دانشکده مهندسی عمران
پایان نامه کارشناسی ارشد عمران
گرایش محیط زیست

اثر آلاینده‌های نفتی بر پایداری بستر رسی مخازن نفتی

نگارش:
الهه خسروی

استاد راهنما:
دکتر حسن قاسم زاده

استاد مشاور:
دکتر محمدرضا صبور

بهار ۸۹

بسم الله الرحمن الرحيم

چکیده

آلودگی خاک و آب‌های زیرزمینی به مواد ارگانیک و سمی یک مشکل شایع محیط زیستی است. در این میان محصولات نفتی یکی از مهمترین آلوده‌سازهای محیط زیست محسوب می‌شود. مهمترین نگرانی در مورد محصولات نفتی مربوط به اثرات مضر آنها بر سلامتی و همچنین اکولوژی خاک در طی تمام مراحل پالایش، حمل و نقل و بهره‌برداری می‌باشد. با این وجود مساله آلودگی خاک در اثر نشت مواد نفتی از لحاظ ژئوتکنیکی نیز حائز اهمیت است. هر روز مقادیر زیادی گازوئیل به عنوان سوخت مصرف می‌شود از این‌رو مخازن بسیار زیادی به نگهداری این محصول نفتی اختصاص داده شده است. نشت از مخازن باعث ایجاد حجم عظیمی از خاک آلوده می‌گردد. در اثر فرآیندهای فیزیکی_شیمیایی که بین آلاینده و خاک رخ می‌دهد، رفتار ژئوتکنیکی خاک تغییر می‌کند. این امر می‌تواند باعث کاهش ظرفیت باربری خاک گردد و بنابراین پایداری مخزن به خطر افتاده و در اثر آسیب وارده به مخزن و به دلیل نشت مقادیر زیادی آلاینده، خاک و آب زیرزمینی آلوده می‌گردد. بنابراین ضرورت بررسی نحوه‌ی تغییر رفتار خاک در اثر آلودگی احساس می‌شود علاوه بر این هزینه پاکسازی و بازیابی خاک‌های آلوده بسیار هنگفت است و اگر بتوان به نحوی از این خاک‌ها به عنوان مصالح استفاده کرد صرفه اقتصادی به‌همراه دارد. این پژوهش برای مطالعه‌ی روش‌هایی برای استفاده از خاک‌های آلوده در بستر راه نیز الزامی است.

بررسی اثر آلاینده‌های نفتی بر پایداری بستر سازه‌ها با انجام مطالعات گسترده‌ی آزمایشگاهی میسر می‌بود. با مطالعه پژوهش‌های پیشین دیده شد که اکثر مطالعات در این زمینه در مورد خاک ماسه‌ای و نفت خام صورت گرفته است و در مورد اثر گازوئیل بر ویژگی‌های ژئوتکنیکی خاک رس پژوهشی انجام نشده است.

در این پایان‌نامه، مجموعه‌ی کاملی از آزمایشات مکانیک خاک شامل برش مستقیم، تک محوری، تحکیم و حدود اتربرگ بر روی نمونه‌های آلوده و تمیز خاک کائولینیت انجام شد و در انتها برای بررسی پایداری بستر مخازن با استفاده از نرم‌افزار PLAXIS دوبعدی که از روش اجزا محدود استفاده می‌کند، ظرفیت باربری آنها با استفاده از نتایج آزمایش برش مستقیم بدست آمد. خاک مورد استفاده تولیدی شرکت خاک چینی ایران بوده که با درصدهای مختلف گازوئیل مخلوط شد و در دمای ۳۰ درجه به منظور جذب کامل آلاینده توسط ذرات رس، به مدت ۱۰ روز نگهداری شد و سپس مورد آزمایش قرار گرفت.

نتایج آزمایشات برش مستقیم نشان می‌دهد با افزایش میزان آلاینده‌ها، میزان چسبندگی افزایش و زاویه‌ی اصطکاک داخلی خاک کاهش می‌یابد. افزایش میزان آلاینده‌ها تا در صد مشخصی باعث افزایش مقاومت تک محوری و دامنه خمیری خاک، می‌گردد. میزان نشست خاک در اثر آلودگی به

گازوئیل کاهش می‌یابد و امکان ایجاد نشست نامتقارن بدلیل ویژگی‌های متفاوت تراکم‌پذیری در اثر نشت آلاینده از مخزن‌ها محتمل است از این رو امکان به خطر افتادن پایداری سازه وجود دارد. خروجی نرم‌افزار PLAXIS نشان می‌دهد که ظرفیت باربری خاک در اثر آلوده شدن با گازوئیل افزایش می‌یابد. روند مشاهده شده نشان می‌دهد که به دلیل افزایش مقاومت برشی خاک در اثر آلوده شدن امکان استفاده از این خاک‌ها به عنوان مصالح مناسب به نظر می‌رسد و باید تحقیقات بیشتری در این رابطه انجام شود.

کلمات کلیدی: آلودگی خاک، گازوئیل، مطالعات آزمایشگاهی، کائولینیت، مشخصات ژئوتکنیکی

فهرست مطالب:

فصل اول: پیشگفتار	۱
۱-۱- مقدمه	۲
۱-۲- ساختار پایان‌نامه	۶
فصل دوم: مبانی تئوری و مروری بر تحقیقات پیشین	۸
۲-۱- مقدمه	۹
۲-۲- خاک	۹
۲-۲-۱-طبقه بندی خاک	۱۰
۲-۲-۲- خاک رسی	۱۱
۲-۲-۳- ترکیب و خواص شیمیایی رس‌ها	۱۲
۲-۲-۴- انواع رس‌ها	۱۳
۲-۲-۴-۱- کانی کائولینیت	۱۳
۲-۲-۴-۲- کانی ایلیت	۱۵
۲-۲-۴-۳-کانی مونت موریلونیت (بنتونیت)	۱۶
۲-۳- ساختمان خاک‌های رسی	۱۷
۲-۴- آلاینده‌های خاک	۱۷
۲-۴-۱- نفت و فرآورده های نفتی	۱۸
۲-۴-۲-هیدروکربن‌های نفتی (Total Petroleum Hydrocarbons: TPH)	۱۹
۲-۴-۲-۱-گازوئیل(نفت گاز)	۲۰
۲-۵ مخازن ذخیره‌ی مواد نفتی	۲۴
۲-۵-۱-انواع مخازن سطحی (AGST)	۲۵
۲-۶- برهم‌کنش آلاینده و خاک	۲۷
۲-۷- پایداری خاک بستر	۲۹
۲-۷-۱ ظرفیت باربری	۲۹
۲-۷-۲- نشست خاک	۳۱
۲-۸- تنش موثر خاک غیراشباع	۳۳
۲-۹- روند گام به گام استفاده از نرم افزار PLAXIS	۳۷
۲-۱۰- مروری بر پژوهش‌های پیشین	۳۹

۲-۱۰-۱- ظرفیت باربری ۴۰
۲-۱۰-۲- پارامترهای مقاومت برشی ۴۰
۲-۱۰-۳- قابلیت فشردگی ۴۵
۲-۱۰-۴- تراکم پذیری ۴۶
۲-۱۰-۵- حدود اتربرگ ۴۸
۲-۱۰-۶- اثر افزایش عمر نمونه بر مقاومت برشی ۴۹
۲-۱۰-۷- نفوذپذیری ۵۰
۲-۱۱- جمع بندی ۵۲
فصل سوم: روش تحقیق ۵۴
۳-۱- مقدمه ۵۵
۳-۲ خاک مورد استفاده ۵۶
۳-۳- گازوئیل مورد استفاده ۵۶
۳-۴- آماده کردن وسایل و شیشه‌آلات آزمایشگاهی ۵۷
۳-۵- تعیین برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده ۵۷
۳-۵-۱- تعیین ترکیبات شیمیایی ۵۸
۳-۵-۲- تعیین چگالی ویژه (Gs) ۵۸
۳-۵-۳- تعیین درصد رطوبت ۵۹
۳-۵-۴- تعیین دانه‌بندی خاک ۶۰
۳-۵-۴-۱- تعیین دانه‌بندی به روش هیدرومتری ۶۰
۳-۵-۵- تعیین میزان مواد آلی خاک ۶۳
۳-۵-۶- تعیین pH ۶۴
۳-۵-۷- آزمایش حدود اتربرگ ۶۵
۳-۵-۸- آزمایش تراکم ۶۸
۳-۵-۹- طبقه‌بندی خاک ۷۰
۳-۶- تهیه‌ی نمونه‌های آلوده به نفت‌خام ۷۰
۳-۶-۱- آماده‌سازی خاک ۷۰
۳-۶-۲- چگونگی آلوده‌سازی نمونه‌ها ۷۱
۳-۶-۳- چگونگی نگهداری نمونه‌های آلوده ۷۲

۳-۷- چگونگی انجام آزمایش‌ها ۷۳
۳-۷-۱- آزمایش برش مستقیم ۷۳
۳-۷-۲ آزمایش تحکیم ۷۶
۳-۷-۳- آزمایش تک محوری ۷۹
۳-۷-۴- عکس‌برداری توسط میکروسکپ الکترونی پیمایشی (SEM) ۸۳
فصل چهارم: نتایج تحقیق و بررسی آنها ۸۵
۴-۱- مقدمه ۸۶
۴-۲- نتایج آزمایش‌های شناسایی ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی خاک مصرفی ۸۷
۴-۲-۱ نتیجه آزمایش XRD ۸۷
۴-۲-۲ آزمایش چگالی ویژه (Gs) ۸۷
۴-۲-۳ آزمایش حدود اتربرگ و PH ۸۹
۴-۲-۴ آزمایش هیدرومتری ۸۹
۴-۲-۵- آزمایش تراکم ۸۹
۴-۳- نتایج آزمایش‌های مرتبط به موضوع تحقیق ۹۰
۴-۳-۱-بافت خاک ۹۰
۴-۳-۲- آزمایش برش مستقیم ۹۴
۴-۳-۲-۱- نامگذاری آزمایشات مربوط به نمونه‌های آلوده به گازوئیل ۹۵
۴-۳-۲-۲- تکرارپذیری آزمایشات ۹۵
۴-۳-۲-۳- نتایج آزمایشات برش مستقیم نمونه‌های آلوده به گازوئیل ۹۸
۴-۳-۲-۴- نتایج آزمایشات برش مستقیم نمونه‌های مرطوب ۱۰۶
۴-۳-۳- آزمایش تک محوری ۱۰۸
۴-۳-۴- آزمایش تحکیم ۱۱۲
۴-۳-۵- آزمایش حدود اتربرگ ۱۱۵
۴-۴- ظرفیت باربری ۱۱۷
۴-۵- اثر زمان بر مقاومت خاک ۱۲۰
۴-۶- جمع بندی ۱۲۱

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۱۲۳
۵-۱ مقدمه ۱۲۴
۵-۲ نتایج ۱۲۴
۵-۳ پیشنهادات ۱۲۵
پیوست۱ ۱۲۷
پیوست۲ ۱۳۰
مراجع ۱۳۰

فهرست جداول

جدول ۲-۱ : کانی‌های عمومی در خاک‌ها ۱۰

جدول ۲-۲ : حدود جدا کننده‌ی اندازه‌ی خاک ۱۱

جدول۲-۳: کانی‌های رسی ۱۲

جدول ۲-۴ : ویژگی‌های فرآورده گازوئیل ۲۱

جدول ۳-۱: آزمایش‌های انجام شده برای رسیدن به هدف‌های پایان نامه ۵۶

جدول ۳-۲: آزمایش‌های شناسایی مصالح ۵۸

جدول ۴-۱: کانی‌های موجود در خاک مصرفی ۸۷

جدول ۴-۲: عناصر موجود در خاک کائولینیت مصرفی ۸۸

جدول ۴-۳: نتایج آزمایش چگالی ۸۸

جدول۴-۴: تعداد آزمایش‌های برش مستقیم انجام شده ۹۵

فهرست شکل‌ها

شکل۲-۱: واحد و صفحه هشت وجهی ۱۳

شکل۲-۲: واحد و صفحه چهار وجهی ۱۳

شکل۲-۳: کانی رس کائولینیت ۱۴

شکل۲-۴: کانی رس ایلیت ۱۵

شکل۲-۵: کانی رس مونت موریلونیت ۱۶

شکل ۲-۶: مخزن با سقف شناور خارجی ۲۷

شکل ۲-۷: مخزن با سقف شناور داخلی ۲۷

شکل ۲-۸: ضرائب ظرفیت باربری Ncو Nq وNγ در مقابل زاویه اصطکاک داخلی ۳۰

شکل ۲-۹: مدل دانه‌های کروی برای اندرکنش سه فاز در خاک ۳۴

شکل ۲-۱۰: حالت مختلف مکش بافتی با توجه به مقادیر r1 و r2 ۳۵

شکل ۲-۱۱: پوش گسیختگی موهر-کلمب بسط داده شده برای خاک غیر اشباع ۳۷

شکل ۲-۱۲: اثر درصد نفت خام بر زاویه اصطکاک داخلی ۴۱

شکل ۲-۱۳: اثر درصد نفت خام بر چسبندگی ۴۲

شکل ۲-۱۴: اثر درصد آلاینده بر زاویه اصطکاک داخلیDr=45% ۴۲

شکل ۲-۱۵: اثر درصد آلاینده بر زاویه اصطکاک داخلیDr=75% ۴۲

شکل ۲-۱۶: نمودار تنش انحرافی-کرنش محوری برای خاک تمیز و آلوده ۴۳

شکل ۲-۱۷: فشار آب حفره‌ای-کرنش محوری برای خاک تمیز و آلوده ۴۳

شکل۲-۱۸: نمودارهای e-log p برای خاک طبیعی و آلوده ۴۵

شکل ۲-۱۹: نمودارهای آزمایش تراکم برای نمونه‌های با درصد آلاینده‌ی متفاوت برای خاک ۴۷

شکل ۲-۲۰: نمودارهای آزمایش تراکم برای نمونه‌های با درصد آلاینده‌ی متفاوت برای خاک SP ۴۷

شکل۲-۲۱: نمودارهای آزمایش تراکم برای نمونه‌های با درصد آلاینده‌ی متفاوت ۴۷

شکل۲-۲۲: اثر نفت بر ضریب نفوذپذیری ۵۱

شکل ۳-۱: آون (سمت راست)، ترازو (سمت چپ) ۶۰
شکل ۳-۲: کوره‌ی مورد استفاده ۶۳
شکل ۳-۳: دستگاه اندازه‌گیری pH ۶۴
شکل ۳-۴: لوازم مورد استفاده در آزمایش حد روانی ۶۷
شکل ۳-۵: قسمت‌های مختلف دستگاه تست پروکتور استاندارد ۶۹
شکل ۳-۶- اون نگهداری نمونه‌ها ۷۲
شکل ۳-۷- تعدادی نمونه آزمایش برش مستقیم ۷۵
شکل ۳-۸- دستگاه برش مستقیم استفاده شده ۷۶
شکل ۳-۹- نمونه‌های آزمایش تحکیم ۷۸
شکل ۳-۱۰- دستگاه اودئومتر استفاده شده ۷۸
شکل ۳-۱۱ نمونه‌ی شکسته شده در آزمایش تک محوری ۸۰
شکل ۳-۱۲ : نمونه‌ی آزمایش تک محوری قبل از شکست ۸۱
شکل ۳-۱۳: نحوه‌ی ساختن نمونه ۸۲
شکل ۳-۱۴: نحوه‌ی خارج کردن نمونه از قالب ۸۲
شکل ۴-۱: منحنی دانه بندی کائولینیت ۸۹
شکل ۴-۲: منحنی تراکم خاک کائولینیت مصرفی ۹۰
شکل ۴-۳: تصویر حاصل از SEM برای نمونه‌ی خاک کائولینیت تمیز ۹۱
شکل ۴-۴: تصویر حاصل از SEM برای نمونه‌ی خاک کائولینیت و ۱۲ درصد آب ۹۱
شکل ۴-۵: تصویر حاصل از SEM برای نمونه‌ی خاک کائولینیت تمیز ۹۲
شکل ۴-۶: تصویر حاصل از SEM برای نمونه‌ی خاک کائولینیت و ۱۲ درصد آب ۹۲
شکل ۴-۷: تصویر حاصل از SEM برای نمونه‌ی خاک کائولینیت و ۱۲ درصد گازوئیل ۹۳
شکل ۴-۸: تصویر حاصل از SEM برای نمونه‌ی خاک کائولینیت و ۱۲ درصد گازوئیل و ۱۲ ۹۳
شکل۴-۹: نمودار جابجایی قائم- جابجایی افقی برای خاک کائولینیت بدون گازوئیل ۹۷

شکل۴-۱۰: نمودار تنش برشی_تغییرمکان افقی برای خاک کائولینیت و ۲ درصد گازوئیل ۹۸
شکل۴-۱۱: نمودار تنش برشی_تغییرمکان افقی برای خاک کائولینیت و ۴ درصد گازوئیل ۹۹
شکل۴-۱۲: نمودار تنش برشی_تغییرمکان افقی برای خاک کائولینیت و ۶ درصد گازوئیل ۹۹
شکل۴-۱۳: نمودار تنش برشی_تغییرمکان افقی برای خاک کائولینیت و ۱۲ درصد گازوئیل ۱۰۰
شکل۴-۱۴: نمودار تنش برشی_تغییرمکان افقی برای خاک کائولینیت و ۱۶ درصد گازوئیل ۱۰۰
شکل۴-۱۵: نمودار تنش برشی_تغییرمکان افقی برای خاک کائولینیت و ۲۰ درصد گازوئیل ۱۰۱
شکل۴-۱۶: اثر درصد گازوئیل بر چسبندگی ۱۰۲
شکل۴-۱۷: اثر درصد گازوئیل بر زاویه اصطکاک داخلی کل ۱۰۳
شکل۴-۱۸: درصد تغییرات چسبندگی در اثر افزایش گازوئیل ۱۰۳
شکل۴-۱۹: درصد تغییرات زاویه اصطکاک داخلی کل در اثر افزایش گازوئیل ۱۰۳
شکل۴-۲۰: تنش برشی در مقابل تغییر مکان افقی ۱۰۵
شکل۴-۲۱: تغییرمکان قائم در مقابل تغییر مکان افقی ۱۰۶
شکل۴-۲۲: اثر گازوئیل و آب بر چسبندگی ۱۰۸
شکل۴-۲۳: اثر گازوئیل و آب بر زاویه اصطکاک داخلی کل ۱۰۸
شکل۴-۲۴: نمودار مقاومت فشاری محدود شده در مقابل کرنش محوری برای نمونه‌های ۱۱۰
شکل۴-۲۵: اثر گازوئیل بر مقاومت فشاری محدود نشده ۱۱۰
شکل۴-۲۶: نمودار e-log p برای خاک کائولینیت بدون گازوئیل ۱۱۳
شکل۴-۲۷: نمودار e-log p برای خاک کائولینیت با ۶ درصد گازوئیل ۱۱۳
شکل۴-۲۸: نمودار e-log p برای خاک کائولینیت با ۱۰ درصد گازوئیل ۱۱۴
شکل۴-۲۹: نمودار c_c و c_s در مقابل درصد گازوئیل ۱۱۴
شکل۴-۳۰: اثر گازوئیل بر حد خمیری ۱۱۶
شکل۴-۳۱: اثر گازوئیل بر حد روانی ۱۱۶
شکل۴-۳۲: اثر گازوئیل بر دامنه خمیری ۱۱۷

شکل ۴-۳۳: پنجره تنظیمات مدلسازی ۱۱۸
شکل۴-۳۴: تغییرمکان پیش‌فرض ۱۱۸
شکل۴-۳۵: مش بندی ۱۱۹
شکل۴-۳۶: خروجی تغییرمکان ۱۱۹
شکل۴-۳۳: اثر گازوئیل بر ظرفیت باربری ۱۲۰
شکل۴-۳۸: اثر زمان بر مقاومت تک محوری ۱۲۱

فصل اول:

پیشگفتار

۱-۱-مقدمه

انسان برای بقای زندگی خود نیازمند است از منابع موجود بر روی کره زمین استفاده نماید و از آنجا که به صورت خواسته و ناخواسته همواره مقادیری از آلاینده‌های مختلف را وارد محیط اطراف می‌کند، بهره-برداری‌های او از منابع گوناگون سبب آلودگی محیط زیست می‌گردد. بعلاوه این آلاینده‌ها می‌توانند به وسیله‌ی عوامل گوناگون طبیعی مانند جریان آب و باد به مناطق دیگر هم منتقل شوند و بدین‌گونه آلودگی گسترش می‌یابد. در اثر فعالیت‌های بشر نه‌تنها هوا و آب، بلکه خاک نیز آلوده می‌شود. صنایع مربوط به بهره‌برداری از نفت و فرآورده‌های آن نیز از این قاعده مستثنی نیستند و در طی تمام مراحل استخراج، حمل و نقل و مصرف محصولات نفتی، همواره مقادیر زیادی آلاینده وارد محیط اطراف می‌گردد.

آلاینده‌های نفتی زیادی امروزه بوسیله‌ی صنایع نفتی و شیمیایی تولید می‌شود. این آلاینده‌ها جزء مهمترین آلوده‌سازهای محیط زیست به حساب می‌آیند. آلودگی به آلاینده‌های نفتی می‌تواند از منابع متعددی صورت گیرد. در این میان نشت از لوله‌های انتقال آسیب دیده، تصادف تانکرها، تخلیه از تأسیسات نفتی داخل خشکی و دریاها، نشت از مخازن نگهداری، پلنت‌های حفاری و استخراج و نشت طبیعی، از اهمیت بیشتری برخوردارند. برای مثال ریزش‌های نفت (Oil Spills) در کویت در طول جنگ خلیج، نشت شدید از لوله‌های انتقال نفت در عربستان سعودی از جمله موارد آلودگی خاک به مواد نفتی است. بدلیل افزایش وسعت آلودگی خاک به مواد نفتی در سالیان اخیر تحقیقات زیادی در این زمینه صورت می‌پذیرد [۱].

ایران با توجه به دارا بودن ۸/۵۸ درصد از منابع نفتی جهان، تولیدات پتروشیمی متوسط ۱۶ میلیون تن در سال، که در سال ۱۳۸۴، ۳۵ میلیون تن بوده است، دارا بودن مقام دوم در ذخایر گازی جهان، وجود بیش از ۲۰۰۰۰ کیلومتر خط انتقال نفت و گاز، دارا بودن بیش از ۸۰۰۰ ایستگاه سوخت‌گیری، ۹۰۰۰ تانکر حمل نفت و فرآورده‌های نفتی، ۱۰۰۰ تانکر حمل گاز مایع، ۱۳۰ واحد پرکننده‌ی مخزن گاز و ۸۵ انبار نفت، به میزان زیادی در معرض آلوده‌شدن خاک و آب به نفت و فرآورده‌های نفتی قرار دارد [۲].

نفت خام انتقال یافته به پالایشگاه‌ها و پایانه‌های نفتی (قبل از پالایش) و همچنین محصولات نفتی تولید شده در پالایشگاه‌ها (قبل از عرضه به بازار) مدتی در مخازنی که به منظور نگهداری آنها طراحی و

ساخته می‌شوند، باقی می‌مانند و چون همواره مقادیر زیادی از مواد نفتی از محل مخازن در لحظه‌ی پرشدن، تخلیه و یا از طریق نشت از منافذ مخازن به خاک بستر زیرین آنها نفوذ می‌کند لذا مخازن نفتی جز منابع اصلی تولید کننده‌ی آلاینده‌های نفتی محسوب می‌شوند.

آلوده شدن خاک به مواد نفتی علاوه بر اینکه باعث آلودگی سفره‌های آب زیر زمینی می‌شود، از نظر ژئوتکنیک زیست‌محیطی نیز حایز اهمیت است. در اثر فرآیندهای فیزیکی-شیمیایی که بین خاک و آلاینده-ها رخ می‌دهد خصوصیات مقاومتی، نفوذپذیری و تراکم‌پذیری خاک تغییر می‌کند و از این‌رو آلودگی خاک به مواد نفتی ممکن است مشکلاتی را به‌همراه داشته باشد که از جمله می‌توان به کاهش ظرفیت باربری شالوده‌های سطحی که در اثر آن احتمال گسیختگی بستر سازه وجود دارد و همچنین نشست اختلافی که باعث به خطر افتادن پایداری سازه می‌گردد، اشاره کرد. این در حالی است که طراحی فونداسیون مخازن و بقیه سازه‌هایی که در محل تاسیسات نفتی قرار دارند، بدون در نظر گرفتن این پدیده صورت می‌پذیرد در نتیجه ضروری است که اثرات مواد نفتی بر ویژگی‌های خاک بررسی شود تا بدین وسیله بتوان احتمال تامین پایداری مورد نظر توسط بستر مخازن یا بستر سازه‌های دیگری که آلوده به مواد نفتی است، بررسی شود. از طرفی برای پاکسازی و بازیابی[1] خاک‌های آلوده به مواد نفتی هزینه‌های هنگفتی باید صرف شود. روش‌های پیشنهادی برای پاکسازی و بازیابی شامل سوزاندن خاکهای آلوده (این روش بیشتر در محل‌هایی که حجم وسیعی از خاک، آلوده شده باشد مورد استفاده قرار می‌گیرد)، روش‌های شستشوی خاک، جداکردن توسط خلأ، روش‌های جذبی، روش‌های بیولوژیکی و جداکردن توسط سانتریفیوژ می‌باشد. در صورتی که بتوان از خاکهای آلوده به عنوان مصالح ساختمانی استفاده کرد صرفه‌ی اقتصادی زیادی به همراه دارد. در این راستا می‌توان از خاک‌های آلوده در زیرسازی راه و یا به عنوان مواد پوشش دهنده و عایق استفاده کرد. پیش از استفاده از خاک‌های آلوده باید اطمینان حاصل گردد که عواقب سوء زیست محیطی استفاده از خاکهای آلوده که شامل آلودگی آب‌های زیرزمینی و آلودگی هوا است، مشکل ساز نمی‌باشد. بعلاوه باید ویژگی‌ها و رفتار خاک‌های آلوده به مواد نفتی جهت استفاده از آنها به عنوان مصالح ساختمانی مشخص شود تا بدین وسیله بتوان به بررسی نحوه‌ی ترکیب آنها با مواد دیگر برای رسیدن به خصوصیات مورد نظر پرداخت،

[1] Remediation

بنابراین ضرورت انجام مطالعات گسترده‌ای در مورد اثرات مواد نفتی بر خصوصیات خاک‌های مختلف کاملا احساس می‌شود. در پاره‌ای از تحقیقات گذشته، امکان استفاده از خاک درشت دانه‌ی آلوده به مواد نفتی در لایه اساس و زیر اساس در ترکیب با خاک درشت دانه‌ی خرد شده و سیمان و همچنین خاک ریز دانه آلوده به مواد نفتی در بتن آسفالتی گرم مورد مطالعه قرار گرفته است [۳].

رس به یک سری از کانی‌ها، با ترکیب شیمیایی و ساختمان بلوری مخصوص که در قشر زمین به صورت ذرات ریز وجود دارند، اطلاق می‌شود. از نظر شیمیایی این کانی‌ها، سیلیکات آبدار آلومینیوم می‌باشند و برخی از آنها علاوه بر آلومینیوم محتوی فلزاتی مانند منیزیم و آهن هستند. ترکیب آنها از نظر نسبت سیلیس بر آلومینیوم متغیر است و مقدار آب، منیزیم، آهن، کلسیم و دیگر فلزات قلیایی نیز در فرمول آنها یکسان نمی‌باشد. رسها از لحاظ ساختار به دو دسته‌ی رس‌های بی‌شکل و رس‌های متبلور تقسیم می‌گردند [۴]. از مهمترین کانی‌های رسی می‌توان به کائولینیت‌ها، ایلیت‌ها و مونت‌موریلونیت‌ها اشاره نمود. کانی‌های رسی بدلیل فعالیت الکتروشیمیایی بالایی که دارند به شدت تحت تاثیر محیط و مواد در اطراف خود می‌باشند از این رو در حضور مواد مختلف رفتار متفاوتی از خود نشان می‌دهند. رفتار رس ممکن است که در اثر آلودگی به مایعات مختلف تغییر کند. خاک‌های رسی دارای نفوذپذیری کمی می‌باشند، از این‌رو میزان جابجایی و پراکنش آلاینده‌ها در آنها نسبت به خاک‌های درشت دانه بسیار ناچیز است؛ به همین دلیل در بستر مخازن نفتی برای جلوگیری از انتشار آلاینده و آلوده شدن آب‌های زیرزمینی، مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای احداث انبارهای بزرگ نفتی، سعی می‌شود مخازن در نقاطی که خاک محلی آن رس باشد، بنا گردند اما در حالتی که مخازن کوچک باشند مانند مخازن مزارع، مراکز عرضه سوخت و ... از چند لایه خاک رس کوبیده شده در بستر فونداسیون استفاده می‌گردد. هرچه میزان فعالیت خاک رس بیشتر باشد، در اثر نفوذ آب دچار تورم بیشتری می‌شود. در میان کانی‌های رسی، کائولینیت‌ها کمترین میزان فعالیت را دارند در نتیجه این گروه از خاک‌ها برای نیل به اهداف فوق مناسب می‌باشند. بنابراین در این پایان‌نامه خاک کائولینیت برای مطالعه انتخاب شد و چگونگی تغییر رفتار، ویژگی‌های ژئوتکنیکی و ظرفیت باربری آن در اثر آلوده شدن مورد بررسی قرار گرفت.

آلاینده‌ی مورد استفاده در این مطالعه گازوئیل می‌باشد. گازوئیل مایعی با رنگ زرد کهربایی است که مخلوطی از هیدروکربن‌هایی از نوع پارافین‌ها، نفتن‌ها، آروماتیک‌ها، سیکلو آروماتیک‌ها و آروماتیک‌های چند حلقه‌ای بوده و به عنوان سوخت در موتورهای درون‌سوز دیزلی و انواع مشعل‌های خانگی و صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۵]. گازوئیل از جمله مواد نفتی است که کاربرد زیادی دارد و مخازن نفتی بسیاری در کشور برای نگهداری این محصول در نظر گرفته شده است. شایان ذکر است که در جایگاه‌های سوخت‌گیری، تنها بنزین و گازوئیل به عنوان سوخت عرضه می‌شود که این امر خود نشان می‌دهد که مخازن موجود در سطح شهر بیشتر به نگهداری این دو محصول اختصاص داده شده است. بنزین بسیار فرار است و در اثر تبخیر از خاک خارج می‌گردد لذا تاثیر چندانی بر رفتار خاک نمی‌تواند داشته باشد. فرآورده‌های نفتی دارای برش‌های مختلفی هستند مثلا گازوئیل محدوده‌ی C14 تا C27 را شامل می‌شود و در نتیجه طیف وسیعی از هیدروکربن‌ها را در بر می‌گیرد این در حالی است که نفت سفید چنین ویژگی را دارا نیست لذا بنا به تمام دلایل مذکور گازوئیل آلاینده‌ی مناسبی به نظر می‌رسید. بعلاوه در چند پژوهشی که به بررسی اثر آلاینده-های نفتی بر ویژگی‌های ژئوتکنیکی خاک‌های رسی پرداخته شده است، نفت خام به عنوان آلاینده مورد استفاده قرار گرفته است و در هیچ مطالعه‌ای گازوئیل به کار نرفته است.

تحقیقات گسترده‌ای در زمینه‌ی انتشار آلاینده‌های نفتی در خاک و همچنین در مورد پالایش و بازیابی خاک صورت گرفته است، علاوه بر این مطالعاتی در مورد تأثیر آلاینده‌های نفتی بر پارامترهای ژئوتکنیکی خاک‌های ماسه‌ای نیز انجام شده است اما موضوع تأثیر آلاینده‌های نفتی بر رفتار خاک‌های ریز-دانه و چسبنده هنوز چندان مورد بررسی قرار نگرفته است. در اثر آسیب دیدگی لوله های انتقال مواد نفتی و مخازن نگهداری محصولات نفتی و به دلیل وجود استخرهای آلوده به مواد نفتی و پساب‌های صنعتی، خاک محدوده‌ی پالایشگاه تهران به شدت آلوده شده است. خاک اطراف پالایشگاه تهران که بیشتر از نوع رسی است، یکی از مهمترین منابع تولید آلودگی نفتی در استان تهران می‌باشد لذا انجام مطالعاتی در مورد اثر مواد نفتی بر خصوصیات ژئوتکنیکی خاک‌های ریزدانه ضروری است تا بدین وسیله بتوان بررسی کرد که ظرفیت باربری و میزان نشست خاک بستر سازه‌هایی که در محدوده‌ی پالایشگاه تهران قرار دارند، چگونه تغییر می‌کند.

مطابق مطالب مذکور، برای بررسی اثر گازوئیل بر پایداری بستر سازه‌ها و از جمله مخازن نفتی باید تعیین می‌شد که ظرفیت باربری و قابلیت فشردگی خاک بستر سازه‌ها چگونه تغییر می‌کند. فاکتورهای مقاومت برشی خاک که عبارتند از زاویه‌ی اصطکاک داخلی و چسبندگی تعیین کننده‌ی ظرفیت باربری بستر مخازن هستند که باید با انجام آزمایشات مربوطه تغییرات آن‌ها در اثر آلودگی مشخص می‌شد. در این راستا نمونه‌های متعددی از ترکیب خاک رس کائولینیت و مقادیر متفاوتی از گازوئیل که عبارتند از ۲، ۴، ۶، ۱۲، ۱۶ درصد وزن دانه‌های جامد خاک، تهیه شده و مورد آزمایش برش مستقیم و تک محوری قرار گرفت. در اکثر مطالعات گذشته، میزان آلاینده در نمونه‌ها به ۶ درصد محدود می‌شد اما در این پایان نامه برای مطالعه و پیش بینی بهتر، نمونه‌هایی با درصدهای بالاتری از آلاینده ساخته شد و مورد آزمایش قرار گرفت.

روند تغییرات قابلیت فشردگی خاک، با انجام آزمایش تحکیم بر روی نمونه‌هایی با میزان گازوئیلی برابر ۶ و ۱۰ درصد وزن جامد خاک مورد مطالعه قرار گرفت. انجام آزمایش حدود اتربرگ جز اهداف اصلی پایان‌نامه محسوب نمی‌شود اما برای کنترل نتایج بقیه آزمایش‌ها و تفسیر آنها انجام شد. برای بررسی بافت خاک در اثر آلوده شدن، از چهار نمونه مختلف توسط میکروسکپ الکترونی پیمایشی (SEM) عکس گرفته شد تا بدین وسیله بتوان نظرات قطعی‌تری در مورد نتایج ارایه داد.

شایان ذکر است که همه‌ی نمونه‌ها در شرایط یکسان تحت دمای ثابت نگهداری می‌شدند. برای کاهش تعداد متغیرها آزمایشات نیز در دمای آزمایشگاه که دارای دامنه تغییرات محدودی است، انجام شد.

۱-۲- ساختار پایان‌نامه

به طور کلی اهداف این پایان نامه را می توان بدین گونه بر شمرد:

- بررسی خصوصیات ژئوتکنیکی خاک کائولینیت ترکیب شده با درصدهای مختلف گازوئیل، توسط آزمایش‌های حدود اتربرگ، تحکیم و برش مستقیم و عکس‌برداری توسط میکروسکپ الکترونی پیمایشی (SEM)

- تعیین ظرفیت باربری خاک کائولینیت ترکیب شده با درصدهای مختلف گازوئیل با استفاده از نرم افزار PLAXIS

- بررسی علل تغییر در رفتار خاک و مقایسه‌ی نتایج با مطالعات پیشین

برای رسیدن به اهداف مورد نظر فوق و در جهت طبقه بندی مطالب، این پایان‌نامه در پنج فصل، تنظیم و ارایه شده است. در فصل نخست که پیش روست، مشکل آلودگی‌های فرآورده‌های نفتی و ضرورت تحقیق در مورد اثر آلاینده‌های نفتی بر پایداری بستر سازه‌ها از جمله مخازن، علت انتخاب موضوع و اهداف مورد نظر بیان شد.

در فصل دوم، تعریف مختصری از کلیات مربوط به تحقیق، نظیر مفهوم خاک، انواع خاک و برهم‌کنش آن با آلاینده‌ها، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی فرآورده‌ی گازوئیل و خطرات زیست محیطی و بهداشتی آن، انواع مخازن نفتی، ظرفیت باربری و پارامترهای تاثیرگذار در آن، قابلیت فشردگی و روابط تحکیم ارایه شده است. در انتها نیز مروری بر تحقیقات پیشین در زمینه‌ی اثر مواد نفتی بر خصوصیات ژئوتکنیکی خاک‌ها انجام شده است.

درفصل سوم این پژوهش، به شرح مفصل مواد و چگونگی نمونه‌سازی و روش تحقیق (از جمله شیوه‌ی انجام آزمایش‌های مکانیک خاک) به منظور نیل به اهداف تحقیق، پرداخته شده است.

درفصل چهارم که بخش اصلی این پژوهش محسوب می‌گردد، نتایج آزمایش‌های بخش قبل و تحلیل و آنالیز آنها ارایه شده است. علاوه بر این، نتایج خروجی نرم‌افزار PLAXIS برای بررسی اثر گازوئیل بر ظرفیت باربری مخزنی با شعاع ۱ متر آورده شده است.

فصل پنجم به نتیجه‌گیری کلی و ارایه‌ی پیشنهادهایی برای ادامه‌ی تحقیق حاضر، اختصاص یافته است. با استفاده از پیشنهادات موجود می‌توان در جهت تکمیل پژوهش حاضر با دید وسیع‌تری گام برداشت. درانتها، مراجع و منابع مورد استفاده به عنوان بخش پایانی، آورده شده است.