

دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین ٹولے

دانشکده عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد

عمران - خاک و پی

عنوان:

بررسی اثر تسلیح ترانسه دانه‌ای با تراشه لاستیک و ژئوگرید تحت بارگذاری  
استاتیکی

استاد راهنما: دکتر قضاوی

دانشجو: عباس محبی

تابستان ۹۲

## فهرست مطالب

۲	فصل ۱: مقدمه
۳	۱-۱- مقدمه: .....
۴	۲-۱- مسلح کننده‌ها: .....
۴	۱-۲-۱- ژئوسنتیک: .....
۶	۳-۱- لاستیک: .....
۷	۴-۱- ضرورت تحقیق: .....
۸	۵-۱- اهداف تحقیق: .....
۸	۶-۱- ساختار تحقیق: .....

۹	فصل ۲: مروری بر تحقیقات گذشتگان
۱۰	۱-۲- مقدمه: .....
۱۰	۲-۲- مطالعات آزمایشگاهی Hamed (1986): .....
۱۴	۳-۲- مطالعه آزمایشگاهی Unnikrishnan and Rajan .....
۱۸	۱-۳-۲- نتیجه‌گیری: .....
۱۸	۴-۲- مطالعات آزمایشگاهی دمرچیلو (۱۳۹۰): .....
۲۳	۱-۴-۲- نتیجه‌گیری: .....
۲۴	۵-۲- مطالعات Ghazavi and Amel Sahki (2005a): .....
۲۷	۶-۲- مطالعات Ghazavi and Amel Sahki (2005b): .....

۳۰	فصل ۳: مشخصات مصالح، دستگاه آزمایش و نحوه آماده‌سازی نمونه‌ها
۳۱	۱-۳- مقدمه: .....
۳۱	۲-۳- مشخصات مصالح: .....
۳۱	۱-۲-۳- گرانی مخصوص ( $G_s$ ): .....
۳۱	۲-۲-۳- دانه‌بندی: .....
۳۳	۳-۲-۳- $\gamma_{min}$ و $\gamma_{max}$ ماسه: .....
۳۳	۴-۲-۳- $e_{min}$ و $e_{max}$ ماسه: .....
۳۴	۵-۲-۳- $C$ و $\phi$ ماسه: .....
۳۴	۶-۲-۳- مشخصات لاستیک: .....
۳۵	۷-۲-۳- مشخصات ژئوگرید: .....
۳۶	۳-۳- دستگاه آزمایش: .....
۳۸	۴-۳- انجام آزمایش: .....

۴۰	فصل ۴: ارائه و تحلیل نتایج
----	----------------------------

۴۱	۱-۴ - مقدمه: .....
۴۱	۲-۴ - جدول آزمایش‌ها: .....
۴۳	۳-۴ - تکرارپذیری نتایج: .....
۴۳	۴-۴ - ارائه و تحلیل نتایج: .....
۴۴	۱-۴-۴ - آزمایش‌های مینا: .....
۴۵	۲-۴-۴ - بررسی اثر مخلوط تراشه لاستیک در مصالح ترانسه بر ظرفیت باربری پی: .....
۴۷	۲-۲-۴-۴ - درصد حجمی بهینه‌ی مخلوط: .....
۵۲	۳-۲-۴-۴ - بررسی اثر تغییر ابعاد مسلح کننده‌ی لاستیکی: .....
۵۵	۴-۲-۴-۴ - اثر تغییر ارتفاع تسلیح با تراشه لاستیک بر ظرفیت باربری: .....
۵۸	۳-۴-۴ - بررسی تغییر شکل خاک هنگام گسیختگی: .....
۶۰	۴-۴-۴ - بررسی اثر تسلیح ترانسه دانه‌ای با ژئوگرید: .....
۶۰	۱-۴-۴-۴ - بررسی اثر قرارگیری ژئوگرید به صورت لایه‌ای: .....
۷۴	۲-۴-۴-۴ - بررسی اثر محصورشدگی ترانسه با ژئوگرید: .....
۷۸	۵-۴ - نکات قابل ذکر: .....
۷۹	۶-۴ - خلاصه نتایج: .....

## ۸۰ فصل ۵: خلاصه، نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۸۱	۱-۵ - خلاصه: .....
۸۱	۲-۵ - نتیجه‌گیری: .....
۸۲	۳-۵ - پیشنهادها: .....

## فهرست اشکال

- شکل ۱-۱ تصویری از ژئوتکستایل ..... ۵
- شکل ۲-۱ تصویری از ژئوگرید ..... ۵
- شکل ۳-۱ تصویری از ژئوسل ..... ۶
- شکل ۴-۱ تصویری از ژئوممبرین ..... ۶
- شکل ۵-۱ لاستیک‌های ضایعاتی ..... ۷
- شکل ۱-۲ نمودار ظرفیت باربری به  $L/B$  برای ترانسه دانه‌ای متراکم ..... ۱۳
- شکل ۲-۲ نمودار ظرفیت باربری به  $L/B$  برای ترانسه دانه‌ای بسیار متراکم ..... ۱۳
- شکل ۳-۲ تغییرات نشست پی تحت بار بحرانی نسبت به  $L/B$  ..... ۱۴
- شکل ۴-۲ شکل شماتیک دستگاه آزمایش ..... ۱۵
- شکل ۵-۲ تغییرات ضریب ظرفیت باربری نسبت به ابعاد ترانسه ..... ۱۶
- شکل ۶-۲ تغییرات ضریب ظرفیت باربری نسبت به نشست برای ترانسه مثلثی ..... ۱۷
- شکل ۷-۲ تغییرات ضریب ظرفیت باربری نسبت به نشست برای ترانسه مستطیلی ..... ۱۸
- شکل ۸-۲ نمای شماتیک دستگاه آزمایش ..... ۱۹
- شکل ۹-۲ تغییرات نسبت ظرفیت باربری نسبت به  $L/B$  ..... ۲۰
- شکل ۱۰-۲ تغییرات نسبت ظرفیت باربری نسبت به  $W/B$  ..... ۲۰
- شکل ۱۱-۲ تغییرات بار-نشست پی روی ترانسه در حضور بالشتک دانه‌ای ..... ۲۱
- شکل ۱۲-۲ تغییرات ضریب ظرفیت باربری نسبت عرض ژئوگرید ..... ۲۱
- شکل ۱۳-۲ تغییرات BCR نسبت به عمق قرارگیری ژئوگرید ..... ۲۲
- شکل ۱۴-۲ نمودار بار-نشست پی در حضور ترانسه مسلح به دو لایه ژئوگرید ..... ۲۲
- شکل ۱۵-۲ نمودار بار-نشست پی در حضور ترانسه مسلح به ۳ لایه ژئوگرید ..... ۲۳
- شکل ۱۶-۲ تغییرات BCR نسبت به افزایش تعداد لایه‌های ژئوگرید ..... ۲۳
- شکل ۱۷-۲ تغییرات مقاومت برشی نسبت به تنش نرمال برای مخلوط  $۴ \times ۸$  با تراکم  $۱۵/۵ \text{ kN/m}^3$  ..... ۲۵
- شکل ۱۸-۲ تغییرات مقاومت برشی نسبت به تنش نرمال برای مخلوط  $۴ \times ۸$  با تراکم  $۱۶/۸ \text{ kN/m}^3$  ..... ۲۵
- شکل ۱۹-۲ تغییرات زاویه اصطکاک به نسبت ابعاد برای مخلوط  $۲ \times ۲$  و تراکم  $۲۶۱۵/۵ \text{ kN/m}^3$  ..... ۲۶
- شکل ۲۰-۲ تغییرات زاویه اصطکاک به نسبت ابعاد برای مخلوط  $۲ \times ۲$  و تراکم  $۲۶۱۶/۸ \text{ kN/m}^3$  ..... ۲۶
- شکل ۲۱-۲ تغییرات نسبت ابعاد بهینه به عرض تراشه لاستیک ..... ۲۷
- شکل ۲۲-۲ تغییرات CBR به نسبت ابعاد برای مخلوط تراشه با عرض ۲ cm و تراکم  $\text{kN/m}^3$  ..... ۲۸
- شکل ۲۳-۲ تغییرات CBR به نسبت ابعاد برای مخلوط تراشه با عرض ۲ cm و تراکم  $\text{kN/m}^3$  ..... ۲۸
- شکل ۲۴-۲ تغییرات CBR به نسبت ابعاد برای مخلوط تراشه با عرض ۲ cm و تراکم  $\text{kN/m}^3$  ..... ۲۹
- شکل ۱-۳ نمودار دانه‌بندی مصالح ترانسه و خاک بستر ..... ۳۲

- شکل ۳-۲ تصویر از مصالح ترانسه و خاک بستر ..... ۳۳
- شکل ۳-۳ تصویر تراشه‌های مورد استفاده ..... ۳۴
- شکل ۳-۴ تصویر از ژئوگرید ..... ۳۵
- شکل ۳-۵ تصویر تانک آزمایش ..... ۳۶
- شکل ۳-۶ تصویر پی، کرنش سنج و نیروسنج ..... ۳۷
- شکل ۳-۷ تصویر دستگاه تولید فشار ..... ۳۸
- شکل ۳-۸ تصویر کوبه تراکم دستی ..... ۳۹
- شکل ۴-۱ نمودار بار-نشست دو آزمایش یکسان جهت بررسی تکرارپذیری ..... ۴۳
- شکل ۴-۲ نمودار بار-نشست خاک و ترانسه غیرمسلح ..... ۴۴
- شکل ۴-۳ نمودار تغییرات BCR به چگالی ترانسه ..... ۴۵
- شکل ۴-۴ تصویر شماتیک مخلوط ترانسه با تراشه لاستیک ..... ۴۶
- شکل ۴-۵ نمودار بار-نشست مخلوط ۲×۲ برای درصدهای مختلف حجمی ..... ۴۷
- شکل ۴-۶ نمودار بار به تغییر درصد حجمی در نشست‌های مختلف برای مخلوط ۲×۲ ..... ۴۸
- شکل ۴-۷ نمودار بار-نشست مخلوط ۳×۳ برای درصدهای مختلف حجمی ..... ۴۹
- شکل ۴-۸ نمودار بار به تغییر درصد حجمی در نشست‌های مختلف برای مخلوط ۳×۳ ..... ۴۹
- شکل ۴-۹ نمودار بار-نشست مخلوط ۴×۴ برای درصدهای مختلف حجمی ..... ۵۰
- شکل ۴-۱۰ نمودار بار به تغییر درصد حجمی در نشست‌های مختلف برای مخلوط ۴×۴ ..... ۵۱
- شکل ۴-۱۱ نمودار BCR به تغییر درصد حجمی مخلوط ..... ۵۱
- شکل ۴-۱۲ اثر تغییر ابعاد تراشه لاستیک بر ظرفیت باربری نهایی ..... ۵۳
- شکل ۴-۱۳ اثر تغییر ابعاد تراشه لاستیک (۱۰٪ حجمی) بر ظرفیت باربری در نشست‌های مختلف ..... ۵۴
- شکل ۴-۱۴ مخلوط تراشه در بخشی از ارتفاع ترانسه ..... ۵۵
- شکل ۴-۱۵ اثر افزایش ارتفاع مخلوط شدگی ..... ۵۶
- شکل ۴-۱۶ تأثیر تغییر ارتفاع تسلیح با تراشه لاستیک (۲×۲ - ۱۰٪ حجمی) بر ظرفیت باربری ..... ۵۷
- شکل ۴-۱۷ تغییرات ظرفیت باربری در ازای افزایش ارتفاع تسلیح ..... ۵۷
- شکل ۴-۱۸ گسیختگی در خاک بستر و ترانسه دانه‌ای ..... ۵۹
- شکل ۴-۱۹ گسیختگی در خاک ریزدانه ..... ۶۰
- شکل ۴-۲۰ قرارگیری ژئوگرید به صورت لایه‌ای در ترانسه ..... ۶۱
- شکل ۴-۲۱ نمودار بار-نشست برای قرارگیری یک لایه ژئوگرید در اعماق مختلف از سطح پی ..... ۶۱
- شکل ۴-۲۲ فاصله بهینه از زیر پی برای یک لایه ژئوگرید ..... ۶۲
- شکل ۴-۲۳ عمق بهینه یک لایه ژئوگرید ..... ۶۴
- شکل ۴-۲۴ نمودار بار-نشست برای قرارگیری دو لایه ژئوگرید در فواصل مختلف از یکدیگر ..... ۶۵
- شکل ۴-۲۵ فاصله بهینه دو لایه ژئوگرید ..... ۶۵

- شکل ۴-۲۶ فاصله بهینه دو لایه ژئوگرید ..... ۶۷
- شکل ۴-۲۷ نمودار بار-نشست برای قرارگیری سه لایه ژئوگرید در فواصل مختلف از یکدیگر ۶۸
- شکل ۴-۲۸ نمودار فاصله بهینه سه لایه ژئوگرید ..... ۶۸
- شکل ۴-۲۹ نمودار فاصله بهینه قرارگیری لایه‌ها به تعداد لایه‌ها ..... ۶۹
- شکل ۴-۳۰ نمودار بار-نشست برای قرارگیری چهار لایه ژئوگرید در فواصل مختلف از یکدیگر  
..... ۷۰
- شکل ۴-۳۱ فاصله بهینه چهار لایه ژئوگرید ..... ۷۰
- شکل ۴-۳۲ تصاویر ۳ لایه و ۴ لایه ژئوگرید ..... ۷۲
- شکل ۴-۳۳ نمودار بار-نشست در ازای تغییر تعداد لایه‌های ژئوگرید ..... ۷۳
- شکل ۴-۳۴ اثر افزایش تعداد لایه‌های ژئوگرید بر ظرفیت باربری ..... ۷۳
- شکل ۴-۳۵ محصور کردن ترانسه با ژئوگرید ..... ۷۴
- شکل ۴-۳۶ نمودار بار-نشست در ازای تغییر ارتفاع محصورشدگی ..... ۷۵
- شکل ۴-۳۷ ارتفاع بهینه محصورشدگی ..... ۷۵
- شکل ۴-۳۸ مقایسه تسلیم ترانسه با ژئوگرید به صورت لایه‌ای و قنداق پیچ بر رفتار بار-نشست  
پی ..... ۷۶
- شکل ۴-۳۹ ترانسه محصور تا ارتفاع برابر عرض پی ..... ۷۷

## فهرست جداول

جدول ۱-۲: ظرفیت باربری پی واقع بر ترانسه دانه‌ای متراکم .....	۱۲
جدول ۲-۲: ظرفیت باربری پی واقع بر ترانسه دانه‌ای بسیار متراکم .....	۱۲
جدول ۳-۲: تیپ بندی آزمایش‌ها .....	۱۵
جدول ۱-۳: مشخصات مصالح ترانسه و خاک بستر .....	۳۲
جدول ۲-۳: مشخصات مصالح خاک بستر .....	۳۴
جدول ۳-۳: مشخصات تراشه لاستیک .....	۳۵
جدول ۴-۳: مشخصات ژئوگرید .....	۳۶
جدول ۱-۴: فهرست آزمایش‌های انجام‌شده با ژئوگرید .....	۴۲
جدول ۲-۴: فهرست آزمایش‌های انجام‌شده با تراشه لاستیک .....	۴۲

## چکیده:

یکی از راه‌های بهسازی خاک‌های سست استفاده از ترانسه دانه‌ای در زیر پی نواری می‌باشد. در این زمینه تحقیقاتی در سال‌های دور بر روی خاک رسی انجام گرفته است. نتایج تحقیقات نشان از بهبود ظرفیت باربری خاک سست با استفاده از ترانسه دانه‌ای دارد. در بسیاری از موارد ترانسه به تنهایی نیز تحمل بار اعمال شده به پی را ندارد. در این صورت باید خود ترانسه نیز مسلح شود. در پژوهش پیش رو، اثر استفاده از ترانسه مسلح به ژئوگرید و تراشه لاستیک بر رفتار بار-نشست پی نواری مورد بررسی قرار گرفته است. در این تحقیق با استفاده از باکس دو بعدی، شرایط کرنش مسطح حاکم بر رفتار پی نواری شبیه‌سازی شد. پس از انجام تست‌های گوناگون، شرایط استفاده بهینه از مسلح کننده‌های فوق در شرایط مختلف ارائه گردید.

**واژه‌های کلیدی:** خاک سست، ترانسه دانه‌ای، ژئوگرید، تراشه لاستیک



# فصل ۱: مقدمه

## ۱-۱- مقدمه:

در بسیاری از اوقات سازه‌های بزرگ و سنگین بر روی خاک‌هایی که تحمل چنین باری را ندارند باید ساخته شوند. برای جلوگیری از مشکلات احتمالی این خاک‌ها از قبیل نشست، گسیختگی و ... باید بهسازی انجام شود.

در اکثر موارد هدف از بهسازی تأمین شرایط زیر می‌باشد:

۱. افزایش مقاومت
۲. کاهش نشست پذیری
۳. کاهش تخلخل و افزایش چگالی خاک
۴. افزایش پایداری
۵. جلوگیری از تغییر شکل زیاد هنگام اعمال بار به پی
۶. کاهش احتمال روان‌گرایی

روش‌های بسیاری برای بهسازی خاک‌ها ارائه شده که هر کدام دارای مزایا و معایبی هستند. تزریق مواد شیمیایی هر چند مقاومت خاک را افزایش می‌دهد اما منجر به بروز مشکلات زیست‌محیطی و همچنین کاهش کارایی خاک جهت کشاورزی می‌شود. برداشت خاک سست و جایگزینی خاک مناسب به جای آن هزینه‌های زیادی در پی دارد. تراکم خاک نیز به دلیل ایجاد آلودگی صوتی مناسب برای اماکن شهری نیست. استفاده از شمع‌های بتنی هر چند منجر به بهبود مقاومت کششی و فشاری خاک می‌شود اما در برابر بارهای جانبی در مرز بین خاک سست و متراکم بسیار شکننده هستند و هنگام بروز چنین نیروهایی که معمولاً از زلزله یا باد ناشی می‌شوند، خسارات هنگفتی به بار می‌آورند.

یکی از روش‌هایی که در چند دهه‌ی اخیر مورد استقبال قرار گرفته است، استفاده از ستون سنگی یا ترانشه دانه‌ای زیر پی سازه‌های قرار گرفته بر روی خاک‌های ضعیف است. ترانشه دانه‌ای حالت کرنش مسلح ستون سنگی است که معمولاً زیر پی نواری اجرا می‌شود. در این روش که مشابه اجرای شمع بتنی است، مصالح سنگی جایگزین بتن مسلح می‌شوند. مصالح سنگی قرار گرفته روی هم به دلیل عدم چسبندگی بین آن‌ها در برابر نیروی برشی دچار گسیختگی به بزرگی گسیختگی شمع بتنی نمی‌شوند. علاوه بر این مصالح سنگی هنگام استفاده در خاک‌های رسی باعث افزایش سرعت تحکیم می‌شوند.

البته آزمایش‌های انجام‌شده نشان می‌دهد که ترانسه دانه‌ای نیز تحت بارهای اعمال‌شده دچار مشکلاتی می‌شوند که شاخص‌ترین آن‌ها شکم دادگی در قسمت‌های بالایی ترانسه است. به این صورت که بعد از اعمال بار، در نزدیکی سطح زمین به دلیل کم بودن نیروی همه‌جانبه ناشی از کم بودن سربار و سستی خاک اطراف، مصالح ترانسه به درون خاک اطراف نفوذ می‌کنند. برای جلوگیری از این اتفاق اقدامات زیادی می‌توان انجام داد که در پژوهش پیش رو اثر استفاده از ژئوگرید به صورت لایه‌ای و دورگیر و همچنین مخلوط تراشه لاستیک در کاهش این مشکل مورد بررسی قرار گرفته است.

## ۱-۲-۱- مسلح کننده‌ها:

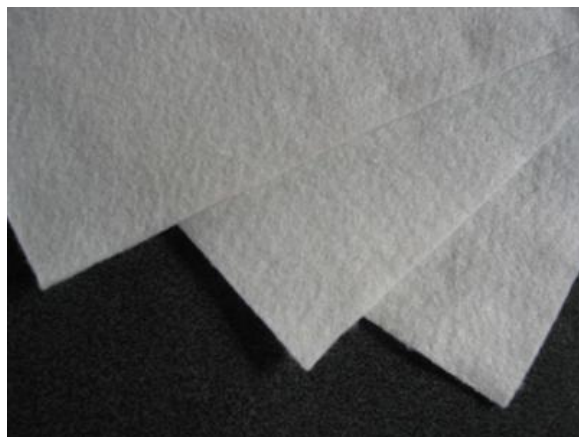
### ۱-۲-۱- ژئوسنتتیک:

ژئوسنتتیک‌ها منسوجات یا ورقه‌هایی از الیاف نفتی هستند که از مشتقات نفتی مانند پلی‌اتیلن، پلی‌استر و پلی‌پروپیلن تولید می‌شوند و خاصیت اصلی آن‌ها فسادناپذیر بودن در مقابل عوامل خوردنده‌ی موجود در خاک است. همچنین به دلیل خاصیت کششی بالای ژئوسنتتیک‌ها به عنوان مسلح کننده‌ی کششی در خاک استفاده می‌شوند. چرا که خاک قادر به تحمل نیروی کششی نیست و این مواد با تحمل کشش موجود در خاک از گسیختگی زود هنگام خاک زیر پی جلوگیری می‌کند.

ژئوسنتتیک‌ها دارای انواع متفاوتی هستند که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از:

#### ۱. ژئوتکستایل

موادی پارچه مانند هستند که می‌توان از آن‌ها جهت زهکشی، جداسازی، کنترل فرسایش و تسلیح خاک استفاده کرد (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱ تصویری از ژئوتکستایل

## ۲. ژئوگرید

می‌توان گفت در کارهای آزمایشگاهی بیش‌ترین کاربرد را در مسلح کردن خاک دارند. داری مقاومت کششی بالایی هستند و به دلیل مشبک بودن باعث گیر کردن مصالح دانه‌ای درون چشمه‌ها و در نتیجه افزایش زاویه اصطکاک و مقاومت خاک می‌شوند (شکل ۲-۱).



شکل ۲-۱ تصویری از ژئوگرید

## ۳. ژئوسل

ژئوسل‌ها از یکسری سلول‌های سه بعدی که در مجاورت هم قرار گرفته‌اند تشکیل می‌شود. با قرار گرفتن مصالح خاک درون این سلول‌ها از گسیختگی خاک جلوگیری می‌شود. عملکرد اصلی ژئوسل‌ها در تسلیح خاک‌های شل می‌باشد و کاربرد دیگر آن جلوگیری از فرسایش خاک است (شکل ۳-۱).



شکل ۳-۱ تصویری از ژئوسل

#### ۴ . ژئوممبرین

مصالحی یکپارچه و لاستیک مانند می باشد که کاربرد آن ها به عنوان حائل رطوبت و جداکننده است و بر روی صفحات بتنی و سنگریزه ای می تواند نصب شود (شکل ۴-۱).



شکل ۴-۱ تصویری از ژئوممبرین

#### ۳-۱- لاستیک:

در بخش دیگری از پژوهش پیش رو اثر تسلیح ترانشه با مخلوط تراشه لاستیک مورد بررسی قرار گرفته است. با افزایش نیاز به حمل و نقل و توسعه این صنعت سالانه میلیون ها حلقه لاستیک فرسوده از گردونه مصرف خارج می شود که می تواند اثرات زیست محیطی فراوانی در پی داشته باشد (شکل ۵-۱).



شکل ۱-۵ لاستیک‌های ضایعاتی

در ایران روزانه هزاران خودرو جدید تولید می‌شود و سالانه بیش از نیم میلیون خودرو جدید وارد معابر عمومی می‌شود که برای ضایعات لاستیک این خودروها باید چاره‌ای اندیشیده شود. یکی از راهکارهایی که اخیراً مورد توجه محققین قرار گرفته است استفاده از لاستیک فرسوده در خاک جهت بالا بردن پارامتر مقاومتی خاک به دلیل خاصیت کششی بالای لاستیک می‌باشد. مزایای استفاده از لاستیک‌های ضایعاتی:

۱. کاهش احتمال آتش‌سوزی و خطر تهدید بهداشت عمومی
۲. با استفاده از این مواد نیاز به مصرف مصالح مرغوب کاهش می‌یابد.
۳. مواد لاستیکی به دلیل خاصیت جذب انرژی بالا در برابر بارهای دینامیکی بسیار خوب عمل می‌کند.
۴. این مواد همچنین در برابر بارهای استاتیکی نیز عملکرد مناسبی دارند.
۵. تراشه‌های لاستیک دارای هدایت هیدرولیکی بالایی می‌باشند و به زهکشی خاک کمک می‌کنند.

#### ۱-۴- ضرورت تحقیق:

تاکنون تحقیقات چندانی جهت بررسی مسلح سازی خاک سست با استفاده از ترانسه دانه‌ای انجام نشده است. غالب پژوهش‌های انجام‌شده نیز در سال‌های دور بر روی خاک چسبنده‌ی رسی انجام

گرفته است. از آنجا که ترانسه دانه‌ای در زیر پی نواری قرار می‌گیرد، در بسیاری از موارد جهت بهسازی خاک می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. همچنین با توجه به اینکه خاک بسیاری از مناطق کشور ما از نوع دانه‌ای می‌باشد انجام تحقیق جهت بررسی عملکرد خاک دانه‌ای مسلح به ترانسه ضروری به نظر می‌رسد.

## ۱-۵- اهداف تحقیق:

در بخش اول پژوهش حاضر یافتن درصد حجمی بهینه مخلوط تراشه لاستیک با ابعاد  $2 \times 2$ ،  $3 \times 3$  و  $4 \times 4$  در ترانسه دانه‌ای، بررسی اثر تغییر ابعاد تراشه‌های لاستیک بر رفتار بار-نشست پی و نهایتاً بررسی اثر تغییر ارتفاع تسلیح ترانسه با تراشه لاستیک از زیر پی بر عملکرد باربری پی مورد نظر بوده است.

در قسمت دوم، هدف یافتن عمق بهینه قرارگیری ۱، ۲، ۳ و ۴ لایه ژئوگرید در ترانسه دانه‌ای زیر پی نواری و بررسی تغییرات رفتار بار-نشست پی بر اثر افزایش لایه‌های ژئوگرید در اعماق بهینه آن‌ها در ترانسه می‌باشد.

## ۱-۶- ساختار تحقیق:

در فصل اول این پژوهش به معرفی و بررسی اهمیت تحقیق پرداخته شد. در فصل دوم به مروری بر مطالعات گذشتگان در زمینه تسلیح خاک سست با ترانسه دانه‌ای پرداخته می‌شود. فصل سوم به معرفی مصالح مورد استفاده در تحقیق و روش انجام آزمایش‌ها اختصاص یافته است. در فصل چهارم نتایج آزمایش‌ها با رسم شکل و بررسی تحلیلی نتایج تست‌ها ارائه شده است. در فصل پایانی نیز به نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادهایی برای پژوهش‌های آینده پرداخته شده است.

## **فصل ۲: مروری بر تحقیقات**

### **گذشتگان**



## ۲-۱- مقدمه:

استفاده از تایرهای فرسوده در پروژه‌های عمرانی دارای مزایای زیادی است و تنها به منظور دفع آن نیست. وزن کم، دوام بالا، عایق بودن، مقاومت کششی بالا و ... از مزایای فراوان این مصالح می‌باشد. بنابراین در سال‌های اخیر استفاده بسیار زیادی از این نوع مصالح در پروژه‌های عمرانی و در پژوهش‌های آزمایشگاهی شده است. در نتیجه بخشی از فصل پیش رو به ارائه نتایج آزمایش‌های گذشتگان روی ترانسه دانه‌ای و همچنین تسلیح خاک با تراشه لاستیک اختصاص دارد.

بخش دیگری از پایان‌نامه پیش رو به بررسی اثر تسلیح خاک با استفاده از مصالح پلیمری بر ظرفیت باربری خاک می‌پردازد. ژئوسنتتیک‌ها با افزایش مقاومت کششی و برشی خاک به دلیل ایجاد اصطکاک در سطح مشترک خاک و مصالح مسلح کننده، باعث افزایش ظرفیت باربری خاک می‌شوند. از طرف دیگر استفاده از این نوع مصالح به دلیل مقرون به صرفه بودن و عدم نیاز به نیرو متخصص هنگام اجرا، در سال‌های اخیر شدیداً افزایش یافته است. لذا تحقیقات تئوری و آزمایشگاهی زیادی در این رابطه انجام گرفته است. بخشی از فصل حاضر به بررسی تحقیقات سایر پژوهشگران در این رابطه اختصاص خواهد داشت.

## ۲-۲- مطالعات آزمایشگاهی Hamed (1986):

نتایج آزمایش‌های Hamed and Abed سال ۱۹۸۶ در دانشگاه تگزاس ارائه گردیده است. در این بخش در ابتدا جزئیات و روش انجام آزمایش ذکر شده و سپس نتایج آزمایش ارائه می‌شود [۱]. هدف از این مطالعه انجام چندین تست آزمایشگاهی جهت تعیین عمق بهینه ترانسه برای دستیابی به حداکثر ظرفیت باربری ( $q_{max}$ ) پی بوده است. خاک آزمایش ML (لای با خاصیت خمیری کم) بوده و در آزمایش‌های پیشنهادشده در این مطالعه مقاومت برشی زهکشی نشده خاک رس ثابت نگه داشته شده و عرض ترانسه برابر با عرض پی فرض شده است. به دلیل این که خاک به کاررفته در آزمایش‌ها دارای درجه تراکم‌های متفاوتی بوده، ترکیبات مختلفی از خاک رس و خاک درشت‌دانه مورد آزمایش قرار گرفته است. خاک درشت‌دانه مورد استفاده در ترانسه نیز SP

(ماسه بد دانه‌بندی شده) بوده است. پی مورد استفاده از یک صفحه فولادی با طول ۱۲ اینچ، عرض ۴ اینچ و ضخامت ۳/۸ اینچ ساخته شده است.

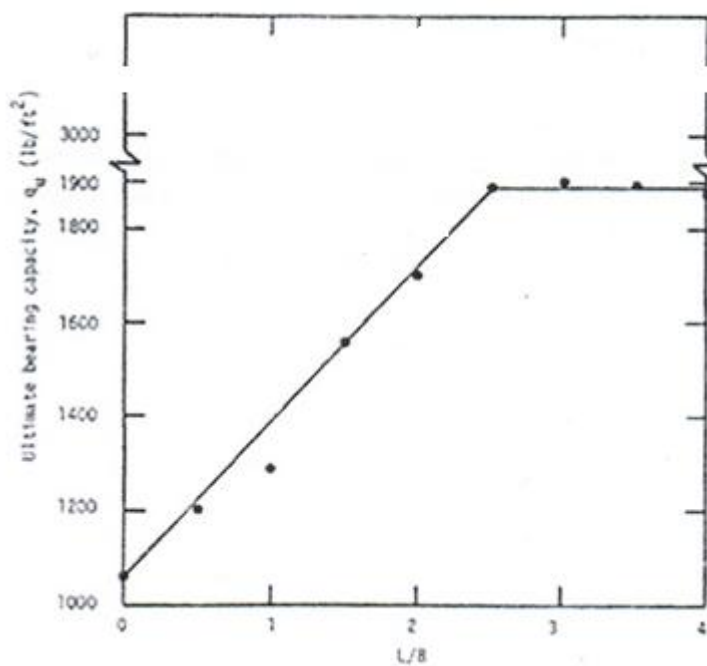
در جداول ۱-۲ و ۲-۲ مقادیر ظرفیت باربری نهایی پی واقع بر ترانسه دانه‌ای حاصل از آزمایش‌ها ارائه شده است. با توجه به جداول فوق مشخص می‌شود که ظرفیت باربری خاک رس در حضور ترانسه افزایش چشمگیری می‌یابد. همچنین کاربرد مواد درشت‌دانه متراکم‌تر در ترانسه منجر به افزایش بیش‌تر ظرفیت باربری می‌گردد. شکل‌های ۱-۲ و ۲-۲ تغییرات ظرفیت باربری پی واقع بر ترانسه دانه‌ای را نسبت به تغییرات  $L/B$  نشان می‌دهند. همان‌طور که در این شکل‌ها مشاهده می‌شود، ظرفیت باربری با افزایش  $L/B$  افزایش می‌یابد تا اینکه به مقدار  $\frac{L}{B} = 3$  می‌رسد. پس از این مقدار ظرفیت باربری پی ثابت باقی می‌ماند ( $L$  طول و  $B$  عرض ترانسه می‌باشند).

جدول ۱-۲: ظرفیت باربری پی واقع بر ترانشه دانه‌ای متراکم [۱]

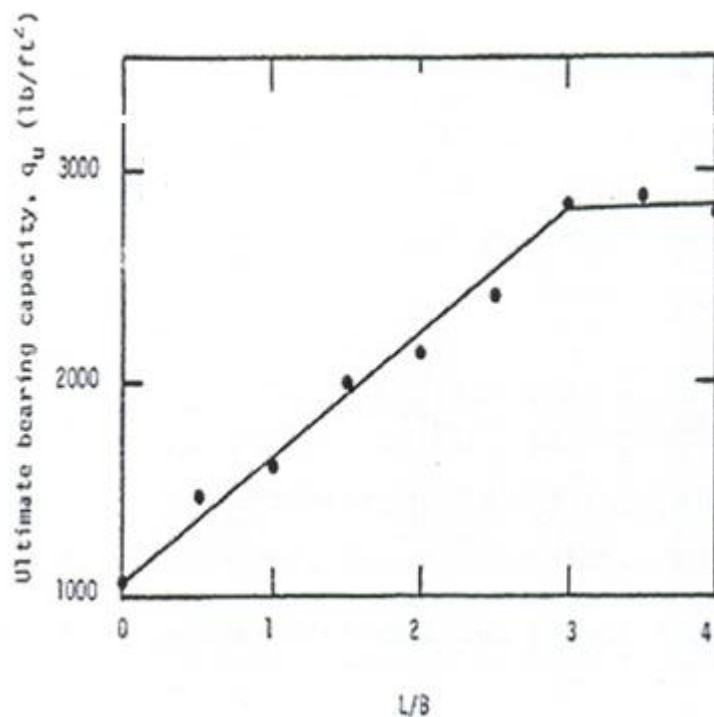
Test NO.	D/B	L/B	Ultimate bearing capacity $q_u$ (lb / ft <sup>2</sup> )
4	0	0.5	1200
5	0	1	1284
6	0	1.5	1560
7	0	2	1704
8	0	2.5	1890
9	0	3	1908
10	0	3.5	1896
11	0	4	1872

جدول ۲-۲: ظرفیت باربری پی واقع بر ترانشه دانه‌ای بسیار متراکم [۱]

Test NO.	D/B	L/B	Ultimate bearing capacity $q_u$ (lb / ft <sup>2</sup> )
4	0	0.5	1488
5	0	1	1590
6	0	1.5	1980
7	0	2	2100
8	0	2.5	2400
9	0	3	2820
10	0	3.5	2880
11	0	4	2760



شکل ۱-۲ نمودار ظرفیت باربری به  $L/B$  برای ترانسه دانه‌ای متراکم [۱]



شکل ۲-۲ نمودار ظرفیت باربری به  $L/B$  برای ترانسه دانه‌ای بسیار متراکم [۱]