش کشی و مدول الیاف، علاوه بر طول الیاف عامل مؤثر بر میزان مدول گسیختگی می‌باشد.



شکل ۲- مقاومت فشاری نمونه‌های بتن غلتکی الیافی و شاهد

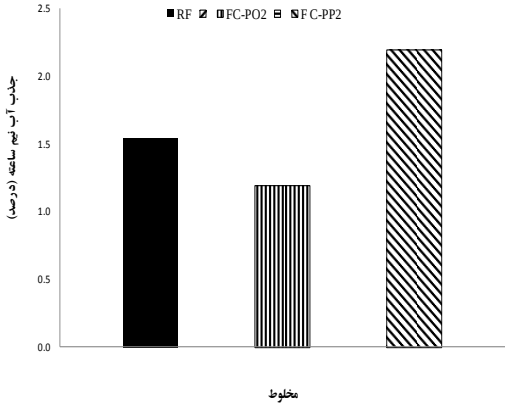


شکل ۳- مقاومت خمشی نمونه‌های بتن غلتکی الیافی و شاهد

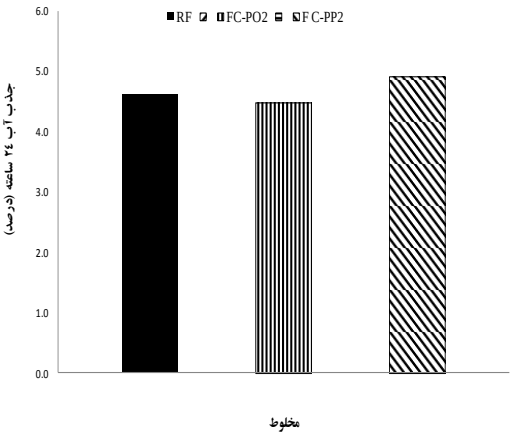
٤-٣- آزمایش جذب آب کوتاه و بلندمدت

نتایج آزمایش جذب آب کوتاه مدت (۳۰ دقیقه) و بلندمدت (۲۴ ساعته) در سن ۲۸ روز، برای ۳ طرح مخلوط در شکل‌های ۴ و ۵ ارائه شده است. با توجه به این شکل‌ها مشاهده می‌شود که الیاف‌های ماکرو (پلی اُلفین) نسبت به نمونه‌ی شاهد جذب آب کمتر و الیاف‌های میکرو (پلی‌پروپیلن) نسبت به نمونه‌ی شاهد جذب آب بیشتری داشته‌اند.

در بتن غلتکی به دلیل نسبت آب به سیمان کم و درنتیجه خشک بودن بتن و نداشتن شیره و هم‌چنین به دلیل تعداد بسیار زیاد الیاف میکرو شاهد افزایش تخلخل در بتن هستیم که این افزایش تخلخل در بتن باعث جذب آب لوله‌های مویینه‌ی بیشتری شده است و به دلیل تعداد بسیار زیاد این الیاف‌ها اثر پدیده‌ی تخلخل نسبت به پدیده‌ی کاهش ترک‌خوردگی مشهودتر است و اثر بیشتری برجذب آب داشته است. از طرفی شاید این موضوع که با افزایش مقدار الیاف جذب آب بیشتر شده را بتوان به شرایط آماده‌سازی نمونه پیش از انجام آزمایش نیز نسبت داد. ازآنجاکه نمونه‌ها قبل از انجام آزمایش به مدت چند روز در آون با دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس قرارگرفته‌اند، احتمالاً این قرارگیری در معرض شرایط دمایی شدید بتواند باعث ترک‌خوردگی بتن شود و ازآنجاکه ناحیه انتقال این الیاف‌ها مستعد ترک‌خوردگی در گرادیان‌های شدید حرارتی می‌باشد با افزایش مقدار الیاف و درنتیجه ناحیه‌های انتقال بیشتر نفوذ آب به داخل نمونه‌ها بیشتر شده است. شایان ذکر است بین نتایج خواص مکانیکی و فیزیکی (جذب آب) ارتباط مستقیمی دیده نمی‌شود که این امر در سایر منابع نیز مورد تایید می‌باشد.



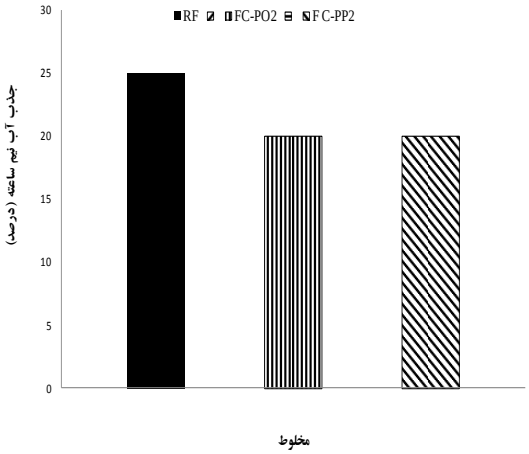
شکل ۴- جذب آب نیم ساعته نمونه‌های بتن غلتکی



شکل ۵- جذب آب ۲۴ ساعته بتن غلتکی

٤-٤- آزمایش نفوذپذیری تحت‌فشار آب

نتایج آزمایش نفوذپذیری تحت‌فشار آب در سن ۲۸ روز، برای ۳ طرح مخلوط ساخته شده در شکل ۶ ارائه شده است. با مشاهده‌ی نتایج آزمایش در می‌یابیم که به‌طورکلی نفوذپذیری آزمون‌های بتنی با استفاده از الیاف کاهش می‌یابد. با توجه به شکل مشاهده می‌شود که الیاف میکرو و ماکرو در مقدار مصرف ۲ کیلوگرم در مترمکعب می‌تواند نفوذپذیری بتن غلتکی را به میزان قابل‌توجهی تا حدود ۲۰ درصد کاهش دهد. احتمالاً بتوان علت این کاهش در نفوذپذیری را به دلایل هماهند کاهش ترک‌خوردگی ناشی از مصرف الیاف و جلوگیری از گسترش ترک‌ها و به هم پیوستن ترک‌ها و در نتیجه ایجاد ترک‌های عمیق و عریض نسبت داد. هم‌چنین الیاف باعث برقراری پلی بین ترک‌های ایجادشده می‌شود و عملکرد بتن را در بلندمدت بهبود می‌بخشد با توجه به این عملکردها، الیاف می‌تواند نفوذپذیری بتن را تا حد بسیار زیادی بهبود بخشد و بدین ترتیب دوام آن را افزایش دهد.

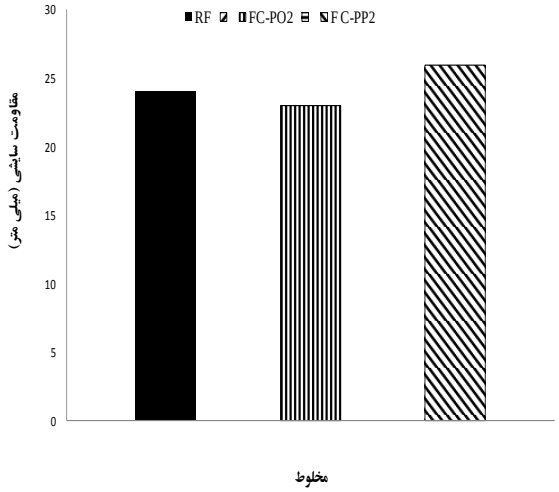


شکل ۶- نفوذپذیری نمونه‌های بتن غلتکی

٤-٥- آزمایش تعیین مقاومت سایشی

نتایج آزمایش سایش در سن ۲۸ روز برای ۳ طرح مخلوط ساخته‌شده در شکل ۷ ارائه شده است. ازآنجاکه مقاومت در برابر سایش مانند مقاومت فشاری یک ویژگی مربوط به حجم نیست بلکه ویژگی مربوط به سطح است عوامل مؤثر در عمل‌آوری سطح مانند عمل‌آوری مرطوب و یا پرداخت سطح تأثیر بسیار زیادی بر روی این مشخصه بتن دارند و همان‌طور که از نتایج پیداست درمی‌یابیم که استفاده از الیاف‌های پلیمری خیلی تأثیری بر کاهش و یا افزایش این مشخصه‌ی بتن غلتکی ندارد. با توجه به شکل

شاهده می‌شود که الیاف ماکرو (پلی اُلفین) نسبت به الیاف میکرو (پلی‌پروپیلن) عملکرد نسبی بهتری داشته است (و در رده ۲ (سایش متوسط کف‌پوش بتنی) طبق استاندارد BS EN 1338 قرار می‌گیرند در این رده مقدار سایش باید بین ۲۰ تا ۲۳ میلی‌متر قرار گیرد.) که احتمالاً بتوان این موضوع را به بافت سطحی بهتر الیاف ماکرو و ایجاد تخلخل کمتر در سطح بتن نسبت داد.



شکل ۷- سایش نمونه‌های بتن غلتکی

۵- نتیجه‌گیری

براساس مطالعات صورت گرفته و با در نظر گرفتن این مطلب که این نتایج منحصراً مربوط به مواد و روش‌های به‌کاررفته در این پروژه آزمایشگاهی بوده و در بسیاری موارد جهت اظهارنظر قطعی نیاز به برنامه آزمایشگاهی گسترده‌تری وجود دارد، موارد زیر قابل استنتاج و نتیجه‌گیری است:

- برای افزایش مقاومت و تراکم بهتر بتن غلتکی، استفاده از سنگ‌دانه‌های خوب دانه‌بندی شده (شامل طیف گسترده از اندازه‌ها) پیشنهاد می‌شود و درنهایت هر جه بتوان به منحنی دانه‌بندی فولر- تامپسون، توان ۰/۴۵ نزدیک‌تر شد مخلوط متراکم‌تری خواهیم داشت.
- استفاده از الیاف برای افزایش مقاومت فشاری گزینه‌ی مناسبی نیست.
- نتایج آزمایش خمش نشان‌دهنده‌ی این موضوع است که در مخلوط‌های بتن الیافی ماکرو (پلی اُلفین) و مخلوط بتن الیافی میکرو (پلی‌پروپیلن)، الیاف ماکرو نقش مؤثرتری را در افزایش مدول گسیختگی نسبت به الیاف میکرو ایفا نموده است. درواقع دو فاکتور مؤثر بر میزان مدول گسیختگی تنش کششی الیاف و طول الیاف تواما می‌باشد.
- به‌طورکلی فاکتورهای مؤثر بر میزان جذب انرژی و طاقت خمشی بتن‌های الیافی نوع الیاف (میزان مدول الاستیسیته، انعطاف‌پذیری و ...) ، درصد الیاف، طول و نسبت ظاهر الیاف و شکل الیاف می‌باشد.
- استفاده از الیاف (پلی اُلفین و پلی‌پروپیلن) می‌تواند نفوذپذیری را تا حدود ۲۰ درصد کاهش دهد.
- استفاده از الیاف تغییر محسوسی در مقاومت سایشی نمونه‌ها ایجاد نکرد با این‌وجود مطابق با مشاهدات آزمایشگاهی استفاده از الیاف ماکرو (پلی اُلفین) ۴ درصد افزایش و استفاده از الیاف میکرو (پلی‌پروپیلن) موجب ۸ درصد کاهش مقاومت سایشی نسبت به نمونه‌ی شاهد شده است.
- بتن غلتکی الیافی ماکرو (پلی اُلفین) نسبت به نمونه‌ی شاهد جذب آب کمتر و الیافی میکرو (پلی‌پروپیلن) نسبت به نمونه‌ی شاهد جذب آب بیشتری داشته‌اند.

٦- مراجع

[1]. State of the-art report on roller compacted concrete pavement. American Concrete Institute (ACI); 1995 [325.10R].

[۲]. کمیته تدوین دستورالعمل اجرایی و کنترل کیفی روسازی بتن غلتکی، دستورالعمل اجرایی و کنترل کیفی روسازی بتن غلتکی، ویرایش دوم، دی ماه ۱۳۹۳.

[۳]. رشید داداش، پانته آ؛ اثر پوزولان‌های طبیعی در دسترس بر خواص بتن الیافی و بررسی کاربرد آن در بتن شاتکریتی، (پایان‌نامه کارشناسی ارشد)، دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی‌تکنیک تهران) ۱۳۹۰.

[۴]. مناف پور، علیرضا؛ وظیفه خواه، نیما؛ "بررسی آزمایشگاهی مقاومت کششی بتن با الیاف فولادی"، پنجمین کنگره ملی عمران، ۱۴-۱۶ اردیبهشت ۱۳۸۹.

[۵]. متوسلیان، مسعود؛ "تأثیر اضافه کردن الیاف پلی‌پروپیلن بر ترک‌های ناشی از جمع شدگی خمیری در بتن خود تراکم"، اولین همایش بین‌المللی بتن‌های ناتراوا مخازن ذخیره آب شرب، رشت، شرکت آب و فاضلاب شهری استان گلستان، ۱۳۹۰.

[۶]. قدوسی، پرویز؛ شیرزادی جاوید، علی‌اکبر؛ "جمع شدگی

خمیری و خشک‌شدگی انواع ملات‌های حاوی افزودنی‌های تعمیری جهت ترمیم رویه‌های بتنی"، اولین کنفرانس ملی رویه‌های بتنی دانشگاه تربیت مدرس، ۹ و ۱۰ اردیبهشت ۱۳۹۴.

[7] Perry, B.; "Reinforcing external pavements with both large and small synthetic fibers", concrete, 37(8), 46-47, 2003.

[8] Hsie, M; Tua, C.h; Songb, P.S.; "Mechanical properties of polypropylene hybrid fiber-reinforced concrete", J. Materials Science and Engineering, 494(1), 153-157, Oct, 2008.

[9] Guide for roller-compacted concrete pavements, Portland Cement Association, USA, 2010.

[10] ASTM D7508/D7508M-10: Standard Specification for Polyolefin Chopped Strands for Use in Concrete

[11] BS EN 12390-3:2009,Testing hardened concrete - Part 3: Compressive strength of test specimens, British Standards, 2009.

[12] ASTM C78 / C78M, Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading),

[13]- BS 1881-122:2011, Testing Concrete, Part 122: Method for determination of water absorption, British Standards, 2011.

[14]- BS EN 12390-8:2009,Testing hardened concrete – Part 8: Depth of penetration of water under pressure, British Standards, 2009.

[15]- BS EN 1338:2003 (E), Testing hardened concrete: Measurement of abrasion resistance, British Standards, 2003.

Experimental study of the effects of micro and macro polymer fibers on the mechanical, physical and abrasion resistance of roller compacted concrete pavements

J. Sobhani *
Departement of concrete Technology, Road, Housing and Urban Development Research Center
A.R. Pourkhorshidi
Departement of concrete Technology, Road, Housing and Urban Development Research Center
A.A. Ramezanianpour
Departemetn of Civil and Environmental Engineering, Amirkabir University of Technology
M. Nemati Chari
Departement of concrete Technology, Road, Housing and Urban Development Research Center
M. M. Lotfi
Graduated Student of Departemetn of Civil and Environmental Engineering, Amirkabir University of Technology

Abstract
Roller-compacted concrete (RCC) is a special blend of concrete that has essentially the same ingredients as conventional concrete but in different ratios, and without slump. It was shown that the application of fibers would enhance some properties of concrete, however in RCC, there was a lack of knowledge. The application of RCC gained a great attention for technical and economical benefits. In this paper, the effects of synthetic polymeric fibers on the physical and mechanical of fiber roller compacted concrete were experimentally investigated. To this means, three mixtures by using of micro and macro polymeric fibers made. The mechanical strength tests including compressive and flexural strength and also abrasion strength tests were carried out. The results showed that the application of fibers aid in these properties.

Keywords: Fiber reinforced roller compacted concrete, mechanical properties, abrasion resistance.

* Corresponding Author: sobhani@bhrc.ac.ir