

تأثیر الیاف بازالت و پلی پروپیلن بر مقاومت فشاری محدودنشده خاک رسی

تثبیت شده با سیمان

سیدهدادی سهل آبادی، دانشجوی دکتری، گروه عمران، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران

میثم بیات (مسئول مکاتبات)، استادیار، گروه عمران، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران

محسن موسیوند، استادیار، گروه عمران، واحد گنبد کاووس، دانشگاه آزاد اسلامی، گنبد کاووس، ایران

محسن سعادت، استادیار، گروه عمران، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران

E-mail: bayat.m@pci.iaun.ac.ir

پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۰۲

دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۰۵

چکیده

با وجود مطالعات گسترده صورت گرفته در زمینه تثبیت شیمیایی معمولی با استفاده از سیمان، آهک، خاکستر بادی و غیره، تاکنون پژوهش‌های محدودی در مورد مقایسه رفتار مکانیکی خاک‌های تثبیت‌شده با سیمان و انواع مختلف الیاف انجام شده است. استفاده از الیاف در خاک فرصت‌های جدیدی را برای بهبود خصوصیات شکل‌پذیری و مقاومتی خاک‌های ضعیف و نرم فراهم می‌کند. هدف اصلی از این تحقیق، بررسی تأثیر زمان عمل‌آوری، میزان رطوبت اولیه و درصد الیاف پلی پروپیلن (PPF) یا الیاف بازالت (BF) با یا بدون افزودن سیمان بر مقاومت فشاری محدودنشده (UCS) خاک رس است. نسبت‌های مختلفی از PPF یا BF با یا بدون سیمان به خاک رس اضافه شده و تأثیر آنها بر UCS مورد ارزیابی قرار گرفته شده است. نتایج این مطالعه نشان داد که افزودن سیمان، PPF یا BF به خاک باعث افزایش قابل توجه مقاومت می‌شود. این افزایش برای تثبیت با سیمان برابر با ۱۴۴ درصد، و همچنین برای تسلیح با الیاف PPF و BF به ترتیب برابر با ۱۲۰ و ۷۲ درصد بدست آمد. همچنین مشاهده شد مقاومت نمونه‌های تقویت‌شده با PPF برای یک درصد خاص از الیاف، در حدود ۵ برابر بیشتر از نمونه‌های تقویت‌شده با BF است. با افزایش مقدار سیمان و زمان عمل‌آوری، مقاومت نمونه‌ها منجر به افزایش این مقاومت تا حدود ۸۰ درصد گردید. با این حال، کرنش محوری در لحظه گسیختگی برای نمونه‌های تثبیت‌شده با سیمان با افزایش زمان عمل‌آوری به میزان ۲۶ درصد کاهش یافت. علاوه بر این، ترکیب PPF یا BF با سیمان موجب افزایش بیشتر مقاومت تک‌محوری نسبت به حالت‌های جداگانه الیاف و سیمان تا ۷ درصد گردید.

واژگان کلیدی: الیاف بازالت، الیاف پلی پروپیلن، سیمان، تثبیت خاک رس، مقاومت فشاری محصورنشده

۱. مقدمه

را می‌توان با افزودنی‌هایی مانند الیاف بهبود بخشید [Shihata and Baghdadi, 2001]. با این حال، ترکیب خاک و سیمان و یا خاک و آهک منجر به افزایش سختی خاک شده و رفتاری شکننده در آن ایجاد می‌نماید. جهت افزایش شکل پذیری خاک تثبیت شده با سیمان، بسیاری از تحقیقات و مطالعات منتشر شده در ادبیات مهندسی، استفاده از الیاف را پیشنهاد نموده‌اند [مقدس و همکاران، ۱۳۹۸؛ محمدی و توفیق، ۱۳۹۵]. برخی از تحقیقات صورت پذیرفته در این زمینه، تأثیرات مفید الیاف را بر رفتار مکانیکی [Mirzababaei et al., 2018; Shihata and Baghdadi, 2001] مقاومت کششی [Zaimoglu, 2010]، انعطاف پذیری [Freitag, 1986]، خصوصیات دینامیکی [Kravchenko et al., 2019] و مقاومت در برابر روانگرایی [Kravchenko et al., 2019] اثبات کرده‌اند. اسماعیلی و قلعه‌نوی در مطالعه خود بر روی اثرات الیاف نخل خرما و آهک به این نتیجه رسیدند که الیاف بکار رفته در تثبیت خاک موجب کاهش ترک خوردگی روسازی شد. این در حالی است که این الیاف موجب کاهش سختی خاک گردید [اسماعیلی و قلعه‌نوی، ۱۳۹۱]. با بررسی اثرات تثبیت خاک با استفاده از ترکیب سیمان و الیاف نخل خرما توسط کاووسی و صائبی مشاهده گردید که درصد بهینه الیاف حدود ۰.۵٪ بوده که در این درصد موجب افزایش قابل ملاحظه مقاومت کششی خاک تثبیت شده گردیده است. آنها نشان دادند که این الیاف نقش موثری بر مقاومت فشاری نمونه‌ها نداشته است [کاووسی و صائبی، ۱۳۹۵]. مقدس و همکاران در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که حضور الیاف مصنوعی پلی‌پروپیلن به خاک و مخلوط خاک-سیمان سبب افزایش مقاومت کششی و فشاری بیشینه می‌شود [مقدس و همکاران، ۱۳۹۸]. مقدار مصرف بهینه این الیاف در خاک ماسه‌ای تثبیت شده با این الیاف طبق تحقیقات قربانی و سلیم‌زاده شوئیلی ۰.۲٪ ارائه گردید. نتایج تحقیق آنها نشان داد که با افزایش مقدار الیاف پلی‌پروپیلن از ۰.۲٪ بیشتر، موجب کاهش مقاومت فشاری نمونه می‌شود [قربانی و سلیم‌زاده

سالهای زیادی است که جهت بهسازی خاک از روش‌های مختلفی مانند تثبیت با سیمان و آهک برای بهبود رفتارهای مکانیکی خاک‌های ضعیف یا نرم استفاده می‌شود. خاک‌های ضعیف یا نرم با تغییر شکل‌های نامتقارن، تراکم‌پذیری بالا و مقاومت کم منجر به مشکلاتی برای سازه‌های مهندسی عمران خواهند شد [Al Adili et al., 2012; Asgari, Baghebanzadeh Dezfuli and Bayat, 2015; Bayat, Asgari and Mousivand, 2013]. علاوه بر سیمان و آهک، از الیاف طبیعی یا مصنوعی برای اصلاح خاک-های ضعیف یا نرم برای افزایش مقاومت خاک، تقویت خاصیت هیدرولیکی خاک، کاهش فرسایش خاک سطحی، تورم و پتانسیل تراکم‌پذیری استفاده می‌شود [Anagnostopoulos et al., 2013; Gao et al., 2015; Ndepete and Sert, 2016; Puppala and Musenda, 2000; Tomar, Sharma and Singh, 2020; Zaimoglu, 2010]. انتخاب و اثربخشی روش‌های بهسازی خاک به نوع خاک (خصوصیات فیزیکی، شیمیایی یا مهندسی) و همچنین نوع پروژه بستگی دارد. با این وجود، آگاهی از رفتار فیزیکی و مکانیکی خاک تثبیت شده و نشده تأثیر مهمی در انتخاب روش تثبیت دارد. تثبیت با سیمان یک روش بهسازی متعارف خاک برای کاربردهای مهندسی عمران به شمار می‌رود که موجب افزایش پیوند سیمانی بین ذرات و موجب کاهش فضای خالی منافذ بین ذرات خاک می‌شود. مطالعات قبلی نشان داده است که پیوند سیمانی بین ذرات خاک توسط مواد مختلف چسبنده مانند سیمان می‌تواند منجر به بهبود رفتار مقاومت برشی و مقاومت خمشی خاک شود [Aryal and Kolay, 2020; Bayat, Asgari and Mousivand, 2013; Ghadir and Ranjbar, 2018]. در بسیاری از مطالعات پیشین، سیمان به عنوان ماده شیمیایی مناسبی در جهت تثبیت خاک پیشنهاد شده است [Ghadir and Ranjbar, 2018; Shihata and Baghdadi, 2001]. مقاومت خمشی مواد تثبیت‌شده با سیمان

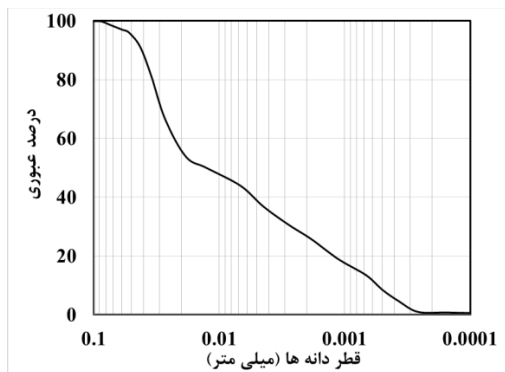
تأثیر الیاف بازالت و پلی پروپیلن بر مقاومت فشاری محدود نشده خاک رسی تثبیت شده با سیمان

ویژگی‌های ژئوتکنیکی رسوبات مخزن تثبیت شده با سیمان، خاکستر بادی و الیاف با استفاده از آزمایش مقاومت فشاری محدود نشده نشان می‌دهد که ترکیب مواد مخزنی، خاکستر بادی و خاک رس به ترتیب با نسبت ۱:۶:۱۲ با افزودن ۰/۲ درصد الیاف، گزینه مناسبی برای مصالح زیراساس در ساخت روسازی جاده است [Sharma, 2018]. پاره‌ای از تحقیقات گذشته نشان داده است که افزودن الیاف باعث بهبود خصوصیات دینامیکی و افزایش ظرفیت جذب انرژی می‌شود [Ma and Gao, 2018]. دوام خاک کائولین تثبیت شده با سیمان و الیاف پلی پروپیلن را در برابر سیکل‌های تر و خشک‌شدگی و همچنین ذوب و یخبندان نشان می‌دهد که نمونه حاوی ۱۰ درصد سیمان و ۰/۵ درصد فیبر نسبت به سایر نمونه‌ها مقاومت و دوام بیشتری در برابر چرخه‌های مرطوب و خشک شدن یا ذوب و یخبندان دارد [Aryal and Kolay, 2020].

الیاف بازالت یک ماده مصنوعی جدید است که به لحاظ بیولوژیکی غیرفعال بوده و سازگار با محیط زیست است. این نوع از الیاف از خواص فیزیکی بهتر، مقاومت کششی بیشتر و مقرون به صرفه‌تری نسبت به سایر الیاف‌ها برخوردار هستند [Lv et al., 2019]. تا کنون الیاف بازالت در پروژه‌های مختلفی از مهندسی عمران از جمله تسلیح خاک، مواد کامپوزیت، بتن و آسفالت مورد استفاده قرار گرفته است [Tanzadeh et al., 2019; Zhang et al., 2016]. ال وی و همکاران نشان دادند که گنجاندن الیاف بازالت باعث افزایش پارامترهای مقاومت برشی ماسه سیمانی، مقاومت پسماند و کرنش حداکثر می‌شود [Lv et al., 2019]. وانگ و همکارانش تأثیر الیاف بازالت بر رفتار مکانیکی و ریزساختار کائولینیت سیمانی شده را بررسی کردند. آنها دریافتند که الیاف بازالت در تقویت مقاومت و بهبود شکل‌پذیری تأثیر بسزایی دارد و باعث بهبود ضعف شکنندگی نمونه‌های سیمانی و بدون سیمان می‌شود [Wang et al., 2020].

شوئیلی، [۱۳۹۷]. پوپالا و موسندا, Puppala and Musenda, [2000] نشان دادند که با افزایش مقدار الیاف تا ۹ درصد، پتانسیل تورم خاک‌های رسی با پلاستیسیته زیاد افزایش می‌یابد، زیرا الیاف منجر به توزیع بهتر رطوبت در توده خاک می‌شوند. تاکنون بسیاری از محققان تأثیر الیاف پلی پروپیلن در تثبیت خاک اتساعی را مطالعه کرده‌اند. به عنوان مثال، کنسولی و همکاران [Consoli et al., 2002] اثر الیاف پلی پروپیلن را بر مقاومت برشی و سختی ماسه ریزدانه با استفاده از آزمایش سه‌محوری بررسی کردند. آنها گزارش دادند که افزایش مقدار الیاف پلی پروپیلن باعث افزایش مقاومت حداکثر و همچنین افزایش مقاومت برشی پسماند خاک می‌شود، در حالی که تقریباً روی سختی آن بی‌اثر است. آزمایش‌های برش مستقیم و مقاومت فشاری محدود نشده بر روی نمونه‌های تسلیح شده با الیاف بدون سیمان با زمان عمل‌آوری ۷، ۱۴ یا ۲۸ روز نشان داده است که استفاده از الیاف پلی پروپیلن در نمونه‌ها با و بدون سیمان، مقاومت فشاری محدود نشده، پارامترهای مقاومت برشی، فشار محوری در لحظه گسیختگی و شکل‌پذیری را به طور قابل توجهی بهبود می‌بخشد [Tang et al., 2007]. آنها دریافتند که مقدار بهینه الیاف برابر با ۰/۲۵ درصد است. با این وجود، نتایج نشان می‌دهد که اضافه کردن الیاف به نمونه‌های خاک موجب کاهش سختی خاک شده است. تحلیل نتایج با استفاده از عسکبرداری میکروسکوپ الکترونی (SEM) نشان داده است که مقاومت باند و مقاومت اصطکاک در بین لایه‌های الیاف خاک مهمترین عامل بهبود تسلیح خاک است. بررسی تأثیر طول الیاف و اثر مقدار الیاف بر روی مقاومت فشاری محدود نشده خاک رس تسلیح شده نشان می‌دهد که مقدار الیاف برابر با مقدار ۰/۳ درصد برای کل طول‌های الیاف مورد استفاده، مقدار بهینه است [Jiang, Cai and Liu, 2010]. مطالعه‌های دیگر نشان می‌دهد که افزودن الیاف پلی پروپیلن، مقاومت فشاری محدود نشده را افزایش می‌دهد و این میزان با حداکثر الیاف ۰/۲ درصد به مقدار حداکثر رسیده است [Ding et al., 2018]. بررسی

مرحله اول در این مطالعه، جمع آوری خاک از محل پروژه واقع در شمال غربی شهر دولت آباد (در شمال اصفهان، ایران) بوده است. طبق سیستم طبقه‌بندی یونیفاید (USCS)، این خاک به عنوان خاک رسی با خاصیت خمیری کم (CL) تعریف شده است. منحنی توزیع اندازه دانه و خصوصیات ژئوتکنیکی خاک به ترتیب در شکل ۱ و جدول ۱ آورده شده است.



شکل ۱. منحنی دانه‌بندی خاک

جدول ۱. مشخصات ژئوتکنیکی خاک مورد مطالعه

پارامتر	مقدار
حد روانی (%)	۳۵
حد خمیری (%)	۲۷
شاخص خمیری	۸
وزن مخصوص خشک ماکزیم (kN/m ³)	۱۶/۴
درصد رطوبت بهینه	۱۶
چگالی ویژه ذرات خاک	۲/۶۹
درصد عبوری از الک ۲۰۰	۹۸
نوع خاک در سیستم متحد	CL
نوع خاک در سیستم آشتو	A-4

حدود اتربرگ خاک ۳۰ دقیقه پس از افزودن سیمان به توده خاک مطابق با استاندارد ASTM D4318 اندازه‌گیری شده است. حد مایع (LL)، حد خمیری (PL) و شاخص خمیری (PI) نمونه‌های خاک تثبیت‌شده در مقابل میزان سیمان در شکل ۲ نشان داده شده است. همانطور که در نتایج مشاهده می‌شود، در ابتدا LL با افزودن سیمان تا میزان ۳ درصد افزایش یافته و بعد از آن با افزایش بیشتر مقدار سیمان، LL بتدریج کاهش می‌یابد.

فصلنامه مهندسی حمل‌ونقل / سال چهاردهم / شماره سوم (۵۶) / بهار ۱۴۰۲

در مقالات استناد شده در مورد الیاف مصنوعی (به عنوان مثال پلی‌پروپیلن، پلی‌استر، شیشه و بازالت)، درصدهای الیاف از ۰/۵ درصد تا ۴ درصد وزنی و طول الیاف از حدود ۳ میلی‌متر تا ۵۰ میلی‌متر بررسی شده‌اند. با این حال، بیشتر این مطالعات بر روی خاک‌های بهسازی شده با مقدار الیاف کمتر از ۱ درصد متمرکز بوده است. از طرف دیگر اگرچه تلاش‌های زیادی بر روی ترکیبات مختلف سیمان، آهک و الیاف شده است، اما تعداد کمی از این مطالعات برای مقایسه رفتار مکانیکی خاک تثبیت‌شده با الیاف مختلف پرداخته‌اند.

با توجه به این موضوع که خاک‌های رسی سست توان باربری کافی در برابر بارهای وارده را ندارند، نیاز به تثبیت در آنها امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. با این حال، استفاده از سیمان به تنهایی علی‌رغم افزایش مقاومت فشاری خاک تثبیت شده، موجب کاهش شکل‌پذیری آن می‌شود. به این منظور جهت بهبود رفتار شکل‌پذیری خاک تثبیت شده با سیمان و همچنین بررسی رفتار خاک بکر، در این مطالعه به اصلاح این خاک با استفاده از الیاف‌های پلی‌پروپیلن و بازالت پرداخته شد.

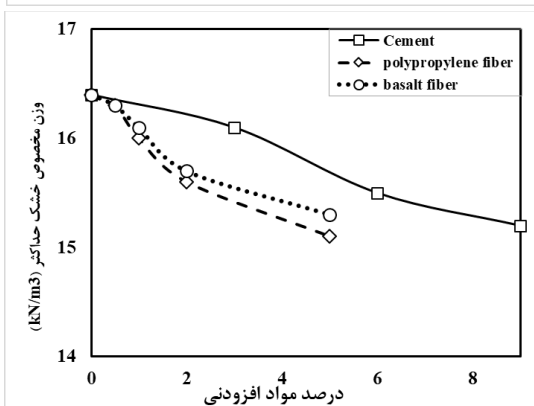
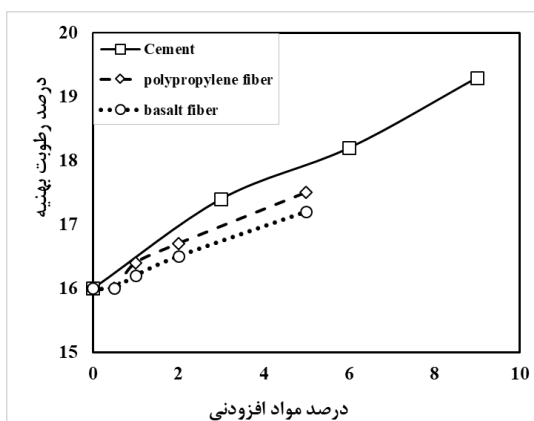
۲. مواد و روش‌ها

آزمایش مقاومت فشاری محدودنشده یکی از روش‌های آزمایشگاهی ساده برای تعیین مقاومت فشاری محدودنشده خاک‌های چسبنده، روسازی راه‌ها و خاک‌های تثبیت‌شده است. در این تحقیق، آزمایشات مقاومت فشاری محدودنشده بر روی نمونه‌های سیمانی و بدون سیمان مطابق استاندارد ASTM D2166 (روش آزمایش استاندارد برای تعیین مقاومت فشاری محدودنشده خاک‌های چسبنده) انجام شده است. طبق استاندارد اشاره شده، افزایش بار محوری با نرخ کرنش ثابت ۱ درصد کرنش در دقیقه اعمال شده است و نمونه‌ها تا رسیدن به مقدار تنش حداکثر بارگذاری شده‌اند.

۱-۲ خاک مورد استفاده

تأثیر الیاف بازالت و پلی پروپیلن بر مقاومت فشاری محدود نشده خاک رسی تثبیت شده با سیمان

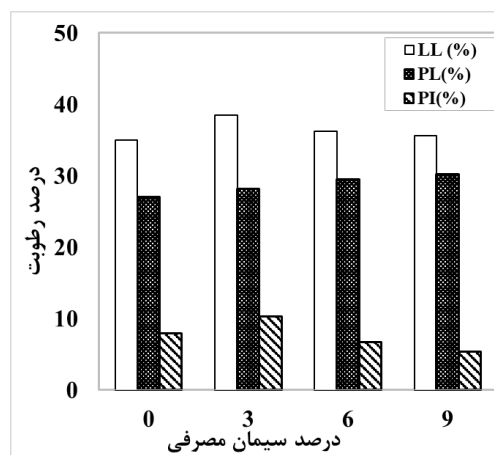
مقدار	پارامتر
۶۰/۴	CaO (%)
۱۵/۹	SiO ₂ (%)
۹/۵	Al ₂ O ₃ (%)
۶/۴	SO ₃ (%)
۴/۱	Fe ₂ O ₃ (%)
۰/۹	MgO (%)
۰/۷	K ₂ O (%)
۰/۱	TiO ₂ (%)



شکل ۳. تغییرات مقاومت فشاری حداکثر و درصد رطوبت بهینه تابعی از میزان افزودنی های خاک

نتایج آزمایش های تراکم پروکتور استاندارد در شکل ۳ برای هر دو نمونه تقویت شده با سیمان و تقویت شده با الیاف ارائه شده است. از نتایج می توان دریافت که با افزودن میزان سیمان یا الیاف به نمونه خاک، حداکثر وزن مخصوص خشک کاهش و رطوبت بهینه افزایش یافته است.

همچنین PL با افزایش مقدار سیمان اندکی افزایش می یابد. در نتیجه، در ابتدا PI افزایش می یابد و بعد از آن با افزایش مقدار سیمان، PI کاهش می یابد. در این مطالعه، مقدار الیاف پلی پروپیلن یا بازالت بین ۰ تا ۵ درصد وزنی (نسبت وزنی الیاف به خاک خشک) استفاده شده است. دلیل انتخاب این محدوده بر اساس مطالعات منتشر شده گذشته است. خصوصیات فیزیکی و مکانیکی الیاف پلی پروپیلن و بازالت در جدول ۲ ارائه شده است. در مطالعه حاضر از سیمان پرتلند نوع II با مشخصات فیزیکی و شیمیایی موجود در جدول ۳ استفاده شده است. آزمایشات تراکم پروکتور استاندارد جهت تعیین اثرات سیمان با الیاف (پلی - پروپیلن یا بازالت) با حداکثر وزن مخصوص خشک (MDD) و درصد رطوبت بهینه (OMC) انجام شد.



شکل ۲. دامنه تغییرات حدود اتربرگ تابعی از تغییرات میزان سیمان

جدول ۲. مشخصات الیاف مورد استفاده در آزمایشها

پارامتر	الیاف بازالت	الیاف پلی پروپیلن
چگالی (g/cm ³)	۲/۶۱	۰/۹۱۵
مدول الاستیک (GPa)	۹۵	۵/۵۱
مقاومت کششی (MPa)	۳۰۰۰	۶۸۰

جدول ۳. مشخصات فیزیکی و شیمیایی سیمان بکار رفته

پارامتر	مقدار
چگالی نسبی ذرات	۳/۱۴
سطح ویژه (m ² /kg)	۳۲۰

۲-۲ مواد اضافه شده

در مطالعه حاضر، پنج گروه از نمونه‌ها مطابق جدول ۴ تهیه شده‌اند. نمونه تثبیت‌شده با سیمان به صورت ترکیبی از خاک رس، سیمان و آب، نمونه‌های تسلیح‌شده با الیاف ترکیبی از خاک رس، الیاف پلی‌پروپیلن یا بازالت و آب و در نهایت نمونه تسلیح‌شده با الیاف و سیمان ترکیبی از خاک رس، سیمان، الیاف پلی‌پروپیلن یا بازالت و آب.

جدول ۴. مشخصات گروه‌های مورد آزمایش

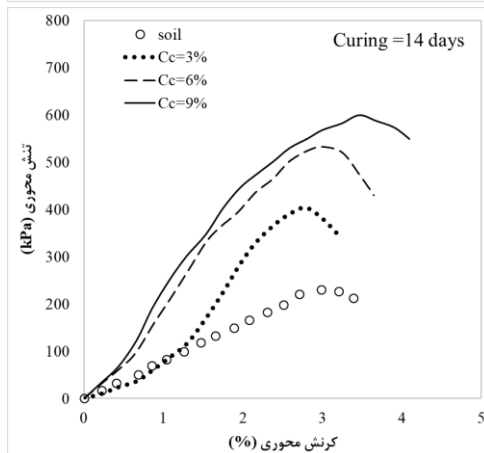
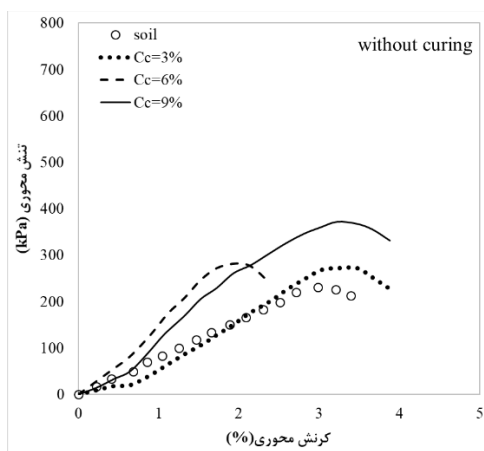
زمان عمل آوری CT, (Days)	مقدار سیمان Cc (%)	مقدار الیاف بازالت Cbf, پروپیلن Cpf (%)	مقدار الیاف پلی
۰, ۱۴, ۲۸, ۶۰	۰, ۳, ۶, ۹	۰	۰
۰	۰	۰, ۱, ۵, ۱۰, ۲۰	۰
۰	۰	۰	۰

برای آزمایش‌های فشاری محدودنشده، از نمونه‌های استوانه‌ای با ارتفاع و قطر به ترتیب ۱۰۰ میلی‌متر و ۵۰ میلی‌متر استفاده شده است. برای تهیه هر نمونه ابتدا خاک برای حداقل ۲۴ ساعت با دمای ۱۱۰ درجه سانتیگراد خشک شده و سپس مقادیر مشخصی از الیاف یا سیمان کاملاً با خاک خشک مخلوط شده و آب مقطر برابر با مقدار بهینه برای مخلوط کردن کامل آن اضافه شده است. تمام نمونه‌ها در رطوبت بهینه به دست آمده از آزمایش‌های تراکم ساخته شده و حداقل ۱۲ ساعت در دمای محیط مهر و موم شدند تا از توزیع یکنواخت رطوبت در داخل نمونه اطمینان حاصل شود. برای تهیه نمونه‌ها از روش ساخت کوبش مرطوب که اغلب در تهیه نمونه در آزمایشگاه استفاده می‌شود، بهره گرفته شده است [Bayat and Ghalandarzadeh, 2019]. این روش قدیمی‌ترین روشی است که می‌تواند بافت خاک تسلیح‌شده متراکم‌شده را مدل‌سازی کند و نمونه‌هایی با کمترین تراکم تا متراکم‌ترین حالت را ایجاد نمود. مواد پس از مخلوط شدن، در پنج لایه با ارتفاع مساوی در

قالب توزیع شده و هر لایه با یک چکش فلزی متراکم شده است [Ladd, 1974]. پس از اتمام ساخت نمونه‌ها، نمونه‌ها از قالب‌ها خارج شده و آزمایش‌های فشاری محدودنشده انجام می‌شود. بعد از کوبش، نمونه‌ها از قالب خارج شده و درون یک پوشش پلاستیکی نازک پیچیده شدند و سپس در محفظه کنترل رطوبت (درجه حرارت 2 ± 20 درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی $95 \pm 2\%$) نگهداری شدند تا پس از ۰، ۱۴، ۲۸ یا ۶۰ روز عمل‌آوری، مورد بارگذاری قرار بگیرند.

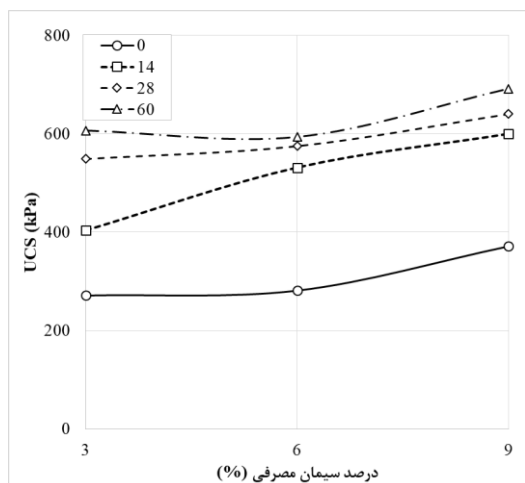
۳. نتایج آزمایش

اثرات سیمان و مدت زمان عمل‌آوری در منحنی تنش-کرنش فشاری محدودنشده در نمونه‌های تثبیت‌شده خاک رس، در شکل ۴ نشان داده شده است. همان‌طور که از نتایج برداشت می‌شود، نمونه تثبیت‌نشده شکل‌پذیری بیشتری را نسبت به نمونه‌های تثبیت‌شده نشان می‌دهد.



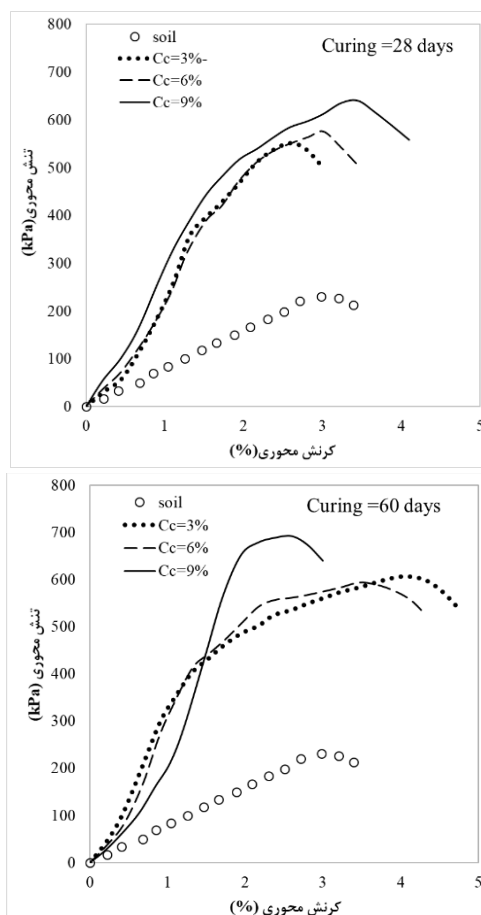
تأثیر الیاف بازالت و پلی پروپیلن بر مقاومت فشاری محدود نشده خاک رسی تثبیت شده با سیمان

نشده به میزان قابل توجهی افزایش می‌یابد. این در حالی است که با افزودن بیشتر از ۳ درصد سیمان، نرخ افزایش مقاومت فشاری محدود نشده کاهش یافته است.



شکل ۵. منحنی حداکثر مقاومت فشاری محدود نشده خاک تثبیت شده با نسبت‌های وزنی مختلف سیمان در زمان‌های عمل‌آوری مختلف

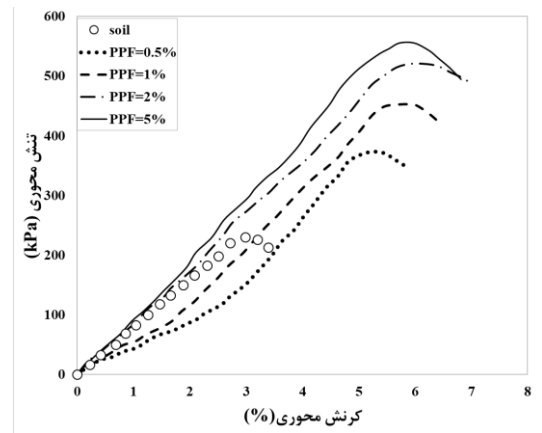
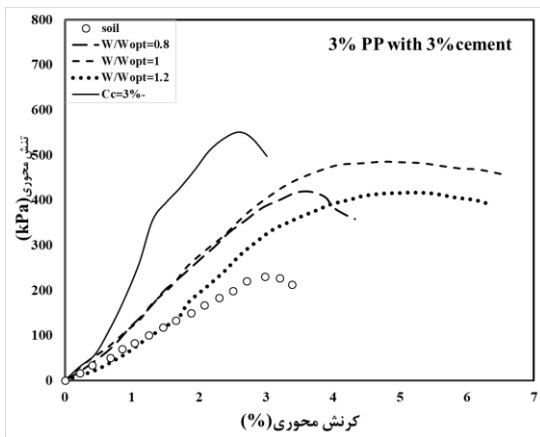
شکل‌های ۶ و ۷ نتایج مقاومت فشاری محدود نشده خاک تسلیح شده با مقادیر مختلفی از الیاف پلی پروپیلن (PPF) و الیاف بازالت (BF) بین ۰ تا ۵ درصد را نشان می‌دهد. افزایش مقدار الیاف PPF یا BF منجر به افزایش مقاومت فشاری محدود نشده می‌شود که در مطالعات قبلی نیز گزارش شده است [Lin et al., 2019; Sharma, 2018]. نمونه‌های تقویت شده با الیاف رفتار انعطاف پذیرتری را از خود نشان می‌دهند، در حالی که نمونه خاک تسلیح نشده رفتار شکننده‌ای را نشان می‌دهد. علاوه بر این، مقاومت نمونه‌های تسلیح شده با PPF بیشتر از نمونه‌های تسلیح شده با BF به دست آمده است. همچنین مقدار BF کمتر از ۲ درصد تأثیر قابل ملاحظه‌ای در بهبود مقاومت فشاری نمونه‌ها ندارد. با این حال، مقدار ۰/۵ درصد PPF تأثیر قابل توجهی در بهبود مقاومت فشاری نمونه‌ها دارد. نتایج نشان می‌دهد که مقاومت فشاری محدود نشده با ۰/۵ درصد PPF و ۰/۵ درصد BF به ترتیب حدوداً سه برابر و دو برابر بیشتر از نمونه‌های تسلیح نشده است. افزودن PPF یا BF تأثیر مهمی در رفتار



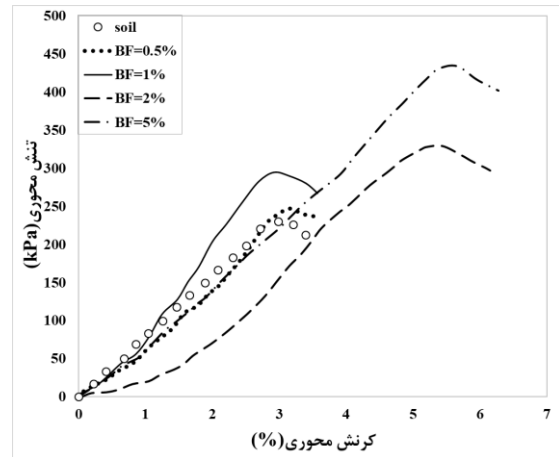
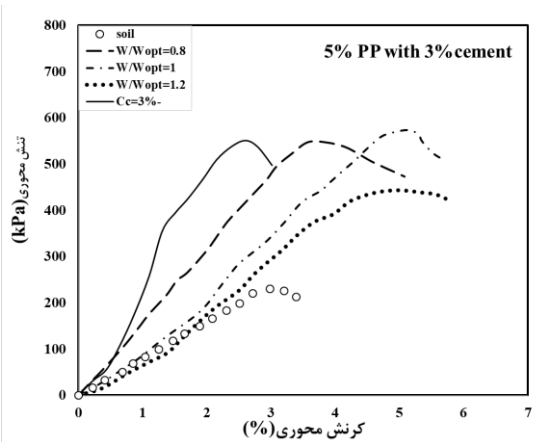
شکل ۴. منحنی‌های تنش - کرنش نمونه‌های تثبیت شده با درصد‌های مختلف وزنی سیمان در زمان‌های مختلف عمل‌آوری

نمونه‌های تثبیت شده یک رفتار ترد از خود نشان می‌دهند که با مطالعات قبلی مطابقت خوبی دارد [Yang et al., 2017; Yilmaz and Ozaydin, 2013]. نتایج همچنین نشان می‌دهد که کرنش محوری در لحظه گسیختگی برای نمونه‌های تثبیت شده با سیمان با افزایش عمل‌آوری کاهش یافته است. شکل ۵ تغییر در مقاومت فشاری محدود نشده را برای مقادیر مختلف سیمان و زمان عمل‌آوری نمایش می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که مقاومت فشاری محدود نشده با افزایش مقدار سیمان و زمان عمل‌آوری برای کلیه نمونه‌ها به تدریج افزایش می‌یابد [Kumar and Gupta, 2016]. بیشترین افزایش مقاومت در ۱۴ روز اول برای نمونه‌های تثبیت شده با سیمان به دست آمده است. همان‌طور که نشان داده شده، با افزودن ۳ درصد سیمان به خاک، مقاومت فشاری محدود نشده در مقایسه با خاک تثبیت

مکانیکی نمونه‌ها دارد و کرنش محوری در لحظه گسیختگی را افزایش می‌دهد.

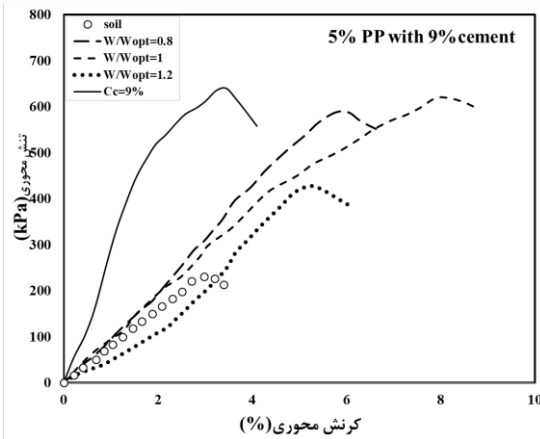


شکل ۶. منحنی تنش-کرنش خاک مسلح شده با الیاف پلی پروپیلن



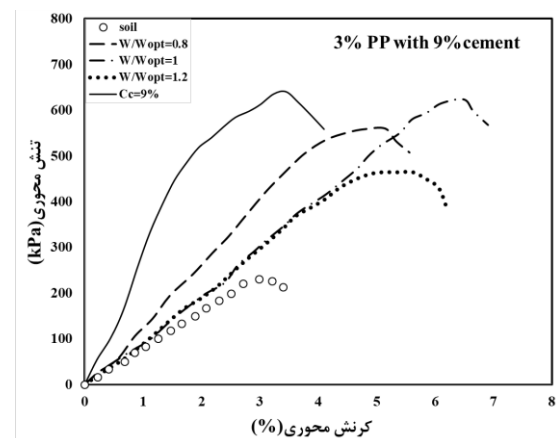
شکل ۷. منحنی تنش-کرنش خاک مسلح شده با الیاف بازالت

نتایج آزمایشات مقاومت فشاری محدود نشده در خاک تثبیت شده با درصد‌های مختلفی از سیمان، درصد رطوبت و الیاف بازالت یا پلی پروپیلن در شکل‌های ۸ و ۹ ارائه شده است.



شکل ۸. منحنی تنش-کرنش خاک مسلح شده با الیاف پلی پروپیلن

و سیمان در درصد‌های مختلف الیاف و سیمان

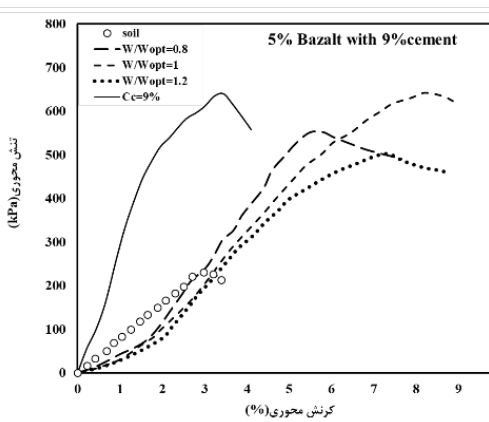
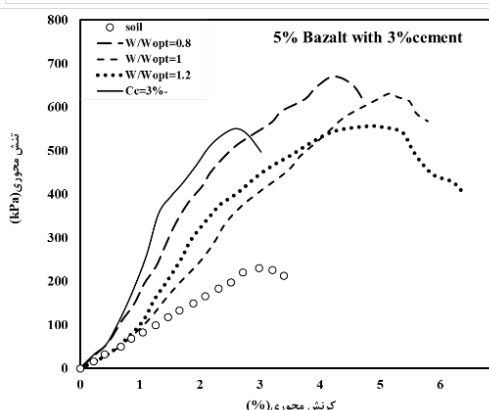
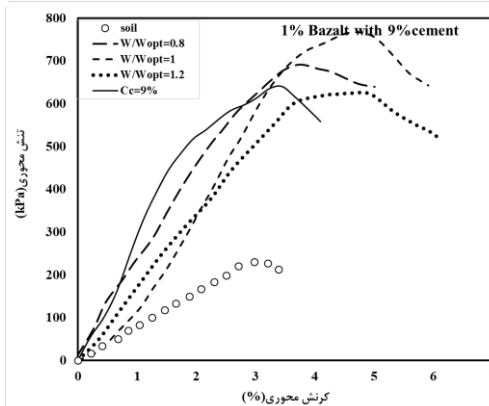
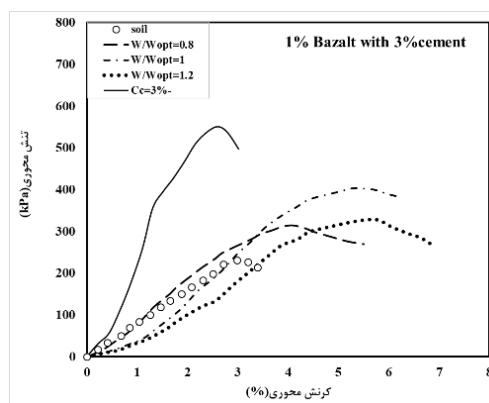


تأثیر الیاف بازالت و پلی پروپیلن بر مقاومت فشاری محدود نشده خاک رسی تثبیت شده با سیمان

همان طور که در نتایج دیده می شود، نمونه ها در درصد رطوبت - های مختلف نسبت به درصد رطوبت بهینه (یعنی ۲ درصد بیشتر از درصد رطوبت بهینه (سمت مرطوب) و ۲ درصد کمتر از درصد رطوبت بهینه (سمت خشک)) تهیه شده اند. در این قسمت، تمام نمونه ها در ۲۸ روز عمل آوری مورد بارگذاری قرار گرفته اند. نتایج نشان می دهد که مقاومت فشاری محدود نشده نمونه های تثبیت شده در رطوبت بهینه نسبتاً بیشتر از نمونه های طرف خشک یا مرطوب رطوبت بهینه هستند. نمونه ها با رطوبت کمتر از رطوبت بهینه (در سمت خشک) دارای مقاومت فشاری محدود نشده بیشتر و کرنش محوری کمتری در هنگام شکست نسبت به نمونه های موجود با رطوبت بیشتر از رطوبت بهینه (در طرف مرطوب) هستند. در واقع ممکن است افزایش نسبت آب به سیمان باعث افزایش تعداد نقاط پیوند بین الیاف و مصالح خاکی شود. نتایج نشان می دهد که مقاومت فشاری محدود نشده نمونه ها با افزایش مقدار سیمان و الیاف پلی پروپیلن افزایش می یابد. همان طور که در شکل ۸ نشان داده شده است، بیشترین مقاومت فشاری محدود نشده و کرنش محوری در هنگام خرابی برای نمونه تسلیح شده با الیاف و سیمان با ۵ درصد الیاف پلی پروپیلن و ۹ درصد سیمان برای رطوبت اولیه مشخص حاصل می شود. با این حال، در بین نمونه های تسلیح شده با الیاف بازالت و سیمان، نمونه با ۱ درصد الیاف بازالت و ۹ درصد سیمان، دارای بیشترین مقاومت فشاری محدود نشده در بین نمونه های تسلیح شده با الیاف بازالت و سیمان است. همچنین مشاهده می شود که نمونه های حاوی ۵ درصد PPF یا BF و ۹ درصد سیمان دارای بالاترین کرنش محوری متناظر با لحظه گسیختگی هستند.

۴. نتیجه گیری

در این مطالعه، آزمایش های مقاومت فشاری محدود نشده برای بررسی تأثیر مقدار سیمان، الیاف پلی پروپیلن یا الیاف بازالت،



شکل ۹. منحنی تنش - کرنش خاک مسلح شده با الیاف بازالت و

سیمان در درصدهای مختلف الیاف و سیمان

سیمان حاوی ۵ درصد PPF یا BF و ۹ درصد سیمان دارای بیشترین کرنش محوری در لحظه گسیختگی هستند.

۴- مقاومت فشاری محدود نشده نمونه‌ها در رطوبت بهینه خاک تقریباً بیشتر از نمونه‌هایی است که در طرف خشک یا مرطوب رطوبت بهینه مورد تثبیت یا تسلیح قرار گرفته‌اند. با این حال، نمونه‌های تثبیت یا تسلیح یافته در سمت خشک رطوبت بهینه دارای مقاومت فشاری بیشتر و کرنش محوری در لحظه گسیختگی کمتر نسبت به نمونه‌های مشابه در طرف مرطوب رطوبت بهینه هستند.

۵. پی‌نوشت‌ها

۱- الیاف پلی‌پروپیلن (PPF(Polypropylene Fiber)

۲- الیاف بازالت (BF(Basalt Fiber)

۳- مقاومت فشاری محدود نشده

UCS(Uniaxial Compressive Strength)

۴- عسکبرداری میکروسکوپ الکترونی

SEM(Scanning Electron Microscopy)

۵- استاندارد ای اس تی ام شماره دی ۴۳۱۸

ASTM D4318(Materials

American Society for Testing and)

۶- حد مایع (LL(Liquid Limit)

۷- حد خمیری (PL(Plastic Limit)

۸- شاخص خمیری (PI(Plastic Index)

۹- حداکثر وزن مخصوص خشک

MDD(Maximum Dry Density)

۱۰- درصد رطوبت بهینه

OMC(Optimum Moisture Content)

۱۱- مقدار الیاف پلی‌پروپیلن

C_{pf}(Polypropylene Fiber Content)

۱۲- مقدار الیاف بازالت

C_b(basalt Fiber Content)

۱۳- مقدار سیمان (Cc (Cement Content)

میزان رطوبت اولیه و زمان عمل‌آوری بر روی رفتار برشی نمونه‌های رسی انجام شده است. بر اساس آزمایش‌های انجام شده، نتایج زیر حاصل شده است:

۱- افزایش میزان سیمان یا زمان عمل‌آوری منجر به افزایش قابل توجه در مقاومت فشاری محدود نشده نمونه‌های تثبیت شده با سیمان شده و همچنین باعث تغییر رفتار مواد به صورت ترد و شکننده می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین مقدار مقاومت فشاری محدود نشده پس از افزودن ۳ درصد سیمان ایجاد می‌شود و مقاومت فشاری محدود نشده با افزودن مقادیر بیشتری از سیمان (بیشتر از ۳ درصد وزنی سیمان) به مقدار ناچیزی افزایش می‌یابد.

۲- مقادیر الیاف پلی‌پروپیلن و بازالت نقش مهمی را در نمونه‌های سیمانی یا بدون سیمان ایفا می‌کنند و با افزایش مقدار الیاف PPF یا BF از ۰/۵ درصد به ۵ درصد، مقاومت فشاری محدود نشده خاک تسلیح شده افزایش می‌یابد. برای یک مقدار مشخص از الیاف، مقاومت فشاری محدود نشده نمونه‌های تسلیح شده با PPF بیشتر از مقاومت نمونه‌های تسلیح شده BF بوده است. نمونه‌های تسلیح شده با الیاف، رفتار انعطاف پذیرتری نسبت به نمونه‌های خاک مسلح شده با سیمان نشان می‌دهند.

۳- افزایش مقاومت فشاری محدود نشده خاک تسلیح شده با PPF یا BF و سیمان بسیار بیشتر از خاک تسلیح شده با الیاف و خاک تثبیت شده با سیمان است. بیشترین مقاومت فشاری تک‌محوری و کرنش محوری نمونه خاک تسلیح شده با الیاف پلی‌پروپیلن و سیمان برای یک رطوبت اولیه خاک، مربوط به حالتی است که مقدار ۵ درصد PPF و ۹ درصد سیمان در عمل تسلیح به کار رفته است. با این حال، در بین نمونه‌های تسلیح شده با الیاف بازالت و سیمان، نمونه حاوی ۱ درصد BF و ۹ درصد سیمان بیشترین مقاومت فشاری تک‌محوره را در بین نمونه‌های تقویت شده BF با سیمان برای یک رطوبت اولیه خاص نشان می‌دهد. نمونه‌های تسلیح شده با الیاف و

-Anagnostopoulos, C. A., Papaliangas, T. T., Konstantinidis, D., & Patronis, C. (2013) "Shear Strength of Sands Reinforced with Polypropylene Fibers", *Geotechnical and Geological Engineering*, Vol. 31, No. 2, pp. 401-423.

<https://doi.org/10.1007/s10706-012-9593-3>

-Aryal, S., & Kolay, P. K. (2020) "Long-Term Durability of Ordinary Portland Cement and Polypropylene Fibre Stabilized Kaolin Soil Using Wetting-Drying and Freezing-Thawing Test", *International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering*, Vol. 6, No. 1, pp. 1-15. <https://doi.org/10.1007/s40891-020-0191-9>

-Asgari, M. R., Baghebanzadeh Dezfali, A., & Bayat, M. (2015) "Experimental study on stabilization of a low plasticity clayey soil with cement/lime", *Arabian Journal of Geosciences*, Vol. 8, No. 3, pp. 1439-1452. <https://doi.org/10.1007/s12517-013-1173-1>

-Bayat, M., Asgari, M. R., & Mousivand, M. (2013) "Effects of cement and lime treatment on geotechnical properties of a low plasticity clay", *International Conference on Civil Engineering Architecture & Urban Sustainable Development 27&28 November 2013, Tabriz, Iran Effects*.

-Bayat, M., & Ghalandarzadeh, A. (2019) "Influence of Depositional Method on Dynamic Properties of Granular Soil", *International Journal of Civil Engineering*, Vol. 17, No. 6, pp. 907-920.

<https://doi.org/10.1007/s40999-019-00412-7>

-Consoli, N. C., Montardo, J. P., Marques Prietto, P. D., & Pasa, G. S. (2002) "Engineering behavior of a sand reinforced with plastic waste", *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, Vol. 128, No. 6, pp. 462-472.

[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1090-0241\(2002\)128:6\(462\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1090-0241(2002)128:6(462))

۱۴- زمان عمل آوری CT (Curing Time)

۶. منابع

- اسماعیلی، ع، قلعه‌نوی، م. (۱۳۹۱) "اثر الیاف نخل خرما و آهک به عنوان تثبیت کننده طبیعی بر خصوصیات مکانیکی خشت (در شرایط محیطی با ۳۵ درصد رطوبت)", مسکن و محیط روستا، جلد ۳۱، شماره ۱۳۸، ص. ۵۳-۶۸.

- قربانی، علی، سلیم زاده شوئیلی، میثم. (۱۳۹۷) "تثبیت خاک ماسه ای با استفاده از سیمان و خاکستر پوسته برنج و مسلح شده توسط الیاف پلی پروپیلن"، مهندسی عمران مدرس، جلد ۱۸، شماره ۵، ص. ۱۶۵-۱۷۶.

- کاوسی، ا.، صائبی، ج. (۱۳۹۵) "تثبیت خاک نامرغوب ساحلی با استفاده از سیمان و الیاف نخل خرما برای بستر روسازی‌ها"، مهندسی زیرساخت‌های حمل و نقل، جلد ۲، شماره ۴، ص. ۶۱-۷۲.

- محمدی، مسعود، توفیق، وحید. (۱۳۹۵) "بررسی آزمایشگاهی تثبیت و تسلیح ماسه با استفاده از الیفا و اپوکسی رزین"، مجله مهندسی زیرساخت‌های حمل و نقل، جلد ۲، شماره ۱، ص. ۱۰۳-۱۱۸.

- مقدس، م، رئیسی استبرق، ع، سلطانی، ا. (۱۳۹۸) "ارائه معادلات تئوریک برای برآورد مقاومت فشاری و کششی خاک و خاک-سیمان مسلح شده"، نشریه زمین شناسی مهندسی، جلد ۱۳، شماره ۱، ص. ۱۵۵-۱۸۴.

-Al Adili, A., Azzam, R., Spagnoli, G., & Schrader, J. (2012) "Strength of soil reinforced with fiber materials (Papyrus)", *Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Vol. 48, No. 6, pp. 241-247.

<https://doi.org/10.1007/s11204-012-9154-z>

- rice husk ash-soil mixtures”, *Geotextiles and Geomembranes*, Vol. 44, No. 3, pp. 466–474. <https://doi.org/10.1016/j.geotexmem.2015.07.010>
- Ladd, R. S. (1974) “Specimen Preparation and Cyclic Stability of Sands”, *J. Geotech. Eng. Div.*, Vol. 100, No. 10, pp. 1180–1184. [https://doi.org/10.1016/0148-9062\(77\)90769-0](https://doi.org/10.1016/0148-9062(77)90769-0)
- Lin, S., Lei, X., Meng, Q., & Xu, J. (2019) “Properties of biocemented, basalt-fibre-reinforced calcareous sand”, *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Ground Improvement*, 1–9. <https://doi.org/10.1680/jgrim.19.00023>
- Lv, X., Zhou, H., Liu, X., & Song, Y. (2019) “Experimental study on the effect of basalt fiber on the shear behavior of cemented sand”, *Environmental Earth Sciences*, Vol. 78, No. 24, pp. 1–13. <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8737-7>
- Ma, Q., & Gao, C. (2018) “Effect of basalt fiber on the dynamic mechanical properties of cement-soil in SHPB Test”, *Journal of Materials in Civil Engineering*, Vol. 30, No. 8, pp. 1–10. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0002386](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0002386)
- Mirzababaei, M., Arulrajah, A., Horpibulsuk, S., Soltani, A., & Khayat, N. (2018) “Stabilization of soft clay using short fibers and poly vinyl alcohol”, *Geotextiles and Geomembranes*, Vol. 46, No. 5, pp. 646–655. <https://doi.org/10.1016/j.geotexmem.2018.05.001>
- Ndepete, C. P., & Sert, S. (2016) “Use of basalt fibers for soil improvement”, *Acta Physica Polonica A*, Vol. 130, No. 1, pp. 355–356. <https://doi.org/10.12693/APhysPolA.130.355>
- Ding, M., Zhang, F., Ling, X., & Lin, B. (2018) “Effects of freeze-thaw cycles on mechanical properties of polypropylene Fiber and cement stabilized clay”, *Cold Regions Science and Technology*, Vol. 154, No.1, pp. 155–165. <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2018.07.004>
- Freitag, D. R. (1986) “Soil randomly reinforced with fibers”, *Journal of Geotechnical Engineering*, Vol. 112, No. 8, pp. 823–826. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9410\(1986\)112:8\(823\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9410(1986)112:8(823))
- Gao, L., Hu, G., Xu, N., Fu, J., Xiang, C., & Yang, C. (2015) “Experimental Study on Unconfined Compressive Strength of Basalt Fiber Reinforced Clay Soil”, *Advances in Materials Science and Engineering*. vol. 2015, Article ID 561293, 8 pages, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/561293>
- Ghadir, P., & Ranjbar, N. (2018) “Clayey soil stabilization using geopolymer and Portland cement”, *Construction and Building Materials*, Vol. 188, No. 1, pp. 361–371. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.07.207>
- Jiang, H., Cai, Y., & Liu, J. (2010) “Engineering properties of soils reinforced by short discrete polypropylene fiber”, *Journal of Materials in Civil Engineering*, Vol. 22, No. 12, pp. 1315–1322. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0000129](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0000129)
- Kravchenko, E., Liu, J., Krainiukov, A., & Chang, D. (2019) “Dynamic behavior of clay modified with polypropylene fiber under freeze-thaw cycles”, *Transportation Geotechnics*, Vol. 21, No. 1, pp. 100282 <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2019.100282>
- Kumar, A., & Gupta, D. (2016) “Behavior of cement-stabilized fiber-reinforced pond ash,

- Wang, D., Wang, H., Larsson, S., Benzerzour, M., Maherzi, W., & Amar, M. (2020) "Effect of basalt fiber inclusion on the mechanical properties and microstructure of cement-solidified kaolinite", *Construction and Building Materials*, Vol. 241, pp. 118085. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118085>
- Yang, B. han, Weng, X. zhong, Liu, J. zhong, Kou, Y. nan, Jiang, L., Li, H. lei, & Yan, X. cheng. (2017) "Strength characteristics of modified polypropylene fiber and cement-reinforced loess", *Journal of Central South University*, Vol. 24, No. 3, pp. 560–568. <https://doi.org/10.1007/s11771-017-3458-0>
- Yilmaz, Y., & Ozaydin, V. (2013) "Compaction and shear strength characteristics of colemanite ore waste modified active belite cement stabilized high plasticity soils", *Engineering Geology*, Vol. 155, No. 1, pp. 45–53. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2013.01.003>
- Zaimoglu, A. S. (2010) "Freezing-thawing behavior of fine-grained soils reinforced with polypropylene fibers", *Cold Regions Science and Technology*, Vol. 60, No. 1, pp. 63–65. <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2009.07.001>
- Zhang, X., Gu, X., Lü, J., & Zhu, Z. (2016) "Experiment and simulation of creep performance of basalt fibre asphalt mortar under uniaxial compressive loadings", *Journal of Southeast University (English Edition)*, Vol. 32, No. 4, pp. 472–478. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1003-7985.2016.04.013>
- Puppala, A. J., & Musenda, C. (2000) "Effects of fiber reinforcement on strength and volume change in expansive soils", *Transportation Research Record*, Vol. 1736, No.1, pp. 134–140. <https://doi.org/10.3141/1736-17>
- Sharma, R. (2018) "Laboratory study on sustainable use of cement-fly ash-polypropylene fiber-stabilized dredged material", *Environment, Development and Sustainability*, Vol. 20, No. 5, pp. 2139–2159. <https://doi.org/10.1007/s10668-017-9982-0>
- Shihata, S. A., & Baghdadi, Z. A. (2001) "Simplified method to assess freeze-thaw durability of soil cement", *Journal of Materials in Civil Engineering*, Vol. 13, No. 4, pp. 243–247. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0899-1561\(2001\)13:4\(243\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0899-1561(2001)13:4(243))
- Tang, C., Shi, B., Gao, W., Chen, F., & Cai, Y. (2007) "Strength and mechanical behavior of short polypropylene fiber reinforced and cement stabilized clayey soil", *Geotextiles and Geomembranes*, Vol. 25, No. 3, pp. 194–202. <https://doi.org/10.1016/j.geotexmem.2006.11.002>
- Tanzadeh, R., Tanzadeh, J., honarmand, M., & Tahami, S. A. (2019) "Experimental study on the effect of basalt and glass fibers on behavior of open-graded friction course asphalt modified with nano-silica", *Construction and Building Materials*, Vol. 212, No. 1, pp. 467–475. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.04.010>
- Tomar, A., Sharma, T., & Singh, S. (2020) "Strength properties and durability of clay soil treated with mixture of nano silica and Polypropylene fiber", *Materials Today: Proceedings*, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.12.239>

سیدهادی سهل آبادی، میثم بیات، محسن موسیوند، محسن سعادت

سید هادی سهل آبادی، دانشجو دکتری عمران گرایش ژئوتکنیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد. زمینه پژوهشی ایشان بهسازی خاک و محیط زیست است که این مقاله قسمتی از رساله دکتری ایشان می باشد. در حال حاضر ایشان مدرس دروس تخصصی عمران و معماری در دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد است.



میثم بیات، ایشان موفق به کسب درجه دکتری در رشته مهندسی عمران-ژئوتکنیک در سال ۱۳۹۶ از دانشگاه تهران شدند. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان بهسازی خاک، ژئوتکنیک لرزه ای و خاک های غیر اشباع است و در حال حاضر عضو هیئت علمی با مرتبه استادیار در دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد است.



محسن موسیوند، ایشان موفق به کسب درجه دکتری در رشته مهندسی عمران-ژئوتکنیک در سال ۱۳۹۵ از دانشگاه علوم تحقیقات شدند. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان مدلسازی عددی در ژئوتکنیک و بهسازی خاک است و در حال حاضر عضو هیئت علمی با مرتبه استادیار در دانشگاه آزاد اسلامی واحد گنبد کاووس است.



محسن سعادت، ایشان موفق به کسب درجه دکتری در رشته مهندسی عمران-منابع آب در سال ۱۳۹۶ از دانشگاه صنعتی اصفهان شدند. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان شبیه سازی، بهینه سازی و عدم قطعیت در مهندسی عمران است و در حال حاضر عضو هیئت علمی با مرتبه استادیار در دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد است.

