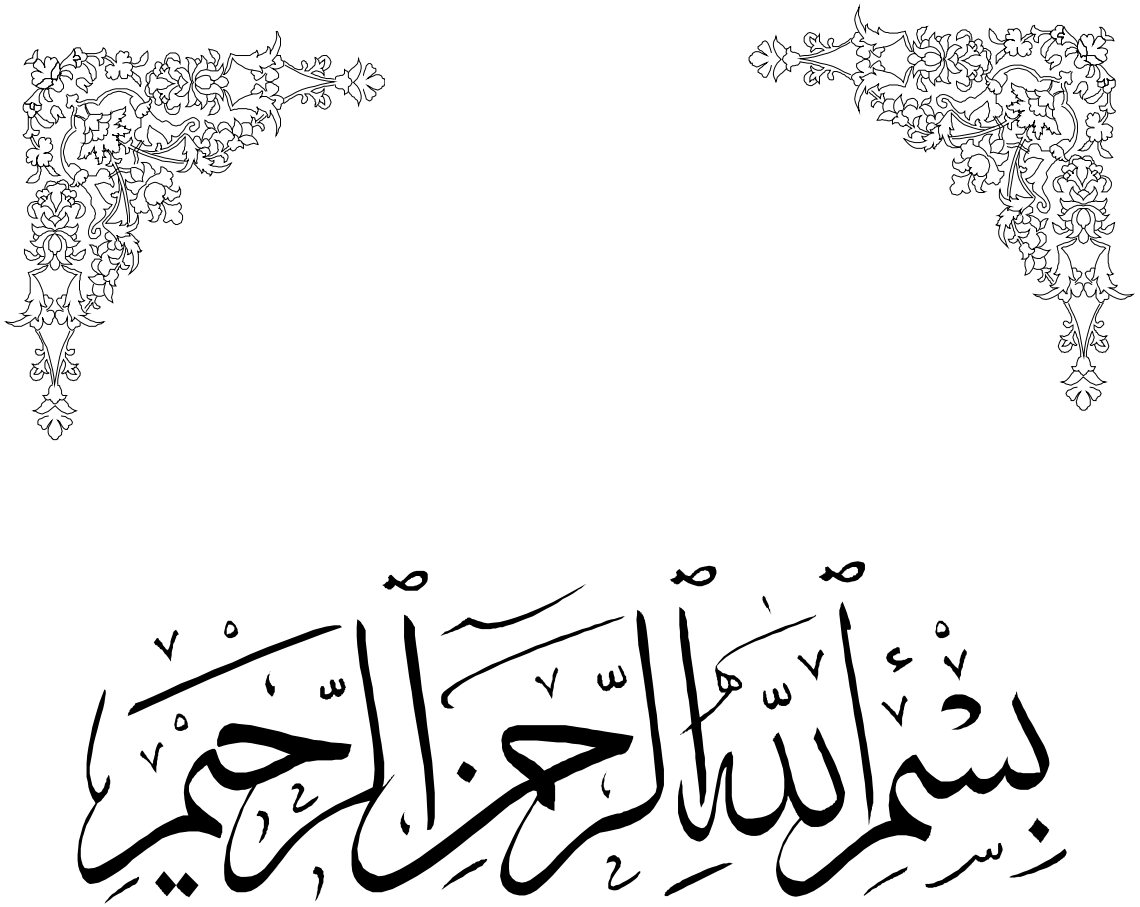




PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

دانشکده عمران

# ارزیابی استحکام مخلوطهای آسفالتی ساخته شده با مصالح آسفالتی بازیافت شده ( تراشه های خرده آسفالتRAP )

دانشجو:

**علی تقی نژاد عمران**

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
در رشته مهندسی عمران گرایش راه و ترابری

استاد راهنما:

**دکتر محمود عامری**

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

## تقدیم به:

**روح بلند پدرم ، صبر مادرمهربانم ، به برادرانم که ایثار را به من آموختند و به دستهای پرمهرآن که باعث شکوفایی تلاش در من شد.**



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

## چکیده :

پس از برداشت روسازی موجود که از حالت خدمت دهی مناسب خارج شده انـد مـی تـوان از آنها در مخلوط های آسفالتی گرم استفاده کرد، بازیافت گرم آسفالت شامل عملیاتی است کـه طـی آن مصالح خرده آسفالت برداشته شده از روسازی موجـود بعـد از شکـستن ، خـرد شـدن و دانـه بنـدی و اختلاط با مواد قیری و یا ترکیبات جوان کننده با یا بدون مصالح سنگی جدید در یک کارخانه مرکزی آسفالت و یا در محل ( درجا ) به طریق گرم و مطابق مشخصات آسفالت گرم و بتن آسـفالتی تولیـد و در سطح راه پخش و کوبیده می شوند. لذا با توجه به قیر و مصالح سنگی موجود در تراشه های خـرده آسفالت ، اثر تراشه های خرده آسفالت بر روی رفتار مخلوطهای آسفالتی گرم حائز اهمیت مـی باشـد. در نتیجه باید اثر تراشه های خرده آسفالتی بـر روی رفتـار مخلوطهـای آسـفالتی گـرم مـورد بررسـی بیشتری قرار گیرد.

با توجه به مطالب فوق هدف از انجام این تحقیق، بررسی استحکام مخلوطهای آسـفالتی گـرم حاوی درصدهای مختلف تراشه های خرده آسفالت ( ۰و۲۵و۵۰و۷۵و۱۰۰ درصد ) می باشد.

روند انجام مطالعه بدین گونه بوده است که پس از تهیه مصالح سنگی جدید و مـصالح خـرده آسفالت و تعیین درصد و نوع قیر مصالح خرده آسفالتی مورد استفاده ودانه بندی مصالح سنگی آن و تعیین مشخصات فیزیکی مصالح سنگی تراشه های خرده آسفالت و مصالح سـنگی جدیـد نـسبت بـه ساخت نمونه های آزمایشگاهی لازم اقدام شده است. در ساخت نمونه ها از قیر ۶۰/۷۰ بـه عنـوان قیـر جدید که به مخلوطها اضافه می شود ،استفاده شده است.از دانه بندی بدست آمده برای مـصالح خـرده آسفالتی به عنوان دانه بندی هدف استفاده شده است. سپس مخلوطهای آسـفالتی حـاوی درصـدهای مختلف تراشه های خرده آسفالتی (۰ و ۲۵و۵۰و۷۵و۱۰۰) براسـاس طـرح اخـتلاط انـستیتو آسـفالت جهت تعیین درصد قیر بهینه مورد آزمایش قرارگرفتند.

پس از تعیین درصد قیر بهینـه، مخلوطهـای حـاوی درصـدهای مختلـف تراشـه هـای خـرده آسفالت ساخته شده و جهت انجام آزمایشهای نظیر مدول برجهندگی، خزش دینامیکی، و کشش غیـر مستقیم، حساسیت رطوبتی و آزمایش مارشال مورد استفاده قرار گرفتند.

پس از انجام آزمایشهای ذکر شده در فوق، جهت تعیین خصوصیات قیرترکیبی عمـل بازیـابی قیر و آزمایشهای مربوط به قیر برای مخلوطهای حاوی درصدهای مختلف تراشه هـای خـرده آسـفالت که شامل قیر جدید ( قیر ۶۰/۷۰ ) و قیر خرده آسفالت بودند انجام شده است.



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

**تشکر و قدردانی**:

نگارنده بر خود لازم می‌داند از استاد ارجمند جناب آقای دکتر محمود عامری به جهت راهنمایی-های دلسوزانه در راستای انجام این پروژه، کمال قدردانی را بنماید. همچنین از جناب آقای مهندس امیر ایزدی و مهندس علی نصرالله تبار به جهت همکاری صمیمانه در انجام آزمایشها در آزمایشگاه، قدردانی می‌گردد. در پایان از آقای مهندس سعید شهری بواسطه کمک در راستای انجام پایان نامه، تقدیر می‌گردد.

علی تقی نژاد عمران

خرداد ماه ۱۳۸۶



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

# فهرست مطالب

## فصل اول: مقدمه


۱-۱-تعریف مساله و ضرورت انجام تحقیق.....۲

۱-۲- خرده آسفالت.....۴

۱-۲-۱ – تعریف خرده آسفالت.....۴

۱-۲-۲- تاریخچه استفاده از خرده آسفالت.....۵

۱-۲-۳-مزایای استفاده از خرده آسفالت.....۶

۱-۲-۴- کاربردهای خرده آسفالت.....۷

۱-۲-۴-۱ – بازیافت گرم آسفالت در کارخانه آسفالت مرکزی.....۷

۱-۲-۴-۲- بازیافت گرم آسفالت بصورت درجا.....۸

۱-۲-۴-۳- بازیافت سرد آسفالت در کارخانه آسفالت مرکزی.....۹

۱-۲-۴-۴-بازیافت سرد آسفالت بصورت درجا.....۱۰

۱-۲-۴-۵-مصالح اساس سنگدانه ای.....۱۰

۱-۲-۴-۶ -مصالح اساس تثبیت شده.....۱۱

۱-۲-۴-۷-مصالح خاکریزی.....۱۱


## فصل دوم: مروری بر مطالعات گذشته


۲-۱ –مقدمه.....۱۳

۲-۲- تنوع پذیری خرده آسفالت.....۱۳

۲-۳- قیر.....۱۵

۲-۳-۱-سختی(پیر شدگی) قیر.....۱۸

۲-۴-جوانساز.....۱۹

۲-۵- سنگدانه – دانه بندی .....۲۰




PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

۲-۶- خصوصیات مخلوط..... ۲۱
۲-۶-۱ – مقاومت..... ۲۱
۲-۶-۲- دوام ..... ۲۱
۲-۶-۳- سختی..... ۲۴
۲-۷- تحقیق آزمایشگاهی انجام شده بر روی مخلوطهای آسفالتی گرم حاوی خرده آسفالت در دانشگاه مینسوتا..... ۲۷
۲-۷-۱-خلاصه ای از مخلوطهای آزمایشگاهی..... ۲۸
۲-۷-۲- قیر تراشه های خرده آسفالت..... ۲۹
۲-۷-۳- تراکم ژیراتوری..... ۳۰
۲-۷-۴- حساسیت رطوبتی..... ۳۰
۲-۷-۵- مدول برجهندگی..... ۳۱
۲-۷-۶-نتایج آزمایشگاهی..... ۳۲
۲-۷-۶-۱- حساسیت رطوبتی..... ۳۲
۲-۷-۶-۲-مدول برجهندگی..... ۳۳
۲-۷-۶-۳-نتایج نهایی..... ۳۷

## فصل سوم: روشهای طرح اختلاط مخلوط آسفالتی حاوی تراشه های خرده آسفالت

۳-۱- مقدمه..... ۴۰
۳-۲- روش طرح اختلاط انستیتوآسفالت..... ۴۰
۳-۲-۱- مراحل طرح اختلاط..... ۴۱
۳-۲-۲- تهیه طرح اختلاط..... ۴۱
۳-۲-۲-۱- ارزیابی مصالح سنگی بازیافتی از خرده آسفالت..... ۴۱
۳-۲-۲-۲- ارزیابی مصالح سنگی جدید..... ۴۲



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

۳-۲-۲-۳- تعیین درصد وزنی مصالح سنگی جدید و مصالح خرده آسفالت.....۴۲
۳-۲-۲-۴- برآورد درصد قیر مخلوط بازیافت.....۴۴
۳-۲-۲-۵- محاسبه درصد قیر جدید برای مخلوط بازیافت.....۴۴
۳-۲-۲-۶- انتخاب قیر جدید.....۴۵
۳-۳- روش طرح اختلاط سوپرپیو.....۴۹
۳-۳-۱- مراحل طرح اختلاط سوپرپیو برای مخلوط آسفالت گرم حاوی خرده آسفالت.....۴۹
۳-۳-۱-۱-روش A : طرح مخلوط با درصد خرده آسفالت مشخص (درجه عملکردی قیر جدید نامشخص).....۵۱
۳-۳-۱-۲- روش B: طرح مخلوط با درجه عملکردی قیر جدید مشخص (درصد خرده آسفالت نامشخص).....۵۷

## فصل چهارم: روش انجام تحقیق

۴-۱-مقدمه.....۶۵
۴-۲-جداسازی قیرموجود از تراشه های خرده آسفالت.....۶۵
۴-۲-۱- سانترفیوژ.....۶۶
۴-۲-۲- بازیابی قیر .....۶۷
۴-۳- مصالح سنگی.....۶۸
۴-۳-۱- آزمایش سایش (لوس آنجلس) طبق استاندارد ASTM C131.....۶۸
۴-۳-۲- آزمایشات تطویل و تورق و درصد شکستگی دانه‌ها.....۷۱
۴-۴- فیلر(مصالح عبوری از الک شماره ۲۰۰).....۷۴
۴-۵- قیر.....۷۵
۴-۵- ۱- آزمایشهای قیر.....۷۶
۴- ۵- ۱-۱- آزمایش درجه نفوذ قیر.....۷۶
۴-۵-۱-۲- آزمایش خاصیت انگمی.....۷۷



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

۴-۵-۱-۳- آزمایش تعیین درجه نرمی قیر.....۷۸
۴-۵-۱-۴-آزمایش کندروانی .....۷۹
۴-۶- ساخت نمونه‌های اولیه جهت تعیین درصد قیر بهینه.....۸۳
۴-۶-۱- تعیین وزن مخصوص واقعی آسفالت.....۹۰
۴-۶-۲- تعیین مقاومت فشاری و روانی براساس آزمایش مارشال.....۹۱
۴-۶-۲-۱- تعیین استحکام مارشال مخلوط آسفالتی .....۹۱
۴-۶-۲-۲- تعیین روانی نظیر با استحکام مارشال.....۹۱
۴-۶-۳- تعیین درصد فضای خالی مخلوط آسفالتی.....۹۲
۴-۶-۴- نتایج تعیین درصد قیر بهینه.....۹۳
۴-۷- ساخت نمونه‌های اصلی .....۹۶
۴-۷-۱- آزمایش مدول برجهندگی.....۹۷
۴-۷-۲- آزمایش خزش دینامیکی.....۱۰۰
۴-۷-۳-آزمایش مقاومت کششی غیر مستقیم(ITS).....۱۰۶
۴-۷-۴- آزمایش مارشال.....۱۰۸
۴-۷-۵- آزمایشهای وزن مخصوص و درصد فضای خالی مخلوطها .....۱۰۹
۴-۷-۶- آزمایشهای قیر.....۱۰۹

## فصل پنجم: نتایج آزمایشگاهی و تجزیه وتحلیل نتایج

۵-۱- مقدمه.....۱۱۲
۵-۲- تجزیه و تحلیل آزمایش مدول برجهندگی.....۱۱۲
۵-۳- تجزیه و تحلیل آزمایش خزش دینامیکی.....۱۱۹
۵-۴- تجزیه و تحلیل آزمایش کشش غیرمستقیم.....۱۲۲
۵-۵- تجزیه و تحلیل آزمایش مارشال(استحکام و روانی) و حساسیت رطوبتی.....۱۲۴
۵-۶- آزمایشهای وزن مخصوص و درصد فضای خالی مخلوطها .....۱۲۸



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

۵-۷- آزمایشهای قیر..... ۱۲۹

## فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادها

۶-۱- نتیجه‌گیری..... ۱۳۳

۶-۲- پیشنهادها..... ۱۳۵

مراجع..... ۱۳۶

پیوست ۱..... ۱۳۹



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

## فهرست شکلها

**شکل(۲-۱)**: دانه بندی مصالح خرده آسفالت و کنترلی.....**۲۸**

**شکل(۲-۲)**: نسبتهای مقاومت کششی برای مخلوطهای حاوی خرده آسفالت.....**۳۲**

**شکل(۲-۳)**: تاثیر نوع قیر بر روی مدول برجهندگی برای مخلوطهای حاوی ۱۵ درصد خرده آسفالت ناحیه ۶ **در** فرکانس بارگذاری ۱ هرتز.....**۳۴**

**شکل(۲-۴)**: تاثیر مقدار خرده آسفالت بر روی مدول برجهندکی برای خرده آسفالت ناحیه ۶و قیر PG58-28 در فرکانس بارگذاری ۱ هرتز.....**۳۵**

**شکل(۲-۵)**: تاثیر مقدار خرده آسفالت بر روی مدول برجهندکی برای خرده آسفالت ناحیه ۶و قیر PG46-40 در فرکانس بارگذاری ۱ هرتز.....**۳۵**

**شکل(۲-۶)**: مقایسه سختی مخلوطهای حاوی درصدهای مختلف خرده آسفالت برای خرده آسفالت ناحیه ۶ در فرکانس بارگذاری ۱ هرتز و دمای ۲۵ درجه.....**۳۶**

**شکل(۲-۷)**: تاثیر نوع خرده آسفالت بر روی مدول برجهندگی برای مخلوطهای حاوی قیر PG52-34 در فرکانس بارگذاری ۱ هرتز.....**۳۷**

**شکل (۳-۱)**: نمودار انتخاب نوع قیر جدید بر حسب کندروانی.....**۴۷**

**شکل(۳-۲)**: مقایسه قیرهای خالص در سیستمهای مختلف درجه بندی قیر.....**۴۸**

**شکل(۳-۳)**: روش A : طرح مخلوط با درصد خرده آسفالت مشخص (درجه عملکردی قیر جدید نامشخص).....**۵۲**

**شکل(۳-۴)**: نمودار اختلاط در درجه حرارت بالا (درصد خرده آسفالت معلوم است).....**۵۵**

**شکل(۳-۵)**: نمودار اختلاط در درجه حرارت متوسط (درصد خرده آسفالت معلوم است).....**۵۵**

**شکل(۳-۶)**: نمودار اختلاط در درجه حرارت پایین (درصد خرده آسفالت معلوم است).....**۵۶**

**شکل(۳-۷)**: روش B : طرح مخلوط با درجه قیر جدید مشخص (درصد خرده آسفالت نامشخص).....**۵۸**

**شکل(۳-۸)**: نمودار اختلاط در درجه حرارت بالا (درصد خرده آسفالت مجهول است).....**۶۱**

**شکل(۳-۹)**: نمودار اختلاط در درجه حرارت متوسط (درصد خرده آسفالت مجهول است).....**۶۱**



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

**شکل(۳-۱۰)**: نمودار اختلاط در درجه حرارت پایین (درصد خرده آسفالت مجهول است).....**۶۲**

**شکل(۴-۱)**: شمای دستگاه آزمایش سایش(لوس‌آنجلس).....**۶۹**

**شکل(۴-۲)**: شمای ابزارهای تعیین درصد تورق و تطویل.....**۷۲**

**شکل(۴-۳)**:کندروانی سنج BS/IP/RF با لوله U شکل(اندازه ها به میلیمتر است).....**۸۲**

**شکل(۴-۴)**: نمودار دانه بندی مورد استفاده در ساخت مخلوطها.....**۸۵**

**شکل(۴-۵)**: مرحله اختلاط توسط دستگاه و نمای دستگاه تراکم مارشال.....**۸۹**

**شکل(۴-۶)**:دستگاه مارشال موجود در آزمایشگاه.....**۹۲**

**شکل(۴-۷ )**: تجهیزات انجام آزمایش تعیین درصد فضای خالی مخلوط آسفالتی (رایس).....**۹۳**

**شکل(۴-۸)**: نمودارهای تعیین درصد قیر بهینه در روش مارشال.....**۹۵**

**شکل (۴-۹)**:نمونه نتایج مدول برجهندگی از دستگاه UTM.....**۹۹**

**شکل(۴-۱۰)**: جاگیری نمونه در وضعیت تست کشش غیرمستقیمUTM.....**۱۰۰**

**شکل(۴-۱۱)**: شکل دستگاه در دو مدل ۵ و ۱۴ کیلونیوتنیUTM.....**۱۰۰**

**شکل( ۴-۱۲ )**:نمودار تغییر مکان تجمعی و تعداد سیکلهای بار گذاری.....**۱۰۲**

**شکل(۴-۱۳)**: سیکل بارگذاری در تست خزش دینامیکی(برنامه تست خزش در UTM ).....**۱۰۳**

**شکل(۴-۱۴)**: نمونه نتایج آزمایش خزش دینامیکی با دستگاه UTM.....**۱۰۵**

**شکل(۴-۱۵)**: نحوه اعمال بارگذاری و گسیختگی در تست کششی غیر مستقیمITS.....**۱۰۷**

**شکل(۵-۱)**: نمودار مدول برجهندگی برای مخلوطهای حاوی درصدهای مختلف تراشه های خرده آسفالت در دمای ۵ درجه و فرکانسهای بارگذاری ۱و۰/۵ و ۰/۳۳ هرتز ( Mpa ).....**۱۱۵**

**شکل(۵-۲ )** : نمودار مدول برجهندگی برای مخلوطهای حاوی درصدهای مختلف تراشه های خرده آسفالت در دمای ۲۵ درجه و فرکانسهای بارگذاری ۱و ۰/۵ و ۳۳ هرتز ( Mpa ).....**۱۱۵**

**شکل(۵-۳ )** : نمودار مدول برجهندگی برای مخلوطهای حاوی درصدهای مختلف تراشه های خرده آسفالت در دمای ۴۰ درجه و فرکانسهای بارگذاری ۱و ۰/۵ و ۳۳ هرتز ( Mpa ).....**۱۱۶**

**شکل (۵-۴)** : نتایج مدول برجهندگی برای مخلوطهای حاوی درصدهای مختلف تراشه های خرده آسفالت در دماهای ۵ و ۲۵ و ۴۰ درجه و فرکانس بارگذاری ۰/۳۳ هرتز (MPa).....**۱۱۷**



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

**شکل(۵-۵)** : نتایج مربوط به مدول برجهندگی برای مخلوطهای حاوی درصدهای مختلف تراشه های خرده آسفالت در دماهای ۵ و ۲۵ و ۴۰ درجه و فرکانس بارگذاری ۰/۵ هرتز(MPa).....**۱۱۸**

**شکل(۵-۶)** : نتایج مدول برجهندگی برای مخلوطهای حاوی درصدهای مختلف تراشه های خرده آسفالت در دماهای ۵ و ۲۵ و ۴۰ درجه و فرکانس بارگذاری ۱ هرتز(MPa).....**۱۱۸**

**شکل(۵-۷)**: نمودار مقایسه استحکام شیارشدگی مخلوط‌های حاوی درصدهای مختلف تراشه های خرده آسفالت.....**۱۲۱**

**شکل(۵-۸)**: نمودار مقایسه ایی مقاومت کششی مخلوطهای حاوی درصدهای مختلف تراشه های خرده آسفالت.....**۱۲۳**

**شکل(۵-۹)**: نتایج مطالعات صورت گرفته در دانشگاه ویرجینیای غربی و ارتباط استقامت IDT و عمق شیار.....**۱۲۴**

**شکل(۵-۱۰)**: نمودار نتایج استحام مارشال برای مخلوطهای حاوی درصدهای مختلف تراشه‌های خرده آسفالت (۳۰ دقیقه در آب ۶۰ درجه).....**۱۲۶**

**شکل(۵-۱۱)**: نمودار نتایج استحکام مارشال برای مخلوطهای حاوی درصدهای مختلف تراشه‌های خرده آسفالت (۲۴ ساعت در آب ۶۰ درجه).....**۱۲۷**

**شکل(۵-۱۲)**: نسبت مقاومت مارشال مخلوطها در حالت ۲۴ ساعت در آب ۶۰ درجه به حالت ۳۰ دقیقه در آب ۶۰ درجه.....**۱۲۷**

**شکل(۵-۱۳)**: نمودار مقایسه ایی درجه نفوذ قیر ترکیبی برای مخلوطهای مختلف.....**۱۳۱**

**شکل(۵-۱۴)**: نمودار مقایسه ایی ویسکوزیته قیر ترکیبی برای مخلوطهای مختلف.....**۱۳۱**



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

## فهرست جدولها


**جدول (۲-۱)** : نتایج مدول برجهندگی ( تحقیقات Wagner )..... **۲۶**

**جدول(۲-۲)**: خصوصیات قیر خرده آسفالت..... **۲۹**

**جدول(۲-۳)**: درصد قیر بهینه مخلوطها..... **۲۹**

**جدول(۲-۴)**: مقادیر ضریب پواسون برای بتن آسفالتی..... **۳۲**

**جدول(۳-۱)**: روابط تعیین نسبت مصالح و قیر مخلوط بازیافت گرم..... **۴۳**

**جدول(۳-۲)**: راهنمای انتخاب قیر برای مخلوطهای حاوی خرده آسفالت..... **۵۰**

**جدول(۳-۳)**: درجه حرارت های بحرانی قیر بازیابی شده از خرده آسفالت..... **۵۳**

**جدول(۳-۴)**: درجه حرارت های بحرانی بدست آمده برای قیر جدید..... **۵۴**

**جدول(۳-۵)**: درجه حرارت های بحرانی قیر خرده آسفالت و قیر جدید..... **۵۹**

**جدول(۳-۶)**: درصد خرده آسفالت تعیین شده برای دستیابی به درجه قیر نهایی..... **۶۰**

**جدول (۴-۱)**: نتایج آزمایش جدا سازی و تعیین درصد قیر تراشه های خرده آسفالت..... **۶۷**

**جدول(۴-۲ )** : وزن مورد نیاز نمونه ها براساس روش آزمایش سایش لوس آنجلس..... **۷۰**

**جدول(۴-۳)** : تعداد گلوله های مورد نیاز براساس روش آزمایش سایش لوس آنجلس..... **۷۰**

**جدول(۴-۴)**: مقادیر مجاز سایش به روش لوس‌آنجلس..... **۷۱**

**جدول(۴-۵)**: مشخصات و مقادیر مجاز سنگدانه‌های بتن آسفالتی..... **۷۳**

**جدول( ۴-۶ )** : خصوصیات فیزیکی مصالح سنگی بازیافت شده از خرده آسفالت..... **۷۳**

**جدول(۴-۷)** : خصوصیات فیزیکی مصالح سنگی جدید..... **۷۴**

**جدول(۴-۸)** : راهنمای مصرف قیر خالص..... **۷۵**

**جدول(۴-۹)**: مقدار و حدود کند روانی کینماتیک برای انواع کند روانی سنج BS/IP/RF..... **۸۲**

**جدول( ۴-۱۰)** : خصوصیات قیر بازیافتی از تراشه های خرده آسفالت..... **۸۳**

**جدول(۴-۱۱)**: خصوصیات قیر خالص ۶۰/۷۰..... **۸۳**

**جدول(۴-۱۲)**:دانه بندی مورد استفاده در تهیه مخلوطها..... **۸۵**




PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

**جدول(۴-۱۳)**:مقادیر اجزاء متشکله مخلوط برای مخلوط‌های آسفالتی حاوی ۲۵% تراشه خرده آسفالت(R۲۵) برحسب وزن مصالح سنگی..... **۸۶**

**جدول(۴-۱۴)** مقادیر اجزاء متشکله مخلوط برای مخلوط‌های آسفالتی حاوی ۵۰% تراشه خرده آسفالت(R۵۰) برحسب وزن مصالح سنگی..... **۸۷**

**جدول(۴-۱۵)** : مقادیر اجزاءمتشکله مخلوط برای مخلوطهای آسفالتی حاوی ۷۵% تراشه خرده آسفالت(R۷۵) برحسب وزن مصالح سنگی..... **۸۷**

**جدول(۴-۱۶)**: مقادیر اجزاء متشکله مخلوط برای مخلوطهای آسفالتی حاوی ۱۰۰% تراشه خرده آسفالت(R۱۰۰) برحسب وزن مصالح سنگی..... **۸۸**

**جدول(۴-۱۷)**: مشخصات فیزیکی و مقاومتی مخلوط‌های آسفالتی گرم با روش مارشال- نشریه ۲۳۴..... **۹۴**

**جدول(۴-۱۸)**: نتایج تعیین درصد قیر بهینه مربوط به حالتهای مختلف ( با توجه به درصد خرده آسفالت موجود در مخلوطها)..... **۹۴**

**جدول(۴-۱۹)**: مقادیر ضریب پواسون برای بتن آسفالتی در آزمایشها..... **۹۸**

**جدول(۵-۱)**:میانگین نتایج آزمایش مدول برجهندگی (MPa)..... **۱۱۴**

**جدول(۵-۲)**: میانگین نتایج آزمایش خزشی دینامیکی..... **۱۲۰**

**جدول(۵-۳)** : میانگین نتایج آزمایش کشش غیر مستقیم..... **۱۲۳**

**جدول(۵-۴)**: میانگین نتایج آزمایش مارشال و حساسیت رطوبتی..... **۱۲۵**

**جدول(۵-۵)**:میانگین نتایج آزمایش وزن مخصوص و درصد فضای خالی..... **۱۲۸**

**جدول(۵-۶)**: میانگین نتایج آزمایش مربوط به قیر ترکیبی مخلوتهای حاوی درصد های مختلف تراشه های خرده آسفالتی..... **۱۲۹**



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

# فصل اول:

# مقدمه

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

## ۱-۱- تعریف مساله و ضرورت انجام تحقیق :

افزایش قابل توجه حجم ترافیک و بار محوری و عدم بکارگیری روشهای مناسب اجرا و نگهداری روسازی، منجر به ایجاد خرابی های زودرس و فرسودگی سریع روسازی راههای کشور شده است. مرمت و بهسازی این دسته از راهها، افزایش قابل توجه مصرف مصالح سنگی و قیر و تولید حجم گسترده مصالح خرده آسفالت[۱] ناشی از تراش روسازیهای فرسوده را در پی داشته است. از طرفی محدودیت منابع و مصالح سنگی مرغوب، لزوم توسعه و نگهداری شبکه راهها به کمک روشهای نوین و نیز حل معضلات زیست محیطی ناشی از تولید مصالح فرسوده، همه و همه بهره برداری مجدد از مصالح موجود را جزء مباحث مهم در صنعت روسازی قرارداده است[۱].

روش بازیافت گرم یکی از گزینه هایی است که معمولاً برای ترمیم، بهسازی و یا بازسازی روسازی بکار می رود. بازیافت گرم آسفالت شامل عملیاتی است که طی آن مصالح خرده آسفالتی برداشته شده از روسازی موجود بعد ازخرد شدن و دانه بندی و اختلاط با مواد قیری و یا ترکیبات جوان کننده[۲] با یا بدون مصالح سنگی جدید در یک کارخانه مرکزی آسفالت و یا در محل ( درجا ) به طریق گرم و مطابق مشخصات آسفالت گرم و بتن آسفالتی تولید و در سطح راه پخش و کوبیده می شوند[۱].

به هنگام استفاده از درصدهای مختلف تراشه های خرده آسفالتی در مخلوطهای آسفالتی گرم نکته حائز اهمیت مقدار و نوع قیر موجود در تراشه های خرده آسفالت و همچنین خصوصیات مصالح سنگی آن می باشد، زیرا قیر موجود در تراشه های خرده آسفالت، در طی مدت اجرا و همچنین مدت خدمت دهی به دلیل واکنش با اکسیژن هوا بتدریج فرسوده و سخت ( پیر ) می گردد، همچنین مصالح سنگی خرده آسفالت نیز هم از لحاظ دانه بندی و هم از لحاظ خصوصیات فیزیکی با توجه به عمل تراشیدن آنها و مدت خدمت دهی ممکن است دچار تغییراتی گردند. لذا مقادیر خرده آسفالت

[۱] -Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)
[۲] - Rejuvenation

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

مورد استفاده در مخلوطهای آسفالتی در فرآیند بازیافت باید کنترل گردد تا علاوه بر تامین دانه بندی هدف ( طرح مورد نظر )، هم از لحاظ قیر ترکیبی ( قیر مصالح خرده آسفالت و قیر جدید) و هم از لحاظ استحکام مشابه مخلوطهای آسفالتی متداول باشند.

لذا با توجه به مطالب فوق این سوال مطرح می گردد که آیا در فرآیند بازیافت، افزایش مقدار خرده آسفالت به مخلوطهای آسفالتی علاوه بر تامین استحکام لازم مخلوطهای آسفالتی از لحاظ عملکرد نیز مشابه مخلوطهای متداول می باشد؟

در این رساله سعی شده است با انجام آزمایشهای مقاومت مارشال، مدول برجهندگی، خزش دینامیکی،کشش غیر مستقیم و حساسیت رطوبتی و همچنین آزمایشات لازم بر روی قیر ترکیبی مخلوطها(قیر خرده آسفالت و قیر جدید۶۰/۷۰) رفتار مخلوطهای آسفالتی گرم حاوی درصدهای مختلف تراشه های خرده آسفالت مورد بررسی قرار گیرد.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

## ۱-۲- خرده آسفالت[۱] :

### ۱-۲-۱ -تعریف خرده آسفالت :

اولین گام دراستفاده مجدد ازروسازی موجود تبدیل مصالح آسفالتی و سنگدانه ای به مصالح استاندارد و قابل استفاده در ساخت روسازی جدید است مزیت این مصالح این است که در وضع طبیعی دارای مصالح سنگی و قیر می باشند به این نوع مصالح در اصطلاح" خرده آسفالت "اطلاق میشود ازاین مصالح می توان در کلیه عملیات آسفالتی از قبیل نوسازی، اجرای روکش و روشهای مختلف بهسازی راهها استفاده نمود. بطور کلی بازیابی را میتوان اینگونه تعریف کرد " استفاده مجدد ( طی یکسری مراحل فرآوردی ) از موادی که قبلاً سرویس دهی اولیه خود را انجام داده اند" [ ۱].

خواص مصالح خرده آسفالتی تا حدود زیادی به مشخصات مواد اصلی تشکیل دهنده آن و نوع قیری که در روسازی قدیمی بکار رفته، بستگی دارد کیفیت مصالح خرده آسفالتی به پارامترهای متعددی وابسته است که از آن جمله می توان به موارد زیر اشاره کرد[۱].

- کیفیت اولیه آسفالت فرسوده و مصالح آن
- تعداد دفعاتی که روسازی آسفالتی مورد بهسازی قرار گرفته است
- درصد لکه گیریهای موجود در سطح روسازی
- درصد ترکهای سطحی و میزانی از این ترکها که با قیر یا ماسه آسفالت پر شده است
- درصد استفاده از سایر روشهای بهسازی در پیشینه نگهداری راه

استفاده ازخرده آسفالت در تهیه مخلوطهای جدید می تواند مقدار مصرف مصالح جدید را کاهش دهد و منجر به صرفه جویی در مصرف سرمایه و منابع طبیعی گردد[ ۲].

[۱] -Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

چنانچه خرده آسفالت در تهیه مخلوطهای جدید مورد استفاده قرارگیرد، لازم است که اثر مصالح فرسوده در طرح جدید مدنظر قرارگیرد باید توجه نمود که مصالح سنگی خرده آسفالت با مصالح سنگی جدید ترکیب می گردد و می بایست ترکیب آنها برای تعیین خصوصیات فیزیکی و مقاومتی مورد ارزیابی قرار گیرد. همچنین لازم است قیر فرسوده خرده آسفالت نیز مورد آزمایش و بررسی قرار گیرد . قیر فرسوده می تواند میزان قیر جدید لازم برای تهیه مخلوط جدید را کاهش دهد. باید توجه نمود که قیر خرده آسفالت بدست آمده از یک جاده در طی مدت اجرا و همچنین مدت خدمت دهی بدلیل واکنش با اکسیژن هوا، بتدریج فرسوده و سخت شده است چنانچه قیر خرده آسفالت خیلی سخت شده باشد و یا مقدارخرده آسفالت مصرفی در تهیه مخلوط جدید زیاد باشد ترکیب نهایی قیر خرده آسفالت وقیر جدید ممکن است عملکردی مشابه با عملکرد قیری با سختی زیاد داشته باشد که در این صورت پدیده سخت شدگی قیر را باید با افزودن قیر نرمتر به مخلوط آسفالتی جبران نمود همچنین گاهی اوقات می توان از جوان کننده ها[۱] نیز برای نرمتر نمودن(کاهش سختی) قیر سخت شده خرده آسفالت استفاده نمود[۲].

### ۱-۲-۲ - تاریخچه استفاده از خرده آسفالت:

طبق گزارشTaylor بازیافت مخلوطهای آسفالتی گرم به قبل از سال ۱۹۱۵ برمی گردد؛ اگر چه این موضوع تا قبل ازممنوعیت استفاده از نفت و بحران نفت در اواسط دهه ۱۹۷۰ چندان مورد توجه قرار نگرفته است[۳]. تقاضای استفاده از بازیافت مخلوطهای آسفالتی گرم در پی افزایش قیمت قیر و کمبود مصالح سنگی با کیفیت در برخی مناطق جهان تشدید شده است. تخمین زده می شود از اواسط دهه ۱۹۷۰ دهها میلیون تن از تراشه های خرده آسفالت مورد استفاده قرارگرفته است که

[۱] - Rejuvenation

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com