





دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد
عمران - راه و ترابری

**ارزیابی رفتار تغییر شکل برگشت ناپذیر بتن آسفالتی با استخوان
بندی سنگدانه ای با استفاده از روش المان های مجزا**

استاد راهنما
جناب آقای دکتر منصور فخری
استاد مشاور:
جناب آقای دکتر علی اصغر میرقاسمی

پژوهان متوسطی خیری
۸۶۰۲۴۵۴

زمستان ۱۳۸۸

تقدیم به مادر مهربانم

که همواره مشوق اصلی من بوده و سراسر زندگی ام را مرهون وجودش می باشم، به پاس صبر و بردباری اش

و تقدیم به یاد و خاطره مرحوم پدرم

که عشق به دانستن و تفکر را در وجودم شعله ور ساخت

تقدیر و تشکر

بدینوسیله لازم می دانم از زحمات و راهنمایی‌های استاد محترم جناب آقای دکتر منصور فخری که در تهیه و گردآوری این پژوهش به عنوان استاد راهنما از هیچگونه تلاش و یاری دریغ نکردند، تشکر و قدردانی نمایم. همچنین مراتب سپاسگزاری خود را از استاد گرانقدر جناب آقای دکتر علی اصغر میر قاسمی که قبول زحمت فرمودند و به عنوان مشاور، اینجانب را از رهنمون‌های ارزشمند خود بهره مند نمودند اعلام می‌دارم. بی‌شک تمامی توفیقات علمی اینجانب مرهون بهره‌گیری از محضر اساتید محترم در طول دوران تحصیلی می باشد.

لازم است از همکاری‌ها و نظرات ارزشمند دوستان عزیزم آقای مهندس بهروز فردوسی، آقای دکتر روزبه شفیعی پور، آقای مهندس سهیل کیانزاد، آقای مهندس زهیر غلام زاده و آقای مهندس وحید ترقی نیز در روند انجام این پایان نامه تشکر گردد. همچنین بر خود لازم می دانم از کمک‌ها و حمایت‌های خانواده عزیزم، علی‌الخصوص مادر ارجمندم و برادرانم آقایان مهندس پویان توسطی خیری و مهندس پیمان توسطی خیری که انجام این پژوهش جز با صبر و بردباری ایشان امکان پذیر نبود قدردانی نمایم.

حق طبع و نشر و مالکیت نتایج

- حق چاپ و تکثیر این پایان نامه متعلق به نویسنده آن می باشد. هرگونه کپی برداری بصورت کلی یا جزئی از آن تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده عمران دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می باشد.
- کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به گردآورنده و دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی می باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.

اظهارنامه دانشجو

موضوع پایان نامه: ارزیابی رفتار تغییر شکل برگشت ناپذیر بتن آسفالتی با استخوان بندی

سنگدانه ای با استفاده از روش المان های گسسته

استاد راهنما: جناب آقای دکتر منصور فخری

استاد مشاور: جناب آقای دکتر علی اصغر میرقاسمی

دانشجو: پژوهان توسطی خیری

شماره دانشجویی: ۸۶۰۲۴۵۴

اینجانب پژوهان توسطی خیری دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران گرایش راه و ترابری

دانشکده عمران دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در

این پایان نامه توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده مورد

تأیید می‌باشد و در موارد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. به

علاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا

امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان نامه

چارچوب (فرمت) دانشگاه را بطور کامل رعایت کرده‌ام.

امضاء

چکیده

یکی از معیارهای عملکردی اصلی روسازی‌های انعطاف پذیر، مقاومت آنها در برابر شیارشدگی یا تغییر شکل دائم است. بررسی پیشینه تحقیقات نشان می‌دهد که در سراسر دنیا سالانه هزینه‌های قابل توجهی برای ترمیم یا بازسازی خرابی‌های ناشی از بروز این پدیده صرف می‌گردد. در این خصوص راهکارهای متعددی مد نظر قرار گرفته است که از جمله آنها می‌توان به استفاده از مصالح با خصوصیات منطبق بر شرایط آب و هوایی -مانند استفاده از طبقه بندی PG قیرها-، استفاده از مخلوط‌های آسفالتی مقاوم در برابر شیار شدگی مانند مخلوط آسفالتی با استخوان بندی سنگدانه‌ای (SMA) و نیز افزایش سطح کنترل کیفیت اجرای راه‌ها اشاره نمود. از طرفی، در دهه اخیر با توسعه شیوه‌های مبتنی بر رویکرد مکانیستیک، محققین علم روسازی تمایل دارند که تمامی مشخصات عملکردی روسازی‌ها و مخلوط‌های آسفالتی را بر پایه قوانین ریاضی و علم فیزیک بیان نمایند و از رویکرد صرفاً تجربی رایج در گذشته فاصله گیرند. بر این اساس در دهه اخیر استفاده از مدلسازی‌های عددی در این شاخه از علم گسترش چشمگیری یافته است. از این میان می‌توان به استفاده از روش‌های المان محدود و نیز روش المان مجزا اشاره نمود. اگرچه تا کنون استفاده از روش المان‌های مجزا در مقایسه با روش المان محدود، در روسازی‌ها گستردگی کمتری داشته است، لیکن این روش به نسبت سایر رویکردهای عددی از مزایای ویژه‌ای برخوردار است. مهمترین برتری این روش قابلیت در نظر گرفتن تأثیر ریزساختار مصالح و نیز اثر لغزش میان‌دانه‌ای است که مهمترین مکانیزم در تغییر شکل مخلوط‌های آسفالتی شناخته می‌شود. بر این اساس، در پایان نامه حاضر، با بررسی مصالح بومی موجود در کشور ابتدا اقدام به طراحی سه مخلوط آسفالتی با استخوان بندی سنگدانه‌ای گردید. سپس عملکرد خزشی این مخلوط‌ها در مقایسه با یکدیگر و نیز با مخلوط آسفالتی توپکای رایج طراحی شده مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر اقدام به ثبت بافت داخلی نمونه‌ها شده و از این اطلاعات جهت تولید هندسه مدل اولیه در روش المان‌های مجزا استفاده گردید. مدل المان‌های مجزای مزبور در محیط نرم افزاری ویزوال فرتن ایجاد شده و به نحوی اصلاح گردید که توانایی در نظر گرفتن شکل ذرات را داشته باشد. نتایج بیانگر آن است که با درشت دانه تر شدن مخلوط‌های SMA مورد مطالعه در این تحقیق، مقاومت شیارشدگی آنها کاهش می‌یابد. نتایج مدلسازی انجام شده نیز مؤید این امر است. در نهایت نتیجه گیری شده است که مدل المان مجزای دوبعدی ایجاد شده در این پایان نامه قابلیت شبیه سازی آزمایش مزبور را داشته ولی پیش بینی بهتری از عملکرد مخلوط‌های SMA ارائه می‌دهد.

کلمات کلیدی: شیارشدگی، خزش دینامیکی، SMA، مدل المان‌های مجزا، پردازش تصویر.

فهرست مطالب

۱.....	فصل اول (مقدمه)
۱.....	۱-۱ کلیات
۳.....	۲-۱ اهمیت موضوع
۳.....	۳-۱ هدف تحقیق
۴.....	۴-۱ روش تحقیق
۵.....	۵-۱ فرضیه
۵.....	۶-۱ تقسیم بندی پایان نامه و تعریف فصول
۸.....	فصل دوم (بررسی پیشینه تحقیق)
۸.....	۱-۲ مقدمه
۹.....	۲-۲ پدیده شیارشدگی
۹.....	۱-۲-۲ تعاریف و عوامل مؤثر و مکانیزم بروز
۱۱.....	۲-۲-۲ مدلسازی و پیش بینی شیار شدگی
۱۳.....	۳-۲-۲ شیوه های تعیین پتانسیل شیار شدگی مخلوط های آسفالتی
۱۴.....	۱-۳-۲-۲ آزمایشات تمام مقیاس
۱۴.....	۲-۳-۲-۲ آزمایشات شبیه سازی با مقیاس متوسط
۱۵.....	۳-۳-۲-۲ آزمایشات بنیادین
۱۸.....	۳-۲ مدل های تغییر شکل مخلوط های آسفالتی

۱۸	..... رتولوژی مخلوط‌های آسفالتی (۱-۳-۲)
۱۹	..... مدل‌های مکانیکی (۲-۳-۲)
۲۲	..... تئوری ویسکو-الاستیسیته خطی و کاربرد آن در مخلوط‌های آسفالتی (۳-۳-۲)
۲۷	..... مخلوط‌های آسفالتی با استخوان بندی سنگدانه‌ای (۴-۲)
۲۷	..... تعاریف کلی و تاریخچه استفاده (۱-۴-۲)
۲۹	..... مشخصات فنی اولیه (۲-۴-۲)
۲۹	..... مصالح سنگی درشت دانه (۱-۲-۴-۲)
۳۰	..... مصالح سنگی ریز دانه (۲-۲-۴-۲)
۳۱	..... فیلر (۳-۲-۴-۲)
۳۲	..... الیاف و پلیمرها (۴-۲-۴-۲)
۳۳	..... دانه بندی‌های پیشنهادی (۵-۲-۴-۲)
۳۶	..... روش‌های تحلیل عددی و معرفی روش المان‌های مجزا (۵-۲)
۳۶	..... ویژگی‌ها و پیشینه کاربرد المان محدود در علم روسازی (۱-۵-۲)
۳۹	..... مکانیک محیط‌های ناپیوسته و تاریخچه روش المان‌های مجزا (۲-۵-۲)
۴۲	..... بنیان‌های روش المان‌های مجزا (۳-۵-۲)
۴۷	..... پیشینه تحقیقات صورت گرفته از کاربرد المان‌های مجزا در بتن آسفالتی (۴-۵-۲)
۵۱	..... خلاصه فصل (۶-۲)
۵۲	..... فصل سوم (مطالعات آزمایشگاهی)
۵۲	..... ۱-۳- مقدمه
۵۳	..... ۲-۳- آزمایش‌های قیر

- ۵۳ ۱-۲-۳- آزمایشهای رایج قیر
- ۵۵ ۲-۲-۳- آزمایشهای شارپ قیر و ماستیک
- ۵۵ ۱-۲-۲-۳- تهیه نمونه‌های ماستیک
- ۵۶ ۲-۲-۲-۳- آزمایش رتومتری برشی شارپ (DSR)
- ۵۷ ۳-۳- آزمایشهای مصالح سنگی
- ۵۹ ۴-۳- طرح اختلاط مخلوط‌های آسفالتی گرم معمولی
- ۵۹ ۱-۴-۳- مقدمه
- ۶۱ ۲-۴-۳- دانه بندی مخلوط آسفالتی
- ۶۲ ۳-۴-۳- وزن مخصوص مصالح سنگی
- ۶۳ ۴-۴-۳- تهیه و ساخت نمونه های مخلوط آسفالتی
- ۶۴ ۵-۴-۳- تعیین روانی و استحکام نمونه های متراکم مخلوط آسفالتی
- ۶۵ ۶-۴-۳- تعیین میزان قیر بهینه
- ۶۷ ۵-۳- طرح اختلاط مخلوط‌های آسفالتی با استخوان بندی سنگدانه‌ای
- ۶۷ ۱-۵-۳- کلیات طراحی
- ۶۷ ۲-۵-۳- انتخاب مصالح
- ۶۸ ۳-۵-۳- تعیین وزن مخصوص مصالح سنگی
- ۶۹ ۴-۵-۳- طراحی اسکلت دانه بندی مصالح سنگی
- ۷۱ ۵-۵-۳- تعیین درصد قیر آزمایشی و ساخت نمونه‌های اولیه
- ۷۳ ۶-۵-۳- تعیین پارامتر حجمی VCA و انتخاب دانه بندی بهینه
- ۷۶ ۷-۵-۳- تعیین درصد قیر بهینه و کنترل ریزش قیر
- ۸۱ ۶-۳- آزمایش خزش دینامیکی
- ۸۱ ۱-۶-۳- روند انجام آزمایش

۸۳	۳-۶-۲- نتایج آزمایشات خزش دینامیکی
۸۷	۳-۶-۳- بحث و بررسی نتایج آزمایشگاهی
۹۰	۳-۷- خلاصه فصل

فصل چهارم (پردازش تصویر) ۹۱

۹۱	۴-۱- مقدمه
۹۲	۴-۲- تهیه و آماده سازی مقاطع
۹۴	۴-۳- برداشت بافت داخلی مقاطع
۹۵	۴-۴- برداشت بافت داخلی مقاطع
۹۵	۴-۴-۱- اصول پردازش تصویر مورد استفاده
۹۷	۴-۴-۲- مرحله پیش پردازش تصویر
۹۹	۴-۴-۳- پردازش نهایی تصویر
۱۰۴	۴-۵- خلاصه فصل

فصل پنجم (مدلسازی با رویکرد المان های مجزا) ۱۰۶

۱۰۶	۵-۱- مقدمه
۱۰۶	۵-۲- بسته های نرم افزاری موجود و گزینه انتخابی
۱۰۸	۵-۳- تعریف هندسه مدل اولیه
۱۱۰	۵-۴- اصول محاسبات

۱۱۲	..... مدل‌های تماسی	(۵-۵)
۱۱۴	..... پایداری مدل	(۶-۵)
۱۱۶	..... شرایط مرزی و بارگذاری	(۷-۵)
۱۱۷	..... تخصیص مشخصات مصالح	(۷-۵)
۱۱۸	..... نتایج شبیه سازی	(۸-۵)
۱۲۴	..... تجمیع نتایج با رویکردی نوین	(۷-۵)
۱۲۶	..... خلاصه فصل	(۹-۵)
۱۲۷	..... فصل ششم (نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات)	
۱۲۷	..... نتایج	(۱-۶)
۱۲۸	..... پیشنهادات	(۲-۶)
۱۲۹	..... <u>پیوست الف (پردازش تصویر)</u>	
۱۳۷	..... <u>منابع و مراجع</u>	

فهرست جداول

فصل دوم)

- جدول ۲-۱: فهرستی از انواع الیاف و پلیمرهای مورد استفاده در SMA ۳۲
- جدول ۲-۲: دانه بندی‌های پیشنهادی توسط SMA TWG [۳] ۳۴
- جدول ۲-۳: حدود دانه بندی‌های پیشنهادی توسط NCHRP-۴۷۵ [۴] ۳۴
- جدول ۲-۴: خلاصه ای از مشخصات فنی مورد نیاز برای ساخت SMA ۳۵

فصل سوم)

- جدول ۳-۱: نتایج آزمایشات رایج قیر مصرفی ۵۴
- جدول ۳-۲: خلاصه‌ای از نتایج آزمایش DSR ۵۷
- جدول ۳-۳: نتایج آزمایش‌های مصالح سنگی ۵۷
- جدول ۳-۴: انواع دانه‌بندی‌های پیوسته مخلوط‌های آسفالت گرم (نشریه شماره ۱۰۱) [۶۴] ۶۱
- جدول ۳-۵: وزن مخصوص و درصد جذب آب مصالح سنگی برای مخلوط آسفالتی توپکا ۶۳
- جدول ۳-۶: پارامترهای حجمی و فیزیکی مخلوط آسفالتی بیندر یک اینچی به ازای درصدهای مختلف قیر ۶۵
- جدول ۳-۷: مشخصات فیزیکی و مقاومتی مخلوط‌های آسفالتی با روش استاندارد ASTM-D۱۵۵۹ ۶۶
- جدول ۳-۸: وزن مخصوص مصالح سنگی برای دانه بندی‌های مختلف مورد استفاده در SMA ۶۹
- جدول ۳-۹: نمونه محاسبات درصد وزنی مصالح مانده بر روی الکها، حداکثر اندازه اسمی مصالح ۱۲/۵ میلیمتر ۷۰
- جدول ۳-۱۰: محدوده دانه‌بندی‌های استفاده شده بر اساس درصد وزنی ۷۱
- جدول ۳-۱۱: حداقل میزان قیر برای مصالح سنگی با وزن مخصوصهای حقیقی مختلف [۴] ۷۲
- جدول ۳-۱۲: وزن مخصوص حقیقی کل مصالح سنگی برای دانه بندی‌های مختلف مورد استفاده ۷۲
- جدول ۳-۱۳: جزئیات محاسبات VCA ۷۵
- جدول ۳-۱۴: جزئیات محاسبه درصد قیر بهینه ۷۷
- جدول ۳-۱۵: نتایج آزمایش ریزش قیر ۸۰

جدول ۳-۱۶: کرنش تجمعی نهایی میانگین مخلوط‌های SMA و توپکا و پراکندگی از میانگین ۸۷

جدول ۳-۱۷: تعیین پارامترهای مدل رگرسیونی خزش ۸۹

فصل چهارم)

جدول ۴-۱: جزئیات ابعاد حقیقی و دیجیتال مقاطع و ابعاد تبدیل شده ۹۵

جدول ۴-۲: سر فصل جدول فایل نهایی اکسل ۱۰۳

فصل پنجم)

جدول ۵-۱: تعداد ذرات مورد استفاده در مدل‌سازی مقاطع مختلف ۱۰۹

جدول ۵-۲: مقایسه کرنش تجمعی نهایی مدل‌ها و نتایج آزمایشگاهی ۱۲۰

جدول ۵-۳: مقادیر درصد تمرکز مصالح درشت دانه در بافت مخلوط آسفالتی ۱۲۳

جدول ۵-۴: خلاصه محاسبات معادلسازی مقاطع ۱۲۵

فهرست اشکال

فصل دوم)

- شکل ۲-۱: شمایی از معیار های کنترل کننده خرابی های خستگی و شیار شدگی [۲]..... ۱۰
- شکل ۲-۲: نمونه ای میدانی از خرابی شیار شدگی جای چرخ [۱۴]..... ۱۱
- شکل ۲-۳: دستگاه شیارافتادگی جرجیا، هامبورگ، فرانسوی [۲]..... ۱۵
- شکل ۲-۴: مدل های مکانیکی معروف در مدلسازی رفتار بتن آسفالتی [۱]..... ۲
- شکل ۲-۵: اجزاء کرنش در مدل مکانیکی برگر [۱]..... ۲۱
- شکل ۲-۶: تفاوت رفتار الاستیک، ویسکوز و ویسکو-الاستیک ۲۴
- شکل ۲-۷: سه مرحله تغییر کل مخلوط های آسفالتی در خزش [۳۷]..... ۲۶
- شکل ۲-۸: تفاوت بافت داخلی SMA و آسفالت گرم معمولی * ۳۰
- شکل ۲-۹: رویکرد ریزساختاری در استفاده از المان محدود [۴۶]..... ۳۸
- شکل ۲-۱۰: سیکل انجام محاسبات در روش المان های مجزا [۵]..... ۴۴
- شکل ۲-۱۱: مدل تماس خطی [۲۴]..... ۴۴
- شکل ۲-۱۲: مدل تماسی برگر به منظور مدلسازی رفتار ویسکو-الاستیک [۲۴]..... ۴۵
- شکل ۲-۱۳: پردازش تصویر به منظور مدل سازی واقعی تر [۵۸]..... ۴۸
- شکل ۲-۱۴: مکانیزم شکست در حالت ضخامت نازک قیر و چسبندگی ضعیف در مطالعات عباس [۲۴]..... ۴۹
- شکل ۲-۱۵: بیان اشکال نامنظم با دایره های دوبعدی [۵۹]..... ۵۰
- شکل ۲-۱۶: نمایی از نحوه عملکرد عملگر Clump در نرم افزار سه بعدی PFC۳D [۵۹]..... ۵۰

فصل سوم)

- شکل ۳-۱: نمودار دما - کندروانی قیر..... ۵۴
- شکل ۳-۲: میکسر برشی تهیه ماستیک و نمونه هایی از ماستیک..... ۵۵
- شکل ۳-۳: نمایی از تجهیزات DSR مورد استفاده و سیستم اینترنتی کامپیوتری..... ۵۶

- شکل ۳-۴: نمودار دانه بندی مصالح سنگی شن ۲۵-۱۲ ۵۸
- شکل ۳-۵: نمودار دانه بندی مصالح سنگی شن ۱۲-۶ ۵۸
- شکل ۳-۶: نمودار دانه بندی مصالح سنگی ماسه ۶-۰ ۵۹
- شکل ۳-۷: نمودار دانه بندی مصالح فیلر ۵۹
- شکل ۳-۸: دانه بندی مخلوط آسفالتی توپکا در مقیاس توانی ۰/۴۵ و حدود مشخصات دانه بندی شماره ۳ ۶۲
- شکل ۳-۹: دستگاه تراکم و جک بارگذاری مارشال ۶۵
- شکل ۳-۱۰: تغییرات مشخصات وزنی - حجمی مخلوط آسفالتی رویه به ازای درصد قیر ۶۶
- شکل ۳-۱۱: دانه بندی های مورد استفاده برای ساخت SMA در مقیاس توانی ۰/۴۵ ۷۶
- شکل ۳-۱۲: پارامترهای حجمی طراحی دانه بندی های ۱۹ میلیمتر و ۱۲/۵ میلیمتر ۷۸
- شکل ۳-۱۳: پارامترهای حجمی طراحی دانه بندی ۹/۵ میلیمتر ۷۹
- شکل ۳-۱۴: نمایی از نمونه های SMA ساخته شده با دانه بندی های مختلف ۸۰
- شکل ۳-۱۵: نمایی از دستگاه ۱۴-UTM مورد استفاده در آزمایشات ۸۱
- شکل ۳-۱۶: نمایی از ۲۰ سیکل مستطیل شکل اعمالی اول در سطح تنش مورد استفاده ۸۳
- شکل ۳-۱۷: نمونه ای از فرم خروجی گزارش نتایج آزمایش خزش دینامیکی، مربوط به نمونه ۹/۵ میلیمتری ۸۴
- شکل ۳-۱۸: نمودار کرنش محوری تجمعی برای نمونه توپکا در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد ۸۵
- شکل ۳-۱۹: نمودار کرنش محوری تجمعی برای نمونه SMA با دانه بندی ۹/۵ mm در دمای ۳۰ درجه ۸۵
- شکل ۳-۲۰: نمودار کرنش محوری تجمعی برای نمونه SMA با دانه بندی ۱۲/۵ mm در دمای ۳۰ درجه ۸۶
- شکل ۳-۲۱: نمودار کرنش محوری تجمعی برای نمونه SMA با دانه بندی ۱۹ mm در دمای ۳۰ درجه ۸۶
- شکل ۳-۲۲: نتایج تجمیع شده خزش نمونه ها در مقیاس تمام لگاریتمی ۹۰

فصل چهارم)

- شکل ۴-۱: نمایی شماتیک از محدوده نوار ۵۰ میلیمتری میانی در برش نمونه ها ۹۲
- شکل ۴-۲: نمایی از دستگاه و نحوه برش نمونه های آسفالتی ۹۳

- شکل ۴-۳: نمایی از روند اسکن نمونه ها ۹۴
- شکل ۴-۴: نمایی از ساختار واقعی تصاویر دیجیتال؛ عکس سمت راست $400\times$ بار بزرگنمایی شده است. ۹۷
- شکل ۴-۵: تصاویر اولیه در میناهای خاکستری و سیاه و سفید پیش از اعمال فیلتر؛ $NMAS=9/5\text{ mm}$ ۹۹
- شکل ۴-۶: تشخیص محدوده مرز ذرات مربوط به دانه بندی ۱۹ میلیمتر ۱۰۱
- شکل ۴-۷: فاز سنگدانه ای پر شده برای مقطع R-۲ از دانه بندی ۱۹ میلیمتر ۱۰۲
- شکل ۴-۸: شماتیک الگوریتم مراحل پردازش تصویر مورد استفاده ۱۰۴

فصل پنجم)

- شکل ۵-۱: نیروهای وارده بر دو ذره در تماس ۱۱۰
- شکل ۵-۲: انواع تماس‌های تعریف شده در بین ذرات مدل ۱۱۳
- شکل ۵-۳: نتایج مدلسازی مقاطع نمونه SMA با دانه بندی ۱۹ میلیمتری ۱۱۷
- شکل ۵-۴: نتایج مدلسازی مقاطع نمونه SMA با دانه بندی ۱۲/۵ میلیمتری ۱۱۸
- شکل ۵-۵: نتایج مدلسازی مقاطع نمونه SMA با دانه بندی ۹/۵ میلیمتری ۱۱۹
- شکل ۵-۶: نتایج مدلسازی خزش دینامیک مربوط به مقاطع نمونه توپکا ۱۱۹
- شکل ۵-۷: شماتیکی از مفهوم مدل کردن شش مقطع بصورت یک مقطع پیوسته ۱۲۴

فصل اول

مقدمه

۱-۱) کلیات

نخستین گام در راستای ایجاد اصولی برای طراحی روسازی راه ها در دهه های ۵۰ و ۶۰ میلادی با شروع آزمایشات بزرگ آشتو برداشته شد. با بررسی پیشینه تحقیق می توان دریافت که پس از مطالعات مزبور، شیوه های آزمایشگاهی جدید پدیدار گشتند. در گام بعدی، در بازه دهه های ۶۰ تا ۹۰ میلادی روش مکانیستیک-تجربی توسعه پیدا نموده و در آخرین گام پیشرفت روند طراحی روسازی ها به نسخه سال ۲۰۰۲ آیین نامه طراحی روسازی ها به شیوه مکانیستیک-تجربی کالیبره شده منتهی گردید. اولین تلاش در راستای این راهنما، از سال ۱۹۹۶ میلادی توسط کمیته مشترک روسازی های JTFP^۱ در آشتو صورت پذیرفت. این گروه مسؤل توسعه و اجرایی سازی تکنولوژی های طراحی روسازی است. هدف نهایی این راهنما ایجاد روندی بود که تا حداکثر ممکن اصول مکانیستیک را در برگیرد. در این راستا، کوشیده می شود تا عملکرد روسازی ها را تا حد امکان بر اساس مدل های مبتنی بر اصول ریاضیات و علم مکانیک بیان نموده و سپس مدل های توسعه یافته را بر اساس عملکرد میدانی مشاهده شده تصحیح نمایند. لذا در این زمینه، پژوهش در خصوص انواع مدل های رفتاری مصالح، استفاده از تکنیک های عددی، و نیز روش های تعیین مشخصات عملکردی مصالح روسازی از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد. در حال حاضر تحقیقات متعددی در سطح کشورهای مختلف به منظور گسترش روش مکانیستیک تجربی کالیبره شده در حال انجام است. در روند این پیشرفت ها، خرابی های مختلف در آزمایشات عملکردی بلند مدت^۲ مورد بررسی قرار گرفته و برای انواع مختلف روسازی ها معیارهای

^۱ Joint Task Force on Pavements (JTFP)

^۲ Long Term Performance Tests (LTPT)

مرتبطی تعیین شده اند. در این میان، در حال حاضر برای روسازی های انعطاف پذیر سه معیار اصلی شامل: ترک های خستگی^۱، شیارشدگی جای چرخ^۲ و ترکهای حرارتی^۳ بر شمرده شده است. در خصوص کاربرد روش های عددی محاسباتی، می توان بطور عمده به استفاده از روش المان محدود متعارف و نیز اصلاح شده، روش المان های مجزا و روش المان های مرزی اشاره نمود. اگرچه در این خصوص عمده ترین حجم مطالعات صورت پذیرفته مربوط به کاربرد روش های المان محدود می باشد لیکن بر اساس مطالعات صورت پذیرفته می توان دریافت که علیرغم برخی از مزایا و برتری ها، روش های بر پایه المان محدود مشکلات و محدودیت های قابل توجهی نیز در تحلیل رفتار مخلوط های آسفالتی به همراه دارند که محققین را در سالهای اخیر بر آن داشته تا به سمت روش های مکانیک محیطه های ناپیوسته مانند المان های مجزا روی آورند.

از طرفی یکی از مهمترین انواع خرابی ها در روسازی های انعطاف پذیر، تغییرشکلهای دائم (ماندگار) می باشد که تحت عنوان شیارشدگی از آن یاد می شود. شیارشدگی با یک فرورفتگی که در مسیر عبور چرخ وسایل نقلیه شکل می گیرد، پدیدار می شود و علت آن می تواند یکی از عوامل کاهش پایداری در حجم مخلوط (تحکیم مخلوط بعلت چگالی ترافیک عبوری)، تغییر مکان دائمی مصالح در حجم ثابت (تغییر شکلهای پلاستیک بعلت تنش های برشی بوجود آمده در مخلوط آسفالتی)، ساییدگی و فرسایش رویه آسفالتی و یا ترکیبی از عوامل ذکر شده باشد. در این خصوص، توجه به بافت داخلی مخلوط های آسفالتی می تواند منجر به بروز شناخت بهتری از رفتار تغییر شکل لایه های آسفالتی گردد. در این راستا استفاده از روش های عددی همچون المان محدود و المان های مجزا می تواند سودمند واقع افتد. بر این اساس مشاهده شده است که تغییر در ساختار داخلی مخلوط های آسفالتی می تواند سبب بهبود و یا تضعیف مقاومت شیار شدگی روسازی ها گردد. در این راستا یکی از راهکارهای مورد استفاده جهت جلوگیری از پدیده شیار شدگی در راههای با آمد و شد بالا و بار های محوری سنگین و شرایط آب و هوایی گرم، استفاده از مخلوط های اصلاح شده و یا خاص است. مخلوط های آسفالتی با استخوان بندی سنگدانه ای^۴ یکی از معروف ترین انواع مخلوط های آسفالتی برای مقابله با این پدیده می باشند که از طریق مکانیزم تماس سنگدانه ای مقاومت لایه آسفالتی را در برابر تغییر شکل ماندگار بهبود می بخشد.

^۱ Fatigue Cracking

^۲ Rutting (Permanent Deformation)

^۳ Thermal Cracking

^۴ Stone Mastic/Matrix Asphalt (SMA)