

PHN10103641223

ارزیابی نفوذپذیری ماسه‌های بادرفتی بهسازی شده با پسماندهای نفتی پالایشگاهها

البرز حاجیانیا^۱، غیاثالدین یاری^۲، شهرزاد کسائیان^۳

۱- استادیار دانشکده عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نجفآباد

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد خاک و پی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نجفآباد

۳- دانشجوی دکترای عمران، دانشگاه کوینزلند، استرالیا

Ghias.yari@gmail.com

خلاصه

- از ویژگیهای بارز ماسه‌های بادرفتی میتوان از ظرفیت باربری پایین، ساختار متخلخل و نفوذ پذیری بالای آنها نام برد. این ویژگیها انجام پروژه های عمرانی بهویژه ساخت لاگونهای تصفیه فاضلاب را با مشکلات عدیده مواجه میسازد. یکی از روشهای بهبود این خواص جهت انجام پروژههای عمرانی، استفاده از روش تثبیت و بهسازی میباشد. در این تحقیق از پسماندهای نفتی پالایشگاهها جهت تثبیت و ارتقای ویژگیهای ژئوتکنیکی این نوع خاکها استفاده شده است. از اینرو ضمن بررسی خصوصیات تراکمی نمونههای تثبیت شده، درصد بهینه پسماند نفتی برای تثبیت و بهسازی ماسه بادرفتی تعیین گردید و تاثیر پسماند نفتی بر روی نفوذپذیری ماسه‌های بادرفتی ارزیابی شد. آزمایشهای انجام شده نشان داد که وزن واحد خشک حداکثر نمونههای تثبیت شده افزایش یافته و مقدار بهینه پسماند نفتی برای تثبیت ۷ درصد میباشد. نفوذ پذیری نمونههای تثبیت شده نیز به میزان قابل توجهی بهبود یافته است.

کلمات کلیدی: تثبیت، ماسه بادرفتی، تراکم، پسماند نفتی، مقاومت فشاری تکمحوری، نفوذپذیری

۱. مقدمه

ماسه‌های بادی به ماسه‌هایی اطلاق میشوند که به وسیله فرسایش بادی تشکیل میشوند. این ماسهها گستردگی قابل توجهی در سطح کشور دارند که پهنه‌های وسیعی از مرکز، جنوب و جنوب شرق کشور و همچنین قسمتهایی از شمال و جنوب غرب کشور را شامل میشود [۱]. چسبندگی این خاکها عموماً بسیار ناچیز بوده و دارای دانهدنی تقریباً یکنواخت میباشد. دانهدنی نامناسب و نحوه تشکیل آنها، باعث شده است که این نوع از ماسهها ساختار متخلخل داشته و ظرفیت باربری آنها بسیار کم باشد. همچنین تخلخل بالا باعث خواهد شد که نفوذپذیری آنها نسبتاً زیاد باشد. بنابراین برای اجرای پروژههای عمرانی، از قبیل راه و ساختمان و به خصوص ساخت لاگونهای تصفیه فاضلاب، باید خواص مقاومتی این نوع از خاکها افزایش یافته و نفوذپذیری آنها نیز کاهش یابد. یکی از روشهای مرسوم در مهندسی ژئوتکنیک جهت دستیابی به این اهداف، تثبیت و بهسازی آنها با استفاده از مواد هیدروکربنی میباشد.

تا کنون تحقیقات متعددی در زمینه اصلاح خصوصیات ژئوتکنیکی انواع مختلف خاکهای ماسهای با استفاده از مواد هیدروکربنی و مشتقات نفت خام، و همچنین بررسی اثرات زیست محیطی خاکهای تثبیت شده با مواد نفتی انجام شده است که در ادامه به بخشی از آنها اشاره میشود.

^۱ استادیار دانشکده عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نجفآباد، اصفهان

^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد خاک و پی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نجفآباد، اصفهان

^۳ دانشجوی دکترای عمران، دانشگاه کوینزلند، استرالیا

اولین کنفرانس ملی مهندسی ژئوتکنیک ایران
دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه محقق اردبیلی
۳۰ مهر و ۱ آبان ماه ۱۳۹۲

نتایج تحقیقی در بررسی خاک‌های تثبیت شده با مواد قیری نشان داد که با افزایش مقدار قیر، میزان رطوبت بهینه برای به دست آوردن حداکثر چگالی کاهش می‌یابد. در صورتی که در واقع مقدار کل متناظر مایع اضافه شده (آب و قیر) افزایش می‌یابد [۲].

تحقیقی دیگر در منطقه اوهایو آمریکا، در خصوص تثبیت ماسه با قیر، نشان‌دهنده اهمیت درجه خلوص ماسه می‌باشد. افزایش درجه خلوص می‌تواند استحکام خاک را افزایش دهد و آغشته شدن ماسه با املاح و مواد آلی باعث کاهش عمده چسبندگی بین خاک و قیر می‌شود [۳].

نتایج تحقیقی که در سال ۱۹۸۳ انجام شد نشان داد که اتصال قیر به مواد معدنی سیلیکاتی چهار برابر بیشتر از اتصال آن به مواد معدنی کربناتی است که این نشان‌دهنده فعالیت سطحی بیشتر مواد معدنی سیلیکاتی در مقایسه با مواد معدنی کربناتی در هنگام تثبیت با قیر می‌باشد [۴].

همچنین تحقیقات نشان داده است که علاوه بر PH خاک، میزان نمک خاک نیز در انجام واکنش مکانیکی مربوط به قیر و خاک مؤثر می‌باشد. به طوریکه با افزایش نمک، نتایج حاصل از اصلاح با قیر افت می‌کند [۵].

علاوه بر این، نتایج تحقیقی دیگر بیانگر آن است که در میزان قیر ۳٪، افزایش در وزن واحد خشک ماکزیمم، ظرفیت باربری کالیفرنیا^۱ و مقاومت فشاری تک‌محوری^۲ ایجاد می‌شود و با افزایش قیر از این مقادیر کاسته می‌شود. همچنین بررسی‌ها نشان داده‌است که استفاده از تثبیت کننده‌های مرکب (قیر- آهک و قیر- سیمان) که هر دو به نسبت ۴ به ۱ آماده شده باشند، باعث افزایش مقاومت ماسه تثبیت شده می‌گردد [۶].

در تثبیت با قیر، اگر در ماسه مقدار کمی مصالح ریزدانه موجود باشد، مقاومت خاک تثبیت شده بیشتر بوده و نتیجه عمل تثبیت بهتر خواهد بود. ولی افزایش میزان ریزدانه به بیش از ۲۵ درصد در ماسه، منجر به نتیجه خوبی نخواهد شد [۵].

یانگ^۳ و محمد^۴ نیز در سال ۱۹۹۴ نشان دادند که در تثبیت لومهای ماسه‌ای با پسماند نفتی چسبندگی افزایش قابل توجهی یافته، اما زاویه اصطکاک تغییرات چندانی نداشته است [۷]. در تحقیقی دیگر مشخص شد که رطوبت تاثیر نامطلوبی روی مقاومت نمونه‌های تثبیت شده با پسماند نفتی دارد [۸].

سالم^۵ و همکاران در سال ۱۹۸۵ نشان دادند که افزودن قیر به ماسه پایداری خاک را افزایش می‌دهد و باعث کاهش آزادسازی عناصر شیمیایی مثل مواد معدنی و فلزات سنگین می‌شود [۹].

مطالعات دیگری توسط یارون^۶ در سال ۱۹۸۹ بر روی رفتار واجذبی هیدروکربن‌های نفت خام از خاک‌هایی با اختلاط مواد آلی و خاک رس صورت گرفته است که نشان داد رفتار واجذبی هیدروکربن‌ها از سطح خاک‌های مورد بررسی شدیداً تحت تأثیر نوع خاک و هیدروکربن می‌باشد [۱۰].

همچنین نتایج تحقیقی نشان می‌دهد قابلیت اغلب مواد مرکب موجود در پسماند نفتی برای حل شدن در آب پایین می‌باشد. در نتیجه در حالت محلول در آب، پتانسیل جابه‌جایی کمی در محیط اطراف دارند [۱۱]. نتایج بررسی‌های انجام شده توسط یانگ و محمد نیز نشانگر عملکرد مناسب زیست محیطی پسماند نفتی در خاک می‌باشد [۷].

به طور کلی میتوان نتیجه گرفت که مواد هیدروکربنی سنگین مانند قیر به عنوان تثبیت کننده خاکهای ماسه‌ای از لحاظ ژئوتکنیکی و زیست محیطی عملکرد مناسبی را نشان داده‌اند. در این تحقیق که بر اساس بررسی‌های آزمایشگاهی استوار می‌باشد، سعی شده است که اثر پسماند نفتی، که نوعی از مواد هیدروکربنی سنگین می‌باشند، در بهبود خواص ژئوتکنیکی ماسه‌های بادرفتی مورد ارزیابی قرار گیرد. از اینرو ضمن تعیین درصد بهینه پسماند نفتی برای تثبیت و بهسازی ماسه‌های بادرفتی ناحیه جندق اصفهان، خصوصیات تراکمی نمونه‌های تثبیت شده و تغییرات ایجاد شده در میزان نفوذپذیری بررسی می‌شود. در ادامه، ابتدا مواد و روشهای مورد استفاده در تحقیق تشریح شده و سپس با ارائه نتایج حاصل از آزمایشات، بحث بر روی آنها و نتیجه‌گیری صورت می‌گیرد.

¹ California Bearing Ratio (CBR)

² Uniaxial Compression Strength (UCS)

³ Yong

⁴ Mohammed

⁵ Salem

⁶ Yaron

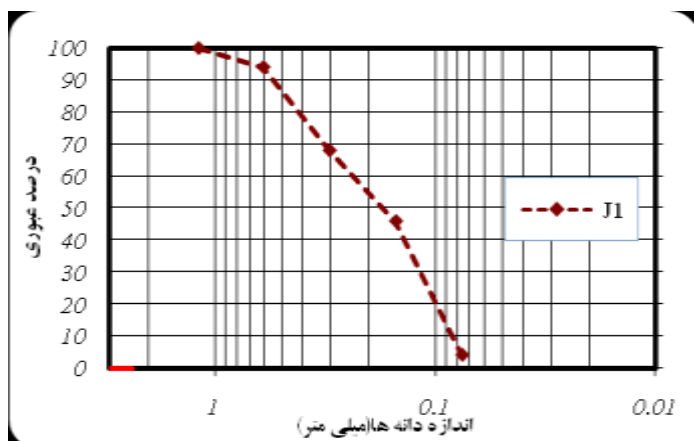
۲. مواد و روشها

۱.۲. نمونه ماسه

نمونه ماسه بادرفتی مورد بررسی از محلی در نزدیکی منطقه جندق، در مرکز ایران و در شمال شرق اصفهان تهیه شده است. به طور کلی این ناحیه دارای هوای گرم و خشک می باشد که در آن میزان تبخیر سالانه به طور متوسط بالا و میزان بارندگی و رطوبت کم میباشد. از این رو در فصلهای گرم سال با کاهش آبهای سطحی، افزایش تبخیر و پائین آمدن سطح آب در منطقه، زمینهای نمکی شکل میگیرد و با فرسایش بادی گستره‌ی ماسه‌های بادرفتی افزایش مییابد. این ماسهها عموماً دارای منشا سیلیسی میباشند.

برای نمونهگیری منطقه وسیعی به مساحت تقریبی ۱۰ کیلومتر مربع در نظر گرفته شد. با بررسی و تشخیص صحرائی و نمونهگیری اولیه که در منطقه صورت گرفت، سعی شد که نمونههای ماسه به گونهای انتخاب شود که معرف خاک ناحیه مورد بررسی باشد. سپس نمونهها از عمقهای ۰/۲ الی ۱/۵ متری از سطح زمین تهیه گردید. بررسیهای فیزیکی و مکانیکی انجام شده بر روی نمونهها نشان داد که ماسههای بادرفتی منطقه خصوصیات مشابهی دارند. از اینرو نمونه J_1 به عنوان نماینده خاک منطقه جهت بررسی اثر پسماند نفتی در تثبیت ماسه بادرفتی انتخاب شد. نمودار دانهبندی ماسه بادرفتی در شکل ۱ و خصوصیات عمومی آن در جدول ۱ نشان داده شده است. تعیین خواص خاک طبق استانداردهای *ASTM* به شرح زیر انجام شده است:

آزمایش تعیین چگالی ویژه ماسه بر اساس استاندارد *ASTM D854*؛ آزمایش تعیین حد روانی و حد خمیری و شاخص خمیری بر اساس استاندارد *ASTM D4318*؛ آنالیز اندازه ذرات خاک بر اساس استاندارد *ASTM D422*؛ اندازه گیری درصد رطوبت خاکها مطابق استاندارد *ASTM D2216*؛ اندازه گیری پارامترهای نفوذپذیری خاکهای دانه‌ای بر اساس استاندارد *ASTM D2434*؛



شکل ۱- نمودار دانهبندی ماسه بادرفتی (نمونه نمونه J_1)

جدول ۱- مشخصات عمومی ماسه بادرفتی (نمونه J_1)

نمونه	طبقه بندی خاک	عمق نمونه-گیری (m)	درصد رطوبت طبیعی (%)	G_s رد شده از الک ۱۰۰	G_s رد شده از الک ۴۰	نفوذپذیری (cm/sec)	γ_d^{max} (kN/m ³)	PI
J_1	SP	۰/۷	۲	۲/۷۴	۲/۶۴	$۱/۱ \times ۱۰^{-۳}$	۱۸	NP

اولین کنفرانس ملی مهندسی ژئوتکنیک ایران
 دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه محقق اردبیلی
 ۳۰ مهر و ۱ آبان ماه ۱۳۹۲

۲.۲. نمونه پسماند نفتی

به طور کلی پسماند مواد نفتی، مواد باقیمانده در قسمت انتهایی و پایینی برج تقطیر نفت می‌باشد. این ماده یک ترکیب کمپلکس است که اغلب شامل ترکیبات سنگین مواد اشیاع و هیدروکربن‌های آروماتیک (معطر) می‌باشد و حاوی مقدار جزئی آسفالتین و رزین‌ها هستند. گروه‌های اشیاع شده شامل پارافین‌های مرکب (شاخه‌دار) و با زنجیرهای طولانی و هم‌چنین سیکلپارافین‌ها می‌باشند. اغلب هیدروکربن‌های آروماتیک موجود در پسماند نفتی به وسیله انواع پلی‌آروماتیک‌ها جوش خورده‌اند و ممکن است حاوی گروه‌های جانشین آلکیل باشند. رزین‌ها نیز از حلقه‌های جوش خورده آروماتیک با آلکیل و سایر جانشین‌های قطبی، تشکیل شده‌اند. آسفالتین‌ها از مقادیر زیادی آروماتیک‌های چند حلقه‌ای متراکم شده تشکیل شده‌اند که ممکن است حاوی ترکیبات آلی-فلزی باشند [۱۲]. به طور کلی تحقیقات قبلی نشان می‌دهد که پسماند مواد نفتی دارای نقطه جوش بالا، لزجت زیاد، وزن مخصوص نزدیک به ۱ و وزن مولکولی بالا هستند [۷].

در این تحقیق از پسماند نفتی پالایشگاه اصفهان جهت تثبیت ماسه‌های منطقه مورد بررسی استفاده شده‌است. برای تعیین خصوصیات پسماند نفتی، آزمایش‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی بر روی آن انجام گردید که نتایج آن در جدول ۲ ارائه گردیده‌است.

جدول ۲- مشخصات فیزیکی و شیمیایی پسماند نفتی

وزن واحد	گرانروی در $100^{\circ}C$ (cs)	نقطه جوش ($^{\circ}C$)	وانادیوم (ppm)	نیکل (ppm)	رزین (%)	آسفالتین (%)	هیدروکربن‌های اشیاع (%)	هیدروکربن آروماتیک (%)	وزن مولکولی (g/mole)
۰/۹۶	۵۵	<۳۷۰	۴۰	۱۵	۱۵	۱۰	۲۶	۴۹	<۹۰۰

۳.۲. روش تحقیق

۱.۳.۲ تعیین خصوصیات تراکمی

برای بررسی خصوصیات تراکمی ماسه بادرنتی، نمونه ماسه با مقادیر مختلف آب جهت تعیین مقدار رطوبت بهینه و وزن واحد خشک حداکثر مخلوط و متراکم گردید. برای تعیین ویژگی‌های تراکمی نمونه‌های ماسه بادرنتی تثبیت شده با پسماند نفتی نیز ماسه با درصد‌های متفاوت از پسماند نفتی مخلوط و متراکم شد. انجام آزمایش تراکم طبق روش تراکم استاندارد *AASHTO-T99*، انجام گردید. نحوه تراکم نمونه‌های خاک به این ترتیب بود که، نمونه‌ها درون قالبی به قطر ۱۰ سانتیمتر معادل ۴ اینچ، در ۳ لایه تقریباً مساوی ریخته شده و هر لایه با ۲۵ ضربه چکش ۲/۵ کیلوگرمی طوری متراکم شد که ارتفاع سه لایه تقریباً مساوی باشد.

۲.۳.۲ تعیین مقدار بهینه پسماند نفتی برای تثبیت

جهت تعیین مقدار بهینه پسماند نفتی برای تثبیت ماسه بادرنتی و تاثیر آن بر روی مقاومت فشاری خاک، نمونه ماسه با درصد‌های مختلف از پسماند نفتی، طبق استاندارد *ASTM D4223* مخلوط گردید. مقدار پسماند نفتی در نظر گرفته شده در این آزمایش‌ها ۳٪، ۵٪، ۷٪ و ۹٪ می‌باشد. نمونه‌های تثبیت شده با میزان انرژی مصرفی برابر با تراکم استاندارد (مطابق *AASHTO-T99*) متراکم و ساخته شد. این نمونه‌ها در درجه حرارت آزمایشگاهی ساخته شده‌اند ($22^{\circ}C$). با گذشت مدت زمان ۲۴ ساعت از ساخت نمونه‌ها، آزمایش مقاومت فشاری تکمحوری بر روی نمونه‌ها صورت گرفت.

اولین کنفرانس ملی مهندسی ژئوتکنیک ایران
دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه محقق اردبیلی
۳۰ مهر و ۱ آبان ماه ۱۳۹۲

هدف از انجام این آزمایش تعیین اثر مقدار پسماند نفتی در تهیه نمونه‌های تثبیت‌شده و در نتیجه تعیین مقدار بهینه آن برای فرایند تثبیت می‌باشد. در این تحقیق آزمایش مقاومت فشاری تک محوری مطابق استاندارد *ASTM D2166-87* انجام شد.

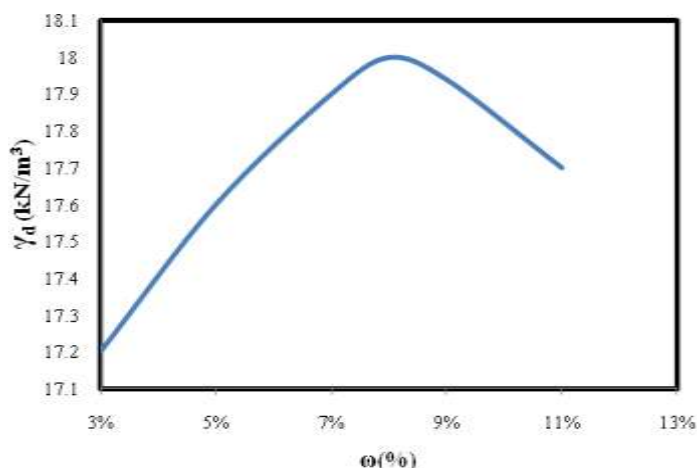
۳.۳.۲. بررسی نفوذپذیری نمونه‌های تثبیت شده

آزمایش تعیین نفوذپذیری با بار افتان بر روی نمونه‌های تثبیتی مطابق با روش استاندارد *ASTM D2434* انجام گردید. بدین منظور نمونه‌های تثبیتی با ۳٪، ۵٪، ۷٪ و ۹٪ پسماند نفتی ساخته شد و تحت آزمایش نفوذپذیری قرار گرفت.

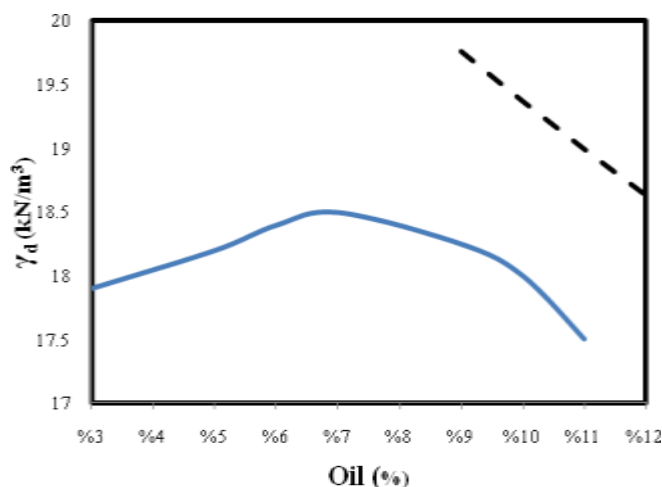
۳. نتایج و بحث

۱.۳. تعیین خصوصیات تراکمی

نتایج حاصل از آزمایش‌های تراکم به روش آشتو استاندارد در شکل‌های ۲ و ۳ ارائه شده است.



شکل ۲- نمودار تراکم استاندارد برای ماسه بادرفتی



شکل ۳- نمودار تراکم استاندارد برای ماسه بادرفتی مخلوط شده با درصد‌های مختلف پسماند نفتی

اولین کنفرانس ملی مهندسی ژئوتکنیک ایران
 دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه محقق اردبیلی
 ۳۰ مهر و ۱ آبان ماه ۱۳۹۲

نتایج آزمایش تراکم بر روی ماسه بادرفتی، که در شکل ۲ ارائه شده، نشان می‌دهد که وزن واحد خشک ماکزیم ماسه بادرفتی مورد بررسی برابر ۱۸ کیلو نیوتن بر متر مکعب می‌باشد که در این حالت میزان درصد رطوبت بهینه برابر ۸٪ بوده است. با توجه به نمودار شکل ۳ مشاهده می‌شود که میزان حداکثر تراکم (ماکزیمم وزن واحد خشک) به ازای ۷٪ پسماند نفتی می‌باشد که برابر ۱۸/۵ کیلو نیوتن بر متر مکعب خواهد بود.

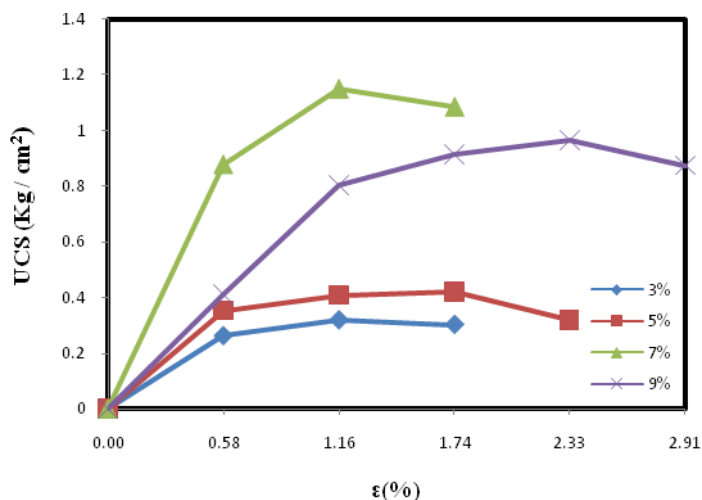
همچنین با مشاهده شکل ۳ میتوان دید، هنگامی که پسماند نفتی اضافه شده به نمونه‌ها کمتر از میزان پسماند ۷٪ باشد، وزن واحد کمتری به دست خواهد آمد. میتوان گفت که دلیل کمتر شدن وزن واحد در این حالت، کاهش سطح دانه‌های پوشیده شده توسط پسماند نفتی و افزایش اصطکاک بین دانه‌هاست. این امر سبب می‌شود که دانه‌ها کمتر بتوانند در یکدیگر فرو رفته و در نتیجه وزن واحد کمتری به دست خواهد آمد. همان‌گونه که در نمودار مشاهده می‌شود وزن واحد خشک در میزان پسماند نفتی ۳٪ برابر ۱۷/۹ کیلو نیوتن بر متر مکعب و با افزایش آن به میزان ۶٪ با توجه به این که سطح دانه‌ها بیشتر از پسماند نفتی پوشیده می‌شود و اصطکاک کمتر شده و تخلخل نمونه کمتر می‌شود، مقدار وزن واحد خشک نیز افزایش یافته و به ۱۸/۴ کیلو نیوتن بر متر مکعب خواهد رسید.

به همین ترتیب وزن واحد خشک افزایش پیدا خواهد کرد تا در میزان پسماند نفتی برابر ۷٪ به حداکثر مقدار خود میرسد. ولی پس از آن با افزایش میزان پسماند، کاهش در وزن واحد اتفاق می‌افتد. این امر را می‌توان این‌گونه استنباط کرد که در ۷٪ پسماند نفتی فضاهای خالی بین دانه‌ها کاملاً پر شده و پس از آن با افزایش میزان پسماند نفتی، فضاهای خالی با ماده‌ای با چگالی کمتر پر می‌شود و انرژی تراکم بیشتر به سیال نفتی وارد می‌شود. هم‌چنین در این شکل مشاهده می‌گردد که با افزایش میزان پسماند نفتی به بیش از ۱۰٪ مقدار فاصله نمودار با منحنی میزان هوای صفر افزایش می‌یابد، که این مورد نشان دهنده افزایش میزان فضای خالی بین دانه‌ها به دلیل اتصال چندین دانه به هم و تولید بافتی درشت تر و با فضای خالی بیشتر می‌باشد.

همان‌گونه که انتظار می‌رود هنگامی که خاک به پسماند نفتی آغشته می‌شود وزن واحد خشک بیشتری مشاهده می‌شود که می‌توان علت آن را ایجاد سطح لیز و در نتیجه کاهش اصطکاک بین ذرات خاک در زمان آغشته شدن به پسماند نفتی دانست. این کاهش اصطکاک موجب فرو رفتن و قفل شدن بیشتر دانه‌ها در یکدیگر و در نتیجه آن باعث افزایش وزن واحد خشک ماسه می‌شود. هم‌چنین تخلخل سطح دانه‌ای نیز به علت پر شدن توسط پسماند نفتی کاهش می‌یابد که باعث افزایش وزن واحد خشک می‌شود.

۲.۳ تعیین مقدار بهینه پسماند نفتی برای تثبیت

در شکل ۴ نمودار مربوط به مقاومت فشاری تک‌محوری ماسه بادرفتی تثبیت شده با درصد‌های مختلف پسماند نفتی ترسیم شده است.



شکل ۴- نتایج آزمایش مقاومت فشاری تک محوری برای نمونه‌های تثبیت شده از ماسه بادرفتی

اولین کنفرانس ملی مهندسی ژئوتکنیک ایران
 دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه محقق اردبیلی
 ۳۰ مهر و ۱ آبان ماه ۱۳۹۲

بامقایسه نتایج شکل ۴ و همانگونه از نتایج آزمایش تراکم استاندارد در شکل ۳ انتظار میرفت، مقاومت فشاری به دست آمده به ازاء ۷٪ پسماند نفتی به ماکزیمم مقدار خود می‌رسد. این مقدار برابر با ۱/۱۶ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع می‌باشد که در مقایسه با نمونه‌های تثبیت شده با ۳٪ و ۵٪ پسماند نفتی به مقدار قابل توجهی بالاتر می‌باشد. در این شکل هم چنین مشاهده می‌شود که مقادیر بیش از ۷٪ پسماند نفتی اثرات چندان مطلوبی بر تثبیت و بالا بردن مقاومت فشاری ندارد. مقاومت نمونه‌های تثبیتی با ۹٪ پسماند نفتی به میزان ۱۶ درصد کمتر از نمونه تثبیت شده با ۷٪ پسماند نفتی می‌باشد و به ۰/۹۷ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع خواهد رسید. بنابراین میزان بهینه ۷٪ پسماند نفتی برای افزایش قابل توجه ویژگی‌های چسبندگی و مقاومتی خاک‌های مورد آزمایش مناسب می‌باشد.

۳.۳. بررسی نفوذپذیری نمونه‌های تثبیت شده

نمونه‌های تثبیت شده با استفاده ۳٪، ۵٪، ۷٪ و ۹٪ از پسماند نفتی را که با روش تراکم استاندارد متراکم شده بودند، تحت آزمایش نفوذپذیری با بار افشان قرار داده شد که نتایج در جدول ۳ نشان داده شده است. نفوذپذیری نمونه ماسه بادرقتی نیز تحت عنوان نمونه با ۰٪ پسماند نفتی در جدول زیر جهت مقایسه بهتر دوباره ذکر شده است.

جدول ۳- نفوذپذیری نمونه‌های ماسه بادرقتی تثبیت شده با درصد‌های مختلف پسماند نفتی

	۰٪	۳٪	۵٪	۷٪	۹٪
$K(cm/sec)$	$1/1 \times 10^{-3}$	$2/7 \times 10^{-4}$	$3/6 \times 10^{-5}$	$6/1 \times 10^{-6}$	$4/12 \times 10^{-6}$

همان گونه که از این جدول ۳ مشخص می‌باشد، با افزایش میزان پسماند نفتی کاهش در نفوذپذیری این نمونه‌ها حاصل شده است. به گونه‌ای که هنگامی میزان پسماند نفتی از ۳٪ به ۹٪ می‌رسد، میزان نفوذپذیری تقریباً ۶۵ برابر کاهش یافته است. این درحالی است که نفوذپذیری نمونه تثبیت شده با ۹٪ پسماند نفتی نسبت به نمونه ماسه بادرقتی تقریباً ۲۷۰ برابر کاهش یافته است. با توجه به اینکه مقدار بهینه پسماند نفتی برای تثبیت ماسه بادرقتی ۷٪ می‌باشد، در صورت استفاده از این مقدار پسماند به منظور بهبود توام خواص مقاومتی و نفوذپذیری، مشاهده می‌شود که نفوذپذیری به میزان قابل توجه ۱۸۰ برابر نسبت به ماسه بادرقتی تثبیت نشده کاهش می‌یابد. میتوان گفت که علت کاهش نفوذپذیری، پر شدن فضاهای خالی و متخلخل نمونه توسط پسماند نفتی است که مانند دیگر مواد هیدروکربنی سنگین دارای خاصیت عایق در برابر آب می‌باشند.

۴. نتیجه‌گیری

در این تحقیق استفاده از پسماند نفتی پالایشگاه‌ها جهت استفاده در تثبیت و بهسازی ماسه‌های بادرقتی مورد بررسی قرار گرفت. جهت تعیین خواص تراکمی نمونه‌های تثبیت شده، تعیین مقدار بهینه پسماند نفتی برای تثبیت و تاثیر این ماده بر نفوذپذیری نمونه‌های تثبیت شده آزمایشات مختلفی انجام شد که نتایج آن به شرح زیر خلاصه میگردد.

- با افزودن پسماند نفتی به ماسه بادرقتی وزن واحد خشک حداکثر آن افزایش می‌یابد .
- مقدار بهینه پسماند نفتی برای تثبیت ماسه‌های بادرقتی و بهبود مقاومت آن، ۷٪ می‌باشد.
- با افزایش مقدار پسماند نفتی در نمونه، نفوذپذیری به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد. به طوری که برای نمونه‌های تثبیت شده با ۷٪ و ۹٪ پسماند، نفوذپذیری به میزان ۱۸۰ و ۲۷۰ برابر کاهش می‌یابد.

۵. مراجع

۱. خسروی، ه. (۱۳۷۳)، "تثبیت ماسه‌های ریزدانه در راهسازی"، رساله کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران.
2. Kezdi, A., Ensley, Mitchel, j. k., (1989), "Stabilized Earth Roads", *Developmentsgeotechnical Engineering, No.19, Elsevier, Amesterdam.*
3. Jeon, Y. W., Clapp, D. J., C. W., "Adsorption of asphalt functionalities and oxidized asphalts on aggregate surfaces", *Fuel science and technology international, VOL. 7, No. 9, pp 1225-1268.*
4. Jeong, K. M., and Kobylinski, T. P.,(1983), "Organic-Mineral Matter Interactions in Green River Oil Shale", *Geochemistry and Chemistry of Oil Shales, A Symposium Sponsored by ACS Divisions of Geochemistry, Fuel Science, and Petroleum Chemistry at the 185th Meeting of the American Chemical Society, Seattle, Washington, March 20-25, pp. 493-512.*
۵. طباطبایی، ا.م. (۱۳۸۰)، "روسازی راه"، مرکز نشر دانشگاهی، تهران، ایران.
6. Mitchell, j. k., (1993), "Fundamentals of soil behavior", 2nd ed., *John and sons Inc., Newyork.*
7. Yong, R.N., Mohammed, L.F., Mohamed, A.M.O., O'Shay, T.A., Hoddinott, K.B., (1994), "Retention and transport of oil residue in a loamy soil in Analysis of Soils Contained with PetroleumConstituent", *Philadelphia, pp.89101*
۸. افلاکی، ا.، حاجیانیا، ا. (۱۳۸۸)، "بررسی اصلاح خصوصیات ژئوتکنیکی خاکهای ماسه ای بادرفتی با استفاده از پسمانده مواد نفتی پالایشگاهها"، هشتمین کنگره بین المللی مهندسی عمران، ۲۱ تا ۲۳ اردیبهشت ماه ۱۳۸۸، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.
9. Salem N., Verloo M., Deboodt M., (1985), "Effect of bituminous emulsions on retention and release of some chemical elements in two soil samples", *Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Vol. 35, No. 3, pp. 241-249.*
10. Yaron, B., Gerstl, Z., Chen, Y. and Mingelgrin, U.,(1989), "On the Behavior of Petroleum Hydrocarbons in the Unsaturated Zone: Al'liotic Aspects", *Toxic Organic Chemical in Porous Media, Springer-Verlage, Berlin, pp. 211-230.*
11. Mohammed L. F., (1995), "Assessment of saline soil stabilization via oil residue and its geo-environmental implications", *PhD Thesis, Mc'gill University,Canada.*
12. AL-Otaibi Fahad, Prof H. R. Thomas and Dr. P. J. Cleall., (2006), "Sabkha soil stabilization using Kuwait oil residues and its environmental impact", *PhD thesis, Cardiff university.*