پردیس دانشگاهی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

ارزیابی ظرفیت باربری مخلوط‌های ماسه- پودر لاستیک در جعبه چند لایه بزرگ مقیاس

از:

عارف قربان پور اکبرآبادی

استاد راهنما:

دکتر رضا جمشیدی چناری

دکتر مهران کریم‌پور فرد

اسفند -۹۲

بسم الله الرحمن الرحيم

پردیس دانشگاهی
گروه عمران
گرایش مکانیک خاک و پی

ارزیابی ظرفیت باربری مخلوط‌های ماسه- پودر لاستیک در جعبه چند لایه بزرگ مقیاس

از:

عارف قربان پور اکبرآبادی

استاد راهنما:

دکتر رضا جمشیدی چناری

دکتر مهران کریم پور فرد

اسفند -۹۲

تقدیم به

اسطوره تلاش، پدرم، تندیس مهربانی، مادرم

تشکر و قدردانی:

یزدان پاک را سپاس می‌گویم زیرا که فرصتی به من عطا نمود تا گامی هر چند کوچک در راه رشد و اعتلای علم و دانش در میهن عزیزم ایران بردارم.

در ابتدا بر خود لازم می‌دانم از زحمات فراوان اساتیدگرانقدر راهنما که با راهنمایی‌ها و کمک‌های خویش موجبات به سرانجام رسیدن این پژوهش را فراهم نمودند، تقدیر و تشکر نمایم.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست جداول ..... ح

فهرست شکل‌ها ..... خ

چکیده فارسی ..... ر

چکیده انگلیسی ..... ز

فصل اول: مقدمه

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- تسلیح خاک ۳

۱-۳- مطالعات پیشین ۳

۱-۴- اهداف و روش انجام تحقیق ۴

۱-۵- خلاصه فصول ۴

فصل دوم: متون فنی و مطالعات پیشین

۲-۱- مقدمه ۷

۲-۲- تئوری‌های ظرفیت باربری خاک ۸

۲-۲- ۱- تئوری ترزاقی ۸

۲-۲- ۲- تئوری میرهوف ۱۱

۲-۲-۳- مدل اصلاح شده هانسن ۱۴

۲-۳- تعیین ظرفیت باربری بر اساس آزمایشات درجا یا آزمون‌های آزمایشگاهی ۱۶

۲-۳-۱- ظرفیت باربری بر اساس نتایج آزمایشات نفوذ استاندارد ۱۷

۲-۳-۲- ظرفیت باربری براساس نتایج آزمایشات نفوذ مخروط ۲۰

۲-۳-۳- ظرفیت باربری بر اساس نتایج آزمایشات پرسیومتری ۲۱

۲-۳-۴- ظرفیت باربری بر اساس نتایج آزمایشات بارگذاری صفحه ۲۲

۲-۴- ظرفیت باربری بر اساس نتایج آزمایش بارگذاری واقعی بر پی ۲۳

۲-۵- تسلیح خاک ۲۴
۲-۶- مسلح کننده‌ها ۲۵
۲-۷- تاریخچه تسلیح خاک ۲۸
۲-۸- سازه‌های خاک مسلح امروزی ۲۹
۲-۹- کاربرد خاک مسلح ۳۰
۲-۱۰- مزایای استفاده از خاک مسلح ۳۰
۲-۱۱- مکانیزم تسلیح ۳۱
۲-۱۲- مدل‌های گسیختگی مشاهده شده در خاک‌های مسلح ۳۱
۲-۱۳- اثر تسلیح بر توده خاک ۳۱
۲-۱۳-۱- انتقال نیرو از خاک به ماده تسلیح کننده ۳۱
۲-۱۳-۲- مفهوم تنش همه جانبه معادل ۳۳
۲-۱۳- ۳- مفهوم چسبندگی کاذب ۳۳
۲-۱۴- لاستیک‌های فرسوده ۳۵
۲-۱۵- مصارف و کاربردهای لاستیک‌های فرسوده ۳۵
۲-۱۵-۱- بازیافت لاستیک‌های فرسوده به وسیله فرایندهای شیمیایی ۳۵
۲-۱۵-۲- کاربرد لاستیک فرسوده طی فرآیندفیزیکی ۳۶
۲-۱۵-۲-۱- لاستیک‌های فرسوده خرد شده ۳۶
۲-۱۵-۲-۲- لاستیک‌های فرسوده خرد نشده ۳۷
۲-۱۶- دورنمای تحقیق ۳۹
۲-۱۶-۱- مخلوط خاک – لاستیک خرده شده ۳۹
۲-۱۶-۲- مخلوط خاک – لاستیک خرده نشده ۴۰
۲-۱۶-۳- استفاده از لاستیک‌های فرسوده در بتن ۴۳
۲-۱۷- خطرات انباشت لاستیک‌های فرسود ۴۴
۲-۱۷-۱- خطرات زیست محیطی ۴۴

۲-۱۷-۲- منشاء بیماری‌ها ۴۵

فصل سوم: دستگاه آزمایش بارگذاری صفحه بزرگ مقیاس و برنامه آزمایشات

۳-۱- مقدمه ۴۷
۳-۲- هدف ۴۷
۳-۳- شرایط و ملزومات آزمایش ۴۹
۳-۴- چیدمان و آرایش ۵۰
۳-۵- یادداشت‌ها ۵۱
۳-۶- آماده سازی محل آزمایش ۵۲
۳-۷- مراحل انجام آزمایش ۵۲
۳-۸- بارگذاری ۵۳
۳-۸-۱- آهنگ ثابت نشست ۵۳
۳-۸-۲- بارگذاری پله‌ای ۵۳
۳-۸-۳- بارگذاری تناوبی ۵۳
۳-۸-۴- بارگذاری مستقیم طراحی ۵۴
۳-۸-۵- بارگذاری برای خزش ۵۴
۳-۹- تفسیر نتایج ۵۴
۳-۱۰- آزمایش بر روی سطح ۵۶
۳-۱۱- محاسبات ۵۷
۳-۱۲- آزمایش بارگذاری صفحه در آزمایشگاه ۵۸
۳-۱۲-۱- قطعات مختلف دستگاه ۵۸
۳-۱۲-۲- سیستم‌های اندازه گیری ۶۱
۳-۱۲-۳- سامانه کنترل ۶۳
۳-۱۳-نحوه نمونه سازی‌ها و انجام آزمایش‌ها ۶۴

۳-۱۳-۱- خصوصیات مواد و مصالح مصرفی ۶۴
۳-۱۳-۲- مشخصات خاک ۶۴
۳-۱۳-۳- مسلح کننده ۶۷
۳-۱۴- نحوه آزمایش ۷۰

فصل چهارم: انجام آزمایشات و تفسیر نتایج

۴-۱- مقدمه ۷۳
۴-۲- اثر پودر لاستیک بر رفتار بار- نشست ماسه ۷۳
۴-۳- اثر پودر لاستیک بر مقاومت نهایی خاک ۷۹
۴-۴- اثر تکرار آزمایشات بر نتایج ۸۲

فصل پنجم: جمع بندی و نتیجه‌گیری

۵-۱- نتیجه‌گیری ۸۷
۵-۲- پیشنهاد برای کارهای آتی ۸۸
مراجع ۸۹

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱: مقادیر عددی ضرایب ظرفیت باربری وابسته به زاویه اصطکاک داخلی خاک (ترزاقی، ۱۹۴۳) ۱۱

جدول ۲-۲: ضرایب شکل، عمق و شیب بار(میرهوف، ۱۹۵۴)..... ۱۳

جدول ۲-۳: مقادیر عددی ضرایب ظرفیت باربری وابسته به زاویه اصطکاک داخلی خاک (میرهوف، ۱۹۵۴)..... ۱۴

جدول ۲-۴: ضرایب شکل و عمق (هانسن، ۱۹۷۰) ۱۵

جدول ۲-۵: ضرایب شیب بار، شیب زمین و بستر (هانسن، ۱۹۷۰)..... ۱۶

جدول ۲-۶: ضرایب تصحیح مربوط به جهت بار وارده برای پی دایره‌ای (بارکر و همکاران، ۱۹۹۱)..... ۱۹

جدول ۲-۷: ضرایب تصحیح مربوط به موقعیت تراز آب زیرزمینی (چای، ۲۰۰۰) ۲۰

جدول ۲-۸: رابطه میان ظرفیت باربری نهایی و مقاومت نفوذ مخروط (استرتمن، ۱۹۸۶) ۲۰

جدول ۲-۹: کلاس بندی خاک‌ها برای استفاده در تعیین مقدار K (انجمن ژئوتکنیک کانادا، ۱۹۸۵) ۲۲

جدول ۲-۱۰: مقایسه بین مقدار ظرفیت باربری بدست آمده از روش بارگذاری با روش‌های تئوریک (میلویچ، ۱۹۶۵) ۲۴

جدول ۳-۱: خصوصیات فیزیکی خاک مورد استفاده در تحقیق حاضر..... ۶۵

جدول ۳-۲: درصد و وزن پودر لاستیک مصرفی ۶۸

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱: انباشت لاستیک‌های فرسوده ۲

شکل ۲-۱: مدل‌های گسیختگی در زیر یک پی سطحی (چای، ۲۰۰۰)..... ۸

شکل ۲-۲: تحلیل تئوری ظرفیت باربری (ترزاقی،۱۹۴۳)..... ۹

شکل ۲-۳: مکانیزم گسیختگی میرهوف (۱۹۵۴)..... ۱۲

شکل ۲-۴: تعیین ظرفیت باربری خاک‌های ماسه‌ای بر اساس عمق استقرار و عرض پی (پک و همکاران، ۱۹۷۴) ۱۸

شکل۲-۵: تعیین مقدرا K (انجمن ژئوتکنیک کانادا، ۱۹۸۵)..... ۲۱

شکل۲-۶: نمایی از بارگذاری صفحه ۲۳

شکل ۲-۷: ژئوگرید استفاده شده جهت تسلیح خاک ۲۶

شکل ۲-۸: ژئوسنتتیک استفاده شده جهت تسلیح خاک..... ۲۶

شکل ۲-۹: استفاده از نوارهای فولادی در ساخت سازه‌های خاک مسلح ۲۷

شکل ۲-۱۰: تسلیح خاک با استفاده از نوارهای فلزی ۲۷

شکل ۲-۱۱: انتقال تنش به کمک نوارهای مسلح کننده (سارن، ۲۰۱۰) ۳۲

شکل ۲-۱۲: تنش همه جانبه ایجاد شده در خاک تحت اثر عمل تسلیح (سارن، ۲۰۱۰)..... ۳۲

شکل ۲-۱۳: مفهوم تنش همه جانبه معادل (سارن، ۲۰۱۰)..... ۳۳

شکل ۲-۱۴: مفهوم چسبندگی کاذب (سارن، ۲۰۱۰) ۲۴

شکل ۲-۱۵: الف) پودر لاستیک، ب) خرده لاستیک، پ) تراشه لاستیک و ج) الیاف لاستیکی..... ۳۷

شکل ۳-۱: آزمایش بارگذاری صحرایی صفحه ۴۸

شکل ۳-۲: آزمایش بارگذاری صحرایی صفحه به کمک بار مرده ناشی از وزن کامیون ۴۸

شکل ۳-۳: تفاوت در منطقه تحت تنش صفحه و پی اصلی..... ۴۹

شکل ۳-۴: چیدمان، آرایش و سیستم بارگذاری (وزارت نیرو، ۱۳۸۴)..... ۵۰

شکل ۳-۵: نمودار تنش- نشست برای حالت (الف) ۵۵

شکل ۳-۶: نمودار تنش- نشست برای حالت (ب)..... ۵۵

شکل ۳-۷: نمودار تنش- نشست برای حالت (ج) ۵۶
شکل ۳-۸: تعیین مقدار I برای حالت بارگذاری در کف چاهک (حالت الف) و یا دستک افقی (حالت ب) ۵۷
شکل ۳-۹: نمای کلی دستگاه آزمایش بارگذاری صفحه بزرگ مقیاس ۵۸
شکل ۳-۱۰: جعبه دایره‌ای آزمایش ۵۹
شکل ۳-۱۱: جک بارگذاری جهت اعمال بار ۵۹
شکل ۳-۱۲: شافت بارگذاری برای انتقال نیرو اعمالی به صفحه آزمایش ۶۰
شکل ۳-۱۳: صفحه مورد استفاده در آزمایش ۶۰
شکل ۳-۱۴: شافت قرار گرفته بر روی صفحه ۶۱
شکل ۳-۱۵: دیتا لاگر ۶۱
شکل ۳-۱۶: سنجشگر (LVDT) ۶۲
شکل ۳-۱۷: چگونگی نصب صفحه، شافت بارگذاری و LVDT روی هم ۶۲
شکل ۳-۱۸: نمایی از برنامه کنترل کامپیوتری ۶۳
شکل ۳-۱۹: نمایی از برنامه کنترل کامپیوتری ۶۳
شکل ۳-۲۰: منحنی دانه بندی ماسه مورد استفاده در تحقیق حاضر ۶۶
شکل ۳-۲۱: ماسه مورد استفاده در تحقیق حاضر ۶۶
شکل ۳-۲۲: پودر لاستیک ۶۷
شکل ۳-۲۳: نمایی از مقادیر پودر لاستیک و ماسه آماده برای ترکیب با یکدیگر ۶۹
شکل ۳-۲۴: ماسه و ۵ درصد پودر لاستیک ۶۹
شکل ۳-۲۵: ماسه و ۱۵ درصد پودر لاستیک ۷۰
شکل ۴-۱: منحنی بار- نشست ماسه بدون حضور مسلح کننده ۷۴
شکل ۴-۲: مقایسه منحنی بار-نشست ماسه مسلح شده بوسیله ۵ درصد پودر لاستیک با ماسه غیر مسلح ۷۴
شکل ۴- ۳: مقایسه منحنی بار-نشست ماسه مسلح شده بوسیله ۱۰ درصد پودر لاستیک با ماسه غیر مسلح ۷۵
شکل ۴-۴: مقایسه منحنی بار-نشست ماسه مسلح شده بوسیله ۱۵ درصد پودر لاستیک با ماسه غیر مسلح ۷۵
شکل ۴-۵: مقایسه منحنی بار-نشست ماسه مسلح شده بوسیله ۲۰ درصد پودر لاستیک با ماسه غیر مسلح ۷۶

شکل ۴-۶: مقایسه منحنی بار-نشست ماسه مسلح شده بوسیله ۲۵ درصد پودر لاستیک با ماسه غیر مسلح ۷۶
شکل ۴-۷: مقایسه منحنی بار-نشست ماسه مسلح شده بوسیله ۳۰ درصد پودر لاستیک با ماسه غیر مسلح ۷۷
شکل ۴-۸: مقایسه منحنی بار-نشست ماسه مسلح شده بوسیله ۳۵ درصد پودر لاستیک با ماسه غیر مسلح ۷۷
شکل ۴-۹: مقایسه منحنی بار-نشست ماسه مسلح شده با ماسه غیر مسلح در درصد بهینه ۳۰ درصد..... ۷۸
شکل ۴-۱۰: مقایسه منحنی بار-نشست ماسه غیر مسلح با ماسه مسلح شده در درصدهای مختلف پودر لاستیک ۷۸
شکل ۴-۱۱: اثر پودر لاستیک بر مقاومت نهایی خاک..... ۸۰
شکل ۴-۱۲: اثر پودر لاستیک بر نشست متناظر با مقاومت نهایی خاک ۸۰
شکل ۴-۱۳: اثر پودر لاستیک بر نسبت ظرفیت باربری..... ۸۱
شکل ۴-۱۴: اثر پودر لاستیک بر ضریب کاهش نشست..... ۸۱
شکل ۴-۱۵: تاثیر تکرار آزمایشات بر رفتار بار- نشست مخلوط ماسه با ۵٪ پودر لاستیک..... ۸۲
شکل ۴-۱۶: تاثیر تکرار آزمایشات بر رفتار بار- نشست مخلوط ماسه با ۱۰٪ پودر لاستیک ۸۳
شکل ۴-۱۷: تاثیر تکرار آزمایشات بر رفتار بار- نشست مخلوط ماسه با ۱۵٪ پودر لاستیک ۸۳
شکل ۴-۱۸: تاثیر تکرار آزمایشات بر رفتار بار- نشست مخلوط ماسه با ۲۰٪ پودر لاستیک ۸۴
شکل ۴-۱۹: تاثیر تکرار آزمایشات بر رفتار بار- نشست مخلوط ماسه با ۲۵٪ پودر لاستیک ۸۴
شکل ۴-۲۰: تاثیر تکرار آزمایشات بر رفتار بار- نشست مخلوط ماسه با ۳۰٪ پودر لاستیک ۸۵

چکیده

ارزیابی ظرفیت باربری مخلوط‌های ماسه- پودر لاستیک در جعبه چند لایه بزرگ مقیاس

عارف قربان پور اکبرآبادی

خاک مسلح ساختاری است از دو نوع ماده مختلف که عملکرد توأم آن‌ها ضعف هر کدام را در حداقل ممکنه محدود می‌کند، این دو ماده عبارت‌اند از المان‌های خاک که تحمل تنش‌های فشاری را به عهده دارند و یک سری المان‌های دیگر که جهت تحمل تنش‌های کششی مورد استفاده قرار می‌گیرند. استفاده از مسلح کننده‌های لایه‌ای نظیر تمسه‌های فلزی و ژئوتکستایل‌ها علیرغم عملکرد مناسب آنها به لحاظ هزینه بالا و مشکلات تهیه و تدارک المان‌های مسلح کننده، در کشور ما چندان رایج نشده است. به همین جهت بررسی تسلیح خاک توسط المان‌های کم هزینه و در دسترس هدف اصلی این پروژه قرار گرفته است. با توجه به نتایج بدست آمده، تسلیح توده‌ای و همگن خاک توسط پودر لاستیک به شرط اختلاط یکنواخت و رعایت درصدهای اختلاط بهینه مدنظر می‌تواند به عنوان جایگزین مناسبی برای خاک مسلح با تمسه‌های فلزی و یا ژئوتکستایل‌ها به ویژه در سازه‌های خاکی موقت مورد بررسی قرار گیرد. برای این منظور، چندین نمونه از مخلوط‌های ماسه- پودر لاستیک حاوی مقدارهای وزنی ۵٪، ۱۰٪، ۱۵٪، ۲۰٪، ۲۵٪، ۳۰٪ و ۳۵٪ پودر لاستیک تهیه شده و بر روی آن‌ها آزمایش بزرگ مقیاس انجام شد. نتایج آزمایشات نشان می‌دهند که در اثر افزودن پودر لاستیک، ظرفیت باربری مخلوط افزایش می‌یابد. به هر حال مقدار بهینه برای پودر لاستیک در ماسه زمانی بدست می‌آید که با افزایش پودر لاستیک، میزان ظرفیت باربری و ضریب کاهش نشست کاهش می‌یابند. در این تحقیق مقدار بهینه برابر با ۳۵ ٪ می‌باشد.

کلید واژه: تسلیح خاک، پودر لاستیک، آزمایش بزرگ مقیاس، نسبت ظرفیت باربری، ضریب کاهش نشست

Abstract

Evaluation of Bearing Capacity of Sand- Tire Powder Mixtures using Large Scale Laminar Box

Aref Ghorbanpour Akbarabadi

The reinforced soil is a combination of tow different material that their combination operation will restrict their infirmities in minimum as possible. These tow elements are: soil elements which tolerate the compressive stress and some other elements that will be used for controlling tension stresses. Use of laye reinforcement like metal strips and geotextiles even though their appropriate function, isn't so usual in our country because of high costs and preparation difficulties. So investigate to reinforced soil with low cost and available element is the main subject of this thesis. Attention to results, if mix percentages and homogeneity of mixture be controlled completely, massive and homogeneous soil reinforcement with tire powder may be study as an appropriate alternative for reinforced soil with any layer reinforcement, especially for temporary earth structures. For this purpose, a number of sand-tire powder mixtures were prepared (by adding 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30% and 35% tire powder to the sand), and large scale test are carried out on them. The results show that adding tire powder to the sand, increases bearing capacity of the mixtures. However, an optimum value for tire powder content is observed after that increasing powder led to decrease in bearing capacity ratio and settlement reduction factor. In this research the content of optimum value for tire powder to the sand is 35%.

Key word: Soil reinforcement, Tire powder, Large Scale Test, Bearing capacity ratio, Settlement reduction factor

فصل اول:

مقدمه

۱-۱- مقدمه

هر ساله در جهان با افزایش مسیرهای جاده‌ای، حجم زیادی از لاستیک‌های فرسوده تولید می‌گردد. محققین با توجه به رشد سریع حجم لاستیک‌های فرسوده به دنبال راه حلی برای استفاده مجدد از آن‌ها هستند، زیرا به آسانی در محیط تجزیه نمی‌شوند. همچنین توجه به این نکته ضروریست که فرایند استفاده مجدد از لاستیک‌های فرسوده باید اثرات زیست محیطی را کاهش و باعث افزایش ذخیره مصالح طبیعی گردد. این امر در ساخت خاکریزها و در جاهایی که دسترسی به خاکهایی با دانه‌بندی مناسب جهت عملیات تراکم میسر نیست، بسیار حائز اهمیت می‌باشد. به دلیل کمبود منابع طبیعی و افزایش مقدار تولید لاستیک‌های فرسوده، استفاده مجدد از مصالح ضایعاتی در مهندسی ژئوتکنیک بسیار رایج شده است. بنابراین درک صحیح از رفتار مهندسی این مصالح به صورت مخلوط با خاک لازم بوده تا بتوان از آنها به صورت ایمن در مسائل ژئوتکنیکی استفاده کرد.

روش‌های گوناگونی موجود است که لاسیتک‌های فرسوده را به تکه‌هایی با اندازه و شکل‌های متفاوت مانند پودر لاستیک، خرده لاستیک، تکه‌هایی به صورت رشته‌های باریک، خاکستر و غیره ...تبدیل می‌کند. این مصالح با داشتن خصوصیات منحصر به فرد باعث افزایش کیفیت پروژه‌های ژئوتکنیکی می‌شوند. از مهم‌ترین خصوصیات این مواد می‌توان به دوام، مقاومت، فشردگی، سبک وزنی، زهکشی و مقاومت اصطکاکی بالا اشاره کرد. بنابراین استفاده مجدد از لاستیک‌های فرسوده علاوه بر اینکه روشی مقرون به صرفه در حل مشکل زیست محیطی به شمار می‌ورد، کاربرد آنها به صورت مخلوط با خاک در پروژه‌های ژئوتکنیکی که با خاک‌های با مقاومت برشی کم روبرو هستند، موضوعی است که امروزه توجه بسیاری از مهندسین ژئوتکنیک را به خود جلب کرده است.

شکل ۱-۱: انباشت لاستیک‌های فرسوده

۱-۲- تسلیح خاک

کاهش میزان دسترسی به سایت‌های مناسب جهت احداث سازه، منجر به افزایش استفاده از مکان‌هایی شده که در آن‌ها خاک بستر دارای ظرفیت باربری بسیار پائین می‌باشد. در مواردی که خاک بستر شامل ته نشست‌های رسوبی باشد، برای احداث پی‌ها سطحی این خاک‌ها را با خاک دانه‌ای تسلیح شده جایگزین می‌کنند. در صورتی که خاک با دانه‌بندی مناسب موجود باشد، می‌تواند جهت جایگزینی به جای خاک ضعیف استفاده گردد و با انجام عملیات تراکم به ظرفیت باربری مدنظر دست یافت. به طور کلی معیار اصلی طراحی پی سطحی مستقر بر خاک دانه‌ای ضعیف، نشست می‌باشد. عموماً برای یک نشست معین حداکثر باری که پی می‌تواند تحمل کند با استفاده از داده‌های آزمایش بارگذاری صفحه بدست می‌آید.

پی‌های دایره‌ای که عموماً در سازه‌های متقارن محوری استفاده می‌شوند و از نظر اقتصادی نسبت به شکل‌های دیگر از پی مقرون به صرفه می‌باشند، کمتر مورد بحث و تحقیق قرار گرفته‌اند. در دو دهه اخیر پیشرفت‌های قابل ملاحظه‌ای در خصوص شناخت رفتار خاک مسلح شده و پی‌ها و همچنین کاربرد و محدودیت‌های استفاده از لاستیک‌های فرسوده و مصالح پلیمری (ژئوسنتیک، ژئوسل، ژئوممبرن و غیره .....) مشاهده شده است. اکثر این تحقیقات با استفاده از آزمون‌های آزمایشگاهی مقیاس کوچک و فقط تعداد محدودی به کمک آزمایشات درجا و یا آزمون‌های آزمایشگاهی بزرگ مقیاس ارائه گردیده است.

۱-۳- مطالعات پیشین

آمد[1] (۱۹۹۳) آزمایشات سه محوری بر روی مخلوط خاک و خرده لاستیک انجام داد و بیان کرد که با افزایش میزان خرده لاستیک، چسبندگی ظاهری خاک افزایش می‌یابد. ادیل و باسر[2] (۱۹۹۴) آزمایش برش مستقیم را بر روی مخلوط ماسه و نوارهای لاستیکی انجام داند و نشان داند که نوارهای لاستیکی مقاومت برشی نهایی خاک را افزایش می‌دهد. مسعد و همکاران[3] (۱۹۹۶) از این مطالعه نتیجه گرفتند که خرده لاستیک را می‌توان به عنوان مصالح خاکریزی سبک وزن در ساخت بزرگراه استفاده کرد. تاتلیسوز و همکاران[4] (۱۹۹۸) آزمایش برش مستقیم در مقیاس بزرگ را بر روی خرده لاستیک، ماسه و ماسه سیلتی انجام دادند و بیان کردند که مقاومت برشی خاک با افزایش میزان خرده لاستیک تا حدود ۳۰ درصد حجمی، افزایش می‌یابد.

1. Ahmed
2. Edil and Bosscher
3. Massad et.al
4. Tatlisoz et.al

ادین کلیر و همکاران[1] (۲۰۰۴) نشان دادند که با اضافه کردن ۱۰ درصد وزنی خرده لاستیک به ماسه باعث افزایش زاویه اصطکاک داخلی ۲۲ تا ۳۳ درجه خواهد شد. موسی اف. اتم[2] (۲۰۰۶) با انجام یکسری آزمایشات نتیجه گرفت که با افزودن خرده لاستیک به ماسه، زاویه اصطکاک و مقاومت برشی آن افزایش می‌یابد. یئو ون یون و همکاران[3] (۲۰۰۸) نشان دادند که با افزودن لاستیک‌های فرسوده در ماسه، ظرفیت باربری خاک افزایش و نشست آن کاهش می‌یابد. مارتین کریست و پارک[4] (۲۰۱۰) آزمایش برش مستقیم را بر روی مخلوط ماسه و لاستیک انجام داده و نشان دادند که مخلوط ماسه و لاستیک دارای مقاومت فشاری، برشی و کششی بیشتری در مقایسه با ماسه خالص می‌باشد. اس. ان. مقدس تفرشی و همکاران (۲۰۱۲) یکسری آزمایشات بر روی مخلوط ماسه با خرده لاستیک انجام دادند و نشان دادند که با افزایش میزان خرده لاستیک و افزیش ضخامت لایه مخلوط ماسه و خرده لاستیک ظرفیت باربری مخلوط افزایش و در نتیجه نشست کاهش می‌یابد. اگرچه مطالعات انجام شده در مورد رفتار مصالح ماسه مسلح شده با لاستیک بسیار زیاد می‌باشد، اما مطالعات انجام گرفته در مورد رفتار پی بر روی مخلوط ماسه و خرده لاستیک محدود می‌باشد.

۱-٤- اهداف و روش انجام تحقیق

در صورت تسلیح ماسه به کمک پودر لاستیک ابتدا لازم است که رفتار مخلوط ماسه- پودر لاستیک مورد بررسی قرار گیرد، تا دیدی واضح از تاثیر پودر لاستیک بر خواص مقاومتی و تغییر شکلی ماسه بدست آید. در این مطالعه، بارگذاری بر روی صفحه دایره‌ای که بعد حداکثر آن براساس حداقل نمودن اثرات جانبی جعبه آزمایش انتخاب می‌گردد، بر روی مخلوط‌های ماسه-پودر لاستیک در درصدهای مختلف ماسه‌ای انجام خواهد گرفت تا یک درصد اختلاط بهینه برای کاربرد این نوع ضایعات در مسئله ظرفیت باربری پی‌های سطحی معرفی گردد.

۱-۵- خلاصه فصول

این پایان‌نامه مشتمل بر پنج فصل می‌باشد. فصل اول شامل کلّیات، دورنمای تحقیق، اهداف و روش‌ها و معرفی فصول پایان‌نامه می‌باشد. فصل دوم شرح مختصری از انواع روش‌ها جهت تعیین ظرفیت باربری خاک زیر پی‌های سطحی، موضوع تسلیح خاک و مطالعات پیشین در مورد استفاده از مخلوط خاک و لاستیک فرسوده به شکل‌های مختلف جهت تسلیح خاک می‌باشد. فصل سوم

1. Edinclier et.al
2. Mousa F. Atom
3. Yeo Won Yoon et.al
4. Martin Christ and Park

شامل مختصری راجع به چگونگی آزمایش بارگذاری صفحه در مقیاس بزرگ، شرایط مرزی مدل آزمایشگاهی، نوع و دانه‌بندی ماسه مورد استفاده در آزمایش و شکل و خواص پودر لاستیک می‌باشد. فصل چهارم به بررسی اثر پودر لاستیک بر ظرفیت باربری خاک ماسه‌ای پرداخته است. یکسری آزمایشات بارگذاری صفحه بزرگ مقیاس انجام گردید و اثر پودر لاستیک بر رفتار بار-نشست صفحه دایره‌ای مستقر بر ماسه مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج به صورت نمودار ارائه گردید. در نهایت در فصل ۵ به جمع‌بندی مسئله و نتیجه‌گیری در خصوص موضوع بحث پرداخته و در ادامه پیشنهاداتی در ارتباط با ادامه تحقیقات در آینده ذکر شده است.