

بررسی اثر گازوئیل بر روی خواص ژئوتکنیکی خاکهای سیلتی

مسعود عامل سخی*^۱، افسانه نجف پور^۲، سید محمد هادی مشکوه السادات^۳

۱- گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه صنعتی قم، قم، ایران، mamelsakhi@yahoo.com

۲- گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه صنعتی قم، قم، ایران

۳- گروه شیمی، دانشگاه صنعتی قم، قم، ایران

چکیده

امروزه محیط زیست با آلودگی‌های مختلفی رو به رو می‌شود که آلودگی با نفت و مشتقات نفتی از قبیل بنزین و گازوئیل یکی از خطرناک‌ترین آنها است. مواد شیمیایی آلی، پایه و اساس صنایع بسیاری مانند پالایش سوخت، مجتمع‌های پتروشیمی، سموم دفع آفات و مواد شوینده است. استفاده نادرست از مواد شیمیایی آلی می‌تواند خسارات جبران ناپذیری به محیط زیست وارد کند که باعث نگرانی روز افزون کشورهای مختلف شده است. علاوه بر تأثیرات مخرب زیست محیطی مانند آلودگی آبهای زیرزمینی و آب دریاها، باعث تغییراتی در خصوصیات ژئوتکنیکی خاک میشود که در خاکهای چسبیده با تغییر در بافت و ساختار کلی خاک نمود پیدا میکند. در این پژوهش به بررسی آزمایشگاهی خصوصیات ژئوتکنیکی خاک سیلتی آلوده به درصد‌های مختلف گازوئیل (۵، ۱۰، ۱۵٪) با انجام آزمایشهای حدود آتربرگ (تعیین حد روانی و تعیین حد خمیری)، مقاومت فشاری تک محوری، برش مستقیم و آزمایش تراکم پرداخته شده است. نتایج بدست آمده از این تحقیق، نشان دهنده کاهش ۲۷ درصدی حد روانی و کاهش ۴۸ درصدی حد خمیری با افزایش میزان آلودگی خاک با گازوئیل می‌باشد. همچنین روند کاهش در پارامترهای مقاومت برشی خاک سیلتی آلوده به درصد‌های مختلف گازوئیل مشاهده شد. نتایج هر دو آزمایشهای برش مستقیم و مقاومت برشی تک محوری با روند مشابه، کاهش مقاومت برشی خاک آلوده را نشان داده‌اند.

کلمات کلیدی

آلودگی نفتی، گازوئیل، پارامترهای ژئوتکنیکی، خاک سیلتی.

امروزه انسان برای دستیابی به اهداف و منافع خود به طبیعت آسیب میزند که در اثر این فعالیت ها نه تنها هوا و آب، بلکه خاک نیز آلوده میشود. آلوده شدن زمین علاوه بر آلودگی سفره‌های آب زیرزمینی و به خطر انداختن زندگی افراد جامعه و اکوسیستم حول نواحی آلوده، باعث تغییراتی در وضعیت سازه‌های واقع بر روی خاک میشود. مواد شیمیایی آلی پایه و اساس صنایع بسیاری همچون پالایش سوخت، مجتمع‌های پتروشیمی، سموم دفع آفات و مواد شوینده است. استفاده نادرست از مواد شیمیایی آلی می‌تواند خسارات جبران ناپذیری به محیط زیست وارد کند که باعث نگرانی روزافزون شده است. بسیاری از این ترکیبات (به عنوان مثال، سوخت‌هایی مانند بنزین و گازوئیل) در اثر استفاده یا ذخیره نادرست نفتی به روش‌های مختلفی مانند استخراج و حمل و نقل روغن، نشت از مخازن ذخیره شده و خطوط لوله انتقال باعث آلوده شدن خاک و آب میشوند. تا به امروز به منظور مطالعه تغییرات ژئوتکنیکی خاکهای آلوده به نفت و مشتقات نفتی و استفاده مجدد از آنها، تحقیقات مختلفی صورت گرفته است. از جمله مهمترین مشکلات پیش روی مهندسين، کاهش مقاومت برشی خاک در اثر آلودگی و همچنین تغییرات عمده بر روی خواص ژئوتکنیکی آنها بوده است، از این رو شناسایی آلاینده‌ها و بررسی تاثیرات کلی و جزئی روی خواص ژئوتکنیکی خاک برای اهداف مهندسی و زیست محیطی بسیار حائز اهمیت میباشد.

بررسی تأثیر آلودگی انواع خاک به نفت خام، از سال ۱۹۹۲ تاکنون توسط محققین مختلف انجام گرفته است. در این پژوهشها خاک با درصد‌های مختلف وزنی (نسبت وزن نفت به وزن خاک خشک) با نفت مخلوط شده پس از گذشت زمانی از یک هفته تا یک ماه، مورد آزمایش قرار گرفته است. انواع خاک‌های دانه‌ای و رسی، آلودگی و نفت‌های با مشخصات متفاوت (از جمله لزجت و وزن مخصوص) و پارامترهای مختلف آزمایش شده‌اند.

ماشالله خامه‌چیان و همکاران در سال ۲۰۰۷ [1] آزمایشاتی به جهت بررسی اثرات آلودگی نفت خام بر روی خاک‌های رسی و ماسه‌ای انجام دادند. نمونه‌ها برای این آزمایش مشترک از ۱۴ ایستگاه نمونه برداری از طریق سواحل از عمق‌های ۰-۱۰ و ۱۰-۲۰ و ۲۰-۳۰ سانتی متر انجام شد. تجزیه و تحلیل غربال بر روی نمونه‌های خاک انجام شد. تجزیه و تحلیل خاک با استفاده از اشعه ایکس (XRD) و اشعه ایکس فلورسانس (XRF) برای تعیین کانی شناسی و شناخت ترکیب شیمیایی خاک‌ها صورت گرفتند و نتایج پژوهش حاکی از ارتباط مستقیم آلودگی روغن با زاویه اصطکاک داخلی ϕ خاک CL و رابطه غیر مستقیم آلودگی روغن با زاویه اصطکاک داخلی ϕ خاک SP (ماسه ضعیف دانه بندی شده) و SM (ماسه سیلتی) میباشد. همچنین محققین گزارش دادند که به طور کلی، آلودگی روغن باعث کاهش نفوذپذیری و مقاومت برشی خاک می‌شود و همچنین با افزایش درصد مقادیر روغن در خاک، مقدار چسبندگی به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد که این کاهش در درصد‌های اولیه مقدار چشمگیرتری میباشد.

صافحیان و همکاران در سال ۲۰۱۸ [2] آزمایشاتی بر روی خاک رس ایلین انجام دادند که با مقادیر مختلف دیزل (۰ تا ۲۰٪) با وزن خشک خاک آلوده شده بود. در این مقاله، ویژگی‌های ژئوتکنیکی نمونه‌های ایلین تمیز و آلوده به ترتیب شامل مشخصات تراکمی، تراکم پذیری، پارامترهای مقاومت برشی و مقاومت فشاری تک محوری به ترتیب از طریق تراکم، تحکیم، برش مستقیم و مقاومت فشاری محدود نشده مورد ارزیابی قرار گرفت. نمونه‌ها به صورت دستی آلوده شدند و به منظور جلوگیری از تبخیر مایع، آب و دیزل در یک کیسه

پلاستیکی بسته شده روی خاک اسپری شدند. سپس نمونه‌ها به صورت دستی مخلوط شدند. نتایج این مطالعه نشان‌دهنده کاهش در حداکثر چگالی خشک و افزایش مقدار مایع بهینه در حضور گازوییل است. تراکم پذیری خاک وقتی که در معرض سیال آلی قرار گرفت افزایش یافت. افزودن مقادیر دیزل، چسبندگی، زاویه اصطکاک داخلی و مقاومت فشاری تک محوری خاک را کاهش می‌دهد. اضافه کردن دیزل به ایلیت منجر به افزایش ضریب فشرده سازی (CC) می‌شود و همچنین باعث تحکیم ایلیت می‌شود.

اشرف نظیر^۱ در سال ۲۰۱۱ [3] با بررسی اثرات روغن موتور بر روی خواص ژئوتکنیکی خاک رس تحکیم یافته به این نتیجه رسید که آلودگی روغن باعث کاهش قابل توجهی در تنش فشاری نامحور خاک می‌شود که در مقایسه با مقدار طبیعی خاک، کاهش حدود ۳۸٪ دارد. همچنین کاهش چشمگیر در هر دو حد روانی و خمیری را نشان داد که با افزایش مدت زمان آلودگی روغن تا حدود ۳ ماه ادامه دارد و پس از آن، ثابت می‌ماند، زیرا خاک رسی به دلیل کاهش ضخامت لایه دوگانه، ساختار را حفظ می‌کند. همچنین سلطانی-جیغه و همکاران [4] و پوری [5] پارامترهای ژئوتکنیکی ماسه های آلوده به روغن را مورد مطالعه قرار دادند و نتیجه گرفتند که زاویه اصطکاک مقاومت و مقاومت برشی ماسه به طور منفی تحت تأثیر محتوای روغن قرار می‌گیرد.

کرمانی در سال ۲۰۱۲ [6] آزمایشاتی در زمینه آلودگی خاک به نفت خام و تأثیر آلودگی بر خصوصیات ژئوتکنیکی خاک، بر روی خاکهای ماسه ای انجام دادند. با استفاده از آزمایشهای تراکم، مقاومت برشی، نفوذ پذیری و حدود آتربرگ نتایج زیر حاصل شد: کاهش سطح ویژه، افزایش وزن خشک مخصوص حداکثر، افزایش نفوذ پذیری و کاهش مقاومت برشی. در پژوهشی که توسط خسروی و همکاران در سال ۲۰۱۳ [7] انجام شد مجموعه ای از آزمایشهای تحکیم بر روی نمونه‌های کائولونیت و مخلوطی از کائولونیت و بنتونیت با پلاستیسیته بالا و پایین انجام شد و نتایج زیر حاصل شد: شاخص تراکم پذیری CC با افزایش غلظت مواد آلی افزایش می‌یابد. با افزایش غلظت مایع آلی روند افزایشی در فشار پیش تحکیمی ایجاد می‌شود.

ال سند آدر سال ۱۹۹۵ [8] به صورت آزمایشگاهی تغییر خواص ژئوتکنیکی خاکهای آلوده به روغن را بررسی کرد که شامل تستهای نفوذپذیری آزمون‌های سه محوری و تحکیم بر روی ماسه تمیز و آلوده به چگالی نسبی یکسان بود. نمونه‌ها با مخلوط کردن ماسه کشور کویت با روغن در میزان ۶٪ وزنی و یا کم‌تر از شرایط میدانی آماده شدند. نتایج نشان‌دهنده کاهش کمی در مقاومت و نفوذپذیری و افزایش تراکم پذیری ناشی از آلودگی بوده است.

ابوسنينا^۲ و همکاران در سال ۲۰۱۵ [9] اثر آلودگی روغن بر خواص مکانیکی ماسه و بتن را مورد بررسی قرار دادند. برای ماسه‌های نرم آلوده به نفت خام سبک، مشخص شد که چسبندگی به طور قابل توجهی تا ۱٪ آلودگی نفتی افزایش یافت و سپس با افزایش درصد نفت

^۱ Ashraf nazir

^۲ AL_sanad

^۳ Rajab.M.abousnina

خام کاهش یافت در حالی که کاهش اندک در زاویه اصطکاک با آلودگی نفتی مشاهده شد. بالاترین مقدار تراکم برای ملات با ۱ % آلودگی روغن به دست آمد و تنها با ۱۸ درصد کاهش در مقاومت ملات با ۱۰ % آلودگی نفتی در مقایسه با نمونه‌های آلوده نشده، بدست آمد.

۲. مواد و مصالح آزمایش

خاک و گازوئیل دو ماده اساسی مورد استفاده قرار گرفته در این پژوهش هستند که خواص فیزیکی و مکانیکی هر دو ماده در ادامه توضیح داده میشود.

۱-۲- خاک

خاک استفاده شده در این پژوهش خاک لای با خمیری کم میباشد. خاک مورد نظر را میتوان با توجه به سیستم طبقه بندی یونیفاید به عنوان ML (خاک لای با خمیری کم) نامگذاری کرد. مشخصات دقیق فیزیکی خاک در جدول ۱ آورده شده است. لای یا سیلت^۴ یکی از خاک های ریزدانه میباشد که از دانه های بسیار ریز کوارتز و ذرات پولکی شکل حاصل از متلاشی شدن کانی های میکادار تشکیل شده است که کمتر از ۱۲ درصد رس و بیشتر از ۸۰ درصد لای را شامل می شود.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی خاک

Table 1- Soil physical characteristics

طبقه بندی	ML
LLحد روانی	۲۰
PI نشان خمیری	۳
SE درصد ارزش ماسه ای	-
شن	۰/۱ درصد
ماسه	۲۲/۲ درصد
لای و رس	۷۷/۷ درصد

۲-۲- گازوئیل

⁴ Silt

گازوئیل استفاده شده در این آزمایش از پالایشگاه نفت تهران تهیه شد. بنا به اطلاعات دریافت شده از این شرکت گازوئیل شامل هیدروکربن ها در محدوده (C14-C25) با دامنه نقطه جوش ۲۴۰-۳۸۰ درجه سانتیگراد می باشد. ترکیبات سازنده گازوئیل، پارافین ها و آروماتیک ها^۵ هستند.

۲-۳-آب

آب مصرفی در روند آزمایش، آب آشامیدنی از سیستم لوله کشی آزمایشگاه می باشد.

۳. آماده سازی نمونه و روش آزمایش

نمونه های موردنظر برای آزمایش، شامل خاک طبیعی و خاک آلوده شده با درصد های مختلفی از گازوئیل بود. خاک آلوده با اضافه کردن ۵، ۱۰ و ۱۵٪ وزنی گازوئیل به خاک طبیعی [10]، طبق یافته های استبرق^۶ و همکاران در سال ۲۰۱۷ [11] و در هوای آزاد خشک شده آماده شد. مقدار مشخص گازوئیل بر روی خاک خشک برای رسیدن به توزیع یکنواخت در سرتاسر نمونه اسپری شد و سپس به مدت دو ساعت برای رسیدن به بافت متعادل به صورت دستی مخلوط شد (شکل ۱). میگودا^۷ و همکاران [12] نشان دادند که یک هفته برای به تعادل رساندن خاک و مواد شیمیایی آلی کافی میباشد، لذا نمونه خاک آلوده آماده شده درون یک ظرف پوشیده برای به تعادل رسیدن خاک و آلاینده و واکنش های احتمالی بین خاک و گازوئیل و حفظ رطوبت خاک به مدت یک هفته در فضای آزمایشگاه نگهداری شد.

⁵ Aromatic

⁶ R_stabragh

⁷ Meegoda



شکل ۱- اسپری کردن گازوئیل به صورت دستی بر روی خاک ML

Figure 1- Spraying gasoline manually on the ML soil

آلوده کردن نمونه‌ها می‌تواند به روشهای مختلف مانند روش نفوذ آرام آلاینده و یا اختلاط دستی آلاینده انجام شود. روش نفوذ، آلودگی کوتاه مدت و روش اختلاط، آلودگی بلند مدت را شبیه سازی میکند [13].

۳-۱- آزمایشهای صورت گرفته

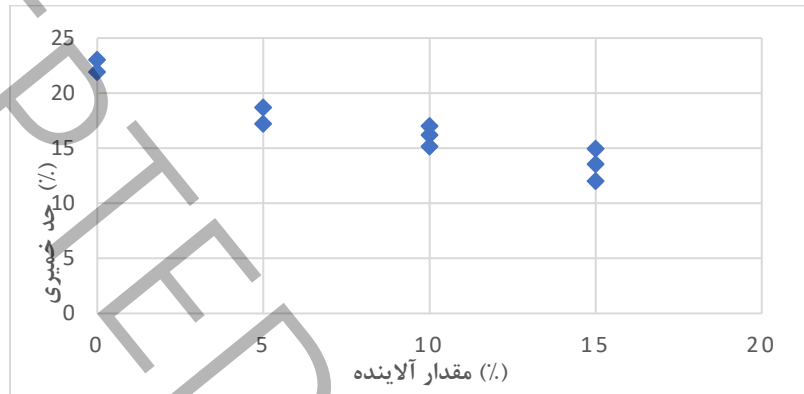
برنامه های آزمایشی مورد استفاده در این تحقیق شامل اندازه گیری حدود آتربرگ^۸ (حدروانی و حد خمیری) ، برش مستقیم^۹ ، مقاومت فشاری تک محوره برای بررسی اثرات آلودگی گازوئیل بر خصوصیات ژئوتکنیکی نمونه های انتخابی خاک بوده است.

^۸ Atterbergs limits

^۹ Direct shear tests

۳-۱-۱ آزمایش حدود آتربریگ

به منظور بررسی اثر گازوئیل بر روی خواص خمیری خاک مورد بررسی، حدود روانی و خمیری خاک طبیعی و خاک آلوده با ۵، ۱۰ و ۱۵٪ گازوئیل تعیین شدند که نتایج در شکل‌های ۲ و ۳ ارائه شده‌اند.



شکل ۲- تاثیر آلودگی گازوئیل روی حد خمیری

Figure 2- The effect of gasoline pollution on the plastic limit



شکل ۳- تاثیر آلودگی گازوئیل روی حد روانی

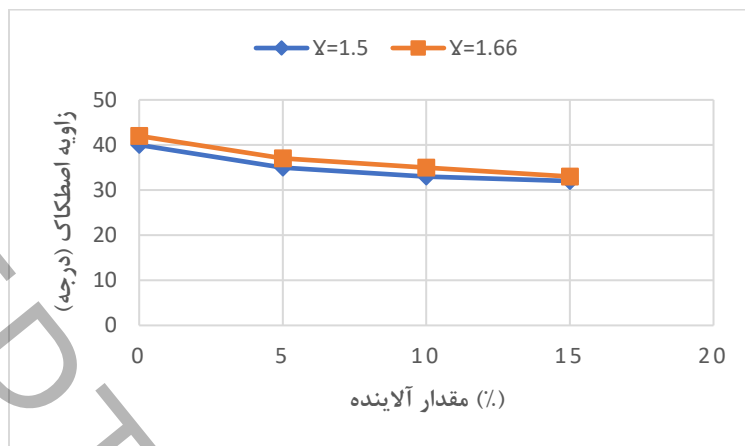
Figure 3- The effect of gasoline pollution on the liquid limit

نتایج نشان داده شده در شکل ۲ و ۳ حاکی از کاهش حدود آتربرگ (PL,LL) در اثر افزایش مقدار آلاینده هستند. با افزایش مقدار آلاینده تا ۱۵ درصد، کاهش ۲۷ درصدی حد روانی خاک و کاهش ۴۸ درصدی حد خمیری قابل مشاهده می‌باشد. توجه این مطلب می‌تواند به این صورت باشد که مولکول‌های آب دوقطبی هستند. یعنی در یک سمت شامل بار مثبت و در سمت دیگر دارای بار منفی می‌باشند، به علاوه آلاینده استفاده شده یعنی گازوئیل که از نفت خام به دست می‌آید دارای ترکیبات غیر قطبی بیشتر نسبت به ترکیبات معدنی یعنی ترکیبات با فلزات می‌باشد. در نتیجه گازوئیل برخلاف آب یک ترکیب غیرقطبی به حساب می‌آید و ذرات رس که دارای بار منفی بر روی سطحشان می‌باشند هیچگونه تمایلی به برقراری ارتباط با مولکول‌های گازوئیل ندارند. با اضافه شدن گازوئیل به خاک به دلیل ایجاد فاصله بین پیوند های قطبی آب و خاک نیروی جاذبه ی آب و خاک کاهش می باید و در نتیجه حدود اتربرگ کاهش می‌یابد [14].

۳-۱-۲- تست برش مستقیم

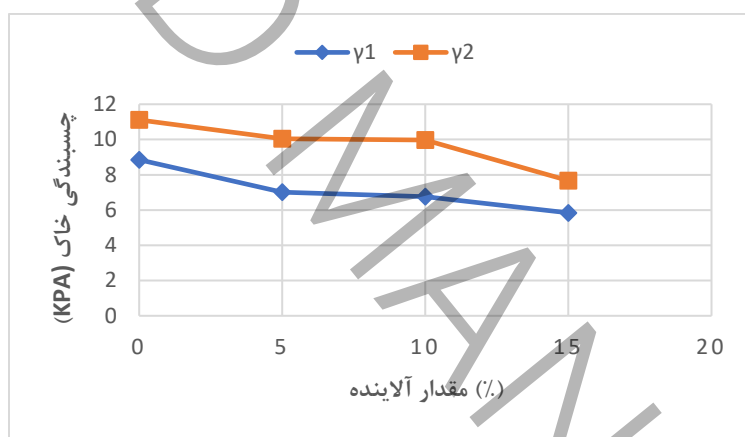
مجموعه‌ای از تست‌های برش مستقیم بر روی نمونه های خاک تمیز و آلوده با درصد متفاوت گازوئیل انجام شده است تا تأثیر آلودگی روغن بر زاویه اصطکاک و مقاومت برشی خاک را ارزیابی کند. این آزمایشات در جعبه برشی مربعی (۱۰ سانتی متر × ۱۰ سانتی متر) در بارهای طبیعی ۲۰، ۴۰ و ۶۰ کیلوگرم در دو وزن مخصوص متفاوت با تراکم متوسط و تراکم بالا انجام شد. این آزمایشات به منظور جلوگیری از خروج آلاینده روغنی از خاک در شرایط خشک و نیز هر آزمایش حداقل ۴ بار انجام شد. تأثیر گازوئیل بر چسبندگی خاک (cohesion) در شکل ۵ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که با اضافه کردن درصدهای مختلف گازوئیل به نمونه تمیز، مقدار چسبندگی خاک ML و همچنین زاویه اصطکاک Φ کاهش می‌یابد. همچنین تغییرات در زاویه اصطکاک خاکهای آلوده به درصد های مختلف گازوئیل در شکلهای ۴ و ۵ ترسیم شده است. همانطور که مشاهده می‌شود حضور گازوئیل زاویه اصطکاک داخلی خاک را کاهش می‌دهد.

هنگامی که گازوئیل و آب به خاک اضافه می‌شود، هر دو در تماس با مواد معدنی به عنوان روان کننده عمل می‌کنند که در نتیجه اصطکاک بین ذرات کاهش یافته و ذرات روی هم میلغزند و زاویه اصطکاک را کاهش می‌دهند. نتایج بدست آمده نشان می‌دهند با اضافه کردن ۵ درصد گازوئیل در هر مرحله زاویه اصطکاک به طور میانگین ۶/۵٪ و چسبندگی به طور میانگین ۹/۵٪ کاهش می‌یابد و این نتایج با یافته‌های خامه چیان [1] و قاسم زاده [15] و ذوالفهمی [16] همسو می‌باشد.



شکل ۴- تأثیر مقدار گازوئیل بر زاویه اصطکاک خاک با تراکم متوسط و تراکم بالا

Figure 4- The effect of gasoline content on the friction angle of medium density and high density soil



شکل ۵- تأثیر مقدار گازوئیل بر چسبندگی خاک نمونه با تراکم متوسط و تراکم بالا

Figure 5- The effect of gasoline content on cohesion of medium density and high density soil

همانطور که این نمودارها نشان میدهند با افزایش مقدار گازوئیل، مقاومت برشی خاک کاهش می یابد. زاویه اصطکاک خاک در هر دو تراکم متوسط و بالا به طور میانگین برای هر سه درصد آلودگی ۲۰٪ و چسبندگی خاک به طور میانگین در هر دو تراکم ۳۰٪ کاهش یافته است. علاوه بر این میتوان دریافت که گازوئیل در مقادیر اولیه خود تأثیر بیشتری دارد و بیشترین کاهش در ۵ درصد اول آلودگی با گازوئیل است.

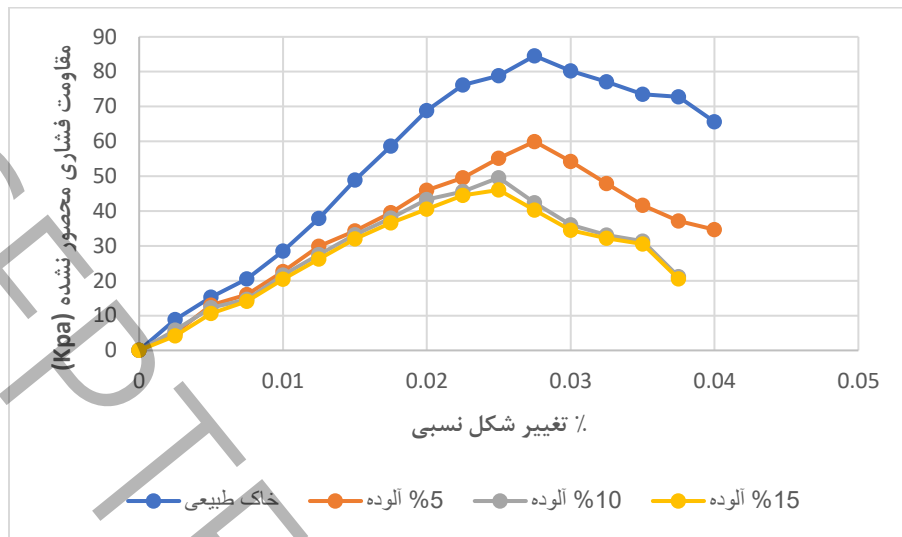
در این پژوهش تستهای مقاومت فشاری تک محوره جهت ارزیابی بر روی نمونه‌های خاک طبیعی و آلوده به درصد‌های مختلف گازوئیل انجام شد (شکل ۶). هر نمونه استوانه‌ای به ابعاد ۵cm*۱۰ بود که با استفاده از قالبهای فلزی تهیه و آماده سازی شدند. شکل ۶ تاثیر گازوئیل را بر روی رفتار تنش- کرنش و مقاومت برشی محصور نشده خاک ML نشان میدهد. نتایج رفتار نرم شونده در منحنی تنش-کرنش خاک با افزایش محتوای گازوئیل را نشان میدهد. علاوه بر این، هر دو مقاومت فشاری محصور نشده و مدول مماسی ML با آلوده کردن خاک کاهش می‌یابد. مقدار مقاومت فشاری محصور نشده خاک ML با افزودن 15٪ آلاینده به نمونه تمیز تقریباً 54٪ کاهش می‌یابد (شکل ۷ و ۸)

در این مرحله میتوان گفت بین گازوئیل و خاک تعاملی برقرار نمیشود و گازوئیل به عنوان یک ماده جدای مخلوط نشده در خاک باقی میماند [12] و به دلیل روغنی بودن ماهیت بنیادین آن به عنوان روان کننده عمل می‌کند و می‌تواند موجب شود که ورقه‌های سیلت به راحتی روی هم بلغزند و مقاومت فشاری محصور نشده کاهش یابد. نتایج این آزمایش و آزمایش برش مستقیم از همخوانی نزدیکی با یکدیگر برخوردار هستند. هر دو آزمایش نشان می‌دهد که گازوئیل مقاومت برشی خاک را کاهش می‌دهد. علاوه بر این، نتایج نشان می‌دهند که بیشترین کاهش در درصد اولیه افزودن گازوئیل به خاک رخ می‌دهد.



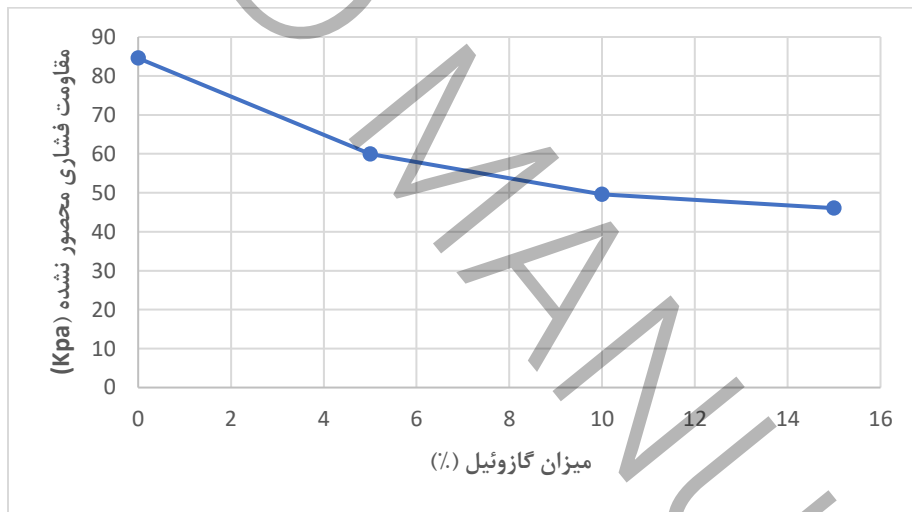
شکل ۶- نمونه‌های تحت بارگذاری تست مقاومت فشاری محصور نشده

Figure 6- Samples under unconfined compression strength test loading



شکل ۷- تأثیر درصدهای مختلف گازوئیل بر رفتار تنش-کرنش ML

Figure 7- The effect of different percentages of gasoline on stress-strain behavior of ML soil



شکل ۸- تأثیر مقدار گازوئیل بر مقاومت فشاری محصور نشده

Figure 8- Effect of gasoline content on unconfined compression strength

۴. نتایج تحقیق

پژوهش حاضر در مورد تأثیر درصدهای مختلف آلودگی خاک با گازوئیل بر خصوصیات ژئوتکنیکی خاک ML انجام شد و نتایج زیر را می-توان برای این نوع خاک بر اساس محدودیت‌های آزمایش‌های انجام شده به طور خلاصه دسته‌بندی نمود:

۱- به طور کلی آلودگی خاک با گازوئیل باعث کاهش حدود خمیری و روانی میشود. همانطور که گازوئیل با خاک مخلوط میشود، آلاینده ذرات خاک را احاطه میکند و باعث کاهش واکنش آب با ذرات خاک و در نتیجه کاهش ضخامت لایه دوگانه آب و کاهش قدرت پیوندهای آب و خاک میشود که باعث میشود حد روانی و حد خمیری کاهش یابد. نتایج حاکی از حداکثر کاهش ۲۷ درصدی حد روانی خاک و حداکثر کاهش ۴۸ درصدی حد خمیری با افزایش میزان آلودگی خاک با گازوئیل تا ۱۵ درصد وزنی می باشد.

۲- با اضافه کردن درصدهای مختلفی (۵، ۱۰، ۱۵) از گازوئیل به خاک ML مقاومت برشی تمام نمونه‌ها کاهش یافت. هنگامی که گازوئیل به خاک اضافه میشود در تماس با مواد معدنی به عنوان روان کننده عمل میکند و ذرات میتوانند به راحتی روی هم حرکت کنند این پدیده منجر به کاهش اصطکاک در بین ذرات و بنابراین کاهش زاویه اصطکاک خاک می شود با این حال، اثر آلودگی گازوئیل به پارامترهای مقاومت برشی یکنواخت نیست و به نوع خاک بستگی دارد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که با افزایش درصد مقدار گازوئیل زاویه اصطکاک داخلی خاک ML کاهش می یابد. به طور میانگین زاویه اصطکاک داخلی خاک ML در دو تراکم متوسط و تراکم بالا ۲۰ درصد و چسبندگی ۳۰ درصد کاهش یافت.

۳- نتایج نشان میدهد خاک ML تقریباً به صورت خطی تا شکست رفتار میکند. علاوه بر این، مقاومت فشاری غیر محصور خاک به طور میانگین برای درصدهای مختلف آلودگی تا ۳۹٪ کاهش می‌یابد که بیشترین مقدار کاهش برای ۵ درصد اولیه آلودگی می‌باشد و به ترتیب با افزایش میزان آلاینده کاهش می یابد. نتایج آزمایش فشاری محصور نشده و برش مستقیم همخوانی خوبی با هم داشته و هر دو نشان میدهند که گازوئیل مقاومت برشی خاک ML را کاهش میدهند.

۵. منابع

- [1] Khamehchiyan, Mashalah, Amir Hossein Charkhabi, and Majid Tajik. "Effects of crude oil contamination on geotechnical properties of clayey and sandy soils." *Engineering geology* 89.3-4 (2007): 220-229.
- [2] Safehian, Hossein, Ali M. Rajabi, and Hasan Ghasemzadeh. "Effect of diesel-contamination on geotechnical properties of illite soil." *engineering geology* 241 (2018): 55-63.
- [3] Nazir, Ashraf K. "Effect of motor oil contamination on geotechnical properties of over consolidated clay." *Alexandria Engineering Journal* 50.4 (2011): 331-335.

- [4] Soltani-Jigheh, Hossein, et al. "Effect of oil-degrading bacteria on geotechnical properties of crude oil-contaminated sand." *Environmental & Engineering Geoscience* 24.3 (2018): 333-341.
- [5] Puri, Vijay K. "Geotechnical aspects of oil-contaminated sands." *Soil and Sediment Contamination* 9.4 (2000): 359-374.
- [6] Kermani, Mohammad, and Taghi Ebadi. "The effect of oil contamination on the geotechnical properties of fine-grained soils." *Soil and Sediment Contamination: An International Journal* 21.5 (2012): 655-671.
- [7] Khosravi, Elahe, et al. "Geotechnical properties of gas oil-contaminated kaolinite." *Engineering Geology* 166 (2013): 11-16.
- [8] Al-Sanad, H. A., W. K. Eid, and N. F. Ismael. "GEOTECHNICAL PROPERTIES OF OIL-CONTAMINATED KUWAITI SAND. DISCUSSIONS AND CLOSURE." *Journal of Geotechnical Engineering* 122.9 (1996).
- [9] Abousnina, Rajab M., et al. "Oil contaminated sand: An emerging and sustainable construction material." *Procedia Engineering* 118 (2015): 1119-1126.
- [10] ASTM Committee D-18 on Soil and Rock. *Standard test methods for one-dimensional consolidation properties of soils using incremental loading*. ASTM International, 2011.
- [11] Estabragh, A. R., et al. "Impacts of heating and surfactant treatments on the geotechnical properties of a cohesive soil." *International Journal of Mechanical Sciences* 144 (2018): 909-918.
- [12] Ratnaweera, Prasanna, and Jay N. Meegoda. "Shear strength and stress-strain behavior of contaminated soils." *Geotechnical Testing Journal* 29.2 (2006): 133-140.
- [13] Meegoda, Namunu J., and Ruwan A. Rajapakse. "Short-term and long-term permeabilities of contaminated clays." *Journal of Environmental Engineering* 119.4 (1993): 725-743.
- [14] Shin, Eun Chul, and Braja M. Das. "Bearing capacity of unsaturated oil-contaminated sand." *International Journal of offshore and polar Engineering* 11.03 (2001).
- [15] Ghasemzadeh, H., and M. Tabaiyan. "The effect of diesel fuel pollution on the efficiency of soil stabilization method." *Geotechnical and Geological Engineering* 35 (2017): 475-484.
- [16] Rahman, Zufahmi A., et al. "Influence of oil contamination on geotechnical properties of basaltic residual soil." *American journal of applied sciences* 7.7 (2010): 954.
- [17] Abousnina, Rajab M., et al. "Oil contaminated sand: An emerging and sustainable construction material." *Procedia Engineering* 118 (2015): 1119-1126.

Effects of gasoline contamination on geotechnical properties of silty soils

Abstract:

The environment is faced with various pollutions. Pollution with oil and oil derivatives such as gasoline and diesel is one of the most dangerous environmental aspects. Organic chemical materials are the basis of many industries such as fuel refining, petrochemical complexes, pesticides and detergents. Inappropriate use of organic chemical materials can cause irreparable damage to the environment that has caused increasing concern in different countries. In addition to the harmful environmental effects such as groundwater and seawater pollution, it causes changes in the geotechnical properties of the soil, which manifests itself in cohesive soils with changes in the texture and overall structure of the soil. In this research, the laboratory investigation of the geotechnical properties of silty soil contaminated with different percentages of gasoline (5, 10, 15%) by performing the Atterberg limit tests (the liquid limit and the plastic limit), uniaxial compression strength, direct shear and compaction tests were carried out. The obtained results show that 27% decrease in the liquid limit and 48% decrease in the plastic limit with an increase in the amount of soil pollution with gasoline. Also decreasing trend is observed in the shear strength

parameters of silty soil polluted with different percentages of gasoline. The results of both direct shear and uniaxial compression strength tests demonstrate decreasing in the shear strength of polluted soil with the same trend.

Keywords: Oil pollution, gasoline, geotechnical parameters, silty soils