مقایسه خصوصیات مقاومتی آسفالت لاستیکی و آسفالت معمولی

اقبال شاکری[۱]،فریدون مقدس نژاد[۲]،اصغر کشاورزراد

۱-عضو هیئت علمی دانشکده عمران و محیط زیست دانشگاه صنعتی امیر کبیر(پلی تکنیک)

۲- عضو هیئت علمی دانشکده عمران و محیط زیست دانشگاه صنعتی امیر کبیر(پلی تکنیک)

۳-دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت ساخت دانشگاه صنعتی امیر کبیر(پلی تکنیک)

Akeshavarzrad@aut.ac.ir

خلاصه

قیرهای به دست آمده از نفت خام و یا قیر طبیعی که سالیان دراز عمدتاً به عنوان مادهٔ چسباننده در ساخت جاده‌ها و یا دیگر مصارف عایق‌کاری و پوششی به کار می‌رود، هیچ‌گاه از یک سری خواص فیزیکی و مکانیکی کاملاً رضایت‌بخش برخوردار نبوده و با توجه به خواص فیزیکی و مکانیکی محدود، از قابلیت کاربردی محدود و زمان سرویس‌دهی مشخص برخوردار می‌باشد. از این رو محققان همواره تلاش داشته‌اند که به نحوی خواص این سنگین‌ترین برش نفتی را در جهت مطلوب تغییر دهند. اصلاح خواص قیر باعث بالا رفتن کیفیت آن و افزایش عمر سرویس‌دهی پوشش گردیده و در نتیجه هزینه‌های نگهداری و تکرار پوشش به نحو چشمگیری کاسته خواهد شد. یکی از این مواد اصلاح کننده، استفاده از پودر لاستیک می باشد که در این تحقیق از پودر لاستیک تایرهای بازیافتی برای اصلاح آسفالت استفاده شده است. نتایج آزمایش ها نشان داده است که این آسفالت نسبت به آسفالت معمولی دارای مقاومت مارشال بیشتر، مدول برجهندگی و کشش غیرمستقیم بیشتر و عمق شیارشدگی کمتری می باشد.

کلمات کلیدی: اصلاح قیر، آسفالت لاستیکی، مدول برجهندگی

۱. مقدمه

در سی سال گذشته افزودن مصالح لاستیکی بازیابی شده به مخلوط‌های آسفالتی به عنوان هدف ثانویه و به دلیل حفاظت از محیط زیست مطرح، و در این زمینه بررسی و تحقیقاتی انجام گرفت. از جمله این مواد خرده یا پودر لاستیک تایرهای کهنه و فرسوده است. استفاده از خرده لاستیک در قیر به سال‌های اول دهه ۱۹۶۰ باز می‌گردد. از آن به بعد انواع لاستیک مانند لاستیک مصنوعی، طبیعی، شیرابه لاستیکی و غیره به قیر اضافه شده است. خرده لاستیک ساختمان شبکه‌ای داشته و در بخش مالتن قیر محلول نمی‌باشد[۱و۲].

انتظار می‌رود این پلیمرها در قیر محلول باشد. قیر لاستیکی به صورت مخلوطی از سه جزء تعریف می‌شود:

- یک قیر نفتی جاده‌سازی (حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد جرمی)
- یک روغن آروماتیک (حدود ۳ درصد جرمی)
- خرده لاستیک به دست آمده از لاستیک‌های فرسوده ریز ۱ تا ۵۰ میکرون (۱۸ تا ۲۶ درصد)

دو روش برای تولید خرده لاستیک وجود دارد که عبارت است از:

- آسیاب‌کردن در دمای متوسط محیط
- آسیاب‌کردن در سرما

که از این میان، روش دوم ذرات ریزتری را تولید می‌کند ولی گران‌تر است[۱-۴].

دو فرآیند برای اصلاح قیر با خرده لاستیک وجود دارد:

- فرآیند تر
- فرآیند خشک

---

[۱]-عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر(پلی تکنیک)

[۲]-عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر(پلی تکنیک)

در فرآیند تر خرده لاستیک قبل از افزایش مصالح به قیر افزوده می‌شود. بین ۱۸ تا ۲۶ درصد از خرده لاستیک به مدت ۲-۱ ساعت در دمای ۲۱۸-۱۹۰ درجه سانتیگراد با قیر واکنش داده می‌شود. در چنین دمای بالایی پیوندهای فیزیکی و شیمیایی زیادی بین اجزا تولید می‌شود. در طی این فرآیند ویسکوزیتهٔ قیر بالا رفته و در نهایت ثابت می‌ماند. یک ویسکوزیتهٔ ثابت معقول، نشان‌دهندهٔ تکمیل واکنش می‌باشد[۴-۶]. نوع واکنش‌های بین قیر و خرده لاستیک هنوز کاملاً شناخته نشده است ولی به نظر می‌رسد این نوع واکنش‌ها از نوع برهم‌کنش‌های فیزیکی و شیمیایی باشد که ذرات لاستیک متورم شده و ویسکوزیته افزایش می‌یابد. در زمان‌های اختلاط طولانی‌تر، ذرات لاستیک تخریب شده و ویسکوزیته کاهش می‌یابد. اگر ویسکوزیته به سطح مطلوبی کاهش نیابد، از یک ماده جایگزین روان‌کننده استفاده می‌شود. در این فرآیند بسته به نوع مصالح، دما تغییر می‌کند. برای مثال دمای C° ۱۹۰ ـ ۱۶۳ برای مخلوط آسفالت گرم با دانه‌بندی متراکم و دمای C° ۱۶۳- ۱۳۵ برای مصالح با دانه‌بندی باز.

در فرآیند خشک، خرده لاستیک به مصالح اضافه شده و سپس قیر به مخلوط اضافه می‌شود. درحدود ۵-۳ درصد جرم مصالح از خرده لاستیک اضافه می‌شود. درصد خرده لاستیک دراین فرآیند ۴-۲ برابر فرآیند تر است[۵].

۲- مزایای خرده لاستیک

از عمده‌ترین مزایای استفاده از خرده لاستیک در تهیه مخلوط‌های آسفالتی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- مقاومت بیشتر در برابر خستگی.
- افزایش خاصیت کشش‌پذیری در دمای پایین.
- حساسیت حرارتی کمتر.
- الاستیسیته بهبودیافته پوشش.
- ویسکوزیته و چسبندگی بیشتر و مقاومت دربرابر شیارشدگی.
- بهبود خواص رئولوژیکی.
- کاهش درجه نفوذ (درجه نفوذ قیر در دماهای بالا به شدت و در دماهای پایین اندکی کاهش می‌یابد.).
- افزایش نقطه نرمی.
- کاهش شکنندگی در درجه حرارت پایین.
- کاهش مدول مصالح.
- کاهش صدای چرخ
- مقاومت بیشتر در برابر یخزدگی سطوح متخلخل.

برخی از این مزایای خرده لاستیک در قیر توسط محققین مطالعه شده است. این نتایج حاکی از افزایش ۲۰۰۰-۱۰۰ درصدی ویسکوزیتهٔ قیر، بعد از افزایش خرده لاستیک است. همچنین نتایج آزمایش خزش نشان می‌دهد که رفتار این نوع قیرها به رفتار قیر ایده‌آل نزدیک است. داده‌های رئولوژیکی، بهبود خواص قیر در دو محدودهٔ دمایی سرد و گرم را تائید می‌کند. انواع مختلف خرده لاستیک اثرات متفاوتی بر روی خواص قیر دارد. این مطلب توسط برخی پژوهشگران مطالعه شده است و علت اختلاف به نوع مواد سازنده خرده لاستیک نسبت داده شده است. همچنین دما، شیوه ومدت زمان اختلاط نیز تأثیر عمده‌ای بر رفتار حاصله دارد[۵-۸].

بررسی‌ها نشان می‌دهد که مخلوط‌های آسفالتی ساخته شده با این نوع قیرها دارای مقاومت خوبی در مقابل شیارشدگی، تغییر شکل‌های دائم داشته است.

۳- مصالح مصرفی:

دراین تحقیق از قیر ۶۰/۷۰ پالایشگاه اصفهان به عنوان قیر پایه با مشخصات ارائه شده در جدول ۱ استفاده شده و همچنین مشخصات مصالح سنگی مورد استفاده در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۱. مشخصات قیر ۶۰/۷۰ مصرفی.

قیر	شرکت سازنده	وزن مخصوص (gr/cm^3)	درجه نفوذ (°C)	نقطه نرمی (°C)	خاصیت انگمی (cm)
۶۰ -۷۰	پالایشگاه اصفهان	۱/۰۳	۶۶	۵۱	۱۰۰

جدول ۲. خصوصیات مصالح سنگی.

نام آزمایش	شماره استاندارد	حدود استاندارد برای رویه آسفالتی	نتیجه آزمایش
سایش لس آنجلس	ASTM-C۱۳۱	<۳۰٪	٪۲۳
تمیزی (هم ارز ماسه)	ASTM-D۲۴۱۹	>۵۰٪	٪۶۳/۲
درصد جذب آب	ASTM-C۱۲۷	<۲/۵٪	٪۰/۹۶
چگالی مصالح	ASTM-C۱۲۷	-	۲/۵۸gr/cm^3
مقاومت فشاری	ASTM-D۶۹۲	-	۴۰۰Kg/cm^2

نمونه های آسفالتی مطابق استاندارد ASTM-D1559 ساخته شد، همچنین برای ساخت نمونه های آسفالتی از دانه بندی پیوسته شماره ۴ نشریه ۲۳۴ سازمان برنامه و بودجه استفاده شد که در جدول ۳ مشخصات آن آورده شده است.

جدول ٤. مشخصات دانه‌بندی مورد استفاده در تهیه نمونه‌های آسفالتی.

اندازه الک	درصد عبوری از هر الک	میانگین درصد عبوری	میانگین درصد مانده	وزن مورد نیاز برای نمونه ۱۲۰۰ گرمی
۱۹ میلیمتر (۳/۴اینچ)	۱۰۰	۱۰۰	۰	۰
۱۲/۵ میلیمتر (۱/۲ اینچ)	۹۰-۱۰۰	۹۵	۵	۶۰
۴/۷۵ میلیمتر (شماره ۴)	۴۴-۷۴	۵۹	۳۶	۴۳۲
۲/۳۶ میلیمتر (شماره ۸)	۲۸-۵۸	۴۳	۱۶	۱۹۲
۰/۳ میلیمتر (شماره ۵۰)	۵-۲۱	۱۳	۳۰	۳۶۰
۰/۰۷۵ میلیمتر (شماره ۲۰۰)	۲-۱۰	۶	۷	۸۴
عبوری از الک شماره ۲۰۰	-	-	۶	۷۲

۴- تحلیل نتایج:

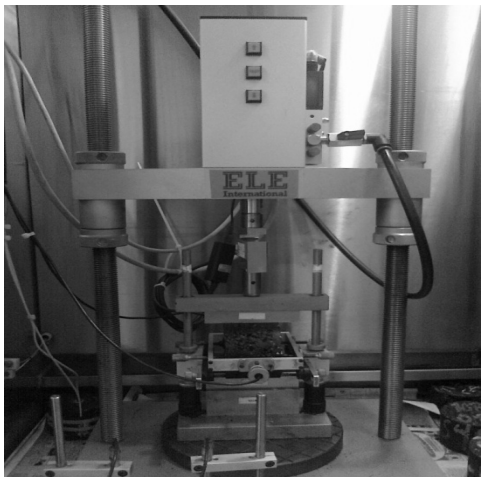
پس از تهیه نمونه های آسفالت معمولی و آسفالت لاستیکی بر روی نمونه های تهیه شده، آزمایشهای مختلف آسفالتی انجام شد که نتایج این آزمایش ها در نمودارهای زیر ارائه شده است. مقاومت مارشال به عنوان معیاری برای استقامت لایه های آسفالتی می باشد که مطابق با استاندارد ASTM-D1559 انجام می شود.

نمودار ۱: مقایسه مقاومت مارشال آسفالت معمولی و لاستیکی(برحسب Kg)

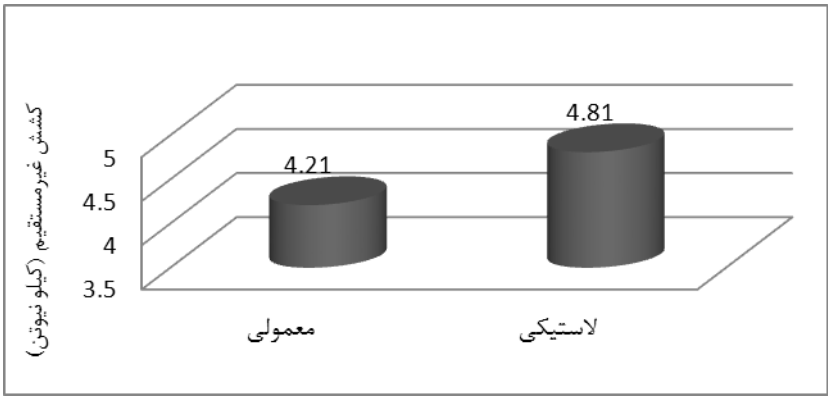
همانطور که در نمودار شماره ۱ مشاهده می شود آسفالت لاستیکی دارای مقاومت مارشال بهتری نسبت به آسفالت معمولی می باشد که در حدود ۳ درصد مقاومت آسفالت را بهبود داده است که این مطلب بیان کننده مقاومت بیشتر آسفالت در برابر بارهای وارده به روسازی می باشد و در شرایط با ترافیک سنگین نسبت به آسفالت معمولی عملکرد بهتری خواهد داشت.

نمودار ۲: مقایسه مدول برجهندگی آسفالت معمولی و لاستیکی(برحسب KN)

مدول برجهندگی آسفالت یکی از معیارهای مهم در تعیین ضخامت و طراحی لایه های روسازی می باشد. نتایج حاصل از این آزمایش (نمودار۲) که مطابق با استاندارد ASTM-D 4123 انجام شده است نشان می دهد که استفاده از آسفالت لاستیکی به علت مدول برجهندگی بیشتر آسفالت می تواند در کاهش ضخامت لایه های آسفالتی نقش موثری داشته باشد. همانطور که مشاهده می گردد اضافه کردن پودرلاستیک باعث افزایش ۳۴ درصدی مدول برجهندگی نمونه های لاستیکی نسبت به نمونه های معمولی شده است.



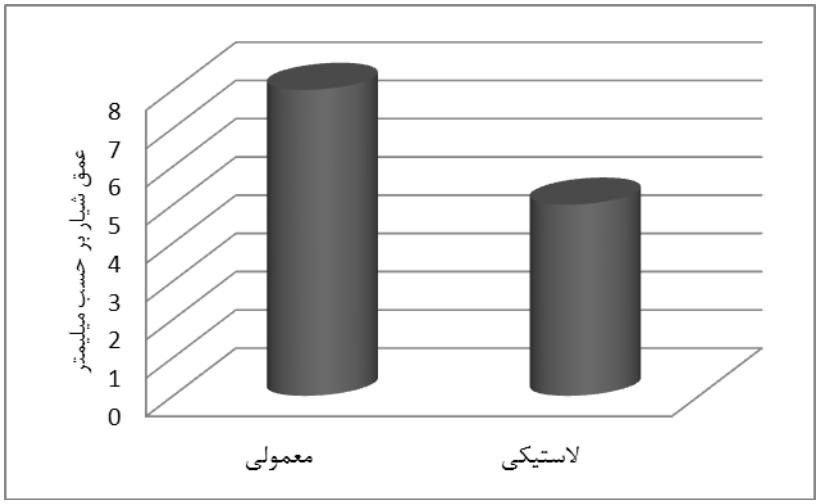
تصویر ۱: دستگاه UTM برای انجام آزمایش مدول برجهندگی



نمودار ۳: مقایسه کشش غیرمستقیم آسفالت معمولی و لاستیکی(برحسب KN)

آزمایش کشش غیرمستقیم آسفالت به علت شرایط ویژه بارگذاری نمونه آسفالتی، نشان دهنده میزان چسبندگی بهتر قیر به مصالح سنگی می باشد. آزمایش کشش غیر مستقیم انجام شده بر روی نمونه های آسفالت معمولی و آسفالت لاستیکی (نمودار۳) نشان می دهد که استفاده از پودر لاستیک می تواند در چسبندگی بهتر قیر به مصالح سنگی موثر باشد (حدود ۱۴درصد).

تصویر۲: دستگاه انجام آزمایش شیارشدگی مسیر چرخ



نمودار ٤: مقایسه عمق شیارشدگی آسفالت معمولی و لاستیکی(برحسب mm)

پارامتر شیارشدگی آسفالتی یکی از پارامترهای مهم در شبیه سازی رفتار آسفالت در برابر نیروی ناشی از حرکت چرخ خودروها بر روی آسفالت می باشد. در این آزمایش با عبور بیش از ۸۰۰۰ بار چرخی شبیه به چرخ خودرو، وضعیت مقاومت آسفالت در برابر بارهای وارد به روسازی بررسی می گردد. همانطور که مشاهده می گردد با استفاده از پودر لاستیک در تهیه آسفالت، عمق شیارشدگی آسفالت نسبت به آسفالت معمولی حدود ۴۰ درصد کاهش یافته است که نشان می دهد این آسفالت نسبت به آسفالت معمولی دارای عملکردی بسیار بهتری می باشد.

۵– نتیجه گیری:

در سی سال گذشته افزودن مصالح لاستیکی بازیابی شده به مخلوط‌های آسفالتی به عنوان هدف ثانویه و به دلیل حفاظت از محیط زیست مطرح، و در این زمینه بررسی و تحقیقاتی انجام گرفت. از جمله این مواد خرده یا پودر لاستیک تایرهای کهنه و فرسوده است. استفاده از خرده لاستیک در قیر و آسفالت به عنوان اصلاح کننده آسفالت در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج آزمایشگاهی نشان می دهد که استفاده از پودر لاستیک باعث

- ✓ افزایش مقاومت مارشال
- ✓ افزایش مدول برجهندگی
- ✓ افزایش مقاومت در برابر کشش غیرمستقیم
- ✓ کاهش عمق شیارشدگی آسفالت می شود.

۶- منابع و مراجع:

[۱] فتح‌الهی، سهیلا سادات، "آشنایی با قیر، انواع آن، فرآیند تولید و ساختار شیمیایی آن"، دومین دوره آموزشی قیر و قیرهای اصلاح‌شده، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی، ۱۳۸۳

[۲] سرایی‌پور، محمد، "آسفالت"، انتشارات دهخدا، چاپ چهارم، ۱۳۷۷

[۳]"کاربرد پلیمر در بهبود خواص قیرها و مخلوط‌های آسفالتی"، آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک، ۱۳۸۵

[۴] احسان نظر بیگی، علی، "مقایسه تأثیر الاستومرها، ترموپلاست‌ها و الاستومر ترموپلاست‌ها بر خواص آسفالت"، مجموعه مقالات اولین سمینار قیر و آسفالت ایران، شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک، ۱۳۷۴

[۵] روشندل، بدیع‌الله، "تأثیر مواد افزودنی بر روی مشخصات فنی آسفالت"، مجموعه مقالات اولین سمینار قیر و آسفالت ایران، شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک، ۱۳۷۴

[۶] یوسفی، علی اکبر، "قیرهای اصلاح‌شده"، دومین دوره آموزشی قیر و قیرهای اصلاح‌شده، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی، ۱۳۸۳

[۷] حاج محمد رضایی، عباس، "مجموعه کاربردی راه و آسفالت"، انتشارات آدنا، ۱۳۷۷

[8] Yousefi,A.A."Rubber-Modified Bitumens",Iranian Polymer Journal, Volume11 (2002)