دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران- گرایش محیط زیست

موضوع:

بررسی تأثیر ضایعات لاستیکی در بهبود خواص بتن آسفالتی

استاد راهنما:

دکتر داریوش یوسفی کبریا

استاد مشاور:

مهندس نادر روشن

نگارش:

یاسر گلی

شهریور ماه ۱۳۹۱

بسم الله الرحمن الرحيم

تقدیم به آنان که

وجودشان ویرانه‌ی وجودم به تلاش معنا داد

به پدر و مادر نگران وهی ماندنم

به معلمان دلسوزم

به همه مردمی که چون سایه حتی در تاریکی کنارم مردانه ایستاد

و

به امید زندگانی پر مرم «آران»

تقدیر و تشکر

با سپاس فراوان از معلم واقعی زندگی‌ام جناب آقای دکتر داریوش یوسفی کبریا که با وسعت نظر و حمایت دلسوزانه مسیر را بر من هموار نمودند.

تقدیر از سرور عزیزم و مشوق همیشگی کاری‌ام جناب آقای مهندس نادر روشن که به راستی روشنایی قدم‌های پیش روی من بودند.

وظیفه می دانم که با کمال افتخار از قبول داوری این پژوهش اندک و قلیل از اساتید محترم جناب آقایان دکتر سعید حسامی و دکتر عیسی شوش پاشا مراتب قدردانی به عمل آورم و در پایان از همه دوستان عزیزم در وزارت راه و شهرسازی و آزمایشگاه فنی مکانیک خاک آن که در این مدت نهایت همکاری را به عمل آورده‌اند تشکر کنم.

فهرست عناوین

فصل اول: کلیات و تعاریف

۱-۱	مقدمه	۲
۱-۲	بیان مسئله	۳
۱-۳	ضرورت انجام پژوهش	۶
۱-۴	اهداف و فرضیات	۷
۱-۵	تعاریف	۸
۱-۵-۱	آسفالت	۸
۱-۵-۲	خواص فیزیکی	۱۰
۱-۵-۳	انواع مصالح سنگی آسفالت	۱۱
۱-۵-۳-۱	مصالح سنگی درشت	۱۱
۱-۵-۳-۲	مصالح سنگی ریز	۱۱
۱-۵-۴	قیر	۱۲
۱-۵-۴-۱	رفتار ویسکوالاستیک قیر	۱۳
۱-۵-۴-۲	رفتار قیر در دماهای بالا	۱۴
۱-۵-۴-۳	رفتار قیر در دماهای پایین	۱۵
۱-۵-۴-۴	رفتار قیر در دماهای متوسط	۱۶
۱-۵-۵	افزودنی‌های قیر	۱۶
۱-۵-۶	مقایسه اثر الاستومرها، ترموپلاست‌ها و الاستومرترموپلاست‌ها بر خواص آسفالت	۲۰
۱-۵-۷	اختلاط قیر خالص و افزودنی پلیمری	۲۳
۱-۵-۸	پودر لاستیک	۲۵
۱-۵-۸-۱	فرایند تولید پودر لاستیک	۲۵
۱-۵-۸-۲	اختلاط پودر لاستیک و قیر	۲۷
۱-۵-۹	خرابی‌های روسازی آسفالتی	۳۵
۱-۶	ساختار پایان‌نامه	۳۷

فصل دوم: مطالعات کتابخانه‌ای

۲-۱	عملکرد آزمایشگاهی مخلوط آسفالتی اصلاح‌شده با پودر لاستیک	۴۰
۲-۲	پروژه‌های میدانی انجام شده	۴۷
۲-۳	جنبه‌های زیست‌محیطی کاربرد پودر لاستیک در راه‌سازی	۵۳
۲-۴	جنبه‌های اقتصادی کاربرد پودر لاستیک در راه‌سازی	۵۵

فصل سوم: مواد و روش‌های تحقیق

۳-۱	مقدمه	۶۱
۳-۲	روش‌های آزمون و برنامه آزمایشگاهی	۶۲
۳-۲-۱	آزمایش‌های رایج قیرها	۶۲
۳-۲-۱-۱	آزمایش درجه نفوذ	۶۲
۳-۲-۱-۲	آزمایش کشش‌پذیری قیر	۶۳
۳-۲-۱-۳	آزمایش نقطه نرمی	۶۴
۳-۲-۱-۴	آزمایش تعیین نقطه اشتعال	۶۴
۳-۲-۱-۵	آزمایش حلالیت قیر	۶۵
۳-۲-۱-۶	آزمایش برجهندگی قیر	۶۶
۳-۲-۲	آزمایش‌های عملکردی قیرها	۶۷
۳-۲-۲-۱	پیرشدگی قیر	۶۷
۳-۲-۲-۲	مشکلات انتخاب و طبقه‌بندی قیرها بر مبنای آزمایش‌های رایج	۶۸
۳-۲-۲-۳	آزمایش‌های پیرشدگی قیر	۶۹
۳-۲-۲-۳-۱	آزمایش پیرشدگی اون لایه نازک متحرک قیر	۶۹
۳-۲-۲-۳-۲	آزمایش تسریع پیرشدگی تحت فشار قیر	۷۱
۳-۲-۲-۴	ویسکوزیته چرخشی	۷۲
۳-۲-۲-۵	آزمایش تعیین مشخصات تغییرشکل پذیری قیر توسط رئومتر برشی دینامیکی	۷۵
۳-۲-۲-۶	آزمایش تعیین سفتی خزش خمشی قیر توسط رئومتر تیرچه خمشی	۸۰
۳-۲-۲-۷	مشخصات و ملزومات عملکردی قیر	۸۳
۳-۲-۲-۷-۱	ایمنی	۸۳
۳-۲-۲-۷-۲	پمپ‌شدن و کارآیی قیر	۸۴
۳-۲-۲-۷-۳	تغییرشکل دائمی مخلوط آسفالتی	۸۴
۳-۲-۲-۷-۴	پیرشدگی	۸۵
۳-۲-۲-۷-۵	ترک‌های خستگی	۸۵
۳-۲-۲-۷-۶	ترک‌های دمای پایین	۸۶
۳-۲-۳	آزمایش دوام مخلوط آسفالتی در برابر خرابی‌های رطوبتی	۸۷
۳-۲-۴	آزمایش شیارافتادگی ویلتراک هامبورگ	۹۲
۳-۲-۵	آزمایش خستگی بارگذاری کشش غیرمستقیم	۹۴
۳-۲-۶	آزمایش مدول برجهندگی	۹۷
۳-۳	مواد و مصالح پروژه	۱۰۰

۳-۳-۱ قیر و مواد افزودنی ۱۰۰
۳-۳-۲ مصالح سنگی ۱۰۳
۳-۳-۳ مخلوط آسفالتی گرم ۱۰۶
۳-۳-۳-۱ طرح اختلاط آسفالت به روش مارشال ۱۰۶

فصل چهارم: نتایج و بحث

۴-۱ آزمایش‌های قیرها ۱۰۹
۴-۱-۱ تهیه و آماده سازی قیرهای اصلاح شده ۱۰۹
۴-۱-۲ آزمایش‌های رایج قیرهای اصلاح شده با پودر لاستیک ۱۱۱
۴-۱-۳ آزمایش‌های عملکردی قیرها ۱۱۳
۴-۱-۴ تعیین مقدار بهینه پودر لاستیک ۱۳۲
۴-۲ آزمایش دوام مخلوط‌های آسفالتی در برابر زیانهای رطوبتی ۱۳۴
۴-۲-۱ الگوی تراکم بهینه (تعداد بهینه ضربه تراکم) ۱۳۵
۴-۲-۲ تهیه و ساخت نمونه‌های مخلوط آسفالتی آزمایش دوام رطوبتی ۱۳۶
۴-۲-۳ عمل‌آوری رطوبتی و اعمال دوره‌های ذوب و انجماد نمونه‌ها ۱۳۷
۴-۲-۴ تعیین مقاومت کششی غیر مستقیم ۱۴۱
۴-۳ آزمایش‌های عملکردی مخلوط‌های آسفالتی ۱۴۵
۴-۳-۱ آزمایش شیارافتادگی ویلتراک ۱۴۵
۴-۳-۲ آزمایش خستگی ۱۴۸
۴-۳-۳ آزمایش مدول برجهندگی ۱۵۳

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۵-۱ نتیجه‌گیری ۱۵۶
۵-۲ پیشنهادات ۱۶۰
مراجع و منابع ۱۶۳

فهرست اشکال

شماره شکل	عنوان شکل	صفحه
شکل ۱-۱	روانی قیر	۱۴
شکل ۱-۲	نمای میکروسکوپی خواص روانی	۱۵
شکل ۱-۳	خواص کندروانی سیالات مختلف	۱۵
شکل ۱-۴	واحد سیار اختلاط و توزین قیر در تکنولوژی اختلاط پیوسته	۳۲
شکل ۳-۱	تجهیزات آزمایش درجه نفوذ قیر	۶۲
شکل ۳-۲	قالب نمونه و دستگاه آزمایش کشش پذیری قیر	۶۳
شکل ۳-۳	تجهیزات آزمایش نقطه نرمی قیر	۶۴
شکل ۳-۴	نمونه‌هایی از دستگاه آزمایش نقطه اشتعال قیر	۶۵
شکل ۳-۵	تجهیزات آزمایش حلالیت قیر در تری کلرواتیلن	۶۶
شکل ۳-۵	مقایسه برجهندگی قیرهای خالص و اصلاح شده با پودر لاستیک	۶۶
شکل ۳-۶	توپی نفوذ آزمایش برجهندگی قیر	۶۷
شکل ۳-۷	اون لایه نازک متحرک قیر	۷۰
شکل ۳-۸	دستگاه محفظه تسریع پیرشدگی تحت فشار قیر و اجزای آن	۷۲
شکل ۳-۹	نمونه‌هایی از دستگاه ویسکومتر چرخشی	۷۳
شکل ۳-۱۰	عملکرد دستگاه رئومتر برشی دینامیکی	۷۶
شکل ۳-۱۱	دستگاه رئومتر برشی دینامیکی	۷۶
شکل ۳-۱۲	نمونه‌گیری و آماده‌سازی قرص قیری آزمایش رئومتر برشی دینامیکی	۷۷
شکل ۳-۱۳	نمودار تنش-کرنش برای رئومتر برشی دینامیکی	۷۹
شکل ۳-۱۴	محاسبات سفتی برشی مرکب و اختلاف فاز در آزمایش رئومتر برشی	۷۹
شکل ۳-۱۵	دستگاه رئومتر تیرچه خمشی قیر	۸۰
شکل ۳-۱۶	نرخ خزش در آزمایش رئومتر تیرچه خمشی	۸۲
شکل ۳-۱۷	چارچوب ملزومات عملکردی قیر	۸۳
شکل ۳-۱۸	ملزومات تغییر شکل دائمی (شیارافتادگی) برای قیرها	۸۵
شکل ۳-۱۹	ملزومات ترک‌های ناشی از خستگی برای قیرها	۸۶
شکل ۳-۲۰	ملزومات ترک‌های دمای پایین برای قیرها	۸۷
شکل ۳-۲۱	طرح شماتیک آزمایش کشش غیرمستقیم[۳۲]	۸۸
شکل ۳-۲۲	قاب بارگذاری آزمایش مقاومت کششی غیر مستقیم	۹۲
شکل ۳-۲۳	نمونه‌هایی از دستگاه های شیارافتادگی ویلتراک هامبورگ	۹۴

شکل ۳-۲۴	نمونه‌هایی از دستگاه آزمایشگاهی تراکم غلتکی	۹۴
شکل ۳-۲۵	قاب و شکل بارگذاری آزمایش خستگی بارگذاری کشش غیرمستقیم	۹۵
شکل ۳-۲۶	شکل ۴-۳۷- نمونه‌هایی از دستگاه های آزمایش UTM	۹۷
شکل ۳-۲۷	قاب و شکل بارگذاری آزمایش تعیین مدول برجهندگی	۹۹
شکل ۳-۲۸	نمودار دما - کندروانی قیر	۱۰۲
شکل ۴-۱	دستگاه همزن دور بالا	۱۱۱
شکل ۴-۲	عملکرد شماتیک دستگاه همزن دور بالا	۱۱۱
شکل ۴-۳	منحنی تغییرات $G^*/\sin\delta$ نسبت به تغییر مقدار پودر لاستیک برای قیر اصلی	۱۲۶
شکل ۴-۴	منحنی تغییرات $G^*/\sin\delta$ نسبت به تغییر مقدار پودر لاستیک برای قیر پسماند RTFOT	۱۲۶
شکل ۴-۵	منحنی تغییرات $G^*\times\sin\delta$ نسبت به تغییر مقدار پودر لاستیک برای قیر پسماند فرآیند PAV	۱۲۸
شکل ۴-۶	منحنی تغییرات سفتی خزشی نسبت به تغییر مقدار پودر لاستیک برای قیر پسماند فرآیند PAV	۱۳۰
شکل ۴-۷	منحنی تغییرات نرخ خزشی نسبت به تغییر مقدار پودر لاستیک برای قیر پسماند فرآیند PAV	۱۳۱
شکل ۴-۸	منحنی تغییرات کندروانی چرخشی نسبت به تغییر مقدار پودر لاستیک	۱۳۲
شکل ۴-۹	قاب بارگذاری آزمایش کشش غیر مستقیم	۱۴۱
شکل ۴-۱۰	نسبت مقاومت کششی اشباع به خشک برای مخلوطهای مختلف	۱۴۴
شکل ۴-۱۱	مقاومت کششی غیرمستقیم مخلوطهای آسفالتی	۱۴۵
شکل ۴-۱۲	نمودار عمق شیار - سیکل بارگذاری نمونه ساخته شده با قیر خالص	۱۴۷
شکل ۴-۱۳	نمودار عمق شیار - سیکل بارگذاری نمونه ساخته شده با قیر اصلاح شده با ۵ درصد SBS	۱۴۷
شکل ۴-۱۴	نمودار عمق شیار - سیکل بارگذاری نمونه ساخته شده با قیر اصلاح شده با ۱۶ درصد پودرلاستیک	۱۴۸
شکل ۴-۱۵	منحنی تغییرشکل - سیکل بارگذاری آزمایش خستگی به ازای سطح تنش ۱۵۰ کیلوپاسکال	۱۵۱
شکل ۴-۱۶	منحنی تغییرشکل - سیکل بارگذاری آزمایش خستگی به ازای سطح تنش ۲۰۰ کیلوپاسکال	۱۵۲
شکل ۴-۱۷	منحنی تغییرشکل - سیکل بارگذاری آزمایش خستگی به ازای سطح تنش ۲۵۰ کیلوپاسکال	۱۵۲
شکل ۴-۱۸	منحنی تغییرشکل - سیکل بارگذاری آزمایش خستگی به ازای سطح تنش ۳۰۰ کیلوپاسکال	۱۵۲
شکل ۴-۱۹	منحنی عمرخستگی - تنش بارگذاری در آزمایش خستگی برای مخلوطهای مختلف	۱۵۳

فهرست جداول

شماره جدول	عنوان جدول	صفحه
جدول ۱-۱	انواع کلی اصلاح‌کننده‌های قیر مورد استفاده در کاربردهای روسازی آسفالتی	۱۷
جدول ۱-۲	دانه‌بندی پودر لاستیک در تکنولوژی McDonald با توجه به دانه‌بندی مخلوط آسفالتی	۳۰
جدول ۱-۳	دانه‌بندی پودر لاستیک در تکنولوژی اختلاط پیوسته	۳۱
جدول ۱-۴	دانه‌بندی پودر لاستیک در تکنولوژی PlusRide	۳۳
جدول ۱-۵	دانه‌بندی مصالح سنگی مخلوط آسفالتی در تکنولوژی PlusRide	۳۳
جدول ۱-۶	انواع خرابی‌های روسازی آسفالتی	۳۶
جدول ۱-۷	دسته بندی انواع خرابی‌های روسازی آسفالتی	۳۷
جدول ۳-۱	مشخصات فنی قیرهای خالص	۱۰۱
جدول ۳-۲	نتایج آزمایش‌های قیر خالص	۱۰۱
جدول ۳-۳	دانه‌بندی پیشنهادی سازمان حمل و نقل ایالتی کالیفرنیا برای پودر لاستیک	۱۰۳
جدول ۳-۴	دانه‌بندی پودر لاستیک مورد استفاده در پروژه تحقیقاتی	۱۰۳
جدول ۳-۵	نتایج آزمایش‌های مرغوبیت مصالح سنگی	۱۰۴
جدول ۳-۶	مشخصات استاندارد مصالح سنگی مخلوط‌های آسفالتی براساس مندرجات نشریه شماره ۱۰۱	۱۰۵
جدول ۴-۱	مشخصات قیرهای اصلاح شده با پودر لاستیک بر اساس استاندارد ASTM D6114	۱۱۲
جدول ۴-۲	مشخصات قیرهای اصلاح‌شده با پودرلاستیک براساس آئین‌نامه سازمان حمل و نقل ایالتی کالیفرنیا	۱۱۲
جدول ۴-۳	نتایج آزمایش های رایج قیرهای اصلاح شده با پودر لاستیک	۱۱۳
جدول ۴-۴	مشخصات عملکردی قیرها بر اساس استاندارد ASTM D6373	۱۱۵
جدول ۴-۵	نتایج آزمایش های درجه عملکردی قیر خالص	۱۱۷
جدول ۴-۶	نتایج آزمایش های درجه عملکردی قیر اصلاح شده با ۵ درصد SBS	۱۱۸
جدول ۴-۷	نتایج آزمایش های درجه عملکردی قیر اصلاح شده با ۴ درصد پودر لاستیک	۱۱۹
جدول ۴-۸	نتایج آزمایش های درجه عملکردی قیر اصلاح شده با ۸ درصد پودر لاستیک	۱۲۰
جدول ۴-۹	نتایج آزمایش های درجه عملکردی قیر اصلاح شده با ۱۲ درصد پودر لاستیک	۱۲۱
جدول ۴-۱۰	نتایج آزمایش های درجه عملکردی قیر اصلاح شده با ۱۶ درصد پودر لاستیک	۱۲۲
جدول ۴-۱۱	نتایج آزمایش های درجه عملکردی قیر اصلاح شده با ۲۰ درصد پودر لاستیک	۱۲۳
جدول ۴-۱۲	مقادیر $G^*/\sin\delta$ (کیلو پاسکال) برای قیر اصلی (پیر نشده)	۱۲۵
جدول ۴-۱۳	مقادیر $G^*/\sin\delta$ (کیلو پاسکال) برای قیر پسماند فرآیند RTFOT	۱۲۵
جدول ۴-۱۴	مقادیر $G^*\times\sin\delta$ (کیلو پاسکال) برای قیر پسماند فرآیند PAV	۱۲۸
جدول ۴-۱۵	مقادیر سفتی خزشی(مگاپاسکال) و نرخ خزشی برای قیر پسماند فرآیند PAV	۱۳۰

جدول ۴-۱۶ مقدار کندروانی چرخشی (پاسکال ثانیه) برای قیر اصلی (پیر نشده) ۱۳۲
جدول ۴-۱۷ نتایج آزمایش‌های تعیین تعداد ضربه بهینه تراکم مخلوطهای آسفالتی مختلف ۱۳۶
جدول ۴-۱۸ وزن مخصوص حقیقی و درصد فضای خالی نمونه‌های آسفالتی آزمایش کشش غیرمستقیم ۱۳۸
جدول ۴-۱۹ درجه اشباع شدگی نمونه‌های گروه اشباع ۱۴۰
جدول ۴-۲۰ نتایج آزمایش تعیین نسبت مقاومت کششی غیر مستقیم ۱۴۲
جدول ۴-۲۱ تعداد سیکل بارگذاری گسیختگی آزمایش خستگی بارگذاری کشش غیرمستقیم ۱۵۱
جدول ۴-۲۲ مدول برجهندگی مخلوط‌های آسفالتی ۱۵۴

واژه‌ها و اختصارات

HMA	مخلوط آسفالتی گرم
AC	قیر خالص
SBS	استایرن بوتادین استایرن
CR	پودر لاستیک
AR	قیر اصلاح شده با پودر لاستیک
ASTM	انجمن آمریکائی آزمایش مصالح
Penetration	درجه نفوذ
Ductility	کشش پذیری
Softening Point	نقطه نرمی
Kinematic Viscosity	کندروانی کینماتیک
Flash Point	نقطه اشتعال
Shear Rate	نرخ برشی
Shear Stress	تنش برشی
Poises	پواز
Stokes	استوکس
Kleveland open cup tester	دستگاه نقطه اشتعال ظرف روباز کلیولند
Solubility	حلالیت
TFO	اون لایه نازک قیر
Resilience	برجهندگی
Ball Penetration Tool	توپی نفوذ
Performance Test	آزمایش عملکردی
Performance Grade	درجه عملکردی
Aging	پیرشدگی
Superpave	روسازی ممتاز، سوپرپیو
RTFO	اون لایه نازک متحرک قیر
PAV	محفظه تسریع پیرشدگی قیر

DSR	رئومتر برشی دینامیکی
BBR	رئومتر تیرچه خمشی
Rotational Viscosity	کندروانی چرخشی
Phase Angle	اختلاف فاز
Shear Complex Modulus	سفتی مرکب برشی
Flexural Creep Stiffness	سفتی خزش خمشی
Creep Rate	نرخ خزشی
Permanent Deformation	تغییرشکل دائمی
Fatigue Cracking	ترک خوردگی خستگی
Low Temperature Cracking	ترک خوردگی دمای پایین
Moisture Damage	خرابی رطوبتی
Indirect Tensile (IDT)	مقاومت کششی غیرمستقیم
TSR	نسبت مقاومت کششی
Rutting	شیارافتادگی
Hamburg Wheel Tracking Test	آزمایش شیارافتدگی ویلتراک هامبورگ
Roller Compactor	دستگاه تراکم غلتکی
Indirect Tensile Fatigue	خستگی کشش غیرمستقیم
UTM	دستگاه آزمایش های جامع عملکردی
N_f	تعداد سیکل بارگذاری عمر خستگی
Resilient Modulus-Mr	مدول برجهندگی
Poision Ratio	ضریب پواسون
Marshall Procedure	روش مارشال
Mix Design	طرح اختلاط
AirVoids-V_a	درصد فضای خالی
VMA	درصد فضای خالی مخلوط مصالح سنگی
VFA	درصد فضای خالی پر شده با قیر
Flow	روانی
Stability	استحکام
Unit Weight	وزن واحد حجم

Optimum Asphalt Content	درصد قیر بهینه
Sieve Analysis	دانه‌بندی
Dense Graded	دانه‌بندی متراکم و پیوسته
Apparent Specific Gravity	وزن مخصوص ظاهری
Bulk Specific Gravity	وزن مخصوص حقیقی
Absorption	درصد جذب آب
Gsb	وزن مخصوص حقیقی مخلوط مصالح سنگی
Effective Specific Gravity-G_{se}	وزن مخصوص مؤثر
P_b	درصد قیر مخلوط آسفالتی
P_s	درصد مصالح سنگی مخلوط آسفالتی
G_{mm}	حداکثر وزن مخصوص تئوری مخلوط آسفالتی
G_{mb}	وزن مخصوص حقیق مخلوط آسفالتی متراکم
G_b	وزن مخصوص قیر
Sturated Surface Dry	نمونه اشباع با سطح خشک
P_{ba}	درصد جذب قیر مصالح سنگی مخلوط آسفالتی
High Shear Mixer	همزن دور بالا
Workhead	سرپنجه اختلاط همزن دور بالا
LTPP	برنامه راهبردی عملکرد دراز مدت روسازی آسفالتی

بررسی تأثیر ضایعات لاستیکی در بهبود خواص بتن آسفالتی

چکیده

معضل وجود لاستیک های مستعمل در جهان امروزه یکی از دغدغه های مدیریت کلان محسوب می‌شود. از طرفی گسترش سریع شبکه راه ها- افزایش ترافیک و بارمحوری ناشی از آن مهندسان را ملزم به چاره اندیشی جهت بالا بردن کیفیت راه ها می‌نماید. بدین ترتیب با تبدیل لاستیک به پودر پلاستیک و استفاده از آن به عنوان یک افزودنی و اصلاح‌کننده رفتار عملکردی قیر بخشی از نگرانیها از بابت مسائل زیست محیطی و در پی آن عدم کارایی لازم مخلوط های آسفالتی مرتفع گردید.

هدف اصلی این پژوهش مطالعه اثر مواد زائد موجود در طبیعت یعنی لاستیک های فرسوده به شکل پودر لاستیک بر روی مشخصات و رفتار رئولوژیکی و شکل پذیری قیر و عملکرد شیار افتادگی و ترک خوردگی و دوام رطوبتی مخلوط آسفالتی و همچنین مقایسه آنها با پلیمر تجاری رایج موسوم SBS است که با توجه به وارداتی بودن و بهای گران این محصول نیاز به توجه بیشتر به زباله‌ای به نام لاستیک مستعمل می‌باشد.

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد.

افزایش پودر لاستیک در قیر اصلاح شده نقطه نرمی را افزایش و درجه نفوذ را کاهش می‌دهد و مقدار برجهندگی با افزایش استفاده از پودر لاستیک در قیر افزایش می یابد که در دمای بالای روسازی ارزشمند است.

درصد استفاده بیشتر از پودر لاستیک رفتار الاستیک قیر را افزایش داد که باعث دوام بیشتر در مقابل تغییر شکل دائمی و شیار افتادگی مخلوط آسفالتی است. همچنین با افزایش درصد استفاده از پودر لاستیک در قیر اصلاح شده، شاخص مکانیزم ترک خوردگی خستگی در دماهای میانی کاهش می‌یابد.

افزودنی SBS نسبت به پودر لاستیک قابلیت بیشتری در بهبود چسبندگی قیر به مصالح سنگ و دوام مخلوط آسفالتی در برابر زیان های رطوبتی به میزان حدوداً دو برابر دارد و اصلاح قیر خالص توسط SBS و پودر لاستیک شاخص TSR را بالا می برد. (مقاومت کشتی غیرمستقیم).

Study of effect of waste rubber in improving of asphalt concrete properties

Abstract

- Today existence of used tires in the world is a problem in major management concern. Beside engineers must try to enhance quality ways because of rapid expansion of road networks, increasing traffic and its axial load.

- Therefore with atomizing rubber and using form it as an additive or modifier performance behavior of bitumen, some of the concern regarding environmental issues and inefficiency of asphalt mixtures improved.

- The main purpose of this research is studying effect of waste rubber in nature by rubber powder form on the rheological properties and behavior and plasticity of bitumen, grooves and cracking performance and moisture stability of asphalt mixture, also is comparing them with common commercial polymer which is called SBS. Since this product is for import and high price, pay more attention to the waste rubber is needed.

The results of this study show:

- Increasing rubber powder in modified bitumen, softening point increases and the degree of influence reduces.

- With increasing use of rubber powder in bitumen the amount of rebound is increased, that is valuable in pavement high temperature.

- More percentage of rubber powder increased elastic behavior of bitumen that is result to further strengthen for permanent deformation and grooves of asphalt mixture.

- With increasing amount of rubber powder in modified bitumen, mechanism index of fatigue cracking at intermediate temperatures decrease.

- The additive SBS into rubber powder has additional functionality to improving the adhesion of bitumen to stone aggregate and durability of asphalt mixture to moisture damages about twice.

- TSR index increases with modifying of net bitumen by SBS and rubber powder. (Indirect tensile)

فصل اول

کلیات و تعاریف

۱-۱- مقدمه

سالیانه حدود یک میلیارد تایر ضایعاتی در دنیا تولید می‌شود به دلیل کمبود فضای دفن زباله و مباحث زیست‌محیطی بازیافت تایرهای فرسوده امری ضروری به نظر می‌رسد بازیافت لاستیک‌های مستعمل به چند روش انجام می‌شود.

۱- جمع‌آوری و استفاده مجدد به عنوان لاستیک دسته دو در کشورهایی که استفاده خودرو روبه افزایش است نظیر: برزیل- دمونیکن- ال‌سال‌وادوار- هندوراس و مکزیکو که جز بزرگترین خریداران لاستیک دسته دو در دنیا هستند که به صورت مستقیم یا با ایجاد روکش مجدد روی لاستیک به استفاده مجدد از آن می‌پردازند.

۲- جمع‌آوری و تبدیل به گرانول یا خرده لاستیک که خود شامل چند نوع فرآیند استفاده است.

۱) در مخلوط‌های آسفالتی ۲) در قیرهای اصلاح شده ۳) در کفپوش‌ها

۳- جهت استفاده از سوخت مشتق از لاستیک که رایجترین حالت بازیافت است حدود ۴۴/۷٪ لاستیک‌های ایالت متحده آمریکا در این امر استفاده می‌شود.

- استفاده از خرده‌لاستیک ضایعاتی به عنوان یک ماده اصلاح‌کننده در آسفالت طی چهاردهه اخیر مورد توجه محققین بوده است تحقیقات صورت گرفته در ساخت روسازی آسفالت لاستیکی بیانگر کاهش ضخامت روسازی- افزایش عمرروسازی کمتر شدن میزان بازتابش شکست نور- کم‌شدن سروصدای ترافیک- کاهش هزینه‌های نگهداری و بهبود مسایل زیست‌محیطی می‌باشد. با گذشت زمان و با توجه به افزایش بارهای ترافیکی، روند خرابی و گسیختگی روسازی آسفالتی رشد بیشتری یافت اما مصالحی که برای روسازی به کار می‌رفت همان مصالحی بود که پاسخگوی ترافیک گذشته و بارهای محوری عادی بود. بنابراین عملکرد ضعیف و گسیختگی زودرس روسازی‌های آسفالتی- محققین و مهندسین را به فکر اصلاح عملکرد مخلوط‌های آسفالت انداخت. عملکرد روسازی اساساً تابعی از ماهیت قیر به کار رفته در آن می‌باشد بنابراین یکی از راه‌های بهبود عملکرد مخلوط‌های آسفالت اصلاح خصوصیات مکانیکی قیر است. برای بهبود خواص قیر می‌توان موادی موسوم به مواد افزودنی را به مخلوط اضافه کرد افزودنی‌ها به موادی اطلاق می‌گردد که قبلاً به قیر اضافه شده و یا تحت شرایط معین کاملاً با آن مخلوط گردیده یا در حین تهیه مخلوط‌های آسفالتی به واحد مخلوط‌کننده کارخانه آسفالت در جریان اختلاط قیر و مصالح سنگی اضافه می‌شود با این هدف خواص یا عملکرد قیر حاوی مواد افزودنی بهبود می‌یابد.

یکی از موارد اصلاح قیر افزودن خرده‌لاستیک بازیافتی از تایرهای فرسوده بر قیر خالص است. به طور کلی وجود خرده‌لاستیک در مخلوط‌های آسفالتی سبب بهبود عمر خستگی رویه- کاهش هزینه‌های نگه‌داری- افزایش مقاومت شیار افتادگی- افزایش مقاومت لغزشی، کاهش ترک انعکاسی در روکش‌ها و کاهش آلودگی صوتی می‌گردد. افزودن خرده‌لاستیک به قیر خالص علاوع بر بهبود رفتار مکانیکی مخلوط آسفالتی مشکلات زیست‌محیطی مربوط به حذف لاستیک‌های فرسوده را تا حدود زیادی مرتفع می‌سازد.

۱-۲- بیان مسئله

در طی سالیان گذشته متولیان و دست اندرکاران امر راه‌سازی در ایران سرمایه های هنگفتی را در زمینه ساخت راه‌ها صرف نموده اند تا به عملکرد قابل قبول روسازی راه‌ها دست یابند. در عین حال این راه‌ها نشانه های قریب الوقوعی از خرابی های روسازی مانند شیارافتادگی و ترک‌خوردگی خستگی و دمای پایین را بروز می‌دهند که این خرابی ها به دلیل تغییرات شرایط آب و هوایی و بارهای ترافیکی سنگین می‌باشند. شرایط محیطی و بارهای سنگین وسایل نقلیه مستقیماً بر دوام و عملکرد روسازی اثر می گذارند. بنابراین این خرابی ها نیاز به راه حلهای ضروری و فوری دارند که قابل قبول باشند. از سوی دیگر ضعف کیفیت شبکه راه‌های هر کشوری مستقیماً بر اقتصاد ملی آن اثرگذار است.

در گذشته تحقیقات بسیاری صورت گرفته اند که خرابی های روسازی‌ها را معرفی کرده و برای آنها راه حلی ارائه می‌دهند. این تحقیقات نشان می‌دهند که ترک‌خوردگی را می‌توان به عنوان یکی از خرابیهای اصلی روسازی‌ها در نظر گرفت که به دلایل مختلفی به وقوع می پیوندد. خستگی یکی از دلایل ترک‌خوردگی روسازی‌ها است که در نتیجه بارهای ترافیکی تکراری بوجود می‌آید. این نوع خرابی در دماهای متوسط تا پایین روسازی تحت بارهای تکراری ترافیک و در طول عمر روسازی اتفاق می افتد، ولی زمانی که شروع می‌شود، به سرعت گسترش می‌یابد و منجر به خرابی کلی سازه روسازی آسفالتی می‌گردد. انقباض روسازی در دماهای سرد و تغییر شکل آن منجر به ایجاد تنش‌های کششی در روسازی و وقوع ترک‌های عرضی در سازه روسازی می‌گردد که از دلایل ترک‌خوردگی روسازی است. تغییرشکل‌های ماندگار و دائمی روسازی که عمدتاً بصورت شیارافتادگی و موج زدگی در سطح روسازی‌ها دیده می‌شود، یکی دیگر از خرابیهای اصلی روسازی‌های آسفالتی می‌باشد. این خرابی در اثر ایجاد تنش‌های برشی در لایه آسفالتی روسازی بوجود آمده و اگر مقاومت برشی مخلوط آسفالتی کم باشد و یا

مخلوط آسفالتی سفتی کمی داشته باشد، شیارافتادگی در روسازی آسفالتی ظاهر خواهد شد. در دماهای بالای سرویس‌دهی روسازی آسفالتی، از رفتار الاستیک مخلوط آسفالتی کاسته شده و به رفتار ویسکوز آن افزوده می‌شود و هرچه قیر مورد استفاده بتواند در دماهای بالا رفتار الاستیک و سفتی بیشتری داشته باشد، مخلوط آسفالتی بهتر می‌تواند در برابر مکانیزم تغییرشکل دائمی روسازی ایستادگی نماید. برای کاهش خرابی روسازی‌های آسفالتی راه‌های مختلفی وجود دارند که می‌توانند عمر بهره‌برداری روسازی را بیشتر کنند که عبارتند از:

- تولید قیرهای جدید با مشخصات شیمیایی، فیزیکی و رئولوژیکی بهتر
- بهبود طرح اختلاط مخلوط آسفالتی و طرح لایه روسازی آسفالتی
- بهبود روش‌های ساخت و اجرا و فنون نگهداری راه‌ها

قیرهای اصلاح شده یکی از مهمترین راهکارها برای برطرف نمودن خرابی روسازی‌ها می‌باشند. برای تولید قیر اصلاح شده روش‌های متفاوتی با استفاده از مواد افزودنی مختلف در مقادیر اصلاح‌سازی متفاوت وجود دارند. در سال‌های اخیر استفاده از پلیمر به عنوان یک روش رایج در صنعت روسازی آسفالتی در نظر گرفته شده است که می‌تواند برای بهبود مشخصات قیر مورد استفاده قرار گیرد. قیر اصلاح شده می‌تواند مشخصات گسترده‌ای را که برای عملکرد بهتر راه‌ها نیاز است، فراهم نماید و می‌تواند در شرایط آب و هوایی و بارگذاری شدید سرویس‌دهی کند.

افزودن پلیمر به قیر مهمترین شکل اصلاح‌کردن قیر به دلیل بازه گسترده کاربرد آن و فرصت‌های استعمال آن است و امروزه تکنولوژی پلیمر به عنوان یک جزء ثابت راه‌سازی در نظر گرفته می‌شود. از سوی دیگر کاربرد پودر لاستیک بدست آمده از لاستیک‌های ضایعاتی و دورریز به عنوان یک افزودنی اصلاح کننده کمک می‌کند تا بتوان مشکلات جدی شرایط محیطی و آب و هوایی را حل نموده و عملکرد روسازی آسفالتی را بهبود داد. پلیمرهای تجاری و مصنوعی امکان تولید مخلوط‌هایی را بوجود می آورند که بتوانند در مقابل شیارافتادگی و ترک‌خوردگی مقاومت نمایند. کاربرد افزودنی پلیمری برای پروژه‌های راه‌سازی به عوامل مختلفی از جمله هزینه ساخت، توانایی اجرا، در دسترس بودن و عملکرد مورد انتظار بستگی دارد. اصلاح پلیمری قیر بخصوص در کشورهای درحال توسعه، بدلیل اینکه پلیمر از کشورهای دیگر وارد می‌شود، هزینه بیشتری به دنبال خواهد داشت.