بسم الله الرحمن الرحيم

به نام خدا

پایان نامه کارشناسی ارشد

مهندسی عمران – راه و ترابری

بهبود مشخصات فنی رویه آسفالتی با استفاده از ضایعات ظروف یکبارمصرف و نانو لوله کربن

استاد راهنما :

دکتر سیدعباس طباطبایی

استاد مشاور :

دکتر علیرضا کیاست

نگارش :

علی اکبری مطلق

۸۷٤۰٤۰۲

دانشگاه شهید چمران اهواز – دانشکده مهندسی– شهریورماه ۱۳۸۹

این اثر ناچیز را تقدیم می‌کنم به :

مادر عزیزم

تو ای محرم ترین یارم تو ای مونس و غمخوارم

پدر عزیزم

من از تابش تو بلند اخترم بُود خاک پای تو تاج سرم

و

وجودي كه دوستش دارم

سپاسگزاری

در اینجا لازم دانستم تا از استاد راهنمای محترم جناب آقای دکتر **طباطبائی** و استاد مشاور محترم جناب آقای دکتر **کیاست** که بدون شک بدون همکاری این دو عزیز این کار به پایان نمی‌رسید، کمال تشکر را داشته باشم.

همچنین جا دارد از تمامی مسئولین و سازمان‌های مربوطه که همکاری لازم را انجام دادند، تشکر کنم. در پایان از تمامی دوستانی که در این کار ما را یاری دادند، متشکرم.

علی اکبری مطلق

نام خانوادگی : **اکبری مطلق** نام : **علی**

عنوان پایان‌نامه : **بهبود مشخصات فنی رویه آسفالتی با استفاده از ضایعات ظروف یکبارمصرف و نانو لوله کربن**

استاد راهنما : **دکتر سید عباس طباطبایی** اساتید مشاور : **دکتر علیرضا کیاست**

درجه : **کارشناسی‌ارشد** رشته : **عمران** گرایش : **راه و ترابری**

دانشگاه : **شهید چمران اهواز** دانشکده : **مهندسی**

تاریخ فارغ‌التحصیلی : **۱۳۸۹/۶/۱۷** تعداد صفحه : **۲۰۷ صفحه**

واژگان کلیدی : **روسازی آسفالتی، پلی‌استایرن(PS)، ضایعات ظروف یکبارمصرف، نانولوله‌کربن، محیط زیست**

چکیده:

با پیشرفت‌های فناوری و تغییرات سریع عصر کنونی، تحولات زیادی در شیوه زندگی به وجود آمده است. یکی از این فناوری‌ها، تولید مواد پلاستیکی و ظروف یکبارمصرف است که به دلیل صرفه اقتصادی تولید زیادی دارد. با توجه به گسترش ظروف یکبارمصرف و بازیافت ۶۰۰-۵۰۰ ساله و سرطان‌زا بودن آن‌ها، هدف از این تحقیق آزمایشگاهی، بررسی امکان استفاده از ضایعات ظروف یکبارمصرف پلی‌استایرنی(PS) در مخلوط‌های آسفالتی جهت کاهش معضلات زیست محیطی در زمینه بازیافت و دفن این مواد و تأثیر آن بر مشخصات فنی مخلوط‌های آسفالتی بوده است. برای این منظور، مشخصات مکانیکی مخلوط‌های تهیه شده با PS با نمونه‌های شاهد مورد مقایسه قرار خواهند گرفت. در این تحقیق پارامترهای درجه نفوذ، درجه نرمی، درجه اشتعال، خاصیت انگمی قیر و مقاومت مارشال، روانی مارشال، نسبت مارشال(نسبت مقاومت به روانی) و وزن مخصوص آسفالت مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

در اینجا برای استفاده از ضایعات PS، آن‌ها را به قطعات کوچکتری تبدیل کرده و سپس از آن‌ها به عنوان ماده افزودنی یا جایگزین استفاده می‌شود. قطعات به شکل مکعب مستطیل با ابعاد ۰/۵- ۰/۲ سانتیمتر بوده که ضخامت آن‌ها بسیار کم و در حد یک میلیمتر است. همچنین مواد PS به چهار روش مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند : ۱- اضافه کردن به قیر، ۲- جایگزین درصدی از قیر، ۳- اضافه کردن به مصالح سنگی و ۴- جایگزین درصدی از مصالح سنگی ریزدانه هم‌اندازه. در هر یک از حالات ذکرشده، مشخصات فنی قیر یا مخلوط آسفالتی، به میزان کم یا زیاد تغییر می‌کند.

اغلب ظروف یکبارمصرف از پلی‌استایرن(PS) ساخته می‌شوند. چون معمولاً PS قطبی نیست و هیچ تمایلی برای جذب آب و واکنش با آن ندارد، بنابراین محصول یک ترکیب آب‌گریز بوده و در نتیجه آب را از رویه فراری می‌دهد. بنابراین PS می‌تواند مشکلات عمده بحث نفوذ آب و زهکشی در رویه‌های آسفالتی را برطرف کند.

همچنین با توجه به خواص ویژه نانولوله‌های‌کربنی از جمله قدرت رسانایی‌گرمایی خیلی بالا، استحکام و مقاومت کششی بالا و به علت هزینه بالای نانولوله‌کربن، در این تحقیق از مقدار بسیار کمی(۰/۰۰۰۱ تا ۰/۰۰۱ درصد وزنی قیر) نانولوله‌کربن در ترکیب با قیر استفاده خواهد شد. با توجه به خواص نانولوله‌کربن که در بالا ذکر شد، این ماده باعث افزایش استحکام و مقاومت قیر و در نتیجه افزایش مقاومت پیوند بین قیر و سنگدانه خواهد شد. بنابراین مخلوط آسفالتی به دست آمده دارای مقاومت و استحکام بیشتری نسبت به نمونه شاهد خواهد بود. بنابراین استفاده از مخلوط حاصل ضمن بهبود خواص مخلوط‌های آسفالتی و کاهش چند درصدی مصرف مصالح سنگی، مقادیر متنابهی از ضایعات پلاستیک PS را نیز در سازه‌های مهندسی‌عمران به مصرف خواهد رسانید.

فهرست

مقدمه و پیشینه تحقیق ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- پیشینه تحقیق ۶

۱-۲-۱- استفاده از لاستیک تایرهای فرسوده ۶

۱-۲-۱-۱- فرآیندهای تولید ۷

۱-۲-۱-۲- تولید و کاربرد لاستیک فرسوده در ایران ۱۱

۱-۲-۲- استفاده از ضایعات پلاستیک های PET ۱۳

کلیات قیر و آسفالت ۱۷

۲-۱- مقدمه ۱۸

۲-۱-۱- راه سلطنتی ۱۸

۲-۱-۲- رومی ها در راهسازی ۱۹

۲-۱-۳- روش های جدید عمرانی برای ساخت راه در قرن های ۱۸ و ۱۹ ..... ۱۹

۲-۱-۴- پیشرفت در روسازی راه ها ۱۹

۲-۲- کلیات قیر ۲۰

۲-۲-۱- قیر چیست ؟ ۲۱

۲-۲-۱-۱- ساختار قیر ۲۱

۲-۲-۲- مشخصات قیر ۲۲

۲-۲-۳- انواع قیر ۲۳

۲-۲-۳-۱- قیر نفتی ۲۳

۲-۲-۳-۲- قیر طبیعی یا معدنی ۲۳

۲-۲-۴- آزمایش های تعیین خصوصیات قیر ۲۴

۲-۲-۵- کاربردهای قیر ۲۴

۲-۲-۶- گرم کردن قیر ۲۸
۲-۳- کلیات آسفالت ۳۰
۲-۳-۱- مقدمه ۳۰
۲-۳-۲- انواع روسازی ها ۳۱
۲-۳-۲-۱- روسازی های انعطاف پذیر ۳۳
۲-۳-۲-۱-۱- ویژگی های لایه های روسازی انعطاف پذیر ۳۳
۲-۳-۲-۱-۲- لایه آسفالتی ۳۳
۲-۳-۳- انواع مخلوط های آسفالتی ۳۴
۲-۳-۳-۱- قشر رویه (توپکا) ۳۵
۲-۳-۳-۲- قشر آستر (بیندر) ۳۵
۲-۳-۳-۳- اساس قیری ۳۶
۲-۳-۴- مصالح آسفالت ۳۶
۲-۳-۴-۱- مصالح سنگی ۳۶
۲-۳-۴-۲- دانه بندی ۳۷
آشنایی با صنعت ظروف یکبارمصرف و نانو لوله های کربن ۳۸
الف- ظروف یکبارمصرف ۳۹
۳-۱- مقدمه ۳۹
۳-۱-۱- اثرات استعمال ظروف پلاستیکی در بدن و محیط زیست ۳۹
۳-۱-۲- مواد افزودنی ۴۱
۳-۲- پلیمرها ۴۲
۳-۲-۱- مفاهیم اساسی ۴۲
۳-۲-۲- پلی اتیلن ۴۲
۳-۲-۳- پلی پروپیلن ۴۳
۳-۲-۴- پلی استایرن ۴۴

۳-۲-۵- پلی وینیل کلراید ۴۶
۳-۲-۶- پلیمرها و محیط زیست ۴۷
۳-۲-۷- آلودگی توسط پلیمرها ۴۷
۳-۲-۸- مشکل طبیعت ۴۹
۳-۲-۹- انرژی و پلیمرها ۵۱
۳-۲-۱۰- بازیافت پلیمرها ۵۱
۳-۲-۱۱- پلیمرهای قابل تخریب ۵۲
۳-۲-۱۲- آینده ۵۳
۳-۳- ظروف یکبارمصرف ۵۵
۳-۳-۱- انواع ظروف یکبارمصرف ۵۵
۳-۳-۱-۱- پلی استایرن(PS) ۵۵
۳-۳-۱-۲- پلی وینیل کلراید(PVC) ۵۵
۳-۳-۱-۳- پروپیلن(PP) و پلی اتیلن(PE) ۵۶
۳-۳-۲- مزیت ها و معایب ۵۶
۳-۳-۳- انحلال پذیری پلاستیک ها ۵۷
۳-۳-۴- ظروف یکبارمصرف، قاتلان خاموش ۵۸
۳-۳-۵- ظروف یکبارمصرف گیاهی، ناجی توپ پلاستیکی ۶۰
ب- نانو لوله کربن ۶۳
۳-۴-۱- مقدمه ۶۳
۳-۴-۲- ویژگی های نانو لوله های کربنی ۶۳
۳-۴-۳- انواع نانولوله های کربنی ۶۷
۳-۴-۴- روش های تولید نانو لوله های کربنی ۶۸
۳-۴-۵- کاربردهای نانو لوله های کربنی ۶۹
۳-۴-۵- چالش های فراروی ۷۴

روش اجرای کار و آزمایشات لازم ۷۸

۴-۱- مقدمه ۷۹

۴-۲- قیر و مصالح سنگی ۸۰

۴-۳- استفاده از ضایعات ظروف یکبارمصرف ۸۳

۴-۳-۱- مقدمه ۸۳

۴-۳-۲- حالات مختلف استفاده از ضایعات ۸۳

۴-۳-۲-۱- اضافه کردن به قیر ۸۴

۴-۳-۲-۲- جایگزین کردن درصدی از قیر با ضایعات ۸۵

۴-۳-۲-۲- اضافه کردن به مصالح سنگی ۸۶

۴-۳-۲-۳- جایگزین مصالح سنگی ریزدانه هم اندازه ۸۹

۴-۳-۳- انحلال و تفکیک ضایعات ظروف یکبارمصرف ۹۰

۴-۳-۳-۱- اسپکتروسکوپی مادون قرمز IR (Infra red) ۹۱

۴-۳-۳-۱-۱- اجزاء و قسمت های مختلف دستگاه اسپکتروسکوپ ۹۱

۴-۳-۳-۱-۲- کاربرد طیف IR ۹۳

۴-۴- استفاده از نانو لوله کربن ۹۴

۴-۵- آزمایشات انجام شده ۹۶

۴-۵-۱- آزمایشات قیر ۹۶

۴-۵-۲- آزمایشات آسفالت ۹۶

۴-۵-۲-۱- آزمایش مقاومت و روانی مارشال ۹۶

۴-۵-۲-۱-۱- تعیین وزن مخصوص واقعی آسفالت ۹۶

۴-۵-۲-۱-۲- تعیین مقاومت فشاری و روانی ۹۶

۴-۵-۲-۲- آزمایش دوام مخلوط های آسفالتی در برابر آب ۹۹

۴-۶- مباحث آیین نامه ۱۰۰

۴-۶-۱- مشخصات مکانیکی ۱۰۰

۴-۶-۲- مشخصات فنی ۱۰۱
۴-۶-۲-۱- بتن آسفالتی ۱۰۱
۴-۶-۲-۲- قیر ۱۰۳
نتایج ۱۰۵
۵-۱- مقدمه ۱۰۶
۵-۲- آزمایشات قیر ۱۰۷
۵-۲-۱- آزمایش درجه نفوذ ۱۰۷
۵-۲-۲- آزمایش درجه نرمی ۱۰۹
۵-۲-۳- آزمایش خاصیت انگمی قیر ۱۱۱
۵-۲-۴- آزمایش درجه اشتعال ۱۱۳
۵-۳-آزمایشات آسفالت ۱۱۵
۵-۳-۱- تعیین درصد بهینه قیر ۱۱۵
۵-۳-۲- آزمایش مارشال ۱۱۹
۵-۳-۲-۱- ضایعات ظروف یکبار مصرف ۱۱۹
۵-۳-۲-۱-۱- اضافه کردن ضایعات به قیر ۱۲۰
۵-۳-۲-۱-۲- جایگزینی درصدی از قیر با ضایعات ۱۳۱
۵-۳-۲-۱-۳- اضافه کردن به مصالح سنگی ۱۴۱
۵-۳-۲-۱-۴- جایگزین مصالح سنگی ریزدانه هم اندازه ۱۵۲
۵-۳-۲-۲- استفاده از نانو لوله کربن ۱۶۳
۵-۳-۲-۲-۱- انتخاب برتر ۱۶۶
۵-۳-۲-۳- ترکیب ضایعات و نانو لوله کربن ۱۶۷
۵-۳-۲-۳-۱- انتخاب برتر ۱۷۰
۵-۳-۳- آزمایش دوام مخلوط های آسفالتی در برابر آب ۱۷۱
۵-۳-۳-۱- انتخاب برتر ۱۷۳

۵-۴- برآورد اقتصادی ۱۷۴

جمع بندی و نتیجه گیری ۱۷۷

پیشنهادات ۱۸۰

مراجع و منابع ۱۸۰

فهرست شکل‌ها و نمودارها

شکل(۲-۱) – مسیرهای قدیمی ۱۸
شکل(۲-۲) – قیر ۲۰
شکل(۲-۳) – روسازی انعطاف پذیر ۳۲
شکل(۲-۴) – روسازی صلب ۳۲
شکل(۳-۱) – ظروف پلاستیکی ۳۹
شکل(۳-۲) – ظروف یکبارمصرف ۴۰
شکل(۳-۳) – استایرن ۴۵
شکل(۳-۴) – ظروف یکبارمصرف گیاهی ۶۱
شکل(۳-۵) – تصویر سه بعدی نانولوله کربن ۶۳
شکل(۳-۶) – قابلیت ذخیره سازی نانو لوله کربن ۶۶
شکل(۳-۷) – انواع نانولوله های تک جداره ۶۷
شکل(۳-۸) – تولید نانو لوله کربن ۶۹
شکل(۳-۹) – استفاده از نانو لوله در ترانزیستورها ۷۰
شکل(۳-۱۰) – حسگر ۷۱
شکل(۳-۱۱) – کاربرد نانو لوله در پدیده گسیل میدانی ۷۲
شکل(۳-۱۲) – حافظه های نانو لوله ای ۷۲
شکل(۳-۱۳) – استحکام دهی نانو لوله به کامپوزیت ۷۳
شکل(۴-۱) – نمودار دانه بندی نمونه شاهد ۸۲
شکل(۴-۲) – اضافه کردن ضایعات ظروف یکبارمصرف به قیر ۸۵
شکل(۴-۳) – اضافه کردن ضایعات به مصالح سنگی قبل از افزودن قیر ۸۷
شکل(۴-۴) – اختلاط ضایعات و مصالح سنگی قبل از افزودن قیر ۸۷
شکل(۴-۵) – اضافه کردن ضایعات به مصالح سنگی بعد از افزودن قیر ۸۸
شکل(۴-۶) – اختلاط ضایعات و مصالح سنگی بعد از افزودن قیر ۸۸
شکل(۴-۷) – ضایعات ظروف یکبارمصرف ۹۰
شکل(۴-۸) – ضایعات ظروف یکبارمصرف پس از حرارت دادن در قیر ۹۱
شکل(۴-۹) – دستگاه اسپکتروسکوپ ۹۲
شکل(۴-۱۰) – طیف IR مواد باقی مانده از انحلال پلی استایرن در اتانول ۹۳

شکل(۴-۱۱) – Mechanical Stirer (دانشگاه شهید چمران اهواز).....۹۴
شکل(۴-۱۲) – Mechanical Stirer کاملاً دیجیتال(دانشگاه شهید چمران اهواز) ۹۵
شکل(۴-۱۳) – حداقل درصد فضای خالی مصالح سنگی بتن آسفالتی.....۱۰۱
شکل(۵-۱) – مقایسه نتایج آزمایش درجه نفوذ برای نمونه های مختلف ۱۰۸
شکل(۵-۲) – مقایسه نتایج آزمایش درجه نرمی برای نمونه های مختلف.....۱۱۰
شکل(۵-۳) – مقایسه نتایج آزمایش خاصیت انگمی(شکل پذیری) برای نمونه های مختلف ۱۱۲
شکل(۵-۴) – مقایسه نتایج آزمایش درجه اشتعال برای نمونه های مختلف ۱۱۴
شکل(۵-۵) – مقایسه نتایج مقاومت مارشال برای تعیین درصد بهینه قیر.....۱۱۷
شکل(۵-۶) – مقایسه نتایج روانی مارشال برای تعیین درصد بهینه قیر ۱۱۷
شکل(۵-۷) – مقایسه نتایج نسبت مارشال برای تعیین درصد بهینه قیر ۱۱۷
شکل(۵-۸) – مقایسه نتایج وزن مخصوص برای تعیین درصد بهینه قیر.....۱۱۸
شکل(۵-۹) – مقایسه نتایج درصد فضای خالی بتن آسفالتی برای تعیین درصد بهینه قیر ۱۱۸
شکل(۵-۱۰) – تغییرات مقاومت مارشال در حالت اضافه شدن ضایعات ریز PS به قیر ۱۲۲
شکل(۵-۱۱) – تغییرات روانی مارشال در حالت اضافه شدن ضایعات ریز PS به قیر.....۱۲۳
شکل(۵-۱۲) – تغییرات نسبت مارشال در حالت اضافه شدن ضایعات ریز PS به قیر.....۱۲۳
شکل(۵-۱۳) – تغییرات وزن مخصوص در حالت اضافه شدن ضایعات ریز PS به قیر ۱۲۴
شکل(۵-۱۴) – تغییرات مقاومت مارشال در حالت اضافه شدن ضایعات درشت PS به قیر ۱۲۵
شکل(۵-۱۵) – تغییرات روانی مارشال در حالت اضافه شدن ضایعات درشت PS به قیر.....۱۲۵
شکل(۵-۱۶) – تغییرات نسبت مارشال در حالت اضافه شدن ضایعات درشت PS به قیر.....۱۲۶
شکل(۵-۱۷) – تغییرات نسبت مارشال در حالت اضافه شدن ضایعات درشت PS به قیر.....۱۲۷
شکل(۵-۱۸) – تغییرات مقاومت مارشال براساس حالات مختلف اضافه شدن ضایعات PS به قیر.....۱۲۸
شکل(۵-۱۹) – تغییرات روانی مارشال براساس حالات مختلف اضافه شدن ضایعات PS به قیر ۱۲۸
شکل(۵-۲۰) – تغییرات نسبت مارشال براساس حالات مختلف اضافه شدن ضایعات PS به قیر.....۱۲۹
شکل(۵-۲۱) – تغییرات وزن مخصوص براساس حالات مختلف اضافه شدن ضایعات PS به قیر.....۱۲۹
شکل(۵-۲۲) – تغییرات مقاومت مارشال در حالت جایگزین شدن قیر با ضایعات ریز PS ۱۳۳
شکل(۵-۲۳) – تغییرات روانی مارشال در حالت جایگزین شدن قیر با ضایعات ریز PS.....۱۳۳
شکل(۵-۲۴) – تغییرات نسبت مارشال در حالت جایگزین شدن قیر با ضایعات ریز PS.....۱۳۴
شکل(۵-۲۵) – تغییرات وزن مخصوص در حالت جایگزین شدن قیر با ضایعات ریز PS ۱۳۴
شکل(۵-۲۶) – تغییرات مقاومت مارشال در حالت جایگزین شدن قیر با ضایعات درشت PS.....۱۳۵

شکل(۵-۲۷) - تغییرات روانی مارشال در حالت جایگزین شدن قیر با ضایعات درشت PS ۱۳۶
شکل(۵-۲۸) - تغییرات نسبت مارشال در حالت جایگزین شدن قیر با ضایعات درشت PS..... ۱۳۶
شکل(۵-۲۹) - تغییرات وزن مخصوص در حالت جایگزین شدن قیر با ضایعات درشت PS..... ۱۳۷
شکل(۵-۳۰) - تغییرات مقاومت مارشال براساس حالات مختلف جایگزینی قیر با ضایعات PS ۱۳۸
شکل(۵-۳۱) - تغییرات روانی مارشال براساس حالات مختلف جایگزینی قیر با ضایعات PS..... ۱۳۸
شکل(۵-۳۲) - تغییرات نسبت مارشال براساس حالات مختلف جایگزینی قیر با ضایعات PS ۱۳۹
شکل(۵-۳۳) - تغییرات وزن مخصوص مارشال براساس حالات مختلف جایگزینی قیر با ضایعات PS ۱۳۹
شکل(۵-۳۴) - تغییرات مقاومت مارشال در حالت اضافه شدن ضایعات ریز PS به مصالح سنگی ۱۴۴
شکل(۵-۳۵) - تغییرات روانی مارشال در حالت اضافه شدن ضایعات ریز PS به مصالح سنگی ۱۴۵
شکل(۵-۳۶) - تغییرات نسبت مارشال در حالت اضافه شدن ضایعات ریز PS به مصالح سنگی ۱۴۵
شکل(۵-۳۷) - تغییرات وزن مخصوص در حالت اضافه شدن ضایعات ریز PS به مصالح سنگی ۱۴۶
شکل(۵-۳۸) - تغییرات مقاومت مارشال در حالت اضافه شدن ضایعات درشت PS به مصالح سنگی ۱۴۷
شکل(۵-۳۹) - تغییرات مقاومت مارشال در حالت اضافه شدن ضایعات درشت PS به مصالح سنگی ۱۴۷
شکل(۵-۴۰) - تغییرات نسبت مارشال در حالت اضافه شدن ضایعات درشت PS به مصالح سنگی..... ۱۴۸
شکل(۵-۴۱) - تغییرات وزن مخصوص در حالت اضافه شدن ضایعات درشت PS به مصالح سنگی ۱۴۸
شکل(۵-۴۲) - تغییرات مقاومت مارشال براساس حالات مختلف اضافه شدن ضایعات PS به مصالح سنگی ۱۴۹
شکل(۵-۴۳) - تغییرات روانی مارشال براساس حالات مختفلف اضافه شدن ضایعات PS به مصالح سنگی ۱۵۰
شکل(۵-۴۴) - تغییرات نسبت مارشال براساس حالات مختفلف اضافه شدن ضایعات PS به مصالح سنگی..... ۱۵۰
شکل(۵-۴۵) - تغییرات وزن مخصوص براساس حالات مختفلف اضافه شدن ضایعات PS به مصالح سنگی ۱۵۱
شکل(۵-۴۶) - تغییرات مقاومت مارشال در حالت جایگزین شدن مصالح سنگی ریزدانه با ضایعات ریز PS..... ۱۵۵
شکل(۵-۴۷) - تغییرات روانی مارشال در حالت جایگزین شدن مصالح سنگی ریزدانه با ضایعات ریز PS ۱۵۶
شکل(۵-۴۸) - تغییرات نسبت مارشال در حالت جایگزین شدن مصالح سنگی ریزدانه با ضایعات ریز PS ۱۵۷
شکل(۵-۴۹) - تغییرات وزن مخصوص در حالت جایگزین شدن مصالح سنگی ریزدانه با ضایعات ریز PS..... ۱۵۷
شکل(۵-۵۰) - تغییرات مقاومت مارشال در حالت جایگزین شدن مصالح سنگی ریزدانه با ضایعات درشت PS ۱۵۸
شکل(۵-۵۱) - تغییرات روانی مارشال در حالت جایگزین شدن مصالح سنگی ریزدانه با ضایعات درشت PS ۱۵۸
شکل(۵-۵۲) - تغییرات نسبت مارشال در حالت جایگزین شدن مصالح سنگی ریزدانه با ضایعات درشت PS ۱۵۹
شکل(۵-۵۳) - تغییرات وزن مخصوص در حالت جایگزین شدن مصالح سنگی ریزدانه با ضایعات درشت PS ۱۵۹
شکل(۵-۵۴) - تغییرات مقاومت مارشال براساس حالات مختلف جایگزین شدن مصالح سنگی ریزدانه با ضایعات PS ۱۶۰
شکل(۵-۵۵) - تغییرات روانی مارشال براساس حالات مختلف جایگزین شدن مصالح سنگی ریزدانه با ضایعات PS..... ۱۶۱

شکل(۵-۵۶) - تغییرات نسبت مارشال براساس حالات مختلف جایگزین شدن مصالح سنگی ریزدانه با ضایعات PS..... ۱۶۱
شکل(۵-۵۷) - تغییرات وزن مخصوص براساس حالات مختلف جایگزین شدن مصالح سنگی ریزدانه با ضایعات PS ۱۶۲
شکل(۵-۵۸) - تغییرات مقاومت مارشال در حالت اضافه شدن نانو لوله کربن به قیر ۱۶۴
شکل(۵-۵۹) - تغییرات روانی مارشال در حالت اضافه شدن نانو لوله کربن به قیر ۱۶۵
شکل(۵-۶۰) - تغییرات نسبت مارشال در حالت اضافه شدن نانو لوله کربن به قیر ۱۶۵
شکل(۵-۶۱) - تغییرات وزن مخصوص در حالت اضافه شدن نانو لوله کربن به قیر ۱۶۶
شکل(۵-۶۲) - تغییرات مقاومت مارشال براساس حالات مختلف استفاده از ضایعات PS جایگزین قیر به همراه نانو لوله کربن ۱۶۸
شکل(۵-۶۳) - تغییرات روانی مارشال براساس حالات مختلف استفاده از ضایعات PS جایگزین قیر به همراه نانو لوله کربن ... ۱۶۹
شکل(۵-۶۴) - تغییرات نسبت مارشال براساس حالات مختلف استفاده از ضایعات PS جایگزین قیر به همراه نانو لوله کربن ... ۱۶۹
شکل(۵-۶۵) - تغییرات وزن مخصوص براساس حالات مختلف استفاده از ضایعات PS جایگزین قیر به همراه نانو لوله کربن ۱۷۰
شکل(۵-۶۶) - مقایسه نتایج آزمایش دوام مخلوط های آسفالتی در برابر آب برای نمونه های مختلف ۱۷۳

فهرست جداول

جدول(۲-۱) - راهنمای کلی انتخاب قیر برای انواع مختلف روسازی آسفالتی ۲۵
جدول(۲-۲) - راهنمای انتخاب درجه حرارت برای گرم کردن قیر ۲۸
جدول(۳-۱) - جزئیات فرآیندهای تهیه پلی اتیلن ۴۳
جدول(۳-۲) - زباله تخمین زده شده برای برخی از پلیمرها ۵۰
جدول(۳-۳) - تولید زباله پلاستیک طبقه بندیشده براساس استفاده نهایی ۵۰
جدول(۳-۴) - حلال ها و رسوب دهنده های پلی اتیلن و پلی استایرن و پلی وینیل کلراید ۵۷
جدول(۳-۵) - قابلیت انحلال پلی اتیلن و پلی استایرن و پلی وینیل کلراید ۵۷
جدول(۴-۱) - دانه بندی نمونه شاهد(دانه بندی شماره ۴ نشریه ۲۳۴) ۸۱
جدول(۴-۲) - ضرایب تصحیح در آزمایش مارشال ۹۷
جدول(۴-۳) - حدود استاندارد آزمایش مارشال ۱۰۰
جدول(۴-۴) - حداقل فضای خالی بین مصالح سنگی(درصد) ۱۰۰
جدول(۴-۵) - آئین نامه سازمان برنامه برای مشخصات فنی بتن آسفالتی ۱۰۱
جدول(۴-۶) - آئین نامه BECOM برای مشخصات فنی بتن آسفالتی ۱۰۲
جدول(۴-۷) - آئین نامه گروه مهندسین برای مشخصات فنی بتن آسفالتی ۱۰۲
جدول(۴-۸) - آئین نامه انستیتو آسفالت برای مشخصات فنی بتن آسفالتی ۱۰۳
جدول(۴-۹) - مشخصات فنی قیرهای خالص(آیین نامه سازمان برنامه) ۱۰۳
جدول(۴-۱۰) - مشخصات فنی قیرهای خالص(آیین نامه ASTM) ۱۰۴
جدول(۵-۱) - نتایج آزمایش درجه نفوذ ۱۰۷
جدول(۵-۲) - نتایج آزمایش درجه نرمی ۰۹۱۰۹
جدول(۵-۳) - نتایج آزمایش خاصیت انگمی(شکل پذیری) ۱۱۱
جدول(۵-۴) - نتایج آزمایش درجه اشتعال ۱۱۳
جدول(۵-۵) - نتایج اولیه آزمایش مارشال برای تعیین درصد بهینه قیر ۱۱۵
جدول(۵-۶) - نتایج نهایی آزمایش مارشال برای تعیین درصد بهینه قیر ۱۱۶
جدول(۵-۷) - نتایج اولیه آزمایش مارشال نمونه شاهد ۱۱۹
جدول(۵-۸) - نتایج نهایی آزمایش مارشال نمونه شاهد ۱۹۱۲۰
جدول(۵-۹) - نتایج اولیه آزمایش مارشال در حالت اضافه شدن ضایعات PS به قیر ۰۱۲۰
جدول(۵-۱۰) - نتایج نهایی آزمایش مارشال در حالت اضافه شدن ضایعات PS به قیر ۱۱۲۱

جدول(۵-۱۱) - نتایج اولیه آزمایش مارشال در حالت جایگزینی قیر با ضایعات PS ۰۱۳۱
جدول(۵-۱۲) - نتایج نهایی آزمایش مارشال در حالت جایگزینی قیر با ضایعات PS ۰۱۳۲
جدول(۵-۱۳) - نتایج اولیه آزمایش مارشال در حالت اضافه شدن ضایعات PS به مصالح سنگی ۱۱۴۲
جدول(۵-۱۴) - نتایج نهایی آزمایش مارشال در حالت اضافه شدن ضایعات PS به مصالح سنگی ۲۱۴۳
جدول(۵-۱۵) - نتایج اولیه آزمایش مارشال در حالت جایگزینی مصالح سنگی ریزدانه با ضایعات PS..... ۲۱۵۳
جدول(۵-۱۶) - نتایج نهایی آزمایش مارشال در حالت جایگزینی مصالح سنگی ریزدانه با ضایعات PS ۵۳۱۵۴
جدول(۵-۱۷) - نتایج اولیه آزمایش مارشال در حالت استفاده از نانو لوله کربن ۲۱۶۳
جدول(۵-۱۸) - نتایج نهایی آزمایش مارشال در حالت استفاده از نانولوله کربن ۲۱۶۳
جدول(۵-۱۹) - نتایج اولیه آزمایش مارشال در حالت استفاده از ترکیب ضایعات PS و نانو لوله کربن.....۶۶۱۶۷
جدول(۵-۲۰) - نتایج نهایی آزمایش مارشال در حالت استفاده از ترکیب ضایعات PS و نانو لوله کربن ۶۶۱۶۷
جدول(۵-۲۱) - نتایج اولیه آزمایش دوام مخلوط های آسفالتی در برابر آب ۰۱۷۱
جدول(۵-۲۲) - نتایج نهایی آزمایش دوام مخلوط های آسفالتی در برابر آب ۱۱۷۲

فصل اول

مقدمه و پیشینه تحقیق

۱-۱- مقدمه

اصولاً راه‌ها به عنوان شاهرگ حیاتی یک جامعه تلقی می‌شوند که در صورت عدم ارتباط آن‌ها با هم، حیات و توسعه اقتصادی و اجتماعی جامعه مختل خواهد شد. روسازی جاده‌ها نیز جزء سرمایه‌های ملی کشورها محسوب می‌شود و هر ساله بخشی از بودجه‌های عمرانی را به خود اختصاص می‌دهد که صرف ترمیم، بهسازی، حفظ و نگهداری آن‌ها می‌شود. تأمین اعتبار کافی برای این منظور چالشی است که مدیران عالی (تصمیم‌گیران) همواره با آن مواجه هستند.

راهسازان از زمان‌های قدیم بر لزوم و اهمیت روسازی راه‌ها واقف بودند و بر حسب مورد از انواع آن استفاده می‌کردند. طرح، اجرا و نگهداری روسازی راه‌ها از مهمترین و در عین حال از مشکل‌ترین قسمت‌های راهسازی است و غالب مشکلات بعدی زائیده طرح، اجرا و یا نگهداری غیر اصولی این قسمت پر اهمیت راه می‌باشد. اگر روسازی راهی به طور اصولی و صحیح طرح، اجرا و نگهداری نشود، راه در برابر عوامل جوی و اثر فرساینده آمد و شد خودروها مقاومت نکرده و به سرعت خراب شده و در نتیجه موجب از دست رفتن سرمایه‌گذاری اولیه می‌شود. علاوه بر این، خرابی روسازی باعث افزایش سایر هزینه‌ها از قبیل هزینه مرمت و بهسازی و همچنین افزایش هزینه‌های غیرمستقیمی که به علت بدی روسازی به استفاده کنندگان از راه تحمیل می‌شود، خواهد شد.

کارآمدی و میزان مطلوبیت راه‌ها به عوامل مختلف آب و هوایی و پیشرفت‌های ترافیکی بستگی دارد. تعداد کاربران وسایل نقلیه موتوری به سرعت در حال افزایش است و به خصوص افزایش وسایل نقلیه سنگین با بارهای محوری زیادتر، راه‌ها را دچار خستگی و خرابی زودرس می‌نماید؛ به نحوی که می‌توان مقاومت ضعیف راه‌ها را با مشاهده شیارشدگی و ترک‌های موجود در سطح راه‌ها تشخیص داد.

با افزایش رشد ترافیک و با در نظر گرفتن عملکرد دقیق سازه‌ای، باید در اندیشه راهکارهای جدید بود. لایه‌های بالایی روسازی که تحت تنش‌ها و کرنش‌های زیادتر قرار می‌گیرند، باید از نظر دوام و پایایی ارتقاء فنی داشته باشند. با توجه به این که بودجه‌های راهسازی کم و ذخایر و معادن طبیعی کمیاب و در نتیجه گرانتر می‌شوند، راهکارها و رویکردهای آتی به پروسه‌های بازیافت، استفاده از افزودنی‌های مختلف، روسازی مرغوب و لایه‌های آسفالتی کمتر ختم می‌شود[۱].

از طرف دیگر یکی از جدی‌ترین مشکلاتی که بشر در قرن ۲۱ با آن روبرو است، مشکل مدیریت دفع مواد زائد است. کمبود فضای مراکز دفن یکی از عمده‌ترین معضلاتی است که مدیران شهرهای

بزرگی همچون تهران با آن مواجه هستند. علاقه تولیدکنندگان به تولید مواد یکبارمصرف و استقبال مصرف‌کنندگان از این مواد، باعث افزایش روند تولید زباله‌های پلاستیکی گردیده است. یکی از معضلات زیست‌محیطی که در چند سال اخیر در اکثر نقاط کشور، بخصوص در تهران و مناطق شمالی ایران مشاهده می‌شود، وجود تعداد بیشماری بطری نوشابه و روغن، ظروف یکبارمصرف، ظروف شامپو و شوینده‌ها، در زباله و در نهایت در مراکز دفن است.

پلاستیک در انواع مختلف توسط شرکت‌های پتروشیمی تولید می‌شود که زمان تجزیه متفاوتی دارد و حداقل ۳۰۰ تا ۶۰۰ سال طول می‌کشد. طی پیش‌بینی اتحادیه اروپا اگر با همین روند مصرف پلاستیک ادامه پیدا کند، کره زمین را یک پوسته پلاستیکی فرا می‌گیرد. هر روز زباله‌های پلاستیکی در دل خاک قرار می‌گیرد و هر روز بر ضخامت این لایه افزوده می‌شود و در آینده زمین سالمی برای زندگی و کشاورزی وجود نخواهد داشت.

اغلب این ظروف از پلی‌اتیلن ترفتالات(PET) ساخته شده‌اند که به خاطر ساختار پلیمری خاص، روش بازیافت آن، با سایر پلاستیک‌ها کاملاً متفاوت است و بهمین دلیل بازیافت آن در سطح بسیار محدودی انجام می‌گیرد. با توجه به پلیمرهای متراکم که در ساخت PET بکار رفته اند، این ماده بسیار دیر تجزیه می‌شود. زمان تجزیه‌شدن آن در محیط، در برخی منابع تا ۸۰۰ سال ذکر شده است، اما این تجزیه‌شدن هم باعث کاهش حاصلخیزی خاک‌های کشاورزی می‌شود. مصرف بطری‌های PET در ایران برای اولین بار در سال ۱۳۷۰ آغاز شد که هم اکنون به حدود ۹۰ هزار تن در سال هم رسیده است. هم‌اکنون در دنیا ۴ روش برای باز یافت PET ارائه شده است : روش‌های شیمیائی، فیزیکی، سوزاندن و استفاده مجدد از بطری‌ها. لیکن در ایران به دلیل مشکل سرمایه اولیه و فراوانی محصولات نفتی و پتروشیمی متأسفانه هیچیک از روش‌های ذکر شده عملی نشده‌اند.

با سوزاندن یک بطری نوشابه خانواده، ۵۷ ماده شیمیایی از آن در هوا آزاد می‌شود. تقریباً ۱۶ درصد وزن زباله‌ها پلاستیک است که حدود ۳۵ تا۴۰ درصد از حجم زباله را اشغال می‌کند. زمانی که مواد پلاستیکی را دور می‌ریزیم و در فضای باز رها می‌کنیم یا در محل دفن زباله‌ها می‌ریزیم، صدها سال طول می‌کشد تا پلاستیک تجزیه شود. بنا بر تحقیقات انجام شده، پلاستیک، پسماندی است که از لحاظ انرژی بسیار با صرفه عمل می‌کند، چنانچه انرژی خیلی کمتری برای ساخت یک بطری پلاستیکی نسبت به ساخت بطری شیشه‌ای مصرف می‌شود. از آنجا که پلاستیک‌ها سبک هستند، انرژی کمتری برای حمل و نقل آن‌ها مصرف می‌شود. گرچه پلاستیک‌ها بطور کلی سبک هستند، ولی دفع آن‌ها در محل‌های دفن زمینی، گزینه خوبی نیست. بازیافت و زباله‌سوزی دو روشی است که کاربری این روش‌ها، موجب بازپس‌گیری برخی ارزش‌های پلاستیک می‌شود. بازیافت، موجب بازیابی مواد خام می‌شود و می‌تواند در