بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران مرکزی

دانشکده فنی ، گروه عمران

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد (M.Sc)

گرایش : مکانیک خاک و پی

عنوان:

مطالعه آزمایشگاهی برای یافتن روشی جهت اصلاح بهینه پارامترهای مقاومت برشی خاک مسلح شده با خرده لاستیک و ژئوتکستایل با استفاده از آزمایش برش مستقیم بزرگ مقیاس

استاد راهنما :

دکتر محمود قضاوی

استاد مشاور :

سید عباس حسینی

پژوهشگر :

علیرضا شکوه فر

تابستان ۱۳۹۱

تقدیم به :

- محضر ارزشمند پدر و مادر عزیزم به خاطر همه ی تلاش های محبت آمیزی که در دوران مختلف زندگی ام انجام دادند.

– به همسر مهربانم که در تمامی مراحل زندگی همراه و همگام من بوده است.

– به استادان فرزانه و فرهیخته ای که در راه کسب علم و معرفت مرا یاری نمودند.

– به آنان که نفس خیرشان و دعای روح پرورشان بدرقه ی راهم بود.

سپاسگزاری از :

شکر شایان نثار ایزد منان که توفیق را رفیق راهم ساخت تا این پایان نامه را به پایان برسانم. از استاد فاضل و اندیشمند جناب آقای دکتر قضاوی به عنوان استاد راهنما که همواره نگارنده را مورد لطف و محبت خود قرار داه اند، کمال تشکر را دارم.
همچنین از زحمات بی دریغ آقای مهندس حسینی به عنوان استاد مشاور و آقای دکتر غفاری در طول مراحل انجام این پایان نامه سپاسگزارم.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول : کلیات طرح **۱**

۱-۱ بیان مسئله ۱

۱-۲ استفاده از خرده لاستیک به عنوان مسلح کننده ۲

۱-۳ استفاده از مواد ژئوسنتیکی برای مسلح کردن خاک ٤

۱- ٤ هدف های تحقیق ۵

۱-۵ اهمیت موضوع تحقیق و انگیزش انتخاب آن ٦

۱-٦ سوالات و فرضیه های تحقیق ۷

۱-٦-۱ سوالات تحقیق ۷

۱-٦-۲ فرضیه های تحقیق ۷

۱-۷ تعریف عملیاتی متغیرها و واژه های کلیدی ۸

۱-۷-۱ مقاومت مربوط به اصطکاک ۸

۱-۷-۲ مقاومت مربوط به چسبندگی ۹

۱-۷-۳ بیان ساده مقاومت برشی خاک ۱۱

۱-۷-٤ آزمایش مقاومت برشی خاک در آزمایشگاه ۱۱

۱-۷-٤-۱ آزمایش برش مستقیم ۱۲

۱-۷-٤-۲ وسایل و روش کار برای آزمایش برش مستقیم ۱۳

۱-۷-٤-۳ روش کار در آزمایش برش مستقیم خاک ۱۵

۱-۷-۵ عوامل موثر بر روی نتایج آزمایش مقاومت ۱٦

۱-۸ محدودیت ها و مشکلات تحقیق ۱۸

فصل دوم: مطالعات نظری **۱۹**

۲-۱ مقدمه ۱۹

۲-۲ مسلح کننده ها ۲۰

۲-۲-۱ ژئوسنتیک ها ۲۰

۲-۲-۱-۱ تعریف ژئوسنتیک ها [ASTM 1994] ۲۱

۲-۲-۱-۱-۱ ژئوتکستایل ها ۲۱

۲-۲-۱-۱-۲ ژئوگریدها ۲۳
۲-۲-۱-۱-۳ ژئونت ها ۲۶
۲-۲-۱-۱-٤ ژئوممبرین ها ۲۶
۲-۲-۱-۱-٥ ژئوسل ها ۲۷
۲-۲-۱-۱-٦ ژئوسنتتک های با آستری از رس (GCL) ۲۸
۲-۲-۱-۱-۷ ژئوکمپوزیت ها ۲۸
۲-۲-۱-۲ مشخصات فیزیکی و مکانیکی ژئوسنتتیک ها ۳۰
۲-۲-۱-۳ نحوه قرار گیری و امتداد ژئوتکستایل ها ۳۲
۲-۲-۲ خرده لاستیک ها ۳٤
۲-۲-۲-۱ تعاریف مربوط به کاربرد خرده لاستیک ها ۳۷
۲-۲-۲-۱-۱ تایر بسته بندی شده (Baled Tire) ۳۷
۲-۲-۲-۱-۲ لاستیک دانه ای شده (Crumb Rubber) ۳۷
۲-۲-۲-۱-۳ تایر بریده (Cut Tire) ۳۸
۲-۲-۲-۱-٤ تایر فرآوری شده ۳۹
۲-۲-۲-۱-٥ مصالح تهیه شده از تایر ۳۹
۲-۲-۲-۱-٦ تایر مستعمل(Used Tire) ٤۰
۲-۲-۲-۱-۷ تایر دورانداختنی(Waste Tire) ٤۰
۲-۲-۲-۲ استاندارد ASTM D6270 ٤۰
۲-۲-۲-۲-۱ کلیات ASTM D6270 ٤۱
۲-۲-۲-۲-۲ استفاده از ASTM D6270 ٤۱
۲-۲-۲-۲-۳ مشخصات مواد برای تایرها از نظر ASTM ٤۲
۲-۲-۲-۲-٤ پر کننده های کلاس I ٤۲
۲-۲-۲-۲-٥ پرکننده های کلاس II ٤۲
۲-۲-۲-۲-٦ تحقیقات ASTM درباره شیرابه ٤۳
۲-۲-۲-۲-۷ ملاحظات در مورد سطح آب ٤۳
۲-۲-۲-۲-۸ نکات برجسته تحقیقات ٤٥
۲-۲-۲-۳ اندازه مصالح تهیه شده از لاستیک (TDA) ٤٦
۲-۲-۲-٤ تدارکات و تراکم ٤۷
۲-۲-۲-٥-۱ تدارک مصالح ٤۷

۲-۲-۲-۵-۲ فشرده سازی ٤٧
۲-۲-۳ مواردی از استفاده از تایرهای فرسوده در پروژه های عمرانی ٤٨
۲-۳ مطالعات گذشته پیرامون مواد مسلح کننده ٥١
۲-۳-۱ مطالعات گذشته در مورد مقاومت برشی مصالح بدست آمده از تایرهای فرسوده ٥١
۲-۳-۱-۱ مقاومت برشی خرده لاستیک ها ٥٣
۲-۳-۲ مطالعات گذشته در مورد کاربرد ژئوسنتتیک ها ٥٨
۲-۳-۳ مقاومت برشی سطح مشترک میان خرده لاستیک و ژئوسنتتیک ها با ماسه ٦٨
فصل سوم : روش تحقیق **٧٣**
۳-۱ مقدمه ٧٣
۳-۱-۱ آزمایش برش مستقیم معمولی ٧٣
۳-۱-۲ آزمایش برش مستقیم بزرگ ٧٤
۳-۱-۳ آزمایش های برش با ابعاد بسیار بزرگ ٧٥
۳-۱-٤ آزمایش سه محوری ٧٥
۳-۲ روش تحقیق ٧٦
۳-۳ مصالح مورد آزمایش ٧٦
۳-٤ روش ساخت نمونه ٧٨
۳-٥ تجهیزات مورد آزمایش ٨٤
فصل ٤ : تجزیه و تحلیل نتایج **٨٨**
٤-۱ مقدمه ٨٨
٤-۲ تعیین درصد بهینه خرده لاستیک در مخلوط ماسه ٨٨
٤-۳ تعیین زاویه بهینه قرارگیری ژئوتکستایل در ماسه ٩٥
٤-٤ بررسی کاربرد هم زمان خرده لاستیک و ژئوتکستایل در ماسه ١١٢
فصل ٥ : نتیجه گیری و پیشنهادات **١٢٩**
٥-۱ خلاصه ١٢٩
٥-۲ نتیجه گیری ١٣٠
٥-۳ پیشنهادات ١٣١
مراجع ١٣٢

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱ پارامتر های مقاومت برشی خرده لاستیک با اندازه های مختلف ٥٤
جدول ۲-۲ : مقاومت سطح مشترک میان خرده لاستیک و خاک ٦٨
جدول ۲- ۳ : مقاومت برشی سطح مشترک خرده لاستیک با ژئوسینتتیک ها ۷۰
جدول ۳-۱ : مشخصات ماسه مورد آزمایش ۷۷
جدول ۳-۲ : درصد استفاده از خرده لاستیک در مخلوط ماسه و مشخصات وزنی نمونه ها ۷۹
جدول ٤-۱ : درصد استفاده از مصالح و مشخصات وزنی نمونه ها ۸۹
جدول ٤-۲: درصدهای بهینه خرده لاستیک در ماسه در تنش های قائم متفاوت ۹۱
جدول ٤-۳ :نسبت مقاومت برشی مخلوط ماسه و خرده لاستیک به مقاومت برشی ماسه ۹۱
جدول ٤-٤: تغییرات چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی در مخلوط ماسه و خرده لاستیک ۹۲
جدول٤- ٥ : تغییر مکان لحظه گسیختگی مخلوط ماسه و درصدهای مختلف حجمی خرده لاستیک ۹٤
جدول ٤-٦ : حداکثر مقاومت برشی مخلوط ماسه و یک لایه ژئوتکستایل با زوایای مختلف قرارگیری ۹٦
جدول ٤-۷ : حداکثر مقاومت برشی مخلوط ماسه و دو لایه ژئوتکستایل با زوایای مختلف قرارگیری ۹۷
جدول ٤-۸ : حداکثر مقاومت برشی مخلوط ماسه و سه لایه ژئوتکستایل با زوایای مختلف قرارگیری ۹۷
جدول ٤-۹ : زاویه بهینه قرارگیری ژئوتکستایل در ماسه بر حسب درجه ۹۸
جدول ٤-۱۰: نسبت مقاومت برشی ماسه مسلح با یک لایه ژئوتکتسایل به ماسه بدون ژئوتکستایل ۹۹
جدول ٤-۱۱: نسبت مقاومت برشی ماسه مسلح با دو لایه ژئوتکتسایل به ماسه بدون ژئوتکستایل ۱۰۰
جدول ٤-۱۲: نسبت مقاومت برشی ماسه مسلح با سه لایه ژئوتکتسایل به ماسه بدون ژئوتکستایل ۱۰۰
جدول٤-۱۳: نسبت زاویه اصطکاک مخلوط ماسه با یک لایه ژئوتکستایل به ماسه بدون ژئوتکستایل ۱۰۲
جدول٤-۱٤: نسبت زاویه اصطکاک مخلوط ماسه با دو لایه ژئوتکستایل به ماسه بدون ژئوتکستایل ۱۰۲
جدول٤-۱٥: نسبت زاویه اصطکاک مخلوط ماسه با سه لایه ژئوتکستایل به ماسه بدون ژئوتکستایل ۱۰۳
جدول ٤-۱٦: زاویه اصطکاک داخلی مخلوط ماسه با ژئوتکستایل ۱۰٤
جدول ٤-۱۷: چسبندگی ظاهری مخلوط ماسه و ژئوتکستایل بر حسب kPa ۱۰٦
جدول ٤-۱۸ حداکثر مقاومت برشی(kPa) مخلوط ماسه و ژئوتکستایل با زاویه ۳۰ درجه ۱۰۷
جدول ٤-۱۹: حداکثر مقاومت برشی(kPa) مخلوط ماسه و ژئوتکستایل با زاویه ٤٥ درجه ۱۰۷
جدول ٤-۲۰: حداکثر مقاومت برشی(kPa) مخلوط ماسه و ژئوتکستایل با زاویه ٦۰ درجه ۱۰۸
جدول ٤-۲۱: حداکثر مقاومت برشی(kPa) مخلوط ماسه و ژئوتکستایل با زاویه ۹۰ درجه ۱۰۹

جدول ٤-٢٢ : درصد افزایش مقاومت برشی مخلوط ماسه و ژئوتکستایل در زاویه های مختلف قرارگیری ژئوتکستایل و در فشارهای نرمال متفاوت ١١٠
جدول ٤-٢٣ : مقاومت برشی مخلوط ماسه و خرده لاستیک و یک لایه ژئوتکستایل با زوایای مختلف ١١٣
جدول ٤-٢٤ : مقاومت برشی مخلوط ماسه و خرده لاستیک و دو لایه ژئوتکستایل با زوایای مختلف ١١٤
جدول ٤-٢٥ : مقاومت برشی مخلوط ماسه و خرده لاستیک و سه لایه ژئوتکستایل با زوایای مختلف ١١٤
جدول ٤-٢٦ : زاویه بهینه ژئوتکستایل در مخلوط ماسه مسلح با ماسه ١١٥
جدول ٤-٢٧ : نسبت مقاومت برشی ماسه مسلح با یک لایه ژئوتکتسایل و ٪٢٠ خرده لاستیک به ماسه ١١٦
جدول ٤-٢٨ : نسبت مقاومت برشی ماسه مسلح با دو لایه ژئوتکتسایل و ٪٢٠ خرده لاستیک به ماسه ١١٧
جدول ٤-٢٩ : نسبت مقاومت برشی ماسه مسلح با سه لایه ژئوتکتسایل و ٪٢٠ خرده لاستیک به ماسه ١١٧
جدول ٤-٣٠ : نسبت مقاومت برشی ماسه مسلح با یک لایه ژئوتکتسایل و ٪٢٠ خرده لاستیک به ماسه مسلح شده فقط با یک لایه ژئوتکستایل ١١٩
جدول ٤-٣١ : نسبت مقاومت برشی ماسه مسلح با دو لایه ژئوتکتسایل و ٪٢٠ خرده لاستیک به ماسه مسلح شده فقط با دو لایه ژئوتکستایل ١١٩
جدول ٤-٣٢ : نسبت مقاومت برشی ماسه مسلح با سه لایه ژئوتکتسایل و ٪٢٠ خرده لاستیک به ماسه مسلح شده فقط با سه لایه ژئوتکستایل ١٢٠
جدول ٤-٣٣ : زاویه اصطکاک مخلوط ماسه، خرده لاستیک و ژئوتکستایل بر حسب درجه ١٢٢
جدول ٤-٣٤ : میزان چسبندگی(kPa) مخلوط ماسه، خرده لاستیک و ژئوتکستایل ١٢٣
جدول ٤-٣٥: مقاومت برشی(kPa) مخلوط ماسه و ژئوتکستایل با لایه های متفاوت و زاویه ٣٠ درجه ١٢٤
جدول ٤-٣٦: مقاومت برشی(kPa) مخلوط ماسه و ژئوتکستایل با لایه های متفاوت و زاویه ٤٥ درجه ١٢٤
جدول ٤-٣٧: مقاومت برشی(kPa) مخلوط ماسه و ژئوتکستایل با لایه های متفاوت و زاویه ٦٠ درجه ١٢٥
جدول ٤-٣٨: مقاومت برشی(kPa) مخلوط ماسه و ژئوتکستایل با لایه های متفاوت و زاویه ٩٠ درجه ١٢٦

فهرست شکل ها

شکل ۱-۱ : سهم پتانسیل های مکانیزم های چسبندگی مختلف به مقاومت چسبندگی ۱۰
شکل ۱-۲ : نمای آزمایش برش مستقیم ۱۳
شکل ۱-۳ : جعبه برش مستقیم ۱٤
شکل ۱-٤ : نمونه خاک قرار گرفته در دستگاه برش مستقیم ۱٤
شکل ۲-۱ : نمونه ای از ژئوتکستایل ها ۲۳
شکل ۲-۲ : ژئوتکستایل در حال اجرا ۲۳
شکل ۲-۳ : نمونه ای از ژئوگرید ها ۲۵
شکل ۲-٤ : ژئوگرید در حال اجرا ۲۵
شکل ۲-۵ : نمونه ای از ژئونت ها ۲٦
شکل ۲-٦ : نمونه ای از اجرای ژئوممبرین ۲۷
شکل ۲-۷ : نمونه ای از ژئوسل ها ۲۸
شکل۲-۸ : نمونه ای از ژئوکمپوزیت ها ۲۹
شکل ۲- ۹ : دستگاه آزمایش مقاومت کششی ۳۲
شکل ۲-۱۰ : نمونه های مختلف به کارگیری ژئوتکستایل ها برای پایداری شیب خاک مسلح بر روی فونداسیون نرم ۳۳
شکل۲-۱۱ : نمودار بررسی اثر راستای نیروهای مسلح کننده ۳٤
شکل ۲-۱۲: اسکلت بندی تراشه های تایر برای یک لایه جمع آوری شیرابه در آیالت Iowa ۳۵
شکل ۲-۱۳:بسته بندی تایر (سمت چپ) تایر بسته بندی شده (سمت راست) ۳۷
شکل ۲-۱٤: لاستیک دانه ای شده ۳۸
شکل ۲-۱۵ : پروژه اجرا شده با تایرهای بریده ۳۹
شکل ۲-۱٦ : مصالح تولید شده از لاستیک ٤۰
شکل ۲-۱۷: لیچینگ در تایرها ٤٤
شکل ۲-۱۸ : استفاده از تایر های فرسوده به صورت دیوار حائل ٤۸
شکل ۲-۱۹ : اجرای دیوار حائل با استفاده از تایرهای بسته بندی شده ٤۸
شکل ۲-۲۰ : استفاده از مخلوط بتن و تایرهای فرسوده بعنوان عایق صوتی ٤۹
شکل ۲-۲۱ : آماده سازی تایرهای فرسوده برای استفاده به عنوان لایه جداکننده لرزه ای ۵۰
شکل ۲-۲۲ : اجرای پروژه زهکشی با استفاده از تراشه ها تایرهای فرسوده در کامرون ۵۰

شکل ۲-۲۳ : اجرای پروژه زهکشی با استفاده از تراشه های تایرهای فرسوده در کامرون ۵۱
شکل ۲-۲٤ : مقاومت برشی سطح مشترک خرده لاستیک ها بر اساس مطالعات انجام شده ۵۷
شکل ۲-۲۵ : تنش کل داخلی در آزمایش برش مستقیم بزرگ مقیاس. (a) تنش قائم روی مسلح کننده (b) تنش قائم روی صفحه مرکزی نمونه (c) تنش قائم در کف جعبه ٦۳
شکل۲-۲٦ توزیع تنش برشی ماکزیمم در نمونه مسلح شده در آزمایش برش مستقیم-نتایج المان محدود ٦٤
شکل ۳-۱: مقطع جعبه برش در حالتی که دانه های بزرگتر از حد استاندارد در آن وجود دارد ۷٤
شکل ۳-۲ : نمودار دانه بندی خرده لاستیک و ماسه ۷٦
شکل ۳-۳ : خرده لاستیک مورد استفاده ۷۷
شکل ۳-٤ : ژئوتکستایل مورد استفاده در مخلوط ماسه و ماسه مسلح شده با خرده لاستیک ۷۸
شکل ۳-۵ : مخلوط کردن خرده لاستیک و ماسه با دست ۸۰
شکل ۳-٦ : خرده لاستیک و ماسه پس از مخلوط شدن با د ۸۰
شکل ۳-۷ : ماسه مسلح با خرده لاستیک و یک لایه ژئوتکستایل با زاویه قرارگیری ۹۰ درجه ۸۲
شکل ۳-۸ : ماسه مسلح با خرده لاستیک و یک لایه ژئوتکستایل با زاویه قرارگیری ٤۵ درجه ۸۲
شکل ۳-۹ : ماسه مسلح با خرده لاستیک و سه لایه ژئوتکستایل با زاویه قرارگیری ۹۰ درجه ۸۳
شکل ۳-۱۰ : ماسه مسلح با خرده لاستیک و سه لایه ژئوتکستایل با زاویه قرارگیری ۹۰ درجه ۸۳
شکل ۳-۱۱ : دستگاه برش مستقیم بزرگ مورد استفاده ۸٤
شکل ۳-۱۲ : اهرم و گیج اعمال بار قائم دستگاه برش مستقیم ۸٤
شکل ۳-۱۳ : نحوه اعمال سرعت جابجایی افقی در دستگاه برش مستقیم ۸۵
شکل ۳-۱٤ : رینگ و گیج نیروسنج جهت قرائت نیروی افقی در دستگاه برش مستقیم ۸٦
شکل ٤- ۱ : نمودار تنش برشی- جابجایی برای درصدهای مختلف خرده لاستیک در تنش قائم۱۰۰kPa ۸۹
شکل٤-۲: نمودار مقاومت برشی حداکثر در مخلوط ماسه با درصدهای مختلف خرده لاستیک ۹۰
شکل ٤-۳ : نمودار نسبت مقاومت برشی مخلوط ماسه و خرده لاستیک به مقاومت برشی ماسه در درصدهای مختلف خرده لاستیک ۹۲
شکل ٤-٤ : نمودار میزان چسبندگی مخلوط ماسه با درصدهای مختلف خرده لاستیک ۹۳
شکل٤-۵ : نمودار زاویه اصطکاک داخلی مخلوط ماسه با درصدهای مختلف خرده لاستیک ۹۳
شکل٤-٦ : نمودار نسبت زاویه اصطکاک داخلی مخلوط خرده لاستیک به ماسه خالی در درصد های مختلف خرده لاستیک در مخلوط ماسه ای ۹٤

شکل ٤-٧ : نمودار حداکثر مقاومت برشی مخلوط ماسه و یک لایه ژئونکستایل با زاویه های مختلف ٩٦
شکل ٤-٨ : نمودار مقاومت برشی حداکثر مخلوط ماسه و دو لایه ژئونکستایل با زاویه های مختلف ٩٧
شکل ٤-٩ : نمودار حداکثر مقاومت برشی مخلوط ماسه و دو لایه ژئونکستایل با زاویه های مختلف ٩٨
شکل ٤-١٠ : نمودار نسبت مقاومت برشی ماسه مسلح شده با یک لایه ژئوتکستایل به ماسه
بدون ژئوتکستایل در زاویه های مختلف قرارگیری ژئوتکستایل و در تنش های قائم متفاوت ٩٩
شکل ٤-١١ نمودار نسبت مقاومت برشی ماسه مسلح شده با دو لایه ژئوتکستایل به ماسه
بدون ژئوتکستایل در زاویه های مختلف قرارگیری ژئوتکستایل و در تنش های قائم متفاوت ١٠٠
شکل ٤-١٢: نمودار نسبت مقاومت برشی ماسه مسلح شده با سه لایه ژئوتکستایل به ماسه
بدون ژئوتکستایل در زاویه های مختلف قرارگیری ژئوتکستایل و در تنش های قائم متفاوت ١٠١
شکل ٤-١٣: نمودار نسبت زاویه اصطکاک ماسه با یک لایه ژئوتکستایل با زاویه‌های قرارگیری
مختلف به ماسه بدون ژئوتکستایل ١٠٢
شکل ٤-١٤: نمودار نسبت زاویه اصطکاک ماسه با دو لایه ژئوتکستایل با زاویه های قرارگیری
مختلف به ماسه بدون ژئوتکستایل ١٠٣
شکل ٤-١٥: نمودار نسبت زاویه اصطکاک ماسه با سه لایه ژئوتکستایل با زاویه های قرارگیری
مختلف به ماسه بدون ژئوتکستایل ١٠٤
شکل ٤-١٦: نمودار نحوه تغییرات زاویه اصطکاک داخلی مخلوط ماسه با لایه های مختلف
ژئوتکستایل با زاویه های مختلف قرارگیری ١٠٥
شکل ٤-١٧: نمودار چسبندگی مخلوط ماسه با ژئوتکستایل بر حسب زاویه قرارگیری ژئوتکستایل ها ١٠٦
شکل ٤- ١٨: نمودار مقاومت برشی حداکثر(kPa) در زاویه ٣٠ درجه قرارگیری ژئوتکستایل ١٠٧
شکل ٤- ١٩: نمودار مقاومت برشی حداکثر(kPa) در زاویه ٤٥ درجه قرارگیری ژئوتکستایل ١٠٨
شکل ٤- ٢٠ : نمودار مقاومت برشی حداکثر(kPa) در زاویه ٦٠ درجه قرارگیری ژئوتکستایل ١٠٨
شکل ٤- ٢١ : نمودار مقاومت برشی حداکثر(kPa) در زاویه ٩٠ درجه قرارگیری ژئوتکستایل ١٠٩
شکل ٤- ٢٢ : نمودار تنش برشی- جابجایی برای زاویه های مختلف قرارگیری ژئوتکستایل در
مخلوط ماسه در تنش قائم١٠٠kPa ١١١
شکل٤-٢٣ : نمودار مقاومت برشی مخلوط ماسه و خرده لاستیک و یک لایه ژئونکستایل با زوایای مختلف ١١٣
شکل ٤-٢٤ : نمودار مقاومت برشی مخلوط ماسه و خرده لاستیک و دو لایه ژئونکستایل با زوایای مختلف ١١٤
شکل ٤-٢٥ : نمودار مقاومت برشی مخلوط ماسه و خرده لاستیک و سه لایه ژئونکستایل با زوایای مختلف ١١٥

شکل ٤-٢٦ : نمودار نسبت مقاومت برشی ماسه مسلح شده با ٪٢٠ خرده لاستیک و یک لایه ژئوتکستایل به ماسه بدون مسلح کننده در زاویه های مختلف قرارگیری ژئوتکستایل ١١٦
شکل ٤-٢٧ : نمودار نسبت مقاومت برشی ماسه مسلح شده با ٪٢٠ خرده لاستیک و دو لایه ژئوتکستایل به ماسه بدون مسلح کننده در زاویه های مختلف قرارگیری ژئوتکستایل ١١٧
شکل ٤-٢٨ : نمودار نسبت مقاومت برشی ماسه مسلح شده با ٪٢٠ خرده لاستیک و سه لایه ژئوتکستایل به ماسه بدون مسلح کننده در زاویه های مختلف قرارگیری ژئوتکستایل ١١٨
شکل ٤-٢٩ : نمودار نسبت مقاومت برشی ماسه مسلح شده با ٪٢٠ خرده لاستیک و یک لایه ژئوتکستایل به ماسه مسلح شده با یک لایه ژئوتکستایل با زاویه های مختلف قرارگیری ١١٩
شکل ٤-٣٠ : نمودار نسبت مقاومت برشی ماسه مسلح شده با ٪٢٠ خرده لاستیک و دو لایه ژئوتکستایل به ماسه مسلح شده با دو لایه ژئوتکستایل با زاویه های مختلف قرارگیری ١٢٠
شکل ٤-٣١ : نمودار نسبت مقاومت برشی ماسه مسلح شده با ٪٢٠ خرده لاستیک و سه لایه ژئوتکستایل به ماسه مسلح شده با سه لایه ژئوتکستایل با زاویه های مختلف قرارگیری ١٢١
شکل ٤-٣٢ : نمودار نحوه تغییرات زاویه اصطکاک داخلی مخلوط ماسه مسلح با خرده لاستیک و لایه های مختلف ژئوتکستایل با زاویه های مختلف قرارگیری ١٢٢
شکل ٤-٣٣ : نمودار نحوه تغییرات زاویه چسبندگی (بر حسب کیلوپاسکال) مخلوط ماسه مسلح با خرده لاستیک و لایه های مختلف ژئوتکستایل با زاویه های مختلف قرارگیری ١٢٣
شکل ٤-٣٤ : جدول مقاومت برشی(kPa) مخلوط ماسه و ژئوتکستایل با لایه های متفاوت و زاویه ٣٠ درجه ١٢٤
شکل ٤-٣٥ : جدول مقاومت برشی(kPa) مخلوط ماسه و ژئوتکستایل با لایه های متفاوت و زاویه ٤٥ درجه ١٢٥
شکل ٤-٣٦ : جدول مقاومت برشی(kPa) مخلوط ماسه و ژئوتکستایل با لایه های متفاوت و زاویه ٦٠ درجه ١٢٦
شکل ٤-٣٧ : جدول مقاومت برشی(kPa) مخلوط ماسه و ژئوتکستایل با لایه های متفاوت و زاویه ٩٠ درجه ١٢٧

چکیده پایان نامه :

در این پایان نامه، روش ترکیبی اصلاح خاک با استفاده از مسلح کردن خاک ماسه ای با استفاده از خرده لاستیک و ژئوتکستایل مورد تحقیق قرار گرفت. تاثیر مسلح ساختن ماسه به همراه خرده لاستیک روی مقاومت برشی خاک مورد بررسی قرار گرفت، نتایج آزمایش ها نشان داد که خرده لاستیک ها چسبندگی مخلوط را ارتقا می بخشند و تاثیر چندانی روی زاویه اصطکاک داخلی مخلوط ندارند، همچنین وزن مخصوص مخلوط ماسه و خرده لاستیک نیز کاهش می یابد. از سوی دیگر لایه های مسلح کننده ژئوتکستایل می توانند زاویه اصطکاک داخلی خاک را تا حد قابل توجهی بهبود دهند؛ در حالی که تغییرات محسوسی در چسبندگی ایجاد نمی نمایند. بنابر این اگر اصلاح خاک از هر دو روش فوق انجام شود، هردو پارامتر مقاومت برشی خاک (C,Φ) به طور هم زمان اصلاح می شود. در این پایان نامه، ابتدا آزمایش برش مستقیم(۳۰×۳۰ سانتی متر) جهت تعیین درصد بهینه خرده لاستیک در خاک ماسه ای انجام شدند؛ سپس لایه های ژئوتکستایل با زاویه های مختلف قرار گیری به نمونه های ماسه اضافه شدند و آزمایش های برش مستقیم برای مشخص کردن زاویه بهینه لایه های ژئوتکستایل در خاک ماسه ای انجام گرفت. در نهایت، لایه های ژئوتکستایل به نمونه های مسلح شده ی ماسه با خرده لاستیک اضافه شدند و آزمایش های برش مستقیم جهت تعیین زاویه بهینه لایه های ژئوتکستایل در خاک ماسه ای مسلح با خرده لاستیک انجام گرفت. نتایج اصلاح مطلوب هر دو پارامتر مقاومت برشی خاک را هنگامی که مقدار بهینه خرده لاستیک همراه با لایه های ژئوتکستایل با زاویه بهینه به خاک اضافه شوند را نشان می دهد. بنابر این این روش می تواند برای تولید خاک های با وزن مخصوص کم و مقاومت برشی بالا استفاده شود.

فصل اول : کلیات طرح

۱-۱ بیان مسئله

خاک، به عنوان ارزان ترین مصالح ساختمانی از بدو صنعت ساختمان مورد توجه قرار داشته است و تا به امروزه نیز در ساخت سازه های مهم از قبیل سدهای بزرگ خاکی و خاک های مسلح و غیره مورد استفاده قرار می گیرد. با توجه به ضعف خواص مکانیکی خاک و ابعاد بزرگ سازه های خاکی در مقایسه با سازه های بتنی یا فولادی، مسئله تقویت خواص مکانیکی خاک همواره مورد بررسی پژوهشگران بوده است و در مورد افزایش مقاومت درونی خاک از طریق کاربرد مصالح دیگر، به نحوی که هزینه های مربوط غیر اقتصادی نباشند، مطالعات گوناگون صورت گرفته است. در طبیعت نمونه های زیادی از شیب های طبیعی که توسط ریشه های گیاهان تسلیح شده اند را می توان مشاهده کرد. اولین کاربردهای خاک مسلح توسط انسان به چهار تا پنج هزار سال قبل از میلاد مسیح برمی گردد، که از کاه یا نی برای مسلح نمودن خاک رس و آجرهای رسی استفاده می شده است.

همان طور که گذشت ساکنین آفریقا و جنوب آسیا با خاک مسلح آشنایی داشتند و به طریق گوناگون با استفاده از ورقه های بامبو، پوست بز، کاه، نی و پوست درختانی مثل خرما ویژگی بناهای خاکی خود را بهبود می بخشیدند. یکی از ضعف های خاک مقاومت کشش پایین آن است. ایده خاک مسلح در حقیقت راه حلی برای رفع این نقطه ضعف می باشد. اندرکنش مناسب مسلح کننده و خاک، مصالح ویژه ای را ایجاد می نماید که دارای خواصی کاملاً متفاوت با خواص اجزاء تشکیل دهنده آن

است. مسلح کننده ها اجزاء مقاوم در برابر نیروهای کششی می باشندو به صورت سیم، نوار، مش، پارچه، نمد و ... از جنس فولاد، آلومینیم، پلاستیک، مواد پلیمری و غیره تولید می شوند.

داستان اختراع روش خاک مسلح از سال ۱۹۵۸ شروع شد که ویدال[۱] جهت گذراندن تعطیلات به جزایر بالیارس[۲] در دریای مدیترانه رفته بود. روزی که وی در ساحل بود و با ماسه بازی می کرد، چندین بار تلی از ماسه را ساخت و شیب قرار طبیعی آن را مشاهده می نمود همیشه ماسه تحت یک شیب قرار می گرفت. در اطرافش مقدار زیادی برگ های سوزنی کاج وجود داشت و وی سعی کرد که ردیف هایی از برگ های سوزنی کاج را داخل ماسه قرار دهد. به این صورت که پس از استفاده از یک ماسه، یک لایه برگ سوزنی کاج به کار گرفته می شد. به نظر رسید که شیب تل ماسه ای تندتر شد. در نتیجه ویدال از خودش پرسید که آیا قرار دادن رشته ای انعطاف پذیر در ماسه مفید است؟ پس از پنج سال مطالعات نظری و انجام آزمایش ها بر روی الگوهای ساخته شده از ماسه و کاغذ، وی موفق شد جواب سؤال بالا را بیابد و این سؤال در سال ۱۹۶۳ در یک کتاب ۲۰۰ صفحه ای چاپ شد. در این کتاب گفته شد که ترکیب دو مصالح، یعنی ماسه و عنصر مسلح کننده انعطاف پذیر، مصالح جدیدی را می سازد که خاک مسلح نامیده می شود.

خاک مسلح چه از نظر فنی و چه از نظر اقتصادی، با توجه به سهولت اجرا، عدم نیاز به کارگران با مهارت های فنی بالا، کم بودن زمان اجرا، و ارزان بودن مصالح، در اغلب اوقات بر دیگر روش ها برتری دارد. از نظر سازه ای خاک مسلح به علت انعطاف پذیری و میرایی بالایی که دارد در مقابل بار ناشی از زلزله عملکرد خوبی نشان می دهد [۱].

۱-۲ استفاده از خرده لاستیک به عنوان مسلح کننده

یکی از انواع آلوده کننده های محیط زیست تایرهای فرسوده می باشند که با توجه به تولید بالای آن در سال یکی از معضلات زیست محیطی بوده که البته راه های بازیافت متعددی برای آنها

[1] Henri Vidal
[۲] Baleares Islands

پیشنهاد شده است. ناپایداری دپوی لاستیک های فرسوده در لندفیل ها، جمع شدن آب باران درون آنها و ایجاد محیط مناسب برای رشد پشه ها و محل زندگی مناسب برای موشها و سایر جانوران موذی و احتمال آتش سوزی های بزرگ از جمله مخاطراتی هستند که این زباله برای محیط زیست بشر ایجاد می کند.

بعد از اینکه مخاطرات این زباله کاملا مشخص شد باید برای بازیافت آن راهی اندیشیده شد. بدین منظور تحقیقات گسترده ای برای یافتن راه های مختلف بازیافت تایرهای فرسوده انجام گرفت. ایده خرد کردن تایرها ابتدا در ژاپن و به خاطر کم کردن حجم تایرها در لندفیل ها بکار گرفته شد، اما همین کار اولین قدم در مسیر تولید مصالح بدست آمده از تایرهای فرسوده بود. بعد از آن تحقیقات بسیاری روی تایرهای فرسوده خرد شده پودر شده، بسته بندی شده و کامل انجام شد تا خواص آنها برای بکارگیری مجدد روشن گردد.

نتیجه تحقیقات باعث شد تا حجم زیادی از تایرهای فرسوده به روش های مختلف بازیافت شوند. از جمله راه های بازیافت این زباله، استفاده از آن بعنوان مصالح جدید و کاربرد آن بجای مصالح سنتی بوده است. تحقیقات روی این مساله تا جایی ادامه یافت که ASTM بالاخره در سال ۱۹۹۸ با ارائه استانداردی تحت عنوان D6270 مصالح بدست آمده از تایرهای فرسوده را بعنوان مصالح جدید معرفی کرد. بعد از این تاریخ پروژه های زیادی با استفاده از این مصالح اجرا شد و آیین نامه های اجرایی مختلف برای کاربردهای مختلف تنظیم و ارائه شدند. در طی تحقیقات قبلی و همچنین بعد از ارائه استاندارد خواص مختلف این مصالح جدید بر طبق تحقیقات دانشمندان بدست آمده و در استاندارد مربوطه ارائه شد. این خواص شامل دانسیته دانه ها، جذب آب، تراکم پذیری، ضریب فشار جانبی، ضریب پواسون، مقاومت برشی، نفوذپذیری، هدایت گرمایی و ایجاد سمیت در تماس با آب آشامیدنی بوده است. هر چند تحقیقات زیادی روی همه جنبه های ذکر شده انجام شده است اما هنوز به خاطر محدودیت های موجود، پژوهش های بیشتری در این زمینه نیاز می باشد. بعد از تحقیقات فراوان در زمینه مقاومت برشی این مصالح جدید مشاهده شد که این مصالح از مقاومت برشی ضعیفی برخوردار هستند که این مساله استفاده از این مصالح را محدود می کرد. راه های

مختلفی برای بهبود مقاومت برشی این مصالح اندیشیده شد که از آن جمله اختلاط آن با ماسه بود که با موفقیت باعث افزایش مقاومت برشی این مصالح شد [۲].

۱-۳ استفاده از مواد ژئوسنتتیکی برای مسلح کردن خاک

سابقه تاریخی ساخت و کاربرد مواد ژئوسنتتیک به سال های ۱۹۵۰ که در آن زمان از ورقه های تک رشته برای ژئوتکستایل بافته شده به عنوان فیلتر در کنترل فرسایش در ایالت فلوریدای آمریکا استفاده شد. باب بارت[۳] اولین کسی بود که اولین طرح های کاربرد مواد ژئوسنتتیک در پروژه های آب و خاک را مطرح کرد و بدین دلیل به نام پدر" ژئوتکستایل ها" مشهور گردیده است.

در اواسط دهه ۱۹۶۰، هیئت مهندسین ارتش آمریکا (COE) امکان استفاده از ژئوتکستایل های بافته شده را به عنوان جایگزینی برای فیلترهای دانه ای در سیستم های کنترل فرسایش و حفاظت شیب ها مورد بررسی قرار داد. این سازمان اولین معیارهای فنی طراحی ژئوتکستایل ها به عنوان فیلتر را مطرح و در سال ۱۹۷۵ مجموعه ای از استانداردهای فنی در این زمینه را ارائه کرد. در همین زمان، استفاده از ژئوتکستایل ها برای حفاظت سواحل رودخانه ها در هلند مطرح گشت به گونه ای که با اصلاح روش تا سال ۱۹۷۷ تنها برای حفاظت سواحل یک رودخانه در هلند در حدود دو میلیون متر مربع ژئوتکستایل مصرف گردید و در حال حاضر نیز این تکنیک به عنوان روشی استاندارد و پذیرفته شده در آن کشور مطرح است.

در آمریکا نیز از اواخر دهه ۱۹۷۰ کاربرد ژئوتکستایل های تک رشته ای بافته شده رو به افزایش گذاشت و هیئت مهندسین ارتش آمریکا استفاده از این مواد را برای فیلتر کنترل فرسایش به صورت استاندارد رواج داد. به دنبال فعالیت های هیئت مهندسین ارتش آمریکا و تبادل اطلاعات با مهندسین اروپایی، اولین کنفرانس ژئوتکستایل ها در سال ۱۹۷۷ برگزار شد و استفاده از ژئوتکستایل ها به عنوان فیلتر و زه کش مورد پذیرش بسیاری از کارشناسان و مهندسین فعال در زمینه های مختلف قرار گرفت.

---

[۳] Bob Bart

امروزه پیشرفت صنعت استفاده از ژئوسنتتیک‌ها آن چنان وسیع و گسترده شده است کـه تقریبـاً غیرممکن را امکان‌پذیر نموده است، به عنوان مثال حتی می توان در فضاهای سربسته بـرروی یـخ بـا استفاده از لایه‌های صفحه‌ای انکادرین اسکی بازی کرد. امروزه نه تنهـا از مـواد ژئوکـامپوزیتی جهـت سالن‌های اسکیت یخ و برف و استادیوم‌های ورزشی و زمین‌های چمن مصـنوعی و درخـت‌کـاری و فضای سبز بام‌ها استفاده‌های فراوان می‌شود، بلکه حتی می‌تـوان بـا اسـتفاده از تکنولـوژی از صـنعت ژئوسنتتیک و تلفیق با تکنولوژی‌های دیگر در کشاورزی، همچون آبیاری قطره‌ای، کویرها را نیـز آبـاد نموده مورد بهره‌برداری قرار داد و در نتیجه کمک شایانی به اقتصاد و آبادانی کشورها نمود [۳].

۱- ٤ هدف های تحقیق

آنچه در این تحقیق مورد بررسی قرار می گیـرد، بررسـی آزمایشـگاهی رفتـار ماسـه مسـلح بـا ژئوتکستایل و خرده لاستیک در حالت خشک می باشد. در این تحقیق بررسی عوامـل مختلـف نظیـر تعداد لایه های ژئوتکستایل، زاویه قرار گیری آن ها و فشار سربار بر خصوصـیات رفتـار ماسـه، پیـدا کردن درصد بهینه استفاده از خرده لاستیک در مخلوط ماسه ای، همچنین تاثیرات اسـتفاده هـم زمـان خرده لاستیک و ژئوتکستایل روی خواص مکانیکی ماسه بررسی شده است.

نحوه کار به این صورت می باشد که با استفاده از آزمایش برش مستقیم و قرار دادن لایـه هـای ژئوتکستایل به صورت مورب و قائم در خاک ماسه ای و خاک ماسه ای مسلح شده با خرده لاسـتیک با اعمال سربارهای مختلف خاک برش داده شده و به بررسی نتایج حاصله پرداخته می شود.

هدف اصلی تحقیق بررسی نحوه تغییرات مقاومت برشی خاک مسـلح شـده بـا ژئوتکسـتایل و خرده لاستیک و تاثیرات هر یک از این مسلح کننده به صـورت جداگانـه و یـا همزمـان در مقاومـت برشی خاک است. بعد از انجام این پژوهش، شناخت بهتر نسبت به خـاک ماسـه ای مسـلح شـده بـه وسیله ژئوتکستایل و خرده لاستیک داشته و طراحی های بهینه تری انجام خواهد گرفت.

۱-۵ اهمیت موضوع تحقیق و انگیزش انتخاب آن

استفاده از مسلح کننده ها برای بهبود خواص مکانیکی خاک در سال های اخیر بسیار متداول شده است. نحوه استفاده از این مسلح کننده ها و ویژگی های انتخاب کردن آن در پروژه های مختلف، متفاوت می باشد. بکار بردن همزمان این نوع مسلح کننده ها و نقش آن ها در بهبود خواص مکانیکی خاک مسئله ای است که تا به امروز تحقیقات زیادی در باره آن انجام نشده است.

از سوی دیگر، در سال های اخیر با رشد و توسعه ی جوامع بشری و استفاده روز افزون از انواع خودروها، سالانه درهر کشور تعداد بسیار زیادی لاستیک فرسوده، با خارج شدن از چرخه مصرف به طور جدی باعث بروز مشکلات زیست محیطی شده است. استفاده از این مواد در کشورهای پیشرفته مانند آمریکا، ژاپن و چین علاوه بر اینکه از مشکلات زیست محیطی جلوگیری کرده است، سالانه درآمدهای بسیار زیادی را نیز برای این کشورها ایجاد کرده است به طوری که در کشور آمریکا سالانه ۱۰۰ میلیارد دلار از طریق بازیافت لاستیک های فرسوده درآمد ایجاد می شود. طبق برآورد های انجام شده توسط رئیس سازمان حفاظت محیط زیست کشور سالانه ۱۵۰ هزار تن لاستیک فرسوده تولید می شود که در خوش بینانه ترین حالت فقط ٪ ۷ درصد از آن بازیافت می شود و بقیه آن در طبیعت و محیط زیست رها می شود. در حالی که این آمار در کشور آمریکا ٪ ۸۰/٤ می باشد [۴].

یکی از موارد استفاده از لاستیک های فرسوده استفاده آن در مهندسی عمران است که برای این کار لازم است ابتدا باید شناخت کاملی از این مواد بدست آید. همچنین استفاده همزمان مواد مسلح کننده خاک مسئله ای که تحقیقات بسیار کمی درباره آن انجام شده است. نبود اطلاعات دقیق در مورد استفاده همزمان مسلح کننده های خاک انگیزه بسیار زیادی برای تحقیق در این مورد جهت روشن کردن زوایای نامشخص مسئله به منظور استفاده بهینه این مواد ایجاد می کند.