



دانشگاه شاهرود

دانشکده مهندسی عمران

گروه خاک و پی

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران

عنوان

بررسی تسلیح خاک دانه‌ای با خرده لاستیک و قیر

استاد راهنما

دکتر هوشنگ کاتبی

استاد مشاور

دکتر غلام مرادی

پژوهشگر

سعید خاکی خطیبی

شهریور ماه ۱۳۹۰

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

و

خواهر و بردار مهربانم

تقدیر و تشکر

تقدیر از استاد ارجمند جناب آقای دکتر کاتبی که در طی تحقیقات و در طول تحصیلاتم از راهنمایی‌های بی‌دریغ ایشان نهایت استفاده را برده‌ام. تشکر و سپاس از استاد ارجمند جناب آقای دکتر مرادی و عوامل آزمایشگاه که در طی آزمایشات از مساعدت‌های ایشان بهره بردم.

نام خانوادگی دانشجو: خاکی خطیبی		نام: سعید
عنوان پایان نامه: بررسی تسلیح خاک دانه‌ای با خرده لاستیک و قیر		
استاد راهنما: دکتر هوشنگ کاتبی		
استاد مشاور: دکتر غلام مرادی		
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته: مهندسی عمران	گرایش: خاک و پی
دانشگاه: تبریز	دانشکده: مهندسی عمران	تعداد صفحه: ۱۴۱
کلید واژه‌ها: خاک، خرده لاستیک، قیر، برش مستقیم		
چکیده:		
<p>در تحقیق حاضر، پارامترهای مقاومت برشی و همچنین رفتار شکل پذیری و اتساع خاک تسلیح شده با خرده لاستیک و قیر مورد مطالعه قرار گرفته است. این خرده لاستیک‌ها جزء ضایعات کارخانه لاستیک سازی و تائیرسازی می‌باشد. با بکارگیری این خرده لاستیک‌ها در داخل خاک، راهی برای دفن این ضایعات در پروژه های عمرانی پیدا می‌شود. در این تحقیق در حالت اول خاک با خرده لاستیک، در حالت دوم خاک با قیر و در حالت سوم خاک با قیر و خرده لاستیک تسلیح شد. با انجام تحقیق حاضر که مبتنی بر انجام آزمایش‌های برش مستقیم 10×10 بود، مشخص گردید که با افزودن ۱-۱۰ درصد خرده لاستیک به خاک زاویه اصطکاک و شکل‌پذیری نمونه افزایش و اتساع آن کاهش می‌یابد. با استفاده از این یافته‌ها می‌توان گامی در جهت استفاده از ضایعات صنعت لاستیک و تائیرسازی در ژئوتکنیک برداشت که این هم از نظر اقتصادی و هم از نظر زیست محیطی بسیار سودمند خواهد بود.</p>		

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول: کلیات.....	۱
۱-۱ مقدمه	۲
۲-۱- معرفی فصول پایان نامه.....	۳
۳-۱- مروری بر پیشینه کار	۴
۴-۱- مواد و روش ها	۴
۵-۱ هدف از پایان نامه و ارزیابی آن	۵
فصل دوم: پیشینه پژوهش.....	۷
۱-۲- مقدمه	۸
۲-۲- مفهوم تسلیح خاک و تاریخچه آن	۹
۳-۲- بررسی منابع	۱۰
۱-۳-۲- تحقیقات انجام شده در رابطه با تسلیح خاک بوسیله لاستیک تایر	۱۰
۱-۱-۳-۲- تسلیح خاک با استفاده از تکه‌های تایرهای مستعمل.....	۱۱
۲-۱-۳-۲- تسلیح خاک رس بوسیله دانه‌های لاستیک	۱۴
۳-۱-۳-۲- ظرفیت باربری ماسه مسلح شده با تکه‌های تایر	۱۶
۴-۱-۳-۲- اجرا و ابرازبندی خاکریز آزمایشی مسلح شده با تکه‌های تایر	۱۸
۵-۱-۳-۲- تسلیح ماسه با سلول های تایر	۲۳
۶-۱-۳-۲- تسلیح ماسه به وسیله ی تایرهای حصیری شکل	۳۰
۷-۱-۳-۲- آزمایشات آکبولوت و آراسان	۳۴
۲-۳-۲- بررسی تأثیر تایرهای مستعمل بر محیط زیست و مهندسی عمران	۳۷

۳-۳-۳-۳-۳	بررسی قیر و انواع آن بعنوان مصالح تثبیت کننده خاک	۳۹
۴-۳-۳-۳-۳	تحقیقات انجام شده در رابطه با تثبیت خاک بوسیله قیر	۴۴
۱-۴-۳-۳-۳	بررسی خصوصیات خاک‌های تثبیت شده با خاکستر پوست برنج، سیمان، آهک و قیر	
۴۴	امولسیون	
۲-۴-۳-۳-۳	کاربرد قیر امولسیون و سیمان در تثبیت خاک‌ها	۴۸
۳-۴-۳-۳-۳	استفاده از کف قیر در اصلاح و تثبیت مصالح	۵۵
۴-۴-۳-۳-۳	بررسی عملکرد مواد نفتی و پلیمری در تثبیت خاک‌های سست و روان	۵۸
۵-۴-۳-۳-۳	کنترل کیفیت خاک‌های تثبیت شده با کف قیر و سیمان	۶۲
۵-۳-۳-۳-۳	عملیات اجرایی تثبیت خاک با قیر	۶۲
۶-۳-۳-۳-۳	نحوه انتخاب انواع مواد تثبیت کننده خاک از جمله قیر	۶۵
۶۷	فصل سوم: مواد و روش‌ها	
۱-۳	معرفی پروژه	۶۸
۲-۳	مصالح مورد استفاده در آزمایشها	۶۹
۳-۳	آزمایش برش مستقیم	۷۳
۴-۳	شرح آزمایش	۷۴
۸۰	فصل چهارم: نتایج و بحث	
۱-۴	بررسی پارامترهای مقاومت برشی (C, ϕ) و تغییرات وزن مخصوص (γ)	۱۱۲
۱-۱-۴	افزودن خرده لاستیک با درصدهای مختلف به خاک A (حالت اول)	۱۱۲
۲-۱-۴	افزودن قیر با درصدهای مختلف به خاک A (حالت دوم)	۱۱۵
۳-۱-۴	افزودن ترکیبی از قیر و خرده لاستیک با درصدهای اختلاطی مختلف به خاک A (حالت سوم)	۱۱۵
۴-۱-۴	افزودن خرده لاستیک با درصدهای مختلف به خاک B (حالت چهارم)	۱۱۸

- ۱۲۰ ۴-۱-۵ - خرده لاستیک تنها (حالت پنجم)
- ۱۲۱ ۴-۱-۶ - افزودن قیر با درصدهای مختلف به خرده لاستیک (حالت ششم)
- ۱۲۲ ۴-۲ - بررسی رفتار خاک
- ۱۲۲ ۴-۲-۱ - افزودن خرده لاستیک با درصدهای مختلف به خاک A (حالت اول)
- ۱۲۳ ۴-۲-۲ - افزودن قیر با درصدهای مختلف به خاک A (حالت دوم)
- ۴-۲-۳ - افزودن ترکیبی از قیر و خرده لاستیک با درصدهای اختلاطی مختلف به خاک A (حالت سوم) ۱۲۴
- ۴-۲-۴ - خرده لاستیک تنها (حالت پنجم) ۱۲۴
- ۴-۲-۵ - افزودن قیر با درصدهای مختلف به خرده لاستیک (حالت ششم) ۱۲۵
- نتیجه‌گیری ۱۲۶
- پیشنهادات ۱۲۸
- مراجع ۱۲۹

فصل اول

کلیات

۱-۱ مقدمه

انجام پروژه‌های پژوهشی و تحقیقاتی در زمینه‌های علمی و کاربردی باعث توسعه تکنولوژی و فنون جدید در جهت استفاده بهینه از امکانات موجود می‌گردد. مهندسی ژئوتکنیک نیز همانند سایر رشته‌ها در چند دهه اخیر رشد قابل توجهی داشته است و یکی از موضوعات مهم در این زمینه تثبیت خاک می‌باشد. تثبیت خاک به اصلاح و بهبود خواص فیزیکی و مهندسی یک خاک برای تأمین یک رشته اهداف از پیش تعیین شده اطلاق می‌شود. روش‌های مختلف تثبیت خاک را می‌توان در سه گروه فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی دسته‌بندی کرد.

تثبیت خاک به روش مکانیکی به طرق مختلف و با استفاده از غلتک‌های متداول انجام می‌شود. در روش شیمیایی، تثبیت خاکها با افزودن ماده و یا مواد شیمیایی که باعث واکنش شیمیایی با خاک می‌شوند انجام می‌گیرد (مانند سیمان، آهک و غیره..). و تثبیت به روش فیزیکی از قرار دادن یک سری عناصر مسلح کننده که با خاک وارد واکنش شیمیایی نمی‌شوند، صورت می‌گیرد (مانند ژئوتکستایل، تسمه و غیره...)

البته دو روش بیولوژیک (رویاندن گیاه) و الکتریکی (الکترواسموز) نیز جزو روشهای تثبیت خاک می‌باشند که در شرایط خاصی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در تحقیق حاضر از روش فیزیکی برای بهبود خواص خاک استفاده شده است. مکانیزم تثبیت خاک به روش فیزیکی با مکانیزم تثبیت خاک به روش شیمیایی کاملاً متفاوت است. در تثبیت خاک به روش شیمیایی افزایش مقاومت خاک در اثر فعل و انفعالات شیمیایی موسوم به فعل و انفعالات پوزولانی به وقوع می‌پیوندد، در صورتی که تثبیت کننده‌های فیزیکی هیچگونه فعل و انفعال شیمیایی با خاک برقرار نمی‌کنند.

الیاف پلیمری موسوم به ژئوگرید، ژئوتکستایل‌ها، تسمه‌های فولادی، فایبرهای فولادی، الیاف شیشه‌ای (فایبرگلاس)، فلزات بی‌اثر مانند آلومینیوم یا فولاد ضد زنگ و فولادهای روی اندود و

گالوانیزه از جمله مصالحی هستند که به منظور تثبیت فیزیکی خاک‌ها و در اصطلاح، تسلیح خاک‌ها کاربرد دارند. لازم به ذکر است به تثبیت فیزیکی خاک اصطلاحاً تسلیح خاک نیز گفته می‌شود. خرده لاستیک و قیر که به عنوان عناصر مورد استفاده در این پایان‌نامه هستند جزو تثبیت‌کننده‌های فیزیکی تقسیم‌بندی می‌شوند چرا که خرده لاستیک اضافه شده به خاک هیچگونه واکنش شیمیایی با خاک ندارد. همچنین قیر نیز دانه‌های خاک را اندود کرده و باعث چسبیدن آنها به یکدیگر می‌شود بدون آنکه با آن واکنش شیمیایی برقرار کند.

۱-۲- معرفی فصول پایان‌نامه

حال به معرفی اجمالی فصول پایان‌نامه حاضر می‌پردازیم. در فصل دوم از پایان‌نامه و در قسمت اول آن، ابتدا با آمار و خصوصیات تیره‌های مستعمل و آثار سوء آنها بر محیط زیست آشنا می‌شویم و در ادامه به بررسی تحقیقات پیشینیان پیرامون کاربرد لاستیک بعنوان مسلح‌کننده خاک می‌پردازیم و در قسمت دوم از فصل ۲، ابتدا قیر و انواع آن را معرفی کرده، سپس کاربرد قیر بعنوان تثبیت‌کننده خاک را مورد مطالعه قرار خواهیم داد.

در فصل سوم از پایان‌نامه، خاک، قیر و خرده لاستیکی که در آزمایشات مورد استفاده گرفته‌اند را معرفی، سپس روش کار و نحوه آزمایشات را به طور کامل توضیح می‌دهیم.

و در فصل چهارم از پایان‌نامه نتایج حاصل از آزمایشات را ارائه خواهیم کرد. نحوه ارائه نتایج بدین شرح است که در قسمت اول از فصل چهارم آن دسته از جداول و نمودارهایی که از اهمیت زیادی برخوردارند را به همراه شماره شکل آنها رسم کرده و در قسمت دوم به شرح و بحث راجع به هر کدام از این شکل‌ها می‌پردازیم و در قسمت سوم از این فصل نتیجه‌گیری کلی و پیشنهادات برای تحقیقات بعدی ارائه می‌شود.

۱-۳- مروری بر پیشینه کار

ایده اولیه خاک مسلح جدید نیست و قدمت آن به عهد باستان می‌رسد. لیکن مفهوم فعلی این ایده و روش تحلیل آن توسط یک مهندس فرانسوی به نام ویدال (۱۹۶۶) بنا نهاده شد. آزمایشگاه تحقیقات راه فرانسه، تحقیقات وسیعی بر روی قابلیت کاربرد و اثرات سودمند استفاده از خاک مسلح به عنوان مصالح ساختمانی انجام داده که این تحقیقات به تفصیل توسط داربین (۱۹۷۰)، سوسر (۱۹۷۴) و ویدال (۱۹۶۹) به تقریر در آمده است. از زمان شروع کارهای ویدال، دیوارهای حایل متعددی با استفاده از نظریه خاک مسلح در گوشه و کنار دنیا ساخته شده است. ولی استفاده از مسلح کننده‌ای مانند تکه‌های لاستیک جدیداً مورد توجه قرار گرفته که به چند نمونه از آن اشاره می‌کنیم. آقایان Bumjoo kim, Monica prezzi, Sungmin Yoon در سال ۲۰۰۶ در مورد ساخت خاکریزهایی با استفاده از تکه‌های تایر اقدام کرده‌اند که به نتایج ارزشمندی در این زمینه دست یافته‌اند.

آقای رحیمی از دانشگاه شیراز نیز در سال ۲۰۰۶ به مطالعه تأثیر تکه‌های تایر در ظرفیت باربری خاک پرداخته که در نوع خود قابل توجه می‌باشد.

آقای محمود قضاوی در سال ۲۰۰۲ به مطالعه تأثیر تکه‌های تایر با ابعاد و حجم‌های مختلف بر مقاومت برشی خاک ماسه‌ای پرداخته است که در نمودارهایی نتایج کار خود را ارائه کرده است.

۱-۴- مواد و روش‌ها

موادی که در این پایان‌نامه مورد استفاده قرار خواهند گرفت عبارتند از:

خاک: خاکی که در این آزمایشات استفاده می‌شود از نوع خاک دانه‌ای خواهد بود که در طبقه

بندی (USCS) در گروه ماسه قرار می‌گیرد.

خرده لاستیک: این خرده لاستیک‌ها از تایرهای اتومبیل‌ها حاصل می‌شود.

قیر: قیر مورد استفاده در این پایان‌نامه از نوع قیر مایع خواهد بود.

دستگاه آزمایش اصلی در این پایان نامه دستگاه برش مستقیم با ابعاد قالب ۱۰ cm×۱۰ cm می باشد.

روش کار به این صورت خواهد بود که ابتدا پارامترهای خاک دانه‌ای غیر مسلح با استفاده از آزمایش برش مستقیم مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت تا ویژگی‌های این خاک مشخص شود سپس در مرحله اول به این خاک خرده لاستیک با مقادیر مختلف اضافه خواهد شد و در هر مقدار از این ماده پارامترهای خاک مسلح شده مورد بررسی قرار می‌گیرد. در مرحله بعد به این خاک قیر مایع با درصدهای مختلف اضافه می‌شود و همانند مرحله قبل مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در مرحله سوم مخلوطی از قیر و خرده لاستیک با درصدهای مختلف به خاک اضافه می‌شود و همانند مراحل قبل پارامترهای خاک مسلح شده مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرد. در نهایت نتایج حاصل از خاک غیرمسلح، خاک مسلح شده با خرده لاستیک، خاک مسلح شده با قیر و خاک مسلح شده با خرده لاستیک و قیر با هم مقایسه می‌شود تا اثرات این نوع مصالح بر خاک معلوم شود.

۱-۵ هدف از پایان نامه و ارزیابی آن

بر اساس گزارش‌هایی که سازمان حفاظت محیط زیست (EPA) در سال ۲۰۱۰ منتشر کرده، انباشت تایرهای مستعمل در طبیعت یکی از مشکلات اساسی کشورهای پیشرفته و نیز در حال توسعه می‌باشد. به عنوان مثال، در کشور ایالات متحده آمریکا سالانه ۲۴۰ میلیون حلقه تایر دپو می‌شود که در نوع خود آمار قابل توجهی می‌باشد.

از آنجا که این تایرها بدلیل نوع موادی که در ساخت آنها مورد استفاده قرار گرفته قابل بازگشت به چرخه طبیعت نیستند، از طرفی نمی‌شود آنها را سوزاند چون باعث آلودگی هوا می‌شود و از طرف دیگر نمی‌شود آنها را دپو کرد چون در این صورت پناهگاهی برای حشرات می‌شود. بنابراین اگر ما بتوانیم این مصالح را به خاک اضافه کنیم بطوری که این کار باعث بهبود خواص خاک شود (هر چند

به مقدار خیلی کم) به موفقیت ارزشمندی دست یافته‌ایم چرا که با این کار تأییرهای مستعمل از محیط زیست خارج شده و از طرف دیگر هزینه‌ای بابت خرید آن بر ما تحمیل نشده است.

فصل دوم

پیشینه پژوهش

۲-۱- مقدمه

در طی سالهای اخیر انسان بخوبی به اهمیت و ضرورت حفظ محیط زیست واقف شده است و ادامه حیات خود را در گرو حفظ محیط زیست خود می‌داند. تا آنجاییکه امروزه در اکثر نقاط دنیا انجمن‌ها و نهادهای دولتی و مؤسسات غیر دولتی مختلفی جهت اطلاع‌رسانی وقایع و همچنین بردن دانش و فرهنگ عمومی مردم تأسیس شده‌اند، تا با کمک‌گیری از آنها تمام فعالیت‌ها و همچنین تولیدات مختلف بلحاظ عدم مغایرت با اصول زیست محیطی کنترل شود. دفع مواد زاید از جمله مواردیست که می‌تواند محیط زیست را در معرض خطر قرار دهد. امروزه با صنعتی شدن جوامع، سالانه تعداد انبوهی تایرهای وسایط نقلیه بصورت جامدات بدون مصرف از چرخه استفاده خارج و وارد طبیعت می‌گردند [۱۲]. بطوری که بر اساس آمار منتشر شده کشور آمریکا، سالانه ۲۷۹ میلیون تایر مستعمل تولید می‌شود که مقدار ۸۵٪ آن در زباله دانی‌های شهری دفن و در بعضی نقاط بصورت غیر قانونی دپو می‌شوند [۲]. در کشورهای استرالیا، کره جنوبی، ژاپن، کانادا و انگلیس نیز به ترتیب ۱۸، ۲۰، ۱۰۲، ۲۸ و ۲۵ میلیون تایر مستعمل تولید می‌گردد. [۱۲ و ۴]. تولید انواع گازهای خطرناک حاصل از آتش‌سوزی تایرهای مستعمل و اثرات سوء ناشی از آنها مانند تولید شیرابه و تولید و رشد و نمو موجودات زنده مضر بویژه هنگام بارندگی‌های جوی می‌تواند خطر جدی برای محیط زیست به حساب آید.

بدین جهت یافتن راه حلی برای بکار بردن مجدد تایرهای مستعمل و حل مشکلات زیست محیطی ناشی از آنها در پروژه‌های مهندسی عمران از مسایل مورد بحث در خصوص حفظ محیط زیست می‌باشد [۱۲]. امروزه اهمیت مسایل زیست محیطی در کشورهای پیشرفته و در حال توسعه به حدی مورد تأکید است که لازم است جامعه مهندسی در روند کار خود و برحسب وظیفه حرفه‌ای خود جایگاه مناسبی برای مصرف تایرهای مستعمل با توجه به خصوصیات مفید آنها بیابند تا از این رهگذر، هر چند اندک بتوان مشکلات زیست محیطی ناشی از تایرهای مستعمل را تقلیل داد.

بنابراین در پایان‌نامه حاضر، ما اگر بتوانیم خرده لاستیک‌های تایرها را بعنوان مسلح کننده در خاک مورد استفاده قرار دهیم بطوری که خصوصیات خاک بهبود یابد و یا حداقل تغییر محسوسی در آن ایجاد نشود، از یک طرف با خارج کردن آنها از طبیعت به حفظ محیط زیست کمک کرده‌ایم و از طرف دیگر حجم خاک مورد نیاز را کاهش داده‌ایم. استفاده از قیر نیز برای اندود کردن مصالح ساختمانی و چسباندن آنها به یکدیگر، تثبیت شن‌های روان، اندود نمودن و غیرقابل نفوذ کردن کانال‌های آبرو، پوشش بام‌ها، کف ساختمانها و رویه راهها در برابر آب سالهاست که با موفقیت در ایران انجام می‌شود. این ماده به دلیل داشتن دو خاصیت مهم یعنی غیرقابل نفوذ بودن در برابر آب و چسبندگی بودن یکی از پرکارترین مصالح ساختمانی و راهسازی می‌باشد [۷]. در پایان‌نامه حاضر علاوه بر بررسی اثرات خرده لاستیک بر خاک و اثرات قیر بر خاک، اثرات مجموع قیر و خرده لاستیک بر خاک نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲-۲- مفهوم تسلیح خاک و تاریخچه آن

تسلیح خاک عبارت است از مسلح کردن خاک بوسیله عناصری که با خاک وارد واکنش شیمیایی نمی‌شوند [۸].

روشهای تسلیح خاک عبارتند از:

- ۱- تسلیح با استفاده از تسمه‌های فلزی یا میلگردهای فولادی
 - ۲- تسلیح با استفاده از ژئوسنتتیک‌ها (ژئوگرید، ژئوتکستایل و...)
 - ۳- تسلیح خاک بصورت تهیه مخلوطی از خاک و اجزای مسلح کننده (از جمله فایبرهای فولادی، الیاف شیشه، فایبرگلاس، خرده‌های کنسروهای مواد غذایی و غیره...)
- استفاده از خاک مسلح در طراحی شالوده‌ها و سازه‌های حایل خاک، روشی است که در سال‌های اخیر متداول شده است. ایده اولیه خاک مسلح جدید نیست و قدمت آن به عهد باستان می‌رسد. ولی مفهوم فعلی این ایده و روش تحلیل و طراحی آن توسط یک مهندس فرانسوی به نام ویدال (۱۹۶۶)

بنا نهاده شد. آزمایشگاه تحقیقات راه فرانسه، تحقیقات وسیعی در روی قابلیت کاربرد و اثرات سودمند استفاده از خاک مسلح به عنوان مصالح ساختمانی انجام داده که این تحقیقات به تفصیل توسط داربین (۱۹۷۰)، شوسر (۱۹۷۴) و شوسر و ویدال (۱۹۶۹) به تقریر در آمده است. در این تحقیقات از تسمه‌های فولادی به عنوان عناصر مسلح کننده استفاده شده است [۸].

از زمان شروع کارهای ویدال، دیوارهای حایل متعددی با استفاده از نظریه خاک مسلح در گوشه و کنار دنیا ساخته شده است از جمله دیوارهای نگهبان برای جاده‌های کوهستانی که دارای شیب‌های ناپایدار هستند، دیوارهای ممتد برای پروژه بزرگراهها، دیوارهای حایل برای ساخت خانه‌های متکی بر شیب‌های تند و غیره...

استفاده از ژئوتکستایل در کارهای خاکی با هدف ایجاد تسلیح و جداسازی در کف خاکریزهای واقع بر روی خاک نرم، تقریباً همزمان با توسعه سریع خاک مسلح آغاز شد. از آن زمان کاربرد ژئوتکستایل در راهها، خاکریزها و شیبها تا حد بسیار زیادی افزایش یافته است. اولین بار ژئوتکستایل در سیستمهای نگهداری بافت خاکی چند لایه در سال ۱۹۷۱ به کار گرفته شد. به دنبال آن ژئوتکستایلها در دیوارهای حایل و سدهای خاکی مورد استفاده قرار گرفتند [۱۲].

اخیراً استفاده از اجزای مجزا از هم برای تسلیح خاکها بسیار مورد توجه قرار گرفته است که انواع فایبرها، فلامنت لامپها، لاستیکها و غیره جزو این نوع مسلح کننده‌ها می‌باشند [۹]. در پایان - نامه حاضر نیز از این نوع تسلیح استفاده شده است.

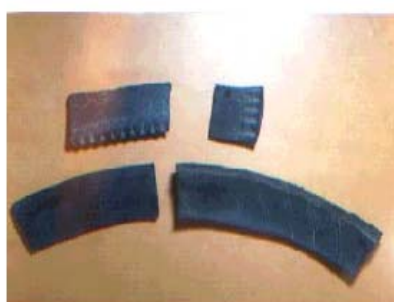
۳-۲- بررسی منابع

۳-۱- تحقیقات انجام شده در رابطه با تسلیح خاک بوسیله لاستیک تایر

در این قسمت به مهمترین مقالاتی که در آنها لاستیک تایر به عنوان یک عنصر مسلح کننده خاک می‌باشد، اشاره می‌گردد.

۲-۳-۱-۱- تسلیح خاک با استفاده از تکه‌های تایرهای مستعمل [۱]

قضای [۱] با انجام آزمایشاتی به بررسی پارامترهای مقاومت برشی خاک مسلح شده با تکه‌های تایر پرداخت. خاک مورد آزمایش از نوع ماسه با دانه‌بندی تقریباً یکنواخت می‌باشد. تکه‌های لاستیک که به عنوان عناصر مسلح کننده مورد استفاده قرار گرفتند به شکل مستطیل بوده و دارای نسبت‌های طول به عرض مختلفی می‌باشند که تصویر آنها در شکل (۲-۱) نشان داده شده است.



a



b

شکل (۲-۱) دو نوع از تکه‌های تایر با نسبت شکل‌های مختلف (a عرض = ۳ cm، b عرض = ۲ cm) [۱]

عرض این تکه‌های لاستیک به ترتیب ۲ cm، ۳ cm و ۴ cm می‌باشد. تکه لاستیک‌هایی که عرض آنها ۲ cm است، دارای نسبت طول به عرض ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷ می‌باشند. برای تکه لاستیک‌ها با عرض ۳ cm، نسبت طول به عرض ۳، ۳/۵، ۴ و ۵ در نظر گرفته شده است و بالاخره تکه لاستیک‌ها که دارای عرض ۴ cm هستند، نسبت طول به عرض ۱، ۲، ۳ و ۴ برای آنها لحاظ شده است. تکه‌های لاستیک را با چه ابعادی (با کدام عرض و طول) و با چه درصد حجمی به ماسه اضافه کنیم تا بهترین نتیجه را کسب کنیم؟ این سؤالی است که محقق با انجام آزمایش‌های زیر به جواب آن دست یافته است.

برای انجام آزمایشات از دستگاه برش مستقیم با ابعاد قالب ۳۰ cm × ۳۰ cm استفاده شده است.

برای تهیه نمونه‌ها، تکه‌های لاستیک با درصدهای حجمی ۱۵٪، ۳۰٪ و ۵۰٪ با خاک مخلوط، و درون قالب برش ریخته شد. آزمایش برش مستقیم با تنش‌های نرمال (۹/۸ kpa)، (۳۹/۲ kpa) و

(۹۸/۱ kpa) و با سرعت تغییر شکل $\frac{mm}{min}$ ۱/۵ انجام گردید.

نتایج حاصل از آزمایشات را می‌توان در بندهای زیر بیان نمود:

- مقاومت برشی مخلوط ماسه و تکه لاستیک بیشتر از ماسه تنهاست و با افزایش درصد تکه‌های

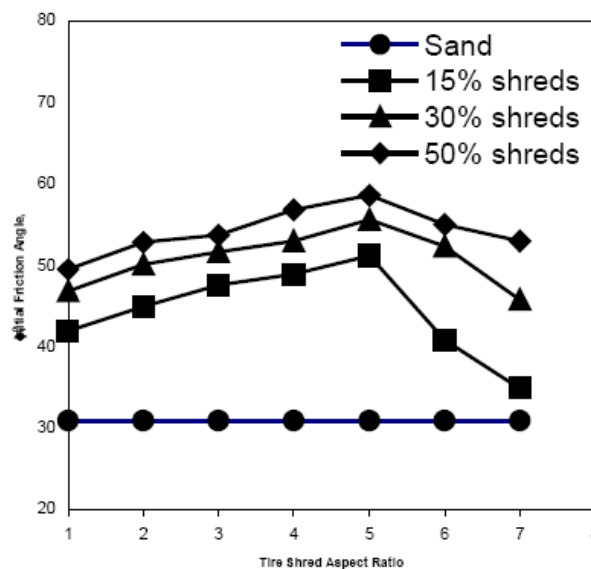
لاستیک، مقاومت برشی نیز افزایش می‌یابد.

- با افزایش تکه‌های لاستیک در مخلوط، چسبندگی نیز افزایش می‌یابد.

- با اضافه کردن تکه‌های لاستیک به ماسه زاویه اصطکاک اولیه خاک نسبت به ماسه تنها بیشتر

می‌شود و این افزایش زاویه اصطکاک با افزایش درصد تکه لاستیک‌ها بیشتر خواهد شد. این موضوع

در نمودار (۲-۲) نشان داده شده است.



نمودار (۲-۲) تغییرات زاویه اصطکاک اولیه نسبت به نسبت شکل‌های مختلف [۱]