





دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد

مهندسی عمران - مکانیک خاک و مهندسی پی

مطالعه آزمایشگاهی تأثیر ستون سنگی مسلح شده با ژئوسنتتیک بر میزان بهبود
باربری خاک‌های سست

اساتید راهنما:

دکتر حمید مهرنهاد

دکتر رضا نورزاد

پژوهش و نگارش: وحید درزی

زمستان ۱۳۹۲

کلیه‌ی حقوق مادی و معنوی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این پایان‌نامه / رساله متعلق به دانشگاه یزد است و هرگونه استفاده از نتایج علمی و عملی از این پایان‌نامه / رساله برای تولید دانش فنی، ثبت اختراع، ثبت اثر بدیع هنری، همچنین چاپ و تکثیر، نسخه برداری، ترجمه و اقتباس و ارائه مقاله در سمینارها و مجلات علمی از این پایان‌نامه / رساله منوط به موافقت کتبی دانشگاه یزد است.

تقدیم بہ:

ہمہ کسانی کہ محظ ای بعد انسانی و وجدانی خود را فراموش نمی کنند و بر آستان کران سنگ انسانیت سرفرودمی آورند و
انسان را با ہمہ تفاوت یایش ارج می نهند.

تشکر و قدردانی

خدای را بسی شاکرم که از روی کرم، پدر و مادری فداکار نسبیم ساخته تا در سایه درخت پر بار وجودشان بیاسایم و از ریشه آنها شاخ و برگ گیرم و از سایه وجودشان در راه کسب علم و دانش تلاش نمایم. والدینی که بودنشان تاج افتخاری است بر سرم و نامشان دلیلی است بر بودنم، چرا که این دو وجود، پس از پروردگار، مایه هستی ام بوده اند دستم را گرفتند و راه رفتن را در این وادی زندگی پر از فراز و نشیب آموختند. آموزگارانی که برایم زندگی، بودن و انسان بودن را معنا کردند.

با سپاس فراوان از استاید محترم راهنما جناب آقای دکتر مهرنهاد و دکتر رضا نورزاد که مشوق و راهنمای من در انجام این پایان نامه بودند و با سپاس ویژه از دکتر کاظم برخورداری مدیر گروه عمران به خاطر همکاری گسترده اشان با بنده و فراهم کردن محیط مناسب در آزمایشگاه که در پیشبرد اهداف این پایان نامه نقش بسزایی داشت.

همچنین بر خود لازم و واجب می دانم که از دوست بسیار بزرگوارم جناب آقای مهندس سیدعلی اکبر حبیبی دانشجوی کارشناسی ارشد خاک که در طی مراحل انجام آزمایشها از هیچ گونه کمکی مضایقه نفرمودند تشکر ویژه داشته باشم.

چکیده

ستون‌های سنگی به طور گسترده برای اصلاح خاک‌های رسی زیر پی بسیاری از سازه‌ها مانند مخازن نفت و گاز و ... مورد استفاده قرار می‌گیرد. ساخت ستون سنگی شامل جایگزینی خاک‌های نامناسب با ستون‌های عمودی و فشردن سنگ‌دانه‌هاست که معمولاً به طور کامل به داخل لایه‌ی ضعیف نفوذ می‌کند و سختی آن توسط محصورکنندگی ایجادشده توسط تنش جانبی موجود در خاک اطراف تأمین می‌شود و موجب کاهش نشست و افزایش ظرفیت باربری مجموعه‌ی زمین و ستون سنگی می‌شود. استفاده از ستون‌های سنگی در خاک‌های بسیار نرم به علت عدم تأمین محصورشدگی کافی در این خاک‌ها امکان‌پذیر نمی‌باشد و از طرف دیگر فعال شدن تنش‌های محصورکننده‌ی اضافی در حین اعمال بار به ستون‌های سنگی، مستلزم نشست بسیار زیاد ستون و در نتیجه، تغییر شکل جانبی زیاد آن می‌باشد که به معنای گسیختگی ستون سنگی می‌باشد. سیستم پی سازی با استفاده از ستون‌های سنگی روکش شده با ژئوسنتتیک (GEC (Geosynthetic Encased Column یک روش جدید بهسازی خاک‌های بسیار نرم است که از دهه‌ی گذشته در کشورهای آلمان، سوئد و هلند استفاده شده است. در این روش، ستون‌های سنگی توسط ژئوسنتتیک‌ها با مقاومت کششی بالا روکش می‌شود. این نوع پوشش باعث می‌شود ستون سنگی سخت‌تر و قوی‌تر عمل کند که باعث افزایش ظرفیت باربری و کاهش نشست بستر اصلاح شده با ستون سنگی می‌شود.

در این پژوهش، با استفاده از روش مطالعه‌ی آزمایشگاهی عملکرد ستون‌های سنگی غیرمسلح و مسلح شده با ژئوگرید بررسی شده است و میزان اثر ژئوگرید بر بهبود عملکرد ستون‌های سنگی غیرمسلح با ملاحظه نتایج بار - نشست بررسی شده است. همچنین اثر پارامترهای گوناگون ستون سنگی و ژئوگرید در عملکرد ستون سنگی مطالعه شد. نتایجی که از این پژوهش آزمایشگاهی به دست آمده حاکی از این است که با افزایش قطر ستون سنگی و سختی ژئوگرید ظرفیت باربری بستر رسی به ترتیب، به اندازه ۳۳ درصد و ۲۰ درصد افزایش پیدا می‌کند و همچنین با افزایش طول ژئوگرید ظرفیت باربری نسبت به بستر رسی غیرمسلح در ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد طول ژئوگرید به ترتیب به میزان ۵۲ درصد، ۴۷ درصد و ۴۰ درصد افزایش پیدا می‌کند. در نتیجه با افزایش طول ژئوگرید نشست کاهش می‌یابد و ظرفیت باربری افزایش پیدا می‌کند.

کلمات کلیدی: ستون سنگی، ژئوسنتتیک، خاک‌های رسی، اصلاح خاک، ظرفیت باربری

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل ۱: دیباچه
۲	۱-۱ کلیات.....
۳	۲-۱ اهداف پژوهش.....
۴	۳-۱ فصل بندی پایان نامه.....
۵	فصل ۲: مروری بر متون فنی
۶	۱-۲ کلیات.....
۶	۲-۲ انواع ژئوسنتتیک و کاربردهای ژئوسنتتیک.....
۶	۱-۲-۲ کلیات.....
۷	۲-۲-۲ تعریف ژئوسنتتیک.....
۹	۳-۲-۲ انواع ژئوسنتتیک ها.....
۱۸	۳-۲ انواع ستون سنگی.....
۱۸	۱-۳-۲ ستونهای سنگی غیر مسلح.....
۲۲	۲-۳-۲ ستون سنگی مسلح شده با ژئوسنتتیک.....
۲۳	۴-۲ انواع روش های اجرای ستون سنگی غیرمسلح.....
۲۳	۱-۴-۲ روش لرزشی - جایگزینی.....
۲۴	۲-۴-۲ روش لرزشی - جابجایی.....
۲۵	۳-۴-۲ روش خشک - مصالح ریزی از بالا.....
۲۶	۵-۲ انواع روش های اجرای ستون سنگی مسلح.....
۲۷	۶-۲ مطالعات آزمایشگاهی.....
۲۷	۱-۶-۲ کلیات.....
۲۸	۲-۶-۲ کارهای انجام شده توسط (2007) Ambily et al.....
۳۰	۳-۶-۲ پژوهش های انجام شده توسط (2006) S. Murugesan.....
۳۴	۴-۶-۲ پژوهش های انجام شده توسط (2011) Sari W. Abusharar.....
۳۶	۵-۶-۲ کارهای انجام شده توسط (2011) Kousik Deb et al.....
۴۱	۶-۶-۲ پژوهش های انجام شده توسط (2008) Malarvizhi&Ilamparuthi.....
۴۳	۷-۶-۲ پژوهش های انجام شده توسط (2009) Joel Gniel et al.....
۴۶	۸-۶-۲ پژوهش های انجام شده توسط کیخسروپور و همکارانش.....
۵۵	فصل ۳: پژوهش آزمایشگاهی
۵۶	۱-۳ کلیات.....
۵۶	۲-۳ هدف از انجام آزمایش ها.....
۵۶	۳-۳ مصالح استفاده شده.....

۵۷	..... ۱-۳-۳ ویژگی‌های رس
۶۱	..... ۲-۳-۳ ویژگی‌های شن و ماسه
۶۳	..... ۳-۳-۳ ویژگی‌های ژئوگرید
۶۴	..... ۴-۳ پژوهش آزمایشگاهی
۶۴	..... ۱-۴-۳ محفظه بارگذاری
۶۵	..... ۲-۴-۳ سامانه‌ی بارگذاری
۶۷	..... ۳-۴-۳ سامانه‌ی کنترل نشست
۶۹	..... ۴-۴-۳ آزمایش‌های انجام‌شده روی مخزن
۷۰	..... ۵-۴-۳ آماده سازی بستر رسی
۷۱	..... ۶-۴-۳ ساخت بستر رسی در داخل مخزن
۷۱	..... ۷-۴-۳ ساخت ستون سنگی
۷۶	..... ۸-۴-۳ نصب وسایل اندازه‌گیری و انجام آزمایش‌ها
۷۸	..... ۹-۴-۳ بررسی خطاهای موجود در آزمایش‌ها

۷۹ فصل ۴: نتایج آزمایش‌های آزمایشگاهی و تجزیه و تحلیل این نتایج

۸۰	..... ۱-۴ کلیات
۸۰	..... ۲-۴ نتایج آزمایش‌ها و بحث در مورد آن‌ها
۸۰	..... ۱-۲-۴ آزمایش‌های انجام‌شده روی ستون سنگی با قطر ۱۰ سانتی‌متر
۸۲	..... ۲-۲-۴ آزمایش‌های انجام‌شده روی بستر رسی با ستون سنگی به قطر ۱۵ سانتی‌متر
۸۳	..... ۳-۲-۴ اثر قطر ستون سنگی
۸۴	..... ۴-۲-۴ اثر سختی ژئوگرید
۸۶	..... ۵-۲-۴ اثر طول مسلح سازی روی ظرفیت باربری

۸۹ فصل ۵: نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها

۹۰	..... ۱-۵ کلیات
۹۰	..... ۲-۵ چکیده نتایج آزمایش‌ها
۹۱	..... ۱-۲-۵ نتایج کلی به‌دست‌آمده از آزمایش‌ها
۹۱	..... ۳-۵ پیشنهادها برای پژوهش‌های بعدی

پیوست ۱: نمودارهای مربوط به آزمایش تک محوری بر روی خاک رس در رطوبت‌های

۹۲ گوناگون

۹۸ پیوست ۲: نمودارهای مربوط به آزمایش تحکیم برای تعیین ضریب تحکیم

فهرست شکل ها

صفحه	عنوان
۸.....	شکل ۱-۲ کاربردهای ژئوسنتتیک ها
۱۰.....	شکل ۲-۲ استفاده از ژئوتکستایل در دیوار نگهدارنده.....
۱۱.....	شکل ۳-۲ استفاده از ژئوتکستایل به عنوان جداکننده.....
۱۱.....	شکل ۴-۲ ژئوگرید.....
۱۲.....	شکل ۵-۲ استفاده از ژئوگرید برای اجرای خاک مسلح و دیوار نگهدارنده.....
۱۳.....	شکل ۶-۲ استفاده از ژئوممبرین برای آب بندی کف کانال.....
۱۴.....	شکل ۷-۲ اجرا ژئوفومها در راهسازی.....
۱۵.....	شکل ۸-۲ (الف) ژئونت ب) ژئوکامپوزیت (ترکیب ژئونت و ژئوتکستایل).....
۱۶.....	شکل ۹-۲ نمونه‌هایی از کاربرد ژئوسنتتیک با پوشش رسی در ساخت کانال.....
۱۶.....	شکل ۱۰-۲ کاربرد ژئوسل.....
۱۷.....	شکل ۱۱-۲ پروژه آب بندی کانال دشت مغان.....
۱۷.....	شکل ۱۲-۲ استفاده از ژئوسنتتیک برای زهکشی دور تونل.....
۱۸.....	شکل ۱۳-۲ (الف) حفاظت سواحل بندر امام - ماهشهر ب) حفاظت از سواحل دریا- بندر کلاهی ج) حفاظت از سواحل دریا - کیش.....
۱۹.....	شکل ۱۴-۲ نحوه‌ی اجرای ستون سنگی.....
۱۹.....	شکل ۱۵-۲ نحوه‌ی پخش تنش ناشی از بار اعمالی بر ستون سنگی در عمق خاک.....
۲۰.....	شکل ۱۶-۲ افزایش مقاومت برشی خاک زیر پی با استفاده از ستون سنگی.....
۲۱.....	شکل ۱۷-۲ کاربردهای ستون سنگی.....
۲۳.....	شکل ۱۸-۲ (الف) نمایی از یک قفسه ژئوگرید ب) انواع ستون سنگی مسلح شده با ژئوگرید.....
۲۴.....	شکل ۱۹-۲ نحوه‌ی اجرای ستون سنگی به روش لرزشی - جایگزینی.....
۲۵.....	شکل ۲۰-۲ نحوه‌ی اجرای ستون سنگی به روش لرزشی - جابجایی.....

- شکل ۲-۲۱ نحوه‌ی اجرای ستون سنگی به روش خشک - مصالح ریزی از بالا..... ۲۶
- شکل ۲-۲۲ مراحل اجرای ستون سنگی مسلح شده با ژئوگرید..... ۲۷
- شکل ۲-۲۳ سامانه‌ی نصب‌شده برای آزمایش ستون سنگی ۲۸
- شکل ۲-۲۴ نمودار بار - نشست برای آزمایش‌ها انجام‌شده و تحلیل اجزای محدود..... ۳۰
- شکل ۲-۲۵ پاسخ ستون های سنگی به قطر ۱/۰ متر با مقادیر مختلف سختی محفظه..... ۳۲
- شکل ۲-۲۶ نیروی کششی حلقوی گسترش یافته در محفظه‌ی ژئوسنتتیک مربوط به ستون سنگی به قطر ۱/۰ متر..... ۳۲
- شکل ۲-۲۷ تأثیر قطر ستون سنگی روی پاسخ فشار - نشست..... ۳۳
- شکل ۲-۲۸ مدل شیروانی مورد استفاده الف- با ستونهای منفرد، ب- با سطح معادل ستون ها..... ۳۵
- شکل ۲-۲۹ آماده سازی دستگاه و ساخت ستون سنگی برای آزمایش ستون سنگی ۳۷
- شکل ۲-۳۰ منحنی بار - نشست برای شرایط گوناگون مسلح شدگی..... ۳۸
- شکل ۲-۳۱ منحنی بار - نشست برای بستر ماسه‌ای مسلح به ستون سنگی در ضخامت‌های گوناگون..... ۳۹
- شکل ۲-۳۲ منحنی بار - نشست برای بستر ماسه‌ای غیرمسلح در ضخامت‌های گوناگون..... ۴۰
- شکل ۲-۳۳ منحنی بار - نشست برای لایه ی مسلح شده با قطرهای گوناگون ژئوگرید..... ۴۰
- شکل ۲-۳۴ نمودار بار- نشست برای بستر رسی و بستر رسی با ستون سنگی با $d/1$ های گوناگون..... ۴۲
- شکل ۲-۳۵ نمودار بار نشست برای ستون سنگی با مسلح کننده‌های مختلف..... ۴۳
- شکل ۲-۳۶ رفتار تنش - کرنش آزمایش های ستون منفرد..... ۴۵
- شکل ۲-۳۷ جانمایی ستون‌های به‌کاررفته در بررسی نتایج حاصل از تحلیل‌های عددی..... ۴۷
- شکل ۲-۳۸ مقایسه‌ی میزان نشست عمودی ستون شماره‌ی ۱۳ گروه‌های ستون سنگی با سختی روکش‌ها گوناگون..... ۴۸
- شکل ۲-۳۹ مقایسه‌ی میزان کرنش جانبی ستون شماره‌ی ۲۵ گروه‌های ستون سنگی با سختی روکش‌های گوناگون..... ۴۹
- شکل ۲-۴۰ مقایسه ی میزان نشست عمودی ستون شماره‌ی ۱۳ گروه های ستون سنگی با (ϕs) گوناگون..... ۵۰

- شکل ۲-۴۱ مقایسه‌ی میزان تغییر شکل جانبی ستون شماره ی ۲۵ گروه های ستون سنگی با (ϕs) گوناگون..... ۵۰
- شکل ۲-۴۲ مقایسه‌ی میزان نشست عمودی ستون شماره ی ۱۳ گروه های ستون سنگی با (ES) گوناگون..... ۵۱
- شکل ۲-۴۳ نشست ستون سنگی شماره ی ۱۳ با قطرهای گوناگون..... ۵۲
- شکل ۲-۴۴ جابجایی جانبی ستون سنگی شماره ی ۲۵ با قطرهای گوناگون..... ۵۲
- شکل ۳-۱ منحنی دانه‌بندی رس یزد..... ۵۷
- شکل ۳-۲ نمودار مقاومت برشی بستر خاک رسی در مقابل رطوبت..... ۶۰
- شکل ۳-۳ نمودار دانه‌بندی شن..... ۶۱
- شکل ۳-۴ منحنی دانه‌بندی ماسه..... ۶۲
- شکل ۳-۵ باز شدن درب مخزن پس از یکی از آزمایش‌ها..... ۶۵
- شکل ۳-۶ شکل شماتیک سامانه‌ی بارگذاری آزمایش..... ۶۶
- شکل ۳-۷ مخزن بارگذاری شده در آزمایشگاه..... ۶۷
- شکل ۳-۸ سامانه‌ی کنترل نشست..... ۶۸
- شکل ۳-۹ لوله های پی‌وی‌سی برای ساخت ستون سنگی..... ۷۲
- شکل ۳-۱۰ نحوه‌ی آماده سازی ستون سنگی..... ۷۳
- شکل ۳-۱۱ بستر رسی مسلح به ستون سنگی..... ۷۳
- شکل ۳-۱۲ ژئوگرید برای مسلح‌سازی ستون سنگی..... ۷۴
- شکل ۳-۱۳ نحوه‌ی ساخت ستون سنگی مسلح شده با ژئوگرید..... ۷۵
- شکل ۳-۱۴ مدل آزمایشی ستون سنگی مسلح شده با ژئوگرید..... ۷۵
- شکل ۳-۱۵ صفحه‌های دایره‌ای به قطرهای ۲۰ و ۳۰ سانتیمتر..... ۷۷
- شکل ۳-۱۶ مدل آزمایشی در حالت بارگذاری..... ۷۷
- شکل ۴-۱ نمودارهای بار - نشست روی ستون سنگی‌های مسلح شده و مسلح نشده به قطر ۱۰ سانتی‌متر..... ۸۱

- شکل ۴-۲ نمودارهای بار - نشست ستون‌های سنگی مسلح شده و مسلح نشده به قطر ۱۵ سانتی‌متر ۸۲
- شکل ۴-۳ نمودار نسبت ظرفیت باربری - نشست ستون سنگی با قطر ۱۰ و ۱۵ سانتی‌متر ۸۴
- شکل ۴-۴ نمودار بار - نشست برای ستون سنگی‌ها مسلح شده با قطر ۱۰ سانتی‌متر با دو نوع مسلح کننده ۸۵
- شکل ۴-۵ نمودار بار - نشست برای ستون سنگی‌ها مسلح شده با قطر ۱۵ سانتی‌متر با دو نوع مسلح کننده ۸۶
- شکل ۴-۶ نمودار بار - نشست برای ستون سنگی‌های مسلح شده با قطر ۱۰ سانتی‌متر با طول روکش گوناگون ۸۷
- شکل پ-۱: نمودار تنش فشاری - کرنش عمودی در رطوبت ۱۰/۳۲ درصد ۹۳
- شکل پ-۲: نمودار تنش فشاری - کرنش عمودی در رطوبت ۱۲/۵ درصد ۹۳
- شکل پ-۳: نمودار تنش فشاری - کرنش عمودی در رطوبت ۱۴/۰۳ درصد ۹۴
- شکل پ-۴: نمودار تنش فشاری - کرنش عمودی در رطوبت ۱۶/۶۷ درصد ۹۴
- شکل پ-۵: نمودار تنش فشاری - کرنش عمودی در رطوبت ۱۷/۳ درصد ۹۵
- شکل پ-۶: نمودار تنش فشاری - کرنش عمودی در رطوبت ۱۷/۸۳ درصد ۹۵
- شکل پ-۷: نمودار تنش فشاری - کرنش عمودی در رطوبت ۱۸/۱۳ درصد ۹۶
- شکل پ-۸: نمودار تنش فشاری - کرنش عمودی در رطوبت ۱۸/۷۵ درصد ۹۶
- شکل پ-۹: نمودار تنش فشاری - کرنش عمودی در رطوبت ۱۹/۱۲ درصد ۹۷
- شکل پ-۱۰: نمودار تنش فشاری - کرنش عمودی در رطوبت ۲۰/۰۷ درصد ۹۷
- شکل پ-۱۱: نمودار تغییر شکل - لگاریتم زمان در بار ۰/۲۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع ۹۹
- شکل پ-۱۲: نمودار تغییر شکل - لگاریتم زمان در بار ۰/۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع ۱۰۰
- شکل پ-۱۳: نمودار تغییر شکل - لگاریتم زمان در بار ۱ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع ۱۰۱
- شکل پ-۱۴: نمودار تغییر شکل - لگاریتم زمان در بار ۲ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع ۱۰۲
- شکل پ-۱۵: نمودار $e-\log(p)$ ۱۰۳

فهرست جدول ها

صفحه	عنوان
۵۹	جدول ۱-۳ ویژگی های رس.....
۶۳	جدول ۲-۳ ویژگی های شن و ماسه.....
۶۳	جدول ۳-۳ ویژگی های ژئوگرید.....
۶۹	جدول ۴-۳ برنامه ی آزمایش های انجام شده روی بستر رسی.....
	جدول ۱-۴ درصد افزایش ظرفیت باربری ستون های سنگی مسلح شده و مسلح شده با ژئوگرید نسبت به
۸۸	بستر رسی بدون ستون سنگی.....

فصل ۱: ديباچه

۱-۱ کلیات

افزایش روزافزون جمعیت و توسعه‌ی صنایع و مشکل کمبود زمین مناسب، برای احداث سازه‌های مورد نیاز، موجب شده تا انسان به استفاده از زمین‌های باکیفیت مهندسی پایین‌تر روی آورد. اما برای احداث یک سازه‌ی مناسب باید به نوعی کیفیت خاک نامناسب از لحاظ پارامترهای مهندسی ارتقاء داده شود تا در اثر نیروهای وارده، عملکرد مناسبی داشته باشد. زمانی یک ساختگاه خاکی از لحاظ مهندسی به عنوان یک محل، ایده‌آل و مناسب نامیده می‌شود که [۱]:

۱. خاک مقاومت برشی و ظرفیت باربری خوبی داشته باشد.
۲. خاک در مقابل بارهای وارده، نشست‌های آنی و تحکیمی قابل تحمل داشته باشد.
۳. ساختگاه مورد نظر از لحاظ اجرایی مشکلات خاصی نداشته باشد.

مهندسیین طراح معمولاً برای انتخاب بهینه‌ی نوع شالوده‌ی مورد نیاز و طراحی آن از روند تصمیم‌گیری مشخصی پیروی می‌کنند که به ترتیب به صورت زیر آمده است:

- ۱- شالوده‌ی سطحی.
 - ۲- بهبود ابعاد شالوده سطحی.
 - ۳- روش‌های بهسازی خاک.
 - ۴- شالوده‌های عمیق.
- در صورت جوابگو نبودن شالوده‌ی سطحی برای شرایط پروژه، پیش از تصمیم‌گیری در مورد استفاده از شالوده‌های عمیق، می‌بایست روش‌های مناسب برای بهسازی خاک رسی بررسی شود تا مزایا و معایب هر یک، از نظر کارایی، مشکلات اجرایی و هزینه با شالوده‌ی عمیق مقایسه شود و در نهایت نسبت به انتخاب گزینه‌ی برتر اقدام گردد [۲].

اهداف بهسازی خاک به طور کلی به صورت زیر تقسیم‌بندی می‌شود [۱]:

۱. افزایش ظرفیت باربری خاک
۲. کاهش نشست‌پذیری خاک
۳. کاهش تخلخل و افزایش چگالی خاک
۴. یکنواخت‌سازی ویژگی‌های تغییرشکل‌پذیری مصالح

روش‌های بهسازی خاک را می‌توان از دیدگاه‌های گوناگون طبقه‌بندی کرد. با توجه به

فلسفه‌ی روش‌های بهسازی خاک، این روش‌ها به سه گروه کلی زیر تقسیم‌بندی می‌شود [۲]:

۱- تراکم:

انواع روش تراکم: ۱- تراکم ارتعاشی ۲- تراکم دینامیکی ۳- پیش بارگذاری ...

۲- تسلیح:

انواع روش تسلیح: ۱- ستون سنگی ارتعاشی ۲- ستون سنگی کوبشی ۳- ستون سنگی

مسلح شده با ژئوسنتتیک ۴- خاک مسلح با ژئوسنتتیک ...

۳- تثبیت:

انواع روش تثبیت: ۱- اختلاط خاک با آهک، سیمان، ... ۲- تزریق دوغاب ۳- انجماد ...

۲-۱ اهداف پژوهش

پس از این که لزوم اجرای بهسازی زمین در بعضی مناطق خاص آشکار گردید، ستون‌های

سنگی غیرمسلح و مسلح با ژئوسنتتیک به عنوان یکی از روش‌های مناسب بهسازی، توانست در

بین روش‌های دیگر جایگاه مناسبی در بین مهندسين ژئوتکنیک پیدا کند. پژوهشگران بسیاری

درباره‌ی زوایای گوناگون ستون‌های سنگی، پژوهش‌های آزمایشگاهی و عددی بسیاری انجام داده-

اند. در این پژوهش، عملکرد ستون‌های سنگی غیرمسلح و مسلح با ژئوسنتتیک در خاک‌رسی نرم

(مقاومت فشاری کمتر از ۱۵ مگا+اسکال) مورد بررسی قرار می‌گیرد. بررسی اثر قطر ستون

سنگی، مقاومت کششی ژئوگرید، طول روکش‌شده‌ی ژئوگرید در میزان بهبود ظرفیت باربری

خاک‌های رسی نرم از اهداف این پژوهش است.

۱-۳ فصل بندی پایان نامه

افزایش روزافزون خاک‌های بهسازی‌شده در کارهای عمرانی موجب افزایش مطالعات آزمایشگاهی و در نتیجه‌ی آن، افزایش متون فنی در این زمینه گردیده است. فصل دوم شامل مروری بر متون فنی می‌باشد که در آن نخست مطالبی در مورد ژئوسنتتیک‌ها و کاربرد آن‌ها و چگونگی مسلح کردن خاک با ستون سنگی غیرمسلح و مسلح با ژئوسنتتیک بیان شده است و سپس مطالعات آزمایشگاهی انجام شده‌ی پیشین ارائه گردیده است.

در فصل سوم، عملیات آزمایشگاهی شامل چگونگی ساخت نمونه‌ها، مراحل انجام آزمایش‌ها و جزئیات مخزن بارگذاری شرح داده شده است. در این فصل، همچنین ویژگی‌ها مصالح مورد استفاده یعنی، رس یزد، شن و ماسه ارائه گردیده است.

نتایج آزمایشگاهی و تجزیه و تحلیل این نتایج در فصل چهارم گنجانده شده است. در این فصل، تأثیر عوامل گوناگونی مانند قطر ستون سنگی، سختی ژئوگرید و طول روکش شده‌ی ژئوگرید در میزان بهبود ظرفیت باربری بستر رسی مورد بررسی قرار گرفته است.

در فرجام، در فصل پنجم نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها برای پژوهش‌های بعدی بیان شده

است.

فصل ۲: مروری بر متون فنی

۱-۲ کلیات

در این فصل، بررسی‌های آزمایشگاهی و نظری که به منظور بهبود ظرفیت باربری خاک‌های رسی با استفاده از ستون سنگی غیرمسلح و مسلح با ژئوسنتتیک تحت بار استاتیکی انجام شده‌اند، مرور می‌شود. در این راستا، نخست مطالبی در رابطه با انواع ژئوسنتتیک‌ها و کاربرد آن‌ها و ستون سنگی غیرمسلح و مسلح با ژئوگرید بیان می‌گردد و سپس مطالعات آزمایشگاهی انجام شده در مورد میزان بهبود ظرفیت باربری خاک‌های رسی با استفاده از ستون سنگی غیرمسلح و مسلح با ژئوسنتتیک ارائه می‌شود.

۲-۲ انواع ژئوسنتتیک و کاربردهای ژئوسنتتیک

۱-۲-۲ کلیات

طی نیم‌قرن اخیر، استفاده از مواد و مصالح مصنوعی در پروژه‌های مهندسی عمران پیشرفت وسیعی داشته است. با ابداع مواد مصنوعی بادوام و قابل اطمینان، مصالحی با عنوان ژئوسنتتیک به دنیا معرفی شد. این مصالح به صورت مصنوعی از مواد لاستیکی و پلاستیکی ساخته می‌شود و بسته به نوع کاربرد و عملکرد مورد انتظار با اشکال و ویژگی‌های گوناگون تولید می‌گردد. به علت کاربرد وسیع، سرعت اجرا و قیمت مناسب، تولید و مصرف این مصالح به شدت در حال رشد است. ژئوسنتتیک‌ها در پروژه‌های صنعتی، سدسازی، راه‌سازی، سازه‌هایی از قبیل دیوار نگهبان، بهسازی خاک و سایر پروژه‌ها که با خاک مرتبط است کاربرد گسترده‌ای دارد. در ادامه، تعریف ژئوسنتتیک و مهم‌ترین اعضای گروه ژئوسنتتیک‌ها و کاربرد آن‌ها در مهندسی عمران ارائه می‌شود [۳].

۲-۲-۲ تعریف ژئوسنتتیک

به طور کلی، ژئوسنتتیک عنوانی فراگیر برای توصیف صفحات نازک و انعطاف‌پذیری است که در داخل توده‌ی خاک یا در ارتباط با مصالح خاکی با اهداف گوناگون مانند مسلح‌سازی، جداسازی، عایق‌بندی رطوبتی، مهار فرسایش، ایفای نقش صافی (فیلتر)، زهکشی و ... مورد استفاده قرار می‌گیرد. در بسیاری از موارد، این ورقه‌ها ممکن است ترکیبی از وظایف یادشده را به عهده داشته باشد. ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی ژئوسنتتیک‌ها هم چون استحکام، نفوذناپذیری، مقاومت در برابر فرسایش و از همه مهم‌تر مقاومت کششی فوق‌العاده بالای آن‌ها نسبت به وزن‌شان باعث به وجود آمدن گسترش وسیعی از کاربرد این مواد در طرح‌های عمرانی شده است. از این مصالح در زمینه‌های گوناگون از قبیل بهبود وضعیت خاک، اصلاح موارد زیست‌محیطی، هیدرولیک و سازه‌های هیدرولیکی و حمل‌ونقل استفاده می‌شود.

استاندارد ASTM به شماره D4439 ژئوسنتتیک را چنین تعریف می‌کند [۴]:

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

برخی از مزایای ژئوسنتتیک‌ها که باعث کاربرد روزافزون آن‌ها شده است به شرح زیر است

[۴]:

۱. افزایش ظرفیت باربری خاک‌های ضعیف به کمک توزیع بار.
۲. کاهش ضخامت لایه‌های خاک ریز.
۳. جلوگیری از مخلوط شدن مصالح مرغوب خاکریز در مصالح نامرغوب بستر.
۴. امکان احداث شیب‌های تندتر نسبت به حالت غیرمسلح و در نتیجه کاهش حجم مصالح مصرفی و افزایش فضای مفید باقیمانده.
۵. افزایش سرعت اجرا به علت سبک بودن و شکل کاربردی ژئوسنتتیک‌ها به صورت کلاف.
۶. کاهش نیاز به ماشین‌آلات و در نتیجه کاهش هزینه‌ی احداث و نگهداری سازه‌های