نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد۹، فروردین -اردیبهشت ۱۳۹۴، ص. ۳۱-۲۲

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 1, Vol. 9, Mar.-Apr. 2015, p. 22-31

تأثیر الیاف پلی پروپیلن بر ویژگی‌های مکانیکی ماسه بادی

جهانگیر عابدی کوپایی[1*]، سمانه سلطانیان[2] ، مهدی قیصری[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۶/۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۶

چکیده

یکی از روش‌های مقابله با خاک‌های مشکل آفرین از جمله خاک‌های ماسه بادی تسلیح خاک است. تسلیح خاک یکی از شاخه‌های ژئوتکنیک است که مواد و مصالح مناسب را در تقویت خاک به کار گرفته و مشخصات مهندسی و خواص مکانیکی از جمله مقاومت، سختی یا ضریب کشسانی، شکل‌پذیری و ظرفیت باربری آن را بهبود می‌بخشد. عناصری که در تسلیح به کار می روند از جنس فلزات، مواد پلیمری و حتی گیاهان هستند. دراین مطالعه به تأثیر الیاف پلی پروپیلن (در دو طول ۶ و ۱۲ میلی‌متر) با درصدهای متفاوت (۰/۰۵٪، ۰/۱٪، ۰/۱۵٪ و ۰/۲۵٪) بر پارامتر های برشی، مشخصات تراکمی و ظرفیت باربری خاک پرداخته شد. نتایج استخراج شده در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد تجزیه وتحلیل آماری قرار گرفت و مقایسه میانگین‌های آن‌ها در سطح آماری۱٪ انجام پذیرفت. نتایج نشان داد که هیچ یک از طول‌های الیاف پلی پروپیلن تغییر معنی‌داری بر روی رطوبت بهینه، بیش‌ترین وزن واحد حجم خاک و چسبندگی خاک ایجاد نکردند. درحالی که هر دو طول الیاف نامبرده باعث افزایش معنی‌دار زاویه اصطکاک داخلی، ظرفیت باربری خاک شدند.

واژه‌های کلیدی: ماسه بادی، الیاف پلی پروپیلن، تراکم استاندارد، ظرفیت باربری، برش مستقیم

مقدمه

شناخت خاک به‌منظور ساخت سازه‌های بتنی روی آن از جمله کانال‌های آبیاری و سازه‌های آبی بسیار با اهمیت است. تخریبی که خاک می‌تواند برای کانال‌های آبیاری و سازه‌های بتنی ایجاد کند، بسیار گسترده قابل پیشگیری می‌باشد. غافل شدن از دانه بندی خاک‌ها، بررسی نکردن دقیق ساختمان آن‌ها و ده‌ها موارد دیگر عواملی برای تخریب تدریجی کانال‌های آبیاری و سازه‌های مربوطه می‌باشد. رحیمی (۱۳۷۹) عدم شناخت ویژگی‌ها و مسائل ژئوتکنیکی خاک بستر می‌تواند مشکلات زیادی در رابطه با بهره‌برداری و نگهداری شبکه‌های آبیاری و زهکشی موجب گردد به طور کلی تمام خاک‌های نامتعارف می‌توانند مشکلاتی را در کانال‌های آبیاری ایجاد نمایند.

یکی از روش‌های مقابله با خاک‌های مشکل‌آفرین از جمله خاک‌های ماسه بادی که موضوع این تحقیق است تسلیح خاک است. غیاثیان و پور ابراهیمی (۱۳۸۳) عنوان کردند تسلیح خاک یکی از شاخه‌های ژئوتکنیک است که با اصول علمی و استفاده از تکنولوژی‌های جدید، مواد و مصالح مناسب را در تقویت خاک به کار گرفته و مشخصات مهندسی و خواص مکانیکی از جمله مقاومت، سختی یا ضریب کشسانی، شکل پذیری و ظرفیت باربری آن را بهبود می‌بخشد. عناصری که در تسلیح به کار می‌روند از جنس فلزات، مواد پلیمری و حتی گیاهان هستند. مکانیزم عمل و رفتار خاک مسلح مبتنی بر اثرات متقابل بین خاک و عنصر مسلح‌کننده بوده و در این رابطه پدیده اصطکاک بین خاک و عنصر تسلیح نقش اساسی را دارد. ایده تسلیح خاک به نوعی از گذشته‌های دور مورد توجه بشر بوده است. منشاء این اندیشه را می‌توان در نمونه‌ها و الگوهای طبیعی جستجو کرد. بسیاری از حیوانات خصوصاً پرندگان، در ساخت لانه‌های خود شاخه‌های ریز گیاهان را با گل ادغام می‌کنند و یا دامنه‌های با شیب تند با رویش گیاهانی که ریشه در زمین می‌دوانند در مقابل لغزش و ناپایداری تثبیت می‌شوند. به‌کارگیری پوشال و کاه در تسلیح گل (ملات کاه‌گل) از زمان‌های خیلی دور رایج بوده و هنوز نیز استفاده می‌شود. یکی از روش‌های مسلح نمودن خاک، اختلاط آن با الیاف، رشته‌ها و تراشه‌های مواد است. اختلاط این عناصر با خاک، محیطی مرکب ایجاد می‌کند که در آن درگیری اجزای کشش پذیر

۱-استاد گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۳- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
(*- نویسنده مسئول (Email: koupai@cc.iut.ac.ir

(عناصر تسلیح) با دانه‌های خاک، مقاومت و شکل پذیری خاک را در جهات مختلف بهبود می‌بخشد.

هور با انجام آزمایش های تراکم و سی بی آر روی مخلوط ماسه شکسته و مسلح شده با الیاف پلی پروپیلن نشان داد که کاربرد الیاف، درحالی که انرژی مورد نیاز برای رسیدن به یک تراکم مشخص را افزایش می‌دهد، موجب افزایش سی بی آر می‌شود (Hoare, 1982). اندرزلند و ختک آزمایش‌های سه محوری بر روی کائولینیت مسلح شده با الیاف گیاهی باعث افزایش مقاومت زهکشی نشده خاک می-شود (Andersland and Khattak, 1997).

گری و اوهاشی با انجام آزمایش‌های برش مستقیم، مدلی را برای رفتار خاک و الیاف در ناحیه برشی ارائه کردند (Gray and Ohashi, 1983). دین و فریتگ با انجام آزمایش‌های تک محوری، تأثیر مثبت الیاف پلی پروپیلن بر رفتار ماسه رس دار را بررسی و گزارش کرده اند (Freitag and Dean., 1986).

آرنزیک و چادهاری طی مطالعات آزمایشگاهی با دستگاه برش مستقیم و ساخت مدل فیزیکی از یک دیوار حائل خاک مسلح که خاکریز پشت آن را ماسه ساحلی مسلح شده با پولک‌های آلومینیمی تشکیل می‌داد، نتیجه گرفتند که به‌کارگیری این عناصر باعث افزایش مقاومت برشی ماسه شده و میزان این افزایش، به مشخصات و درصد عناصر تسلیح بستگی دارد(Arenzic and Chowdhury, 1988). بنسون و کایر اثرات استفاده از نوارهای پلی‌اتیلن را در تغییرات مقاومت برشی و سختی ماسه مورد بررسی و آزمایش قرار داده و نتیجه گرفتند که افزودن تراشه‌های پلی اتیلن به خاک موجب افزایش سی بی آر، مقاومت برشی و ضریب واکنش بستر ماسه می‌شود (Benson and Khire, 1994). رنجان و همکاران با انجام آزمایش-های سه محوری روی نمونه‌های ماسه مسلح شده با الیاف، تأثیر مثبت الیاف را بر مقاومت برشی نمونه‌ها اعلام کرده‌اند (Ranjan et al, 1996). ونگ و همکاران با انجام آزمایش‌های تک محوری و سه محوری، تأثیر افزودن بعضی از تراشه‌های پلیمری را به خاک در بهبود رفتار مکانیکی خاک‌های ماسه رس‌دار مطالعه کرده و نتیجه گرفته‌اند که اضافه کردن این الیاف به خاک، ضمن افزایش مقاومت برشی نمونه‌ها، شکل‌پذیری آن‌ها را نیز بهبود می‌بخشد (Wang et al, 2000). تانک به اهمیت نقش الیاف در مسلح کردن خاک پی برده و توانست توسط الیاف پلی پروپیلن مقاومت فشاری و رفتار خاک را تغییر دهد. او با در نظر گرفتن ۱۲ گروه نمونه نسبت به تغییر درصد الیاف (۰/۰۵، ۰/۱۵ و ۰/۲۵ وزن خاک) و آزمایشات فشاری و سه محوره به مقاومت حداکثرKP ۲۲۹/۸ دست پیدا کرد. این در حالی است که نمونه‌های بدون الیاف مقاومت فشاری حداکثر در حدود KP ۱۵۲/۱ را داشت (Sheng, 2010). در این تحقیق هدف این بود که با اختلاط الیاف پلی پروپیلن با خاک ماسه‌ای ناپایدار باعث بهبود خواص مکانیکی آن از جمله افزایش مقاومت برشی، ظرفیت باربری، مشخصات تراکمی و چسبندگی خاک شده تا بتوان در صورت ناگزیر بودن اجرای طرح‌های عمرانی به‌خصوص پروژه‌های آبیاری و زهکشی در اراضی ماسه ای ناپایدار با تثبیت و تسلیح نمودن آن با مواد پیشنهادی این طرح، خسارت وارده به سازه‌هایی که روی این گونه خاک‌ها احداث می‌شوند را حذف یا کاهش داد.

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه‌ها

در این پژوهش از خاک ماسه بادی موجود در مناطق اطراف کاشان واقع در استان اصفهان استفاده شده است که منحنی دانه‌بندی آن طبق استاندارد (ASTM D422-87) در شکل ۱ و مشخصات خاک نیز در جدول شماره ۱ ارائه گردیده است.

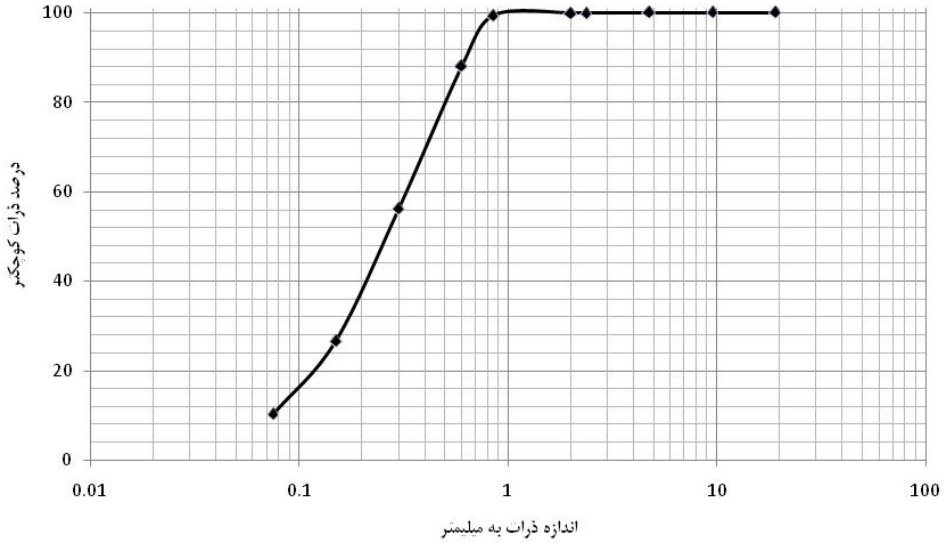
خاک با مشخصات ذکر شده را با الیاف پلی پروپیلن با دو طول متفاوت ۶ و۱۲ میلی‌متر با درصدهای(۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۱۵، ۰/۲۵) مخلوط کرده و آزمایش‌های تراکم استاندارد، باربری کالیفرنیا (CBR) و برش مستقیم روی آن‌ها انجام شد و تأثیر افزودنی‌های ذکر شده مورد بررسی قرار گرفت. در جدول شماره ۲ مشخصات تیمارهای به-کار رفته در آزمایش‌ها ارائه گردیده است.

الیاف پلی پروپیلن

الیاف پلی پروپیلن از طریق پلیمریزاسیون پروپیلن به صورت یک پلیمر خطی تهیه می‌گردند و به اختصار پ ـ پ نامیده می‌شوند. مشخصات الیاف در جدول شماره ۳ ذکر شده است.

جدول ۱-مشخصات خاک مورد تحقیق

مشخصات	مقدار	استاندارد
نوع خاک	A-2-4	AASHTO
طبقه بندی	SP-SM	ASTM-D2487
جنس ذرات	ماسه با دانه بندی بد– ماسه بدون یا با مقدارکم ذرات ریز	



شکل۱- منحنی دانه بندی خاک مورد استفاده در مطالعه

جدول۲- مشخصات تیمارها، همراه با نام گذاری آن‌ها

انواع تیمارها	نام گذاری تیمارها	درصد وزنی مواد افزودنی	تعدادتکرار
خاک گچی	S	-	۳
ماسه بادی+ الیاف پلی پروپیلن ۶ میلی-متر	$SP_{۶-۱}$	۰/۰۵	۳
	$SP_{۶-۲}$	۰/۱	۳
	$SP_{۶-۳}$	۰/۱۵	۳
	$SP_{۶-۴}$	۰/۲۵	۳
ماسه بادی+ الیاف پلی پروپیلن ۱۲میلی-متر	$SP_{۱۲-۱}$	۰/۰۵	۳
	$SP_{۱۲-۲}$	۰/۱	۳
	$SP_{۱۲-۳}$	۰/۱۵	۳
	$SP_{۱۲-۴}$	۰/۲۵	۳
ماسه بادی اشباع	S-UU	-	۳
ماسه بادی+ الیاف پلی پروپیلن ۱۲میلی-متر اشباع	$-UU_{۱۲-۴}SP$	۰/۲۵	۳

Sand (s)- Polypropylene fibers 12(mm) ($P_{۱۲}$) Polypropylene fibers 6(mm) ($P_{۶}$)

جدول شماره ۳-مشخصات الیاف پلی پروپیلن مصرفی

مشخصات	مقادیر
رنگ ظاهری	سفید
وزن مخصوص(گرم بر سانتی متر مکعب)	۱
قطر(میکرون)	۲۳
مقاومت کششیMPa	۴۰۰
محدوده ذوب(سانتیگراد)	۶۵-۱۶۰
مقاومت در برابر اسیدها وقلیاها ونمک‌ها	بالا

آزمایشات انجام شده

تراکم استاندارد

آزمایش تراکم روی نمونه‌ها طبق استاندارد ASTM D698-70 صورت گرفته تا بتوان تأثیر مواد افزودنی را روی رطوبت بهینه و حداکثر وزن واحد حجم خشک خاک معین کرد. به‌علاوه از آنجا که سایر آزمایش‌های ظرفیت باربری و برش مستقیم نیازمند آماده‌سازی

نمونه خاک با مقدار رطوبت بهینه و حداکثر وزن واحد حجم خشک خاک می‌باشند، بنابراین انجام آزمایش تراکم ضروری است.

ظرفیت باربری کالیفرنیا(CBR)

آزمایش ظرفیت باربری طبق استاندارد ASTM D1883-73 صورت گرفت و تمامی نمونه‌ها در رطوبت بهینه آماده شدند. اما یک نمونه خاک و یک نمونه حاوی ۰/۲۵ ٪ الیاف ۱۲ میلی‌متر هم در حالت رطوبت بهینه و هم درحالت اشباع آماده شد و آزمایش روی آن-ها انجام گرفت. برای اشباع شدن نمونه‌ها به مدت ۹۶ ساعت در آب قرار داده شدند.

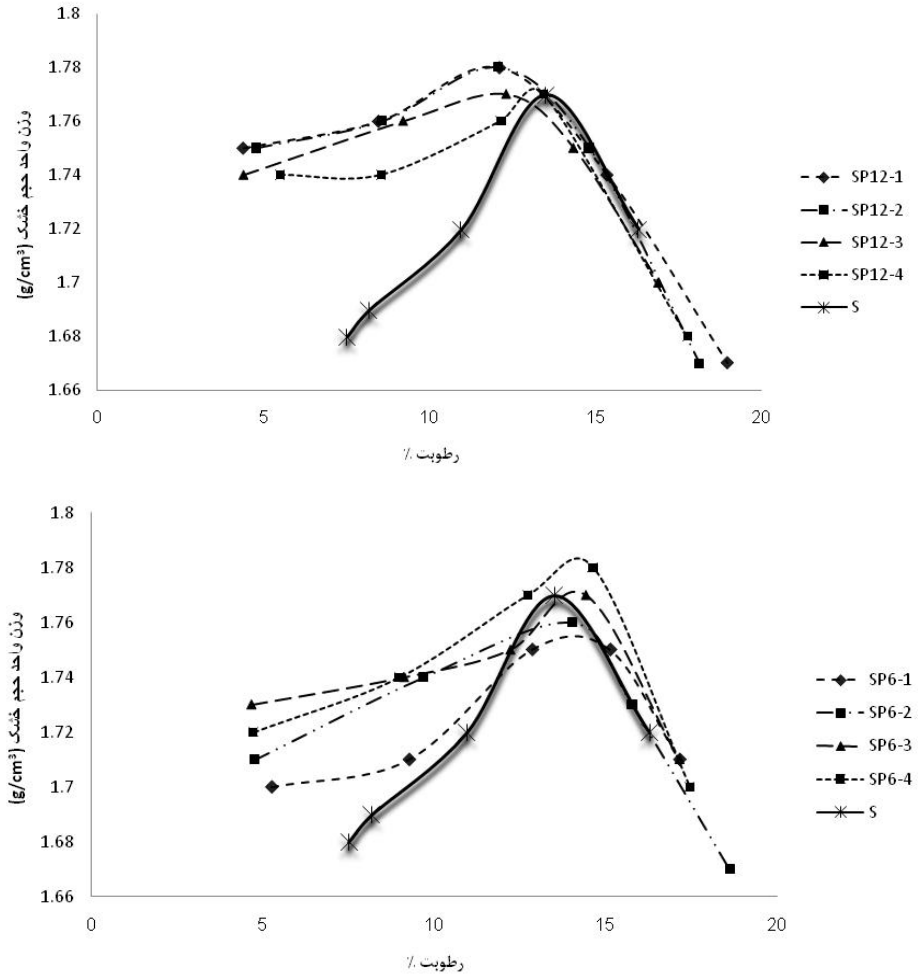
برش مستقیم

آزمایش برش مستقیم نیز طبق استاندارد ASTM D2080-72 انجام شده و سربارهای انتخاب شده برابر ۰/۵، ۱و ۱/۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع بود. تمامی نمونه‌ها در رطوبت بهینه آماده گردید و آزمایش به حالت خشک روی آن‌ها انجام گرفت ولی یک نمونه خاک و یک نمونه حاوی ۰/۲۵ ٪ الیاف ۱۲ میلی‌متر علاوه بر حالت خشک در حالت اشباع با شرایط تحکیم نیافته زهکشی نشده (UU) آماده شد و آزمایش برش مستقیم روی آن‌ها صورت گرفت.

نتایج و بحث

آزمایش تراکم استاندارد

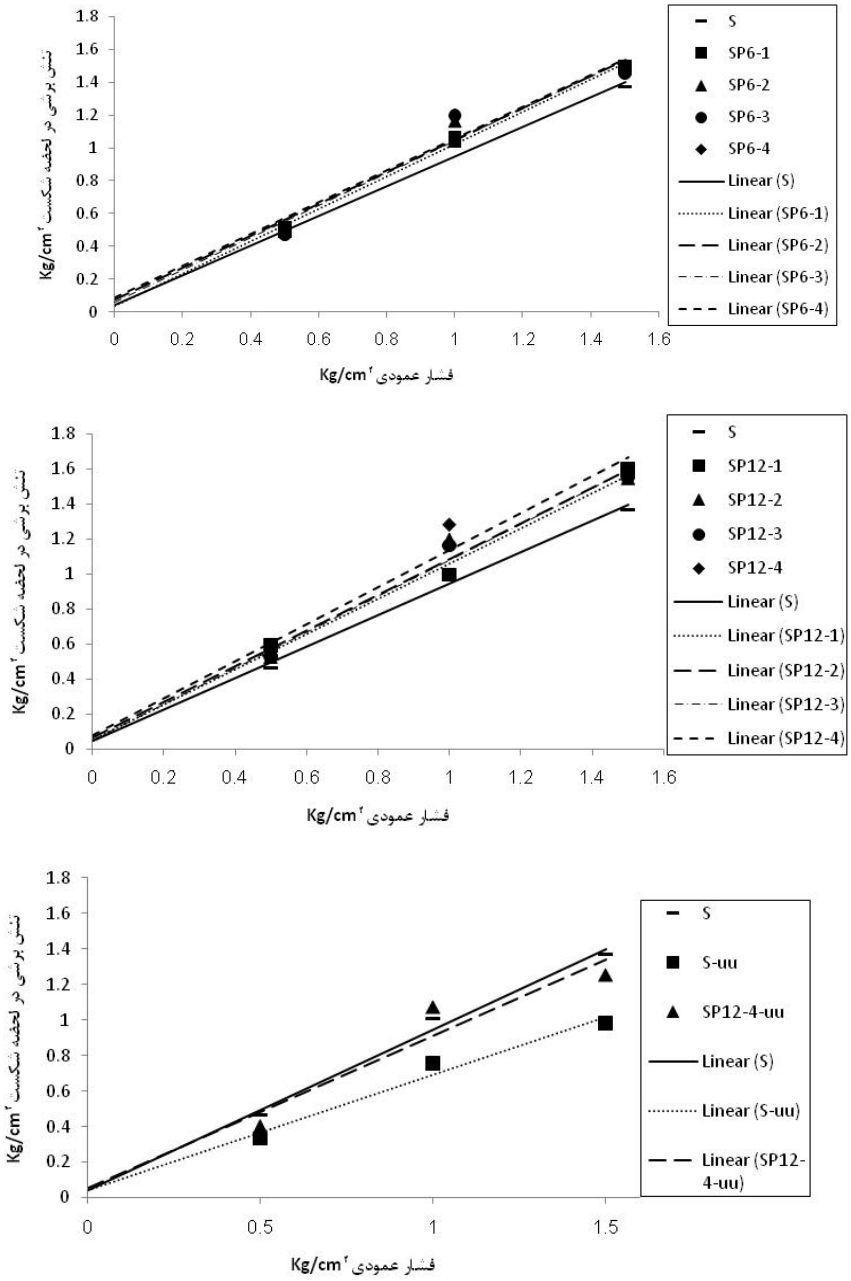
با انجام آزمایش تراکم پراکتور استاندارد بر روی نمونه‌های مختلف منحنی تراکم به ازای هریک از نمونه‌ها ترسیم شده و با استفاده از این منحنی‌ها حداکثر وزن واحد حجم خشک و رطوبت بهینه به‌دست آمد. همانطور که در نمودارهای ترسیم شده در شکل شماره ۲ مشخص شده است تغییرات حداکثر وزن واحد حجم خشک تیمارهای مختلف در رنج ۱/۷۸-۱/۷۵ و رطوبت بهینه آن ها در رنج ۱۴/۶۳-۱۳/۰۷ قرار دارد که از نظر اصول مهندسی ژئوتکنیک خاک تغییرات محسوس نمی‌باشد.



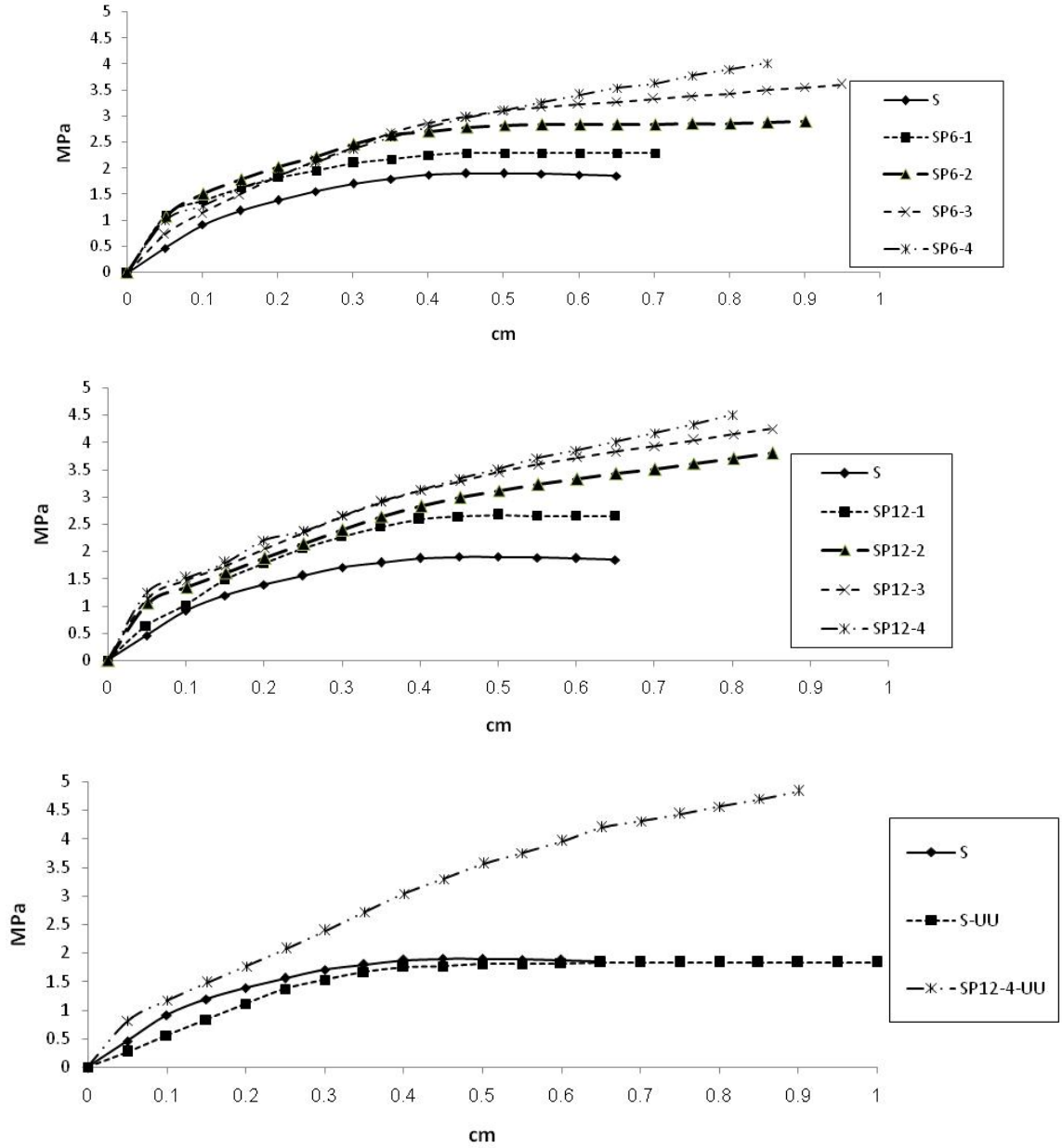
شکل۲- نمودارهای وزن واحد حجم خشک به ازای درصد رطوبت های متفاوت

آزمایش برش مستقیم

با انجام آزمایش برش مستقیم تحت سه سر بار ذکر شده برای تمامی تیمارها می‌توان نمودار تنش برشی در برابر تنش عمودی (رابطه موهر- کولمب) تهیه نمود تا به پارامترهای مقاومت برشی که شامل زاویه اصطکاک داخلی، که از زاویه بین بهترین خط ترسیم شده از سه نقطه حاصل از سر بارهای وارده و امتداد افق به‌دست می‌آید و چسبندگی که از مقدار تنش برشی در محل تلاقی خط مذکور با محور عرض‌ها حاصل می‌شود دست پیدا کرد. در شکل شماره ۳ نمودارهای مربوط به روند تغییرات تنش برشی تحت تأثیر فشار عمودی ارائه گردیده است. همانطور که در نمودارهای ارائه شده مشخص شده افزودن الیاف به ماسه بادی تأثیری بر میزان چسبندگی ماسه نداشته اما باعث افزایش زاویه اصطکاک داخلی آن گردیده است.



شکل۳- نمودار فشار عمودی -تنش برشی در لحظه شکست نمونه‌های مختلف



شکل٤- منحنی‌های نفوذ-تنش نمونه های مختلف

آزمایش ظرفیت باربری[1]

نتایج آزمایش CBR به صورت منحنی‌هایی ترسیم شده است که در آن مقدار نفوذ در محور افقی و تنش در محور قائم قرار دارند. مقدار عدد CBR ازمقدار تنش مورد نیاز برای نفوذ ۰/۱ اینچ یا ۰/۲۵۴ سانتی‌متر نسبت به تنش لازم برای فرو کردن پیستون به همان اندازه در خاک استاندارد به‌دست می‌آید. همانطور که در نمودارهای ترسیم شده در شکل شماره ۴ مشخص شده است افزودن الیاف به ماسه بادی باعث افزایش ظرفیت باربری آن گردیده است.

نتایج حاصل از آزمایشات واطلاعات استخراج شده ازنمودارهای ترسیم شده در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار توسط نرم افزار SASمورد تجزیه وتحلیل آماری قرار گرفت و مقایسه میانگین‌های آن‌ها در سطح آماری ۱ درصد انجام پذیرفت که نتایج آن در جدول شماره ۴، ۵ و ۶ ارائه گردیده است.

1- CBR

جدول٤-تجزیه واریانس پارامترهای اندازه گیری شده(C, CBR, ø)

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات صفات اندازه‌گیری شده		
		CBR	C	ø
تیمار	۱۰	۰/۰۰۸***	۰/۰۰۰^{ns}	۴۳/۶۲۲***
خطا	۲۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۳۶۸
CV		۱۰/۷۳	۴۶/۰۲	۱/۴۰

ns، * ، **و *** به ترتیب عدم معنی‌دار شدن، معنی‌دار شدن در سطح ۵ درصد، ۱ درصد و ۰/۱ درصد می‌باشد.

جدول ۵- تجزیه واریانس پارامترهای اندازه گیری شده (γ_d ,LL,W,PL)

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات صفات اندازه گیری شده	
		W	γ_d
تیمار	۸	۳/۱۴۵*	۰/۰۰۰^{ns}
خطا	۱۸	۰/۳۶۵	۰/۰۰۲
CV		۴/۵۰	۲/۵۹

ns، * ، **و *** به ترتیب عدم معنی‌دار شدن، معنی‌دار شدن در سطح ۵ درصد ،۱درصد و۰/۱ درصد می‌باشد.

جدول ٦- مقایسه میانگین پارامترهای اندازه گیری شده در تیمارهای مختلف

تیمار	CBR	ø	W
S	۰/۲۳۰^{de}	۴۲/۰۰۰^{e}	۱۳/۵۰۰^{b}
$SP_{۶-۱}$	۰/۲۸۰^{cd}	۴۴/۴۹۰^{cd}	۱۴/۳۰۰^{ab}
$SP_{۶-۲}$	۰/۳۲۰^{bc}	۴۴/۲۹۰^{cd}	۱۴/۰۳۰^{ab}
$SP_{۶-۳}$	۰/۳۱۰^{bc}	۴۴/۴۹۰^{cd}	۱۴/۴۲۰^{ab}
$SP_{۶-٤}$	۰/۳۱۰^{bc}	۴۴/۱۰۰^{d}	۱۴/۶۳۰^{a}
$SP_{۱۲-۱}$	۰/۳۰۰^{bc}	۴۵/۲۵۰^{bc}	۱۳/۱۱۰^{cb}
$SP_{۱۲-۲}$	۰/۳۱۰^{bc}	۴۵/۶۲۰^{ab}	۱۳/۰۷۰^{cb}
$SP_{۱۲-۳}$	۰/۳۴۰^{b}	۴۵/۸۱۰^{ab}	۱۳/۳۱۰^{cb}
$SP_{۱۲-٤}$	۰/۳۴۰^{b}	۴۶/۵۰۰^{a}	۱۳/۴۳۰^{cb}
S-UU	۰/۲۰۰^{e}	۳۳/۰۰۰^{g}	–
$-UU_{۱۲-٤}SP$	۰/۳۰۰^{bc}	۴۰/۵۷۰^{f}	–
LSD	۰/۰۵۴	۱/۰۲۸	۱/۰۳۷

میانگین‌هایی که در هر ردیف دارای حداقل یک حرف مشترک هستند در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

چسبندگی خاک (C)

همانطور که از جدول شماره ۴ مشخص شد. چسبندگی تیمارهای مختلف با هم تفاوت معنی‌داری ($P<0.01$) نداشتند. یعنی اضافه کردن الیاف پلی پروپیلن به خاک در چسبندگی آن تأثیری نداشته است. نتایج به‌دست آمده با نتایجی که ناتاراجا در تحقیقات خود بدست آورد و اعلام نمود که استفاده از الیاف پلی پروپیلن در خاک ماسه‌ای هیچ تغییری در چسبندگی ایجاد نمی‌کند مطابقت دارد.(Nataraj, 1997)

زاویه اصطکاک داخلی خاک (ø)

همانطور که از جدول شماره ۶ و نمودارهای ترسیم شده در شکل ۳ مشخص شد زاویه اصطکاک داخلی با افزودن الیاف پلی پروپیلن ۶ میلی‌متر افزایش معنی‌داری ($P<0.01$) پیدا کرده که بیش‌ترین مقدار آن ۴۴/۴۹ درجه بود که نسبت به خاک ۶٪ افزایش نشان می‌دهد. ولی بین درصدهای متفاوت الیاف ۶ میلی‌متر در زاویه اصطکاک خاک تفاوت معنی‌داری ($P<0.01$) وجود ندارد. الیاف پلی پروپیلن ۱۲ میلی‌متر ۱۱٪ افزایش نسبت به خاک نشان داد. با اشباع کردن خاک و انجام آزمایش تحت شرایط تحکیم نیافته زهکشی نشده (UU) زاویه اصطکاک داخلی خاک به طور معنی‌داری ($P<0.01$) کاهش پیدا می‌کند که مقدار آن برابر ۳۳ درجه می‌شود که نسبت به نمونه خشک خاک ۲۱٪ کاهش معنی‌دار ($P<0.01$) نشان داد. ولی افزودن الیاف ۱۲ میلی‌متری پلی پروپیلن به نمونه اشباع خاک باعث

افزایش معنی‌دار (P<0.01) ۲۳٪ زاویه اصطکاک داخلی نمونه مشابه اشباع خاک گردید ولی نسبت به نمونه خشک خود ۱۳٪ کاهش معنی‌دار نشان داد. نتایج حاصل شده از این تحقیق با نتایج اعلام شده توسط محققان تطابق دارد. به طوری که گری و اوهاشی گزارش کردند که افزایش مقاومت برشی نیز یکی از نقش‌های مهم الیاف در مخلوط‌های خاکی است (Maher and Gray, 1983). یتیموکلو و همکاران افزایش زاویه اصطکاک داخلی مخلوط‌ها را گزارش کردند و بیان نمودند افزایش طول الیاف تغییر مشخصی در زاویه اصطکاک داخلی ایجاد نمی‌کند (Yetimoglu et.al, 2005). بنسون وهمکاران اثرات استفاده از نوارهای پلی اتیلن را درتغییرات مقاومت برشی و سختی ماسه مورد بررسی و آزمایش قرار داده و نتیجه گرفتند که افزودن تراشه‌های پلی اتیلن به خاک موجب افزایش سی بی آر، مقاومت برشی و ضریب واکنش بستر ماسه می‌شود (Benson and Khire, 1994).

ظرفیت باربری خاک (CBR)

بر اساس اعداد CBR استخراج شده از نمودارهای ارائه شده در شکل شماره ۴ مشاهده می‌گردد، الیاف پلی پروپیلن ۶ میلی‌متر باعث افزایش معنی‌دار (P<0.01) ظرفیت باربری خاک شد که بالاترین مقدار آن ۰/۳۱ بود که نسبت به نمونه خاک ۳۴٪ افزایش نشان داد. الیاف ۱۲ میلی‌متر نیز باعث افزایش معنی‌دار (P<0.01)۴۸ درصدی ظرفیت باربری خاک شد. ولی تفاوت معنی‌داری (P<0.01) بین ظرفیت باربری درصدهای مختلف الیاف ۶ میلی‌متر مشاهده نگردید. هم‌چنین بین ظرفیت باربری درصدهای مختلف ۱۲ میلی‌متر هم تفاوت معنی‌داری (P<0.01) وجود نداشت. با اشباع کردن نمونه خاک ظرفیت باربری کاهش پیدا کرد که این کاهش معنی‌دار (P<0.01) نبود. ولی با افزودن ۰/۲۵ ٪ الیاف ۱۲ میلی‌متر به نمونه اشباع باعث افزایش معنی‌دار (P<0.01) ۵۰ درصدی ظرفیت باربری خاک نسبت به نمونه اشباع آن گردید. نتایج حاصل شده از این تحقیق با نتایج اعلام شده توسط محققان تطابق دارد. به‌طوری که هور با انجام آزمایش‌های تراکم و سی بی آر روی مخلوط ماسه شکسته و مسلح شده با الیاف پلی پروپیلن نشان داد که کاربرد الیاف، درحالی که انرژی مورد نیاز برای رسیدن به یک تراکم مشخص را افزایش می‌دهد، موجب افزایش سی بی آر می‌شود (Hoar, 1982).

ابطحی (۱۳۸۸) توانست با مسلح کردن خاک با الیاف پلی پروپیلن باربری خاک را افزایش دهد. تانک گزارش کرد که عکس‌های گرفته شده توسط میکروسکوپ روبشی نشان دهنده آن است که الیاف توانسته است توسط شبکه‌های به هم پیوسته دانه‌های خاک را به هم نزدیک کند، که این امر باعث تاخیر در گسیختگی دانه‌ها در بار گذاری می‌باشد (Sheng, 2010).

رطوبت بهینه خاک به درصد (W)

همانطور که در جدول شماره ۶ مشخص شد افزودن الیاف پلی پروپیلن تفاوت معنی‌داری (P<0.01) در سطح آماری ۱ درصد در رطوبت بهینه خاک ایجاد نکرد.

بیش‌ترین وزن واحد حجم خشک (γ_d)

طبق جدول شماره ۵ افزودن الیاف پلی پروپیلن تفاوت معنی‌داری در بیش‌ترین وزن واحد حجم خشک خاک ایجاد نکرد.

نتیجه‌گیری

براساس مجموعه آزمایش‌های آزمایشگاهی ذکر شده و نمودارها و جداول ارائه شده در این پژوهش، نتیجه‌گیری‌های زیر قابل استنتاج و بیان است (تمامی افزایش یا کاهش‌های ذکر شده در سطح احتمال ۱ درصد است) :

الیاف پلی پروپیلن در رطوبت بهینه و بیش‌ترین وزن مخصوص خشک خاک تفاوت معنی‌داری ایجاد نکرد در نتیجه می‌توان گفت که الیاف پلی پروپیلن در مشخصات تراکمی خاک تأثیری نداشته است.

الیاف پلی پروپیلن در چسبندگی خاک تغییرات معنی‌داری ایجاد نکرده در صورتی‌که باعث افزایش معنی‌دار زاویه اصطکاک داخلی خاک گردید که این افزایش در الیاف ۶ میلی‌متر ۶٪ و در الیاف ۱۲ میلی‌متر ۱۱ ٪ بود. با اشباع کردن خاک و انجام آزمایش برش مستقیم در شرایط زهکشی نشده (UU) شاهد کاهش معنی‌دار زاویه اصطکاک داخلی آن بودیم در حالی‌که افزودن الیاف ۱۲ میلی‌متر به آن، باعث افزایش معنی‌دار زاویه اصطکاک داخلی خاک اشباع شد.

هر دو طول الیاف پلی پروپیلن افزایش معنی‌داری در ظرفیت باربری خاک خشک ایجاد کردند. انجام آزمایش ظرفیت باربری در حالت خاک اشباع، ظرفیت باربری آن نسبت به نمونه خشک کاهش پیدا کرد ولی معنی‌دار نبود ولی افزودن ۰/۲۵ ٪ الیاف ۱۲ میلی‌متر به خاک اشباع ظرفیت باربری خاک را به صورت معنی‌دار افزایش داد.

منابع

ابطحی،م. ۱۳۸۸. استفاده از مواد شیمیایی نوین جهت تثبیت خاک، هشتمین کنگره بین المللی مهندسی عمران، ۲۱ الی ۲۳ اردیبهشت، دانشگاه شیراز.

رحیمی،ح. ۱۳۷۹ . مسائل احداث کانال‌های آبیاری در خاک‌های نامتعارف (مشکل‌آفرین). مقاله کارگاه فنی- آموزشی ساخت کانال‌های آبیاری محدودیت‌ها و راه‌حل‌ها، ۱۲۸ – ۱۶۳.

غیاثیان،ح.، پورابراهیم،غ. ۱۳۸۳. بهبود مشخصات مقاومتی ماسه با استفاده از الیاف پلیمری، مجله استقلال، سال ۲۳، شماره۲.

Andersland,O.B and Khattak,A.S. 1997. Shear Strength

Nataraj,M.S and McManis,K.L. 1997. Strength and deformation properties of soils reinforced with fibrillated fibers, Geo synthetics. 4:65-79.

Ranjan,G., Vasan,R.M and Charan,H.D. 1996. Probabilistic Analysis of Randomly Distributed Fiber Reinforced Soil, Journal of Geotechnical and Geo environmental Engineering. 122.6: 419 – 426.

Sheng,T.C. 2010. Interfacial shear strength of fiber reinforced soil, International journal of Geotextiles and Geo membranes. 28: 54 -260.

United states department of agircuture. 1984. Standards Soil Mechanics Testing Soil Mechanics.Note No.8.

Wang,Y., Frost,J.D and Murray,J. 2000. Utilization of Recycled Fiber for Soil Stabilization, Proceedings of the Fiber Society Meeting, May 17-19, Guimaraes, Portugal. 59-62.

Yetimoglu,T., Inanir M and Inanir, O.E. 2005. A study on bearing capacity of randomly Distributed fiber-reinforced sand fills overlying soft clay, Geotextiles and Geo membranes 23:174-183.

of Kaolinite/Fiber Soil Mixtures, Proceedings in the conference on Soil Reinforcement . Paris, France.

Arenzic,R.M and Chowdhury,R.N. 1988. Laboratory Investigation of Earth Walls Simultaneously Reinforced by Strips and Random Reinforcement, Geotechnical Testing Journal. 11.4: 241-247.

BensonC.H and Khire,M.V. 1994. Reinforcing Sandwith Strips of Reclaimed High-Density Polyethylene, Geotechnical and Geoenvironmental Engineering 120: 828-855.

Dean,R and Freitag,F. 1986. Soil Randomly Reinforced with Fibers, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering. 112.4: 823-827.

Gray,D.H and Ohashi,H. 1983. Mechanics of Fiber Reinforcement in Sand, Journal of Geotechnical and Geo environmental Engineering.109.3: 335-353.

Hoare,D. 1982. Synthetic Fabrics Soil Filter, Journal of Geotechnical and Geo environmental Engineering. 108.10: 1230-1246.

Maher,M.H and Gray,D.H. 1990. Static response of sands reinforced with randomly Distributed fiber, Geotechnical Engineering 116: 1661-1677.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 1, Vol. 9, Mar.-Apr. 2015, p. 22-31

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد۹، فروردین - اردیبهشت ۱۳۹۴، ص. ۳۱-۲۲

The Effect of Polypropylene Fibers on the Mechanical Properties of Unstable Sand

J. Abedi Koupai[1]*, S. Soltanian[2], M. Gheysari[3]
Recived: Agu.27, 2014 Accepted: Feb.25, 2015

Abstract

Soil reinforcement is one of the techniques of dealing with problematic soils like sandy soils. Use of appropriate materials in soil reinforcement, improves the engineering properties and mechanical principles of soil such as strength, stiffness or elastic coefficient, ductility and bearing capacity. Materials for reinforcement include metal, polymer materials and even plants. The present study investigates the effect of poly propylene fibers (6 and 12 mm in length) with different percentages (% 0.05, % 0.1, % 0.15 and % 0.25) on shear parameters, density specifications and soil bearing capacity. The obtained results analyzed statistically in a completely randomized design, and their mean comparison organized in statistical level of %1 ($P<0.01$). Results show that none of the poly propylene fibers have significant effect on optimum moisture and maximum weight per unit volume of soil adherence. While both lengths of mentioned fiber have a significant increase in angle of internal friction, bearing capacity of soil .

Keywords: Unstable sand, polypropylene fibers, standard density, CBR, Direct Shear Test.

1-Professor, Dept. of Water Eng., College of Agriculture, Isfahan University of Technology
2-Former MSc. Student, Dept. of Water Eng., College of Agriculture, Isfahan University of Technology
3-Assist. Professor, Dept. of Water Eng., College of Agriculture, Isfahan University of Technology
(*-Corresponding Author Email: koupai@cc.iut.ac.ir)