فصلنامه پژوهش در علوم، مهندسی و فناوری
دوره ۵، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸
صفحات ۳۳-۴۲
ISSN: 2476-5082
www.uctjournals.com

بررسی تاثیر ضایعات پلاستیکی و لاستیک فرسوده بر روسازی آسفالت

سجاد کفاش زاده۱، مبین استواری۲* و علی نایبی فر۳

۱- استاد دانشگاه، فوق لیسانس عمران گرایش راه و ترابری،بیرجند،ایران
۲- دانشجوی کارشناسی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی بیرجند، ایران
۳- فوق لیسانس عمران گرایش راه و ترابری، دانشگاه غیرانتفاعی هرمزان،بیرجند،ایران
*نویسنده مسئول: demostovari7@ yahoo.com

چکیده

ظرفیت محدود محل دفن زباله، کاهش منابع معدنی مناسب، اثرات منفی محیط زیستی عوامل اصلی در بازیافت مواد زاید جامد در دنیا هستند. در کشورهای در حال توسعه، مواد ضایعاتی بخش بزرگی از زباله های شهری را به خود اختصاص می دهند که عواقب نامطلوبی را بر محیط زیست دارند. یکی از بهترین مکان ها برای استفاده از مواد ضایعاتی، روسازی راه می باشد. مواد ضایعاتی شامل پلاستیک ها(PET)، لاستیک های فرسوده، خرده شیشه، آسفالت های مستعمل و... می باشند که از بین این مواد، ضایعات پلاستیکی(PET یا پلی اتیلن ترفتالات) و لاستیک های فرسوده اکثریت مواد زاید جامد را تشکیل می دهند. هدف از این مقاله بررسی استفاده از مواد زاید جامد PET و لاستیک های فرسوده می باشد . در این مقاله سعی گردیده با رجوع به تحقیقات و آزمایشات انجام گرفته در ایران و سایر نقاط جهان به استفاده مجدد از این مواد و همچنین تاثیر استفاده از آن ها بر روی خصوصیات و رفتار روسازی راه پرداخته شود؛ نتایج نشان داد بکارگیری این جایگزین های سنگدانه و قیر بعضی از خصوصیات مقاومتی و دوام آسفالت را بهبود بخشید.

واژه‌های کلیدی: مواد زاید جامد، استفاده مجدد، روسازی آسفالت، مواد پلاستیکی، لاستیک فرسوده

۱. مقدمه

روزانه در ایران بیش از ۶۰ هزار تن مواد زاید جامد تولید می شود که مقادیر زیادی از آن اعم از مواد لاستیکی، پلاستیکی در محیط زیست رها می شوند و مشکلات زیادی را به وجود می اورند(عمرانی،۱۳۸۹) . مسئله زباله یا به عبارت دیگر مواد زاید ، امروزه به یکی از معضلات زیست محیطی برای بشر تبدیل شده است نظر به این که میزان زیادی از مواد زاید جامد را می توان مورد پردازش و بازیافت قرار داد، دفن یا رهاسازی این مواد راه و روشی منطقی به نظر نمی رسد. لذا امروزه در کشورهای توسعه یافته بازیافت و استفاده مجدد از ضایعات مورد توجه خاص قرارگرفته است(عمرانی و همکاران،۱۳۸۸،ص،۴۲).

توسعه صنعتی و تجارت برون مرزی، باعث افزایش تردد وسایل نقلیه سنگین در جاده ها شده است که به تبع افزایش هزینه نگهداری راه ها از جمله روسازی آن ها را به دنبال دارد. ساخت و نگهداری راه ها به مقادیر زیادی سنگدانه که به طور معمول بیش از ۹۰درصد وزن آسفالت را تشکیل می دهند، نیاز دارد. سالانه معادل ۱۵درصد از بودجه عمرانی کشور یعنی مبلغی حدود ۲۵۰۰ میلیارد تومان صرف تهیه قیر و آسفالت می شود و هزینه آسفالت مجدد جاده ها نیز بیش از ۱۵۰۰میلیارد تومان در سال برآوردشده است(قاسمی،مرندی،۱۳۹۰،ص،۱).

ترکیب مواد غیر متعارف ساخت و ساز در ساخت جاده ها در ۱۹۸۰یعنی زمانیکه مواد خام مرسوم مانند قیر، سنگریزه های شکسته و مخلوط مصالح غیر محدود، روبه کاهش نهادند، آغاز شد. فرایند تولید سنگدانه ها اختلالی جدی را در محیط زیست و همچنین در اقتصاد به علت کاهش شدید منابع طبیعی ایجاد نموده است. علاوه بر این نرخ هشداردهنده تولید روبه افزونی ضایعات چیزی است که زیربنای تلاش ها به منظور ارزیابی احتمال ادغام محصولات جانبی مختلف در ساخت جاده ها قرار گرفت. عمده ترین مواد بازیافتی که در حال حاضر به صورت عملی مورد استفاده اند شامل زباله های پلاستیکی، لاستیک های مستعمل، شن و ماسه ریخته گری، خاکستر فرار و خاکستر پایین، ماسه نفتی، سنگ مرمر، سنگدانه بتن بازیافت شده، روسازی آسفالت احیا شده و سرباره فولاد می باشند (ابوکتالا،۲۰۱۶).

نکات محوری در استفاده از مواد زائد در ساخت جاده ها کاهش پیامدهای مخرب پردازش مواد طبیعی در محیط زیست، کاهش فشار وارده به مسئولان در کشورهای درحال توسعه و توسعه یافته در فراهم کردن محل های دفن زباله و تنظیم مقررات برای چنین ضایعاتی و در نهایت تاکید دوباره بر تعهد صنعت در ارتقاء خدمات جاده و کیفیت تردد می باشند. علاوه بر این کمبود منابع طبیعی نیز یک منطق عینی برای بهره برداری از چنین ضایعاتی است (ابوکتالا،۲۰۱۶)

یکی از روشهای پیشنهادی برای کاستن ضررهای زیست محیطی این مواد، استفاده از آنها به عنوان ماده افزودنی درمخلوط های آسفالتی است. از آنجایی که سالیانه بیش از ۱۰میلیون تن آسفالت در کشور به مصرف می رسد، به نظر می رسد روسازی های آسفالتی فرصت مناسبی برای مصرف مقدار زیادی از این ضایعات در راه ها باشند (احمدی نژاد،۱۳۸۳،ص،۱۰).

در این مقاله سعی گردیده است در ابتدا به معرفی استفاده از ضایعات پلاستیکPET Poly Ethylene Terephthalate () و لاستیک های فرسوده در مخلوط آسفالت بپردازیم ، سپس استفاده از این مواد در ساخت روسازی راه و تأثیرآن ها بررفتار روسازی را طبق پژوهش های انجام گرفته مورد بررسی قرار دهیم.

۲. استفاده از ضایعات پلاستیکی PET در لایه روسازی راه

کالاهای پلاستیکی غالباً ازمواد پلیمری مصنوعی ساخته شده و به خاطر دوام و پایداری زیاد در محیط زیست، آلودگی های شدیدی را به وجود آورده که رهایی از آن ها به آسانی میسر نیست. هرچند که پلاستیک ها حدود ۱۰درصد وزنی ضایعات جامد را تشکیل میدهند، ولی به علت دانسیته کم، حجمی بین ۳۰ -۲۵درصد ازکل ضایعات جامد را در بر میگیرند (طباطبایی و همکاران،۱۳۸۹،ص،۲). یکی از معضلات زیست محیطی که در چند سال اخیر در اکثر نقاط کشور دیده می شود وجود تعداد بیشماری بطری نوشابه و روغن سالاد، ظروف یکبار مصرف، ظروف شامپو و شوینده ها، در زباله و در نهایت در مراکز دفن است. این ظروف از پلاستیک PETساخته شده اند که به خاطر ساختار پلیمری خاص، روش بازیافت آن، با سایر پلاستیک ها کاملا متفاوت است و به همین دلیل بازیافت آن در سطح بسیار محدودی انجام می گیرد. با توجه به پلیمرهای متراکم که در ساختPET به کار رفته اند، این ماده بسیار دیر تجزیه می باشد(قائمیان و همکاران،۱۳۸۳،ص،۲۲).

کاربرد مواد پلاستیکی به عنوان ماده افزودنی در آسفالت یکی از روش های مناسب برای استفاده مجدد از اینگونه مواد با کمترین اثرات منفی محیط زیست می باشد. کاربرد مواد پلاستیکی در اسفالت که پلاسفالت نیز نامیده می شود علاوه بر کمک به محیط زیست در مصرف قیر و مصالح سنگی صرفه جویی خواهد نمود. در ایران سالانه بیش از ۱۰ میلیون تن آسفالت صرف جاده سازی، راه سازی و رویه سازی جاده ها می شود. طباطبایی و همکاران نشان دادند که جایگزینی ۲۰ درصد مصالح سنگی ریزدانه با ضایعات ظروف پلاستیکی پلی اتیلن ترفتالات اگر چه مقاومت آسفالت را کاهش می یابد ولی باز هم از حد آستانه بیشتر است و افزودن ۵درصد ضایعات ظروف پلاستیکی به قیر مقاومت آسفالت را افزایش میدهد. بنابراین بهترین گزینه برای دفع مواد زاید پلاستیکی از لحاظ اقتصادی، فنی و محیط زیستی محسوب می شود(طباطبایی و همکاران،۱۳۸۹).

۳. استفاده از لاستیک در لایه روسازی راه

سالانه بیش از ۲۰۰هزار تن لاستیک و به تبع چندین هزار تن ضایعات لاستیک در ایران تولید می شود که اهمیت مدیریت این ضایعات را نشان می دهد(قاسمی،مرندی،۱۳۹۰،ص،۱)

برخلاف دیگر مواد زاید جامد، بازیافت لاستیک یا همان تایر آن قدرها هم کار ساده ای نیست. تایرهای زاید را نمی توان بدون انجام عملیات مقدماتی دفن کرد، از طرف دیگر، تایرهایی که در طبیعت رها می شوند، خطراتی جدی برای محیط زیست و سلامت انسان ها به همراه دارند. به گفته کارشناسان محیط زیست، تجمع و دفن تایرها، آمادگی و قابلیت زیادی برای آتش سوزی دارند، به طوری که آتش گرفتن آنها با دود غلیظی همراه بوده و کنترل آن مشکل است، ضمن آنکه این دودها هیدروکربن های نسوخته هستند و گازهای سمی را وارد محیط می کنند. باید به خاطر داشته باشیم تایرها دارای سولفور، آهن ها و فلزهای دیگر هستند که در فضا و شرایط نامناسب باعث آزادشدن مواد و گازهای خطرناک میشوند(فخری،دولتعلی زاده،۱۳۹۰،ص،۲).

استفاده از لاستیک های مستعمل در ساخت وساز و بازسازی جاده ها کارآمد نشان داده شده است. مصارف معمول فرایندهای خشک و تر هستند که در فرایند خشک به عنوان یک چسب در مخلوط آسفالت و در فرایند تر با مخلوط های سنگریزه مورد استفاده اند. آزمایش هایی که توسط دپارتمان حمل و نقل ایالت واشنگتن مانند SAM,SAMIو انواعی دیگری که در زمینه استفاده از لاستیک های مستعمل بازیافت شده انجام شده اند این کار را سودمند اما غیر اقتصادی در آن بازه زمانی نشان داده اند. مواد روسازی تهیه شده از لاستیک هنوز هم پتانسیل پیشرفت برای استفاده در مقیاس های بزرگ را دارند. علاوه بر این، یک مطالعه ی شاخص آزمایشگاهی استفاده از لاستیک را در لایه های طراحی روسازی های متفاوت مطالعه نموده است. بخش های طراحی شامل نسبت های مختلف از خاک، تراشه های لاستیک های مستعمل و ژئوتکستایل بودند که در زمان واقعی ساخته و تست شدند. این کار در دستیابی به پارامترهای مورد نظر موفق بود اگرچه چالش هایی جزئی وجود داشت (آشیش،ناواری،۲۰۱۷،ص،۱۱).

۴. مواد و روش آزمایشات

۴-۱. آزمایش تاثیر PET در روسازی آسفالت

طبق آزمایشات انجام شده توسط آقایان مقانکی، گنجی فر و حسنی مواد آزمایشی به کار رفته به دو روش مورد آزمایش قرار گرفته شدند(مقانکی و همکاران،۱۳۹۰):

مواد PETدر این آزمایشات به دو شکل مورد استفاده قرار گرفته شد.

الف) گرانول : PET به صورت دانه های با قطر حدود ۳میلیمتر که با مقادیر ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ و۶۰ درصد، جایگزین مصالح سنگی هم اندازه (مانده روی الک شماره۸ با سایز ۴/۷۵-۲/۳۶میلیمتر) شده اند. برخی مشخصات گرانول های PETدر جدول ۱آمده است. جدول ۲دانه بندی مخلوط شاهد و مخلوط های پلاسفالت را نشان می دهند. به دلیل سایز دانه بندی انتخاب شده، حداکثر ۱۵درصد وزن کل مصالح سنگی (به ازای ۶۰درصد جایگزینی مصالح ۴/۷۵-۲/۳۶میلیمتر) با گرانولهای PETجایگزین خواهد شد. از آنجا که معادل حجم مصالح سنگی، به مخلوط، PET افزوده شده است، تغییراتی در درصدهای نمونه شاهد و پلاسفالت ها مشاهده می شود که دلیل آن تفاوت دانسیته PETو ماسه می باشد.

ب) چیپس PET: به خرده های بطری که توسط دستگاه آسیاب تهیه می شوند اصطلاحا چیپس PET گفتـه مـی شـود. چیپس های استفاده شده در این آزمایشات، پولک های عبوری از صافی با قطر ۱۲ میلی متر بوده اند. چیپسهای PETبا درصد های ۱، ۳ و ۵ (نسبت به وزن کل مخلوط) به مخلوط اضافه شدند.

جدول۱)مشخصات گرانول pet

مشخصات	گرانول PET
اندازه (mm)	۳±۰/۳
وزن مخصوص(kg/cm^3)	۱/۰۴
نقطه ذوب(^oC)	۲۵۵

جدول ۲)درصد وزنی عبوری مصالح آزمایشات

اندازه الک	درصد وزنی عبوری					
	نمونه شاهد	پلاسفالت ۲۰درصد	پلاسفالت ۳۰درصد	پلاسفالت ۴۰درصد	پلاسفالت ۵۰درصد	پلاسفالت ۶۰درصد
۱۲/۵	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
۹/۵	۹۵	۹۴/۹	۹۴/۸	۹۴/۷	۹۴/۷	۹۴/۶
۴/۷۵	۷۰	۶۹/۲	۶۸/۸	۶۸/۴	۶۸	۶۷/۶
۲/۳۶	۴۵	۴۶/۲	۴۶/۸	۴۷/۴	۴۸	۴۸/۶
۰/۱۵	۱۵	۱۵/۴	۱۵/۶	۱۵/۸	۱۶	۱۶/۲
۰/۰۷۵	۱۰	۱۰/۳	۱۰/۴	۱۰/۵	۱۰/۷	۱۰/۸

قیر مورد استفاده در این آزمایشات برای کلیه مخلوطها، از نوع ۶۰/۷۰بوده (جدول۳) و مصالح انتخابی بصورت شسته و شکسته بوده اند. همچنین از پودر سنگ عبوری از الک شماره ۲۰۰بعنوان فیلر استفاده گردیده است. سطح ترافیک برای طراحی مخلوط آسفالتی، از نوع متوسط و بر اساس آئین نامه روسازی راه های ایران) نشریه شماره ۲۳۴سازمان برنامه و بودجه انتخاب گردیده است. مصالح سنگی و مواد PETدر دمای ۱۸۰درجه و قیر در دمای ۱۴۰درجه به طور جداگانه گرم شده و سپس با یکدیگر مخلوط شده اند.

جدول۳) مشخصات قیر ۶۰/۷۰مصرفی.

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

۴-۱-۱ ازمایش مقاومت مارشال

مقاومت مارشال، مقدار بیشینه باری است (بر حسب کیلوگرم)که نمونه آسفالتی در هنگام بارگذاری، بدون اینکه بشکند آن را تحمل کند. نمونه های آزمایش مارشال بر اساس استاندارد ASTM D 1559تهیه گردیده اند. این نمونه ها با ۵۰ضربه به هر طرف(ترافیک متوسط) متراکم شده و در دمای ۱۲۰درجه متراکم گردیده اند. قطر استاندارد نمونه ها

۱۰۱/۵ میلی متر و ارتفاع آنها ۶۳/۵ میلی متر است. پس از اینکه نمونه ها به مدت یک روز در دمای اتاق سرد شدند، به مدت ۳۰تا ۴۰دقیقه در حمام ۱±۶۰درجه قرار می گیرند و سپس بارگذاری می شوند. نتایج هر آزمایش از میانگین ۳نمونه بدست آمده است.

طبق آئین نامه روسازی راه های ایران، مشخصات و حدود مجاز طراحی برای مخلوط های بتن آسفالتی گرم (HMA7)در جداول۴و۵ نشان داده شده است و کلیه نتایج این تحقیق آزمایشگاهی به جز مقدار روانی در محدوده مجاز بوده است(نشریه۲۳۴،۱۳۹۰).

جدول ۴) حدود استاندارد آزمایش مارشال

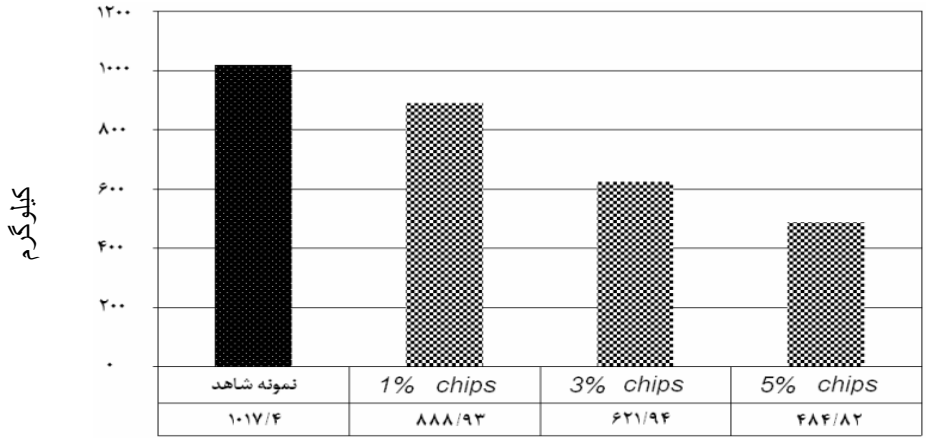
روش ماشال (حدود مجاز)	ترافیک سبک		ترافیک متوسط		ترافیک سنگین	
	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
تراکم،تعداد ضربات به هر طرف نمونه	۳۵	۳۵	۵۰	۵۰	۷۵	۷۵
مقاومت(Kg)	۳۵۰		۵۵۰		۸۰۰	
روانی(mm)	۲	۴/۵	۲	۴	۲	۳/۵
درصد فضای خالی	۳	۵	۳	۵	۳	۵
درصد فضای خالی بین مصالح سنگی(VMA)	جدول ۵	جدول ۵	جدول ۵	جدول ۵	جدول ۵	جدول ۵
درصد فضای خالی پرشده با قیر(VFB)	۷۰	۸۰	۶۵	۷۸	۶۵	۷۵

جدول۵) کمینه(min) فضای خالی بین مصالح سنگی(درصد)

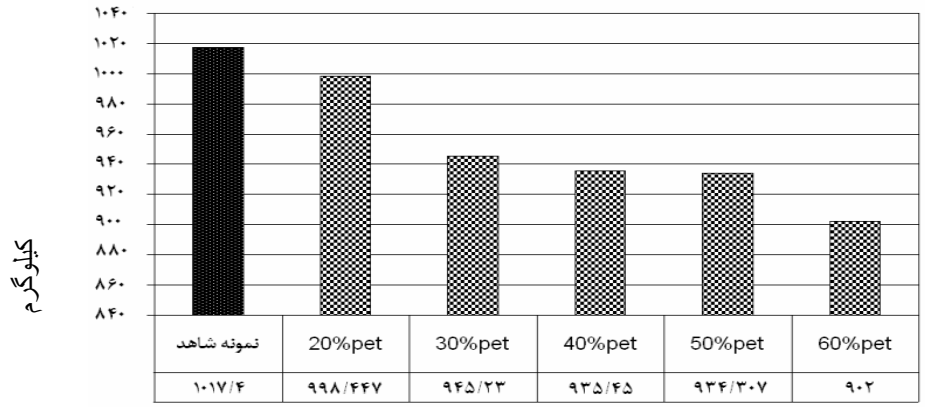
بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه ها(mm)	کمینه(min) VMA٪		
	٪۳	٪۴	٪۵
۱۹	۱۴	۱۳	۱۲
۱۲/۵	۱۵	۱۴	۱۳
۹/۵	۱۶	۱۵	۱۴

الف) گرانولPET : شکل ۱نتایج آزمایش مقاومت بر روی نمونه های شاهد و پلاسفالت را نشان می دهد. مقاومت نمونه شاهد ۱۰۱۷/۴کیلوگرم بوده است. همانطور که در شکل ملاحظه می شود، در کلیه نمونه های پلاسفالت، مقدار مقاومت کمتر از نمونه شاهد است و با افزایش میزان گرانول های PET، مقدار مقاومت نمونه های پلاسفالت کاهش می یابد. بیشینه مقاومت نمونه های پلاسفالت مربوط به نمونه ۲۰درصد جایگزینی گرانول PETبا مصالح سنگی با اندازه (۴/۷۵-۲/۳۶ mm)می باشد که باعث کاهش ۱/۸درصدی مقاومت مارشال گردیده است. این در حالی است که میزان مقاومت این نمونه پلاسفالت، علیرغم این کاهش، هنوز هم حدود ۲برابر حداقل مقاومت مجاز استاندارد ایران(جدول۴) می باشد. این کاهش مقاومت در هنگام افزایش درصد گرانول های، PETممکن است به خاطر کمتر بودن اصطکاک داخلی گرانولهای PETنسبت به مصالح سنگی باشد.

ب) چیپسPET: همان طور که در شکل ۲ملاحظه می شود، با افزودن چیپس های PET، مقدار مقاومت به طور قابل توجهی کاهش می یابد. به نظر می رسد اصلی ترین دلیل این موضوع، پولکی بودن دانه های چیپس PETباشد.



شکل۱) نتایج مقاومت مارشال برای آزمایش جایگزینی گرانول PET



شکل۲) نتایج آزمایش مقاومت مارشال برای افزودن خرده های PET

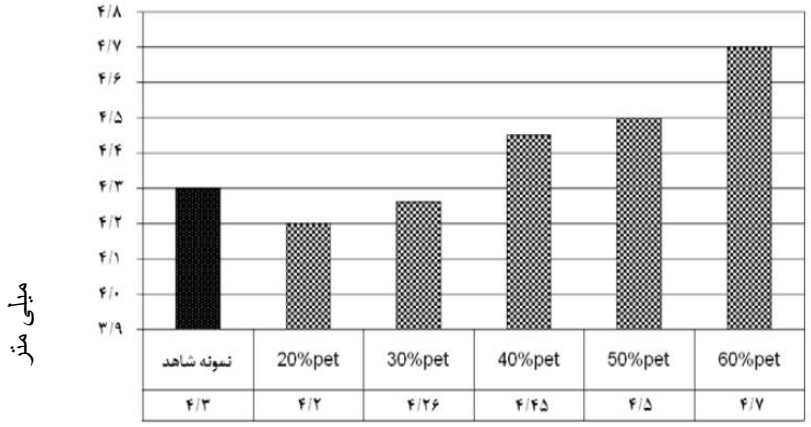
۴-۱-۲ . آزمایش روانی مارشال

روانی ،تغییر شکل قرائت شده(بر حسب میلیمتر) در هنگام بیشینه بارگذاری و گسیختگی است.

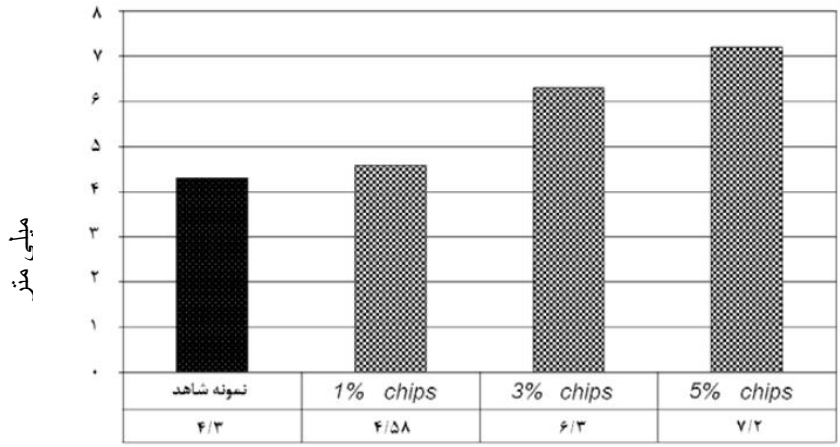
الف)گرانول PET : مقدار روانی نمونه شاهد ۴/۳ mm بوده است که کمی بیش از حد استاندارد می باشد. همان طور که در شکل ۳ نشان داده شده است، این مقدار، با جایگزینی ۲۰درصد گرانول PET با مصالح سنگی هم اندازه، باعث بهبود میزان روانی می گردد. ولی با بیشتر شدن درصد جایگزینی گرانول، مقدار روانی مجددا افزایش می یابد.

به نظر می رسد دلیل کاهش روانی، چسبندگی بهتر گرانولهای PETو قیر به یکدیگر است. ولی با افزایش میزان جایگزینی، عامل اصطکاک داخلی به چسبندگی غلبه می کند.

ب)چیپس PET: مقادیر مربوط به روانی در شکل ۴ آورده شده است. مقدار روانی نیز همانطور که انتظار می رفت، افزایش قابل ملاحظه ای داشته که مانند پارامتر مقاومت، پولکی بودن چیپسهای ،PETمی تواند دلیل آن باشد.



شکل۳) مقایسه روانی نمونه ها با درصدهای مختلف گرانول PET



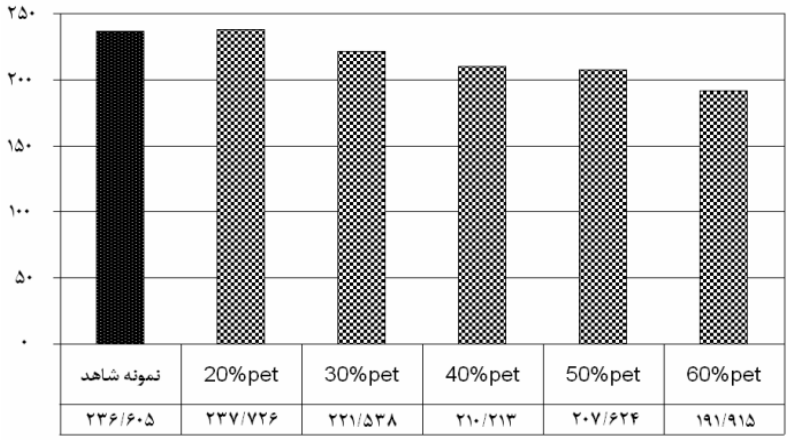
شکل۴) مقایسه روانی نمونه ها با درصدهای مختلف خرده های PET

۴-۱-۳ نسبت مارشال

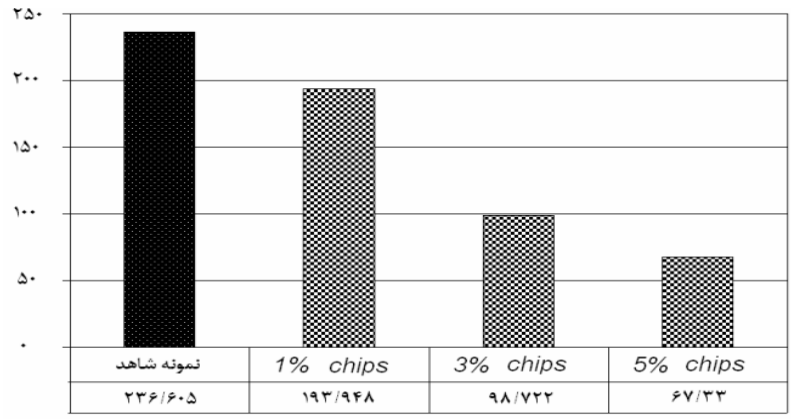
پارامتر نسبت مارشال، نسبت مقاومت به روانی است که شاخصی برای استحکام مخلوط آسفالتی است. از آنجا که نسبت مارشال، نسبت پایداری به تغییر شکل را بیان می کند، هر اندازه این میزان بیشتر باشد، مخلوطی مستحکم تر و با قابلیت بارگذاری بیشتر و در عین حال انعطاف پذیرتر به دست می آید(مهرجردی،۱۳۸۰).

الف) گرانولPET : از آنجا که نسبت مارشال، نسبت پایداری به تغییر شکل را بیان می کند، هر اندازه این میزان بیشتر باشد، مخلوطی مستحکم تر و با قابلیت بارگذاری بیشتر و در عین حال انعطاف پذیرتر بدست می آید. مقادیر نسبت مارشال برای مخلوط شاهد و مخلوط های پلاسفالت در شکل۵ آمده است. نسبت مارشال مخلوط شاهد ۲۳۶/۶Kg/mm بوده که این میزان برای پلاسفالت ۲۰درصد حدود ۰/۵درصد افزایش پیدا کرده است.

ب)چیپسPET نسبت مارشال نیز مانند سایر پارامترها دچار تغییرات گردیده و کاهش زیادی داشته است (شکل۶)



شکل۵) مقایسه نسبت مارشال با درصدهای مختلف گرانول PET



شکل۶) مقایسه نسبت مارشال با درصدهای مختلف چیپسPET

۴-۲.ازمایش تاثیر لاستیک در روسازی اسفالت

طبق آزمایشات انجام شده توسط آقایان شاکری، مقدس نژاد و کشاورزراد مواد آزمایشی به کار رفته به روش زیر مورد آزمایش قرار گرفته شدند(شاکری و همکاران،۱۳۹۰)

دراین تحقیق از قیر ۶۰/۷۰ پالایشگاه اصفهان به عنوان قیر پایه با مشخصات ارائه شده در جدول ۳ استفاده شده و همچنین مشخصات مصالح سنگی مورد استفاده در جدول ۶ آورده شده است. نمونه های آسفالتی مطابق استاندارد ASTM-D1559ساخته شد، همچنین برای ساخت نمونه های آسفالتی از دانه بندی پیوسته شماره ۴نشریه ۲۳۴ سازمان برنامه و بودجه استفاده شد که در جدول ۷مشخصات آن آورده شده است.

جدول۶) خصوصیات مصالح سنگی

نام آزمایش	شماره استاندارد	حدود استاندارد برای رویه آسفالتی	نتیجه آزمایش
سایش لس انجلس	ASTM-C131	<30%	%23
تمیزی(هم ارز ماسه)	ASTM-D2419	>50%	%63/2
درصد جذب آب	ASTM-C127	<2/5%	%0/96
چگالی مصالح	ASTM-C127	-	2/58gr/cm^3
مقاومت فشاری	ASTM-D692	-	400Kg/cm^2

جدول۷) مشخصات دانه بندی مورد استفاده در تهیه نمونه های آسفالتی.

اندازه الک	درصد عبوری از هر الک	میانگین درصد عبوری	میانگین درصد مانده	وزن مورد نیاز برای نمونه ۱۲۰۰ گرمی
۱۹میلیمتر(۳/۴اینچ)	۱۰۰	۱۰۰	۰	۰
۱۲/۵میلیمتر(۳/۴اینچ)	۹۰-۱۰۰	۹۵	۵	۶۰
۴/۷۵میلیمتر(۳/۴اینچ)	۴۴-۷۴	۵۹	۳۶	۴۳۲
۲/۳۶میلیمتر(۳/۴اینچ)	۲۸-۵۸	۴۳	۱۶	۱۹۲
۰/۳میلیمتر(۳/۴اینچ)	۵-۲۱	۱۳	۳۰	۳۶۰
۰/۰۷۵میلیمتر(۳/۴اینچ)	۲-۱۰	۶	۷	۸۴
عبوری از الک شماره۲۰۰	-	-	۶	۷۲

۴-۲-۱. آزمایش مقاومت مارشال

در این نمونه، آسفالت لاستیکی دارای مقاومت مارشال ۸۷۰ کیلوگرم است و حدود ۳درصد نسبت به آسفالت معمولی افزایش مقاومت داشته است. و دارای مقاومت بیشتری در برابر بارهای وارده به روسازی می باشد و در شرایط با ترافیک عملکرد مطلوبی خواهد داشت.

۴-۲-۲. آزمایش مدول برجهندگی

مدول برجهندگی آسفالت یکی از معیارهای مهم در تعیین ضخامت و طراحی لایه های روسازی می باشد. نتایج حاصل از این آزمایش مطابق با استاندارد ASTM-D 4123انجام 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. در این نمونه اضافه کردن پودرلاستیک باعث افزایش ۳۴درصدی مدول برجهندگی نمونه های لاستیکی(۳۱۵۰کیلونیوتن) نسبت به نمونه های معمولی شده است.

۴-۳-۳ آزمایش کشش غیرمستقیم

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 شان می دهد که استفاده از پودر لاستیک می تواند در چسبندگی بهتر قیر به مصالح سنگی موثر باشد (حدود ۱۴درصد) و در این نمونه آسفالت لاستیکی ۴/۸۱ کیلو نیوتن مقاومت در کشش غیر مستقیم از خود نشان داد.

۵. نتیجه‌ها و بحث‌ها

۵-۱. تاثیر PET بر روسازی آسفالت

طبق آزمایشات انجام شده توسط آقایان مقانکی، گنجی فر و حسنی، از بررسی این مطالعه آزمایشگاهی، نتایج زیر بدست آمده است:

میزان نسبت مارشال مخلوط پلاسفالت در مقایسه با مخلوط شاهد، نه تنها کاهشی نداشته، بلکه حدود ۰/۵ درصد افزایش یافته است.مقدار روانی مخلوط پلاسفالت در مقایسه با مخلوط شاهد، مناسب تر شده و به حدود استاندارد نزدیک شده است. علیرغم کاهش ۱/۸درصدی مقاومت مارشال، مقدار مقاومت نمونه پلاسفالت حدود ۲برابر حداقل مقاومت مجاز استاندارد روسازی راههای ایران است.

۵-۲. تاثیر لاستیک فرسوده در روسازی آسفالت

طبق آزمایشات انجام شده توسط آقایان شاکری، مقدس نژاد و کشاورزراد، نتایج آزمایشگاهی نشان می دهد که استفاده از پودر لاستیک باعث موار زیر می شود:

a) افزایش مقاومت مارشال

b) افزایش مدول برجهندگی

c) افزایش مقاومت در برابر کشش غیرمستقیم

مزیت استفاده از قیر لاستیکی، افزایش طول عمر روسازی است. یک پروژه در برزیل نشان داد که افزودن ۱۵درصد لاستیک به قیر باعث می شود که ترک های ایجاد شده در آسفالت تولیدی نسبت به آسفالت مرسوم ۵تا ۶برابر آهسته تر پخش شوند(نونز و همکاران،۲۰۰۵). پروژه مشابهی در ژاپن نشان داد که پایداری دینامیکی چنین مخلوط هایی بیشتر است. قیمت آسفالت لاستیکی بسته به محل و نوع آسفالت از ۲۰تا ۱۶۰درصد گران تر است(تورتوم و همکاران، ۲۰۰۵) . البته تحقیقات LCCA نشان داد که آسفالت لاستیکی در طول عمر ۳۰تا ۴۰ساله مقرون به صرفه تر از نوع مرسوم آن است.

۶. نتیجه گیری

با توجه به افزایش جمعیت و تولید انبوه وسایل نقلیه در کشور، نیاز به توسعه راه ها و ایجاد مسیرهای جدید احساس می شود. همچنین افزایش جمعیت سبب تولید سالانه مقادیر انبوهی ضایعات و مواد زاید می شود که می تواند هرینه های بسیار زیادی برای حمل و دفن و علاوه بر آن اثرات زیست محیطی مخربی به همراه داشته باشد. با توجه به تحقیقات و آزمایشات انجام گرفته در زمینه استفاده از مواد زاید در روسازی راه، مشاهده می گردد که علاوه بر استفاده از این مواد در ساخت راه می توان از دفن و رها سازی مواد زاید جلوگیری به عمل آورد و می توان به حفظ محیط زیست کمک کرد .همچنین مشاهده می گردد استفاده از این مواد در بعضی موارد حتی باعث بهبود رفتار روسازی راه می گردد. استفاده از این مواد به جای مصالح معمول در ساخت روسازی و همچنین بازیافت مواد دور ریختنی به حفظ منابع کشور ها کمک می کند. طبق نتایج حاصل از تحقیقات فوق خلاصه ای از تأثیرات استفاده از مواد دور ریختنی به صورت زیر ارائه می شود:

۱) ضایعات پلاستیکی که اصطلاحا PET نامیده می شوند، با توجه به ساختار پلیمری شان بسیار دیر تجزیه بوده و می توانند باعث کاهش حاصل خیزی در خاک های کشاورزی نیز بشوند. یکی از موارد استفاده از این مواد در روساز ی راه می باشد. ضایعات پلاستیکی در مخلوط آسفالت به دو شیوه چیپس و گرانول PET مورد استفاده قرار می گیرند و می تواند باعث کاهش قابل توجه مصرف مصالح سنگی در روسازی،افزایش میزان روانی مخلوط و بهبود خواص مکانیکی و مقاومتی رویه آسفالتی شوند.

۲) با جایگزینی ۲۰درصدگرانول ،وزن مخصوص،روانی،مقاومت مارشال کاهش می یابد و نسبت مارشال تقریبا ثابت می ماند.علاوه بر این باعث کاهش ۵درصد مصرف مصالح سنگی شده و مقدار زیادی از ضایعات را به مصرف می رساند.

۳) ضایعات پلاستیکی در مخلوط آسفالت به دو شیوه چیپس و گرانول PET مورد استفاده قرار می گیرند و گرانول نسبت به چیپس PETعملکرد بهتری دارد زیرا خرده یا چیپس PET به دلیل پولکی بودن مقاومت کمتری ار خود نشان می دهد.

۴) مقاومت مارشال بیشتر،جریان بیشتر،سختی بیشتر،خزش کمتر،مدول سختی کششی غیر مستقیم بیشتر،مقاومت کششی غیرمستقیم بیشتر،بهبود در برابر ترک و پایداری بیشتر با استفاده از مواد پلاستیکی و لاستیک های فرسوده در مخلوط آسفالت

۵) استفاده از خرده لاستیک به عنوان ماده ضایعاتی در روسازی راه می تواند سالیانه حجم عظیمی از این مواد را به طور مجدد مورد استفاده قرار دهد. این ماده ضایعاتی دارای کاربردهای فراوانی در صنایع مختلف و از جمله روسازی بوده و می تواند مزایای زیادی از جمله بهبود خواص قیر،دوام بالاتر در برابر رطوبت، اکسیداسیون، خستگی و بهبود ترک خوردگی در مخلوط آسفالتی ایجاد کند.

۶) افزایش پارامتر های مقاومتی و دینامیکی آسفالت لاستیکی نسبه به آسفالت معمولی

۷. مراجع

احمدی نژاد، محمود.۱۳۸۳."آسفالت ها دوباره جان میگیرند". جام جم،صفحه۱۰

آیین نامه روسازی آسفالتی راههای ایران نشریه شماره۲۳۴ ،معاونت امور فنی، دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی، سازمان مدیریت و ریزی برنامه کشور؛ مرکز تحقیقات و آموزش، وزارت راه و ترابری؛ انتشارات سازمان مدیریت و ریزی برنامه کشور، ۱۳۹۰

طباطبایی،سیدعباس،کیاست،علیرضا،مطلق،علی اکبر.۱۳۸۹."استفاده از ضایعات پلاستیکی در ساخت پلاسفالت و یا بازیافت کردن آنها".چهارمین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست.ص۲.

عابدین مقانکی،امیر،گنجی دوست،حسین، حسنی، ابوالفضل.۱۳۸۷."استفاده از ضایعات PET در مخلوط های آسفالتی".دومین همایش تخصصی محط زیست

عمرانی،قاسم علی.(۱۳۸۹)."جلد اول مواد زاید جامد".مرکز انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی

عمرانی،قاسم علی، منوری، سید مسعود، جوزی،سیدعلی،زمانی،ندا.(۱۳۸۸) ،"مدیریت بازیافت شیشه در شهر تهران".نشریه علوم و تکنولوژی محیط زیست ، دوره یازدهم، شماره چهار، زمستان

فخری،منصور،دولتعلی زاده،مریم.۱۳۹۰."استفاده و تأثیر مواد زاید در روسازی راه ". ششمین کنـگره ملی مهنـدسی عمـران، دانشگاه سمنان، صفحه۲

قاسمی، مجتبی، مرندی، سیدمرتضی.۱۳۹۰." بهینه سازی آسفالت با استفاده از مواد بازیافتی". همایش ملی اصلاح الگوی تولید و مصرف، کرمان.

قائمیان،محسن، متولی عنبران،سید مهیار،مسافری،مهدی.۱۳۸۳." نجات از زلزله با بطری های یکبار مصرف".همشهری، صفحه۲۲

Abukhettala M.۲۰۱٦. “ Use of Recycled Materials in Road Construction ”. Proceedings of the 2nd International Conference on Civil, Structural and Transportation Engineering (ICCSTE’16) Ottawa, Canada ., Paper No. 138

Ashish T. Asutosh1 & Nawari O. Nawari2. “ Integration of Recycled Industrial Wastes into Pavement Design and Construction for a Sustainable Future ”. Journal of Sustainable Development; 10 (1):9-23, 2017

Tortum et al., 2005 A. Tortum, C. Celik and A.C. Aydin, “Determination of the optimum condition
for tyre rubber in asphalt concrete”, Build Environ 40 (2005), pp. 1492–1504

Nunez et al., 2005 W.P. Nunez, J.A.P. Ceratti, V. Wickbouldt, L.A.T. Brito and J.A. Oliveira, “Delaying crack reflection in overlays, MAIREPAV4, Belfast, UK .