



پایان نامه کارشناسی ارشد

دانشکده مهندسی عمران - ژئوتکنیک

بررسی خواص خاک مسلح با سرباره کوره فولادسازی تحت آزمایش سه

محوری سیکلی

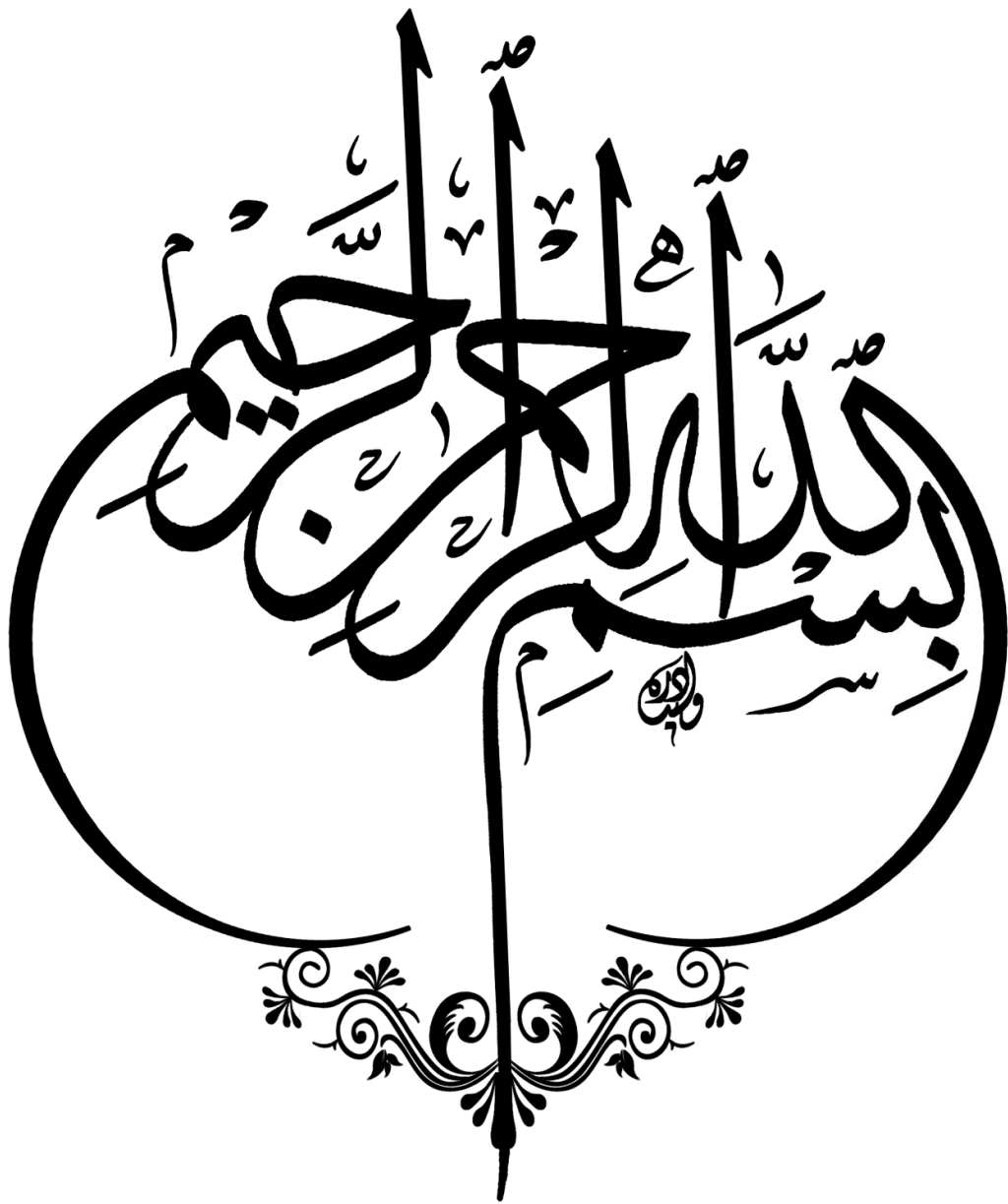
استاد راهنما:

جناب دکتر حسن قاسم زاده

نگارش:

سعید کاغذکنانی

بهمن ۱۴۰۰



تقدیم به پدرم که زندگی را از دستانش و مادرم که محبت را از نگاهش
آموختم.



تأسیس ۱۴۰۷
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
تأیید هیئت داوران

هیئت داوران پس از مطالعه پایان نامه و شرکت در جلسه دفاع از پایان نامه تهیه شده تحت عنوان بررسی خواص خاک مسلح با سرباره کوره فولادسازی تحت آزمایش سه محوری سیکلی صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجه کارشناسی ارشد در مهندسی عمران گرایش عمران - ژئوتکنیک مورد تأیید قرار می دهند.

۱- استاد راهنما آقای دکتر حسن قاسم زاده امضاء

۲- ممتحن خارجی خانم دکتر ناهید عطارچیان امضاء

۳- ممتحن داخلی آقای دکتر فرزین کلانتری امضاء

۴- نماینده تحصیلات تکمیلی دانشگاه آقای دکتر فرزین کلانتری امضاء

دانشکده عمران

تاریخ:

اظهارنامه دانشجو

اینجانب سعید کاغذکنانی دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران گرایش ژئوتکنیک دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در پایان‌نامه با عنوان بررسی خواص خاک مسلح با سرباره کوره فولادسازی تحت آزمایش سه محوری سیکلی با راهنمایی استاد محترم جناب آقای دکتر حسن قاسم‌زاده، توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده در این پایان‌نامه مورد تأیید است و در مورد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است، به‌علاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان‌نامه چارچوب مصوب دانشگاه را به طور کامل رعایت کرده‌ام.

امضا دانشجو:

تاریخ:

حق طبع و نشر و مالکیت نتایج

۱. حق چاپ و تکثیر این پایان نامه متعلق به نویسنده آن است. هرگونه کپی برداری

به صورت کل پایان نامه یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده

مهندسی عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز است.

ضمناً متن این صفحه نیز باید در نسخه تکثیر شده وجود داشته باشد.

۲. کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی است و

بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.

همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مراجع مجاز نیست.

تشکر و قدردانی

پس از سپاس و تشکر خالصانه از خداوند متعال که همیشه یاری‌رسان اینجانب در تمام مراحل زندگی بوده است بر خود لازم می‌دانم که صمیمانه و خاضعانه قدردانی نمایم از:

استاد ارجمند جناب دکتر قاسم‌زاده که همواره مشوق و راهنمای بنده در به انجام رساندن این دورهٔ تحصیل و پایان‌نامه بودند.

خانواده عزیزم که با مشکلات موجود همواره پشتیبان من بودند و لحظه‌ای از حمایت خود دریغ نکردند.

آقایان جعفرزاده، بهادری، احمدی که بدون هیچ چشمداشت مرا در این مقطع تحصیلی یاری نمودند.

در پایان از همه دوستان عزیزم که همیشه مشوق بنده بوده‌اند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

چکیده

ستون‌های سنگی یکی از روش‌های اصلاح و تقویت خاک است و به دلیل مزیت‌های فنی و اقتصادی در طی چند دهه اخیر رایج‌تر از سایر روش‌ها شده‌اند از این روش در خاک‌های ماسه‌ای برای افزایش دانسیته خاک اطراف ستون، کاهش پتانسیل روانگرایی و افزایش ظرفیت باربری خاک استفاده می‌شود. مصالح ستون سنگی از سنگدانه درشت است که همه جا در دسترس نیست و ممکن است هزینه تهیه آن‌ها زیاد شود از طرفی در بعضی از مناطق کشور کارخانه‌های فولاد سازی سرباره‌های زیادی به شکل محصول جانبی فولاد تولید می‌کنند که کاربرد ویژه‌ای نداشته و فضای زیادی را جهت انبار نمودن می‌گیرند.

در این پژوهش با استفاده از سرباره کوره قوس الکتریک به عنوان سنگدانه، اقدام به مدل‌سازی ستون‌های سنگی در خاک‌ها ماسه ۱۶۱ فیروزکوه با تراکم نسبی ۶۰ درصد شد که در احداث سازه‌های سنگین و مهم در مناطق ماسه‌ای همچون سواحل و بنادر که نیاز به ظرفیت باربری بالاتر و زهکشی مناسبی دارند استفاده از مواد جایگزین سنگدانه جهت جایگزینی ستون‌های سنگی با شرایط مشابه که بررسی اقتصادی آن را مهم‌تر جلوه می‌کند.

در تحقیق حاضر به بررسی ستون سرباره‌ای در شرایط استاتیکی به شکل محصور شده و محصور نشده و همچنین سیکلی در فشارهای همه جانبه ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلو پاسکال پرداخته شد. در ابتدا ظرفیت خاک اصلاح شده طی آزمایش‌های سه محوری استاتیکی بزرگ مقیاس به دست آمد و نمونه در حالت محصور نشده حدود ۳۵ درصد افزایش باربری و در حالت محصور شده ۱۰۰ درصد افزایش باربری در بهترین حالت رسید و سپس مدول برشی، نسبت میرایی و مدول برجهندگی خاک اصلاح شده در تست‌های سه محوری بزرگ مقیاس مورد بررسی قرار گرفت که در این زمینه ستون باعث افزایش ۱۵ درصدی مدول برشی شد.

واژه‌های کلیدی: ستون سنگی، ماسه، سرباره کوره فولاد سازی، سه محوری استاتیکی، سه محوری

سیکلی، ظرفیت باربری، مدول برشی، نسبت میرایی، مدول برجهندگی

فهرست مطالب

فصل ۱ مقدمه و کلیات	۲
۱-۱- مقدمه	۲
۲-۱- اهمیت موضوع	۲
۳-۱- اهداف تحقیق	۳
۴-۱- سؤالات تحقیق	۳
۵-۱- ساختار پایان نامه	۳
فصل ۲ مروری بر تحقیقات انجام شده	۶
۱-۲- مقدمه	۶
۲-۲- دلایل استفاده از ستون سنگی	۶
۳-۲- پارامترهای مهم در طراحی ستون سنگی	۸
۱-۳-۲- ابعاد هندسی	۸
۲-۳-۲- سلول واحد	۹
۳-۳-۲- محل قرار گیری ستون ها نسبت به هم	۹
۴-۳-۲- قطر مؤثر (D_c)	۱۰
۵-۳-۲- فاصله (S)	۱۰
۶-۳-۲- نسبت اصلاح شده (a_s)	۱۱
۷-۳-۲- طول بحرانی (L_c)	۱۱
۴-۲- مصالح ستون سنگی	۱۲
۵-۲- مکانیسم های گسیختگی ستون سنگی	۱۲
۶-۲- رفتار خاک تحت بار دینامیکی	۱۴
۱-۶-۲- مدول برشی	۱۵
۲-۶-۲- نسبت میرایی	۱۶
۳-۶-۲- مدول برجهنگی	۱۶
۷-۲- انواع روش های بهبود عملکرد ستون های سنگی	۱۷
۸-۲- مروری بر تحقیقات گذشته ستون سنگی	۱۸
۹-۲- سرباره کوره فولاد سازی	۲۱
۱-۹-۲- مقدمه	۲۱
۲-۹-۲- فولاد سازی و تولید سرباره	۲۱

۲۳	۱۰-۲- خواص فیزیکی و مکانیکی.....
۲۳	۱۱-۲- مروری بر استفاده از سرباره فولاد در ژئوتکنیک.....
۲۵	۱۲-۲- جمع بندی.....
۲۸	فصل ۳ مشخصات مصالح مصرفی و برنامه کار آزمایشگاهی.....
۲۸	۱-۳- مقدمه.....
۲۸	۲-۳- معرفی سرباره کوره.....
۲۸	۳-۳- انتخاب مصالح سنگی.....
۳۰	۴-۳- دانه بندی مصالح.....
۳۰	۱-۴-۳- خاک.....
۳۱	۲-۴-۳- سرباره کوره فولاد سازی.....
۳۲	۳-۴-۳- نسبت کاهش درصد ذرات.....
۳۳	۴-۴-۳- مراحل ساخت ستون.....
۳۳	۳-۵- الیاف شیشه.....
۳۴	۶-۳- تست سه محوری بزرگ مقیاس.....
۳۴	۱-۶-۳- بررسی و نحوه کارکرد دستگاه سه محوری بزرگ مقیاس.....
۳۵	۲-۶-۳- اجزای دستگاه سه محوری سیکلی.....
۴۶	۳-۶-۳- آزمایش سه محوری بزرگ مقیاس.....
۴۶	۴-۶-۳- نحوه ساخت و آماده سازی نمونه ستون سنگی در خاک ماسه ای.....
۴۸	۵-۶-۳- تعیین تست های آزمایشگاهی.....
۵۰	۷-۳- جمع بندی.....
۵۳	فصل ۴ بررسی و تفسیر نتایج.....
۵۳	۱-۴- مقدمه.....
۵۳	۲-۴- نتایج سه محوری استاتیکی.....
۵۳	۱-۲-۴- نتایج تست ماسه ۱۶۱ فیروزکوه با تراکم نسبی ۶۰ درصد.....
۵۵	۲-۲-۴- نتایج تست آزمایش سه محوری ستون سرباره ای در خاک با تراکم ۶۰ درصد.....
۵۷	۳-۲-۴- نتایج تست خاک اصلاح شده به وسیله ستون محصور شده سرباره ای با الیاف شیشه.....
۵۹	۴-۲-۴- نتایج تست سرباره کوره فولاد سازی.....
۶۱	۵-۲-۴- خلاصه نتایج تست سه محوری استاتیکی.....
۶۳	۳-۴- سه محوری سیکلی.....
۶۳	۱-۳-۴- طراحی تست ها.....

۶۳	۴-۳-۲- کنترل لود سل
۶۴	۴-۳-۳- کنترل فشار همه جانبه
۶۵	۴-۳-۴- مقایسه ماسه و ستون سرباره‌ای
۷۳	۴-۳-۵- اثر فشار همه جانبه
۷۷	۶-۳-۴- مدول برجهندگی
۷۷	۴-۴- جمع بندی
۸۱	فصل ۵ جمع بندی و پیشنهادات
۸۱	۵-۱- مقدمه
۸۱	۵-۲- جمع بندی
۸۱	۵-۳- پیشنهادات
۸۲	منابع

فهرست جداول

جدول ۲-۱-تناسب مصالح بر حسب عدد بروان.....	۱۲
جدول ۳-۱-ترکیب شیمیایی سرباره کوره فولاد سازی.....	۲۸
جدول ۳-۲-مشخصات حاصل از آزمایش های اولیه خاک.....	۳۱
جدول ۳-۳-مشخصات اولیه سرباره.....	۳۱
جدول ۳-۴-مشخصات الیاف شیشه.....	۳۴
جدول ۳-۵-جدول تست های استاتیکی.....	۴۹
جدول ۳-۶-تست های سیکلی.....	۴۹
جدول ۴-۱-خلاصه نتایج آزمایش سه محوری ماسه ۱۶۱ فیروزکوه ($Dr=60\%$).....	۵۵
جدول ۴-۲-خلاصه نتایج آزمایش سه محوری ستون سرباره ای.....	۵۷
جدول ۴-۳-خلاصه نتایج تست سه محوری ستون سرباره ای محصور شده.....	۵۹
جدول ۴-۴-خلاصه نتایج آزمایش سه محوری سرباره کوره فولاد سازی با تراکم ۸۰٪.....	۶۰
جدول ۴-۵-مقایسه تغییرات زاویه اصطکاک و چسبندگی.....	۶۲
جدول ۴-۶-تنش گسیختگی دینامیکی بر اساس فشار همه جانبه در ماسه ۱۶۱ فیروزکوه.....	۶۳
جدول ۴-۷-مقدار مدول برجهندگی در آزمایش سه محوری سیکلی.....	۷۷

فهرست اشکال

- شکل ۲-۱- تعیین مقدار کاهش نشست پذیری خاک زیر پی با استفاده از ستون سنگی ۶
- شکل ۲-۲- افزایش مقاومت برشی خاک زیر پی با استفاده از ستون سنگی ۸
- شکل ۲-۳- آرایش ستون ها الف) مثلثی - ب) مربعی - ج) شش ضلعی ۹
- شکل ۲-۴- مفهوم سلول واحد و قطر موثر ۱۰
- شکل ۲-۵- پارامترهای ستون ۱۱
- شکل ۲-۶- طول بحرانی در ستون سنگی ۱۲
- شکل ۲-۷- انواع گسیختگی در ستون سنگی منفرد الف- گسیختگی برش پانچ ب- گسیختگی ناشی از برش کلی ج- گسیختگی ناشی از انبساط جانبی ۱۳
- شکل ۲-۸- نحوه گسیختگی ستون سنگی در خاک های غیرهمگن در حضور لایه نرم ۱۴
- شکل ۲-۹- مدل سازی رفتار خاک سازگار با کرنش وابسته به مشخصه های تغییر شکل ۱۵
- شکل ۲-۱۰- هیستریزیس تست سه محوری سیکلی ۱۶
- شکل ۲-۱۱- کرنش در بارگذاری سیکلی ۱۷
- شکل ۲-۱۲- ظرفیت باربری- نشست انواع ستون سنگی محصور شده ۱۹
- شکل ۲-۱۳- سرباره EAF ۲۳
- شکل ۲-۱۴- ترکیب سرباره کوره و ماسه ۲۴
- شکل ۳-۱- منحنی دانه بندی ماسه ۱۶۱ فیروزکوه ۳۰
- شکل ۳-۲- منحنی دانه بندی سرباره ۳۱
- شکل ۳-۳- مقایسه درصد کاهش ذرات ۳۲
- شکل ۳-۴- پارچه دو بعدی بافته شده با الیاف شیشه ۳۳
- شکل ۳-۵- شمای کلی قسمتی از دستگاه آزمایش سه محوری سیکلی بزرگ مقیاس ۳۵
- شکل ۳-۶- قاب بارگذاری دستگاه سه محوری سیکلی ۳۶
- شکل ۳-۷- جک هیدرولیکی ۱۰ تن ۳۶
- شکل ۳-۸- لود سل ۳۷
- شکل ۳-۹- پاورپک جک هیدرولیکی ۳۸
- شکل ۳-۱۰- حسگر اندازه گیری جابجایی ۳۹
- شکل ۳-۱۱- سلول سه محوری ۳۹
- شکل ۳-۱۲- الف) قالب ماسه ب) قالب رس ۴۰
- شکل ۳-۱۳- مجموعه زیرین سلول سه محوری ۴۱
- شکل ۳-۱۴- تصویری از مجموعه پایین سلول و نمونه ۴۱
- شکل ۳-۱۵- تصویری از پمپ مکش ۴۲
- شکل ۳-۱۶- محفظه اعمال فشار ۴۳
- شکل ۳-۱۷- کیپسول گاز CO_2 ۴۳
- شکل ۳-۱۸- دستگاه جمع آوری داده ها ۴۴
- شکل ۳-۱۹- رایانه متصل به دستگاه گیرنده ۴۴
- شکل ۳-۲۰- حسگر اندازه گیری فشار ۴۵
- شکل ۳-۲۱- بالابر برقی به ظرفیت ۱ تن ۴۵
- شکل ۳-۲۲- کمپرسور هوا ۴۶

شکل ۲۳-۳- نحوه قالب بندی و قرار گرفتن نمونه..... ۴۷

شکل ۲۴-۳- تغییر شکل کلی خاک و ستون پس از پایان تست سه محوری..... ۴۸

شکل ۱-۴- نمودار تنش- کرنش نمونه سه محوری ماسه ۱۶۱ فیروزکوه با تراکم نسبی ۶۰٪..... ۵۴

شکل ۲-۴- نمودار دواير موهر رسم شده و پوش گسيختگی موهر- کولمب با تراکم نسبی ۶۰٪..... ۵۴

شکل ۳-۴- تغییر شکل ماسه پس از تست استاتیکی در فشارهای همه جانبه متفاوت..... ۵۵

شکل ۴-۴- نمودار تنش انحرافی -کرنش نمونه سه محوری ماسه ۱۶۱ فیروزکوه ($Dr=60\%$) به همراه ستون سرباره‌ای در فشارهای همه جانبه متفاوت..... ۵۶

شکل ۵-۴- نمودار دواير موهر رسم شده و پوش گسيختگی موهر- کولمب ستون سرباره‌ای ($Dr=60\%$)..... ۵۶

شکل ۶-۴- تغییر شکل ماسه اصلاح شده با ستون سرباره‌ای پس از تست استاتیکی در فشارهای همه جانبه متفاوت..... ۵۷

شکل ۷-۴- نمودار تنش انحرافی -کرنش نمونه سه محوری ماسه ۱۶۱ فیروزکوه ($Dr=60\%$) به همراه ستون سرباره‌ای محصور شده با الیاف شیشه در فشارهای همه جانبه متفاوت..... ۵۸

شکل ۸-۴- نمودار پوش گسيختگی نمونه سه محوری ماسه ۱۶۱ فیروزکوه ($Dr=60\%$) به همراه ستون سرباره‌ای محصور شده با الیاف شیشه در فشارهای همه جانبه متفاوت..... ۵۸

شکل ۹-۴- نمودار تنش-کرنش سرباره کوره فولاد سازی با تراکم ۸۰٪..... ۶۰

شکل ۱۰-۴- نمودار دواير موهر رسم شده و پوش گسيختگی موهر- کولمب سرباره کوره فولاد سازی..... ۶۰

شکل ۱۱-۴- تغییر شکل سرباره پس از تست استاتیکی در فشارهای همه جانبه متفاوت..... ۶۱

شکل ۱۲-۴- تغییرات تنش انحرافی حداکثر در فشار های همه جانبه متفاوت..... ۶۱

شکل ۱۳-۴- مقایسه مقاومت نهایی به دست آمده در دورگیرهای متفاوت..... ۶۲

شکل ۱۴-۴- نمودار تنش-زمان برای تست بارگذاری سیکلی..... ۶۴

شکل ۱۵-۴- نمودار تنش همه جانبه-زمان جهت کنترل بلدر..... ۶۵

شکل ۱۶-۴- نمودار کرنش-زمان ماسه و ماسه اصلاح شده با ستون سرباره‌ای در ۵۰ کیلو پاسکال..... ۶۵

شکل ۱۷-۴- مقایسه مدول برشی ماسه و ماسه اصلاح شده با ستون با فشار همه جانبه ۵۰ کیلو پاسکال..... ۶۶

شکل ۱۸-۴- مقایسه نسبت میرایی بر اساس سیکل در فشار ۵۰ کیلو پاسکال..... ۶۷

شکل ۱۹-۴- لوپ هیستریزيس تست ماسه با فشار همه جانبه ۵۰ کیلو پاسکال است که در سیکل ۴۰ هر فاز..... ۶۸

شکل ۲۰-۴- لوپ هیستریزيس تست ماسه با ستون سرباره‌ای با فشار همه جانبه ۵۰ کیلو پاسکال است که در سیکل ۴۰ هر فاز..... ۶۸

شکل ۲۱-۴- نمودار کرنش-زمان ماسه و ماسه اصلاح شده با ستون سرباره‌ای در ۷۵ کیلو پاسکال..... ۶۹

شکل ۲۲-۴- مقایسه مدول برشی ماسه و ماسه اصلاح شده با ستون با فشار همه جانبه ۷۵ کیلو پاسکال..... ۶۹

شکل ۲۳-۴- مقایسه نسبت میرایی خاکی و خاک ستون دار در فشار همه جانبه ۷۵ کیلو پاسکال..... ۷۰

شکل ۲۴-۴- لوپ هیستریزيس تست ماسه خالی با فشار همه جانبه ۷۵ کیلو پاسکال است که در سیکل ۴۰ هر فاز..... ۷۰

شکل ۲۵-۴- لوپ هیستریزيس تست ماسه همراه ستون سرباره با فشار همه جانبه ۷۵ کیلو پاسکال است که در سیکل ۴۰ هر فاز..... ۷۱

شکل ۲۶-۴- نمودار کرنش-زمان ماسه و ماسه اصلاح شده با ستون سرباره‌ای در ۱۰۰ کیلو پاسکال..... ۷۱

شکل ۲۷-۴- مقایسه مدول برشی ماسه و ماسه اصلاح شده با ستون با فشار همه جانبه ۱۰۰ کیلو پاسکال..... ۷۲

شکل ۲۸-۴- مقایسه میرایی خاکی و خاک ستون دار در فشار همه جانبه ۱۰۰ کیلو پاسکال..... ۷۲

شکل ۲۹-۴- لوپ هیستریزيس تست ماسه خالی با فشار همه جانبه ۱۰۰ کیلو پاسکال است که در سیکل ۴۰ هر فاز..... ۷۳

شکل ۳۰-۴- لوپ هیستریزيس تست ماسه اصلاح شده با ستون سرباره با فشار همه جانبه ۱۰۰ کیلو پاسکال است که در سیکل ۴۰ هر فاز..... ۷۳

- شکل ۳۱-۴- کرنش ماسه در فشارهای همه جانبه متفاوت..... ۷۴
- شکل ۳۲-۴- کرنش ماسه و ستون سرباره‌ای در فشارهای همه جانبه متفاوت..... ۷۴
- شکل ۳۳-۴- مدول برشی ماسه در فشارهای جانبی متفاوت..... ۷۵
- شکل ۳۴-۴- مدول برشی ماسه و ستون سرباره‌ای در فشارهای جانبی متفاوت..... ۷۵
- شکل ۳۵-۴- نسبت میرایی ماسه در فشارهای جانبی متفاوت..... ۷۶
- شکل ۳۶-۴- نسبت میرایی ماسه و ستون سرباره‌ای در فشارهای جانبی متفاوت..... ۷۶

فصل اول:

مقدمه و کلیات تحقیق

فصل ۱ مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

موضوع پایان نامه حاضر، بررسی اثر خواص ستون سنگی با سرباره‌های کوره‌های فولادسازی در خاک ماسه تحت آزمایش سه محوری بزرگ مقیاس است.

زمین باربر نهایی سازه‌های مهندسی است، در غالب این موارد بیشتر بستر سازه را خاک تشکیل می‌دهد و از طرفی با افزایش جمعیت و صنایع کمبود زمین برای احداث سازه مهندسان مجبورند که از زمین‌هایی با شرایط باربری نامناسب استفاده کنند بنابراین روش‌های بسیاری جهت اصلاح خاک ابداع شده‌اند شرایط خاک ایده‌آل برای ساخت یک ساز بدین شکل باید باشد:

۱- مقاومت برشی و ظرفیت باربری مناسب داشته باشد:

۲- نشست آبی و تحکیمی کم باشد.

۳- ساختگاه مشکل اجرایی خاصی نداشته باشد.

برای بهسازی خاک برای افزایش ظرفیت باربری و کاهش نشست از روش تراکم، اصلاح و تثبیت استفاده می‌شود. که یکی از این روش‌های اصلاح خاک روش ستون سنگی است که در این پایان نامه به آن پرداخته شده است.

سرباره فولاد محصولی جانبی از تولید در تولید آهن است که شامل مقادیری از اکسیدهای فلزی و ترکیبات غیر فلزی است که در سنگ معدن اولیه موجود است. برای تولید آهن و سرباره از روش‌های بسیاری وجود دارد که اساس آن‌ها ترکیب با گازهای شامل اکسیژن از جمله مونو اکسید کربن است. بعد از ذوب، بخش سنگینتر که شامل آهن خام (چدن) است پایینتر قرار می‌گیرد و بخش بالایی که شامل سرباره است و وزن مخصوص کمتری قرار دارد از مجرای خارج می‌شود و بخش شامل آهن از پایین کوره خارج می‌شود [۱].

برای استفاده از سرباره بررسی خواص مکانیکی سرباره کوره فولاد سازی نیاز است.

۱-۲- اهمیت موضوع

در مناطقی که سرباره کوره فولادسازی در دسترس است غالباً قیمت سرباره از قیمت سنگدانه ارزانتر است استفاده از این ماده ارزان قیمت علاوه بر جلوگیری هزینه زیاد برای مصالح، از تخریب محیط زیست جهت استخراج سنگدانه نیز جلوگیری می‌کند.

برای استفاده از سرباره، بررسی خواص مکانیکی سرباره کوره فولاد سازی نیاز است.

۱-۳- اهداف تحقیق

این پایان نامه جهت راه اندازی دستگاه سه محوری سیکلی بزرگ مقیاس دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی و همچنین بررسی رفتار ستون سنگی متشکل از سرباره کوره قوس الکتریک (EAF) در خاک ماسه شرایط سیکلی و همچنین ظرفیت باربری و نشست آن در شرایط استاتیک و سیکلی تحت آزمایش سه محوری سیکلی بزرگ مقیاس با فشار همه جانبه متفاوت انجام شده است.

۱-۴- سؤالات تحقیق

- در این بخش سؤالاتی که در ادامه پایان نامه به بررسی آن ها پرداخته می شود، مرور می گردد.
- ۱- امکان جایگزینی مصالح طبیعی با سرباره کوره فولاد سازی برای ستون سنگی وجود دارد؟
 - ۲- پارامترهای مقاومتی خاک ماسه ۱۶۱ فیروزکوه در مقایسه با خاک مسلح به ستون سنگی متشکل از سرباره کوره فولادسازی چیست؟
 - ۳- بررسی پارامترهای دینامیکی خاک مسلح به ستون سنگی متشکل از سرباره کوره فولادسازی

۱-۵- ساختار پایان نامه

در فصل اول هدف تحقیق بیان شده و به اهمیت و ضرورت تحقیق پرداخته شده است.

در فصل دوم ادبیات فنی ستون های سنگی و مروری بر برخی تحقیقات گذشته بر روی ستون سنگی پرداخته شده است و همچنین به ساختار سرباره کوره فولادسازی و کاربرد آن در مهندسی عمران اشاره شده است.

در فصل سوم عملیات آزمایشگاهی شامل مشخصات مصالح استفاده شده، جزئیات دستگاه و نحوه ساخت ستون آزمایش در شرح داده شده است.

در فصل چهارم تحلیل نتایج آزمایش سه محوری بزرگ مقیاس ستون سرباره ای در فشارهای همه جانبه متفاوت بررسی شده است.

در فصل پنجم جمع بندی، نتیجه گیری و پیشنهاداتی برای پژوهش های آینده صورت گرفته است.

فصل دوم:

مروری بر تحقیقات انجام شده

فصل ۲ مروری بر تحقیقات انجام شده

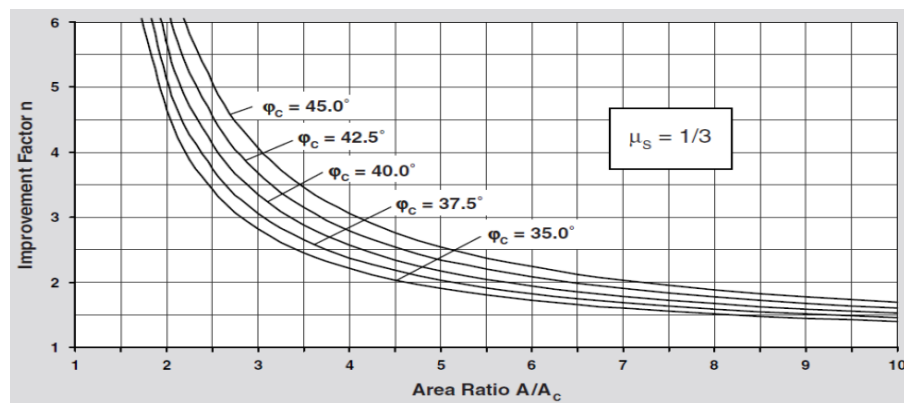
۲-۱- مقدمه

ستون سنگی یکی از روش‌های اصلاح خاک جهت کاهش نشست و افزایش باربری پی هاست. ولی در این روش نیاز تحقیقاتی جهت محاسبه مقاومت نهایی اصلاح شده صورت گیرد. در این روش مبتنی بر تعویض حجم خاک مشکل دار با است که با آب و و یک دستگاه تراکم ارتعاشی سوراخی با مقطع دایره تا لایه‌ای سخت می‌گردد و سپس به وسیله شن پر میشود سپس با بالا کشیدن واحد لرزنده ستون شنی به تدریج متراکم می‌شود. اندازه سنگدانه‌ها در ستون سنگی وابسته به قطر سوراخ و حداکثر تا ۴۰ میلیمتر است. قطر ستونهای سنگی بین نیم تا یک متر و فواصل آنها بین یک‌ونیم تا ۳ متر متغیر است [۲].

ویژگی های ستون سنگی افزایش سرعت تحکیم و کوتاه کردن طول زهکش است که اثرات نامطلوب در نفوذ پذیری خاک را کاهش میدهد [۳]. اما مهمترین هدف استفاده از ستون سنگی تامین محصور شدگی توسط خاک اطراف است که ایجاد باربری نموده و ستون سنگی می‌تواند بار را از سازه دریافت کرده و به لایه‌های سخت‌تر انتقال دهد [۴].

۲-۲- دلایل استفاده از ستون سنگی

کاهش نشست‌پذیری و افزایش باربری (به‌طور کلی ۳۰ الی ۵۰ درصد نشست‌پذیری کاهش پیدا می‌کند) مناطق وسیع که تحت بار هستند (مانند زیر پی تانکرهای بزرگ، خاک زیر پی خاکریزها، مخازن آب، مشتقات نفت و ...) [۳].



شکل ۲-۱- تعیین مقدار کاهش نشست پذیری خاک زیر پی با استفاده از ستون سنگی [۵]

استفاده از ستون سنگی در خاک‌های رسی و سیلتی موجب افزایش مقاومت برشی خاک می‌شود. اگر مانند شکل ۲-۲-افزایش مقاومت برشی خاک زیر پی با استفاده از ستون سنگی نیروی برشی (نیروی برشی زلزله) در خاک اثر کند، کرنش زاویه‌ای (γ) را ایجاد می‌شود. در صورتی که با استفاده از ستون‌های سنگی با فرض اینکه کرنش زاویه‌ای ستون سنگی و خاک برابر باشند به طور کلی سختی ستون سنگی بیشتر از ۲ برابر خاک محصور کننده آن است.

در این صورت می‌توان نوشت:

$$\tau_c A_c + \tau_s A_s = \tau A \quad (۱-۲)$$

τ_c : مقاومت برشی خاک

A_c : مساحت مقطع افقی خاک

τ_s : مقاومت برشی ستون سنگی

A_s : مساحت مقطع افقی ستون سنگی

τ : تنش برشی اعمالی

A : مساحت مقطع افقی ستون سنگی و خاک

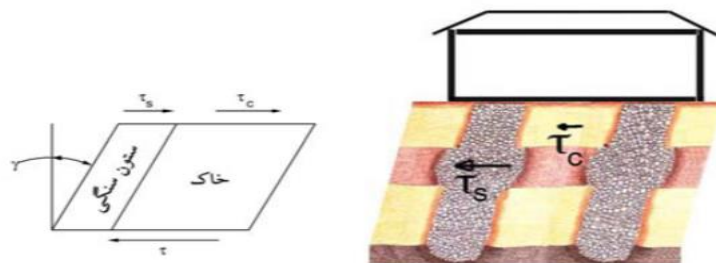
باتوجه به مقدار کرنش زاویه‌ای برابر ستون و خاک مقاومت برشی ستون سنگی به صورت زیر

بازنویسی می‌شود:

$$\tau_s = \frac{\tau}{\frac{G_c}{G_s} + \frac{A_c}{A} + \frac{A_s}{A}} \quad (۲-۲)$$

باتوجه به رابطه بالا ملاحظه می‌شود که با استفاده از ستون سنگی نیروی برشی انتقالی به خاک

کمتر می‌شود. در رابطه بالا G_s و G_c به ترتیب مدول برشی مصالح ستون سنگی و خاک محل است [۴].



شکل ۲-۲- افزایش مقاومت برشی خاک زیر پی با استفاده از ستون سنگی

مواردی که ذکر گردید دلایل اصلی و شاخص استفاده از ستون سنگی است و علاوه بر این موارد می‌توان به کاربردهای خاص ستون سنگی نیز اشاره گردد مانند استفاده از ستون سنگی در زیر کوله پل ها که تحت بار دینامیکی شدید و لحظه‌ای قرار دارند از نشست دال دسترسی کاست از کاربردهای دیگر در راه‌سازی احداث خاکریز جاده‌ها است این خاکریزها معمولاً نشست‌پذیر هستند و با استفاده از ستون سنگی می‌توان زمان تحکیم و نشست‌پذیری را کاهش داد عموماً از شمع به‌جای پی‌های گسترده مرسوم استفاده می‌شود. به‌عنوان جایگزینی برای شمع‌ها، می‌توان از پی‌های گسترده که بر روی ستون‌های سنگی قرار گرفته‌اند، استفاده کرد.

۲-۳- پارامترهای مهم در طراحی ستون سنگی

در این بخش به بررسی کمیت‌های موثر که در طراحی ستون سنگی خواهیم پرداخت. اهمیت کلی این پارامترها بررسی ظرفیت باربری ستون سنگی است. لزوم توضیح این تعاریف در ابتدا به دلیل توضیحات در فصول بعدی است.

۲-۳-۱- ابعاد هندسی

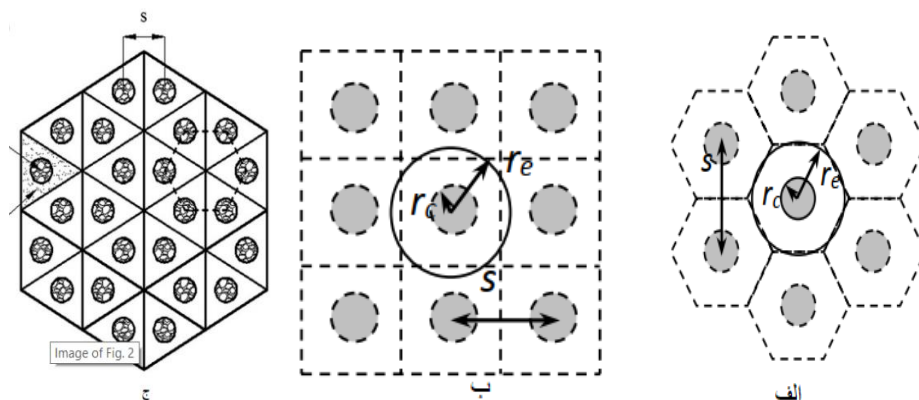
ستون سنگی تک به‌صورت دایروی و در گروه ستون سنگی به‌عمدتاً همگی دارای قطر و طول مشخص هستند. ستون سنگی غالباً قطری حدود ۷۰ تا ۱۰۰ سانتی متر دارد و حداکثر ارتفاع آن ۱۰ متر است.

۲-۳-۲- سلول واحد^۱

مدل سلول واحد مورد استفاده برای تجزیه و تحلیل نظری. اساس مدل ساده شده استفاده از تعداد زیاد ستون‌ها است که به صورت یکنواخت در یک ناحیه گسترده تحت بار یکنواخت توزیع می‌شوند. برای مثال، این مورد در بخش مرکزی خاکریز بر روی زمین نرم با ستون‌های سنگی بهتر شده است. در این شرایط، رفتار همه ستون‌ها یکی است و پس از آن برای مطالعه رفتار تنها یک ستون با خاک اطراف آن کافی است.

۲-۳-۳- محل قرار گیری ستون‌ها نسبت به هم

ستون‌های سنگی به طور کلی به صورت یکنواخت در شبکه‌های سه‌گوش یا مربعی توزیع شده‌اند. بنابراین، حوزه فرعی خاک طبیعی برای هر ستون به ترتیب یک شش‌ضلعی و یا یک مربع خواهد بود. پس برای ایجاد شرایط تقارن محوری، حوزه فرعی سطح مقطع به دایره در همان ناحیه تبدیل می‌شود [۶].



شکل ۲-۳- آرایش ستون‌ها (الف) مثلثی- (ب) مربعی- (ج) شش ضلعی [۵]

¹ Unit cell