دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
رشته عمران گرایش خاک و پی

مدل سازی فیزیکی بسترهای ماسه‌ای مسلح شده با ژئوتکستایل

نگارنده
سید مصطفی رحمانی نژاد

استاد راهنما
دکتر سید شهاب الدین یثربی

استاد مشاور
دکتر سید فرهاد افتخار زاده

خرداد ماه ۱۳۸۸

بسم الله الرحمن الرحیم

سپاس و ستایش آفریدگاری پاک را، که آفرید آن گونه که می‌بایست و بخشید آن گونه که می‌شایست.

همواره بیش از قدر انسان به او داد و کمتر از قدرت او، از او خواست.

شایسته و بایسته است سپاسگذار باشم از اساتید ارجمند، جناب آقای دکتر سید شهاب الدین یثربی و جناب آقای دکتر سید فرهاد افتخارزاده به سبب رهنمایی‌های ارزنده و مشاوره‌های صبورانه و نیز خانواده و دوستانم به پاس تشویقها و حمایتها. همچنین بر اینجانب است، قدردانی از حامیان این تحقیق، پژوهشکده حمل و نقل وزارت راه و ترابری و معاونت پژوهشی دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس.

« تقدیم به همه آنانی که دوستشان دارم.»

چکیده

خاک علی‌رغم این که می‌تواند مقاومت فشاری خوبی را از خود نشان دهد، اما در کشش کارایی مناسبی ندارد. به منظور جبران این ضعف اغلب از مسلح کننده‌های گوناگون در سازه‌های خاکی استفاده می‌کنند. ژئوسینتتیکها مصالح پلیمری نوینی هستند که برخی از آنها در تسلیح خاک کاربرد دارند. ژئوتکستایل نیز یکی از انواع رایج از این نوع مسلح کننده‌ها به شمار می‌آید. استفاده از این نوع مصالح مسلح کننده در بستر زیر شالوده‌های سطحی می‌تواند منجر به افزایش ظرفیت باربری آنها شود. علاوه بر تأثیر بسزای این مصالح در ظرفیت باربری، این مصالح باعث کاهش حجم عملیات خاکی و سهولت در نحوه اجرای سازه‌های خاکی نیز می‌گردند. با توجه به مکانیزمهای گسیختگی این مصالح و نیز قیمت آنها، دقت در استفاده مناسب و بهینه از آنها در سازه‌های خاکی اهمیت ویژه‌ای دارد. لذا در این تحقیق ابتدا به یافتن شرایط مناسب و بهینه (به لحاظ هندسی) لایه‌های مسلح کننده از نوع ژئوتکستایل در بسترهای ماسه‌ای خشک پرداخته شده است. مواردی که به عنوان شرایط بهینه و مناسب از آنها یاد شد، عبارتند از: تعداد لایه‌های مسلح کننده، ابعاد آنها و نیز عمق اولین لایه مسلح کننده از تراز زیر شالوده. برای یافتن بهترین حالت، بسترهای مسلح شده در شرایط مختلف ساخته و به لحاظ ظرفیت باربری مورد آزمون قرار گرفتند. ظرفیت باربری این بسترها به کمک دستگاه ظرفیت باربری که به منظور این تحقیق با مقیاس بزرگ در آزمایشگاه راه و ترابری دانشگاه تربیت مدرس ساخته شد برآورد گردید. نمونه‌های ساخته شده در این دستگاه دارای ابعاد ۱۰۰ × ۱۰۰ × ۸۰ سانتیمتر ساخته و تحت شالوده‌ای دایروی با قطر ۲۰۰ میلیمتر قرار گرفت. آزمایش ظرفیت باربری طبق آزمون بارگذاری صفحه (استاندارد ASTM D-4439) استفاده گردید. سپس در ادامه این تحقیق، از آنجایی مقدار تراکم نسبی در خاکریزهای مسلح شده و نیز بسترهای زیر این خاکریزها از اهمیت فراوانی برخوردار است و همچنین در نظر داشتن این نکته که استفاده از تراکم نسبی بهینه و مورد نیاز می‌تواند هزینه‌های مربوط به ساخت و نیز استفاده از منابع قرضه را در پروژه‌های خاکی کاهش دهد. در دنباله این تحقیق سعی گردید که به

کمک دستگاه ظرفیت باربری، درصد تراکم نسبی بهینه مورد نیاز برای خاکریزهای مسلح شده با لایه‌های ژئوتکستایل و نیز بستر تحت این خاکریزها برآورد گردد.

در این پایان نامه نتایج مربوط به ۷۵ آزمایش بارگذاری صفحه در دستگاه ظرفیت باربری بزرگ در راستای رسیدن به اهداف مذکور ارائه گردیده است.

واژگان کلیدی: مسلح سازی خاک، ژئوسینتتیک، ژئوتکستایل، ماسه، ظرفیت باربری، تراکم نسبی، دستگاه ظرفیت باربری.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول : دیباچه

۱-۱ کلیات ۱

۱-۲ پیشینه تاریخی ۴

۱-۳ اهداف این تحقیق ۷

۱-۴ فصل بندی پایان نامه ۸

فصل دوم: مروری بر متون فنی

۲-۱ کلیات ۹

۲-۲ ژئوسینتتیکها، ژئوتکستایلها و کاربرد آنها ۹

۲-۳ مفاهیم کلی ساز و کارهای خاکهای مسلح ۱۸

۲-۴ مطالعات آزمایشگاهی ۲۶

فصل سوم: عملیات آزمایشگاهی

۳-۱ دیباچه ۳۵

۳-۲ دستگاه ظرفیت باربری ۳۵

۳-۲-۱ مقدمه ۳۵

۳-۲-۲ مخزن ساخت نمونه ۳۷

۳-۲-۳ بخش اعمال نیرو ۳۸

۳-۲-۴ اندازه گیری نیرو و نشست ۳۹

۳-۳ مصالح مورد آزمایش ۴۳

۳-۳-۱ مشخصات ماسه ۴۳
۳-۳-۲ مشخصات ژئوتکستایل ۴۴
۳-۴ نمونه سازی ۴۵
۲-۵ روش آزمایش ۴۹

فصل چهارم: بررسی وضعیت بهینه لایه‌های ژئوتکستایل در پی‌های ماسه‌ای

۴-۱ دیباچه ۵۱
۴-۲ هدف آزمایش ۵۴
۴-۳ روش مدل سازی ۵۵
۴-۴ روش تحقیق ۵۷
۴-۵ آزمایش بر روی بستر مسلح نشده ۵۸
۴-۶ تعیین تعداد لایه‌های بهینه مسلح کننده ۵۹
۴-۷ تعیین ابعاد بهینه لایه‌های مسلح کننده ۶۱
۴-۸ تعیین عمق بحرانی اولین لایه مسلح کننده ۶۲
۴-۹ مقایسه نتایج حاصل از آزمایشها با نتایج دیگر محققان ۶۴

فصل پنجم: بررسی وضعیت تراکم در پی‌های ماسه‌ای مسلح

۵-۱ دیباچه ۶۶
۵-۲ روش مدل سازی ۶۷
۵-۳ روش تحقیق ۶۸
۵-۴ تعیین تراکم نسبی بهینه در خاکریزهای مسلح شده با ماسه ۶۹
۵-۵ تعیین تراکم نسبی بهینه در بستر ماسه‌ای خاکریزهای مسلح شده ۷۳
۵-۶ بررسی نتایج حاصل از آزمایشهای دیگر محققان ۷۷

فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهاد

۶-۱ نتیجه گیری ۷۹
۶-۱-۱ شرایط مناسب و بهینه لایه‌های مسلح کننده ژئوتکستایل در بسترهای ماسه‌ای سست ۷۹
۶-۱-۲ درصد تراکم بهینه در خاکریزهای مسلح شده با ژئوتکستایل و نیز بستر تحت آنها ۷۹
۶-۲ پیشنهاد ۸۰

فهرست مراجع

مراجع ۸۲

فصل ۱

دیباچه

۱-۱- کلیات

خاک، مصالحی است که به خوبی در مقابل فشار مقاومت می‌کند اما قادر نیست در برابر نیروی کششی از خود مقاومت چندانی نشان دهد. انسان از دیرباز با مطالعه طبیعت اطراف خود با مفاهیم تقویت، تثبیت و تسلیح خاک به منظور افزایش قابلیتهای ضعیف آن آشنا بوده است. انسان در طبیعت اصول ساخت پناهگاه‌های جانوران را با استفاده از الیاف گیاهان و گل مشاهده می‌کرده و خود از این شیوه برای ساخت سرپناه استفاده کرده است در تاریخ می‌خوانیم اقوامی مثل بابلیان و مصریان با استفاده از الیاف گیاهان در خاک اقدام به ساخت معابد می‌کردند. در آسیا چینیها و ژاپنیها با به کار گیری گیاه بامبو در خاک، مقاومت خاک بستر طبیعی را افزایش می‌دادند. استفاده از حصیر، شاخ و برگ، ذغال، پوست حیوانات و حتی چرم در خاک مشاهده شده است. وجود این شواهد بیانگر آن است که بشر با ضعف خاک و مصالح نظیر آن در تحمل نیرو به خصوص نیروهای کششی و برشی آشنا بوده است و همواره سعی بر آن داشته تا با استفاده از موادی که از طبیعت سرچشمه می‌گرفته، این ضعف را جبران کند. استفاده از مصالح مصنوعی و ساخته دست بشر در امر تقویت خاک بر خلاف تاریخچه قدیمی تسلیح خاک، عمر طولانی ندارد. چرا که مصالح بادوام و مقاوم که در محیط طبیعی بتوانند عمر طولانی داشته باشند و قابلیت انعطاف کافی با خاک را نیز دارا باشند تا قبل از کشف نفت و مواد حاصل از آن در اختیار انسان نبوده است. پیشرفتهای علم شیمی و به خصوص پتروشیمی و علوم وابسته در ساخت مصالح پلیمری مهمترین گام در این زمینه بوده است [۳۵].

خاک مسلح[1] مصالح ساختمانی مرکبی است که در آن عناصر دارای مقاومت کششی به عنوان عامل تسلیح در توده خاک قرار می‌گیرند. امروز تسلیح خاک[2] به عنوان فنی مؤثر و قابل اعتماد برای افزایش مقاومت و پایداری توده‌های خاکی به کار گرفته می‌شود. این روش در کارهای مختلفی از سازه-های نگهبان و سدهای خاکی گرفته تا تثبیت لایه‌های موجود در زیر پی‌های سطحی و روسازی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مفهوم نوین تسلیح خاک به وسیله مهندسی فرانسوی به نام Henry Vidal در سال ۱۹۶۶معرفی شد. وی از نوارهای پهن فلزی در بین لایه‌های خاک متراکم استفاده نمود. امروزه تسلیح به روش‌های گوناگون هم از نظر شکل (یعنی به صورت نوار، صفحه، شبکه، میله و یا رشته[3])، هم از نظر زبری (یعنی به صورت زبر و یا صاف) و هم از نظر سختی نسبی (یعنی به صورت با سختی نسبی بالا مانند فولاد و یا با سختی نسبی پایین مانند پارچه‌های پلیمری[4]) استفاده می‌شود. از دهه ۸۰ میلادی به بعد استفاده از پارچه بافته شده[5] یا بافته نشده[6] به نام ژئوتکستایل[7] و نیز استفاده از شبکه‌های پلاستیکی به نام ژئوگرید به عنوان مصالح تسلیح یا عناصر تقویت کننده به طور گسترده‌ای متداول گردید. دلیل این مسئله می‌تواند ناشی از عملکرد بهتر پارچه‌های با سختی نسبی پایین که هماهنگی بهتری با خاک دارند، نسبت به مصالح تسلیح کننده فلزی با سختی نسبی بالا باشد [۱]. این پارچه‌های پلیمری یا مصنوعی به دلیل سختی نسبی پایین، از نظر تغییر شکل پذیری با خاکها سازگارتر می‌باشند. به علاوه، این پارچه‌ها تراوا[8] و مقاوم در برابر خوردگی هستند، حتی بعضی از انواع آنها در برابر پوسیدگی، حملات باکتریها و اسیدها پایدارند و غیر سمی نیز می‌باشند.

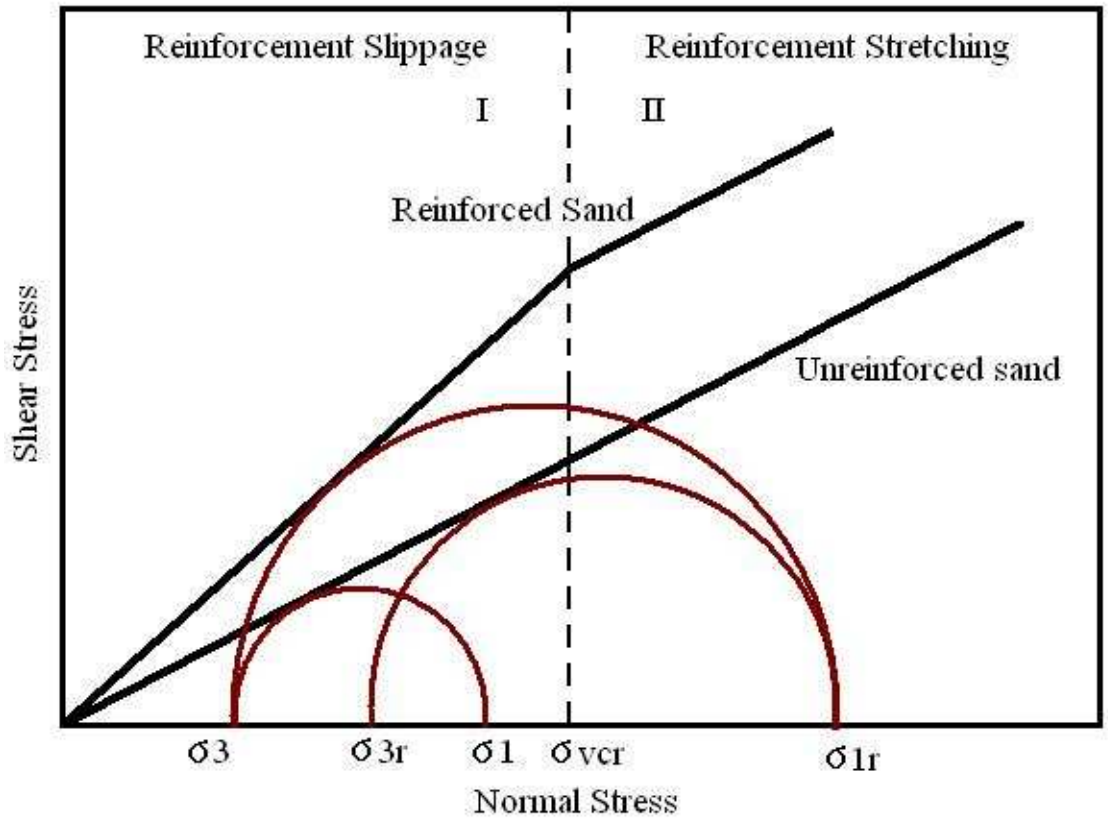
تنشهای داخلی ناشی از بار خارجی وارد بر یک توده خاک مسلح باعث ایجاد نیروهای اصطکاکی بین خاک و مصالح تسلیح کننده می‌شود و در نتیجه تنشهای موجود در توده خاک از طریق اصطکاک یا

---

[1] Reinforced Soil
[2] Soil Reinforcement
[3] Fiber
[4] Polymer Fabrics
[5] Woven
[6] Nonwoven
[7] Geotextile
[8] Permeable

هم‌چسبی[1] به مصالح تسلیح کننده منتقل می‌گردد. در این صورت مصالح تسلیح کننده در برابر تغییر شکلهای جانبی مقاومت می‌کند و موجب افزایش باربری توده خاک مسلح می‌شود.

مطالعات نظری و تجربی توسط پژوهشگران گوناگون نشان می‌دهد که افزایش مقاومت خاک ناشی از مصالح تسلیح کننده در فشارهای دورگیر[2] بالا که در مصالح تسلیح کننده گسیختگی رخ می‌دهد به صورت افزایش چسبندگی ظاهری مشاهده می‌گردد. در حالی که در فشارهای دورگیر پایین که گسیختگی به صورت لغزش بین ذرات خاک و مصالح تسلیح کننده بروز می‌کند به صورت افزایش اصطکاک داخلی دیده می‌شود [۲] (تصویر ۱-۱).



تصویر ۱-۱: پوشهای گسیختگی برای ماسه مسلح و غیر مسلح [۲]

[1] Adhesion
[2] Confining Pressure

امروزه علاوه بر استفاره از مصالح تسلیح کننده که در جهت مشخصی (به طور معمول افقی) در توده‌های خاک به کار گرفته می‌شود، از رشته‌های مجزا که به طور تصادفی در توده خاک توزیع می‌شود نیز استفاده می‌گردد. در این روش رشته‌های مجزا به سادگی با خاک مخلوط می‌شود. به عبارت دیگر این روش شبیه افزودن سیمان، آهک و دیگر مواد افزودنی به خاک است. یکی از مزایای عمده استفاده از رشته‌های مجزا با توزیع تصادفی[1]، حفظ همسانی خاک و عدم تشکیل صفحات ضعیف بالقوه است که می‌تواند به موازات مصالح تسلیح کننده جهت‌دار به وجود آید.

۱-۲- پیشینه تاریخی

در واقع زمان نخستین تلاشها برای تقویت خاک در تاریخ مشخص نیست. بیش از سه هزار سال پیش بابلیان در ساخت زیگوراتها که در معماری بابلیهای کهن به برج بلند گفته می‌شد، از خاک مسلح استفاده نمودند [۳و۴]. در حدود دو هزار سال پیش، بخشی از دیوار بلند چین از خاک مسلح ساخته شد[۲]. در ایران نیز از زمانهای گذشته استفاده از کاه گل به صورت مخلوطی از خاک چسبنده و کاه به عنوان یک مصالح ساختمانی متداول بوده است.

در عصر حاضر، خاک مسلح در سال ۱۹۶۶ توسط Henri Vidal، مهندس فرانسوی ابداع شد. داستان اختراع این روش از سال ۱۹۵۸ شروع شد که Vidal جهت گذراندن تعطیلات به جزایر بالیارس[2] در دریای مدیترانه رفته بود. روزی که وی در ساحل قدم می‌زد و با ماسه‌ها بازی می‌کرد، چندین بار تلی از ماسه را ساخت و شیب قرار طبیعی آن را مشاهده نمود. او می‌دید که همیشه ماسه‌ها تحت یک شیب قرار می‌گیرند. در اطراف او مقدار زیادی برگهای سوزنی کاج وجود داشت. وی سعی کرد ردیفهایی از برگهای سوزنی کاج را در داخل ماسه قرار دهد. به این صورت که پس از استفاده از یک لایه ماسه یک

[1] Discrete Randomly Disturbed Fibers
[2] Baleares Islands

لایه برگ سوزنی کاج به کار گرفت. او مشاهده کرد که با این روش می‌تواند شیب تل ماسه‌ای تندتری را بسازد. در نتیجه Vidal از خودش پرسید که آیا قرار دادن رشته‌ای انعطاف پذیر در ماسه مفید است؟ در آن زمان این سوال به گمان وی احمقانه به نظر رسید. چون تا آن زمان در هیچ مقاله‌ای، کتابی و یا سخنرانی راجع به ماسه مسلح با رشته‌های انعطاف پذیر سخنی گفته نشده بود. پس از پنج سال مطالعات نظری و انجام آزمایشات بر روی مدلهای ساخته شده[۱] از ماسه و کاغذ، وی موفق شد پاسخ سوال بالا را بیابد. این پاسخ در سال ۱۹۶۳ در یک کتاب ۲۰۰ صفحه‌ای به چاپ رسید. در این کتاب گفته شد که ترکیب ماسه و جز مسلح کننده انعطاف‌پذیر، مصالح چسبنده جدیدی را می‌سازد که خاک مسلح نامیده می‌شود [۴].

در سال ۱۹۶۶ نخستین دیوار خاک مسلح به ارتفاع پنج متر به کمک Vidal در کوههای پیرنه[۲] ساخته شد. در سالهای ۱۹۶۷ و ۱۹۶۸ فن اجرای خاک مسلح در هفت پروژه بزرگ از جمله دیوار نگهبان ۲۳ متری در بزرگراه نیس به ایتالیا با موفقیت به کار گرفته شد. بعد از سال ۱۹۶۸ استفاده از خاک مسلح در سراسر فرانسه متداول شد و سپس در اکثر کشورهای جهان از جمله ایالات متحده امریکا استفاده از خاک مسلح به سرعت معمول گردید [۵]. از اواخر دهه ۷۰ میلادی و سپس از دهه ۸۰ میلادی به بعد استفاده از مصالح با قابلیت کش آمدن[۳] نظیر ژئوتکستایل بافته نشده (که پیش از این جهت جداسازی[۴] و فیلتراسیون[۵] استفاده می‌شد) به عنوان مصالح تسلیح معمول گردید. همانطور که پیشتر نیز بیان شد، به دلیل عملکرد بهتر این مصالح نسبت به مصالح فلزی، استفاده از آن در خاک مسلح کاربرد گسترده‌ای یافت.

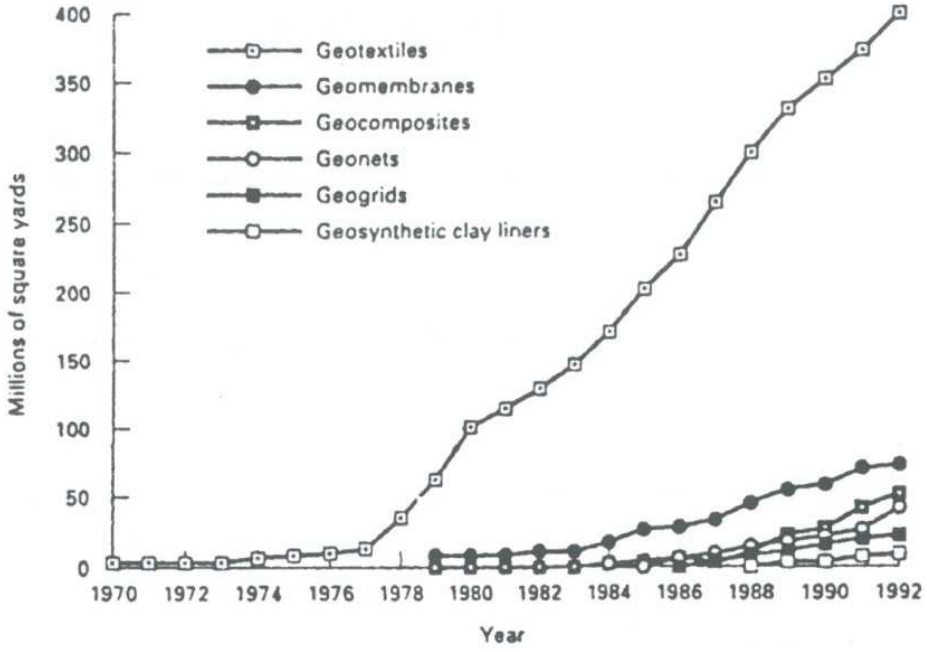
[1] Model Tests
[2] Pyrenees Mountains
[3] Extensible
[4] Separation
[5] Filtration

البته پیش از استفاده از مصالح پلیمری، نخستین بار اداره آزاد راههای کارولینای جنوبی در ایالات متحده امریکا[1] در سال ۱۹۲۶ در ساخت جاده از پارچه نخی به عنوان مصالح تسلیح کننده استفاده نمود [۳و۶].

در دنیای کنونی ژئوسینتتیکها[2] در سراسر جهان به عنوان یکی از روشهای اصلاح خاک پذیرفته شده‌اند و به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند. در برخی از موارد این مصالح جایگزین مصالح متداولی از قبیل فولاد و سیمان شده‌اند. و حتی در پاره‌ای از حالات، این مصالح تنها مصالح قابل استفاده در عملیات اجرایی می‌باشد. نخستین رشته مصنوعی[3] از پلی‌وینیل‌کلراید[4] در سال ۱۹۱۳ و بعد رشته‌های پلی‌آمید[5] در سال ۱۹۳۰ و پلی‌اتیلن[6] و پروپیلن[7] در سال ۱۹۵۴ ساخته شد [۳]. در اواسط دهه ۶۰ میلادی، ساخت پارچه بافته نشده توسط ICI در انگلستان و DuPont در امریکا رواج یافت که در آن زمان در بازار در دسترس قرار داشت.

با تولید ژئوسینتتیکها، فنون جدیدی در مهندسی عمران پدید آمد. در اواخر دهه ۵۰ تا اواخر دهه ۶۰ میلادی، رشته‌های مصنوعی در هلند، آلمان، ژاپن و امریکا در کارهای مختلفی چون مهندسی سواحل، حفاظت شیبها، سدهای خاکی، خاکریزها و روسازی استفاده شد. همچنین این محصولات در دهه ۷۰ میلادی در کاربریهای متنوع بیشتری در سراسر جهان رواج یافت. در سال ۱۹۸۴، ۳۰۰ میلیون متر مربع ژئوتکستایل در بیش از ۱۰۰ پروژه عمرانی در نقاط مختلف جهان به کار گرفته شد. تصویر (۱-۲) میزان فروش ژئوتکستایلها و سایر مصالح ژئوسینتتیکی را تا سال ۱۹۹۲ در امریکای شمالی نشان می‌دهد.

[1] South Carolina Department of Highways in U.S.A.
[2] Geosynthetics
[3] Synthetic Fibers
[4] Poly Vinyl Chloride
[5] Poly Amide
[6] Poly Ethylene
[7] Poly Propylene



تصویر ۱-۲: میزان فروش ژئوسینتتیکها در آمریکای شمالی [۶]

۱-۳ – اهداف این تحقیق

هدف اصلی این تحقیق، در مرحله نخست، بررسی وضعیت هندسی بهینه لایه‌های ژئوتکستایل در بستر-های ماسه‌ای به عنوان مسلح کننده و در مرحله بعد یافتن تراکم نسبی (Dr) بهینه در خاکریزهای مسلح شده و نیز بستر آنها با ژئوتکستایل می‌باشد. شایان ذکر می‌باشد که تا کنون کنترل وضعیت بهینه در میزان تراکم نسبی برای خاکریزهای مسلح شده و همچنین بستر آنها، مورد توجه جدی پژوهشگران قرار نگرفته است.

در این تحقیق با نوعی ایده‌آل سازی، روشی برای یافتن شرایط بهینه ذکر شده ارائه شده است. این روش مبتنی بر مدل سازی فیزیکی بسترهای مسلح شده با نوعی ژئوتکستایل می‌باشد. مدلهای فیزیکی بسترهای ماسه‌ای مسلح شده، در ابعاد ۱۰۰ cm × ۱۰۰ cm × ۸۰ cm (طول × عرض × ارتفاع) در آزمایشگاه ساخته و ظرفیت باربری آنها به کمک آزمایش بارگذاری صفحه (Plate Load Test) مورد ارزیابی قرار گرفت.

۱ – ۴ – فصل بندی پایان نامه

تکنولوژی خاک مسلح در خلال سه دهه گذشته به سرعت گسترش یافته است. این گسترش روز افزون منجر به افزایش حجم متون فنی در رابطه با رفتار خاک مسلح گردیده است. فصل دوم این پایان نامه شامل مروری بر متون فنی[1] می‌باشد. در این فصل نخست سازوکارهای خاک مسلح بیان شده و سپس مطالعات آزمایشگاهی و به ویژه آزمایشهای ظرفیت باربری ارائه می‌شود و سپس مطالعات نظری انجام شده بیان می‌گردد.

در فصل سوم این پایان نامه شرح عملیات آزمایشگاهی (شامل: دستگاه ظرفیت باربری، مصالح مورد آزمایش، نحوه نمونه سازی و روش آزمایش) ارائه می‌شود. در این فصل جزئیات مربوط به دستگاه ظرفیت باربری، روش متراکم سازی به کار رفته در نمونه سازی، روش انجام آزمایش بارگذاری صفحه و مشخصات مربوط به مصالح مورد استفاده یعنی ماسه و ژئوتکستایل بیان می‌گردد.

نتایج آزمایشهای مربوط به یافتن شرایط هندسی بهینه مسلح کننده‌ها به همراه تجزیه وتحلیل بر روی این نتایج در فصل چهارم ذکر می‌شود. در این فصل تأثیر عوامل گوناگونی نظیر: آرایش لایه‌های ژئوتکستایل، ابعاد آنها و فاصله مؤثر اولین لایه آنها از تراز زیر سطح شالوده مورد بررسی و مقایسه قرار می‌گیرد.

در فصل پنجم نیز به وضعیت بهینه تراکم نسبی در خاکریز مسلح شده و بستر مربوط به آنها پرداخته می‌شود. در این فصل وضعیت تراکم نسبی ابتدا در خاکریزهای مسلح شده و سپس در بستر تحتانی آنها مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد.

در پایان در فصل ششم نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات برای تحقیقهای دیگر بیان می‌شود.

[1] Literature Review

فصل ۲

مروری بر متون فنی

۲ – ۱ – کلیات

در این فصل ، بررسیهای آزمایشگاهی و نظری که به منظور درک رفتار مکانیکی ماسه های مسلح شده با ژئوتکستایل تحت بارهای استاتیکی انجام شده‌اند ، مرور می‌شوند. در این مرور، به طور مختصر به تولید و کاربرد مصالح ژئوسینتتیک و به ویژه ژئوتکستایل پرداخته می شود. همچنین در ادامه این فصل، ابتدا به ساز و کارهای خاکهای مسلح و بعد از آن به مطالعات آزمایشگاهی و نظری بررسی رفتار مکانیکی ماسه مسلح با ژئوتکستایل نگاهی انداخته می‌شود.

۲-۲- ژئوسینتتیکها، ژئوتکستایلها و کاربرد آنها

استاندارد ASTM [۷] به شماره D-4439 ژئوسینتتیک را چنین تعریف می کند :

‹‹ محصولی صفحه‌ای شکل که از مصالح پلیمری ساخته می‌شود و با خاک، سنگ و یا دیگر مصالح مرتبط ژئوتکنیکی، در سازه‌ها و پروژه‌های ساخته بشر استفاده می‌شود. ››

موادی که در ساخت ژئوسینتتیک استفاده می‌شود، اغلب به طور کامل از صنعت پلاستیک به دست می‌آید. این مواد به طور عمده از مصالح پلیمری ساخته می‌شوند. هر چند گاهی از مصالحی نظیر لاستیک، الیاف شیشه‌ای[1] و مصالح طبیعی نیز در ساخت آنها استفاده می‌شود. لغت پلیمر از دو کلمه

[1] Fiberglass

یونانی «پولیز»[1] به معنی خیلی و «مروز»[2] به معنی اجزاء ، تشکیل شده است. بنابراین یک ماده پلیمری شامل اجزاء متعددی است که با اتصال به یکدیگر، ماده را می سازند [۳۷]. این اجزا در کنار یکدیگر قرار گرفته و تشکیل ماده‌ای واحد را می‌دهند. به طور مصطلح به هر بخش یا واحد سازنده هر پلیمر منومر[3] اطلاق می‌شود. منومرها واحدهای مولکولی هستند که برای تولید پلیمرها وجود آنها الزامی است. طول و نوع هر مولکول پلیمر با توجه به خواص منومر تشکیل دهنده آن از نظر اتصال مابین منومرها تعیین می-شود. یکی از خواص بسیار مهم پلیمر وزن مولکولی متوسط و نیز توزیع آماری مولکولی آنهاست. با افزایش وزن مولکولی متوسط خواص زیر در پلیمر افزایش می‌یابد:

- افزایش مقاومت تنیدگی،
- افزایش ازدیاد طول و کشش پذیری،
- افزایش مقاومت در برابر ضربه،
- افزایش مقاومت گرمایی ماده،
- افزایش مقاومت در مقابل ترک خوردگی،
- کاهش رفتار جاری شدن یا به عبارت دیگر نرم شدگی.

برخی از انواع مصالح ژئوسینتتیک که امروزه استفاده می شوند (تصویر ۲-۱)، عبارتند از :

الف – ژئوتکستایلها

ب – ژئوگریدها[4]

پ – ژئونتها[5]

ت – ژئوسینتتیکها با آستری از رس[6]

---

[1] Polys
[2] Meros
[3] Monomer
[4] Geogrids
[5] Geonets
[6] Geosynthetic Clay Liner

ث – ژئوپایپها[1]

ج- ژئوکامپوزیتها[2]

چ- ژئوسلها[3]

انواع یاد شده در بالا، شش وظیفه اساسی زیر را به عهده دارند (تصویر ۲-۲):

- جداسازی،
- تسلیح یا تقویت،
- فیلتراسیون،
- زهکشی و هدایت سیالات،
- آب بندی،
- حفاظت از سطوح آسیب پذیر.

[1] Geopipes
[2] Geocomposites
[3] Geocell