

صلاة الاضلاع



دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران

(گرایش راه و ترابری)

بررسی عملکرد ژئوتکستایل ها برای جلوگیری از انعکاس ترک لایه های

روسازی آسفالتی: مطالعه موردی کاربرد در جاده های استان تهران

دانشجو:

هومن محسن زادگان

استاد راهنما:

آقای دکتر امیر کاووسی

تقدیم به

پدر دلسوز و بزرگوارم،

مادر مهربان و فداکارم و

برادرانم حامد و هوشنگ

که مشوق تحصیل و پیشرفتم بودند.

تقدیم به آنهایی که دوستم دارند و دوستشان دارم

و

تقدیم به عاشقان راه حق

و

جویندگان و تلاشگران صنعت راه و راهسازی

در اینجا بر خود لازم می‌دانم از زحمات بی دریغ استاد گرانقدر جناب آقای دکتر کاوسی که در طول انجام این تحقیق بنده را یاری فرمودند تا این تحقیق از ابتدا در مسیر درست و صحیح به اتمام برسد، خالصانه تشکر و قدردانی نمایم. همچنین از اساتید ارجمند و گرامی گروه جناب آقای دکتر حسنی، دکتر صفارزاده، دکتر ممدوحی و دکتر سوداگری که منت بر من نهاده و قبول زحمت فرمودند و با تشریف فرمایشان به جلسه دفاع بنده و ارائه نظرات، دیدگاه‌ها و پیشنهادات خود در زمینه موضوع تحقیق انجام شده باعث افزایش اعتبار آن شدند، صمیمانه سپاسگذارم و از ایند منان خواستار سلامتی و پیروزی برای تک تک عزیزان هستم.

فرصت را غنیمت شمرده و از کلیله زحمت‌کشان و اساتید محترم و دلسوز دانشگاه تربیت مدرس، مزکر تحقیقات تعمیر مدیریت و نگهداری روسازی آسفالتی به ریاست آقای دکتر حسنی و آزمایشگاه گروه راه و ترابری که در راستای انجام این پژوهش زحمات بسیاری را متحمل شدند، تشکر می‌نمایم.

خداوندا..... آرامشی عطا فرما

تا بپذیرم، آنچه نمی‌توانم تغییر دهم

شهامتی که تغییر دهم، آنچه که می‌توانم

و دانشی که تفاوت این دو را بدانم

هومن محسن‌زادگان

تابستان ۱۳۸۸

چکیده

ساخت روسازی‌های تقویت شده با مواد ژئوسنتتیک در پروژه‌هایی که بستر ضعیفی دارند و یا منطقه دارای فقر مصالح است و برای به تأخیر انداختن توسعه و انتشار ترک‌های لایه‌های آسفالتی قدیمی به لایه روکش و افزایش طول عمر روسازی در جاده‌های موجود گسترش یافته است. متداول‌ترین ژئوسنتتیک‌هایی که در لایه‌های مختلف روسازی کاربرد زیادی دارند، ژئوتکتستایل‌ها، ژئوگریدها و ژئوکامپوزیت‌ها هستند. در این تحقیق پس از معرفی انواع مواد ژئوتکتستایل، ژئوگرید و ژئوکامپوزیت از میان خانواده ژئوسنتتیک‌ها، ملزومات اجرایی و فرآیند طراحی روسازی‌های حاوی مواد ژئوسنتتیک تشریح شده است.

با مطالعه موردی خرابی‌های روسازی آزادراه مسیر تهران-قم در مناطقی که در آنها ژئوتکتستایل استفاده شده است، عمده‌ترین مشکلات لایه‌های آسفالتی حاوی این مواد بر اساس نتایج حاصل از مغزه‌گیری‌ها و نمونه‌برداری صحرایی ترک خوردگی‌ها بوده است. از بررسی مغزه‌گیری‌ها مشخص شد ترک‌ها عموماً در اثر کاهش مقاومت برشی و عدم اتصال بین لایه‌ای مناسب بین لایه‌ی روکش و روسازی قدیمی در محل اتصال لایه‌ها بوسیله ژئوتکتستایل و اندود سطحی بوجود آمده است. از آنجا که نقش اندود سطحی (تک‌کت) که در زیر لایه‌ی ژئوتکتستایل اجرا می‌شود، در اتصال آن به روسازی قبلی بسیار حائز اهمیت است، تأثیر دو نوع قیر خالص با درجه نفوذهای ۷۰-۶۰ و ۱۰۰-۸۵ بعنوان اندود سطحی در اتصال و افزایش مقاومت برشی بین لایه‌های آسفالتی حاوی این مواد مورد بررسی قرار گرفت. به این دلیل یک دستگاه آزمایش برای آزمون مقاومت برشی ساخته شد که با آن نمونه‌ها تحت اثر نیروی برش مستقیم (خالص) آزمایش می‌شوند. نمونه‌های ساخته‌شده در آزمایشگاه به شکل استوانه‌ای و با ابعاد نمونه‌ی مارشال به قطر ۱۰۰ میلی‌متر ولی با ارتفاع تقریباً ۱۰۰ میلی‌متر بر خلاف نمونه‌های استاندارد که دارای ارتفاع ۶۳/۵ میلی‌متر هستند، بودند. به‌علاوه نمونه‌های سالم (بدون خرابی) که از جاده مغزه‌گیری شده بودند نیز با سرعت بارگذاری ۵۰ میلی‌متر در دقیقه تحت آزمایش برش قرار گرفتند. در این آزمایش نمونه‌های حاوی ژئوتکتستایل با اندود سطحی قیر خالص ۷۰-۶۰ مقاومت برشی بیشتر و نمونه‌های حاوی اندود سطحی ۱۰۰-۸۵ دارای قدرت چسبندگی بیشتری بودند.

کلمات کلیدی: روسازی آسفالتی، اندود سطحی، ژئوتکتستایل، ترک‌های انعکاسی و مقاومت برشی بین لایه‌های آسفالتی

فهرست

صفحه

عنوان

فصل اول: کلیات

- ۱-۱- مقدمه..... ۲
- ۲-۱- تعریف مسأله..... ۲
- ۳-۱- اهداف..... ۳
- ۴-۱- فرضیات..... ۴
- ۵-۱- جنبه جدید بودن طرح..... ۴
- ۶-۱- سیستم روسازی انعطاف پذیر..... ۴
- ۷-۱- لایه‌های روسازی..... ۶
- ۸-۱- خرابی در روسازیهای انعطاف پذیر..... ۷
- ۹-۱- خلاصه‌ای از فصول پایان‌نامه..... ۷

فصل دوم: ژئوسنتتیک‌ها

- ۱-۲- مقدمه..... ۱۰
- ۲-۲- تعریف ژئوسنتتیک..... ۱۱
- ۳-۲- کاربرد ژئوسنتتیک‌ها در جهان..... ۱۱
- ۴-۲- کاربرد ژئوسنتتیک‌ها در ایران..... ۱۳
- ۵-۲- خصوصیات پلیمرهای بکار رفته در ژئوسنتتیک‌ها..... ۱۴
- ۲-۵-۱- آشنایی با مواد پلیمری..... ۱۴
- ۲-۵-۲- پلیمرهای بکار رفته در ژئوسنتتیک‌ها..... ۱۵
- ۶-۲- انواع ژئوسنتتیک‌های متداول..... ۱۷
- ۲-۶-۱- ژئوتکستایل‌ها..... ۱۸
- ۲-۶-۱-۱- ژئوتکستایل‌های منسوج..... ۲۰
- ۲-۶-۱-۲- ژئوتکستایل‌های غیرمنسوج..... ۲۲
- ۲-۶-۱-۳- کاربردهای ژئوتکستایل..... ۲۴
- ۲-۶-۲- ژئوگریدها..... ۲۶
- ۲-۶-۲-۱- کاربرد ژئوگریدها..... ۲۷

۲۸..... ۲-۶-۳- ژئوکامپوزیت‌ها.

فصل سوم: مکانیسم ایجاد ترک‌های انعکاسی و مرور تحقیقات انجام شده

- ۳-۱- مقدمه..... ۳۰
- ۳-۲- عوامل مهم ایجاد ترک‌های انعکاسی..... ۳۱
- ۳-۲-۱- عوامل جوی و تنش‌های حرارتی..... ۳۱
- ۳-۲-۲- بارهای ترافیکی..... ۳۱
- ۳-۲-۳- نشست لایه‌های زیرین..... ۳۲
- ۳-۳- خستگی..... ۳۲
- ۳-۴- مسیر رشد ترک..... ۳۵
- ۳-۵- مکانیزم ایجاد ترک‌های انعکاسی..... ۳۷
- ۳-۶- مرور تحقیقات انجام شده در خصوص استفاده از ژئوسنتتیک‌ها در آسفالت..... ۳۸
- ۳-۶-۱- نتیجه‌گیری از مرور منابع..... ۴۸

فصل چهارم: راهکارهای کاربرد ژئوسنتتیک‌ها به همراه روکش آسفالتی گرم جهت کاهش ترک‌های انعکاسی

- ۴-۱- مقدمه..... ۵۱
- ۴-۲- روش‌های کاهش ترک‌های انعکاسی..... ۵۱
- ۴-۲-۱- تقویت و تسلیح روکش..... ۵۱
- ۴-۲-۲- لایه‌های میانی مستهلک‌کننده تنش..... ۵۲
- ۴-۲-۳- تقویت روسازی ترک خورده قبل از روکش کردن..... ۵۳
- ۴-۳- افزایش ضخامت لایه روکش مخلوط آسفالت گرم..... ۵۳
- ۴-۴- اقدامات ویژه در طراحی روکش مخلوط آسفالت گرم..... ۵۴
- ۴-۵- شرایط استفاده از ژئوسنتتیک‌ها در روسازی آسفالتی..... ۵۵
- ۴-۵-۱- کاربرد ژئوتکستایل‌ها در روسازی‌ها..... ۵۷
- ۴-۵-۲- فواید استفاده از ژئوسنتتیک‌ها در روسازی‌های آسفالتی..... ۵۹
- ۴-۵-۳- معایب استفاده از ژئوسنتتیک‌ها در روسازی‌های آسفالتی..... ۵۹
- ۴-۶- تعیین زمان و شرایط بکارگیری ژئوسنتتیک‌ها..... ۶۰
- ۴-۷- مکانیسم تسلیح و تقویت روسازی با استفاده از مواد ژئوتکستایل و ژئوگرید..... ۶۱

- ۴-۸- پارامترهای طراحی روسازی های تقویت شده با مواد ژئوسنتتیک ۶۱
- ۴-۹- فرآیند طراحی ۶۲
- ۴-۱۰- تسلیح روسازیهای انعطاف پذیر به لحاظ کاربردی ۶۳
- ۴-۱۱- ضخامت روکش ۶۵
- ۴-۱۲- روسازی های بتن آسفالتی گرم ۶۵
- ۴-۱۳- نصب مواد ژئوتکستایل در روسازی آسفالتی ۶۵
- ۴-۱۴- نقش اندود سطحی در روکش های حاوی مواد ژئوسنتتیک ۶۷
- ۴-۱۴-۱- اندود سطحی (تک کت) ۶۷

فصل پنجم: بررسی میدانی و مغزه گیری صحرائی

- ۵-۱- مقدمه ۷۳
- ۵-۲- بازدید از اتوبان تهران - قم ۷۳
- ۵-۳- ارزیابی آزاد راه تهران - قم ۷۸
- ۵-۴- عملیات نصب مواد ژئوتکستایل و اجرای روکش آسفالتی در اتوبان تهران - ساوه ۸۱
- ۵-۵- نتایج ارزیابی و تحلیل نمونه های مغزه گیری در آزاد راه تهران - قم ۸۵
- ۵-۵-۱- مقدمه ۸۵
- ۵-۵-۲- جزئیات بهسازی ۸۶
- ۵-۵-۳- وضعیت روسازی براساس وضعیت مغزه ها ۸۷
- ۵-۵-۳-۱- محل ترک با لایه زیرین در حال اضمحلال حاوی ژئوتکستایل ۸۷
- ۵-۵-۳-۲- محل سالم حاوی ژئوتکستایل ۸۹
- ۵-۵-۳-۳- محل ترک خورده درزگیری شده حاوی ژئوتکستایل ۸۹
- ۵-۵-۳-۴- محل سالم در شانه آسفالتی - بدون ژئوتکستایل ۹۰
- ۵-۵-۳-۵- محل شانه آسفالتی ترک خورده - فاقد ژئوتکستایل ۹۱
- ۵-۵-۳-۶- محل با ترک پوست سوسماری - فاقد ژئوتکستایل ۹۲
- ۵-۵-۳-۷- محل بدون خرابی باند کندرو - حاوی ژئوتکستایل ۹۲
- ۵-۵-۳-۸- محل بدون خرابی باند کندرو - حاوی ژئوتکستایل ۹۳
- ۵-۵-۳-۹- محل با ترک کم عرض - حاوی ژئوتکستایل ۹۳
- ۵-۵-۳-۱۰- محل دارای ترک عرضی درزگیری شده - حاوی ژئوتکستایل ۹۴
- ۵-۵-۳-۱۱- محل فاقد خرابی - حاوی ژئوتکستایل ۹۵

۹۵.....	۵-۳-۱۲- محل با ترك عرضی درزگیری شده- حاوی ژئوتکستایل
۹۶.....	۵-۳-۱۳- محل فاقد خرابی- حاوی ژئوتکستایل
۹۷.....	۵-۳-۱۴- محل دارای ترك عرضی درزگیری شده- حاوی ژئوتکستایل
۹۸.....	۵-۳-۱۵- محل دارای ترك طولی- حاوی ژئوتکستایل
۹۸.....	۵-۳-۱۶- محل فاقد خرابی- حاوی ژئوتکستایل
۹۹.....	۵-۳-۱۷- محل دارای ترك طولی- حاوی ژئوتکستایل
۱۰۰.....	۵-۳-۱۸- محل فاقد خرابی- حاوی ژئوتکستایل
۱۰۱.....	۵-۳-۱۹- محل دارای ترك طولی درزگیری شده- فاقد ژئوتکستایل
۱۰۱.....	۵-۳-۲۰- محل دارای ترك عرضی با بازشدگی کم- حاوی ژئوتکستایل
۱۰۲.....	۵-۳-۲۱- محل دارای ترك عرضی شدید- حاوی ژئوتکستایل
۱۰۳.....	۵-۴- جمع بندی

فصل ششم: آزمایشات و تحلیل

۱۰۸.....	۶-۱- مقدمه
۱۰۸.....	۶-۲- نمونه های آزمایشگاهی
۱۰۹.....	۶-۲-۱- مشخصات و دانه بندی مصالح سنگی
۱۰۹.....	۶-۲-۲- طرح اختلاط
۱۱۱.....	۶-۲-۳- قیر مصرفی
۱۱۳.....	۶-۲-۴- مسلح کننده ها
۱۱۳.....	۶-۲-۴-۱- ژئوتکستایل نوع PGM-14
۱۱۵.....	۶-۲-۴-۲- ژئوکامپوزیت PGM - G 200/200
۱۱۷.....	۶-۳- آزمون مقاومت برشی بین لایه ای
۱۲۴.....	۶-۳-۱- جمع بندی نتایج حاصل از آزمون تعیین مقاومت برشی
۱۲۴.....	۶-۴- آزمایش کشش غیرمستقیم
۱۲۵.....	۶-۴-۱- مشخصات نمونه ها
۱۲۵.....	۶-۴-۲- دستگاه آزمایش
۱۲۵.....	۶-۴-۳- شرایط بار گذاری
۱۲۶.....	۶-۴-۴- محاسبات
۱۲۶.....	۶-۴-۵- انجام آزمایش

فصل هفتم: نتیجه گیری و پیشنهادات

- ۱-۸- نتیجه گیری ۱۳۰
- ۱-۱-۸- توصیه‌های اجرایی ۱۳۱
- ۲-۸- پیشنهادات ۱۳۱

اشکال

صفحه	عنوان
۵.....	شکل ۱-۱- تنش های ناشی از بار چرخ در سیستم روسازی
۶.....	شکل ۱-۲- مقطع عرضی سیستم روسازی انعطاف پذیر
۱۱.....	شکل ۲-۱- استفاده از منسوجات ژئوسنتتیک در ساخت جاده (۱۹۳۰ کارولینای جنوبی)
۱۳.....	شکل ۲-۲- رشد میزان استفاده از ژئوسنتتیک ها در آمریکای شمالی ۱۹۹۶-۱۹۷۰
۱۹.....	شکل ۲-۳- اشکال مختلف ژئوتکستایل ها
۲۰.....	شکل ۲-۴- انواع رشته های پلیمری بکار رفته در ژئوتکستایل
۲۱.....	شکل ۲-۵- انواع ژئوتکستایل های منسوج (Woven Geotextiles)
۲۲.....	شکل ۲-۶- نمونه ای از ژئوتکستایل های غیر منسوج (NonWoven Geotextiles)
۲۴.....	شکل ۲-۷- استفاده از ژئوتکستایل بعنوان جداسازی لایه ها
۲۵.....	شکل ۲-۸- تسلیح لایه های زیر سازی راه
۲۵.....	شکل ۲-۹- تسلیح لایه های روسازی سازی راه
۲۶.....	شکل ۲-۱۰- زه کشی سیستم راه با استفاده از ژئوتکستایل
۲۶.....	شکل ۲-۱۱- نمونه ای از ژئوگریدها
۲۸.....	شکل ۲-۱۲- نمونه ای از ژئوکامپوزیت ها
۳۳.....	شکل ۳-۱- اشکال مختلف گسیختگی و رشد ترک
۳۴.....	شکل ۳-۲- تنش های عامل رشد ترک حاصل از عبور بار ترافیک
۳۵.....	شکل ۳-۳- تنش های عامل رشد ترک ناشی از گرایان حرارتی در عمق روسازی
۳۶.....	شکل ۳-۴- مسیرهای رشد ترک به بدنه روکش
۳۹.....	شکل ۳-۵- اثر ژئوگریدها در عمر خستگی آسفالت
۴۲.....	شکل ۳-۶- شکا شماتیک آزمایش saraf
۴۲.....	شکل ۳-۷- عمر خستگی نمونه های مختلف در آزمایش saraf
۴۳.....	شکل ۳-۸- تنش برشی در پائین لایه آسفالت در آزمایش
۴۳.....	شکل ۳-۹- تعداد تکرار برای آغاز ترک در نمونه مسلح شده و مسلح نشده
۴۴.....	شکل ۳-۱۰- متوسط تغییر شکل سطحی در مقابل تعداد تکرار بار
۴۵.....	شکل ۳-۱۱- شکل شماتیک آزمایش خمش سه نقطه ای
۴۵.....	شکل ۳-۱۲- شکل شماتیک آزمایش رشد ترک
۴۶.....	شکل ۳-۱۳- شکل شماتیک آزمایش

- شکل ۳-۱۴- نتایج آزمایش خستگی تیر خمشی (مسلح شده با Glass - sheet) ۴۸
- شکل ۳-۱۵- نتایج آزمایش خستگی تیر خمشی (مسلح نشده) ۴۸
- شکل ۴-۱- تنش در روسازی آسفالتی تحت اثر بار چرخ ۵۲
- شکل ۴-۲- سیستم روسازی حاوی ژئوسنتتیک و تنش های وارده ۵۶
- شکل ۴-۳- کاهش ترک های انعکاسی هنگام استفاده از روکش فابریک ۵۶
- شکل ۴-۴- ساختمان روسازی حاوی لایه ی ژئوتکستایل در زیر روکش آسفالتی ۵۸
- شکل ۴-۵- مکانیسم تسلیح و تقویت روسازی ۵۹
- شکل ۴-۶- مراحل نصب مواد ژئوتکستایل ۶۶
- شکل ۴-۷- تنش وارده به لایه های روسازی ۷۰
- شکل ۴-۸- نمایی از عدم اتصال کافی بین لایه های آسفالتی و لغزیدن لایه رویه ۷۰
- شکل ۴-۹- علت خرابی بدست آمده از ۶۵ پروژه در آمریکا طی سال های ۱۹۹۷-۱۹۸۲ ۷۱
- شکل ۵-۱- فرم برداشت چشمی خرابی ها ۷۹
- شکل ۵-۲- قیر پاشی بیش از حد نیاز ۸۲
- شکل ۵-۳- نمایی از سربندهای طولی و عرضی ۸۲
- شکل ۵-۴- نمایی از ماشین مخصوص نصب ژئوتکستایل ۸۳
- شکل ۵-۵- نمایی از شروع مراحل نصب ۸۳
- شکل ۵-۶- نمایی از چسبیدن ژئوتکستایل به لاستیک کامیون و جدا شدن آن ۸۴
- شکل ۵-۷- نمایی از چین و چروک ایجاد شده در مراحل نصب ۸۴
- شکل ۵-۸- نمایی از اثرات سوء استفاده از فینیشر چرخ لاستیکی برای پخش آسفالت ۸۴
- شکل ۵-۹- موقعیت و پلان مسیر محدوده مورد ارزیابی ۸۶
- شکل ۵-۱۰- نمونه شماره ۱ مغزه گیری در محل ترک با لایه زیرین در حال اضمحلال - حاوی ۸۷
- شکل ۵-۱۱- وضعیت محل نمونه گیری مغزه شماره ۲ در محل ترک با لایه زیرین در حال اضمحلال ۸۸
- شکل ۵-۱۲- الف) پارگی در راستای ترک لایه ژئوتکستایل ب) نفوذ آب های سطحی و حضور آب در زیر لایه ژئوتکستایل ۸۸
- شکل ۵-۱۳- پ و ت) انتشار ترک و عدم پیوند در داخل لایه و نمونه در محل ترک با لایه زیرین در حال اضمحلال ۸۸
- شکل ۵-۱۴- نمونه شماره ۳ مغزه گیری از محل سالم حاوی ژئوتکستایل ۸۹
- شکل ۵-۱۵- نحوه نمونه گیری از محل ترک خورده درز گیری شده - حاوی ژئوتکستایل ۹۰
- شکل ۵-۱۶- نمونه شماره ۴ مغزه گیری از محل ترک خورده درز گیری شده - حاوی ژئوتکستایل ۹۰

- شکل ۵-۱۷- نمونه شماره ۵ مغزه گیری از محل سالم در شانه آسفالتی-بدون ژئوتکستایل ۹۱
- شکل ۵-۱۸- نمونه شماره ۶ مغزه گیری محل شانه آسفالتی ترک خورده- فاقد ژئوتکستایل ۹۱
- شکل ۵-۱۹- الف و ب: نمونه شماره ۷ مغزه گیری از محل با ترک پوست سوسماری- فاقد ژئوتکستایل
و نحوه نمونه گیری ۹۲
- شکل ۵-۲۰- نمونه شماره ۸ مغزه گیری محل بدون خرابی باند کندرو- حاوی ژئوتکستایل ۹۲
- شکل ۵-۲۱- نمونه شماره ۹ مغزه گیری از محل بدون خرابی باند کندرو- حاوی ژئوتکستایل ۹۳
- شکل ۵-۲۲- الف و ب: نمونه شماره ۱۰ مغزه گیری از محل ترک کم عرض حاوی ژئوتکستایل و نحوه
نمونه گیری ۹۴
- شکل ۵-۲۳- نمونه شماره ۱۱ مغزه گیری از محل دارای ترک عرضی درزگیری شده - حاوی
ژئوتکستایل ۹۵
- شکل ۵-۲۴- نمونه شماره ۱۲ مغزه گیری از محل فاقد خرابی- حاوی ژئوتکستایل ۹۶
- شکل ۵-۲۵- نمونه شماره ۱۳ مغزه گیری از محل ترک عرضی درزگیری شده- حاوی ژئوتکستایل... ۹۶
- شکل ۵-۲۶- نمونه شماره ۱۴ مغزه گیری از محل فاقد خرابی- حاوی ژئوتکستایل ۹۷
- شکل ۵-۲۷- نمونه شماره ۱۵ مغزه گیری از محل ترک عرضی درزگیری شده- حاوی ژئوتکستایل... ۹۷
- شکل ۵-۲۸- نمونه شماره ۱۶ مغزه گیری از محل ترک طولی- حاوی ژئوتکستایل و پارگی لایه
ژئوتکستایل ۹۸
- شکل ۵-۲۹- نمونه شماره ۱۷ مغزه گیری از محل فاقد خرابی- حاوی ژئوتکستایل ۹۹
- شکل ۵-۳۰- نمونه شماره ۱۸ ۱۰۰
- شکل ۵-۳۱- نمونه شماره ۱۹ مغزه گیری از محل فاقد خرابی حاوی ژئوتکستایل ۱۰۰
- شکل ۵-۳۲- نمونه شماره ۲۰ مغزه گیری از محل دارای ترک طولی درزگیری شده - فاقد ژئوتکستایل
..... ۱۰۱
- شکل ۵-۳۳- نمونه شماره ۲۱ مغزه گیری از محل ترک عرضی با بازشدگی کم- حاوی ژئوتکستایل ۱۰۱
- شکل ۵-۳۴- نمونه شماره ۲۴ ۱۰۲
- شکل ۶-۱- منحنی دانه بندی لایه آستر(ببندر)..... ۱۰۹
- شکل ۶-۲- منحنی دانه بندی لایه رویه(توپکا)..... ۱۱۰
- شکل ۶-۳- موقعیت ژئوسنتتیک نصب شده در آزادراه های تهران - قم و تهران - ساوه ۱۱۳
- شکل ۶-۴- نمونه ژئوتکستایل PGM 14 شرکت پلی فلت ۱۱۴
- شکل ۶-۵- نمونه ای از ماده ژئوکامپوزیت نوع PGM G 200/200 ۱۱۶
- شکل ۶-۶- عملکرد قشرهای روسازی آسفالتی در اثر بار محوری چرخ ها..... ۱۱۷

- شکل ۶-۷- نمونه‌ای از نمودار خروجی دستگاه آزمایش.....۱۱۸
- شکل ۶-۸- نحوه بارگذاری در آزمایش مقاومت برشی۱۱۸
- شکل ۶-۹- مشخصات نمونه و شرایط بارگذاری در آزمایش کشش غیرمستقیم..... ۱۲۶
- شکل ۶-۱۰- نمونه دو تکه شده بعد از آزمایش.....۱۲۷
- شکل ۶-۱۱- نمونه مسلح بعد از انجام آزمایش.....۱۲۷

نمودارها

صفحه	عنوان
۱۲۰.....	نمودار ۷-۱- حداکثر بار وارده به نمونه‌ها.....
۱۲۰.....	نمودار ۷-۲- حداکثر تنش وارده به نمونه‌ها.....
۱۲۳.....	نمودار ۷-۳- مساحت زیر منحنی نمونه‌ها.....

جداول

صفحه	عنوان
۱۸.....	جدول ۱-۲- کاربردهای اصلی ژئوسنتتیک‌ها در فعالیت‌های عمرانی
۲۳.....	جدول ۲-۲- حداقل شرایط مورد نیاز ژئوتکستایل برای استفاده در رویه آسفالتی
۲۳.....	جدول ۲-۳- شرایط مورد نیاز ژئوتکستایل برای استفاده در جاده
۲۳.....	جدول ۲-۴- حداقل شرایط مورد نیاز ژئوتکستایل برای استفاده در رویه آسفالتی
۲۸.....	جدول ۲-۵- حداقل خواص مورد نیاز برای ژئوگریدها جهت استفاده در رویه‌های آسفالتی
۴۶.....	جدول ۳-۱- نتایج آزمایش خستگی
۷۴.....	جدول ۵-۱- مشخصات روسازی در باند غربی
۷۶.....	جدول ۵-۲- مشخصات روسازی در باند شرقی
۸۰.....	جدول ۵-۳- گزارش وضعیت قطعات ارزیابی شده حاوی ماده ژئوتکستایل
۸۱.....	جدول ۵-۴- گزارش وضعیت واحدها
۱۰۵.....	جدول ۵-۵- مشخصات نمونه‌های مغزه‌گیری شده در طول آزادراه تهران - قم مسیرهای رفت و برگشت
۱۱۰.....	جدول ۶-۱- دانه بندی منتخب طرح لایه آستر(بندر) و محدوده مشخصات
۱۱۱.....	جدول ۶-۲- دانه بندی منتخب طرح لایه رویه(توپکا) و محدوده مشخصات
۱۱۱.....	جدول ۶-۳- نتایج آزمایش وزن مخصوص و میزان جذب قیر مصالح لایه آستر
۱۱۲.....	جدول ۶-۴- نتایج آزمایش وزن مخصوص و میزان جذب قیر مصالح لایه رویه
۱۱۲.....	جدول ۶-۵- نتایج آزمایشات قیر مصرفی [انجام شده توسط آزمایشگاه فنی مکانیک خاک استان]...
۱۱۴.....	جدول ۶-۶- مشخصات فنی ژئوتکستایل PGM 14 بر اساس اطلاعات ارائه شده از سوی شرکت سازنده
۱۱۵.....	جدول ۶-۷- مشخصات فنی ماده ژئوکامپوزیت نوع PGM - G 200/200 بر اساس اطلاعات شرکت سازنده
۱۱۶.....	جدول ۶-۸- نوع و مقادیر اندود سطحی مورد استفاده برای تهیه نمونه‌های ساخته شده آزمایشگاهی
۱۱۹.....	جدول ۶-۹- نتایج حاصل از آزمایش تعیین مقاومت برشی نمونه‌ها
۱۲۱.....	جدول ۶-۱۰- مقایسه نتایج حاصل از آزمون تعیین مقاومت برش
۱۲۲.....	جدول ۶-۱۱- مقاومت چسبندگی و مساحت زیر منحنی نمودارهای نیرو جابجایی
۱۲۴.....	جدول ۶-۱۲- مقایسه نتایج حاصل از مساحت زیر نمودار
۱۲۸.....	جدول ۶-۱۳- نتایج حاصل از آزمایش تعیین مقاومت کششی نمونه‌های حاوی ژئوتکستایل

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

راه، نخستین و طبیعی‌ترین وسیله ارتباطی انسان‌ها است. بطوریکه حمل و نقل یکی از اساسی‌ترین نیاز جوامع بشری از بدو خلقت تا کنون محسوب می‌شود. امروزه راهها بعنوان یک شریان مهم در جابجایی سریع و ایمن مسافر و کالا در توسعه اقتصادی، اجتماعی و سیاسی یک کشور نقش مهمی را ایفا می‌کنند و از مهمترین زیر ساختهای آن کشور محسوب می‌گردند.

از آنجا که روسازی از مهمترین و بعضاً پرهزینه‌ترین بخش یک راه به حساب می‌آید بایستی در طراحی و ساخت، اجرا و همچنین نگهداری آن دقت کافی بعمل آید. زیرا هرگونه ضعف و کاستی در مراحل مختلف آن باعث خسارات جبران ناپذیر اقتصادی در آن کشور می‌شود. به همین دلیل در کشورهای پیشرفته از دیر باز به این مسئله دقت شده و مطالعات و تحقیقات وسیع و دامنه داری چه از نظر طراحی و چه از نظر نحوه ساخت و اجرا انجام گرفته است. کشورهای پیشرفته دائماً بدنبال روشهای جدید برای ساخت، نگهداری و تعمیرات راهها بوده و تلاشهایی در جهت استفاده از تکنولوژی‌های جدید برای ارتقاء روسازی‌های قدیم صورت گرفته است که این امر نشان دهنده اهمیت حفظ وضعیت راهها در حد مطلوب می‌باشد.

ایران کشوری در حال رشد و توسعه است که حمل و نقل و حجم ترافیک روز به روز افزایش می‌یابد. از آنجا که توسعه حمل و نقل و گسترش شبکه راهها از ارکان اصلی جوامع توسعه یافته محسوب می‌شود. بنا براین با بهره‌گیری از پتانسیل‌های موجود و استفاده از مواد، مصالح و تکنولوژی نوین ساخت، نگهداری و تعمیر، جاده‌ای ایمن و مناسب ایجاد و با داشتن برنامه منظم و مدیریت صحیح آن یک جامعه پیشرفته و مدرن بوجود خواهد آمد.

۱-۲- تعریف مسأله

راههای ساخته شده با گذشت زمان و با توجه به شرایط جوی و طبیعی، حجم ترافیک، بار محوری وارده و مشخصات فنی و اجرایی اولیه، به تدریج فرسوده شده و خرابی‌هایی در آن پدید می‌آیند. از عمده‌ترین خرابیهای روسازی انعطاف‌پذیر ترک خوردگی و شیار افتادگی است که در اثر اعمال بار ترافیکی و تغییرات دمایی رخ می‌دهند. بنابراین برای جلوگیری از خرابی زود رس جاده و صرف هزینه‌های بالای

احداث، ضرورت دارد با آغاز بهره‌برداری از هر راهی عملیات نگهداری نیز بصورت مستمر در تمام مدت طول عمر آن به انجام رسد تا ضمن افزایش عمر راه، از متلاشی شدن جسم راه جلوگیری شود.

یکی از اقتصادی‌ترین روش‌های بهسازی و افزایش عمر روسازی‌ها استفاده از روکش‌های آسفالتی است. اما مشکل این متد، ترک‌های موجود در روسازی قدیمی است که بعد از مدت زمان کمتر از عمر بهره‌برداری در لایه روکش ترک‌های انعکاسی در اثر انتقال تنش از روسازی قدیم به لایه روکش جدید، پدیدار می‌شوند. بطوریکه تأخیر و جلوگیری در ظهور ترک‌های انعکاسی روسازی قدیمی از مهمترین اهداف در طرح روکش جدید می‌باشد.

در سالهای اخیر، استفاده از مواد الیافی و پلیمری که اصطلاحاً ژئوسنتتیک^۱ نامیده می‌شوند گسترش یافته و در برخی پروژه‌های عمرانی در کشور از آنها استفاده شده است. اما چگونگی کارائی و عملکرد آنها در پروژه‌ها مورد بررسی جامع قرار نگرفته و نتایج مطلوب و حتی در بعضی موارد اثر چندانی حاصل نشده است. ژئوسنتتیک‌ها در قسمت‌های مختلف روسازی برای اهداف خاص مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این تحقیق ژئوتکتایل‌های اجرا شده در آزادراه تهران - قم و در حال ساخت تهران - ساوه در استان تهران مورد ارزیابی فنی قرار گرفته و علت و عوامل تأثیرگذار در عملکرد و عدم کارائی آنها مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است.

۱-۳-۱- اهداف

هدف از انجام این پژوهش، بررسی نحوه عملکرد استفاده از مواد ژئوسنتتیک مخصوصاً ژئوتکتایل در لایه‌های رویه آسفالتی برای به تأخیر انداختن گسترش ترک‌ها و افزایش طول عمر روسازی در جاده‌های موجود می‌باشد که بطور کلی شامل موارد زیر است:

- ۱- ارزیابی مقاومت کششی روکشهای آسفالتی حاوی انواع زمین پارچه‌ها
- ۲- ارزیابی چسبندگی دو لایه‌ی آسفالتی به هنگام استفاده از مواد ژئوتکتایل
- ۳- شناسایی ماده چسبنده مواد ژئوتکتایل به لایه‌های آسفالتی
- ۴- شناسایی نقاط ضعف و قوت بکارگیری این مواد در لایه‌های آسفالتی

۱-۴-۴- فرضیات

در این تحقیق، برای ارزیابی عملکرد روسازی مسلح شده با ژئوتکستایل هم نمونه‌های اخذ شده از آزادراه تهران قم و هم نمونه‌های ساخته شده در آزمایشگاه با فرضیات زیر مورد آزمایش قرار گرفته‌اند:

- ۱- مشخصات ژئوتکستایل‌های اجرا شده با مشخصات اعلام شده اولیه مطابقت داشته است.
- ۲- در خصوص نمونه‌های اخذ شده از آزادراه، مقدمات لازم در خصوص آماده‌سازی بستر (سطح رویه قدیمی) قبل از اجرا انجام شده است.
- ۳- به لحاظ محدودیت‌های آزمایشگاهی، آزمایش‌ها در دمای ثابت محیط (۲۳ درجه سانتی‌گراد) انجام گرفته و امکان انجام آزمایش در دیگر دماها میسر نبود.
- ۴- به لحاظ محدودیت‌های آزمایشگاهی، فقط از قیر خالص ۷۰-۶۰ و ۱۰۰-۸۵ با مقدار ثابت بعنوان اندود سطحی استفاده شد.
- ۵- تمام مصالح سنگدانه‌ای و قیر استفاده شده مطابق مشخصات و استاندارد اعلام شده است.

۱-۵- جنبه جدید بودن و نوآوری پژوهش

در سال‌های اخیر استفاده از ژئوسینتتیک‌ها (زمین‌پارچه‌ها) در فعالیت‌های عمرانی افزایش یافته است. نمونه‌هایی از این مواد در لایه‌های روسازی آسفالتی اجراء شده و برخی نیز در حال اجراء است. با توجه به تحقیقات انجام شده چگونگی عملکرد این مواد در افزایش مقاومت کششی مخلوط‌های آسفالتی در آزمایشگاه مورد ارزیابی قرار گرفته است. در این تحقیق چگونگی کارایی ژئوسینتتیک‌های اجراء شده بصورت میدانی و آزمایشگاهی و تأثیر قیر خالص بعنوان چسبنده انجام گرفته است.

۱-۶- سیستم روسازی‌های انعطاف‌پذیر

روسازی‌های انعطاف‌پذیر^۱ شامل مخلوط‌های آسفالت گرم (HMA)^۲ و آسفالت سرد (RMA)^۳، درصد بالایی از روسازی‌های موجود در جهان را تشکیل داده است. این نوع روسازی متشکل از لایه‌های مختلفی بوده که لایه‌ی فوقانی آن ترکیبی از دانه‌های سنگی با دانه‌بندی مشخص و قیر بعنوان ماده

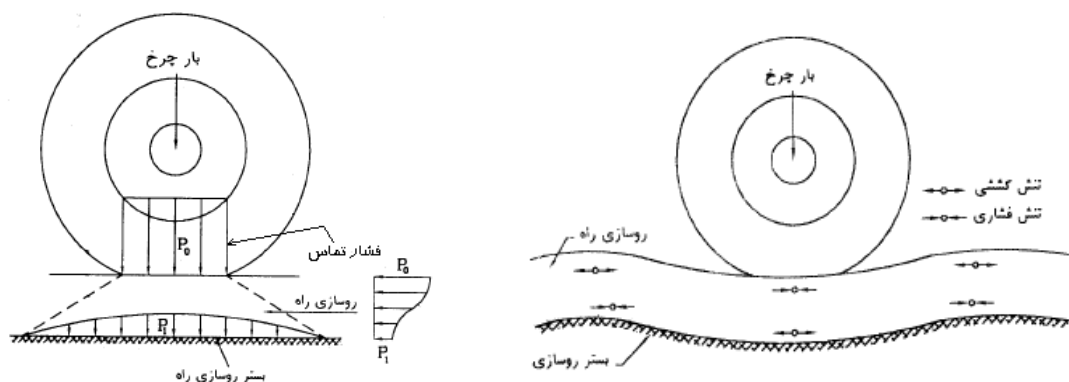
1 Flexible Pavement
2 Hot Mix Asphalt
3 Road Mix Asphalt

چسبنده است. در مخلوط آسفالت گرم برای اینکه قیر بتواند بطور یکنواخت و به ضخامت نسبتاً کمی دور دانه‌های مصالح سنگی را بپوشاند و در خلل و فرج آنها نفوذ کند قبل از اختلاط، مصالح سنگی و قیر گرم می‌شوند.

کارآیی سیستم روسازی‌ها تحت تأثیر عوامل زیادی از قبیل ترافیک (وزن و حجم)، شرایط محیطی (بارش باران، برف و تغییرات دمای هوا)، نوع مصالح و خاک منطقه قرار دارد. هدف از روسازی راه و تعیین ضخامت لایه‌ها و مشخصات لازم ایجاد یک سطح صاف، هموار با ایمنی کافی می‌باشد. بطور کلی دو وظیفه عمده را می‌توان متوجه لایه‌های روسازی دانست:

- ایجاد سطح صاف و هموار برای حرکت ایمن و راحت وسایل نقلیه
- کاهش تنش‌های فشاری و کششی حاصل از بار چرخ به منظور جلوگیری از شکست برشی و

نشست در لایه‌های زیرین (شکل ۱-۱)



ب) توزیع فشار بار چرخ بر لایه‌های روسازی

الف) تنش‌های فشاری و کششی در لایه

شکل ۱-۱ تنش‌های ناشی از بار چرخ در سیستم روسازی [۱]

سیستم روسازی جاده‌ایی در حالت کلی یک یا چند لایه‌ی به هم چسبیده (توسط قیر یا سیمان) بر روی یک یا چند لایه مصالح متراکم (بدون ماده چسبنده) قرار می‌گیرند. نوع این لایه‌ها و ضخامت آنها به گونه‌ای باید طراحی شود که اولاً تنش‌های ناشی از بار وسایل نقلیه را بدون تغییر شکل به بستر راه منتقل کنند و ثانیاً شدت این تنش‌ها را در حد مقاومت مجاز بستر کاهش دهند. (تنش وارده کمتر از تنش مجاز بستر باشد) شکل ۱-۲ یک نمونه از مقطع عرضی روسازی انعطاف‌پذیر و آسفالتی را نشان می‌دهد. [۱]