عملکرد رفتار خاک‌های دانه‌ای سست تقویت شده با الیاف مصنوعی

اسماعیل معصومی، کاوه استاد علی عسکری*
*نویسنده مسئول Kaveh_oaa2001@yahoo.com

چکیده:
جهت بررسی و اندازه‌گیری تأثیر متغیرهای مختلفی چون نوع الیاف، درصد وزنی (نسبت وزن خشک الیاف به وزن خشک خاک) و طول الیاف بر بهبود باربری خاک ماسه‌ای سست تسلیح شده (با توزیع تصادفی)، از الیاف مصنوعی همچون پلی‌پروپیلن در آزمایش CBR استفاده‌شد. نتیجه شاخص در این آزمایشات، افزایش مقاومت برشی مخلوط ماسه با توزیع تصادفی الیاف در رطوبت ۱۳/۸ درصد است. اما در رطوبت بیشتر رفتار خاک مسلح متفاوت‌می‌گردد. افزایش طول الیاف تا ۱۲ میلیمتر با تغییر درصد الیاف مقاومت بار بری را افزایش داده؛ درحالی‌که افزایش بیشتر طول، کاهش مقاومت را به‌دنبال خواهدداشت.

واژگان کلیدی:خاک ماسه‌ای سیلتی، تثبیت خاک، الیاف پلی پروپیلن، CBR.

۱- مقدمه

پدیده استفاده از الیاف جهت ارتقای خصوصیات رفتاری مواد گوناگون یک ایده قدیمی می‌باشد. آن طور که «تونگو و فیلیبس» در کتاب «الیاف جدید» خود اشاره‌می‌کنند، ۴۰۰۰ سال قبل بشر از الیاف به‌عنوان عنصری تقویت‌گر در خاک استفاده‌می‌کرده‌است. همچنین کاربرد الیاف در دیوار چین در ۲۰۰۰ سال قبل موید این مطلب است که دانش مهندسین نساجی از قدیم‌الایام در کنار مهندسین عمران، یاریگر ایشان در ارتقای عمر مفید سازه‌های گوناگون بوده‌است. در سال‌های اخیر استفاده از خاک مسلح با استفاده از المان‌های مختلف تسلیح، مخصوصاً مصالح ژئوسینتتیک رو به فزونی گذاشته و کاربرد زیادی در زمینه ژئوتکنیک داشته‌است. الیاف‌ها که به‌صورت مصنوعی و یا طبیعی تولیدمی‌شوند و با اختلاط با خاک باعث افزایش مقاومت برشی و کششی خاک و اصلاح خواص مهندسی آن می‌شوند. یکی از این نوع الیاف مصنوعی، تریشه‌های موکت و ژئوتکستایل است که از دیدگاه محیط زیستی استفاده صحیح و دفع آنها از اهمیت خاصی برخوردارمی‌باشد. تقویت خاک‌های ضعیف و نامناسب جهت به کارگیری در شیروانی‌ها، پی‌ها، بستر جاده‌ها، سدها و ... برای ایجاد پیکربندی خاکی با ویژگی‌های مهندسی دلخواه، تثبیت و تسلیح خاک نامیده‌می‌شود. تسلیح خاک با الیاف از یک طرف شامل استفاده مستقیم از الیاف به‌صورت تصادفی در ماتریسی همانند خاک است و از طرف دیگر شامل استفاده از الیاف با آرایش‌یافتگی مشخص، همچون خانواده ژئوسینتتیک‌ها است. در واقع خاک مسلح، ماده مخلوطی ناشی از ترکیب و بهینه سازی خواص تک تک مواد تشکیل دهنده آن است[۱].

روش‌های فیزیکی مثل افزودن المان‌های گسسته با توزیع تصادفی همچون استفاده از الیاف مصنوعی، یک روش نسبتاً موفق در بهبود عملکرد خاک می‌باشد. همچنین بررسی‌ها نشان‌می‌دهد که خصوصیات تنش-کرنش مقاومت خاک‌های تسلیح شده با توزیع تصادفی الیاف تابعی از میزان الیاف، نسبت طول به عرض و سطح اصطکاک الیاف در امتداد خاک و الیاف و خصوصیات مقاومتی است[۲]. مطالعات آزمایشگاهی انجام‌شده بر روی خاک‌های مخلوط شده با الیاف گوناگون، نتایج قابل توجهی را نشان می‌دهد. در بیشتر موارد، افزودن الیاف به خاک، افزایش قابل توجهی در پایداری خاک

در مقابل شرایط مختلف به همراه دارد[۳]. مطالعات قبلی نشان می‌دهد که افزودن الیاف به‌طور قابل‌توجهی CBR ماسه و رس مسلح با الیاف پلی پروپیلن را بدون هیچ نشانی از شکست بعد از آزمایش، افزایش‌می‌دهد [۶ - ۴].

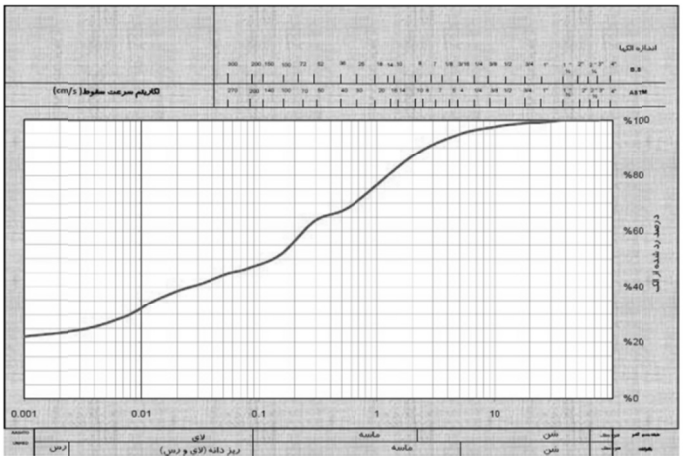
۱- مصالح مورد استفاده

۲-۱- خاک

خاک مورد استفاده در این پژوهش یک نوع ماسه سیلت دار می‌باشد. این نمونه از منطقه بیابانی سگزی واقع در شمال شرقی اصفهان تهیه شده‌است.

شکل ۱- محل خاک برداری (سگزی اصفهان).

منحنی دانه‌بندی آن (ASTM D422-87) در شکل (۲) آمده است. قطر متوسط دانه‌ها (D50) ۰/۲ میلیمترمی‌باشد. در تراکم به روش پروکتور استاندارد ASTM D698-91 رطوبت بهینه آن برابر ۱۳/۸ درصد و وزن مخصوص خشک حداکثر ۱/۵ گرم بر سانتیمتر مکعب می‌باشد. بر اساس استاندارد ASTM D854-92 چگالی دانه‌های خاک (Gs) ۲/۶۹۹ تعیین‌گردیده‌است.



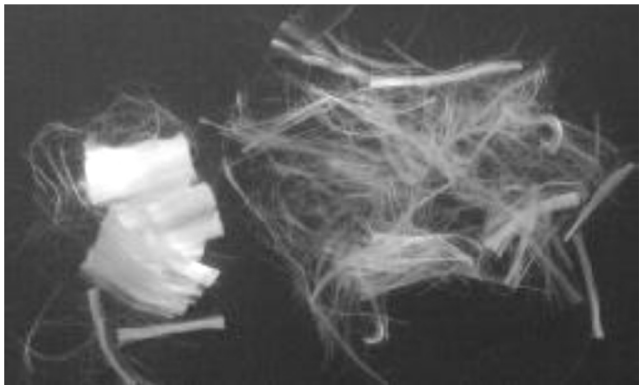
شکل۲- منحنی دانه بندی ماسه.

جدول ۱- مشخصات خاک مورد آزمایش

مشخصات	مقدار	استاندارد
نوع خاک	(A-2-4)	AASHTO
طبقه بندی	SM بر حسب طبقه بندی یونیفاید	ASTM-D2487
جنس ذرات	ماسه سیلتی	
چگالی توده ویژه	۲/۶۶۹ گرم بر سانتیمتر مربع	ASTM 854
حد روانی	٪۲۸/۵	ASTM-D4318
حد خمیری	٪۲۱/۷۹	ASTM-D4318
شاخص خمیری	٪۶/۷۱	ASTM-D4318

۲-۲- الیاف

الیاف مورد استفاده جهت تسلیح، الیاف پلی پروپیلن با اندازه های ۶ و ۱۲ و ۱۹ میلیمتری و درصدهای وزنی ۰/۰۵و۰/۱ و ۰/۱۵و ۰/۲۵ بوده‌است. مشخصات الیاف مذکور در جدول (۲) ارائه‌گردیده‌است.



شکل ۳- الیاف پلی پروپیلن مصرفی.

جدول ۲- مشخصات الیاف مورد استفاده.

مشخصات	مقدار
رنگ ظاهری	سفید
نوع الیاف	منفرد
وزن مخصوص (g/cm3)	۱
قطر (میکرون)	۲۳
مقاومت کششی (MPa)	۴۰۰
محدوده ذوب (درجه سانتیگراد)	۱۶۰ - ۱۶۵
هدایت حرارتی	پایین
هدایت الکتریکی	پایین
مقاومت در برابر اسیدها و قلیاها	بالا
مقاومت در برابر نمک	بالا

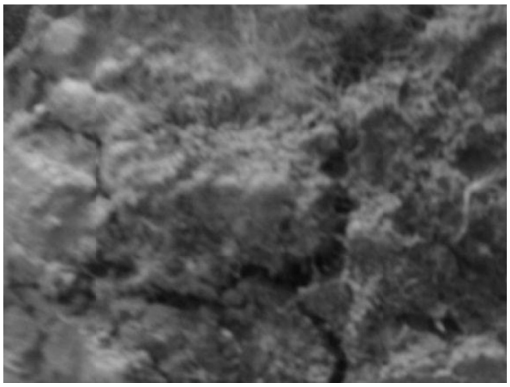
۳- آماده سازی نمونه ها

به‌منظور بررسی تاثیر الیاف پلی‌پروپیلن بر خاک ماسه سیلتی، مجموع ۱۲ آزمون مورد بررسی قرارگرفته، که هر آزمون سه بار تکرار شده‌است. الیاف به‌صورت تصادفی با مقدار آب بهینه مورد نیاز به ۵ کیلوگرم خاک اضافه شده، سپس در ۳ لایه در تراکم سبک در قالب های CBR کوبیده و پس از ۲۴ ساعت مورد بررسی قرارگرفت.

شکل ۴- آماده سازی نمونه ها.

شکل ۵- مخلوط الیاف به صورت تصادفی.

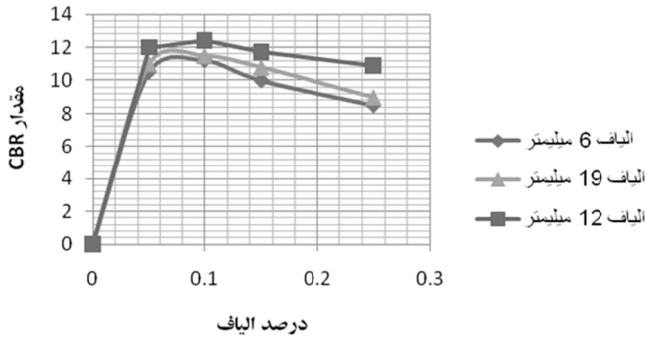
شکل ۶- قرار دادن نمونه ها زیر دستگاه CBR.



شکل ۷- نمای سطح خاک مسلح شده با الیاف پس از بارگذاری.

۴- ارائه و تفسیر نتایج

آزمایش CBR بر روی نمونه صورت‌گرفته و نتایج آن در طی دو شکل زیر بیان گردیده‌است. در شکل (۸) نشان داده شده که با هر طول الیاف و درصدهای متفاوت مقدار CBR چه تغییری‌می‌کند و در شکل (۹) بهینه هر طول با یکدیگر مقایسه گردیده‌است.



شکل ۸- تغییرات مقدار CBR با درصد های مختلف الیاف.

همانطور که در نمودارهای فوق مشاهده‌می‌شود با افزایش میزان الیاف تا ۰/۱ درصد، مقدار CBR افزایش‌یافته و بعد از آن کاهش می‌یابد، که این امر نمایانگر توده شدن الیاف در ۰/۱۵ درصد وزنی به بعد می‌باشد. نتایج فوق نشانگر این مطلب است که در الیاف به طول ۱۲ میلیمتر بهترین مقدار CBR حاصل‌خواهدشد.

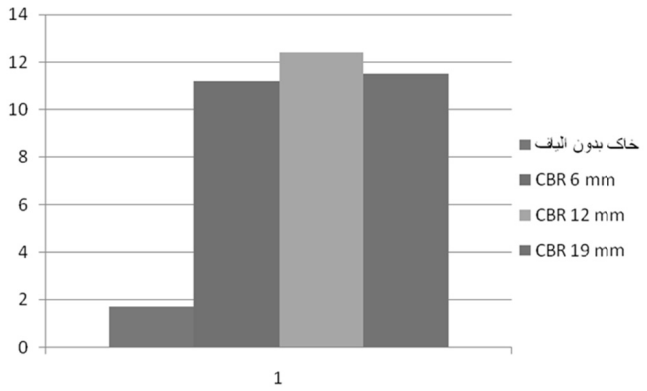
۵- نتیجه گیری

نتایج ارائه شده در این مطالعه را می‌توان به‌صورت زیر خلاصه‌نمود:

- رفتار مکانیکی نوعی خاک ماسه‌ای مسلح شده با الیاف پلیمری به روش تصادفی مورد مطالعه قرارگرفته و به‌منظور ارزیابی رفتار تنش استفاده‌شده‌است. نتایج نشان‌می‌دهند که

رفتار خاک به میزان CBR و یافتن میزان بهینه الیاف، تحت تأثیر مطلوب حضور الیاف قرار می‌گیرد.

- براساس نتایج به دست‌آمده در این پژوهش، خاک مسلح در مقایسه با خاک غیرمسلح دارای مدول الاستیسیته کمتری بوده و رفتار شکل‌پذیرتری دارد. به‌عبارت دیگر خاک غیرمسلح دارای رفتاری شبیه مواد ترد و شکننده بوده و با اضافه کردن الیاف، رفتار آن نرمتر و شکل‌پذیرتر می‌گردد. این تغییر در رفتار را می‌توان از کاهش شیب اولیه منحنی‌ها و افزایش کرنش در نقطه تنش ماکزیمم (کرنش گسیختگی) استنباط نمود. بدیهی است که تغییر رفتار خاک از حالت ترد به حالت شکل‌پذیر، در کنار افزایش مقاومت خاک یک مزیت چشمگیر در تغییر رفتار خاک مسلح به‌حساب‌می‌آید.
- افزایش ۷۱۷ درصدی CBR خاک با الیاف ۱۲ میلیمتری با بهینه ۰/۱ درصد وزنی که برای چنین خاک سستی بسیار بالا می‌باشد.
- افزایش باربری خاک تا ۰/۱ درصد وزنی الیاف و کاهش آن از مقدار بیشتر از آن.



شکل۹- مقایسه مقدار CBR در سایزهای مختلف الیاف.

مراجع:

[1]- Yetimoglu, Temel, studyon bearing capacityof randomly distributed fiber-reinforced sand fills overlying,soft clay, Geotextiles and Geomembranes 23 (2005) 174–183.

[2]- Yi Cai, Effect of polypropylene fibre and lime admixture on engineering properties of clayey soil, Engineering Geology 87 (2006) 230–240.

[3]- Prabakar.J, Effect of random inclusion of sisal fibre on strength behaviour of soil, Construction and Building Materials 16 (2002) 123–131.

[4]- Sheng Tang, Chao, Interfacial shear strength of fiber reinforced soil, Geotextiles and Geomembranes 28 (2010) 54–62.

[5]- Kumar, Arvind, Compressive strength of fiber reinforced highly compressible clay, Construction and Building Materials 20 (2006) 1063–1068.

[6]- Marandi, S.M., Strength and Ductility of Randomly Distributed Palm Fibers Reinforced Silty-Sand Soils, American Journal of Applied Sciences 5 (3) 2008: 209-220.