ارزیابی روغن سوخته و تراشه‌های آسفالتی بر روی برخی خصوصیات مخلوط آسفالتی گرم

مقاله علمی – پژوهشی

سلیمان جمشیدی، دانشجوی دکتری، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
واحد قیاسی، استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده عمران و معماری، دانشگاه ملایر، ایران
*علی قنبری، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده عمران، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
امین زنگنه، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده عمران، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: alighanbari38@yahoo.com

دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۱۹– پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۰۵
صفحه ۱۵۶-۱۴۳

چکیده

در این پژوهش با استفاده از آزمایش تجزیه آسفالت بر اساس استاندارد AASHTO – T164 بررسی می‌شود که روغن سوخته و تراشه‌های آسفالتی چگونه بر روی خصوصیات آسفالت گرم تاثیر می‌گذارند. در این تحقیق روغن سوخته با درصدهای متفاوت به قیر فرسوده شده که با روش استراکشن از آسفالت فرسوده استخراج شده بود اضافه شد و تحت آزمایش های درجه نفوذ و نقطه نرمی قرار گرفت. اضافه کردن ماده جوان کننده باعث افزایش استقامت مارشال گردید علت این امر تامین چسبندگی و پیوستگی لازم بین سنگدانه و مواد قیری می‌باشد ولی با اضافه شدن درصد ماده جوان کننده و افزایش درجه نفوذ قیر، از چسبندگی و پیوستگی مواد قیری و سنگدانه‌ها کاسته می‌شود، که این امر منجر به کاهش استقامت نمونه‌ها خواهد شد که با ۲۰درصد روغن سوخته قیر فرسوده احیاء شده و با استفاده در مخلوط آسفالتی حاصل از اختلاط تراشه‌های آسفالت و مصالح جدید بررسی گردید که استفاده از۵۰ درصد تراشه آسفالت جهت بهبود خصوصیات فیزیکی مخلوط پیشنهاد می‌گردد. نتایج به دست آمده نشان دهنده تاثیر روغن سوخته به عنوان جوان کننده برای قیر فرسوده بوده و با افزایش درصد ماده جوان کننده پارامترهای قیر فرسوده نیز بهبود می‌یابد و همچنین با بالا رفتن درصد تراشه‌های آسفالت (RAP) در نمونه‌های که بدون اضافه‌کردن قیر جدید ساخته شده اند، استحکام و مقاومت نیز افزایش یافته و به تبع آن نسبت مارشال نیز افزایش یافته است.

واژه‌های کلیدی: آسفالت گرم، آسفالت بازیافتی، جوان کننده، روغن سوخته، قیر

۱– مقدمه

در دو دهه اخیر توجه بیشتر به محیط زیست، کاهش دسترسی به قرضه های مصالح سنگدانه‌ای مرغوب، افزایش حجم ترافیک، دشواری شیوه‌های سنتی ترمیم و بهسازی و در مواردی غیر موثر بودن آن‌ها، متولیان راهداری و راهسازی را به استفاده از پتانسیل مصالح روسازی موجود و روش‌های بهسازی موثرتر، مجاب نموده است. بازیافت آسفالت به روش‌های گوناگون سرد و گرم اجرا می‌شود که هر کدام از این روش‌ها به چند طریق اجرا می‌شوند. با توجه به استفاده از تکنولوژی بازیافت آسفالت و ارایه روش‌های متعدد برای اجرای آن، مطالعه و بررسی کلیه

جوانب استفاده از این تکنولوژی را لازم می‌نماید (Wang et al, 2018) (Taherkhani & Noorian, 2021).

به همین منظور در این تحقیق استفاده از تراشه‌های آسفالت در بتن آسفالتی گرم مورد بررسی قرار می‌گیرد در این تحقیق از روغن سوخته (به عنوان جوان ساز) که در حین فرآیند بازیافت به منظور اصلاح خواص قیر به آن اضافه می‌گردد، استفاده می‌شود (شکری، ۱۳۹۲ de (Albuquerque Landi et al 2022; Yi, Xingyu et al 2022). این ایده از نظرمهندسین راه، می‌تواند در زمینه‌های مختلف راهسازی مطرح باشد اما آنچه که بیش از همه مورد توجه قرار گرفته است. بازیابی روسازی‌ها به خصوص بازیابی آسفالت است(Shen et al, 2007).

بازیابی آسفالت یک اندیشه جدید نیست. اولین کاری که در این زمینه انجام گرفت، به سال ۱۹۳۰ بر می‌گردد. در این پژوهش تیلور از دانشگاه لندن مامور بررسی خیابان‌های شهرهای سنگاپور شد. او در پژوهش‌های خود یافت که می‌توان روسازی‌های قدیمی را که سخت شده‌اند با اضافه‌کردن مصالح جدید دوباره بکار گرفت.

او کار خود را در سال ۱۹۳٦ در سنگاپور رها کرد اما گزارشاتی که در مورد این پژوهش در دسترس می‌باشد، حاکی از آن است که پس از چهارده سال خیابان اورجارد احتیاج به نگهداری بسیار کمی داشته به خوبی عمل کرده است(Taylor,1978).

موسسه ASTM کمیته فرعی D-4037 را تحت عنوان "مواد اصلاح کننده قیر در روسازی و مخلوط‌های آسفالتی" تشکیل داد تا درمورد اصلاح کنندها که در روسازی‌های آسفالتی بکار می‌رود، مشخصات لازم را تهیه نمایند. در واقع مسئله از دیدگاه بازیابی آسفالت مورد بررسی قرار گرفت. بعدها انستیتو آسفالت راهنمایی برای بازیابی آسفالت گرم MS-20 و سرد MS-21 ارایه کرد. که علاوه بر روش طراحی آسفالت بازیافتی شامل مختصری از روشهای اجرائی می‌باشد (Shen et al, 2007 b) .

به منظور شناسایی بهتر ترکیبات تشکیل دهنده قیر و نحوه تاثیر مواد جوان کننده و مسائل مربوط به فرسودگی آسفالت لازم است به طور خلاصه به ترکیبات تشکیل دهنده قیر پرداخته شود. از دیدگاه صاحب نظران، قیر آمیزه‌ای از طیف وسیع هیدرو کربورهاست که بصورت جامد، نیمه جامد و مایع با هم ممزوج شده‌اند. قیرها حدوداً از ۸۵ درصد کربن ۱۰ درصدی هیدروژن و ۵ درصد عناصری نظیر گوگرد، اکسیژن و نیتروژن و فلزاتی نظیر وانادیوم، نیکل و آهن تشکیل شده‌اند. بدون در نظر گرفتن منابع و روش انجام فرآیند تولید، قیرها دارای پنج بخش به شرح زیر می باشند:

(Rostler & White,1970)

آسفالتین، ترکیبات قطبی، اسیدهای اولیه، اسید آفین‌های ثانویه و هیدروکربن‌های اشباع شده. اصلاح کننده‌های قیر موادی هستند که یا از پیش به قیر افزوده شده یا در حین تهیه مخلوط‌های آسفالتی به واحد مخلوط کننده کارخانه آسفالت اضافه می‌شوند، تا خواص و عملکرد قیر دارای افزودنی یا مخلوط آسفالتی ساخته شده با آن را بهبود بخشند. پیشینه اصلاح قیر به بیش از نیم‌قرن گذشته بر می‌گردد (Roberts et al, 1991)

امروزه تعداد زیادی از مواد افزودنی به قیر، در صنعت تولید و عرضه می‌شود.

(Moniri et al, .et al, 2021; Loise et al, 2021) 2019; Huang

عمده خواصی که محققین با استفاده از افزودنی‌های مختلف به دنبال بهبود آنها در قیر بوده‌اند عبارت است از ویسکوزیته و سختی بیشتر در دمای بالا، سختی کمتر و نرخ آزادسازی تنش‌های القاشده بیشتر در دمای پایین، و بهبود چسبندگی بین قیر و سنگدانه در حضور رطوبت. رابطه پیچیده‌ای بین ساختار شیمیایی قیر، ساختار کلوئیدی قیر و خواص فیزیکی و رئولوژیکی آن وجود دارد. درکل هر ماده‌ای که ساختار شیمیایی قیر را تغییر دهد؛ به تبع آن خواص آن را تغییر می‌دهد و بنابراین می‌تواند به نوعی اصلاح کننده قیر باشد. قیر اصلاح شده ایده‌آل، قیری است که نسبت به قیر خالص چسبندگی بیشتر و حساسیت دمایی کمتر در دامنه دماهای سرویس‌دهی و گرانروی کافی در دمای اجرا داشته باشد. همچنین حساسیت آن به زمان بارگذاری، کم، و مقاومت آن در برابر تغییر شکل پلاستیک، ترک‌های خستگی و برودتی بالا باشد. نهایتاً خواص آن پس از پیرشدگی، برای سرویس‌دهی یا اجرا، خوب باشد (Brule, 1996)

در اواخر دهه ۱۹۷۰، اروپا در اصلاح قیر پیش‌تر از آمریکا بود. یکی از علل این امر، الزام ارایه ضمانت توسط پیمانکاران اروپایی برای دوام و عمر روسازی بود، که

کاهش هزینه‌های دوره عمر راه را، حتی به قیمت افزایش هزینه اولیه اهمیت می‌بخشید. همین هزینه اولیه نسبتاً بالا در اجرای آسفالت اصلاح شده، مصرف آن را در آمریکا محدود کرده بود. در اواسط دهه ۱۹۸۰ میلادی فناوری اروپایی پلیمرهای جدیدی را عرضه کرد که باعث رشد مصرف قیرهای پلیمری در آمریکا شد (Yildirim, 2007)

جهت بهبود خواص فیزیکی مخلوط‌های آسفالتی از جوان کننده‌ها استفاده می‌گردد. جوان کننده‌ها موادی هستند که به مخلوط آسفالت بازیافت شده اضافه می‌شوند تا اثرات نامطلوب ناشی از فرسودگی را کاهش دهند.
(Willis &.Tran, 2015; Arámbula et al, 2018)

این مواد می‌توانند قیرهای با درجه نفوذ بالا (قیرهای نرم) امولسیون‌های قیری و یا ترکیبات شیمیایی باشند، که وظیفه پایین آوردن ویسکوزیته و بالا بردن درجه نفوذ قیر را دارند (عربانی و همکاران، ۱۳۹۱).

در نگاه اول ممکن است به نظر برسد مواد زیادی وجود دارد که باعث کاهش ویسکوزیته و افزایش درجه نفوذ قیر موجود در آسفالت می‌شود. نکته‌ای که در اینجا می‌باید مد نظر قرار گرفته شود این است که عموماً با بالا رفتن درجه نفوذ پایین‌آمدن ویسکوزیته، پایداری مخلوط تحت تاثیر قرار گرفته و کاهش می‌یابد. بنا به تعریف به قیری پایدار گفته می‌شود که آسفالتین در آن به خوبی حل شده و به طور همگن پراکنده شده باشد و ضمناً ته نشین و لخته نشده باشد (Peterson et al, 1994).

۲- مواد و روش‌ها

در این تحقیق از روغن سوخته خودروها که به فراوانی در در بازار وجود دارد و دسترسی به آن آسان می‌باشد و همچنین به دلیل پایه روغنی بودن به عنوان ماده جوان کننده استفاده گردید. مصالح مورد استفاده در این تحقیق از آسفالت در حال تراش در یکی از مناطق کشور نمونه برداری گردیده‌است، که آسفالت در حال تراش از نوع توپکا (۱۹-۰) بوده و با توجه به بررسی‌ها، این آسفالت حدود ۱۵ سال پیش اجرا گردیده‌است. پس از نمونه برداری مصالح و انتقال آن‌ها به آزمایشگاه نمونه‌ها در دمای ۱۱۰درجه سانتی‌گراد خشک گردیده سپس با استفاده از روش کوارتر کردن به نمونه‌های کوچکتر جهت انجام آزمایش‌های مورد نیاز تقسیم شدند. از آنجا که در این تحقیق سعی در بررسی عملکرد ماده جوان کننده بر آسفالت فرسوده شده نیاز به آزمایش روی نمونه‌های فرسوده آسفالت می‌باشد به طور دقیق‌تر لازم بود تا این مواد به آسفالت تراشیده شده از سطح روسازی اضافه گردد تا اثرات آن مورد بررسی قرار گیرد. آزمایش تجزیه آسفالت بر اساس استاندارد AASHTO – T164 انجام می‌شود که به معنی تفکیک قیرو مصالح از یکدیگر در مخلوط آسفالتی توسط استراکشن می باشد.

۲-۱- مراحل آزمایش

آسفالت را در دمای ۱۱۰ درجه سانتیگراد در گرمخانه قرار داده تا باز شود و پس از خارج نمودن نمونه از گرمخانه و سرد شدن، ۱۲۰۰ گرم از نمونه را در جام دستگاه که قبلاً وزن آن مشخص شده ریخته وزن آن را تعیین می‌کنیم. جداگانه فیلتر (کاغذ صافی) را نیز جداگانه وزن می‌کنیم. جام را در دستگاه سانتریفوژ قرار داده و سپس فیلتر وزن شده را بر روی آن قرار می‌دهیم به در دستگاه را بسته به پیچ‌های موجود بر روی درب آن را محکم می‌کند. با استفاده از اهرم مربوطه شروع به چرخش جام می‌نمایم در حداقل پنج مرحله و در هر مرحله ۵۰۰ میلی لیتر حلال داخلی توسط قیف بالای دستگاه به مصالح ریخته می‌شود و تدریجاً سرعت گردش تنظیم می‌شود به طوری که حداکثر سرعت ۳۸۰۰ دور در دقیقه برسد این کار تا زمانی صورت می‌گیرد که تمام قیر شده و حلال تمیز از دستگاه خارج شود. در مرحله بعد درب دستگاه را باز کرده فیلترو جام را با احتیاط برداشته و در داخل گرمخانه قرار می‌دهیم تا فیلتر و مصالح آسفالت در درجه حرارت ۱۱۰ درجه سانتی گراد خشک شوند پس از خشک شدن آنها فیلتر ، ظرف و مصالح دقیقاً وزن می‌شود عملیات دانه بندی نیز برای مصالح صورت می‌پذیرد سپس نمودار دانه بندی رسم می‌گردد. استفاده از فرمول زیر درصد قیر محاسبه می‌شود.

(۱)

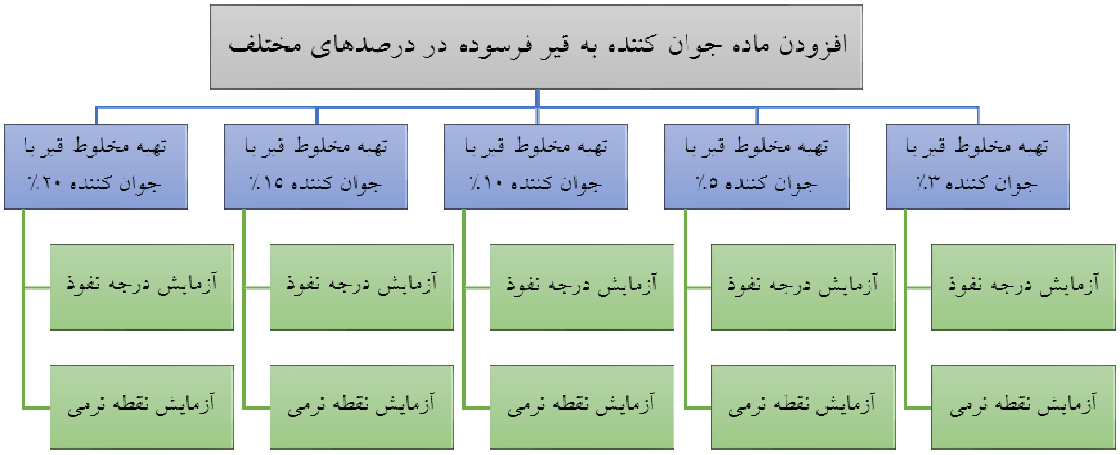
۱۰۰*وزن آسفالت/ وزن قیر= درصد قیر نسبت به آسفالت

پس از جمع‌کردن قیرهای فرسوده آزمایش درجه نفوذ و نقطه نرمی بر روی قیر فرسوده صورت گرفت. به منظور مقایسه تاثیرات جوان کننده در مخلوط‌های آسفالتی فرسوده یک نمونه قیر از ۱۰۰-۸۵ پالایشگاه اراک تهیه و مورد آزمایش قرار گرفت. علاوه بر این نمونه روغن سوخته استفاده شده به عنوان جوان کننده در شکل ۱ نشان داده شده است.

شکل ۱. نمونه روغن سوخته استفاده شده به عنوان جوان کننده

۲-۲- تهیه مخلوط ماده جوان کننده و قیر فرسوده

پس از آن که قیر فرسوده تهیه شد و مشخصات نقطه نرمی و درجه نفوذ آن مورد محاسبه قرار گرفت، نوبت به تهیه مخلوط قیر فرسوده با درصدهای مختلف از ماده جوان کننده می‌باشد در این تحقیق به ترتیب صفر،۱۵،۱۰،۵،۳ و ۲۰درصد از ماده جوان کننده (روغن سوخته) به قیر فرسوده اضافه شد، سپس مجدداً پارامترهای درجه نفوذ و نقطه نرمی مورد محاسبه قرار گرفت، که نمودار انجام آزمایشات در این مرحله به صورت زیر در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲. اختلاط ماده جوان کننده با قیر فرسوده

۳- نتایج و بحث

مطابق اطلاعات موجود و آزمایشات ترکیبات شیمیایی، روغن سوخته مورد تحقیق به صورت زیر آنالیز گزارش شده‌است:

درصد آسفالتین= حدود صفردرصد

درصد هیدروکربن‌های اشباع = حدود ۵۲درصد

درصد ترکیبات آروماتیک قطبی= حدود ۱۴ درصد

درصد ترکیبات آروماتیک نفتی= حدود ۳۴ درصد

همانطور که دیده می‌شود درصد آسفالتین‌های این ماده نزدیک به صفر گزارش شده‌است مطابق نظر برخی از محققین وجود آسفالتین برای حفظ استقامت مخلوط لازم است. مطابق نظر آنان قیر مصرفی در راهسازی باید حداقل ۱۲ درصد آسفالتین داشته باشد تا پایداری و دوام مناسب را تأمین نماید. البته با توجه به این نکته که آسفالت بازیافت شده خود دارای دست بالای آسفالتین می‌باشد اضافه کردن

این بخش به ترکیبات شیمیایی ماده جوان کننده لزومی نخواهد داشت. وجود درصد بالای مالتین در ترکیبات این ماده نشان دهنده پایین بودن ویسکوزیته و بالا بودن درصد نفوذ است که تامین کننده معیارهای رئولوژیکی ماده مورد نظر است. با توجه به آزمایشات انجام شده می‌توان بیان کرد که نتایج حاصله نشان دهنده سخت شدن قیر و ایجاد عمل اکسیداسیون در محیط بر روی قیر می‌باشد.

این فرسودگی سبب ایجاد ترک‌های طولی و عرضی و در نهایت ایجاد ترک های پوست سوسماری در سطح راه گردیده است. جدول ۱ نتایج آزمایش درجه نفوذ و نقطه نرمی قیر فرسوده را نشان می‌دهد. در این مرحله یک نمونه قیر تازه با درجه نفوذ ۸۵–۱۰۰ مربوط به پالایشگاه اراک که از کارخانه آسفالت رومیه نمونه برداری شده بود به منظور کنترل اولیه مورد آزمایشات نقطه نرمی و درجه نفوذ قرار گرفت، که نتایج آنها در جدول زیر می‌باشد. جدول ۱ نتایج آزمایش قیر تازه ۱۰۰–۸۵ می‌باشد.

جدول ۱. نتایج آزمایش درجه نفوذ و نقطه نرمی قیر فرسوده

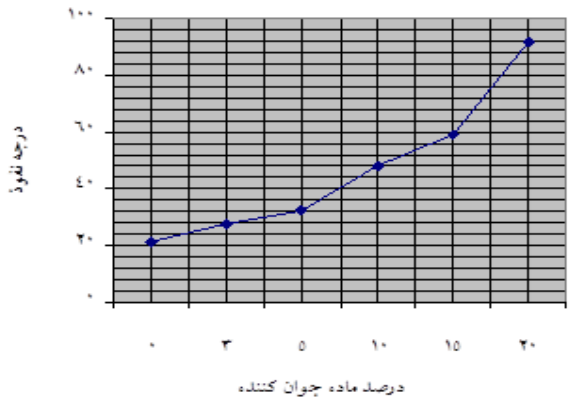
	درجه نفوذ (دهم میلی‌متر)		نقطه نرمی (سانتی گراد)	
نوع قیر	قیر فرسوده	قیر ۸۵/۱۰۰	قیر فرسوده	قیر ۸۵/۱۰۰
مقادیر	۲۱	۹٤	۸۰	٤٥

پس از انجام آزمایش درجه نفوذ و نقطه نرمی بر روی نمونه‌های مخلوط شده قیر فرسوده و ماده جوان کننده، نتایج به دست آمده نشان دهنده تاثیر روغن سوخته به عنوان جوان کننده برای قیر فرسوده بوده و با افزایش درصد ماده جوان کننده پارامترهای قیر فرسوده نیز بهبود می‌یابد و در بهترین حالت پارامترهای درجه نفوذ و نقطه نرمی در ۲۰ درصد ماده جوان کننده به قیر تازه ۱۰۰–۸۵ نزدیک می‌باشد. نتایج این آزمایشات در جدول ۲ نشان داده شده‌است و همچنین در شکل ۳ نتایج آزمایش درجه نفوذ و در شکل ٤ نتایج آزمایش نقطه نرمی را مشاهده می‌شود.

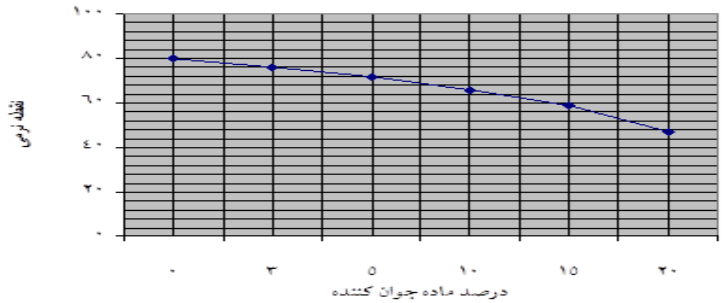
با بررسی نتایج حاصل از آزمایشات درجه نفوذ و نقطه نرمی بر روی مخلوط ماده جوان کننده (روغن سوخته) و قیر فرسوده مشخص گردید که مشخصات قیر فرسوده با۲۰ درصد ماده جوان کننده به بهترین حالت و به محدود استاندارد ارتقاء یافته است. جهت ادامه مراحل آزمایشات و ساخت نمونه‌های آسفالت از ۲۰ درصد ماده جوان کننده استفاده می‌نماییم.

جدول ۲. نتایج آزمایشات بر روی مخلوط قیر فرسوده و ماده جوان کننده

درصد ماده جوان کننده	درجه نفوذ (دهم میلی‌متر)	نقطه نرمی (سانتی گراد)
صفر درصد	۲۱	۸۰
۳ درصد	۲۷/۳	۷٦
۵ درصد	۳۲	۷۲
۱۰ درصد	٤۸/۳	٦٦
۱۵درصد	۵۹	۵۹
۲۰ درصد	۹۲	٤۷



شکل۳. نتایج آزمایش درجه نفوذ با توجه به استفاده از ماده جوان کننده



شکل ٤. نتایج آزمایش نقطه نرمی با توجه به استفاده از ماده جوان کننده

پس از انجام آزمایشات بر روی قیر فرسوده و مشخص شدن میزان درصد مواد جوان کننده (۲۰درصد) مورد نیاز جهت احیا و بهبود خصوصیات فیزیکی قیر فرسوده می‌بایست جهت مشخص‌شدن اثر جوان‌کننده بر خصوصیات فیزیکی آسفالت، نمونه‌های مارشال که از اختلاط تراشه‌های آسفالت فرسوده (RAP) در درصدهای مختلف (۷۵،۵۰و۱۰۰درصد) با مصالح جدید جهت ساخت بتن آسفالتی گرم تهیه گردد و بر روی آنها آزمایشات استحکام و روانی به عمل آید. همان طور که در مراحل تعیین میزان مصرف جوان کننده مشخص شد قیر فرسوده با میزان ۲۰ درصد وزنی روغن سوخته احیا شده و خصوصیات آن متناسب با مشخصات قیر خالص ۸۵-۱۰۰ می‌شود. نتایج حاصل از آزمایش مارشال بر روی قیر فرسوده در جدول ۳ نشان دهنده بالا بودن استحکام (مقاومت) و پایین بودن روانی نمونه‌ها است. که به دلیل فرسودگی قیر و اکسیداسیون صورت گرفته و پریدن مالتین موجود در قیر که سبب سخت شدن قیر شده‌است. با توجه به بررسی‌های صورت گرفته مشاهده می‌گردد آسفالت فرسوده که بدون اضافه نمودن مواد جوان کننده و قیر تازه مورد آزمایش مارشال قرار گرفته دارای مقاومت بسیار بالا (۲۵۵۷ کیلوگرم) و روانی پایین (۱/۳میلی‌متر) و خارج از مشخصات می‌باشد که سبب شده نسبت مارشال بسیار بالا (۲۰۱۳کیلوگرم بر میلی‌متر) به دست بیاید و این سبب سخت شدن آسفالت و در نهایت ایجاد ترک در سطوح راه می‌گردد. در ادامه انجام آزمایشات با اضافه نمودن مواد جوان کننده (روغن سوخته) به آسفالت و بدون اضافه نمودن هرگونه مصالح جدید و قیر تازه مشاهده می‌گردد تا حدود زیادی خصوصیات آسفالت تغیر یافته و با توجه به مقاومت و روانی نسبت مارشال با عدد ۳۹۲ کیلوگرم بر میلی‌متر مربع بسیار به حد استاندارد نزدیک شده است. در ادامه و در مراحل بعدی با اضافه‌نمودن قیر تازه به مصالح مشاهده می‌گردد که باز نتایج بهبود بیشتری یافته و به مشخصات نزدیک‌تر می‌شود شکل‌های ۵ تا ۱٦ نشان دهنده نتایج آزمایشات و مقایسه نتایج می‌باشند. در این شکل‌ها R75 نشان دهنده درصد استفاده از تراشه‌های آسفالت فرسوده در بتن آسفالتی گرم می‌باشد و R75-1 نشان دهنده یک درصد قیر تازه اضافه شده به مخلوط است.

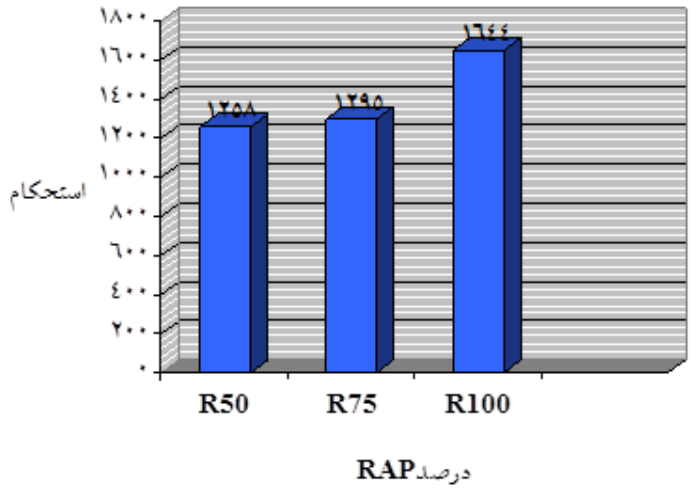
جدول۳. نتایج آزمایش مارشال بر روی قیر فرسوده

شماره نمونه	مقاومت	ضریب رینگ	استحکام (کیلوگرم)	میانگین استحکام (کیلوگرم)	فلو متر	نرمی (میلی‌متر)	میانگین نرمی (میلی‌متر)	درصد قیر بهینه	نسبت مارشال
۱	۷۴۰	۳/۶۵۳	۲۷۰۳/۲۲	۲۵۵۷	۵۵	۱/۳۹۷	۱/۳	۷/۱۶	۲۰۱۳
۲	۶۶۰	۳/۶۵۳	۲۴۱۰/۹۸		۴۵	۱/۱۴۳			

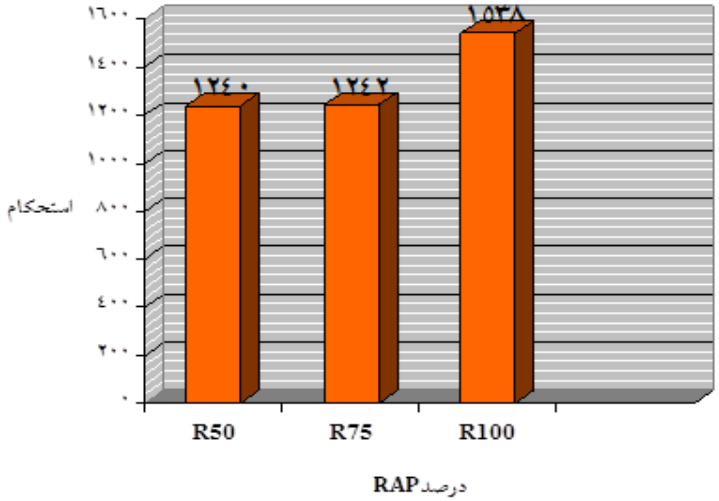
علاوه بر این نتایج حاصل از آزمایش مارشال بر روی نمونه‌های متراکم شده در جدول ٤ معین شده است.

جدول ٤. نتایج آزمایش مارشال بر روی نمونه‌های متراکم شده

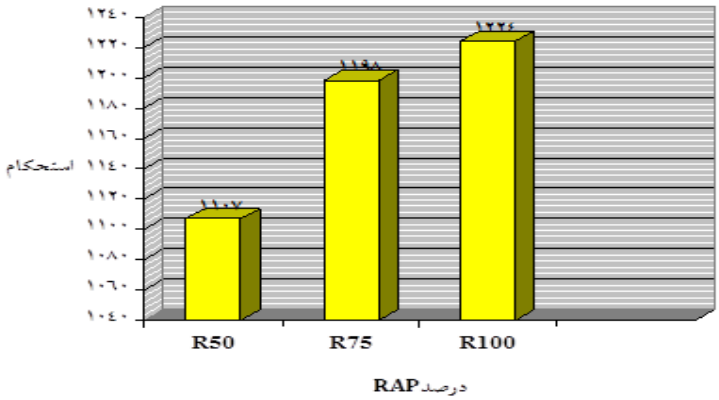
نتایج آزمایش استحکام و روانی AASHTO-T245												
شماره نمونه	وزن مخصوص حقیقی	میانگین وزن مخصوص	مقاومت	ضریب رینگ	استحکام	میانگین استحکام	فلومتر	نرمی	میانگین نرمی	درصد قیر بهینه	نسبت مارشال	درصد RAP
۱	۲,۳۸۹	۲,۳۹۰	٤٦۹	۳,٦۵۳	۱۷۱۳,۳	۱٦٤٤	۱۷۰	٤,۳	٤,۲	۳,٦	۳۹۲	R۱۰۰-۰
۲	۲,۳۹۱		٤۳۱	۳,٦۵۳	۱۵۷٤,٤		۱٦۰	٤,۱				
۳	۲,٤۱۳	۲,٤۱۷	٤۱۱	۳,٦۵۳	۱۵۰۱,٤	۱۵۳۸	۱۹۰	٤,۸	٤,۷	٤,٦	۳۲۷	R۱۰۰-۱
٤	۲,٤۲۱		٤۳۱	۳,٦۵۳	۱۵۷٤,٤		۱۸۰	٤,٦				
۵	۲,۳۹۳	۲,۳۹۵	۳۲۰	۳,٦۵۳	۱۱٦۹	۱۲۲٤	۲٦۰	٦,٦	٦,۹	۵,٦	۱۷۸	R۱۰۰-۲
٦	۲,۳۹۸		۳۵۰	۳,٦۵۳	۱۲۷۸,٦		۲۸۰	۷,۱				
۷	۲,۳۹۵	۲,۳۹۰	۳۵۲	۳,٦۵۳	۱۲۸۵,۹	۱۲۹۵	۱٤۰	۳,٦	۳,۷	۳,۹	۳۵۲	Rv۵-۰
۸	۲,۳۸٤		۳۵۷	۳,٦۵۳	۱۳۰٤,۱		۱۵۰	۳,۸				
۹	۲,٤۳۱	۲,٤۲٦	۳٤٦	۳,٦۵۳	۱۲٦۳,۹	۱۲٤۲	۱٦۵	٤,۲	٤,۰	٤,۹	۳۱۰	Rv۵-۱
۱۰	۲,٤۲۱		۳۳٤	۳,٦۵۳	۱۲۲۰,۱		۱۵۰	۳,۸				
۱۱	۲,٤۱۹	۲,٤۱۳	۳۱٤	۳,٦۵۳	۱۱٤۷	۱۱۰۷	۱۷۵	٤,٤	٤,٦	۵,۹	۲۳۹	Rv۵-۲
۱۲	۲,٤۰٦		۲۹۲	۳,٦۵۳	۱۰٦٦,۷		۱۹۰	٤,۸				
۱۳	۲,۳۹۹	۲,۳۸۹	۳٤۵	۳,٦۵۳	۱۲٦۰,۳	۱۲۵۸	۱٦۰	٤,۱	٤,۲	٤,۲	۳۰۰	R۵۰-۰
۱٤	۲,۳۷۸		۳٤٤	۳,٦۵۳	۱۲۵٦,٦		۱۷۰	٤,۳				
۱۵	۲,٤۲۵	۲,٤۲۱	۳٤٤	۳,٦۵۳	۱۲۵٦,٦	۱۲٤۰	۱۹۰	٤,۸	۵,۰	۵,۲	۲۵۰	R۵۰-۱
۱٦	۲,٤۱٦		۳۳۵	۳,٦۵۳	۱۲۲۳,۸		۲۰۰	۵,۱				
۱۷	۲,٤۰۱	۲,٤۱۰	۳۳۰	۳,٦۵۳	۱۲۰۵,۵	۱۱۹۸	۲۳۰	۵,۸	٦,۰	٦,۲	۲۰۱	R۵۰-۲
۱۸	۲,٤۱۸		۳۲٦	۳,٦۵۳	۱۱۹۰,۹		۲٤۰	٦,۱				



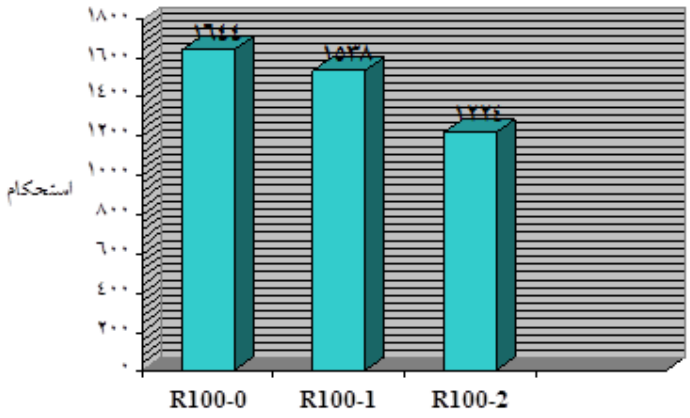
شکل ۵. استحکام بدون افزودن قیر اضافی



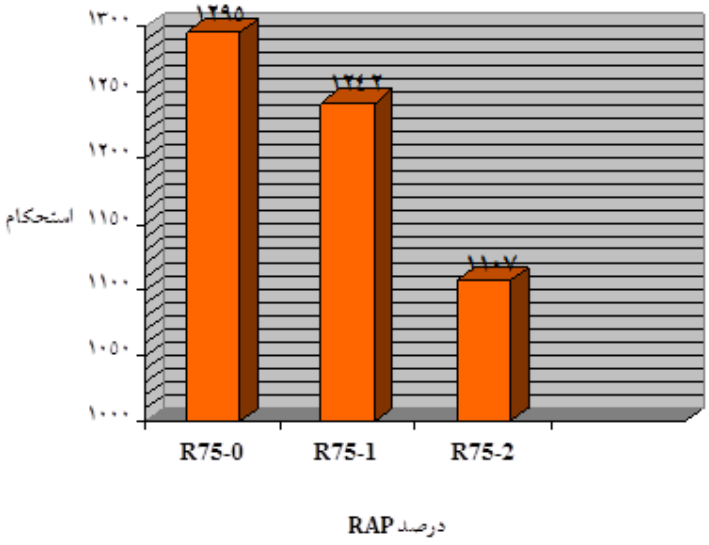
شکل٦. استحکام با افزودن ۱درصد قیر اضافی



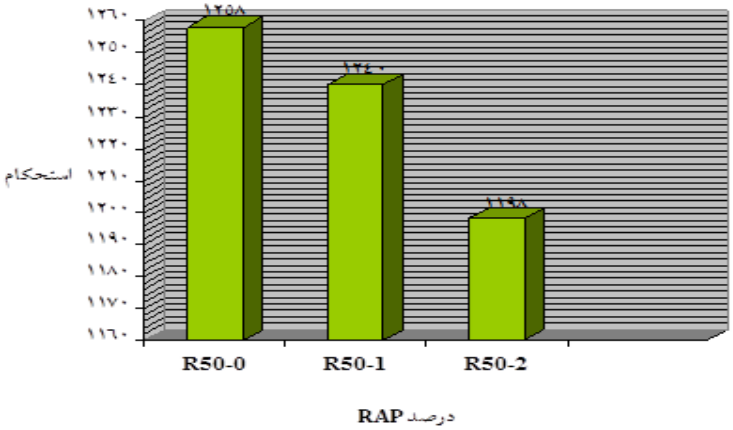
شکل۷. استحکام با افزودن ۲درصد قیر تازه



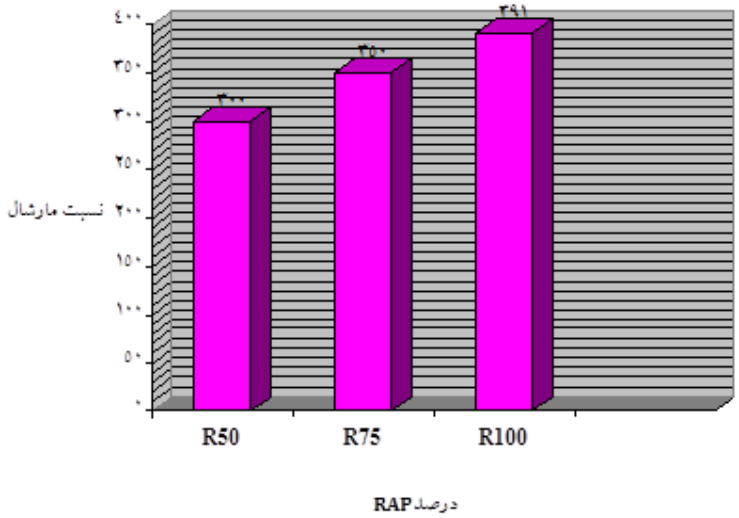
شکل ۸ استحکام در R100 با صفر ،۱و۲ درصد قیر تازه



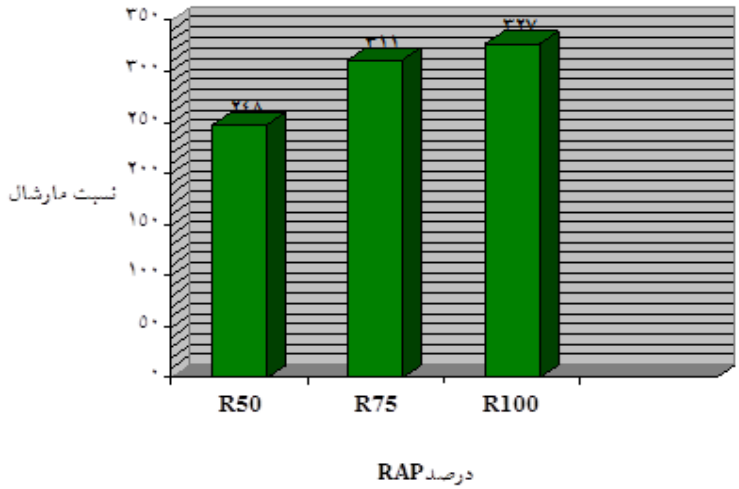
شکل ۹. استحکام در R75 با صفر ، ۱ و ۲ درصد قیر تازه



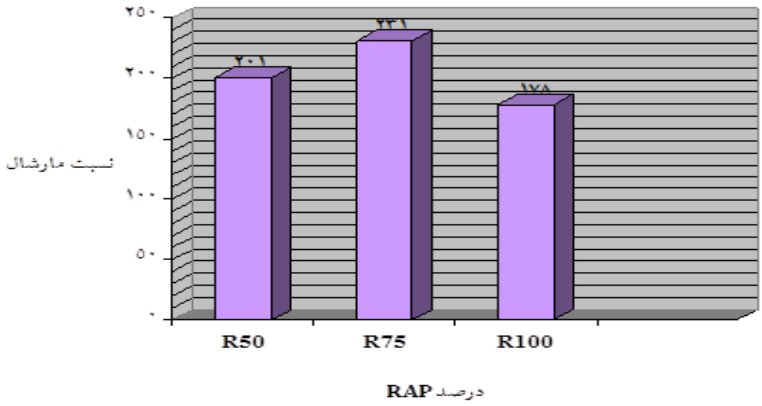
شکل ۱۰. استحکام درR50 با صفر ، ۱ و ۲ درصد قیر تازه



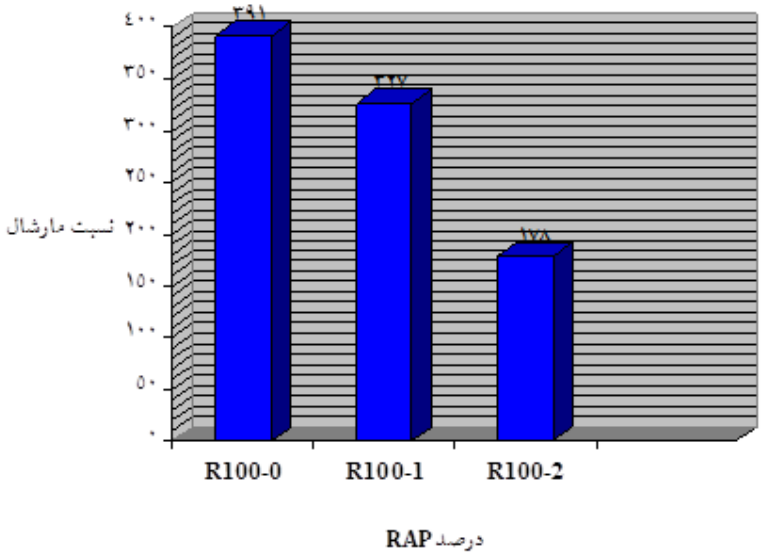
شکل ۱۱. نسبت مارشال بدون افزودن قیر اضافی



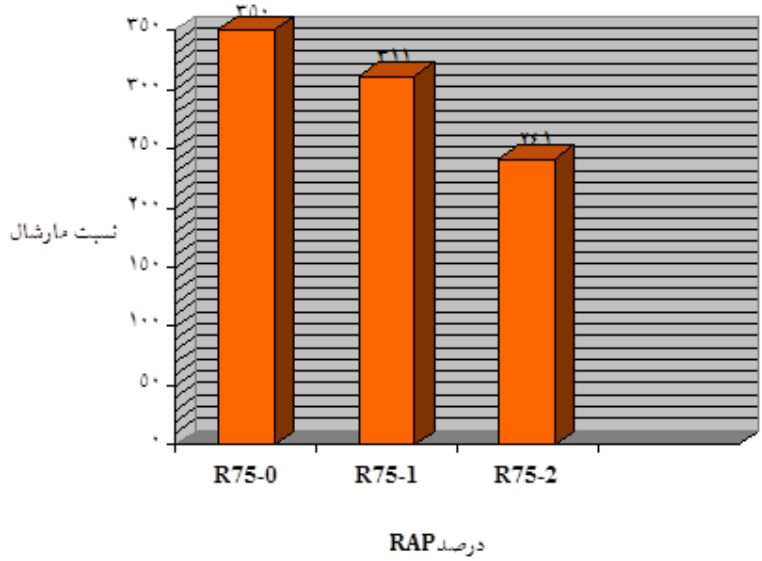
شکل ۱۲. نسبت مارشال با افزودن ۱ درصد قیر تازه



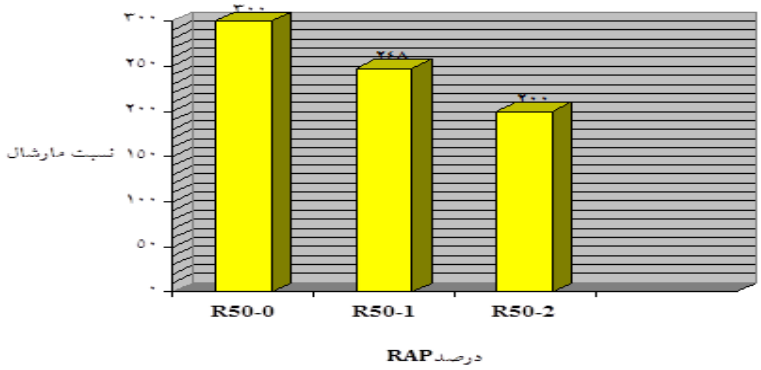
شکل ۱۳. نسبت مارشال با افزودن ۲ درصد قیر تازه



شکل ١٤. نسبت مارشال در R100 با صفر ،١و٢ درصد قیر تازه



شکل ١٥. نسبت مارشال در R75 با صفر ، ١ و ٢ درصد قیر تازه



شکل ١٦. نسبت مارشال در R50 با صفر، ١و٢ درصد قیر تازه

همانطور که در شکل ۵ مشاهده می‌گردد با بالا رفتن درصد تراشه های آسفالت (RAP) در نمونه‌های که بدون اضافه کردن قیر جدید ساخته شده‌اند، استحکام و مقاومت نیز افزایش یافته و به تبع آن نسبت مارشال نیز که در شکل ۱۱ نشان داده شده افزایش یافته است با در نظر گرفتن اینکه برای نسبت مارشال مقدار حداکثری ۳۰۰ کیلوگرم بر میلی‌متر در طرح اختلاط‌ها در نظر گرفته می‌شود مناسب ترین نسبت مارشال در R50 مشاهده می‌گردد.

با بررسی نتایج آزمایشات در شکل‌های ۸ ، ۹ و ۱۰ که مربوط به درصد تراشه‌های استفاده شده با درصد قیرهای مختلف می‌باشد. مشاهده می‌گردد با افزایش مقداری قیر تازه در هر سه مرحله خصوصیات فیزیکی مورد نیاز بهبود بهتری می‌یابد و با افزودن دو درصد قیر تازه مشاهده می‌شود، اختلاف بیشتری در مقاومت‌ها به دست می‌آید و این به دلیل افزودن درصد مالتین موجود در قیر و انعطاف پذیر شدن آسفالت می‌باشد. همچنین نسبت مارشال نشان داده‌شده در شکل‌های ١٤، ١٥ و ١٦ نیز به مقدار هدف نزدیکتر شده و مشخصات بهبود یافته است. در نهایت با توجه به مشخصات فنی و آئین نامه‌های موجود و همچنین در بررسی نسبت مارشال که معرف پایداری مخلوط آسفالتی بوده و انطباق نتایج با استانداردها، استفاده از ۵۰ درصد تراشه‌های آسفالتی(R50-1) و با اضافه نمودن یک درصد قیر تازه برای بازیافت گرم کارخانه‌ای به عنوان بهترین درصد اختلاط در این تحقیق پیشنهاد می‌گردد.

٤- نتیجه‌گیری

در این تحقیق روغن سوخته با درصدهای متفاوت به قیر فرسوده شده که با روش استراکشن از آسفالت فرسوده استخراج شده بود اضافه شد و تحت آزمایش‌های درجه نفوذ و نقطه نرمی قرار گرفت.

به عنوان شاهد برای آزمایش‌های بعدی یک نمونه قیر ۱۰۰-۸۵ نیز تهیه و جهت مقایسه با قیر فرسوده و ماده جوان کننده مورد آزمایش قرار گرفت که با توجه به نتایج آزمایشات به ذیل گزارش شده‌است:

با انجام آزمایش تجزیه آسفالت و تهیه قیر و سپس انجام آزمایش درجه نفوذ و نقطه نرمی بر روی مخلوط قیر و ماده جوان کننده مشاهده شد، که افت درجه نفوذ در قیر پیرشده با افزودن جوان کننده اصلاح شده و درجه نفوذ افزایش می‌یابد که به بهبود خواص عملکردی قیر در طول عمر سرویس دهی رویه آسفالتی می‌انجامد.

اضافه کردن ماده جوان کننده باعث افزایش استقامت مارشال گردید علت این امر تامین چسبندگی و پیوستگی لازم بین سنگدانه و مواد قیری می‌باشد ولی با اضافه شدن درصد ماده جوان کننده و افزایش درجه نفوذ قیر، از چسبندگی و پیوستگی مواد قیری و سنگدانه‌ها کاسته می‌شود، که این امر منجر به کاهش استقامت نمونه‌ها خواهد شد. از آنجا که ماده جوان کننده روغن سوخته به فراوانی در بازار وجود دارد و قیمت آن نیز بسیار از جوان کننده‌های دیگر مانند سایکلوژن پایین‌تراست، استفاده از آن از لحاظ اقتصادی بسیار به صرفه خواهد بود. با توجه به اینکه ترکیبات ماده جوان کننده دقیقاً همان ترکیباتی هستند که در فرایند فرسودگی قیر آسیب پذیر و دچار تغییرات شیمیایی شده که منجر به کاهش قابل توجه خصوصیات عملکردی قیر و در نتیجه بروز خرابی‌های اساسی در رویه‌های آسفالتی به مرور زمان می‌شوند، نتایج قابل قبولی در جهت بهبود خواص عملکردی مخلوط آسفالتی از طریق اصطلاح خاص قیر پیر حاصل شد.

از آنجا که روغن سوخته یک برش نفتی می‌باشد ترکیبات آن مشابه ترکیبات قیر است و هیچ گونه ناسازگاری اعم از جدا شدن ترکیبات از هم و یا ایجاد کف و یا روزدگی روغن‌های نفتی در مخلوط آسفالت مشاهده نگردید.

در این تحقیق پس از اختلاط قیر فرسوده با درصدهای مختلف ماده جوان کننده (روغن سوخته) و انجام آزمایشات درجه نفوذ و نقطه نرمی بر روی مخلوط حاصل مشاهده گردید که مشخصات قیر فرسوده با افزودن ۲۰ درصد ماده جوان کننده (روغن سوخته) متناسب با مشخصات قیر ۱۰۰-۸۵ می‌شود. بنابراین جهت ادامه آزمایشات و ساخت نمونه‌های آسفالت میزان ماده جوان ساز ۲۰ درصد تعیین گردید. جهت تعیین میزان درصد استفاده از تراشه‌های آسفالت فرسوده در بتن آسفالتی گرم، با اختلاط ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد از تراشه‌های آسفالت فرسوده با مصالح جدید و۲۰ درصد ماده جوان کننده و در بعضی از نمونه‌ها استفاده از قیر تازه، نمونه‌های مارشال بر اساس استاندارد ASTM - 1559 تهیه گردید. و انجام آزمایشات استحکام و روانی با استفاده از استاندارد AASHTO - T245 برروی نمونه‌ها صورت گرفت که در نهایت با بررسی نتایج حاصل و در نظر گرفتن نسبت مارشال استفاده از ۵۰ درصد تراشه‌های آسفالت فرسوده با اضافه کردن یک درصد قیر تازه (R50 -1) به عنوان بهترین درصد اختلاط پیشنهاد می‌گردد.

۵- مراجع

- شکری، م.، (۱۳۹۲)، "بررسی کاربرد مواد جوانساز برای کم کردن اثر پیر شدگی قیر در آسفالت"، هفتمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشکده مهندسی شهید نیکبخت زاهدان.

- عربانی، م. بنی میرزا آبکنار، م. و شیخ سندیانی، ش.، (۱۳۹۱)، "بررسی تاثیر ماده جوانساز روی مدل دینامیکی مخلوطهای آسفالتی حاوی مصالح خرده آسفالتی (RAP)"، دومین کنفرانس ملی یافته‌های نوین در مهندسی عمران، آذر.

- احمدی، م.ر.، (۱۳۹۷)، "ارزیابی مخلوطهای بازیافتی به وسیله جوان ساز روغن سوخته"، پایان‌نامه، دانشگاه آزاد ملایر، خرداد.

-Arámbula-Mercado, E., Kaseer, F., Martin, A. E., Yin, F., & Cucalon, L. G., (2018), "Evaluation of recycling agent dosage selection and incorporation methods for asphalt mixtures with high RAP and RAS contents", Construction and Building Materials, 158, pp.432-442.

-Brule, B., (1996), "Polymer-modified asphalt cements used in the road construction industry: basic principles", Transportation Research Record, 1535(1), pp.48-53.

-De Albuquerque Landi, F. F., Fabiani, C., Castellani, B., Cotana, F., & Pisello, A. L., (2022), "Environmental assessment of four waste cooking oil valorization pathways", Waste Management, 138, pp.219-233.

-Huang, W., Guo, Y., Zheng, Y., Ding, Q., Sun, C., Yu, J., & Yu, H., (2021), "Chemical and rheological characteristics of rejuvenated bitumen with typical rejuvenators", Construction and Building Materials, 273, 121525.

-Loise, V., Calandra, P., Abe, A. A., Porto, M., Rossi, C. O., Davoli, M., & Caputo, P. (2021), "Additives on aged bitumens: what probe to distinguish between rejuvenating and fluxing effects", Journal of Molecular Liquids, 116742.

-Peterson, G. D., Davison, R. R., Glover, C. J., & Bullin, J. A., (1994), "Effect of composition on asphalt recycling agent performance", Transportation Research Record, (1436).

-Roberts, F. L., Kandhal, P. S., Brown, E. R., Lee, D. Y., & Kennedy, T. W., (1991), "Hot mix asphalt materials, mixture design and construction".

-Rostler, F. S., & White, R. M., (1970), "Rejuvenation of Asphalt Pavements. Materials Research and Development Inc Oakland Ca Oakland United States".

-Shen, J., Amirkhanian, S., & Aune Miller, J., (2007), "Effects of rejuvenating agents on superpave mixtures containing reclaied asphalt pavement", Journal of materials in civil engineering, 19(5), pp.376-384.

-Shen, J., Amirkhanian, S., & Tang, B. (2007 b), "Effects of rejuvenator on performance-based properties of rejuvenated asphalt binder and mixtures", Construction and building materials, 21(5), pp.958-964.

-Taherkhani, H., & Noorian, F., (2021), "Laboratory investigation on the properties of asphalt concrete containing reclaimed asphalt pavement and waste cooking oil as recycling agent", International Journal of Pavement Engineering, 22(5), pp.539-549.

-Taylor, N. H., (1978), "Life expectancy of recycled asphalt paving", In Recycling of bituminous pavements, ASTM International.

-Wang, Y. D., Keshavarzi, B., & Kim, Y. R. (2018), "Fatigue performance analysis of pavements with RAP using viscoelastic continuum damage theory", KSCE Journal of Civil Engineering, 22(6), pp.2118-2125.

-Willis, R., & Tran, N. H., (2015), "Bring Life Back to Aging. Asphalt Pavement Magazine", National Asphalt Pavement Association: Washington, DC, USA, pp.36-41.

-Yildirim, Y., (2007), "Polymer modified asphalt binders", Construction and Building Materials, 21(1), pp.66-72.

-Yi, X., Chen, H., Wang, H., Shi, C., & Yang, J., (2022), "The feasibility of using epoxy asphalt to recycle a mixture containing 100% reclaimed asphalt pavement (RAP)", Construction and Building Materials, 319, 126122.

Evaluation of Burnt Oil and Asphalt Chips on Some Properties of Hot Asphalt Mix

Soleiman Jamshidi, Ph.D., Student of Islamic Azad University Science and Research Branch, Tehran, Iran.

Vahed Ghiasi, Assistant Professor, Department of Engineering, Malayer University, Malayer, Iran.
Ali Ghanbari, M.Sc., Grad., Zanjan University, Zanjan, Iran.

Amin Zangene, M.Sc., Student, Malayer University, Malayer, Iran.

E-mail: alighanbari38@yahoo.com

Received: July 2022- Accepted: November 2022

ABSTRACT
In this research, using asphalt decomposition test based on AASHTO-T164 standard, it is investigated how burnt oil and asphalt chips affect the properties of hot asphalt. In this study, burnt oil with different percentages was added to the worn bitumen which was extracted from the worn asphalt by extraction method and was subjected to penetration degree and softening point tests. The addition of rejuvenator increases the Marshall resistance's cause is to provide the necessary adhesion and cohesion between the aggregate and bitumen, but with the addition of a percentage of rejuvenator and increasing the penetration of bitumen, the adhesion and cohesion of bitumen and aggregates is reduced. This will reduce the durability of the samples, which is reduced with 20% of burnt bitumen oil and used in the asphalt mixture resulting from the mixing of asphalt chips and new materials. It is recommended to use 50% of asphalt chips to improve the physical properties of the mixture. The results show the effect of burnt oil as a rejuvenator for worn bitumen and with increasing the percentage of rejuvenating material, the parameters of worn bitumen also improve and also with increasing percentage of asphalt chips (RAP) in samples without Addition of new bitumen has been made, strength and durability have also increased and consequently the Marshall ratio has also increased.

Keywords: Hot Asphalt, Recycled Asphalt, Rejuvenator, Burnt Oil, Bitumen