بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی عمران

بررسی و شناسایی خاک های واگرا در استان سمنان و روش بهبود آنها

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی عمران گرایش خاک و پی

نام دانشجو

فائزه ابراهیم پور

استاد راهنما:

دکتر عبدالحسین حداد

اساتید مشاور:

دکتر مهدی بهزاد

مهندس حامد جاودانیان

مهر ماه ۱۳۹۲

دانشکده مهندسی عمران

صورتجلسه دفاعیه پایان‌نامه کارشناسی ارشد

پایان‌نامه آقای/خانم ..... برای اخذ درجه کارشناسی ارشد مهندسی عمران – گرایش ..... تحت عنوان "....." در جلسه مورخ / / بررسی و با نمره

عدد	
حروف	

مورد تأیید قرار گرفت.

اعضای هیئت داوران:

استاد راهنمای اول:	امضاء:
استاد راهنمای دوم:	امضاء:
استاد مشاور اول:	امضاء:
استاد مشاور دوم:	امضاء:
استاد داور:	امضاء:
استاد داور:	امضاء:

مدیر تحصیلات تکمیلی دانشکده: ..... امضا .....

دانشگاه سمنان

دانشکده مهندسی عمران

اینجانب فائزه ابراهیم پور متعهد می‌شوم که محتوای علمی این نوشتار با عنوان "بررسی و شناسایی خاک‌های واگرا در استان منطقه سیمین‌دشت گرمسار و روش بهبود آنها" که به عنوان پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران گرایش خاک‌وپی به دانشگاه ارائه شده است، دارای اصالت پژوهشی بوده و حاصل فعالیت‌های علمی اینجانب می‌باشد.

در صورتی که خلاف ادعای فوق در هر زمانی محرز شود، کلیه حقوق معنوی متعلق به این پایان‌نامه از اینجانب سلب شده و موارد قانونی مترتب به آن نیز از طرف مراجع قابل پیگیری است.

نام و نام خانوادگی: فائزه ابراهیم پور

شماره دانشجویی: ۹۰۱۱۱۴۹۰۲۶

امضا

مجوز بهره‌برداری از پایان‌نامه

بهره‌برداری از این پایان‌نامه در چهارچوب مقررات کتابخانه و با توجه به محدودیتی که توسط استاد راهنما به شرح زیر تعیین می‌شود، بلامانع است:

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه برای همگان با ذکر مرجع بلامانع است.

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه با اخذ مجوز از استاد راهنما با ذکر مرجع بلامانع است.

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه تا تاریخ ..... ممنوع است.

نام استاد راهنما:

تاریخ:

امضا:

تقدیم به:

دستان پرمهر پدرم و آغوش مهربان مادرم

که وجودشان برای حس کردن زیبایی زندگی کافیست.

تشکر و قدردانی:

خدای را سپاس که با عنایت حضرتش و با تلاش و کوشش توانستم یک گام بلند در مسیر دانش برداشته و بر سخن پیامبرش که فرمود: " اگر دانش در ثریا باشد مردانی از پارس به آن دست خواهند یافت"، جامه‌ی عمل بپوشانم.

برداشتن این گام بدون کمک و یاری اساتید بزرگوار و دیگر همراهانی که مرا از الطاف بی‌منت و دستان پرمهر خود بی‌بهره نگذاشتند امکان‌پذیر نبود. از این رو، از استاد ارجمندم جناب آقای دکتر عبدالحسین حداد که با راهنمایی‌های ارزشمند و مهربانی پدرانه‌ی خود در مسیر این پژوهش مرا یاری نمودند کمال تشکر را دارم.

بر خود واجب می‌دانم از مشاوران توانای خود در این راه، آقایان دکتر مهدی بهزاد (دانشکده‌ی شیمی دانشگاه سمنان) و مهندس حامد جاودانیان دانشکده‌ی مهندسی عمران دانشگاه سمنان) تشکر و قدردانی نمایم، چرا که بدون مشورت آنان، پیشرفت در مسیر این پژوهش میسر نبود. همچنین از همکاری و همیاری جناب آقای دکتر نادر عباسی (مؤسسه‌ی تحقیقات کشاورزی ایران)، جناب آقای مهندس عالمی (سازمان آب منطقه‌ای استان سمنان)، سرکار خانم مهندس موثق‌نژاد (شرکت مهندسین مشاور ایران خاک) و سرکار خانم مهندس باقری (آزمایشگاه فنی مکانیک خاک استان سمنان) تقدیر و تشکر نموده و برای تمامی این بزرگواران از درگاه خداوند بزرگ سعادت و بهروزی روزافزون را خواستارم.

فائزه ابراهیم‌پور

۱۳۹۲/۷/۲۱

چکیده

رس‌ها به علت نفوذپذیری اندکی که دارند، در بسیاری از سازه‌های آبی-خاکی به عنوان آب‌بند مورد استفاده قرار می‌گیرند. رس واگرا به خاکی اطلاق می‌شود که حالت فیزیکی-شیمیایی دانه‌های آن به گونه‌ای است که در تماس با آب نسبتاً خالص، ذرات منفرد رس آن پراکنده و از یکدیگر جدا می‌گردند. در این حالت خاک رس به شدت فرسایش پذیر می‌شود، به‌طوری که ذرات رس در آب معلق می مانند و ته‌نشین نمی شوند. رس‌های واگرا در مقایسه با رس‌های معمولی دارای درصد سدیم محلول در آب بالاتری هستند.

عدم شناخت رس‌های واگرا می‌تواند منجر به خسارت و خرابی این سازه‌ها گردد، زیرا ذرات خاک های رسی واگرا تحت شرایط خاصی متفرق شده و به سرعت شسته می شوند. ساخت جاده‌ها و سواره‌روها بر روی خاک‌های واگرا، به علت ظرفیت باربری اندک این خاک‌ها در حالت مرطوب، بسیار مشکل است. بدین ترتیب ملاحظه می‌گرددکه شناسایی و همچنین اصلاح خاک‌های واگرا از اهمیت بالایی برخوردار می باشد. بهبود خواص خاک با افزودن مواد تثبیت کننده می‌تواند به عنوان راهکاری مناسب در مواجهه با خاک‌های مسأله دار مورد توجه قرارگیرد.

در منطقه‌ی سیمین دشت گرمسار (واقع در استان سمنان-ایران)، برخی از سازه‌های هیدرولیکی به علت قرارگیری بر روی این نوع خاک‌ها دچار خسارت و خرابی شده‌اند. در این پژوهش، با انجام تست های واگرایی نظیر پین هول، کرامب، هیدرومتری دوگانه و تست‌های شیمیایی، به بررسی میزان واگرایی ۵ نمونه‌ی خاک اطراف کانل انتقال آب منطقه‌ی سیمین‌دشت به گرمسار و نیز میزان اصلاح واگرایی نمونه‌های واگرا در اثر افزودن سه ماده آهک، سیمان و آلومینیوم‌نیترات (به عنوان یک ماده جدید) پرداخته شده است.

بر اثر افزودن ۵٪ سیمان یا ۵٪ آهک به خاک A (با واگرایی بالا) و ۳٪ سیمان یا ۵٪ آهک به خاک B (نیمه‌واگرا) میزان واگرایی نمونه های واگرا کاملاً اصلاح شد؛ اما افزودن این دو ماده باعث می شود رفتار خاک در هنگام آبشستگی قابل پیش بینی نباشد. افزودن ۳٪ آلومینیوم‌نیترات به هر دو نمونه‌ی واگرا باعث اصلاح واگرایی می شود. به علاوه رفتار خاک در آبشستگی قابل پیش بینی بوده و از روندی مشابه با رفتار خاک خالص پیروی می‌کند.

واژه‌های کلیدی: خاک واگرا، پین هول، هیدرومتری دوگانه، کرامب، بهسازی خاک.

فهرست مطالب

عنوان.....صفحه

فصل ۱: مقدمه ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- بیان مسئله تحقیق..... ۲

۱-۳- اهمیت و ضرورت انجام تحقیق..... ۲

۱-۴- نوآوری تحقیق ۳

۱-۵- اهداف تحقیق..... ۴

۱-۶- فرضیات تحقیق و محدودیت‌ها..... ۴

۱-۷- روش تحقیق..... ۵

۱-۸- ساختار فصول پایان‌نامه ۵

فصل ۲: مروری بر منابع ٦

۲-۱- مقدمه ۷

۲-۲- توصیف رس‌های واگرا..... ۷

۲-۳- ماهیت پدیده‌ی واگرایی ۸

۲-۴- خصوصیات فیزیکی رس‌های واگرا..... ۱۱

۲-۵- خصوصیات شیمیایی رس‌های واگرا..... ۱۳

۲-۶- منشأ رس‌های واگرا..... ۱۴

۲-۷- چگونگی ایجاد خسارت..... ۱۵

۲-۸- مناطق مستعد..... ۱۷

۲-۹- تاریخچه..... ۱۸

۲-۱۰- موارد خسارت..... ۱۹

۲ – ۱۰ – ۱ – جاده‌ها و کالورت‌ها ۲۰

۲ – ۱۰ – ۲ – سدها ۲۲

۲ – ۱۰ – ۳ – سازه‌های آبی ۲۴

۲-۱۱- مطالعات موردی خرابی‌ها..... ۲۵

۲ – ۱۱ – ۱ – سد سورلا در پاکستان..... ۲۶

۲ – ۱۱ – ۲ – سد آنیتا در آمریکا..... ۲۸

۲ – ۱۱ – ۳ – سد احداث شده در استرالیا ۳۰

۲ – ۱۱ – ۳ – ۱ – سد فلگ استاف در تاسمانیا..... ۳۰

۲ – ۱۱ – ۴ – سد کیلمور در استرالیا ۳۱
۲–۱۲– روش‌های کنترل واگرایی ۳۲
۲ – ۱۲ – ۱ – طراحی و اجرای مناسب ۳۲
۲ – ۱۲ – ۲ – استفاده از فیلترهای مناسب ۳۴
۲ – ۱۲ – ۳ – افزودن مواد شیمیایی به خاک ۳۸
۲ – ۱۲ – ۴ – استفاده از زهکش‌های دودکشی در سدهای خاکی همگن ۴۷
۲ – ۱۲ – ۵ – روش الکترواسمزی ۴۸
۲ – ۱۲ – ۶ – استفاده از ژئوممبرین ۴۸

فصل ۳: روش تحقیق **۵۰**

۳–۱– مقدمه ۵۱
۳–۲– شناسایی صحرایی خاک‌های واگرا ۵۱
۳–۳– موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه ۵۴
۳–۴– مشخصات پروژه ۵۵
۳–۵– زمین‌شناسی منطقه‌ی احداث پروژه ۵۸
۳–۶– زمین‌شناسی مهندسی مسیر کانال ۶۰
۳–۷– شناسایی‌های انجام‌شده توسط مشاور ۶۶
۳ – ۷ – ۱ – بررسی خرابی‌ها و خسارت‌ها ۶۷
۳ – ۷ – ۲ – نتایج آزمایش‌های ژئوتکنیکی انجام‌شده ۶۹
۳ – ۷ – ۳ – مشاهدات میدانی و بازدیدهای صحرایی ۷۱
۳–۸– روش تحقیق ۷۳
۳–۹– آزمون‌های آزمایشگاهی ۷۳
۳ – ۹ – ۱ – مواد مصرفی ۷۳
۳ – ۹ – ۲ – نحوه‌ی ساخت نمونه‌ها ۷۴
۳ – ۹ – ۳ – آزمایش‌ها و دستگاه‌های مورد استفاده ۷۴
۳ – ۹ – ۴ – برنامه‌ی آزمایشها ۷۵
۳–۱۰– آزمایش‌های اولیه ۷۶
۳–۱۱– آزمایش‌های واگرایی ۷۷
۳ – ۱۱ – ۱ – آزمایش هیدرومتری دوگانه ۷۷
۳ – ۱۱ – ۲ – آزمایش پین‌هول ۷۹
۳ – ۱۱ – ۳ – آزمایش کرامب ۸۴
۳–۱۲– آزمایش‌های شیمیایی ۸۵
۳ – ۱۲ – ۱ – آزمایش درصد سدیم ۸۶
۳ – ۱۲ – ۲ – آزمایش درصد کاتیون تبادلی ۸۶

۳-۱۲-۳- آزمایش نسبت جذب سدیم (SAR) ۸۸
۳-۱۲-۴- تحلیل نتایج تست شیمیایی ۸۹
۳-۱۳- بحث در کاربرد آزمایش‌های واگرایی ۹۲

فصل ٤: نتایج و بحث **۹۵**
۴-۱- مقدمه ۹۶
۴-۲- نتایج تست‌های واگرایی روی نمونه‌های تثبیت‌نشده ۹۶
۴-۲-۱- نتایج تست هیدرومتری دوگانه ۹۷
۴-۲-۲- نتایج تست پین‌هول ۹۷
۴-۲-۳- نتایج تست کرامب ۹۹
۴-۲-۴- نتایج تست‌های شیمیایی ۱۰۱
۴-۳- مقایسه نتایج تست‌های واگرایی برای نمونه‌های اصلاح‌نشده ۱۰۲
۴-۴- بررسی واگرایی نمونه‌های تثبیت‌نشده بر اساس قضاوت مهندسی ۱۰۳
۴-۵- نتایج تست‌های نمونه‌های تثبیت‌شده ۱۰۴
۴-۵-۱- نتایج تست پین‌هول ۱۰۴
۴-۵-۲- نتایج تست کرامب ۱۱۹
۴-۵-۳- مقایسه نتایج تست‌های واگرایی برای نمونه‌های اصلاح‌شده ۱۲۰

فصل ٥: جمع‌بندی و پیشنهادات **۱۲۲**
۵-۱- مقدمه ۱۲۳
۵-۲- جمع‌بندی ۱۲۳
۵-۳- پیشنهادات ۱۲۶

مراجع **۱۲۷**

فهرست شکل‌ها

عنوان.....صفحه

شکل (۲-۱) عکس کانی مونت‌موریونیت..... ۹
شکل (۲-۲) مکانیزم شیمیایی واگرایی..... ۱۰
شکل (۲-۳) آرایش یون‌ها و صفحات رس در خاک غیرواگرا..... ۱۱
شکل (۲-۴) آرایش یون‌ها و صفحات رس در خاک واگرا..... ۱۱
شکل (۲-۵) نمودار خمیری..... ۱۲
شکل (۲-۶) شکست سطح جاده در اثر احداث جاده روی رس واگرا..... ۲۰
شکل (۲-۷) زهکش ساخته شده در خاک واگرا..... ۲۱
شکل (۲-۸) فرسایش و شیارزدگی در اثر برداشتن خاک سدیم دار برای احداث جاده..... ۲۱
شکل (۲-۹) ریزش و تخریب شیب کنار جاده در اثر ساخت زهکش در رس واگرا..... ۲۲
شکل (۲-۱۰) خرابی سد رودخانه‌ی بلک‌من ۲۳
شکل (۲-۱۱) حوضچه سد ساخته شده با خاک واگرا..... ۲۴
شکل (۲-۱۲) تخریب خاکریز اطراف لوله‌ی انتقال آب..... ۲۵
شکل (۲-۱۳) شکل شماتیک مقطع عرضی سد سورلا ۲۷
شکل (۲-۱۴) شکل شماتیک سرریز سد سورلا ۲۸
شکل (۲-۱۵) موقعیت سد آنیتا..... ۲۹
شکل (۲-۱۶) سد آنیتا بر روی رودخانه یلوستون..... ۲۹
شکل (۲-۱۷) دستگاه تست N.E.F..... ۳۵
شکل (۲-۱۸) (الف) دستگاه تست N.E.F ریزدانه، (ب) نمونه ی تست N.E.F ریزدانه پس از پایان تست . ۳۶
شکل (۲-۱۹) شمای کلی مقطع سد خاکی با هسته و زهکش دودکشی..... ۴۷
شکل (۳-۱) رخنمون خاک واگرای فرسایش یافته..... ۵۲
شکل (۳-۲) سوراخ‌های ایجاد شده در خاک واگرا..... ۵۲
شکل (۳-۳) تشخیص میزان واگرایی خاک توسط آزمایش واگرایی در محل ۵۳
شکل (۳-۴) پلان کلی مسیر خط انتقال طرح آبرسانی گرمسار..... ۵۶
شکل (۳-۵) موقعیت منطقه‌ی سیمین‌دشت از لحاظ راه‌های دسترسی..... ۵۶
شکل (۳-۶) مقطع عرضی کانال، جاده و خط لوله..... ۵۷
شکل (۳-۷) کانال انتقال آب سیمین‌دشت به گرمسار..... ۵۷

شکل (۳-۸) نقشه گسل‌های اطراف منطقه‌ی احداث کانال..... ۵۸
شکل (۳-۹) نقشه‌ی زمینشناسی منطقه‌ی احداث کانال..... ۵۹
شکل (۳-۱۰) خرابی‌های ناشی از وجود خاک‌های واگرا در اطراف کانال..... ۶۸
شکل (۳-۱۱) خرابی‌های موجود در کانال انتقال آب سیمین‌دشت به گرمسار..... ۶۸
شکل (۳-۱۲) ترتیب انجام پروژه..... ۷۴
شکل (۳-۱۳) نمودار دانه‌بندی نمونه‌های خاک..... ۷۶
شکل (۳-۱۴) سلول آزمایش پین‌هول..... ۸۰
شکل (۳-۱۵) دستگاه پین‌هول مورد استفاده در این پژوهش..... ۸۰
شکل (۳-۱۶) قالب تراکم هاروارد..... ۸۱
شکل (۳-۱۷) نحوه‌ی متراکم کردن نمونه در قالب پین‌هول به وسیله‌ی چکش هاروارد..... ۸۱
شکل (۳-۱۸) قالب کرامب مورد استفاده در این پژوهش..... ۸۵
شکل (۳-۱۹) معیار شرارد..... ۹۱
شکل (۳-۲۰) معیار ساده شده‌ی شرارد..... ۹۱
شکل (۳-۲۱) معیار فَن برای تشخیص واگرایی..... ۹۲
شکل (۴-۱) نمونه‌های رنگ آب..... ۹۶
شکل (۴-۲) رابطه‌ی درصد رطوبت نمونه‌های تثبیت‌نشده با قطر نهایی نقب در پایان تست پین‌هول..... ۹۹
شکل (۴-۳) رابطه‌ی درصد رطوبت نمونه‌های مختلف خاک با میانگین دبی عبوری در تست پین‌هول... ۱۰۰
شکل (۴-۴) رابطه‌ی میان قطر نقب در پایان تست و میزان سیمان افزوده شده در نمونه‌های اصلاح‌شده خاک A..... ۱۰۶
شکل (۴-۵) رابطه‌ی میان قطر نقب در پایان تست و میزان آهک افزوده شده در نمونه‌های اصلاح‌شده خاک A..... ۱۰۶
شکل (۴-۶) رابطه‌ی میان قطر نقب در پایان تست و میزان آلومینیوم نیترات افزوده شده در نمونه‌های اصلاح-شده خاک A..... ۱۰۷
شکل (۴-۷) رابطه‌ی میان قطرنقب در پایان تست و رطوبت در نمونه‌های اصلاح‌شده خاک A با سیمان.. ۱۰۷
شکل (۴-۸) رابطه‌ی میان قطر نقب در پایان تست و رطوبت در نمونه‌های اصلاح‌شده خاک A باآهک.. ۱۰۸
شکل (۴-۹) رابطه‌ی میان قطر نقب در پایان تست و رطوبت در نمونه‌های اصلاح‌شده خاک A با آلومینیوم نیترات..... ۱۰۸

شکل (۴-۱۰) رابطه‌ی میان میانگین دبی عبوری تست و میزان آهک افزوده شده در نمونه‌های اصلاح‌شده خاک A با آهک..... ۱۰۹
شکل (۴-۱۱) رابطه‌ی میان میانگین دبی عبوری تست و میزان سیمان افزوده شده در نمونه‌های اصلاح‌شده خاک A با سیمان..... ۱۰۹
شکل (۴-۱۲) رابطه‌ی میان میانگین دبی عبوری تست و رطوبت در نمونه‌های اصلاح‌شده خاک A با آلومینیوم نیترات..... ۱۱۰
شکل (۴-۱۳) رابطه‌ی میان قطر نقب در پایان تست و میزان سیمان در نمونه‌های اصلاح‌شده خاک B..... ۱۱۲
شکل (۴-۱۴) رابطه‌ی میان قطر نقب در پایان تست و میزان آهک در نمونه‌های اصلاح‌شده خاک B..... ۱۱۳
شکل (۴-۱۵) رابطه‌ی میان قطر سوراخ در پایان تست و میزان آلومینیوم نیترات در نمونه‌های اصلاح‌شده خاک B..... ۱۱۳
شکل (۴-۱۶) رابطه‌ی میان قطر نقب درپایان تست ورطوبت درنمونه‌های اصلاح‌شده خاک B باسیمان... ۱۱۴
شکل (۴-۱۷) رابطه‌ی میان قطر نقب درپایان تست و رطوبت درنمونه‌های اصلاح‌شده خاک B باآهک.. ۱۱۴
شکل (۴-۱۸) رابطه‌ی میان قطر نقب در پایان تست و رطوبت در نمونه‌های اصلاح‌شده خاک B آلومینیوم نیترات..... ۱۱۵
شکل (۴-۱۹) رابطه‌ی میان میانگین دبی عبوری تست و رطوبت در نمونه‌های اصلاح‌شده خاک B با سیمان ۱۱۵
شکل (۴-۲۰) رابطه‌ی میان میانگین دبی عبوری تست و رطوبت در نمونه‌های اصلاح‌شده خاک B با آهک ۱۱۶
شکل (۴-۲۱) رابطه‌ی میان میانگین دبی عبوری تست و رطوبت در نمونه‌های اصلاح‌شده خاک B با آلومینیوم نیترات..... ۱۱۶

فهرست جداول

عنوان ..... صفحه

جدول (۲-۱) رابطه‌ی بین اندازه ی ذرات و سطح ویژه..... ۸

جدول (۲-۲) مشخصات رس به کار رفته در سد فلگ استاف..... ۳۱

جدول (۲-۳) معیار طراحی فیلتر برای خاک‌های واگرا و غیرواگرا..... ۳۷

جدول (۲-۴) طبقه بندی خاک محافظت شده با فیلتر (خاک اصلی)..... ۳۷

جدول (۲-۵) نتایج بررسی تأثیر اختلاط خاک‌های واگرا با آهک..... ۴۱

جدول (۳-۱) مشخصات نمونه‌های خاک..... ۷۷

جدول (۳-۲) رابطه‌ی بین نسبت واگرایی و درجه‌ی واگرایی..... ۷۹

جدول (۳-۳) جدول پیشنهادی برای ارزیابی نتایج آزمایش پین‌هول به روش A (طبق استاندارد ASTM D4647)..... ۸۳

جدول (۳-۴) رابطه‌ی بین درجه‌ی واگرایی و درصد سدیم تبادلی..... ۸۸

جدول (۴-۱) نتایج هیدرومتری دوگانه..... ۹۷

جدول (۴-۲) جدول نتایج تست پین‌هول نمونه‌های تثبیت‌نشده..... ۹۸

جدول (۴-۳) نتایج نهایی تست پین‌هول..... ۹۸

جدول (۴-۴) نتایج تست کرامب..... ۱۰۰

جدول (۴-۵) نتایج نهایی تست کرامب..... ۱۰۱

جدول (۴-۶) جدول نتایج تست‌های شیمیایی..... ۱۰۱

جدول (۴-۷) جدول سنجش میزان واگرایی نمونه‌های خاک بر اساس معیار شرارد و معیار فَن..... ۱۰۱

جدول (۴-۸) نتایج نهایی حاصل از انجام تست‌های واگرایی..... ۱۰۲

جدول (۴-۹) جدول نهایی سنجش واگرایی نمونه‌های خاک مورد بررسی در این پژوهش..... ۱۰۴

جدول (۴-۱۰) نتایج تست پین‌هول نمونه‌های اصلاحشده خاک A با سیمان..... ۱۰۴

جدول (۴-۱۱) نتایج تست پین‌هول نمونه‌های اصلاحشده خاک A با آهک..... ۱۰۵

جدول (۴-۱۲) نتایج تست پین‌هول نمونه‌های اصلاح‌شده خاک A با آلومینیوم نیترات..... ۱۰۵

جدول (۴-۱۳) نتایج تست پین‌هول نمونه‌های اصلاح‌شده خاک B با سیمان..... ۱۱۱

جدول (۴-۱۴) نتایج تست پین‌هول نمونه‌های اصلاح‌شده خاک B با آهک..... ۱۱۱

جدول (۴-۱۵) نتایج تست پین‌هول نمونه‌های اصلاح‌شده خاک B با آلومینیوم نیترات..... ۱۱۲

جدول (۴-۱۶) جدول نتایج نهایی تست پین‌هول نمونه‌های تثبیت‌شده..... ۱۱۸

جدول (۴-۱۷) نتایج تست کرامب برای نمونه A..... ۱۱۹
جدول (۴-۱۸) نتایج تست کرامب برای نمونه B..... ۱۱۹
جدول (۴-۱۹) جدول نتایج نهایی تست کرامب نمونه‌های تثبیت‌شده..... ۱۲۰

فهرست علائم اختصاری

سیستم طبقه‌بندی متحد ..... **USCS**

دفتر استرداد (احیای) استانداردها ..... ***USBR***

سرویس حفاظت خاک آمریکا..... ***SCS***

آزمایش فیلتر بدون فرسایش..... ***N.E.F***

میلی‌والانت در لیتر..... ***meq/lit***

واحد سنجش غلظت، به معنای قسمت در میلیون(mg/kg)..... ***ppm***

سانتی‌مول بر کیلوگرم..... $\frac{Cmol}{kg}$

قطر ذرات با میزان کمتر از n درصد در منحنی دانه‌بندی ..... D_n ***(mm)***

قطر ذره‌ی خاک..... ***D (mm)***

حد روانی ..... ***LL (%)***

حد خمیری ..... ***PL (%)***

شاخص خمیری ..... ***P I(%)***

لای با خاصیت خمیری کم ..... ***ML***

رس با خاصیت خمیری کم ..... ***CL***

رس با خاصیت خمیری زیاد ..... ***CH***

لای با خاصیت خمیری زیاد..... ***MH***

خاک ماسه‌ایِ رس‌دار ..... ***SC***

خاک ماسه‌ایِ لای‌دار ..... ***SM***

خاک بسیار واگرا..... ***D1***

خاک واگرا ***D2***

خاک غیرواگرا ***ND1***

خاک غیرواگرا ***ND2***

خاک کم تا نیمه‌واگرا ***ND3***

خاک نیمه‌واگرا ***ND4***

خاک واگرا ..... ***D***

خاک نسبتاً واگرا..... ***SD***

خاک غیرواگرا ..... ***ND***

مجموع کل نمک‌های محلول..... ***TDS (meq/lit)***

درصد سدیم ..... ***PS or SP(%)***

درصد کاتیون سدیم تبادلی (یا درصد سدیم قابل تبادل)..... ***ESP***

ظرفیت تبادل کاتیون خاک..... ***CEC***

ظرفیت مؤثر تبادل کاتیون خاک..... ***ECEC***

نسبت جذب سدیم ..... ***SAR***

اختلاف یون سدیم و کلر ..... ***PSC (%)***

الکل پلی‌وینیل..... ***PVA***

اوره‌فرمالدهید..... ***URF***

پلی‌یورتان..... ***PU***

رزین اپوکسی..... ***ER***

فصل ۱: مقدمه

۱-۱- مقدمه

پدیده‌ی رس‌های واگرا ابتدا حدود یک قرن پیش توسط کشاورزان مشاهده شده و مبانی آن توسط کارشناسان خاک‌شناسی و مهندسین کشاورزی، حدود ۵۰ سال قبل به‌طور نسبتاً خوبی شناخته شد. همچنین، از اوایل دهه‌ی ۱۹۶۰ مسئله‌ی فرسایش سریع خاکریزها بر اثر بارندگی و تخریب غیرقابل توجیه سدهای مخزنی کوچک از طریق توسعه‌ی پدیده‌ی رگاب مورد توجه جدی مهندسین عمران قرار گرفت. پدیده‌ی واگرایی عموماً به مشخصات شیمیایی خاک وابسته بوده و در بسیاری از مراجع عدم استفاده از خاک‌های واگرا در رابطه با سازه‌های آبی مورد توصیه قرارگرفته است. اما در بسیاری از پروژه‌ها به علت عدم وجود منابع مناسب قرضه ناگزیر به استفاده از رس‌های واگرا هستیم. بنابراین به‌کار بردن روش‌های بهبود این نوع خاک‌ها در این پروژه‌ها الزامی خواهد بود.

۱-۲- بیان مسئله تحقیق

روش‌های شناسایی خاک‌های واگرا به دو صورت صحرایی و آزمایشگاهی می‌باشد. در روش شناسایی صحرایی، توپوگرافی منطقه نقش به‌سزایی در شناخت خاک‌های واگرا ایفا می‌کند که در مناطق با شیب زیاد فرسایش حاصل از پدیده‌ی واگرایی به‌خوبی قابل تشخیص می‌باشد. در واقع، وجود بریدگی‌های فرسایشی عمیق، پدیده‌ی رگاب، وجود آب گل‌آلود در پشت آب‌بندهای کشاورزی بعد از بارندگی از شواهد صحرایی شناسایی خاک‌های واگرا می‌باشد. روش‌های آزمایشگاهی شناسایی خاک‌های واگرا عبارتند از: آزمایش کرامب (آزمایشگاهی و محلی)، آزمایش هیدرومتری دوگانه، آزمایش پین‌هول و آزمایش‌های شیمیایی.

بهبود خصوصیات خاک معمولاً با افزودن مواد شیمیایی به خاک و در مواردی با افزودن این مواد به آب مخزن سد صورت می‌پذیرد و مهم‌ترین ماده‌ی شیمیایی مورد استفاده نیز آهک است. مواد دیگر مانند سولفات‌آلومینیوم، ژیپس، سیمان و مواد پلیمری نیز بر اساس کاربردهای خاص، مورد استفاده قرار می گیرند. برخی از سایر روش‌های اصلاح عبارتند از: طراحی و اجرای مناسب، استفاده از فیلترهای مناسب، استفاده از زهکش‌های دودکشی در سدهای خاکی همگن، روش الکترواسمزی و استفاده از ژئوممبرین.

۱-۳- اهمیت و ضرورت انجام تحقیق

رس‌ها به علت نفوذپذیری اندکی که دارند در بسیاری از سازه‌های آبی - خاکی به عنوان آب‌بند مورد استفاده قرار می‌گیرند. وجود املاح و نوع آن‌ها در رس‌ها از جمله مسائلی است که رفتار این خاک‌ها را