

ارزیابی بهبود مقاومت خزشی مخلوط‌های آسفالتی با استخوان‌بندی سنگدانه‌ای با استفاده از پلیمرهای الاستومر - ترموپلاستیک و اختلاط پلیمر با مخلوط آسفالتی

حسن زیاری، استاد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
رضا ایمانی نسب*، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
حامد خانی سانچ، استادیار، گروه عمران، دانشکده فنی - مهندسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

پست الکترونیکی نویسنده مسئول: Imany_reza@civileng.iust.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۴/۰۵/۰۶ - پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۱۵

چکیده

امروزه در دنیا از مخلوط‌های آسفالتی با استخوان‌بندی سنگدانه‌ای برای مقابله با شیارشدگی استفاده می‌شود. بخش درشت دانه‌ی این نوع مخلوط با برقراری تماس سنگدانه‌ای بار محورها را تحمل می‌کند و آن را به لایه‌ی زیرین انتقال می‌دهد. قسمت ریزدانه، فیلر، قیر و افزودنی‌ها (الیاف و پلیمر) در مخلوط نقش پرکننده‌ی فضای خالی درشت‌دانه را ایفاء می‌کند. در این میان قیر وظیفه‌ی در کنار هم نگه داشتن سنگدانه‌های درشت را نیز دارد و چون قیر خالص به تنهایی قادر به انجام این کار نیست، استفاده از افزودنی‌ها ضرورت می‌یابد. افزودنی‌ها به دو دسته‌ی الیاف و پلیمر تقسیم می‌شوند. در این تحقیق به منظور جلوگیری از ریزش قیر در حین ساخت از الیاف سلولزی استفاده شده است. به کارگیری پلیمرهای الاستومر-ترموپلاستیک موجب افزایش مقاومت شیارشدگی در دماهای بالا می‌شود. خاصیت الاستومری موجب بازگشت پذیر شدن تغییرشکل‌ها و خاصیت ترموپلاستیک موجب افزایش درجه‌ی عملکردی قیر می‌شود. به منظور بهبود مقاومت شیارشدگی، کوپلیمرهای پلی‌اتیلن در درصدهای ۳، ۵، ۷ و کوپلیمرهای اتیلن-وانیل-استات در ۴، ۸، ۱۲ درصد استفاده شدند. این پلیمرها را می‌توان در حین ساخت به مخلوط اضافه کرد. این روش اختلاط پلیمر در مخلوط‌های آسفالتی در ایران رایج است و در این پژوهش به کار گرفته شده است. برای مقایسه، آزمایش خزش دینامیکی نامحصور بر روی نمونه‌های شاهد و اصلاح شده انجام شد. با انتخاب دمای ۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به عنوان دمای انجام آزمایش خزش و سطح تنش ۴۵۰ KPa به عنوان تنش انحرافی، ضمن ارزیابی مخلوط‌ها در دمای بالا، شرایط بارگذاری محورهای سنگین نیز شبیه سازی شده است. مقایسه‌ی نتایج مشخص کرد که چنانچه پلی‌اتیلن به صورت مستقیم به مخلوط در حین ساخت اضافه شود، بهبودی در مقاومت شیارشدگی حاصل نمی‌شود. مقایسه‌ی نتایج خزش دینامیکی مخلوط‌های اصلاح شده با استایرن-بوتادین-استایرن و اتیلن-وانیل-استات نیز مشخص کرد که اتیلن-وانیل-استات در درصدهای ۸ و ۱۲ مقاومت شیارشدگی‌ای برابر برابر ۴ و ۶ درصد استایرن-بوتادین-استایرن دارد.

واژگان کلیدی: مخلوط آسفالتی با استخوان‌بندی سنگدانه‌ای، پلیمرهای الاستومر - ترموپلاستیک، اختلاط با مخلوط آسفالتی، آزمایش خزش دینامیکی

۱- مقدمه

خالی بین آنها به کمک مخلوط قیر با ریزدانه، فیلر و افزودنی‌ها^۱ (پلیمر یا فیبر) موسوم به ماستیک پر می‌شود. این مخلوط برای

مخلوط‌های با استخوان‌بندی سنگدانه‌ای^۱ (SMA) از جمله مخلوط‌های درشت‌دانه با دانه‌بندی گسسته^۲ می‌باشند که فضای

۲۰۰ پرداخت.

تراکم نمونه‌های SMA به کمک ماشین تست ژیراتوری انجمن مهندسين ارتش آمریکا (COE GTM) و معادل ۵۰ ضربه‌ی چکش مارشال انجام پذیرفت. تحقیق او نشان داد مخلوط‌های آسفالتی با استخوان‌بندی سنگدانه‌ای در آزمون خزش محصور شده و آزمون تنش برشی درجه عملکرد بهتری نسبت به مخلوط‌های آسفالتی با دانه‌بندی پیوسته دارند. آزمون‌های گفته شده معیاری برای مقاومت شیارشدگی مخلوط‌های آسفالتی هستند. (Brown, 1991)

براون^۹ و مانگلورکار^{۱۰} دو نوع رایج از سنگدانه‌ها شامل گرانیت با مقدار سایش لس آنجلس ۳۵٪ و سیلیس با مقدار سایش لس آنجلس ۶۶.۵٪ را به کار گرفتند. سه نوع فیبر شامل دو فیبر سلولوزی آمریکایی و یک فیبر معدنی اروپایی در تحقیق آنها استفاده شد.

نتیجه‌ی این پژوهش این بود که تنها بعضی از تست‌ها شامل برش ژیراتوری، خزش محصور شده و تغییر شکل‌های ماندگار بوسیله‌ی خزش دینامیکی قادر به پیش‌بینی عملکرد مخلوط‌های SMA هستند (Brown, and Manglorka, 1993).

خزش دینامیکی تحت شرایط نامحصور دارای پیشینه و استانداردهای پذیرفته شده‌ای برای ارتباط با عمق شیار میدانی است و از این رو نسبت به خزش استاتیکی ارجحیت دارد (Xie, 2006).

زیاری و ایزدی با انجام آزمایش خزش دینامیکی نامحصور بر روی نمونه‌های SMA نشان دادند که این مخلوط‌ها به طرز چشمگیری عدد روانی^{۱۱} کمتری نسبت به مخلوط‌های آسفالتی دارای دانه‌بندی پیوسته دارند و در نتیجه می‌توان گفت مقاومت شیارشدگی کمتری دارند. آن‌ها از دانه‌بندی شماره ۴ و ۵ آیین نامه‌ی روسازی راه‌های ایران و حد بالا و وسط حدود دانه‌بندی SMA استفاده کردند.

نتایج در شکل ۱ نشان داده شده است که خلاف نتایج واقعی می‌باشد. علت این امر اینگونه استنباط شد که قیر به عنوان ماده‌ی چسباننده‌ی سنگدانه‌ها، مقاومت کافی برای بی حرکت نگه داشتن دانه‌های درشت را نداشته و با توجه به اتصال سنگدانه‌ای در مقاومت خزشی مخلوط‌های SMA، قیر خالص مصرفی قادر به این کار نیست و باید از مواد افزودنی قیر به منظور افزایش مقاومت چسبندگی بهره برد تا از حداکثر ظرفیت اتصال سنگدانه‌ای استفاده شود (زیاری، ایزدی و نصرالله تبارآهنگر، ۱۳۸۷).

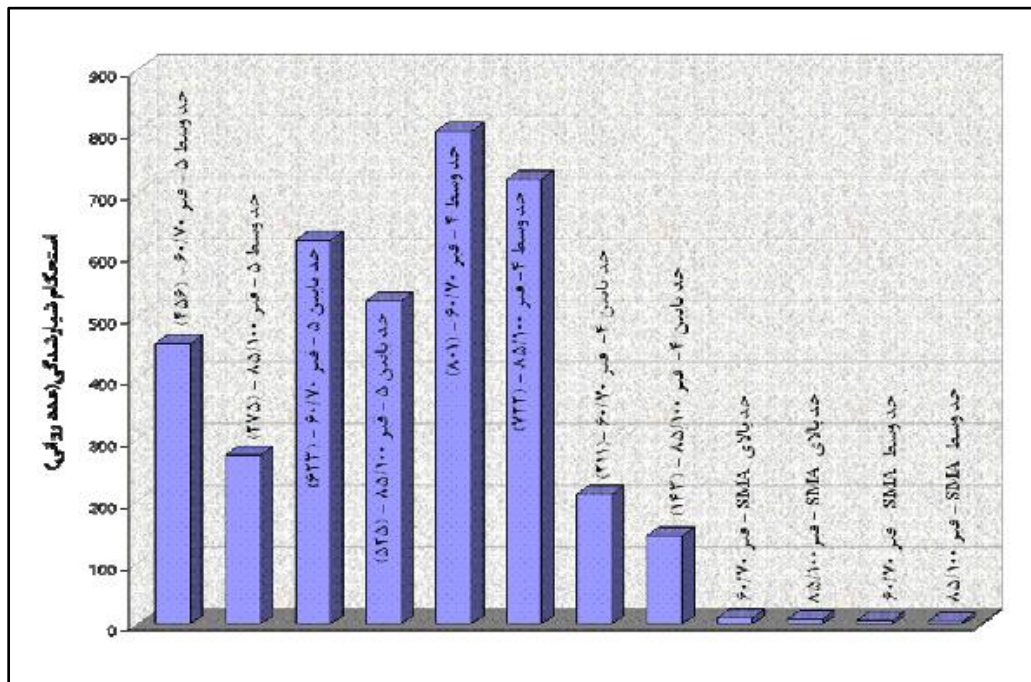
اولین بار در دهه‌ی ۱۹۶۰ به منظور جلوگیری از اثر تخریبی لاستیک‌های مرصع^{۱۲} در آلمان مورد استفاده قرار گرفت که بعدها به دلیل مقاومت بالایش در برابر شیارشدگی، در کشورهای چون سوئد بکار گرفته شد. این مخلوط در سال ۱۹۹۱ و پس از انجام تحقیقات مقدماتی در اروپا، وارد آمریکا شد.

مقاومت بالای مخلوط‌های آسفالتی با استخوان‌بندی سنگدانه‌ای به سبب وجود شبکه‌ی درشت‌دانه و برقراری تماس سنگدانه‌ای^{۱۳} در تحمل و انتقال بار است. نکته‌ی حائز اهمیت، پتانسیل ریزش و جدایش ماستیک از شبکه‌ی درشت دانه در حین ساخت و بهره‌برداری است که استفاده از افزودنی‌ها را امری واجب کرده است. (مختاری، ۱۳۹۰) پلیمرهای الاستومر-ترموپلاستیک به عنوان اصلی‌ترین دسته‌ی پلیمرهایی مورد استفاده در مخلوط‌های SMA شناخته می‌شوند. این پلیمرها موجب بازگشت پذیرتر شدن تغییر شکل‌ها شده و ساخت مناسب مخلوط‌های SMA را میسر می‌سازند.

در این تحقیق به تاثیر پلیمرهای الاستومر-ترموپلاستیک در افزایش مقاومت خزشی مخلوط‌های آسفالتی با استخوان‌بندی سنگدانه‌ای به عنوان رسالت اصلی این نوع مخلوط آسفالتی پرداخته می‌شود. در این راستا از دو پلیمر با نام‌های تجاری لوکوبیت^{۱۴} 1210A و رثوفالت^{۱۵} WKR-2 که دارای کوپلیمرهای اتیلن-وانیل-استات و پلی‌اتیلن هستند، استفاده شده است. این دو پلیمر به صورت مخلوط در حین ساخت^{۱۶} (PMA) به کار گرفته شد. این روش اختلاط امری رایج جهت استفاده از پلیمرها در ایران است و توسط سازندگان این پلیمرها نیز توصیه شده است (Product Data Sheet Lucobit 1210A, 2012). لازم به ذکر است که این روش اختلاط علیرغم گستردگی به کارگیری در کارخانجات ایران، تاکنون مورد ارزیابی قرار نگرفته است که در اینجا به آن پرداخته می‌شود.

۲- روش‌های ارزیابی مقاومت شیارشدگی مخلوط‌های آسفالتی با استخوان‌بندی سنگدانه‌ای

در سال ۱۹۹۱ براون به ارزیابی خصوصیات مخلوط‌های آسفالتی با استخوان‌بندی سنگدانه‌ای در برابر نسبت مختلف اجزای تشکیل دهنده‌ی آن، شامل فیبر سلولزی، درصد قیر، درصد عبوری از الک نم‌ی ۴ و درصد عبوری از الک نم‌ی



شکل ۱. نمودارهای مقایسه‌ی استحکام فشارشدگی مخلوط‌های مختلف با دو نوع قیر ۶۰/۷۰ و ۸۵/۱۰۰ (زیاری، ایزدی و آهنگر، ۱۳۸۷)

$$M_c = \frac{\sigma_d}{\varepsilon(t)} \quad (2)$$

M_r = مدول برجهندگی

σ_d = تنش انحرافی

ε_r = کرنش بازگشت پذیر در پایان هر سیکل

M_c = مدول خزشی

$\varepsilon(t)$ = مجموع کرنش‌ها شامل کرنش الاستیک، پلاستیک،

ویسکوالاستیک و ویسکوپلاستیک از آغاز تا پایان سیکل مورد نظر.

مدول برجهندگی نمایانگر مقاومت مخلوط در برابر تغییر شکل‌های بازگشت پذیر و مدول خزشی نمایانگر مقاومت در برابر تغییر شکل دائمی می‌باشد. شکل ۲ یک پالس بارگذاری و باربرداری به همراه تغییر شکل‌های یک نمونه را بر طبق آیین نامه استرالیا AS 2891.12.1 با ۵۰۰ میلی ثانیه بارگذاری و ۱۵۰۰ میلی ثانیه استراحت نشان می‌دهد.

انواع تغییر شکل‌های دائمی در آزمون خزش عبارتند از:

۱. تغییر شکل تراکمی که حاصل در هم فشردن و نزدیکتر شدن اجزاء مخلوط به هم می‌باشد و مستلزم کاهش حجم نمونه است.

۲. تغییر شکل پلاستیک که ناشی از تنش برشی بوده و در

از جمله مواد افزودنی رایج می‌توان به پلی‌اتیلن، کوپلیمرهای انتقافی یا بلوکی استایرن-بوتادین-استایرن، بلوک کوپلیمرهای هیدروژنه شده استایرن-بوتادین، کوپلیمرهای اتیلن-وانیل-استات^{۱۲} (EVA)، پلی‌پروپیلن^{۱۳}، نپرن^{۱۴} و غیره اشاره کرد که همه به عنوان اصلاح کننده‌های بهبود بخش عملکرد قیر، مورد بررسی قرار گرفته‌اند (Kalyoncuoglu, and Tigdemir, 2010).

باید توجه داشت که شرایط نامحسوس آزمایش خزش دینامیکی تنها برای تغییر شکل‌های دائمی نمونه‌های SMA به منظور بررسی و مقایسه‌ی ماستیک و قدرت چسبندگی آن است. لذا استفاده از این آزمایش به منظور مقایسه‌ی قدرت چسبندگی قیرهای اصلاح شده با هم و قیر خالص درست و منطقی می‌باشد.

۳- آزمون خزش دینامیکی

نتایج مهم حاصل از آزمایش خزش علاوه بر نمودار کرنش تجمعی در برابر سیکل، نمودارهای مدول برجهندگی و مدول خزشی در مقابل سیکل بارگذاری نیز می‌باشد که دو مورد اخیر در هر سیکل به قرار زیر تعریف می‌شوند:

$$M_r = \frac{\sigma_d}{\varepsilon_r} \quad (1)$$

مقاومت بیشتر در برابر شیارشدگی می‌باشد.

اجزاء تشکیل دهنده‌ی این مخلوط شامل درشت‌دانه (مانده روی الک نمره ۴)، ریزدانه (رد شده از الک نمره ۴)، فیلر، قیر و افزودنی‌ها (فیبر و یا پلیمر) می‌شود. هر یک از این اجزاء باید دارای مشخصاتی براساس آیین‌نامه‌ی روسازی آسفالتی راه‌های ایران باشند که به آنها در جداول ۱ و ۲ اشاره می‌شود و مصالح استفاده شده در این تحقیق با آن مقایسه می‌گردد. مصالح سنگی به کار رفته، سنگدانه‌های سیلیسی بوده که از معادن شرق تهران (پاکدشت) تهیه شده است.

مصالح سنگی درشت‌دانه‌ی در مخلوط‌های آسفالتی باید مرغوبیت بالایی داشته باشند زیرا نقش اصلی در تحمل و انتقال بار برعهده دارند.

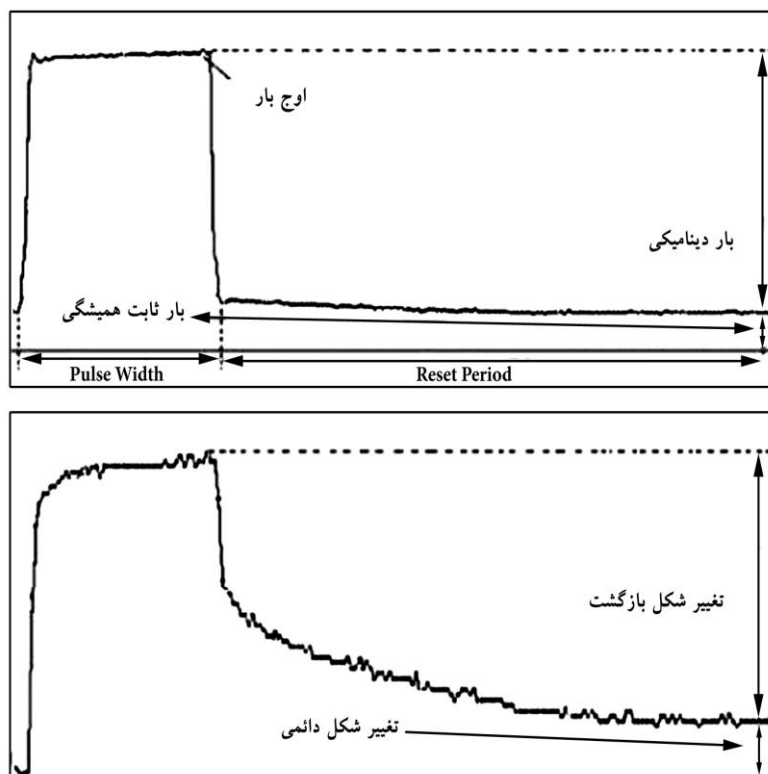
فیلر استفاده شده در اینجا از نوع فیلر معدنی بوده که از سنگ و شن شکسته و از فیلتر داربیر^{۱۵} کارخانه به دست آمده است. در مخلوط‌های آسفالتی SMA فیلر بین ۸ تا ۱۲ درصد وزن مصالح سنگی را تشکیل می‌دهد که این مقدار برای پر کردن فضای خالی و جذب قیر آزاد در فضای خالی به کار گرفته می‌شود.

صفحه‌ی برش صورت می‌پذیرد و تغییری در حجم نمونه به وجود نمی‌آورد.

با توجه به اینکه هر چه تراکم نمونه بیشتر شود تغییر شکل‌های برگشت پذیر کمتر می‌شود، لذا در ابتدای آزمایش خزش جهش افزایش مدول برجهندگی وجود دارد. خدایی و مهرآرا نشان دادند هرچه آزمون پیش می‌رود با کاهش تغییر شکل دائمی از نوع تراکمی و افزایش تغییر شکل‌های از نوع پلاستیک، روند افزایشی مدول برجهندگی برای مخلوط با قیر اصلاح شده با SBS کاهش یافته و تقریباً ثابت می‌شود. این در حالیست که مخلوط با قیر معمولی ۶۰/۷۰ روندی کاهشی پیدا می‌کند (Khodaii, and Mehrara, 2009).

۴- مشخصات مصالح سنگی

تا قبل از سال ۱۳۹۰ در آیین‌نامه‌ی روسازی آسفالتی راه‌های ایران (نشریه ۲۳۴) روشی برای طرح، تهیه و اجرای مخلوط‌های آسفالتی با استخوان‌بندی سنگدانه‌ای وجود نداشت که در سال ۱۳۹۰ و در تجدید نظر اول، یک فصل به این نوع از مخلوط‌های آسفالتی گرم اختصاص داده شد. این امر نشان دهنده‌ی لزوم توسعه اجرای مخلوط‌های آسفالتی SMA برای



شکل ۲. نمایه یک پالس بار و تغییرشکل‌های مربوط به آن (Khodaii, and mehrara, 2009)

۵- طرح اختلاط

دانه‌بندی کل مخلوط مصالح سنگی در شکل ۳ نشان داده شده است. جدول ۴ مشخصات فنی مخلوط در این تحقیق و حدود و رواداری SMA براساس آیین نامه‌ی ایران را نشان می‌دهد.

درجه نفوذ قیر مصرفی ۶۰ تا ۷۰ است و در دمای ۱۴۰ درجه‌ی سانتی‌گراد کندروانی آن $170 \pm 20cs$ است. زمان اختلاط مصالح سنگی، پلیمر و فیبر در اینجا یک و نیم دقیقه است.

جدول ۱. مشخصات مصالح سنگی درشت دانه (نشریه ۲۳۴، ۱۳۹۰)

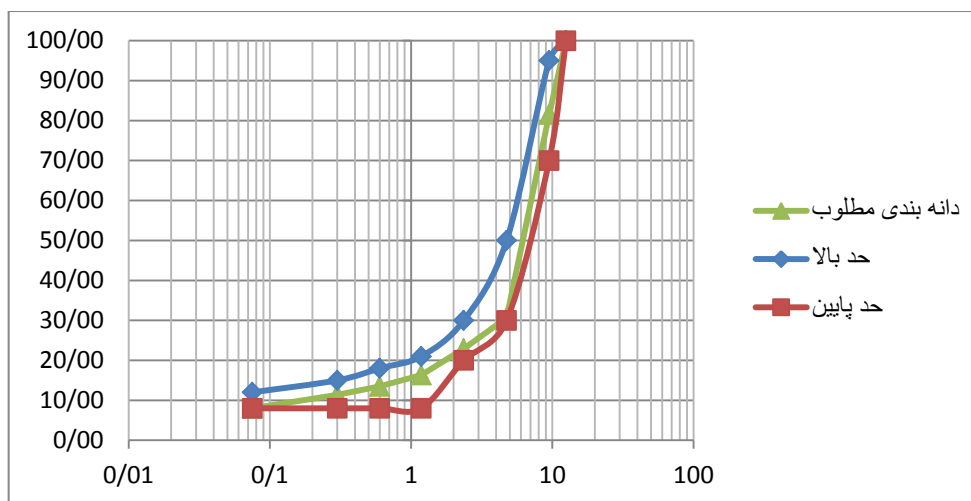
روش‌های آزمایش		مشخصات مصالح %	مشخصات آیین نامه %	آزمایش	ردیف
ASTM	AASHTO				
C131	T96	۱۴/۴	حداکثر ۳۰	درصد سایش لس آنجلس ^(۱)	۱
C127	T85	۲/۲	حداکثر ۲	درصد جذب آب	۲
C88	T104	۰/۹۴	حداکثر ۱۵	درصد افت وزنی با سولفات سدیم در پنج سیکل	۳
D5821	--	۱۰۰	۱۰۰	درصد شکستگی:	۴
D5821	--	۹۲	حداقل ۹۰	در یک جبهه در دو جبهه	
D4791	--	۱۳/۱	حداکثر ۲۰	درصد سنگدانه‌های پهن ^(۲)	۵
D4791	--	۲/۷	حداکثر ۵	۱ به ۳	
D4791	--	۱۹/۴	حداکثر ۲۰	۱ به ۵	
D4791	--	۴/۲	حداکثر ۵	درصد سنگدانه‌های دراز ^(۲)	
				۱ به ۳	
				۱ به ۵	

(۱) استفاده از سنگدانه‌های با درصد سایش بیشتر در مخلوط‌های SMA، نتایج رضایت بخشی داشته‌اند. اما وقتی درصد سایش از ۳۰ تجاوز می‌کند، امکان خرد شدن سنگدانه‌ها در مرحله‌ی تراکم نمونه‌ی آزمایشگاهی و یا تراکم در محل، وجود دارد.

(۲) آزمایش بر روی سنگدانه‌های درشت مانده روی الک ۹/۵ میلی‌متر مخلوط مصالح سنگی منطبق بر دانه‌بندی طرح انجام می‌شود.

جدول ۲. مشخصات مصالح سنگی ریزدانه (نشریه ۲۳۴، ۱۳۹۰)

روش‌های آزمایش		مشخصات مصالح %	مشخصات آیین نامه %	آزمایش	ردیف
ASTM	AASHTO				
C88	T104	۲/۸	حداکثر ۱۵	درصد افت وزنی با سولفات سدیم در پنج سیکل	۱
D4318	T90	غیر قابل تعیین	حداکثر ۲۵	حد روانی	۲
D4318	T89	غیر خمیری	غیر خمیری	دامنه‌ی خمیری	۳
D2419	T176	۷۳	حداقل ۵۰	ارزش ماسه ای	۴



شکل ۳. دانه بندی مخلوط

جدول ۴. مشخصات فنی مخلوط های SMA با دستگاه متراکم کننده چرخشی روسازی ممتاز (نشریه ۲۳۴، ۱۳۹۰)

روش آزمایش	مشخصات مصالح	مشخصات آیین نامه	آزمایش
روش آزمایش MS-2 نشریه انستیتو آسفالت	۴	۳-۴	درصد فضای خالی (V_a)
MS-2 نشریه انستیتو آسفالت	۱۸/۱۵	حداقل ۱۷	درصد فضای خالی مصالح سنگی (VMA)
AASHTO MP 8 AASHTO PP 41	$\frac{VCA_{MIX}}{VCA_{DRC}} = \frac{39/42}{41/6} = 0/95$ کمتر از ۱ می باشد.	باید کمتر از درصد فضای خالی بخش درشت دانه‌ی مصالح سنگی در حالت خشک (VCA_{DRC}) باشد.	درصد فضای خالی بخش درشت دانه یا آسفالت (VCA_{MIX})
AASHTO T283	۰/۷۷	حداقل ۰/۷۵	TSR یا نسبت مقاومت کششی غیر اشباع به خشک در درصد فضای خالی 6 ± 1
AASHTO T305	۰/۱۷	حداکثر ۰/۳	ریزش قیر از سنگدانه‌ها در دمای تولید (درصد)
AASHTO T164	۶/۸	حداقل ۶ درصد	درصد قیر

□ توقف بارگذاری با رسیدن به عدد روانی

انتخاب درجه حرارت ۵۰ درجه سانتی‌گراد به منظور بررسی نمونه‌ها در دمای بالا است تا تفاوت خاصیت پلاستومری پلیمرهای مورد استفاده بارز باشد. به دلیل آنکه مخلوط‌های آسفالتی با استخوان‌بندی سنگدانه‌ای در شرایط آمد و شد زیاد وسایل نقلیه سنگین کاربرد دارند، لذا سطح تنش 450 KPa انتخاب شده است تا شرایط واقعی را شبیه سازی کند. نتایج کرنش تجمعی در برابر سیکل بارگذاری در اشکال ۴ و ۵ برای مخلوط‌های ساخته شده با لوکوبیت 1210A، رنوفالت WKR-2، SBS و مخلوط شاهد که همه‌ی آنها حاوی $0/35$ درصد لوکوسل AG3000 نشان داده شده است. این نتایج

۶- نتایج آزمایش خزش دینامیکی و تفسیر

نمودارها

این آزمایش با استفاده از آیین‌نامه استرالیا AS 2891.12.1 با دستگاه UTM-5 مرکز قیر و آسفالت دانشگاه علم و صنعت ایران تحت شرایط زیر انجام گرفت:

- قرارگیری نمونه‌ها در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد حداقل به مدت ۴ ساعت.
- تنش انحرافی 450 KPa و بدون تنش محصور کننده
- سیستم بارگذاری مستطیلی به مدت 500 ms که در ادامه با 1500 ms استراحت همراه است

عنوان ماکرومولکول تشکیل دهنده‌ی زنجیره‌ی پلیمری، توانایی ورود به ساختار قیر به روش اختلاط PMA را دارد.

روش اختلاط PMA را در شرایط در شرایط موجود در کارگاه‌های راهسازی ایران بهتر می‌توان مورد استفاده قرار داد. در این روش نیازی به استفاده از دستگاه‌های مخلوط‌کن با قدرت برش زیاد نبوده و هزینه‌ی زیادی به پیمانکار تحمیل نمی‌شود.

شکل ۵ نشان می‌دهد که محصول لوکوبیت 1210A به صورت PMA قادر به حل در قیر نبوده و معادل مخلوط شاهد است. لذا این روش برای کوپلیمرهای پلی اتیلن جواپگو نیست و باید آن را به صورت مخلوط در قیر استفاده کرد.

تفاوت بارز مقاومت خزشی مخلوط‌های اصلاح شده با SBS و رئوفالت WKR-2 با مخلوط‌های شاهد و اصلاح شده با لوکوبیت 1210A را نشان می‌دهد.

همان طور که مشاهده می‌شود مخلوط حاوی ۸ و ۱۲ درصد رئوفالت WKR-2 دارای نمودار خزشی معادل مخلوط حاوی به ترتیب ۴ و ۶ درصد SBS، با عدد روانی کمتر می‌باشد و می‌توان این تعادل را به صورت معادله‌ی (۳) نوشت:

$$p_{WKR-2} = 2 \times p_{SBS}$$

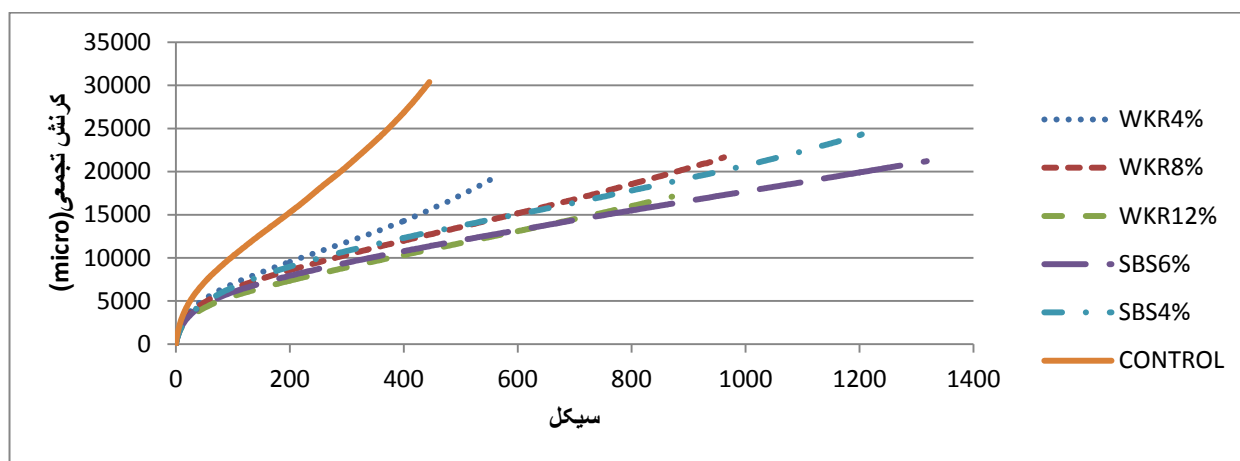
(۳)

$$p_{WKR-2} = \text{درصد رئوفالت WKR-2}$$

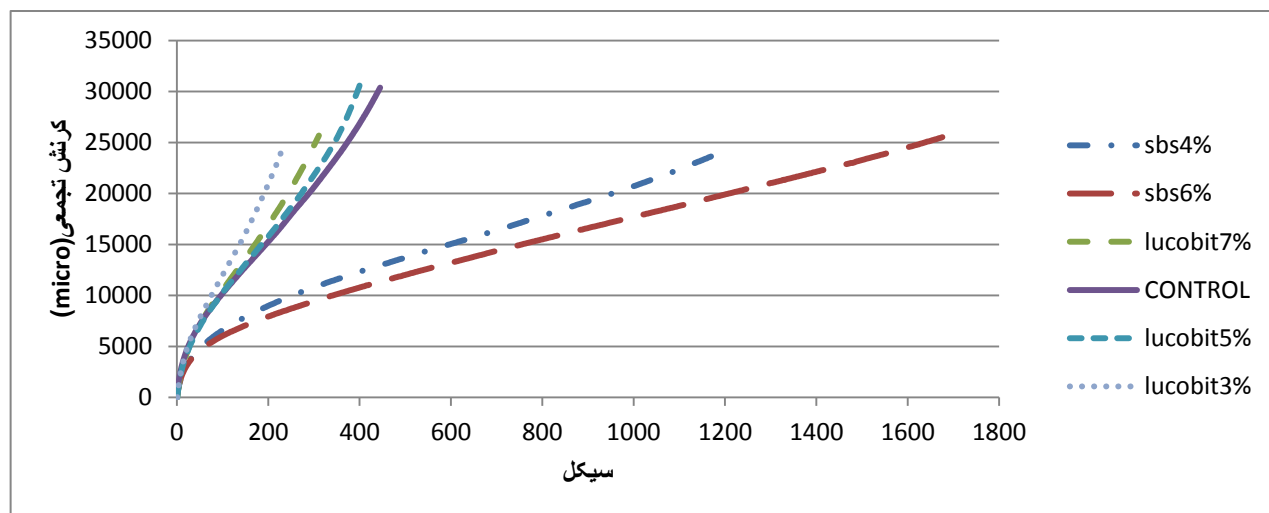
$$p_{SBS} = \text{درصد SBS}$$

ارتقاء خواص خزشی مخلوط اصلاح شده با رئوفالت

WKR-2 نشان دهنده‌ی این است که اتیلن-وانیل-استات به



شکل ۴. نمودار خزش دینامیکی رئوفالت WKR-2

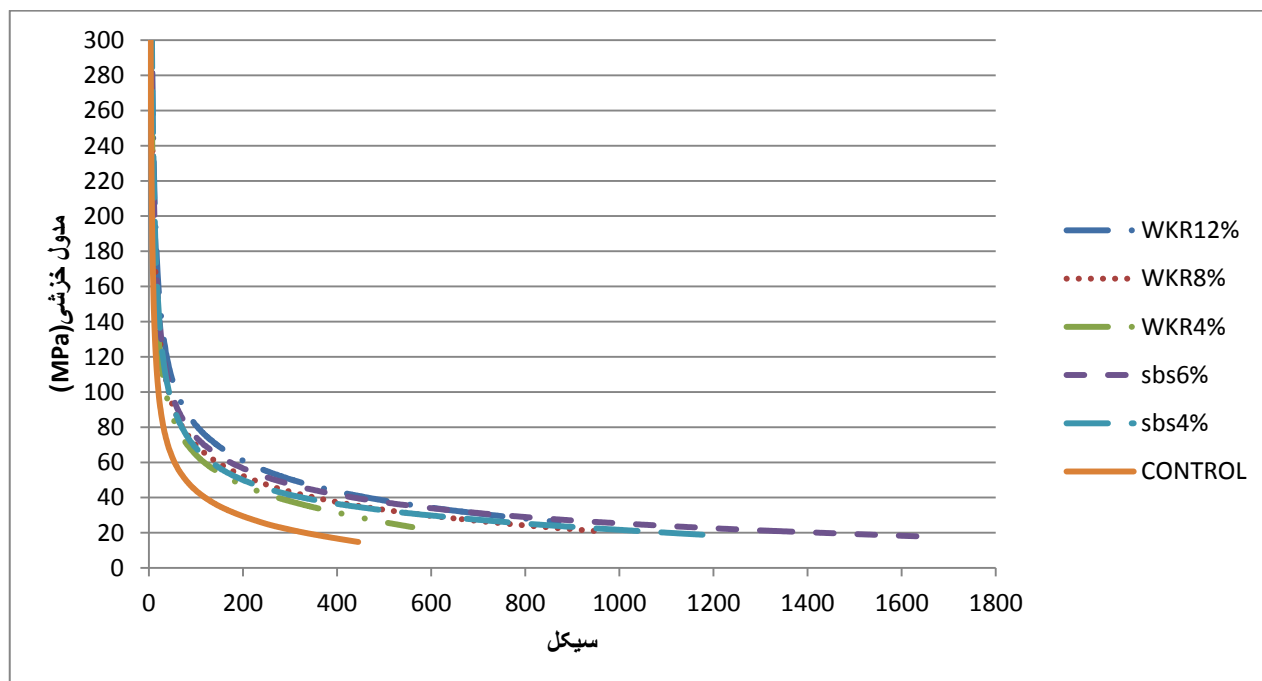


شکل ۵. نمودار خزش دینامیکی لوکوبیت 1210A

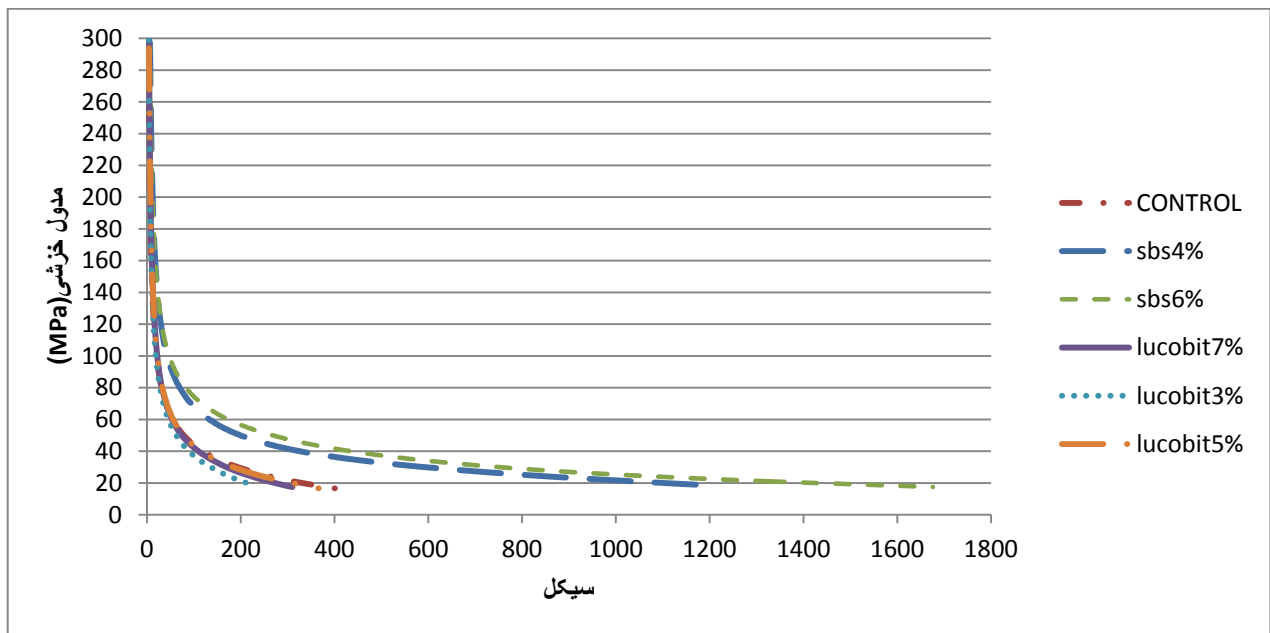
تراکم نمونه بیشتر باشد مدول برجهندگی نیز بیشتر می‌شود جهش مدول برجهندگی در ابتدای نمودارها نمایانگر وجود تغییر شکل‌های دائمی از نوع تراکمی در اوایل آزمون خزش است. پس از این جهش نمونه‌های اصلاح شده با رئوفالت WKR-2 و SBS (به جز نمونه‌ی اصلاح شده با ۴ درصد رئوفالت WKR-2) به مقدار تقریباً ثابتی برای مدول برجهندگی می‌رسند. این در حالی است که نمونه‌های اصلاح شده با لوکوبیت 1210A و نمونه‌های شاهد پس از این جهش دچار کاهش در این مدول می‌شوند. این موضوع نشان دهنده‌ی وقوع تراکم کمتر پس از جهش ابتدایی در نمونه‌های اصلاح شده با رئوفالت WKR-2 و SBS است. باید خاطر نشان کرد که پیوسته مخلوط شاهد و اصلاح شده با لوکوبیت 1210A دارای مدول کمتر و در نتیجه تغییر شکل الاستیک بیشتر از دو نوع نمونه‌ی دیگر هستند. کم شدن مدول برجهندگی پس از جهش ابتدایی مشخص کننده‌ی افزایش تغییر شکل‌های بازگشت پذیر است و در همین مرحله نمودار خزش نیز معین می‌کند که تغییر شکل‌های ماندگار نیز افزایش یافته است.

در اشکال ۶ و ۷ نمودارهای مربوط به مدول خزشی ترسیم شده است.

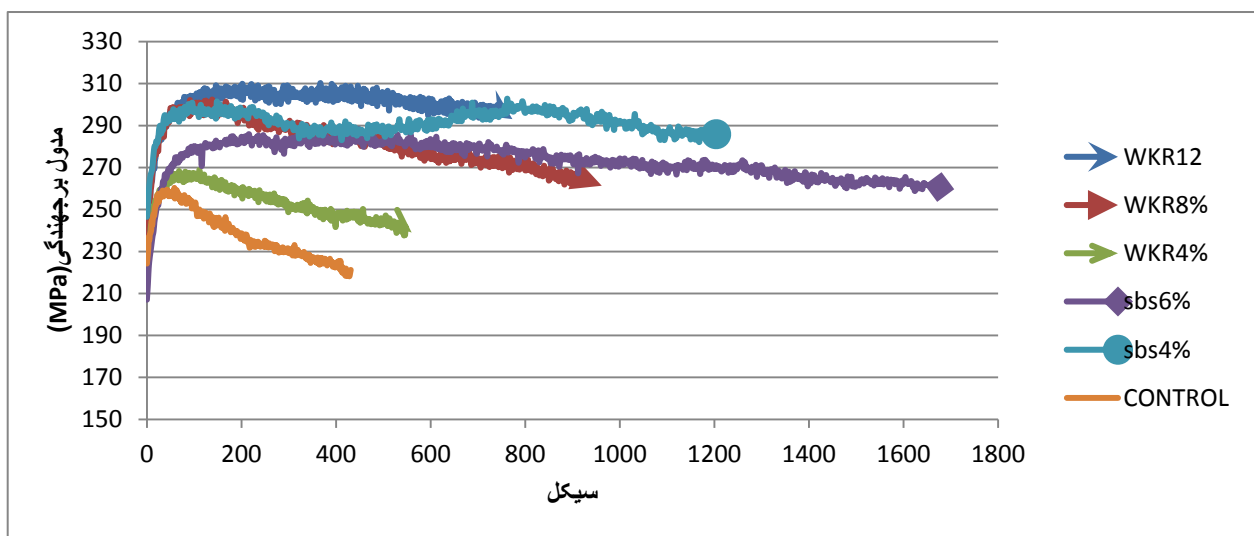
این اشکال نشان می‌دهند که نمودارهای مربوط به لوکوبیت 1210A با مخلوط شاهد، ۸ درصد رئوفالت WKR-2 با ۴ درصد SBS و ۱۲ درصد رئوفالت WKR-2 با ۶ درصد SBS بر هم منطبق شده‌اند. مخلوط اصلاح شده با ۶ درصد SBS و ۱۲ درصد رئوفالت WKR-2 دارای بیشترین مدول خزشی در هر سیکل است و پس از آن‌ها ۴ درصد SBS به همراه رئوفالت WKR-2 قرار دارند و در نهایت نیز مخلوط‌های اصلاح شده با لوکوبیت 1210A به همراه مخلوط شاهد می‌باشند. این ترتیب قرارگیری حاکی از کوچکتر بودن تغییر شکل‌های دائمی برای مخلوط‌های با مدول خزشی بیشتر دارد. در نتیجه مخلوط‌های اصلاح شده با SBS و ۱۲ درصد رئوفالت WKR-2 دارای کمترین تغییر شکل دائمی بوده که پس از آن‌ها مخلوط اصلاح شده با ۴ درصد SBS و ۸ درصد رئوفالت WKR-2 قرار می‌گیرد. در نهایت نیز مخلوط‌های اصلاح شده با لوکوبیت 1210A با بیشترین تغییر شکل دائمی در این بین وجود دارند. نمودارهای مربوط به مدول برجهندگی در اشکال ۸ و ۹ دارای یک جهش در ابتدای خود می‌باشند. با توجه به اینکه هرچه



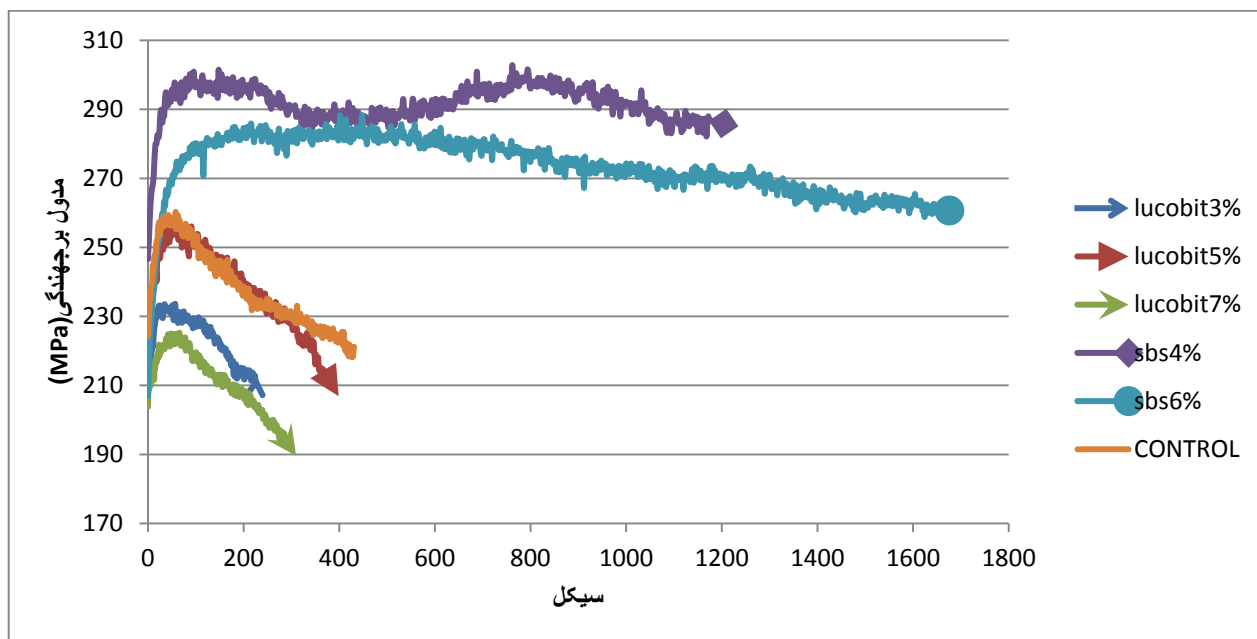
شکل ۶. نمودار مدول خزشی رئوفالت WKR-2



شکل ۷. نمودار مدول خزشی لوکوبیت 1210A



شکل ۸. نمودار مدول برجهنگی رئوفالت WKR-2



شکل ۹. نمودار مدول برجهندگی لوكوبيت 1210A

با توجه به نتایج حاصل از آزمون خزش مشخص می‌شود که کاربرد پلی‌اتیلن با روش اختلاط با مخلوط (PMA) دارای بازدهی نبوده و با مخلوط شاهد یکسان می‌باشد. بنابراین این پلیمر نیازمند فرایند اختلاط در قیر است.

۷- نتیجه گیری

از مقایسه‌ی نمودارهای خزش و مدول برجهندگی چنین نتیجه‌گیری می‌شود که کاهش مدول برجهندگی همراه با افزایش تغییر شکل‌های ماندگار است و این به مفهوم افزایش تغییر شکل‌های بازگشت پذیر و افزایش تغییر شکل‌های ماندگار است.

۸- پی‌نوشت‌ها

1. Stone Matrix Asphalt
2. Gap-Graded
3. Additive
4. Studded Tire
5. Stone-on-stone Contact
6. Lucobit
7. RheoFalt
8. Polymer Modified Asphalt
9. Brown
10. Manglorkar
11. Flow Number
12. Ethylene-Vinyl-Acetate
13. Polypropylene
14. Neoprene
15. Dryer

همچنین علی‌رغم اینکه SBS به خوبی موجب بهبود خواص عملکردی مخلوط‌های آسفالتی از جمله مقاومت شیارشدگی می‌شود اما ساخت و اجرای این مخلوط‌های آسفالتی با دشواری همراه است. دمای این پلیمر خیلی سریع افت پیدا می‌کند که نیازمند تسریع در ساخت، حمل و پخش است. همچنین روش PMA اصلا روش مناسبی برای ساخت آنها نیست و جهت ساخت قیر پلیمری بایستی SBS در دمای تقریبی ۱۸۰ درجه‌ی سانتی‌گراد و به مدت حدود یک ساعت با دستگاه برش بالا همزده شود تا مخلوطی همگن به دست آید. این فرآیند مستلزم افزایش هزینه‌ها و زیرساخت‌های مناسب می‌باشد، لذا EVA ضمن راحتی در ساخت (عدم افت سریع دمای قیر) و بدون نیاز به صرف هزینه‌های اضافی جهت تهیه‌ی قیر اصلاح شده، می‌تواند خواصی مشابهی را با صرف مقدار بیشتری پلیمر فراهم آورد. بنابراین می‌توان گفت کوپلیمرهای EVA می‌توانند جایگزین مناسبی برای SBS باشند که راحتی ساخت و اجرا را به همراه دارند.

۹- مراجع

- مختاری، ع. (۱۳۹۰) "بررسی تاثیر افزودنی رئوفالت (RheoFalt WKR-2) به مخلوط‌های آسفالتی با استخوان‌بندی سنگدانه‌ای (SMA) و مقایسه‌ی آن با افزودنی‌های دیگر"، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، ایران.

- Standards. 30th Edition, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C.
- ASTM: D5821 (2007) "Standard Test Method for Determining the Percentage of Fractured Particles in Coarse Aggregate" Book of ASTM Standards, vol. 04.03, Road and Paving Materials; Vehicle-Pavement Systems, ASTM International, West Conshohocken, United States.
- ASTM D: 4791 (2007) "Standard Test Method for Flat Particles, Elongated Particles, or Flat and Elongated Particles in Coarse Aggregate" Book of ASTM Standards, vol. 04.03, Road and Paving Materials; Vehicle-Pavement Systems, ASTM International, West Conshohocken, United States.
- MS-2 (1977) "Mix Design Method for Asphalt Concrete and Other Hot-Mix Type", Asphalt Institute, 4th Edition.
- Khodaii, A., and Mehrara, A. (2009) "Evaluation of permanent deformation of unmodified an SBS modified asphalt mixtures using dynamic creep test", *Construction and Building Materials*, 23(9):2586-92.
- Kalyoncuoglu, S.F., and Tigdemir, M. (2010) "A model for dynamic creep evaluation of SBS modified HMA mixtures", *Construction and Building Materials*, 25(11):859-66.
- Product Data Sheet Lucobit 1210A (2012) "LUCOBIT THERMOPLASTIC POLYOLEFINS", Website:<http://www.lucobit.de>.
- معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور (۱۳۹۰) "آیین نامه‌ی روسازی آسفالتی راه‌های ایران"، نشریه شماره ۲۳۴، انتشارات معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور.
- زیاری، ح، ایزدی، الف. و نصرالله تبار آهنگر، ع. (۱۳۸۷) "ارزیابی آزمایشگاهی عوامل موثر بر رفتار مخلوط‌های آسفالتی با استخوان‌بندی سنگدانه ای (SMA)", چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه تهران، ایران.
- Brown, E.R. (1991) "Evaluation of SMA used in Michigan", NCAT Report No.93-3, National Center for Asphalt Technology, Auburn, AL.
- Brown, E.R., and H. Manglorkar. (1993) "Evaluation of Laboratory Properties of SMA Mixturw", NCAT Report93-5, National Center for Asphalt Technology, Auburn, AL.
- Gatchalian, D., Masad, E., Chowdhury, A., Little, D. (2006) "Characterization of Aggregate Resistance to Degradation in Stone Matrix Asphalt Mixture", Research Report ICAR/204-1F, International Center for Aggregate Research, Austin, TX.
- Xie, H. (2006) "Determining the Optimum Compaction Level for Designing Stone Matrix Asphalt Mixture" Ph.D. Thesis, Auburn University, Auburn, AL.
- AASHTO (2010), Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing, Part II and Provisional

Evaluation of Stone Matrix Asphalt Creep Resistance Improvement Using Thermoplastic Elastomer Polymers and PMA Mixture Method

H. Ziari, Professor, Department of Civil Engineering, Iran University of Science & Technology, Tehran, Iran.

R. Imaninasab, M.Sc. Grad., Department of Civil Engineering, Iran University of Science & Technology, Tehran, Iran.

H. Khani sanij, Assistant Professor, Faculty of Technical & Engineering, Department of Civil Engineering, Yazd University, Yazd, Iran.

E-mail: Imany_reza@civileng.iust.ac.ir

ABSTRACT

Stone matrix asphalt is one of the solutions for rutting used worldwide. By providing stone on stone contact, the coarse portion of this type of mixtures bear the loads of axles and transfer them to the lower layer. The mixture of fine aggregate, filler, bitumen and additive including fiber and polymers are to fill the air void of coarse aggregate. Bitumen must hold the coarse aggregates together. As the typical bitumen is not capable of doing so, the use of additive polymers seems essential. Additives consist of fiber and polymers. In order to prevent drain down while fabricating, cellulose fiber is used. The application of elastomer-thermoplastic polymers causes the improvement of rutting resistance in high temperature. Elastomeric properties make the deformations recoverable and thermoplastic properties broaden the performance grade of bitumen. Polyethylene and ethylene-vinyl-acetate copolymers are selected in dosage of 3, 5, 7 and 4, 8, 12 percent, respectively. These polymers could be directly added to the mixture which is a common method to use them in Iran. By applying 50 °C as the ambient temperature and 450KPa as the level of the stress for creep tests, while considering high temperature condition, the most severe condition of loading is simulated. Comparing the result of unconfined creep test which is performed on the modified and unmodified specimen, concluded that polyethylene and unmodified specimen has the same creep performance while 8 and 12 percent ethylene-vinyl-acetate has the same creep result as 4 and 6 styrene-butadiene-styrene specimens, respectively.

Keywords: Stone Matrix Asphalt, Elastomer Thermoplastic Polymers, Polymer Modified Asphalt, Dynamic Creep Test.