دانشگاه گیلان

پایان نامه کارشناسی ارشد

بررسی آزمایشگاهی تاثیر مس باره به عنوان یک افزودنی در بهبود خصوصیات عملکردی بتن آسفالتی

از:
جواد میرزایی

استاد راهنما:
دکتر مهیار عربانی

شهریور ۹۲

دانشکده فنی

گروه مهندسی عمران

گرایش راه و ترابری

بررسی آزمایشگاهی تاثیر مس باره به عنوان یک افزودنی در بهبود خصوصیات عملکردی بتن آسفالتی

از:

جواد میرزایی

استاد راهنما:

دکتر مهیار عربانی

استاد مشاور:

دکتر عطاالله حاجتی مدارائی

شهریور ۹۲

قدم بان ن رر

وقدم ور ن ما

آ ن ه واشان ر وان م و وشان يد ت روم يد مار آ ن ه را ى م ن قايا ..

قدم آ ن ه و ودم اشان ه رج ودوو ودشان ام .

تشکر وقدردانی

از دست و زبان که برآید کز عهده شکرش به درآید

ستایش خدایی را سزاست که مرا سزاوار انجام این‌تحقیق 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 این مرزبوم برداشته شود. اما "من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق".

پیشبرد این پایان نامه را مدیون الطاف عزیزانی هستم که شایسته وسیله است از زحمات ایشان تشکر و قدردانی کنم‌در ابتدا لازم می دانم از جناب آقای دکتر مهیار عربانی که نقش اصلی را در هدایت این پایان نامه داشته اند و با مساعدت ها و راهنمایی هایشان مرا یاری نمودند سپاسگذاری نمایم.

از جناب آقای دکتر عطاالله حاجتی مدارایی کمشاور من بودند و همچنین از اساتید محترم جناب آقای دکتر برگ گل و جناب آقای دکتر مدندوست که داوری این پایان نامه را برعهده گرفتند سپاس فراوان دارم.

در انتها از تمام دوستانی که در انجام این تحقیق مرا همراهی و مساعدت نمودند قدردانی می نمایم و از خداوند متعال توفیق و سعادت ایشان را مسألت دارم.

فهرست مطالب:

- **چکیده فارسی** ش
- **چکیده انگلیسی** ص
- **فصل اول: کلیات** ۱

۱-۱- مقدمه ۲
۱-۲- تعریف مسئله ۳
۱-۳- اهمیت مسئله ۴
۱-۴- فرضیه های پژوهش ۵
۱-۵- هدف پژوهش ۶
۱-۶- فرضیات پژوهش ۶
۱-۷- ساختار پایان نامه ۷

- **فصل دوم: ادبیات فنی و مروری بر تحقیقات پیشین** ۸

۲-۱- مقدمه ۹
۲-۲- خرابی ها و مکانیزم آنها در روسازی ۹
۲-۲-۱- شیارشدگی و اهمیت بررسی آن ۹
۲-۲-۱-۱- شیار شدگی ناشی از ضعف بستر و سیستم روسازی ۱۰
۲-۲-۱-۲- شیارشدگی ناشی از ضعف لایه های آسفالتی ۱۱
۲-۲-۱-۳- شیار شدگی ناشی از شن زدگی ۱۲
۲-۲-۲- خستگی و اهمیت بررسی آن ۱۲
۲-۳- آشنایی با مس باره و کاربرد های آن ۱۴
۲-۳-۱- فرآیند تولید مس باره ۱۵
۲-۳-۲- خواص فیزیکی و مکانیکی مس باره ۱۷
۲-۳-۳- ترکیب شیمیایی مس باره ۱۸
۲-۳-۴- زمینه های مختلف کاربرد مس باره ۱۹
۲-۳-۴-۱- تولید ابزارهای ساینده (سنباده) ۱۹
۲-۳-۴-۲- انجام عملیات ماسه پاشی یا سند بلست ۲۰
۲-۳-۴-۳- تولید ابزارهای برش ۲۰
۲-۳-۴-۴- تولید کاشی وسرامیک وشیشه ۲۱
۲-۳-۴-۵- تولید کلینکر سیمان ۲۱
۲-۴- مروری بر تحقیقات پیشین ۲۱

۲-۴-۱- تحقیقات انجام شده در زمینه افزودن مواد ضایعاتی به آسفالت ۲۱
۲-۴-۱-۱ تولید آسفالت با استفاده از پلاستیک ضایعاتی ۲۲
۲-۴-۱-۲- تولید آسفالت با استفاده از پلی اتیلن ضایعاتی ۲۲
۲-۴-۱-۳- بررسی خصوصیات خزشی آسفالت لاستیکی ساخته شده به روش خشک ۲۲
۲-۴-۱-۴- زیابی بهبود خصوصیات دینامیکی مخلوط های آسفالتی گرم حاوی مواد ضایعاتی خرده شیشه و پودر آهن ۲۳
۲-۴-۲- مروری بر تحقیقات صورت گرفته در زمینه کاربرد سرباره آهن وفولاد درآسفالت ۲۸
۲-۴-۲-۱- بررسی آزمایشگاهی استفاده از سرباره آهن در آسفالت متخلخل ۲۸
۲-۴-۲-۲- جایگزینی بخشی از درشت دانه آسفالت با سرباره آهن ۲۹
۲-۴-۲-۳- ی آزمایشگاهی تاثیر سرباره بر مقاومت شیارشدگی مخلوط ها ی آسفالتی ۳۲
۲-۴-۲-۴- مطالعه آزمایشگاهی و میدانی آسفالت‌های حاوی سرباره فولادBOF با دانه بندی SMA ۳۳
۲-۴-۲-۵- ستفاده از سرباره کارخانه ذوب آهن اصفهان بر مقاومت مارشال و پایداری دینامیکی ۳۶
۲-۴-۲-۶ یسه خصوصیت عریان شدگی مخلوط های آسفالتی SMA حاوی سرباره با مخلوط‌های SMA حاوی مصالح سیلیسی ۳۷
۲-۴-۲-۷- تاثیر سرباره رتور روی خصوصیات عملکردی شامل خستگی، مدول خزش،شیارشدگی، مقاومت کششی غیر مستقیم بتن آسفالتی ۳۸
۲-۴-۲-۸ الله تاثیر سرباره کنورتور بر روی مقاومت مارشال، مدول بر جهندگی، مقاومت کششی در آسفالت‌های با دانه بندی SMA ۴۱
۲-۴-۲-۹- بررسی اجرایی تاثیر سرباره بر مقاومت آسفالت ۴۵
۲-۴-۳- مروری بر تحقیقات صورت گرفته در زمینه کاربرد سرباره مس درآسفالت ۴۶
۲-۵- جمع بندی ۴۹

- **فصل سوم : فعالیت آزمایشگاهی** ۵۰

۳-۱- مقدمه ۵۱
۳-۲- مواد و مصالح مصرفی ۵۱
۳-۲-۱- مصالح سنگی ۵۱
۳-۲-۲- پرکننده (فیلر) ۵۲
۳-۲-۳- قیر ۵۴
۳-۳- دانه بندی مورد استفاده ۵۴
۳-۴- آزمایشات انجام شده روی مصالح ۵۵
۳-۴-۱- آزمایش تعیین وزن مخصوص قیر ۵۵
۳-۴-۲- آزمایش درجه نفوذ قیر ۵۵
۳-۴-۳- آزمایش تعیین نقطه نرمی قیر ۵۶
۳-۴-۴- آزمایش سایش لوس آنجلس ۵۶

۳-۵- ساخت نمونه های مارشال ۵۷
۳-۵-۱- تعیین وزن مخصوص واقعی آسفالت ۶۲
۳-۵-۲- تعیین مقاومت و روانی ۶۳
۳-۵-۳- تعیین درصد فضای خالی مخلوط آسفالتی ۶۴
۳-۵-۴- تعیین درصد قیر بهینه ۶۴
۳-۶- تجهیزات انجام آزمون‌های آسفالت ۶۶
۳-۶-۱- آزمایش مقاومت کششی غیر مستقیم ۶۶
۳-۶-۲- آزمایش کشش غیر مستقیم جهت تعیین مدول برجهندگی ۶۸
۳-۶-۳- آزمایش خزش دینامیکی ۷۳
۳-۶-۴- آزمون خستگی ۷۶
۳-۷- جمع بندی ۷۷

- **فصل چهارم : ارئه و تحلیل نتایج** ۷۹

۴-۱- مقدمه ۸۰
۴-۲- بررسی نتایج مربوط به آزمایش مارشال ۸۰
۴-۳- بررسی نتایج آزمایش کشش غیرمستقیم ۸۹
۴-۴- بررسی نتایج آزمون تعیین مدول برجهندگی بر روی نمونه های آسفالتی حاوی مس باره ۹۰
۴-۵- بررسی نتایج آزمون بار گذاری محوری تکراری بر روی نمونه های آسفالتی حاوی مس باره ۹۲
۴-۶- بررسی نتایج آزمون خستگی بر روی نمونه های آسفالتی حاوی مس باره ۹۳
۴-۷- بررسی مدل خستگی بدست آمده از افزودن مس باره به آسفالت ۹۸
۴-۸- جمع بندی ۱۰۳

- **فصل پنجم : جمع بندی و پیشنهادها** ۱۰۴

۵-۱- نتیجه گیری کلی ۱۰۵
۵-۲- پیشنهادات برای ادامه تحقیق ۱۰۶

- **مراجع** ۱۰۷

- **پیوست ها** ۱۱۲

فهرست شکل ها

شکل های فصل دوم

شکل ۲- ۱	شیار شدگی با شدت زیاد به همراه ترک‌های پوست سوسماری	۱۰
شکل۲-۲	گود شدگی مسیر عبور چرخ ناشی از ضعف لایه های زیر آسفالت	۱۰
شکل ۲- ۳	گود شدگی مسیر عبور چرخ ناشی از مقاومت کم آسفالت	۱۱
شکل ۲- ۴	شروع و گسترش ترک در اثر عبور بار	۱۳
شکل ۲- ۵	مراحل فرایند خستگی	۱۴
شکل ۲- ۶	مقایسه نتایج مدول سختی در نمونه های آسفالتی حاوی مواد افزودنی مختلف و در دماهای آزمایش متفاوت با دانه بندی توپکا	۲۴
شکل ۲- ۷	مقایسه نتایج مدول سختی در نمونه های آسفالتی حاوی مواد افزودنی مختلف و در دماهای آزمایش متفاوت با دانه بندی بیندر	۲۴
شکل۲-۸	مقایسه نتایج تغییر شکل ماندگار در نمونه های آسفالتی حاوی مواد افزودنی مختلف با دانه بندی توپکا	۲۵
شکل۲-۹	مقایسه نتایج تغییر شکل ماندگار در نمونه های آسفالتی حاوی مواد افزودنی مختلف با دانه بندی بیندر	۲۶
شکل ۲- ۱۰	مقایسه عمر خستگی در نمونه های آسفالتی حاوی مواد افزودنی مختلف با اعمال تنش ۲۵۰ کیلو پاسکال	۲۷
شکل ۲- ۱۱	مقایسه عمر خستگی در نمونه های آسفالتی حاوی مواد افزودنی مختلف با اعمال تنش ۴۰۰ کیلو پاسکال	۲۷
شکل ۲- ۱۲	نرخ افزایش حجم مخلوط‌های آسفالت SMAحاوی سرباره در تحقیق شائوپنگ و یونگ جی	۳۵
شکل ۲- ۱۳	نتایج تست کشش غیر مستقیم در تحقیق هیشام و شلابی	۳۹
شکل ۲- ۱۴	نتایج تست خزش دینامیکی در تحقیق هیشام و شلابی	۴۰
شکل ۲- ۱۵	نتایج تست مدول برجهندگی در تحقیق هیشام و شلابی	۴۰
شکل۲-۱۶	نتایج تست خستگی در تحقیق هیشام و شلابی	۴۱
شکل ۲- ۱۷	نتایج تست کشش غیر مستقیم در تحقیق عامری و بهنود	۴۳
شکل ۲- ۱۸	نتایج تست مدول برجهندگی در تحقیق عامری و بهنود	۴۴
شکل ۲- ۱۹	نتایج تست خزش دینامیکی در تحقیق عامری و بهنود	۴۴
شکل ۲- ۲۰	نتایج آزمایش کششی غیر مستقیم در تحقیق حسام و همکاران در آمریکا	۴۷
شکل ۲- ۲۱	نمودارهای مربوط به آزمایشات مقاومت مارشال و وزن مخصوص مخلوط متراکم شده در بحرین	۴۸

شکل های فصل سوم

شکل ۳- ۱	مس باره مورد استفاده	۵۳
شکل ۳- ۲	دستگاه لرزاننده و الک‌های روی آن در حین آزمایش دانه بندی	۵۵
شکل ۳- ۳	دستگاه آزمایش سایش لوس آنجلس	۵۶
شکل ۳- ۴	نمونه‌های ساخته شده	۶۲
شکل ۳- ۵	نمایی از دستگاه تست کشش غیر مستقیم(ITS)	۶۶
شکل ۳- ۶	نحوه اعمال نیرو در آزمایش کشش غیر مستقیم	۶۷
شکل ۳- ۷	توزیع تنش روی محورهای X و Y ر ابرای نمونه آزمایش کشش غیرمستقیم	۶۷
شکل ۳- ۸	جاگیری نمونه در آزمایش کشش غیر مستقیم	۶۸
شکل ۳- ۹	نمونه در وضعیت بارگذاری جهت انجام آزمایش کشش غیر مستقیم	۶۹
شکل ۳- ۱۰	ورودی مشخصات نمونه مورد آزمایش در آزمایش تعیین مدول برجهندگی	۷۰
شکل ۳- ۱۱	ورودی مشخصات نحوه بارگذاری در آزمایش تعیین مدول برجهندگی	۷۰
شکل ۳- ۱۲	شمای نتایج آزمایش در حین بارگذاری در آزمایش تعیین مدول برجهندگی	۷۱
شکل ۳- ۱۳	نمونه ای از خروجی نرم افزار دستگاه UTM در آزمایش تعیین مدول برجهندگی	۷۲
شکل ۳- ۱۴	پدیده شیارشدگی	۷۳
شکل ۳- ۱۵	نحوه قرار گیری نمونه در زیر دستگاه در آزمایش creep	۷۴
شکل۳-۱۶	ورودی مشخصات نمونه مورد آزمایش در آزمایش creep	۷۴
شکل۳-۱۷	ورودی مشخصات نحوه بارگذاری در آزمایش creep	۷۵
شکل۳-۱۸	شمای نتایج آزمایش در حین بارگذاری در آزمایش creep	۷۵

شکل های فصل چهارم

شکل ۴- ۱	نمودارهای مارشال جهت تعیین قیر بهینه در نمونه های آسفالتی ساده	۸۲
شکل ۴- ۲	نمودارهای مارشال جهت تعیین قیر بهینه در نمونه های آسفالتی حاوی ۲۰٪ مس باره	۸۳
شکل ۴- ۳	نمودارهای مارشال جهت تعیین قیر بهینه در نمونه های آسفالتی حاوی ۴۰٪ مس باره	۸۴
شکل ۴- ۴	نمودارهای مارشال جهت تعیین قیر بهینه در نمونه های آسفالتی حاوی ۶۰٪ مس باره	۸۵
شکل ۴- ۵	نمودارهای مارشال جهت تعیین قیر بهینه در نمونه های آسفالتی حاوی ۸۰٪ مس باره	۸۶

شکل ۴- ۶	نمودارهای مارشال جهت تعیین قیر بهینه در نمونه های آسفالتی حاوی ۱۰۰٪ مس باره	۸۷
شکل ۴- ۷	نمودارهای مارشال جهت تعیین قیر بهینه در نمونه های آسفالتی حاوی فیلر مس باره ای	۸۸
شکل ۴- ۸	نتایج تست کشش غیر مستقیم	۸۹
شکل ۴- ۹	تغییرات مدول برجهندگی بر حسب درصد مس باره در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد	۹۱
شکل ۴- ۱۰	تغییرات مدول برجهندگی بر حسب درصد مس باره در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد	۹۱
شکل ۴- ۱۱	تغییرات مدول برجهندگی بر حسب دما در درصدهای مختلف مس باره در نمونه های آسفالتی	۹۲
شکل ۴- ۱۲	نتایج خزش دینامیکی	۹۳
شکل ۴- ۱۳	تعداد سیکل‌های منجر به شکست در آزمایش خستگی بر حسب درصد مس باره در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد	۹۴
شکل ۴- ۱۴	تعداد سیکل‌های منجر به شکست در آزمایش خستگی بر حسب درصد مس باره در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد	۹۴
شکل ۴- ۱۵	کرنش‌های به وجود آمده در آزمایش خستگی بر حسب درصد مس باره در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد	۹۵
شکل ۴- ۱۶	کرنش‌های به وجود آمده در آزمایش خستگی بر حسب درصد مس باره در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد	۹۵
شکل ۴- ۱۷	سیکل‌های منجر به شکست در آزمایش خستگی بر حسب درصد مس باره در تنش ۱۰۰ کیلو پاسکال	۹۶
شکل ۴- ۱۸	سیکل‌های منجر به شکست در آزمایش خستگی بر حسب درصد مس باره در تنش ۳۰۰ کیلو پاسکال	۹۶
شکل ۴- ۱۹	کرنش‌های به وجود آمده در آزمایش خستگی بر حسب درصد مس باره در تنش ۱۰۰ کیلو پاسکال	۹۷
شکل ۴- ۲۰	کرنش‌های به وجود آمده در آزمایش خستگی بر حسب درصد مس باره در تنش ۳۰۰ کیلو پاسکال	۹۷
شکل ۴- ۲۱	مقایسه مدل خستگی در نمونه های آسفالتی ساده و نمونه های آسفالتی حاوی ۲۰ درصد مس باره	۹۹
شکل ۴- ۲۲	مقایسه مدل خستگی در نمونه های آسفالتی ساده و نمونه های آسفالتی حاوی ۴۰ درصد مس باره	۹۹
شکل ۴- ۲۳	مقایسه مدل خستگی در نمونه های آسفالتی ساده و نمونه های	۱۰۰

	آسفالتی حاوی ۶۰ درصد مس باره	
شکل۴-۲۴	مقایسه مدل خستگی در نمونه های آسفالتی ساده و نمونه های آسفالتی حاوی ۸۰ درصد مس باره	۱۰۰
شکل ۴- ۲۵	مقایسه مدل خستگی در نمونه های آسفالتی ساده و نمونه های آسفالتی حاوی ۱۰۰ درصد مس باره	۱۰۱
شکل ۴- ۲۶	مقایسه مدل خستگی در نمونه های آسفالتی ساده و نمونه های آسفالتی حاوی فیلر مس باره ای	۱۰۱
شکل ۴- ۲۷	مقایسه مدل خستگی در نمونه های آسفالتی ساده و نمونه های آسفالتی حاوی درصد های مختلف مس باره	۱۰۲

فهرست جداول

جداول فصل دوم

جدول ۲- ۱	مقدار تولید سالانه مس باره در برخی کشورها	۱۵
جدول ۲- ۲	خواص فیزیکی مس باره	۱۷
جدول ۲- ۳	اکسیدهای اصلی تشکیل دهنده مس باره	۱۸
جدول ۲- ۴	آنالیز شیمیایی مس باره ی تولید شده در کشورهای مختلف	۱۸
جدول ۲- ۵	نتایج آزمایش مارشال در تحقیقات شن و همکاران	۲۸
جدول ۲- ۶	خصوصیات سنگدانه‌های آهکی وسرباره ای در تحقیقات سنگز و احمد زاده	۲۹
جدول ۲- ۷	دانه بندی مخلوط آسفالتی در تحقیقات سنگز و احمد زاده	۳۰
جدول ۲- ۸	نتایج آزمایش مارشال در تحقیقات سنگز و احمد زاده	۳۱
جدول ۲- ۹	نتایج آزمایش پاندول انگلیسی در تحقیقات هانت و گلن	۳۲
جدول ۲- ۱۰	مشخصات فیزیکی و مکانیکی سرباره و مصالح معمولی در تحقیقات شائوپنگ	۳۴
جدول ۲- ۱۱	میزان تخلخل در سرباره و مصالح معمولی در تحقیقات شائو پنگ	۳۴
جدول ۲- ۱۲	مشخصات مخلوط‌های تهیه شده در تحقیق شائوپنگ و یونگ جی	۳۵
جدول ۲- ۱۳	ویژگی مصالح سرباره ای و سنگ آهک بکاررفته در تحقیقات زیاری و همکاران	۳۵
جدول ۲- ۱۴	نتایج آزمایشات مقاومت مارشال و پایداری دینامیکی نمونه‌های مختلف درآزمایشات زیاری	۳۶
جدول ۲- ۱۵	نتایج آزمایش عریان شدگی در تحقیقات طباطبایی	۳۷
جدول ۲- ۱۶	خصوصیات اصطکاکی مخلوط‌های آسفالتی حاوی سرباره در تحقیقات طباطبایی	۳۸
جدول ۲- ۱۷	درصد قیر به دست آمده ازمایشات هیشام و دیگران	۳۹
جدول ۲- ۱۸	مشخصات سرباره‌های استفاده شده در تحقیقات عامری و بهنود	۴۲
جدول ۲- ۱۹	انواع مخلوط‌های بتن آسفالتی ساخته شده در تحقیقات عامری و بهنود	۴۲
جدول ۲- ۲۰	میزان قیر بهنه تحقیق عامری و بهنود	۴۳
جدول ۲- ۲۱	مشخصات مصالح سنگی سرباره ای استفاده شده در پروژه سپید دشت-بروجن	۴۵
جدول ۲- ۲۲	مشخصات آسفالت سربارهای در پروژه سپید دشت- بروجن	۴۶

جداول فصل سوم

جدول ۳- ۱	آنالیز شیمیایی مورد استفاده	۵۲
جدول ۳- ۲	مشخصات قیر مصرفی	۵۴
جدول ۳- ۳	جدول تعیین دانه بندی	۵۵
جدول ۳- ۴	مقادیر سایش به روش لس آنجلس مصالح موجود	۵۶
جدول ۳- ۵	مقادیر مجاز سایش به روش لوس آنجلس	۵۷
جدول ۳- ۶	مقادیر وزنی ترکیبی نمونه ۱	۵۸

جدول ۳-۷ مقادیر وزنی ترکیبی نمونه ۲ ۵۹
جدول ۳-۸ مقادیر وزنی ترکیبی نمونه ۳ ۵۹
جدول ۳-۹ مقادیر وزنی ترکیبی نمونه ۴ ۶۰
جدول ۳-۱۰ مقادیر وزنی ترکیبی نمونه ۵ ۶۰
جدول ۳-۱۱ مقادیر وزنی ترکیبی نمونه ۶ ۶۱
جدول ۳-۱۲ مقادیر وزنی ترکیبی نمونه ۷ ۶۱
جدول ۳-۱۳ مشخصات فیزیکی و مقاومتی مخلوط‌های آسفالتی گرم با روش مارشال ۶۵

جداول فصل چهارم

جدول ۴-۱ مقدار قیر بهینه در نمونه های آسفالتی ساده و حاوی مس باره ۸۱
جدول ۴-۲ معادلات پیشبینی خستگی مخلوط آسفالتی ۱۰۳

چکیده

بررسی آزمایشگاهی تاثیر مس باره به عنوان یک افزودنی در بهبود خصوصیات عملکردی بتن آسفالتی

جواد میرزایی

بیشتر از ۹۵ درصد مواد روسازی های آسفالتی (از نظر وزنی) از سنگدانه ها تشکیل شده است. بنابراین سالیانه در صنعت راه و ساختمان مقدار زیادی سنگدانه مصرف می شود. سنگدانه ها معمولا از معادن سنگ طبیعی تهیه می شوند. افزایش تقاضا برای معادن سنگ طبیعی، موجب نابودی بافت طبیعی زمین و نگرانی هایی در زمینه محیط زیست می شود. در حال حاضر حجم مواد زائد در چرخه صنعت روز به روز در حال افزایش می‌باشد، که این امر باعث تخریب محیط زیست گردیده است. سرباره مس(مس باره) که به عنوان یکی از ضایعات حاصل از عملیات ذوب کردن به دست می‌آید، در بسیاری از صنایع استفاده می‌شود که از جمله می‌توان به استفاده از آن در بتن و آسفالت اشاره کرد. استفاده از مس باره در بتن در سال‌های اخیر در تحقیقات مختلف تحت مطالعه قرار گرفته و در نهایت نتایج رضایت بخشی را به همراه داشته است. همچنین مطالعات انجام شده در زمینه آسفالت در سال‌های اخیر در کشورهای مختلف نشان داده است که استفاده از مس باره سبب پیوستگی بهتر و بهبود ویژگی‌های حجمی و مکانیکی مخلوط‌های آسفالتی می‌شود. در این پژوهش مس باره معدن مس سرچشمه کرمان به عنوان سنگدانه در مخلوط های آسفالتی گرم استفاده شد و آزمایش مارشال و تست های دینامیکی دیگری روی آن مورد ارزیابی قرار گرفت. نتیجه این مطالعات آزمایشگاهی بهبود خصوصیات دینامیکی آسفالت بود که عدم آلودگی محیط زیست را نیز به همراه خواهد داشت.

مزایای استفاده از مس باره ضایعاتی در مخلوط های آسفالتی را می توان در سه جنبه بررسی کرد: ۱) اقتصادی (کاهش هزینه تولید اولیه، کاهش هزینه نگهداری مواد زاید) ۲) محیط زیست (حفظ سنگدانه های طبیعی، کاهش دفن زباله، کاهش فشار های حمل و نقل، کاهش انتشار مواد زائد). ۳) افزایش کارایی مخلوط های آسفالتی.

کلید واژه: مخلوط های آسفالتی گرم، خصوصیات دینامیکی ، محیط زیست، مس باره

Abstract

Laboratory Studies on the Effect of Copper Slag as an Additive to Improve the Functional Properties of Asphalt Concrete

Javad Mirzaie

More than ۹۵ percent of asphalt pavement materials (in terms of weight) are composed of aggregates. Therefore annually in highway and construction industries are consumed a lot of amount of aggregate. The aggregates are usually obtained from natural aggregate sources. Increase in demand for natural stone mines causes destruction of normal texture earth and environmental concerns. also volume of waste materials is increasing in industry cycle day by day, which leads to environment destruction. Copper slag that is obtained as a surplus of melting operation could be used in many industries that Include concrete and asphalt industries. In recent years use of copper slag in concrete has been investigated in many studies and eventually leaded to pleasant results. Former studies at recent years in different countries have shown that using copper slag leads to better continuity and improve voluminal and mechanical properties of asphalt mixtures. In this study, KERMAN-SARCHESHMEH copper mine copper slag has been used as aggregate in hot mixes asphalt (HMA) and its marshal test and dynamic properties have been evaluated. Experimental investigations resulted asphalt dynamic properties improvement that leads to decrease of environment pollution too.

The use of Copper Slag can offer the following benefits: ۱. Economic (reduces primary production costs, reduce the cost of waste storage) ۲. Environmental (preservation of natural aggregate, reducing landfill, reduces transport impacts, reduce waste emissions) ۳. Increase the efficiency of asphalt mixes.

Key Words: HMA, Dynamic Properties, environment, Copper Slag (CS)

فصل اول : کلیات

۱- ۱- مقدمه

در سال ۱۸۷۰ یک شیمیدان بلژیکی با نام دسمدت[۱] اولین سنگ فرش آسفالت واقعی را که مخلوطی از ماسه بود، در برابر تالار شهر نیویورک ایجاد نمود. طراحی دسمدت در بزرگراهی در فرانسه در سال ۱۸۷۲ مورد الگوبرداری قرار گرفت. سپس دسمدت خیابان پنسیلوانیا در واشینگتن را آسفالت کرد که سطح این پروژه ۴۵۱۴۹ متر مربع بود. آن زمان یکی از نمایندگان محلی کنگره به دسمدت گفت: "این کار هرگز عمومیت نخواهد یافت." با این حال بر اساس تقاضای روبه رشد بازار، تا سال ۲۰۰۷ بازار آسفالت قیری به بیش از ۱۰۷ میلیون تن رسید [۱].

خیابان های آسفالته در اواخر قرن ۱۹ در شهرهایی مانند پاریس رواج یافت. در اوایل قرن بیستم تکنولوژی ساخت خیابان های آسفالته و بتنی، به خارج از شهرها و در ساخت جاده ها نیز منتقل شد. در ضمن دوچرخه سواران از حامیان اصلی جنبش تأسیس جاده های با کیفیت بودند. دوچرخه سواری یکی از تفریحات رایج در میان قشر متوسط و مرفه شهروندان قرن نوزدهم بود [۱].

بتن آسفالتی از جمله مصالحی است که به وفور برای روسازی راه ها و فرودگاه ها استفاده می شود. محققین و مهندسین به طور پیوسته در تلاش‌اند تا عملکرد روسازی‌های آسفالتی را بهبود بخشند. روسازی راه ها به عنوان سطوحی که مورد بارگذاری مکرر و متعدد محورهای سنگین قرار می گیرند، باید دارای مقاومت کافی در برابر خستگی، ترک خوردگی، خزش و لغزش باشند [۲].

آسفالت گرم در ساختار روسازی به عنوان لایه رویه استفاده می شود تا تنش وارده در اثر بارگذاری را توزیع کرده و نیز لایه های محافظت نشده زیرین را از اثر آب حفاظت کند. برای اینکه مخلوط آسفالت بتواند هر دوی این وظایف را در طول عمر طراحی روسازی با کفایت انجام دهد، باید در برابر تاثیرات آب و هوا مقاوم بوده و در برابر تغییر شکل دائمی و ترکهای ایجاد شده توسط بارگذاری و عوامل محیطی ایستادگی کند [۳]. آسفالت گرم از سنگدانه و مصالح چسبنده تشکیل شده است. خصوصیات مصالح تشکیل دهنده نقش بسزایی در ویژگیهای ساختمانی روسازی بازی می کنند. در سالیان اخیر روند صعودی هزینه‌های مرمت و بازسازی روسازی راهها و فرودگاهها، که در اثر افزایش مقدار و تکرار بارهای ترافیکی وارده به روسازی‌ها ایجاد می‌شود، موجب شده است که تحقیقات جامعی در زمینه استفاده از مواد افزودنی در ساخت مخلوطهای آسفالتی به منظور افزایش قابلیت آنها در برابر بارهای دینامیکی صورت پذیرد. مقاومت کم روسازی ها در برابر بارهای دینامیکی و عمر

[۱] Desmedt

کوتاه سرویس دهی آنها از عمده ترین مشکلات موجود در زمینه حفاظت و نگهداری راهها به شمار می آیند. یکی از مهمترین عوامل مؤثر در افزایش قابلیت تحمل بار توسط روسازی آسفالتی، افزایش قفل و بست بین دانه‌ای میان سنگدانه‌هاست.

در هر حال امروزه اغلب مسایل و مشکلات و تنگناهای زیست محیطی دیگر بعنوان یک موضوع محلی و یا حتی ملی به شمار نمی آیند و با توجه به وابستگی متقابل و غیر قابل تفکیک محیط زیست با مباحث کلان انسانی از جمله اقتصاد، فرهنگ، توسعه، سیاست و بویژه نوع خاص آن یعنی ژئوپولتیک، اخلاق، فلسفه و عرفان و بسیاری دیگر از جنبه های مادی و معنوی حیات انسانها، در واقع هر مشکل زیست محیطی در هر اندازه و حتی محدود در داخل مرزهای قراردادی یک کشور مشکلی برای کل جهان و نوع بشر به شمار می آید[۴].

۱- ۲- تعریف مسئله

طول عمر روسازی راه از سر فصل‌های مهم در اقتصاد ملی است. خرابی در روسازی‌های انعطاف پذیر در اثر دو عامل ترک خوردگی یا شیار افتادگی روی می‌دهد. از آن‌جا که برای ترمیم و بازسازی این نواقص و عیوب، هزینه های زیادی باید صرف شود، لذا پیش گیری اولیه، معمولا مقرون به صرفه تر است. برای اجتناب از این خرابی‌ها، مصالح روسازی باید طوری انتخاب شوند که استقامت و پایداری کافی را دارا باشند. مصالح سنگی باید شکسته باشند و از به کاربردن بیش از حد قیر و مصالح ریزدانه جلوگیری شود.

عامل شیارشدگی عموما در اثر بارهای بیش از توان روسازی می‌باشد اما ترکهای خستگی معمولا دراثر عبور زیاد وسایل نقلیه با بارهای نرمال و انقباض و انبساط در اثر تغییرات دمایی حاصل می‌شود. از میان این دو مکانیسم ترک‌های خستگی به مقدار زیاد در رویه‌های آسفالتی دیده می‌شود.

هنگامی که یک روسازی آسفالتی تحت عبور بارهای ترافیکی قرار می‌گیرد، در زیر چرخ و در سطح روسازی تنش و کرنش فشاری و در کناره‌های چرخ در سطح روسازی و همچنین در زیر چرخ در پایین‌ترین سطح لایه آسفالتی، تنش‌ها و یا کرنش‌های کششی به وجود می‌آید. چنانچه مقادیر کرنش‌ها و یا تنش‌ها از مقاومت مخلوط آسفالتی بیشتر باشد، ترک‌هایی در سطح و زیر لایه آسفالتی به وجود می‌آید. این ترک‌ها به تدریج و با افزایش تعداد دفعات بارگذاری توسعه پیدا می‌کنند و در جسم آسفالت پخش و منتشر می‌شوند. بروز این نوع خرابی به عوامل زیادی نظیر خصوصیات مصالح مورد استفاده در مخلوط از جمله نوع مصالح سنگی، سختی مخلوط، مقدار قیر، نوع قیر، و درصد فضای خالی بستگی دارد. این ترک‌ها حتی در سطح تنش و یا کرنش پایین‌تر از سطح مقاومت استاتیک روسازی‌ها ایجاد می‌شوند. توسعه این ترک‌ها را می‌توان در سه بخش تقسیم بندی کرد. مرحله اول مرحله آغاز ترک می‌باشد و ترکهای ریز در اثر تمرکز تنش در رویه می‌شود، در مرحله دوم ترک‌های ریز ایجادشده در مرحله اول گسترش پیدا می‌کنند و ترکهای بزرگ‌تر تشکیل می‌شود. مرحله سوم که مرحله انتهایی

است، مرحله شکست نام دارد.

عموما وقتی راه برای عملیات تعمیر و نگهداری مورد توجه قرار می‌گیرد که در سطح آن ترک، چاله یا مسیر چرخ مشاهده شود این خرابی‌ها در سطح روسازی باعث مشکلات بیشماری می‌شوند از جمله:

- پایین آمدن کیفیت سواری برای استفاده کنندگان
- کاهش ایمنی
- عبور آب و در نتیجه آن کاهش ظرفیت باربری بستر راه
- پمپ شدن ذرات خاک بستر از میان ترک‌ها
- اضمحلال پیشرونده ساختار راه در مجاورت ترک‌ها به علت تمرکز تنش.

تحقیقات بسیار زیادی راجع به کاهش خرابیهای رویه‌های آسفالتی مانند استفاده از افزودنیهای قیری، فیلرهای مختلف و یا جایگزینی مصالح سنگی با پودر لاستیک، خرده شیشه، سرباره ها شده است همچنین مطالعات گوناگون نشان داده است که استفاده از سرباره‌ها می‌تواند خصوصیات عملکردی آسفالت را تا حد زیادی بهبود بخشد و بر کاهش ترک و نشست‌های موضعی و شیار شدگی و همچنین عریان شدگی، کمک زیادی بنماید.

۱- ۳- اهمیت مسئله

برای بهبود مشخصات و افزایش مقاومت در برابر سایر خرابی‌ها، مواد و مصالح مختلفی در آزمایشگاه ارزیابی می‌شوند و روش‌های گوناگونی پیشنهاد شده است. از جمله این روش‌ها، می‌توان به افزایش کیفیت مصالح روسازی، افزایش ضخامت لایه های روسازی، تثبیت و استفاده از مصالح مناسب در لایه های مختلف روسازی اشاره کرد. سرباره ها از جمله مصالحی هستند که از مقاومت فشاری بالایی برخوردارند و می‌توان از آن‌ها در مخلوط‌های آسفالتی استفاده کرد.

از طرفی، کاربرد ضایعات صنعتی ناشی از فرایندهای گوناگون کارخانجات صنعتی برای بدست آوردن محصولات مختلف از جنبه های گوناگون حائز اهمیت است، که از جمله می‌توان به مواردی از قبیل کمک به حفظ و نگهداری منابع طبیعی غیر قابل جایگزین، کاهش آلودگی‌های زیست محیطی و بازیابی انرژی‌های صرف شده در طی تولید این ضایعات اشاره کرد. روزانه مواد ضایعاتی بی شماری در اثر فعالیت کارخانجات، بخش‌های خدماتی، صنعتی و فاضلابهای کارگاهی و خانگی در دنیا تولید می‌گردد. در سالهای اخیر صنعت تولید مخلوط آسفالتی گرم به سبب اعمال تغییرات فراوان ناشی از استفاده مواد ضایعاتی در این مخلوط‌ها دستخوش تغییرات زیادی شده است[۵]. هرچند این امر سبب افزایش هزینه اولیه ساخت روسازی‌های آسفالتی می‌شود، اما در دراز مدت با کاهش هزینه‌های اجرایی ناشی از کاهش ضخامت آسفالت و کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری