

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی

مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها

اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله

آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله



بررسی مشخصات عملکردی مخلوط‌های آسفالتی مسلح شده با

الیاف مصنوعی مرکب

جواد تن زاده^۱، امیرحسین عبدی نژاد نوحدانی^{۲*}، حامد ترابی خدشهری^۳

۱- عضو هیات علمی گروه مهندسی عمران، واحد بندرانزلی، دانشگاه آزاد اسلامی، گیلان، ایران TANZADEH@hotmail.com

۲- دانشجوی گروه مهندسی عمران، واحد بندرانزلی، دانشگاه آزاد اسلامی، گیلان، ایران amirhossein.a131@gmail.com

۳- دانشجوی گروه مهندسی عمران، واحد بندرانزلی، دانشگاه آزاد اسلامی، گیلان، ایران torabi.hamed@gmail.com

⋮

چکیده

ضعف مخلوط‌های آسفالتی در مقابل خرابی‌های شیارشدگی و ترک‌های خستگی لزوم استفاده از الیاف مصنوعی را به عنوان ماده ای برای کنترل و بهبود این خرابی‌ها ضروری می‌کند. این الیاف برای کنترل ترک‌های حرارتی، انعکاسی و همچنین شیارشدگی مخلوط بسیار سودمند است و از طریق کاهش ضخامت روسازی و یا افزایش عمر آن، صرفه اقتصادی را نیز به دنبال دارد. هدف از این تحقیق ارزیابی آزمایشگاهی مخلوط‌های آسفالتی معمولی و مسلح شده با الیاف مصنوعی مرکب، متشکل از الیاف آرامید و الیاف پلی پروپیلن بوده که از دوام، مقاومت و چسبندگی مناسبی برخوردار است. در این تحقیق آزمایش‌های خستگی، مدول برجهندگی و مقاومت کششی غیر مستقیم بر روی نمونه‌های شاهد انجام گرفت. طبق نتایج بدست آمده استفاده از الیاف مصنوعی مرکب در مخلوط‌های آسفالتی، سبب کاهش خرابی‌های شیار شدگی و ترک‌های خستگی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آسفالت مسلح، الیاف مصنوعی مرکب، مدول برجهندگی، خستگی.

۱- مقدمه

با افزایش روز افزون تعداد آمد و شد وسایل نقلیه، توجه بیشتری به مسائل ایمنی، راحتی و همچنین افزایش هزینه ساخت و ترمیم و نگهداری روسازی‌های آسفالتی شده است به طوری که انتظارات از مخلوط‌های آسفالتی به طور گسترده‌ای افزایش یافته است. ایران کشوری در حال توسعه می‌باشد که میزان آمد و شد در جاده‌های آن از نظر تعداد وسایل نقلیه و میزان بار محوری در حال افزایش است. مخلوط‌های آسفالتی باید به گونه‌ای انتخاب و اجرا شوند که از هر نظر پایدار و دارای عمر مفید در شرایط مختلف بارگذاری و آب و هوایی و حداکثر بهره‌وری را در بر داشته باشد.

استفاده از روش‌ها و افزودنی‌هایی که بتواند عملکرد آسفالت را در شرایط مختلف بهره‌برداری بهبود بخشد و عمر مفید پروژه را افزایش دهد و صرفه اقتصادی داشته باشد، مورد توجه قرار گرفته است. یکی از این افزودنی‌ها الیاف است. تاکنون الیاف گوناگونی برای بهبود عملکرد مخلوط‌های آسفالتی در مقابل خرابی‌های شیارشدگی (تغییر شکل‌های ماندگار) و ترک‌های خستگی مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج بدست آمده از بررسی‌های مختلف نشان می‌دهد که اضافه نمودن الیاف به مخلوط‌های آسفالتی به بالا بردن انعطاف پذیری و مقاومت بیشتر روسازی در برابر ترک خوردگی کمک خواهد کرد [۱]. ling pang و همکاران نیز در مقاله‌ای مخلوط‌های آسفالتی مسلح شده با الیاف کربن را در معرض آزمایش‌های مکانیکی شامل مدول برجهندگی، بارگذاری تکراری خزشی، خستگی تیرچه خمشی و مقاومت کششی غیر مستقیم قرار داد. مطابق نتایج آزمایش‌های انجام شده، مخلوط‌های حاوی الیاف کربن، سفت تر، مقاومت بیشتر در برابر تغییر شکل‌های دائمی و مقاومت کششی بیشتری داشته‌اند. همچنین مقاومت خستگی مخلوط‌های مسلح شده با الیاف کربن نسبت به مخلوط‌های معمولی تفاوت قابل توجهی نداشته است [۲].



ابوالفضل محمدزاده مقدم و همکاران در مقاله ای، امکان استفاده از الیاف بازیافتی از لاستیک های فرسوده و فرش های ضایعاتی در مخلوط های آسفالتی ماستیک درشت دانه را مطالعه نمودند. در این مطالعه عملکرد مخلوط های حاوی الیاف بازیافتی از لاستیک های فرسوده و فرش های ضایعاتی با مخلوط های ساخته شده با الیاف رایج سلولزی مقایسه شد. تفاوت چندانی بین مقاومت تغییرشکل پذیری و حساسیت رطوبتی این مخلوط ها مشاهده نشده است. همچنین منطبق با نتایج به دست آمده مشخص شد که الیاف مورد بررسی در مقایسه با الیاف سلولزی باعث بهبود قابل توجه سختی مخلوط های ماستیک درشت دانه شده است [۳]. Wu و همکارانش نیز مشخصات دینامیکی مخلوط های آسفالتی حاوی الیاف سلولزی، پلی استر و الیاف معدنی را مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که مخلوط های مسلح شده با الیاف مدول دینامیکی بیشتری در مقایسه با مخلوط های معمولی دارند [۴]. جهرمی و خدایی ویژگی های مخلوط های مسلح شده با الیاف کربن را با استفاده از آزمایش های استحکام مارشال، مقاومت کششی غیر مستقیم، خزش و بارگذاری تکراری کشش غیرمستقیم مورد بررسی قرار دادند. این محققین نتیجه گرفتند که الیاف کربن باعث افزایش استحکام مارشال، کاهش روانی مارشال و افزایش فضای خالی آسفالت متراکم شده است. همچنین عمر خستگی و مقاومت تغییرشکل دائمی مخلوط آسفالتی با استفاده از الیاف کربن افزایش یافته است [۵].

soon park- tae و Yongjoo kim اثر الیاف مرکب مصنوعی را بر مشخصات مکانیکی مخلوط های آسفالت سرد با دانه بندی پیوسته با استفاده از آزمایش های استحکام مارشال و خزش استاتیکی و دینامیکی محدود شده سه محوری بررسی کردند و نشان دادند که این الیاف استحکام مارشال را افزایش داده و اثر کمی بر ویژگی های مقاومت برشی سه محوری مخلوط آسفالتی سرد داشته اند [۶]. مقالات بسیار کمی در خصوص کاربرد الیاف مصنوعی مرکب در روسازی های آسفالتی وجود دارد. در این تحقیق، ویژگی های مخلوط های آسفالتی معمولی شاهد و مخلوط های آسفالتی مسلح شده با الیاف مصنوعی مرکب با استفاده از آزمایش های پیشرفته عملکردی مقایسه گردید.

۲- مواد و مصالح

۱.۲- الیاف

الیاف مورد استفاده در این تحقیق، الیاف مصنوعی مرکب بوده که ترکیبی از الیاف آرامید و الیاف پلی پروپیلن است که به مقدار ۵,۰ کیلو گرم در هر تن برای استفاده در مخلوط آسفالتی طراحی شده است. در جدول (۱) ویژگی های فیزیکی این الیاف مشخص شده است. در شکل ۱ الیاف آرامید و پلی پروپیلن را مشاهده می کنیم.

ویژگی های
مرکب

مواد	پلی پروپیلن	آرامید
شکل	رشته های تابیده و تکرشته ای	تکرشته ای
وزن مخصوص	۰/۹۱	۱/۴۴
مقاومت کششی (psi)	۷۰۰۰۰	۴۰۰۰۰۰
طول (میلیمتر)	۱۲	۱۹
رنگ	خاکستری	زرد
مقاومت اسیدی/بازی	بی اثر	بی اثر
دمای ذوب (°C)	۱۰۰	۴۲۷

جدول ۱:
فیزیکی الیاف
مصنوعی



شکل ۱: الیاف پلی پروپیلن (سمت راست) و الیاف آرامید (سمت چپ)

۲-۲- قیر

قیر ۶۰/۷۰ شرکت نفت آبادان که در ایران به طور گسترده استفاده می شود و در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است. مشخصات این قیر در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول ۲: ویژگی های فیزیکی قیر ۶۰/۷۰

نتیجه	روش استاندارد	مشخصه
۶۶	ASTM D5	درجه نفوذ در 25°C (۰/۱ میلیمتر)
۴۹	ASTM D36	نقطه نرمی قیر (درجه سانتیگراد)
$100 <$	ASTM D113	کشش پذیری در 25°C (سانتیمتر)
۳۰۴	ASTM D92	نقطه اشتعال قیر، ظرف رو باز کلیولند (درجه سانتیگراد)
۹۹/۵	ASTM D2042	حلالیت در تری کلرواتیلن (درصد)
۴۴۶	ASTM D2170	کندروانی کینماتیک (سانتی استوکس) در 135°C
۰/۰۱	ASTM D1754	فرآیند اون لایه نازک قیر، تغییر جرم اولیه (درصد)
۵۰	ASTM D5	درجه نفوذ پسماند فرآیند اون لایه نازک (۰/۱ میلیمتر)
$50 <$	ASTM D113	کشش پذیری پسماند فرآیند اون لایه نازک (سانتیمتر)

۲-۲- مصالح سنگی

در این تحقیق از مصالح سنگی کوهی شکسته با دانه بندی مختلف استفاده شده است که مشخصات آن در جدول (۳) ارائه شده است.



جدول ۳: دانه بندی مخلوط مصالح سنگی

درصد عبوری	اندازه الک
۱۰۰	۲۵ میلیمتر
۹۵	۱۹ میلیمتر
۷۵	۹/۵ میلیمتر
۵۵	۴/۷۵ میلیمتر (شماره ۴)
۳۵	۲/۳۶ میلیمتر (شماره ۸)
۱۲	۰/۳ میلیمتر (شماره ۵۰)
۶	۰/۰۷۵ میلیمتر (شماره ۲۰۰)

۳- آزمایش های انجام شده

پروسه آزمایشگاهی تحقیق شامل آزمایش های خستگی بارگذاری تکراری کشش غیر مستقیم، مدول برجهندگی و مقاومت کشش غیر مستقیم بوده است.

۳-۱- آزمایش خستگی

در این آزمایش یک بار نواری فشاری در طول صفحه قطری عمودی نمونه اعمال می شود که این شکل بارگذاری یک تنش کششی یکنواخت در نمونه و عمود بر امتداد بار ایجاد می کند. روش انجام آزمایش خستگی در استاندارد اروپایی EN12697-24 تشریح شده است. فریم بارگذاری آزمایش خستگی در شکل (۲) نشان داده شده اند. تغییر شکل افقی نمونه بصورت تابعی از سیکل بارگذاری ثبت می شود و عمر خستگی (Nf) نمونه که متناظر با خرابی نمونه است، تعیین می شود. ترک خوردگی ناشی از خستگی یک نوع خرابی روسازی بوده که عموماً در دماهای میانی سرویس دهی به وجود می آید، لذا دمای ۲۰ درجه برای انجام آزمایش پیشنهاد شده است. نمونه های استوانه ای ۴ اینچی مورد استفاده در آزمایش مطابق روش تراکم مارشال ساخته و آماده شدند. در این آزمایش از مدت زمان سیکل بارگذاری ۱۵۰۰ میلی ثانیه، مدت زمان اعمال بار ۲۵۰ میلی ثانیه و مدت زمان استراحت در هر سیکل بارگذاری برابر ۱۲۵۰ میلی ثانیه استفاده شده است. همچنین در این آزمایش، خستگی نمونه به صورت گسیختگی نمونه و تغییر شکل قطری ۹ میلیمتر تعریف شده است.



شکل ۲: فریم بارگذاری آزمایش خستگی



۳-۲- آزمایش مدول برجهندگی

نمونه های استوانه ای ۴ اینچی مورد استفاده در آزمایش مطابق روش تراکم مارشال ساخته و آماده شدند. آزمایش مدول برجهندگی نمونه های مخلوط های آسفالتی معمولی و مسلح الیافی در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد بر اساس روش استاندارد ASTM D4123 انجام گرفت. مطابق استاندارد، در این آزمایش از شکل بارگذاری نیمه سینوسی با فرکانس یک هرتز، سیکل بارگذاری یک ثانیه، مدت زمان اعمال بار ۰/۱ ثانیه، مدت زمان استراحت ۰/۹ ثانیه و ضریب پواسون ۰/۳۵ استفاده گردید. در این آزمایش ۱۰۰ سیکل پیش بارگذاری اعمال شده و سپس ۵ سیکل بارگذاری اصلی اعمال می شود که نتایج و داده های مربوط به این ۵ سیکل ثبت می گردد. در این آزمایش پیش بارگذاری به دلیل اطمینان از تماس کامل نوارهای بارگذاری با سطح نمونه و کسب نتایج مناسب اعمال شده است. دستگاه مدول برجهندگی در شکل (۳) نشان داده شده اند.



شکل ۳: دستگاه بارگذاری آزمایش مدول برجهندگی

۳-۳- آزمایش مقاومت کششی غیر مستقیم

مقاومت کششی غیرمستقیم نمونه های آسفالتی با استفاده از قاب بارگذاری کشش غیرمستقیم نمونه استوانه ای و مطابق روش استاندارد AASHTO T283 اندازه گیری شده است. در این آزمایش یک بار نواری فشاری در طول صفحه قطری عمودی نمونه اعمال شده است. این شکل بارگذاری یک تنش کششی یکنواخت در نمونه و عمود بر امتداد بار ایجاد می کند. مقاومت نمونه ها پس از ۲ ساعت قرار گرفتن درون اتاقک محیطی با دمای آزمایش اندازه گیری شده است. نمونه های استوانه ای ۴ اینچی مورد استفاده در آزمایش مطابق روش تراکم مارشال ساخته و آماده شدند.

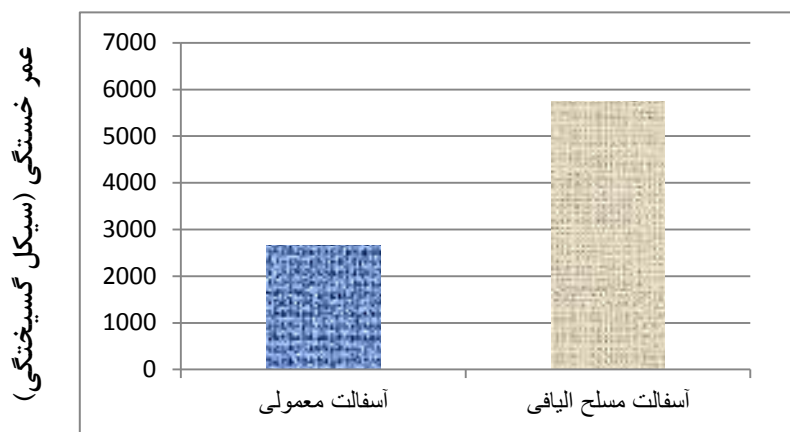
۴- تحلیل آزمایش ها

۴-۱- آزمایش خستگی

آزمایش خستگی به روش تنش کنترل شده، در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد و با تنش ثابت ۴۰۰ کیلوپاسکال انجام شده است که میانگین نتایج در نمودار شکل (۵) ارائه شده است. مشخص شد که رفتار و عملکرد خستگی مخلوط های مسلح شده الیافی در مقایسه با مخلوط شاهد بهبود چشمگیری داشته است. بر اساس نتایج آزمایش، عمر خستگی آسفالت مسلح شده با ۰.۵ کیلوگرم الیاف در هر تن آسفالت، ۲/۲ برابر بیشتر از مقدار آن برای آسفالت معمولی شاهد است. این نتایج را می توان اینگونه توضیح داد که در مخلوط های مسلح شده با الیاف، زمانی می توان از مزایای مسلح شدن بهره برد که مقاومت کششی الیاف مسلح کننده بیش از مخلوط مسلح شده (بتن آسفالتی) باشد. مقاومت کششی الیاف آرامید برابر ۳۰۰۰ مگاپاسکال بوده که



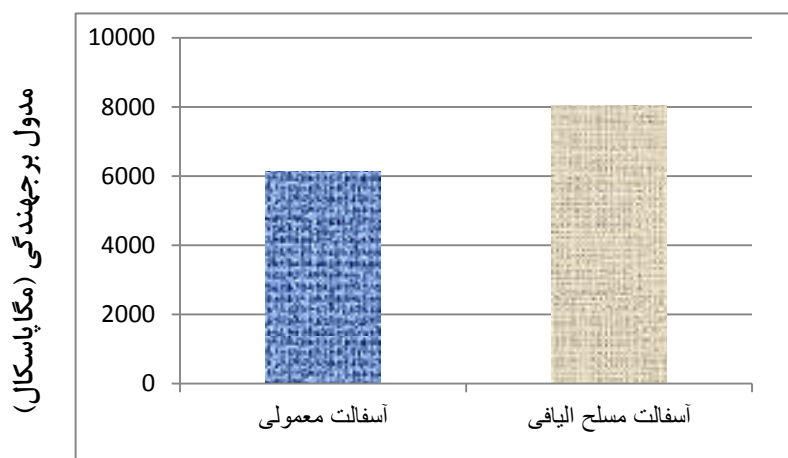
چند برابر بیشتر از مخلوط های بتن آسفالتی معمول است. بنابراین مسلح کردن مخلوط آسفالتی با استفاده از الیاف مرکب آرامید منجر به افزایش مقاومت کششی مخلوط و مقاومت بیشتر در برابر ترک خستگی شده است.



شکل ۵: نتایج آزمایش خستگی بارگذاری کشش غیرمستقیم مخلوط های آسفالتی

۴-۲- آزمایش مدول برجهندگی

مدول برجهندگی نمونه های مخلوط های آسفالتی معمولی و مسلح الیافی در دمای ۲۰ درجه که نتایج در شکل (۶) ارائه شده اند. مدول برجهندگی آسفالت مسلح شده با ۰/۵ کیلوگرم الیاف در هر تن آسفالت، ۱/۳ برابر آن برای آسفالت معمولی شاهد است. مدول برجهندگی به توانایی پخش بار مخلوط مربوط شده که منطبق با رابطه بین تنش- کرنش، مخلوط آسفالتی تحت یک بار مشخص چه تغییرشکلی خواهد یافت. همچنین می توان گفت که مخلوط های با سفتی و مدول بیشتر، مقاومت بیشتری در برابر تغییرشکل های دائمی دارند، ولی نباید غافل بود که مدول بسیار زیاد در دماهای پایین منجر به ترک خوردگی زودرس روسازی آسفالتی می شود. مدول برجهندگی برای تحلیل عکس العمل روسازی در برابر بارهای ترافیکی مورد استفاده قرار می گیرد. مطابق نتایج به دست آمده، الیاف مصنوعی آسفالت با مدول بالاتر، ظرفیت باربری بیشتری داشته که در نتیجه می توان ضخامت طرح لایه روسازی آسفالتی را کاهش داد.

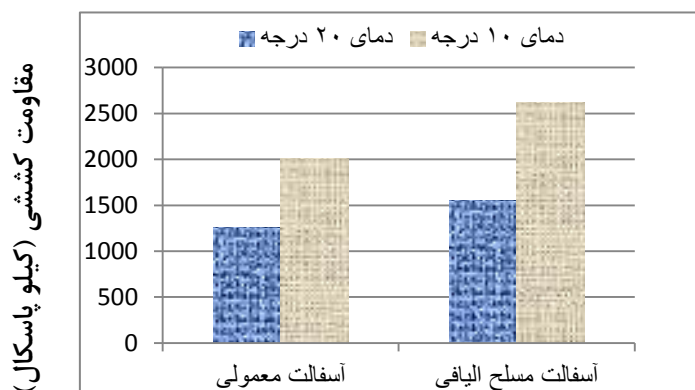


شکل ۶: نتایج آزمایش مدول برجهندگی مخلوط های آسفالتی



۴-۳- آزمایش مقاومت کششی غیرمستقیم

مقاومت کششی غیرمستقیم خشک نمونه های آسفالت معمولی و مسلح الیافی، در دماهای ۱۰ و ۲۰ درجه سانتیگراد اندازه گیری شد که نتایج در نمودار شکل (۷) ارائه گردیده است. مطابق نتایج مقاومت کششی آسفالت مسلح شده با ۰/۵ کیلوگرم الیاف در هر تن آسفالت، حدود ۳۰ درصد بیشتر از مقدار آن برای آسفالت معمولی شاهد است و لذا این آسفالت مقاومت بیشتری در برابر ترک های حرارتی دارد. با علم به مقاومت کششی بسیار بالاتر الیاف پرمقاومت آرامید در مقایسه با مقاومت کششی مخلوط بتن آسفالتی معمولی می توان مقاومت کششی بیشتر مخلوط مسلح الیافی را توضیح داد.



شکل ۷: نتایج آزمایش مقاومت کششی غیرمستقیم مخلوط های آسفالتی

۵- نتیجه گیری

عملکرد خستگی مخلوط مسلح شده الیافی در مقایسه با مخلوط معمولی شاهد بهبود چشمگیری داشته است. بر اساس نتایج آزمایش، عمر خستگی آسفالت مسلح شده با نیم کیلوگرم الیاف در هر تن آسفالت، ۲/۲ برابر بیشتر از مقدار آن برای آسفالت معمولی شاهد بوده است. در مخلوط های مسلح شده با الیاف، اگر مقاومت کششی الیاف مسلح کننده بیش از مخلوط مسلح شده (بتن آسفالتی) باشد، می توان از مزایای مسلح کردن مخلوط بهره مند شد. مقاومت کششی الیاف آرامید برابر ۳۰۰۰ مگاپاسکال بوده که چند برابر بیشتر از مخلوط های بتن آسفالتی معمول است. بنابراین مسلح کردن مخلوط آسفالتی با استفاده از الیاف مرکب آرامید منجر به افزایش مقاومت کششی مخلوط و مقاومت بیشتر در برابر ترک خستگی می شود. مدول برجهنگی آسفالت مسلح شده با نیم کیلوگرم الیاف در هر تن آسفالت، ۱/۳ برابر آن برای آسفالت معمولی شاهد است. مدول برجهنگی به توانایی پخش بار مخلوط مربوط شده که منطبق با رابطه بین تنش-کرنش، نشان دهنده آن است که مخلوط آسفالتی تحت یک بار مشخص چه تغییرشکلی خواهد یافت. مخلوط های با مدول بیشتر، مقاومت بیشتری در برابر تغییرشکل های دائمی داشته که از طرفی، مدول بسیار زیاد در دماهای پایین منجر به ترک خوردگی زودرس روسازی آسفالتی می شود. با توجه به مقاومت کششی بیشتر مخلوط های مسلح شده با الیاف می توان از مقادیر حداکثر مجاز مدول مخلوط آسفالتی عدول کرد. مدول برجهنگی برای تحلیل عکس العمل روسازی در برابر بارهای ترافیکی مورد استفاده قرار گرفته است. الیاف مصنوعی مرکب آسفالتی با مدول بالاتر ایجاد کرده که می تواند ظرفیت باربری بالاتری داشته باشد که در نتیجه می توان ضخامت طرح لایه روسازی آسفالتی را کاهش داد. مقاومت کششی آسفالت مسلح شده با نیم کیلوگرم الیاف در هر تن آسفالت، ۳۰ درصد بیشتر از مقدار آن برای آسفالت معمولی شاهد بوده است و لذا آسفالت مسلح الیافی مقاومت بیشتری در برابر ترک های حرارتی داشته است.



مراجع

1. Jiang, Y. and R. S. McDaniel, (1993). "Application of Cracking and Seating and Use of Fibers to Control Reflection Cracking," Transportation Research Record, No. 1388, pp. 150-159.
2. L. Pang, P. Wang, B. Li, P. Pan, S. P. Wu, (2014). "Investigation of Rheological Characteristics of Carbon Fiber Modified Asphalt Binder", Key Engineering Materials, Vol. 599, pp. 182-186, Feb.
3. A. mohamadzadeh, S.A. ziaee, H.F. Mollashahi, M. Jalili Qazizadeh (2014), "Effects of Waste Fibers Stabilizers on the Draindown and Moisture Damage Sensitivity Properties of SMA Mixtures," Resour. Conserv. Recycl., Vol. 42, No. 3, pp. 265-274.
4. Shaopeng, W., Qunshan, Y., Ning, L., and Hongbo, Y., (2007), "Effects of Fibers on the Dynamic Properties of Asphalt Mixtures, " Journal of Wuhan University of Technology-Materials Science Edition, Vol. 22, pp. 733-736.
5. Jahromi, S. G. and Khodai, A., (2008), "Carbon Fiber Reinforced Asphalt Concrete, " Arabian J. Sci. Eng., Vol. 33, No. 2B, pp. 355-364.
6. Yongjoo , F. and tae, S. P, (2013), "Reinforcement Of Recycled Fomed Asphalt Using Short Polypropylene Fibers " advances in materials science and engineering , pp. 9.

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله