

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

۹۵۲۱۴

دانشگاه بین المللی امام خمینی



IMAM KHOMEINI
INTERNATIONAL UNIVERSITY

وزارت علوم تحقیقات و فناوری
دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)
دانشکده فنی و مهندسی

تأثیر شاخص خمیری و تسلیح بر مقدار CBR در خاک رسی نرم

کتابخانه تخصصی مهندسی عمران
شماره ۱۷ / ۲۲ / ۱۳۸۷

پایان نامه کارشناسی ارشد
مهندسی عمران گرایش خاک و پی

۱۳۸۷ / ۲۲ / ۱۷

استاد راهنما: دکتر سید ابوالحسن نائینی
استاد مشاور: دکتر رضا ضیایی مؤید
تهیه کننده: محمدرضا یوسف زاده شبستری

۹۳۲۱۳

بسمه تعالی

جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای محمد رضا یوسف زاده شبستری
دانشجوی رشته خاک و پی ، با عنوان « تاثیر شاخص خمیری و تسلیح بر مقدار CBR
خاک رسی نرم » در تاریخ ۸۶/۱۱/۳۰ در آمفی تاتر دانشکده معماری و شهرسازی برگزار
گردید و مورد تایید هیات داوران قرار گرفت .
اعضای هیات داوران :

استاد راهنما : دکتر سید ابولحسن نائینی

استاد مشاور : دکتر رضا ضیائی موید

داور خارجی : دکتر شاه نظری

داور داخلی : دکتر مهرباب جسمانی

نماینده تحصیلات تکمیلی : دکتر قاسم علی گروسی

۱۳۸۷ / ۱۲ / ۱۴



تقدیم به

مادر فداکار

پدر گرامی

و همسر عزیزم

چکیده

در سال‌های اخیر مسأله تسلیح خاک در پروژه‌های مختلف راه سازی بسیار مورد توجه قرار گرفته است. ژئوگریدها دسته بزرگی از مسلح کننده‌های پلیمری را تشکیل می‌دهند و به کار بردن آنها در خاک سبب بهبود استحکام و پایداری بستر ضعیف می‌شود. همچنین به دلیل خاصیت فساد ناپذیری در مقابل عوامل خوردنده کاربردهای فراوانی در مهندسی خاک دارند.

در این پایان نامه یک سری مطالعات آزمایشگاهی با استفاده از آزمایش CBR بر روی خاک رسی مسلح شده و مسلح نشده با شاخصهای خمیری متفاوت انجام شده است . آزمایشها در حالت‌های مرطوب و اشباع مورد بررسی قرار گرفته است. هدف این مطالعه تعیین تاثیر شاخص خمیری و تسلیح خاک رسی نرم به وسیله ژئوگرید روی عدد CBR می باشد. محاسبات برای خاک هایی با شاخص های خمیری متفاوت انجام شد تا اثر شاخص خمیری روی عدد CBR بررسی شود. خاک های بررسی شده در تحقیق در قالب CBR به روش پراکتور اصلاح شده در ۵ لایه کوبیده شدند. همچنین تعداد لایه‌های ژئوگرید و موقعیت آنها در آزمایشها مورد بررسی قرار گرفت تا بهترین حالت پیشنهاد شود. نتایج این تحقیق اثرات بهبود عدد CBR خاک را با استفاده از مسلح کننده نشان می دهد . در این مطالعه نمونه ها به دو شیوه متفاوت تسلیح شدند. در حالت اول ژئوگرید بالای لایه سوم قرار داده شد و در حالت دوم نمونه بالای لایه دوم و چهارم بوسیله ژئوگرید تسلیح شد. تحقیق حاضر نشان می دهد که استفاده از ژئوگرید

بالای لایه سوم در حالت مرطوب برای شاخص‌های خمیری ۱۰، ۱۶ و ۲۳ مقدار CBR را به ترتیب به میزان ۳۹٪، ۴۰٪ و ۳۹٪ افزایش می‌دهد. در حالیکه قرار دادن ژئوگرید بالای لایه دوم و چهارم موجب رشد CBR به میزان ۲۴٪، ۲۹٪ و ۴۱٪ می‌شود. از این رو بهترین شیوه تسلیح در خاک با رطوبت بهینه قرار دادن ژئوگرید بالای لایه سوم است. زیرا در حالت مرطوب و بالای لایه سوم نیروی مهارشدگی در ژئوگرید نسبت به بالای لایه دوم و چهارم بیشتر بوده و به همین دلیل نیروی مقاوم کششی در ژئوگرید افزایش می‌یابد. از طرفی استفاده از ژئوگرید بالای لایه دوم و چهارم در حالت اشباع برای شاخص‌های خمیری ۱۰، ۱۶ و ۲۳ مقدار CBR را به ترتیب به میزان ۳۶٪، ۳۵٪ و ۳۳٪ افزایش می‌دهد. در حالیکه قرار دادن ژئوگرید بالای لایه سوم موجب رشد CBR به میزان ۲۷٪، ۱۵٪ و ۲٪ می‌شود. از این رو در آزمایش‌های اشباع حالت بهینه جهت قرار دادن ژئوگرید بالای لایه دوم و چهارم است زیرا در حالت اشباع بواسطه انبساط در بالای نمونه، تاثیر ژئوگرید در لایه های نزدیک به سطح بیشتر بوده و کرنش لازم جهت تحریک مقاومت کششی ژئوگرید در این ناحیه به مراتب بیشتر است. بعلاوه افزایش شاخص خمیری سبب کاهش عدد CBR در هر دو حالت مرطوب و اشباع می‌گردد، که این کاهش در نمونه های مسلح شده و مسلح نشده دیده می شود .

تقدیر و تشکر

بدینوسیله از زحمات استاد ارجمند آقای دکتر سیدابوالحسن نائینی که راهنمای اینجانب، در انجام این پایان نامه بودند سپاسگزاری و قدردانی می نمایم. همچنین در این جا شایسته است از آقای دکتر رضا ضیائی مؤید مشاور اینجانب، صمیمانه تشکر و قدردانی بعمل آید. امیدوارم این پایان نامه مورد توجه کلیه علاقمندان واقع گردد.

فهرست مطالب

فصل اول - معرفی مسئله	۱
۱-۱- مقدمه	۱
۱-۲- هدف تحقیق	۳
۱-۳- روش تحقیق	۳
۱-۴- مرور کلی تحقیق	۴
فصل دوم - مروری بر تحقیقات گذشته	۵
۱-۲- مقدمه	۵
۱-۲-۲- تسلیح خاک با الیاف	۶
۱-۲-۳- تسلیح خاک با تسمه های پلاستیکی	۱۳
۱-۲-۴- تسلیح خاک با ژئوسینتتیکها	۱۸
۱-۲-۴-۱- ژئوتکستایلها	۲۳
۱-۲-۴-۲- ژئوگریدها	۲۵
۱-۲-۵- اثر شاخص خمیری بر مقدار CBR	۳۷
فصل سوم - عملیات آزمایشگاهی	۴۱
۱-۳- مقدمه	۴۱
۱-۳-۲- مشخصات مصالح	۴۲
۱-۳-۲-۱- مشخصات خاک	۴۲
۱-۳-۲-۲- مشخصات مسلح کننده	۴۴
۱-۳-۳- آزمایش های مقدماتی	۴۵

۴۵.....	ASTM D-422 (الک و هیدرو متری) ۱-۳-۳
۴۶.....	ASTM D 854 Gs آزمایش تعیین ۲-۳-۳
۴۶.....	ASTM D 4318 آزمایش حدود اتربرگ ۳-۳-۳
۴۷.....	ASTM D 698 آزمایش تراکم ۴-۳-۳
۵۰.....	CBR آزمایش ۴-۳-۳
۵۰.....	مقدمه ۱-۴-۳
۵۰.....	دستگاه آزمایش و لوازم مورد نیاز ۲-۴-۳
۵۳.....	تئوری آزمایش CBR ۵-۳-۳
۵۴.....	نمونه سازی ۶-۳-۳
۵۴.....	نمونه مرطوب ۱-۶-۳
۵۵.....	نمونه اشباع ۲-۶-۳
۵۶.....	آزمایش نفوذ سنبه ۷-۳-۳
۵۷.....	برنامه آزمایش ها و عوامل موثر بر تحقیق ۸-۳-۳
۶۰.....	فصل چهارم- تحلیل نتایج
۶۰.....	مقدمه ۱-۴-۴
۶۱.....	محاسبه مقدار CBR ۲-۴-۴
۶۲.....	مدل آزمایشگاهی ۳-۴-۴
۶۳.....	وزن مخصوص خشک ماکزیمم (MDD) و درصد رطوبت بهینه (OMC) ۴-۴-۴
۶۵.....	تورم خاک ۵-۴-۴
۶۸.....	منحنی های CBR ۶-۴-۴
۸۴.....	تاثیر شاخص خمیری روی عدد CBR ۷-۴-۴
۸۷.....	تاثیر تسلیح روی عدد CBR ۸-۴-۴
۸۷.....	استفاده از مسلح کننده بالای لایه دوم و چهارم ۱-۸-۴

- ۸۹..... ۴-۸-۲- استفاده از مسلح کننده بالای لایه سوم
- ۹۱..... ۴-۸-۳- مقایسه حالات مختلف تسلیح
- ۹۶..... فصل پنجم- نتیجه گیری و پیشنهادات
- ۹۶..... ۵-۱- مقدمه
- ۹۷..... ۵-۲- نتیجه گیری
- ۱۰۱..... ۵-۳- پیشنهادات
- ۱۰۳..... فهرست منابع
- ۱۰۷..... چکیده انگلیسی

فهرست جدول ها

- جدول ۱-۲ نتایج بدست آمده از آزمایشات انجام شده روی خاک کتان سیاه ۹
- جدول ۲-۲ تاثیر نسبت طول به قطر مسلح کننده روی متغیرهای مطالعه ۱۰
- جدول ۲-۳ مقادیر BCR و TBR حاصل از آزمایشات آزمایشگاهی ۲۰
- جدول ۲-۴ فرورفتگی در مقاطع عرضی مختلف در سیکل های بارگذاری اعمال شده ۲۷
- جدول ۲-۵- مخلوط خاک چاپالی با مقادیر مختلفی از نخاله های آتشفشانی کاراکایا ۳۹
- جدول ۱-۳ ترکیبات شیمیایی بنتونیت ۴۲
- جدول ۲-۳ خصوصیات فیزیکی خاک های مورد آزمایش ۴۳
- جدول ۳-۳ خصوصیات فیزیکی ژئوگرید GS50 ۴۴
- جدول ۳-۴ مقادیر بار استاندارد ۵۳
- جدول ۳-۵ برنامه آزمایش ها ۵۸
- جدول ۱-۴ مقادیر CBR با انواع تسلیح در حالت مرطوب و اشباع و شاخص های خمیری متفاوت ۸۴

فهرست شکل ها

- شکل ۲-۱ رابطه بین مقدار مسلح کننده و CBR (برای الیاف بافته شده) ۹
- شکل ۲-۲ مدل آزمایشگاهی ۱۱
- شکل ۲-۳ منحنی های بار- نفوذ برای مقادیر مختلف تسلیح ۱۲
- شکل ۲-۴ تغییرات نسبت بار ماکزیمم با مقادیر مختلف الیاف تسلیح ۱۳
- شکل ۲-۵ مدل آزمایشگاهی در تحقیق ۱۴
- شکل ۲-۶ منحنی های بار- نفوذ ماسه تسلیح شده با تسمه به طول 12 mm ۱۵
- شکل ۲-۷ منحنی های بار- نفوذ ماسه تسلیح شده با تسمه به طول 12 mm ۱۶
- شکل ۲-۸ مقادیر CBR خاک سنگ مسلح شده روی رس اشباع
با مقدار و طول تسمه مختلف ۱۷
- شکل ۲-۹ مقادیر CBR خاکستر بادی مسلح شده روی رس اشباع
با مقدار و طول تسمه مختلف ۱۷
- شکل ۲-۱۰ - زیر اساس ضعیف و ضخامت اساس کوچکتر از 250 mm ۲۱
- شکل ۲-۱۱ - زیر اساس ضعیف و ضخامت اساس بزرگتر از 250 mm ۲۲
- شکل ۲-۱۲ - زیر اساس قوی و ضخامت اساس کوچکتر از 250 mm ۲۲
- شکل ۲-۱۳ - زیر اساس قوی و ضخامت اساس بزرگتر از 250 mm ۲۳
- شکل ۲-۱۴ نمای پلان مسیر مورد آزمایش ۲۶
- شکل ۲-۱۵ مقطع عرضی مسیر مورد آزمایش ۲۷
- شکل ۲-۱۶ مقادیر فرورفتگی در فواصل مختلف (۱٪ CBR، $300 =$ ضخامت اساس) ۲۸
- شکل ۲-۱۷ مدل آزمایشگاهی ۳۰

شکل ۲-۱۸ مقایسه مقاطع مسلح شده و مسلح نشده در مقادیر CBR متفاوت ۳۱

شکل ۲-۱۹ فرورفتگی های راه برای مقاطع مسلح شده

و مسلح نشده در مقادیر CBR متفاوت ۳۲

شکل ۲-۲۰ مقایسه مقاطع مسلح شده و مسلح نشده برای مقادیر

مختلف ضخامت اساس ۳۲

شکل ۲-۲۱ شکل تغییر یافته حد فاصل آسفالت و اساس در پایان آزمایش ۳۳

شکل ۲-۲۲ مقادیر CBR برای مقاطع مسلح شده و مسلح نشده

در فرورفتگی های داده شده (در سیکل های مختلف) ۳۴

شکل ۲-۲۳ فاکتور بهبود ترافیک در مقابل CBR برای دو فرورفتگی مشخص ۳۵

شکل ۲-۴۲- تاثیرات ژئوگرید در مقدار ظرفیت باربری پی ۳۶

شکل ۲-۲۵- تاثیر تعداد لایه های مختلف ژئوگرید در مقدار ظرفیت باربری پی ۳۷

شکل ۲-۲۶- تغییرات CBR در مقابل اضافه شدن مقادیر مختلف

از خاکستر بادی به خاکها ۳۸

شکل ۲-۲۷- مقادیر CBR، حد مایع و شاخص خمیری در مقابل مقادیر مختلف

نخاله های آتشفشانی اضافه شده به خاک چاپالی ۴۰

شکل ۳-۱ منحنی دانه بندی نمونه مورد آزمایش

(رس، رس + ۱۰٪ و رس + ۲۰٪ بنتونیت) ۴۳

شکل ۳-۲- ژئوگرید GS50 ۴۴

شکل ۳-۳ نمودار جریان برای خاکهای مورد آزمایش ۴۷

شکل ۳-۴ نمودار تراکم برای خاک های مورد آزمایش ۴۹

شکل ۴-۱ نحوه قرارگیری ژئوگرید بالای لایه سوم ۶۲

- شکل ۲-۴ نحوه قرارگیری ژئوگرید بالای لایه دوم و چهارم ۶۳
- شکل ۳-۴ تغییرات MDD در مقابل PI ۶۴
- شکل ۴-۴ تغییرات OMC در مقابل PI ۶۴
- شکل ۵-۴ نمودار تورم برای $PI = 10$ ۶۵
- شکل ۶-۴ نمودار تورم برای $PI = 16$ ۶۶
- شکل ۷-۴ نمودار تورم برای $PI = 23$ ۶۶
- شکل ۸-۴ تغییرات انبساط خطی در مقابل PI ۶۷
- شکل ۹-۴ منحنی های فشار- فرورفتگی در شاخص خمیری ۱۰ در حالت
مرطوب و اشباع (بدون مسلح کننده) ۶۹
- شکل ۱۰-۴ منحنی های فشار- فرورفتگی در شاخص خمیری ۱۶ در حالت
مرطوب و اشباع (بدون مسلح کننده) ۶۹
- شکل ۱۱-۴ منحنی های فشار- فرورفتگی در شاخص خمیری ۲۳ در
حالت مرطوب و اشباع (بدون مسلح کننده) ۷۰
- شکل ۱۲-۴ منحنی های فشار- فرورفتگی در شاخص های خمیری مختلف
در حالت مرطوب (بدون مسلح کننده) ۷۱
- شکل ۱۳-۴ منحنی های فشار- فرورفتگی در شاخص های خمیری مختلف
در حالت اشباع (بدون مسلح کننده) ۷۱
- شکل ۱۴-۴ منحنی های فشار- فرورفتگی در شاخص خمیری ۱۰ در حالت
مرطوب و اشباع (مسلح کننده بالای لایه سوم) ۷۲
- شکل ۱۵-۴ منحنی های فشار- فرورفتگی در شاخص خمیری ۱۶ در حالت
مرطوب و اشباع (مسلح کننده بالای لایه سوم) ۷۳
- شکل ۱۶-۴ منحنی های فشار- فرورفتگی در شاخص خمیری ۲۳ در حالت
مرطوب و اشباع (مسلح کننده بالای لایه سوم) ۷۳

- شکل ۴-۱۷ منحنی های فشار- فرورفتگی در شاخص های خمیری مختلف
 ۷۴.....درحالت مرطوب (مسلح کننده بالای لایه سوم)
- شکل ۴-۱۸ منحنی های فشار- فرورفتگی در شاخص های خمیری مختلف
 ۷۵.....درحالت اشباع (مسلح کننده بالای لایه سوم)
- شکل ۴-۱۹ منحنی های فشار- فرورفتگی در شاخص خمیری ۱۰ در حالت
 مرطوب و اشباع (مسلح کننده بالای لایه دوم و چهارم).....
 ۷۶.....
- شکل ۴-۲۰ منحنی های فشار- فرورفتگی در شاخص خمیری ۱۶ در حالت
 مرطوب و اشباع (مسلح کننده بالای لایه دوم و چهارم).....
 ۷۶.....
- شکل ۴-۲۱ منحنی های فشار- فرورفتگی در شاخص خمیری ۲۳ در حالت
 مرطوب و اشباع (مسلح کننده بالای لایه دوم و چهارم).....
 ۷۷.....
- شکل ۴-۲۲ منحنی های فشار- فرورفتگی در شاخص های خمیری مختلف
 درحالت مرطوب (مسلح کننده بالای لایه دوم و چهارم).....
 ۷۸.....
- شکل ۴-۲۳ منحنی های فشار- فرورفتگی در شاخص های خمیری مختلف
 درحالت اشباع (مسلح کننده بالای لایه دوم و چهارم).....
 ۷۸.....
- شکل ۴-۲۴ منحنی های فشار- فرورفتگی در شاخص خمیری ۱۰ برای
 انواع تسلیح (حالت مرطوب).....
 ۷۹.....
- شکل ۴-۲۵ منحنی های فشار- فرورفتگی در شاخص خمیری ۱۶ برای
 انواع تسلیح (حالت مرطوب).....
 ۸۰.....
- شکل ۴-۲۶ منحنی های فشار- فرورفتگی در شاخص خمیری ۲۳ برای
 انواع تسلیح (حالت مرطوب).....
 ۸۱.....
- شکل ۴-۲۷ منحنی های فشار- فرورفتگی در شاخص خمیری ۱۰ برای
 انواع تسلیح (حالت اشباع).....
 ۸۲.....
- شکل ۴-۲۸ منحنی های فشار- فرورفتگی در شاخص خمیری ۱۶ برای

- ۸۳..... انواع تسلیح (حالت اشباع)
 شکل ۴-۲۹ منحنی های فشار- فرورفتگی در شاخص خمیری ۲۳ برای
- ۸۳..... انواع تسلیح (حالت اشباع).....
 شکل ۴-۳۰ مقادیر CBR در حالت مرطوب و اشباع برای شاخص های خمیری
- ۸۵..... مختلف (بدون مسلح کننده).....
 شکل ۴-۳۱ مقادیر CBR در حالت مرطوب و اشباع برای شاخص های خمیری
- ۸۶..... مختلف (مسلح کننده بالای لایه سوم)
 شکل ۴-۳۲ مقادیر CBR در حالت مرطوب و اشباع برای شاخص های خمیری
- ۸۷..... مختلف (مسلح کننده بالای لایه دوم و چهارم)
 شکل ۴-۳۳ تاثیر استفاده از مسلح کننده بالای لایه دوم و چهارم روی مقادیر CBR
 در شاخص های خمیری مختلف (در حالت مرطوب).....
- ۸۸..... شکل ۴-۳۴ تاثیر استفاده از مسلح کننده بالای لایه دوم و چهارم روی مقادیر CBR
 در شاخص های خمیری مختلف (در حالت اشباع)
 شکل ۴-۳۵ تاثیر استفاده از مسلح کننده بالای لایه سوم روی مقادیر CBR
 در شاخص های خمیری مختلف (در حالت مرطوب).....
- ۹۰..... شکل ۴-۳۶ تاثیر استفاده از مسلح کننده بالای لایه سوم روی مقادیر CBR
 در شاخص های خمیری مختلف (در حالت اشباع)
 شکل ۴-۳۷ مقادیر CBR در انواع تسلیح در حالت مرطوب و در شاخص های
 خمیری مختلف
- ۹۲..... شکل ۴-۳۸ نسبت CBR در انواع تسلیح در حالت مرطوب و در شاخص های
 خمیری مختلف
- ۹۳..... شکل ۴-۳۹ مقادیر CBR در انواع تسلیح در حالت اشباع و در شاخص های
 خمیری مختلف
- ۹۴.....

شکل ۴-۴ نسبت CBR در انواع تسلیح در حالت اشباع و در شاخص های

خمیری مختلف ۹۵

شکل ۵-۱ مقادیر CBR در حالت مرطوب و اشباع برای شاخص های خمیری

مختلف (بدون مسلح کننده) ۹۷

شکل ۵-۲ تاثیر تسلیح بالای لایه سوم روی مقادیر CBR در شاخص های خمیری

مختلف (مرطوب و اشباع) ۹۸

شکل ۵-۳ تاثیر تسلیح بالای لایه دوم و چهارم روی مقادیر CBR در شاخص های

خمیری مختلف (مرطوب و اشباع) ۹۹

شکل ۵-۴ مقادیر CBR در انواع تسلیح در حالت مرطوب و در شاخص های

خمیری مختلف ۱۰۰

شکل ۵-۵ مقادیر CBR در انواع تسلیح در حالت اشباع و در شاخص های

خمیری مختلف ۱۰۱

فصل اول

معرفی مسئله

۱-۱- مقدمه

در بخش زیر ساخت های شبکه ارتباطی هر کشور که شامل راه ها و خطوط راه آهن می باشند استفاده از خاک و مصالح سنگی دانه ای به عنوان لایه های زیر سازی و روسازی امری اجتناب ناپذیر است . استفاده از مصالح مرغوب و تقویت لایه های خاکریز به خصوص در مناطق با بستر ضعیف، یکی از عوامل بسیار مهم در پایداری و دستیابی به طول عمر مفید این نوع تاسیسات عمرانی است .

امروزه با افزایش حجم ترافیک و شدت بار وارد بر شبکه حمل و نقل زمینی از جمله شبکه راه ها و راه آهن نیاز به احداث راه های ایمن و عریض بیش از هر زمانی در کشور احساس می شود. ساخت آزاد راه ها و شبکه راه آهن متناسب با حجم درخواست رو به افزایش جامعه امروزی، نیاز به گسترش و به کارگیری روش های نوین و فن آوری روز را در این زمینه اجتناب ناپذیر ساخته است. بسیاری از زمین هایی که قبلاً از نظر مرغوبیت، مناسب برای امور احداث شبکه های ارتباطی نبوده اند و ضعیف و سست تلقی می شدند می بایست به دلیل تقاضای زیاد و افزایش قیمت زمین های مرغوب مجدداً مورد ارزیابی قرار گرفته و راه کارهای مناسب جهت ساخت راه روی این زمین ها مورد بررسی قرار گیرند. بی تردید بالا بردن توان باربری خاک در لایه های خاکریز و حل مشکلات ناشی از آن در شبکه حمل و نقل موجب افزایش کاربری راه ها در مقابل حجم ترافیک رو به گسترش، کاهش هزینه های ساخت و نگهداری و در نهایت بالا رفتن ضریب ایمنی شبکه حمل و نقل خواهد شد. توسعه و بهبود کیفیت شبکه راه ها به عنوان یکی از سه عامل موثر در شبکه حمل و نقل یعنی راه، انسان و وسیله نقلیه موجب توسعه پایدار اقتصاد کشور خواهد شد.

خاک بستر و خصوصیات آن برای طراحی ساختار روکش راه ها بسیار مهم می باشد و نقش اصلی خاک بستر ارائه پشتیبانی کافی و مناسب برای روکش راه است و لذا روکش آسفالتی یا بتنی را نمی توان روی بستر ضعیف اجرا کرد چرا که در این صورت روکش به آسانی ترک می خورد و لذا بستر باید شرایط مناسب برای تحمل بارهای وارده را داشته باشد. همان طور که می دانیم مناطق بسیاری وجود دارند که مشکلاتی را در بستر راه به دلیل وجود خاک های رسی دارا می باشند. هنگامی که بستر راه متشکل از خاک های رسی باشد طراحی و ساخت روکش روی این خاک های قابل انبساط و کم مقاومت کاری دشوار برای مهندسين ژئوتکنیک می باشد.

یکی از راه های بهبود استحکام و پایداری بستر ضعیف بکار بردن انواع مسلح کننده ها^۱ درون خاک است که از آن جمله می توان به ژئوتکستایل ها^۲ و ژئوگریدها^۳ اشاره کرد. در سال های اخیر مسئله تسلیح خاک ها در پروژه های مختلف راه سازی بسیار مورد توجه قرار گرفته است.

1- Reinforcement

2- Geotextiles

3- Geogrids

در این مطالعه از ژئوگرید به عنوان المان مسلح کننده در خاک استفاده شده است. در یک تعریف کلی ژئوگریدها ورقه هایی ساخته شده از مواد پلیمری هستند که خاصیت اصلی آنها فسادناپذیری در مقابل عوامل خورنده درون خاک است. لذا از این نقطه نظر کاربردهای فراوانی در مهندسی خاک و بهبود خواص خاک دارند.

وجود اصطکاک بالا ضمن آن که از لغزش بین عنصر تسلیح و خاک جلوگیری می کند باعث انتقال تنش از خاک به عنصر تسلیح می گردد. وجود فضای خالی در شبکه های ژئوگرید باعث به وجود آمدن نوعی قفل شدگی^۱ ژئوگرید با ذرات خاک می گردد. نتایج مطالعات نشان می دهد که استفاده از مسلح کننده ها می تواند ضریب اطمینان پایداری خاک را افزایش داده و باعث کاهش جا به جایی ها شود.

۱-۲- هدف تحقیق

در راه سازی یکی از پارامترهای مهم جهت طرح زیر سازی راه ها کمیت CBR^۲ (نسبت باربری کالیفرنیا) می باشد. در برخی پروژه ها به علت وجود خاک های رسی نرم عدد CBR پایین است لذا از روش های مختلفی مانند تسلیح خاک با ژئوگرید ها جهت بهبود مشخصات رفتاری توده خاک استفاده می شود.

هدف اصلی این مطالعه بررسی اثر شاخص خمیری (PI)^۳ و تسلیح خاک به وسیله ژئوگرید روی کمیت CBR (نسبت باربری کالیفرنیا) رس نرم می باشد.

۱-۳- روش تحقیق

در این رساله خاک با سه شاخص خمیری متفاوت مورد استفاده قرار گرفته است. خاک مورد آزمایش پس از اختلاط با میزان رطوبت بهینه در ۵ لایه داخل قالب CBR به روش پراکتور اصلاح شده^۴ کوبیده شده، سپس آزمایش CBR روی نمونه مذکور در

^۱ - Interlocking

^۲ - California Bearing Ratio

^۳ - Plasticity Index

^۴ - Modified Proctor