

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی عمران

گروه مهندسی راه و ترابری

پایان نامه کارشناسی ارشد

بررسی عوامل مؤثر بر مقاومت لغزندگی روسازی های بتنی راه

استاد راهنما

جناب آقای دکتر منصور فخری

استاد مشاور

جناب آقای دکتر منصور حاجی حسینلو

دانشجو

میلاذ طاری بخش

۸۸۰۱۰۱۴

تابستان ۱۳۹۰



تقدیم به

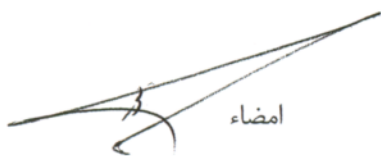
پدر و مادر عزیزم

تأیید هیات داوران

هیئت داوران پس از مطالعه پایان نامه و بررسیهای لازم در جلسه دفاع از پایان نامه تهیه شده تحت عنوان بررسی عوامل مؤثر بر مهارت لفظی در سبک‌های نوشتاری راه

صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای
گرایش راه و تراسری

توسط آقای میلاد طاری بخش
اخذ درجه مکتب / کارشناسی ارشد در رشته: عمران
با رتبه مورد تأیید قرار میدهند.



امضاء

آقای دکتر

۱- استاد راهنما

امضاء

آقای دکتر

۲- استاد مشاور



امضاء

آقای دکتر

۳- ممتحن خارجی محمد رضا کسری



امضاء

آقای دکتر

۴- ممتحن داخلی محمد سعید نسیم

امضاء

آقای دکتر

۵- نماینده تحصیلات تکمیلی دانشکده

تایید پایان نامه ~~مکتوبی~~ / کارشناسی ارشد توسط دانشجو

موضوع پایان نامه: بررسی عوامل مؤثر بر مقاومت (فرزندی) روسازی‌های بتنی راه

استاد راهنما: آ‌م‌آی دکتر منصور فخری

نام دانشجو: میلاد طاری بحشی

شماره دانشجویی: ۸۸۰۱۰۱۴

اینجانب میلاد طاری بحشی دانشجوی دوره ~~مکتوبی~~ / کارشناسی ارشد مهندسی عمران، گرایش راه و ترابری دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارایه شده در پایان نامه فوق‌الذکر 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. بعلاوه 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 فرمت مصوب دانشکده مهندسی عمران را به طور کامل رعایت کرده‌ام.

امضاء دانشجو: طاری بحشی
تاریخ:
۹۰/۶/۲۲



حق طبع و نشر و مالکیت نتایج

شماره:

تاریخ:

- ۱- حق چاپ و تکثیر این پایان نامه متعلق به نویسنده آن می باشد. هرگونه کپی برداری بصورت کل پایان نامه یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می باشد. ضمناً متن این صفحه نیز باید در نسخه تکثیر شده وجود داشته باشد.
- ۲- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست. همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مراجع مجاز نمی باشد.

* توجه:

این فرم می بایست پس از تکمیل، در نسخ تکثیر شده قرار داده شود.

تقدیر و تشکر

بدین وسیله لازم می‌دانم که از زحمات و رهنمودهای استاد محترم جناب آقای دکتر فخری که در تهیه و گردآوری این پایان‌نامه به عنوان راهنما اینجانب را یاری کردند تشکر کنم.

چکیده

ایجاد مقاومت لغزندگی کافی یکی از الزامات مهم و اجتناب‌ناپذیر در ساخت روسازی های بتنی است و از روسازی های بتنی صاف و بدون بافت درشت، فقط می‌توان در مکان هایی که مسأله لغزش، اهمیت خاصی ندارد؛ مانند پارکینگ ها، کارگاه ها، کارخانه‌ها و انبارها استفاده نمود. انتخاب روش پرداخت سطح رویه، فاکتوری است که اثرات عمده ای بر خصوصیات اصطکاکی سطح دارد. با این حال، هنوز دستورالعمل جامعی برای شناسایی و انتخاب روش ایجاد بافت روسازی های بتنی که مجموعه عوامل فنی، زیست محیطی، اقتصادی و ایمنی راه را دربر گیرد، وجود ندارد. هدف از این پژوهش آزمایشگاهی، تعیین رابطه بین مشخصات بافت درشت ایجاد شده و مقاومت لغزندگی روسازی های بتنی می باشد. برای این منظور با در نظرگرفتن سه تیپ مخلوط بتنی مختلف براساس تفاوت در نوع دانه‌بندی و بزرگترین سایز اسمی سنگدانه‌های آنها، به ارائه سه طرح اختلاط مناسب اقدام شد. پس از پذیرش این سه تیپ مخلوط، جهت ساخت نمونه‌های مربوط به آزمایشات پاندول انگلیسی و پخش ماسه، دو روش شیارزنی و پخش سنگریزه (هر دو در وضعیت بتن پلاستیک) بکار گرفته شدند تا میزان تأثیر این دو روش بر خصوصیات بافت ریز و بافت درشت رویه‌های بتنی، ارزیابی و مقایسه گردد. شیارها در سه پهنا و چهار فاصله مختلف، بر روی سطح ایجاد شدند و نمونه‌ها در سه امتداد طولی و عرضی و مورب، تحت آزمایش آونگ انگلیسی قرار گرفتند. همچنین سنگریزه‌ها در دو نوع و دو قطر متفاوت (بصورت تک‌سایز) مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج بدست آمده حاکی از آن است که ایجاد بافت بر روی سطح بتن، مقاومت لغزندگی را به میزان قابل توجهی افزایش می دهد. در روش شیارزنی، با افزایش پهنا و کاهش فواصل شیارها، اصطکاک بیشتری تولید می گردد و هرگاه بافت ایجاد شده در امتداد عمود بر جریان ترافیک باشد، بالاترین میزان اصطکاک را دارا می باشد. در ارتباط با روش پخش سنگریزه، باید گفت که نوع و دانه بندی مصالح مورد استفاده برای ایجاد بافت، تعیین کننده میزان مقاومت لغزندگی خواهند بود.

کلمات کلیدی: مقاومت لغزندگی، روسازی بتنی، بافت ریز، بافت درشت، آونگ انگلیسی، پخش ماسه.

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه و کلیات

۱	..... ۱-۱- مقدمه
۲	..... ۲-۱- اهمیت موضوع و ضرورت انجام پژوهش
۵	..... ۳-۱- اهداف تحقیق
۶	..... ۴-۱- روش تحقیق
۸	..... ۵-۱- فرضیات تحقیق
۸	..... ۶-۱- مروری بر فصول پایان نامه

فصل دوم: مفاهیم و عوامل مؤثر در لغزندگی

۱۰	..... ۱-۲- مقدمه
۱۱	..... ۲-۲- مفهوم مقاومت لغزندگی
۱۴	..... ۳-۲- دینامیک نیروهای اصطکاکی
۱۹	..... ۴-۲- اندرکنش بین لاستیک و روسازی
۲۱	..... ۵-۲- عوامل مؤثر بر مقاومت لغزندگی
۲۳	..... ۱-۵-۲- عوامل مربوط به روسازی
۲۳	..... ۱-۱-۵-۲- بافت سطح روسازی
۲۵	..... ۲-۱-۵-۲- سن روسازی، تجمع مواد آلاینده و انباشتگی آب در سطح روسازی
۲۷	..... ۲-۵-۲- شرایط آب و هوایی و نوسانات ترافیکی
۲۸	..... ۳-۵-۲- خصوصیات مربوط به وسائط نقلیه
۲۸	..... ۱-۳-۵-۲- سرعت وسایل نقلیه
۳۰	..... ۲-۳-۵-۲- فشار لاستیک
۳۰	..... ۳-۳-۵-۲- آج لاستیک و انتخاب نوع آن
۳۱	..... ۴-۳-۵-۲- سیستم ترمز

فصل سوم: روش های اندازه گیری مقاومت لغزندگی و بهسازی آن

۳۲	..... ۱-۳-۱ مقدمه
۳۲	..... ۲-۳-۱ بررسی روابط لغزش
۳۵	..... ۳-۳-۱ وسایل اندازه گیری مقاومت اصطکاکی
۳۶	..... ۱-۳-۲ وسایل با نیروی جانبی
۳۸	..... ۲-۳-۲ وسایل چرخ قفل شونده
۴۱	..... ۳-۳-۲ وسایل لغزش ثابت
۴۲	..... ۴-۳-۲ وسایل لغزش متغیر
۴۴	..... ۴-۳-۴ اندازه گیری بافت
۴۴	..... ۱-۴-۳ اندازه گیری بافت درشت
۴۴	..... ۳-۴-۱-۱ آزمایش پخش ماسه
۴۶	..... ۳-۴-۱-۲ آزمایش حجم جریان آب
۴۶	..... ۳-۴-۱-۳ اندازه گیری به کمک لیزر
۴۸	..... ۳-۴-۲ اندازه گیری بافت ریز
۵۱	..... ۳-۵-۱ روشهای بهسازی مقاومت لغزندگی
۵۱	..... ۳-۵-۱-۱ بهسازی موضعی
۵۲	..... ۳-۵-۲ بهسازی سطحی

فصل چهارم: روش های ایجاد بافت در روسازی های بتنی

۵۴	..... ۴-۱-۱ مقدمه
۵۵	..... ۴-۲-۱ روش های ایجاد بافت در روسازی های بتنی
۵۵	..... ۴-۲-۱-۱ ایجاد بافت بر روی بتن سخت شده
۵۶	..... ۴-۲-۲-۱ ایجاد بافت بر روی بتن تازه
۵۶	..... ۴-۲-۲-۱-۱ شیار زدن
۵۹	..... ۴-۲-۲-۲ کشیدن پارچه کرباسی
۵۹	..... ۴-۲-۲-۳ کشیدن برس

۶۰ ۴-۲-۲-۴- پخش سنگدانه

۶۱ ۴-۲-۲-۵- سایر روش ها

فصل پنجم: طرح اختلاط بتن و برنامه آزمایشگاهی

۶۲ ۱-۵- مقدمه

۶۲ ۲-۵- مشخصات مصالح

۶۴ ۳-۵- طرح اختلاط بتن

۶۵ ۱-۳-۵- دانه بندی سنگدانه ها در مخلوط بتنی

۶۸ ۲-۳-۵- وزن مخصوص مصالح سنگی و سیمان

۷۰ ۳-۳-۵- روند گام به گام طرح اختلاط بتن

۷۳ ۴-۳-۵- تعیین نسبت های اختلاط بتن و تهیه نمونه های استوانه ای

۷۴ ۴-۵- ساخت نمونه های بتنی و ایجاد بافت درشت بر روی آنها

۷۵ ۱-۴-۵- روش شیار زدن

۷۵ ۲-۴-۵- روش پخش سنگریزه

۷۷ ۵-۵- آزمایش های ارزیابی مقاومت لغزندگی

۷۷ ۱-۵-۵- آزمایش پاندول انگلیسی

۷۸ ۲-۵-۵- آزمایش پخش ماسه اصلاح شده

فصل ششم: نتایج آزمایشگاهی و تحلیل نتایج

۷۹ ۱-۶- مقدمه

۸۳ ۲-۶- بررسی بافت ایجاد شده به روش شیارزنی عرضی

۸۵ ۱-۲-۶- بررسی تأثیر فواصل شیارهای عرضی بر مقاومت لغزندگی

۸۸ ۲-۲-۶- بررسی تأثیر پهنای شیارهای عرضی بر مقاومت لغزندگی

۹۱ ۳-۲-۶- بررسی تأثیر NMSA نمونه های دارای شیار عرضی بر مقاومت لغزندگی

۹۲ ۳-۶- بررسی بافت ایجاد شده به روش شیارزنی مورب

۹۴ ۱-۳-۶- بررسی تأثیر فواصل شیارهای مورب بر مقاومت لغزندگی

- ۹۶ بررسی تأثیر پهنای شیارهای مورب بر مقاومت لغزندگی ۲-۳-۶
- ۹۹ بررسی تأثیر NMSA نمونه های دارای شیار مورب بر مقاومت لغزندگی ۳-۳-۶
- ۱۰۰ بررسی بافت ایجاد شده به روش شیارزنی طولی ۴-۶
- ۱۰۲ بررسی تأثیر فواصل شیارهای طولی بر مقاومت لغزندگی ۱-۴-۶
- ۱۰۴ بررسی تأثیر پهنای شیارهای طولی بر مقاومت لغزندگی ۲-۴-۶
- ۱۰۷ بررسی تأثیر NMSA نمونه های دارای شیار طولی بر مقاومت لغزندگی ۳-۴-۶
- ۱۰۸ بررسی تأثیر زاویه شیار بر مقاومت لغزندگی ۵-۶
- ۱۰۹ بررسی بافت ایجاد شده به روش پخش سنگریزه ۶-۶
- ۱۱۰ بررسی تأثیر نوع سنگریزه بر مقاومت لغزندگی ۱-۶-۶
- ۱۱۱ بررسی تأثیر سایز اسمی سنگریزه بر مقاومت لغزندگی ۲-۶-۶
- ۱۱۲ بررسی تأثیر NMSA مخلوط بتنی بر مقاومت لغزندگی ۳-۶-۶
- ۱۱۴ بررسی عمق بافت درشت ایجاد شده به روش شیارزنی ۷-۶
- ۱۱۵ بررسی تأثیر فواصل شیارها بر عمق بافت درشت ۱-۷-۶
- ۱۱۸ بررسی تأثیر پهنای شیارها بر عمق بافت درشت ۲-۷-۶
- ۱۲۲ بررسی تأثیر NMSA بر عمق بافت درشت ۳-۷-۶
- ۱۲۳ بررسی عمق بافت درشت ایجاد شده به روش پخش سنگریزه ۸-۶
- ۱۲۴ بررسی تأثیر نوع سنگریزه بر عمق بافت درشت ۱-۸-۶
- ۱۲۵ بررسی تأثیر سایز اسمی سنگریزه بر عمق بافت درشت ۲-۸-۶
- ۱۲۶ بررسی تأثیر NMSA مخلوط بتنی بر عمق بافت درشت ۳-۸-۶

فصل هفتم: نتیجه گیری و پیشنهادات

- ۱۲۸ نتیجه گیری ۱-۷
- ۱۳۲ پیشنهادات ۲-۷
- ۱۳۴ منابع و مراجع
- ۱۳۸ واژه نامه

فهرست جداول

فصل اول

جدول ۱-۱- آمار تصادفات، متوفیان و مجروحین حوادث رانندگی ۳

فصل دوم

جدول ۱-۲- مقادیر ضریب اصطکاک سطح جاده در شرایط مختلف ۱۶

جدول ۲-۲- فاکتورهای مؤثر در خصوصیات اصطکاکی راه ۲۲

جدول ۳-۲- تعریف بافت روسازی توسط پیارک ۲۳

فصل سوم

جدول ۱-۳- مقادیر پیشنهادی برای ضریب نیروی جانبی ۳۸

جدول ۲-۳- پیشنهاد TRRL برای عمق متوسط بافت سطح روسازی ۴۵

جدول ۳-۳- حداقل مقادیر مجاز مقاومت لغزندگی ۴۹

جدول ۴-۳- حداقل مقادیر PSV برای جاده‌های آسفالتی ۵۰

فصل پنجم

جدول ۱-۵- نتایج آزمایش سایش لس آنجلس و درصد شکستگی ۶۴

جدول ۲-۵- حدود دانه بندی شماره ۶ استاندارد ASTM C33 و حد وسط انتخاب شده ۶۶

جدول ۳-۵- حدود دانه بندی شماره ۷ استاندارد ASTM C33 و حد وسط انتخاب شده ۶۶

جدول ۴-۵- حدود دانه بندی شماره ۸۹ استاندارد ASTM C33 و حد وسط انتخاب شده ۶۷

جدول ۵-۵- مدول نرمی ماسه برای هر سه تیپ دانه بندی ۶۸

جدول ۶-۵- وزن مخصوص مصالح سنگی و سیمان مورد استفاده در این پروژه ۶۹

جدول ۷-۵- نسبت های اجزاء مخلوط بتنی در وضعیت اشباع با سطح خشک (SSD) ۷۳

جدول ۸-۵- نسبت های اجزاء مخلوط بتنی اصلاح شده براساس رطوبت طبیعی سنگدانه ها ... ۷۳

جدول ۹-۵- نتایج حاصل از آزمایش مقاومت فشاری بتن ۷۴

فصل ششم

- جدول ۶-۱- مقادیر BPN برای نمونه های شیاردار تیپ A ۸۰
- جدول ۶-۲- مقادیر BPN برای نمونه های شیاردار تیپ B ۸۰
- جدول ۶-۳- مقادیر BPN برای نمونه های شیاردار تیپ C ۸۱
- جدول ۶-۴- مقادیر BPN برای نمونه های ساخته شده به روش پخش سنگریزه ۸۱
- جدول ۶-۵- مقادیر BPN برای نمونه های بدون ایجاد بافت درشت(سطح صاف) ۸۱
- جدول ۶-۶- میانگین مقادیر BPN در فواصل مختلف شیار عرضی برای مخلوط تیپ A ۸۳
- جدول ۶-۷- میانگین مقادیر BPN در فواصل مختلف شیار عرضی برای مخلوط تیپ B ۸۴
- جدول ۶-۸- میانگین مقادیر BPN در فواصل مختلف شیار عرضی برای مخلوط تیپ C ۸۴
- جدول ۶-۹- میانگین مقادیر BPN در پهناهای مختلف شیار عرضی برای مخلوط تیپ A ۸۴
- جدول ۶-۱۰- میانگین مقادیر BPN در پهناهای مختلف شیار عرضی برای مخلوط تیپ B ۸۵
- جدول ۶-۱۱- میانگین مقادیر BPN در پهناهای مختلف شیار عرضی برای مخلوط تیپ C ۸۵
- جدول ۶-۱۲- پارامترهای رگرسیونی رابطه بین فواصل شیارهای عرضی (x) و BPN ۸۶
- جدول ۶-۱۳- پارامترهای رگرسیونی رابطه بین پهنای شیارهای عرضی (x) و BPN ۸۹
- جدول ۶-۱۴- میانگین مقادیر BPN در فواصل مختلف شیار مورب برای مخلوط تیپ A ۹۲
- جدول ۶-۱۵- میانگین مقادیر BPN در فواصل مختلف شیار مورب برای مخلوط تیپ B ۹۳
- جدول ۶-۱۶- میانگین مقادیر BPN در فواصل مختلف شیار مورب برای مخلوط تیپ C ۹۳
- جدول ۶-۱۷- میانگین مقادیر BPN در پهناهای مختلف شیار مورب برای مخلوط تیپ A ۹۳
- جدول ۶-۱۸- میانگین مقادیر BPN در پهناهای مختلف شیار مورب برای مخلوط تیپ B ۹۳
- جدول ۶-۱۹- میانگین مقادیر BPN در پهناهای مختلف شیار مورب برای مخلوط تیپ C ۹۴
- جدول ۶-۲۰- پارامترهای رگرسیونی رابطه بین فواصل شیارهای مورب (x) و BPN ۹۵
- جدول ۶-۲۱- پارامترهای رگرسیونی رابطه بین پهنای شیارهای مورب (x) و BPN ۹۸
- جدول ۶-۲۲- میانگین مقادیر BPN در فواصل مختلف شیار طولی برای مخلوط تیپ A ۱۰۰
- جدول ۶-۲۳- میانگین مقادیر BPN در فواصل مختلف شیار طولی برای مخلوط تیپ B ۱۰۱
- جدول ۶-۲۴- میانگین مقادیر BPN در فواصل مختلف شیار طولی برای مخلوط تیپ C ۱۰۱
- جدول ۶-۲۵- میانگین مقادیر BPN در پهناهای مختلف شیار طولی برای مخلوط تیپ A ۱۰۱

- جدول ۶-۲۶- میانگین مقادیر BPN در پهناهای مختلف شیار طولی برای مخلوط تیپ B ۱۰۱
- جدول ۶-۲۷- میانگین مقادیر BPN در پهناهای مختلف شیار طولی برای مخلوط تیپ C ۱۰۲
- جدول ۶-۲۸- پارامترهای رگرسیونی رابطه بین فواصل شیارهای طولی (x) و BPN ۱۰۳
- جدول ۶-۲۹- پارامترهای رگرسیونی رابطه بین پهناهای شیارهای طولی (x) و BPN ۱۰۶
- جدول ۶-۳۰- میانگین مقادیر BPN در زوایای مختلف شیار برای هر سه تیپ مخلوط ۱۰۸
- جدول ۶-۳۱- میانگین مقادیر BPN برای انواع مختلف سنگریزه و برای هر سه تیپ مخلوط ... ۱۱۰
- جدول ۶-۳۲- میانگین مقادیر BPN برای قطرهای مختلف سنگریزه و برای هر سه تیپ مخلوط ۱۱۰
- جدول ۶-۳۳- میانگین مقادیر BPN در تیپ های مختلف مخلوط بتنی ۱۱۰
- جدول ۶-۳۴- مقادیر MTD برای نمونه های بتنی ۱۱۴
- جدول ۶-۳۵- میانگین مقادیر MTD در فواصل مختلف شیار برای مخلوط تیپ A ۱۱۵
- جدول ۶-۳۶- میانگین مقادیر MTD در فواصل مختلف شیار برای مخلوط تیپ B ۱۱۵
- جدول ۶-۳۷- میانگین مقادیر MTD در فواصل مختلف شیار برای مخلوط تیپ C ۱۱۶
- جدول ۶-۳۸- پارامترهای رگرسیونی رابطه بین فواصل شیارها (x) و MTD ۱۱۷
- جدول ۶-۳۹- میانگین مقادیر MTD در پهناهای مختلف شیار برای مخلوط تیپ A ۱۱۹
- جدول ۶-۴۰- میانگین مقادیر MTD در پهناهای مختلف شیار برای مخلوط تیپ B ۱۱۹
- جدول ۶-۴۱- میانگین مقادیر MTD در پهناهای مختلف شیار برای مخلوط تیپ C ۱۱۹
- جدول ۶-۴۲- پارامترهای رگرسیونی رابطه بین پهناهای شیارها (x) و MTD ۱۲۰
- جدول ۶-۴۳- مقادیر MTD برای نمونه های ساخته شده به روش پخش سنگریزه ۱۲۳
- جدول ۶-۴۴- میانگین مقادیر MTD برای انواع مختلف سنگریزه و برای هر سه تیپ مخلوط .. ۱۲۴
- جدول ۶-۴۵- میانگین مقادیر MTD برای قطرهای مختلف سنگریزه و برای هر سه تیپ مخلوط ۱۲۴
- جدول ۶-۴۶- میانگین مقادیر MTD در تیپ های مختلف مخلوط بتنی ۱۲۴

فهرست اشکال

فصل اول

شکل ۱-۱- روند افزایش تلفات جاده‌ای در ایران طی سال های ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۸..... ۴

فصل دوم

شکل ۱-۲- رابطه بین مقاومت لغزندگی و بافت روسازی ۱۳

شکل ۲-۲- نیروهای افقی بین سطح روسازی و خودرو ۱۵

شکل ۳-۲- مؤلفه‌های چسبندگی و هیسترسیس اصطکاک ۱۹

شکل ۴-۲- مقایسه مقادیر مختلف مؤلفه‌های اصطکاک ۲۱

شکل ۵-۲- تصویر سطح سه نوع سنگ پس از صیقلی شدن ۲۴

شکل ۶-۲- اثر عمق آب در ضریب اصطکاک بین لاستیک چرخ‌ها و سطح رویه ۲۶

شکل ۷-۲- نمودار کاهش مقاومت لغزندگی با افزایش دما ۲۸

شکل ۸-۲- نمودار کاهش ضریب اصطکاک سطح روسازی در اثر ترافیک ۲۸

شکل ۹-۲- تغییر مقادیر اصطکاک با سرعت برای رویه آسفالتی در حالت رو زدن قیر ۲۹

شکل ۱۰-۲- منحنی‌های تغییرات ضریب اصطکاک با سرعت بر حسب عمق بافت روسازی ۲۹

فصل سوم

شکل ۱-۳- طبقه بندی روش‌های اندازه گیری مقاومت لغزندگی به همراه مثال‌های متعارف ... ۳۳

شکل ۲-۳- تغییرات ضریب اصطکاک در مقابل سرعت لغزش ۳۵

شکل ۳-۳- روش نیروی جانبی ۳۷

شکل ۴-۳- وسیله SCRIM و چرخ آن ۳۷

شکل ۵-۳- دستگاه تریلر چرخ قفل شونده و یدک کش آن ۳۹

شکل ۶-۳- سیستم آبرسانی در وسیله چرخ قفل شونده ۴۰

شکل ۷-۳- دستگاه GripTester و لاستیک آن ۴۲

- شکل ۳-۸- دستگاه ROAR ۴۳
- شکل ۳-۹- روش پخش ماسه ۴۵
- شکل ۳-۱۰- روش استفاده از لیزر ۴۷
- شکل ۳-۱۱- دستگاه پاندول انگلیسی ۵۰
- شکل ۳-۱۲- دستگاه شتاب دهنده صیقل APM ۵۱
- شکل ۳-۱۳- استفاده از خاکستر بوکسیت جهت افزایش مقاومت لغزندگی ۵۳

فصل چهارم

- شکل ۴-۱- روسازی بتنی دارای بافت درشت به روش؛ الف) تیغه الماسی، ب و ج) تیغه فِرِز ۵۶
- شکل ۴-۲- نمونه هایی از سطح تمام شده روسازی بتنی شیاردار ۵۸
- شکل ۴-۳- نمونه هایی از دستگاه ایجاد شیار؛ الف) بدون فنر، ب) دارای فنر ۵۸
- شکل ۴-۴- نمونه هایی از روش کشیدن پارچه کرباسی؛ الف) با وزنه، ب) بدون وزنه ۵۹
- شکل ۴-۵- نمونه ای از روش کشیدن برس ۶۰
- شکل ۴-۶- نمونه هایی از غلتک فلزی ۶۱

فصل پنجم

- شکل ۵-۱- دانه بندی های مورد استفاده برای ساخت نمونه های بتنی ۶۷
- شکل ۵-۲- نمونه بتنی دارای بافت درشت به روش شیاردار ۷۵
- شکل ۵-۳- نمونه بتنی دارای بافت درشت به روش پخش سنگریزه معمولی و خرده آسفالتی .. ۷۶
- شکل ۵-۴- نمونه بتنی بدون بافت درشت (سطح صاف) ۷۷

فصل ششم

- شکل ۶-۱- روند تغییرات BPN و NMSA برای سطوح بتنی صاف و بدون بافت ۸۲
- شکل ۶-۲- نحوه تغییرات بافت ریز و فواصل مختلف شیارهای عرضی برای هر سه تیپ مخلوط ۸۶
- شکل ۶-۳- روند تغییرات BPN و فواصل شیارهای عرضی برای مخلوط تیپ A ۸۶

- شکل ۴-۶- روند تغییرات BPN و فواصل شیارهای عرضی برای مخلوط تیپ B ۸۷
- شکل ۵-۶- روند تغییرات BPN و فواصل شیارهای عرضی برای مخلوط تیپ C ۸۷
- شکل ۶-۶- نحوه تغییرات بافت ریز و پهناهای مختلف شیارهای عرضی برای سه تیپ مخلوط .. ۸۸
- شکل ۷-۶- روند تغییرات BPN و پهناهای شیارهای عرضی برای مخلوط تیپ A ۸۹
- شکل ۸-۶- روند تغییرات BPN و پهناهای شیارهای عرضی برای مخلوط تیپ B ۸۹
- شکل ۹-۶- روند تغییرات BPN و پهناهای شیارهای عرضی برای مخلوط تیپ C ۹۰
- شکل ۱۰-۶- روند تغییرات BPN و حداکثر سایز اسمی سنگدانه‌ها در وضعیت شیارهای عرضی ۹۱
- شکل ۱۱-۶- نحوه تغییرات بافت ریز و فواصل مختلف شیارهای مورب برای هر سه تیپ مخلوط ۹۴
- شکل ۱۲-۶- روند تغییرات BPN و فواصل شیارهای مورب برای مخلوط تیپ A ۹۵
- شکل ۱۳-۶- روند تغییرات BPN و فواصل شیارهای مورب برای مخلوط تیپ B ۹۵
- شکل ۱۴-۶- روند تغییرات BPN و فواصل شیارهای مورب برای مخلوط تیپ C ۹۶
- شکل ۱۵-۶- نحوه تغییرات بافت ریز و پهناهای مختلف شیارهای مورب برای سه تیپ مخلوط ۹۷
- شکل ۱۶-۶- روند تغییرات BPN و پهناهای شیارهای مورب برای مخلوط تیپ A ۹۷
- شکل ۱۷-۶- روند تغییرات BPN و پهناهای شیارهای مورب برای مخلوط تیپ B ۹۸
- شکل ۱۸-۶- روند تغییرات BPN و پهناهای شیارهای مورب برای مخلوط تیپ C ۹۸
- شکل ۱۹-۶- روند تغییرات BPN و حداکثر سایز اسمی سنگدانه‌ها در وضعیت شیارهای مورب ۹۹
- شکل ۲۰-۶- نحوه تغییرات بافت ریز و فواصل مختلف شیارهای طولی برای هر سه تیپ مخلوط ۱۰۲
- شکل ۲۱-۶- روند تغییرات BPN و فواصل شیارهای طولی برای مخلوط تیپ A ۱۰۳
- شکل ۲۲-۶- روند تغییرات BPN و فواصل شیارهای طولی برای مخلوط تیپ B ۱۰۳
- شکل ۲۳-۶- روند تغییرات BPN و فواصل شیارهای طولی برای مخلوط تیپ C ۱۰۴
- شکل ۲۴-۶- نحوه تغییرات بافت ریز و پهناهای مختلف شیارهای طولی برای سه تیپ مخلوط ۱۰۵
- شکل ۲۵-۶- روند تغییرات BPN و پهناهای شیارهای طولی برای مخلوط تیپ A ۱۰۵
- شکل ۲۶-۶- روند تغییرات BPN و پهناهای شیارهای طولی برای مخلوط تیپ B ۱۰۶
- شکل ۲۷-۶- روند تغییرات BPN و پهناهای شیارهای طولی برای مخلوط تیپ C ۱۰۶
- شکل ۲۸-۶- روند تغییرات BPN و حداکثر سایز اسمی سنگدانه‌ها در وضعیت شیارهای طولی ۱۰۷
- شکل ۲۹-۶- نحوه تغییرات بافت ریز و زوایای مختلف شیارها ۱۰۹

- شکل ۶-۳۰- نحوه تغییرات بافت ریز و انواع مختلف سنگریزه برای هر سه تیپ مخلوط ۱۱۱
- شکل ۶-۳۱- نحوه تغییرات بافت ریز و قطرهای اسمی مختلف سنگریزه برای سه تیپ مخلوط ۱۱۲
- شکل ۶-۳۲- روند تغییرات BPN و حداکثر سایز اسمی سنگدانه‌ها در وضعیت پخش سنگریزه ۱۱۳
- شکل ۶-۳۳- نحوه تغییرات عمق بافت‌درشت و فواصل مختلف شیارها برای هر سه تیپ مخلوط ۱۱۶
- شکل ۶-۳۴- روند تغییرات MTD و فواصل شیارها برای مخلوط تیپ A ۱۱۷
- شکل ۶-۳۵- روند تغییرات MTD و فواصل شیارها برای مخلوط تیپ B ۱۱۷
- شکل ۶-۳۶- روند تغییرات MTD و فواصل شیارها برای مخلوط تیپ C ۱۱۸
- شکل ۶-۳۷- نحوه تغییرات عمق بافت‌درشت و پهناهای مختلف شیارها برای سه تیپ مخلوط ۱۲۰
- شکل ۶-۳۸- روند تغییرات MTD و پهنای شیارها برای مخلوط تیپ A ۱۲۰
- شکل ۶-۳۹- روند تغییرات MTD و پهنای شیارها برای مخلوط تیپ B ۱۲۱
- شکل ۶-۴۰- روند تغییرات MTD و پهنای شیارها برای مخلوط تیپ C ۱۲۱
- شکل ۶-۴۱- روند تغییرات MTD و بزرگترین سایز اسمی سنگدانه‌ها در وضعیت شیاردار ۱۲۲
- شکل ۶-۴۲- نحوه تغییرات عمق بافت‌درشت و انواع مختلف سنگریزه برای هر سه تیپ مخلوط ۱۲۵
- شکل ۶-۴۳- نحوه تغییرات عمق بافت‌درشت و قطرهای مختلف سنگریزه برای سه تیپ مخلوط ۱۲۶
- شکل ۶-۴۴- روند تغییرات MTD و حداکثر سایز اسمی سنگدانه‌ها در وضعیت پخش سنگریزه ۱۲۷

فصل اول

مقدمه و کلیات