مقاومت خاک های سست روانی با کاربرد از پلیمرهای مصنوعی همخوان محیط زیستی

دکتر سید مهدی ابطحی، دانشیار گروه مهندسی عمران دانشگاه صنعتی اصفهان
اسماعیل معصومی، مربی دانشگاه آزاد اسلامی ، واحد نجف آباد
کاوه استاد علی عسکری* ، مربی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نجف آباد
* نویسنده مسئول Kaveh_oaa2001@yahoo.com

چکیده:

با افزایش روز افزون ساخت و ساز و کاهش زمینهای مناسب، بشر به فکر تثبیت خاک های سست جهت استفاده از آن را گرفت. در این پژوهش به بررسی اثر الیاف و رزین های مصنوعی در پایداری و تثبیت خاک در چند سال اخیر پرداخته شده است که نشان از نزدیکی علم نساجی با مهندسین خاک و اثر مناسب الیاف در تثبیت خاک را دارد. تقویت خاکهای ضعیف و نامناسب جهت بکارگیری در شیروانی ها، پیها، بستر جادهها، سدها و... برای ایجاد پیکربندی خاکی با ویژگیهای مهندسی دلخواه، تثبیت و تسلیح خاک نامیده می‌شود پدیده استفاده از الیاف، جهت ارتقای خصوصیات رفتاری مواد گوناگون، یک ایده قدیمی می باشد. آنطور که تونگو و فیلیبس در کتاب الیاف جدید خود اشاره می کنند ۴۰۰۰ سال قبل، بشر از الیاف بعنوان عنصری تقویت گر در خاک استفاده می کرده است. همچنین کاربرد الیاف در دیوار چین در ۲۰۰۰ سال قبل موید این مطلب است که دانش مهندسین نساجی از قدیم الایام در کنار مهندسین عمران، یاریگر ایشان در ارتقای عمر مفید سازه های گوناگون بوده است. برای جلوگیری از این نشست ها و یا خواص مکانیکی ضعیف دیگر باید تکنیک های خاصی را جهت بهبود این خواص بکارگرفت. طراحان همواره برای اضافه کردن مقاومت خاک از فرایندهای مکانیکی نظیر تراکم، زهکشی بوسیله چاه های ماسه ای و تحکیم و فرایندهای شیمیایی نظیر اصلاح و تثبیت یا استفاده از عناصر مسلح کننده ها استفاده نموده اند. خاک طبیعی موجود در محل پروژه ها، همواره برای استفاده مناسب نمی باشد و ممکن است در اثر اعمال بار نشست های قابل توجهی در خاک نا مرغوب بوجود آید.

کلمات کلیدی: تثبیت خاک، خاک های سست، الیاف

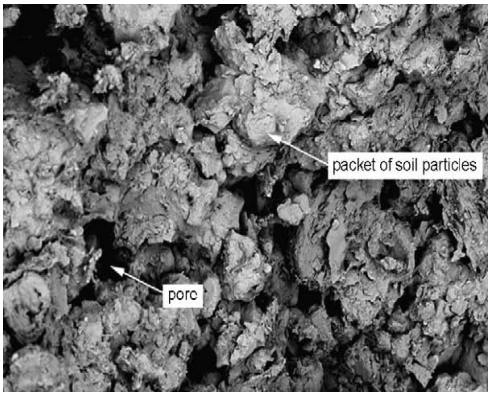
مقدمه

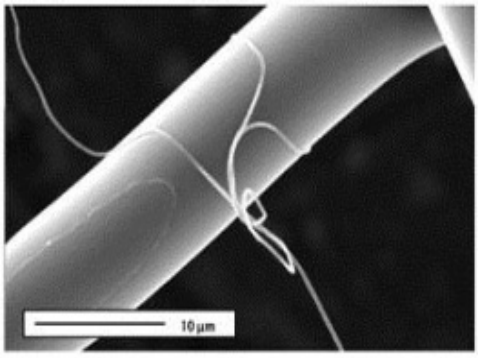
تاکنون عناصر مختلفی نظیر الیاف شیشه ای، فولادهای روی اندود و پلیمرهایی از قبیل ژئوتکستایل ها، ژئوگرید ها و الیاف های بریده شده از جنس پلی اتیلن، پلی استر، پلی پروپیلن جهت مسلح کردن خاک مورد استفاده قرار گرفته اند.گری و اوهاشی مدلی را برای رفتار خاک و الیاف در ناحیه برشی ارائه نموده اند[۱]. آنها با آزمایش تعداد زیادی نمونه های ماسه های مسلح شده با الیاف پلاستیکی و گیاهی و سیم های مسی در دستگاه برش مستقیم و تجزیه و تحلیل نتایج حاصله، مقدار الیاف لازم برای شرایط بهینه مقاومت برشی را تعیین و اعلام نمودند[۲]. 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 داشته است. الیافها که به صورت مصنوعی و یا طبیعی تولید می شوند و با اختلاط با خاک باعث افزایش مقاومت برشی و کششی خاک و اصلاح خواص مهندسی آن می شوند .یکی از این نوع الیاف مصنوعی، تریشه های موکت و ژئوتکستایل است که از دیدگاه محیط زیستی دفع و استفاده صحیح از آنها از اهمیت خاصی برخوردار میباشد. تقویت خاکهای ضعیف و نامناسب جهت بکارگیری در شیروانیها، پی ها، بستر جاده ها، سدها و ... برای ایجاد پیکربندی خاکی با ویژگیهای مهندسی دلخواه، تثبیت و تسلیح خاک نامیده میشود. تسلیح خاک با الیاف از یک طرف شامل استفاده مستقیم از الیاف بصورت تصادفی در ماتریسی همانند خاک است و از طرف دیگر شامل استفاده از الیاف با آرایش یافتگی مشخص، همچون خانواده ژئوسینتتیک ها است. در واقع، خاک مسلح ماده مخلوطی، ناشی از ترکیب و بهینه سازی خواص تک تک مواد تشکیل دهنده آن است[۳]. تسلیح خاک با الیاف از یک طرف شامل استفاده مستقیم از الیاف بصورت تصادفی در ماتریسی همانند خاک است و از طرف دیگر شامل استفاده از الیاف با آرایش یافتگی مشخص، همچون خانواده ژئوسینتتیک ها است. در واقع، خاک مسلح ماده مخلوطی، ناشی از ترکیب و بهینه سازی خواص تک تک مواد تشکیل دهنده آن است[۴]. روشهای فیزیکی مثل افزودن المانهای گسسته با توزیع تصادفی همچون استفاده از الیاف طبیعی و مصنوعی، یک روش نسبتاً موفق در بهبود عملکرد خاک است. همچنین مطالعات نشان میدهد 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 [۵]. تسلیح خاک با الیاف، بهبود قابل توجه در مقاومت، ظرفیت باربری، شکلپذیری و تغییرات حجم ماتریس (خاک) را به همراه دارد. وایدل برای اولین بار در سال ۱۹۹۶ مفهوم تسلیح خاک با الیاف را معرفی نمود. وی بیان کرد که استفاده از المان تسلیح در خاک، مقاومت برشی آن را افزایش می دهد[۷].

مطالعات آزمایشگاهی انجام شده برروی 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. مطالعات قبلی نشان میدهد که افزودن الیاف بطور قابل توجهی مقدارCBR ماسه و رس مسلح با الیاف پلیپروپیلن را بدون هیچ نشانی از شکست بعد از آزمایش، افزایش میدهد[۸] و نشست ناگهانی خاکهای منبسط شونده کاهش مییابد[۹]. لاستیک تایر ضایعاتی ظرفیت باربری ماسه ضعیف را بالا میبرد اما ترکیب نخ تایر لاستیک و جداره های لاستیک سبب افزایش بیشتری در ظرفیت باربری میشود[۱۰]. افزودن ژئوتکستایل از الیاف نارگیل بافته شده نیز تأثیر خوبی برCBR دارد[۱۱]. افزایش مقاومت فشاری محصورنشده هم یکی از موارد مورد بحث در مطالعات آزمایشگاهی بوده است[۷]و[۱۲]و[۱۳]. مقاومت کششی بارزترین خصوصیت الیاف است که منجر به افزایش مقاومت کششی مخلوطهای خاکی میشود [۱۱]و[۱۴]و[۱۶]. افزایش میزان الیاف باعث افزایش سهم الیاف در افزایش مقاومت کششی میشود و افزایش طول الیاف این سهم را کاهش میدهد [۱۶]. با افزایش نسبت طول به عرض الیاف، مقاومت پیک و تغییرات حجم کل افزایش مییابد [۱۷]. و تنش محصورکننده بحرانی در مقدار پایین تری رخ میدهد[۱۸]. در نسبت طول به عرض کمتر، تورم کمتر میشود[۸]. اگر نسبت طول

www.omran-mb.com

به عرض و تمرکز الیاف ثابت بماند، طول بیشتر الیاف مقاومت مخلوط را نسبت به الیاف کوتاهتر بیشتر میکند. اگر طول الیاف نسبت به اندازه دانه ها بیشتر باشد تأثیر بیشتری خواهد داشت و این مقدار باید حداقل برابر با اندازه دانه ها باشد (بدون توجه به نسبت طول به عرض) مانی که طول الیاف با اندازه دانه ها و اندازه منافذ یکی شد، تأثیر الیاف از بین میرود[۱۹]. افزایش طول الیاف، تغییر مشخصی در زاویهٔ اصطکاک داخلی ایجاد نمی کند، در حال یکه چسبندگی و مقاومت برشی نهایی به صورت غیرخطی افزایش می یابد [۲۰و۲۱]، افزایش طول باعث افزایش حداکثری در مقدار UCS [۱۷]. افزایش CBR و افزایش شکلپذیری میشود. کاهش در سختی [۲۲]و میزان رطوبت بهینه[۲۰] نیز بدنبال افزایش طول رخ میدهد. افزایش مقاومت برشی نیز یکی از نقشهای مهم الیاف درمخلوطهای خاکی است [۱۵و۱۶] هرچند استفاده از پودر لاستیک در ماسه ضعیف کاهش مقاومت برشی را در پی دارد [۲۲]. تحت شرایط بارگذاری زهکشی شده و زهکشی نشده در آزمایشات سهم محوری، مقاومت افزایش مییابد [۲۳]. تغییرات مقاومت برشی با بررسی پارامترهای مقاومت برشی نیز مورد مطالعه قرار گرفته است .چسبندگی با افزودن الیاف تحت تأثیر قرار میگیرد [۷و۸]. اما استفاده از الیاف پلیپروپیلن در خاک ماسهای هیچ تغییری در چسبندگی ایجاد نمی کند[۲۴]. افزایش در زاویه اصطکاک داخلی مخلوطها [۲۰]. و رشد غیر خطی آن در بعضی نمونه ها آشکار است [۱۲]. چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی مؤثر نیز به طور مشخصی در آزمایش فشاری سه محوری افزایش مییابد .زاویه اصطکاک داخلی، تحت بارگذاری زهکشی شده، کمی بیشتر از بارگذاری زهکشی نشده است [۲۳]. افت مشخص در سختی اولیه مصالح زمانی رخ میدهد که الیاف سبب افزایش تنش گسیختگی ماسه میشوند [۱۹].اما برخی آزمایشات تأثیر قابل توجهی در سختی اولیه ماسه نشان نداده اند[۱۰]. از سوی دیگر، با عبور از قرن بیستم، و اتمام منابع تجدید ناپذیر، نیاز به مصالحی که دوستدار محیط زیست هستند؛ بیشتر احساس میشود.تحقیقات زیادی در کشورهای مختلف بر خواص مکانیکی و عملکرد فیزیکی مصالح تسلیح شده با الیاف طبیعی صورت گرفته است .الیاف طبیعی مانند الیاف خرما، کتان، سیسال، کنف، بامبو و نارگیل علاوه بر این مزایا دارای برتریهای دیگری همچون هزینه کمتر، فراوانی منابع و زیست تجزیهپذیربودن، میباشد .به همین جهت تحقیق پیشرو به بررسی تأثیر پارامترهایی همچون درصدهای متفاوت از میزان الیاف کنف و کاه جو، طولهای مختلف و درصد رطوبت بر بهبود خواص برشی خاک ماسهای می پردازد. ناتاراجا و مک منیس رفتار رس و ماسه مسلح شده با الیاف مصنوعی را با انجام آزمایشهای تراکم، برش مستقیم، تک محوری و CBR بررسی کردند که افزایش مقاومت برشی، مقاومت فشاری تک محوری و بویژه افزایشCBR را گزارش کردهاند[۲۴]. مطالعاتی در مورد مسلح کردن خاک ها با الیاف پلی پروپیلن صورت گرفته است ابطحی و همکارانش در سال ۲۰۰۹ توانستند توسط آزمون UCSباربری خاک را بین ۸۰۰٪-۱۰۰۰٪ افزایش داده و توسط رزین های پلیمری خاک را تثبیت بخشند[۲۵]. تانگ و همکارانش در سال ۲۰۰۶ میلادی به اهمیت نقش الیاف در مسلح کردن خاک پی بردند و توانستند توسط الیاف پلی پروپیلن مقاومت فشاری و رفتار خاک را تغییر دهند، آنان با در نظر گرفتن ۱۲ گروه نمونه نسبت به تغییر درصد الیاف ۰/۲۵و۰/۱۵و ۰/۰۵ وزن خاک و آزمایشات مقاومت فشاری و سه محوره به مقاومت حداکثر ۲۲۹/۸KPa دست پیدا کنند. این در حالی است که مقاومت نمونه های بدون استفاده شده از الیاف مقاومت فشاری حد اکثر در حدود ۱۵۲/۱KPaرا دارا میباشد.همچنین عکس های گرفته شده توسط میکروسکوپ روبشی(sem) نشان دهنده آن است که الیاف توانسته است توسط شبکه های به هم پیوسته دانه های خاک را به هم نزدیک کند،که این امر باعث تاخیر در گسیختگی دانهها در بارگذاری می باشد[۲۶].





شکل ۱- تصویر میکروسکوپ الکترونی از الیاف پلی پروپیلن و خاک مسلح با آن[۲۷]

مرندی و همکارانش در سال ۲۰۰۸ توانستند خاک ماسه ای سیلتی را توسط الیاف خرما مسلح کنندکه این امر در خصوص نزدیک بودن این الیاف با محیط زیست می باشد.که آنان توانستند توسط آزمایشات مقاومت فشاری و CBR خاک را مورد برسی قرار دهند. از اهداف عمده مورد بررسی می توان به مسلح کردن خاک مناطق بسیار زلزله خیز نواحی شمالی کشور را نام برد.

شکل ۲- تاثیر الیاف در نوع کسیختگی الیاف

شکل ۳- الیاف طبیعی خرما

در سالهای اخیر از ترکیب الیاف با تثبیت کننده های گذشته همچون سیمان رونق چشمگیری داشته است به طوری که در کشور استرالیا مهندسین خاک توانستن در ۲۲ روز بستر خاک باند پرواز را تثبیت کنند که بسیار امر مهمی در تثبیت خاک دارد.

www.omran-mb.com

شکل ۴ – مراحل اجرای تثبیت خاک بستر فرودگاه توسط الیاف پلی پروپیلن و سیمان

نتایج و بحث

با توجه به مطالعات انجام گرفته در در سالهی اخیر بر روی اثر الیاف می توان گفت:

- شواهد از عکسهای گرفته شده از میکروسکوپ روبشی نشان میدهد الیاف پیوستگی دانه ها را بالا برده و جلوگیری از روانی آنها را در خاک های سست می کند.
- مسلح کردن خاک توسط الیاف باعث می شود خاک در باربری یک پارچه عمل کند و این امر باعث افزایش باربری خاک می گردد.
- الیاف عمر طولانی در خاک دارد بخصوص الیاف مصنوعی
- الیاف در حالات اشباع بسیار خوب عمل می کند
- افزایش زاویه اصطکاک داخلی و چسبندگی خاک؛ .افزایش زاویه اصطکاک خاک بیانگر افزایش مقاومت عمدتاً ناشی از پدیده لغزش الیاف در محیط -و نه ناشی از جاری شدن الیاف – است.
- الیاف می تواند با تثبیت کننده های قدیمی ترکیب و مکمل مناسبی برای آنان باشد.
- قیمت مناسب الیاف در مقایسه با دیگر تثبیت کننده ها نشان گر مناسب بودن آنان در تثبیت خاک می باشد.
- استفاده الیاف در ثبیت خاک بسیار راحت و سریع می باشد.
- مهمترین مزیت الیاف را می توان در مقایسه با دیگر تثبیت کننده های شیمیایی (که بسیاری از آنها سمی هستند) عدم وجود مضرات محیط زیستی دانست.
- بنابر نتایج فوق الذکر، عملکرد بسیار قوی بعلاوه سهولت در اجرا و صرفهٔ اقتصادی علاوه بر سازگاری با محیط زیست چند پارامتر اصلی استفاده از این ترکیب به عنوان تثبیت کننده مناسب در هر خاکی حتی با شرایط بد اشباع می باشد.

منابع

[1]. Hongu, T. and Philips, G. (1990), New Fibers, ELLIS HORWOOD SERIES IN POLYMERCIENCE AND TECHNOLOGY, New York

[2]. Gray, D.H., Ohashi, h., "Mechanism of Fiber Reinforcement in Sand". Journal of Geotechnical Engineering. Vol. 109. No. 3. March 1983.

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

[4]. Consoli, N.C., Vendruscolo, M.A., Fonini, A., Rosa, F.D., (2009), "Fiber reinforcement effects on sand consider in a wide cementation range", Geotextiles and Geomembranes,Elsevier, 27, pp 196-203.

[5]. Zornberg, J.G., (2002), "Discrete framework for limit equilibrium analysis of fiber-reinforced soil",Geotechnique 52 (8), pp 593–604.

[6].Akbulut, S., Arasan, S., Kalkan, E., (2007), "Modification of clayey soils using scrap tire rubber and synthetic fibers", Applied Clay Science, Elsevier, 38, pp 23-32.

[7]. Nataraj, M.S., McManis, K.L., (1997), "Strength and deformation properties of soils reinforced with fibrillated fibers", Geosynthetics International, 4 (1), pp 65-79.

[8].Freitag, D.R., (1986), "Soil randomly reinforced with fibers, Journal of Geotechnical Engineering",ASCE, 112(8), pp 823-826.

[9]. Yoon, Y.W., Cheon, S.H., Kang, D.S., (2004), "Bearing capacity and settlement of tire-reinforced sands",Geotextiles and Geomembranes, Elsevier, 22, pp 439–453.

[10]. Subaida, E.A., Chandrakaran, S., Sankar, N., (2009), "Laboratory performance of unpaved Roads reinforced with woven coir geotextiles", Geotextiles and Geomembranes, Elsevier, 27,pp 204–210.

[11]. Chauhan, M.S., Mittal, S., Mohanty, B., (2008) "Performance evaluation of silty sand
subgrade reinforced with fly ash and fibre", Geotextiles and Geomembranes, Elsevie,r 26,pp 429–435.

[12]. Yetgin, S., Cavdar, O., Cavdar, A., (2008), "The effects of the fiber contents on the mechanic Properties of

the adobes", Construction and Building Materials, Elsevier, 22, pp 222–227.
[13].Marandi, S.M., Bagheripour, M.H., Rahgozar, R., Zare, H., (2008), "Strength and Ductility of Randomly Distributed Palm Fibers Reinforced Silty-Sand Soils", American Journal of Applied Sciences, 5 (3), pp 209-220.
[14]. Cai, Y., Shi, B., Ng, Ch.W., Tang, Ch.sh., (2006), "Effect of polypropylene fiber and lime admixture on engineering properties of clayey soil", Engineering Geology, 87, pp 230–240.
[15].Maher, M.H., Gray, D.H., (1990), "Static response of sands reinforced with randomly Distributed fibers", Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 116 (11), pp 1661-1677.
[16]. Ranjan, G., Vasan, R.M., Charan, H.D., (1996), "Probabilistic analysis of randomly
distributed fiberreinforced soil", Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 122, pp 419- 426.
[17].Maher, M.H., Ho, Y.C., (1994), "Mechanical properties of kaolinite/ fiber soil composite",Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 120 (8), pp 1381-1393.
[18].Ghazavi, M., Barmaki, A., (2005), " Effect of crumbed tire particles used for improvement of shrinkage property of clay specimens", 2nd national congress in civil engineering.
[19].Ghavami, Kh., Filho, R.D., Barbosac, N.P., (1999), "Behaviour of composite soil reinforced with natural fibres", Cement and Concrete Composites, 21, pp 39-48.
[20].Yetimoglu, T., Inanir, M., Inanir, O.E., (2005), "A study on bearing capacity of randomly Distributed fiber-reinforced sand fills overlying soft clay", Geotextiles and Geomembranes, Elsevier, 23, pp 174–183.
[21]. مهران نیا، ن.، وفائیان، م.،(1385) ،" ارزیابی نقش الیاف کارخانه لاستیک سازی در تسلیح خاک های ماسه ای"، هفتمین کنگره بین المللی مهندسی عمران.
[22].Chen, Ch.W., (2006), "Drained and Undrained Behavior of Fiber-Reinforced Sand".
Yetimoglu, T., Salbas, O., (2003), "A study on shear strength of sands reinforced with Randomly distributed discrete fibers", Geotextiles and Geomembranes, Elsevier, 21, pp 103–110.
[23].Nataraja, M. S. and McManis, K. L., "Strength and Deformation Properties of Soils Reinforced with Fibrilated Fibers.", Geosynthtetics International, Vol. 4, No. 1, pp. 65-79. 1997
[24]. ابطحی، سید مهدی، استفاده از مواد شیمیایی نوین جهت تثبیت خاک، هشتمین کنگره بین المللی مهندسی عمران،۲۱ تا ۲۳ اردیبهشت۱۳۸۸، دانشگاه شیراز.
[25].Sheng Tang, Chao, Interfacial shear strength of fiber reinforced soil, Geotextiles and Geomembranes 28 (2010) 54–62.
[26].Cai, Y.; et al: Effect of polypropylene fibre and lime admixture on engineering properties of clayey soil, Engineering Geology, Vol. 87 (2006) pp 230–240, ISSN: 0013-7952
[27].J. Kent Newman, Rapid Assessment of Cement/Fiber Stabilized Soil Using Roller-Integrated Compaction Monitoring, US Army Engineer Research and Development.

www.omran-mb.com