

ارزیابی عددی و تحلیلی اندرکنش خاک والمان تسلیح بر پایداری شالوده ی احداث شده بر روی رس مسلح برای ساختمان های با ارتفاع متوسط

محمد طهماسبی

کارشناس ارشد ژئوتکنیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات
mtahmsbi@yahoo.com

محمد علی ارجمند

استاد یار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه شهید رجایی تهران
Ma.arjomand@gmail.com

بهزاد عباسی

کارشناس ارشد عمران، عضو پایه یک سازمان نظام مهندسی ساختمان البرز
en.abbasi@yahoo.com

چکیده

با افزایش جمعیت و کاهش دسترسی به ساختگاه مناسب در مناطق شهری، ضرورت استقرار شالوده بر روی خاک های نرم یا ریزدانه بیش از پیش نمود یافته است. احداث شالوده در چنین مناطقی از دو جهت مشکل ساز است: اولاً ظرفیت باربری شالوده ها در این نوع خاک ها کم بوده، ثانیاً نشست خاک زیر پی بیشتر از حد مجاز می باشد. تسلیح خاک یکی از روش های مؤثر و قابل اطمینان در راستای اصلاح و بهبود خواص خاک است. ورود الیاف پلیمری به عنوان عناصر مسلح کننده خاک انقلاب وسیعی در ساخت سازه های خاک مسلح ایجاد کرده است. بررسی اندرکنش خاک- مسلح کننده یکی از مهمترین عوامل در طراحی سازه های خاک مسلح است. کارایی سیستم خاک مسلح وابسته به بسیج شدن مقاومت اصطکاکی بین خاک و المان های تسلیح می باشد. در این پژوهش با استفاده از نرم افزار اجزاء محدود Plaxis تأثیر پارامترهای ژئوتکستایل بر پایداری پی واقع بر خاک رس مسلح مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج مطالعات نشان داد که انجام تسلیح می تواند باعث پخش مجدد بار اعمال شده به مساحت گسترده تری نسبت به حالت اولیه گردد که این امر باعث حداقل شدن تمرکز تنش و رسیدن به یک پخش تنش یکنواخت تر می شود. پخش مجدد تنش ها در زیر ناحیه تسلیح یافته می تواند منجر به کاهش نشست و افزایش ظرفیت باربری در خاک های رسی ضعیف شود.

واژگان کلیدی: خاک مسلح، مقاومت اصطکاکی، اندرکنش خاک و المان تسلیح، ظرفیت باربری و نشست

مقدمه

خاک مصالحی است که به خوبی در برابر فشار و برش مقاومت می‌کند اما قادر نیست در برابر نیروهای کششی مقاومت چندانی از خود نشان دهد. خاک مسلح در واقع مصالح ساختمانی مرکبی است که در آن عناصر دارای مقاومت کششی به عنوان عامل تسلیح در توده خاک قرار می‌گیرند استفاده از مصالح دانه‌ای در سازه‌های خاک مسلح، همواره میسر نیست و در شرایطی که خاک موجود در منطقه از نوع مصالح چسبنده باشد استفاده از خاک چسبنده بجای مصالح دانه‌ای مرغوب باعث اقتصادی‌تر شدن پروژه می‌گردد. خاک چسبنده برخلاف خاک‌های دانه‌ای رفتار مکانیکی متفاوتی را در شرایط مختلف از خود نشان می‌دهد. از زمان‌های کهن نیز به طور تجربی دیده شده که ریشه‌های درخت یا گیاهان در تقویت توده خاک موثر است. انسان‌ها از زمان‌های دور خانه‌های خود را با ترکیبی از گل و گاه می‌ساختند که در آن گاه نقش تسلیح دارد و به صورت یک المان کششی عمل می‌کند. مطالعات انجام شده برای تعیین ظرفیت باربری و نشست پی‌های سطحی واقع بر خاک رس اشباع که توسط ژئوسنتتیک‌ها مسلح شده است محدود می‌باشد. این اطلاعات در کارهای انجام شده توسط (اینگولد و میلر، ۱۹۸۲)، (میلیگان و لائو، ۱۹۸۴)، (اسکاتی و داس، ۱۹۸۷)، (داوسن و لی، ۱۹۸۸)، (گیدو و همکاران، ۱۹۸۶)، (ساه، ۱۹۹۰) و (مندل و ساه، ۱۹۹۲) وجود دارند. (ساه، ۱۹۹۰)، (مندل و ساه، ۱۹۹۲) و (شین و همکاران، ۱۹۹۳) پارامترهای مقاومتی پی‌های سطحی واقع بر رس اشباع مسلح شده با ژئوگرید را در آزمایش‌ها مورد بررسی قرار دادند و تاثیر پارامترهای نسبت عمق اولین لایه، نسبت عمق کلی تسلیح، تعداد لایه‌ها و نسبت عرض لایه‌ها مورد مطالعه قرار گرفتند مسلح کننده‌ها که دارای شبکه‌های باز می‌باشند به علت تاثیر درگیری ذرات خاک در داخل سوراخ‌های شبکه و بسیج مقاومت پسیو راندمان بهتری در خاک‌های دانه‌ای دارند. اگر کمبود مقاومت بیرون کشیدگی المان تسلیح درون مصالح رسی جبران گردد، بهبود زیادی در افزایش ظرفیت باربری و کاهش نشست مصالح رسی محتمل خواهد بود. اندرکنش خاک و ژئوتکستایل بر رفتار شالوده‌ها برای ساختمان‌های با ارتفاع متوسط، با استفاده از برنامه المان‌های محدود Plaxis بررسی و مدل سازی شد. بررسی اثرات پارامترها و متغیرهای مختلف سهیم در بهبود عملکرد خاک مسلح (RSF) شامل: فاصله لایه بالایی مسلح کننده تا زیر پی (u)، تعداد لایه‌های تسلیح (N)، عمق کلی مسلح کننده‌ها (d)، فاصله قائم بین لایه‌های تسلیح (h) و عمق مدفون شدگی شالوده (Df) مسائلی هستند که در تحقیق حاضر مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج مطالعات نشان داد که انجام تسلیح توسط ژئوسنتتیک‌ها می‌تواند باعث پخش مجدد بار اعمال شده به مساحت گسترده‌تری نسبت به حالت اولیه گردد که این امر باعث حداقل شدن تمرکز تنش و رسیدن به یک پخش تنش یکنواخت‌تر می‌شود. پخش مجدد تنش‌ها در زیر ناحیه تسلیح یافته می‌تواند منجر به کاهش نشست تحکیمی و افزایش ظرفیت باربری در خاک‌های رسی ضعیف شود.

مصالح:

خاک ریز دانه

کائولینیت به عنوان مصالح ریز دانه در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است. بنابر این برای بررسی اندرکنش خاک رس با ژئوتکستایل مدل‌های لازم انجام گردید. خصوصیات خاک بر اساس معیارهای استاندارد ASTM مربوطه تعیین و بر اساس سیستم طبقه بندی یونیفاید خاک (USCS) در رده CL (خاک رس با خاصیت خمیری کم) قرار می‌گیرد. مشخصات خاک زیر شالوده در جدول ۱- نشان داده شده است.

جدول ۱- مشخصات خاک زیر شالوده

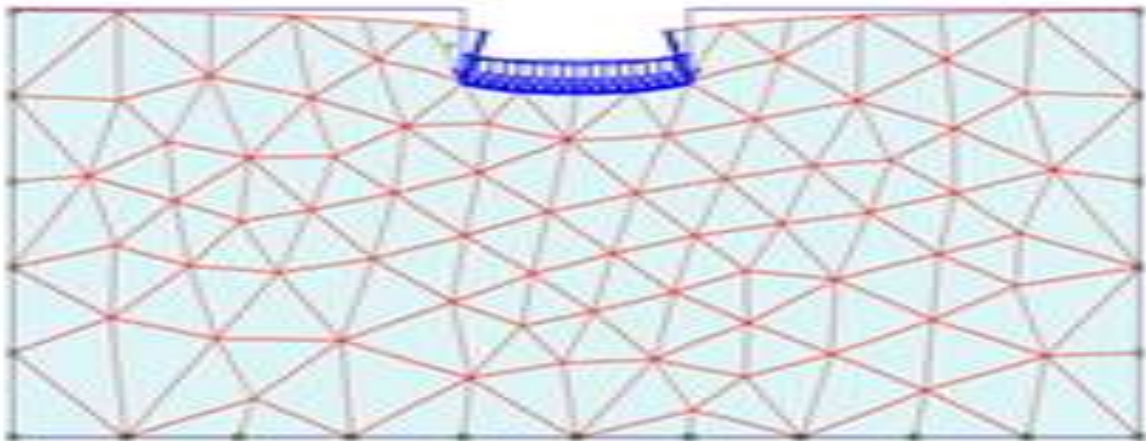
واحد	خاک رس CL	پارامتر
-	موهر- کلمب	مدل مصالح
-	زهکشی شده	نوع رفتار مصالح
KN/m ³	۱۶/۵	وزن مخصوص خاک (γ_{usat})
KN/m ³	۱۸	وزن مخصوص اشباع (γ_{sat})
KN/m ²	۱۳۰۰۰	مدل الاستیسه خاک (E)
-	۰/۴	نسبت پواسون (ν)
KN/m ²	۳۵	چسبندگی (C)
-	۰	زاویه اصطکاک (ϕ)

المان مسلح کننده:

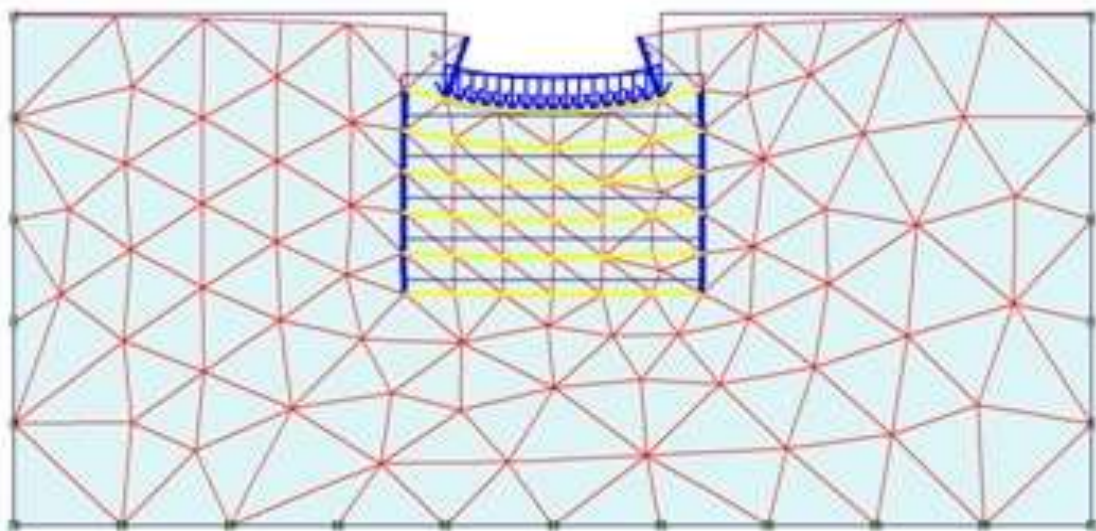
عامل تسلیح بصورت غشاء شبیه سازی شده، که تنها نیروی درون صفحه‌ای را انتقال می‌دهد و هیچگونه سختی خمشی ندارد. ژئوتکستایل مورد استفاده در مدل‌ها به نام HP570 محصول شرکت conved plastic آمریکا با جنس پلی‌اتیلن و به صورت بافته شده می‌باشد. همچنین سختی محوری مسلح کننده ۴۰۰۰ KN/m در نظر گرفته شده است که این عدد از میانگین نتایج تحلیل‌های mandal و sah در سال ۱۹۹۲ و Maharaj در سال ۲۰۰۲ بدست آمده است. حدود منطقی عامل مسلح کننده مورد نیاز برای مسلح کردن خاک رس بین ۷۵۰ KN/m تا ۷۵۰۰ KN/m می‌باشد.

شرایط مرزی هندسی و مش بندی مدل:

در مدل‌سازی اغلب مسائل ژئوتکنیکی لازم است شرایط هندسی تعریف نمود. از جمله شرایط مرزی هندسی قابل تعریف در لایه بستر (پی صلب)، محدود نمودن جابجایی افقی و عمودی در لبه پایینی به منظور در نظر گرفتن جابجایی صفر در این مرز می‌باشد. این مرز باید طوری در نظر گرفته شود تا از ورود هرگونه تاثیر در تحلیل‌ها جلوگیری شود، بنابراین مرز افقی گیردار و برای اندازه‌گیری میزان نشست و بررسی رفتار خاک در بارهای وارده، دو طرف پی به صورت آزاد در نظر گرفته شده است. هندسه مدل به صورت کامل تعریف، خصوصیات مربوط به خاک و مسلح کننده به برنامه داده شد. هندسه مدل به یک سری اجزای کوچک تقسیم‌بندی و تحلیل اجزای محدود انجام گرفت. مدل اجزای محدود برگرفته شده یک مدل کرنش مسطح (Plane strain) است. نمونه‌ای از مش‌بندی قبل و بعد از تسلیح خاک در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است.



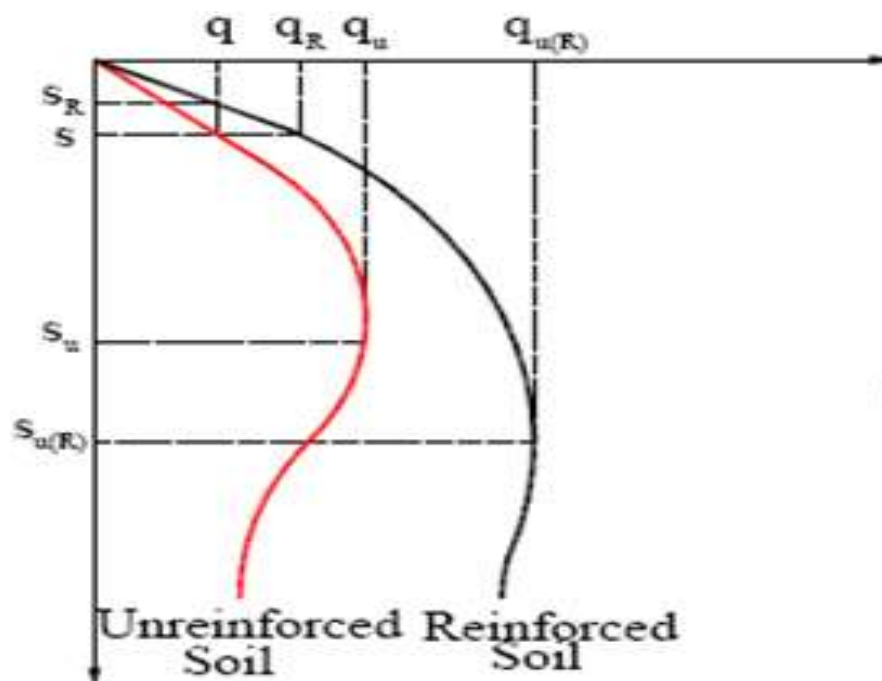
شکل ۱. مش بندی هندسه مدل قبل از تسلیح



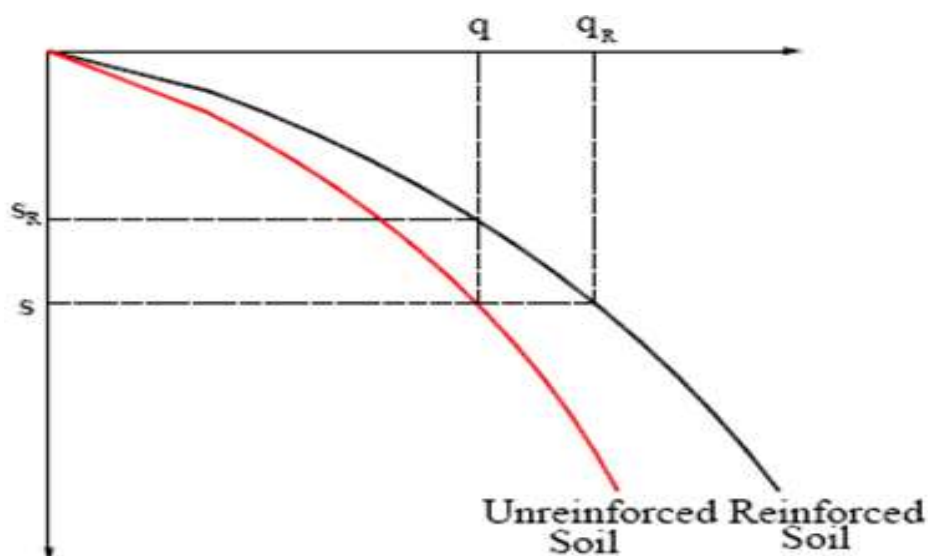
شکل ۲. مش بندی هندسه مدل بعد از تسلیح

تحلیل و بررسی نتایج

هدف اصلی این تحقیق بررسی مزایای محتمل استفاده از پی واقع بر خاک مسلح به ژئوسنتتیکها برای بهبود ظرفیت باربری و کاهش نشست پی‌های سطحی واقع بر خاک رس می‌باشد. بدین منظور، تحلیل‌های گسترده‌ای بر روی پی‌های مدل واقع بر خاک‌های رسی مسلح شده با ژئوسنتتیکها انجام پذیرفت. برای ارزیابی مزایای استفاده از پی واقع بر خاک مسلح به کمک نرم افزار PIAXIS، از نسبت ظرفیت باربری (BCR) استفاده شده است. در بدست آوردن نسبت ظرفیت باربری (BCR) دو نوع مختلف رفتار بار-نشست در تحلیل‌ها بر روی پی‌ها مشاهده می‌شود. مطابق شکل ۳، نقطه گسیختگی به خوبی قابل تعریف نمی‌باشد که مقدار BCR در یک نسبت مشخص محاسبه و مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در شکل ۴، منحنی بار-نشست یک نقطه گسیختگی مشخص دارد که مقدار BCR در ظرفیت باربری نهایی مورد ارزیابی و مقایسه قرار می‌گیرد.



شکل ۳. ظرفیت باربری در گسیختگی برشی موضعی



شکل ۴. ظرفیت باربری در گسیختگی برشی کلی

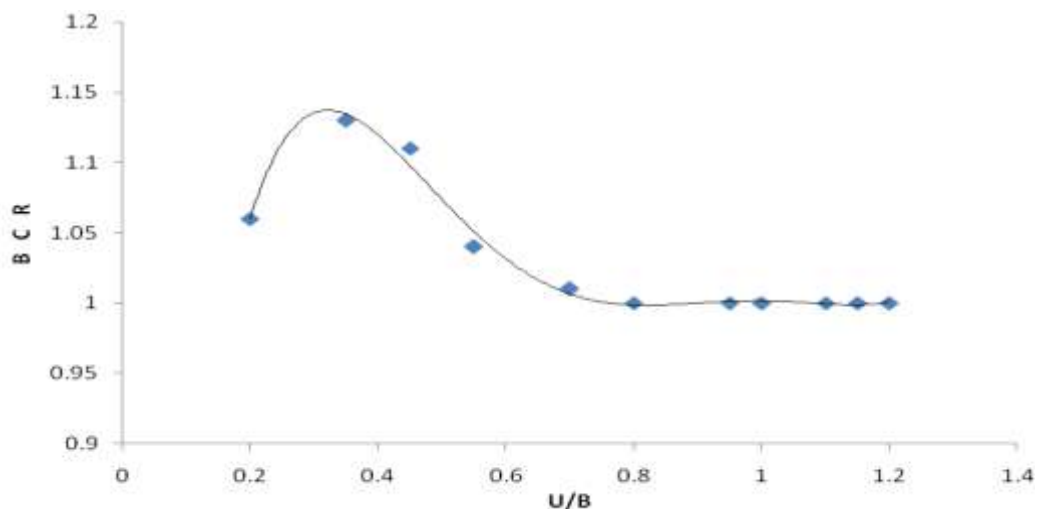
همچنین این مقادیر با استفاده از روش‌های تحلیلی (Menq & Huang (1991) نیز محاسبه گردیده و با نتایج حاصل از نرم افزار PIAXIS مقایسه شده است. ظرفیت باربری در یک نسبت نشست (s/B) منطقی تعیین گردید. نسبت نشست (s/B) شامل نشست پی (s) به عرض پی (B) اطلاق می‌گردد. نتایج تحلیل‌های انجام شده توسط نرم افزار PIAXIS در جدول-۲ ارائه گردیده است.

جدول ۲- خلاصه نتایج تحلیل‌های انجام شده بر روی پی مدل واقع بر خاک رس

نام مدل	N	u (C)	h (Cm)	s/B= %3			
				نتایج تحلیل با برنامه المان محدود		نتایج روش تئوری (Menq & Huang (1997)	
				q(kpa)	BCR	q(kpa)	BCR
GT1	۰	-	-	۳۱۰	-	۲۸۹	-
GT2	۱	۲۰	-	۳۲۸	۱/۰۶	۳۰۷	۱/۰۶
GT3	۱	۳۵	-	۳۶۲	۱/۱۶	۳۲۶	۱/۱۳
GT4	۱	۵۵	-	۳۲۵	۱/۰۵	۳۲۴	۱/۱۲
GT5	۲	۳۵	۴۰	۴۲۵	۱/۳۵	۳۳۹	۱/۱۸
GT6	۳	۳۵	۴۰	۴۴۵	۱/۴۳	۳۶۹	۱/۲۸
GT7	۴	۳۵	۴۰	۴۶۴	۱/۴۹	۳۸۴	۱/۳۳
GT8	۵	۳۵	۴۰	۴۸۵	۱/۵۴	۴۰۹	۱/۴۱
GT9	۶	۳۵	۴۰	۴۸۳	۱/۵۲	۴۱۱	۱/۴۳
GT10	۳	۳۵	۲۰	۴۵۵	۱/۴۳	۳۵۷	۱/۲۴
GT11	۳	۳۵	۲۵	۴۶۲	۱/۴۹	۳۶۶	۱/۲۷
GT12	۳	۳۵	۳۰	۴۴۰	۱/۴۰	۳۷۵	۱/۲۹
GT13	۳	۳۵	۴۰	۴۴۵	۱/۴۱	۳۶۹	۱/۲۸

تأثیر عمق لایه تسلیح کننده فوقانی تا سطح زیرین پی :

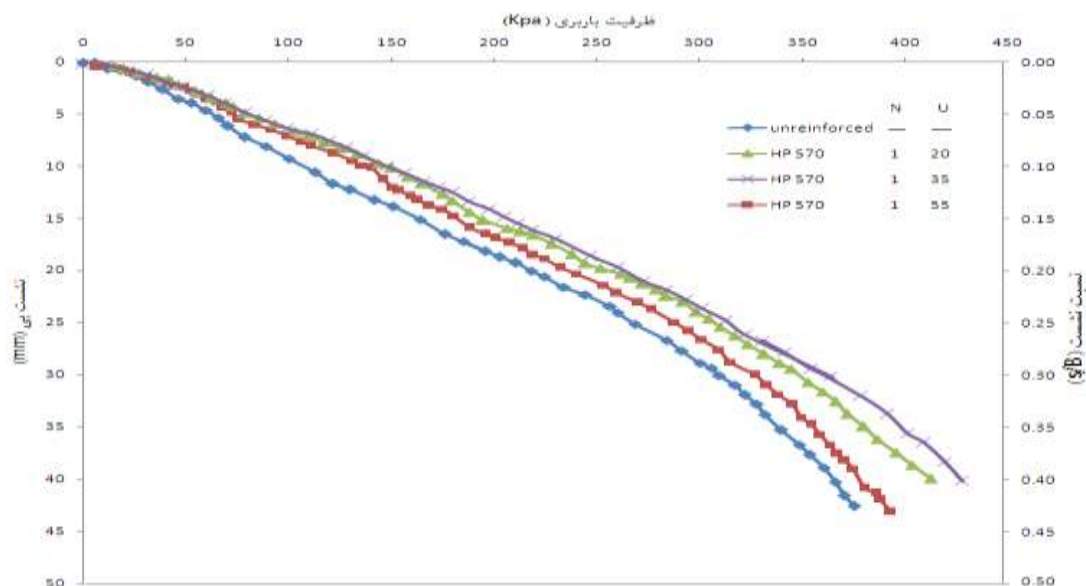
محل بهینه قرار گیری اولین لایه تسلیح با استفاده از یک پی نواری به عرض یک متر که بر روی خاک رس تعیین شده است. منحنی‌های فشار-نشست اندازه گیری شده برای خاک غیر مسلح و خاک مسلح شده با یک لایه ژئوتکستایل HP570 که در فواصل مختلف از سطح خاک قرار گرفته است، در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل ۵. تغییرات BCR - u/B در نسبت نشست (s/B) ۳٪ با تعداد لایه ثابت

در نسبت نشست (s/B) ۳٪ مشاهده می شود که با افزایش عمق قرارگیری لایه تسلیح نسبت به سطح خاک (u) از ۲۰ سانتی‌متر به ۳۵ سانتی‌متر، ظرفیت باربری رس مسلح از ۳۲۸ کیلوپاسکال به ۳۶۲ کیلوپاسکال افزایش می یابد. سپس با افزایش بیشتر u از ۳۵ سانتی‌متر به ۵۵ سانتی‌متر، ظرفیت باربری به ۳۲۵ کیلوپاسکال کاهش می یابد. شکل ۶- تغییرات موجود در مقدار BCR بارهای متناظر با نسبت نشست ۳٪ را به شکل تابعی از نسبت عمق

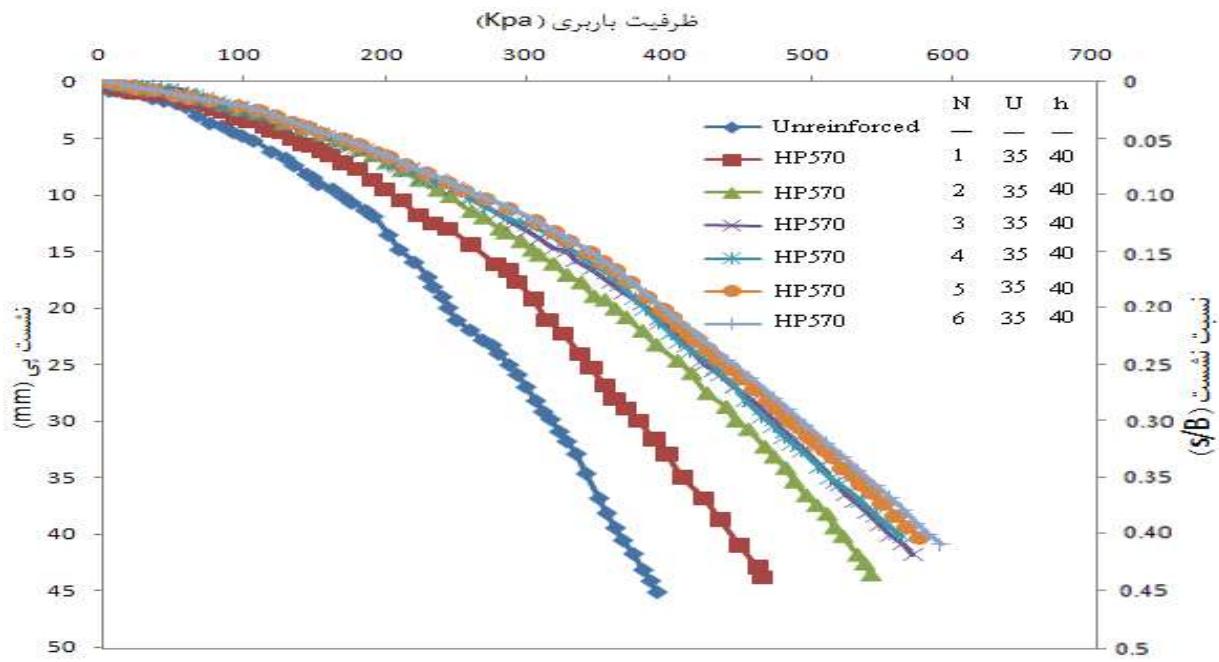
قرارگیری اولین لایه تسلیح کننده (u/B) نشان می دهد. نسبت عمق قرارگیری اولین لایه مسلح کننده (u/B) برابر است با نسبت عمق قرارگیری اولین لایه تسلیح کننده از سطح زیر پی (u) به عرض پی (B). این یافته مشابه نتایج گزارش شده توسط Sakti و Das (۱۹۸۷) و Shin و همکاران (۱۹۹۳) می باشد. آنها گزارش کردند که مقادیر حداکثر BCR در عمق 0.35B برای پی مربعی واقع بر رس مسلح شده و برای پی نواری واقع بر رس مسلح شده با ۴ لایه ژئوتکستایل در عمق حدود 0.4B می باشد.



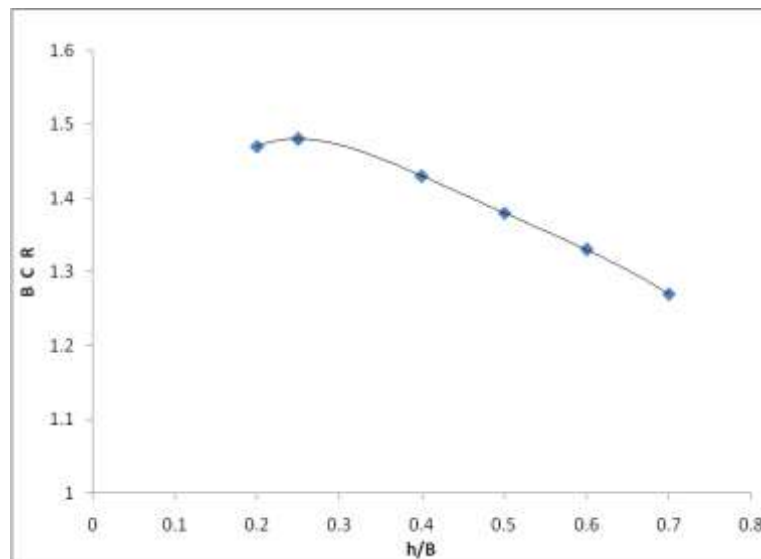
شکل ۶. نمودار ظرفیت باربری-نشست پی مسلح شده با یک لایه ژئوتکستایل در فواصل مختلف در نسبت نشست (s/B) ۳٪

تأثیر تعداد لایه و محاسبه عمق بهینه تسلیح

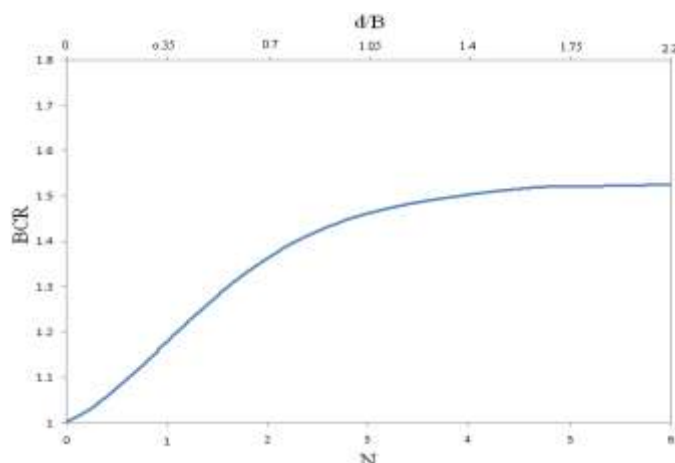
تحلیل‌های متعددی توسط نرم‌افزار PIAXIS بر روی پی واقع بر خاک رس مسلح به تعداد مختلف لایه‌های ژئوتکستایل صورت گرفت. همانگونه که انتظار می‌رفت، ظرفیت باربری با افزایش تعداد لایه های مسلح کننده افزایش می‌یابد. این تأثیر مثبت در افزایش ظرفیت باربری در عمق‌های بیش از عمق تأثیر ناچیز می‌گردد. عمق تأثیر برابر است با مجموع عمق مسلح شده‌ای که بیش از آن عمق، نرخ افزایش BCR با افزایش لایه‌های مسلح کننده دیگر ناچیز می‌باشد. این روند را می‌توان در شکل ۷ مشاهده نمود. همچنین تغییرات BCR بدست آمده در نسبت های نشست ۳٪ برای تعداد لایه های مختلف مسلح کننده (N) و نسبت های عمق مسلح کننده مختلف (d/B) در شکل ۸ برای پی نواری به عرض واحد نشان داده شده است.



شکل ۷. منحنی ظرفیت باربری-نشست پی‌های مدل مسلح شده با لایه‌های مختلف در نسبت نشست (s/B) ۳٪ و به عرض واحد



شکل ۸. منحنی تغییرات BCR - N و d/B در نسبت نشست (s/B) ۳٪



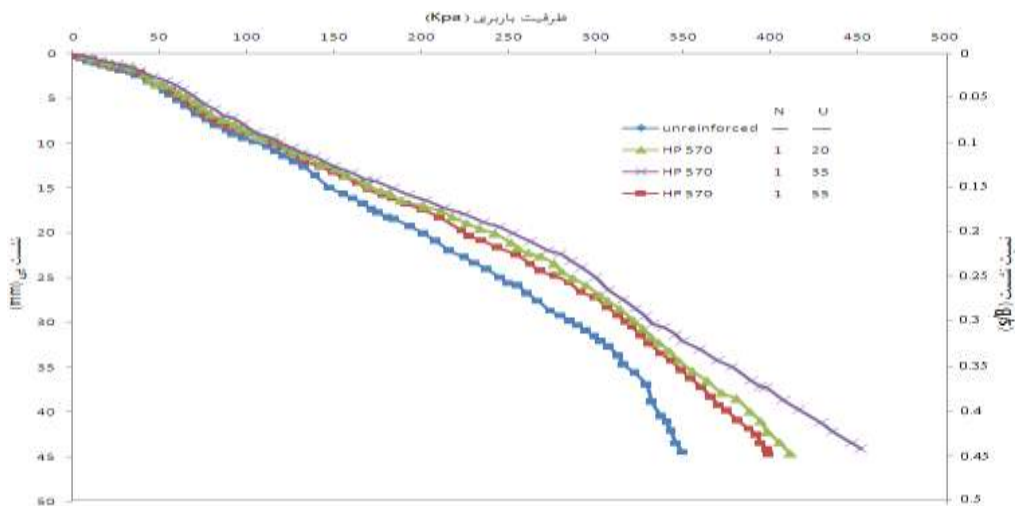
شکل ۹. منحنی تغییرات BCR - h/B در نسبت نشست (S/B) ۳٪

تأثیر فاصله قائم میان لایه های مسلح کننده

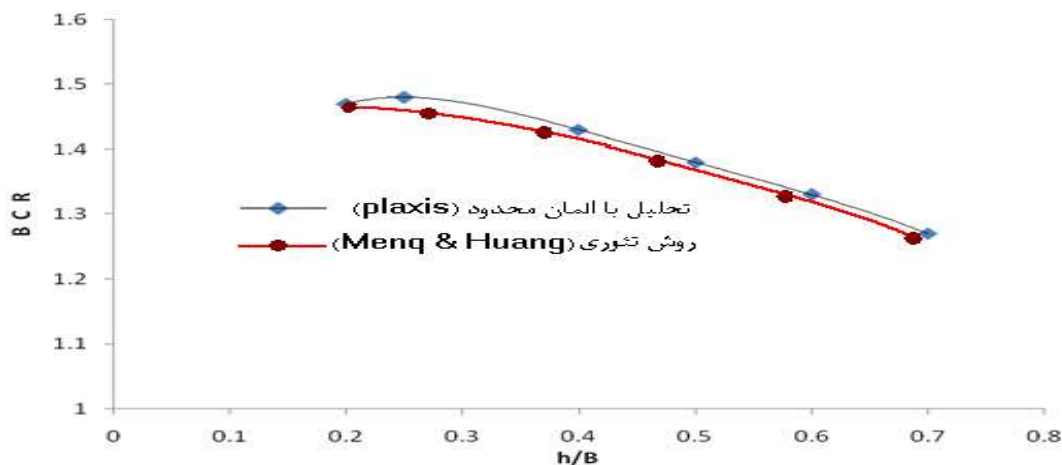
به منظور بررسی اثر فاصله قائم میان لایه های مسلح کننده، از یک پی نواری به عرض واحد با سه لایه ژئوتکستایل HP570 استفاده شده است. جهت دست یابی به حد بهینه، فاصله قائم میان لایه های مسلح کننده از $0.2B$ تا $0.6B$ متغیر در نظر گرفته شده است. با رسم نمودار ۹. بر اساس تغییرات BCR نسبت به فاصله قائم لایه ها (h/B) در نسبت نشست (S/B) ۳٪، مشخص شد که با افزایش فاصله قائم میان لایه های مسلح کننده از $0.2B$ تا $0.25B$ ظرفیت باربری رس مسلح افزایش یافت. نتایج تحلیل های متعدد نشان داد که مقدار $h=0.25B$ می تواند به عنوان یک مقدار معقول در طراحی رس ها مسلح مد نظر قرار گیرد.

مقایسه نتایج با روش تحلیلی Huang و Menq

Huang و Menq در سال ۱۹۹۷ براساس مکانیزم گسیختگی پیشنهادی توسط Schlosser به ارزیابی پی های سطحی واقع بر خاک مسلح پرداختند. آنها روابطی را جهت محاسبه ظرفیت باربری پی های واقع بر خاک مسلح به ژئوسنتتیک ها بدست آوردند که می توانست در موارد مشابه و با یک خطای منطقی، ظرفیت باربری پی واقع بر خاک مسلح را نزدیک به واقعیت محاسبه نماید. جهت بررسی اعتبار محاسبات عددی انجام شده توسط نرم افزار PIAXIS دو مورد از پارامترهای تاثیرگذار در ظرفیت باربری پی مسلح یعنی عمق لایه تسلیح فوقانی (u) و تعداد لایه های تسلیح (N) با استفاده از روابط Huang و Menq محاسبه و نتایج حاصل با تحلیل های ارائه شده مقایسه گردیده است. شکل ۱۰. منحنی ظرفیت باربری-نشست برای پی های مدل مسلح شده با تعداد لایه های مختلف در نسبت نشست (S/B) ۳٪ و عرض واحد که با استفاده از روابط Huang و Menq رسم شده است را نشان می دهد. نتایج بدست آمده از تحلیل های عددی بسیار نزدیک به نتایج حاصل از روابط Huang و Menq می باشد، بطوریکه اختلاف در نتایج بین ۴٪ تا ۷٪ محاسبه شده است که این میزان اختلاف را می توان شرایط متفاوت در مدل سازی و شرایط هندسی و محافظه کارانه بودن فرمول های تئوریک دانست. شکل ۱۱. تغییرات BCR در مقابل h/B در نسبت نشست (S/B) ۳٪ برای خاک رس مسلح با دو روش المان محدود و روش تئوری را نشان می دهد. همانگونه که ملاحظه می شود نتایج بدست آمده از تحلیل های عددی بسیار نزدیک به نتایج حاصل از روابط Huang و Menq می باشد بطوریکه اختلاف در نتایج بین ۴٪ تا ۶٪ اندازه گیری شده است که این میزان اختلاف را می توان به علت شرایط متفاوت در مدل سازی، اختلاف در ضرایب موجود در روابط تئوری و محافظه کارانه بودن فرمول های تئوریک دانست.



شکل ۱۰. منحنی ظرفیت باربری-نشست پی با یک لایه با نسبت نشست (s/B) ۳٪ و عرض واحد



شکل ۱۱. مقایسه منحنی تغییرات BCR - h/B در نسبت نشست (s/B) ۳٪ با دو روش المان محدود و روش تئوری

نتیجه گیری

نتایج مطالعات نشان می دهد:

- ❖ انجام تسلیح باعث پخش مجدد بار اعمال شده به مساحت گسترده تری نسبت به حالت اولیه می گردد که این امر در زیر ناحیه تسلیح یافته می تواند منجر به کاهش نشست تحکیمی در خاک های رس ضعیف شود.
- ❖ عمق بهینه قرارگیری اولین لایه مسلح کننده تا سطح زیرین پی در خاک رس با نسبت نشست (s/B) ۳٪، معادل $0.33B$ می باشد. چنانچه عمق اولین لایه مسلح کننده تا سطح زیرین پی از $0.33B$ به $0.7B$ افزایش یابد، روند افزایش ظرفیت باربری به شدت کاهش می یابد و در عمق $0.8B$ ، تسلیح خاک زیر پی بی اثر است.
- ❖ بیشترین مقدار BCR در $h=0.25B$ رخ می دهد و از آن مقدار به بعد با افزایش فاصله میان لایه های مسلح کننده (h)، ظرفیت باربری خاک کاهش می یابد.
- ❖ با افزایش تعداد لایه های مسلح کننده، ظرفیت باربری پی واقع بر خاک مسلح افزایش می یابد و در $N=4$ لایه تقریباً متوقف گردیده و تغییرات آن ثابت می شود. در نتیجه، تعداد ۴ لایه ژئوتکستایل جهت مسلح می تواند بهترین عملکرد را داشته باشد.
- ❖ عمق تأثیر را می توان برای رس مسلح شده با ژئوتکستایل حدود $1/5B$ تخمین زد. بر اساس نتایج این تحقیق به نظر می رسد که عمق تأثیر تقریباً مستقل از شکل پی می باشد.

1. Ingold T. S., Miller K. S. (1982) , “Analytical and laboratory investigation of reinforced clay”, Proc. of the second int. conf. on geotextiles, Las Vegas, 3, 587-592.
2. Milligan, G. W. E, Love J. P. (1984), “Model testing of geogrids under an arrogate layer on soft ground”, Proc. Sym. On polymer grid reinforcement in civil Eng. Netlon, London, Paper No. 42.
3. Skati J, Das B. M, (1987) , “Model tests for stip foundation on clay reinforced with geotextile layers”, Transportation research record No.1153, National academy of science, Washington D. C , 40-45
4. Dawson A, Lee R.(1988) , “Full scale foundation trials on grid reinforced clay”, Geotech. Special Publication , ASCE, New York, 18, 127-147.
5. Guido V. A, Dong K. G, Sweeny A. (1986) , “Comparison of geogrid and geotextile reinforced earth slabs”, Can. Jour. of Geotech. Engrg, 23(1), 435-440
6. Das B. M, (1989) , “Foundatin on sand underlain by soft clay with geotextile at sand-clay interface”, Geosynthetic 89 conf. San diego, 1, 203-213.
7. Sah S. H. (1990) , “Experimental studies on bearing capacity of geosynthetics reinforced saturated clay”, M.Technology Dissertation, Bomby.
8. Mandel J. N, Sah S. H.(1992) , “Bearing capacity tests on Geogrid-reinforced clay”, Jour.of geotextiles and geomembranes , 11, 327-333.
9. Shin E. C, Das B. M, Puri V. K, Cook E. E, Yen S. C. (1993) , “Bearing capacity of strip foundation on geogrid reinforced clay”, Geotech. Testing Journal, ASTM, 16 (4), 534-541.
10. ASTM D5321, (2002). Standard test method for determining the coefficient of soil and geosynthetic or geosynthetic and geosynthetic friction by the direct shear method. ASTM Designation: D5321-0 ASTM
11. Huang, C.C, and Tatsuoka, F., (1990). “ Bearing capacity reinforced horizontal sandy ground.” Geotextiles and Geomembranes, Vol.9, pp. 51-82.
12. Huang, C.C; and Menq, F.Y,(1997) . “Deep – footing and wide – slab effects in reinforced sandy ground.” Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, vol.123, No.1, pp. 30-36.
13. Ingold T. S., and Miller K. S. (1992) , “Analytical and laboratory investigation of reinforced clay”, Proceedings of the 2nd International Conference on Geotextiles, Vol. 3, pp 587-592.
1٤. Ingold T. S., Miller K. S. (1982) , “Analytical and laboratory investigation of reinforced clay”, Proc. of the second int. conf. on geotextiles, Las Vegas, 3, 587-592.
1٥. John, N. W.M., Geotextile, First Pub, Chapman and Hall, U.S.A., 1987.
1٦. Jewell, R.A., Wroth, C.P. (1987). “Direct shear test on reinforced sand, Geotechnique.” Vol, 37. No, 1 pp. 53-68.
1٧. PLAXIS (2005) PLAXIS version 8.2, Reference manual, web : <http://www.plaxis.nl.com>.
١٨. Maharaj D.K., (2003). “Nonlinear finite element analysis of stip footing on reinforced clay.” The Electronic Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 8, Bundle C.

Surf and download all data from SID.ir: www.SID.ir

Translate via STRS.ir: www.STRS.ir

Follow our scientific posts via our Blog: www.sid.ir/blog

Use our educational service (Courses, Workshops, Videos and etc.) via Workshop: www.sid.ir/workshop