بسم الله الرحمن الرحيم

ISO 9001 : 2008

دانشکده مهندسی عمران

گروه خاک و پی

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی خاک و پی

عنوان

بررسی تاثیر موادآلی در تثبیت خاکهای ریزدانه

استاد راهنما

دکتر هوشنگ کاتبی

استاد مشاور

دکتر جمشید صدر کریمی

واحد اطلاعات مدارک علمی دانشگاه
شعبه مدارک
۱۳۸۹/۵/۱۵

پژوهشگر

فرزانه کیومرزی

فروردین ۱۳۸۹

۱۴۰۳۰۶

تقدیم به پدر و مادرم

که کسب علم را بر من تکلیف نمودند

و موفقیت خود را مدیون آنها هستم.

تقدیر و تشکر

خداوند یگانه را سپاس می گویم که توفیق عنایت نمود تا بتوانم این پایان نامه را تدوین نمایم و سعادت عطا نمود تا آن را با موفقیت به اتمام رسانم. این مجموعه تدوین نمی شد مگر با زحمات بی دریغ عزیزانی که مرا در این راه یاری نمودند. جا دارد ازآنها تشکر و قدردانی نمایم.

- از استاد راهنمای خود جناب آقای دکتر هوشنگ کاتبی که هم در طول تدوین این رساله و هم در طول تحصیل مرا صادقانه یاری نمودند سپاسگزارم و صمیمانه ترین تشکر و قدردانی‌ام را نثار ایشان می نمایم.
- از آقای دکتر جمشید صدر کریمی که مشاورت پایان نامه را بر عهده داشتند تشکر می نمایم.
- از اعضای محترم هیات علمی گروه مهندسی خاک و پی که همواره در طول تحصیل مرا مساعدت نمودند قدردانی می نمایم.
- از کلیه همکاران و کارکنان دانشکده به ویژه همکاران آزمایشگاه مکانیک خاک تشکر می نمایم.

نام خانوادگی دانشجو : کیومرزی **نام :** فرزانه

عنوان پایان نامه : بررسی تاثیر مواد آلی در تثبیت خاکهای ریز دانه

استاد راهنما : دکتر هوشنگ کاتبی
استاد مشاور : دکتر جمشید صدر کریمی

مقطع تحصیلی : کارشناسی ارشد **رشته :** عمران **گرایش :** مکانیک خاک و پی **دانشگاه :** تبریز
دانشکده : فنی – عمران **تاریخ فارغ التحصیلی :** فروردین ۱۳۸۹ **تعداد صفحه :** ۱۵۲

کلید واژه : خاک آلی، تثبیت، ماده آلی، رس

چکیده :

رشد روز افزون جمعیت، گسترش شهرها و ضرورت ایجاد ساخت و سازهای زیر بنایی موجب افزایش تقاضا برای ایجاد سازه های عمرانی، صنعتی، مسکن و شبکه های ارتباطی شده است. این امر صنایع ساخت و ساز را جهت استفاده از زمینهای نامناسب با مشخصات فنی نامطلوب ترغیب می نماید. بخشی از این زمین های مساله دار خاکهای آلی می باشند. تاثیر وجود مواد آلی، بر خصیصه های مهندسی خاکهای معدنی با توجه به نوع و محتوای ماده ارگانیک متغیر می باشد. اجرای سازه های حجیم و فونداسیون های سنگین بر روی این خاکهای نرم با تراکم پذیری بالا به دلیل مقاومت برشی پایین خاک و عدم توزیع متناسب بار در عمق، با تغییر شکل های افقی و قائم بسیار بزرگ در مراحل ساخت و بهره برداری و نشست های تحکیمی و خزشی زیاد همراه می باشد. به این ترتیب هر گونه بارگذاری بر روی این خاکهای نرم مستلزم اصلاح خاک و رفع نمودن مشکل مذکور می باشد. یکی از روش های اصلاح معمول در این خاکها، تثبیت شیمیایی با موادی مانند آهک، سیمان، گچ و.. می باشد. فرایند تثبیت موفق در این خاکها، مستلزم تست های آزمایشگاهی دقیق و تعیین میزان مناسب تثبیت کننده می باشد. مطالعات آماری و آزمایشگاهی انجام شده بر روی پروژه های تثبیت اجرا شده در خاکهای آلی دار حاکی از آن بوده است که در اغلب موارد نتایج مطلوبی از تثبیت این خاکها حاصل نشده است و بهبود پذیری در بیشتر موارد، با گذشت زمان کاهش یافته است.

تحقیق حاضر با محوریت بررسی تاثیر مواد آلی بر فرایند تثبیت انجام گرفته است و به منظور کنترل محتوای مواد آلی، خاکهای مورد نظر با افزودن ماده ارگانیک به شکل پیت با ۳٪ ، ۶٪ و ۹٪ ماده آلی تهیه شده است.

نتایج آزمایشات نشان می دهد که با افزایش محتوای ماده ارگانیک، درصد آهک مینیمم لازم برای اصلاح خاک ریزدانه موجود به میزان قابل ملاحظه ای تغییر می کند. نتایج بیانگر آنست که به ازای هر سه درصد افزایش محتوای ماده ارگانیک، بر میزان آهک لازم دو درصد افزوده می شود.

ویژگی های خمیری و تورمی و انقباضی هر سه نوع خاک بعد از تثبیت با آهک به خوبی اصلاح می شود، ولی با افزایش درصد ماده ارگانیک، میزان کاهش شاخص خمیری خاک تثبیت شده با آهک کاسته می شود. در همه خاکها با افزودن آهک، وزن واحد حجم خشک خاک کاهش و رطوبت بهینه

ادامه چکیده :

افزایش یافته است و منحنی های تراکم هموارتر شده است.

به منظور ارزیابی خواص مهندسی خاکهای موجود، آزمایش مقاومت فشاری تک محوری بر روی نمونه های تثبیت شده با آهک انجام گرفته است. درتمامی خاکها بعد از ۲۸ روز عمل آوری مقاومت فشاری به میزان محسوسی افزایش یافته است. این کسب مقاومت با افزایش درصد ماده آلی کاهش می یابد.

PH در همه نمونه ها بعد از ۲۸ روز عمل آوری کاهش یافته است و بر میزان این کاهش، با بالا رفتن درصد ماده آلی افزوده شده است. این کاهش PH، با ایجاد تاخیر در تجزیه و انحلال سیلیکات های خاک، ازتشکیل ژل هیدراته سمنتاسیون جلوگیری می کند و کسب مقاومت در خاکهای آلی دار را مختل می نماید.

با توجه به نتایج آزمایشات، با افزوده شدن درصد ماده آلی از ۰ تا ۹٪، تنها خاکهای دارای ۰ و ۳٪ ماده ارگانیک به ازای ۶ و ۸ درصد آهک به خوبی تثبیت شده اند. با افزوده شدن بیش از ۳٪ ماده ارگانیک به خاک ریزدانه موجود، علی رغم اصلاح ویژگی های خمیری، تورمی و انقباضی، کسب مقاومت انجام نگرفته است و فرایند تثبیت با آهک ناموفق بوده است.

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

فهرست مطالب ا
فهرست اشکال د
فهرست جداول ح

فصل اول : کلیات طرح

۱-۱- مقدمه ۱
۱-۲- طرح مساله و ضرورت انجام تحقیق ۲
۱-۳- اهداف تحقیق ۷
۱-۴- روش تحقیق ۸

فصل دوم : بررسی منابع

۲-۱- موادآلی خاک ۱۰
۲-۱-۱-تعریف مواد آلی خاک ۱۰
۲-۱-۲- ترکیب شیمیایی مواد آلی خاک ۱۲
۲-۱-۳- عوامل موثر بر نوع و تراکم مواد آلی خاک ۱۲
۲-۱-۳-۱- زمان ۱۲
۲-۱-۳-۲- اقلیم ۱۳
۲-۱-۳-۳- پوشش گیاهی ۱۳
۲-۱-۳-۴-توپوگرافی ۱۳
۲-۱ -۳-۵- ویژگی های سنگ مادر ۱۳
۲-۱-۴-طبقه بندی موادآلی موجود در خاک (شیمیایی) ۱۴
۲-۱-۴-۱- مواد غیر هومیک ۱۴
۲-۱-۴-۲- مواد هومیک ۱۴
۲-۱-۴-۲-۱- تشکیل مواد هومیک ۱۵
۲-۱-۴-۲-۲- ویژگی های مواد هومیک ۱۵
۲-۱-۴-۲-۳- گروههای عاملی ۱۶
۲-۱-۴-۲-۴- ارتباط بین ظرفیت تبادل کاتیونی و PH ۱۷
۲-۱-۵- واکنش های مواد آلی ۱۸
۲-۱-۵-۱- واکنش بین مواد آلی و فلزات ۱۸
۲-۱-۵-۲- واکنش های بین مواد آلی خاک و رس ۱۸
۲-۱-۶- روشهای تعیین درصد مواد آلی در خاک ۲۰
۲-۱-۶-۱- استفاده از چارتهای رنگ – درصد ماده آلی ۲۰
۲-۱-۶-۲- تکنیک اکسیداسیون کربن ۲۱

۲-۱-۶-۲ -۱- روش اکسیداسیون خشک LOI ۲۱
۲-۱-۶-۲ -۲- روش اکسیداسیون مرطوب ۲۲
۲-۱-۶-۳- روش Elementar vario Max (C-H-N) analyzer ۲۲
۲-۲- خاکهای آلی ۲۳
۲-۲-۱- طبقه بندی خاکهای آلی ۲۳
۲-۲-۱-۱- سیستم طبقه بندی یونیفاید (متحد) ۲۳
۲-۲-۱-۲- طبقه بندی کمی – کیفی خاکهای آلی ۲۷
۲-۲-۱-۲-۱- طبقه بندی پیت ها ۲۷
۲-۲-۱-۲-۲- طبقه بندی خاکهای آلی ۳۰
۲-۲-۲- ویژگی های مهندسی خاکهای آلی ۳۴
۲-۲-۳- بررسی تاثیر مواد آلی بر ویژگی های فیزیکی و فیزیو شیمیایی خاکها ۳۶
۲-۲-۳-۱- بررسی تاثیر مواد ارگانیک بر سطح ویژه خاک رس ۳۷
۲-۲-۳-۲- بررسی واکنش مواد آلی با خاک بوسیله میکروسکوپ های الکترونی ۴۰
۲-۲-۳-۳- تاثیر مواد آلی بر حدود اتر برگ خاک ۴۲
۲-۲-۳-۴- تاثیر مواد آلی بر ویژگی های تراکمی خاک ۴۳
۲-۲-۳-۵- تاثیر مواد آلی بر تراکم پذیری خاک ۴۴
۲-۲-۳-۶- تاثیر مواد آلی بر مقاومت فشاری تک محوری (UCS) خاک ۴۴
۲-۲-۳-۷- تاثیر مواد آلی بر ویژگی های تورمی خاکها ۴۵
۲-۳- تثبیت ۴۶
۲-۳-۱- اهداف تثبیت ۴۶
۲-۳-۲- تثبیت شیمیایی ۴۸
۲-۳-۳- مکانیسم تثبیت خاکهای رسی با آهک ۵۰
۲-۳-۳-۱- واکنش هیدراتاسیون ۵۱
۲-۳-۳-۲- واکنش تبادل یونی و فولکولاسیون ۵۲
۲-۳-۳-۳- واکنش پوزلانی ۵۳
۲-۳-۳-۴- واکنش کربناسیون ۵۴
۲-۳-۴- عوامل کنترل کننده مقاومت رسهای ثبیت شده با آهک ۵۵
۲-۳-۴-۱- درصد رطوبت ۵۵
۲-۳-۴-۲- نوع کانی رسی ۵۵
۲-۳-۴-۳- نوع خاک ۵۶
۲-۳-۴-۴- سولفات ها ۵۶
۲-۳-۴-۵- سولفید ها ۵۸
۲-۳-۴-۶- زمان عمل آوری ۵۸
۲-۳-۴-۷- دمای عمل آوری ۵۹
۲-۳-۴-۸- نوع و درصد آهک ۶۰
۲-۳-۴-۹- PH خاک ۶۰
۲-۳-۴-۱۰- درصد مواد آلی در خاک ها ۶۱
۲-۳-۵- تاثیر مواد آلی بربرخی ویژگی های مهندسی خاکهای تثبیت شده با آهک ۶۵
۲-۳-۵-۱- ویژگی های تراکمی خاکهای تثبیت شده با آهک و سیمان ۶۷

۲-۳-۵-۲- شاخص خمیری خاکهای تثبیت شده با آهک و سیمان ۶۷
۲-۳-۵-۳- بررسی مقاومت فشاری نمونه های تثبیت شده ۶۹
۲-۳-۶- تاثیر نمک درتثبیت خاکهای آلی دار ۷۲
۲-۳-۶-۱- مکانیسم های تاثیر نمک بر فرایند تثبیت رسهای آلی ۷۵
۲-۳-۷- روشهای ارزیابی تاثیر مواد ارگانیک برفرایند تثبیت خاکها با آهک ۷۹
۲-۳-۷-۱- روش تجزیه حرارتی تفاضلی (DSC) ۷۹
۲-۳-۷-۲- روش اسکن با میکروسکوپ های الکترونی و EDS ۸۳
۲-۳-۸- ارزیابی تثبیت کننده های مختلف در خاکهای آلی ۸۵

فصل سوم : مواد و روشها

۳-۱- مواد آزمایش ۸۸
۳-۱-۱- خاک ۸۸
۳-۱-۲- ماده تثبیت کننده ۹۵
۳-۱-۳- ماده آلی ۹۶
۳-۲- روشهای تثبیت خاک با آهک ۹۸
۳-۲-۱- ساخت خاکهای آلی دار ۹۸
۳-۲-۲- طرح تثبیت خاکهای ساخته شده ۹۹

فصل چهارم : نتایج آزمایشها و بحث

۴-۱- ویژگی های خاکهای تثبیت نشده ۱۰۶
۴-۱-۱- آنالیز دانه بندی خاک طبیعی ۱۰۶
۴-۱-۲- درصد مواد آلی خاکهای تثبیت نشده ۱۱۰
۴-۱-۳- وزن مخصوص ویژه خاکهای تثبیت نشده ۱۱۱
۴-۱-۴- ویژگی های تورمی خاکهای تثبیت نشده ۱۱۱
۴-۱-۵- ویژگی های تراکمی خاکهای تثبیت نشده ۱۱۳
۴-۱-۶- حدود اتربرگ برای خاکهای تثبیت نشده ۱۱۵
۴-۱-۷- تعیین درصد آهک مینیمم به روش Eades and Grim ۱۱۶
۴-۲- ویژگی های خاکهای تثبیت شده با آهک ۱۲۲
۴-۲-۱- حدود اتربرگ خاکهای تثبیت شده با آهک ۱۲۲
۴-۲-۲- ویژگی های تراکمی خاکهای تثبیت شده با آهک ۱۲۷
۴-۲-۳- ویژگی های تورمی و انقباضی خاکهای تثبیت شده با آهک ۱۳۱
۴-۲-۳-۱- انقباض خطی ۱۳۱
۴-۲-۳-۲- تورم آزاد ۱۳۳
۴-۳- آزمایشات تعیین خواص مهندسی خاکها ۱۳۶

فصل پنجم : نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۴۵
منابع و مآخذ ۱۵۰

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل شماره ۱-۱: پروفیل تیپ خاک در مناطق معتدل ۳

شکل شماره ۲-۱: لایه پیت واقع شده برروی خاک معدنی ۱۱

شکل شماره ۲-۲: مراحل تجزیه مواد بیولوژیکی ۱۱

شکل شماره ۲-۳: Elementar VarioMax C-H-N ۲۲

شکل شماره ۲-۴: Portable UV-Vis Spectrophotometer ۲۳

شکل شماره ۲-۵: فلوچارت طبقه بندی خاکهای ریز دانه (۵۰٪ یا بیشتر عبوری از الک شماره ۲۰۰) ۲۵

شکل شماره۲-۶: لایه ای از پیت با مراحل مختلف تجزیه ۳۰

شکل شماره ۲-۷: طبقه بندی خاکهای آلی و پیت مطابق روش موسسه حمل و نقل آلاسکا ۳۳

شکل شماره ۲-۸: تاثیر مواد آلی بر سطح ویژه خاک ۳۸

شکل شماره ۲-۹: اسکن با میکروسکپ الکترونی برای یک نوع خاک ایلیتی بدون مواد ارگانیک خاک ۴۱

شکل شماره ۲-۱۰: اسکن با میکروسکپ الکترونی برای یک نوع خاک ایلیتی با ۸/۹ ٪ مواد ارگانیک ۴۱

شکل شماره ۲-۱۱: تغییرات حدود روانی و خمیری با در صد ماده ارگانیک خاک ۴۲

شکل شماره ۲-۱۲: تغییرات شاخص خمیری با درصد ماده آلی خاک ۴۲

شکل شماره ۲-۱۳: تغییرات وزن مخصوص خشک ماکزیمم با درصد ماده آلی ۴۳

شکل شماره ۲-۱۴: تغییرات مقاومت فشاری با درصد ماده آلی ۴۴

شکل شماره ۲-۱۵: تغییرات میزان تورم با درصد ماده آلی ۴۵

شکل شماره۲-۱۶: مقایسه ضخامت لایه های تثبیت شده با لایه های تثبیت نشده ۴۷

شکل شماره ۲-۱۷: فرایند غلبه نیروی جاذبه بین ذرات رس بر نیروی دافعه در عمل تثبیت ۵۲

شکل شماره ۲-۱۸: فرایند تبادل یونی و فولکولاسیون ۵۳

شکل شماره ۲-۱۹: واکنش پوزلانی در فرایند تثبیت ۵۴

شکل شماره ۲-۲۰: تغییرات مقاومت برشی با زمان ۵۹

شکل شماره ۲-۲۱: تاثیرافزایش دما برکسب مقاومت فشاری تک محوری نمونه های رسی ۵۹

شکل شماره ۲-۲۲: تاثیر کربن ارگانیک بر واکنش پذیری آهک ۶۲
شکل شماره ۲-۲۳: تاثیر مواد آلی بر مقاومت فشاری رسهای تثبیت شده با آهک زنده و سیمان ۶۳
شکل شماره ۲-۲۴: مقایسه شاخص خمیری خاکها ی تثبیت شده با آهک و تثبیت نشده ۶۷
شکل شماره ۲-۲۵: تغییرات ضریب کاهش خمیری خاکهای آلی ۶۸
شکل شماره ۲-۲۶: مقاومت فشاری نمونه های تثبیت شده با آهک در دوره های عمل آوری..... ۶۹
شکل شماره ۲-۲۷: تغییرات PH خاکهای تثبیت شده با آهک با زمان عمل آوری ۷۰
شکل شماره ۲-۲۸: تغییرات درصد ماده آلی با زمان عمل آوری ۷۱
شکل شماره ۲-۲۹: رشد مقاومت رسهای تثبیت شده با آهک و سیمان ۷۳
شکل شماره ۲-۳۰: کاهش مقاومت خاکهای تثبیت شده با آهک و سیمان در مجاورت نمک ۷۴
شکل شماره ۲-۳۱: آنالیز ترکیب شیمیایی رس آلی دار(۶٪ ماده آلی) تثبیت شده با ۱۰ ٪آهک ۷۵
شکل شماره ۲-۳۲: آنالیز ترکیب شیمیایی رس عاری از مواد آلی تثبیت شده با ۱۰ ٪آهک ۷۵
شکل شماره ۲-۳۳: مقایسه مقاومت فشاری و غلظت یونهای سیلیکات در مخلوط تثبیت شده.... ۷۷
شکل شماره ۲-۳۴: ذرات رس پوشیده شده با مواد ارگانیک ۷۸
شکل شماره۲-۳۵: ذرات رس بعد از افزودن نمک ۷۸
شکل شماره ۲-۳۶: ساختمان رس آلی (سمت راست) و رس بدون ماده آلی ، تثبیت شده ۷۸
شکل شماره ۲-۳۷: ساختمان رس آلی تثبیت شده با ۱۰ ٪آهک و ۲۸ روز عمل آوری و..... ۷۹
شکل شماره ۲-۳۸: شکل شماتیک روش تجزیه حرارتی تفاضلی ۸۰
شکل شماره۲-۳۹: اسکن به روش DSC برای آهک هیدراته و رس بنتونیت قبل از مخلوط کردن ۸۱
شکل شماره ۲-۴۰:اسکن به روش DSC برای خاکهای تثبیت شده با ۶٪ آهک و..... ۸۱
شکل شماره ۲-۴۱: نتایج آزمایشات EDS و اسکن با میکروسکوپ های الکترونی ۸۴
شکل شماره ۲-۴۲: زون بندی برپایه میزان اسید هومیک و درصد رطوبت و جدول بیندر های ۸۶
شکل شماره ۲-۴۳: تغییرات مقاومت فشاری نمونه های رس آلی دار تحت اثر تثبیت کننده های.. ۸۶
شکل شماره ۳-۱: دستگاه تحکیم مورد استفاده در آزمایش تعیین پتانسیل تورم خاکها ۹۱
شکل شماره ۳-۲: تجهیزات تعیین PH در خاک ۹۲
شکل شماره ۳-۳: دستگاه تعیین مقاومت فشاری نمونه های تثبیت شده با آهک ۹۴

شکل شماره ۳-۴: تجهیزات مورد نیاز برای تعیین حدود خمیری ۱۰۲

شکل شماره ۴-۱: نمودار فرایند انجام آزمایشات و ارائه نتایج ۱۰۶

شکل شماره ۴-۲: نمودار توزیع اندازه ذرات خاک طبیعی ۱۰۸

شکل شماره ۴-۳: نمودار تغییرات تورم آزاد- زمان برای خاکهای طبیعی، A، B و C ۱۱۲

شکل شماره ۴-۴: منحنی تراکم خاکهای طبیعی، A، B و C ۱۱۴

شکل شماره ۴-۵ : نمودار تغییرات درصد رطوبت بهینه با درصد ماده آلی ۱۱۵

شکل شماره ۴-۶ : نمودارتغییرات وزن مخصوص خشک ماکزیمم با درصد مواد آلی ۱۱۵

شکل شماره ۴-۷: آهک مینیمم لازم برای اصلاح موقتی خاکها ۱۱۷

شکل شماره ۴-۸ :نمودار تغییرات PH با درصد آهک برای خاک طبیعی ۱۱۸

شکل شماره ۴-۹ :نمودار تغییرات PH با درصد آهک برای خاک A ۱۱۸

شکل شماره ۴-۱۰ : نمودار تغییرات PH با درصد آهک برای خاک B ۱۱۸

شکل شماره ۴-۱۱: نمودار تغییرات PH با درصد آهک برای خاک C ۱۱۹

شکل شماره ۴-۱۲: نمودار تغییرات حد روانی و حد خمیری خاک طبیعی با تغییر درصد آهک ۱۲۳

شکل شماره ۴-۱۳: نمودار تغییرات نشانه خمیری خاک طبیعی با تغییر درصد آهک ۱۲۴

شکل شماره ۴-۱۴: نمودار تغییرات حد روانی و حد خمیری خاک A با تغییر درصد آهک ۱۲۴

شکل شماره ۴-۱۵: نمودارتغییرات نشانه خمیری خاک A با تغییر درصد آهک ۱۲۴

شکل شماره۴-۱۶: نمودار تغییرات حد روانی و حد خمیری خاک B با تغییر درصد آهک ۱۲۵

شکل شماره ۴-۱۷: نمودار تغییرات نشانه خمیری خاک B با تغییر درصد آهک ۱۲۵

شکل شماره ۴-۱۸: نمودار تغییرات حد روانی و حد خمیری خاک C با تغییر درصد آهک ۱۲۵

شکل شماره ۴-۱۹: نمودار تغییرات نشانه خمیری خاک C با تغییر درصد آهک ۱۲۶

شکل شماره ۴-۲۰: نمودار تغییرات ضریب Rf_{PI} با درصد ماده آلی ۱۲۷

شکل شماره ۴-۲۱: نمودار ویژگی های تراکمی خاک طبیعی تثبیت شده با درصدهای مختلف... ۱۲۸

شکل شماره ۴-۲۲: نمودار ویژگی های تراکمی خاک A تثبیت شده با درصدهای مختلف آهک ۱۲۹

شکل شماره ۴-۲۳: نمودار ویژگی های تراکمی خاک B تثبیت شده با درصدهای مختلف آهک ۱۲۹

شکل شماره ۴-۲۴: نمودار ویژگی های تراکمی خاک C تثبیت شده با درصدهای مختلف آهک ۱۳۰

شکل شماره ۴-۲۵: تغییرات انقباض خطی خاکها به ازای درصد های مختلف آهک ۱۳۱

شکل شماره ۴-۲۶: نمودار تغییرات ضریب Rf_{LS} با درصد ماده آلی ۱۳۲

شکل شماره ۴-۲۷: نمودار تغییرات پتانسیل تورم آزاد خاک طبیعی به ازای درصد های مختلف... ۱۳۴

شکل شماره ۴-۲۸: نمودار تغییرات پتانسیل تورم آزاد خاک A به ازای درصد های مختلف آهک ۱۳۴

شکل شماره۴-۲۹: نمودار تغییرات پتانسیل تورم آزاد خاک B به ازای درصد های مختلف آهک ۱۳۵

شکل شماره ۴-۳۰: نمودار تغییرات پتانسیل تورم آزاد خاک C به ازای درصد های مختلف آهک ۱۳۵

شکل شماره ۴-۳۱: نمودار تغییرات ضریب Rf_{FS} با درصد ماده آلی ۱۳۵

شکل شماره ۴-۳۲: نمودار تغییرات مقاومت ۱ روزه نمونه های خاک به ازای درصد های مختلف ... ۱۳۸

شکل شماره ۴-۳۳: نمودارتغییرات مقاومت ۲۸ روزه نمونه های خاک به ازای درصد های مختلف ... ۱۳۹

شکل شماره۴-۳۴: نمودارتغییرات مقاومت ۱و ۲۸ روزه خاک طبیعی به ازای درصد های مختلف ... ۱۳۹

شکل شماره۴-۳۵: نمودارتغییرات مقاومت ۱و ۲۸ روزه خاک A به ازای درصد های مختلف آهک ۱۴۰

شکل شماره ۴-۳۶: نمودار تغییرات مقاومت ۱و ۲۸ روزه خاک B به ازای درصد های مختلف آهک ۱۴۰

شکل شماره ۴-۳۷: تغییر مقاومت ۱و ۲۸ روزه خاک C به ازای درصد های مختلف آهک ۱۴۱

شکل شماره ۴-۳۸: نمودار تغییرات ضریب If_{qu} با درصد ماده آلی ۱۴۲

شکل شماره ۴-۳۹: نمودار تغییرات ضریب Rf_{PH} با درصد ماده آلی ۱۴۲

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول شماره ۲-۱: عناصر اصلی تشکیل دهنده مواد آلی ۱۲

جدول شماره ۲-۲: عناصر تشکیل دهنده مواد هومیک در تعدادی از خاکهای آلی ۱۶

جدول شماره ۲-۳: سهم CEC خاک و مواد آلی در مقادیر PH مختلف خاک ۱۸

جدول شماره ۲-۴: تعیین درجه همیفیکاسیون پیت ها به روش وان پست ۲۸

جدول شماره ۲-۵: نامگذاری پیت ها ۲۹

جدول شماره ۲-۶: مقاومت فشاری کانی های مختلف تثبیت شده با آهک ۵۵

جدول شماره ۲-۷: ویژگی های مهندسی خاکهای آلی صحرایی ۶۶

جدول شماره ۲-۸: رطوبت بهینه ودانسیته ماکزیمم در خاکهای تثبیت شده با آهک ۶۷

جدول شماره ۲-۹: ویژگی های خاکهای مورد استفاده اونیتساکو ۷۳

جدول شماره ۲-۱۰: ویژگی های خاکهای مورد مطالعه کوسلانانت ۷۶

جدول شماره ۲-۱۱: افزایش مقاومت رسهای آلی تثبیت شده با بیندرهای مختلف ۸۷

جدول شماره ۴-۱: ویژگی های خاک طبیعی مورد مطالعه ۱۰۸

جدول شماره ۴-۲: درصد مواد آلی خاکهای مورد مطالعه ۱۱۰

جدول شماره ۴-۳: وزن مخصوص ویژه خاکهای طبیعی، A، B و C ۱۱۱

جدول شماره ۴-۴: درصد تورم آزاد خاکهای طبیعی، A، B و C ۱۱۲

جدول شماره ۴-۵: حدود اتربرگ خاکهای طبیعی، A، B و C ۱۱۶

جدول شماره ۴-۶: PH خاکهای طبیعی، A، B و C ۱۱۹

جدول شماره ۴-۷: درصد های آهک مینیمم برای اصلاح موقتی خاک ۱۲۰

جدول شماره ۴-۸: تغییرات PH خاکهای تثبیت شده با آهک بعد از ۲۸ روز عمل آوری ۱۲۱

جدول شماره ۴-۹: نتایج آزمایشات حدود اتربرگ خاکهای تثبیت شده با درصد های مختلف آهک ۱۲۳

جدول شماره ۴-۱۰: ویژگی های تراکمی خاکهای تثبیت شده با آهک ۱۲۸

جدول شماره ۴-۱۱: درصد های آهک بهینه برای تثبیت خاک ۱۴۳

فصل اول :

کلیات طرح

۱- ۱- مقدمه

رشد روز افزون جمعیت، گسترش شهرها و ضرورت ایجاد ساخت و سازهای زیر بنایی موجب افزایش تقاضا برای ایجاد سازه های عمرانی، صنعتی، مسکن و شبکه های ارتباطی شده است. این امر صنایع ساخت و ساز را جهت استفاده از زمینهای نامناسب با مشخصات فنی نامطلوب ترغیب می نماید. برخی از این زمینهای نامناسب نهشته های طبیعی هستند که به دلیل وجود مواد آلی[۱] و سن جوان ژئولوژیکی، بارهای بزرگ و سنگینی را در طول فرایند تکوین تحمل نکرده اند و بنابراین دارای مقاومت برشی پایین و پتانسیل خزش و قابلیت تراکم پذیری بسیار بالا هستند. در نتیجه ساخت فونداسیون های سنگین، سدهای خاکی و اجرای سازه های حجیم بر روی این زمین های نرم با تراکم پذیری بالا، برآیند قابل قبولی ندارد و موجب نشستهای متفاوت و بسیار زیاد، گسیختگی ها، ترکهای متعدد و تغییر شیب روسازی ها در زمان بهره برداری و استفاده از لایه های بستر متنوع، ضخیم و پر هزینه در زمان اجرا می گردد.

خاکهای آلی[۲] یا خاکهای آلی دار[۳]، با محتوای متغیری از مواد ارگانیک به عنوان مفاهیمی با معانی مختلف در مهندسی ژئوتکنیک بکار رفته است. این خاکها در ضمن فرایند تجزیه مواد ارگانیکی غیر زنده همانند بقایای گیاهان و جانوران تشکیل می شوند و پروسه تجزیه آنها عمدتا تحت تاثیر فعالیت های باکتریایی، شرایط آب و هوایی گرم، رطوبت مناسب و دسترسی به اکسیژن قرار دارد.

دستورالعمل های پراکنده ای برای تعریف و مرتبط نمودن این خاکها به گروههای شناخته شده، ارائه شده است. با صرفنظر از جزئیات بیان شده بوسیله محققان مختلف، خاکهای آلی را می توان در گروههای اصلی زیر قرار داد :

۱- بخش کوچکی از خاکهای آلی مانند پیت[۴] و گیتجا[۵]، بطور کامل و خالص به شکل ارگانیک می باشند.

---

[1] - Organic matter
[2] - Organic soil
[3] - Soils with an organic content
[4] - Peat
[5] - Gyttja

۲- بخش بزرگتری از خاکهای آلی شامل خاکهایی هستند که در مرحله انتقال و تغییر شکل با خاکهای معدنی ترکیب شده اند. نظیرگیتجاهای رس دار، رس های ارگانیک دار و رسوبات دشتهای سیلابی.
۳- خاکهای غنی از سولفیدها که عمدتا شامل سیلت های سرشار از سولفید هستند. مانند خاکهای باتلاقی، لجن زاری و مردابی.
۴- خاکهای سطحی که دارای درصد هایی از مواد ارگانیک می باشند.
۵- با کمی گسترش دادن مرز خاکهای آلی، رسوباتی غنی از کربنات کلسیم نظیر، مارن ها و خاکهایی که دارای جدار سیلیسی شبیه دیاتومه ها می باشند، شامل مفهوم خاکهای ارگانیک می شوند.

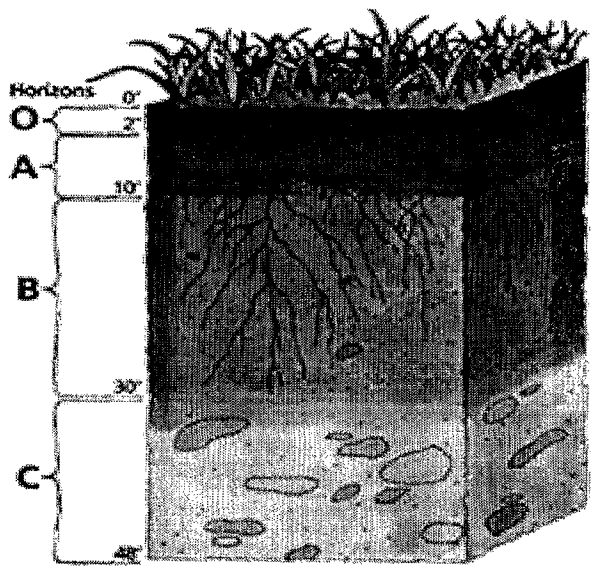
مارن ها، اغلب در مناطق با سنگ بستر آهکی و در مجاورت با نهشته های پیتی تشکیل می شوند. با توجه به شکل گیری خاکهای آهکی، که در اثر تجمع مکانیکی و رسوب گذاری کلسیم محلول در آب و ترکیبات آهن دار بدون کمک و یا با کمک ارگانیسم ها انجام می گیرد، این خاکها را در گروه خاکهای تاحدودی ارگانیک قرار داده اند[۲۴].

۱-۲- طرح مساله و ضرورت انجام تحقیق

وجود مواد ارگانیک در ترکیب خاک به دلایل شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی ویژگی های مهندسی خاک را به شدت تحت تاثیر قرار می دهد و موجب کاهش ویژگی های مقاومتی خاک می شود. اغلب روسازی های اجرا شده بر روی لایه های نازکی از خاکهای آلی، که در بین لایه های خاک محصور شده و در مراحل ساخت و طراحی مورد توجه قرار نگرفته اند، در طول سالیان متمادی منجر به نشست های مکرر، ترکهای متعدد و تخریب های موضعی روسازی ها شده اند و هزینه های هنگفتی را برای تعمیر و بازسازی به وجود می آورند. میزان تاثیر مواد آلی بر ویژگی های خاک شدیدا متغیر می باشد و بستگی به میزان تجزیه مواد ارگانیک، ترکیبات شیمیایی، درصد مواد آلی، بار الکتریکی و ظرفیت تبادل کاتیونی ذرات ارگانیک دارد. ویژگی های خاکهای آلی از مواد ارگانیک تشکیل دهنده آن منشا می گیرد.

مواد ارگانیک درخاکها، عمدتا شامل مخلوط هایی مرکب از بقایای تجزیه شده گیاهان و حیوانات در سطوح مختلف و مواد حاصل از تجزیه شیمیایی و بیولوژیکی آنها می باشد. منشا اصلی مواد

ارگانیک خاک، الیاف گیاهی است، این الیاف به وسیله اشکال مختلف ارگانیسم های خاک، تجزیه و هضم و در طی زمان از طریق نفوذ و شسته شدن، به لایه های پایین خاک منتقل می شوند. با توجه به تنوع وسیع الیاف سلولزی در گیاهان، مواد آلی موجود در خاک ها نیز دارای طیف گسترده ای هستند.



شکل شماره ۱-۱ : پروفیل تیپ خاک در مناطق معتدل [۳۷]

خاک شناسان، در شکل عمومی، خاکها را با سه افق A ، B و C مشخص می کنند و در مناطق معتدل افق O را به آنها اضافه می نمایند.

افق A، اغلب از رس و مواد معدنی غیر قابل حل مثل کوارتز تشکیل می شود که در طول زمان درازی شکل می گیرد. مواد قابل حل معمولا از این لایه شسته می شوند. افق B ، بعد از افق A قرار گرفته است که مواد ارگانیک کمی دارد و اغلب از مواد معدنی قابل حل و اکسیدهای آهن تجمع یافته در لایه های عدسی شکل، تشکیل شده است. افق C، پایین ترین لایه خاک است که به تدریج با قطعات شکسته و هوازده سنگ مادر جایگزین شده و از طریق دگرگونی های شیمیایی با رس ترکیب یافته است. افق O، از مواد آلی تجزیه شده و یا تجزیه نشده ترکیب یافته است، که این افق ممکن است در سطح و یا در هر عمقی از سطح مدفون شده باشد. شرایط آب و هوایی در ایجاد این لایه نقش زیادی دارد.

در مناطق مرطوب و گرمسیری افق های O و B وجود ندارند، زیرا مواد ارگانیک سریعا اکسیده شده و فرصتی برای انباشت پیدا نمی کنند. به این دلیل مقدار و عمق لایه های ارگانیک دار در مناطق و اقلیم های مختلف، متغیر می باشد [۳۷].

خاکهای آلی که در بسیاری از مناطق اروپایی و در برخی مناطق ایران یافت می شوند، طیفی از رس های با مواد آلی کم تا پیت (خاک کاملا آلی) را شامل می شوند. در رس های آلی دار، مواد ارگانیک به شکل غیر متبلور و نامنظم در منافذ ریز کانی های خاک قرار می گیرد و با آن ادغام می شود، این ذرات کلوئیدی ادغام شده با کانی ها، موجب کاهش نفوذ پذیری و در مواردی موجب افزایش تمایل به خزش می گردد. مشکلات مهندسی در این خاکها، مشابه مشکلات به وجود آمده در خاکهای رسی نرم است. اما این خاکها به دلیل تراکم پذیری بالا، تاثیرات خزشی زیاد، تنش های موثر و مقاومت خیلی پایین و در برخی موارد نفوذ پذیری خیلی کم، با مشکلات بیشتری همراه هستند.

درخاکهای کاملا آلی، نظیر پیت ها، مواد ارگانیک به شکل الیاف و فیبرهایی با ساختار شل و درهم تابیده انباشته شده اند. به دلیل درصد بالای مواد ارگانیک، ویژگی های مهندسی این نوع خاکها، در تمام زمینه ها کاملا متفاوت است. به این ترتیب ویژگی های خاکهای آلی از مواد ارگانیک تشکیل دهنده آنها منشا می گیرد و خصیصه های مهندسی و رفتار آنها با توجه به نوع و مقدار ماده ارگانیک متغیر می باشد. تنوع وسیع در خاکهای آلی که از تعدد و تنوع مواد تشکیل دهنده آنها ناشی می شود، باعث می گردد که طبقه بندی، آزمایش ها و پیش بینی رفتارهای مهندسی این خاکها بسیار مشکل باشد [۲۴].

در فعالیت های مهندسی و پروژه های عمرانی، در برخورد با خاکهای آلی، دو شیوه مد نظر قرارمی گیرد، در شیوه اول با توجه به شرایط مکانی، بر تغییر مسیر راه، برداشت لایه آلی دار و تعویض خاک تاکید می شود و در صورت عدم توجیه اقتصادی و مهندسی شیوه اول، روشهای اصلاح این خاکهای نرم مطرح می گردد. اصلاح خاک را می توان با روشهای مکانیکی و یا روشهای شیمیایی انجام داد. روشهای مکانیکی عمدتا شامل روشهای تعدیل بار، پیش بارگذاری و اعمال سربار و ساخت چند مرحله ای است. دراصلاح شیمیایی، خاک با بیندرهایی مانند سیمان، آهک،گچ و محصولات جانبی صنعتی نظیر سرباره کوره های بلند، خاکستر های بادی[1] و پوزلان هایی مانند سیلیس و آلومین ترکیب می شود. بروز واکنش های شیمیایی بین بیندر و خاک باعث می گردد که مخلوط تولید شده دارای مقاومت باربری بیشتر، قابلیت تراکم و جابجایی بهتر، درصد انقباض و خاصیت خمیری کمتری نسبت به خاک طبیعی اولیه باشد .

برای تثبیت خاکهای آلی دار از شیوه های متعدد علمی و تجربی استفاده می شود، که دو شیوه (تثبیت عمقی)[2] و (تثبیت توده ای)[1] روشهای متداول تری هستند. در تثبیت عمقی، ستون هایی از

[1] -fly ash
[2] - deep stabilization

خاک تثبیت شده تا عمق لازم توسعه می یابد و باعث افزایش ظرفیت باربری می شود. این ستون ها در برخی مواقع باکاهش درصد آب موجود در خاک موجب چگالتر شدن و افزایش مقاومت خاک اطراف می گردد. در این روش واکنش های انجام گرفته بین بیندرهای تثبیت کننده (آهک، سیمان، گچ) و خاک، با تولید مواد سمنته سخت، افزایش مقاومت برشی و مدول فشاری ستون های تثبیت شده را موجب می شود. افزایش مدولهای فشاری در این ستون ها باعث اصلاح ویژگی های تراکم پذیری، افزایش مقاومت برشی و کاهش نشست در خاکهای آلی مجاور می گردد.

تقویت با ستون ها در خاکریزهای جاده ای اساسا با هدف افزایش ظرفیت باربری خاکها انجام می گیرد. مدولهای فشاری و نفوذ پذیری بالای این ستون ها، زمینه ای برای نشست های کمتر و تکمیل سریعتر این نشست ها در مقایسه با خاکهای تثبیت نشده را فراهم می کند. تعیین ابعاد برای این ستون ها با ملاحظات پایداری خاکریزهای ساخته شده بر روی آنها صورت می گیرد.

در تثبیت توده ای کل حجم خاک، از طریق مخلوط شدن با بیندر های تثبیت کننده، اصلاح می شود. به منظور حصول نتایج مطلوب در روشهای اجرایی فوق ضرورت دارد واکنشهای شیمیایی و فیزیکی خاکهای آلی با بیندر های تثبیت کننده به صورت آزمایشگاهی از طریق شیوه های علمی و تجربی مورد تحقیق و بررسی قرار گیرد. این پژوهش بر پایه چنین دیدگاهی انجام می شود. میزان موفقیت فرایند تثبیت در پروژه های اجرایی، به مطالعات آزمایشگاهی دقیق و منسجم و طرح اختلاط های مناسب آهک و خاک، بستگی دارد.

بررسی منابع مهندسی در سالهای اخیر عمدتا به کاربرد تثبیت کننده های کلسیم دار در خاکهای دارای مواد آلی تاکید دارند، گروهی از محققین، آهک، سیمان و یا ترکیبی از سیمان با تثبیت کننده های دیگر نظیر آهک، سرباره کوره،گچ و خاکستر بادی را برای تثبیت خاکهای آلی دار پیشنهاد می کنند.

مطالعات مقدماتی نشان می دهند که یکی از تثبیت کننده های شیمیایی بسیار موثر و معمول در خاکهای با قابلیت تورم بالا و ویژگی های خمیری زیاد ، آهک (آهک زنده و یا هیدرواکسید کلسیم) می باشد. آهک، برای خاکهایی که مقادیر ریز دانه آنها زیاد باشد، به تنهایی می تواند تثبیت کننده موفقی باشد. افزودن آهک به خاکهای ریز دانه موجب بروز واکنش هایی نظیر واکنش تبادل یونهای مثبت، واکنش فولکولاسیون و واکنش پوزلانی می گردد. بروزاین فعل و انفعالات شیمیایی اثرات مهمی بر مشخصات فنی خاکها می گذارد و موجب اصلاح ساختار خاکهای ریزدانه می شود.

[1] - mass stabilization