بررسی شاخص‌های مقاومتی بتن غلتکی حاوی الیاف پروپلین برای روسازی راه‌ها

مقاله پژوهشی

جلال ایوبی نژاد، استادیار، گروه عمران، دانشگاه پیام نور تهران شمال، تهران، ایران
رسول ذبیحیان*، دانش آموخته کارشناسی ارشد، واحد بین المللی‌کیش، دانشگاه پیام نور کیش، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: rasool.zabihian@yahoo.com

دریافت: ۹۹/۰٦/۱۸- پذیرش: ۱٤۰۰/۰۲/۰۵
صفحه ۱۰۲-۹۱

چکیده

بتن غلتکی بتنی است بدون اسلامپ که به وسیله غلتک متراکم می‌شود و با توجه به مزایای آن به طور گسترده در اجرای روسازی جاده‌های بتنی مورد استفاده قرار می‌گیرد.تسلیح بتن غلتکی توسط آرماتور به علت شرایط خاص اجرای آن امکان‌پذیر نیست. به همین علت محققین درصدد راهی جهت بهبود خصوصیات شکل‌پذیری و مقاومت خمشی آن بوده‌اند. استفاده از الیاف فولادی به عنوان جزئی از طرح اختلاط باعث افزایش مقاومت شده، اما بر مدول گسیختگی تأثیر چندانی ندارد. در این راستا استفاده از لایه نازک بتن ریزدانه مسلح شده با شبکه‌های بافته شده از الیاف(در وجه نمونه‌های بتنی غلتکی)، مقاومت آن را تا حد زیادی افزایش می‌دهد. روسازی ساخته شده از بتن غلتکی (RCCP) می‌تواند برای مسیرهای با ترافیک سبک و همچنین مسیرهای با ترافیک سنگین استفاده شود و رویه بتن غلتکی مورد استفاده در این نوع روسازی دارای خصوصیاتی نظیر دوام زیاد، هزینه‌های ساخت کم و تعمیرات و نگهداری در سطوح کم است. در این مقاله ویژگی‌های این بتن مورد بررسی قرار گرفته است و استفاده از آن در روسازی راه‌ها ارزیابی شده است. در این مقاله به منظور بهبود عملکردر بتن غلتکی با استفاده از الیاف پروپیلین سه طرح کلی شامل بتن غلتکی، بتن غلتکی حاوی الیاف پروپیلین و بتن غلتکی حاوی الیاف پروپیلین و مواد پوزولانی (میکروسیلیس، خاکستر بادی و پودر سنگ آهک) ساخته شده و نتایج آنها مورد تحلیل قرار گرفت. برای بررسی عملکرد مخلوط های فوق، خواصی همچون مقاومت فشاری و خمشی، مقدار انبساط و انقباض، جذب آب مورد بررسی قرار گرفته است. بر اساس نتایج بدست آمده از آزمایشات، الیاف پروپیلین باعث بهبود خواص مکانیکی بتن غلتکی از قبیل مقاومت فشاری، خمشی و دوام در برابر محیط‌های خورنده می‌شود. در طرح های حاوی الیاف پروپیلین و مواد پوزولانی مشاهده گردید، نمونه‌های مذکور دارای خواص بهتری نسبت به نمونه های دارای الیاف پروپیلین تنها می‌باشد. در این میان طرح حاوی الیاف پروپیلین و میکروسیلیس بهترین نتایج مقاومتی را در کنار دوام بتن نسبت به سایر نمونه‌ها از خود نشان داد.

واژه‌های کلیدی: بتن غلتکی، الیاف پروپیلین، مقاومت، راهسازی

۱- مقدمه

بتن غلتکی همچون تمامی انواع موجود بتن، مخلوطی از مصالح سنگی خنثی، مواد سیمانی و آب است. بتن غلتکی مصالح و روشی نوین برای ساخت اقتصادی سازه‌های حجیم از جمله سدهای وزنی می باشد . در این نوع بتن ترکیبی از ویژگی‌های تکنولوژی بتن و خاک به کار گرفته شده و با استفاده از ماشین الات حمل، پخش و متراکم می‌شود. بنابراین بتن ریزی سریعتر و هزینه اجرا به شدت کاهش می‌یابد. روسازی بتن غلتکی در واقع نوعی روسازی بتنی است. مخلوط سفت و نسبتاً خشکی از سنگدانه‌ها، مواد سیمانی، آب و مواد افزودنی می‌باشد که توسط دستگاه‌های متداول روسازی آسفالتی (فینیشر) پخش و پس از آن توسط غلتک های فولادی لرزنده و چرخ لاستیکی کوبیده می‌گردد و سرانجام پس از سخت شدن در اثر واکنش هیدراتاسیون سیمان، به بتن تبدیل می گردد. در واقع بتن غلتکی، بتنی با مقدار سیمان کمتر و سنگدانه بیشتر (۸۵-۷۵ درصد حجمی) با اسلامپ صفر می باشد.مزیت اصلی روسازی بتن غلتکی

نسبت به روسازی بتن معمولی، سرعت ساخت بیشتر و هزینه ساخت کمتر آن است. معمولاً حدود ٪۳۰ صرفه جویی اقتصادی در بردارد. روسازی بتن غلتکی (RCCP) به عنوان روسازی تحت بارهای سنگین مناسب بوده و در این گونه کاربردها عملکرد آن به خوبی روسازی بتنی معمولی است. در عین حال باید توجه کرد که دستیابی به صافی سطح جهت سرعت‌های بالا با روسازی بتن غلتکی دشوار بوده و لذا کاربرد این نوع روسازی‌ها برای سرعت‌های پائین مناسب است. با بهبود روش‌ها و تجهیزات اجرا، امکان ساخت روسازی بتن غلتکی با رواداری‌های قابل دستیابی با بتن معمولی فراهم و توسعه کاربرد این نوع روسازی در جاده‌های با سرعت بالا نیز مطرح شده است. بتن غلتکی به هیچ عنوان یک روش جدید در روسازی نبوده به طوریکه قبل و بعد از جنگ جهانی اول در بسیاری از کشورها، روسازی‌های بتنی با استفاده از غلتک متراکم می‌گردید. مراحل ساخت روسازی بتن غلتکی شامل اختلاط بتن، حمل به محل توسط کامیون‌های مخلوط کن، پخش بتن توسط گریدر بر روی لایه اساس مرطوب شده به ضخامت حداکثر ۲۵ سانتی‌متر و انجام تراکم توسط غلتک لرزشی سنگین به همراه غلتک چرخ لاستیکی می‌باشد. لازم به ذکر است که این نوع روسازی‌ها در راهها با حجم ترافیک کم و نیز سرعت پایین (وسایل نقلیه سنگین در مناطق صنعتی بیشتر کاربرد دارند که اغلب بدون لایه پوشش آسفالتی اندود) اجرا می‌شوند. نوع جدیدی از بتن غلتکی، بتن حاوی الیاف می‌باشد. در بتن غلتکی الیافی، با توجه به مقدار بهینه الیاف پلیمری استفاده شده در مخلوط و نیز مشخصات مکانیکی خاص این نوع الیاف، شاهد افزایش پارامترهای مقاومتی مخلوط بتن غلتکی مسلح شده می‌باشیم. از طرف دیگر محاسبات و نتایج روش‌های طراحی نیمه تجربی(M-E) انجام شده در روسازی‌های مرکب با ترافیک عبوری متوسط و سنگین، بیانگر کاهش ۲۰ درصدی ضخامت بتن غلتکی مسلح شده الیافی نسبت به بتن غلتکی معمولی در این نوع روسازی‌ها می‌باشد. لازم به ذکر است که براساس تجارب مختلف کارگاهی از پروژه های اجرا شده، لازمه حصول نتایج مطلوب در کارگاه و رسیدن به مقادیر تایید شده آزمایشگاهی، استفاده از روش مناسب طرح اختلاط مصالح و ترکیب آن ها با این نوع الیاف شبکه ای بوده که در غیر اینصورت به دلیل عدم پخش همگن الیاف و گلوله‌ای‌شدن آن، عملکرد مورد انتظار حاصل نمی‌شود. از آنجا که روسازی‌های مرکب شامل ترکیبی از دو نوع روسازی آسفالتی به عنوان لایه رویه انعطاف‌پذیر و روسازی بتنی‌به عنوان لایه زیرین صلب می‌باشند. لذا، در صورت استفاده از بتن غلتکی مسلح شده الیافی به عنوان لایه صلب زیرین، آنگاه با استفاده از یک روکش آسفالتی می‌توان نسبت به ارتقاء سطح کیفی آن اقدام نمود. در کشورهای پیشرفته دنیا کارهای تحقیقاتی زیادی درباره مسلح کردن بتن غلتکی با الیاف انجام شده است. متخصصین و پژوهشگران کشورمان نیز طی سال‌های اخیر در این رابطه کارهای مطالعاتی و آزمایشگاهی گسترده ای انجام داده‌اند که در نهایت منجر به ثبت اختراع، ارائه مقالات در کنفرانس‌های مطرح بین المللی و اجرا در سطح گسترده شده است. برای اجرای بتن غلتکی الیافی نیاز به استفاده از تجهیزات ویژه ای برای انجام فرآیند اختلاط و افزودن الیاف می‌باشد. زیرا مهمترین مسئله در این روش پخش همگن الیاف می‌باشد تا بتواند عملکرد مناسبی داشته باشد. همچنین امروزه به منظور دستیابی به مقاومت و پایایی بیشتر علاوه بر مواد متشکله اصلی بتن، یعنی سیمان، آب و سنگدانه، از مواد دیگری در بتن استفاده می‌شود که مواد پوزولانی نامیده می‌شوند. در حقیقت از این مواد می‌توان به عنوان یک عامل چهارم در تولید بتن نام برد. ضمن اینکه مواد پوزولانی با توجه به تراکم نسبتا بالای مصالح و عدم نفوذ پذیری یون کلر به داخل بتن دوام و کیفیت بتن را در شرایط مختلف از جمله محیط خورنده سواحل خلیج فارس تامین می‌کنند. استفاده فوق از این مواد به مقدار زیادی به غنای دانش فنی در ارتباط با استفاده از آنها در حین اجرا و نگهداری پس از اجرا بستگی دارد(۲). در سنین اولیه بتن (از هنگام بتن ریزی تا ٢٤ ساعت بعد) مقاومت کسب شده توسط بتن ناچیز است و کمترین تنشی می‌تواند منجر به ترک خوردگی شود. ترک‌ها در اثر مقید بودن و تمایل بتن به جمع شدگی، تغییر درجه حرارت (خنک شدن بتن پس از اینکه دمای بتن به علت هیدراتاسیون بالا رفته است) و یا تبخیر آب از سطح بتن بوجود می‌آیند. مقاومت کششی بسیار زیاد الیاف پلی پروپیلن در این زمان باعث عدم ترک خوردگی بتن می‌شود. الیاف پلی پروپیلن باعث جلوگیری از آب انداختگی بتن شده و از انتقال آب به سطح بتن جلو گیری می‌کند، که نتیجه آن همگن شدن بتن و یکسان سازی نسبت آب به سیمان در تمام بتن و تداوم عمل هیدراتاسیون می‌باشد. این الیاف نفوذ پذیری سطح بتن را کاهش داده و موجب افزایش عمر بتن و افزایش مقاومت سایشی بتن می شود. لذا سطح بتن دچار خرد شدگی و ورقه شدن نمی‌گردد. این پروسه، به معنی جلوگیری از ایجاد نقاط ضعیف در بتن بوده و بعد از سخت شدن بتن جلوی جمع شدگی آن را می‌گیرد، و از ایجاد ترک‌های حرارتی به میزان بسیار زیادی جلوگیری می‌کند. لذا از این حیث، جایگزین مناسبی برای آرماتورهای حرارتی محسوب می‌شود. استفاده از الیاف پلی پروپیلن باعث افزایش مقاومت کششی و خمشی وبرشی بتن می شود وبتن

بعد از شکست، (حتی تحت تلنگر خمشی) به طور یکپارچه باقی می‌ماند. افزایش مقاومت در برابر سیکل‌های ذوب و انجماد که ناشی از کاهش نفوذ پذیری بتن بوده وافزایش مقاومت در برابر خستگی، سایش و کاویتاسیون از دیگر مزایای استفاده از الیاف پلی پرو پیلن می‌باشد. از آنجائی که نتایج تحقیقات تعداد زیادی از پژوهشگران در سطح جهان نشان از این دارد که استفاده از الیاف به عنوان جایگزین بخشی از سیمان پرتلند در ساخت بتن عملکرد و مقاومت این بتن‌های غلتکی را چند برابر کرده است. لذا، در تحقیق حاضر، خواص و دوام بتن‌های غلتکی حاوی الیاف پروپلین، میکروسیلیس، خاکستر بادی به همراه الیاف پروپیلین و بتن خود غلتکی حاوی پودر سنگ آهک و نانو سیلیس به همراه بتن کنترلRCC مورد بررسی و تحقیق قرار گرفته است.

۲- شرایط محیطی و خصوصیات مصالح

در این پژوهش به منظور بررسی شاخص‌های مقاومتی بتن غلتکی مبادرت به ساخت ٤ مخلوط بتنی گردیده که دو مورد از آنها بتن خود غلتکی حاوی الیاف پروپلین و سه پوزولان میکروسیلیس و خاکستر بادی می‌باشد، همچنین یک بتن غلتکی حاوی الیاف پروپاین و پودر سنگ آهک و یک بتن غلتکی کنترلی می‌باشد. فوق روان‌کننده مصرفی با نام تجاری plast PCESuper and V با PH برابر ۷ بوده و سنگدانه‌ها نیز از نوع گرد گوشه و رودخانه‌ای با بزرگترین اندازه سنگدانه ۱۲,۵ میلی‌متر می‌باشد. همچنین ویژگی‌های مکانیکی و پایایی نمونه‌ها بعد از ساخت و عمل‌آوری در دو محیط آب معمولی و نمکی مورد ارزیابی قرار گرفت.

۳-۱- خصوصیات مصالح

الیاف پروپیلن

الیاف مورد استفاده در این تحقیق الیاف مصنوعی پلی پروپیلن (PP) است، این الیاف از گرانول که از گرانول که مشتقات پتروشیمی است تولید می‌شود. که به طول‌های ۱۹، ۱۲ و ٦ میلیمتری موجود است، اندازه مورد استفاده در این تحقیق ٦ میلیمتر می‌باشد و رنگ این الیاف همانطور که در شکل (۱) دیده می‌شود سفید می‌باشد.

شکل ۱. الیاف پروپیلن

جدول ۳. خصوصیات الیاف پروپلین

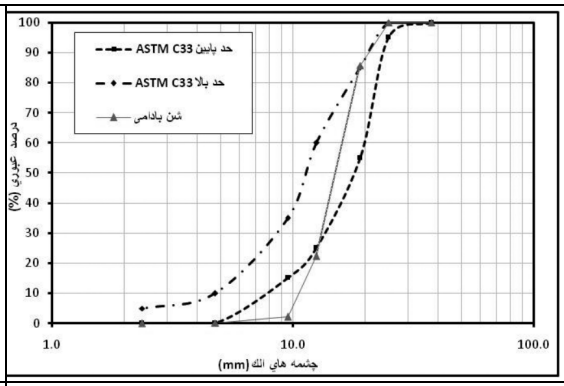
نوع الیاف	پلی پروپلین
وزن مخصوص گرم بر سانتی‌متر	۰/۹۱
مقاومت کششی (مگاپاسکال)	۰/٦٥
مدول الاستیسیته (GPa)	۸
درصد افزایش طول	۸
ضریب پواسون	۰/۲۹-۰/٤٦

٢-٢- سنگدانه‌ها

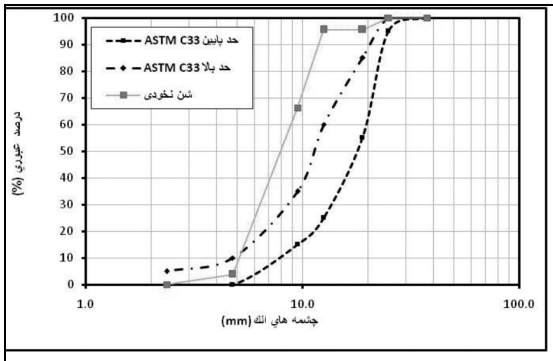
مصالح سنگی مورد استفاده در این پروژه، مصالح تولید شده معدن تبریز شامل ماسه طبیعی ٠-٦، شن نخودی با حداکثر اندازه ٥/١٢ میلیمتر و شن بادامی با حداکثر اندازه ١٩ میلیمتر می‌باشد. منحنی دانه بندی و مخلوط مصالح سنگی در نمودارهای ١ تا ٤ ارائه شده است. منحنی شکل ١ بر اساس نسبت مصالح سنگی ٦٠ درصد ماسه، ١٠ شن نخودی و ٣٠ درصد شن بادامی رسم شده است. نکته مهم در انتخاب شن و ماسه، پیوستگی دانه‌بندی کلی آن و قرار گرفتن در محدوده مناسب پیشنهاد شده در روش ملی طرح اختلاط بوده است.

٢-٣- سیمان

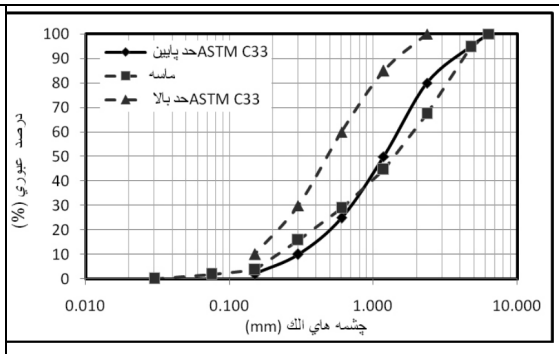
در بتن سیمان نقش چسبندگی را دارد، سیمان مصرفی از نوع سیمان پرتلند تیپ II کارخانه قائن استان خراسان رضوی بوده با وزن مخصوص ٣/١٥ T/m3 مطابق استاندارد ASTM-C150 (٦) که مشخصات شیمیایی آن در جدول شماره (٣) نشان داده شده است.



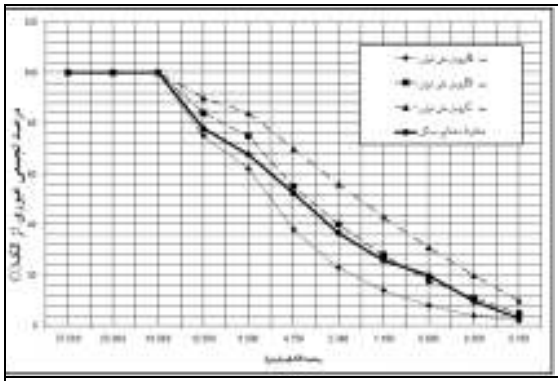
شکل ١. منحنی دانه‌بندی مخلوط شن بادامی



شکل ٢. منحنی دانه‌بندی مخلوط شن نخودی



شکل ٣. منحنی دانه بندی ماسه مصرفی



شکل ٤. منحنی دانه‌بندی مخلوط مصالح سنگی مصرفی

جدول ٤. مشخصات شیمیایی سیمان تیپ II

ترکیبات	CaO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	K_2O	NaO_2	So_3	OL	C_4Af	C_3A	C_3S	C_2S
مقداراستاندارد (ASTM)	---	Min 20	Max 6	Max 6	Max 5	0.6	0.5	Max 3	---	9	Max 6.5	55	17.5
مقدار موجود در نمونه/گرم	64	22.5	5.48	5.52	3	0.6	0.4	1.4	---	8.5	5.18	37.2	15

۲-۵-سایر مصالح مصرفی

خاکستر بادی استفاده شده در این تحقیق خاکستر، از شرکت پاسیلو تهیه گردید. پودر سنگ آهک مصرفی محصول کارخانه قزوین بوده و تمامی ذرات آن از الک شماره ۵۰ گذرانده شده است. آب مصرفی در این پروژه آب شرب شهر تهران می‌باشد.

۲-٦- فوق روان کننده

در این پژوهش از فوق روان کننده بتن پلی کربوکسیلات شیمی که افزودنی فوق روان کننده ای از نسل جدید فوق روان کننده‌ها ست که با دارا بودن خاصیت دافعه ذرات سیمان باعث پخش مناسب و یکنواختی در بتن گردیده، همچنین مانع نزدیک‌شدن مجدد ذرات به یکدیگر می‌شود، این خاصیت باعث ایجاد بالاترین اثر روانی، کاهش شدید نسبت آب به سیمان و در نتیجه افزایش مقاومت اولیه و نهایی و نفوذ ناپذیری در بتن می گردد، استفاده شده است. (جدول٤)

جدول ٤. مشخصات فنی فوق روان‌کننده

وزن	**7± 1.2gr/cm3**
یون کلر	صفر
PH	حدود ۵,۵
رنگ/ظاهر فیزیکی	قهوه ای روشن
حالت فیزیکی	مایع
قابلیت انحلال	در آب

۳- تحقیقات آزمایشگاهی و بررسی نتایج

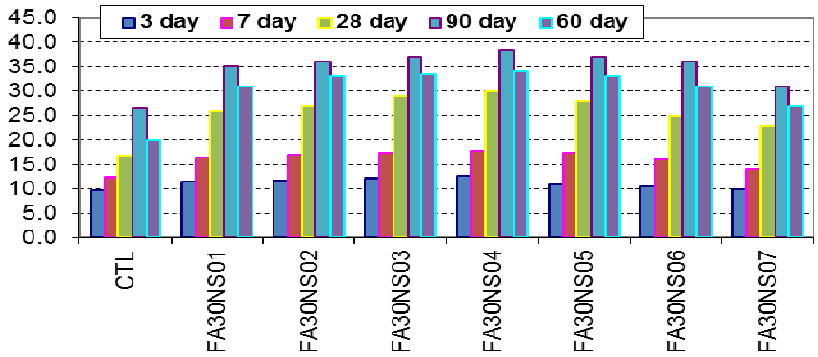
به منظور بررسی ویژگی‌های بتن تازه شامل قابلیت پرکنندگی، قابلیت عبور و مقاومت در برابر جداشدگی، قیف V(V-Funnel) و جعبه L(L Box) انجام شد. دیگر آزمایشی که روی بتن تازه انجام پذیرفت، آزمایش تعیین مقدار هوای بتن تازه بود. آزمایش‌های مقاومت فشاری و خمشی بر روی کلیه نمونه‌ها در سنین ۷ الی ۱۸۰ روزه و در دو محیط آبی و خورنده انجام شد. در جهت تائید روند نتایج بدست آمده از آزمایش‌های مختلف، آزمایش تقریبی غیرمخرب اولتراسونیک بر روی همه نمونه‌ها صورت پذیرفت. همچنین به منظور بررسی میزان نفوذپذیری و همچنین رفتار انقباضی نمونه‌ها، آزمایش‌های جذب آب در سن ۲۸ روزه، انقباض و انبساط نمونه‌ها در سنین مختلف بر روی نمونه‌ها انجام شد و نتایج با نمونه‌های کنترل مقایسه گردید.

۳-۱- روش اختلاط نمونه‌ها

در این مطالعه از روش اختلاط مورد استفاده در ساخت نمونه‌ها بر پایه روش پیشنهادی استاندارد [ASTM C305](۸) بوده است.

٣-١-١- مقدار الیاف پروپیلن در ملات حاوی خاکستر بادی

در این پژوهش با ساخت ملات‌هایی با درصدهای مختلف الیاف از ١٪ الی ٧٪ و مقدار ٣٠٪ خاکستربادی به عنوان جانشین سیمان انجام گرفت و نتایج آزمایش مقاومت فشاری در سنین ٣ و ٧ و ٢٨ و ٦٠ و ٩٠ روزه انجام پذیرفت که در شکل زیر آمده است. همانگونه که از شکل پیداست ملات با ٤٪ الیاف پروپلین نسبت به نمونه‌های مشابه بیشترین مقاومت فشاری را دارا بوده و بعنوان درصد بهینه استفاده خواهد شد.



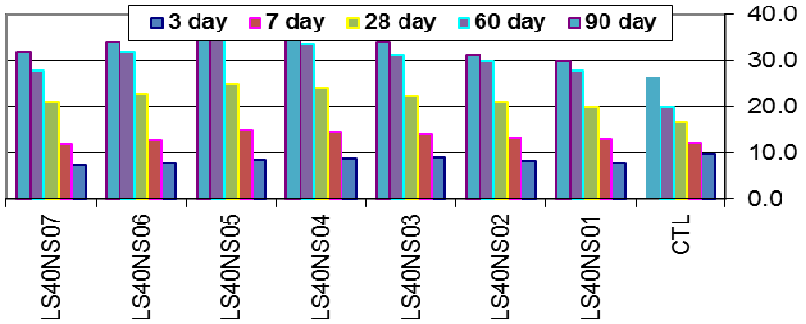
شکل٥. مقاومت فشاری ملات دارای خاکستر بادی با درصدهای مختلف الیاف پروپلین در سنین مختلف

٣-١-٢- مقاومت فشاری ملات

بررسی این رفتار مکانیکی ملات‌ها بر اساس استاندارد [ASTMC109-99] (٧) انجام شد. قالب گیری نمونه‌ها حداکثر در مدت ٣ دقیقه و نهایتاً ٣٠ ثانیه بعد از ساخت ملات انجام می‌شد. لایه‌ای از ملات با ضخامت حدود ٢٥ میلیمتر (نصف ارتفاع قالب) در قالب‌هایی به شکل مکعب مربع و به اضلاع ٥ سانتیمتر مطابق استاندارد مذکور، ریخته می‌شد. فشار کوبیدن در حدی بود که ملات داخل قالب را پر کند. ٤ مرحله کوبیدن در هر مکعب کامل و بعد ملات مکعب دیگر کوبیده می‌شد. وقتی کوبیدن اولین لایه در تمامی قسمت‌های مکعبی کامل می‌شد، با باقیمانده ملات همه قسمت‌ها را پر کرده و مانند لایه اول، لایه دوم نیز کوبیده می‌شد. در نهایت نیز سطح نمونه‌ها توسط ماله صاف و هموار می‌شد. نمونه‌های ساخته شده بعد از ٢٤ ساعت از قالب خارج و تا زمان آزمایش مقاومت فشاری در مخزن آب با دمای ٢ ± ٢٣ درجه سانتیگراد نگهداری می‌شدند. پیش از آغاز بارگذاری، نمونه را پاک و خشک کرده و مصالح دانه‌ای سست بر طرف می‌شود. بار بر روی وجوه صاف نمونه در تماس با بدنه قالب بودند اعمال می‌شد. نمونه‌ها با دقت و در وسط فک‌های ماشین قرار داده می‌شدند و هیچ ماده واسطی به عنوان بستر یا بالشتک بین نمونه‌ها و فک‌های دستگاه قرار نداشت. سرعت بارگذاری براساس استاندارد مذکور می‌بایست در محدوده ٩٠٠ تا ١٨٠٠ نیوتن بر ثانیه باشد. در آزمایش‌های صورت گرفته، سرعت بارگذاری ١٣٥٠ نیوتن بر ثانیه بود. بارگذاری توسط دستگاه جک هیدرولیکی Controls مدل 50-C5800 انجام شد. مقاومت فشاری نهایی براساس میانگین مقاومت‌های سه نمونه محاسبه می‌شد. براساس استاندارد مذکور، نمونه‌هایی که مقاومت آنها با مقاومت متوسط نمونه های مشابهی که از همان ملات ساخته شده و در یک سن آزمایش شدند، بیش از ٨/٧٪ اختلاف داشته باشند باید حذف شوند.

٣-١-٣- بهینه سازی مقدارالیاف پروپیلن در ملات حاوی پودر سنگ آهک

این مهم با ساخت ملات‌هایی با درصدهای مختلف الیاف پروپیلن از ١٪ الی ٧٪ به عنوان جانشین سیمان و مقدار ٤٠٪ پودر سنگ آهک انجام گرفت و نتایج آزمایش مقاومت فشاری در سنین ٣ و ٧ و ٢٨ و ٦٠ و ٩٠ روزه انجام پذیرفت که در شکل زیر آمده است. همانگونه که از شکل پیداست ملات با ٥٪ الیاف پروپیلن نسبت به نمونه‌های مشابه بیشترین مقاومت فشاری را دارا بوده و به عنوان درصد بهینه الیاف پروپیلن در طرح اختلاط بتن غلتکی جایگزین سیمان خواهد شد.



شکل ٦. مقاومت فشاری ملات دارای پودر سنگ آهک با درصدهای مختلف نانوسیلیس در سنین مختلف

جدول ١. مشخصات وزنی طرح‌های اختلاط

نام طرح	سیمان	SF	FA	LS	ماسه		Nano	شن	آب	W/(C+b)	SP(%)
					۰-۳	۳-۶					
RCC (Ctrl)	۵۰۰	-	-	-	۷۱۲	۱۱۵	-	۸۱۰	۲۰۵	۰/۵	1/6
RCCNano	۵۰۰	-	-	-	۷۱۲	۱۱۵	٪۵	۸۱۰	۲۰۵	۰/۵	1/6
SF10-Nano3	۵۰۰	۴۵	-	-	۷۱۲	۱۱۵	٪۳	۸۱۰	۲۰۵	۰/۵	1/6
FA30-Nano4	۵۰۰	-	۱۳۵	-	۷۱۲	۱۱۵	٪۴	۸۱۰	۲۰۵	۰/۵	1/6
LS40-Nano5	۵۰۰	-	-	۱۸۰	۷۱۲	۱۱۵	٪۵	۸۱۰	۲۰۵	۰/۵	1/3

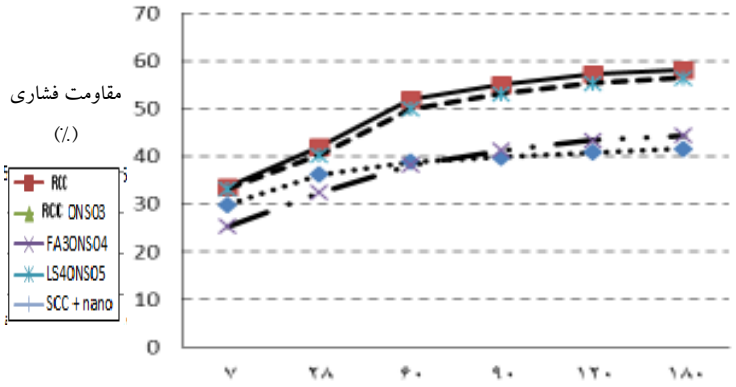
۳-۲- ساخت نمونه‌های طرح‌های اختلاط بتن

روش اختلاط مورد استفاده در ساخت بتن‌ها بر پایه روش پیشنهادی دستورالعمل [ASTM C305] (۷) استوار شده و با اندکی تغییر با الهام از مقالات موجود، مطابق دستورالعمل زیر می‌باشد. بر اساس استاندارد ساخت بتن، کلیه نمونه‌های بتن باید به مدت ٢٤ ساعت در قالب نگهداری شده و سپس از قالب خارج و تا زمان انجام آزمایش در مخزن آبی با دمای ۲ ± ۲۳ درجه سانتیگراد نگهداری شوند. در جدول ۵ طرح اختلاط نمونه‌ها دیده می‌شود.

۳-۳- آزمایش‌ها

۳-۳-۱- مقاومت فشاری

آزمایش مقاومت فشاری مطابق با استاندارد ASTMC109 (۷) بر روی نمونه‌های مکعبی به ضلع ۱۰ سانتیمتر انجام شد. ساخت بتن مطابق دستورالعمل عنوان شده در بخش ساخت نمونه‌ها صورت گرفت. بارگذاری بر اساس استاندارد مذکور باید در محدوده ۹۰۰ تا ۱۸۰۰ نیوتن بر ثانیه باشد که در آزمایش‌ها صورت گرفته، این پارامتر ۱۳۵۰ نیوتن بر ثانیه در نظر گرفته شد. در مورد نمونه‌هایی که در آنها مقطع عرضی بیش از ۱/۵ درصد با مقدار سرعت اسمی تفاوت داشت، از سطح مقطع واقعی جهت تعیین تنش فشاری استفاده شد. مقاومت فشاری نهایی بر اساس میانگین مقاومت‌های ۳ نمونه محاسبه شد.

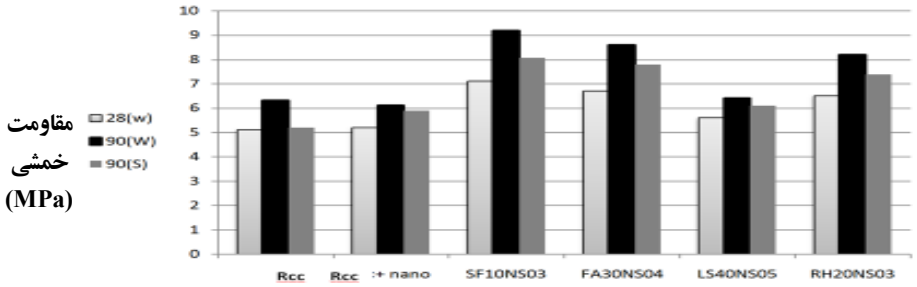


روز

شکل ٧. نتایج آزمایش مقاومت فشاری

٣-٢-٢- مقاومت خمشی

آزمایش مقاومت خمشی بر روی نمونه‌های منشوری ٧×٧×٢٨ سانتیمتری و با سرعت (0/8-1/2 MPa/min) انجام شد. در انجام آزمایش مقاومت خمشی سعی شد تا حد امکان الزامات استاندارد [ASTM C348] (٨) رعایت شود. نتایج مقاومت خمشی نمونه‌ها در دو محیط آبی و خورنده در شکل ٨ آمده است.



شکل٨. نتایج مقاومت خمشی نمونه‌ها

٣-٣-٣- قیف V و جعبه L

نتایج، قیف V و جعبه L در جدول ٦، ٧ آورده شده است.

جدول ٦. نتایج آزمایش قیف V برحسب S

ردیف		قیف V برحسب S
١	RCC (Control)	٦/١
٢	Rcc+nano	٦/٧
٣	SF10NS03	٧/٧
٤	FA30NS04	٦/٥
٥	LS40NS05	٦/٩

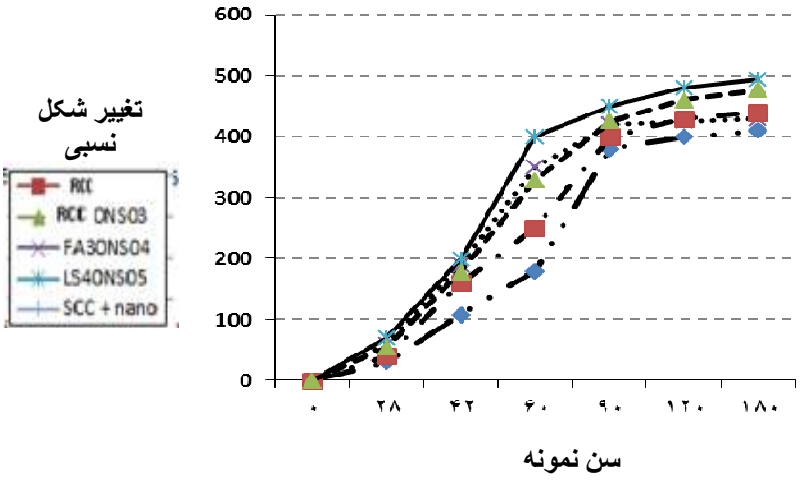
جدول ۷. نتایج آزمایش جعبه L

ردیف		جعبه L
۱	RCC Control)	٦٩/٨
۲	Rcc+nano	٨٢/٨
۳	SF10NS03	٥٠/٨
٤	FA30NS04	٠/٨٨
٥	LS40NS05	٠/٨٩

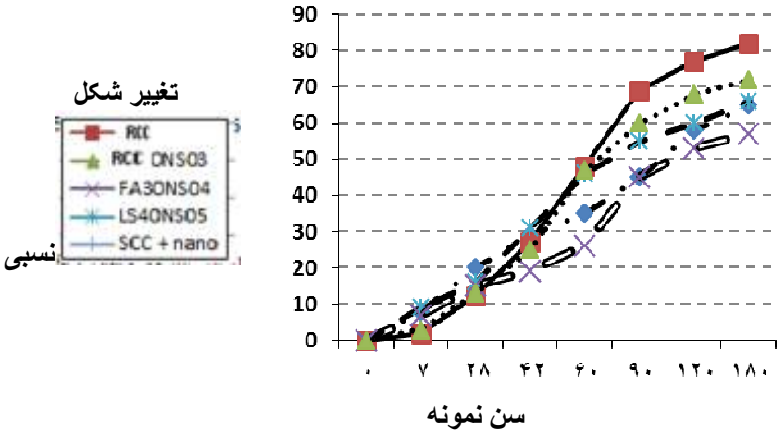
۳-۳-۵- آزمایش انقباض و انبساط

آزمایشات انقباض و انبساط بر روی نمونه‌های منشوری ۳۰×٤×٤ سانتیمتری انجام شد. ساخت نمونه‌ها و قالب‌ریزی آن‌ها مطابق دستورالعمل بیان شده در بخش مقاومت خمشی صورت گرفت. پس از خارج‌کردن نمونه‌ها از قالب، توسط پارچه تمیز سطح نمونه‌ها که در تماس با جداره قالب بود کاملا از روغن و دیگر ناخالصی‌های موجود پاک شد.

نمونه‌های انقباض در محیط آزمایشگاه و نمونه‌های انبساط قرار گرفتند. اولین قرائت پس از ۳ روز از نصب پولک‌ها و مابقی قرائت‌ها در سنین ۷، ١٤، ۲۸، ۳۵، ٦٠ ، ۹۰، ۱۲۰، ۱۵۰ و ۱۸۰ روز، توسط گیج مخصوصی که دارای دقتی معادل ۲ میکرومتر می‌باشد انجام شد.



شکل ۱۱. نمودار انقباض مخلوط‌های مختلف



(الف)

شکل ۱۲. نمودارهای ا نبساط مخلوط‌های مختلف

۷- نتیجه‌گیری

طبق نتایج حاصل از تحقیق افزودن الیاف پروپیلین با افزایش مقاومت فشاری بتن غلتکی همراه است. مقاومت فشاری بتن غلتکی حاوی الیاف پروپیلین با افزودن مواد پوزولانی بیشتر خواهد شد و مقدار افزایش در بتن غلتکی حاوی الیاف پروپیلین بیشترین بوده است. برای مثال، مقاومت فشاری ۲۸ روزه بتن خودغلتکی کنترل ۳٦/۱۹ مگاپاسکال، بتن حاوی الیاف پروپیلین و میکروسیلیس ٤۲/۰٦ مگاپاسکال بود که رشد ۱٦٪ را نشان می‌دهد. این افزایش برای خاکستر بادی ۱۱٪ به دست آمد و مقاومت فشاری ۱۸۰ روزه برای بتن غلتکی حاوی الیاف پروپیلین ۹۵ درصد ، بتن حاوی میکروسیلیس ۹۸/۱ درصد، بتن حاوی خاکستر بادی ۹۵/٤ درصد، بتن حاوی پودر سنگ آهک ۱۰٦ درصد بودند. نتایج حاکی از آن است الیاف پروپیلین در مقاومت و دوام بتن تاثیر مهمی دارد. همانند مقاومت فشاری، نتایج آزمایش مقاومت خمشی نمونه‌ها حاکی از آن است که افزودن الیاف پروپیلین سبب بهبود مقاومت خمشی نمونه‌ها می‌شود و در ترکیب با مواد پوزولانی بهبود بیشتری حاصل می‌شود. نمونه حاوی الیاف پروپیلین و پودر سنگ آهک دارای نتایجی مشابه نمونه حاوی الیاف پروپیلین تنها می‌باشد. نمونه حاوی الیاف پروپیلین و میکروسیلیس بیشترین افزایش مقاومت خمشی نسبت به نمونه کنترل و برابر ٤۵٪ را در سن ۹۰ روزه دارا می‌باشد. محیط خورنده سبب کاهش مقاومت کششی کلیه نمونه‌ها شده است.

۸-مراجع

-میرعلی محمد میرگذار لنگرودی، ع.، (۱۳۸۷)، "بررسی تاثیر الیاف پلی پروپیلن بر خواص مکانیکی بتن سبک حاوی EPS"، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشدعمران، دانشگاه گیلان.

- قدوسی، پ. گنجیان، الف.، پرهیزکار، ط. و رمضانیانپور، ع.ا.، (۱۳۷۸)، "فن آوری بتن غلتکی در شرایط محیطی خلیج فارس، آسیب شناسی بتن و ارزیابی آن"، نشریه شماره ک-۲۸۳، سازمان تحقیقات ساختمان و مسکن.

-A.K Tamimi, J.A. Abdalla, Z.I sakka, (2008), "Prediction of long term chloride diffusion of concrete in harsh environment ", Construction and Building Materials 22, 2008, pp.829-836.

-J.Schlumf, (2004), "Roller compacting concrete structures in Switzerland", Tunneling and underground Space Technology 19, 480.

-ASTM C33-93, (1997),"Standard Specification for Concrete Aggregates", Annual Book of ASTM Standards, V.04.02, ASTM, International pp.10-16.

-ASTM C150-07, (2005), "Standard Specification for Portland Cement", PA 19428-2959, United States.

-ASTM C109, (2005), "Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in or [50-mm] Cube Specimens)", USA: ASTM.

-EFNARK, (2002), "Specification and Guidelines for Concrete", London, EFNARK Publication, pp.1-32.

-ASTM C348, (2005), "Standard test method for flexural strength of hydraulic cement mortar. USA: ASTM.

-ASTM C231, (2005), "Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method, USA: ASTM.

An Evaluation of Resistance Indices of Roller-Compacted Concrete Containing Propylene Fibers Road Pavement

Jalal Ayoubinejad, Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Payame Noor University, Tehran, Iran.

Rasoul Zabihian, M.Sc.,Grad., Roads and Transport Branch, Payame Noor University, Kish International Units, Iran.

E-mail: rasool.zabihian@yahoo.com

Received: March 2021-Accepted: July 2021

ABSTRACT

Roller Compacted Concrete (RCC) has no slump and is compacted by rollers; it is widely used in pavement construction of concrete roads due to its advantages. RCC reinforcement by armature is not possible due to special implementation circumstances. Therefore, researchers have been seeking ways to improve its ductility properties, and flexural strength. The use of steel fibers as part of the mix increases the resistance, but the modulus of rupture remains unaffected. Accordingly, the use of a thin layer of fine-grained concrete reinforced with woven fiber networks greatly increases the resistance in the RCC samples. Roller Compacted Concrete Pavements (RCCP) may be used in light and heavy traffic routes; the RCC set in this type of pavement has the features of high strength, low manufacturing costs and low maintenance levels. The current paper examined the properties of RCC and evaluated its set on the pavement. The current paper analyzed the results of the implementation of three general schemes including RCC, RCC with Polypropylene fiber content and RCC with Polypropylene fiber and Pozzolanic materials (silica fume, fly ash and limestone powder) content in RCC performance improvements. We examined properties such as compressive and flexural strength, the amount of expansion and contraction, and water absorption to evaluate the performance of the above mixtures. Experimental results showed polypropylene fibers improve RCC mechanical properties including compressive strength, bending strength and durability in corrosive environments. Schemes contained polypropylene fibers and pozzolanic materials samples indicated better properties compared to the samples with mere fiber propylene content. Meanwhile, schemes contained propylene fibers and silica fume showed best strength results in addition to concrete durability, compared to other samples.

Keywords: Roller Compacted Concrete (RCC), Polypropylene Fibers, Resistance, Road Construction