

وزارت راه و ترابری
معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری
پژوهشکده حمل و نقل

راهنمای تثبیت لایه‌های خاکریز و روسازی راهها

راهنمای تثبیت لایه‌های خاکریز و روسازی راهها/ مجری معاونت پژوهشی دانشگاه علم و صنعت ایران؛
مدیر پروژه محمود عامری. -- تهران: وزارت راه و ترابری، معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری،
پژوهشکده حمل و نقل، ۱۳۸۴.

۲۲۳ص: مصور، جدول، نمودار.

ISBN: 964-6299-35-0

شابک : ۹۶۴-۶۲۹۹-۳۵-۰

فهرستویسی براساس اطلاعات قیفا.

کتابنامه: ص: ۲۱۹-۲۲۳.

۱. خاک -- تثبیت. ۲. روسازی. الف. عامری، محمود، ۱۳۳۲-. ب. دانشگاه علم و صنعت ایران. معاونت
پژوهشی. ج. ایران. وزارت وزارت راه و ترابری، معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری، پژوهشکده
حمل و نقل.

۶۲۴/۱۵۱۳۶۳

TEY۱۰/۴/۲۵

۸۴-۱۵۱۲۴

کتابخانه ملی ایران

معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری - پژوهشکده حمل و نقل

عنوان	: راهنمای تثبیت لایه‌های خاکریز و روسازی راهها
بخش پژوهشی	: روسازی
مجری	: معاونت پژوهشی دانشگاه علم و صنعت ایران - دکتر محمود عامری
ناظر	: دکتر غلامعلی شفاعخش - دکتر ابراهیم صفا
مسئول پروژه	: دکتر غلامعلی شفاعخش
ناشر	: معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری - پژوهشکده حمل و نقل
طرح جلد	: لیلا سلوکی
کد انتشار	: 84/BRCI/154
شابک	: ۹۶۴-۶۲۹۹-۳۵-۰
نوبت چاپ	: اول
تاریخ انتشار	: تابستان ۸۴
شمارگان	: ۱۵۰۰ نسخه
قیمت	: ۱۸۰۰ تومان
لبنوگرافی، چاپ و صحافی	: مرکز چاپ و انتشار موسسه عالی آموزش و پژوهش سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی
نشانی	: میدان آرژانتین - ابتدای بزرگراه آفریقا - اراضی عباس‌آباد - ساختمان شهید دادمان - وزارت راه و ترابری - طبقه سیزدهم شمالی - واحد اطلاع‌رسانی و نشر پژوهش‌ها
	تلفکس ۸۲۲۴۴۱۶۴
	Web: www.rahiran.ir
	http://shop.rahiran.ir
	وب سایت فروش نشریات

بسمه تعالی

جایگاه و نقش حمل و نقل در ابعاد مختلف اقتصادی، سیاسی و اجتماعی جوامع امروزی بر کسی پوشیده نیست. حمل و نقل یکی از پایه‌های اصلی توسعه پایدار و متوازن در جوامع بشری محسوب شده و در واقع شبکه‌های حمل و نقل با مولفه‌های مهمی همچون اقتصاد، امنیت و عدالت اجتماعی ارتباط تنگاتنگ دارند. در فرآیند توسعه اقتصادی و اجتماعی کشورها، همبستگی مستقیم میان گسترش حمل و نقل و دستیابی به نرخ رشد اقتصادی بیشتر وجود دارد. به عبارت دیگر همراه با افزایش تولید ناخالص داخلی، میزان ارزش افزوده بخش حمل و نقل نیز افزایش می‌یابد و به همین دلیل است که توسعه و رشد اقتصادی وابسته به توسعه بخش حمل و نقل است و فعالیت‌های حمل و نقل از جمله فعالیت‌های اساسی و زیربنایی برای رشد و تحول اقتصاد به حساب می‌آید.

طی سالهای اخیر استفاده از نتایج تحقیقات و مطالعات انجام شده در دنیا به افزایش بهره‌وری و ارتقاء کیفیت در اجرا، بهره‌برداری و نگهداری بهینه از طرحها و پروژه‌های حمل و نقل منجر شده و افق‌های جدیدی را به منظور ارائه راهکارها و راهبردهای نوین در عرصه حمل و نقل گشوده است. به همین دلیل اطلاع‌رسانی در این زمینه به منظور ایجاد ارتباط بین حوزه‌های مختلف یک ضرورت اجتناب ناپذیر می‌باشد. معاونت آموزش تحقیقات و فناوری در راستای ایفای تعهدات و وظایف خویش در امر اطلاع‌رسانی و بسترسازی علمی در زمینه‌های مرتبط با حمل و نقل می‌کوشد تا با عرضه نتایج مطالعات و تحقیقات انجام شده در این معاونت، در ایجاد تعامل و تبادل اطلاعات مابین محققان و متخصصان این رشته نقش مفید و موثری ایفا نماید. امید آن است تا در این رهرو بتوانیم خدمتی شایسته و در خور به انجام رسانیم و در مسیر سازندگی و بالندگی ایران اسلامی و سرافرازی کشورمان از طریق رشد علمی فرزندان این آب و خاک حرکت نمائیم.

در مجموعه حاضر به تثبیت خاک، اهداف و روشهای انجام آن و مزایا و معایب هریک پرداخته شده است. همچنین انواع مختلف مواد تثبیت کننده و اثرات آنها بر مشخصات فنی خاک مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. لذا مطالعه و استفاده از مطالب تدوین شده به شرکتهای مهندسين مشاور و پیمانکار در زمینه راهسازی و نیز متخصصین و دانشگاهیانی که در این زمینه به آزمایش و تحقیق مشغول می‌باشند توصیه می‌گردد. بی‌شک نقایص نوشتاری و محتوایی این کتاب از چشم تیزبین اساتید، صاحب نظران و متخصصان پوشیده نخواهد ماند و ما را از راهنمایی‌ها و ارشادهای خویش بهره‌مند خواهند نمود.

معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری وزارت راه و ترابری به این وسیله مراتب تشکر و قدردانی خود را نسبت به کلیه اعضای گروه تهیه کننده: دکتر محمود عامری / نویسنده و مدیر پروژه و همکاران وی آقایان دکتر حسن غبائیان و مهندس ناصر آذری کورائیم و همچنین آقای دکتر ابراهیم صفا و آقای دکتر غلامعلی شفا بخش / ناظر و مسئول پروژه و آقای مهندس احمد منصوریان؛ رئیس بخش روسازی ابراز می‌دارد. از کلیه بخشها، سازمانها و مؤسسانی که در مراحل تهیه و نظارخواهی این مجموعه همکاری نمودند، سپاسگزاری می‌گردد.

محمد جعفر اکرام جعفری
معاون آموزش، تحقیقات و فناوری

پیشگفتار

هدف از تدوین این مجموعه که با همکاری جمعی از متخصصان و صاحبان نظران با سابقه کشور تهیه شده است ارائه راهکارهای مناسب برای بهره برداری مفیدتر از منابع خاکی و مواد تثبیت کننده برای ساختن روسازی در ایران است. تثبیت خاکها، اعم از خاکریزها و یا مصالح لایه‌های روسازی به منظور بهبود کیفیت مشخصات فیزیکی و یا مکانیکی خاکها و مصالح روسازی انجام می‌شود تا مصالحی با مشخصات مناسب و منطبق با ضوابط مندرج در آئین نامه مورد نظر برای بکاربردن در خاکریزها و یا لایه‌های روسازی بدست آید.

این مجموعه شامل دو بخش است. بخش نخست شامل تعریف تثبیت، اهداف تثبیت و روشهای گوناگون تثبیت خاکها نظیر روشهای مکانیکی، شیمیایی، بیولوژیک، فیزیکی و الکتریکی می‌شود. در این بخش ابتدا انواع مختلف مواد تثبیت کننده نظیر آهک، سیمان، قیر، خاکستر ذغال سنگ معرفی و سپس اثر آنها بر مشخصات فنی و خصوصیات فیزیکی خاکها تشریح شده است. در بخش دوم روشهای طرح تثبیت و همچنین روشهای اجرایی عملیات تثبیت خاکها با آهک، سیمان، قیر و خاکستر ذغال سنگ-آهک آورده شده است. از آنجا که انتخاب ماده تثبیت کننده بستگی به نوع و جنس خاک و همچنین هدف از تثبیت خاک دارد در این راهنما روشهای معتبر علمی و بین‌المللی برای رده‌بندی و شناخت بهتر خاکها در پیوست "الف" آورده شده است. در پیوست "ب" نیز ملاحظات اقتصادی برای تثبیت خاکها ارائه شده است.

در تهیه این راهنما سعی و دقت فراوان شده است تا مطالب استخراج شده از منابع داخلی و بین‌المللی منطبق با ضوابط صحیح و ملی برای تثبیت خاکها و لایه‌های روسازی باشد. ضمناً قسمت اجرایی این راهنما تحت عنوان دستورالعمل تثبیت لایه‌های خاکریز و روسازی راهها توسط سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور به چاپ رسیده است (نشریه شماره ۲۶۸). در پایان از معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری وزارت راه و ترابری و پژوهشکده حمل‌ونقل به‌ویژه بخش روسازی، به جهت حمایت و بذل توجه بی‌دریغ درخصوص تدوین این مجموعه تشکر و قدردانی می‌گردد.

دکتر محمود عامری

عضو هیئت علمی دانشگاه علم و صنعت ایران

راهنمای تثبیت لایه‌های خاکریز و روسازی راهها

فهرست مطالب

عنوان

صفحه

بخش اول

فصل اول: تثبیت لایه‌های خاکریز و روسازی راهها

- ۱-۱- تعریف تثبیت ۱
- ۲-۱- اهداف تثبیت ۱
- ۳-۱- روشهای تثبیت خاکها ۳
- ۱-۳-۱- روش مکانیکی ۳
- ۲-۳-۱- روش شیمیائی ۴
- ۳-۳-۱- روش بیولوژیک ۶
- ۴-۳-۱- روش فیزیکی ۶
- ۵-۳-۱- روش الکتریکی ۷

فصل دوم: تثبیت خاکها با آهک

- ۱-۲- تثبیت خاک و مصالح شنی با آهک ۸
- ۲-۲- فعل و انفعالات شیمیائی خاک و آهک ۱۰
- ۱-۲-۲- واکنش تبادل یونی و واکنش تجمع- تراکم ۱۰
- ۲-۲-۲- کریئاته شدن ۱۳
- ۳-۲-۲- واکنش پوزولانی ۱۴
- ۳-۲- خصوصیات و ویژگیهای فنی خاکهای تثبیت شده با آهک ۱۹
- ۱-۳-۲- خصوصیات خمیری ۱۹
- ۲-۳-۲- تراکم ۲۰

۲۳	۲-۳-۳- تغییر حجم
۲۵	۲-۳-۴- مقاومت آبی و دراز مدت
۳۵	۲-۳-۵- خستگی
۳۶	۲-۳-۶- تنش فشاری-تغییر شکل نسبی
۳۸	۲-۳-۷- ضریب پواسون
۳۹	۲-۳-۸- دوام
۴۱	۲-۳-۹- ضریب برجهندگی
۴۲	۲-۳-۱۰- نفوذپذیری
۴۴	۲-۴-۱- عوامل مضر بر مقاومت خاکهای تثبیت شده با آهک
۴۵	۲-۴-۱- سولفاتها
۴۷	۲-۴-۲- سولفیدها

فصل سوم: تثبیت خاکها با سیمان

۴۹	۳-۱- تثبیت خاک و مصالح شنی با سیمان
۵۴	۳-۲- خصوصیات و ویژگیهای فنی خاکهای تثبیت شده با سیمان
۵۴	۳-۲-۱- خصوصیات خمیری
۵۶	۳-۲-۲- تراکم
۵۹	۳-۲-۳- تغییر حجم
۶۰	۳-۲-۴- مقاومت
۶۴	۳-۲-۵- تنش - تغییر شکل نسبی
۶۶	۳-۲-۶- ضریب پواسون
۶۷	۳-۲-۷- خستگی

فصل چهارم: تثبیت خاک و مصالح شنی با قیر

۶۸	۱-۱- تثبیت خاک و مصالح شنی با قیر
۶۹	۲-۱- انواع قیر
۶۹	۱-۲-۱- قیر خالص
۷۰	۲-۲-۱- قیرهای دمیده
۷۱	۳-۲-۱- قیرهای محلول
۷۴	۴-۲-۱- قیر محلول ۱۲۵
۷۴	۵-۲-۱- قیرهای امولسیون با قیرآبها
۸۲	۳-۱- انواع مخلوطهای قیری
۸۳	۴-۱- خصوصیات و ویژگیهای فنی خاکهای تثبیت شده با قیر
۸۷	۱-۱-۱- نفوذ پذیری
۸۸	۲-۱-۱- استقامت
۹۱	۳-۱-۱- دوام
۹۱	۴-۱-۱- خستگی
۹۴	۵-۱-۱- مقاومت کششی
۹۶	۶-۱-۱- ضریب برجهندگی

فصل پنجم: خاکستر ذغال سنگ

۹۹	خاکستر ذغال سنگ
----	-----------------

فصل ششم: تثبیت خاکها با ترکیبی از مواد تثبیت کننده

۱-۶- تثبیت خاکها با خاکستر نرمه و آهک	۱۰۵
۲-۶- خصوصیات و ویژگیهای فنی خاکهای تثبیت شده با LFA	۱۰۹
۱-۲-۶- مقاومت فشاری	۱۱۰
۲-۲-۶- مقاومت خمشی	۱۱۳
۳-۲-۶- خستگی	۱۱۳
۴-۲-۶- دوام	۱۱۴
۵-۲-۶- ضریب ارتجاعی	۱۱۵
۶-۲-۶- ضریب بواسون	۱۱۵
۳-۶- تثبیت خاک با آهک- سیمان	۱۱۶
۴-۶- تثبیت خاکها با آهک- قیر	۱۱۷
۵-۶- تثبیت خاکها با آهک- قیرآبه	۱۱۸
۶-۶- تثبیت خاکها با سیمان- قیرآبه	۱۱۹

بخش دوم

فصل اول: طرح تثبیت و روشهای اجرایی تثبیت خاکها با آهک

۱۲۰	۱-۱- طرح تثبیت خاک با آهک
۱۲۲	۱-۱-۱- روش PH
۱۲۳	۲-۱-۱- روش دامنه خمیری
۱۲۴	۳-۱-۱- روش نسبت باربری کالیفرنیا (CBR)
۱۲۵	۴-۱-۱- روش مقاومت فشاری
۱۲۸	۵-۱-۱- روش اشتر
۱۲۸	۲-۲- عملیات اجرایی تثبیت خاک با آهک
۱۲۹	۱-۲-۱- آماده کردن خاک
۱۳۰	۲-۲-۱- روشهای پخش آهک
۱۳۲	۳-۲-۱- روشهای اختلاط خاک و آهک
۱۳۵	۴-۲-۱- نحوه اختلاط خاک با آهک
۱۳۸	۵-۲-۱- تثبیت لایه‌های روسازیهای شنی با آهک
۱۴۱	۶-۲-۱- کوبیدن مخلوط خاک و آهک
۱۴۲	۷-۲-۱- عمل آوردن
۱۴۳	۳-۱- کنترل کیفیت خاکها و مصالح تثبیت شده با آهک
۱۴۳	۱-۳-۱- نوع و نحوه نگهداری آهک
۱۴۳	۲-۳-۱- درصد آهک

۱۴۳	۳-۳-۱- میزان آهک پخش شده
۱۴۴	۴-۳-۱- خرد و نرم کردن مخلوط
۱۴۵	۵-۳-۱- وزن مخصوص و درصد تراکم
۱۴۵	۶-۳-۱- درصد رطوبت
۱۴۶	۷-۳-۱- ضخامت لایه
۱۴۶	۸-۳-۱- راندمان اختلاط
۱۴۷	۹-۳-۱- کنترل سطح تمام شده

فصل دوم: طرح تثبیت و روشهای اجرایی تثبیت خاکها با سیمان

۱۴۸	۱-۲- طرح تثبیت خاک با سیمان
۱۵۳	۱-۱-۲- آزمایش فشاری تک محوری (ASTM D 1632 و ASTM D 1633)
۱۵۵	۲-۲- عملیات اجرایی تثبیت خاک با سیمان
۱۵۷	۱-۲-۲- آماده کردن خاک
۱۵۷	۲-۲-۲- پخش سیمان
۱۵۸	۳-۲-۲- اختلاط خاک با سیمان
۱۵۹	۴-۲-۲- کوبیدن مخلوط خاک و سیمان
۱۶۰	۵-۲-۲- عمل آوردن
۱۶۰	۶-۲-۲- تثبیت لایه‌های زیراساس، اساس و رویه شنی با سیمان
۱۶۱	۳-۲- کنترل کیفیت خاکها و مصالح تثبیت شده با سیمان
۱۶۱	۱-۳-۲- نوع و نحوه نگهداری سیمان
۱۶۱	۲-۳-۲- درصد سیمان
۱۶۱	۳-۳-۲- درصد رطوبت
۱۶۲	۴-۳-۲- خرد و نرم کردن مخلوط
۱۶۲	۵-۳-۲- وزن مخصوص و درصد تراکم
۱۶۳	۶-۳-۲- ضخامت لایه و یکنواختی اختلاط

فصل سوم: طرح تثبیت و روشهای اجرایی تثبیت خاکها با فیر

۱-۳- طرح تثبیت و عملیات اجرایی تثبیت خاک با فیر.....	۱۶۴
۳-۱-۱- آماده کردن خاک.....	۱۶۵
۳-۱-۲- پخش فیر.....	۱۶۵
۳-۱-۳- عمل آوردن.....	۱۶۹
۳-۱-۴- کوبیدن مخلوط فیری.....	۱۶۹
۳-۱-۵- تثبیت خاک و مصالح رومنازی با کف فیر.....	۱۷۰

فصل چهارم: طرح تثبیت و روشهای اجرایی تثبیت خاکها با آهک- خاکستر نرمه

۴-۱- طرح تثبیت خاک با LFA.....	۱۷۲
۴-۲- عملیات اجرایی تثبیت خاکها با LFA.....	۱۷۳

پیوست ها

۱- طبقه بندی خاکها.....	۱۷۴
۲- سیستمهای طبقه بندی خاک.....	۱۷۶
۲-۱- روش (United States Bureau of Soil Classification UZSBSC).....	۱۷۶
۲-۲- روش آشتو (AASHTO).....	۱۷۹
۲-۲-۱- اندازه دانه ها.....	۱۸۰
۲-۲-۲- خاصیت خمیری.....	۱۸۱
۲-۳- روش یونیفاید (UNIFIED).....	۱۸۴
۲-۴- روش انگلیسی BSCS.....	۱۹۰
پیوست ب:.....	۱۹۴
پیوست ج: تصاویر ماشین آلات تثبیت خاک با آهک.....	۲۱۴
پیوست د: آزمایشها و استانداردهای مربوط به تثبیت خاک و مصالح سنگی.....	۲۱۸
مراجع.....	۲۲۰

فهرست اشکال

صفحه

عنوان

۱۱	۱-۲- تبادل یونی.....
۱۲	۲-۲- کلوخه شدن ذرات رس.....
۱۵	۳-۲- واکنش پوزولانی بین آهک و ذرات رس.....
۲۰	۴-۲- تأثیر آهک بر خواص خمیری چند نمونه رس مونت موریلونیت.....
۲۲	۵-۲- تغییرات وزن مخصوص - رطوبت یک نمونه خاک رس با حد خمیری کم.....
۲۵	۶-۲- تأثیر آهک بر قابلیت انقباض یک نمونه خاک.....
۲۸	۷-۲- تأثیر آهک و زمان عمل آوری نسبت به مقاومت فشاری تک محوری چند نمونه خاک تثبیت شده با آهک.....
۳۱	۸-۲- تأثیر درصد آهک و زمان عمل آوری بر نسبت باربری کالیفرنیا CBR چند نمونه خاک تثبیت شده با آهک.....
۳۱	۹-۲- تغییرات CBR آبی و درصد رطوبت یک نمونه خاک رس در حالت طبیعی و تثبیت شده با ۳ و ۵ درصد آهک.....
۳۳	۱۰-۲- مقاومت کششی یک نمونه خاک رس ۶-A تثبیت شده با ۵٪ آهک.....
۳۵	۱۱-۲- منحنی خستگی چند نمونه خاک رسی تثبیت شده با آهک.....
۳۷	۱۲-۲- تأثیر آهک بر منحنی تنش - تغییر شکل نسبی یک نمونه خاک.....
۳۷	۱۳-۲- رابطه بین مقاومت فشاری و کرنش برای یک خاک تثبیت شده با آهک.....
۳۸	۱۴-۲- منحنی مشخصه تنش و تغییر شکل نسبی خاکهای ریزدانه تثبیت شده با آهک.....
۳۹	۱۵-۲- تأثیر سطح اعمال تنش در ضریب پواسون یک خاک تثبیت شده با آهک.....
۴۰	۱۶-۲- تأثیر دفعات یخبندان- ذوب یخ بر مقاومت چند نمونه خاک تثبیت شده با آهک.....

۵۶	۱-۳- تأثیر سیمان بر روی خواص خمیری یک نمونه خاک رس لای دار.....
۵۸	۲-۳- رابطه بین مقاومت فشاری تک محوری ۷ روزه با درصد رطوبت.....
۶۱	۳-۳- رابطه بین مقاومت فشاری تک محوری و درصد سیمان.....
۶۴	۴-۳- رابطه بین مقاومت فشاری تک محوری و درصد سیمان برای خاکهای تثبیت شده با سیمان
۶۵	۵-۳- رابطه بین ضریب ارتجاعی دینامیکی و استاتیکی چند نمونه خاک تثبیت شده با سیمان.....
۶۷	۶-۳- نتایج آزمایش خستگی خمشی چند نمونه خاک تثبیت شده با سیمان و بتن سیمانی.....
۸۶	۱-۴- تثبیت کننده های مناسب برای خاکهای مختلف.....
	۲-۴- تأثیر درصد قیر یک نمونه خاک رس ماسه دار تثبیت شده با قیر بر روی خاصیت آب
۸۸	مکنندگی خاک.....
۸۹	۳-۴- تأثیر اجزاء تشکیل دهنده یک مخلوط قیری بر استقامت مارشال.....
۹۲	۴-۴- نتایج آزمایش خستگی بر روی چند نمونه خاک تثبیت شده با قیر آبه.....
۹۳	۵-۴- نتایج آزمایش خستگی بر روی چند نمونه خاک تثبیت شده با قیر خالص.....
۹۵	۶-۴- مکانیزم ترکهای انقباضی در مخلوطهای آسفالتی.....
	۷-۴- ضریب برجهندگی چند نمونه خاک تثبیت شده با قیر امولسیون کاتیونی قبل و بعد از
۹۷	عمل آوردن در ۲۰ درجه سانتیگراد.....
	۸-۴- روند تغییرات و تأثیر مدت زمان بارگذاری و درجه حرارت بر مصالح تثبیت با قیر
۹۷	خالص نظیر بتن آسفالتی.....
	۱-۵- تأثیر دانه بندی خاک بر حداکثر وزن مخصوص خشک دو نوع خاک درشت دانه و ریزدانه
۱۰۴	تثبیت شده با خاکستر نرمه.....
	۱-۶- تأثیر توأم درجه حرارت و مدت زمان عمل آوری بر مقاومت فشاری تک محوری یک
۱۰۷	نمونه خاک ماسه ای و دو نمونه خاک شنی تثبیت شده با LFA.....
۱۰۸	۲-۶- مقاومت فشاری چند نمونه خاک تثبیت شده با LFA.....
	۳-۶- تأثیر مدت زمان اختلاط بر مقاومت فشاری یک نمونه خاک تثبیت شده با ۲۴ درصد
۱۰۹	خاکستر ذغال سنگ و ۳/۹ درصد آهک.....

- ۴-۶- تغییرات وزن مخصوص و مقاومت فشاری یک نمونه خاک درشت دانه تثبیت شده با خاکستر ذغال سنگ نوع F..... ۱۱۱
- ۵-۶- تغییرات وزن مخصوص حداکثر و مقاومت فشاری یک نمونه خاک ماسه‌ای با دانه‌بندی یکنواخت..... ۱۱۲
- ۶-۶- تأثیر وزن مخصوص خشک خاکهای تثبیت شده با LFA..... ۱۱۳
- ۷-۶- نتایج آزمایش خستگی خمشی بر روی یک نمونه خاک تثبیت شده با آهک..... ۱۱۴
- ۸-۶- رابطه بین مقاومت فشاری تک محوری یک نمونه خاک تثبیت شده با آهک- سیمان.. ۱۱۷

بخش دوم

- ۱-۱- تأثیر آهک روی خواص خمیری یک رس لای دار..... ۱۲۴
- ۲-۱- مراحل اصولی طرح تثبیت خاک با آهک..... ۱۲۷
- ۳-۱- درصد توصیه شده آهک برای تثبیت خاک بستر، زیراساس و اساس..... ۱۲۹
- ۱-۲- مراحل عمومی سنجش مصالح برای تثبیت با سیمان..... ۱۴۹
- ۲-۲- حداقل مقاومت فشاری قابل قبول خاکهای تثبیت شده با سیمان که اندازه درشت‌ترین دانه آنها کوچکتر از $4/76$ میلیمتر است..... ۱۵۴
- ۳-۲- حداقل مقاومت فشاری قابل قبول خاکهای تثبیت شده با سیمان که اندازه درشت‌ترین دانه آنها بزرگتر از $4/76$ میلیمتر است..... ۱۵۵
- ۴-۲- نحوه اختلاط خاک، سیمان و آب در یک کارخانه مرکزی تثبیت خاک با سیمان..... ۱۵۶

پیوست الف

- الف-۱- نمودار تعیین رده خاکها به روش اشتو..... ۱۸۴
- الف-۲- نمودار تعیین رده خاکها به روش یونیفاید..... ۱۹۰
- الف-۳- نحوه طبقه‌بندی خاکهای ریزدانه به روش BSCS..... ۱۹۳

عنوان

صفحه

پیوست ب

ب-۱-	پروفیل مقطع عرضی روسازی راه اصلی.....	۱۹۶
ب-۲-	پروفیل مقطع عرضی روسازی آزادراه.....	۱۹۶
ب-۳-	مقطع روسازی راه اصلی برای حالت الف.....	۱۹۷
ب-۴-	مقطع روسازی راه اصلی برای حالت ب.....	۱۹۸
ب-۵-	مقطع روسازی راه اصلی برای حالت ج.....	۱۹۸
ب-۶-	مقطع روسازی راه اصلی برای حالت د.....	۱۹۹
ب-۷-	منحنی تغییرات مخارج اجرایی و احداث روسازی برای راه اصلی.....	۲۰۰
ب-۸-	منحنی تغییرات مخارج اجرایی و احداث روسازی برای آزاد راه.....	۲۰۱
ب-۹-	مقاطع عرضی روسازی آزادراه که در تحلیل اقتصادی مورد بررسی قرار گرفته‌اند.....	۲۰۳
ب-۱۰-	مقاطع عرضی روسازی راه اصلی که در تحلیل اقتصادی مورد بررسی قرار گرفته‌اند.....	۲۰۷
ب-۱۱-	مقاطع عرضی روسازی آزادراه که در تحلیل اقتصادی مورد بررسی قرار گرفته‌اند.....	۲۰۹
ب-۱۲-	منحنی تغییرات مخارج اجرایی و احداث روسازی برای راه اصلی.....	۲۱۰
ب-۱۳-	منحنی تغییرات مخارج اجرایی و احداث روسازی برای آزاد راه.....	۲۱۱

پیوست ج

ج-۱-	پخش آهک خشک کیسه‌ای به صورت دستی.....	۲۱۴
ج-۲-	پخش آهک خشک با ماشین مجهز به سیستم هوای فشرده و هم زن مکانیکی.....	۲۱۴
ج-۳-	پخش آهک زنده با ماشین مجهز به جعبه پخش آهک.....	۲۱۵
ج-۴-	پخش آهک زنده با ماشین کمپرسی.....	۲۱۵
ج-۵-	پخش دوغاب آهک با تانکر مجهز به هم زن مکانیکی.....	۲۱۶
ج-۶-	پخش دوغاب آهک با ماشین مجهز به تلمبه مدار بسته.....	۲۱۶
ج-۷-	اختلاط خاک و آهک با شخم زن دیسک دار.....	۲۱۷
ج-۸-	اختلاط خاک و آهک با مخلوط کن دوار.....	۲۱۷
ج-۹-	آبپاشی برای عمل آوردن خاک بستر تثبیت شده با آهک.....	۲۱۷

فهرست جداول

صفحه

عنوان

بخش اول

۲۴	۱-۲ ارتباط کلی بین تورم پذیری، مکش و خواص خمیری.....
۲۵	۲-۳ تعویض خاک بستر تورم زا با خاک قرضه مناسب.....
۳۰	۳-۳ نتایج آزمایش CBR بر روی چند نمونه خاک تثبیت شده با آهک.....
۳۴	۴-۲ مقاومت کششی چند نمونه خاک تثبیت شده با آهک.....
۵۰	۱-۳ مقاومت فشاری انواع بتن سیمانی نسبت به سیمان نوع I (%).....
۵۲	۲-۳ درصدهای وزنی مناسب سیمان برای تثبیت انواع خاکها.....
۶۶	۳-۳ ضرایب ارتجاعی پیشنهادی جهت استفاده در تحلیل سازه‌ای روسازی‌ها.....
۷۰	۱-۴ محدوده مشخصات قیرهای خالص.....
۷۲	۲-۴ محدوده مشخصات قیرهای محلول زودگیر.....
۷۳	۳-۴ محدوده مشخصات قیرهای محلول کندگیر.....
۷۴	۴-۴ محدوده مشخصات قیرهای دیرگیر.....
۷۶	۵-۴ انواع مختلف قیر امولسیون آنیونی.....
۷۶	۶-۴ انواع مختلف قیر امولسیون کاتیونی.....
۷۷	۷-۴ محدوده مشخصات قیرآبه‌های آنیونیک.....
۷۸	۸-۴ محدوده مشخصات قیرآبه‌های کاتیونیک.....
۸۱	۹-۴ درجه حرارت راهنما برای گرم کردن قیر.....
۸۵	۱۰-۴ انتخاب تثبیت کننده مناسب براساس مثلث دانه‌بندی خاکها.....
۹۰	۱۱-۴ حداقل مشخصات فنی آسفالت سرد برای قیرهای محلول با روش مارشال.....
۹۰	۱۲-۴ حداقل مشخصات فنی آسفالت سرد حاوی قیرآبه‌ها براساس روش اصلاح شده مارشال.....
۹۸	۱۳-۴ انتخاب نوع قیر (از میان قیرهای خالص).....
۱۰۱	۱-۵ میزان تولید سالیانه خاکستر ذغال سنگ در کشورهای مختلف.....

بخش دوم

- ۱-۱- حداقل مقاومت فشاری لایه‌های اساس و زیراساس برای مناطق سردسیر ۱۲۶
- ۱-۲- درصد معمول سیمان برای تثبیت برخی خاکها ۱۵۰
- ۲-۲- حدود درصد تقریبی سیمان برای برخی خاکها ۱۵۲
- ۳-۲- دوام مورد نیاز ۱۵۳
- ۱-۳- درجه حرارت قیر پاشی برای انواع قیرهای آسفالت رد میکس ۱۶۶

پیوست الف

- الف-۱- محدوده تفکیک ذرات خاک ۱۷۶
- الف-۲- طبقه بندی خاکها طبق روش USBSC ۱۷۸
- الف-۳- جنس خاکها طبق رده بندی اشئو ۱۸۰
- الف-۴- روش اشئو برای طبقه بندی خاکها ۱۸۲
- الف-۵-a- طبقه بندی خاکها بر روش یونیفاید (علایم مورد استفاده برای خاکهای شنی) ۱۸۸
- الف-۵-b- طبقه بندی خاکها بر روش یونیفاید (علایم مورد استفاده برای خاکهای ماسه‌ای) ۱۸۹
- الف-۶- طبقه بندی خاکها بر روش BSCS ۱۹۲

پیوست ب

- ب-۱- درصد های صرفه جویی نسبت به روسازی معمولی با توجه به فاصله حمل (راه صلی) ۲۰۴
- ب-۲- درصد های صرفه جویی نسبت به روسازی معمولی با توجه به فاصله حمل (آزادراه) ۲۰۵
- ب-۳- درصد های صرفه جویی نسبت به روسازی معمولی با توجه به فاصله حمل (راه اصلی)
(خاک محل پروژه که قابل تثبیت کردن نیز است مورد استفاده قرار گرفته است) ۲۱۳
- ب-۴- درصد های صرفه جویی نسبت به روسازی معمولی با توجه به فاصله حمل (آزادراه)
(خاک محل پروژه که قابل تثبیت کردن نیز است مورد استفاده قرار گرفته است) ۲۱۳