

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی شاهرود
دانشکده پردیس خوارزمی

بررسی اثر شیرابه های جامد شهری مرکز دفن

شاهرود بر پارامترهای مقاومت برشی

در رشته مهندسی عمران گرایش خاک و پی

سعید کریمیان

استاد راهنما:

دکتر محسن کرامتی

بهمن ۱۳۹۶



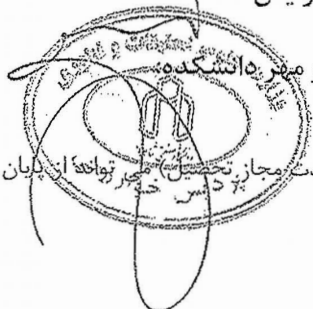
فرم شماره (۳) صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم / آقای سعید کریمیان با شماره دانشجویی ۹۲۴۵۹۶۴ رشته عمران گرایش خاک و پی تحت عنوان بررسی اثر شیرابه های جامد شهری مرکز دفن شاهرود بر پارامترهای مقاومت برشی در تاریخ ۱۳۹۶/۱۱/۱۲ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با امتیاز <u>۱۶</u> درجه <u>خوب</u>) ☒ ☐ مردود			
نوع تحقیق: ☒ نظری ☐ عملی			
عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنمای اول	دکتر محسن کرامتی	استادیار	
۲- استاد راهنمای دوم			
۳- استاد مشاور			
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر سعید گلپای	استادیار	
۵- استاد ممتحن اول	دکتر بذرافشان مقدم	استادیار	
۶- استاد ممتحن دوم	دکتر عجمی	استادیار	

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده:

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:



تبصره: در صورتی که کسی مردود شود حداکثر یکبار دیگر (در مدت مجاز تحصیل) می تواند از پایان نامه خود دفاع نماید (دفاع مجدد نباید زودتر از ۴ ماه برگزار شود).

تقدیم به:

با درود فراوان به روح پر فتوح پدر بزرگوارم و سپاس بیکران بر همدلی و همراهی و همگامی مادر دلسوز و مهربانم که سجده ی ایثارش گل محبت را در وجودم پروراند و دامن گهربارش لحظه های مهربانی را به من آموخت و برادرم که همیشه دوست و حامی من می باشد.

تقدیم به همسرم:

که سایه مهربانیش سایه سار زندگیم می باشد، او که اسوه صبر و تحمل بوده و مشکلات مسیر را برایم تسهیل نمود.

تشکر و قدردانی:

من لم يشكر المخلوق لم يشكر الخالق

هر کس در مقابل احسان و نیکی بندگان خداوند شکرگزاری نکند خدای یکتا را شکر نگفته است.

در ابتدای این تحقیق بر خود لازم دانسته تا از زحمات اساتید، همکاران و دوستان گرانقدر خود که در این مسیر دلسوزانه مرا یاری نمودند تشکر نمایم.

با تقدیر فراوان از معلم علم و اخلاق، آقای دکتر محسن کرامتی که خالصانه علم و تجربه خویش را در اختیار بنده قرار داده و همچون شمع روشنگر این حقیر در قسمت‌های تاریک این تحقیق بوده‌اند.

با تشکر و قدردانی از ، کارشناسان محترم آزمایشگاه‌های مکانیک خاک دانشگاه شاهرود آقای مهندس سید جمال کلانتری و آقای مهندس ابوالفضل محمدی. و با تشکر و سپاس فراوان از استاد عزیز و ارجمندم آقای مهندس محمد علی مزینانیان به خاطر راهنمایی‌ها و همراهی‌هایشان در طی دوران تحصیلم در این رشته.

تعهد نامه

اینجانب سعید کریمیان دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته عمران- مکانیک خاک و پی دانشکده پردیس خوارزمی دانشگاه شاهرود نویسنده پایان نامه بررسی اثر شیرابه های جامد شهری مرکز دفن شاهرود بر پارامترهای مقاومت برشی تحت راهنمایی آقای دکتر محسن کرامتی متعهد می شوم .

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه شاهرود » و یا « Shahrood University » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ: ۱۳۹۶/۱۰/۱۲ امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

با توجه به زندگی شهرنشینی و رشد جمعیت و افزایش تولید زباله های شهری، طراحی ایمن و اقتصادی محل دفن مناسب زباله های شهری از نیازهای اساسی جوامع بشری می باشد. با توجه به این مسئله مهم انتخاب خاک مورد نظر محل دفن از پارامترهای اساسی طراحی محل دفن زباله (لندفیل)¹ می باشد. که با توجه به نفوذپذیری کم خاک رس، میتوان بهترین انتخاب از دیدگاه نفوذ پذیری باشد، ولی با توجه به تغییرات اساسی تاثیر شیرابه بر خاک رس و کاهش مقاومت برشی و نهایتاً کاهش مقاومت نهایی خاک موردنظر، این تحقیق ضمن بررسی آزمایشات مختلف شناسایی، فیزیکی و شیمیایی بر خاک و شیرابه به بررسی تاثیر شیرابه بر پارامترهای مقاومت برشی خاک مورد نظر محل دفن زباله های جامد شهری شاهرود پرداخته شده و با آزمایشات مختلف (و با درصد های مختلف شیرابه) مشخص گردید پارامترهای چسبندگی و زاویه اصطحاک داخلی کاهش چشمگیری می یابد.

کلمات کلیدی: زباله های شهری – شیرابه – پارامترهای مقاومت برشی – خاک رس – آلودگی

خاک

¹ Landfills

فهرست مطالب

۱	فصل ۱: مقدمه و کلیات
۲	۱-۱- مقدمه.....
۲	۲-۱- تشریح مساله و اهمیت آن.....
۳	۳-۱- ضرورت انجام تحقیق.....
۳	۴-۱- اهداف تحقیق.....
۴	۵-۱- روش تحقیق.....
۵	۶-۱- ساختار پایان نامه.....
۷	فصل ۲: مروری بر منابع
۸	۱-۲- مقدمه.....
۸	۲-۲- ساختار کلی مراکز دفن و نحوه اجرا.....
۹	۱-۲-۲- مقاومت برشی خاکها.....
۱۰	۲-۲-۲- معیار گسیختگی مور-کولمب.....
۱۱	۳-۲-۲- زاویه گسیختگی در خاک.....
۱۳	۴-۲-۲- آزمایش برش مستقیم.....
۱۷	۳-۲- مروری بر ادبیات موضوع.....
۲۰	۲-۳-۲- مقایسه با کارهای مشابه انجام شده در ایران:.....
۲۶	۴-۲- نتیجه گیری.....
۲۷	فصل ۳: روش تحقیق
۲۸	۱-۳- مقدمه.....
۲۸	۲-۳- برنامه آزمایشگاهی تحقیق.....
۳۰	۳-۳- مرکز دفن شاهرود.....
۳۲	۴-۳- شیرابه و ترکیبات آن.....
۳۳	۱-۴-۳- شیرابه اولیه.....
۳۳	۲-۴-۳- شیرابه ثانویه.....
۳۴	۵-۳- مراحل نمونه گیری.....
۳۴	۱-۵-۳- خاک بستر.....

۳۶	 شیرابه - ۲-۵-۳
۳۷	 مطالعات آزمایشگاهی - ۶-۳
۳۸	 ASTM D: 2216 - آزمایش تعیین رطوبت بهینه به روش جرمی: استاندارد - ۱-۶-۳
۳۸	 ASTM : 854 - آزمایش تعیین چگالی ویژه بخش جامد بوسیله پیکنومتر آب: استاندارد - ۲-۶-۳
۳۸	 D
۴۰	 ASTM D: 422 - آزمایش دانه بندی خاک به روش الک و هیدرومتری برای بخش گذرا از الک شماره ۱۰ با استفاده از استاندارد - ۳-۶-۳
۴۲	 ASTM D: 3418 - آزمایش حدود اتربرگ : استاندارد - ۴-۶-۳
۴۵	 ASTM D: 2487 (USCS) - رده بندی خاک ها (سیستم رده بندی متحد) استاندارد - ۵-۶-۳
۴۶	 ASTM D: 1557 - آزمایش تعیین دانسیته خشک طبیعی (γ_d) وزن کلوخه با پارافین - ۶-۶-۳
۴۸	 ASTM D - ۷-۶-۳ آزمایش تعیین مشخصات تراکم آزمایشگاهی خاک با استفاده از استاندارد - 1557 :
۴۹	 ASTM D: 3080 - آزمایش برش مستقیم استاندارد - ۸-۶-۳
۵۲	 3-7 طیف سنجی فلورسانس اشعه ایکس XRF - ۳-۷-۳
۵۴	 ۲-۷-۳ خصوصیات شیمیایی شیرابه و خاک - ۳-۷-۲
۵۸	 ۸-۳ برنامه آزمایش ها - ۳-۸-۱
۵۹	 ۱-۸-۳ پارامترهای مورد بررسی - ۳-۸-۱
۶۰	 ۲-۸-۳ نمادها و علائم اختصاری - ۳-۸-۲
۶۱	 ۹-۳ لیست آزمایش ها - ۳-۹

فصل ۴: نتایج و تفسیر آنها

۶۳	 ۱-۴ مقدمه - ۴-۱
۶۴	 ۲-۴ نتایج آزمایش های مرجع - ۴-۲
۷۳	 ۲-۲-۴ پارامترهای مقاومت برشی خاک بستر مرکز دفن - ۴-۲-۲
۷۳	 ۳-۴ اثر افزایش درصد شیرابه - ۴-۳
۷۴	 ۱-۳-۴ رفتار تنش کرنش با افزایش درصد شیرابه - ۴-۳-۱
۷۵	 ۲-۳-۴ بررسی روند تغییر پارامترهای مقاومت برشی چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی با افزایش درصد شیرابه - ۴-۳-۲
۷۵	 ۳-۳-۴ تفسیر منحنی کرنش افقی در مقابل کرنش قائم - ۴-۳-۳
۷۶	 ۴-۳-۴ تفسیر نتایج آزمایشهای شیمیایی و تعیین فرآیند اثر افزایش درصد شیرابه با توجه به خصوصیات شیمیایی خاک و شیرابه مرکز دفن شاهرود - ۴-۳-۴
۷۷	 ۴-۴ جمع بندی و نتیجه گیری - ۴-۴

فصل ۵: جمع‌بندی و پیشنهادها

۷۹

- ۵-۱- مقدمه..... ۸۰
- ۵-۱-۱- آزمایشهای مربوط به خاک محل دفن شامل:..... ۸۰
- ۵-۱-۲- آزمایشهای مربوط به شیرابه محل دفن شامل:..... ۸۰
- ۵-۱-۳- آزمایشهای مربوط به آب شامل:..... ۸۱
- ۵-۲- محتوا..... ۸۱
- ۵-۲-۱- جمع‌بندی..... ۸۱
- ۵-۲-۲- نوآوری..... ۸۲
- ۵-۲-۳- پیشنهادها..... ۸۳

مراجع

۸۵

پیوست‌ها

۸۸

فهرست اشکال

- شکل (۱-۲) : معیار گسیختگی مور کلمب ۱۰
- شکل (۲-۲) : زاویه گسیختگی در خاک ۱۲
- شکل (۳-۲) : شماتیک دستگاه برش مستقیم ۱۳
- شکل (۴-۲) : قالبهای دستگاه برش مستقیم (مربعی) ۱۴
- شکل (۵-۲) : دستگاه برش مستقیم آزمایشگاه مکانیک خاک ۱۵
- شکل (۶-۲) : نمودار تنش برشی مقابل تنش قائم برای خاک رس ، ۱۷
- شکل (۷-۲) : گسیختگی لندفیل Rumpke، شهر Colerain در سال ۱۹۹۶ ۱۸
- شکل (۸-۲) : لندفیل Dona Joanna در بوگوتا کلمبیا در سال ۱۹۹۷ ۱۸
- شکل (۹-۲) : گسیختگی لندفیل Payatas در سال ۲۰۰۰ ۱۹
- شکل (۱۰-۲) : گسیختگی لندفیل Leuwigojah در سال ۲۰۰۵ ۲۰
- شکل (۱-۳) : نمایی از محل دفن زباله های جامد شهری شاهرود ۳۱
- شکل (۲-۳) : نمونه برداری دست خورده از خاک مورد نظر ۳۵
- شکل (۳-۳) : نمونه بازسازی شده از خاک دست خورده ۳۶
- شکل (۴-۳) : شیرابه مدفن زباله شهری ۳۷
- شکل (۵-۳) : وسایل آزمایش تعیین چگالی ویژه بخش جامد خاکهای ریزدانه ۳۹
- شکل (۶-۳) : الکهای آزمایش دانه بندی به روش تر (قسمت درشت دانه) ۴۱
- شکل (۷-۳) : نمودار دانه بندی خاک مورد مطالعه ۴۲
- شکل (۸-۳) : نمودار حد روانی ۴۳
- شکل (۹-۳) : جام کاساگرانده وسایل آزمایش حد روانی ومراحل انجام آزمایش ۴۳
- شکل (۱۰-۳) : مراحل انجام آزمایش حد پلاستیک ۴۴
- شکل (۱۱-۳) : مرز حد انقباض، حد خمیری، حدروانی ۴۵
- شکل (۱۲-۳) :لوازم آزمایش تعیین دانسیته خشک طبیعی وکلوخه های آغشته به پارافین. ۴۷
- شکل (۱۳-۳) : نمونه پس از برش در دستگاه برش مستقیم ۵۱
- شکل (۱۴-۳) : دستگاه هدایت الکتریکی EC ۵۷
- شکل (۱۵-۳) : دستگاه تشخیص PH نمونه ۵۷
- شکل (۱-۴) : نمودار تنش افقی در مقابل تنش قائم(معیار موهر کولمب) با ۱۰۰٪ آب و ۰٪ شیرابه ۶۵
- شکل (۲-۴) : نمودار تنش افقی در مقابل کرنش افقی ،با ۱۰۰٪ آب و ۰٪ شیرابه ۶۵
- شکل (۳-۴) : نمودار کرنش افقی در مقابل کرنش قائم با ۱۰۰٪ آب و ۰٪ شیرابه ۶۶
- شکل (۴-۴) : نمودار تنش افقی در مقابل تنش قائم(معیار موهر کولمب) با ۷۰٪ آب و ۳۰٪ شیرابه ۶۶

- شکل (۴-۵) : نمودار تنش افقی در مقابل کرنش افقی با ۷۰٪ آب و ۳۰٪ شیرابه ۶۷
- شکل (۴-۶) : نمودار کرنش افقی در مقابل کرنش قائم با ۷۰٪ آب و ۳۰٪ شیرابه ۶۷
- شکل (۴-۷) : نمودار تنش افقی در مقابل تنش قائم (معیار موهر کولمب) با ۵۰٪ آب و ۵۰٪ شیرابه ۶۸
- شکل (۴-۸) : نمودار تنش افقی در مقابل کرنش افقی، با ۵۰٪ آب و ۵۰٪ شیرابه ۶۸
- شکل (۴-۹) : نمودار کرنش افقی در مقابل کرنش قائم با ۵۰٪ آب و ۵۰٪ شیرابه ۶۹
- شکل (۴-۱۰) : نمودار تنش افقی در مقابل تنش قائم (معیار موهر کولمب) با ۳۰٪ آب و ۷۰٪ شیرابه ۷۰
- شکل (۴-۱۱) : نمودار تنش افقی در مقابل کرنش افقی، با ۳۰٪ آب و ۷۰٪ شیرابه ۷۰
- شکل (۴-۱۲) : نمودار کرنش افقی در مقابل کرنش قائم با ۳۰٪ آب و ۷۰٪ شیرابه ۷۱
- شکل (۴-۱۳) : نمودار تنش افقی در مقابل تنش قائم (معیار موهر کولمب) با ۱۰۰٪ آب و ۰٪ شیرابه ۷۱
- شکل (۴-۱۴) : نمودار تنش افقی در مقابل کرنش افقی، با ۰٪ آب و ۱۰۰٪ شیرابه ۷۲
- شکل (۴-۱۵) : نمودار کرنش افقی در مقابل کرنش قائم با ۰٪ آب و ۱۰۰٪ شیرابه ۷۲
- شکل (۴-۱۶) : نمودار تنش برشی مقابل تنش قائم برای خاک رس با درصدهای مختلف شیرابه در آزمون برش مستقیم، ۷۳
- شکل (۴-۱۷) : رفتار تنش و کرنش با افزایش درصد شیرابه ۷۴
- شکل (۴-۱۸) : رفتار تنش و کرنش با افزایش درصد شیرابه ۷۵

فهرست جداول

جدول (۱-۲) : نتایج تحقیقات مختلف بر خاکهای رسی CL آلوده شده با شیرابه در نقاط مختلف..۲۵	
جدول (۱-۳) : سرانه تولید زباله و وزن کل زباله تولیدی شهروندان شاهرودی در طی سالهای دوره	
طرح.....۳۲	
جدول (۲-۳) : طبقه بندی چگالی ویژه بخش جامد خاک.....۴۰	
جدول (۳-۳) : نتایج آزمایش حدود اتربرگ و پارامترهای وابسته به آن.....۴۵	
جدول (۴-۳) : طبقه بندی خاک به روش یونیفاید.....۴۶	
جدول (۵-۳) : حد اقل زمان لازم برای آزمون برش مستقیم بکار رفته در آزمایشه.....۵۰	
جدول (۶-۳) : محاسبات زمان برای دستگاه برش مستقیم بکار رفته در آزمایشها.....۵۱	
جدول (۷-۳) :جدول مقایسه مقادیر زاویه اصطکاک داخلی و چسبندگی با درصد های مختلف آب و	
شیرابه.....۵۲	
جدول (۸-۳) : نتایج آزمایش XRF بر روی خاک مورد مطالعه.....۵۳	
جدول (۹-۳) : نتیجه آنالیز آب.....۵۷	
جدول (۱۰-۳) نتایج آنالیز شیرابه مدفن زباله جامد شهری شاهرود و همچنین خاک بستر مورد	
آزمایش.....۵۸	
جدول (۱۱-۳) نمادها و علائم اختصاری.....۶۰	
جدول (۱۲-۳) آزمایش های انجام شده بر روی نمونه خاک و شیرابه.....۶۱	
جدول (۱-۴) : نتایج آزمایش برش مستقیم با ۱۰۰٪ آب و ۰٪ شیرابه.....۶۴	
جدول (۲-۴) : نتایج آزمایش برش مستقیم با ۷۰٪ آب و ۳۰٪ شیرابه.....۶۶	
جدول (۳-۴) : نتایج آزمایش برش مستقیم با ۵۰٪ آب و ۵۰٪ شیرابه.....۶۷	
جدول (۴-۴) : نتایج آزمایش برش مستقیم با ۳۰٪ آب و ۷۰٪ شیرابه.....۶۹	
جدول (۵-۴) : نتایج آزمایش برش مستقیم با ۱۰۰٪ آب و ۰٪ شیرابه.....۷۱	
جدول (۶-۴) : نتایج آزمایش برش مستقیم بادرصد های مختلف آب و شیرابه.....۷۳	

فهرست علائم اختصاری

Cu	ضریب یکنواختی
Cc	ضریب دانه بندی
D	قطر ذرات
G_s	چگالی دانه های ذرات خاک
ω	درصد رطوبت
ω_n	درصد رطوبت حدروانی
Cc	شاخص تراکم
PL	حد پلاستیک
LL	حد روانی
I_C	نشانه استحکام
PI	نشانه پلاستیک
I_L	نشانه روانی
A	عدد فعالیت رس
τ_f	مقاومت برشی
C	چسبندگی
ϕ	زاویه اصطکاک داخلی
σ	تنش قائم
ASTM	American Society for Testing and Materials روش آزمون استاندارد آمریکایی
XRF	X Ray Fluorescence طیف‌سنجی فلورسانس اشعه ایکس

فصل ۱:

مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

با توجه به افزایش جمعیت شهری و به دنبال آن افزایش زباله های شهری ، ضرورت شناسایی و طراحی ایمن و اقتصادی محل دفن مناسب ، از جایگاه ویژه ای برخوردار می باشد، از مشکلات دفن زباله های شهری، نفوذپذیری و تغییر مقاومت برشی خاک می باشد که در این تحقیق ضمن انجام آزمایشات شناسایی شیمیایی ، فیزیکی ، مکانیکی و XRF خاک مورد نظر و همچنین انجام آزمایشات شیمیایی شیرابه و تاثیر درصدهای مختلف آن بر پارامترهای مقاومت برشی خاک مرکز دفن به بررسی تغییر رفتار پارامترهای (ϕ و c) پرداخته شده است.

۱-۲- تشریح مساله و اهمیت آن

دفن امن و بهداشتی زباله جامد شهری یکی از مراحل مدیریت زباله های جامد شهری می باشد. پسماند به صورت مستقیم یا غیر مستقیم همواره به دفن در زمین نیازمند است. شیرابه به عنوان یکی از محصولات ناگزیر در لندفیل ها که در اثر فعالیت های فیزیکی ، شیمیایی و بیولوژیکی به وجود می آید همواره مورد توجه مدیران شهری و حافظان محیط زیست بوده است. [۱] حرکت افقی شیرابه در اماکن دفن زباله های شهری می تواند باعث خروج شیرابه از سطح خاک ، در نقاط کم ارتفاع شده و باعث آلودگی آب های سطحی شود و حرکت قائم شیرابه از لایه های مختلف زیر مدفن، نه تنها باعث آلودگی خاک شده ، بلکه در صورت بالا بودن سطح آبهای زیرزمینی باعث آلودگی آب های زیرزمینی نیز می گردد، که این آبها معمولا مهمترین منبع تامین آب یک منطقه بوده و در صورت آلودگی سلامت

استفاده کنندگان به خطر خواهد افتاد. یکی از مسائل حائز اهمیت در طراحی مرکز دفن، مسئله نفوذپذیری و مقاومت برشی می باشد، که در این تحقیق صرفاً بر پارامترهای مقاومت برشی خاک محل دفن پرداخته شده است. زیرا تخمین نادرست آن منجر به آسیب های اجرایی مانند سیستم های زهکشی، لوله های جمع آوری گاز و بازچرخش شیرابه و همچنین نفوذ مواد سمی و خطرناک به آبهای زیرزمینی میگردد.

۱-۱- ضرورت انجام تحقیق

برعکس مکانیک خاک ، معمولاً وقتی خاک آلوده میگردد مایعات موجود در منافذ خاک بایستی به طور خاص مورد توجه قرار گیرد. با توجه به نفوذ مایعات آلوده به خاک ها، تعداد قابل توجهی از کارهای تجربی و تئوری بر روی این مسئله در گذشته انجام گرفته است، اما به دلیل پیچیدگی های موجود در سیستم مایع- خاک، مطالعات تئوری گذشته ، همانند مطالعات تجربی بسیار ناقص می باشند. تاثیر شیمیایی مایعات نفوذی هنوز بر روی رفتار مهندسی خاک ها در بسیاری از جهات ناشناخته بوده و در برخی از موارد قابل بحث می باشد. این پایان نامه در نظر دارد تا اثر نفوذ شیرابه زباله های جامد شهری را به عنوان مایع نفوذی بر روی پارامتر های مقاومت برشی در بستر لندفیل مورد بررسی قرار دهد.

۱-۲- اهداف تحقیق

توجه به محیط زیست و حفظ سلامتی انسان و کلیه موجودات کره زمین ، یکی از اصول اساسی در بقای زندگی و استفاده از مواهب خدادادی است که به وفور در اختیار ما قرار دارد. کنترل آلودگی های محیط از جمله مواد زائد جامد، بخش مهمی از این وظیفه را

تشکیل می دهد که با توجه به اصول و موازین بهداشتی- اقتصادی جایگاه ویژه ای را در علوم و فنون جدید به خود اختصاص داده است. بدین لحاظ در این مجموعه سعی خواهد شد تا در حد امکان مواردی همچون اهمیت مسئله، شناخت و طبقه بندی به وضوح مورد توجه قرار گرفته و در انتها، مبادرت به ارائه راهکارهای اساسی در جهت بهبود شرایط و بهینه سازی تکنولوژی موجود در مدیریت مواد زاید جامد نماید که در صورت اعمال، بازتاب آن تاثیر اساسی در حفظ بهداشت و سلامت محیط زیست جامعه ما خواهد داشت.[۲]

هدف اصلی از انجام این پایان نامه ، بررسی تغییرات پارامترهای مقاومت برشی خاک کف مرکز دفن زباله های جامد شهری تحت نفوذ شیرابه می باشد. با توجه به کثرت مطالعات انجام شده در زمینه تغییرات مقاومت برشی ، تحت اثر مواد آلی و معدنی مختلف روی خاک ها، این تحقیق بر روی آزمون های آزمایشگاهی متمرکز شده است. در آزمایش ها شیرابه مرکز دفن زباله شاهرود ، به عنوان سیال نفوذ کننده انتخاب ؛ و از خاک کف مرکز دفن زباله شاهرود استفاده شده است.

۱-۳- روش تحقیق

این تحقیق یک مطالعه آزمایشگاهی است ، که در آن نمونه واقعی شیرابه تازه و خاک رس بستر محل دفن پسماند شهری شاهرود به طور تصادفی جمع آوری شده است. ابتدا پارامترهای شیمیایی آب و شیرابه و پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک ، اندازه گیری شده و به منظور مطالعه اثر شیرابه ، روی خاک آزمایش برش مستقیم درحالت های اشباع با آب و اشباع با غلظتهای مختلف شیرابه زباله انجام گردید ، تا تاثیر شیرابه زباله بر پارامترهای مکانیکی خاک به دقت بررسی گردد. پس از تعیین پارامترهای مکانیکی خاک به استخراج نتایج در قالب منحنی ها و جداول و تفسیر آنها پرداخته شده است.

۱-۴- ساختار پایان نامه

این پایان نامه مشتمل بر پنج فصل می‌باشد که فصل حاضر به مقدمه‌ای بر روش‌های بکار گرفته شده، اهداف و فرضیات و روش تحقیق اختصاص یافته است. در فصل دوم این تحقیق به مروری بر کارهای تحقیق شده در گذشته، ساختار کلی مراکز دفن و همچنین با کارهای گذشته مقایسه و جمع بندی می‌شود. در فصل سوم، به روش‌های تحقیق و آزمایش‌های مکانیک خاک و شیرابه در این تحقیق پرداخته شده و ضمن بیان روشها شرح نتایج نیز آمده است. در فصل چهارم به بررسی و تفسیر نتایج حاصله از آزمایش برش مستقیم و تاثیر شیرابه‌ها با درصد‌های مختلف شیرابه پرداخته شده است. در فصل پنجم، نتیجه‌گیری تحقیق و مقایسه نتایج گزارش می‌شود و به ارائه پیشنهادات پرداخته شده است و در پایان ضمائم مربوط به آزمایش‌های مختلف آمده است.

فصل ۲:

مروری بر منابع

۱-۲- مقدمه

به دلیل رفتار پیچیده و جنبه های ناشناخته زباله های جامد شهری، طراحی مراکز دفن زباله تبدیل به چالش جدیدی برای مهندسين ژئوتکنیک و محیط زیست گردیده است (بیشتر تحقیقات روی زباله مدفن ها در زمینه مقاومت برشی زباله های جامد شهری صورت گرفته است) که در آن به بررسی ترکیبات و خواص مکانیکی زباله ها پرداخته شده و تحقیقات بسیار کمی وجود دارند که به بررسی مقاومت برشی خاک های اشباع با شیرابه می پردازد. از این رو در این فصل سعی بر آن است به مروری بر متون فنی معتبر در این زمینه پرداخته شود و با مقایسه نتایج آزمایش های صورت گرفته به جمع بندی نتایج پرداخته شود.

۲-۲- ساختار کلی مراکز دفن و نحوه اجرا

مکان های دفن زباله شهری براساس نوع مواد موجود در زباله ، به دو دسته تقسیم بندی می شوند، دسته اول : به مکان دفن زباله های خطرناک گفته می شود ، که برای بی خطر سازی موادی که برای سلامت مردم خطرناک هستند (نظیر زباله های شیمیایی) ساخته می شوند. در این محل های دفن برای پوشش ، از سیستم خاک دو لایه استفاده می شود. دسته دوم : مکان دفن زباله های مواد زاید شهری می باشند (موضوع این تحقیق) که دارای شبکه ها و سیستم های جمع آوری شیرابه هستند. دفن بهداشتی در زمره ی اولین روش های رایج اقتصادی و قابل قبول جهت دفع مواد زاید و جامد در اغلب کشورهای جهان شناخته شده است و روشی مهندسی برای دفن مواد جامد در زمین جهت

ممانعت از آسیب زدن به محیط زیست می باشد. در این روش مواد زاید در لایه هایی از خاک با ضخامت مناسب پخش شده و فشرده می شوند و در انتهای هر روز با خاک پوشانیده می شوند. براساس تجارب بدست آمده از گذشته در کشورهای پیشرفته و سایر جوامع، دفن بهداشتی در زمین اغلب به عنوان اقتصادی ترین راه حل درازمدت برای مشکل مواد زاید جامد شناخته شده است. [۳] خاک مهم ترین و گسترده ترین صافی فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی آب ها بوده و همچنین بازیافت کننده ضایعات و نیز دریافت کننده بسیاری از مواد می باشد، ولی ظرفیت آن محدود بوده و ممکن است بسیاری از مواد سمی و آلاینده هایی که به خاک افزوده می گردند از نظر تمرکز افزایش یابد و در نهایت به صورت تهدید جدی برای محیط زیست ترکیب درایند. [۴] ترکیب شیرابه محل های دفن بسته به طبیعت مواد زاید جامد، ویژگی های خاک، الگوی ریزش باران و سن مکان دفن تغییر می کند به عنوان مثال اگر میزان بارش در محل دفن زیاد باشد مقدار شیرابه تولید شده بیشتر خواهد بود. طراحی سیستم جمع آوری شیرابه بستگی به نوع بستر مورد نیاز، کانال جمع آوری و زهکشی شیرابه، جانمایی و طراحی امکانات هدایت، جمع آوری و تصفیه مناسب شیرابه دارد. طراحی بستر برای حداقل کردن نفوذ شیرابه به داخل خاک های زیرسطحی و حذف آلودگی آب های زیرزمینی انجام میشود که از جمله مهم ترین بخش های طراحی یک مدفن، داشتن اطلاعات کافی از وضعیت ژئوتکنیکی خاک محل دفن است سیستم طراحی شده باید به صورتی باشد که خطرات احتمالی شیرابه تولید شده باعث آلوده نمودن آب و خاک منطقه نشود.

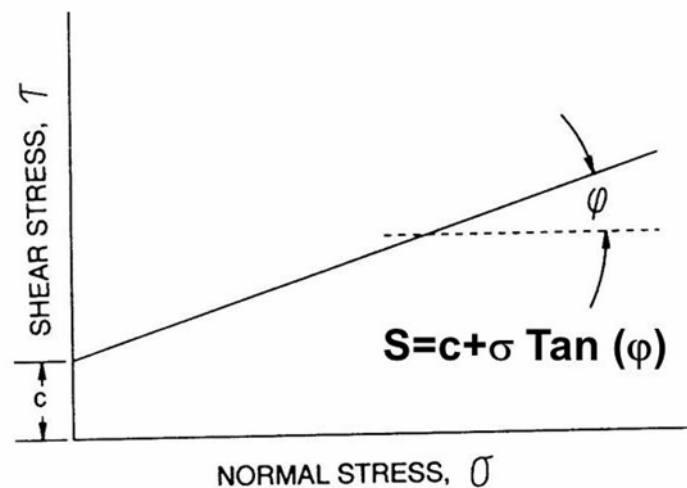
۲-۲-۱- مقاومت برشی خاکها

مقاومت برشی توده خاک، مقاومت داخلی واحد سطح آن خاک است که می تواند برای

مقابله با گسیختگی یا لغزش در امتداد هر صفحه داخلی بروز دهد. برای تحلیل مسائل پایداری خاک نظیر ظرفیت باربری، پایداری شیروانی ها و فشار جانبی بر روی سازه های حایل خاک، لازم است طبیعت مقاومت برشی بخوبی شناخته شود. [۵]

۲-۲-۲- معیار گسیختگی مور-کولمب^۱

مور (۱۹۰۰) نظریه ای برای گسیختگی مصالح ارائه داد که در آن گسیختگی نه به علت تنش قائم حداکثر و نه تنش برشی حداکثر، بلکه به علت ترکیب بحرانی از آن ها پیش بینی می شود. طبق نظریه مور، رابطه بین مقاومت برشی و تنش قائم در صفحه گسیختگی، شکل (۱-۲) به صورت زیر نوشته می شود.



شکل (۱-۲) : معیار گسیختگی مور کلمب

¹ Mohr-Coulomb Failure Criterion

$$\tau_f = f(\sigma) \quad (۱-۲)$$

پوش گسیختگی تعریف شده توسط رابطه (۱-۲) ، یک خط منحنی است که در شکل (۲-۲) نشان داده شده است. برای اغلب مسائل مکانیک خاک با دقت کافی می توان مقاومت برشی در روی صفحه گسیختگی را یک تابع خطی از تنش قائم در نظر گرفت (کولمب ۱۷۷۶). این رابطه به صورت زیر بیان می شود:

$$\tau_f = c + \sigma \tan \varphi \quad (۲-۲)$$

که در آن:

C = چسبندگی

τ_f = مقاومت برشی

φ = زاویه اصطکاک داخلی

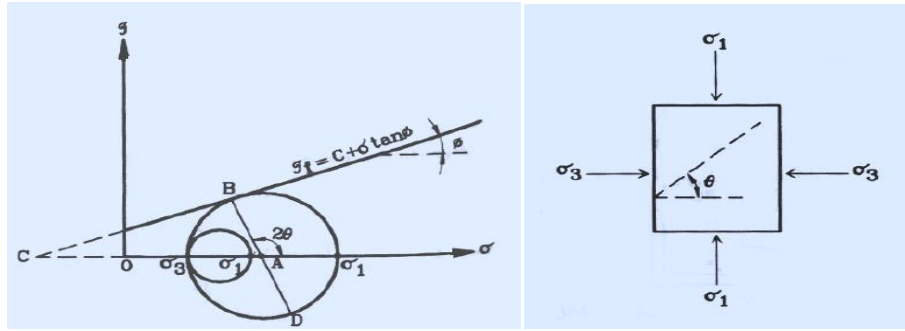
σ = تنش قائم

رابطه (۲-۲) معیار گسیختگی یا شکست مور- کولمب نامیده می شود.

۲-۲-۳- زاویه گسیختگی در خاک

مطابق شکل (۲-۲) یک توده خاک در طبیعت تنها تحت تاثیر تنش های اصلی (تنش اصلی

حداکثر σ_1 و تنش اصلی حداقل σ_3) قرار می گیرد و تنش برشی به آن وارد نمی شود.



شکل (۲-۲) : زاویه گسیختگی در خاک

برای تعیین زاویه صفحه گسیختگی با راستای افق θ از شکل (۲-۲) کمک می گیریم. همانطور که در شکل مشاهده می شود، 2θ زاویه خارجی برای مثلث ABC است. پس داریم:

$$2\theta = 90^\circ + \phi \longrightarrow \theta = 45^\circ + \frac{\phi}{2} \quad (۳-۲)$$

برای تعیین σ_1 نیز به طریق زیر عمل می کنیم:

ابتدا به کمک شکل (۲-۲) و دایره مور، مقادیر σ و τ_f را بدست می آوریم:

$$\begin{cases} \sigma = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \cos 2\theta \\ \tau_f = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \sin 2\theta \end{cases} \quad (۴-۲)$$

سپس مقادیر فوق را در رابطه $\tau_f = c + \sigma \tan \phi$ جایگزین می کنیم و با کمک گیری از روابط مثلثاتی خواهیم داشت:

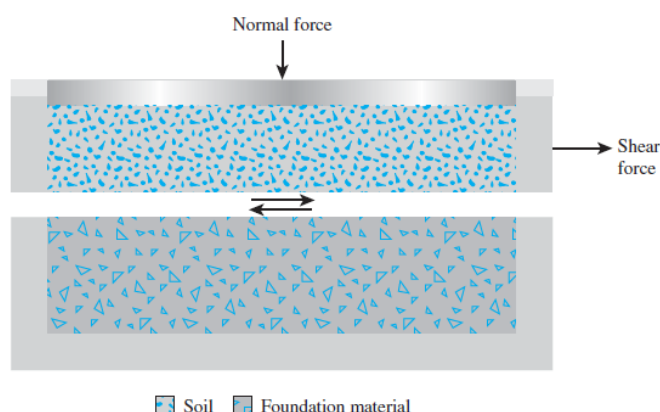
$$\sigma_1 = \sigma_3 \tan^2 + 2c \tan \theta \quad (۵-۲)$$

و یا

$$\sigma_1 = \sigma_3 \tan^2 \left[45^\circ + \frac{\phi}{2} \right] + 2c \tan^2 \left[45^\circ + \frac{\phi}{2} \right] \quad (۶-۲)$$

۲-۲-۴- آزمایش برش مستقیم

آزمایش برش مستقیم قدیمی ترین و ساده ترین آزمایش برشی است. در (شکل ۳-۲) شکل شماتیک وسیله آزمایش نشان داده شده است که از دو جعبه برشی فلزی که نمونه آزمایش در داخل آن ها قرار می گیرد تشکیل شده است. با استفاده از وزنه هایی از بالا نیروی قائم بر نمونه قابل اعمال است. مقدار تنش قائم وارده می تواند تا مقدار ۱ نیوتن بر میلیمتر مربع باشد. نیروی برشی توسط وزنه هایی بر نیمه فوقانی جعبه برشی تا لحظه گسیختگی نمونه اعمال می شود. [۵]



شکل (۳-۲) : شماتیک دستگاه برش مستقیم [۵]



شکل (۴-۲) : قالبهای دستگاه برش مستقیم (مربعی)

برحسب تجهیزات مورد استفاده، آزمایش برشی می تواند با کنترل تنش و یا کنترل تغییر شکل باشد.

در آزمایش با کنترل تنش، نیروی برشی اعمالی با افزودن وزنه ها با گام مساوی تا لحظه گسیختگی نمونه افزایش داده می شود. شکست در امتداد صفحه جدایی دو نیمه فوقانی و تحتانی جعبه رخ می دهد (شکل ۳-۳). بعد از اعمال هر افزایش بار، توسط یک گیج عقبه ای، تغییر مکان نیمه فوقانی جعبه برشی اندازه گیری می شود. تغییر در ارتفاع نمونه (به عبارت دیگر تغییر حجم نمونه) با قرائت یک گیج که تغییر مکان قائم نیمه فوقانی را اندازه می گیرد، به دست می آید. [۵]

***دراین تحقیق آزمایش برش مستقیم با روش کنترل کرنش انجام شده است.



شکل (۲-۵) : دستگاه برش مستقیم آزمایشگاه مکانیک خاک

در آزمایش برش مستقیم با کنترل تغییر شکل، توسط یک موتور الکتریکی، یک تغییر مکان برشی با سرعت ثابت بر نیمه فوقانی اعمال می شود. مقدار تغییر مکان برشی با قرائت یک گیج عقربه ای که تغییر مکان های افقی را اندازه گیری می کند، تعیین می گردد. نیروی برشی مقاوم نظیر هر تغییر مکان برشی توسط یک حلقه اندازه گیر افقی قابل اندازه گیری است. مشابه آزمایش با کنترل تنش، تغییر حجم نمونه توسط یک گیج قائم اندازه گیری می شود. در شکل (۲-۵)، تصویری از دستگاه برش مستقیم با کنترل تغییر شکل نشان داده شده است.

برای یک آزمایش معلوم، تنش قائم را می توان به صورت زیر محاسبه نمود:

$$\sigma = \frac{\text{نیروی قائم}}{\text{مساحت مقطع افقی نمونه}} = \text{تنش قائم} \quad (۷-۲)$$

و تنش برشی مقاوم نظیر نیز از رابطه زیر قابل تعیین است

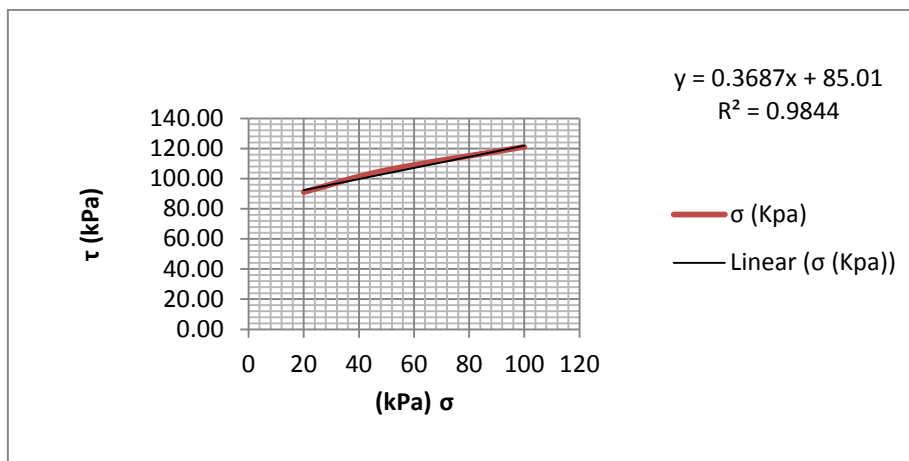
$$\tau = \frac{\text{نیروی برشی مقاوم}}{\text{مساحت مقطع افقی نمونه}} = \text{تنش برشی مقاوم} \quad (۸-۲)$$

آزمایش برش مستقیم بر روی نمونه های مختلف از یک نوع خاک با تنش های قائم مختلف تکرار می شود. تنش های قائم و مقادیر نظیر τ_f به دست آمده، بر روی نموداری در مقابل یکدیگر رسم می شوند تا پارامترهای مقاومت برشی به دست آید. (شکل ۲-۶) نشان دهنده ی چنین نموداری برای ۳ آزمایش یا ۳ تنش قائم مختلف بر روی نمونه های به دست آمده از یک خاک رس می باشد. رابطه خطی متوسط بر نقاط تجربی مختلف به صورت زیر نوشته می شود. [۵]

$$\tau_f = \sigma \tan \varphi \quad (۹-۲)$$

(توجه شود که برای ماسه $c = 0$ و $\sigma = \sigma'$ است) بنابراین زاویه اصطکاک داخلی برابر است با :

$$\varphi = \tan^{-1} \left[\frac{\tau_f}{\sigma} \right] \quad (۱۰-۲)$$



شکل (۲-۶) : نمودار تنش برشی مقابل تنش قائم برای خاک رس

۲-۳- مروری بر ادبیات موضوع

در این بخش با توجه به اهمیت موضوع تحقیق به پیشینه تحقیقاتی که در ایران و برخی از کشورهای خارجی بر روی اثرات شیرابه ناشی از زباله های جامد شهری بر مقاومت برشی خاک های لندفیل شده است بصورت اجمالی پرداخته میشود و در پایان مقایسه و جمع بندی در جدول (۲-۱) با این تحقیق آورده شده است. در زیر خرابی هایی از لندفیلها آمده است که هشدارهایی در خصوص درک حرفه ای و دقیق از اثرات شیرابه ناشی از زباله های جامد شهری بر مقاومت برشی خاک های لندفیل شده است. گسیختگی در لندفیلها در بسیاری از مناطق دنیا نظیر موارد زیر اتفاق افتاده است.

در ۹ مارچ سال ۱۹۹۶ در لندفیل Rumpke در اوهایو^۱ ۱/۲ میلیون مترمکعب زباله به حالت

گسیختگی رسید که کل سطحی را برای توسعه لندفیل در نظر گرفته شده بود پوشاند. [۶]

¹Ohio



شکل (۷-۲) گسیختگی لندفیل Rumpke، شهر Colerain در سال ۱۹۹۶ [۶]

در ۲۷ سپتامبر سال ۱۹۹۷ در لندفیل Dona Joanna در کلمبیا یک شیب، به دلیل ایجاد فشار آب حفره ای گسیخته شد. تقریباً ۱.۵ میلیون مترمکعب از زباله های در طی ۲۰ دقیقه گسیخته شدند و ناحیه ای به طول ۱/۵ کیلومتر را تحت تأثیر قرار دادند. [۶]



شکل (۸-۲) لندفیل Dona Joanna در بوگوتا کلمبیا در سال ۱۹۹۷ [۶]

در ۱۰ جولای سال ۲۰۰۰ پس از یک بارش سنگین، شیب در لندفیل پایاتاس^۱ واقع در فلیپین حاوی ۱۳۰۰۰ تا ۱۶۰۰۰ مترمکعب گسیخته شد و خانه های اطراف لندفیل را پوشانده و باعث مرگ ۲۷۰ نفر شد. [۶]

¹ Pyatas



شکل (۹-۲) گسیختگی لندفیل Payatas در سال ۲۰۰۰ [۶]

در مارچ ۲۰۰۳ در لندفیل Ano liosia در یونان که زباله های شهرهای آتلیک^۱ و آتن^۲ در آن دفن می گردند، یک شیب بصورت ناگهانی گسیخته شد که در این حادثه ۸۰۰/۰۰۰ مترمکعب پایه گسیخته شده تا نزدیکی ایستگاه teayching پیش رفت. خوشبختانه این گسیختگی زمانی رخ داد که هیچ کارگری در آن منطقه کار نمی کرد. این لندفیل در حال حاضر هم بیش از ظرفیت خود در خود زباله جای داده است اما عدم دسترسی به مناطق جدید دفن زباله باعث شده این لندفیل کماکان به کار خود ادامه می دهد. [۶]

در ۲۱ فوریه ۲۰۰۵ سه روز پس از یک بارش خیلی سنگین در نزدیکی باندونگ^۳، پایتخت ایالت غربی اندونزی در محل Leuwigojah یک گسیختگی رخ داد، که شاید بزرگترین خرابی شیب های لندفیل و به حجم ۲.۷ میلیون مترمکعب بود. در این حادثه ۱۴۳ نفر از ساکنان روستاهای اطراف این لندفیل جان باختند. [۶]

¹ Attica

² Athens

³ Bandung



شکل (۲-۱۰) گسیختگی لندفیل Leuwigojah در سال ۲۰۰۵ [۶]

این گسیختگی در لندفیلها نمونه هایی از خرابی هائی هستند که به علت :

۱- دارای مقادیر قابل توجهی زباله بوده است.

۲- مکانیک زباله یک نقش بسیار مهم اما ناشناخته در پایداری این لندفیلها بازی می کرد.

۳- نتایج این خرابی ها بسیار سخت و زیان آور بوده مانند (تلفات انسانی، آلودگی های زیست محیطی و قطع سرویس دهی این مراکز دفن بوده است). [۶]

۲-۳-۲- مقایسه با کارهای مشابه انجام شده در ایران:

الف) عبدی و همکاران در سال ۱۳۸۰، به مطالعه اثر شیرابه بر رفتار خاک جداره محل دفن پسماندهای شهرتهران (طرح فوکوکا^۱) پرداختند. محور اصلی مقاله ایشان بررسی اثر شیرابه بر روی پارامترهای مقاومت مکانیکی خاک و همچنین تفاوت آن با آب، با استفاده از نتایج آزمایش های برش مستقیم و سه محوری است. در این تحقیق جهت بررسی اثر شیرابه روی خاک در زمان های مختلف، نمونه گیری از خاک جداره مدفن را به سه دسته تقسیم بندی شد که عبارتند از خاک غیرآلوده، خاک نیمه آلوده و خاک کاملاً آلوده. خاک غیرآلوده همان خاکی است که تاکنون شیرابه به آن نرسیده است، خاک نیمه آلوده خاکی است که شیرابه به

¹ Fukuoka

آن رسیده و آن را کاملاً مرطوب کرده است. خاک کاملاً آلوده نیز به خاکی گفته شد که از شیرابه اشباع شده و طی مدت زمان زیادی که شیرابه روی آن اثر گذاشته، به صورت یک خاک سیاه رنگ و لجنی درآمده است. این سه خاک میتوانند به نحوی بیانگر اثر شیرابه روی خاک در زمان های مختلف باشند. نتیجه ای که از آزمایش های برشی مستقیم به دست آمد نشان داد که با نفوذ شیرابه به داخل خاک و مرطوب شدن خاک پارامترهای مقاومت برشی نیز تغییر میکند. آن ها نشان دادند که مقدار چسبندگی نسبت به اصطکاک تغییرات چندانی نداشته و فقط به اندازه ی چند کیلو پاسکال تغییرات نشان می دهد. ولی تغییرات عمده مربوط به زاویه اصطکاک داخلی خاک میباشد و مشاهده میشود که این پارامتر با تماس شیرابه با خاک و مرطوب شدن خاک در اثر شیرابه، به اندازه ی چند درجه کاهش می یابد ولی پس از گذشت زمان و تبدیل شدن خاک به صورت یک خاک سست و لجنی، مقدار اختلاف زاویه اصطکاک به بیش از 30 درجه میرسد که این به معنای تهدید جدی پایداری محل دفن میباشد. [۷]

ب) در پژوهشی که توسط بهزاد عسکری لاسکی و میرعبدالحمید مهرداد در سال ۱۳۹۲ انجام شد شرایط مطلوب برای نمونه های خاک محل دفن زباله واقع در سراوان رشت در آزمایشگاه باز سازی شد، ابتدا خاک مورد نیاز از نزدیکی محل دفن زباله به طریقی جمع آوری شد که در معرض نفوذ شیرابه ها قرار نداشته و تمیز بوده باشد و خاک به مدت 24 ساعت در آن با دمای 100 درجه سانتی گراد خشک شد و سپس در چند ظرف مختلف ریخته شد. با توجه به وزن خشک خاک داخل ظرف ها و درصد رطوبت بهینه، مخلوط هایی از شیرابه جمع آوری شده از محل دفن زباله و آب مقطر، با درصدهای وزنی متفاوت تهیه و به خاک داخل ظرف ها اضافه شده است. پس از آلوده کردن نمونه های خاک با مخلوط حاصل از شیرابه زباله و آب مقطر، از نمونه ها در ظرفی سر بسته به مدت سه ماه نگهداری شد. سپس بر روی نمونه ها آزمایش تراکم استاندارد صورت گرفت. به کمک نیروی جک هیدرولیکی، قالب های

دستگاه برش مستقیم و فشاری ساده (تک محوری) در نمونه های متراکم شده مشخص گردید، هرچه میزان آلودگی اولیه نمونه های خاک بیشتر باشد، مقاومت برشی نمونه های خاک کمتر می شود ، همچنین مشاهده می شود که افزایش میزان آلودگی خاک سبب کاهش مقاومت فشاری آن شده است و هرچه میزان آلودگی خاک بیشتر باشد، مقدار چسبندگی خاک کمتر می شود. همچنین مشاهده می شود که افزایش آلودگی نمونه های خاک تا مقادیر کم، تاثیر منفی بر زاویه اصطکاک داخلی آن نداشته است، اما افزایش آلودگی تا مقادیر زیاد، اما افزایش آلودگی تا مقادیر زیاد، سبب کاهش قابل ملاحظه ای در زاویه اصطکاک داخلی نمونه های خاک می شود . [۸]

ج) در پژوهشی که توسط خانم فاطمه کاظمی و همکاران در سال ۱۳۹۳ انجام شد به مطالعه بررسی اثرات چندگانه شیرابه بر روی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک محل دفن زباله و بکارگیری این نتایج در رفع نقاط منفی شیرابه و استفاده از فواید آن پرداخته شد که در نهایت در نظر گرفتن این نتایج در طراحی و اجرای بهینه محل های دفن مواد زاید جامد شهری از اهداف مهندسی ژئوتکنیک می باشد، جهت بررسی اثر شیرابه روی خاک، نمونه گیری از سه دسته خاک جداره، شامل خاک غیر آلوده، خاک نیمه آلوده و خاک کاملاً آلوده صورت می گیرد که بررسی این سه خاک به نحوی بیانگر اثر شیرابه روی خاک در زمان های مختلف می باشند. آزمایشات مقاومت برشی انجام شده در حالت های زیر انجام شده است - :آزمایش های برش مستقیم نمونه های 10×10 ، روی خاک غیر آلوده با سرعت 2 mm/min روی خاک نیمه آلوده با سرعت 2 mm/min و روی خاک کاملاً آلوده با سرعت های 0.3 ، 1 و 2 mm/min انجام گردیده است. آزمایش های سه محوری نیز در حالت های UU روی خاک غیر آلوده ی اشباع با شیرابه، CU روی خاک غیر آلوده ی اشباع با شیرابه، CU روی خاک غیر آلوده ی اشباع با آب، CD روی خاک غیر آلوده ی خشک متراکم نشده و CD روی خاک غیر آلوده ی متراکم شده با رطوبت بهینه صورت پذیرفته است که نتایج بدست آمده نشان می دهد نشت شیرابه در خاک باعث

افزایش چسبندگی و کاهش زاویه اصطکاک داخلی می شود؛ به طوری که در یک خاک کاملاً آلوده زاویه اصطکاک به طور قابل ملاحظه ای کاهش می یابد که کاهش شدید مقاومت برشی را به همراه دارد به علاوه، نشست قائم حین برش به علت عدم زهکشی به طور ناگهانی افزایش می یابد به ویژه در برابر بارهای سیکلی، نشست سریع خاک را در پی دارد که پایداری محل دفن را به خطر می اندازد . بنابراین با طراحی سیستمی که امکان زهکشی را هرچه بهتر و کارآمدتر فراهم کند، می توان برای مقابله با این خطرات جدی اقدام کرد. [۹]

د) در تحقیقی که سعید شورشانی و همکاران در سال ۱۳۹۴ به مطالعه اثر شیرابه بر رفتار خاکهای سرخ^۱ که بخش مهمی از خاکهای مناطق ساحلی کارناتاکا^۲ که در جنوب غربی ساحل هند واقع شده است و حدود ۱۲ هکتار از عراضی به عنوان مدفن زباله های شهری مورد استفاده می باشد پرداختند . محور مطالعه ایشان بررسی خاک های سرخ تحت تاثیر شیرابه بر پارامترهای مقاومت برشی، حدود آتربرج و همچنین بر ویژگی های شیمیایی خاک سرخ است. در منطقه مورد مطالعه، به دست آوردن شیرابه واقعی از لندفیل بسیار دشوار بوده بنابراین شیرابه استفاده شده در این مطالعه شیرابه مصنوعی با ترکیب شیمیایی که بیشترین شباهت را به شیرابه واقعی دارد در آزمایشگاه تهیه گردید، سپس نمونه های خاک، با شیرابه به نسبتهای ۵٪ و ۱۰٪ و ۲۰٪ با وزن خاک مخلوط شدند، آنگاه مخلوط خاک شیرابه به مدت ۵۴ ساعت به منظور تعادل رطوبت، نگه داشته شدند . نتایج بدست آمده نشان می دهد کلیه آلاینده ها ویژگی های خاک میزبان خود را تغییر می دهند و با افزایش درصد شیرابه افزوده شده، حد روانی خاک ، شاخص خمیری خاک نیز افزایش می یابد ، نتایج pH از نمونه های خاک سرخ نشان میدهد که خاک اسیدی است و با افزایش

¹ lateritic soils

² Karnataka

شیرابه pH خاک سرخ افزایش می یابد. پارامترهای مقاومت برشی خاک های سرخ نیز تحت تاثیر آلودگی شیرابه قرار گرفته اند ، برای آن دسته از نمونه های آزمایش شده در تراکم پروکتور، به دلیل افزایش در غلظت شیرابه، چسبندگی موثرفزایش یافته و زاویه اصطکاک موثر کاهش یافته است . افزایش در مقدار رس خاک های سرخ پس از تعامل با شیرابه باعث افزایش چسبندگی شده است که در نتیجه زاویه اصطکاک کاهش می یابد ، ویژگی های شیمیایی خاک ها نیز بسته به ترکیبات شیرابه یا غلظت هر یک از اجزاء تغییر می کنند، pH خاک نیز به دلیل شیرابه تغییر می کند و افزایش در ظرفیت تبادل کاتیون خاک نیز ممکن است به علت افزایش در مقدار pH خاک با شیرابه باشد و افزایش در رسانایی الکتریکی، مقدار کلسیم، سولفات و آهن به دلیل ویژگی های شیرابه است. [۱۰]

مقایسه نتایج در جدول (۲- ۱) زیر گزارش شده است. همانطوری که از جدول فوق مشخص است نتایج حاکی از کاهش چشمگیر پارامترهای مقاومت برشی در خاک بوده که منجر به تغییرات چشمگیر زاویه اصطکاک داخلی و چسبندگی شده است .

جدول (۱-۲) : نتایج تحقیقات مختلف بر خاکهای رسی CL آلوده شده با شیرابه در نقاط مختلف.

مشخصات فیزیکی خاک مورد مطالعه	خاک تحقیق (عبدی و همکاران)			خاک تحقیق (بهزاد عسکری لاسکی و همکاران)			خاک تحقیق (سعید شورشانی و همکاران)			خاک تحقیق (فاطمه کاظمی و همکاران)		
Gs	2.7			2.6			2.6			2.7		
LL	32			40			50			29		
PL	19			24			29			21.5		
PI	13			16			21			7.5		
γ_d (gr/cm3)	1.9			1.54			1.48			1.74		
ω_{opt}	14 %			23%			16%			19%		
PH (Sewage)	-			-			7.5			5.9		
EC(ms/cm) (Sewage)	-			-			18.6			26.3		
Soil Classification in Unified System	CL			CL			CL			CL		
C (Kpa)	17	18	12	91	43	38	18.6	19.2	21	12	-	24
Φ degree	38	34	8	21	14	12	31	29	27	25	-	19
(Sewage)%	0	50	100	0	50	100	0	10	20	0	50	100
Sampling Site	تهران			سراوان-رشت			کارناتاکا - هند			بابل		
Type of test	Direct Shear			Direct Shear			Triaxial			Direct Shear		

۴-۲- نتیجه گیری

در مرور بر کارهای گذشته محققین مختلف با توجه به درصدهای مختلف شیرابه زباله های جامد شهری با خاک رس و آزمایش مقاومت برشی بیشترین اثر بر کاهش چشم گیر مقاومت برشی خاک مورد نظر مشخص گردید که مقادیر چسبندگی (c) و همچنین زاویه اصطکاک داخلی (ϕ) در مخلوط صد در صد شیرابه با خاک رس کمترین مقاومت برشی و اصطکاک زاویه داخلی در خاک بوجود می آید برای نشان دادن تغییرات ناشی از نفوذ شیرابه بر خصوصیات مهندسی خاک مانند (ظرفیت باربری، تورم، رمبندگی، نشست و...) از آزمایشهایی نظیر (مقاومت تک محوره فشاری، حدود اتر برگ، تراکم آزمایشگاهی و مقاومت فشاری) استفاده شده است. لذا در این تحقیق برای نشان دادن تاثیر شیرابه های جامد شهری بر پارامترهای مقاومت برشی از آزمایش برش مستقیم و حدود اتر برگ استفاده شده است و تاثیر آن بر پارامترهای مقاومت برشی خاک گزارش شده است.

فصل ۳:

روش تحقیق

۳-۱- مقدمه

در این بخش به شرح روش تحقیق و بحث آزمایشهای (مشخصات فیزیکی و مکانیکی) بر روی مصالح بکار رفته در این تحقیق، پرداخته شده و ضمن بیان مختصر روشها به استخراج نتایج نیز به تشریح پرداخته می شود.

۳-۲- برنامه آزمایشگاهی تحقیق

الف) تهیه نمونه لازم جهت تحقیق شامل (تهیه نمونه از خاک بستر مدفن مورد نظر، نمونه برداری از شیرابه) که نمونه خاک مورد نظر از محل دفن زباله ها به روش نمونه دست خورده انجام شده است و همچنین شیرابه مورد نظر از سایت مورد نظر نمونه گیری شده است.

ب) انجام آزمایشهای لازم با توجه به روشهای استاندارد آزمایشگاهی روی نمونه خاک، آب و شیرابه شامل :

۱) آزمایشهای شناسایی و طبقه بندی خاک: (دانه بندی روش الک و هیدرومتری، تعیین حد روانی و خمیری ورده بندی خاک از روش متحد)

دانه بندی مصالح از هر دو روش الک به روش وزنی و هیدرومتری با استفاده از سقوط مصالح و زمان ته نشینی آن انجام شده است ، در مورد آزمایش حد روانی و خمیری که از آزمایش های شناسایی اولیه می باشند از استانداردهای معمول (جام کاساگرانده و فتیله کردن) انجام شده است و با توجه به نمونه خاک مورد نظر (رس) و حوضه تحقیق و طراحی از روش متحد برای رده بندی خاک استفاده شده است.

(۲) آزمایشهای مشخصات فیزیکی خاک : (تعیین میزان رطوبت و چگالی ویژه)

در آزمایش تعیین میزان رطوبت از حداقل میانگین سه نمونه انجام شده است و در مورد چگالی ویژه بروش پیکنومتر آب از میانگین سه نمونه بدست آمده است.

(۳) آزمایشهای مشخصات مکانیکی خاک شامل: (تراکم استاندارد و برش مستقیم)

در آزمون تراکم نیز حداقل دو تست در قسمت خشک منحنی (روغن کاری) و دو تست در قسمت تر منحنی انجام شده است و درصد رطوبت بهینه و γ_d بدست آمده است همچنین در آزمون برش مستقیم با سه تست در هر مورد و بارگذاریهای متفاوت و با استفاده از معیار موهر-کولمپ و رسم نمودار و برازش خطی پارامترهای مقاومت برشی خاک (ϕ و c) بدست آمده اند.

(۴) آزمایش های شناسایی عنصری و آنالیز خاک: (XRF)

در آزمایش فوق به طریق پراش اشعه ایکس و اندازه گیری زمان موج برگشتی درصد عناصر خاک مورد نظر مشخص گردید.

(۵) آزمایش های شیمیایی روی شیرابه ، آب و خاک :

شامل آزمایش روی PH و EC (هدایت الکتریکی) آب و شیرابه و خاک و همچنین درصد عناصر موجود در شیرابه به روش های معمول استاندارد آزمایشگاه شیمی انجام شد
* کلیه آزمایش های مربوط به خاک مورد نظر از استانداردهای ASTM انجام شده است

(ج) استخراج نتایج در قالب منحنی ها و جداول

(د) نتیجه گیری و پیشنهاد.

□ روش تحقیق مطالعه‌ی موردی

این تحقیق موردی بر روی رس محل دفن زباله های شاهرود جهت یافتن پارامترهای

مقاومت برشی خاک مورد نظر که از جمله مهمترین پارامترها جهت طراحی مطمئن محل دفن زباله ها (لندفیل) انجام شده است تا با داشتن تاثیر شدت غلظت شیرابه بر این پارامترها که در اثر انباشت زباله و تاثیر زمان بر غلظت همچنین تاثیر تنش کل و موثر بر پارامترهای مقاومت برشی محل دفن مورد نظر می تواند افق گسترده تری برای طراحی و اجرای لندفیلها در مطالعات اولیه بوجود آید .

۳-۳- مرکز دفن شاهرود

محل دفن بهداشتی شهر شاهرود در فاصله ۷ کیلومتری شهر شاهرود، در مجاورت جاده شاهرود- سبزوار و منطقه پشت کارخانه گچ قرار گرفته است. بر اساس اطلاعات جمع آوری شده، میانگین بارندگی سالیانه در شهر شاهرود در یک دوره ۲۳ ساله از سال ۱۳۴۷ تا سال ۱۳۷۰ برابر با ۱۷۶ میلی متر بوده است و نیز طبق داده های موجود در خصوص بارندگی از سال ۱۳۷۰ تا سال ۱۳۷۹ این میزان برابر با ۱۷۲ میلی متر بوده است. از نظر زمین شناسی و دانه بندی خاک، منطقه مورد مطالعه به دلیل وجود سنگهای کنگلومرایی و ماسه سنگی و شیلتی در شرایط مطلوب، نفوذپذیری خیلی بطئی داشته و خاکها اکثرا "رسی بوده و خاصیت تورم قوی دارد و لایه زیر خاک غیر قابل نفوذ می باشد. سطح آبهای زیرزمینی منطقه حدود ۱۸ متر می باشد و شرایط طبیعی منطقه اجازه تشکیل آبخان سنگی و یا آبرفتی را نداده است. به همین دلیل هیچ منبع آبی به خصوص چشمه در حوضه قابل مشاهده نیست. مساحت کل محل دفن بهداشتی زباله شهر شاهرود ۲۵ هکتار می باشد. نوع سیستم دفن، ترانشه ای و به عرض ۸ متر، طول ۶۰ متر و عمق ۹ متر می باشد. همچنین حدود ۵۰۰ متر جاده دسترسی به عرض ۶ متر در داخل مرکز دفن ایجاد شده است، ۶۴۰۵ متر مکعب کانال زه کشی در اطراف محل دفن حفر

شده است و ۳۲۰۴ متر حصار برای دور محل دفن ایجاد شده است . [۱۱]



شکل (۱-۳) نمایی از محل دفن زباله های جامد شهری شاهرود

بر اساس دستورالعمل های پیشنهادی نرخ تولید سرانه زباله در کشورهای در حال توسعه در یک افق ۲۰ ساله، سالیانه ۲ تا ۵ درصد است که بستگی به میزان جمعیت شهر دارد و برای شهرهای با جمعیت کمتر از ۵۰۰ هزار نفر ۲ درصد فرض می شود. لذا

سرانه تولید زباله و در نتیجه وزن کل زباله تولیدی شهروندان شاهرودی در طی سالهای دوره طرح به شرح جدول زیر خواهد بود . [۱۱]

جدول (۳-۱) : سرانه تولید زباله و وزن کل زباله تولیدی شهروندان شاهرودی در طی سالهای دوره طرح [۱۱]

سال	جمعیت	سرانه تولید زباله (گرم)	وزن زباله سالیانه به تن	سال	جمعیت	سرانه تولید زباله	وزن زباله سالیانه به تن
۱۳۸۷	۱۴۰۰۰۰	۶۶۸.۶۴	۳۴۱۶۷.۵	۱۳۹۷	۱۵۷۹۰۳	۸۱۴.۲۸	۴۶۹۳۰.۷
۱۳۸۸	۱۴۳۰۹۶	۶۸۱.۳۶	۳۵۵۸۷.۵	۱۳۹۸	۱۵۹۶۴۰	۸۳۰.۵۷	۴۸۳۹۶.۲
۱۳۸۹	۱۴۴۶۷۱	۶۹۴.۹۸	۳۶۶۹۸.۴	۱۳۹۹	۱۶۱۳۹۶	۸۴۷.۱۸	۴۹۹۰۷
۱۳۹۰	۱۴۶۳۶۲	۷۰۸.۸۸	۳۷۸۴۴	۱۴۰۰	۱۶۳۱۷۱	۸۶۴.۱۳	۵۱۴۶۵.۳
۱۳۹۱	۱۴۷۸۷۱	۷۲۳.۰۶	۳۹۰۲۵.۷	۱۴۰۱	۱۶۴۹۶۶	۸۸۱.۴۱	۵۳۰۷۲
۱۳۹۲	۱۴۹۴۹۷	۷۳۷.۵۲	۴۰۲۴۳.۸	۱۴۰۲	۱۶۶۷۸۰	۸۹۹.۰۴	۵۴۷۲۸.۸
۱۳۹۳	۱۵۱۱۴۲	۷۵۲.۲۷	۴۱۵۰۰.۴	۱۴۰۳	۱۶۸۶۱۵	۹۱۷.۰۲	۵۶۴۳۷.۵
۱۳۹۴	۱۵۲۸۰۴	۷۶۷.۳۲	۴۲۷۹۶.۱	۱۴۰۴	۱۷۰۴۷۰	۹۳۵.۳۶	۵۸۱۹۹.۵
۱۳۹۵	۱۵۴۴۸۵	۷۸۲.۶۷	۴۴۱۳۲.۴	۱۴۰۵	۱۷۲۳۴۵	۹۵۴.۰۷	۶۰۰۱۶.۷
۱۳۹۶	۱۵۶۱۸۵	۷۹۸.۳۲	۴۵۵۱۰.۲	۱۴۰۶	۱۷۴۲۴۱	۹۷۳.۱۵	۶۱۸۹۰.۴

۳-۴- شیرابه و ترکیبات آن

شیرابه زباله از نظر شیمیایی، از مواد گوناگون و عناصر مختلفی که از حل مواد زائد در آب، یا واکنش های بیولوژیکی و شیمیایی داخل مدفن ایجاد شده اند، تشکیل می شود. [۱۲] به عبارت دیگر، شیرابه مایعی بدبو و به رنگ قهوه ای تیره است که از داخل مواد زائد به بیرون تراوش کرده و حاوی مواد محلول و معلق می باشد . کیفیت شیرابه، تابع کیفیت مواد زائد جامد تولیدی می باشد .شیرابه تولیدی از این مواد دارای خواص گوناگونی است که با حرکت و نفوذ در لایه های مختلف زمین، خواص فیزیکی و شیمیایی خاک را تحت تاثیر قرار می

دهد . شیرابه ای که از خود زباله تولید می شود، شیرابه اولیه و شیرابه ای که از ورود آب باران به داخل زباله ها حاصل می شود را شیرابه ثانویه می نامند. [۱۳]

۳-۴-۱ - شیرابه اولیه^۱

بلافاصله پس از تخلیه پسماند در ترانشه های محل دفن و به محض ایجاد پوشش روزانه، از مواد زائد جامد، جدا شده و خارج می شود . در واقع زمان تولید آن ها از ابتدای دفن پسماند در سلول های دفن آغاز می شود و منشا آن رطوبت اولیه مواد زائد جامد است. [۱۴]

۳-۴-۲ - شیرابه ثانویه^۲

در اثر نفوذ آب باران، برف و رواناب های سطحی به داخل محل دفن به وجود می آید . رطوبت وارد شده به محل دفن تحت تاثیر نیروی ثقل خود به پایین حرکت نموده و در تماس با زائادات و مواد، جذب آن ها می شود. [۱۵]

نفوذ شیرابه به داخل خاک به علت وجود آلاینده هایی نظیر هیدروکربن ها، فلزات سنگین و نظایر آن باعث ایجاد مشکلات عدیده ای می گردد . حرکت افقی شیرابه در اماکن دفن زباله های شهری می تواند باعث خروج شیرابه از سطح خاک در نقاط کم ارتفاع شده و باعث آلودگی آب های سطحی شود . حرکت قائم شیرابه از لایه های مختلف زیر مدفن، اولاً باعث آلودگی خاک شده و ثانیاً در صورت بالا بودن سطح آب زیرزمینی باعث آلودگی آب های زیرزمینی می شود. بنابراین باید این شیرابه قبل از استفاده یا دفع در محیط تصفیه شود.

¹ Fresh Leachate

² Old Leachate

[۱۶] از جمله اقدامات لازم در راستای سامان دهی محل دفن موجود زباله، مدیریت شیرابه تولیدی در آن محل می باشد. تولید شیرابه در محل دفن موجود اجتناب ناپذیر بوده و شیرابه تولیدی باید به تصفیه خانه شیرابه زباله منتقل شود. محل دفن زباله بایستی مجهز به سیستم جمع آوری شیرابه باشد تا شیرابه تولیدی جمع آوری شده و شیرابه به سیستم تصفیه شیرابه تخلیه شود. [۱۷]

۳-۵- مراحل نمونه گیری

در این تحقیق شرایط مطلوب برای نمونه های خاک در آزمایشگاه باز سازی شد. ابتدا خاک مورد نیاز از نزدیکی محل دفن زباله به طریقی جمع آوری شد که در معرض نفوذ شیرابه ها قرار نداشته و تمیز بوده باشد. خاک مورد نظر با درصد رطوبت بهینه متراکم سپس در دوره بعمل آوری با درصدهای مختلف شیرابه (۰٪ و ۳۰٪، ۵۰٪، ۷۰٪ و ۱۰۰٪) مخلوط گردید تا اثر نفوذ شیرابه پس از تست مقاومت برشی مشخص گردد.

۳-۵-۱- خاک بستر

جهت نمونه گیری از خاک بستر از دو روش زیر استفاده شده است:

□ نمونه گیری دست خورده از خاک^۱:

نمونه های دست خورده برای شناسایی دانه بندی، حدود اتربرگ، میزان املاح شیمیایی موجود در خاک و برخی از آزمونهای شاخص خاک کارایی دارند. روشهای اخذ نمونه دست خورده شامل نمونه و گیری دستی، نمونه گیری با اوگرهای پره دار و سطلی، نمونه گیری با

^۱Disturbed Sample

نمونه گیر جدا شونده SPT^۱ برخی روشهای پیشرفته نمونه گیری نظیر نمونه گیری به روش آزمون نفوذ حجیم می باشد LPT^۲ ساده ترین روش نمونه گیری دست خورده است که بطور مستقیم و به کمک وسایل ساده نظیر کاردک و بیلچه توده خاک نمونه گیری شود . برای نمونه گیری دستی از اعماق زمین باید ابتدا چاله ای به روش دستی یا ماشینی حفر شده و سپس از جدار آن در اعماق مورد نظر نمونه گیری گردد . بطور معمول این چاله در خاکهای پایدار توسط مقنی و به روش دستی حفر می شود . با این حال در خاکهای ریزشی و یا در مواردی که شناسایی زمین در طول یک خط مورد نظر باشد ماشین آلات حفاری نظیر بیل مکانیکی به کار می روند. [۱۸] که در این تحقیق نمونه گیری بصورت دستی انجام شده است، که در شکل (۲-۳) مشاهده می شود .



شکل (۲-۳) : نمونه برداری دست خورده از خاک مورد نظر

□ نمونه باز سازی شده^۳ از خاک:

^۱ Standard Penetration Test

^۲ Large Penetration Test

^۳ Remolded Sample

نمونه باز سازی شده یا ساختگی به نمونه ای اطلاق می شود که با استفاده از نمونه های دست خورده وانجام عملیات تراکم روی آن ،در آزمایشگاه تهیه وسپس آزمایش می شود، [۱۹] که در این تحقیق از نمونه بازسازی شده برای آزمایش برش مستقیم استفاده شده است.



شکل (۳-۳) نمونه بازسازی شده از خاک دست خورده

۳-۵-۲- شیرابه

هدف اصلی نمونه گیری بدست آوردن قسمت کوچکی از شیرابه است که نمایانگر خصوصیات واقعی شیرابه مدفن باشد. در هرروش نمونه برداری قواعد عمومی زیرباید بکار رود: ۱- نمونه ها باید نشان دهنده وضعیت موجود در نقطه ای باشد که از آن محل برداشت انجام گرفته است. ۲- نمونه ها باید دارای حجم مناسب به نحوی باشد که امکان تجدیدپذیری آزمون به تعداد مورد نظر در روش آزمون مربوطه فراهم گردد. ۳- نمونه ها باید طبق روشی جمع آوری ، بسته بندی و حمل و نقل گردد که مراقبتهای لازم جهت تأمین عدم تغییر در ترکیبات و خصوصیات ویژه آن تا مرحله تجزیه در آزمایشگاه درباره آن اعمال شده باشد. [۲۰] در این پژوهش شیرابه از کف ترانشه کنده شده مدفن زباله جامد

شهری شاهرود استخراج شد.



شکل (۳-۴) : شیرابه مدفن زباله شهری

۳-۶- مطالعات آزمایشگاهی

به منظور شناسایی خاک مورد نظر آزمایشهای شناسای خاک شامل (دانه بندی و هیدرومتری، حدود اتربرگ و طبقه بندی خاک)، آزمایشهای مشخصات فیزیکی خاک شامل (تعیین درصد رطوبت خاک و چگالی ویژه خاک)، آزمایشهای مشخصات مکانیکی خاک شامل (آزمایش تراکم جهت ارزیابی رطوبت بهینه، و آزمایش برش مستقیم) انجام گرفته است. همچنین آزمایش XRF^1 برای شناسایی عناصر موجود (آنالیز عنصری) بر روی خاک مورد نظر انجام شده است.

¹ X Ray Fluorescence

۳-۶-۱- آزمایش تعیین رطوبت بهینه به روش جرمی: استاندارد - ASTM:2216 [21] D

این آزمایش برای تعیین درصد وزنی رطوبت خاک و سنگ بکار می رود. درصد رطوبت عبارتست از نسبت وزن آب موجود در یک توده خاک به وزن خشک همان توده خاک که بصورت درصد بیان می شود. در اکثر آزمایشهای مکانیک خاک، لازم است درصد رطوبت خاک تعیین گردد. این آزمایش نمی تواند درصد رطوبت واقعی مصالحی که دارای مقدار قابل توجهی کانی های هالوزیت، مونت موریونیت و گچ است را به دست آورد همچنین در مصالحی که آب درون منافذ آنها دارای مقدار زیادی املاح محلول مثل کلرید سدیم (که در رسوبات دریایی وجود دارد) و یا مواد آلی هستند درصد رطوبت بدست آمده حقیقی نیستند. در خاکهای ریزدانه (چسبنده) پایداری و مقاومت خاک بستگی به درصد رطوبت آن دارد در این حالت رطوبت طبیعی خاک با نشانه های حد روانی و حد خمیری مقایسه می شود.

هدف از آزمایش بدست آوردن درصد رطوبت طبیعی خاک مورد نظر می باشد.

$$\omega_{ave} = \frac{\omega_1 + \omega_2 + \omega_3}{3} = 15\% \quad \text{درصد رطوبت میانگین}$$

۳-۶-۲- آزمایش تعیین چگالی ویژه بخش جامد بوسیله پیکنومتر آب: استاندارد - ASTM D:854 [۲۲]

منظور از توده ویژه خاک (چگالی) معمولا توده ویژه دانه های (قسمت جامد) خاک است، توده ویژه (G_s) از نسبت وزن مخصوص جامد خاک به وزن مخصوص آب است وزن

مخصوص ویژه در محاسبات مربوط به بسیاری از آزمون‌های آزمایشگاهی به کار گرفته می شود. دامنه تغییرات توده ویژه خاک (چگالی) برای خاک های مختلف متفاوت است. چگالی دانه ها وابسته به جنس کانی های سازنده آنهاست. وزن مخصوص ویژه خاک اغلب برای ارتباط وزن به حجم خاک مورد استفاده قرار می گیرد. بنابراین با دانستن تخلخل و درجه اشباع و وزن مخصوص ویژه می توانیم وزن واحد حجم یک خاک مرطوب و یا خشک را محاسبه کنیم.

□ هدف از آزمایش :

تعیین چگالی ویژه بخش جامد خاک مورد نظر می باشد.



شکل (۳-۵) : وسایل آزمایش تعیین چگالی ویژه بخش جامد خاکهای ریزدانه

* حداقل سه بار آزمایش انجام می شود و برای اینکه جوابها و نتایج صحیح باشند باید این

مقادیر به دست آمده بیش از ۲ الی ۳٪ با هم تفاوت نداشته باشند.

نتیجه گیری:

چگالی دانه های جامد

$$G_{S_{ave}} = \frac{G_{S1} + G_{S2} + G_{S3}}{3} = 2.67$$

از عدد فوق نتیجه می گیریم خاک مورد نظر جزء خاکهای ریزدانه لای دار و رس دار می باشد.

با توجه به (جدول ۲-۳) عدد بدست آمده، خاک مورد نظر از نوع رس لای دار می باشد.

جدول (۲-۳) : طبقه بندی چگالی ویژه بخش جامد خاک [۲۳]

نوع خاک	(Gs)
ماسه	2.67-2.65
ماسه لای دار	2.65-2.67
رس عالی	2.80-2.70
ماسه حاوی میکا و آهن	3.00-2.75
خاک های عالی	< 2.00

۳-۶-۳- آزمایش دانه بندی خاک به روش الک و هیدرومتری برای بخش گذرا

از الک شماره ۱۰ (۲/۰ mm). استاندارد - ASTM D:422 [۲۴]

□ روش الک:

اغلب خاکهای طبیعی شامل مخلوطی از دو یا بیشتر از شن و ماسه و لای و رس می باشند

و بسیاری از آنها نیز شامل مقداری مواد آلی می باشند. به طور کلی اطلاعات حاصل از این آزمایش برای پیش بینی حرکت آب در خاک ، میزان نفوذ پذیری خاک ، حساسیت خاک در مقابل یخ زدگی و رفتار خاک در آب و هوای سرد ، خاصیت مویینگی ، استفاده به عنوان فیلتر و زهکش مفید است . دانه های ریزتر از الک (No.200) معمولا ارزش سازه ای ندارند . اهمیت ریزدانه ها در میزان رطوبتی است که جذب می کنند.

هدف از انجام آزمایش دانه بندی تعیین اندازه ذرات خاک و بدست آوردن نسبت درصد وزنی به یکدیگر می باشد . با انجام این آزمایش از میزان وجود ذرات با ابعاد مختلف مطلع می شویم و می توانیم روی مناسب یا نامناسب بودن خاک نظر دهیم.

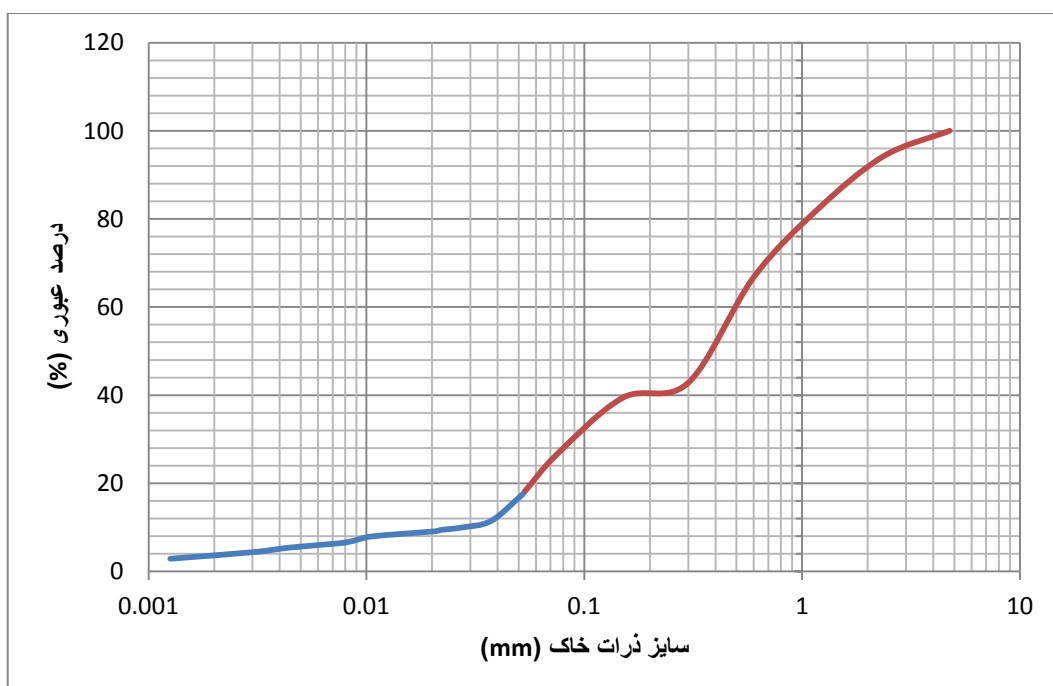


شکل (۳-۶) : الکهای آزمایش دانه بندی به روش تر(قسمت درشت دانه)

□ روش هیدرومتری استاندارد

دانه بندی خاکهای ریز دانه را می توان با استفاده از روش ته نشینی تعیین کرد این روش مبتنی بر قانون استوکس می باشد که مربوط به سرعت سقوط ذرات کروی شکل معلق در مایعات می باشد . ذرات بزرگتر سرعت سقوط بیشتری دارند و ذرات کوچکتر با سرعت کمتری ته نشین می شوند.

در (شکل ۳-۷) نمودار دانه بندی خاک مورد مطالعه (حاصل از روش الک و هیدرومتری) ترسیم گردیده است



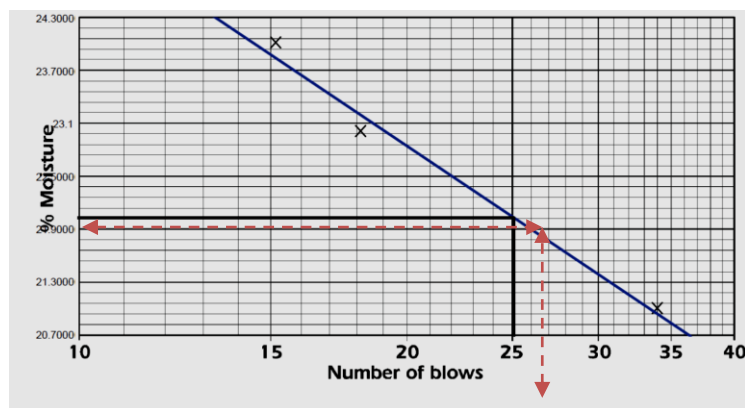
شکل (۳-۷) : نمودار دانه بندی خاک مورد مطالعه

۳-۶-۴- آزمایش حدود اتربرگ : استاندارد - ASTM D: 3418 [۲۶]

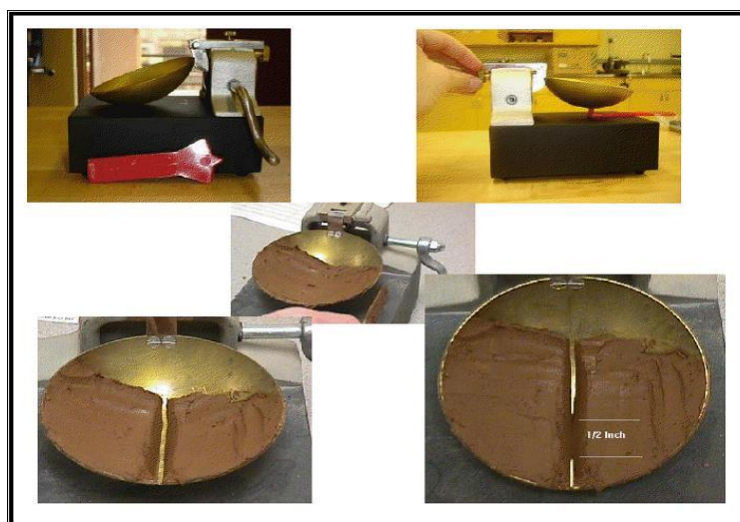
□ حد روانی

در مکانهایی که خاک در مقابل رطوبت زیاد قرار دارد آزمایش حدود اتربرگ به ما در

شناختن بهتر خصوصیات خاک کمک می کند. خاک در حالت معمول جامد است. در مرحله ای خاک از حالت جامد به نیمه جامد تبدیل می شود رطوبت این حالت را حد انقباض می گویند. با افزایش تدریجی رطوبت خاک از حالت نیمه جامد به حالت خمیری و بعد به صورت مایع تبدیل می شود که مرز مابین این حالات نیز به ترتیب حد خمیری و حد روانی نام دارد. در شکل (۳-۸) نمودار حد روانی ترسیم شده است که از روی نمودار فوق درصد رطوبت حد روانی در ۲۵ ضربه جام کاساگرانده تعیین می شود.



شکل (۳-۸) : نمودار حد روانی

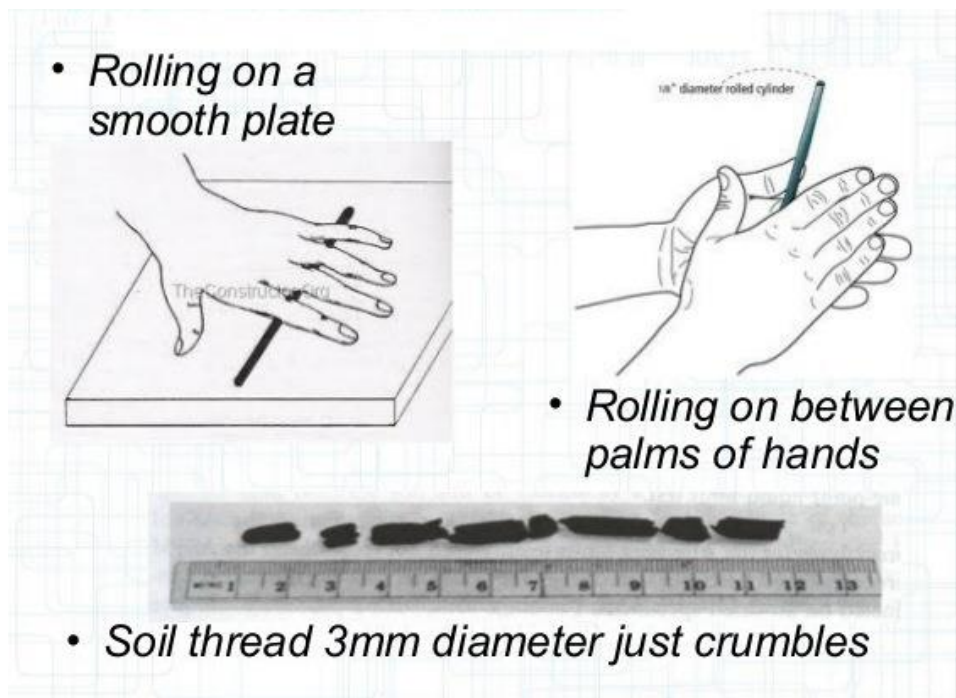


شکل (۳-۹) : جام کاساگرانده وسایل آزمایش حد روانی و مراحل انجام آزمایش

□ حد خمیری

حدخمیری درصد رطوبتی است که در آن خاک در اثر فیتيله شدن وقتی که قطرش به

۳.۲ میلیمتر می رسد شروع به ترک خوردن می کند.

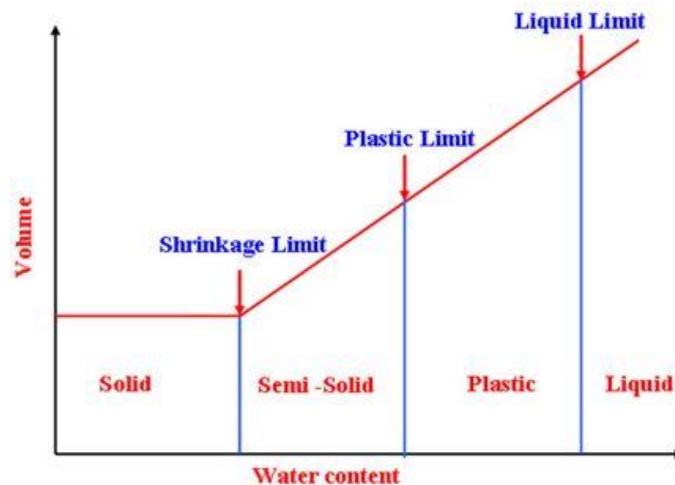


شکل (۳-۱۰) : مراحل انجام آزمایش حد پلاستیک

خاک ریزدانه بر حسب درصد رطوبتی که دارد می تواند در یکی از حالت های جامد، نیمه

جامد، خمیری و مایع دسته بندی شود. حدفاصل بین این حالات به صورت نمودار زیر نشان

داده می شود:



شکل (۱۱-۳) : مرز حد انقباض، حد خمیری، حدروانی

نتایج آزمون حدود اتبرگ بر روی نمونه بدون شیرابه به شرح جدول (۳-۳) زیر می باشد.

جدول (۳-۳) : نتایج آزمایش حدود اتبرگ و پارامترهای وابسته به آن

A	Ic	IL	PI	PL	LL	نوع نمونه
عدد فعالیت	نشانه استحکام	نشانه روانی	نشانه خمیری	حد خمیری	حدروانی	
0.38	1	0	7	15	22	بدون شیرابه

۳-۶-۵- رده بندی خاک ها (سیستم رده بندی متحد USCS) استاندارد - 2487: ASTM D [۲۵]

با استفاده از این استاندارد یک نماد و نام رده مجزا برای خاک مورد نظر بدست می آید. هدف آزمایش فوق رده بندی خاک مورد نظر به روش متحد (یونیفاید) USCS¹ می باشد.

¹ Unified Soil Classification System

پس از نمونه گیری و انجام آزمایشهای لازم (مانند حدود اتربرگ و...) بر روی خاک مورد نظر مطابق نمودار کاساگرانده (شکل ۳-۱۲) و نمودار رده بندی خاک های ریز دانه ۵۰ یا بیش از ۵۰٪ ذرات از الک شماره ۲۰۰ رد شده و جدول (۳-۴) خاک مورد نظر رده بندی می گردد.

جدول (۳-۴) : طبقه بندی خاک به روش یونیفاید

حرف دوم (صفت خاک)	علامت	حرف اول (جنس خاک)	علامت
خوب دانه بندی شده	W	شنی	G
بد دانه بندی شده	P	ماسه ای	S
لای دار	M	رسی	C
رس دار	C	لای دار	M
خاصیت خمیری بالا	H	ارگانیک	O
خاصیت خمیری پایین	L	خاک با منشأ نباتی	pt

□ نتیجه گیری:

با توجه به PI بدست آمده، حدود اتربرک و منحنی دانه بندی، خاک این نمونه در محدوده CL- ML قرار گرفته است (نمودار کاساگرانده) و برابر طبقه بندی یونیفاید خاک CL (رس لای دار با خاصیت خمیری کم) می باشد.

۳-۶-۶- آزمایش تعیین دانسیته خشک طبیعی (γ_d) وزن کلوخه با پارافین [۲۸]

وزن مخصوص ظاهری عبارت است از وزن واحد حجم خشک خاک در شرایط طبیعی و

واحد آن بر حسب گرم بر سانتی متر مکعب است. کلوخه قسمتی از خاک است که دارای ساختمان طبیعی است. اگر جرم کلوخه را اندازه گرفته و بر حجم آن تقسیم کنیم وزن مخصوص ظاهری خاک بدست می آید. مشکل تعیین حجم کلوخه است زیرا کلوخه دارای شکل هندسی منظم نیست و نیز نمی توان آنرا وارد آب نمود تا مقدار جابجایی حجم مایع را تعیین کرد زیرا متلاشی شده و حجم تخلخل ها از بین می رود. ولی می توان آنرا با پارافین ضد آب نمود. برای اینکار ابتدا کلوخه ای که مبین خاک مورد نظر است در شرایط طبیعی انتخاب می کنیم و دور آن را با نخ به طول حدوداً ۳۰ تا ۳۵ می بندیم سپس کلوخه را وزن می کنیم (وزن کلوخه). سپس کلوخه را یک دفعه دو بار داخل پارافین مذاب کرده و خارج می کنیم و بعد از آن پارافین سطح کلوخه را گرفته است که آن را وزن می کنیم (وزن کلوخه با پارافین). در استوانه مدرجی تا حد معینی آب می ریزیم و سپس کلوخه آغشته به پارافین را داخل استوانه مدرج می نماییم و افزایش حجم آب را حساب می کنیم.

□ هدف از انجام این آزمایش :

تعیین دانسیته خشک طبیعی (γ_d) است.



شکل (۳-۱۲) : لوازم آزمایش تعیین دانسیته خشک طبیعی و کلوخه های آغشته به پارافین.

□ نتیجه گیری:

در روش فوق دانسیته خشک طبیعی از میانگین پنج کلوخه آغشته به پارافین برابر با $1/68 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ یا $16/8 \text{ (KN/cm}^3\text{)}$ بدست آمده است.

۳-۶-۷- آزمایش تعیین مشخصات تراکم آزمایشگاهی خاک با استفاده از استاندارد - ASTM D: 1557 [۲۷]

آزمایش تراکم عبارتست از کاهش دادن حجم خاک در اثر خارج ساختن هوا با استفاده از اعمال نیرو که در این حالت وزن واحد آن زیاد می شود و این وزن معیار تراکم خاک است. تراکم به منظور افزایش مقاومت نیروی برشی و کاهش نفوذپذیری انجام می شود که این به علت این است که منافذ خاک کوچکتر میشود و در نتیجه حرکت آب از این منافذ مشکلتر است. در خاکهای رسی یک مشکل وجود دارد و آن افزایش پتانسیل تورم خاک است.

عوامل موثر در تراکم خاک بستگی دارد به : ۱- نوع خاک ۲- انرژی ۳- رطوبت

در عملیات تراکم حجم آب موجود در خاک تغییر نمی کند و فقط حجم هوای خاک کاسته می شود. میزان تراکم یک خاک معمولاً بر اساس اندازه گیری وزن مخصوص خشک مشخص می شود .

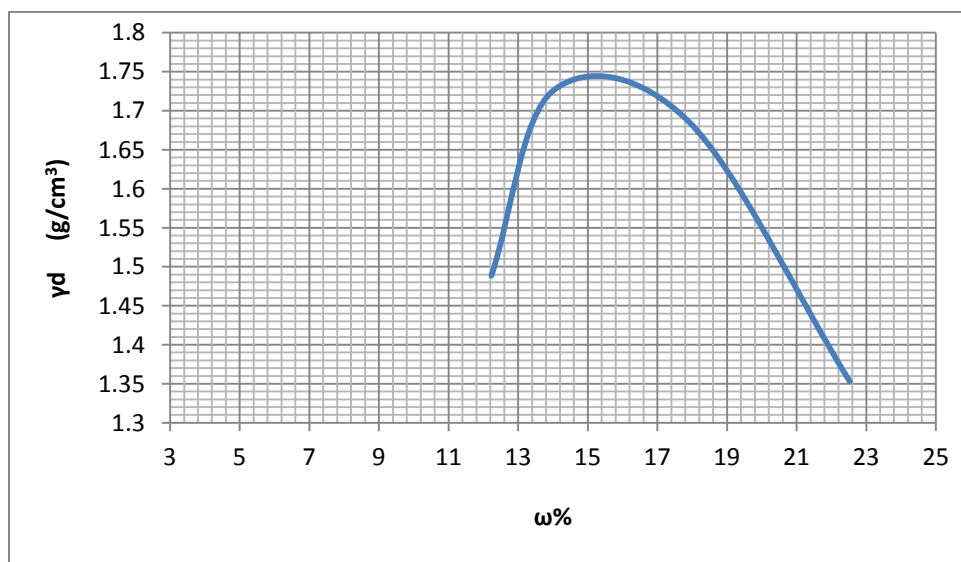
میزان رطوبتی که در آن حداکثر وزن مخصوص خشک حاصل می شود میزان رطوبت بهینه می نامند.

به طور کلی آزمایش تراکم به دو صورت می باشد : تراکم استاندارد و تراکم اصلاح شده.

در این تحقیق از روش تراکم اصلاح شده استفاده شده است.

□ هدف از انجام آزمایش:

رسیدن به درصد رطوبتی از خاک است (رطوبت بهینه)^۱ که در آن بیشترین مقدار تراکم صورت می گیرد.



شکل ۳-۱۶: نمودار تراکم آزمایشگاهی خاک مورد مطالعه

□ نتیجه گیری:

همانطوری که از نمودار مشخص است در صد رطوبت بهینه برابر ۱۶٪ و حداکثر وزن مخصوص خشک برابر با ۱/۷۳ (gr/cm³) می باشد که از میانگین سه آزمایش متفاوت بدست آمده است.

۳-۶-۸- آزمایش برش مستقیم استاندارد - ASTM D:3080 [۵]

در آزمایشگاه، پارامترهای مقاومت برشی خاک با دو روش آزمایشی تعیین می گردد: آزمایش برش مستقیم و آزمایش سه محوری، که در این تحقیق از آزمایش برش مستقیم (در شرایط کرنش مسطح)^۲ استفاده شده است.

¹ Optimum

² Plane strain

□ نمونه های باز سازی شده :

جهت آماده سازی این نمونه ها، با توجه به درصد رطوبت بهینه و جرم حجمی خاک خشک حداکثر بدست آمده از آزمایش تراکم مقدار آب و خاک لازم محاسبه و تهیه گردیده است، مقدار آب مورد نظر به خاک اضافه کرده و مدت ۲۰ دقیقه به هم می‌زنیم تا در پایان مخلوط همگن و بدون کلوخه‌ای بدست آید سپس آن را در قالب تراکم متراکم می‌کنیم و نمونه های باز سازی شده را از درون قالب تراکم بوسیله قالب مخصوص دستگاه برش مستقیم جدا کرده آنگاه در رینگ دستگاه برش مستقیم قرار می‌دهیم بدیهی است تهیه نمونه‌های تحت شرایط مساوی و همگن در نتایج بسیار موثر می‌باشد. نمونه های تهیه شده برای جذب رطوبت یکسان به مدت ۱۸ ساعت درون محفظه عایق (زیپ کیف) قرار گرفته و سپس به مدت ۲۴ ساعت در آب و درصدهای مختلف شیرابه و آب اشباع شدند. و در دور کاملاً آرام مطابق جدول (۳-۵) به منظور بدست آوردن پارامترهای تحکیم یافته - زهکشی شده در دستگاه برش مستقیم مورد آزمایش قرار گرفتند.

آزمایش فوق بر روی نمونه های باز سازی شده انجام شده است و زمان لازم جهت آزمایش برش مستقیم از جدول زیر استخراج شده است.

جدول (۳-۵) : حد اقل زمان لازم برای آزمون برش مستقیم بکار رفته در آزمایشها [۵]

حد اقل زمان برای گسیختگی	رده بندی متحد (یونیفاید)
۱۰ دقیقه	SP,SW (<۵درصد ریزدانه)
۶۰ دقیقه	SM,SPSM,SW,SM (<۵درصد ریزدانه)
۲۰۰ دقیقه	SP,SC,CL,ML,SC
۲۴ ساعت	CH, MH

برای دستیابی به دور مناسب برای زمان لازم در آزمایش برش مستقیم، جدول زیر تهیه و استفاده شده است.

جدول (۳-۶) : محاسبات زمان برای دستگاه برش مستقیم بکار رفته در آزمایشها

تغییر مکان بر حسب (mm) 7 ، جابجایی					
Gear Lever Position	t (Min) زمان بر حسب دقیقه				
	60-30	54-36	45-45	36-54	30-60
A	5.833333	7.777778	11.66667	17.5	23.33333
B	29.16667	38.88889	58.33333	87.5	116.6667
C	145.8333	194.4444	291.6667	437.5	583.3333
D	729.1667	972.2222	1458.333	2187.5	2916.667
E	3645.833	4861.111	7291.667	10937.5	14583.33

در (شکل ۳-۱۳) یک نمونه پس از برش نشان داده شده است.



شکل (۳-۱۳) : نمونه پس از برش در دستگاه برش مستقیم

□ نتیجه گیری:

نتایج آزمون برش مستقیم بر روی نمونه ها با درصدهای مختلف شیرابه به شرح جدول (شماره ۳-۷) آمده است که نشان می دهد با افزایش درصد شیرابه زاویه اصطکاک

داخلی و چسبندگی کاهش می یابد.

جدول (۷-۳): جدول مقایسه مقادیر زاویه اصطکاک داخلی و چسبندگی با درصد های مختلف آب و شیرابه

NO	c(kPa)	ϕ°
(Normal Water)100% & (Sewage 0%)	85.00	20
(Normal Water)70% & (Sewage 30%)	76.00	18
(Normal Water)50% & (Sewage 50%)	68.00	16
(Normal Water)30% & (Sewage 70%)	59.00	15
(Normal Water) 0% & (Sewage 100%)	58.00	14

۷-۳- طیف سنجی فلورسانس اشعه ایکس XRF

۷-۳-۱- معرفی دستگاه : XRF (X Ray Fluorescence)

XRF روشی تحلیلی برای تعیین ترکیب شیمیایی تمام انواع مواد است . مواد می توانند به اشکال جامد، مایع، پودرو سایر باشند. XRF همچنین گاهی اوقات می تواند برای تعیین ضخامت و ترکیب لایه ها و پوشش ها بکار رود. این روش سریع ، دقیق و غیر مخرب است و معمولاً تنها به اندکی آماده سازی نمونه احتیاج دارد. کاربردهای آن بسیار گسترده است و شامل صنایع فلز، سیمان، نفت و حتی صنایع غذایی است و نیز معدن شناسی، مینرالوژی (کانی شناسی) و زمین شناسی و آنالیز زیستی آب و زباله ها می باشد.[۳۰] مزیت استفاده از XRF بر روش های شیمیایی سرعت بالا و هزینه پایین و دقت قابل قبول است. XRF دستگاهی است برای اندازه گیری طول موج و شدت امواج فلورسانس ساطع شده از اتم های مختلف در نمونه که نتیجه آن شناسایی نوع و میزان عناصر ماده می باشد. دستگاه XRF کاربرد وسیعی در بسیاری از علوم دارد و امروزه به علت پیشرفت های زیاد در این زمینه بصورت یکی از وسایل ضروری در آزمایشگاه های تحقیقاتی در آمده است. XRF

با سرعت عمل بسیار زیاد قادر است عناصر بسیاری را بصورت کیفی و کمی مورد آنالیز قرار دهد. به علت سرعت زیاد و عدم مصرف مواد شیمیایی روش ارزانی نسبت به بقیه روش های آنالیزی بوده و محیط زیست را نیز آلوده نمی سازد. [۲۹]

در این تحقیق آزمایش XRF برای شناسایی عناصر موجود (آنالیز عنصری) بر خاک مورد نظر در آزمایشگاه پارک علم و فناوری شاهرود انجام شد که نتایج به شرح فوق می باشد.

■ نتایج آزمایشات XRF بر روی خاک رس.

در جدول (شماره ۳- ۸) نتایج آزمایش XRF برای شناسایی عناصر موجود (آنالیز عنصری) مشاهده می شود.

جدول (۳- ۸) : نتایج آزمایش XRF بر روی خاک مورد مطالعه

Analysis	Result
SO ₃	10.57%
MgO	1.53 %
Na ₂ O	0.554 %
SrO	0.037 %
Rb ₂ O	0.007 %
ZnO	0.012 %
P ₂ O ₅	0.121 %
K ₂ O	2.084 %
Fe ₂ O ₃	4.399 %
ZrO ₂	0.023 %
TiO ₂	0.633 %
Al ₂ O ₃	9.805%
SiO ₂	36.341%
Cl	0.141%
MnO	0.064%
CaO	17.113 %
L.O.I(1000.1hrs)	16.565%

۳-۷-۲- خصوصیات شیمیایی شیرابه و خاک

به منظور آشنایی با کیفیت شیرابه مورد مطالعه در این تحقیق که از محل دفن زباله جامد شهری شاهرود نمونه برداری گردیده آزمایش های از قبیل PH، EC، BOD₅ و ذرات موجود در شیرابه انجام گردید

□ آزمایش BOD^۱:

BOD نرخ مصرف اکسیژن در داخل آب توسط ارگانیسم ها است. اگر BOD کم باشد آب پاک و فاقد ارگانیسم است یا آنکه ارگانیسم های داخل آب مرده و نیازی به مصرف اکسیژن ندارند. BOD مقدار اکسیژن لازم برای ثبات بیولوژیکی در آب است. اندازه تأسیسات تصفیه بیولوژیکی خصوصاً میزان هوادهی فاضلاب در حوضچه های هوا دهی را می توان با اندازه BOD محاسبه نمود.

اگر BOD آبی 1 ppm باشد تقریباً آب خالص است. آب با BOD تا 5 ppm نسبتاً خالص فرض می شود و وقتی که BOD به بیشتر از 5 ppm برسد خلوص آب مورد تردید قرار می گیرد. اما اگر مقدار BOD از 20 ppm تجاوز کند سلامت عمومی مورد خطر واقع می شود. آزمایشات BOD تخمین واقع بینانه ای از کیفیت اکسیژنی که وارد به آب شده است را فراهم می سازد.

BOD چگونه تعیین می شود

دو بطری از یک آب نهر پر می شوند. میزان DO یکی اندازه گیری می شود، سپس درب بطری دیگر را بسته و داخل همان جریان آب به مدت ۵ روز قرار می گیرد (برای حفظ

¹ Biological Oxygen Demand

شرایط محیطی مثل درجه حرارت ، زمان و نور) بعد از ۵ روز DO ظرف دوم اندازه گیری شده و اختلاف DO ظرف اول و دوم مشخص کننده BOD5 است . درجه حرارت ، نور و زمان عوامل موثر در BOD هستند ، لازم به ذکر است آزمایش حتماً بایستی در درجه حرارت ۲۰ درجه سانتی گراد و در محیط به مدت ۵ روز باشد . [۳۱]

■ آزمایش COD^۱ :

COD یا همان (اکسیژن خواهی شیمیایی)، یکی از مهمترین شاخصهای سنجش آلودگی فاضلاب است. آلودگی فاضلاب ناشی از مواد خارجی است که وارد آب شده و بصورت معلق یا محلول باعث آلودگی آن و تولید فاضلاب شده اند. بدیهی است هرچه مقدار این مواد در فاضلاب بیشتر باشد، بار آلودگی آن نیز بیشتر خواهد بود. بنابراین اندازه گیری مقدار مواد خارجی فاضلاب کلید اصلی در تعیین مقدار آلودگی و آلاینده‌گی فاضلاب است.

از طرفی تنوع و تعداد این مواد به قدری زیاد است که عملاً امکان اندازه گیری هریک از این مواد بصورت جداگانه وجود ندارد. از این رو لازم است که مقدار مواد را به طریقی غیرمستقیم اندازه گیری نمود. یکی از مناسبترین راه ها تعیین میزان اکسیژن مورد نیاز برای اکسیداسیون است. چنانچه می دانیم برای اکسیداسیون هر ماده ای به مقداری اکسیژن نیاز است و از این رو هرچه قدر مقدار مواد اکسیدشونده بیشتر باشد، مقدار اکسیژن بیشتری برای انجام اکسیداسیون لازم خواهد بود.

بنابراین برای تعیین مقدار مواد خارجی فاضلاب به جای اندازه گیری مستقیم آنها، مقدار اکسیژن مورد نیاز آنها برای اکسید شدن را محاسبه می نمایند. در واقع COD مقدار اکسیژن مورد نیاز برای اکسیداسیون کل مواد می باشد. پس بدیهی است که هرچه مقدار COD یک فاضلاب بیشتر باشد مقدار مواد خارجی موجود در آن که باعث آلودگی آن می

¹ Chemical Oxygen Demand

شود نیز بیشتر خواهد بود. [۳۱]

□ آزمایش هدایت الکتریکی EC^۱:

هدایت الکتریکی آب نشان دهنده میزان املاح هادی موجود در آب می‌باشد. واحد هدایت الکتریکی که آن را با EC نیز نمایش می‌دهند 1-ohm یا mho می‌باشد و واحد هدایت الکتریکی ویژه آب $\mu\text{ mho/cm}$ (میکرو موس بر سانتیمتر) که در سیستم SI با $\mu\text{Siemens/cm}$ (میکرو زیمنس بر سانتیمتر) نمایش داده می‌شود. با توجه به این که هدایت الکتریکی رابطه مستقیمی با نمک های محلول در آب دارد، لذا اندازه گیری آن به منظور کنترل کیفیت آب از اهمیت زیادی برخوردار است.

یکی از راه های ساده تعیین غلظت املاح محلول در آب، اندازه گیری هدایت الکتریکی است. آب مقطر یا آب خالص تقریباً هادی جریان الکتریسیته نیست ولی اگر در آب نمک های محلول وجود داشت باشد آب را هادی جریان الکتریسیته می‌کند، هر چه مقدار املاح حل شده در آب بیشتر باشد قابلیت هدایت الکتریکی نیز افزایش می‌یابد؛ به عبادت دیگر مقاومت الکتریکی آن کاهش می‌یابد. با توجه به نقش درجه حرارت در میزان هدایت الکتریکی آب، اندازه گیری ها نسبت به درجه حرارت استاندارد که همان ۲۵ درجه سانتیگراد است بایستی اصلاح گردد. [۳۱]

آب مورد استفاده در آزمایش مقاومت برشی آب لوله کشی دانشگاه صنعتی شاهرود بوده که مقدار PH و EC آن برابر است با :

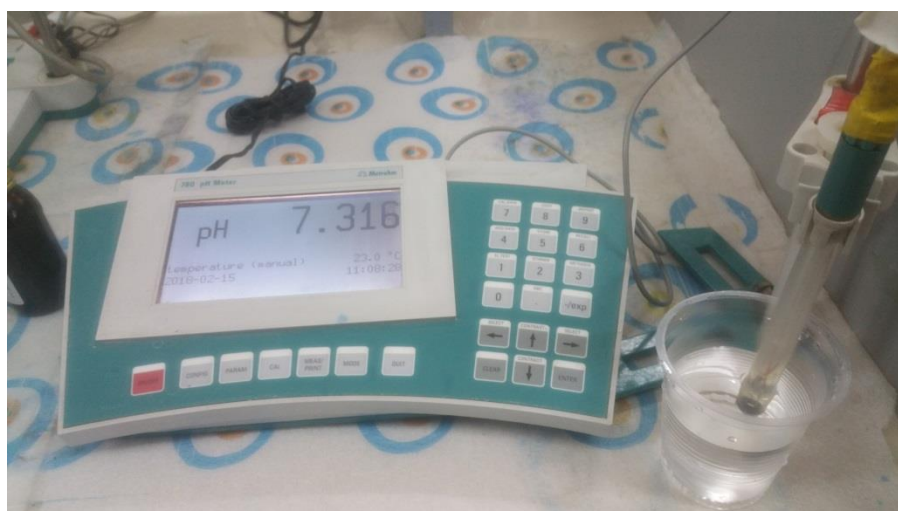
¹ Electrical Conductivity

جدول (۳-۹) : نتیجه آنالیز آب

پارامتر (ppm)	نمونه آب
PH	7.31
EC	0.615



شکل (۳-۱۴) دستگاه هدایت الکتریکی EC



شکل (۳-۱۵) دستگاه تشخیص PH نمونه

جدول (۳-۱۰) نتایج آنالیز شیرابه مدفن زباله جامد شهری شاهرود و همچنین خاک بستر مورد آزمایش

پارامتر (ppm)	نمونه پساب	نمونه خاک
Fe	626.16	---
Mn	12.15	---
Pb	0.54	---
Cr	0.99	---
Cd	0.085	---
BOD	400	---
COD	1780	---
PH	6.13	After 5.25- Before 7.00
EC (ms/cm)	3.68	---
HCO ₃	---	76.25
Cl ⁻	---	532.50
K ⁺	---	96.80

۳-۸- برنامه آزمایش ها

با توجه به استانداردهای ASTM عبارت است از نحوه ساخت نمونه ها ، زمان رطوبت گیری و زمان اعمال بار در حالت اشباع برای بدست آوردن پارامترهای اشباع در تست برش مستقیم و در سایر آزمایش ها نیز نحوه تهیه، و ساخت نمونه ها و روش انجام آزمایش بر اساس استاندارد های قابل قبول نمونه خاک از استاندارد های ASTM استفاده شده است ضمناً آزمایش های شیمیایی بر روی شیرابه و آب نیز از آزمایش های معمول و استاندارد آزمایشگاه شیمی استفاده شده است

۳-۸-۱- پارامترهای مورد بررسی

▣ سربار قائم :

برای بدست آوردن پارامترهای مقاومت برشی در این تحقیق از سربار قائم ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ کیلو پاسکال استفاده شده است

▣ درصد شیرابه:

درصد شیرابه اضافه شده به نمونه خاک به ترتیب برابر 0% ، 30% ، 50% ، 70% و 100% می باشد

۳-۸-۲- نمادها و علائم اختصاری

جدول (۳-۱۱) نمادها و علائم اختصاری

Cu	ضریب یکنواختی
Cc	ضریب دانه بندی
D	قطر ذرات
G_s	چگالی دانه های ذرات خاک
ω	درصد رطوبت
ω_n	درصد رطوبت حدروانی
Cc	شاخص تراکم
PL	حد پلاستیک
LL	حد روانی
IC	نشانه استحکام
PI	نشانه پلاستیک
IL	نشانه روانی
A	عدد فعالیت رس
τ_f	مقاومت برشی
c	چسبندگی
ϕ	زاویه اصطکاک داخلی
σ	تنش قائم
ASTM	American Society for Testing and Materials روش آزمون استاندارد آمریکایی
XRF	X Ray Fluorescence طیف‌سنجی فلورسانس اشعه ایکس

۳-۹- لیست آزمایش ها

جدول (۳-۱۲) آزمایش های انجام شده بر روی نمونه خاک و شیرابه

آزمایش دانه بندی خاک به روش الک و هیدرومتری برای بخش گذرا از الک شماره ۱۰	آزمایشهای شناسایی و طبقه بندی خاک:	آزمایشهای مربوط به خاک محل دفن
آزمایش حدود اتربرگ		
آزمایش تعیین رطوبت بهینه به روش جرمی	آزمایشهای مشخصات فیزیکی خاک	
آزمایش تعیین چگالی ویژه بخش جامد بوسیله پیکنومتر آب		
آزمایش تراکم اصلاح شده	آزمایشهای مشخصات مکانیکی خاک شامل	
آزمایش برش مستقیم استاندارد		
طیفسنجی فلورسانس اشعه ایکس XRF	آزمایش های شناسایی عنصری وآنالیز خاک	
آزمایش درصد اسیدیتته و قلیائیت PH		آزمایشهای مربوط به شیرابه محل دفن
آزمایش های شناسایی عنصری وآنالیز نمونه شیرابه		
ازمایش تعیین قدرت الودگی شیرابه (BOD)		آزمایشهای مربوط به آب آزمایش
آزمایش درصد اسیدیتته و قلیائیت PH		
آزمایش هدایت الکتریکی EC		

در قسمت بعدی این نتایج جمع بندی شده و پیشنهادات ارائه شده است.

فصل ٤:

نتایج و تفسیر آنها

۴-۱- مقدمه

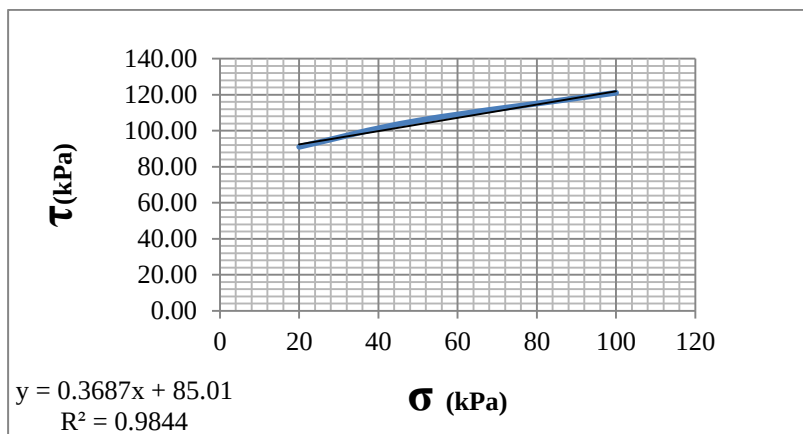
در این فصل به شرح و بررسی روند تغییر پارامترهای مقاومت برشی چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی با افزایش درصد شیرابه و تفسیر نتایج آزمایشهای شیمیایی و تعیین فرآیند اثر افزایش درصد شیرابه با توجه به خصوصیات شیمیایی خاک و شیرابه مرکز دفن شاهرود پرداخته می شود.

۴-۲- نتایج آزمایش های مرجع

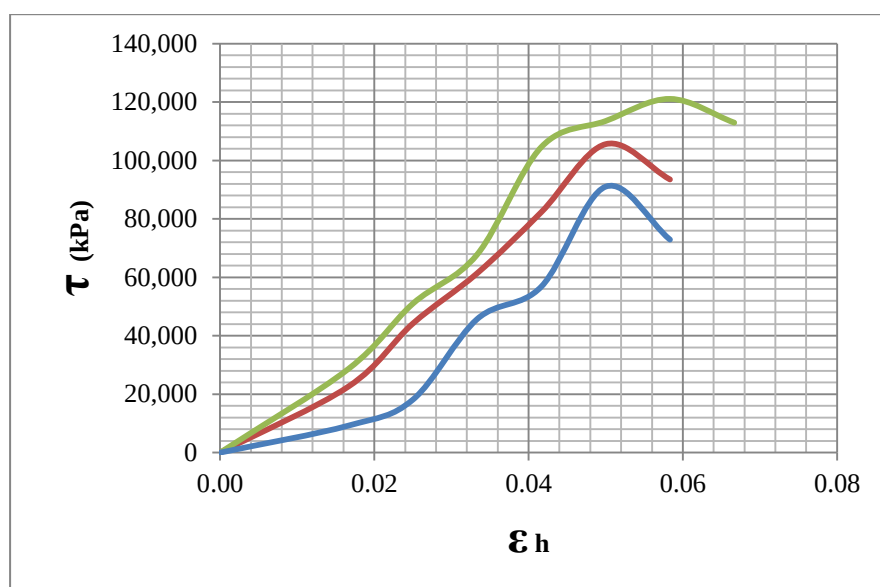
شامل نتایج آزمایش برش مستقیم اشباع شده با ۱۰۰٪ آب و ۰٪ شیرابه با سربارهای مختلف و تحلیل رفتاری نتایج با افزایش سربارهای ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ کیلو پاسکال با ارائه گراف وجداول این بخش، به شرح زیر می باشد.

جدول (۴-۱) : نتایج آزمایش برش مستقیم با ۱۰۰٪ آب و ۰٪ شیرابه

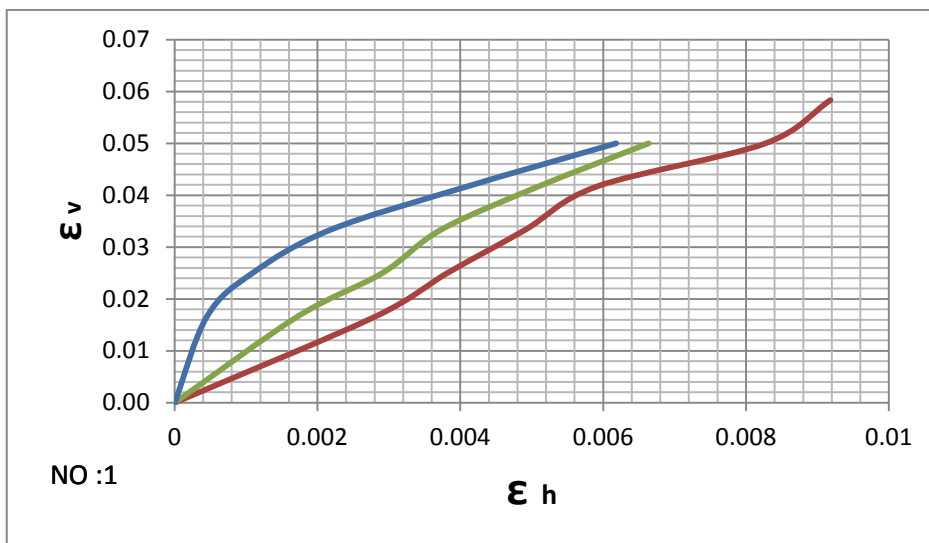
τ (kPa)	σ (kPa)	C (kPa)	ϕ°
91.04	20	85.00	20.23
105.59	50		
121.08	100		



شکل (۴-۱) : نمودار تنش افقی در مقابل تنش قائم (معیار موهر کولمب) با ۱۰۰٪ آب و ۰٪ شیرابه



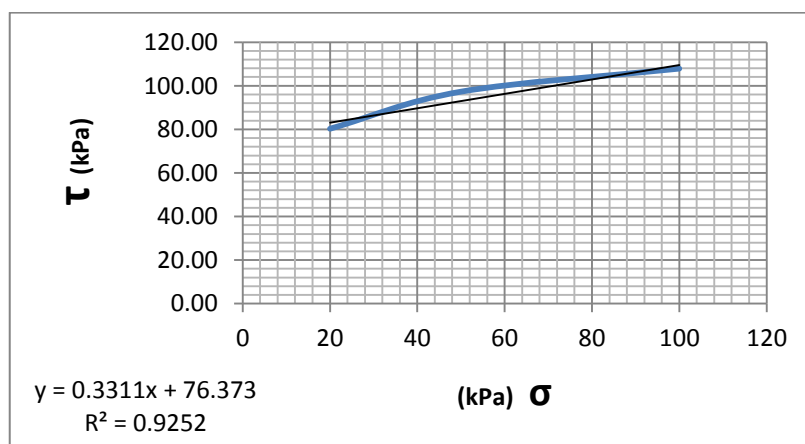
شکل (۴-۲) : نمودار تنش افقی در مقابل کرنش افقی، با ۱۰۰٪ آب و ۰٪ شیرابه



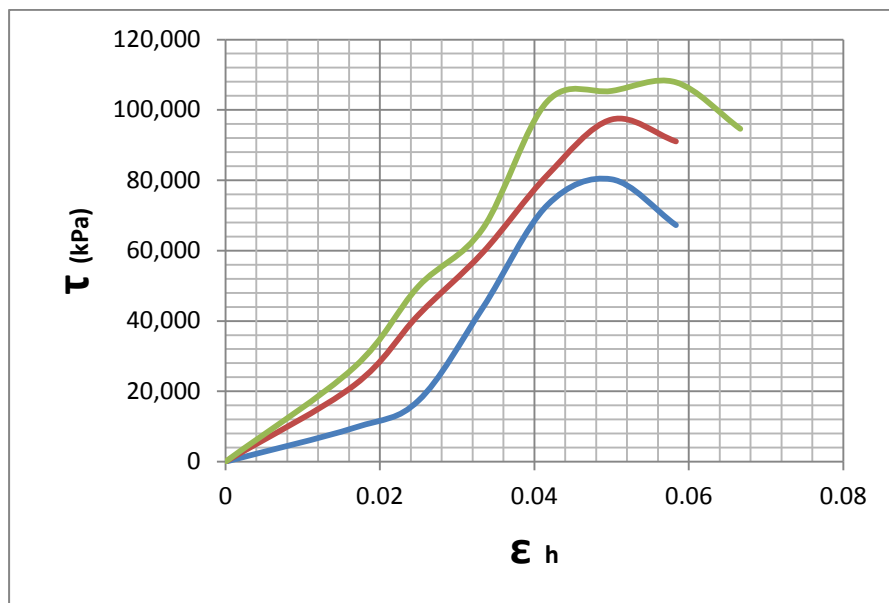
شکل (۳-۴) : نمودار کرنش افقی در مقابل کرنش قائم با ۱۰۰٪ آب و ۰٪ شیرابه

جدول (۲-۴) : نتایج آزمایش برش مستقیم با ۷۰٪ آب و ۳۰٪ شیرابه

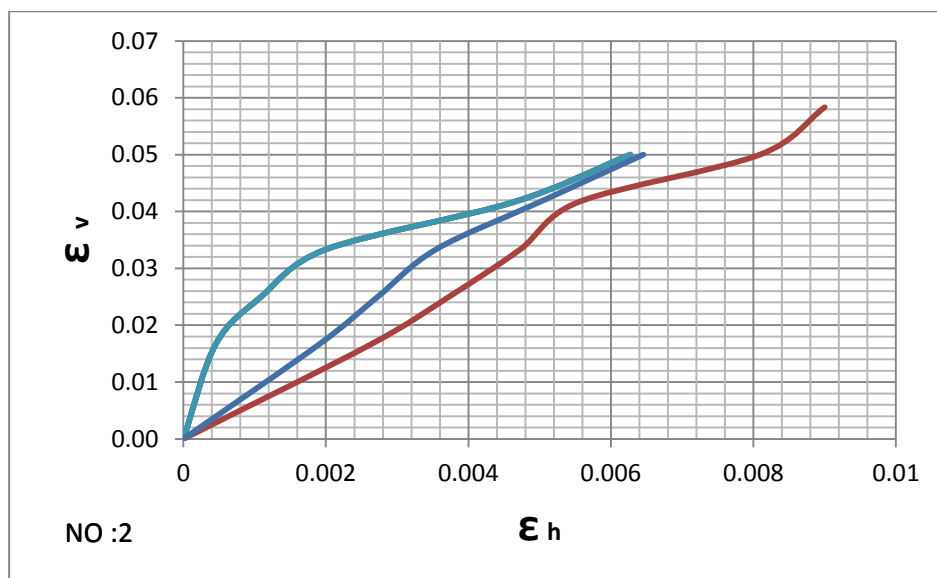
τ (kPa)	σ (kPa)	C (kPa)	ϕ°
80.278	20	76.37	18.32
97.278	50		
107.856	100		



شکل (۴-۴) : نمودار تنش افقی در مقابل تنش قائم (معیار موهر کولمب) با ۷۰٪ آب و ۳۰٪ شیرابه



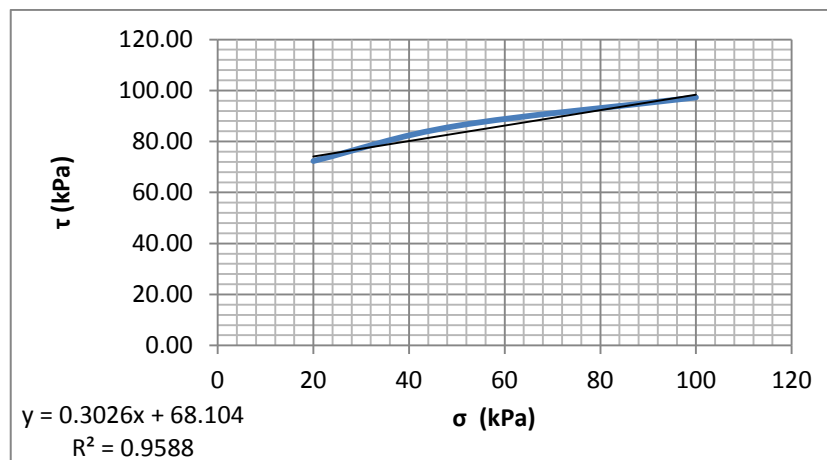
شکل (۴-۵) : نمودار تنش افقی در مقابل کرنش افقی، با ۷۰٪ آب و ۳۰٪ شیرابه



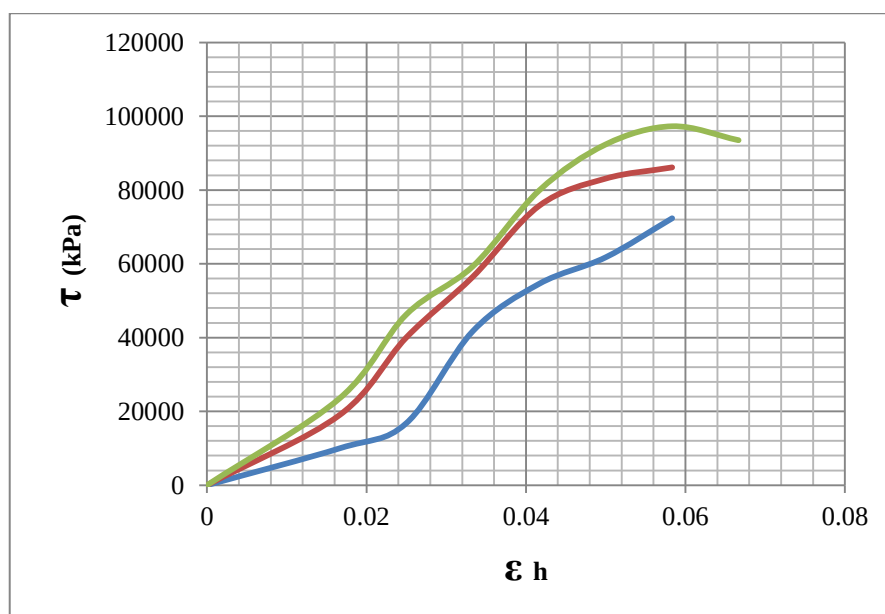
شکل (۴-۶) : نمودار کرنش افقی در مقابل کرنش قائم با ۷۰٪ آب و ۳۰٪ شیرابه

جدول (۴-۳) : نتایج آزمایش برش مستقیم با ۵۰٪ آب و ۵۰٪ شیرابه

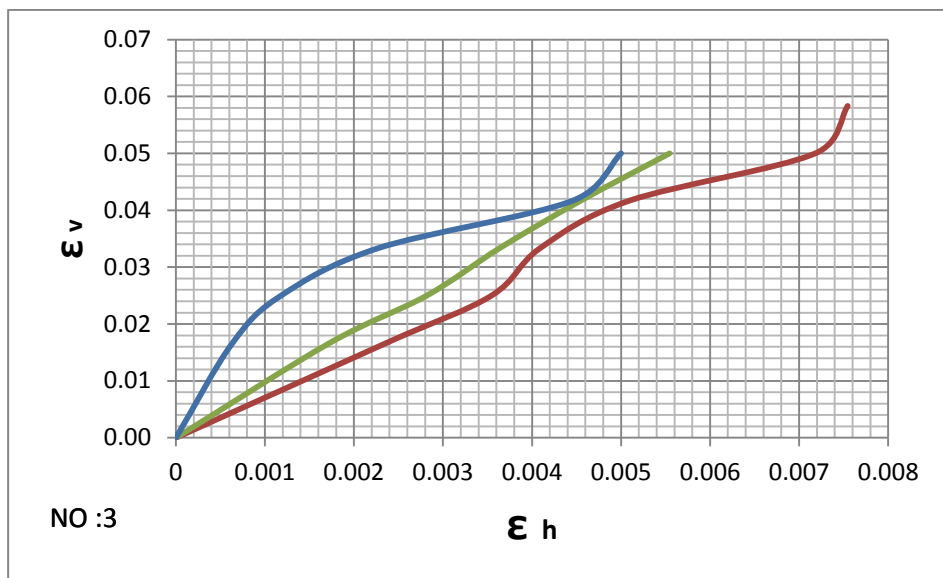
τ (kPa)	σ (kPa)	C (kPa)	ϕ°
72.344	20	68.10	16.84
86.133	50		
97.278	100		



شکل (۷-۴) : نمودار تنش افقی در مقابل تنش قائم (معیار موهر کولمب) با ۵۰٪ آب و ۵۰٪ شیرابه



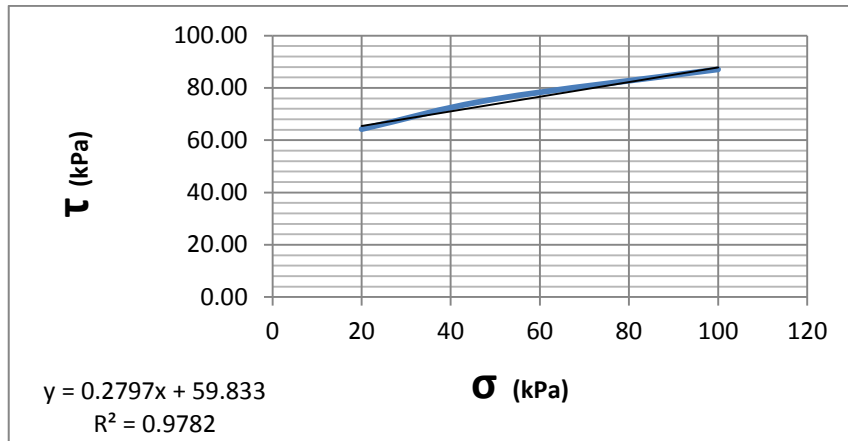
شکل (۸-۴) : نمودار تنش افقی در مقابل کرنش افقی، با ۵۰٪ آب و ۵۰٪ شیرابه



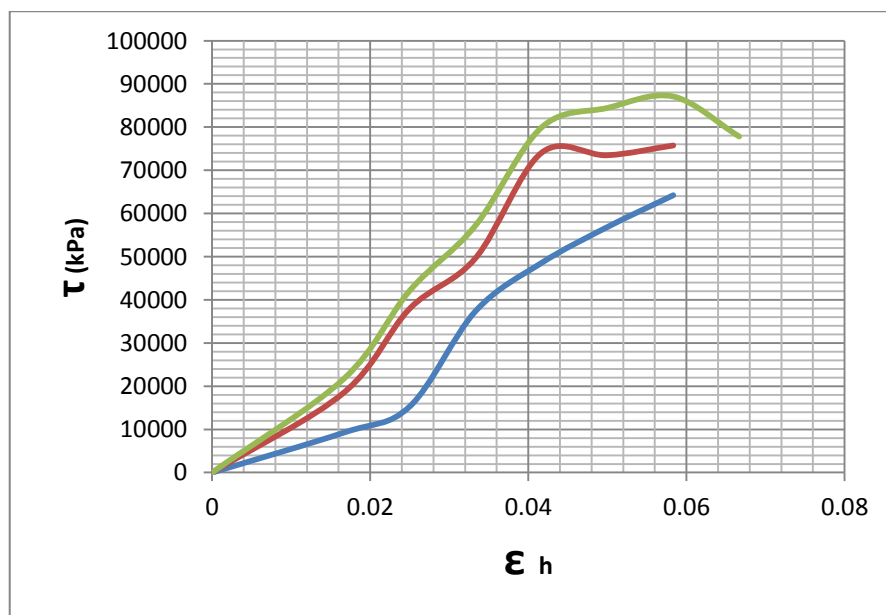
شکل (۴-۹) : نمودار کرنش افقی در مقابل کرنش قائم با ۵۰٪ آب و ۵۰٪ شیرابه

جدول (۴-۴) : نتایج آزمایش برش مستقیم با ۳۰٪ آب و ۷۰٪ شیرابه

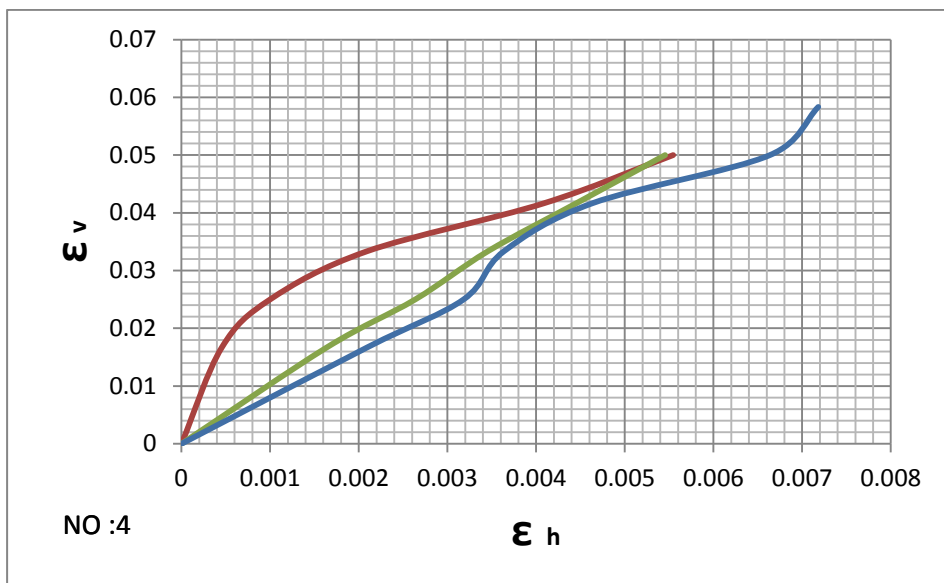
τ (kPa)	σ (kPa)	C (kPa)	ϕ°
64.222	20	59.83	15.62
75.744	50		
87.078	100		



شکل (۴-۱۰) : نمودار تنش افقی در مقابل تنش قائم (معیار موهر کولمب) با ۳۰٪ آب و ۷۰٪ شیرابه



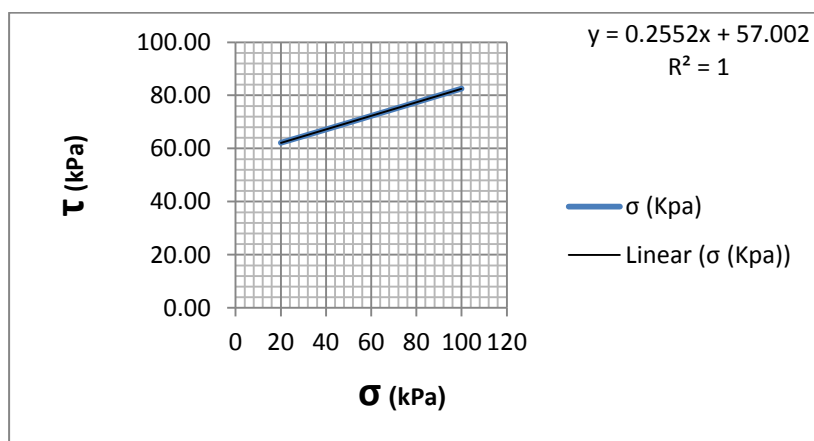
شکل (۴-۱۱) : نمودار تنش افقی در مقابل کرنش افقی ، با ۳۰٪ آب و ۷۰٪ شیرابه



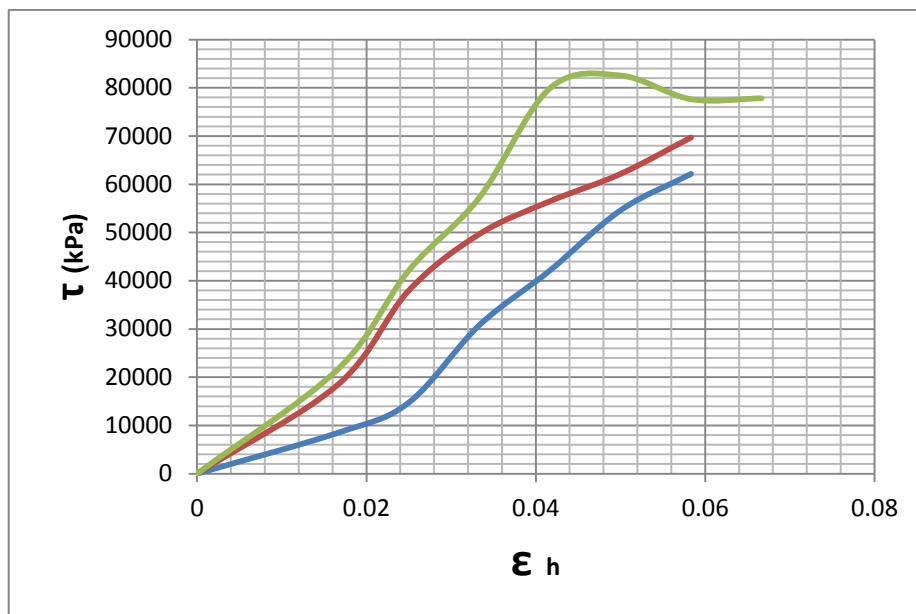
شکل (۴-۱۲) : نمودار کرنش افقی در مقابل کرنش قائم با ۳۰٪ آب و ۷۰٪ شیرابه

جدول (۴-۵) : نتایج آزمایش برش مستقیم با ۱۰۰٪ آب و ۰٪ شیرابه

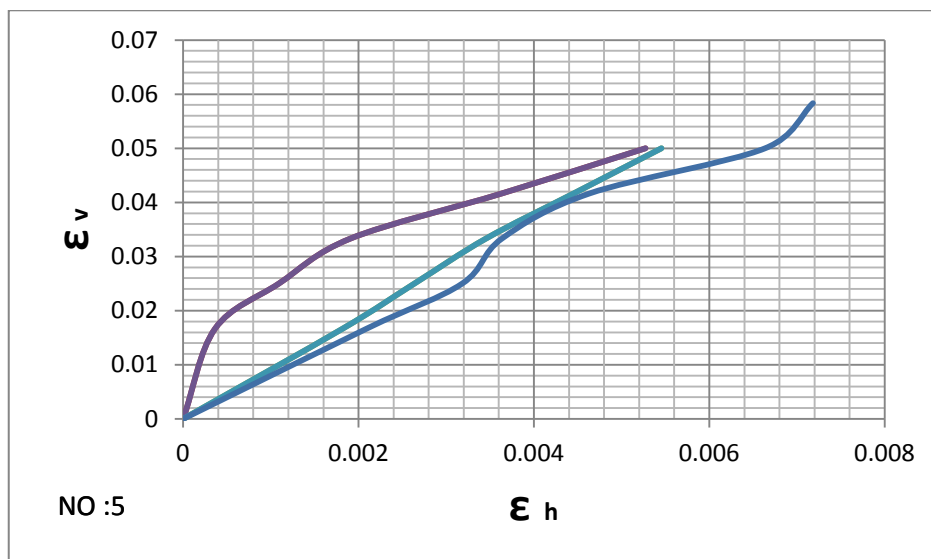
τ (kPa)	σ (kPa)	C (kPa)	ϕ°
62.144	20	57.00	14.32
69.700	50		
82.544	100		



شکل (۴-۱۳) : نمودار تنش افقی در مقابل تنش قائم (معیار موهر کولمب) با ۱۰۰٪ آب و ۰٪ شیرابه

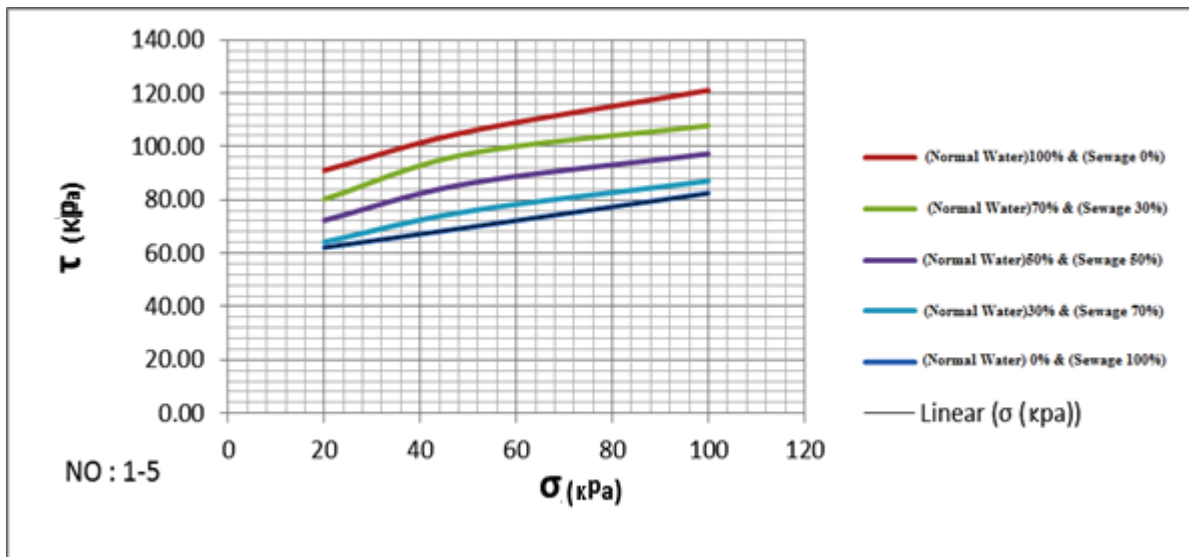


شکل (۴-۱۴): نمودار تنش افقی در مقابل کرنش افقی، با ۰٪ آب و ۱۰۰٪ شیرابه



شکل (۴-۱۵): نمودار کرنش افقی در مقابل کرنش قائم با ۰٪ آب و ۱۰۰٪ شیرابه

۲-۲-۴- پارامترهای مقاومت برشی خاک بستر مرکز دفن



شکل (۴-۱۶) نمودار تنش برشی مقابل تنش قائم برای خاک رس با درصدهای مختلف شیرابه در آزمون برش مستقیم،

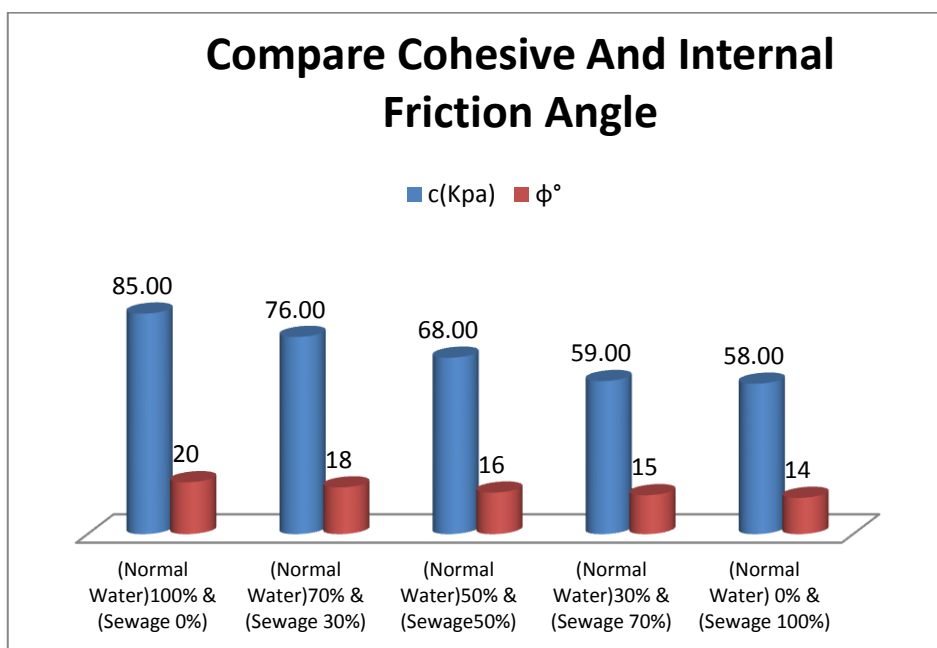
جدول (۴-۶) : نتایج آزمایش برش مستقیم با درصدهای مختلف آب و شیرابه

NO	c(kPa)	ϕ°
(Normal Water)100% & (Sewage) 0%	85.00	20
(Normal Water)70% & (Sewage) 30%	76.00	18
(Normal Water)50% & (Sewage) 50%	68.00	16
(Normal Water)30% & (Sewage) 70%	59.00	15
(Normal Water) 0% & (Sewage) 100%	58.00	14

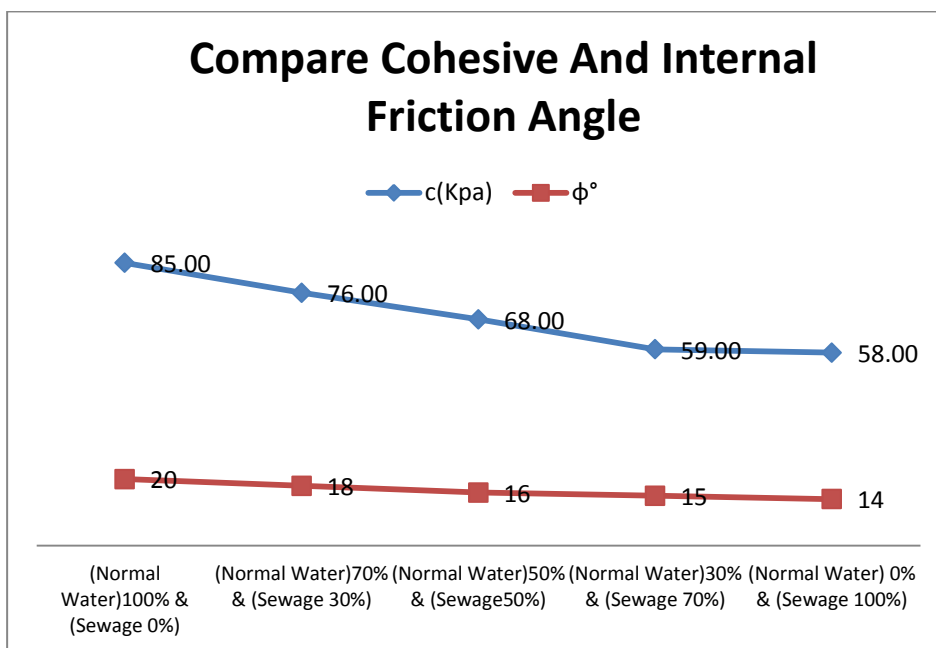
۳-۴- اثر افزایش درصد شیرابه

با توجه به نتایج حاصل از آزمایش برش مستقیم و جدول (۴-۶) روند کاهش مقاومت برشی با توجه به کاهش پارامترهای آن (ϕ و c) به خوبی نمایان می باشد، که بایستی از نفوذ شیرابه به خاک محل دفن با توجه به روشهای معمول جلوگیری کرد .

۴-۳-۱- رفتار تنش کرنش با افزایش درصد شیرابه



شکل (۴-۱۷) رفتار تنش و کرنش با افزایش درصد شیرابه



شکل (۴-۱۸) رفتار تنش و کرنش با افزایش درصد شیرابه

۴-۳-۲- بررسی روند تغییر پارامترهای مقاومت برشی چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی با افزایش درصد شیرابه

همانطوری که از گرافهای شکل (۴-۱۷) و شکل (۴-۱۸) مشاهده می شود با افزایش درصد شیرابه بر خاک محل دفن به تدریج باعث کاهش پارامترهای مقاومت برشی (ϕ و C) می شود که دلیل آن اثر شیرابه بر ساختار شیمیایی خاک محل دفن و همچنین نحوه قرارگیری ذرات رس در کنار یکدیگر، کاهش نیروی جاذبه (واندروالس) و همچنین تغییر در تبادل کاتیونی خاک با شیرابه می باشد.

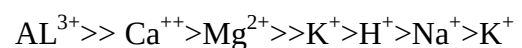
۴-۳-۳- تفسیر منحنی کرنش افقی در مقابل کرنش قائم

با توجه به گراف های موجود نسبت $\frac{\epsilon_v}{\epsilon_H}$ با درصدهای مختلف شیرابه رو به کاهش است،

طبق نمودار و تا نقطه ε_H و ε_V حداکثر در بارگذاری ۲۰ کیلو پاسکال رفتار غیر خطی و در بارگذاری ۵۰ و ۱۰۰ کیلو پاسکال رفتار تقریباً خطی دارند تا پیک منحنی. که می توان نتیجه گرفت که در بارگذاریهای بزرگتر و نتیجتاً اعمال تنش بیشتر رفتار مصالح (نسبت کرنش قائم به افقی) به خطی نزدیکتر می شود.

۴-۳-۴- تفسیر نتایج آزمایشهای شیمیایی و تعیین فرآیند اثر افزایش درصد شیرابه با توجه به خصوصیات شیمیایی خاک و شیرابه مرکز دفن شاهرود

اصولاً ذرات رس کاتیون هایی با اندازه کوچکتر و ظرفیت بیشتر را جذب می نماید که در زیر معمول ترین کاتیون ها که رس نسبت به جذب آن ها میل ترکیبی بیشتری دارد نشان داده شده است. همچنان که مشاهده می شود به طور کلی کانی های رسی کاتیون های H^+ را به کلیه کاتیون های دیگر ترجیح می دهند:



با توجه به ترتیب رابطه فوق بدیهی است که به عنوان مثال Na^+ به راحتی جای خود را به H^+ و یا Ca^{2+} خواهد داد. ولی متقابلاً به راحتی نمی توان کاتیون های H^+ و یا Ca^{2+} را به وسیله Na^+ جایگزین نمود. کاتیون های قابل تعویض شامل H-Ca-Mg-Na-Ka-Al می باشد که میتوان نتیجه گرفت با توجه نتایج آزمایشهای بر روی شیرابه و خاک مورد پژوهش غلظت Al_2O_3 موجود در شیرابه و همچنین K^+ موجود در خاک بیشترین تاثیر را در کاتیون های تعویض پذیر داشته که موجب تغییرات ساختار خاک و همچنین تغییرات در کاهش پارامترهای مقاومت برشی شده است و با توجه به تحقیقات گذشته و مقایسه آن با این تحقیق مشخص گردید که با افزایش شیرابه به خاک مورد نظر PH خاک کاهش پیدا کرده و خاک را به سمت اسیدی بودن میل می دهد که در نتیجه باعث افزایش جذب آهن ،

فسفر ، روی و منگنز بیشتر شده ، همچنین مقدار غلظت شیرابه از آزمایش EC باعث تاثیر گذاری روی PH شیرابه شده که این مورد باعث تغییرات در ساختار خاک و نیروهای بین جاذبه ای گردید که نتیجتاً باعث تغییرات کاهش مقاومت خاک می شود.

همچنین با توجه به اعمال بار قائم و شرایط آماده سازی نمونه ها ، همچنین رعایت استانداردهای آزمایشگاهی و شرایط مساوی از نظر نحوه انجام آزمایش وزمان بارگذاری، همچنین زمان به عمل آوری نمونه ها و صحت سنجی آماری داده های آزمایش طبیعتاً خروجی هر آزمایش با کمترین خطا پذیرفته شده است و اعداد برآزش شده خطی اعلام شده از گراف معیار موهر کولمب دارای ضریب همبستگی (رگرسیون) حدود ۹۰٪ می باشند که نتیجه هرآزمایش قابل قبول می باشد و سیر کاهش پارامترهای چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی صحت سنجی شده است. در این تحقیق ارتباط میان پارامترهای مقاومت برشی با دیگر آزمایشها با استفاده از روابط معمول مکانیک خاک نیز بررسی گردیده است که به صورت مشروح در فصل بعدی آمده است .

۴-۴- جمع بندی و نتیجه گیری

در این تحقیق با توجه به مشخصات فیزیکی خاک و آزمایش های شناسایی انجام شده گرفت و نتایج آزمون مقاومت برشی و پارامترهای مرتبط با آن با درصدهای مختلف شیرابه می توان نتیجه گرفت که رفتار خاک محل دفن زباله ها حاکی از تغییرات اساسی بر پارامترهای مقاومت برشی (ϕ و c) بوده که بشدت روبه کاهش بوده است. دلیل این کاهش تغییر اساسی در ساختار شیمیایی و ساختار مکانیکی خاک می باشد که این تغییر با توجه به کاهش پارامترهای مقاومت برشی (ϕ و c) نشانگر این می باشد که برایندهای

الکتروشیمیایی موجود در خاک حالت دافعه داشته و ساختار خاک را از مجتمع به پراکنده تغییر داده و این تغییر بر اثر دریافت کاتیون های خاک با شیرابه بوده است. همچنین از نتیجه آزمایش های بر روی آب و شیرابه و تست XRF خاک با آنالیز عناصر موجود در خاک و اثرات شیمیایی PH خاک و شیرابه نیز تاثیر بسزایی در تغییر ظرفیت کاتیونی خاک و نهایتاً تغییر در رفتار مقاومتی خاک گردیده است که میتوان نتیجه گرفت اثر شیرابه خالص بر خاک بیشترین کاهش بر پارامتر های مقاومت برشی خاک محل دفن را دارد ، نتایج کلی از این پژوهش بصورت مشروح در فصل بعد (جمع بندی و پیشنهادات) گزارش شده است.

فصل ۵:

جمع‌بندی و پیشنهادها

۵-۱- مقدمه

در این تحقیق ابتدا با توجه به نیاز سنجی تحقیق وعدم تکراری بودن آن که در فصل دوم به آن اشاره گردید از خاک و شیرابه محل دفن با استفاده از استانداردهای آزمایشگاهی نمونه برداری شده سپس آزمایشهای مختلف (شناسایی، فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی) بر روی خاک و شیرابه انجام شد و سپس با استفاده از روابط مکانیک خاک، ریاضیات و آمار نتایج داده ها صحت سنجی گردید. و نتایج به صورت جداول و گراف ارائه گردید.

۵-۱-۱- آزمایشهای مربوط به خاک محل دفن شامل :

- الف) آزمایشهای شناسایی و طبقه بندی خاک: (دانه بندی روش الک وهیدرومتری، تعیین حد روانی و خمیری ورده بندی خاک از روش متحد)
- ب) آزمایشهای مشخصات فیزیکی خاک: (تعیین میزان رطوبت و چگالی ویژه)
- ج) آزمایشهای مشخصات مکانیکی خاک شامل: (تراکم استاندارد و برش مستقیم)
- د) آزمایش های شناسایی عنصری و آنالیز خاک: (XRF)

۵-۱-۲- آزمایشهای مربوط به شیرابه محل دفن شامل :

- آلف) آزمایش های شناسایی عنصری و آنالیز نمونه شیرابه:
- ب) آزمایش تعیین قدرت الودگی شیرابه : (BOD)
- ج) آزمایش : (PH)

۵-۱-۳- آزمایشهای مربوط به آب شامل :

الف) آزمایش : (PH)

در قسمت بعدی این نتایج جمع بندی شده و پیشنهادات ارائه شده است.

۵-۲- محتوا

الف : تحلیل نتایج آزمون برش مستقیم:

ب : تحلیل نتایج بدست آمده از سایر آزمایشها با توجه به ارتباط و همبستگی آنها و ارزیابی آن با پارامترهای مقاومت برشی (ϕ و c) با استفاده از روابط ارائه شده مکانیک خاک و روابط تجربی:

به ترتیب شامل موارد زیر است:

۵-۲-۱- جمع بندی

□ تحلیل نتایج آزمون برش مستقیم:

- با افزایش شیرابه در خاک محل دفن باعث کاهش پارامتر چسبندگی (c) می شود که این مورد باعث کم شدن ظرفیت باربری خاک می شود.
- با افزایش شیرابه در خاک محل دفن باعث کاهش پارامتر اصطکاک داخلی (ϕ) می شود که این مورد نیز باعث کم شدن ظرفیت باربری خاک می شود.

چنانچه خاک محل دفن به ۱۰۰٪ شیرابه آلوده گردد بیشترین کاهش پارامترهای مقاومت برشی (ϕ و c) خاک و نهایتاً کمترین ظرفیت باربری خاک (q) را داریم.

■ تحلیل نتایج بدست آمده از سایر آزمایشها با توجه به ارتباط و همبستگی آنها وارزیابی آن با پارامترهای مقاومت برشی (ϕ و c) با استفاده از روابط ارائه شده مکانیک خاک و روابط تجربی:

- با توجه به نشانه روانی خاک (I_L) ، خاک محل در آستانه خمیری می باشد و با توجه به نشانه استحکام (I_C) قوام و سفتی چندانی ندارد. که موارد فوق نیز تاثیر گذار ی شیرابه بر خاک مورد نظر و نهایتاً بر پارامترهای مقاومت برشی را بایستی در نظر داشت.

- از تست XRF خاک و آنالیز عناصر موجود در خاک که بیشترین مقدار آن عناصر سیلیس حدود ۳۶ درصد و آهک ۱۷ درصد و اکسید آلومینیوم حدود ۱۰ درصد بوده است ، تاثیر بسزایی در تغییر ظرفیت کاتیونی خاک داشته است و نهایتاً باعث تغییر در رفتار مقاومت برشی خاک و کاهش آن گردیده است.

- همچنین اثرات شیمیایی PH خاک و شیرابه نیز تاثیر بسزایی در تبادل کاتیونی خاک داشته است که باعث کاهش پارامترهای مقاومت برشی شده است.

۵-۲-۲- نوآوری

بررسی و صحت سنجی آزمایشها با توجه به استانداردهای معمول و قابل قبول همچنین استفاده از روابط معمول در مکانیک خاک ، ریاضیات و آماری داده ها که در تحقیق های گذشته اشاره ای مبنی بر روشهای آماری (رگرسیون و ضریب همبستگی داده ها) نشده

بود. برای بررسی اماری داده ها از فصل اول کتاب Geotechnical Laboratory

Measurements for Engineers استفاده شده است. [۳۲]

۵-۲-۳- پیشنهادها

با توجه به نتایج بدست آمده از آزمایش برش مستقیم و کاهش پارامترهای این آزمایش (ϕ و C) که علت اصلی آن نفوذ شیرابه در خاک محل دفن و تغییرات اساسی در ساختمان خاک و عوامل شرح داده شده گردید، پیشنهاد می شود آزمایش نودپذیری نیز بر خاک محل دفن نیز انجام شود. همچنین اثر شیرابه را با آزمایش هایی نظیر حدود اتر برگ ، تست تراکم و تحکیم یک بعدی برای ارزیابی بهتر این تحقیق نیز انجام داد. برای جلوگیری از اثرات شیرابه بر محیط زیست لزوماً بایستی از نفوذ شیرابه بر خاک محل دفن (لند فیل)^۱ با استفاده از استاندارد های طراحی و روشهای اجرای مناسب جلوگیری بعمل آید تا کمترین مخاطرات زیست محیطی ناشی از نفوذ بر خاک و رسیدن این مواد سمی و خطرناک بر سفره های آب زیر زمینی فراهم آید.

¹ Landfills

مراجع

- [۱] محمد امین شقایق، عبد الرضا کریمی، (۱۳۹۵) " پارامترهای موثر بر کمیت و کیفیت شیرابه تولید شده در لندفیل های پسماند شهری " هشتمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست.
- [۲] عمرانی قاسم علی، (۱۳۷۷) "کتاب جامع بهداشت عمومی " فصل چهارم، گفتار چهارم، دانشگاه علوم پزشکی تهران، ص ۳۰۷.
- [۳] عبدلی م ، مجلسی م، (۱۳۷۰)، "مدیریت مواد زاید جامد، اصول مهندسی و مباحث مدیریتی"، شهرداری تهران، سازمان بازیافت و تبدیل مواد، ص ۸۲۷.
- [۴] عزیزی م، صیامی م، (۱۳۹۲) " بررسی آلودگی آبهای زیرزمینی بر اثر انتقال شیرابه تولیدی در دفنگاه زباله با استفاده از مدل ریاضی تفاضلات محدود در محیط GMS"، پنجمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران ، تهران، انجمن علوم و مهندسی منابع آب ایران، دانشگاه شهید بهشتی.
- [5] Braja M. Das, (2010) "Principles of Geotechnical Engineering 7ed", Cengage Learning.
- [6] Krishna R Reddy . B Munwarbasha, (2014) " Slope stability Of Waste and Landfills: State-Of-The-Art and Future Challenges"
- [۷] شوش پاشا، بشیری ، پایان نامه ارشد : " تاثیر شیرابه های زباله بر پارامترهای مکانیکی خاک " ، دانشکده عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل.
- [۸] بهزاد عسکری لاسکی ، میرعبدالحمید مهرداد ، (۱۳۹۲) " بررسی تأثیر نفوذ شیرابه زباله های شهری بر مقاومت برشی خاک رس " اولین کنفرانس ملی مهندسی ژئوتکنیک ایران ، دانشگاه محقق اردبیلی.
- [۹] فاطمه کاظمی، داریوش یوسفی کبریا، عیسی شوش پاشا، (۱۳۹۳) " بررسی تأثیر نفوذ شیرابه بر روی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک محل دفن زباله " هشتمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران ، بابل .
- [۱۰] سعید شاورستانی ، فضل اله سلطانی ، جابر شهیری ، (۱۳۹۲) " ویژگی های مقاومت برشی و شیمیای خاک های سرخ آلوده به شیرابه " دومین کنفرانس ملی مکانیک خاک و مهندسی دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی قم.
- [۱۱] امیر حسین محوی، علی اکبر رودباری، (۱۳۸۹) " محاسبه مقدار انتشار گاز متان از مرکز دفن بهداشتی زباله شهر شاهرود با استفاده از برنامه LANDGEM " پنجمین همایش ملی مدیریت پسماند ، مشهد، سازمان شهرداریها و دهرداریهای کشور .
- [۱۲] نبی زاده، ر، (۱۳۷۸)، رهنمودهای کیفی آب آشامیدنی، ص ۱۱۶-۱۱۹، انتشارات نص.
- [۱۳] یوسفی کبریا، د. درویشی، غ. تقی زاده خلیلی، م. شوش پاشا، ع. (۱۳۹۰)، "تأثیر نفوذ شیرابه بر روی خاکت های محل دفن زباله"، پنجمین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران، دانشگاه تهران، دانشکده محیط زیست.
- [14] Amalund, B., (2004). "Design of landfill and integrated solid waste management." TOHN Willex.

- [15] H.Khan, Iqbal., Ahsan, Naved., Text book of Solid Waste Management, CBS Publishers & Distributors 2003
- [۱۶] محمدی گلرنگ، آ. حسینی، س. دوستدارسی، (۱۳۸۹) "اثرات شیرابه دفنگاه سراوان"، ص ۴، چهارمین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست .
- [۱۷] اقلی، ح. لیاقت، ع. میراب زاده، (۱۳۸۱) ، "تغییرات میزان مواد آلی خاک در نتیجه آبیاری با فاضلاب های خانگی و خود پالایی آن " مجله آب و فاضلاب، شماره ۴۲، صفحات ۱۱-۲ .
- [۱۸] قنبری، علی، (۱۳۸۸)، "کاوشهای صحرایی در مهندسی ژئو تکنیک"، نشر پژوهشی نوآوران شریف.
- [۱۹] رحیمی، حسن، (۱۳۹۲)، "مهندسی ژئوتکنیک"، انتشارات دانشگاه تهران.
- [۲۰] موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، " روش نمونه گیری از پس آبهای صنعتی"، شماره استاندارد ۲۴۴۰، چاپ اول .
- [21] ASTM D: 2216, " Standard Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil, Rock, and Soil-Aggregate Mixtures".
- [22] ASTM D: 854, " Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer".
- [23] National Highway" Institute Subsurface Investigations", (Publication No. FHWA HI-97-021)
- [24] ASTM D: 422, " Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soil".
- [25] ASTM D: 2487, " Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)".
- [26] ASTM D: 3418, " Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils".
- [27] ASTM D: 1557, " Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12,400 ft-lbf/ft³(600 kN-m/m³))".
- [۲۸] باشگاه دانشجویان پیام نور ، <http://forum.pnu-club.com/65752>
- [۲۹] سایت علمی دانشجویان ایران ، <http://www.daneshju.ir/forum/showthread.php?t=153485>
- [۳۰] معصومه براتی، مرجع دانشجویان و مهندسين مواد <http://iran-mavad.com>
- [۳۱] کلینیک تصفیه آب صنعتی ایران (گروه مهندسی تصفیه پساب صنعتی) <http://ind.clinicab.ir>
- [32] John T. Germaine amy V, (2009) " Geotechnical Laboratory Measurements for Engineers"

پیوست‌ها

نتیجه‌ی آنالیز یک نمونه پساب و خاک ارسالی، به شرح زیر است.

پارامتر (ppm)	نمونه پساب	نمونه خاک
pH	۶/۱۳	
EC(ms/cm)	۳/۶۸	
Fe	۶۲۶/۱۶	---
Mn	۱۲/۱۵	---
Pb	۰/۵۴	---
Cr	۰/۹۹	---
Cd	۰/۰۸۵	---
BOD	۴۰۰	---
COD	۱۷۸۰	---
HCO _۳ ⁻	---	۷۶/۲۵
Cl ⁻	---	۵۳۲/۵۰
K ⁺	---	۹۶/۸۰

تذکر: آنالیز فوق، بنا به درخواست متقاضی و بر روی نمونه تحویلی انجام شده و این پارک در قبال چگونگی استفاده از نتایج آن، هیچ گونه مسوولیتی ندارد.

محبوبه کیمیایی

سحر خوش آبادی
کارشناس اداره خدمات فنی و تخصصی

حسن دانشی نژاد
مدیر فنی آزمایشگاه

نشانی: شاهرود، بلوار دانشگاه، پارک علم و فناوری استان سمنان | تلفن: ۰۲۳-۳۲۳۰۰۲۷۵-۹ | شماره: ۰۲۳-۳۲۳۰۰۲۸۰ | ایمیل: info@sstp.ir

Semnan Science and Technology Park
University Blvd.
P.O.Box: 36155-851
Shahrood, IRAN.
Tel: (+98) 23 323 00275-9
Fax: (+98) 23 323 00280
www.sstp.ir

Member Of
IASP
International Association
of Science Parks

TÜV
INTERCERT
SAAR
ISO 9001:2008
ISO9001:2008

شماره: 5/9710017
تاریخ: 97/12/18
پیوست:

باسمه تعالی
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
پارک علم و فناوری استان سمنان



SSTP

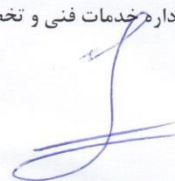
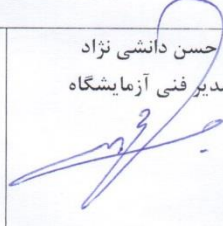
جناب آقای کریمیان

با سلام و احترام؛

نتیجه آنالیز درخواستی نمونه ارسالی (تعیین درصد وزنی اکسید عناصر در ترکیب نمونه توسط دستگاه XRF، مدل دستگاه: Bruker axs-S EXPLORER) به شرح زیر است.

درصد وزنی عناصر نمونه	اکسید عناصر	درصد وزنی عناصر نمونه	اکسید عناصر	درصد وزنی عناصر نمونه	اکسید عناصر
9/805	Al ₂ O ₃	0/121	P ₂ O ₅	10/570	SO ₂
36/341	SiO ₂	2/084	K ₂ O	1/530	MgO
0/141	Cl	4/399	Fe ₂ O ₃	0/554	Na ₂ O
0/064	MnO	17/113	CaO	0/037	SrO
16/565	L.O.I(1000 hrs)	0/023	ZrO ₂	0/007	Rb ₂ O
		0/633	TiO ₂	0/012	ZnO

تذکر: آنالیز فوق، بنا به درخواست متقاضی و بر روی نمونه تحویلی انجام شده و این پارک در قبال چگونگی استفاده از نتایج آن، هیچ گونه مسئولیتی ندارد.

محبوبه کیمیایی معاون فناوری و نوآوری  	سحر خوش آبادی کارشناس اداره خدمات فنی و تخصصی 	حسن دانشی نژاد مدیر فنی آزمایشگاه 
---	--	--

نشانی: شاهرود، بلوار دانشگاه، پارک علم و فناوری استان سمنان | تلفن: ۰۲۳-۳۲۳۰۰۲۷۵-۹ | فاکس: ۰۲۳-۳۲۳۰۰۲۸۰ | ایمیل: info@sstp.ir

Semnan Science and Technology Park
University Blvd.
P.O.Box: 36155-851
Shahrood, IRAN.
Tel: (+98) 23 323 00275-9
Fax: (+98) 23 323 00280
www.sstp.ir

Member Of
IASP
International Association
of Science Parks

TUV
INTER CERT
SAAR
ISO 9001:2008

Abstract:

Considering the urbanization and population development and the increase in municipal waste production, the design of a healthy and economical landfill for municipal waste is one of the basic needs of human societies. Considering the important issue of land selection, landfill is one of the basic parameters of landfill design. Due to the low permeability of clay, this can be the best choice from the permeability visibility, but due to the significant changes in the effect of Sewage on Clay and reducing the shear strength, and finally reducing the final strength of the desired soil. In this Research, in addition to investigating physical, and chemical tests on soil and water, the effect of Sewage on the shear strength parameters of the landfill site of Shahrood urban society has been investigated. With different experiments (and with different percentages of Sewage), the cohesive and internal friction angle parameters were significantly reduced.

Keywords: Urban Waste - Sewage - Shear Strength Parameters - Clay Soil - Soil Pollution



Shahrood University of Technology
Faculty Kharazmis Pardis
Civil Engineering Group

**Effect of sewage municipal solid landfill in shahrood on
shear strength parameters and permeability**
Degree of Master of Science in shahrood university

By:
Saeid karimian

Supervisor:
Dr. Mohsen Keramati

February 2018