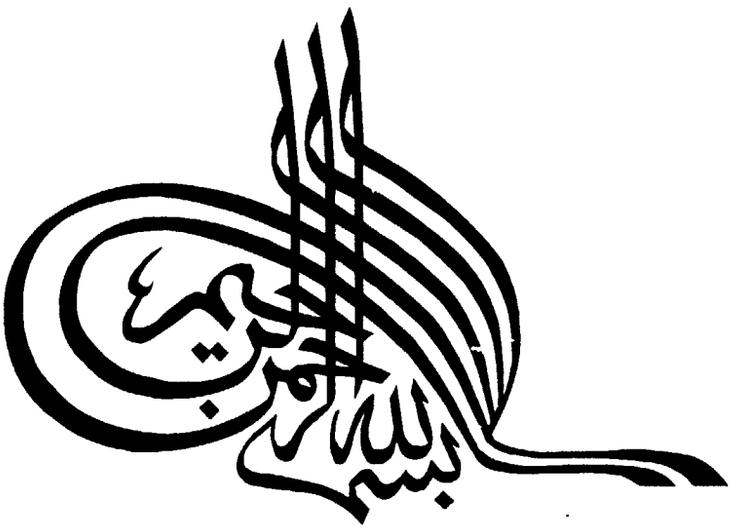

٣٩٩٠١

بنام خدا

دانشگاه علم و صنعت ایران
دانشکده مهندسی عمران

طرح ضخامت لایه آسفالت در مناطق گرمسیر بر اساس
مقاومت مخلوط آسفالتی در برابر تغییر شکل دائم

۱۳۸۰ /۱۲/ ۱۹

016576

سید عباس طباطبایی

پایان نامه برای دریافت درجه دکتری در رشته
مهندسی عمران – مهندسی راه و ترابری

۳۹۹۰۱

استاد راهنما:

دکتر محمود عامری

استاد مشاور:

دکتر حمید بهبهانی

تیر ماه ۱۳۸۰

۳۹۹۰۱

تقدیم به :

برادران شهیدم

همسر و فرزندانم

چکیده:

قسمت اعظمی از سرزمین جمهوری اسلامی ایران را مناطق گرمسیر تشکیل می‌دهد. در این مناطق بدلیل بالا بودن درجه حرارت هوا و تابش اشعه خورشید موجب افزایش درجه حرارت رویه‌های آسفالتی جاده‌ها و خیابانها می‌شود. این افزایش درجه حرارت باعث کاهش ضریب سفتی ویسکو پلاستیک رویه‌های آسفالتی خواهد شد. هنگام عبور وسایل نقلیه سنگین خرابی از نوع گودافتادگی مسیر چرخه‌ها (Rutting) بوجود می‌آید.

گودافتادگی مسیر چرخها از جمله خرابی رایج و متداول مناطق گرمسیر است. و مطالعات در این رساله نشان می‌دهد که بیش از ۵۰٪ از کل خرابی‌ها را تشکیل می‌دهد.در این تحقیق جهت مشخص شدن روند افزایش درجه حرارت رویه‌های آسفالتی مطالعات وسیعی بصورت عملی صورت گرفته است. و با برداشت درجه حرارت آسفالت در عمق‌های مختلف در فصول گرم و در ساعات مختلف روز مدلهائی تشکیل شده است که می‌توان در هر ساعتی از روز در ماههای مختلف سال می‌توان درجه حرارت رویه آسفالتی را درهر عمق بدست آورد.

اثبات شده است که مطالعات عملکرد آسفالت برای کنترل گودافتادگی باید در درجه حرارت‌های ۳۵، ۴۵، ۵۵ و ۶۵ درجه سانتی‌گراد انجام گیرد. جهت بررسی عملکرد آسفالت در آزمایشگاه مطابق آنچه که در جاده رخ می‌دهد. ماشین اثر چرخ (Wheel -Track) برای اولین بار در ایران طراحی، محاسبه ساخت و نصب و راه‌اندازی شده است. که با استفاده از آن نمونه‌های متعدد آسفالتی در درجه حرارت‌های ۳۵ تا ۶۵ درجه سانتی‌گراد مورد آزمایش اثر چرخ قرار گرفته است. و با استفاده از اطلاعات حاصل از این آزمایش‌ها قانون پلاستیک حاکم بر این رساله بصورت زیر ارائه شده است.

$$\varepsilon_{(vp)f} = \varepsilon_{(vp)l} \left(\frac{\sigma f}{\sigma l}\right)^{1/95}$$

آنگاه با استفاده از این قانون و روابط کرنش.وتعداد عبور به معادلات و منحنی‌ها و نمودارهائی ترسیم شده است که با استفاده از آنها می‌توان مشخصات مخلوط آسفالتی و ضخامت رویه آسفالتی را بگونه‌ای کنترل نمود تا بعد از عبور تعداد محور معین ۸/۲ تنی گودافتادگی درحدمورد نظر رخ دهد.

در این تحقیق سعی شده است از مجموعه عوامل مؤثر بر گودافتادگی مسیر چرخها عوامل مهمی از قبیل درجه حرارت، تعداد عبور، ضخامت رویه آسفالتی مقاومت بستر، نوع مصالح، نوع دانه بندی و نوع قیر مورد ارزیابی قرارگیرند و درمجموع به ۷۲ دسته منحنی و سه نمودار بدست آمده است.که برای کنترل گودافتادگی مسیر چرخها مورد استفاده قرار می‌گیرند.

تقدیر و تشکر

بدون شک وسعت عمل این تحقیق نیازمند به همکاری و راهنمائی تعداد کثیری از اساتید بزرگوار و متخصصین فن می‌باشد.

از اساتید ارجمند جناب آقای دکتر محمود عامری گزنون و جناب آقای دکتر حمید بهبهانی بی‌نهایت تشکر و قدردانی می‌شود اگر رهنمودها و هدایت این بزرگواران نبود، این همه تلاش سرانجامی به این عظمت پیدا نمی‌کرد.

از اساتید گرانمایه جناب آقای دکتر منصور خاکی و جناب آقای دکتر نادر طباطبائی و جناب آقای دکتر سید نظر آزادانی بخاطر نقطه نظرات اصلاحی آنها تشکر و قدردانی می‌شود.

استاد ارجمند آقای دکتر محمد شیشه‌ساز که در طراحی و محاسبه ماشین اثر چرخ (W-T) نهایت همکاری و تلاش را نمودند و همچنین از آقای مهدی سهیلی بخاطر دقت و حساسیت خاصی که در ساخت این ماشین مبذول داشته‌اند تشکر و قدردانی می‌شود.

از استاد ارجمند جناب آقای دکتر اولی‌پور جهت همکاری بیدریغی که در استفاده از برنامه‌های کامپیوتری مبذول داشته‌اند تشکر و سپاسگزاری می‌شود.

استاد ارجمند جناب آقای دکتر محمد حسین ولی سامانی جهت همکاری در ترجمه بعضی از مقالات استخراجی از این رساله تشکر و قدردانی می‌شود.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول / مقدمه و موضوع رساله

مقدمه ۲

موضوع رساله ۴

روش تحقیق ۶

انواع سازه‌های روسازی ۷

کنترل ضریب سفتی ویسکوپلاستیک ۸

فصل دوم / مروری بر منابع

مروری بر منابع ۱۳

انواع گود افتادگی ۱۴

انواع شدت گودافتادگی ۱۶

کنترل گودافتادگی سازه‌ای ۳۱

فصل سوم / کنترل گودافتادگی سازه‌ای

انواع روسازی ۳۳

۱-روسازی نازک ۳۵

۲-روسازی متوسط ۳۶

۳-روسازی ضخیم ۳۶

انواع بستر ۳۶

رویه آسفالتی ۳۷

ضریب سفتی (مدول الاسیسیته) ۳۸
انتخاب برنامه کامپیوتری ۳۹
بارگذاری ۴۲
انتخاب روش ۵۱
روش استفاده از منحنی‌ها ۵۴

فصل چهارم / طراحی، محاسبه، ساخت، نصب و راه‌اندازی ماشین اثر چرخ

مروری بر تحقیقات انجام شده ۵۸
۱- مطالعات و ایده های جدید ۷۰
۲- معرفی طرح برگزیده ۷۹
۳- گرمکن‌ها ۸۶

فصل پنجم /پیش بینی درجه حرارت رویه آسفالتی

مروری بر تحقیقات انجام شده ۹۰
پیش بینی روند درجه حرارت رویه آسفالتی ۹۳
روش تحقیق ۹۹
محل آزمایش ۱۰۱
روش پیش‌بینی درجه حرارت ۱۰۷
تجزیه وتحلیل آماری ۱۱۰

فصل ششم / کنترل گودافتادگی ناپایدار

انتخاب مصالح: مصالح سنگی و قیر ۱۱۵
درصد قیر بهینه : ۱۱۶

روش تهیه نمونه آزمایش اثر چرخ (W.T) ۱۱۷
مدار کنترل حرارت و طریقه استفاده و کارکرد تنظیم کننده ۱۲۰
روش اندازه‌گیری خیز ۱۲۰
روش‌ترسیم منحنی‌های کنترل ضریب سفتی ویسکوپلاستیک - تعدادعبور .. ۱۲۶
محاسبه σ_F ۱۳۱
معادله ضریب سفتی ویسکو پلاستیک در حالت گودافتادگی با شدت کم ۱۳۳
معادله ضریب سفتی ویسکوپلاستیک در حالت گودافتادگی با شدت متوسط . ۱۳۴
معادله ضریب سفتی ویسکوپلاستیک درحالت گودافتادگی با شدت زیاد..... ۱۳۵

فصل هفتم /ضریب انتقال

ضریب انتقال ۱۴۰
روش تعیین ضریب انتقال ۱۴۰
روش استفاده از منحنی ضریب انتقال :..... ۱۴۵

فصل هشتم / کنترل ضخامت رویه آسفالتی

روش محاسبه ضخامت رویه آسفالتی ۱۴۸
مثال ۱۵۳

فصل نهم / نتیجه گیری و پیشنهادات

تأثیر قیر:..... ۱۵۵
تأثیر دانه بندی: ۱۵۷
تأثیر جنس مصالح سنگی : ۱۶۱
تأثیر درجه حرارت ۱۶۳

تأثیر ضخامت رویه آسفالت روی گود افتادگی ۱۶۵
تأثیر سایر عوامل ۱۶۷
توصیه ۱۶۹

فصل دهم / ضمائم

ضمیمه یک منحنی‌های کرنش تجمعی -تعدادعبور ۱۷۱
ضمیمه دو منحنی‌های کنترل ضریب سفتی و جداول محاسبه معادلات ضریب
سفتی ۱۸۲
مصالح سنگی - آهکی، دانه بندی IV، قیر: ۶۰/۷۰ ..... ۱۸۳
مصالح سنگی - آهکی، دانه بندی III، قیر، ۶۰/۷۰ ..... ۱۹۲
مصالح سنگی - سیلیسی ،دانه بندی IV، قیر، ۴۰/۵۰ ..... ۲۰۲
مصالح سنگی - آهکی، دانه بندی IV، قیر، ۴۰/۵۰ ..... ۲۱۲
مصالح سنگی - سیلیسی، دانه بندی III، قیر ۴۰/۵۰ ..... ۲۲۲
مصالح سنگی - آهکی، دانه بندی III، قیر ۴۰/۵۰ ..... ۲۳۲
مصالح سنگی - سیلیی، دانه بندی III، قیر ۶۰/۷۰ ..... ۲۴۲
مصالح سنگی - سیلیسی، دانه بندی IV، قیر ۶۰/۷۰ ..... ۲۵۲
ضمیمه سه - ۲۶۲
مراجع ۲۶۶

فهرست جداول

شماره جدول	شرح	صفحه
جدول (۱-۲)	ضرائب پیشنهادی a , b توسط مؤسسات مختلف	۲۳
جدول (۲-۲)	مقایسه عوامل مؤثر بر کرنش	۲۵
جدول (۱-۳)	برداشت ضخامت لایه‌های مختلف راههای مناطق گرمسیر	۳۴ - ۳۵
جدول (۲-۳)	ضرایب پراسیون لایه‌های روسازی	۳۷
جدول (۳-۳)	مقادیر ضریب پراسون پیشنهادی مؤسسات مختلف	۳۷
جدول (۴-۳)	ضریب پراسون نسبت به درجه حرارت	۳۸
جدول (۵-۳)	ضریب پراسون انواع بستر	۳۸
جدول (۶-۳)	مشخصات اساس و زیر اساس	۳۸
جدول (۷-۳)	مشخصات انواع بستر خاکی	۳۹
جدول (۸-۳)	مقایسه کرنش در برنامه کامپیوتری	۴۲
جدول (۹-۳)	مشخصات محورهای انتخابی	۴۳
جدول (۱۰-۳)	مشخصات سطحی نقاط انتخابی	۴۴
جدول (۱۱-۳)	عمق نقاط انتخابی نسبت به سطح رویه(سانتی‌متر)	۴۴
جدول (۱۲-۳)	کرنش قائم روی سطح بستر خاکی	۴۵
جدول (۱۳-۳)	ضرائب پیشنهادی مؤسسات مختلف	۴۶
جدول (۱۴-۳)	کرنش فشاری روی بستر و تعداد محور روش انستیتوی آسفالت	۴۷
جدول (۱۵-۳)	کرنش قائم فشاری روی بستر و تعداد محور روش TRR	۴۸
جدول (۱۶-۳)	کرنش قائم فشاری روی بستر و تعداد محور روش بلژیک	۴۹
جدول (۱۷-۳)	کرنش قائم فشاری روی بستر و تعداد محور روش شل	۵۰
جدول (۱-۴)	مشخصات انواع ماشین‌های اثر چرخ	۶۹

فهرست جداول

شماره جدول	شرح	صفحه
جدول (۲-۴)	مشخصات نمونه آسفالتی گزینه ۱	۸۱
جدول (۳-۴)	مشخصات نمونه آسفالتی گزینه ۲	۸۱
جدول (۴-۴)	مشخصات نمونه آسفالتی گزینه ۳	۸۱
جدول (۵-۴)	مشخصات نمونه آسفالتی گزینه ۴	۸۲
جدول (۶-۴)	مشخصات موتور ماشین اثر چرخ	۸۵
جدول (۱-۵)	مقایسه درجه حرارت سطح رویه و عمق ۲ سانتی‌متری	۹۸
جدول (۲-۵)	روز ۷۵/۶/۱۴ کمترین درجه حرارت در دو ماه تابستان	۱۰۲
جدول (۳-۵)	روز ۷۵/۵/۵ درجه حرارت رویه آسفالتی در عمق	۱۰۲
جدول (۴-۵)	درجه حرارت رویه آسفالتی در عمق	۱۰۳
جدول (۵-۵)	متوسط ساعتی روزانه درجه حرارت در مردادماه ۱۳۷۷	۱۰۷
جدول (۶-۵)	متوسط ساعتی روزانه درجه حرارت در شهریور ۱۳۷۷	۱۰۸
جدول (۷-۵)	متوسط ساعتی روزانه درجه حرارت در مردادماه ۱۳۷۵	۱۰۸
جدول (۸-۵)	آزمون معادلات برگشتی	۱۱۱
جدول (۹-۵)	آزمون معادلات برگشتی پیش‌بینی درجه حرارت آسفالت	۱۱۲
جدول (۱-۶)	درصد عبوری از الکلها مربوط به دانه‌بندی III , IV	۱۱۵
جدول (۲-۶)	مشخصات مصالح سنگی	۱۱۵
جدول (۳-۶)	مشخصات ۶۰/۷۰ و ۴۰/۵۰	۱۱۶
جدول (۴-۶)	مشخصات انواع مخلوط آسفالتی	۱۱۶-۱۱۷
جدول (۵-۶)	مشخصات انواع نمونه‌های آسفالتی و شرایط آزمایش	۱۲۳-۱۲۴
جدول (۶-۶)	مشخصات نمونه‌ای مورد آزمایش	۱۲۷

فهرست جداول

شماره جدول	شرح	صفحه
جدول (۷-۶)	کرنش پلاستیک نمونه‌ای آسفالتی نسبت به تغییر تنش	۱۲۷
جدول (۸-۶)	تنش قائم فشاری در رویه آسفالتی	۱۲۸-۱۲۹-۱۳۰
جدول (۹-۶)	تنش متوسط رویه آسفالتی سازه‌ای مختلف	۱۳۱
جدول (۱۰-۶)	شیب خطوط اتصالی بین نقاط	۱۳۲
جدول (۱-۷)	انواع مخلوط‌های مورد آزمایش در تعیین ضریب انتقال	۱۴۰
جدول (۲-۷)	ضرایب انتقال متوسط مربوط به ترکیب مخلوط نوع ۱	۱۴۱
جدول (۳-۷)	ضرایب انتقال متوسط مربوط به ترکیب مخلوط نوع ۲	۱۴۲
جدول (۴-۷)	ضرایب انتقال متوسط مربوط به ترکیب مخلوط نوع ۳	۱۴۳
جدول (۵-۷)	ضرایب انتقال در درجه حرارت‌های مختلف	۱۴۴
جدول (۱-۹)	مقایسه درصدهای عبوری دانه‌بندی IV و فولر	۱۵۷
جدول (۲-۹)	مقایسه درصدهای عبوری دانه‌بندی III و فولر	۱۵۷
جدول (۳-۹)	مقایسه ضریب سفتی مخلوط آسفالتی با دانه‌بندی مختلف	۱۵۸
جدول (۴-۹)	معادلات ضریب سفتی ویسکوپلاستیک	۱۵۹
جدول (۵-۹)	مقایسه ضریب سفتی ویسکوپلاستیک مخلوط دانه‌بندی مختلف	۱۵۹
جدول (۶-۹)	ضریب سفتی انواع مخلوط‌های آسفالتی	۱۶۱
جدول (۷-۹)	معادلات ضریب سفتی ویسکوپلاستیک سازه معین	۱۶۱
جدول (۸-۹)	ضریب سفتی ویسکوپلاستیک	۱۶۲
جدول (۱۱-۶)	معادلات ضریب سفتی ویسکوپلاستیک نمونه‌های از ۱ الی ۳	۱۸۴
جدول (۱۲-۶)	معادلات ضریب سفتی ویسکوپلاستیک نمونه‌های از ۴ الی ۶	۱۸۵
جدول (۱۳-۶)	معادلات ضریب سفتی ویسکوپلاستیک نمونه‌های از ۷ الی ۹	۱۸۶

فهرست جداول

شماره جدول	شرح	صفحه
جدول (۱۴-۶)	معادلات ضریب سفتی ویسکوپلاستیک نمونه‌های از ۱۰ الی ۱۲	۱۹۴
جدول (۱۵-۶)	معادلات ضریب سفتی ویسکوپلاستیک نمونه‌های از ۱۳ الی ۱۵	۱۹۵
جدول (۱۶-۶)	معادلات ضریب سفتی ویسکوپلاستیک نمونه‌های از ۱۶ الی ۱۸	۱۹۶
جدول (۱۷-۶)	معادلات ضریب سفتی ویسکوپلاستیک نمونه‌های از ۱۹ الی ۲۱	۲۰۴
جدول (۱۸-۶)	معادلات ضریب سفتی ویسکوپلاستیک نمونه‌های از ۲۲ الی ۲۴	۲۰۵
جدول (۱۹-۶)	معادلات ضریب سفتی ویسکوپلاستیک نمونه‌های از ۲۵ الی ۲۷	۲۰۶
جدول (۲۰-۶)	معادلات ضریب سفتی ویسکوپلاستیک نمونه‌های از ۲۸ الی ۳۰	۲۱۴
جدول (۲۱-۶)	معادلات ضریب سفتی ویسکوپلاستیک نمونه‌های از ۳۱ الی ۳۳	۲۱۵
جدول (۲۲-۶)	معادلات ضریب سفتی ویسکوپلاستیک نمونه‌های از ۳۴ الی ۳۶	۲۱۶
جدول (۲۳-۶)	معادلات ضریب سفتی ویسکوپلاستیک نمونه‌های ۳۷ الی ۳۹	۲۲۴
جدول (۲۴-۶)	معادلات ضریب سفتی ویسکوپلاستیک نمونه‌های از ۴۰ الی ۴۲	۲۲۵
جدول (۲۵-۶)	معادلات ضریب سفتی ویسکوپلاستیک نمونه‌های از ۴۳ الی ۴۵	۲۲۶
جدول (۲۶-۶)	معادلات ضریب سفتی ویسکوپلاستیک نمونه‌های از ۴۶ الی ۴۸	۲۳۴
جدول (۲۷-۶)	معادلات ضریب سفتی ویسکوپلاستیک نمونه‌های از ۴۹ الی ۵۱	۲۳۵
جدول (۲۸-۶)	معادلات ضریب سفتی ویسکوپلاستیک نمونه‌های از ۵۲ الی ۵۴	۲۳۶
جدول (۲۹-۶)	معادلات ضریب سفتی ویسکوپلاستیک نمونه‌های از ۵۵ الی ۵۷	۲۴۴
جدول (۳۰-۶)	معادلات ضریب سفتی ویسکوپلاستیک نمونه‌های از ۵۸ الی ۶۰	۲۴۵
جدول (۳۱-۶)	معادلات ضریب سفتی ویسکوپلاستیک نمونه‌های از ۶۱ الی ۶۳	۲۴۶
جدول (۳۲-۶)	معادلات ضریب سفتی ویسکوپلاستیک نمونه‌های از ۶۴ الی ۶۶	۲۵۴
جدول (۳۳-۶)	معادلات ضریب سفتی ویسکوپلاستیک نمونه‌های از ۶۷ الی ۶۹	۲۵۵
جدول (۳۴-۶)	معادلات ضریب سفتی ویسکوپلاستیک نمونه‌های از ۷۰ الی ۷۲	۲۵۶

فهرست اشکال

ردیف	شرح	صفحه
شکل (۱-۱)	منحنی کنترل ضریب سفتی ویسکوپلاستیک رویه آسفالتی	۱۱
شکل (۱-۲)	مقایسه درصد انواع خرابی در کشور ژاپن	۱۳
شکل (۲-۲)	انواع گودافتادگی	۱۵
شکل (۲-۳)	روند افزایش تغییر شکل دائمی در آزمایش خزش	۲۰
شکل (۲-۴)	مقایسه کرنش حاصل از آزمایش استاتیکی و دینامیکی	۲۱
شکل (۲-۵)	خواص فنی رویه آسفالتی در عمق	۲۲
شکل (۲-۶)	مقایسه کرنش‌های مجاز ارائه شده توسط روشات‌لیتر	۲۴
شکل (۲-۷)	مقایسه‌پارامترهای مؤثر بر گودافتادگی در شرایط متفاوت	۲۶
شکل (۲-۸)	تأثیر سرعت روی کرنش سطح آسفالت	۲۷
شکل (۲-۹)	تأثیر سرعت روی کرنش در پائین لایه آسفالت	۲۸
شکل (۳-۱)	مقطع روسازی زیر بارگذاری	۴۱
شکل (۳-۲)	بار وارده به چرخ‌ها	۴۳
شکل (۳-۳)	مقایسه روش‌های مختلف	۵۲
شکل (۳-۴)	منحنی تعداد عبور برحسب ضریب سفتی در روسازی نازک	۵۲
شکل (۳-۵)	منحنی تعداد عبور برحسب ضریب سفتی در روسازی متوسط	۵۳
شکل (۳-۶)	منحنی تعداد عبور برحسب ضریب سفتی در روسازی ضخیم	۵۳
شکل (۴-۱)	ماشین اثر چرخ (W-T) ساخته شده در آلمان	۵۹
شکل (۴-۲)	ماشین اثر چرخ (W-T) نرتینگ هام	۶۰
شکل (۴-۳)	جزئیات بیشتری از ماشین اثر چرخ (W-T) نرتینگ هام	۶۱
شکل (۴-۴)	ماشین اثر چرخ (W-T) از نوع رفت و برگشت	۶۲