

ارزیابی شیارشدگی نانو اکسید آهن در مقابل نانو اکسید آلومینیوم توسط دستگاه ویل تراک در عملکرد آسفالت ماستیک درشت دانه

سجاد کفاش زاده^۱، امیرحسین رفیعی فنود^{۲*}، مرتضی سبزواری زاده^۳

^۱ استاد دانشگاه، گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند، ایران
^۲ دانشجوی کارشناسی مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند، ایران
^۳ دانشجوی کارشناسی مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند، ایران

چکیده

عملکرد کلی مخلوطهای آسفالتی تا حدود زیادی به خصوصیات و مشخصات فیزیکی این مؤلفه های تشکیل دهنده و نیز نحوه توزیع آنها در مخلوط وابسته است. میکروساختار آنها نقشی بسیار مهم در عملکردشان دارد، ایده استفاده از افزودنی های مختلف به قبر به منظور اصلاح خواص آن از قبل مورد توجه متخصصین بوده است و بسته به نوع رفتاری که از قیر مدنظر بوده، افزودنی های مختلفی به آن اضافه گردیده است؛ بنابراین فناوری نانو مواد نیز از جدیدترین این مواد افزودنی می باشد که با توجه به قابلیت های فراوان به عنوان یک ماده افزودنی در اصلاح رفتار مخلوط مورد استفاده قرار میگیرد. تاکنون تحقیقات آزمایشگاهی زیادی به منظور بهبود رفتار مخلوط های آسفالتی صورت گرفته است از این رو در مقاله فوق ما به مطالعه و بررسی شیارشدگی آهن در مقابل نانو اکسید آلومینیوم در برابر عملکرد آسفالت ماستیک درشت دانه پرداخته این تا از این رو تاثیر آن ها را برهم و بر میزان سفتی و مقاومت آسفالت ماستیک درشت دانه بیان کنیم؛ و از این رو با مقایسه نانو آلومینیوم بر مدول سفتی و خستگی مخلوط های آسفالت ماستیک درشت دانه با سایر افزودنی ها به این نتیجه می رسیم که می توان از نانو اکسید آلومینیوم به عنوان یک افزودنی مناسب در جهت بهبود مدول سفتی مخلوط های آسفالت ماستیک درشت دانه و بهبود عملکرد آن در برابر پدیده خستگی استفاده کرد. روش تحقیق مورد نظر از طریق روش میدانی، کتابخانه ای و آزمایشگاهی با توجه به تحلیل داده ها انجام گرفته است.

واژه های کلیدی: نانو اکسید آهن، نانو اکسید آلومینیوم، آسفالت درشت دانه، شیارشدگی، مدول سفتی

۱- مقدمه

راه ها به عنوان شریان های اقتصادی هر کشوری بوده که دارای اهمیت ویژه ای می باشد. به همین دلیل زیر ساخت های حمل و نقل و در نتیجه روسازی راه ها همواره به عنوان سرمایه های هر کشوری مطرح هستند. در نتیجه حفاظت از این سرمایه ها از الویت های سیاست گذاری کشورها می باشد. این در حالی است که تقریباً تمام روکش های جاده های کشور از نوع روسازی انعطاف پذیر می باشد ولی این روکش ها به دلیل این که بخشی از آن را قیر تشکیل می دهد و قیر به دلیل خواص ویژه ای که دارد نمی تواند همواره در تمام شرایط بارگذاری و دمایی عملکرد مناسبی داشته باشد. در این خصوص تغییرات دانه بندی مخلوط های آسفالتی و همچنین استفاده از مواد جایگزین قیر و مواد اصلاح کننده قیر برای افزایش عملکردی قیر از ملزومات نیل به روسازی های با عمر زیاد می باشد. مخلوط های آسفالتی ماستیک درشت دانه از شاخه آسفالت گرم ولی با مصالح سنگی درشت دانه می باشد. این نوع مخلوط آسفالتی برای راه با ترافیک بالا مورد استفاده قرار می گیرد این نوع مخلوط ها می تواند به عنوان انتخابی مناسب مورد استفاده قرار گیرد.

۲- عوامل به کارگیری مواد افزودنی در بتن آسفالتی

- **قیمت آسفالت:** در صورتی که قیمت مصرفی قیر بالا باشد، بعضی مواد افزودنی این خاصیت را داشته که باقیمت پایین تر بتوانند جایگزین مقادیری از قیر مورد نیاز در تهیه بتن آسفالتی شده و باعث صرفه جویی در مقدار قیر مصرفی و در نتیجه کاهش مخارج تهیه آسفالت شوند.
- **ضخامت کم لایه های آسفالتی حاوی بعضی مواد افزودنی:** استفاده از بعضی مواد افزودنی باعث افزایش استقامت و قدرت باربری بتن آسفالتی شده است و استفاده از لایه های آسفالتی نازک تری را امکان پذیر می سازد و در نتیجه مقدار مصالح سنگی و قیر مصرفی کم تر شده و در خیلی موارد، مخارج تهیه و پخش و کوبیدن آسفالت نیز کاهش می یابد.
- **کاهش عملیات ترمیم و نگهداری و طولانی تر شدن فواصل بین به سازی های عمده:** ازدیاد روزافزون ترافیک در راه های اصلی، بستن مسیر و بهسازی و مرمت را مشکل می کند. هم چنین با بالا رفتن مخارج مرمت، به کار گرفتن آسفالت هایی با کیفیت بهتر را بیش از پیش ضروری می سازد. با استفاده از مواد افزودنی مختلف می توان خواص مکانیکی بتن آسفالتی را در دراز مدت بهبود بخشید و میزان بهسازی و مرمت را کاهش داد.
- **به کار گرفتن تولیدات جدید صنعتی و وسایل جدید در تولید و اجرا:** با پیشرفت صنایع و افزایش تنوع در تولیدات جدید، هر روزه مواد جدیدی که می توان در تهیه بتن آسفالتی از آن استفاده کرد به بازار عرضه می شود. پیشرفت تکنولوژی راه سازی، استفاده از چنین موادی را در بتن های آسفالتی امکان پذیر می کند. هم چنین، به بازار آمدن ماشین آلات و وسایل آزمایشگاهی دقیق تر و مدرن تر، کارکردن با آسفالت های مخلوط با مواد جدید را عملی و آسان می سازد.

امروزه با استفاده بهینه از خواص مواد معمول و در دسترس، مواد ویژه ای تهیه می شود که اثرات کاملاً متفاوتی با تصورات انسان ها دارد. گروهی از این مواد که امروزه تحت عنوان دانش نانو تکنولوژی ارائه می شود به دلیل مشخصات ویژه مواد در مقیاس نانو باعث ایجاد خواص ویژه ای می شود که در تولید و اصلاح مواد مختلف کاربرد پیدا کرده است. ورود کشورها به عرصه نانو فناوری اجتناب ناپذیر است. بسیاری از صاحب نظران و محققان، نانو فناوری را مساوی در اختیار داشتن آینده دانسته اند. درحالی که در بسیاری از فناوری ها به دلیل ایجاد شدن شبکه ای غیر قابل نفوذ شانس چندانی برای محققان کشورمان وجود ندارد ولی برای ورود به عرصه نانو فناوری، فضای کار بازی وجود دارد.

هرگونه تصمیم گیری برای استفاده از فناوری های جدید لازم است ات در زمان مناسب به خود صورت گیرد وگرنه بعد از فعالیت وسیع کشورها و شکل گیری بازارهای آن به دلیل تحقق کاربردهای مختلف آن، تحریم هایی نیز انجام خواهد شد و

حضور در آن غیر ممکن خواهد بود. لذا هم زمان با سایر تلاش های محققان کشورمان، ورود به عرصه نانو فناوری در علوم عمرانی و زیر ساخت های حمل و نقل کشور، ضروری به نظر می رسد.

عوامل اصلی باربری و مقاومت در مخلوط های آسفالتی گرم متداول با دانه بندی پیوسته، ملات (مصالح سنگی ریز و قیر) می باشد در این گونه مخلوط های آسفالتی، مصالح درست دانه و ریز دانه برقرار می گردد. این در حالیست که در مخلوط های آسفالتی SMA عامل اصلی باربری و مقاومت، مصالح درشت دانه هستند؛ که به یکدیگر قفل و بست شده اند به عبارت دیگر تماس مستقیم سنگدانه عامل اصلی پایداری و باربری می باشد در سالهای اخیر به منظور بهبود عملکرد مخلوط های آسفالتی در برابر بارهای دینامیک، از مواد افزودنی مختلفی استفاده گردیده که در این بین نانو مواد نتایج مطلوبی به همراه داشته است.

۳- نانو مواد

معمول ترین نانو ذرات، نانو ذرات سرامیکی هستند که به سرامیک های اکسید فلزی، نظیر اکسید های تیتانیوم، روی، آلومینیوم و آهن و نانو ذرات سیلیکاتی که عموماً به شکل ذرات نانو مقیاسی خاک رس هستند، تقسیم می شوند. طبق تعریف، حداقل باید یکی از ابعاد نانو ذرات کمتر از ۱۰۰ نانومتر باشد. نانو ذرات سرامیکی فلزی با اکسید فلزی تمایل به داشتن اندازه یکسانی در هر سه بعد، از دو یا سه نانومتر تا ۱۰۰ نانومتر دارند که به وسیله نیروهای الکترواستاتیک به یکدیگر چسبیده و به شکل پودر بسیار ریزی رسوب می کنند. نانو ذرات سیلیکاتی ذراتی با ضخامت تقریباً ۱ نانومتر و پهنای ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ نانومتر هستند. معمول ترین نوع خاک رس که نانو ذرات سیلیکاتی هستند مونت موریلونیت یا آلومینوسیلیکات لایه ای می باشد (مقدس نژاد و همکاران، ۲۰۱۴).

وقتی اندازه نانو ذرات کاهش می یابد، نسبت سطح موثر به حجم ذرات افزایش یافته، اثرات سطحی قوی شده و خواص کاتالیستی افزایش می یابد. به همین دلیل، نانو ذرات به عنوان کاتالیزور در زمینه های نظیر باتری ها، پیل های سوختی و انواع فرایندهای صنعتی قابل استفاده هستند. بیشتر بودن سهم اتم ها در سطح نانو ذرات نیز خواص فیزیکی آن ها را تغییر می دهد. سرانجام این که افزایش سطح موثر حلالیت را افزایش می دهد، اصلاح شیمیایی سطح نانو ذرات تاثیر زیادی بر کارایی و کاربرد آن ها دارد. ایجاد خواص آب دوستی و آب گریزی جزء روش های اصلاح شیمیایی نانو ذرات محسوب می شود (مقدس و همکاران، ۲۰۱۴).

۳-۱- کاربرد نانو مواد در روسازی راه

در سالهای اخیر به منظور عملکرد مخلوط های آسفالتی در برابر بارهای دینامیک، از مواد افزودنی مختلفی استفاده گردیده که در این بین مواد نتایج مطلوبی به همراه داشته است. فرامرزی و معصومی راد (۱۳۹۳) طی آزمایش هایی تاثیر استفاده از نانو لوله های کربنی را بر خصوصیات مخلوط آسفالتی مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج آزمایش های انجام شده توسط نانو لوله های کربنی موجب افزایش مقاومت در برابر خستگی آسفالت به خصوص در دماهای کم، می باشد طاهری خانی و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی نیجه گرفتند که با افزودن نانورس به قیر زاویه فاز کاهش یافته که می تواند منجر به بهبود رفتار ارتجاعی قیر شود. همچنین، با افزایش نانورس به قیر، مدول مختلط برشی قیر افزایش یافته که این مسئله نشان دهنده اثر سخت شدگی قیر بر اثر افزودن نانو رس می باشد.

مقدس نژاد (۱۳۹۳) در آزمایش های خود بیان داشت قسر و خزش دینامیک نمونه های آسفالتی بیان کرد که نانو ذرات با اصلاح قیر، اثر مثبتی بر عملکرد خزشی مخلوط های آسفالتی دارد. همچنین نتایج کشش مستقیم روی نمونه های قیری مشخص کرده که استفاده از نانو ذرات باعث افزایش کششی قیر شده است.

غفارپور جهرمی و خدایی (۲۰۰۹) در پژوهشی به منظور بررسی اثر نانورس بر خواص قیرها، از آزمایش ها رایج قیر و آزمایش رئومتر برش دینامیک استفاده کرده و به این نتیجه رسیدند که با افزایش درصد رس به قیر خصوصیات رئولوژی قیر بهبود می کند.

۴- آسفالت ماستیک درشت دانه

آسفالت ماستیک درشت دانه، مخلوط آسفالت گرم با دانه بندی گسسته^۲ است که از دو بخش سنگ دانه ای درشت و ملات پر قیر (مخلوط قیر، فیلر و افزودنی های تثبیت کننده^۳ شامل الیاف سلولزی و یا معدنی) تشکیل می شود. این مخلوط آسفالتی باید ساختار سنگدانه ای درشت با تماس درشت دانه به درشت دانه داشته باشد. در این آسفالت، درشت دانه ها به مصالح مانده روی الک ۴.۷۵ میلی متر اطلاق می شود، ضمن آن که از الک ۲.۳۶ میلی متر نیز می توان برای این منظور استفاده کرد. شکل ۱ نمایشی از مخلوط آسفالت ماستیک درشت دانه را نشان می دهد.



شکل شماره ۱. نمایشی از مخلوط آسفالت ماستیک درشت دانه

۶- مخلوط های آسفالتی ماستیک درشت دانه

افزایش عمر رویه های آسفالتی، اجرای رویه آسفالتی مقاوم در برابر آمد و شد زیاد، بار محوری سنگین و اغییرات دما و فراهم نمودن رویه ای غیر لغزنده، همراه با تامین جریان حرکتی مطمئن، مورد توجه دست اندازکاران صنعت راهسازی می باشد. از طرف دیگر ساخت رویه های آسفالتی مقاوم در برابر تغییر سنگین حائز اهمیت است. اجرای رویه های آسفالتی گرم با دانه بندی پیوسته در راه های با آمد و شد زیاد و بار محور سنگین، به ویژه در مناطق گرمسیری، گاهی خرابی هایی نظیر گودی چرخ و قیرزدگی را به دنبال دارد. این خرابی ها مسلزم اجرای عملیات تعمیر و بهسازی در فواصل زمانی نسبتاً کوتاه پس از بهره برداری است که هزینه زیادی را در بر خواهد داشت (شفیعی و همکاران ۱۳۹۵). در استفاده از SMA به عنوان یک لایه آسفالتی، مزایای زیر قابل برشماری است:

- دوام بالا
- نفوذپذیری پایین
- آلودگی صوتی ترافیک کم
- مقاومت بالا در برابر ترک های انعکاسی
- مقاومت بالا در برابر شیار افتادگی

از آسفالت ماستیک درشت دانه عمدتاً به عنوان قشر رویه در مناطق گرمسیر و راه های با آمد و شد زیاد و بار محوری سنگین استفاده می شود. این آسفالت به دلیل استفاده از مصالح سنگین صد در صد شکسته و مرغوب، مصرف نسبتاً زیاد سنگ دانه های بزرگ تر از ۴.۷۵ میلی متر در مقایسه با دانه بندی های پیوسته، با ساختار تماس سنگ دانه های درشت به یکدیگر که عامل افزایش استحکام و مقاومت آسفالت در مقابل شیار افتادگی و تغییر شکل دائم می شود و مصرف نسبتاً زیاد قیر، از پایداری و دوام زیادتری نیز برخوردار می باشد. آسفالت ماستیک درشت دانه، موجب زهکشی آب های سطحی، کاهش پاشش آب ناشی از ایستایی، افزایش ضریب اصطکاک و مقاومت لغزشی رویه راه می شود. به طور کلی می توان مهم ترین مزایای این محصول را موارد زیر برشمرد:

- مقاومت بالا در برابر شیار افتادگی
- مقاومت بالا در برابر ترک خوردگی

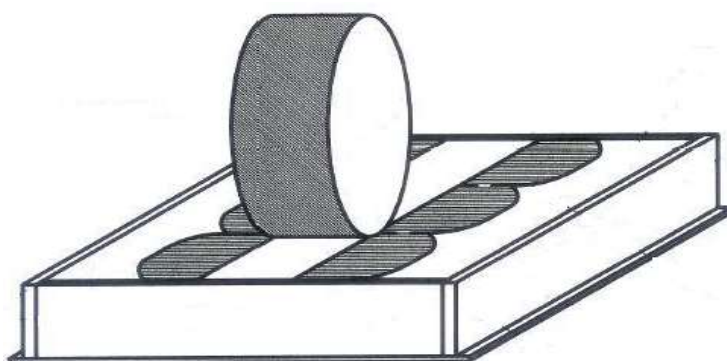
- مقاومت مناسب در برابر سرخوردگی
- آلودگی صوتی سطحی پایین
- سطح پایانی با کیفیت مطلوب
- دوام بالا
- مقاومت در برابر خوردگی و پوسیده شدگی (جدا شدگی)
- بدون حساسیت نسبت به آب

۷- آزمایش ویل تراک

آزمایش شیارشدگی ویل تراک برای تعیین مقاومت مخلوط های آسفالتی در برابر تغییر شکل های ماندگار در دمای بحرانی و تحت بارگذاری شبیه به آنچه که در جاده ها به سطح روسازی وارد می شود، بکار می رود. این آزمایش هم می تواند بر روی مغزه های استوانه ای گرفته شده از آسفالت جاده ها و هم دال آسفالتی ساخته شده در آزمایشگاه صورت پذیرد. آزمایش شیارشدگی ویل تراک با حرکت رفت و برگشت چرخ بارگذاری شده روی نمونه آسفالتی به تعیین پتانسیل شیارشدگی روسازی های آسفالتی میپردازد. این کار با اندازه گیری عمق شیار ایجاد شده در نمونه در امتداد حرکت چرخ دستگاه بوسیله شیارسنج هایی در فواصل زمانی مشخص صورت می پذیرد. شیارسنج های مورد نظر باید دقت کافی در حد $0/1$ میلیمتر داشته باشند. حداکثر عمق شیار قابل اندازه گیری بوسیله دستگاه ویل تراک ۲۰ میلی متر بوده و پس از آن دستگاه خاموش می گردد. مراحل انجام این آزمایش بر طبق دستورالعمل استاندارد بریتانیا می باشد. ابعاد مقطع قابل قبول برای ساخت نمونه های آسفالتی برای ساخت نمونه ها بصورت ۳۰۰ در ۳۰۰ میلی متر بوده که معمول ترین حالت آن می باشد. همچنین ضخامت قابل قبول نیز برای نمونه های ساخته شده در آزمایشگاه بصورت ۷۵-۵۰ میلیمتر می باشد. در این تحقیق از نمونه های با ابعاد $50 \times 300 \times 300$ میلیمتر استفاده گردیده است. برای انجام آزمایش باید نمونه را داخل ماشین اثر چرخ قرار داده و پس از انجام تنظیمات لازم از طریق نرم افزار موجود در رایانه متصل به دستگاه آزمایش را آغاز کنیم. طبق استاندارد بار وارد به نمونه از طریق چرخ دستگاه باید ۷۱۰ نیوتون بوده اما این مقدار قابل تغییر می باشد. دماهایی که در آن این آزمایش قابل اندازه گیری است در محدوده ۳۰ تا ۷۰ درجه سانتی گراد می باشد. در شکل ۳-۴ نمایی شماتیک از نحوه انجام آزمایش ویل تراک نشان داده شده است. در این تحقیق آزمایش ویل تراک در دماهای ۴۰ و ۵۰ و ۶۰ درجه سانتی گراد صورت گرفته و بار وارده نیز معادل ۵۰۰ و ۷۰۰ نیوتون می باشد.



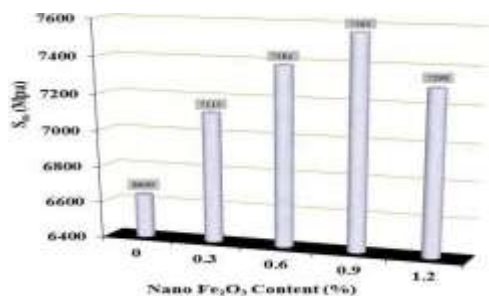
شکل شماره ۲. نمایی از دستگاه ویل تراک برای شیار شدگی را مشاهده می نمایید.



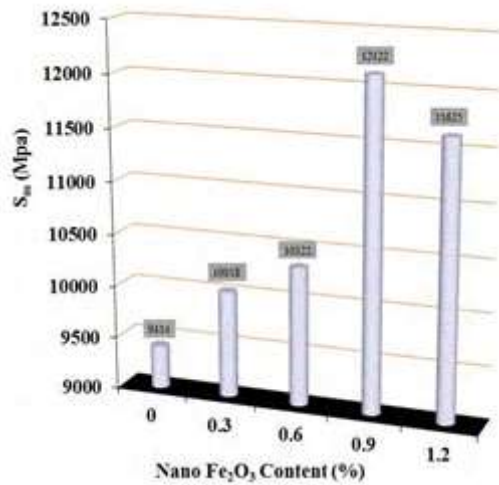
شکل شماره ۳. نمایی شماتیک از نحوه انجام آزمایش ویل تراک

۸- تاثیر نانو اکسید آهن بر آسفالت دانه درشت

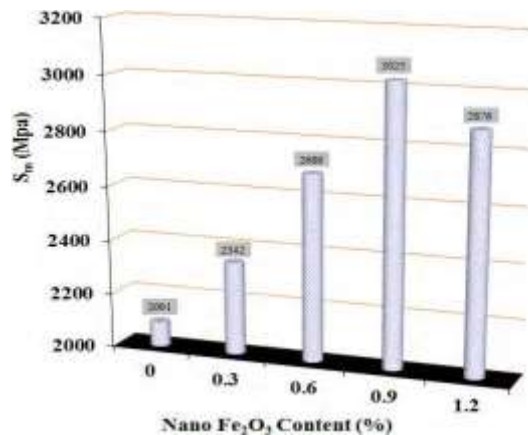
۸-۱- نتایج آزمایش مدول سفتی به روش کشش غیر مستقیم: تاثیر درصد های مختلف نانو اکسید آهن را بر روی مدول سفتی نمونه های SMA در دمای ۵ درجه سانتی گراد نشان می دهد. روند افزایشی مدول برجهنگی تا ۰.۹٪ نانو اکسید آهن به خوبی در این شکل به چشم آمده بگونه ای که میزان افزایش در درصد نانوی ۰.۹٪ نسبت به نمونه کنترل به مقدار ۲۸٪ می باشد. می توان انتظار داشت که این افزایش، سختی مخلوط های آسفالتی را افزایش داده و احتمال وقوع خرابی در آنها را تا حد زیادی کاهش دهد.



شکل شماره ۴. مدول سفتی نمونه آسفالتی نانو آهن اکسید در دمای ۱۵ درجه سانتی گراد



شکل شماره ۵. مدول سفتی نمونه آسفالتی نانو آهن اکسید در دمای ۵ درجه سانتی گراد



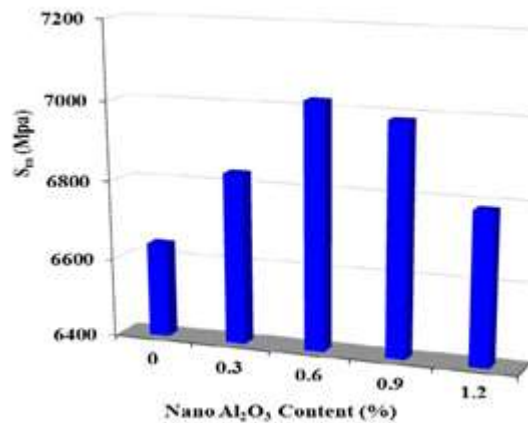
شکل شماره ۶. مدول سفتی نمونه آسفالتی نانو آهن اکسید در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد

بخشی دیگر از نتایج آزمایش مدول سفتی در قالب تغییر شکل نهایی برگشت پذیر نمونه ها ارائه می گردد لازم به ذکر است که کمتر بودن این پارامتر به معنای بیشتر بودن سختی مخلوط و کاهش وقوع خرابی ها در حین استفاده از آن می باشد. همانطور که نتایج نشان می دهد نمونه های حاوی ۰.۹٪ نانو اکسید آهن کمترین مقدار تغییر شکل نهایی را داشته و در نتیجه نمونه های سخت تری در مقابله با وقوع خرابی ها می باشند. میزان کمتر بودن کرنش نهایی نمونه های حاوی ۰.۹٪ نانو اکسید آهن نسبت به نمونه های کنترل در دماهای مختلف بین ۱۰ تا ۲۰ درصد متغیر می باشد. نکته حائز اهمیت در نتایج آزمایش مدول برجهندگی آن است که می توان با استفاده از قیر اصلاح شده با ۰.۹٪ نانو اکسید آهن در ساخت مخلوط های آسفالت ماستیک درشت دانه ضخامت مخلوط های آسفالتی را کاهش، میزان وقوع خرابی در آن را کاهش، نیاز به بازسازی روسازی را کاهش و زمان وقوع اولین خرابی را به تاخیر انداخت. نتایج نشان می دهد که افزایش عمق شیار در تمامی حالتها با نرخ معمول در حال افزایش می باشد، هرچند که شیب افزایش در نمونه های کنترل بیشتر از نمونه های اصلاح شده می باشد. کمتر بودن این شیب در نمونه های اصلاح شده به این معناست که نرخ افزایش عمق شیار در آنها کمتر بوده و تغییر

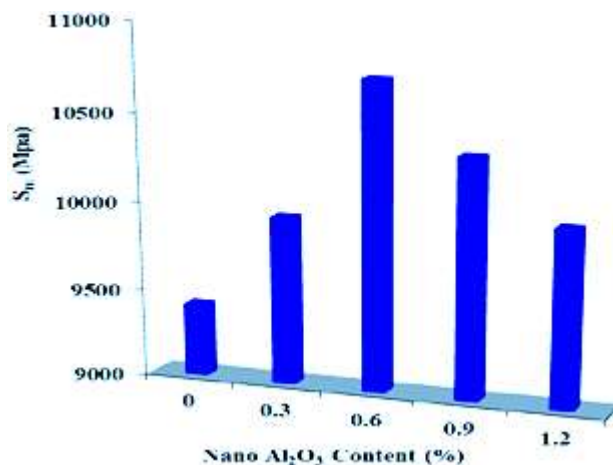
شکل های ماندگار در آنها با تاخیر بیشتر و مقدار کمتری رخ می دهد. بنابر این می توان گفت استفاده از نانو آلومینیوم می توان به بهبود آسفالت های دانه درشت کمک کند.

۹- تاثیر نانو اکسید آلومینیوم بر آسفالت دانه درشت:

مصالح مورد استفاده در این تحقیق شامل مصالح سنگی، قیر ۷۰-۶۰، الیاف و نانو اکسید آلومینیوم می باشد. دانه بندی مصالح مورد استفاده شن متوسط، شن ریز، ماسه و فیلر می باشد. نتایج مدل سفتی مخلوط آسفالتی SMA در دمای ۱۵/۵ و ۲۵ درجه سانتی گراد به ازای درصد های مختلف نانو اکسید آلومینیوم نشان میدهد با افزایش درصد مختاف نانو اکسید آلومینیوم به مخلوط، سفتی مخلوط خا افزایش یافته و در نتیجه مدل سفتی مخلوط ها نیز بهبود می یابد. در این افزایش تا افزودن ۰/۶ درصد نانو اکسید آلومینیوم ادامه داشته و از آن پس مجددا سفتی در ۱/۲ درصد نانو کماکان به مقدار قابل ملاحظه ای بیش از مقدار مدول نمونه کنترل (بدون افزودنی) می باشد.



شکل شماره ۷. مدل سفتی SMA بر حسب درصد نانو آلومینیوم در دمای ۱۵ درجه سانتی گراد

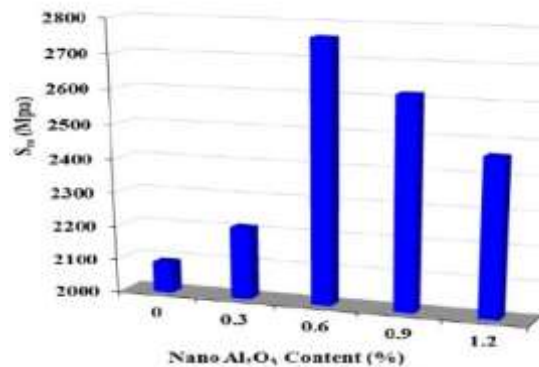


شکل شماره ۸. مدل سفتی SMA بر حسب درصد نانو اکسید آلومینیوم در دمای ۱۵ درجه سانتی گراد

همانطور که نتایج آزمایش مدول سفتی به روش کشش غیر مستقیم نشان می دهد، افزودن ۰/۶ درصد نانو اکسید آلومینیوم به

قیر اصلاح شده در ساخت مخلوط های آسفالتی SAM توانسته است بهترین نتایج را به همراه داشته باشد. دلیل عملکرد مناسب مخلوط آسفالتی بر اثر افزودن نانو اکسید آلومینیوم را می توان در نحوه افزودن نانو مواد جستجو نمود. در این تحقیق نانو اکسید آلومینیوم به قیر مورد استفاده افزودن شده است. توده های نانو اکسید آلومینیوم بر اثر نیروی برشی قوی که دستگاه همزن برش بالا ایجاد می نماید، بین ذرات قیر قرار گرفته و با توجه به نسبت سطح به حجم بالای نانو مواد، سبب تسلیح ذرات تشکیل دهنده قیر می شود، تسلیح ذرات قیر سبب ایجاد پیوند قوی تر بین آن ها و استحکام و چسبندگی بالاتر قیر مورد استفاده می گردد. از آنجایی که قیر عامل اصلی پیوند بین مصالح سنگی را در مخلوط های آسفالتی بر عهده دارد، در نتیجه قیر با قابلیت چسبندگی و استحکام بالاتر سبب تولید مخلوط های آسفالتی سفت تر و سخت تر می گردد.

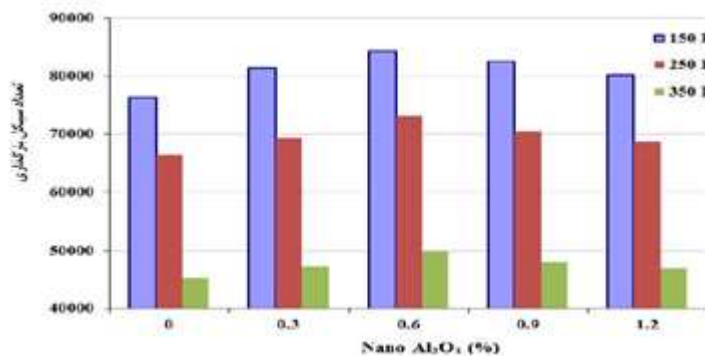
تمامی مسائل فوق پس از افزودن بیش از ۶/۰ درصد نانو اکسید آلومینیوم به قیر می تواند به گونه ای دیگر تفسیر گردد. یستر شدن توده های نانو مواد بین ذرات قیر سبب جدایی بیش از اندازه ذرات تشکیل دهنده قیر گردیده و در این حالت نانو مواد وظیفه اصلی خود را که مسلح سازی می باشد نداشته بلکه در این حالت آن ها به عنوان درصد از ذرات قیر در حال فعالیت می باشند که همین عامل می تواند به عنوان نکته منفی سبب کاهش مدول سفتی مخلوط های آسفالتی SMA گردد.



شکل شماره ۹. مدول سفتی نمونه SMA بر حسب درصد آلومینیوم در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد

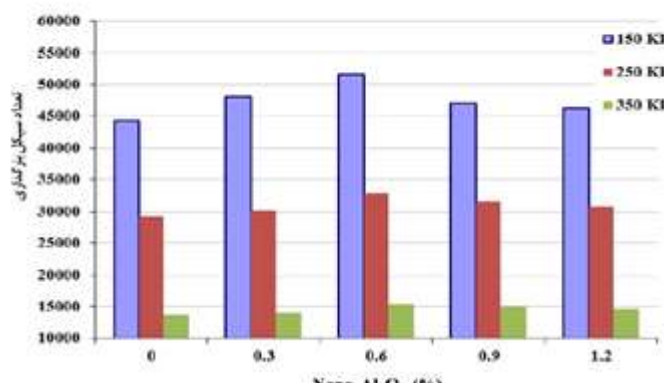
۹-۱- آزمون خستگی به روش غیر مستقیم

مشاهده می شود عمر خستگی مخلوط های آسفالتی ماستیک درشت دانه به ازای درصد های مختلف نانو اکسید آلومینیوم در دمای مختلف می باشد. آزمون خستگی در سه دمای ۵، ۱۵، ۲۵ درجه سانتی گراد و در سه نش ۱۵۰، ۲۵۰، ۳۵۰ کیلو پاسکال صورت پذیرفته است تا از طریق نتایج آن ها به مقایسه تاثیر درصد های مختلف نانو اکسید آلومینیوم بر عمر خستگی مخلوط آسفالتی SMA در دماها و تنش های مختلف پرداخته شود. تعداد سیکل بارگذاری قابل تحمل نمونه های SMA در دمای تنش های کمتر، بیشتر می باشد.

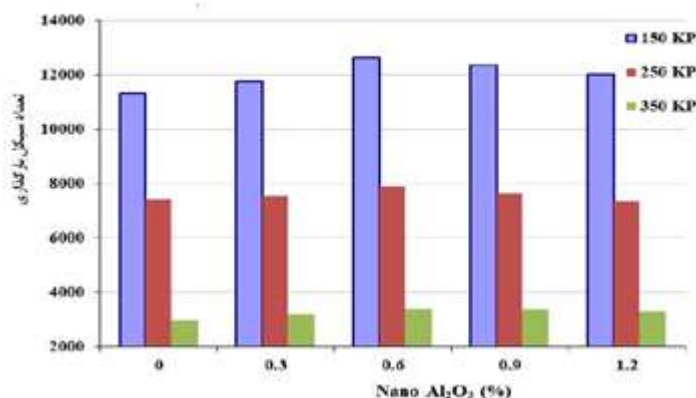


شکل شماره ۱۰. عمر خستگی نمونه SMA بر حسب درصد نانو اکسید آلومینیوم در دمای ۵ درجه سانتی گراد

گردی و شتابش



شکل شماره ۱۱. عمر خستگی نمونه SMA بر حسب درصد نانو اکسید آلومینیوم در دمای ۱۵ درجه سانتی گراد



شکل شماره ۱۲. عمر خستگی نمونه SMA بر حسب درصد نانو اکسید آلومینیوم در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد

نتایج این بخش استفاده از نانو اکسید آلومینیوم را بدین منظور پیشنهاد می دهد. نتایج نشان میدهد که استفاده از ۶/۰ درصد نانو اکسید آلومینیوم در تمامی دماها و تنش ها بیشترین تعداد سیکل قابل تحمل را برای مخلوط SMA، به همراه می آورد.

نتایج حاصل از بررسی شیارشدگی آهن در مقابل نانو اکسید آلومینیوم در برابر عملکرد آسفالت ماستیک درشت دانه

- نکته حائز اهمیت تاثیر بیشتر نانو اکسید آهن بر مدول سفتی مخلوط های آسفالت ماستیک درشت دانه در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد (دمای بالاتر) می باشد. نتایج نشان می دهد که در دماها و نیروهای بارگذاری مختلف، مقدار عمق شیار نمونه های آسفالتی حاوی ۰.۹٪ نانو اکسید آهن به میزان حدود ۲۵ تا ۴۰٪ کمتر از میزان عمق شیار نمونه های کنترل می باشد. در نتیجه می توان بیان داشت که افزودن نانو اکسید آهن به مخلوط های آسفالتی بطور متوسط سبب بهبود به میزان ۳۳٪ در عمق شیار می گردد.

- مدول سفتی و خستگی دو مورد از مهمترین پارامترهای عملکردی مخلوط های آسفالتی می باشد که بر طراحی روسازی و همچنین عملکرد آن تحت بارهای دینامیک تاثیرات چشمگیری دارند. در نتیجه بهبود یافتن آن ها می تواند عملکرد بهتری را برای روسازی راه از نظر ایمنی و اقتصادی به همراه آورد. در این تحقیق بهبود یافتن آن ها می تواند عملکرد بهتری را برای روسازی راه از نظر ایمنی و اقتصادی به همراه آورد.
- استفاده از مخلوط های آسفالت ماستیک درشت دانه (SMA) و کاربرد نانو اکسید آلومینیوم در آن ها به منظور بهبود دو پارامتر فوق مورد استفاده قرار گرفته است. بررسی تاثیر درصدهای مختلف نانو اکسید آلومینیوم بر دو پارامتر سفتی و خستگی مخلوط های آسفالت SMA به وسیله نتایج دو آزمایش مدول سفتی و خستگی به روش کشش غیر مستقیم به صورت پذیرفته است.
- عمده نتایج حاصل از این تحقیق عبارتند از: ۱- با افزودن درصد های مختلف نانو اکسید آلو مینیوم به مخلوط های آسفالتی SMA، سفتی مخلوط ها افزایش یافته و در نتیجه مدول سفتی مخلوط ها نیز بهبود یافته است. افزایش مدول سفتی مخلوط های آلومینیوم آسفالت SMA تا افزودن ۰/۶ درصد نانو اکسید آلومینیوم اداه داشته و از آن پس مجددا سفتس مخلوط ها دچار کاهش می گردد، هر چند که مقدار مدول سفتی در ۱/۲ درصد نانو کماکان به مقدار قابل ملاحظه ای بیش از مقدار مدول نمونه های کنترل می باشد.
- با توجه به اینکه مدول سفتی مخلوط های آسفالتی از اصلی ترین پارامترهای طراحی روسازی راه می باشد، می توان نتیجه گرفت که با وجود اینکه افزودن ۰/۶ درصد نانو اکسید آلومینیوم شاید هزینه ساخت اولیه را تا حدود افزایش دهد، اما ضخامت روسازی مورد نیاز به علت افزایش ۳۰ درصدی مدول سفتی به مقدار قابل توجهی کاهش می یابد. ضمن این که با افزایش سفتی مخلوط آسفالتی، وقوع بسیاری از خرابی ها، همچون خستگی به تاخیر افتاده و از شدت آن ها کم می گردد. استفاده از ۰/۶ درصد نانو اکسید آلومینیوم در تمامی دماها و تنش ها بیشترین تعداد سیکل قابل تحمل را برای مخلوط SMA به همراه می آورد.
- بنابراین در نتایج آخرین بحث می توان گفت با مقایسه نانو آلومینیوم بر مدول سفتی و خستگی مخلوط ها ی آسفالت ماستیک درشت دانه با سایر افزودنی ها به این نتیجه می رسیم که می توان از نانو اکسید آلومینیوم به عنوان یک افزودنی مناسب در جهت بهبود مدول سفتی مخلوط های آسفالت ماستیک درشت دانه و بهبود عملکرد آن در برابر پدیده خستگی استفاده کرد.

منابع

۱. طاهر خانی، حسن، شفیعی ماتک، میثم و امینی، حسین، ۱۳۹۲: بررسی تاثیر افزودن نانورس اصلاح شده به قیر بر روی مقاومت در برابر پدیده شیارشدگی به کمک آزمایش DSR هفتمین کنگره ملی مهندسی عمران زاهدان.
۲. فرامرزی، مسعود و معصومی راد، عباس، ۱۳۹۳: پیش بینی عمر خستگی مخلوط آسفالتی گرم اصلاح شده با نانو لوله های کربنی ششمین همایش ملی قیر و آسفالت ایران.
۳. مقدس نژاد، فریدون، ۱۳۹۳، تاثیر نانو ذرات در مقاومت بتن آسفالتی در برابر بارهای خزشی دینامیکی ششمین همایش ملی قیر و آسفالت ایران.
4. Pinto, S. Estudo do Comportamento à Fadiga de Misturas Betuminosas e Aplicação na Avaliação Estrutural de Pavimentos. Tese de Doutorado, 1991
5. Ghaffarpour Jahromi, S. and Khodaii, A. 2009. "Effect of nanoclay on rheological properties of bitumen binder". Constr. Build. Mater, 23: 2894-2904.
6. Khattak, M. J, Khattab, A, Rizvi, H. R. and Zhang, P. F. 2012. "The impact of carbon nano-fiber modification on asphalt binder rheology". Constr. Build. Mater, 30: 257-264.

7. Shafabakhsh, Gh, Sadeghnejad, M. and Chelovian, A. 2015. "Experimental study on creep behavior of stone mastic asphalt by using of nano Al₂O₃". Int. J. Sci. Eng. Res, 6(10): 903-911.
8. Daniel, J. S. & Kim, Y. R. 2002. "Development of a Simplified Fatigue Test and Analysis Procedure using a Viscoelastic, Continuum Damage Model". Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists.
9. ASTM D 4123, Annual book of ASTM standards, Road and paving materials.

Estimation of Nano Iron Oxide Tracking against Nano Oxide Aluminum Tracking by Wheel-Track Machine in Coarse Grain Mastic Asphalt Performance

Sajjad Kafashzadeh ¹, Amir Hossein Rafiee Fanood ^{2*}, Morteza Sabzevarizadeh ³

¹ Professor of Civil Engineering, Islamic Azad University, Birjand Branch, Iran.

² Bachelor of Civil Engineering, Islamic Azad University, Birjand Branch, Iran.

³ Bachelor of Civil Engineering, Islamic Azad University, Birjand Branch, Iran.

Abstract

The overall performance of asphalt mixes is largely dependent on the physical properties of their components and how they are distributed in the mixture. Their microstructure has a very important role in their function, the idea of using different additives to bitumen in order to modify its properties has already been considered by experts, and various additives have been added depending on the behavior that has been taken from bitumen. Therefore, nano-material technology is also the newest additive, which is used with many abilities as an additive to modify mixed behavior. So far, a lot of research has been done to improve the behavior of asphalt mixes. Therefore, in the present paper, we have studied the iron tracking against aluminum nano-oxide for the performance of coarse-grained mastic asphalt, so we can state their impact on each other and to the rate of stiffness and hardness of the coarse-grained mastic asphalt. Therefore, by comparing nano-aluminum on the modulus of stiffness and fatigue of coarse-grained mastic asphalt mixtures with other additives, we can conclude that aluminum nano-oxide can be used as an additive to improve the stiffness modulus of Coarse grains mastic asphalt mixtures and improve its performance against fatigue. The methodology of the research was conducted through field, library, and laboratory methods according to the data analysis.

Keywords: Iron Nano Oxide – Nano-Alumina Oxide - Coarse Gravel Asphalt - Tracking - Modulus of Rigidity
