Archive of SID

ارزیابی استفاده از مصالح بازیابی شده روسازی‌های آسفالتی در تولید مخلوطهای آسفالت گرم به روش بازیافت درجا

عارف ابراهیمی بشلی، دانشجوی دوره دکتری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

غلامعلی بهزادی، استادیار، دانشکده مهندسی عمران، واحد علوم و تحقیقات آیت الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی ایران، آمل، ایران

داریوش یوسفی کبریا (نویسنده مسئول)، دانشیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، بابل، ایران

مریم تقی زاده، دانشجوی دوره دکتری، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، ایران

E-mail: dy.kebroa@nit.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۵/۰٤/۲۰ پذیرش:۱۳۹۷ /۰۳/۰۷

چکیده

امروزه صنایع مرتبط با ساخت، نگهداری و بهسازی زیرساخت های حمل و نقل (راه ها، معابر، فرودگاه ها) با انتشار گازهای گلخانه‌ای که از مهم‌ترین عوامل تخریب اکوسیستم ها و منابع طبیعی به شمار می‌رود، یکی از منابع اصلی آلودگی محیط زیست است. تولید مخلوطهای آسفالتی پاک، نیازمند پایین آوردن دمای این مخلوط ها، بدون کاهش در سطوح عملکرد مکانیکی آن ها است. استفاده مجدد از مصالح خرده مخلوط آسفالت تخریب شده به عنوان پسماند صنعت راهسازی در تولید مخلوط آسفالت جدید موجب حفظ منابع طبیعی و کاهش آلودگی زیست محیطی می‌شود. در این تحقیق استفاده از مصالح بازیابی شده روسازی‌های مخلوط آسفالتی در تولید مخلوطهای آسفالتی داغ و گرم و اثر افزودنی ها (ساسوبیت و زایکوترم) بر عملکرد مخلوط آسفالتی گرم مورد ارزیابی قرار گرفت. میزان مخلوط آسفالتی بازیافتی (RAP) مورد استفاده در مخلوط گرم ۵۰ و ۷۵ درصد و میزان افزودنی ساسوبیت و زایکوترم به ترتیب ۲ و ۰,۱ درصد در نظر گرفته شد. بر اساس نتایج به دست آمده افزودن ساسوبیت در بهبود تراکم پذیری و افزایش استحکام مخلوط های آسفالتی موثر بوده، بطوری‌که نمونه های حاوی ۷۵ درصد RAP از تراکم پذیری بهتر و استحکام بیشتری در مقایسه با سایر نمونه ها برخوردار بوده اند. زایکوترم نیز موجب بهبود تراکم پذیری و کاهش قابل توجه در محدوده فضای خالی و افزایش استحکام در مخلوط حاوی ۷۵ درصد RAP گردید و بطور کلی نمونه های مخلوط آسفالتی گرم با ۷۵ درصد RAP از نظر استحکام تفاوت چندانی با مخلوط های آسفالت داغ نداشته است. همچنین افزودن ساسوبیت باعث افزایش کرنشهای ماندگار در پالسهای اولیه شده است اما روند تغییرات به گونه ای است که نمونه های حاوی ساسوبیت در پالسهای بالاتر از ۱۵۰۰ کرنشهای ماندگار کمتری را نشان داده است. افزودن زایکوترم نیز باعث افزایش کرنشهای ماندگار شده است. در تمامی حالات نتایج آزمایش TSR، با افزایش نسبت درصد مصالح خرده مخلوط آسفالتی افزایش یافته است که بیانگر پایین بودن حساسیت رطوبتی در مخلوط های بازیافتی است.

واژه های کلیدی: آلودگی زیست محیطی- مخلوط آسفالتی گرم- مخلوط آسفالتی بازیافتی- آزمایش عملکردی ساده- مدول برجهندگی

www.SID.ir

Archive of SID

۱. مقدمه

حفظ محیط زیست به‌عنوان یکی از ارکان توسعه پایدار، از اهمیت فراوانی برخوردار است. آلودگی‌های زیست محیطی و رشد تولید گازهای گلخانه‌ای از جمله مهم‌ترین معضلاتی است که پس از انقلاب صنعتی، دامن‌گیر جامعه جهانی شده است و در همایش محیط زیست و توسعه پایدار در سال ۱۹۹۲ در ریودوژانیرو به عنوان مشکلات جدی زیست‌محیطی تهدیدکننده سیاره زمین مورد بررسی قرار گرفت. تخریب منابع طبیعی و تغییرات آب و هوایی، دلایل اصلی از بین رفتن اکوسیستم‌ها عنوان شدند و در این میان، دو صنعت مهم حمل و نقل و کشاورزی به‌عنوان صنایعی که بیشترین تأثیر را در این رابطه دارند، معرفی شدند [Crosson et al. 2011].

با توجه به انتشار دی‌اکسیدکربن در اثر تولید مخلوط‌های آسفالتی داغ (HMA[۱])، استفاده از مخلوط های گرم (WMA[۲]) می‌تواند موجب کاهش تولید گازهای آلاینده و همچنین کاهش میزان انرژی مصرفی شود.

در این روش مخلوط‌های آسفالتی با درجه حرارتی کمتر از مخلوط‌های آسفالتی متداول (دمایی در حدود ۳۰ تا ۴۰ درجه سلسیوس کمتر از دمای تولید مخلوط‌های آسفالتی گرم) تولید گردید. فنآوریهای تولید مخلوط آسفالتی گرم، شامل دو فنآوری عمده بکارگیری برخی مواد افزودنی بمنظور کاهش کندروانی قیر و تولید کف قیر به منظور افزایش کارآیی مخلوط هستند.

بکارگیری محصولاتی نظیر ساسوبیت[۳]، رئوفالت[۴]، آسفامین[۵] و اووثرم[۶] به عنوان مواد کاهنده کندروانی قیر، از جمله نوآوری های این فنآوری محسوب می‌شوند.

یکی دیگر از عوامل کاهش آلودگی محیط زیست استفاده از مصالح بازیابی شده روسازی آسفالتی (RAP[۷]) در مخلوط های آسفالتی است. RAP مصالح فرسوده ای است که از طریق بازیافت (آسیاب نمودن یا تراشیدن) مخلوط آسفالتی روسازی های تخریب شده بدست می‌آید [Fakhri et al. 2006]. این مصالح می‌تواند در مخلوطهای آسفالتی جدید سرد و گرم مورد استفاده قرار گیرد و موجب صرفه جویی در هزینه و انرژی شود [Yousefi Kebria, Moafimadani and Goli, 2015, Mallick,Kandhal and Bradbury, 2008] اما در مقابل باید آلودگی زیست محیطی مخلوط آسفالتی داغ خصوصا هنگامی که حاوی درصد بالایی مصالح RAP است را یادآور شد. این امر خود، درصد استفاده از مصالح بازیافتی در روسازی مخلوط آسفالتی جدید را محدود می‌کند. ضمنا درجه حرارت بالا در بازیافت گرم علاوه بر تولید گازهای مضر موجب پیرتر شدن قیر مصالح RAP می شود. پژوهشها نشان می‌دهد کاهش ۱۰ تا ۱۲ درجه سلسیوس دمای تولید مخلوط آسفالتی داغ می‌تواند تولید گازهای مضر را ۵۰ درصد کاهش دهد [Mallick, Bergendahl and Pakula. 2009] و هنگامی که دمای اختلاط از ۱۵۰ درجه سلسیوس به ۱۳۰ درجه سلسیوس می‌رسد، کاهش انرژی بیش از ۵۰ درصد خواهد بود [Karen and Phyllis, 2009].

فنآوری مخلوط آسفالتی گرم اولین بار در اروپا پس از توافقنامه کیوتو جهت کاهش گازهای گلخانه ای ابداع شد و با توجه به بالا رفتن قیمت انرژی و به دلایل محیط زیستی، استفاده از آن رو به افزایش است [Kai, Maekawa and Hachiya 2009]. در این فنآوری با استفاده از روشهای مختلف، کندروانی قیر کاهش یا حجم قیر افزایش داده می‌شود تا قیر بتواند در درجه حرارت پایین تر اطراف مصالح را بخوبی پوشش دهد و به این ترتیب درجه حرارت اختلاط و تراکم مخلوط آسفالتی کاهش می‌یابد.

مخلوطهای آسفالتی گرم در سالهای اخیر با توجه به آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از تولید و اجرای مخلوط آسفالتی داغ و افزایش بهای سوخت، در سراسر دنیا پذیرش بسیاری کسب نموده اند و به دلیل کاهش دمای تولید مخلوط آسفالتی به میزان ۲۰ تا ۴۰ درجه سلسیوس نسبت به مخلوط های آسفالتی داغ، می توانند به عنوان راهکاری موثر در کاهش آلودگی هوا لحاظ شوند[Naisheng et al. 2014].

www.SID.ir

Archive of SID

هدف این فنآوریها کاهش کندروانی قیر است که موجب بهبود کارآیی مخلوط، کاهش گازهای گلخانه ای و عموما بهبود شرایط عملکردی می‌شود. تولید گازهای گلخانه‌ای، با دما ارتباط دارد، به این صورت که تا دمای ۸۰ درجه سلسیوس تقریبا هیچ گاز گلخانه‌ای متصاعد نمی‌شود، حتی در دمای حدود ۱۵۰ درجه سلسیوس تولید گازهای گلخانه ای در حدود mgh^{-1} ۱ است. تولید گازهای گلخانه‌ای به صورت قابل توجهی در دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس رخ می‌دهد. همین دمای کمتر تولید WMA، کاهش زیادی در تولید گازهای گلخانه ای و بخارات را نتیجه می‌دهد. علاوه بر این فنآوریها مخلوطهای آسفالتی گرم دارای مزایای زیست محیطی غیرمستقیم نیز هستند که از جمله می‌توان به قابلیت استفاده بیشتر از مصالح آسفالتی بازیافتی اشاره کرد [Yue et al. 2012]. چیو و همکارانش در سال ۲۰۰۸ دریافتند که افزودن RAP به مخلوطهای آسفالتی، اثرات زیست محیطی تولید را تا ۲۳ درصد کاهش می‌دهد [Chi, Hsu and Yang, 2008]. بارتل در کنگره جهانی راه در آفریقای جنوبی روشی را برای استفاده از زئولیت سینتتیکی در تولید مخلوط آسفالتی گرم معرفی کرد. زئولیت خاصیت تولید کف دارد که می‌تواند سبب افزایش کارآیی مخلوط آسفالتی شود.

در ژوئن ۲۰۰۵، مرکز ملی تکنولوژی مخلوط آسفالتی دو گزارش در زمینه استفاده از ساسوبیت به عنوان واکس سینتتیکی (موم مصنوعی) و آسفامین به عنوان نوعی زئولیت سینتتیکی در مخلوط‌های آسفالتی نیمه‌گرم ارائه داد.

اکثر فعالیت‌های انجام شده بر روی مخلوط آسفالتی گرم شامل مخلوط‌هایی با دانه‌بندی توپر بوده است. کاندراس در سال ۲۰۰۰ عنوان نمود که تکنولوژی مخلوط آسفالتی گرم برای سایر انواع مخلوطهای آسفالتی (دانه‌بندی باز، میان‌تهی و استخوان‌بندی سنگدانه‌ای) نیز قابل کاربرد است. بعدها او بیان کرد که تولید و اجرای تکنولوژی مخلوط آسفالتی گرم در کارخانه‌های معمول تولید مخلوط آسفالتی گرم و با تجهیزات اجرای مخلوطهای آسفالت معمول نیز امکان‌پذیراست [Prowell and Hurley, 2000].

تاکنون انواع مختلفی از مخلوط آسفالتی گرم با کف قیر، مواد معدنی و افزودنی‌های آلی مانند آسفامین و ساسوبیت تولید شده اند. اکثر تکنولوژی‌های مخلوط آسفالتی گرم در مرحله ارزیابی برای تولید و اجرا در سطح وسیع هستند. ملاحظات زیست محیطی و سودمندیهای دیگر این تکنولوژی‌ها منجر به آن شده است که در سطح گسترده‌ای مورد توجه قرار می‌گیرند.

ساسوبیت محصولی است که برای اولین بار در کشور آلمان به تولید رسیده و تاکنون در کشورهای زیادی نیز مورد استفاده قرار گرفته است. این ماده واکس سینتتیکی است که در روند تبدیل ذغال سنگ به گاز تولید شده و باعث کاهش کندروانی قیر در دمای اختلاط با سنگدانه و تراکم مخلوط آسفالتی می‌شود [D'Angelo et al. 2008].

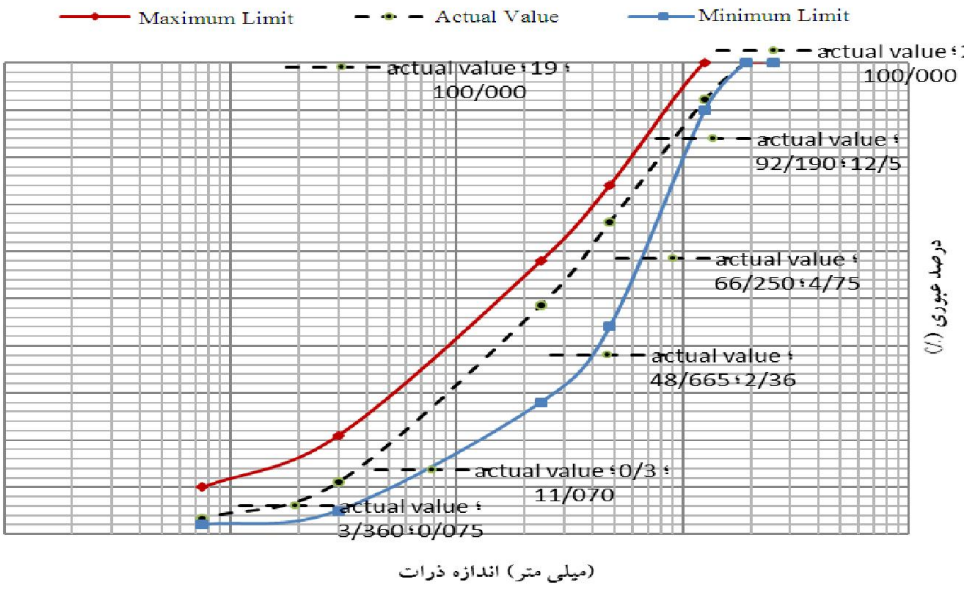
میزان استفاده از این محصول بسیار گسترده‌تر از سایر انواع محصولات بوده، به طوری که تاکنون بیش از ۱۰ میلیون تن مخلوط آسفالتی گرم حاوی ساسوبیت در آلمان و حدود ۲۰ کشور دیگر مورد استفاده قرارگرفته است. [Brian Hill. 2011].

در سال ۲۰۰۵ اداره راه‌های مریلند [۸] دو گزارش در ارتباط با ارزیابی عملکرد مخلوط حاوی ساسوبیت با مقدار مصالح خرده مخلوط آسفالتی زیاد در لایه‌های بیندر و توپکا ارائه نمود. بر اساس این گزارش حمل و پخش مخلوط‌های حاوی ساسوبیت راحت‌تر بوده و این مخلوط کاملاً به درصد تراکم مورد نظر دست یافته است [D'Angelo et al. 2008].

در این مطالعه استفاده از مصالح خرده آسفالتی بازیافتی، تاثیر افزودنی های مخلوط آسفالتی گرم بر تراکم مخلوط، دمای اختلاط و پارامترهای عملکردی مورد بررسی قرار گرفت. جهت بررسی پارامترهای عملکردی، نمونه های مخلوطهای آسفالتی حاوی درصدهای مختلف مصالح خرده آسفالتی در دمای اختلاط و تراکم تعیین شده ساخته شد و آزمایشهایی از قبیل مقاومت کششی غیرمستقیم (ITS[۹])، حساسیت رطوبتی(نسبت

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. منحنی دانه بندی مصالح سنگی مورد استفاده

جدول ۱. دانه بندی و درصد قیر متوسط مصالح خرده مخلوط آسفالتی (درصد قیر=٤)

شماره الک	درصد عبوری میانگین RAP
۱۹ میلیمتر	۱۰۰
۱۲,۷ میلیمتر	۹٤/٤
۹,۵۱ میلیمتر	–
٤ (٤,۷۵ میلیمتر)	۵۸/۲
۸ (۲,۳۸ میلیمتر)	٤۲
۵۰ (۰,۳ میلیمتر)	۱۰/۲
۲۰۰ (۰,۰۷۵ میلیمتر)	٤/۸

مقاوت کششی اشباع به خشک) (TSR[۱۰]) مورد ارزیابی قرار گرفته است.

۲. مواد و روش ها

۲-۱ مواد و مصالح

۲-۱-۱ مصالح سنگی تازه

این مصالح از جنس سنگ آهک بوده که از معدن موجود در محور شیراز– اصفهان ایران تهیه شد. دانه بندی مورد استفاده مطابق با آیین‌نامه روسازی آسفالتی راه‌های ایران (نشریه ۲۳٤) انتخاب شد که حدود مجاز دانه‌بندی مصالح سنگی، برای تهیه مخلوط‌های بتن آسفالتی در شکل (۱) و مشخصات آن در جدول (۱) آورده شده است [Management and Planning Org. 2003]. در این مطالعه از پودر سنگ آهک به‌عنوان فیلر (عبوری از الک شماره ۲۰۰) استفاده شده است

۲-۱-۲ مصالح خرده مخلوط آسفالتی

مصالح خرده مخلوط آسفالتی، از تراشه روسازی های آسفالتی قدیمی تهیه گردید. مخلوطهای آسفالتی گرم با توجه به قابلیتهای کارخانه های آسفالت و همچنین خصوصیات فیزیکی مخلوط آسفالتی موجود معمولا تا ۵۰ درصد وزنی خود از مصالح خرده مخلوط آسفالتی تشکیل می‌شوند.

www.SID.ir

Archive of SID

برای تعیین ساختار دانه بندی و همچنین ارزیابی خصوصیات فیزیکی قیر استخراج شده، آزمایش استخراج قیر از مصالح خرده مخلوط آسفالتی بر اساس استاندارد ASTM D2172 با استفاده از حلال تولوئن انجام گرفت[Jenkins et al. 2007].

ساختار زنجیری تولوئن در قیاس با ساختار حلقوی قیر، امکان بازیابی کامل قیر از حلال تولوئن را بدون تاثیر در خصوصیات فیزیکی آن فراهم می‌آورد. برای تعیین دانه بندی مصالح سنگی استخراج شده از استاندارد ASTM C136 استفاده گردید . [Graham and Hurley, 2005]

پس از جداسازی قیر از مصالح بازیافتی، وزن مخصوص ظاهری و حقیقی، درصد شکستگی، تطویل و تورق آن و همچنین آزمایشهای درجه نفوذ و نقطه نرمی بر روی قیراستخراجی به روش ASTM D5 و ASTM D 36 انجام شد که نتایج آن در جدول ۲ تا ٤ ارایه شده است [Johnston et al. 2006, Papagiannakis, 2008].

۲-۱-۳ قیر خالص مورد استفاده

قیر مصرفی مورد استفاده در این تحقیق، قیر خالص با درجه نفوذ ۶۰/۷۰ است، که از پالایشگاه سلفچگان تهیه شده است. این قیر برای تهیه نمونه‌های HMA و WMA مورد استفاده قرار گرفته است. برای ساخت نمونه‌های مخلوط آسفالتی گرم این قیر با استفاده از افزودنی ساسوبیت و زایکوترم [11] اصلاح شده است. نوع قیر و خصوصیات آن در جدول ۵ نشان داده شده است. همان‌طور که از مقایسه جدول ٤ و ۵ مشخص است، قیر استخراجی از مخلوط بازیافتی، دارای درجه نفوذ کمتر و نقطه نرمی بیشتر است که نشان‌دهنده سخت شدن قیر در مدت زمان بهره برداری است. استفاده از آن می‌تواند مخلوط سخت و شکننده تولید نماید.

جدول ۲. مشخصات مصالح سنگی استخراج شده از مصالح تازه و خرده مخلوط آسفالتی

مشخصه	مصالح تازه وزن مخصوص (تن در مترمکعب)		خرده مخلوط آسفالتی (تن در مترمکعب)	
	ظاهری	حقیقی	ظاهری	حقیقی
مصالح سنگی مانده روی الک شماره ۸	۲/۷۰۶	۲/۸۰۲	۲/۶۱۲	۲/۶۵٤
مصالح سنگی رد شده از الک شماره ۸ و مانده روی الک شماره ۲۰۰	۲/٤۲۸	۲/۷۷	۲/۵۲۹	۲/۶۲۷
مصالح سنگی رد شده از الک ۲۰۰	۲/۶۱۸		۲/۶۲۲	
وزن مخصوص حقیقی مخلوط مصالح سنگی ، Gsb	۲/۵۷۰		۲/۶۱۸	

جدول ۳. مشخصات مرغوبیت مصالح سنگی استخراج شده از مصالح خرده مخلوط آسفالتی

مشخصه	استاندارد	نتایج
درصد شکستگی مصالح سنگی مانده روی الک شماره ٤	ASTM D 5821	۸٤
درصد تطویل	BS- 812	۱۸
درصد تورق	BS- 812	۱۶

جدول ٤. نتایج آزمایشهای انجام شده بر روی قیر احیا شده

نمونه	آزمایش	روش انجام آزمایش	نتایج	میانگین
۱	درجه نفوذ	ASTM D5	۲٤	۳۱
۲			۳۶	
۳			۳۳	

www.SID.ir

Archive of SID

۱	نقطه نرمی	ASTM D36	۶۸	۶۳
۲			۵۹	
۳			۶۲	

جدول ۵. خصوصیات قیر مورد استفاده

خصوصیات	قیر ۷۰/۶۰	روش آزمایش
وزن مخصوص در ۲۵ درجه سانتی‌گراد	۱/۰۳	ASTM D-70
درجه نفوذ در ۲۵ درجه سانتی‌گراد	٦٤	ASTM D-5
نقطه نرمی (درجه سانتی‌گراد)	٥٤	ASTM D-36
انگمی در ۲۵ درجه سانتی‌گراد	۱۰۲	ASTM D-113

۲-۲ مواد افزودنی کاهنده ویسکوزیته (واکس)

در این پژوهش از دو افزودنی ساسوبیت و زایکوترم، استفاده شد که مشخصات آنها در جدول ٦ ارائه شده است.

جدول ٦. خصوصیات افزودنی‌ها

ویژگی	زایکوترم	ساسوبیت
اجزا سازنده	سولفوآمید مایع	هیدروکربن پلی اتیلن آلفاتیک
حالت فیزیکی	مایع	پاستیل و پریل
رنگ	تیره	سفید
بو	بی بو	بی بو
چگالی حجمی (kg/m^3)	۹۰۰	٦٢٢-٥٩٠
نقطه اشتعال	۱۵۰ درجه سانتی‌گراد	۲۹۰ درجه سانتی‌گراد
حلالیت در آب	غیر قابل حل	غیر قابل حل
مقدار مصرفی	۲-٤ دهم درصد قیر جدید	۱-۳ درصد قیر

۲-۳ ساخت نمونه های مخلوط آسفالتی

برای ساخت نمونه ها از روش مارشال و با توجه به ترافیک سنگین حاکم بر محور شیراز- اصفهان و برای شبیه سازی شرایط ترافیکی از ۷۵ ضربه در هر طرف برای ساخت نمونه های مارشال استفاده گردید [Planning and Management Org., 1992].

استفاده از درصدهای مختلف مصالح خرده مخلوط آسفالتی در ساخت مخلوط های بازیافتی عملا باعث تغییر در ساختار دانه بندی و خصوصیات فیزیکی آنها از قبیل درصد شکستگی و زاویه اصطکاک داخلی می شود. بنابراین مقایسه استحکام مخلوط های آسفالتی فقط در مواقعی که ساختار دانه بندی و میزان تراکم آنها یکسان باشد (درصد فضای خالی یکسان)، می‌تواند نشانه ای از سختی قیر در آنها باشد. از طرف دیگر سختی قیرهای موجود در مخلوط های آسفالتی بازیافتی با تغییر درصد قیر کلی تغییر می کند. بنابراین مقایسه استحکام مخلوط های آسفالتی با ترکیب و سهم مساوی از مصالح خرده مخلوط آسفالتی فقط در درصد قیر بهینه و با حذف اثر تغییرات درصد قیر خالص ۷۰/٦۰ می‌تواند درک صحیحی از رفتار مخلوط های بازیافتی را بدست دهد. بنابراین، نمونه های مختلف با درصدهای ذکر شده در جدول ۱ ساخته شد و درصد قیر بهینه هر نوع ترکیب مخلوط آسفالتی بدست آمد که در جدول ۷ نشان داده شده است.

دمای اختلاط مخلوطهای آسفالتی داغ معادل ۱۵۰ درجه و دمای اختلاط مخلوط های آسفالتی گرم معادل ۱۲۰ درجه بدست آمده است. افزایش سهم قیر بهینه در مخلوط های آسفالتی تازه با افزودن افزودنیهای مخلوط گرم نشان از حساسیت حرارتی کم کندروانی قیر خالص ٦۰/۷۰ نسبت به افزودنیهای مخلوط گرم دارد، به گونه ای که دمای اختلاط آنها از ۱۲۰ درجه بیشتر بوده است و ساخت نمونه های مخلوط آسفالت گرم در دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس نتوانسته است باعث کاهش درصد قیر بهینه آنها گردد. افزودن قیر خالص به مخلوط های بازیافتی حاوی مصالح

www.SID.ir

Archive of SID

خرده مخلوط آسفالتی باعث کاهش کندروانی قیر و در نتیجه بهبود تراکم پذیری و کاهش درصد قیر بهینه می شود. با توجه به عملکرد افزودنیهای گرم در کاهش دمای اختلاط از طریق کاهش کندروانی قیر در دماهای پایینتر مشاهده می شود که درصد قیر بهینه مخلوط های حاوی مصالح خرده مخلوط آسفالتی با افزودن زایکوترم و ساسوبیت کاهش یافته است. از طرف دیگر با توجه به این که کاهش کندروانی قیر با فرض ثابت بودن ساختار دانه بندی و خصوصیات مصالح سنگی باعث کاهش چسبندگی و در نتیجه کاهش مقاومت برشی خواهد شد که کاهش استحکام مارشال را نیز در بر خواهد داشت که در جدول ۸ نشان داده شده است. سپس بر روی نمونه های ساخته شده، تست خزش دینامیکی و کشش غیر مستقیم انجام شد [Goh et al. 2009].

٤-٢ برنامه آزمایشگاهی

در این پژوهش سه نوع مخلوط آسفالتی داغ، گرم (همراه با افزودنی ساسوبیت) و گرم (همراه با افزودنی زایکوترم) با مقادیر مختلف RAP (۵۰ و ۷۵ درصد) قیر (از ٤ تا ٦ درصد) تهیه و مورد ارزیابی قرار گرفت و برنامه کامل آزمایش ها در جدول ۸ نشان داده شد. آزمایشهای قیر، مارشال، خزش دینامیکی و کشش غیرمستقیم انجام گرفت (تعداد نمونه های ساخته شده ۲۲٦ عدد است). همچنین بمنظور اطمینان از نتایج آزمایشهای بعمل آمده، کلیه نمونه ها بصورت سه بار تکرار انجام شد و نتیجه آن با محاسبه میانگین درج شد.

جدول ۷. درصد قیر بهینه برای ترکیبات مختلف نمونه های مخلوط آسفالتی

نوع ترکیب	علامت اختصاری	درصد قیر بهینه	درصد فضای خالی معادل قیر بهینه	استحکام نظیر قیر بهینه (کیلوگرم)
مخلوط آسفالت داغ (مصالح سنگی تازه+ قیر ٦٠/٧٠)	H0R	٥/٢	٣/٥٣	١٦٧٠
مخلوط آسفالت گرم حاوی زایکوترم (مصالح سنگی تازه+ قیر٦٠/٧٠+ ٠/١ درصد زایکوترم)	W0RZ	٥/٥٥	٣/٤٩٦	١٢٥٤
مخلوط آسفالت گرم حاوی ساسوبیت (مصالح سنگی تازه + قیر ٦٠/٧٠ + ٢ درصدساسوبیت)	W0RS	٥/٧	٤	١١٦١
مخلوط آسفالت داغ (٥٠ درصد RAP+ قیر ٦٠/٧٠)	H50R	٥/٤	٣/٥	٢٠٧٠
مخلوط آسفالت گرم حاوی زایکوترم (٥٠ درصد RAP + قیر ٦٠/٧٠ + ٠/١ زایکوترم)	W50RZ	٤/٩	٣/٤٥	١٣٩١
مخلوط آسفالت گرم حاوی ساسوبیت (٥٠ درصد RAP + قیر ٦٠/٧٠ + ٢ درصد ساسوبیت)	W50RS	٤/٨	٣/٥	١٣٧٠،٤٢
مخلوط آسفالت داغ (٧٥ درصد RAP + قیر ٦٠/٧٠)	H75R	٤/٧٨	٣/٤٨	١٥٤٨
مخلوط آسفالت گرم حاوی زایکوترم (٧٥ درصد RAP + قیر ٦٠/٧٠ + ٠/١ درصد زایکوترم)	W75RZ	٤/٤	٣/٥٤	١٤١٧
مخلوط آسفالت گرم حاوی ساسوبیت (٧٥ درصد RAP + قیر ٦٠/٧٠ + ٢ درصد ساسوبیت)	W75RS	٤/٥	٣/٥٥	١٣٧٢

www.SID.ir

Archive of SID

۳. نتایج و بحث

۳-۱ نتایج استحکام مارشال به روانی

در شکل ۲ تغییرات نسبت استحکام به روانی (سختی) در درصدهای قیر نشان داده شده است. همانطور که دیده می شود در نمونه ها افزودن افزودنیهای مخلوط گرم اگرچه توانسته است، باعث کاهش محسوسی در استحکام نمونه ها شود، اما در میزان روانی آنها تغییر قابل ملاحظه ای ایجاد نکرده است . این به آن معنا است که نسبت مارشال (استحکام به روانی) که بیانگر سختی مخلوط آسفالتی است، با افزودن زایکوترم و ساسوبیت کاهش یافته‌است و احتمالا مخلوطهای فوق دارای عمر خستگی بیشتر و مقاومت بیشتر در برابر ترکهای انقباضی هستند. در نمونه های حاوی ۵۰ درصد RAP نیز افزودن افزودنیهای مخلوط گرم توانسته است باعث کاهش قابل ملاحظه ای در سختی مارشال مخلوطهای بازیافتی شود، اما تاثیر آنها در مخلوطهای بازیافتی حاوی ۷۵ درصد RAP به مراتب کمتر است با توجه به تاثیر کم ۷۵ درصد RAP می‌توان بیان نمود این نوع مخلوط نمی‌تواند موجب بهبود عملکرد خستگی و یا افزایش مقاومت در برابر ترکهای انقباضی گردد و نتایج سایر پژوهشگران نیز همخوانی دارد [Goh and You, 2011] .

۳-۲ آزمایش کشش غیرمستقیم

در این مطالعه آزمایش کشش غیرمستقیم برای مخلوط داغ و گرم با مصالح تازه و دو مقدار (۵۰ و ۷۵ درصد RAP) در دو حالت خشک و تر انجام گرفت که نتایج آن در جدول ۹ و شکل ۳ آمده است، می‌توان دید که اگرچه مقادیر TSR در تمامی حالات کمتر از ۸۵٪ است، ولی با افزایش درصد مصالح خرده مخلوط آسفالتی این نسبت افزایش یافته است که این به این معنی است که حساسیت رطوبتی در مخلوط های بازیافتی پایین تر است. ازسوی دیگر، افزودنی نقش قابل ملاحظه ای در حساسیت رطوبتی نداشته و تفاوتی در مقدار TSR در نمونه های مخلوط داغ و گرم در حالت با یا بدون مواد بازیافتی ایجاد نکرده است [Guo and You, 2016].

بر اساس نتایج ارایه شده در جدول ۹ مشخص است که مخلوط با ۵۰ و ۷۵ درصد RAP دارای مقدار بیشتری نسبت به نمونه های شاهد هستند. در نمونه های شاهد، افزودن ساسوبیت و زایکوترم موجب افزایش مقاومت در حالت خشک و تر به میزان ۱۰ تا ۳۹ درصد شده است که میزان افزایش مقاومت زایکوترم بیشتر از ساسوبیت است. ساسوبیت و زایکوترم در مخلوط با ۵۰ درصد RAP باعث افزایش مقاومت در هر دو حالت خشک و تر شده است ولی در مخلوط با ۷۵ درصد RAP موجب کاهش مقاومت شده است. با این وجود مقدار TSR در نمونه های شاهد و با ۵۰ و ۷۵ درصد RAP با اضافه کردن افزودنی تغییر محسوسی ننموده است. نتایج مشابه در پژوهشات گذشته نیز ارائه شده است [Valdés et al. 2011].

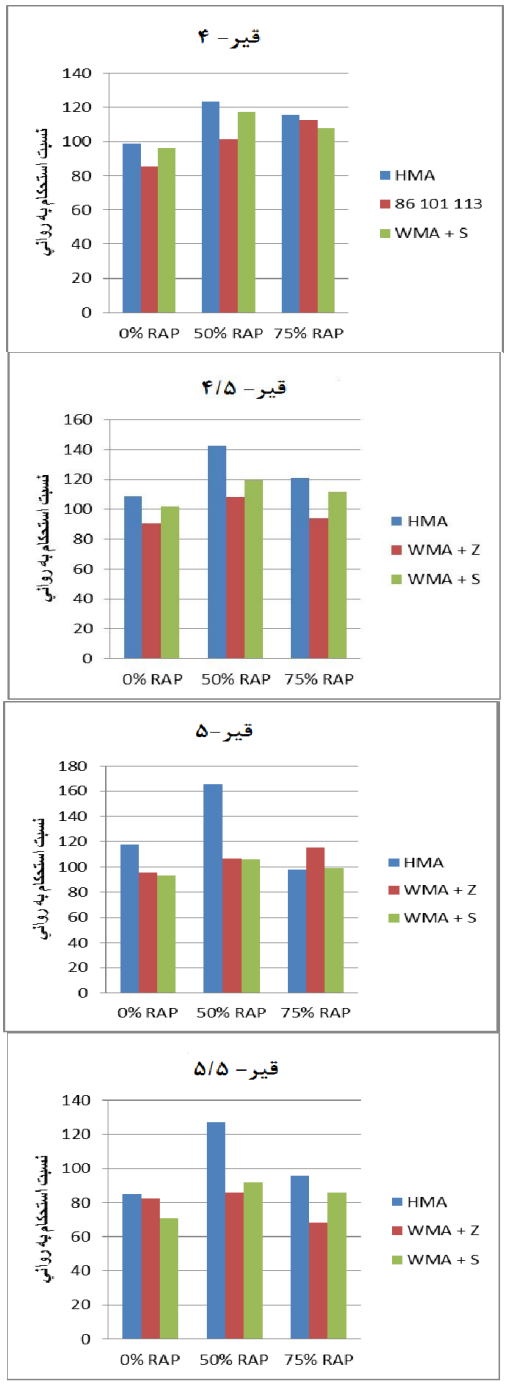
۳-۳ ارزیابی کرنش ماندگار

۳-۳-۱ مخلوطهای آسفالتی داغ

بررسی شکل ٤ نشان می دهد که نرخ تغییرات کرنش ماندگار در آزمایش خزش دینامیکی با افزودن خرده مخلوط آسفالتی کاهش می یابد که نشانگر این واقعیت است که اگرچه مدول برجهندگی کمتر مخلوط های بازیافتی در قیاس با مخلوط های آسفالتی داغ باعث افزایش میزان کرنشهای ماندگار در پالسهای ابتدایی در قیاس با نمونه های دیگر می شود اما کاهش کرنشهای پلاستیک نیز با افزایش سهم مصالح خرده مخلوط آسفالتی میتواند باعث عملکرد بهتر این مخلوطها در پالسهای بیشتر گردد [Hill et al. 2012].

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲. تغییرات نسبت استحکام به روانی (سختی) در درصدهای مختلف قیر (٤، ٤/٥ ، ٥ ،٥/٥)

۳-۳-۲ مخلوطهای آسفالتی گرم با افزودنی ساسوبیت

نرخ تغییرات کرنش ماندگار مخلوطهای آسفالتی گرم با افزودنی ساسوبیت در درصد های مختلف مصالح خرده مخلوط آسفالتی که در شکل ۵ آمده است نشان می‌دهد که افزودن ساسوبیت باعث بهبود مدول برجهندگی در پالسهای اولیه شده است .

۳-۳-۳ نرخ تغییرات کرنش ماندگار مخلوطهای آسفالتی داغ و گرم بدون مصالح خرده مخلوط آسفالتی

نرخ تغییرات کرنش ماندگار مخلوط های آسفالتی گرم و داغ بدون مصالح خرده مخلوط آسفالتی که در شکل ٦ نشان داده شده است بیانگر این است که افزودن ساسوبیت باعث افزایش کرنشهای ماندگار در پالسهای اولیه شده است اما روند تغییرات به گونه ای است که نمونه های حاوی ساسوبیت در پالسهای بالاتر از ۱۵۰۰ کرنشهای ماندگار کمتری را تجربه می‌کنند. افزودن زایکوترم نیز باعث افزایش کرنشهای ماندگار شده است [Mo et al. 2012]

۳-۳-٤ ارزیابی کرنش ماندگار مخلوطهای آسفالتی داغ و گرم در ۵۰ درصد مصالح خرده مخلوط آسفالتی

افزودن ساسوبیت به میزان ۲ درصد وزنی قیر چنانکه در شکل ۷ دیده می‌شود، ابتدا باعث کاهش کرنش ماندگار می‌شود، اما افزایش کرنش پلاستیک را نیز به همراه خواهد داشت که در نهایت باعث افزایش کرنش ماندگار خواهدشد. افزودن زایکوترم نیز باعث افزایش قابلیت شیارشدگی خواهدشد [Saleh, 2016].

www.SID.ir

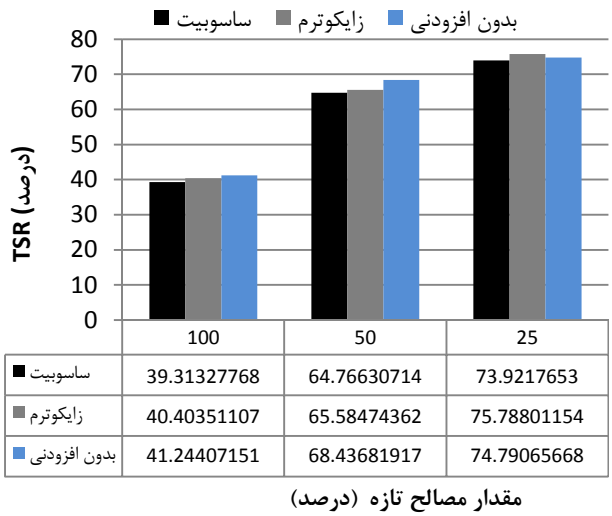
Archive of SID

جدول۸ . برنامه آزمایش های طراحی شده

نمونه مخلوط آسفالتی	مصالح تازه (٪)	مصالح خرده مخلوط آسفالتی (٪)		درصد قیر (٪)			
مخلوط آسفالت داغ (شاهد)	۱۰۰	۰					
	۵۰	۵۰					
	۲۵	۷۵					
مخلوط آسفالت گرم (با ۲ درصد ساسوبیت)	۱۰۰	۰					
	۵۰	۵۰	٤	٤/۵	۵	۵/۵	٦
	۲۵	۷۵					
مخلوط آسفالت گرم (با ۰/۱ درصد زایکوترم)	۱۰۰	۰					
	۵۰	۵۰					
	۲۵	۷۵					

جدول ۹. آزمایش کشش غیر مستقیم برای نمونه های شاهد و مخلوط های آسفالتی گرم

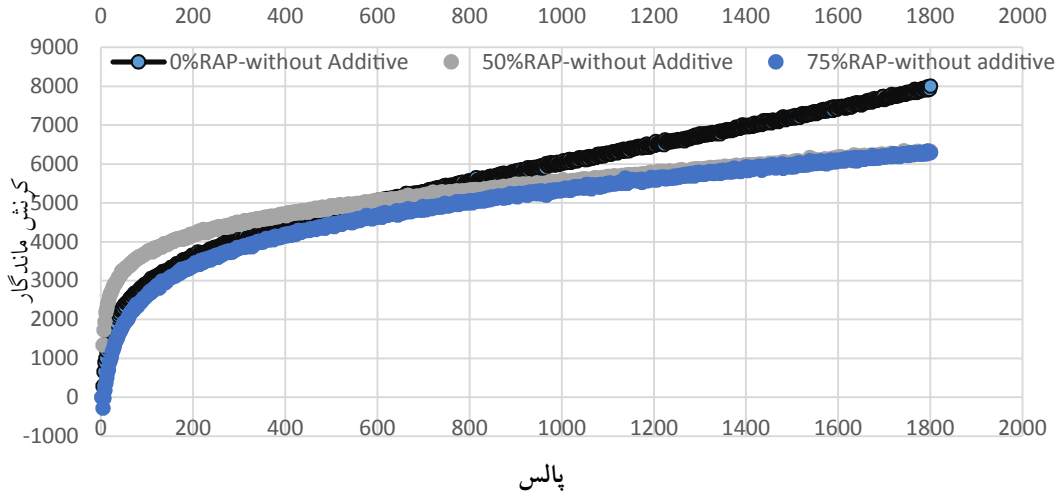
TSR	مقاومت اشباع (کیلوپاسکال)	مقاومت خشک	افزودنی	درصد مصالح سالم
٤۱/۲٤	۲۲/٦۱	۵٤/۸۲	بدون افزودنی	۱۰۰
٦۸/٤٤	۵۰/۲٦	۷۳/٤٤	بدون افزودنی	۵۰
۷٤/۷۹	۸٤/۸۵	۱۱۳/٤۵	بدون افزودنی	۲۵
٤۰/٤۰	۳۰/۸٤	۷٦/۳۳	زایکوترم	۱۰۰
٦۵/۵۸	۵۱/۹۳	۷۹/۱۸	زایکوترم	۵۰
۷۵/۷۹	۷۰/۹۳	۹۳/۵۹	زایکوترم	۲۵
۳۹/۳۱	۲٤/۹٦	٦۳/٤۹	ساسوبیت	۱۰۰
٦٤/۷۷	٦۳/۰۵	۹۷/۳۵	ساسوبیت	۵۰
۷۳/۹۲	۷۳/۷	۹۹/۷	ساسوبیت	۲۵



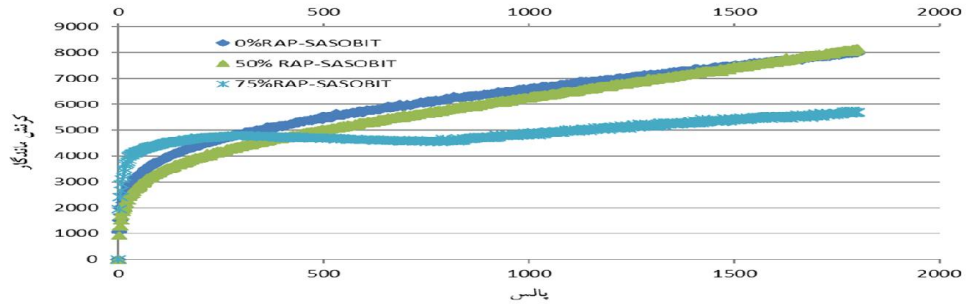
شکل ۳. نسبت مقاومت کششی در حالت خشک به اشباع

www.SID.ir

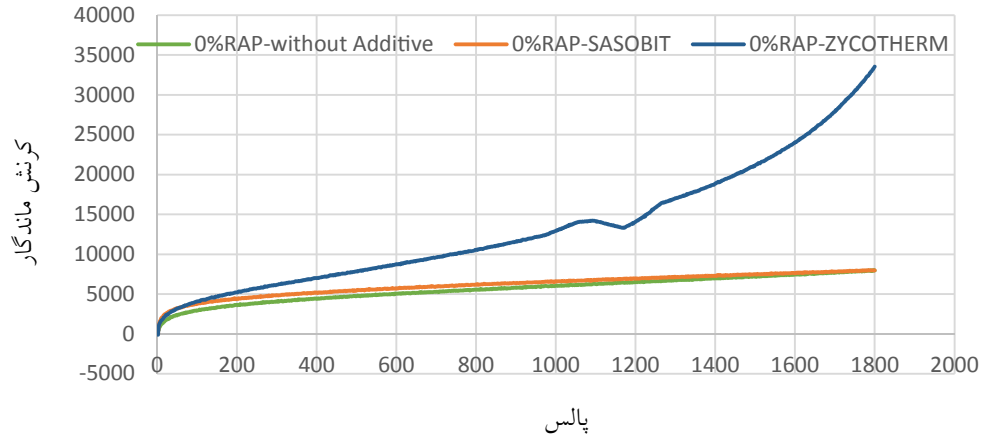
Archive of SID



شکل ٤. نرخ تغییرات کرنش ماندگار مخلوط های آسفالتی داغ با درصد های مختلف مصالح خرده مخلوط آسفالتی در آزمایش خزش دینامیکی



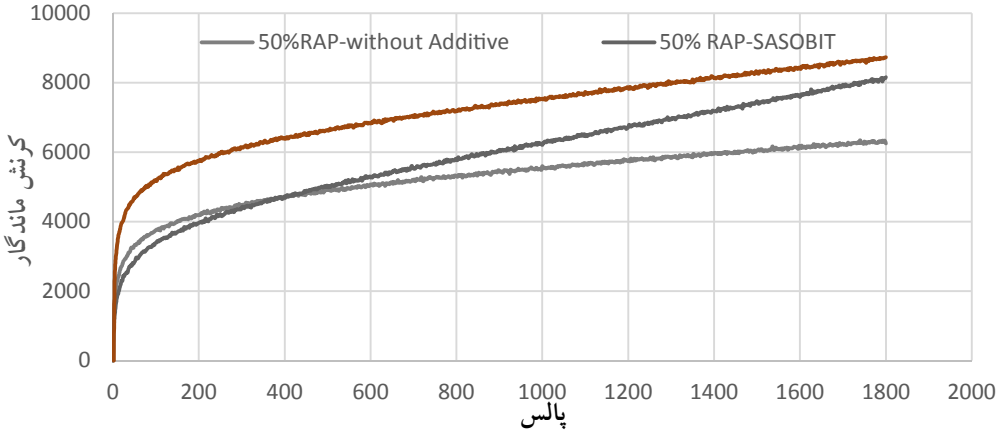
شکل ٥. نرخ تغییرات کرنش ماندگار مخلوط های آسفالتی گرم با افزودنی ساسوبیت در درصد های مختلف مصالح خرده مخلوط آسفالتی



شکل ٦. نرخ تغییرات کرنش ماندگار مخلوط های آسفالتی گرم و داغ بدون مصالح خرده مخلوط آسفالتی

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۷. نرخ تغییرات کرنش ماندگار مخلوط های آسفالتی داغ و گرم در ۵۰ درصد مصالح خرده مخلوط آسفالتی

٤. نتیجه گیری

با توجه به نتایج کامل اشاره شده در قبل بر مبنای روش های پژوهش مطرح شده، نتیجه گیری کلی به عمل آمده بطور خلاصه به شرح زیر است:

۱) بکارگیری افزودنی ساسوبیت در نمونه‌های گرم اثر قابل ملاحظه‌ای روی استحکام مارشال این نوع مخلوط‌ها نسبت به مخلوط‌های آسفالتی گرم داشته است. این در حالی است که نمونه‌های گرم حاوی افزودنی زایکوترم مقادیر استحکام مارشال کمتری در مقایسه با نمونه‌های مخلوط آسفالتی داغ از خود نشان داده‌اند.

۲) اثر افزودنیهای مخلوط گرم در نمونه های حاوی ۵۰ درصد مصالح خرده مخلوط آسفالتی نشان داده است. مشابه حالت قبل نمونه های مخلوط گرم در مقایسه با نمونه های مخلوط آسفالت داغ از استحکام کمتری برخوردار هستند اما با توجه به اینکه دمای اختلاط و تراکم در حدود ۲۰ درجه کاهش یافته است با این وجود تراکم پذیری مخلوط گرم بهتر از نمونه های مخلوط آسفالت داغ است .

۳) در نمونه های شاهد، افزودن افزودنیهای مخلوط گرم اگرچه توانسته است، باعث کاهش محسوسی در استحکام نمونه ها شود اما در میزان روانی آنها تغییر قابل ملاحظه‌ای ایجاد نکرده است. این به آن معنا است که نسبت مارشال (استحکام به روانی) که بیانگر سختی مخلوط آسفالتی است با افزودن زایکوترم و ساسوبیت کاهش یافته است و احتمالا مخلوط های فوق دارای عمر خستگی بیشتر و مقاومت بیشتر در برابر ترکهای انقباضی هستند.

٤) نرخ تغییرات کرنش ماندگار با افزودن خرده مخلوط آسفالتی کاهش می‌یابد که نشانگر این واقعیت است که اگرچه مدول برجهندگی کمتر مخلوط های بازیافتی در قیاس با مخلوطهای آسفالتی گرم باعث افزایش میزان کرنشهای ماندگار در پالسهای ابتدایی در قیاس با نمونه های دیگر می‌شود، اما کاهش کرنشهای پلاستیک نیز با افزایش سهم مصالح خرده مخلوط آسفالتی می‌تواند باعث عملکرد بهتر این مخلوطها در پالسهای بیشتر گردد .

۵) افزودن ساسوبیت باعث افزایش کرنشهای ماندگار در پالسهای اولیه شده است اما روند تغییرات به گونه ای است که نمونه های حاوی ساسوبیت در پالسهای بالاتر از ۱۵۰۰ کرنشهای ماندگار کمتری را تجربه می کنند. افزودن زایکوترم نیز باعث افزایش کرنشهای ماندگار شده است.

٦) افزودن ساسوبیت به میزان ۲ درصد وزنی قیر ابتدا باعث کاهش کرنش ماندگار می‌شود، اما افزایش کرنش پلاستیک را نیز به همراه خواهد داشت که در نهایت باعث افزایش کرنش ماندگار خواهد شد .

۷) افزودن زایکوترم باعث افزایش قابلیت شیارشدگی خواهد شد. افزودن زایکوترم باعث کاهش برگشت پذیری

www.SID.ir

Archive of SID

کرنشهای اعمالی در نمونه های حاوی RAP گردید که می‌تواند به دلیل کاهش کندروانی، افزایش سختی و در نتیجه کاهش انعطاف پذیری قیر ترکیبی در نتیجه افزودن زایکوترم باشد.

۵. پی نوشتها

1. Hot Mix Asphalt (HMA)
2. Warm Mix Asphalt (WMA)
3. Sasobit
4. Reophalt
5. Asphamin
6. Evotherm
7. Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)
8. Maryland
9. Indirect Tensile Strength (ITS)
10. Tensile Strength Ratio (TSR)
11. Zaycoterm

٦. مراجع

– فخری، منصور و نادری، اصغر (۱۳۸۵) " روش های بازیافت سرد و گرم و امکان سنجی اقتصادی آن در ایران"، معاونت آموزش، پژوهشها و فنآوری پژوهشکده حمل و نقل، وزارت راه و شهرسازی.

– سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشو (۱۳۸۱)" آیین نامه روسازی آسفالتی راههای ایران" ، تهران: مرکز پژوهشهای آموزش وزارت راه و ترابری

– سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور (۱۳۸۲) "مشخصات فنی عمومی راه ها"، دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی ،تهران: انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور .

- AASHTO (2006) "Standard practice for sampling aggregates". T-2, Washington, DC.

- Hill, B. (2011) "Performance evaluation of warm mix asphalt mixtures incorporating reclaimed asphalt pavement", University of Illinois At Urbana-Chmpaign.

- Chiu, C., Hsu, T. and Yang, W. (2008) "Life cycle assessment on using recycled materials for rehabilitating asphalt pavements", Resources Conservation and Recycling, Vol. 52, No. 3, pp. 545-556.

Crosson, P., Shalloo, L., O'Brien, D., Lanigan, G. J., Foley, P. A., Boland, T. M., Kenny, D. A. (2011) "A review of whole farm systems models of greenhouse gas emissions from beef and dairy cattle production systems", Animal Feed Science and Technology. Vol. 166–167, pp.29–45.

- D'Angelo, J., Harm, E., Bartoszek, J., Baumgardner, G., Corrigan, M., Cowsert, J., Harman, T., Jamshidi, M., Jones, W., Newcomb, D., Prowell, B., Sines, R. and Yeaton, B. (2008) "Warm-mix asphalt: European practice", FHWA Report No. FHWA-PL-08-007.

- Goh, S.W. and You, Z. (2011) "Mechanical properties of porous asphalt pavement materials with warm mix asphalt and RAP", Journal of Transportation Engineering, Vol. 138, No. 1, pp. 90-97.

- Graham C. and Hurley, B. D. P. (2005) "Evaluation of Aspha-min® Zeolite for use in Warm Mix Asphalt", NCAT Report: pp. 05-04

-Guo, N. and You, Zh. (2016) "Performance evaluation of warm mix asphalt containing reclaimed asphalt mixtures", International Journal of Pavement Engineering, Vol. 138, No. 1, pp. 1-9.

- Hill, B., Behnia, B., Buttlar, W. G. and Reis, H. (2012) "Evaluation of warm mix asphalt mixtures containing reclaimed asphalt pavement through mechanical performance tests and an acoustic emission approach", Journal of Materials in Civil Engineering, Vol. 25, No. 12, p. 1887-1897.

www.SID.ir

Archive of SID

mix asphalt containing recycled asphalt mixtures, pp. 141-149.

- Papagiannakis, A.T. (2008)"Pavement design and materials", New York: John Wiley & Sons, Inc.

- Prowell, B. and Hurley, G. C. (2007) "Warm-mix asphalt: best practices", National Asphalt Pavement Association Quality Improvement Series 125. Lanham, MD.

- McDaniel, Rebecca S. and Shah, A. (2002) "Use of reclaimed asphalt pavement (rap) under Superpave specifications", A regional pooled fund project.

- Saleh, M. (2016) "Laboratory evaluation of warm mix asphalt incorporating high RAP proportion by using evotherm and sylvaroad additives", Construction and Building Materials, Vol. 114, pp. 580-587.

- Valdés, G., Pérez-Jiménez, F., Miró, R., Martínez, A. and Botella, R. (2011) "Experimental study of recycled asphalt mixtures with high percentages of Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)", Construction and Building Materials, Vol. 25, No. 3, pp.1289-1297.

- Yousefi Kebria, D., Moafimadani, S. R. and Goli, Y. (2015) "Laboratory investigation of the effect of crumb rubber on the characteristics and rheological behaviour of asphalt binder", Road Materials and Pavement Design, Vol. 16, No. 4, pp. 946-956.

- Yue, H., Tony, P., Matthew, W., Ciaran and M. (2012) "Risk assessment and life cycle assessment of reclaimed asphalt", In WASCON Conference proceedings.

- Jenkins, K. J., de Groot, J. L. A., de Ven, M. F. C. and Molenaar, A. A. A. (1999) "Half-warm foamed bitumen treatment, a new process", 7th Conference on Asphalt pavement for Southern Africa.

- O'Sullivan, Karen A. and Wall, Ph. A. (2009) "The effects of warm mix asphalt additives on recycled asphalt pavement", Bachelor of Science thesis, Major Qualifying Project, Number: MQPRBM0903, Worcester Polytechnic Institute, USA.

- Kai, S., Ryota, Ma, and Yoshitaka, H. (2009) "Laboratory evaluation of WMA mixture for use in airport pavement rehabilitation", International Journal of Construction and Building Materials, Vol. 23, Issue 7, pp. 2709–2714.

- Mallick, R., Kandhal, P. and Bradbury, R. (2008) "Using warm mix asphalt technology to incorporate high percentage of Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) material in asphalt mixtures", Journal of the Transportation Research Board, Vol. 2051, pp. 71-79.

- Mallick, R., Bergendahl, J. and Pakula, M. (2009) "A laboratory study on CO_2 emission reductions - through the use of warm mix asphalt", Transportation Research Board Annual Meeting Paper #09-1951.

- Mo, L., Li, X., Fang, X., Huurman, M. and Wu, S. (2012) "Laboratory investigation of compaction characteristics and performance of warm mix asphalt containing chemical additives", Construction and Building Materials. Vol. 37, pp. 239-247.

- Guo, N., You, Z., Zhao, Y., Tan, Y. and Diab A. (2014) "Laboratory performance of warm

www.SID.ir

Archive of SID

عارف ابراهیمی بشلی، مدرک کارشناسی خود در رشته مهندسی عمران را در سال ۱۳۷۹ از دانشگاه امام حسین و درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران، گرایش راه و ترابری را در سال ۱۳۹۲ از دانشگاه علوم و پژوهشهای واحد آیت الله آملی اخذ نمود. ایشان در حال حاضر دانشجوی دکتری در رشته مهندسی مدیریت ساخت در دانشگاه آزاد اسلامی است. زمینه های پژوهشی مورد علاقه وی مدیریت پیمان و بهبود روسازی آسفالتی است.

غلامعلی بهزادی، مدرک کارشناسی خود در رشته مهندسی عمران را در دانشگاه علم و صنعت در سال ۱۳٦۷ به اتمام رسانده و مدارج کارشناسی ارشد و دکتری در رشته مهندسی عمران، گرایش راه و ترابری را در دانشگاه نیوساوت ولز NSW استرالیا در سال‌های ۱۳۷۲ و ۱۳۷٦ اخذ نمود. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان، ایمنی در ترافیک، کاربری اراضی و برنامه ریزی حمل و نقل، سیستم‌های حمل و نقل هوشمند، طراحی هندسی راه و راه آهن و عارضه سنجی ترافیکی بناهای جاذب سفر است. وی در حال حاضر عضو هیئت علمی با مرتبه استادیار در دانشگاه شمال و علوم و پژوهشهای آیت الله آملی است.

داریوش یوسفی کبریا، مدرک کارشناسی خود در رشته مهندسی عمران را در دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل در سال ۱۳۷۸ به اتمام رسانده و مدارج کارشناسی ارشد و دکتری در رشته مهندسی عمران، گرایش مهندسی محیط زیست را در دانشگاه تربیت مدرس تهران در سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۸۸ اخذ نمود. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان، ژئوتکنیک زیست محیطی، بیوفنآوری محیط زیست، پاکسازی خاک‌های آلوده نفتی و طراحی تصفیه خانه آب و فاضلاب است. وی در حال حاضر عضو هیئت علمی با مرتبه دانشیاری در دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل است.

مریم تقی زاده خلیلی، درجه کارشناسی خود را در رشته مهندسی عمران در سال ۱۳۸۸ از دانشگاه مازندران و درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران- محیط زیست را در سال ۱۳۹۲ از دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل اخذ نمود. ایشان در حال حاضر دانشجوی دکتری دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل در رشته مهندسی عمران، گرایش مهندسی محیط زیست است. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان تصفیه آب و خاک و مدلسازی در زمینه انتقال آلاینده در آب و خاک است.

www.SID.ir