دانشکده فنی

گروه مهندسی عمران

گرایش راه و ترابری

بررسی آزمایشگاهی خصوصیات مخلوط های آسفالتی مقاوم در برابر خرابی های رطوبتی

از:

غلام حسین حامدی

استاد راهنما:

دکتر مهیار عربانی

استاد مشاور:

دکتر ایرج برگ گل

بهمن ۸۹

« این پایان نامه را به پدر و مادر عزیز و گرانقدرم به پاسداشت محبت و فداکاریشان تقدیم می کنم»

تشکر وقدردانی

از دست و زبان که برآید کز عهده شکرش به درآید

ستایش خدایی را سزاست که مرا سزاوار انجام این تحقیق نمود و یاری کرد در جهت ارتقاء اندیشه جرعه ای ناچیز از دریای حقیقت موجود در ظرف وجود جای گیرد و گام ناچیزی در اعتلای دانش برداشته شود. اما "من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق".

پیشبرد این پایان نامه را مدیون الطاف عزیزانی هستم که شایسته و بایسته است از زحمات ایشان تشکر و قدردانی کنم. در ابتدا لازم می دانم از استاد گرانقدر، جناب آقای دکتر مهیار عربانی که نقش اصلی را در هدایت بنده در پیشبرد این پایان نامه داشته اند و با مساعدت ها و راهنمایی هایشان مرا یاری نموده اند، سپاسگذاری نمایم. همچنین شایسته است از استاد دلسوز، جناب آقای دکتر ایرج برگ گل، مشاور علمی این پایان نامه، که در طی این دوره نقش ویژه ای در ارتقای مفاهیم علمی و اخلاقی بنده داشته اند، تشکر کنم و با سپاس ویژه از اساتید محترم و گرانمایه، جناب آقای دکتر فریدون مقدس نژاد و جناب آقای دکتر میر احمد لشته نشایی که داوری این پایان نامه را برعهده گرفتند.

در انتها از تمام دوستانی که در انجام این تحقیق مرا همراهی و مساعدت نمودند ازجمله آقایان مهندس محمد میرعبدالعظیمی، مهندس علیرضا آذرهوش و مهندس سعید رضوی نیا قدردانی می نمایم و از خداوند متعال توفیق و سعادت ایشان را مسألت دارم.

فهرست مطالب:

- **چکیده فارسی** ط
- **چکیده انگلیسی** ظ
- **پیشگفتار** ۱
- **فصل اول: کلیات** 3

۱-۱- خرابی رطوبتی 4

۱-۲- دلایل خرابی رطوبتی 4

۱-۲-۱- تاثیر نوع سنگدانه ها 6

۱-۲-۲- نوع قیر 13

۱-۲-۳- طرح اختلاط و اجرا 15

۱-۲-۴- شرایط محیطی 16

۱-۲-۵- ترافیک 17

۱-۲-۶- خصوصیات مواد افزودنی ضد عریان شدگی 18

۱-۳- روش های کنترل خرابی رطوبتی 18

۱-۳-۱- پوشش دار کردن سنگدانه ها 18

۱-۳-۲- اجازه دادن به سنگدانه ها تا هوازده شوند 18

۱-۳-۳- تغییر در مصالح 18

۱-۳-۴- تغییر در طرح اختلاط و اجرا 18

۱-۳-۵- استفاده از افزودنی های ضد عریان شدگی 18

۱-۴- ضرورت پژوهش 26

۱-۵- هدف پژوهش 26

- **فصل دوم: خرابی ها و مکانیزم آنها در روسازی** 28

۲-۱- پروسه های شیمیایی و فیزیکی خرابی رطوبتی در مخلوط آسفالت گرم 29

۲-۱-۱- تعریف خرابی رطوبتی 29

۲-۱-۲- مکانیزم های خرابی رطوبتی 29

۲-۱-۳- محاسبه نیروی چسبندگی قیر – سنگدانه در حضور آب 32

۲-۱-۴- اصول اساسی در بررسی میکرومکانیزم خرابی رطوبتی با استفاده از روش انرژی آزاد سطحی 34

۲-۲- پدیده تغییر شکل ماندگار در روسازی های آسفالتی 35

۲-۲-۱- تعریف شیارشدگی و اهمیت بررسی آن 36

۲-۲-۲- مکانیزم های شیار شدگی 38

۲-۲-۳- انواع شیارشدگی 39

۲-۲-۴- پارامترهای موثر بر شیار شدگی 41

۲-۲-۴-۱- عوامل درونی 41

۲-۲-۴-۲- عوامل بیرونی 48

۲-۳- پدیده خستگی در روسازی های آسفالتی 51

۲-۳-۱- تعریف مسئله و اهمیت موضوع 52

۲-۳-۲- تعریف ترک های خستگی 52

۲-۳-۳- عوامل موثر بر عمر خستگی روسازی های آسفالتی 54

۲-۴- خرابیهای ناشی از ترک های حرارتی 60

۲-۴-۱- انواع ترکهای حرارتی 60

۲-۴-۱-۱- ترک های حرارتی در اثر درجه حرارت پایین 61

۲-۴-۱-۲- ترکهای خستگی حرارتی یا ترک های حرارتی در اثر چرخه درجه حرارت 61

۲-۴-۲- پارامترهای موثر بر ترکهای حرارتی 61

۲-۴-۲-۱- مشخصات مخلوط آسفالتی 61

۲-۴-۲-۲- مشخصات محیطی 62

۲-۴-۲-۳- مشخصات هندسی روسازی 62

- **فصل سوم: آزمایشات حساسیت رطوبتی در مخلوط های آسفالتی** 64

۳-۱- آزمایشات متداول حساسیت رطوبتی بر روی مخلوط های آسفالتی غیر متراکم 67

۳-۱-۱- Methylene blue test 67

۳-۱-۲- Film Stripping Test (California Test 302) 68

۳-۱-۳- Static Immersion Test (AASHTO T182) 68

۳-۱-۴- Dynamic Immersion Test 68

۳-۱-۵- Chemical Immersion Test 69

۳-۱-۶- Texas Boiling Test 69

۳-۱-۷- Rolling Bottle Test 69

۳-۱-۸- surface free energy method 69

۳-۲- آزمایشات متداول حساسیت رطوبتی بر روی مخلوط های آسفالتی متراکم 69

۳-۲-۱- Immersion–Compression Test 70

۳-۲-۲- Marshall immersion test 70

۳-۲-۳- Moisture Vapor Susceptibility 70

۳-۲-۴- Repeated Pore Water Pressure Stressing and Double-Punch Method 70

۳-۲-۵- Original Lottman Indirect Tension Test 71

۳-۲-۶- AASHTO T283 (Modified Lottman Indirect Tension) Test Procedure 71

۳-۲-۷- ASTM D4867 (Tunnicliff–Root Test Procedure) 71

۳-۲-۸- Texas Freeze–Thaw Pedestal Test 72

۳-۲-۹- Hamburg Wheel-Tracking Device 72

- **فصل چهارم: مروری بر مطالعات پیشین** 73

۴-۱- مطالعات مربوط به استفاده از افزودنی های ضد عریان شدگی برای تهیه مخلوط آسفالتی مقاوم در برابر خرابی رطوبتی 74

۴-۱-۱- مطالعات با استفاده از آزمایش HWTD 74

۴-۱-۱-۱- مطالعه صورت گرفته در راه و ترابری ایالت کولورادو در مورد مقایسه عملکرد آهک هیدراته و مواد ضد عریان شدگی مایع 75

۴-۱-۱-۲- مطالعه صورت گرفته در راه و ترابری تگزاس در مورد مقایسه عملکرد آهک هیدراته و مواد ضد عریان شدگی مایع 76

۴-۱-۱-۳- مطالعه صورت گرفته در راه و ترابری لویزیانا در مورد مخلوط های آسفالت عالی حاوی آهک هیدراته 78

۴-۱-۱- مطالعات با آزمایشات عملکردی مخلوط های آسفالتی 78

۴-۱-۲-۱- مطالعه صورت گرفته در دانشگاه تگزاس در مورد تاثیر مواد افزودنی ضد عریان شدگی در مقاومت در برابر خرابی رطوبتی 79

۴-۱-۲-۲- مطالعه صورت گرفته در دانشگاه نوادا در مورد تاثیر مواد افزودنی ضد عریان شدگی در مقاومت در برابر خرابی رطوبتی 82

۴-۱-۲-۳- مطالعه صورت گرفته در دانشگاه ایالت نوادا در مورد تاثیر مواد افزودنی ضد عریان شدگی در مقاومت در برابر خرابی رطوبتی 83

۴-۱-۲-۴- مطالعه صورت گرفته در موسسه تحقیقاتی وسترن در مورد بررسی بوسیله میکروسکوپ الکترونی تاثیر مواد افزودنی ضد عریان شدگی در مقاومت در برابر خرابی رطوبتی 83

۴-۱-۲-۵- بررسی تاثیر استفاده از SBR latex و مقایسه با SBR 84

۴-۱-۲-۶- بررسی تاثیر استفاده از Zycosoil در کاهش خرابی رطوبتی 84

۴-۱-۲-۷- بررسی تاثیر استفاده از Zycosoil در حساسیت عریان شدگی مخلوط های آسفالتی گرم 85

۴-۲- مطالعات مربوط به استفاده از روش انرژی آزاد سطحی برای بررسی حساسیت رطوبتی مخلوط های آسفالت گرم 85

۴-۲-۱- انرژی آزاد سطحی سیستم قیر-سنگدانه و بررسی عملکرد بتن آسفالتی براساس انرژی آزاد سطحی 85

۴-۲-۲- بررسی خرابی رطوبتی در مخلوط های بتن آسفالتی 86

۴-۲-۳- چسبندگی در سیستم قیر – سنگدانه و کمی کردن تاثیر آب بر روی مقاومت چسبندگی 86

۴-۲-۴- کاربرد اندازه گیری های انرژی سطحی به منظور بررسی حساسیت رطوبتی قیر و سنگدانه 87

۴-۲-۵- توسعه روش هایی برای کمی سازی چسبندگی قیر – سنگدانه و از دست دادن چسبندگی ناشی از رطوبت 87

۴-۲-۶- تاثیر خصوصیات مواد بر روی خرابی رطوبتی 88

۴-۲-۷- تاثیر رطوبت بر روی مقاومت چسبندگی سیستم های قیر – سنگدانه 88

۴-۲-۸- تاثیر رطوبت بر روی مقاومت چسبندگی سیستم های قیر – سنگدانه 88

۴-۲-۹- تاثیر مواد ضد عریان شدگی بر روی خصوصیات انرژی آزاد سطحی سنگدانه ها و قیر در مخلوط آسفالت گرم 89

- **فصل پنجم: مصالح و برنامه آزمایشگاهی** 91

۵-۱- مصالح 92

۵-۱-۱- قیر 92

۵-۱-۱-۱- آزمایشات قیر 92

۵-۱-۱-۲- نتایج آزمایشات قیر 95

۵-۱-۲- سنگدانه 95

۵-۱-۲-۱- آزمایش های انجام شده بر روی مصالح سنگی 96

۵-۱-۲-۲- نتایج آزمایشات صورت گرفته بر روی مصالح مصرفی 99

۵-۱-۳- زایکوسویل 100

۵-۱-۳-۱- نحوه عملکرد 100

۵-۱-۳-۲- ویژگی های زایکوسویل 101

۵-۱-۳-۳- نحوه استفاده از زایکوسویل 102

۵-۱-۴- وتفیکس 102

۵-۱-۴-۱- خصوصیات 102

۵-۲- آزمایش های مخلوط آسفالت گرم 103

۵-۲-۱- طرح اختلاط مخلوط های آسفالت گرم 104

۵-۲-۲- آزمایش حساسیت در برابر خرابی رطوبتی به روش AASHTO T283 105

۵-۲-۳- آزمایشات اندازه گیری اجزا انرژی آزاد سطحی سنگدانه ها و قیر 107

۵-۲-۴- آزمایش مدول دینامیکی 108

۵-۲-۵- سایر آزمایشات مکانیکی مخلوط های آسفالت گرم 110

۵-۲-۵-۱- آزمایش خزش دینامیکی 111

۵-۲-۵-۲- آزمایش مدول برجهندگی 115

۵-۲-۵-۳- آزمایش خستگی 116

فصل ششم:نتیجه و بحث 119

۶-۱- تحلیل نتایج آزمایشات مارشال بر روی نمونه های آسفالتی ساده 120

۶-۲- نتایج آزمایش حساسیت رطوبتی به روش AASHTO T283 در سیکل های گوناگون یخ – ذوب 123

۶-۲-۱- بررسی تاثیر استفاده از AP در افزایش مقاومت مخلوط های آسفالت 123

گرم در برابر خرابی رطوبتی
۶-۲-۲- بررسی تاثیر استفاده از Zycosoil در افزایش مقاومت مخلوط های آسفالت گرم در برابر خرابی رطوبتی 127
۶-۳- نتایج بررسی میکرومکانیزم خرابی رطوبتی 130
۶-۳-۱- نتایج بررسی میکرومکانیزم خرابی رطوبتی به روش انرژی آزاد سطحی 130
۶-۳-۱-۱- نتایج بررسی تاثیر استفاده از اصلاح قیر با ماده افزودنی AP بر اجزای انرژی آزاد سطحی قیر 130
۶-۳-۱-۲- نتایج بررسی تاثیر استفاده از اصلاح سنگدانه ها با ماده افزودنی Zycosoil بر اجزای انرژی آزاد سطحی سنگدانه ها 132
۶-۳-۱-۳- نتایج بررسی تاثیر استفاده از اصلاح قیر با ماده افزودنی AP و اصلاح سنگدانه ها با ماده افزودنی Zy بر اجزای انرژی آزاد چسبندگی مخلوط های آسفالت گرم 134
۶-۳-۲- نتایج بررسی تاثیر استفاده از آزمایش مدول دینامیکی جهت بررسی تاثیر افزودنی های AP و Zy 135
۶-۳-۳- نتایج بررسی ترکیب آزمایشات مدول دینامیکی و روش انرژی آزاد سطحی 136
۶-۴- نتایج بررسی تاثیر افزودنی های مورد استفاده بر سایر خصوصیات مخلوط های آسفالت گرم 139
۶-۴-۱- تحلیل نتایج آزمایش خزش دینامیکی بر روی نمونه های آسفالتی 140
۶-۴-۲- تحلیل نتایج آزمایش مدول ارتجاعی بر روی نمونه های آسفالتی 141
۶-۴-۳- تحلیل نتایج آزمایش خستگی بر روی نمونه های آسفالتی 142

- **فصل هفتم : نتیجه گیری** ۱۴۶
- **مراجع** ۱۵۳
- **پیوست ها** ۱۶۱

پ۱- تشریح روش طرح اختلاط مارشال ۱۶۲
پ۲- روابط وزنی – حجمی مخلوط آسفالتی ۱۷۱
پ۳- نتایج روش طرح اختلاط مارشال ۱۷۴
پ۴- نتایج آزمایش خزش دینامیکی بر روی نمونه های آسفالتی ۱۷۵

پ۵- نتایج آزمایش مدول ارتجاعی بر روی نمونه های آسفالتی ۱۷۶

پ۶- نتایج آزمایش خستگی بر روی نمونه های آسفالتی ۱۷۷

فهرست جداول:

➢ جداول فصل اول

جدول (۱-۱) عوامل موثر در خرابی رطوبتی 5

جدول (۱-۲) آنالیز شیمیایی سنگدانه ها بر حسب درصد 9

جدول (۱-۳) دسته بندی سنگ ها و کانی ها همراه با درجه عریان شدگی آنها 13

➢ جداول فصل دوم

جدول (۲-۱) مقایسه انرژی آزاد چسبندگی (erg/cm) و نرخ خرابی زیر بار سیکلی 33

جدول (۲-۲)انرژی آزاد در واحد جرم (Cheng)و همکاران 34

جدول (۲-۳) طبقه بندی مصالح سنگی از دیدگاه زاویه داری 44

جدول (۲-۴) مقایسه مشخصه های مختلف در انواع حالتهای بارگذاری 55

جدول (۲-۵) اثر متغیر های مخلوط آسفالتی بر عمر خستگی 57

➢ جداول فصل سوم

جدول(۳-۱) آزمایشات متداول حساسیت رطوبتی بر روی مخلوط های آسفالتی غیر متراکم 66

جدول(۳-۲) آزمایشات متداول حساسیت رطوبتی بر روی مخلوط های آسفالتی متراکم 67

➢ جداول فصل چهارم

جدول (۴-۱) عمق شیارافتادگی(mm) برای آزمایش HWTD برای مخلوط های مورد استفاده در مطالعه Colorado 75

جدول (۴-۲) داده های آزمایش HWTD مخلوط های آسفالتی بررسی شده در اداره راه و ترابری تگزاس 77

جدول (۴-۳) داده های آزمایش HWTD مخلوط های آسفالتی بررسی شده در اداره راه و ترابری لویزیانا 78

جدول(۴-۴)جمع بندی نتایج نسبت TSRبرای مخلوط های آزمایشگاهی در مطالعه ایالت تگزاس 81

جدول (۴-۵) نتایج درصد عریان شدگی 84

➢ جداول فصل پنجم

جدول (۵-۱) مشخصات قیر ۷۰ – ۶۰ پالایشگاه اصفهان مورد استفاده در این پژوهش 95

جدول (۵-۲) مشخصات کانی های سنگدانه های مورد استفاده در این پژوهش 95

جدول (۵-۳) دانه بندی پیوسته مخلوط آسفالت گرم مربوط به قشر توپکا و بیندر 97

جدول (۵-۴) مقادیر مجاز سایش به روش لوس آنجلس 98

جدول (۵-۵) الزامات شکستگی مصالح درشت دانه 99

جدول (۵-۶) نتایج آزمایشات صورت گرفته بر روی سنگدانه ها 99

جدول (۵-۷) خصوصیات ماده افزودنی Zycosoil مورد استفاده در این پژوهش 101

جدول (۵-۷) ویژگی های Wetfix AP مورد استفاده در این پژوهش 102

- **جداول فصل ششم**

جدول (۶-۱) مقدار قیر بهینه در نمونه های آسفالتی ساده و حاوی بتن ضایعاتی 120

جدول (۶-۲) نتایج اندازه گیری های اجزای انرژی آزاد سطحی قیر با و بدون افزودنی AP 131

جدول (۶-۳) نتایج اندازه گیری های اجزای انرژی آزاد سطحی سنگدانه ها با و بدون افزودنی Zycosoil 132

جدول (۶-۴) نتایج محاسبات انرژی آزاد چسبندگی 134

- **شکل های پیوست یک**

جدول (پ۱-۱) حداقل درصد فضای خالی مصالح سنگی ۱۶۸

- **شکل های پیوست سوم**

جدول (پ-۳) نتایج آزمایشات مارشال جهت تعیین محدوده قیر بهینه در نمونه های آسفالت ۱۷۴

- **شکل های پیوست چهارم**

جدول (پ –۴) نتایج آزمایشات RLA جهت تعیین قابلیت شیارشدگی نمونه های آسفالتی ۱۷۵

- **شکل های پیوست پنجم**

جدول (پ –۵) نتایج آزمایشات ITSM جهت تعیین مدول ارتجاعی نمونه های آسفالتی ۱۷۶

- **شکل های پیوست ششم**

جدول (پ –۶) نتایج آزمایشات ITFT جهت تعیین عمر خستگی نمونه های آسفالتی ۱۷۷

فهرست شکل ها:

◊ شکلهای فصل دوم

شکل (۲-۱) شیار شدگی با شدت زیاد به همراه ترک های پوست سوسماری 37

شکل (۲-۲) پیشروی تغییر شکل غیر قابل بازگشت با افزایش تعداد چرخه بارگذاری 38

شکل(۲-۳) گود شدگی مسیر عبور چرخ ناشی از ضعف لایه های زیر آسفالت 39

شکل (۲-۴) گود شدگی مسیر عبور چرخ ناشی از مقاومت کم آسفالت 40

شکل (۲-۵) تغییرات درصد فضای خالی در برابر درصد عبوری از الک ۴/۷۵ میلیمتر برای مصالح سنگی با حداکثر اندازه اسمی ۹/۵ میلیمتر 42

شکل (۲-۶) تغییرات درصد فضای خالی در برابر درصد عبوری از الک ۴/۷۵ میلیمتر برای مصالح سنگی با حداکثر اندازه اسمی ۱۹ میلیمتر 43

شکل (۲-۷) تاثیر گوشه داری مصالح سنگی بر میزان سختی خزشی 45

شکل (۲-۸) شروع و گسترش ترک در اثر عبور بار 53

شکل (۲-۹) مراحل فرایند خستگی 54

شکل (۲-۱۰) مقایسه بارگذاری کنترل تنش و کنترل کرنش 55

شکل (۲-۱۱) انواع شکل بارگذاری در آزمایش های خستگی 56

◊ شکلهای فصل چهارم

شکل (۴-۱) نمونه روسازی با استفاده از مخلوط آسفالت گرم در معرض بار چرخ وسیله نقلیه 79

◊ شکلهای فصل پنجم

شکل (۵-۱)- دستگاه لرزاننده و الک های روی آن در حین آزمایش دانه بندی 97

شکل (۵-۲) دستگاه آزمایش سایش لوس آنجلس 98

شکل (۵-۳) سطح سنگدانه ها قبل از پوششش با زایکوسویل 101

شکل (۵-۴)سطح سنگدانه ها پس از پوششش با زایکوسویل 101

شکل (۵-۵) برنامه آزمایشگاهی آزمایشات انجام شده در این پژوهش 103

شکل (۵-۶) طریقه انجام آزمایش و نحوه بارگذاری در آزمایش مقاومت کششی غیرمستقیم 106

شکل (۵-۷) نحوه بارگذاری در آزمایش مدول دینامیکی 110

شکل (۵-۸) دستگاه ناتینگهام دانشگاه گیلان 111

شکل (۵-۹) نمودار کرنش تجمعی در برابر تعداد سیکل های بارگذاری، حاصل از آزمایش خزش 112

دینامیکی

شکل (۵-۱۰) صفحه تنظیمات نرم افزار آزمایش خزش دینامیکی 114

شکل (۵-۱۱) نحوه بارگذاری در آزمایش خزش دینامیکی 115

شکل (۵-۱۲) نحوه بارگذاری در آزمایش ITSM 116

شکل (۵-۱۳) صفحه تنظیمات نرم افزار آزمایش ITSM 117

شکل (۵-۱۴) نمودار تغییر شکل ماندگار برحسب تعداد پالس های بارگذاری در آزمایش خستگی 117

شکل(۵-۱۵) نحوه بارگذاری روی نمونه ها در آزمایش خستگی 118

شکل (۵-۱۶) صفحه تنظیمات نرم افزار آزمایش خستگی 119

◊ شکلهای فصل ششم

شکل (۶-۱) نمودارهای مارشال جهت تعیین قیر بهینه در نمونه های آسفالتی با سنگدانه گرانیت 121

شکل (۶-۲) نمودارهای مارشال جهت تعیین قیر بهینه در نمونه های آسفالتی با سنگدانه سنگ آهک 122

شکل(۶-۳) رابطه بین ITS با درصد مواد افزودنی وتفیکس AP در سیکل های مختلف یخ –ذوب در نمونه های ساخته شده با سنگدانه گرانیت 124

شکل(۶-۴) رابطه بین ITS با درصد مواد افزودنی وتفیکس AP در سیکل های مختلف یخ –ذوب در نمونه های ساخته شده با سنگدانه سنگ آهک 125

شکل(۶-۵) رابطه بین TSR با درصد مواد افزودنی AP در سیکل های مختلف یخ –ذوب در نمونه های ساخته شده با سنگدانه سنگ آهک 126

شکل (۶-۶) رابطه بین TSR با درصد مواد افزودنی AP در سیکل های مختلف یخ –ذوب در نمونه های ساخته شده با سنگدانه گرانیت 127

شکل(۶-۷) رابطه بین ITS با درصد مواد افزودنی Zycosoil در سیکل های مختلف یخ –ذوب در نمونه های ساخته شده با سنگدانه گرانیت 128

شکل(۶-۸) رابطه بین ITS با درصد مواد افزودنی Zycosoil در سیکل های مختلف یخ –ذوب در نمونه های ساخته شده با سنگدانه سنگ آهک 129

شکل(۶-۹) رابطه بین TSR با درصد مواد افزودنی در سیکل های مختلف یخ –ذوب در نمونه های ساخته شده با سنگدانه گرانیت و سنگ آهک 129

شکل(۶-۱۰) تاثیر ماده افزودنی AP بر روی نسبت مدول دینامیکی شرایط مرطوب به خشک در مخلوط های مختلف 136

شکل(۶-۱۱) تاثیر ماده افزودنی Zy بر روی نسبت مدول دینامیکی شرایط مرطوب به خشک در مخلوط های مختلف 136

شکل(۶-۱۲) نمودار تنش-کرنش مواد الاستیک 137

شکل(۶-۱۳) نمودار تنش-کرنش مواد ویسکوالاستیک 137

شکل(۶-۱۴) تست تغییرات کرنش دائمی 138

شکل(۶-۱۵) تاثیر ماده افزودنی AP بر روی درصد عریان شدگی سنگدانه ها در سیکل های بارگذاری 139

شکل(۶-۱۶) تاثیر ماده افزودنی Zy بر روی درصد عریان شدگی سنگدانه ها در سیکل های بارگذاری 139

شکل (۶-۱۷) تغییرات کرنش پایدار بر حسب تعداد سیکل های بارگذاری با سنگدانه گرانیت 140

شکل (۶-۱۸) تغییرات کرنش پایدار بر حسب تعداد سیکل های بارگذاری با سنگدانه سنگ آهک 141

شکل (۶-۱۹) تغییرات مدول ارتجاعی بر حسب نوع ماده افزودنی با سنگدانه گرانیت 141

شکل (۶-۲۰) تغییرات مدول ارتجاعی بر حسب نوع ماده افزودنی با سنگدانه سنگ آهک 142

شکل (۶-۲۱) تعداد سیکل های منجر به شکست در آزمایش خستگی بر حسب نوع ماده افزودنی با سنگدانه گرانیت 143

شکل (۶-۲۲)تعداد سیکل های منجر به شکست در آزمایش خستگی بر حسب نوع ماده افزودنی با سنگدانه سنگ آهک 143

شکل (۶-۲۳) مقایسه رفتار خستگی مخلوط ها با سنگدانه گرانیت 144

شکل (۶-۲۴) مقایسه رفتار خستگی مخلوط ها با سنگدانه سنگ آهک 144

◊ **شکلهای پیوست**

شکل (پ۱-۱) قالب نمونه های آسفالتی روش مارشال ۱۶۶

شکل (پ۱-۲) نمایی از سیستم چکش مارشال ۱۶۷

شکل (پ۱-۳) روند انتخاب قیر بهینه در روش طرح اختلاط مارشال ۱۷۰

چکیده

بررسی آزمایشگاهی خصوصیات مخلوط های آسفالتی مقاوم در برابر خرابی های رطوبتی
غلام حسین حامدی

این پژوهش تلاشی برای تهیه و بررسی خصوصیات مخلوط های آسفالت گرم در برابر خرابی رطوبتی می باشد. به منظور ارزیابی دقیق تر اصلاحات انجام شده در این پژوهش بررسی میکرومکانیزم خرابی رطوبتی و تاثیر تغییرات شکل گرفته در طی این پژوهش در مخلوط آسفالت گرم با استفاده از روش انرژی آزاد سطحی انجام شده است. عمده ترین هدف از پژوهش موجود تهیه مخلوط آسفالت مقاوم در برابر خرابی رطوبتی است. بدین منظور سعی بر آن شد تا با تغییرات در مواد بتن آسفالتی مورد استفاده در کشور آن را به نحوی مطلوب در برابر خرابی رطوبتی مقاوم کرد. موثرترین روش برای تهیه مخلوط آسفالت گرم مقاوم در برابر خرابی رطوبتی استفاده از افزودنی های ضد عریان شدگی می باشد. افزودنی های متعددی در پروسه امکانیابی مورد توجه و آزمایشات ابتدایی قرار داشتند که فاکتورهای کلیدی همچون مقاوم سازی مخلوط آسفالتی در برابر رطوبت (که مهم ترین هدف مطالعه موجود است)، عدم نقصان در سایر ویژگی های فنی، مسائل اقتصادی، مسائل اجرای و زیست محیطی نیز مد نظر قرار گرفتند. نمونه های آسفالت گرم با یک ماده ضد عریان شدگی به نام Zycosoil به عنوان اصلاح کننده سطح سنگدانه ها، یک ماده ضد عریان شدگی به نام Wetfix AP به عنوان اصلاح کننده قیر به همراه دو نوع سنگدانه و قیر با درجه نفوذ ۷۰-۶۰ در طی این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته اند. نتایج این پژوهش نشان می دهد که مواد ضد عریان شدگی سنگدانه ها به نام Zycosoil و ماده اصلاح کننده قیر به نام Wetfix AP به نحو قابل توجهی باعث افزایش مقاومت مخلوط های آسفالت گرم در برابر رطوبت شده اند. نتایج این پژوهش نشان می دهد که Zycosoil باعث کاهش انرژی آزاد سنگدانه های مورد استفاده در این پژوهش و افزایش قابلیت پوشش پذیری سنگدانه ها توسط قیر شده است. همچنین ماده AP مورد استفاده در این پژوهش باعث افزایش جزء بازی و کاهش جزء اسیدی انرژی آزاد سطحی قیر شده است که این موضوع سبب چسبندگی بیشتر بین سنگدانه های اسیدی که از سنگدانه های دارای حساسیت بالا در برابر رطوبت هستند، شده است. همچنین، از ترکیب نتایج روش انرژی آزاد سطحی و آزمایش مدول دینامیکی شاخص P به عنوان درصدی از سطح سنگدانه ها که در سیکل های مختلف بارگذاری دچار عریان شدگی می شوند به دست آمده است که نتایج این شاخص نیز به خوبی تفاوت قابل توجه در میزان خرابی رطوبتی نمونه های کنترل و نمونه های اصلاح شده را نشان می دهد. در کنار تهیه مخلوط آسفالتی مقاوم در برابر خرابی رطوبتی باید سایر ویژگی های فنی مخلوط آسفالتی تهیه شده نیز مورد بررسی قرار می گرفت. بدین منظور آزمایشات دینامیکی برای اطمینان از اینکه مخلوط حاصله علاوه بر بهبود عملکرد در برابر رطوبت در سایر خصوصیات دچار ضعف نشده است، انجام گرفته شده است.

کلید واژه ها: مخلوط آسفالت گرم، خرابی رطوبتی، مواد ضد عریان شدگی، روش انرژی آزاد سطحی.

Abstract

Laboratory investigation of properties of the hot mix asphalt mixtures resistance against moisture damage
GHOLAMHOSSEIN HAMEDI

This research is an attempt to obtain and investigation properties of hot mix asphalt against moisture damage. In order to more accurately assess reforms carried out in this study, analyzing the micro mechanism of the moisture damage and effect of changes formed in hot asphalt mixtures has been done using surface free energy method. The main purpose of this study is providing an asphalt mixture strong to moisture damages. Therefore, it was tried that with the changes in the asphalt mixture materials used in the country, make it resistant against moisture damages in a desirable manner. The most effective method for the preparation of hot asphalt mixture moisture resistant against moisture damage is using antistripping additives. A variety of additives were considered in primary tests and several critical factors including retrofitting asphalt mixtures against moisture as the most important objective of this research, no decline in other technical features, economic problems, and executive and environmental issues were taken into account. Hot mix asphalt samples with a antistripping material called Zycosoil as correcting aggregate level, wetfix AP, az correcting asphalt binder with two types of aggregate and AC 60-70 were evaluated in this research. The results of this study show that Zycosoil and AP considerably increase the resistance of hot asphalt mixtures against moisture. The results of this study illustrate that Zycosoil reduces the free energy of aggregates used in this study and increases the ability to coverage aggregates by the asphalt binder. Moreover, the AP material used in the research have increased the basic component and decreased the acid component of asphalt binder surface free energy. That this changes has been caused more adhesion between the acidic aggregates, which have aggregates with high sensitivity against moisture.

In addition, by combining results of surface free energy and dynamic modulus test, P index has been obtained as a percentage of the aggregates level which in different loading cycles have been stripped. The results of this index show significant differences in the amount of the moisture damage of control samples and modified samples as well. Alongside the preparation of asphalt mixtures resistance to moisture damage, other technical characteristics of asphalt mixtures prepared should be considered. Therefore, dynamic tests have been conducted to ensure that the resulting mixture in addition to improving performance against moisture has not been weak against other characteristics.

Keywords: hot mix asphalt, moisture damage, antistripping additives, surface free energy method.

پیشگفتار:

بهترین راه برای بهبود راه ها صرف بودجه بیشتر روی آنها نیست، بلکه بهبود طراحی، ساخت و نگهداری راه هاست. اغلب هزینه های صورت گرفته در مورد مصالح سنگی آسفالت، به دلیل مسائل مربوط به رطوبت نتیجه نمی دهد. تخریب ترکیبات آسفالت بر اثر رطوبت را می توان از دست دادن پیش از موعد قدرت و دوام بر اثر نفوذ رطوبت در مخلوط آسفالت و مصالح سنگی تعریف کرد. به دلیل هزینه ایجاد و مرمت و پایین بودن عمر مفید روسازی های آسفالتی مخصوصا در مناطق مرطوب و پرباران کشور این پژوهش تلاشی برای تهیه مخلوط های آسفالتی مقاوم در برابر رطوبت است. این پایان نامه مشتمل بر ۶ فصل می باشد که در فصل اول با عنوان کلیات مقدمه ای بر خرابی رطوبتی، انواع خرابی های مرتبط با خرابی رطوبتی، عوامل موثر و روش های کاهش این نوع خرابی بیان شده است. از دیگر بخشهای فصل اول بیان ضرورت و هدف پایان نامه حاضر می باشد.

در فصل دوم این پایان نامه با عنوان خرابی رطوبتی و سایر خرابی ها در مخلوط های آسفالتی به تبیین پروسه های شیمیایی و فیزیکی خرابی رطوبتی در روسازی های ساخته شده با مخلوط آسفالت گرم پرداخته و فرآیندهای رخداد خرابی رطویتی بیان می شود و نیز با توجه به اینکه در این پژوهش علاوه بر خرابی رطوبتی سایر خصوصیات مخلوط های آسفالت گرم نیز مورد بررسی قرار می گیرد، در انتهای این فصل به بررسی سایر خرابی های عملکردی در مخلوط های آسفالتی گرم پرداخته می شود.

فصل سوم به بررسی انواع آزمایشات متداول که برای تعیین حساسیت رطوبتی مخلوط های آسفالتی گرم به کار می رود، می پردازد.

در فصل چهارم مروری بر مطالعات گذشته انجام شده است. در این فصل سعی شده است مروری جامعی بر انواع روش های اصلاحی برای تهیه مخلوط های آسفالتی مقاوم در برابر خرابی رطوبتی انجام شود. همچنین شرحی بر مطالعات گذشته در مورد کاربرد روش انرژی آزاد سطحی که دراین پژوهش برای بررسی میکرومکانیزم مخلوط های آسفالتی مقاوم در برابر خرابی رطوبتی به کار رفته است، از دیگر بخش های این فصل می باشد.

در فصل پنجم که با عنوان فعالیت های آزمایشگاهی و مصالح تهیه شده است، ابتدا آزمایشاتی را که برای تعیین خرابی رطوبتی مخلوط های آسفالت گرم در این پژوهش انجام شده است، شرح داده می شود. سپس آزمایشاتی که برای بررسی میکرومکانیزم خرابی رطوبتی به کار رفته است، تشریح می شود و در انتها آزمایشات مربوط به سایر خصوصیات آسفالت ساخته شده در این پژوهش بیان می شود.

فصل ششم تحت عنوان نتایج و مباحث به سه قسمت کلی تقسیم می شود. در قسمت اول نتایج مربوط به آزمایشات حساسیت رطوبتی برای تهیه مخلوط های آسفالتی مقاوم آورده شده است و در قسمت دوم به بررسی

میکرومکانیزم این نتایج با استفاده از روش انرژی آزاد سطحی و آزمایش مدول دینامیکی پرداخته می شود و در قسمت آخر به بررسی سایر خصوصیات مخلوط های آسفالتی ساخته شده، پرداخته می شود.

فصل هفتم با عنوان نتیجه گیری به جمع بندی مطالب، نتایج و مباحث ارائه شده اختصاص یافته است.

فصل اول :

کلیات