کد رهگیری ثبت پروپوزال: ۱۰۸۲۹۲۳

کد رهگیری ثبت پایان نامه: ۲۱۱۶۹۰۹

بسم الله الرحمن الرحیم
الحمد لله رب العالمین الرحمن الرحیم مالک یوم الدین
ایاک نعبد و ایاک نستعین اهدنا الصراط المستقیم
صراط الذین انعمت علیهم غیر المغضوب علیهم
ولا الضالین

کلیه امتیازهای این پایان‌نامه به دانشگاه بوعلی سینا تعلق دارد. در صورت استفاده از تمام یا بخشی از مطالب این پایان‌نامه در مجلات، کنفرانس‌ها و یا سخنرانی‌ها، باید نام دانشگاه بوعلی سینا و استاد راهنمای پایان‌نامه و نام دانشجو با ذکر مأخذ و ضمن کسب مجوز کتبی از دفتر تحصیلات تکمیلی دانشگاه ثبت شود. در غیر این صورت مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت. درج آدرس‌های ذیل در کلیه مقالات خارجی و داخلی مستخرج از تمام یا بخشی از مطالب این پایان‌نامه در مجلات، کنفرانس‌ها و یا سخنرانی‌ها الزامی می‌باشد.

مقالات

……..……, **Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.**

مقالات

.....، گروه .....، دانشکده .....، دانشگاه بوعلی سینا، همدان.

دانشکده علوم پایه
گروه آموزشی زمین شناسی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته زمین شناسی گرایش زمین‌شناسی مهندسی

عنوان:

بررسی اثر آهک بر بهسازی رفتار مهندسی خاک‌های سطحی آلوده شده با مواد نفتی (در محدوده پالایشگاه تبریز)

استاد راهنما:
دکتر سید داود محمدی

استاد مشاور:
دکتر محمد رضا نیکودل

نگارش:
خلیل محرم‌زاده سرای

۱۰ تیر ۱۳۹۲

باسمه تعالی

صورت‌جلسه دفاع از پایان‌نامه کارشناسی ارشد

پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته زمین‌شناسی گرایش زمین‌شناسی مهندسی

با عنوان:

بررسی اثر آهک بر بهسازی رفتار مهندسی خاک‌های سطحی آلوده شده با مواد نفتی (در محدوده پالایشگاه تبریز)

جلسه دفاع از پایان‌نامه خانم/ آقای **خلیل محرم زاده سرای** به ارزش **۶ شش** واحد در روز **دوشنبه** مورخ ۱۳۹۲/۰۴/۱۰ ساعت ۰۸:۳۰ در محل **آمفی تئاتر ۱** دانشکده **علوم پایه** در حضور هیأت داوران برگزار گردید که پس از بررسی‌های لازم، پایان‌نامه نامبرده با نمره به عدد ۱۹/۰۵ به حروف نوزده و پنج صدم و با درجه عالی مورد ارزیابی قرار گرفت.

ردیف	نام و نام خانوادگی	سمت	مرتبه علمی	امضاء
۱	سید داود محمدی	استاد راهنما	استادیار	
۲	محمدرضا نیکودل	استاد مشاور	استادیار	غایب
۳	محمدحسین قبادی	داور داخلی	استاد	
۴	مجتبی حیدری	داور داخلی	استادیار	
۵	فرهاد آلیانی	★ مسئول تحصیلات تکمیلی دانشکده	دانشیار	

★ بدون حق رأی

باسپاس از سه وجود مقدس:

آنان که ناتوان شدند تا ما به توانایی برسیم...

موهایشان سپید شد تا ما رو سفید شویم...

و عاشقانه سوختند تا گرمابخش وجود ما و روشنگر راهمان باشند:

پدرانمان

مادرانمان

استادانمان.

از تمامی اساتید گروه زمین شناسی مهندسی که لطفشان را از بنده دریغ نکردند:

استاد راهنما دکتر سید داود محمدی،

استاد مشاور دکتر محمدرضا نیکودل،

داوران دکتر محمد حسین قبادی و دکتر مجتبی حیدری،

نهایت تشکر و قدردانی دارم.

این پژوهش با همکاری و مساعدت دفتر پژوهش و فن آوری پالایشگاه تبریز انجام شده است. به این وسیله از آن دفتر محترم بالاخص مهندس رحیم غبرائی، مهندس محمدکاظم کنگری و مهندس محمدعلی عبدالهی تشکر و قدردانی می گردد.

از برادران و خواهران عزیزم، دوستان، همکلاسیان و هم اتاقی هایم

که در سختی و ناامیدی های دوران تحصیل یاریم کردند

تشکر و قدردانی میکنم.

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه ایثار، به پاس عاطفه سرشار و گرمای امید بخش وجودشان که در این سردترین روزگاران بهترین پشتیبان است، به پاس قلب های بزرگشان که فریادرس است و سرگردانی و ترس در پناهشان به شجاعت می گراید و به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند.

آنان که وجودم برایشان همه رنج بود و وجودشان همه برایم مهر.

آنان که فروغ نگاهشان، گرمی کلامشان و روشنی رویشان سرمایه های جاودانی زندگی من است.

آنان که راستی قامتم در شکستگی قامتشان تجلی یافت.

سرم را نه ظلم می تواند خم کند، نه مرگ، نه ترس، سرم فقط برای بوسیدن دست های شما خم می شود.

دانشگاه بوعلی سینا

مشخصات رساله/پایان نامه تحصیلی

عنوان:

بررسی اثر آهک بر بهسازی رفتار مهندسی خاک‌های سطحی آلوده شده با مواد نفتی (در محدوده پالایشگاه تبریز)

نام نویسنده: خلیل محرم‌زاده سرای

نام استاد/اساتید راهنما: دکتر سید داود محمدی

نام استاد/اساتید مشاور: دکتر محمد رضا نیکودل

دانشکده: علوم پایه	**گروه آموزشی: زمین‌شناسی**	
رشته تحصیلی: زمین‌شناسی	**گرایش تحصیلی: زمین‌شناسی مهندسی**	**مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد**
تاریخ تصویب پروپوزال: ۱۳۸۹/۱۰/۳۰	**تاریخ دفاع: ۱۳۹۲/۰۴/۱۰**	**تعداد صفحات: ۱۵۶**

چکیده:

بهسازی خاک فرایندی است که طی آن مواد طبیعی یا مصنوعی، به عنوان ماده افزودنی به خاک اضافه شده و باعث بهبود مشخصات خاک می‌شود. در این راستا، به منظور بررسی تاثیر مواد نفتی بر رفتار مهندسی خاک‌ها و نحوه بهسازی آن‌ها، محدوده پالایشگاه نفت تبریز انتخاب گردیده و به منظور بهسازی خاک‌های آلوده به مواد نفتی محدوده پالایشگاه تبریز، از آهک زنده به عنوان تثبیت کننده استفاده گردید. مجموعاً از ۱۱ نقطه و از گوشه‌های محدوده مخازن مواد نفتی اقدام به نمونه‌برداری شد. بر اساس نتایج آزمایش دانه‌بندی نمونه‌ها در رده‌های CL و SM قرار می‌گیرند. به منظور تعیین نوع و درصد مواد نفتی آلوده کننده نمونه‌های تهیه شده از محدوده پالایشگاه تبریز، آزمایش کروماتوگرافی گازی انجام گردید. تعیین رفتار مکانیکی نمونه‌ها با انجام آزمایش‌های تعیین درصد رطوبت، دانه‌بندی و هیدورمتری، تعیین pH، حدود آتربرگ، تعیین G_S، تراکم استاندارد، برش مستقیم، مقاومت فشاری تک محوری، تحکیم و نسبت باربری کالیفرنیا بر روی نمونه‌ها انجام شد. جهت بررسی تغییرات خصوصیات ژئوتکنیکی خاک‌های آلوده به مواد نفتی در اثر افزودن آهک زنده، مقادیر ۱، ۳، ۵ و ۷ درصد وزنی آهک زنده با دوره-های عمل آوری ۱، ۳، ۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ روز جهت بهسازی در نظر گرفته شد و تغییرات خصوصیات ژئوتکنیکی خاک‌های آلوده به مواد نفتی، نحوه بهسازی و درصد بهینه آهک زنده طی انجام آزمایش‌ها بررسی شد. به طور کلی، مواد نفتی آلوده کننده نمونه‌ها باعث کاهش پارامترهای مقاومتی خاک می‌شود. این مواد نفتی از نوع هیدروکربن‌ها آلکان جامد بوده که دارای ۱۴ تا ۲۸ زنجیره کربنی می‌باشند. بر اساس نتایج به دست آمده، افزودن آهک زنده باعث بهبود خصوصیات مهندسی و افزایش ظرفیت باربری خاک‌های آلوده به مواد نفتی محدوده پالایشگاه تبریز شده است.

واژه‌های کلیدی: آلودگی خاک، رفتار زمین‌شناسی مهندسی، مقاومت خاک، تثبیت خاک، هیدروکربن‌های نفتی.

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱: خصوصیات فیزیکی - شیمیایی ترکیبات موجود در نمونه‌های مورد مطالعه..... ۱۷
جدول ۴-۱: نتایج حاصل از آزمایش کروماتوگرافی گاز- جامد..... ۶۱
جدول ۴-۲: نتایج آزمایش‌های تعیین حدود آتربرگ..... ۶۲
جدول ۴-۳: مقادیر وزن مخصوص ویژه ذرات برای نمونه‌های آلوده..... ۶۳
جدول ۴-۴: خصوصیات ظاهری و درصد ذرات تشکیل دهنده نمونه‌ها..... ۶۴
جدول ۴-۵: مقادیر خصوصیات مهندسی خاک‌های SM و CL در حالت غیر آلوده..... ۶۵
جدول ۴-۶: مقادیر وزن واحد حجم خشک بیشینه (γ_{dmax}) و درصد رطوبت بهینه (ω_{opt}) حاصل از آزمایش تراکم استاندارد..... ۶۷
جدول ۴-۷: مقادیر بار استاندارد..... ۶۸
جدول ۴-۸: مقادیر CBR برای نفوذ ۲/۵ میلی‌متر سنبه برای نمونه‌های آلوده به مواد نفتی..... ۶۹
جدول ۴-۹: مقادیر مقاومت فشاری محدود نشده نمونه‌ها..... ۷۰
جدول ۴-۱۰: روابط تنش قائم- برشی، چسبندگی (C) و زاویه اصطکاک داخلی (φ) حاصل از آزمایش برش مستقیم بر روی نمونه‌های آلوده..... ۷۲
جدول ۴-۱۱: مقادیر پارامترهای تحکیم نمونه‌های مورد مطالعه..... ۷۶
جدول ۵-۱: تغییرات حدود آتربرگ نمونه‌های CL تثبیت شده با آهک زنده برای دوره عمل آوری یک روزه..... ۸۲
جدول ۵-۲: حداکثر مقاومت فشاری تک محوری خاک تثبیت شده با آهک زنده بر حسب kPa..... ۸۹
جدول ۵-۳: مقادیر زاویه اصطکاک داخلی (درجه) و چسبندگی (kPa) حاصل از آزمایش برش مستقیم بر روی نمونه‌های آلوده به مواد نفتی بهسازی شده با آهک زنده..... ۹۹
جدول ۵-۴: مقادیر پارامترهای حاصل از آزمایش تحکیم بر روی نمونه‌های B و F بهسازی شده با آهک زنده..... ۱۰۴

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱: راه‌های دسترسی و شکل شماتیکی محدوده پالایشگاه تبریز ترسیم شده از نقشه و عکس ماهوارهای تهیه شده از Google earth ۹

شکل ۲-۱: ساختار خطی از هیدروکربن‌های آلیفاتیک نوع N-Hexadecan ۱۷

شکل ۳-۱: تبادل یونی در فعل و انفعالات خاک و آب ۴۲

شکل ۳-۲: مجتمع و کلوخه شدن ذرات رس در اثر اضافه کردن رس ۴۲

شکل ۳-۳: تصاویر تهیه شده از واکنش پوزولانی توسط میکروسکوپ الکترونی ۴۴

شکل ۳-۴: نمودار آشتو برای تعیین درصد آهک مناسب ۴۸

شکل ۴-۱: تغییرات رنگ سیلیکاژل با جذب رطوبت نمونه‌ها ۵۸

شکل ۴-۲: نمودارهای الف: غلظت مواد نفتی و ب: درصد هیدروکربن‌های آلوده کننده نمونه‌ها ۶۱

شکل ۴-۳: نمودار حد روانی برای نمونه‌های خمیری ۶۲

شکل ۴-۴: نمودار دانه‌بندی نمونه‌های خاک آلوده به مواد نفتی جمع‌آوری شده از محدوده پالایشگاه ۶۴

شکل ۴-۵: نمودار تراکم نمونه‌های خاک آلوده به مواد نفتی در محدوده پالایشگاه ۶۷

شکل ۴-۶: نمودار تنش- نفوذ سنبه در آزمایش CBR ۶۹

شکل ۴-۷: نمودار تنش- کرنش حاصل از آزمایش مقاومت فشاری تک محوری ۷۰

شکل ۴-۸: نتایج آزمایش برش مستقیم UU بر روی نمونه‌های مورد مطالعه ۷۲

شکل ۴-۹: نمودارهای حاصل از آزمایش تحکیم بر روی نمونه‌های آلوده به مواد نفتی محدوده پالایشگاه تبریز ۷۶

شکل ۵-۱: نمودارهای وزن واحد حجم خشک حداکثر و درصد رطوبت بهینه برای درصدهای مختلف آهک زنده و دوره‌های عمل‌آوری مشخص ۸۵

شکل ۵-۲: نمونه‌های تک محوری آماده شده برای یک درصد آهک زنده ۸۷

شکل ۵-۳: الگوهای مختلف گسیختگی برای سنگ و خاک در آزمایش مقاومت فشاری تک محوری.. ۸۷

شکل ۵-۴: نمودار مقاومت فشاری حداکثر نمونه‌های آلوده به مواد نفتی بهسازی شده با درصد و دوره عمل آوری مشخص با آهک زنده ۸۸

شکل ۵-۵: نتایج آزمایش برش مستقیم بر روی نمونه‌های آلوده به مواد نفتی بهسازی شده با آهک زنده ۹۹

شکل۵-۶: نتاج آزمایش تحکیم بر روی نمونه‌های الف:B و ب:F بهسازی شده با آهک زنده ۱۰۳

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل۶-۱: عدم اختلاط آسان و غوطه‌ور ماندن آب بر روی ذرات خاک آلوده به مواد نفتی ۱۰۸
شکل ۶-۲: شکل شماتیک احاطه شدن ذرات خاک توسط مواد نفتی..... ۱۰۸
شکل ۶-۳: تاثیر مواد نفتی بر ذرات رس و کاهش ثابت دی الکتریک آب منفذی بین ذرات خاک.... ۱۱۰
شکل ۶-۴: نمودار ستونی تغییرات درصد ذرات خاک آلوده در برابر غلظت مواد نفتی..... ۱۱۰
شکل ۶-۵: تغییرات الف: وزن واحد حجم خشک حداکثر و ب: درصد رطوبت بهینه در برابر غلظت مواد نفتی (C)..... ۱۱۲
شکل ۶-۶: تغییرات نسبت باربری کالیفرنیا در مقابل غلظت مواد نفتی..... ۱۱۳
شکل ۶-۷: تغییرات حداکثر مقاومت فشاری تک محوری در برابر غلظت مواد نفتی ۱۱۴
شکل ۶-۸: تغییرات تنش برشی حداکثر در برابر جابجایی برشی..... ۱۱۶
شکل ۶-۹: روند تغییرات زاویه اصطکاک داخلی و چسبندگی نمونه‌ها نسبت به غلظت مواد نفتی آلوده کننده..... ۱۱۶
شکل ۶-۱۰: روند تغییرات پارامترهای آزمایش تحکیم در برابر غلظت مواد نفتی آلوده کننده نمونه‌ها ۱۱۹
شکل ۶-۱۱: تغییرات وزن واحد حجم خشک حداکثر و درصد رطوبت بهینه در برابر درصد آهک زنده برای دوره عمل آوری یک روزه..... ۱۲۴
شکل ۶-۱۲: نمودار مقاومت فشاری حداکثر نمونه‌های آلوده بهسازی شده در برابر درصد آهک زنده در دوره عمل آوری یک روزه..... ۱۲۷
شکل ۶-۱۱: نمودارهای زاویه اصطکاک داخلی و چسبندگی حاصل از بهسازی نمونه‌های آلوده در برابر درصد آهک زنده برای دوره عمل آوری یک روزه..... ۱۲۸
شکل ۱: فرم گسیختگی در آزمایش تراکم تک محوری نمونه‌های خاک آلوده به مواد نفتی محدود پالایشگاه تبریز..... ۱۳۹
شکل ۲: نمودار وزن واحد حجم خشک در برابر درصد رطوبت برای نمونه‌های آلوده به مواد نفتی تثبیت شده با آهک زنده در درصدها و دوره‌های عمل‌آوری مختلف..... ۱۴۱
شکل ۳: نمودار تنش قائم- کرنش حاصل از آزمایش تراکم تک محوری در دوره‌های عمل آوری و درصدهای مختلف آهک زنده برای هر یک از نمونه‌ها..... ۱۴۴
شکل ۴: فرم گسیختگی در آزمایش تراکم تک محوری نمونه‌های آلوده به مواد نفتی بهسازی شده با درصد و دوره‌های عمل آوری مختلف آهک زنده..... ۱۵۱

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول ۱

کلیات ۱

۱-۱ مقدمه ۳

۱-۲ بهسازی و تثبیت خاک ۴

۱-۳ شرح مسئله ۶

۱-۴ اهداف تحقیق ۶

۱-۵ روش تحقیق ۶

۱-۵-۱ مطالعات دفتری ۷

۱-۵-۲ مطالعات صحرایی ۷

۱-۵-۳ مطالعات آزمایشگاهی ۸

۱-۶ موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه ۸

۱-۷ زمین شناسی منطقه مورد مطالعه ۹

فصل دوم ۱۳

مروری بر مطالعات قبلی ۱۳

۲-۱ مقدمه ۱۵

۲-۲ خصوصیات مواد نفتی ۱۶

۲-۳ تاثیر مواد نفتی بر روی خصوصیات مهندسی خاک‌ها ۱۹

۲-۴ تاثیر آهک بر روی خصوصیات مهندسی خاک‌ها ۲۶

۲-۵ جمع‌بندی فصل دوم ۳۱

فصل سوم ۳۰

تثبیت خاک با آهک ۳۰

۳-۱ تثبیت خاک ۳۵

۳-۲ اهداف تثبیت خاک ۳۵

۳-۳ آهک ۳۶

۳-۴ انواع آهک ۳۸

۳-۵ خاک مناسب برای تثبیت با آهک ۳۹

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۳-۶ انواع واکنش‌های آهک با خاک ۴۰
۳-۶-۱ واکنش هیدراسیون ۴۰
۳-۶-۲ واکنش تبادل کاتیونی ۴۱
۳-۶-۳ واکنش پوزولانی ۴۳
۳-۶-۴ واکنش کربناسیون ۴۵
۳-۷ تعیین درصد آهک بهینه ۴۵
۳-۷-۱ روش pH ۴۶
۳-۷-۲ روش نشانه خمیری ۴۶
۳-۷- ۳ روش نسبت باربری کالیفرنیا ۴۶
۳-۷-۴ روش آشتو ۴۷
۳-۷-۵ روش مقاومت فشاری ۴۸
۳-۸ ویژگی‌های مهندسی خاک تثبیت شده با آهک ۴۸
۳-۸ جمع‌بندی فصل سوم ۵۰
فصل چهارم ۵۳
تعیین خصوصیات زمین‌شناسی مهندسی نمونه‌های خاک آلوده ۵۳
۴-۱ مقدمه ۵۵
۴-۲ مشخصات سیلیکاژل استفاده شده ۵۶
۴-۳ روش آنالیز نمونه‌های مورد مطالعه ۵۸
۴-۳-۱ اصول کروماتوگرافی گازی ۵۸
۴-۳-۲ نتایج آزمایش کروماتوگرافی ۶۰
۴-۴ آزمایش‌های مکانیک خاک ۶۱
۴-۴-۱ آزمایش تعیین حدود آتربرگ ۶۱
۴-۴-۲ آزمایش تعیین وزن مخصوص ذرات جامد خاک (Gs) ۶۲
۴-۴-۳ آزمایش دانه بندی ۶۳
۴-۴-۴ آزمایش تعیین pH ۶۵
۴-۴-۴ آزمایش تراکم استاندارد ۶۶
۴-۴-۵ آزمایش تعیین نسبت باربری کالیفرنیا ۶۷

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

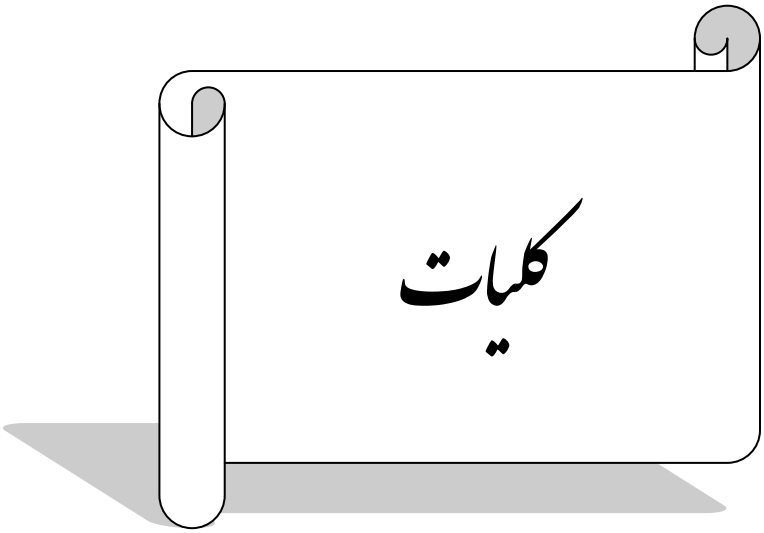
۴-۴-۶ آزمایش تعیین مقاومت فشاری تک محوری ۶۹
۴-۴-۷ آزمایش برش مستقیم ۷۱
۴-۴-۸ آزمایش تحکیم ۷۲
۴-۵ جمع‌بندی فصل چهارم ۷۶
فصل پنجم ۷۷
تثبیت نمونه‌های خاک آلوده ۷۷
۵-۱ مقدمه ۷۹
۵-۲ نتایج تثبیت با آهک ۷۹
۵-۲-۱ آزمایش تعیین pH ۸۰
۵-۲-۲ نتایج آزمایش حدود آتربرگ ۸۱
۵-۲-۳ آزمایش تراکم استاندارد ۸۲
۵-۲-۴ آزمایش مقاومت فشاری تک محوری ۸۵
۵-۲-۵ آزمایش برش مسقیم ۸۹
۵-۲-۶ آزمایش تحکیم ۱۰۲
۵-۳ جمع‌بندی فصل پنجم ۱۰۴
فصل ششم ۱۰۵
تحلیل نتایج ۱۰۵
۶-۱ مقدمه ۱۰۷
۶-۲ تحلیل نتایج آزمایش‌های آزمایشگاهی نمونه‌های خاک آلوده به مواد نفتی ۱۰۷
۶-۲-۱ تحلیل نتایج آزمایش کروماتوگرافی گاز- جامد ۱۰۷
۶-۲-۲ تحلیل نتایج آزمایش حدود آتربرگ ۱۰۸
۶-۲-۳ تحلیل نتایج آزمایش تعیین وزن مخصوص ذرات جامد خاک (Gs) ۱۰۹
۶-۲-۴ تحلیل نتایج آزمایش دانه بندی ۱۰۹
۶-۲-۵ تحلیل نتایج آزمایش تراکم استاندارد ۱۱۱
۶-۲-۶ تحلیل نتایج آزمایش تعیین نسبت باربری کالیفرنیا (CBR) ۱۱۲
۶-۲-۷ تحلیل نتایج آزمایش تعیین مقاومت فشاری تک محوری ۱۱۳
۶-۲-۸ تحلیل نتایج آزمایش برش مستقیم ۱۱۵

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۶-۲-۹ تحلیل نتایج آزمایش تحکیم ۱۱۷
۶-۳ تحلیل نتایج تثبیت نمونه‌های خاک آلوده به مواد نفتی با آهک زنده ۱۲۰
۶-۳-۱ تحلیل نتایج آزمایش حدود آتربرگ ۱۲۰
۶-۳-۲ تحلیل نتایج آزمایش تراکم استاندارد ۱۲۱
۶-۳-۳ تحلیل نتایج آزمایش مقاومت فشاری تک محوری ۱۲۴
۶-۳-۴ تحلیل نتایج آزمایش برش مستقیم ۱۲۷
۶-۳-۵ تحلیل نتایج آزمایش تحکیم ۱۲۸
۶-۴ جمع‌بندی فصل ششم ۱۲۹
فصل هفتم ۱۳۶
نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۱۳۱
۷-۱ نتیجه‌گیری ۱۳۳
۷-۲ پیشنهادات ۱۳۶
پیوست ۱۳۰
منابع ۱۵۳

فصل اول



۱-۱ مقدمه

به دلیل انتقال و جابه‌جایی حجم وسیعی از مشتقات نفتی و امکان آلودگی آب و خاک توسط آن، مطالعه اثرات آلودگی ناشی از مواد نفتی اهمیت زیادی دارد. آلودگی خاک با مواد نفتی در محدوده پالایشگاه‌ها اکثراً تصادفی بوده و بر اثر نشت از مخازن و خطوط لوله انتقال آسیب دیده، نشت در حین حمل و نقل، تصادف تانکرهای انتقال مواد نفتی و حتی در جنگ به صورت صدمات به مخزن‌ها و سکوهای حفاری اتفاق می‌افتد (خامه‌چیان و همکاران[1]، ۲۰۰۷). با توجه به این که به دلایل ایمنی، برخی از مخازن در اعماق زمین قرار داده می‌شوند، آلودگی خاک با مواد نفتی اهمیت بسزایی داشته و به مقدار کم می‌تواند طعم و بوی آب شرب را نیز نامناسب سازد. اهمیت نگرانی در مورد محصولات نفتی مربوط به اثرات مضر آن‌ها بر سلامتی و همچنین اکولوژی خاک در تمام مراحل پالایش، حمل و نقل و بهره برداری می‌باشد. با این وجود، مسئله آلودگی خاک در اثر نشت مواد نفتی از لحاظ ژئوتکنیکی نیز حائز اهمیت است. هر روز مقادیر زیادی از انواع مواد نفتی به عنوان سوخت مصرف می‌شود، از این رو مخازن بسیار زیادی به نگهداری محصولات نفتی اختصاص داده شده است. نشت از مخازن باعث ایجاد حجم عظیمی از خاک آلوده می‌گردد. در اثر فرایندهای فیزیکی- شیمیایی که بین آلاینده و خاک رخ می‌دهد، رفتار ژئوتکنیکی خاک تغییر می‌کند. این امر می‌تواند باعث تغییر پارامترهای مقاومتی و ظرفیت باربری خاک گردد. بنابراین پایداری مخزن به خطر افتاده و در اثر آسیب وارده به مخزن، علاوه بر خسارت، به دلیل نشت مقادیر زیادی از مواد آلاینده، خاک و آب زیرزمینی آلوده می‌گردد. با توجه به عمق نفوذ مواد نفتی، میزان نشست خاک در اثر آلودگی به مواد نفتی قابل توجه و امکان ایجاد نشست نامتقارن به دلیل ویژگی‌های متفاوت تراکم پذیری محتمل‌تر خواهد بود. از طرف دیگر، نفوذ مواد نفتی به طور مستقیم و غیر مستقیم (ریزش باران)، مقاومت پی‌ها را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد. اگر مواد نفتی یا آب آلوده در مجاورت پی سازه‌ها (از جمله پی منفرد، شمع‌ها،

1 Khmehchiyan et al

پی‌های صندوقی[1] و پی گسترده) قرار گیرد و یا اگر از آب یا خاک آلوده جهت ساختن بتن استفاده گردد، باعث می‌شود که کارآیی[2] و دوام[3] بتن تحت تاثیر قرار گیرد (اچسای[4]، ۱۹۹۷). با توجه به این که، هزینه‌های پاک سازی و بازیابی خاک‌های آلوده بسیار هنگفت است، اگر بتوان به نحوی از این خاک ها به عنوان مصالح استفاده کرد، صرفه اقتصادی به همراه دارد. از طرفی در صورتی که اقدام به خاک برداری جهت جایگزینی خاک آلوده با مصالح مناسب گردد، علاوه بر اثرات زیست محیطی حاصل از تخلیه خاک‌های آلوده در مناطق دیگر، هزینه‌ای را تشکیل می‌دهد که در مقایسه با هزینه بهسازی بسیار بالا می‌باشد. در این حالت تعداد ماشین آلات مورد نیاز و میزان استهلاک آن افزایش یافته و تعداد نیروی انسانی که برای این کار نیاز است نیز بیشتر می‌شود. همچنین، فرصت و زمان اجرای پروژه افزایش می‌یابد (کوستاکی و کالابرس[5]، ۱۹۹۰). خصوصیات فیزیکی و ترکیب شیمیایی مواد نفتی از عوامل موثر در تحرک و پویایی آن در داخل خلل و فرج خاک و نیز نحوه واکنش مواد نفتی با ذرات تشکیل دهنده خاک می‌باشد (کوستاکی و کالابرس، ۱۹۹۰).

۱-۲ بهسازی و تثبی‌ت خاک

منظور از تثبیت خاک، اصلاح ویژگی‌های ژئوتکنیکی خاک به منظور بهبود کیفیت فیزیکی و مکانیکی خاک است (داس، ۱۳۸۳). در واقع تثبیت خاک فرایندی است که طی آن مواد طبیعی یا مصنوعی، به عنوان ماده افزودنی به خاک اضافه شده و باعث بهبود مشخصات خاک می‌شود (عامری، ۱۳۸۴ و یازیکی[6]، ۲۰۰۴). امروزه از روش‌های بهسازی به طور گسترده‌ای در جهان استفاده می‌شود. کاربرد این روش‌ها باعث بهبود پارامترهای ژئوتکنیکی خاک، کاهش هزینه‌ها، کوتاه شدن زمان اجرا و افزایش طول عمر بهره‌برداری می‌گردد. به طور کلی، بهسازی خاک‌ها به چهار روش مکانیکی،

1 Caisson Foundation
2 Workability
3 Durability
4 Hsai
5 Kostecki and Calabrese
6 Yazici

بیولوژیکی، الکتریکی، فیزیکی و شیمیایی انجام می‌گیرد (عامری، ۱۳۸۴). بسته به نوع پروژه و شرایط ساختگاه یکی از این روش‌ها به عنوان روش مناسب جهت تثبیت، انتخاب می‌شود. روش‌های مکانیکی می‌تواند به طریق استاتیکی، ضربه‌ای، ارتعاشی و به کمک غلتک‌ها انجام گیرد. روش بیولوژیکی بیشتر شامل رویاندن گیاهان به منظور تثبیت و مقاوم کردن خاک در شیب‌ها و یا جلوگیری از فرسایش و شسته شدن خاک در برابر جریان آب‌های سطحی، بارندگی و سیلاب‌ها انجام می‌گیرد. در روش الکتریکی تثبیت خاک‌های ریزدانه، از طریق کاهش رطوبت در اثر جریان الکتریکی انجام می‌شود. نهایتاً در روش شیمیایی، تثبیت خاک‌ها به کمک موادی چون سیمان، آهک، سرباره کوره ذوب آهن، پوزولان، میکروسیلیکا و خاکستر بادی صورت می‌گیرد (عامری، ۱۳۸۴). از بین این مواد، آهک به دلایل زیر دارای کاربرد زیادی است (عامری، ۱۳۸۴ و ماتوس[1]، ۱۹۶۴):

- از ارزان‌ترین مصالح می‌باشد،
- در دسترس بوده و به راحتی انبار و جابجا می‌شود،
- دامنه وسیع کاربرد برای انواع خاک‌ها دارد،
- دارای اثرات دائمی است،
- تقریباً بعد از یک هفته قابل بارگذاری است،
- آب خیلی کم در آن نفوذ می‌کند، بنابراین کمتر در خطر یخ زدن و متلاشی شدن است و،
- هیچ نوع گیاهی در آن نمی‌روید و اگر در جاده سازی استفاده شود، بستر راه را از هجوم گیاهان محفوظ می‌ماند.

تثبیت خاک به وسیله آهک به معنای ترکیب و مخلوط کردن آهک با درصد رطوبت بهینه به صورت هیدروکسید کلسیم (آهک شکفته) و یا اکسید کلسیم (آهک زنده) با خاک و متراکم کردن این مخلوط است (بوردمن و همکاران[2]، ۲۰۰۱). عمل تثبیت خاک به علت واکنش‌های شیمیایی رس و

1 Mateos
2 Boardman et al