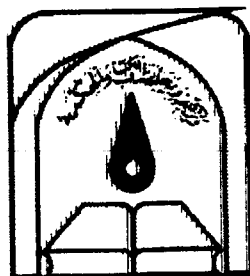


۵۸۲
۹۰۶ - سوره ای - ۱۰۰

۳۸۷



دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده فنی و مهندسی

بخش مهندسی عمران

گروه برنامه ریزی حمل و نقل

موضوع :

بررسی و تعیین مواد جوان کننده مورد مصرف در بازیابی
آسفالت به روش گرم و در محل

استاد راهنما :

دکتر امیر کاوسی

015622

استاد مشاور :

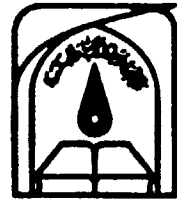
دکتر محمود صفارزاده

۳۸۷-۰۰

دانشجو :

رضا صالحی آشتیانی

مهر ۱۳۸۰



دانشگاه تربیت مدرس

تاییدیه هیات داوران

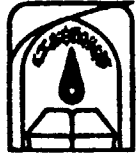
آقای رضا صالحی آشتیانی پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان بررسی و تعیین مواد جوان کننده مورد مصرف در بازیابی آسفالت به روش گرم و در محل در تاریخ ۸۰/۷/۱۶ ارائه کردند. اعضای هیات داوران نسخه نهائی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوی تایید و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران با گرایش حمل و نقل پیشنهاد می کنند.

اعضای هیات داوران
[Handwritten signatures and initials]

<u>نام و نام خانوادگی</u>	<u>اعضای هیات داوران</u>
آقای دکتر کاووسی	۱- استاد راهنما:
آقای دکتر صفارزاده	۲- استاد مشاور:
آقای دکتر حسینی	۳- استادان ممتحن:
آقای دکتر یوسفی	
آقای دکتر شفیعی فر	۴- مدیر گروه:

(یا نماینده گروه تخصصی)

این نسخه به عنوان نسخه نهائی پذیرفته شده و در تاریخ ۸۰/۷/۱۶ در محل مورد تایید است.
اعضای هیات داوران:
اعضای استاد راهنما:
اعضای استاد مشاور:



بسمه تعالی

آیین نامه چاپ پایان نامه (رساله) های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیت های علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می شوند:

ماده ۱ در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله) ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲ در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه)، عبارت ذیل را چاپ کند:
«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد / رساله دکتری نگارنده در رشته *پند و اندرز* است که در سال ۸۰ در دانشکده *فنی و هنر* دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی *سرکار خانم / جناب آقای دکتر ک...*، مشاوره *سرکار خانم / جناب آقای دکتر مهرزاد* و مشاوره *سرکار خانم / جناب آقای دکتر* از آن دفاع شده است.»

ماده ۳ به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

ماده ۴ در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵ دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تأمین نماید.

ماده ۶ اینجانب *ص...* دانشجوی رشته *...* مقطع *...* دانشگاه *...* تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی:

تاریخ و امضا: *...*

۱۹/۷/۸۰

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	چکیده
۲	پیشگفتار

فصل اول - کلیات تحقیق

۴	۱-۱- مقدمه
۴	۱-۲- تعریف مسئله
۴	۱-۳- اهداف مطالعاتی
۴	۱-۴- پرسش‌های تحقیقاتی
۵	۱-۵- اهمیت اقتصادی
۶	۱-۶- موانع مطالعاتی
۶	۱-۷- نمونه‌ها
۶	۱-۸- حوزه مطالعاتی
۷	۱-۹- روش تحقیق
۷	۱-۱۰- فرضیات تحقیق

فصل دوم - روش‌های بازیافت آسفالت

۸	۲-۲- روش‌های بازیافت آسفالت
۹	۲-۱-۲- بازیابی آسفالت در کارخانه
۹	۲-۱-۲- بازیابی آسفالت در محل
۱۱	۲-۱-۲- اختلاط مجدد (Remixing)
۱۴	۲-۲-۱-۲- تجدید سطح (Repaving)
۱۵	۲-۱-۲-۳- بازیابی عمقی (Full Depth Reclamation)
۱۶	۲-۱-۲-۳- بازیابی عمقی (Full Depth Reclamation)

۱۶	۲-۱-۳- مطالعات موردی آسفالت بازیافتی در محل
۱۶	۲-۱-۳-۱- مقدمه
۱۶	۲-۱-۳-۲- روش بازیابی آسفالت در محل
۱۶	۲-۱-۴- تکنولوژی و ماشین آلات
۱۶	۲-۱-۴-۱- Pyrotech
۲۱	۲-۱-۴-۱- Artec
۲۳	۲-۱-۴-۳- Taisei
۲۵	۲-۱-۴-۴- Wirtgen Remixer 4500
۲۷	۲-۱-۴-۵- Cutler Repaving
۲۸	۲-۱-۵- مشکلات بازیابی آسفالت به روش گرم و در محل
۳۰	۲-۱-۶- مزایای استفاده از بازیافت آسفالت به روش گرم و در محل

فصل سوم - شیمی قیر و مواد جوان کننده

۳۱	۳-۱- شناسایی ترکیبات قیر
۳۱	۳-۱-۱- مقدمه
۳۱	۳-۱-۲- تعریف قیر
۲۲	۳-۱-۳- ترکیبات قیر
۳۵	۳-۱-۴- نقش قیر در روسازی
۳۵	۳-۱-۴-۱- رئولوژی
۳۶	۳-۱-۴-۲- پیوستگی
۳۶	۳-۱-۴-۳- چسبندگی
۳۷	۳-۱-۴-۴- دوام
۳۸	۳-۲- مواد جوان کننده
	۳-۲-۱- استاندارد ارائه شده برای طبقه بندی مواد جوان کننده مصرفی در بازیافت آسفالت
۴۳	گرم
۴۷	۳-۲-۲- معیارهای مصرف مواد جوان کننده

۴۷	..... ویسکوزیته ۱-۲-۲-۳
۴۷	..... موم ۲-۲-۲-۳
۴۷	..... نقطه اشتعال ۳-۲-۲-۳
۴۷	..... تبخیر ترکیبات فعال ۴-۲-۲-۳
۴۷	..... ترکیبات اشباع ۵-۲-۳-۳
۴۸	..... ترکیبات فعال ۶-۲-۳-۳
۴۸	..... تقابل ویسکوزیته و پایداری ۷-۲-۳-۳
۴۸	..... سازگاری ۸-۲-۳-۳
۴۹	..... مقدار مصرفی ماده جوان کننده ۳-۳-۳
۵۰	..... تعیین مقدار مصرفی ماده جوان کننده با معیار ویسکوزیته ۱-۳-۳-۳
۵۲	..... تعیین مقدار مصرفی ماده جوان کننده با معیار درجه نفوذ ۲-۳-۳-۳
۵۴	..... تئوری نفوذ ۴-۳-۳
۵۴	..... مقدمه ۱-۴-۳
۵۴	..... تعریف نفوذ ۲-۴-۳
۵۵	..... عوامل موثر در میزان نفوذ ۳-۴-۳
۵۵	..... فرآیند نفوذ ۴-۴-۳
۵۸	..... رابطه تعادل و زمان ۵-۴-۲
۶۰	..... مطالعات درجه نفوذ در مجاورت سنگدانه‌ها ۶-۴-۲

فصل چهارم - پدیده فرسودگی

۶۲	..... فرسودگی آسفالت ۱-۴
۶۲	..... مقدمه ۱-۴
۶۴	..... شاخص فرسودگی ۲-۴
۶۵	..... مدلسازی فرسودگی آسفالت ۳-۴
۶۵	..... مقدمه ۱-۳-۴
۶۵	..... آنالیز عناصر تشکیل دهنده قیر ۲-۳-۴

۶۶	۳-۳-۴- میزان وانادیم موجود در قیر
۶۸	۴-۳-۴- آزمایش چرخش لعاب نازک دوار قیر (RTFOT)
۷۰	۴-۴- فرسودگی و پیش بینی در طول زمان
۷۱	۵-۴- فرسودگی و دما
۷۱	۶-۴- فرسودگی و شرایط محیطی
۷۳	۷-۴- مطالعات صحرائی
۷۴	۸-۴- شبیه سازی فرسودگی در آزمایشگاه
۷۶	۱-۸-۴- آزمایش PAV
۷۸	۹-۴- بررسی فرسودگی در شرایط مختلف آزمایشگاهی
۷۸	۱-۹-۴- مقایسه آزمایشهای PAV, TFOT
۸۰	۲-۹-۴- بررسی اثر دما
۸۲	۳-۹-۴- بررسی اثر ضخامت لایه قیر
۸۲	۴-۹-۴- بررسی اثر مشترک زمان و دما
۸۵	۵-۹-۴- بررسی اثر مشترک زمان، دما و ضخامت قیر
۸۷	۶-۹-۴- بررسی اثر تبخیر ترکیبات فرار قیر
۹۰	۷-۹-۴- بررسی اثر محل قرارگیری نمونه در آزمایش PAV

فصل پنجم - متدودولوژی انجام تحقیق

۹۲	۱-۵- فلسفه انتخاب ماده جوان کننده
۹۳	۲-۵- معیارهای انتخاب ماده جوان کننده در این تحقیق
۹۴	۳-۵- مشخصات ماده جوان کننده مصرفی در این تحقیق
۹۵	۴-۵- ترکیبات تشکیل دهنده ماده جوان کننده
۹۶	۵-۵- وضعیت اقتصادی - تولیدی VS در کشور
۹۷	۶-۵- بررسی عملکرد مواد جوان کننده
۹۸	۷-۵- مراحل انجام آزمایش
۹۸	۱-۷-۵- تهیه قیر فرسوده

۱۰۰ ۲-۷-۵- تهیه مخلوط ماده جوان کننده و قیر فرسوده

۱۰۱ ۳-۷-۵- فرسوده کردن مخلوط قیر ماده جوان کننده

فصل ششم - نتایج آزمایش‌ها

۱۰۲ ۱-۶- شرح نتایج حاصل از آزمایش‌ها

۱۰۲ ۱-۱-۶- تهیه قیر فرسوده

۱۰۲ ۲-۱-۶- بررسی مشخصات قیر اولیه

۱۰۳ ۳-۱-۶- فرسوده کردن قیر با آزمایش *RTFO*

۱۰۳ ۴-۱-۶- بررسی شاخص فرسودگی قیر ۶۰/۷۰ پالایشگاه تهران

۱۰۴ ۵-۱-۶- فرآیند اختلاط

۱۰۹ ۶-۱-۶- آزمایش مارشال

۱۱۶ ۷-۱-۶- فرسودگی مجدد قیر با مواد جوان کننده

۱۲۱ ۸-۱-۶- بررسی شاخص فرسودگی در مرحله دوم

فصل هفتم - نتایج و جمع بندی

۱۲۸ ۱-۷- نتایج و جمع بندی مطالب

۱۳۲ ۲-۷- پیشنهادها

۱۳۳ فهرست مراجع و منابع

ضمائم

واژه نامه

چکیده انگلیسی

فهرست جداول

جدول ۱-۳- مشخصات ASTM برای طبقه بندی مواد جوان کننده غیر امولسیون در بازیافت گرم آسفالت	۴۴
جدول ۲-۳- مشخصات ماده جوان کننده Cyclogen	۴۵
جدول ۳-۳- مشخصات ماده جوان کننده Reclamite	۴۶
جدول ۱-۵- محصولات تولیدی پالایشگاه‌های کشور	۹۸
جدول ۲-۵- آنالیز گروه‌های شیمیایی محصولات مختلف قیری و روغنی	۹۸
جدول ۱-۶- مشخصات قیر ۶۰-۷۰ پالایشگاه تهران	۱۰۳
جدول ۲-۶- مشخصات قیر ۶۰-۷۰ پالایشگاه تهران پس از آزمایش RTFO	۱۰۴
جدول ۳-۶- مشخصات مخلوط ساخته شده در درصد‌های متفاوت از ماده جوان کننده پیشنهادی	۱۱۰
جدول ۴-۶- درجه نفوذ مخلوط قیر فرسوده به امولسیون پلیمری	۱۱۰
جدول ۵-۶- نتایج آزمایش مارشال روی مخلوط ماده جوان کننده VS و قیر فرسوده در درصد‌های مختلف	۱۱۱
جدول ۶-۶- مشخصات مخلوط قیر فرسوده و ماده جوان کننده VS پس از آزمایش RTFO	۱۱۷
جدول ۷-۶- مشخصات مخلوط قیر فرسوده و امولسیون پلیمری پس از آزمایش RTFO	۱۱۷
جدول ۸-۶- شاخص فرسودگی برحسب نسبت درجه نفوذ ماده جوان کننده پیشنهادی VS	۱۲۲
جدول ۹-۶- شاخص فرسودگی بر حسب نسبت درجه نفوذ ماده جوان کننده پیشنهادی VS	۱۲۳
جدول ۱۰-۶- شاخص فرسودگی بر حسب نسبت درجه نفوذ امولسیون پلیمری VS	۱۲۳

فهرست نمودارها

- نمودار ۱-۲- طبقه بندی روش های بازیابی آسفالت براساس محل انجام فرآیند..... ۸
- نمودار ۱-۳- تعیین میزان درصد استفاده از ماده جوان کننده با معیار ویسکوزیته ۵۱
- نمودار ۲-۳- تعیین میزان درصد استفاده از ماده جوان کننده با معیار درجه نفوذ ۵۳
- نمودار ۱-۵- روند انجام تحقیق روی مواد جوان کننده ۹۷
- نمودار ۲-۵- فرآیند تهیه قیر فرسوده ۹۹
- نمودار ۳-۵- اختلاط مواد جوان کننده و قیر فرسوده ۱۰۱
- نمودار ۴-۵- فرسودگی مجدد مخلوط ماده جوان کننده و قیر فرسوده با آزمایش RTFOT ۱۰۲

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۲ - بخش اول (گرمکن - آسیاب کن) Pyrotec Pyropaver 300E ۱۸
- شکل ۲-۲ - بخش آسفالت بازیابی شده و ماده‌ی جوان کننده در سطح راه ۱۸
- شکل ۲-۳ - پیش گرم کن Pyropaver 300E ۱۹
- شکل ۲-۴ - ورود مخلوط ماده جوان کننده و آسفالت فرسوده به مخلوط کن ۲۰
- شکل ۲-۵ - بخش و تراکم مخلوط آسفالت بازیابی شده ۲۰
- شکل ۲-۶ - نمای ساده ماشین بازیابی Artec ۲۲
- شکل ۲-۷ - نمای ساده ماشین بازیابی Taisei - HPR5 ۲۴
- شکل ۲-۸ - نمای ساده ماشین بازیابی Wirtegen Remixer - 4500 ۲۶
- شکل ۳-۱ - ترکیبات قیر ۳۴
- شکل ۳-۲ - مراحل امتزاج ماده جوان کننده و قیر فرسوده ۵۷
- شکل ۳-۳ - به تعادل رسیدن قیر فرسوده و ماده روان کننده پس از گذشت حدود ۱۰۰ روز ۵۹
- شکل ۳-۴ - درجه نفوذ در مجاورت سنگدانه‌ها ۶۱
- شکل ۴-۱ - رابطه ویسکوزیته قیر فرسوده و میزان وانادیوم ۶۷
- شکل ۴-۲ - شبیه سازی فرسودگی با آزمایش لعاب نازک دوار قیر ۶۹
- شکل ۴-۳ - تأثیر شرایط آب و هوایی متفاوت بر فرسودگی ۷۲
- شکل ۴-۴ - ظرف قرارگیری نمونه‌ها در آزمایش PAV ۷۷
- شکل ۴-۵ - مقایسه شاخص فرسودگی در آزمایش‌های PAV و TFOT ۷۹
- شکل ۴-۶ - بررسی اثر دما در آزمایش PAV ۸۱
- شکل ۴-۷ - تأثیر ضخامت در فرسودگی برای سه نوع قیر ۸۳
- شکل ۴-۸ - مقایسه شاخص فرسودگی در ترکیبات مختلف زمان و دما ۸۴
- شکل ۴-۹ - مقایسه شاخص فرسودگی در ترکیبات متفاوت از زمان، دما و ضخامت ۸۶
- شکل ۴-۱۰ - تغییرات ویسکوزیته در شرایط محیطی مختلف از آزمایش لعاب نازک قیر ۸۸
- شکل ۴-۱۱ - تغییرات وزن نمونه در شرایط محیطی مختلف از آزمایش لعاب نازک قیر ۸۹
- شکل ۴-۱۲ - تأثیر مکان قرارگیری نمونه‌ها در ظرف نمونه گیر آزمایش PAV ۹۱
- شکل ۶-۱ - درجه نفوذ مخلوط ماده جوان کننده پیشنهادی با قیر فرسوده ۱۰۷

- شکل ۶-۲- ویسکوزیته مخلوط ماده جوان کننده پیشنهادی با قیر فرسوده ۱۰۸
- شکل ۶-۳- درجه نفوذ مخلوط امولسیون پلیمری با قیر فرسوده ۱۰۹
- شکل ۶-۴- استقامت مارشال نمونه پیشنهادی VS ۱۱۳
- شکل ۶-۵- روانی مارشال نمونه پیشنهادی VS ۱۱۴
- شکل ۶-۶- استقامت مارشال امولسیون پلیمری ۱۱۵
- شکل ۶-۷- روانی مارشال امولسیون پلیمری ۱۱۶
- شکل ۶-۸- ویسکوزیته مخلوط ماده جوان کننده پیشنهادی پس از آزمایش RTFO ۱۱۹
- شکل ۶-۹- درجه نفوذ مخلوط ماده جوان کننده پیشنهادی پس از آزمایش RTFO ۱۲۰
- شکل ۶-۱۰- درجه نفوذ مخلوط امولسیون پلیمری با قیر فرسوده ۱۲۱
- شکل ۶-۱۱- شاخص فرسودگی نمونه پیشنهادی VS با معیار ویسکوزیته ۱۲۶
- شکل ۶-۱۲- شاخص فرسودگی نمونه پیشنهادی VS با معیار درجه نفوذ ۱۲۷
- شکل ۶-۱۳- شاخص فرسودگی نمونه امولسیون پلیمری با معیار درجه نفوذ ۱۲۸

چکیده:

در این پایان نامه مواد جوان کننده مصرفی بازیافت گرم آسفالت مورد مطالعه قرار گرفته است. در این تحقیق، در بخش سابقه مطالعاتی، روشهای بازیافت آسفالت، شیمی قیر و ترکیبات تشکیل دهنده مواد جوان کننده مطالعه گردید و با معرفی عوامل فرسوده کننده، تأثیر شرایط تشدید شده محیط بر قیر بررسی شده است.

بر مبنای تحقیقات انجام شده و با در نظر گرفتن شرایط زیست محیطی و اقتصادی، روغن سنگین پالایشگاه تهران (*Vaccum Slops*) به عنوان ماده جوان کننده اصلی پیشنهاد و مورد مطالعه قرار گرفت. به جای استفاده از آزمایش استخراج قیر فرسوده از نمونه آسفالتی به دلیل حجم کم قیر بازیابی شده و هزینه بالای انجام آزمایش‌ها، از آزمایش لعاب نازک دوار قیر استفاده گردید از اینرو با انجام این آزمایش روی قیر خالص ۶۰-۷۰ پالایشگاه تهران شرایط فرسودگی برای قیر مورد نظر در آزمایشگاه شبیه سازی گردید سپس با اضافه کردن درصدهای متنوع از مواد جوان کننده پیشنهادی و مقایسه آن با یک امولسیون پلیمری، خواص مخلوط قبل و پس از شبیه سازی فرسودگی تحلیل گردیده است.

با توجه به آزمایش‌های انجام شده مشاهده شد که استفاده از روغن سنگین پالایشگاه تهران تا مرز ۵٪ باعث بهبود استقامت مارشال نمونه‌ها می‌شود. از طرف دیگر شاخص فرسودگی با اضافه نمودن درصد مواد جوان کننده افزایش می‌یابد. که دلیل آن بیشتر شدن ترکیبات حساس به فرآیند فرسودگی است. از این رو استفاده از ۵٪ وزنی از روغن سنگین پالایشگاه تهران به عنوان ماده جوان کننده پیشنهاد می‌گردد.

پیشگفتار

یکی از روش‌های مرمت روسازی آسفالتی، بازیابی آن می‌باشد، که به طور کلی به بازیابی در کارخانه مرکزی و بازیابی در محل قابل تقسیم است. بازیابی مصالح علاوه بر صرفه اقتصادی، دارای مزایایی نظیر حفظ محیط زیست و منابع طبیعی می‌باشد.

بازیابی آسفالت در کشورهای متعدد انجام پذیرفته و نتایج نسبتاً خوبی داشته است و هنوز در بهبود روش‌ها و ماشین آلات آن کار می‌شود. امروزه با گذشت حدود یک دهه استفاده از این تکنولوژی و صرف هزینه‌های بسیار زیاد، نتایج مطلوبی به دست نیامده است.

یکی از پارامترهای فراموش شده استفاده از این تکنولوژی در ایران، بکارگیری مواد جوان‌کننده در فرآیند بازیابی گرم آسفالت می‌باشد. متأسفانه تاکنون مطالعات مکتوبی در زمینه مواد جوان‌کننده آسفالت در ایران انجام نشده است. به همین منظور این تحقیق سعی دارد پایه گذار مطالعه روی مواد جوان‌کننده آسفالت با در نظر گرفتن توجیه اقتصادی، فراوانی تولید و کارایی مناسب باشد.

به طور کلی این پایان‌نامه شامل فصول زیر می‌باشد:

فصل اول: شامل کلیات تحقیق بوده و اصول کلی پروژه را ارائه می‌دهد. در این فصل با تعریف مسئله ارائه فرضیات و محدودیت‌ها، اهداف مطالعات تشریح شده است.

فصل دوم: این فصل شامل سه قسمت می‌باشد. به منظور جامع‌تر نگریستن به موضوع تحقیق سه مورد بررسی قرار گرفته است: در بخش اول بازیابی آسفالت، روش‌ها و نکات مربوط به فرآیند بازیابی با تأکید بر بازیافت گرم و در محل بررسی گردیده است. در بخش دوم، ترکیبات قیر مورد مطالعه قرار گرفت و در ادامه مواد جوان‌کننده معرفی شده‌اند. در ادامه این قسمت تئوری امتزاج ماده جوان‌کننده و قیر فرسوده نیز