

# فصلنامه علمی-ترویجی پدافند غیرعامل

سال ششم، شماره ۳، پیاپی ۱۳۹۴، (سالی ۲۳): صص ۶۸-۵۷

## بهبود بستر راه‌های نظامی در زمین‌های ماسه‌ای و رملی با ریزضایعات کارخانه لاستیک‌سازی

جلال کاظمی<sup>۱</sup>، پرویز رفعتی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۲/۰۲

تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۴/۱۳

### چکیده

با پیشرفت روزافزون مطالعات ژئوتکنیک، بهبود خواص مکانیکی خاک‌ها جهت کاربرد در پروژه‌های عمرانی و ژئوتکنیکی، مواد و مصالح جدیدی طلب می‌کند. ریزضایعات کارخانه لاستیک‌سازی می‌توانند به‌عنوان یک گزینه در این زمینه مورد توجه قرار گیرند. اهمیت جاده‌های نظامی جهت ایجاد دسترسی و تسهیل انتقال تجهیزات از یک سو و وجود خاک‌های ماسه‌ای، رملی و بعضاً همراه با رس در بیشتر مناطق، به‌ویژه مناطق ساحلی از سوی دیگر، ضرورت بهبود این نوع خاک‌ها را به‌عنوان بستر راه‌های نظامی، بیش از پیش نمایان می‌سازد. در تحقیق حاضر به‌طور مشخص و موردی ابتدا به بررسی ویژگی‌های ژئوتکنیکی زمین‌های ساحلی شمال ایران پرداخته شد تا با بررسی مشخصه‌های عمومی موثر در ژئوتکنیک منطقه و ویژگی‌های ژئوتکنیکی، جنس لایه‌های خاک و پارامترهای فیزیکی و مکانیکی خاک ارزیابی شود. در این راستا لایه‌بندی و جنس لایه‌های خاک منطقه، شرایط آب زیرزمینی، ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی و محدوده تغییرات آنها در پهنه مورد مطالعه، مورد ارزیابی قرار گرفت. بررسی‌های حاصل از مطالعات میدانی و ارزیابی گمانه‌های اکتشافی در این پهنه نشان داد که خاک غالب منطقه، ماسه‌ای، رملی و بعضاً همراه با رس بوده و ماسه در انواع مختلف به‌طور گسترده در اعماق سطحی که محدوده مورد توجه در بستر راه‌های نظامی است، در نوار ساحلی شمال ایران وجود دارد؛ که این خود ضرورت پرداختن به مسئله بهبود و اصلاح خاک ماسه‌ای را برجسته می‌سازد. در این تحقیق از الیاف پلیمری که از ضایعات کارخانه لاستیک‌سازی می‌باشد، به‌عنوان ماده افزودنی برای بهبود خاک استفاده شد و رفتار تنش- کرنش، مقاومت برشی، شکل پذیری و مدول الاستیسیته خاک مسلح‌شده با این مواد افزودنی و اصلاح خاک بستر راه‌های نظامی با این روش بررسی گردید. یافتن بهترین درصد وزنی الیاف در خاک برای داشتن بیشترین مقاومت برشی، شکل‌پذیری و مدول الاستیسیته خاک مسلح‌شده با الیاف مورد توجه قرار گرفته و برای این منظور، نتایج آزمایش‌های برش مستقیم، CBR و سه محوری تجزیه و تحلیل و ارائه گردید. با اضافه نمودن الیاف در ماسه، مقاومت برشی و شکل‌پذیری ماسه درشت و ماسه خوب دانه‌بندی شده، افزایش یافت و در ماسه ریز، ۳ درصد وزنی الیاف بیشترین مقاومت برشی و شکل‌پذیری را در مخلوط ایجاد نمود و درصدهای بالاتر از آن باعث کاهش این دو متغیر گردید. همچنین نتایج نشان داد که اضافه نمودن الیاف به ماسه، باعث افزایش اتساع و ایجاد چسبندگی می‌گردد. طبق نتایج آزمایش CBR، ماسه خوب دانه‌بندی شده در تسلیح با الیاف، عملکرد بهتری نسبت به ماسه ریز و ماسه درشت از خود نشان داد.

کلیدواژه‌ها: زمین‌های ساحلی، خاک ماسه‌ای و رملی، بهبود و تسلیح، ریزضایعات کارخانه لاستیک‌سازی، آزمون‌های آزمایشگاهی.

## ۱- مقدمه

بررسی شده است، که در ادامه به آنها اشاره می‌گردد. کشیری دینکی (۱۳۸۲)، خصوصیات ژئوتکنیکی ماسه‌های سواحل جنوبی دریای خزر (نوار ساحلی شمال ایران) را مورد بررسی قرار داد [۱]. اکبرزاده کاسانی (۱۳۸۰)، پروفیل عمومی خاک رشت و تعیین پارامترهای مشخصه خاک ریزدانه موجود را بررسی نمود و یک مدل رفتاری بر مبنای تئوری حالت بحرانی، برای خاک ارائه کرد [۲]. فتاح‌زاده (۱۳۸۴)، ویژگی‌های ماسه انزلی را با استفاده از آزمایش سه‌محوری تعیین نمود [۳]. آصفی (۱۳۸۵)، رفتار ماسه بندرانزلی را توسط نتایج تست‌های درجا و آزمایش تانک شفاف، مورد مطالعه قرار داد [۴]. همتی و دلیری (۱۳۸۹)، مسائل دخیل در اجرا و بهره‌برداری از یک تصفیه‌خانه فاضلاب در اطراف محدوده شهری تنکابن، در زمینی با پتانسیل روانگرایی بالا و نشست‌پذیری زیاد را مورد بررسی قرار دادند [۵]. حداد و تقدیسی (۱۳۹۱)، پتانسیل روانگرایی شهرستان بابلسر را با استفاده از دو روش آزمایش نفوذ استاندارد SPT و اندازه‌گیری سرعت موج برشی  $V_s$ ، بررسی کردند [۶]. بابکان (۱۳۸۵)، خطرات ژئوتکنیک لرزه‌ای نوار ساحلی دریای خزر را پهنه‌بندی نمود [۷]. گتمبری و همکاران (۱۳۸۹)، خاک‌های نوار ساحلی شمال ایران را مورد مطالعه قرار دادند و به لحاظ کیفیت توانمندی پهنه‌بندی نمودند [۸]. سیوری‌کایا و طغرل (۲۰۰۶)، برآورد چسبندگی زهکشی‌نشده خاک‌های ریزدانه توسط آزمایش نفوذ استاندارد و کاربرد آن را مورد بررسی قرار دادند؛ برای انجام این مطالعه، نتایج گمانه‌زنی و تست‌های آزمایشگاهی انجام‌شده در بخش‌های مختلف ترکیه، از شرکت‌های خصوصی، دانشگاه‌ها و یک سازمان دولتی جمع‌آوری گردید [۹]. لوحی و دهقانی (۱۳۸۳)، با استناد به گزارش‌های ژئوتکنیک جمع‌آوری‌شده و حفر گمانه‌هایی به عمق ۱۶ متر در ۵ نقطه به تحلیل پتانسیل روانگرایی بستر ساحلی بندرعباس پرداختند [۱۰]. فون و کوله‌اوی (۱۹۹۶)، کواریانس تغییرپذیری ذاتی مشخصه‌های خاک حاصل از آزمایش‌های صحرایی مختلف را با مرور گسترده ادبیات تخصصی برآورد نمودند [۱۱]. کیم (۲۰۱۱)، بهبود کاوش‌های محلی ژئوتکنیکی به‌وسیله تحلیل‌های آماری و شبیه‌سازی را مورد مطالعه قرار داد، در این تحقیق، سابقه تئوری تغییرپذیری مکانی مشخصه‌های خاک، در غالب آزمایش‌های میدانی، ارائه و فرمول‌بندی شد [۱۲].

گری و اهاشی (۱۹۸۳) آزمایش‌گری و اهاشی (۱۹۸۳) آزمایش‌های برش مستقیم با جعبه کوچک را بر روی نمونه‌های

تسلیح خاک، یکی از روش‌های موثر و قابل اطمینان برای بهبود خواص مکانیکی از جمله افزایش مقاومت و پایداری خاک‌ها می‌باشد. این روش در حال حاضر در کاربری‌های متنوعی همچون پایدارسازی و بهبود زیرساخت‌ها، راه‌ها، بستر پی‌ها و پایدارسازی سازه‌های حائل و خاکریزها به‌کار گرفته می‌شود. نوع مصالح تسلیح کننده می‌تواند از لحاظ مختلف مانند شکل (نواری، صفحه‌ای، شبکه‌ای، میله‌ای و الیاف)، بافت (زبر یا صاف) و سختی نسبی (بالا مثل فولاد یا پایین مثل الیاف پلیمری) بسیار متفاوت باشد. از طرف دیگر مشکلات و مسائل خاص ژئوتکنیکی در زمین‌های ماسه‌ای و رملی که نمود بارز آن در زمین‌های ساحلی مشاهده می‌شود، می‌تواند به تبع کاربری و ساختگاه پروژه‌های عمرانی، نحوه پیدایش خاک از نظر زمین‌شناسی، نزدیکی به دریا، شرایط سفره‌آب زیرزمینی، وضعیت تکتونیک لایه‌ها، وضعیت توپوگرافی و وجود گسل‌ها، تعریف، دسته‌بندی و ارزیابی شود. لذا لازم است در ابتدا، مسائل خاص ژئوتکنیکی زمین‌های ساحلی شمال ایران، و عوامل موثر و مرتبط با آن، در زمینه‌های مختلف اجرایی و علمی، به صورت مطالعه موردی مورد توجه قرار گیرد؛ تا لایه‌بندی و جنس لایه‌های خاک منطقه و ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی و محدوده تغییرات آنها در نوار ساحلی شمال ایران ارزیابی شود. اهمیت جاده‌های نظامی جهت ایجاد دسترسی و تسهیل انتقال تجهیزات از یک سو و وجود خاک‌های ماسه‌ای در بیشتر مناطق، به ویژه مناطق ساحلی از سوی دیگر، ضرورت بهبود این نوع خاک به‌عنوان بستر راه‌های نظامی را بیش از پیش نمایان می‌سازد. بررسی‌های حاصل از مطالعات میدانی و ارزیابی گمانه‌های اکتشافی و گزارشات ژئوتکنیک در نوار ساحلی شمال ایران نشان داد که خاک غالب منطقه، ماسه‌ای بوده و ماسه در انواع مختلف به‌طور گسترده در اعماق سطحی که محدوده مورد توجه در بستر راه‌های نظامی است، در این پهنه وجود دارد؛ که این خود ضرورت پرداختن به مسئله بهبود و اصلاح خاک‌های ماسه‌ای و رملی را برجسته می‌سازد. تحقیق حاضر به‌طور عمده بر تاثیر تسلیح خاک با ریزضایعات کارخانه لاستیک‌سازی متمرکز شده است تا میزان بهبود مشخصه‌های مکانیکی خاک در اثر تسلیح مورد بررسی قرار گیرد.

از آنجا که تحقیق حاضر شامل دو بخش عمده، یکی بررسی ویژگی‌های ژئوتکنیکی زمین‌های ساحلی شمال ایران و دیگری تسلیح خاک با الیاف نایلون به‌عنوان ریزضایعات کارخانه لاستیک‌سازی می‌شود لذا پیشینه مختصر ارائه‌شده در هر دو زمینه

<sup>1</sup> Case Study

مطالعه در نظر گرفته شده (شکل ۱) و سپس نقشه‌های مختلف، مراجع مرتبط با زمین‌شناسی عمومی و رسوبات منطقه و اطلاعات گزارش‌های ژئوتکنیکی موجود، که توسط شرکت‌های مشاوره معتبر انجام گرفته و حاوی داده‌های آزمایش‌های مکانیک خاک و گمانه‌زنی می‌باشند، جمع‌آوری گردیده است. اطلاعات گمانه‌ها به‌گونه‌ای جمع‌آوری گردیده که از توزیع مکانی مناسبی در سرتاسر منطقه برخوردار باشد، و تغییرات را به وضوح نشان دهد. پس از مشخص شدن ویژگی‌های عمومی و مشخصه‌های ژئوتکنیکی منطقه مورد مطالعه و ماهیت خاک‌هایی از منطقه که جهت بهبود خواص، نیاز به تسلیح دارند، به بررسی آزمایشگاهی انواع مختلف خاک منطقه مورد مطالعه که در عمق‌های سطحی موثر در بستر راه فراوانی قابل توجهی دارند، پرداخته می‌شود. مواد مسلح‌کننده به‌کار گرفته‌شده در این تحقیق، در واقع ضایعات کارخانه لاستیک‌سازی بوده که به شکل الیاف نایلونی در لاستیک‌سازی به‌کار می‌رود. آزمایش‌های انجام‌گرفته، شامل آزمایش برش مستقیم، CBR و سه‌محوری می‌باشد

### ۳. مشخصه‌های عمومی و ویژگی‌های ژئوتکنیکی منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه، شامل پهنه‌ای از نوار ساحلی است که بخشی از غرب استان مازندران و نیز بخش اندکی از شرق استان گیلان را دربر می‌گیرد. این محدوده، نواری به عرض ۱ کیلومتر می‌باشد، که از شمال به دریای خزر محدود بوده و از جنوب تا فاصله حدود ۱ کیلومتری از ساحل را شامل می‌شود. طول منطقه مورد مطالعه تقریباً ۱۰۰ کیلومتر است که از غرب شهر چابکسر در شرقی‌ترین قسمت استان گیلان شروع شده و تا شرق شهرستان تنکابن (مرز بین تنکابن و چالوس) در استان مازندران امتداد می‌یابد. نمای کلی پهنه مورد مطالعه، در شکل (۱)، نشان داده شده است. موقعیت مرز غربی  $37^{\circ}$  عرض جغرافیایی شمالی و  $30' 50^{\circ}$  طول جغرافیایی شرقی، و موقعیت مرز شرقی  $40' 36^{\circ}$  عرض جغرافیایی شمالی و  $22' 51^{\circ}$  طول جغرافیایی شرقی می‌باشد. این منطقه مساحتی حدود ۱۰۰ کیلومتر مربع دارد و بارزترین مشخصه پهنه مورد مطالعه نسبت به سایر بخش‌های نوار ساحلی شمال ایران، کمی فاصله ساحل با ارتفاعات و باریک بودن جلگه

مختلف خاک ماسه‌ای انجام دادند. این محققین در تحقیق خود از مسلح‌کننده‌های مختلف با جنس‌های پلیمری، سیم‌های مسی و الیاف طبیعی، استفاده نمودند [۱۳]. گری و رفائی (۱۹۸۶)، آزمایش‌های فشاری سه‌محوری بر روی ماسه مسلح با الیاف را مورد مطالعه قرار دادند [۱۴]. گری و ماهر (۱۹۹۰)، تحقیقات گسترده‌ای بر روی نمونه‌های مختلف ماسه مسلح با الیاف انجام دادند [۱۵]. بنسون و خایر (۱۹۹۴)، با انجام آزمایش‌های برش مستقیم و ظرفیت باربری کالیفرنیا (CBR) به مطالعه در مورد تسلیح خاک توسط نوارهای پلی‌اتیلن با دانسیته بالا (HDPE) پرداختند [۱۶]. کنسولی آلبریچ، و پریت (۱۹۹۷)، مطالعات خود را بر روی خاک‌های مسلح با الیاف به‌همراه سیمان ارائه نمودند [۱۷]. وبستر و سنتونی (۲۰۰۱)، تلاش زیادی برای تعیین اثر پارامترهای مختلف بر مقاومت مخلوط ماسه و الیاف انجام دادند و نهایتاً به این نتیجه رسیدند که مقاومت برشی مخلوط ماسه و الیاف با افزودن الیاف افزایش پیدا می‌کند و نکته قابل توجه این است که بیشترین افزایش در پارامترهای مقاومتی خاک به ازای مقدار بهینه‌ای از الیاف رخ می‌دهد [۱۸]. لی و دینگ (۲۰۰۲)، رفتار الاستیک غیر خطی خاک مسلح‌شده با الیاف تحت بار دوره‌ای را مورد بررسی قرار دادند [۱۹]. میچالوفسکی و سرماک (۲۰۰۳)، ماسه مسلح‌شده با الیاف را بررسی کردند. در این تحقیقات، آزمایش‌های آزمایشگاهی و مطالعات عددی روی ماسه ریز و ماسه درشت انجام گرفت؛ الیاف از نوع پلی‌آمید، آهن گالوانیزه و پلی پروپیلن بودند [۲۰]. خداری و همکاران (۲۰۰۴)، خاک مخلوط‌شده با الیاف و سیمان را مورد مطالعه قرار دادند. الیاف به‌کارگرفته‌شده در این تحقیق الیاف نارگیل بود [۲۱]. ماتون (۲۰۰۵)، خاک مسلح‌شده با الیاف نی و نیز خاک تثبیت‌شده با سیمان یا خمیر کاکتوس را مورد مطالعه قرار داد. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که الیاف رفتار کششی خاک را بهبود بخشیده و شکنندگی خاک را کاهش می‌دهد [۲۲]. روشن ضمیر و درزی (۱۳۸۳)، مسلح نمودن ماسه با الیاف خم دار را مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که استفاده از الیاف خم شده در مقایسه با الیاف صاف باعث افزایش بیشتر مقاومت حداکثر و مقاومت نهایی ماسه مسلح می‌گردد [۲۳].

### ۲. مواد و روش‌ها

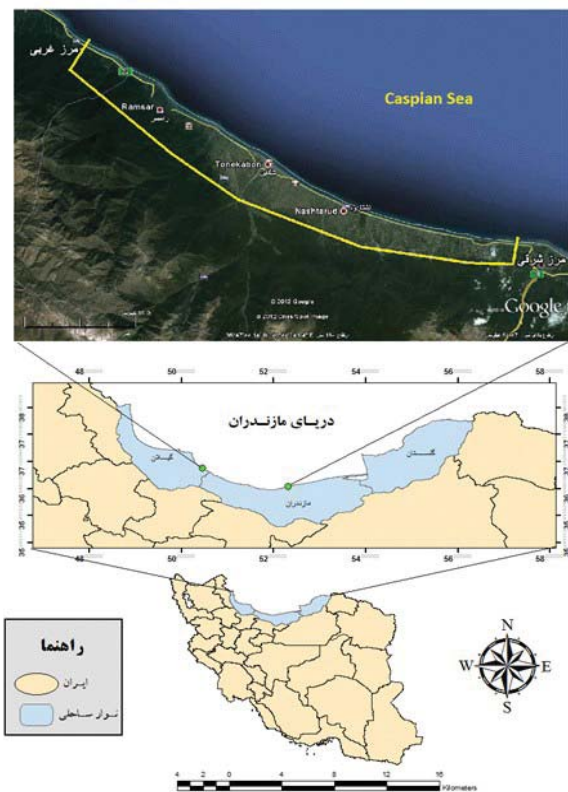
در تحقیق حاضر، به‌دلیل گستردگی نوار ساحلی شمال ایران، ابتدا یک محدوده مشخص جغرافیایی از نوار ساحلی را که بخش عمده آن در غرب استان مازندران واقع است، به‌عنوان منطقه مورد

۲۰۰۲؛ هیکس<sup>۱</sup>، ۲۰۰۵). روش‌های احتمالی، مهندسی ژئوتکنیک را قادر می‌سازند تا درک بهتری از داده‌های محدود به دست آورند که باعث بهبود کاوش محلی شده و نتیجتاً تحلیل و طراحی ژئوتکنیکی را کارآمدتر می‌سازد (لاکاس و ندیم<sup>۲</sup>، ۱۹۹۶). ویژگی‌های آماری مشخصه‌های خاک نه به‌طور کامل بلکه تا حد قابل ملاحظه‌ای، برای انواع یکسان خاک در نواحی مشابه، مستقل از مکان می‌باشد. به‌طور کلی برای بررسی مشخصه‌های خاک پهنه مورد مطالعه و روابط تجربی حاکم بر آنها، ۸۸ گمانه حفاری شده در منطقه در نظر گرفته شد [۲۴].

### ۳-۲- بررسی طبقه‌بندی و نوع لایه‌های خاک پهنه مورد مطالعه در عمق‌های مختلف

برای بررسی نوع خاک و طبقه‌بندی آن در پهنه مورد مطالعه، اطلاعات گمانه‌ها تا عمق ۳۰ متر، در دسترس بود. نوع خاک در عمق یک متری، معرف خاک سطحی می‌باشد. عمق موثری که در راه‌سازی مورد توجه است؛ اعماق سطحی خاک بوده و با در نظر گرفتن ناهمواری‌های منطقه مورد مطالعه که عموماً جلگه‌ای و هموار می‌باشد، بستر متأثر از تنش‌های راه، معمولاً در عمقی کمتر از ۶ متر واقع می‌شود. با بررسی ۸۸ گمانه در منطقه مورد مطالعه، به‌عنوان جمعیت آماری نمودار، درصد فراوانی انواع خاک‌ها در عمق‌های متفاوت، در نمودارهای ارائه شده در مرجع [۲۵] آورده شده است که به‌عنوان نمونه نمودار درصد فراوانی انواع خاک‌ها در عمق‌های ۱ و ۸ متری به ترتیب در شکل‌های (۲ و ۳)، ارائه گردیده است.

جدا از بررسی پراکندگی انواع خاک مطابق طبقه‌بندی متحد، می‌توان در حالت کلی‌تر، دسته‌بندی خاک را به صورت پنج گروه خاک سست نباتی (Pt)، رس (C)، لای (M)، ماسه (S) و شن (G) در نظر گرفت. بدین ترتیب، با قرار دادن خاک در گروه‌های بزرگتر، امکان مقایسه ساده‌تر فراهم می‌شود [۲۵]. نتایج درصد فراوانی با دسته‌بندی پنج‌تایی Pt، C، M، S و G در عمق‌های مختلف به‌طور کامل در مرجع [۲۵] آورده شده است. در شکل‌های (۴ و ۵)، نمودار درصد فراوانی با این دسته‌بندی را در عمق‌های مختلف نشان می‌دهد. بررسی خصوصیات مکانیکی خاک منطقه با تکیه بر داده‌های SPT نیز در مرجع [۲۶] بررسی شده است.



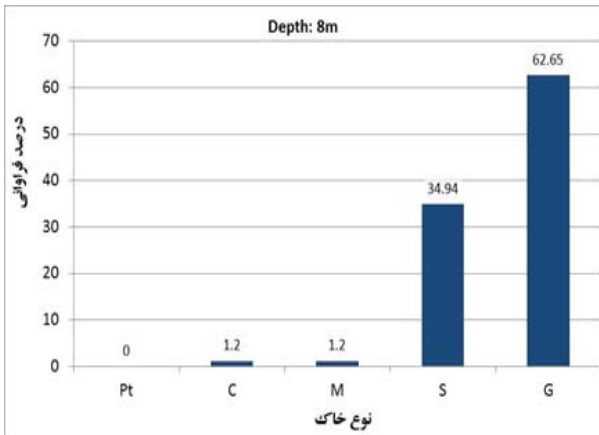
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و مرزهای پهنه مورد مطالعه

ساحلی است. به همین دلیل وضع طبیعی خاصی بر آن حاکم است که به جهت زیبایی منظر و کمی وسعت، با ازدحام پروژه‌های عمرانی و ساخت‌وساز مواجه بوده و از لحاظ دفاعی، امنیتی و پدافند غیرعامل حائز اهمیت است. وضعیت راه‌ها و همچنین مواردی چون عوارض زمین، توپوگرافی و ناهمواری‌ها، زمین‌شناسی عمومی منطقه مورد مطالعه، تکتونیک و لرزه‌خیزی منطقه و خطر روانگرایی و زمین‌لغزش منطقه مورد مطالعه به‌طور کامل به همراه اشکال توصیفی و توضیحات تکمیلی در مرجع [۲۴] آورده شده است.

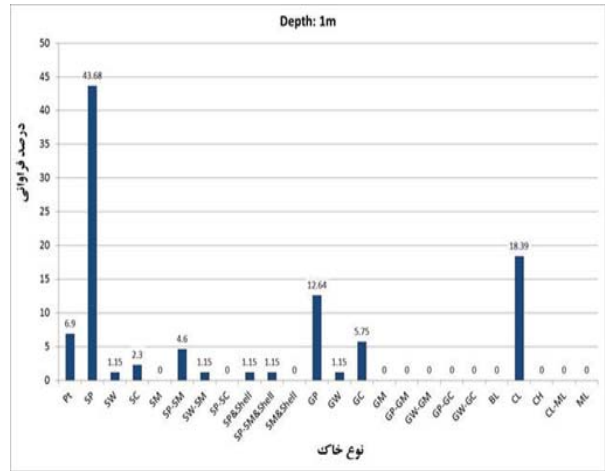
### ۳-۱- ضرورت بررسی‌های آماری

در پی تحول در زمینه استفاده از روش‌های احتمالی (یا آماری)، در دهه‌های اخیر، این روش‌های جدید، منجر به صرفه‌جویی در هزینه‌هایی شده‌اند که ماهیت تجمعی داشته و به خصوص در پروژه‌های بزرگ، می‌توانند قابل ملاحظه باشند (فراست و پارسون<sup>۱</sup>،

1- Frost and Parson  
2- Hicks



شکل ۵- درصد فراوانی انواع مختلف خاک دستی، رسی، لای دار، ماسه‌ای و شنی، در عمق ۸ متری پهنه مورد مطالعه



شکل ۲- درصد فراوانی انواع خاک، مطابق طبقه‌بندی متحد، در عمق یک متری پهنه مورد مطالعه.

در تمام عمق‌ها، ماسه‌خاک غالب پهنه مورد مطالعه است؛ تنها در عمق‌های ۷، ۸ و ۹ متری، درصد فراوانی شن بیشتر از ماسه می‌باشد. روند کلی نشان می‌دهد که در عمق‌های بیشتر از ۲۰ متر، تقریباً تمام خاک پهنه مورد مطالعه از نوع ماسه‌ای می‌باشد (در نقاط بسیار معدودی شن رخ می‌دهد) [۲۴].

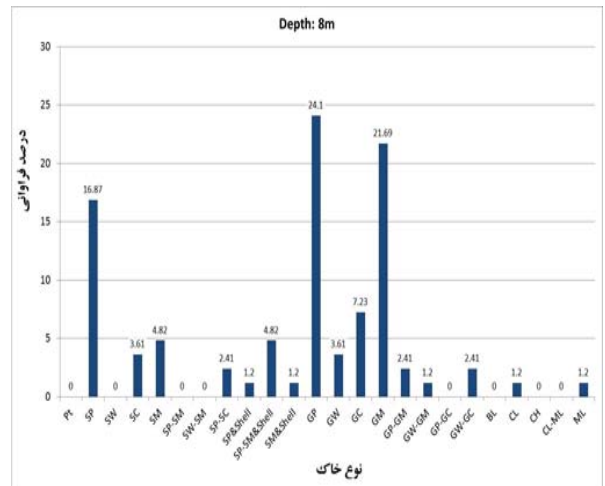
#### ۴- بحث و تحلیل داده‌ها

مطابق مستندات موجود، که در بالا به آنها اشاره گردید، تجزیه و تحلیل آماری داده‌های مربوط به گمانه‌های اکتشافی نشان می‌دهد که ماسه در انواع مختلف، بعضاً همراه با شن و رس، نوع خاک غالب پهنه مورد مطالعه بوده و به‌طور گسترده در سطح و عمق نوار ساحلی دریای خزر وجود دارد. بنابراین با توجه به جنس و نوع خاک غالب منطقه، لازم است این مسئله در مبحث بهبود و تسلیح خاک با تسلیح‌کننده‌های حاصل از کارخانه لاستیک‌سازی در نظر گرفته شده و خاک مورد استفاده در آزمایش‌های انجام‌گرفته در آزمایشگاه، نزدیک به خاک غالب منطقه باشد.

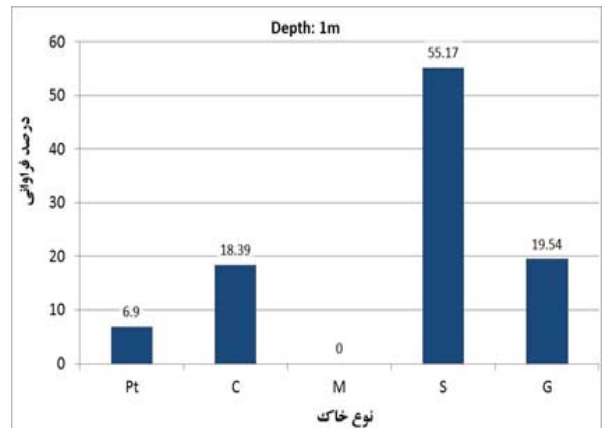
#### ۴-۱- آزمایش بر روی ماسه مخلوط‌شده با الیاف

##### معرفی مصالح

خاک مورد استفاده در تحقیق حاضر، ماسه در انواع مختلف ریز، درشت، بدانه‌بندی‌شده و خوب‌دانه‌بندی‌شده (همراه با رس) می‌باشد.  $G_s$  برای ماسه ریز، ماسه درشت و ماسه خوب‌دانه‌بندی شده به ترتیب ۲/۷، ۲/۷۲ و ۲/۷ به‌دست آمد. الیاف به‌کاررفته در این تحقیق از ضایعات کارخانه لاستیک‌سازی بوده که دارای



شکل ۳- درصد فراوانی انواع خاک، مطابق طبقه‌بندی متحد، در عمق ۸ متری پهنه مورد مطالعه



شکل ۴- درصد فراوانی انواع مختلف خاک دستی، رسی، لای دار، ماسه‌ای و شنی، در عمق یک متری پهنه مورد مطالعه

افزایش مقاومت برشی ماسه مسلح با الیاف، اختلاط ۳٪ وزنی الیاف در ماسه می‌باشد. همان‌طور که از شکل (۷) برمی‌آید، با افزایش درصد وزنی الیاف در نمونه واقع در قالب ۱۰\*۱۰\*۱۰، اتساع افزایش می‌یابد؛ بررسی نمودارهای آزمایش برش مستقیم با قالب ۶\*۶ نیز نتیجه مشابهی به دست می‌دهد.

این نکته قابل توجه است که مقاومت برشی ماسه در اثر اضافه کردن ۳ درصد وزنی الیاف در قالب ۶\*۶ حدود ۸۴/۶۳ کیلوپاسکال و در قالب ۱۰\*۱۰\*۱۰ حدود ۷۸/۵۴ کیلوپاسکال است و این نشان می‌دهد که هرچه اندازه نمونه بزرگتر باشد مقاومت برشی ماسه مسلح‌شده کمتر خواهد بود. این نوع نتیجه‌گیری تجربی در ماسه‌های فاقد تسلیح هم مشاهده گردید. همچنین می‌توان گفت با افزایش نسبت طول الیاف به ابعاد نمونه، مقاومت برشی ماسه مسلح‌شده افزایش می‌یابد.

#### ب- شکل پذیری خاک مسلح‌شده با الیاف

شکل پذیری یک خاک به دو صورت ذیل تعریف می‌شود:

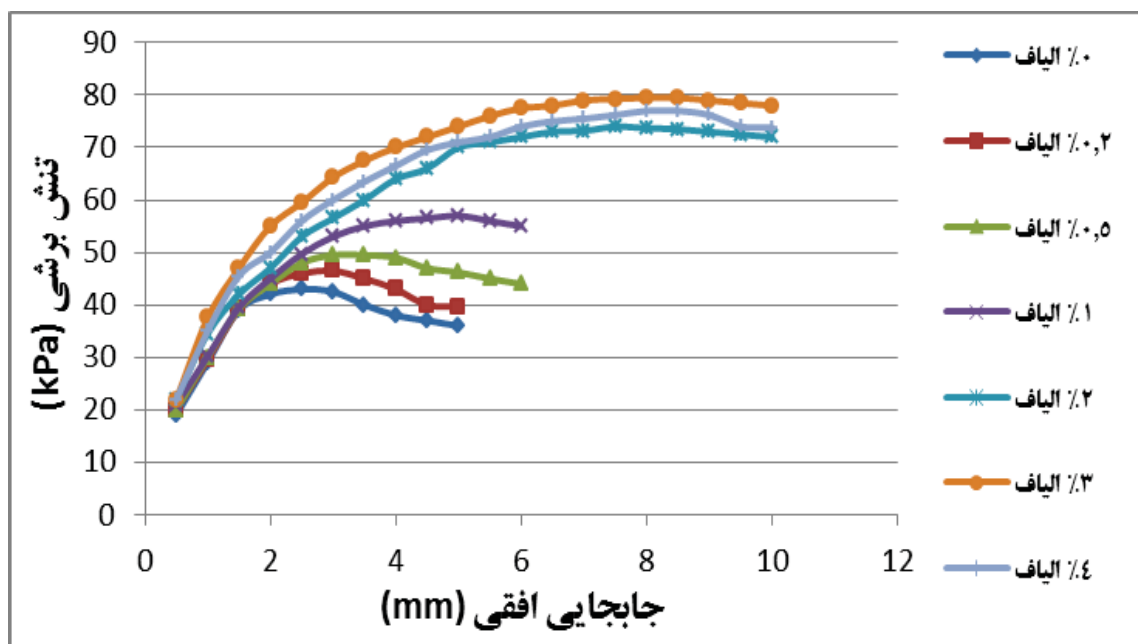
۱- میزان کرنشی برشی در هنگام گسیختگی نمونه که با افزایش آن شکل پذیری نمونه هم افزایش می‌یابد. کرنش برشی در واقع میزان جابه‌جایی افقی نمونه به بعد قالب در زمان معین تعریف می‌شود.

مقاومت کششی زیاد و ماندگاری طولانی در خاک است. الیاف موجود در بازار که برای تسلیح در نظر گرفته شد از جنس نایلون و دارای طولی بین ۲ تا ۶ سانتیمتر و قطر حدود ۰/۹ میلی‌متر و  $G_s$  برابر ۱/۲۹ می‌باشد.

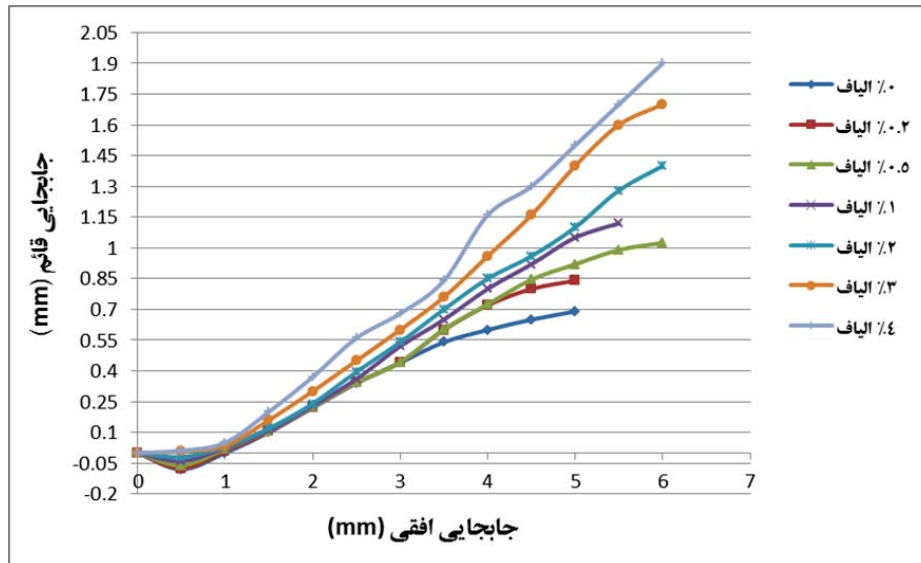
#### ۴-۲- آزمایش برش مستقیم

##### الف- بررسی بهترین درصد وزنی الیاف در خاک

برای یافتن بهترین درصد وزنی الیاف که بیشترین مقاومت برشی را ایجاد می‌نماید، از آزمایش ماسه ریزدانه در قالب ۶\*۶ و ۱۰\*۱۰ سانتیمتر استفاده شد. نمونه‌های مسلح‌شده شامل ۰، ۰/۲، ۰/۵، ۱، ۲، ۳، ۴ درصد وزنی الیاف بودند. برای تمامی نمونه‌ها وزن واحد  $1/6 \text{ gr/cm}^3$  و تنش نرمال ۵۵ kPa انتخاب شد. نتایج آزمایش‌ها در قالب ۶\*۶ سانتیمتر نشان داد که ۳ درصد وزنی الیاف بیشترین مقاومت برشی را در مخلوط ایجاد کرده و اضافه نمودن ۰/۲، ۰/۵، ۱، ۲، ۳، ۴ درصد وزنی الیاف به ماسه، مقاومت برشی را به ترتیب ۱۰، ۲۳، ۳۶، ۷۴، ۹۶ و ۸۱ درصد افزایش می‌دهد. از آزمایش در قالب ۱۰\*۱۰ سانتیمتر نیز نتایج مشابهی به دست آمد و اضافه کردن ۰/۲، ۰/۵، ۱، ۲، ۳ و ۴ درصد وزنی الیاف به ماسه مقاومت برشی ماسه را به ترتیب ۹/۶، ۱۷، ۳۳، ۷۴، ۸۸ و ۸۴ درصد افزایش داد (شکل ۶). بنابراین، حالت بهینه جهت



شکل ۶- نمودار تنش برشی بر حسب جابجایی افقی ماسه ریزدانه در قالب ۱۰\*۱۰\*۱۰، به ازای ۰، ۰/۲، ۰/۵، ۱، ۲، ۳ و ۴ درصد وزنی الیاف جهت یافتن موثرترین و بهینه‌ترین درصد وزنی که بیشترین مقاومت برشی را ایجاد می‌کند

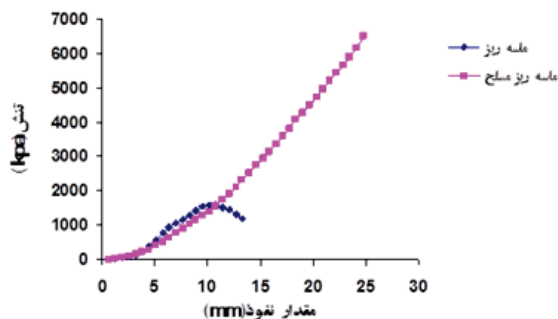


شکل ۷: نمودار جابجایی قائم بر حسب جابجایی افقی ماسه ریزدانه در قالب ۱۰\*۱۰، به ازای ۰، ۰/۲، ۰/۵، ۱، ۲، ۳ و ۴ درصد وزنی الیاف جهت بررسی اتساع نمونه‌ها.

دارد و درصد وزنی بیشتر از آن باعث کاهش شکل پذیری می‌شود.

#### آزمایش نسبت باربری کالیفرنیا (CBR) بر روی ماسه مسلح‌شده با الیاف

برای انجام آزمایش CBR از وزن واحد  $1/6 \text{ gr/cm}^3$  برای دانه‌بندی‌های مختلف (ماسه ریز، ماسه درشت و ماسه خوب دانه‌بندی‌شده) در حالت خشک، و از تراکم ماکزیمم برای ماسه خوب دانه‌بندی‌شده در حالت ۱۰ درصد وزنی رطوبت استفاده شد. میزان الیاف ۲ درصد وزنی ماسه انتخاب گردید. شکل ۸، شکل ۹ و شکل ۱۰ به ترتیب نتایج آزمایش‌های CBR نمونه‌های مسلح‌شده و مسلح نشده ماسه ریزدانه، ماسه درشت‌دانه و ماسه خوب دانه‌بندی‌شده را نشان می‌دهند.



شکل ۸- نمودار تنش- مقدار نفوذ ماسه ریز مسلح‌شده و مسلح‌نشده با وزن واحد  $1/6 \text{ gr/cm}^3$ .

۲- نسبت مقاومت برشی نهایی (ماندگار) به مقاومت برشی حداکثر که هرچه این مقدار به ۱ نزدیکتر باشد در واقع شکل پذیری نمونه بیشتر است.

جدول ۱، شکل پذیری ماسه ریزدانه مسلح به درصدهای مختلف وزنی الیاف را در قالب ۶\*۶، نشان می‌دهد.

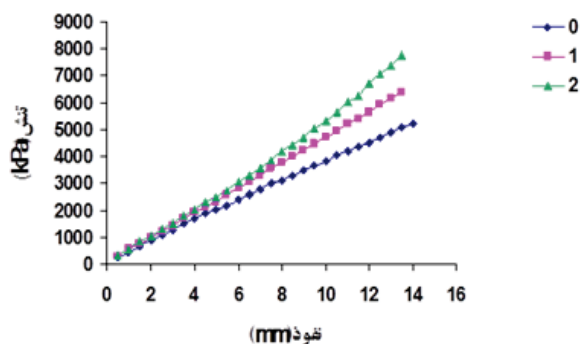
با توجه به جدول مربوط به داده‌های شکل پذیری، مشخص می‌شود که با افزایش درصد وزنی الیاف در ماسه ریزدانه کرنش لحظه گسیختگی و نسبت مقاومت برشی نهایی به مقاومت برشی حداکثر بیشتر می‌گردد که بیانگر افزایش شکل پذیری نمونه‌ها است. همچنین افزایش شکل پذیری تا ۳ درصد وزنی الیاف وجود

جدول ۱- داده‌های مربوط به بررسی شکل پذیری ماسه ریزدانه مسلح‌شده به درصدهای مختلف وزنی الیاف در قالب ۶\*۶.

درصد الیاف	کرنش برشی لحظه گسیختگی	مقاومت برشی حداکثر $(a) \text{ kPa}$	مقاومت برشی نهایی $kPa$ $(b)$	$b/a$
۰	۴/۱۷	۴۳/۳۳	۳۷/۷۷	۰/۸۷
۰/۲	۵	۴۷/۶۹	۴۲/۴۵	۰/۸۹
۰/۵	۵	۵۳/۳۲	۴۶/۴۰	۰/۸۹
۱	۷/۵	۵۸/۹۰	۵۴/۶۱	۰/۹۳
۲	۱۰	۷۵/۴۰	۶۷/۵۵	۰/۹۴
۳	۱۰/۸۳	۸۴/۶۳	۸۳/۰۹	۰/۹۸
۴	۹/۱۶	۷۸/۳۶	۷۰/۹۹	۰/۹۱

نمونه‌ها مشاهده نگردید (شکل ۱۰).

شکل (۱۱) نتایج آزمایش CBR انجام شده روی ماسه خوب دانه‌بندی شده متراکم مسلح و غیر مسلح را نشان می‌دهد. نمونه‌های مسلح شده شامل ۱ و ۲ درصد وزنی الیاف بوده و نمونه‌ها با درصد رطوبت بهینه (۱۰ درصد) متراکم شدند. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش درصد وزنی الیاف در ماسه خوب دانه‌بندی شده متراکم، CBR افزایش می‌یابد؛ چنانچه مخلوط شامل ۰، ۱ و ۲ درصد وزنی الیاف دارای CBR به ترتیب ۲۰، ۲۲ و ۲۴ درصد می‌باشد. البته مشاهدات آزمایش بیانگر لیز خوردن و لغزش الیاف در بین ریزدانه‌ها و مخصوصاً رس‌های مرطوب بود که از کارایی الیاف به نحو چشمگیری می‌کاهد؛ گواه این که، بعد از انجام آزمایش وقتی هنوز نمونه‌ها دارای ۱۰ درصد رطوبت بودند، الیاف از داخل نمونه با نیروی کمی بیرون آمد درحالی‌که پس از خشک شدن همان نمونه، الیاف به راحتی از داخل نمونه بیرون کشیده نمی‌شد.

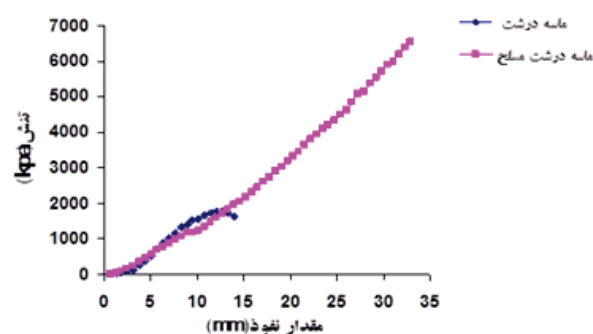


شکل ۱۱- نمودار تنش - مقدار نفوذ آزمایش CBR ماسه خوب دانه‌بندی شده مسلح شده و مسلح نشده در حالت متراکم.

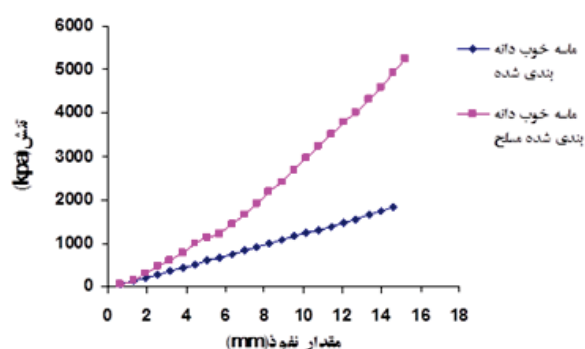
### آزمایش سه محوری

شکل‌های (۱۲ و ۱۳) منحنی‌های تنش- کرنش نمونه‌های مسلح و غیرمسلح آزمایش سه محوری ماسه ریز و ماسه درشت را نشان می‌دهد. نمونه‌های مسلح، شامل ۱ و ۲ درصد وزنی الیاف و دارای وزن واحد  $1/6 \text{ gr/cm}^3$  بودند و در این آزمایش‌ها، تنش همه‌جانبه  $100 \text{ kPa}$  بود.

با توجه به نمودارهای تنش-کرنش مشاهده می‌شود که با افزایش درصد وزنی الیاف در ماسه ریزدانه، مقاومت برشی افزایش می‌یابد؛ به طوری‌که نمونه‌های شامل ۰، ۱ و ۲ درصد وزنی الیاف به



شکل ۹: نمودار تنش - مقدار نفوذ ماسه درشت مسلح شده و مسلح نشده با وزن واحد  $1/6 \text{ gr/cm}^3$ .



شکل ۱۰- نمودار تنش - مقدار نفوذ ماسه خوب دانه‌بندی شده مسلح شده و مسلح نشده با وزن واحد  $6/1 \text{ gr/cm}^3$ .

همان‌طور که در نمودارها مشاهده می‌گردد، افزودن الیاف به ماسه ریزدانه، باعث کاهش CBR از  $11/3$  به  $7/5$  درصد شد. این در حالی است که CBR اصلاح نشده ماسه ریز و ماسه ریز مسلح به ترتیب برابر  $5/5$  و  $4$  بود. همچنین نمونه غیرمسلح در مقدار نفوذ حدود ۱۰ میلی‌متر و فشار محوری  $1594$  کیلوپاسکال گسیخته شد؛ درحالی‌که در نمونه مسلح شده به الیاف، گسیختگی مشاهده نگردید (شکل ۸). در ماسه درشت، افزودن الیاف به ماسه، باعث کاهش CBR اصلاح شده از  $11/4$  به  $8/5$  درصد شد این در حالی است که CBR اصلاح نشده ماسه درشت و ماسه درشت مسلح به ترتیب برابر  $5/2$  و  $5/4$  بود. همچنین نمونه غیرمسلح در مقدار نفوذ  $12/5$  میلی‌متر و فشار محوری  $1786$  کیلوپاسکال گسیخته شد و در نمونه مسلح شده به الیاف، گسیختگی رخ نداد (شکل ۹). در ماسه خوب دانه‌بندی شده، افزودن الیاف به ماسه باعث افزایش CBR از  $5/8$  به  $11$  درصد شد. این پدیده را می‌توان به علت درگیر شدن بهتر الیاف در لابه‌لای دانه‌ها دانست. در هر دو نمونه مسلح نشده و مسلح شده ماسه خوب دانه‌بندی شده گسیختگی در



### ۵- نتیجه‌گیری

با تحلیل مباحث مطرح‌شده مهم‌ترین نتایج و دستاوردهای تحقیق حاضر به شرح زیر ارائه می‌گردد.

۱- ماسه در انواع مختلف ریز، درشت، بد دانه‌بندی‌شده و خوب دانه‌بندی‌شده (رس‌دار)، بعضاً همراه با شن و رس، نوع خاک غالب پهنه مورد مطالعه بوده و به‌طور گسترده در تمام سطح و عمق نوار ساحلی دریای خزر وجود دارد.

۲- نتایج آزمایش در قالب‌های ۶\*۶ و ۱۰\*۱۰ سانتیمتر نشان داد که با اضافه نمودن الیاف در ماسه، مقاومت برشی برای ماسه درشت و ماسه خوب دانه‌بندی‌شده، افزایش یافته و برای ماسه ریز، ۳ درصد وزنی الیاف، بیشترین مقاومت برشی را در مخلوط ایجاد می‌کند و درصد‌های بالاتر از آن باعث کاهش مقاومت برشی می‌شود. همچنین در شرایط یکسان، هرچه اندازه نمونه بزرگتر باشد، مقاومت برشی ماسه مسلح شده کمتر خواهد بود.

۳- با اضافه نمودن الیاف در ماسه اتساع نمونه‌ها افزایش یافته و در ماسه چسبندگی ایجاد می‌شود.

۴- با افزایش درصد وزنی الیاف در ماسه ریز، کرنش لحظه گسیختگی و نسبت مقاومت برشی نهایی به مقاومت برشی حداکثر، بیشتر شد که بیانگر افزایش شکل‌پذیری نمونه‌ها است. همچنین افزایش شکل‌پذیری تا ۳ درصد وزنی الیاف ادامه داشت و درصد وزنی بیشتر از آن باعث کاهش شکل‌پذیری گردید.

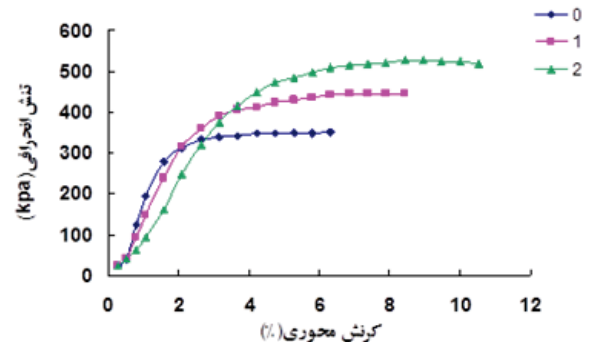
۵- افزودن الیاف به ماسه ریز و ماسه درشت در وزن واحد  $6/1 \text{ gr/cm}^3$  باعث کاهش CBR شد. همچنین نمونه‌های غیرمسلح ماسه ریز و ماسه درشت در فشار محدودی گسیخته شدند، در حالی که در نمونه مسلح‌شده به الیاف، گسیختگی مشاهده نگردید

۶- در ماسه خوب دانه‌بندی‌شده با وزن واحد  $6/1 \text{ gr/cm}^3$  افزودن الیاف به ماسه باعث افزایش CBR گردید و در هیچ‌کدام از دو نمونه مسلح و غیرمسلح ماسه خوب دانه‌بندی‌شده، گسیختگی مشاهده نشد.

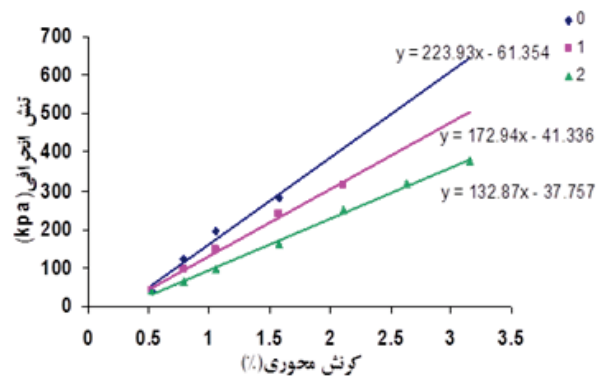
۷- با افزایش درصد وزنی الیاف در ماسه ریز و ماسه درشت، مقاومت برشی، افزایش و مدول الاستیسیته، کاهش می‌یابد. ماسه ریز بهتر از ماسه درشت مسلح می‌شود و کاهش مدول الاستیسیته در اثر اضافه نمودن الیاف به ماسه درشت، بیشتر از ماسه ریز است.

ترتیب دارای مقاومت برشی ۳۵۱، ۴۴۶ و ۵۲۷ کیلوپاسکال بودند. همچنین با افزایش درصد وزنی الیاف در ماسه ریزدانه مدول الاستیسیته کاهش می‌یابد به‌گونه‌ای که مدول الاستیسیته نمونه‌های شامل ۰، ۱ و ۲ درصد وزنی الیاف، به ترتیب ۲۲/۴، ۱۷/۳، ۱۳/۳، مگاپاسکال بود.

در ماسه درشت، با افزایش درصد وزنی الیاف، مقاومت برشی افزایش یافته و نمونه‌ها با اختلاط ۰، ۱ و ۲ درصد وزنی الیاف مسلح‌کننده، به ترتیب دارای مقاومت برشی ۴۰۴، ۴۱۷ و ۴۸۵ کیلوپاسکال بودند. همچنین با افزایش درصد وزنی الیاف در ماسه درشت، مدول الاستیسیته کاهش یافت، طوری که مدول الاستیسیته نمونه‌های شامل ۰، ۱ و ۲ درصد وزنی الیاف به ترتیب مشابه نتایج آزمایش برش مستقیم، ماسه ریزدانه بهتر از ماسه درشت مسلح‌شده و کاهش مدول الاستیسیته در اثر اضافه نمودن الیاف به ماسه درشت بیشتر از ماسه ریزدانه است.



شکل ۱۲- نتایج آزمایش سه محوری برای ماسه ریزدانه مسلح‌نشده و مسلح‌شده با ۱ و ۲ درصد وزنی الیاف.



شکل ۱۳- نمودار تنش انحرافی - کرنش محوری جهت بررسی مدول الاستیسیته ماسه ریزدانه مسلح‌نشده و مسلح‌شده با ۱ و ۲ درصد وزنی الیاف.

## ۶- مراجع

۱۰. لوحی، ب، دهقانی، م، تعیین پتانسیل روانگرایی بستر ساحلی منطقه بندرعباس، یازدهمین کنفرانس دانشجویان عمران سراسر کشور CESC 2004، دانشگاه هرمزگان، ۱۳۸۳.
11. K. K. Phoon and F. H. Kulhawy, "On Quantifying Inherent Soil Variability," *Uncertainty in the Geologic Environment (GSP)*, ASCE, vol. 58, pp. 326-340, 1996.
12. J. H. Kim, "Improvement of Geotechnical Site Investigation Via Statistical Analyses and Simulation; In Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Doctor of Philosophy," School of Civil and Environmental Engineering, Georgia Institute of Technology, 2011.
13. D. H. Gray and H. Ohashi, "Mechanics of Fiber Reinforced in Sands," *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE, vol. 109, no. 3, pp. 335-353, 1983.
14. D. H. Gray and T. Al-Refaei, "Behavior of Fabric Versus Fiber Reinforced Sand," *Journal of Geotechnical Engineering*, vol. 112, no. 8, pp. 809-820, 1986.
15. M. H. Maher and D. H. Gray, "Static Response of Sands Reinforced with Randomly Distributed Fibers," *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE, vol. 116, pp. 1661-1677, 1990.
16. Benson, H; Khire, V; Reinforcing Sand with Strip of Reclaimed High-density Polyethylene; *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE; Vol.120, 838-855, (1994).
17. C. Consoli et al, "Engineering Behaviour of Randomly Distributed Fiber Reinforced Cemented Soil," *Recent Development in Soil and Pavement Mechanics*, Admedia(ed.), Balkema, 1997.
18. S. L. Webster and R. L. Santoni, "Contingency Airfield and Road Construction Using Geosynthetic Fiber Stabilization of Sands," Tech. Rep. GL-97-4, US Army Engr. Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS., 1997.
19. J. Li and D. W. Ding, "Nonlinear Elastic Behaviour of Fiber-reinforced Soil Under Cyclic Loading," *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, vol. 22, pp. 977-983, 2002.
20. R. L. Michalowski and J. Cermak, "Strength Anisotropy of Fiber-reinforced Sand," *Computers and Geotechnics*, vol. 29, pp. 279-299, 2002.
21. J. Khedari and P. Watsanasathaporn, "Development of Fiber-based Soil-cement Block with Low Thermal Conductivity," *Cement and Concrete Composites*, 2004.
۱. کشیری دینکی، ا، بررسی خصوصیات ژئوتکنیکی ماسه‌های سواحل جنوبی خزر، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه مازندران، ۱۳۸۲.
۲. اکبرزاده کاسانی، ح، پروفیل عمومی خاک رشت و تعیین پارامترهای مشخصه خاک ریزدانه موجود- ارائه مدل رفتاری بر مبنای تئوری حالت بحرانی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه گیلان، ۱۳۸۰.
۳. فتاح‌زاده، س، بررسی رفتار و تعیین ویژگی‌های ماسه انزلی با استفاده از آزمایش‌های سه‌محوری، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه گیلان، ۱۳۸۰.
۴. آصفی، ا، مطالعه ماسه بندرانزلی به کمک نتایج آزمایشات تست‌های درجا و تانک شفاف، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه گیلان، ۱۳۸۵.
۵. همتی، افشین، دلیری، مسعود، مطالعه موردی مسائل اجرایی و بهره‌برداری ابنیه احداث‌شده در آبرفت‌های اشباع شمال ایران، چهارمین همایش بین‌المللی مهندسی ژئوتکنیک و مکانیک خاک ایران، تهران، ۱۳۸۹.
۶. حداد، ع، تقدیسی، م. ه، مقایسه ارزیابی پتانسیل روانگرایی با روش‌های مقاومت نفوذ استاندارد (SPT) و اندازه‌گیری سرعت موج برشی ( $V_s$ ) در شهرستان بابلسر، نهمین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ۱۳۹۱.
۷. بابکان، سولماز، مطالعه و پهنه‌بندی خطرات ژئوتکنیکی در نوار ساحلی دریای مازندران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ۱۳۸۵.
۸. گتمیری، بهروز و سایر، پهنه‌بندی ژئوتکنیکی کیفیت توانمندی خاک منطقه ساحلی شمال (گیلان- مازندران - گلستان) به کمک تست‌های درجا و آزمایشگاهی، چهارمین همایش بین‌المللی مهندسی ژئوتکنیک و مکانیک خاک ایران، تهران، ۱۳۸۹.
9. O. Sivrikaya and E. Togrol, "Determination of Undrained Strength of Fine-Grained Soils by Means of SPT and It's Application," *Engineering Geology*, Elsevier, vol. 86, pp. 52-69, 2006.

22. R. Mattone, "Sisal Fiber Reinforced Soil with Cement or Cactus Pulp in Bahareque Technique," *Cement & Concrete Composites*, vol. 27, pp. 611-616, 2005.

۲۳. درزی، م، اثر فایبرهای خم شده بر پارامترهای مقاومتی ماسه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۸۳.

۲۴. کاظمی، جلال، بررسی ویژگی‌های خاص ژئوتکنیکی زمین‌های ساحلی شمال ایران و بیان رفتار آنها، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۹۱.

۲۵. کاظمی، جلال و سایر، بررسی ویژگی‌های خاص ژئوتکنیکی زمین‌های ساحلی شمال ایران، مشکلات اجرایی و راهکارها، دومین کنفرانس ملی سازه- زلزله- ژئوتکنیک، مازندران، بابلسر، ۱۳۹۱.

۲۶. کاظمی، جلال و سایر، بررسی ویژگی‌های ژئوتکنیکی زمین‌های ساحلی شمال ایران و روند تغییرات آنها در سطح و عمق با تکیه بر داده‌های SPT و جنس خاک، هفتمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ۱۳۹۲.

## Improvement of Military Roadbed with Tiny Wastes of Rubber Factory in Gravely and Sandy Lands

Jalal Kazemi<sup>1</sup>

Parviz Rafati<sup>2</sup>

### Abstract

By increasing progress of geotechnical studies, improvement of mechanical properties of soils to make them able enough for civil and geotechnical projects demands new materials. Tiny wastes of rubber factory could be regarded as a proposal. Having importance of military roads in providing access to the special positions and facilitating transmission of equipment on one hand, and frequent gravely and sandy soils sometimes with clay in most areas special in coastal areas on the other hand, improvement necessity of this types of soil as sub-base of military roads, would be more outstanding. This study specifically deals with investigation of geotechnical properties of northern coastal lands of Iran at first, to assess gender of soil layer and also evaluate physical and mechanical parameters of soil by investigating geotechnical characteristics and general characteristics that affect regional geotechnic. By the way, the stratum and soil type of layers of the study area, groundwater condition, physical and mechanical characteristics and also their range of variability were investigated. Field studies and exploratory boreholes in the northern coastal strip of Iran showed that dominant soil types of the study area are sand and gravel occasionally with clay, and different kinds of sand are widely available in shallow depths which are significant as sub-base of military roads. These all indicate the importance of improvement and reinforcement of sandy soil. Polymer fibers which are tiny wastes of rubber factory were utilized as additional material to reinforce the soil in the study and stress-strain behavior, shear strength, plasticity and elasticity modulus of the mixed reinforced soil and accordingly improvement of military roads sub-base were investigated. Regarding to find the best weight percent of fibers in the soil to eventuate the most shear strength, plasticity and elasticity modulus of fiber-reinforced soil, results of direct shear test, CBR and tri-axial test were analyzed and consequently the important conclusions and achievements of noteworthy additional reinforcing materials in soil improvement were categorized and presented. Reinforcing sand by fibers, increase shear strength and plasticity of coarse and well-graded sand but in fine sand this increment were kept on only up to 3% of additional fibers and further amount of fibers led to decrease shear strength and plasticity. Also the results indicate that adding fibers would increase dilatancy and create cohesion in sand. According to CBR test results well-graded sand showed better operation than coarse and fine sand by reinforcing with fibers.

**Key Words:** *Coastal lands, Sandy and gravely soil, Improvement and reinforcement, Tiny wastes of rubber factory, Laboratory tests.*

---

1- MSc of Geotechnical Engineering Isfahan University of Technology (kazemijalal@ymail.com) - Writer-in-Charge

2- M.S Candidate of Imam Hussein Comprehensive University