بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فنی و مهندسی

بخش مهندسی عمران

پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران

گرایش خاک و پی

مدلسازی عددی ستون های سنگی شفته آهکی تحت بارهای محوری و جانبی به روش اجزای محدود

مولف:

پیام روحانی

استاد راهنما:

دکتر محمدمحسن توفیق

استاد مشاور:

دکتر رضا رهگذر

آذر ماه ۱۳۹۲

این پایان نامه به عنوان یکی از شرایط درجه کارشناسی ارشد به

بخش مهندسی عمران

دانشکده فنی و مهندسی

دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی شود.

دانشجو : پیام روحانی

استاد راهنما : دکتر محمّد محسن توفیق

استاد مشاور : دکتر رضا رهگذر

داور ۱ : دکتر محمد حسین باقری پور

داور۲ : دکتر سید مرتضی مرندی

نماینده تحصیلات تکمیلی : دکتر حامد صفاری

معاونت پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده : دکتر مریم احتشام زاده

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه شهید باهنر کرمان است

تقدیم به :

پدر و مادر فداکار و مهربانم

تقدیر و سپاسگزاری:

حال که به لطف پروردگار این کار به انجام رسیده است، لازم می دانم از عزیزانی که مـرا در ایـن راه یاری نموده اند، سپاسگزاری نمایم.

از جناب آقای دکتر محمد محسن توفیق که با فرزانگـی و روحیـه خسـتگی ناپـذیر و رهنمودهـای خود، محور حمایت و چراغ هدایت اینجانب در این مسیر بوده اند، برای عمری سپاسگزارم.

همچنین از اساتید محترم جناب آقای دکتر محمد حسـین بـاقری پـور و جنـاب آقـای دکتـر سـید مرتضی مرندی که زحمت داوری این پایان نامه را متحمل شدند، کمال سپاسگزاری را دارم.

در نهایت از مهندس سجاد شاکری و مهندس ابراهیم فولادی و مهندس علی سعیدی به خاطر زحمات بی دریغ و حقی که بر این بنده دارند؛ سپاسگذاری می نمایم.

چکیده

در این پایان نامه به بررسی عملکرد و رفتار ستون های سنگی از نوع شفته آهکی تحت بارهای محوری و جانبی و مقایسه آن با ستون های سنگی معمولی با استفاده از روش اجزای محدود پرداخته شده است.

در این مطالعه سعی بر آن بوده که با تغییر پارامترهای مختلف موثر بر رفتار ستون سنگی، نظیر فاصله ی مرکز تا مرکز ستون ها، نسبت طول به قطر و مقاومت برشی خاک نرم، نقش هر یک از این عوامل بر رفتار بارگذاری-تغییرشکل ستون سنگی شفته آهکی و ستون سنگی معمولی واقع در خاک رسی نرم بررسی شود. بررسی ها و مقایسه های انجام شده، تحت بارگذاری های محوری و افقی و همچنین بارگذاری روی کل مجموعه ی خاک و ستون سنگی صورت گرفته است. این مطالعه با کمک مدل سازی کامپیوتری و تحلیل مدل مذکور با استفاده از نرم افزار اجزای محدود PLAXIS انجام شده است.

در نتیجه ی استفاده از ستون های سنگی شفته آهکی، پارامترهای ژئوتکنیکی خاک های ریزدانه ی سست، از جمله ظرفیت باربری و نشست، بهبود بیشتری نسبت به ستون های سنگی معمولی پیدا کرده و نتیجتاً خاک قابلیت تحمل بارهای بیشتری را از خود نشان می دهد.

کلمات کلیدی: ستون سنگی شفته آهکی، بارگذاری محوری، بارگذاری جانبی، اجزاء محدود

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: پیشگفتار **۱ تا ۵**

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ بیان موضوع ۳

۱-۳ هدف از تحقیق ۴

۱-۴ روش تحقیق ۴

۱-۵ ترتیب ارائه مطالب ۵

فصل دوم: روش های بهسازی خاک **۶ تا ۱۵**

۲-۱ مقدمه..... ۷

۲-۲ روش های بهسازی خاک ۷

۲-۲-۱ بهسازی شیمیایی ۷

۲-۲-۱-۱ بهسازی خاک با استفاده از آهک ۸

۲-۲-۱-۲ بهسازی خاک با استفاده از سیمان ۱۰

۲-۲-۱-۳ بهسازی خاک با استفاده از دوغاب‌های شیمیایی ۱۰

۲-۲-۲ بهسازی فیزیکی خاک ۱۲

۲-۲-۲-۱ بهسازی مکانیکی ۱۲

۲-۲-۲-۲ روش انجماد و سرد کردن ۱۳

۲-۲-۲-۳ تزریق..... ۱۳

۲-۲-۲-۴ اصلاح خاک با قیر ۱۳

۲-۲-۲-۵ پیش بارگذاری ۱۳

۲-۲-۲-۶ خاک مسلح ۱۴

۲-۲-۲-۶-۱ تسلیح خاک با الیاف ۱۴

فصل سوم: سوابق تحقیقاتی و مبانی تحلیل و طراحی ستون های سنگی ۱۶ تا ۳۵

۳-۱ مقدمه ۱۷

۳-۲ انواع روش های اجرای ستون سنگی ۱۹

۳-۲-۱ روش لرزشی جایگزینی(خیس) یا روش خیس_مصالح ریزی از بالا ۱۹

۳-۲-۲ روش لرزشی جابجایی یا روش خشک مصالح ریزی از پایین ۲۰

۳-۲-۳ روش چرخشی جابجایی ۲۰

۳-۲-۴ روش ستون سنگی کوبشی ۲۱

۳-۲-۵ ستون سنگی صلب ۲۲

۳-۳ نحوه عملکرد و مکانیزم گسیختگی ستون سنگی ۲۳

۳-۴ نظریه سلول واحد ۲۴

۳-۵ نظریه انبساط جانبی در ستون های سنگی ۲۷

۳-۶ نشست زمین اصلاح شده با ستون های سنگی ۲۸

۳-۷ مطالعاتی دیگر بر روی ستون های سنگی به روش اجزای محدود ۳۰

۳-۸ انواع روش های ارتقای ستون های سنگی ۳۲

فصل چهارم: معرفی نرم افزار PLAXIS و شرح نحوه مدلسازی در این مطالعه ۳۶ تا ۶۵

۴-۱ مقدمه ۳۷

۴-۲ معرفی نرم افزار PLAXIS و توضیح نحوه عملکرد آن ۳۸

۴-۲-۱ ابزارها و نحوهٔ پردازش اطلاعات در پلکسیس ۳۸

۴-۲-۲ ورودی ۳۹

۴-۲-۲-۱ مدل ها ۳۹

۴-۲-۲-۲ المان ها ۳۹

۴-۲-۲-۳ هندسه ۴۰
۴-۲-۲-۴ مشخصات مصالح ۴۵
۴-۲-۲-۵ مش بندی ۴۸
۴-۲-۲-۶ شرایط اولیه (Initial Conditions) ۴۹
۴-۲-۳ محاسبات ۵۰
۴-۲-۳-۱ محاسبات پلاستیک ۵۰
۴-۲-۳-۲ تحلیل تحکیم ۵۰
۴-۲-۳-۳ تحلیل مش به هنگام شده ۵۱
۴-۲-۳-۴ کاهش C و Φ ۵۱
۴-۲-۴ خروجی ۵۱
۴-۲-۴-۱ مش تغییر شکل یافته ۵۱
۴-۲-۴-۲ تغییر مکان های کل ۵۱
۴-۲-۴-۳ تنش های مؤثر ۵۲
۴-۲-۴-۴ تنش های کل ۵۲
۴-۲-۴-۵ نقاط پلاستیک ۵۲
۴-۲-۴-۶ فشارهای حفره ای اضافی ۵۳
۴-۲-۵ منحنی ها و مسیرهای تنش ۵۳
۴-۳ نحوه مدلسازی در نرم افزار ۵۴
۴-۳-۱ تعریف هندسه مدل ۵۴
۴-۳-۲ مشخصات مصالح ۵۷
۴-۳-۳ نحوه بارگذاری ۵۸
۴-۳-۴ انتخاب روش تحلیل و در نظر گرفتن شرایط محیطی ۵۸
۴-۴ بررسی مدل رفتاری ستون سنگی شفته آهکی ۶۰

۴-۵ بررسی صحت مدلسازی ۶۲
۴-۵-۱ صحت سنجی مدلسازی ستون سنگی معمولی ۶۲
۴-۵-۲ صحت سنجی مدلسازی ستون سنگی شفته آهکی ۶۳
فصل پنجم: تحلیل و بررسی نتایج **۶۶ تا ۹۰**
۵-۱ مقدمه ۶۷
۵-۲ بارگذاری محوری..... ۶۸
۵-۲-۱ مقایسه رفتار بارگذاری-نشست ستون سنگی معمولی و شفته آهکی.....۶۹
۵-۲-۲ بررسی تاثیر پارامتر نسبت سطح در ستون های سنگی معمولی و شفته آهکی و تعیین مقدار بهینه ی آن.....۷۲
۵-۲-۳ بررسی تاثیر پارامتر نسبت طول به قطر بر رفتار بارگذاری-نشست در ستون سنگی معمولی و شفته آهکی.....۷۴
۵-۲-۴ بررسی تاثیر پارامتر مقاومت برشی خاک بر رفتار بارگذاری-نشست ستون سنگی معمولی و شفته آهکی.....۷۶
۵-۳ بارگذاری افقی ۸۰
۵-۳-۱ بررسی تاثیر پارامتر نسبت طول به قطر بر رفتار بارگذاری-جابه جایی در ستون سنگی شفته آهکی..... ۸۱
۵-۳-۲ بررسی تاثیر پارامتر مقاومت برشی خاک بر رفتار بارگذاری-جابه جایی ستون سنگی شفته آهکی..... ۸۲
۵-۳-۳ مقایسه ظرفیت باربری محوری و ظرفیت باربری جانبی ستون سنگی شفته آهکی ۸۴
۵-۴ بارگذاری در تمام سطح مجموعه ی یک ستون سنگی (بارگذاری روی سلول واحد) ۸۶
۵-۴-۱ مقایسه رفتار بارگذاری-نشست خاک غیرمسلح و خاک مسلح شده با ستون سنگی معمولی و خاک مسلح شده با ستون سنگی شفته آهکی ۸۷
۵-۴-۲ بررسی تاثیر پارامتر مقاومت برشی خاک نرم احاطه کننده ستون های سنگی ۸۹

فصل ششم: مطالعه تئوری ستون سنگی شفته آهکی تحت بار افقی ۹۱ تا ۹۸

۶-۱ مقدمه ۹۲

۶-۲ رفتار شمع های قائم تحت بار جانبی ۹۳

۶-۳ تعیین ظرفیت باربری جانبی شمع ها براساس محدودیت تغییرشکل به روش ریس.....۹۵

۶-۴ تعیین ظرفیت باربری ستون سنگی شفته آهکی تحت بار افقی به روش ریس..... ۹۶

فصل هفتم: جمع بندی و پیشنهادات ۹۹ تا ۱۰۳

۷-۱ مقدمه ۱۰۰

۷-۲ نتیجه گیری و جمع بندی کلی..... ۱۰۰

۷-۳ پیشنهادات جهت مطالعات آتی..... ۱۰۳

فصل هشتم: فهرست منابع و مراجع ۱۰۴ تا ۱۰۷

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۳–۱ : ستون سنگی لرزشی جایگزینی، مصالح ریزی از بالا ۱۹

شکل ۳–۲ : ستون سنگی لرزشی جابجایی، مصالح ریزی از پایین.....۲۰

شکل ۳–۳ : ستون سنگی چرخشی جابجایی ۲۱

شکل ۳–۴ : ستون سنگی کوبشی ۲۲

شکل ۳–۵ : مکانیزم گسیختگی ستون سنگی ۲۴

شکل ۳–۶ : آرایش مثلثی ستون سنگی در گروه ستون ۲۵

شکل ۳–۷ : ایده آل سازی گروه ستون سنگی با نظریه سلول واحد.....۲۶

شکل ۳–۸ : نمودار پیشنهادی گرین وود و تامپسون برای تخمین نشست ستون های سنگی ۲۹

شکل ۳–۹ : شالوده ستون سنگ ۲۹

شکل ۳–۱۰ : مش تغییرشکل یافته مدل اجزای محدوددردو حالت بارگذاری[Ambily2007] ۳۱

شکل ۴–۱ : وضعیت گره ها و نقاط نمونه برداری (Stress Points) در المان های خاک.....۴۰

شکل ۴–۲ : نمونه هایی از کاربرد المان های تیر.....۴۱

شکل ۴–۳ : وضعیت گره ها و نقاط نمونه برداری درالمانهای تیری سه و پنج گره ای ۴۲

شکل ۴–۴ : نمونه هایی ازکاربرد فصل مشترک در اطراف سازه ها و خاک اطراف.....۴۲

شکل ۴–۵ : توزیع گرهها وگاوس پوینت هادر المان فصل مشترک واتصال آنها با المان خاک.۴۳

شکل ۴–۶ : علامت قراردادی تنش ها.....۵۲

شکل ۴–۷ : هندسه مدل الف) بارگذاری محوری حالت اصطکاکی ب) بارگذاری محوری حالت اتکایی ج) بارگذاری افقی ۵۶

شکل ۴–۸ : مقایسه رفتار موهر-کلمب و رفتار الاستیک ستون سنگی شفته آهکی در حالت اصطکاکی ۶۱

شکل ۴–۹ : مقایسه رفتار موهر-کلمب و رفتار الاستیک ستون سنگی شفته آهکی در حالت اتکایی ۶۱

شکل ۴–۱۰ : مقایسه نتایج [۱۱] و نتایج مدل اجزای محدود ۶۳
شکل ۴–۱۱ : مقایسه نتایج شاکری و نتایج مدل اجزای محدود ، L/D=6 ، اصطکاکی ۶۴
شکل ۴–۱۲ : مقایسه نتایج شاکری و نتایج مدل اجزای محدود ، L/D=6 ، اتکایی ۶۵
شکل ۵–۱ : نمایی از مش بندی و نحوه بارگذاری ستون سنگی. الف) حالت اصطکاکی ب) حالت اتکایی ۶۸
شکل ۵–۲ : مقایسه رفتار ستون سنگی معمولی و شفته آهکی در حالت اصطکاکی ۶۹
شکل ۵–۳ : مقایسه رفتار ستون سنگی معمولی و شفته آهکی در حالت اتکایی.....۷۰
شکل ۵–۴ : نحوه تغییر شکل بعد از بارگذاری الف) ستون سنگی معمولی ب)ستون سنگی شفته آهکی ۷۰
شکل ۵–۵ : تاثیرپارامتر S/dبانسبت سطح دررفتار بارگذاری-نشست ستون سنگی شفته آهکی .۷۲
شکل ۵–۶ : تاثیر پارامتر S/d یا نسبت سطح در رفتار بارگذاری-نشست ستون سنگی معمولی ..۷۳
شکل ۵–۷ : تاثیرپارامتر نسبت طول به قطر دررفتار بارگذاری-نشست ستون سنگی شفته آهکی ۷۵
شکل ۵–۸ : تاثیر پارامتر نسبت طول به قطر در رفتار بارگذاری-نشست ستون سنگی معمولی ...۷۵
شکل ۵–۹ : تاثیر مقاومت برشی خاک در رفتار بارگذاری-نشست ستون سنگی شفته آهکی در حالت اصطکاکی ۷۷
شکل ۵–۱۰ : تاثیر مقاومت برشی خاک در رفتار بارگذاری-نشست ستون سنگی معمولی در حالت اصطکاکی ۷۷
شکل ۵–۱۱ : تاثیر مقاومت برشی خاک در رفتار بارگذاری-نشست ستون سنگی شفته آهکی در حالت اتکایی ۷۸
شکل ۵–۱۲ : تاثیر مقاومت برشی خاک در رفتار بارگذاری-نشست ستون سنگی معمولی در حالت اتکایی ۷۸
شکل ۵–۱۳ : نمایی از مش بندی و نحوه بارگذاری ستون سنگی شفته آهکی در حالت بارگذاری افقی ۸۰
شکل ۵–۱۴ : تاثیر پارامتر نسبت طول به قطر در ستون سنگی شفته آهکی تحت بارگذاری افقی ۸۱

شکل ۵–۱۵ : تاثیر مقاومت برشی خاک در رفتار بارگذاری–جابه جایی ستون سنگی شفته آهکی تحت بار افقی.....۸۳
شکل ۵–۱۶ : رفتار نیروی قائم–نشست ستون سنگی شفته آهکی در حالت اصطکاکی ۸۴
شکل ۵–۱۷ : رفتار نیروی افقی–جابه جایی ستون سنگی شفته آهکی ۸۵
شکل ۵–۱۸ : نمایی از مش بندی و بارگذاری روی سلول واحد الف) حالت اصطکاکی ب) حالت اتکایی ۸۶
شکل ۵–۱۹ : مقایسه رفتار بارگذاری–نشست خاک غیر مسلح و خاک مسلح شده با ستون سنگی معمولی و شفته آهکی در حالت اصطکاکی.....۸۷
شکل ۵–۲۰ : مقایسه رفتار بارگذاری–نشست خاک غیر مسلح و خاک مسلح شده با ستون سنگی معمولی و شفته آهکی در حالت اتکایی ۸۸
شکل ۵–۲۱ : تاثیر مقاومت برشی خاک در رفتار بارگذاری–نشست ستون سنگی شفته آهکی در حالت اصطکاکی (بارگذاری روی سلول واحد).....۸۹
شکل ۵–۲۲ : تاثیر مقاومت برشی خاک در رفتار بارگذاری–نشست ستون سنگی شفته آهکی در حالت اتکایی (بارگذاری روی سلول واحد) ۹۰
شکل ۶–۱ : نمودارهای تغییرشکل، توزیع عکس العمل خاک و توزیع لنگر خمشی در شمع کوتاه با انتهای آزاد در خاک چسبنده ۹۳
شکل ۶–۲ : نمودارهای تغییرشکل، توزیع عکس العمل خاک و توزیع لنگر خمشی در شمع بلند با انتهای آزاد ۹۴
شکل ۶–۳ : نمودارهای تغییرشکل، توزیع عکس العمل خاک و توزیع لنگر خمشی در شمع کوتاه با انتهای گیردار ۹۴
شکل ۶–۴ : نمودارهای تغییرشکل، توزیع عکس العمل خاک و توزیع لنگر خمشی در شمع بلند با انتهای گیردار ۹۴

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۳–۱ : مطالعات موردی بروی تعدادی پروژه های اجرا شده بروش ستون های سنگی ۱۸

جدول ۴–۱ : مشخصات مصالح ۵۷

جدول ۴–۲ : مشخصات مصالح مطالعه Ambily & Gandhi (2007) [۱۱] ۶۲

جدول ۴–۳ : مشخصات مصالح مورد استفاده در مرجع [۵].....۶۴

جدول ۵–۱: خلاصه حالات بارگذاری مورد مطالعه در فصل پنجم ۶۷

جدول ۶–۱ : مقادیر ضرایب V و Cy در رابطه ارائه شده توسط ریس برای محاسبه تغییر شکل جانبی ۹۶

فصل اول

پیشگفتار

۱-۱ مقدمه

زمین به عنوان مقصد نهایی انتقال بار سازه های مهندسی تلقی می شود. در بسیاری از مواقع این بستر را خاک ها تشکیل می دهند. از طرفی با افزایش روز افزون جمعیت و توسعه صنایع و مشکل کمبود زمین مناسب، به منظور احداث سازه های مورد نیاز، مهندسان مجبور به رویارویی با زمین های با مقاومت کمتر شده اند. از این رو از دیرباز، روش های متعدد و گوناگونی جهت مواجهه با این گونه زمین ها و اصلاح و ارتقاء پارامترهای مهندسی آن ابداع شده است. از نقطه نظر مهندسی، زمانی یک ساختگاه ایده آل و مناسب است که خاک مقاومت برشی و ظرفیت باربری خوبی داشته و در مقابل بارهای وارده نشست های آنی و تحکیمی کمی داشته باشد. همچنین دامنه تغییرات حجمی انبساطی خاک یا تغییرات حجمی انقباضی خاک در حد معقولی باشد تا کاربری سازه را مختل ننماید. در این صورت ساختگاه مورد نظر از نظر اجرایی و مهندسی، مشکل خاصی ندارد.

مهندسین طراح معمولاً برای انتخاب بهینه نوع شالوده مورد نیاز و طراحی آن از روند تصمیم گیری مشخصی پیروی می کنند و برای انتخاب سیستم پی سازی یک روند مشخص را در نظر می گیرند، که عبارتست از: شالوده سطحی، بهبود ابعادی شالوده سطحی، روش های بهسازی خاک، شالوده عمیق. بهسازی خاک به منظور افزایش ظرفیت باربری و کاهش نشست پذیری خاک صورت می پذیرد. بر اساس دیدگاه های مختلف می توان روش های بهسازی خاک را طبقه بندی کرد. به طور کلی روش های بهسازی خاک به سه گروه اصلی تراکم، تسلیح و تثبیت تقسیم بندی می شود که تراکم و تسلیح از جمله روش های فیزیکی و تثبیت خاک جزء روش های شیمیایی اصلاح خاک است. در تثبیت، از یک ماده خارجی به منظور چسباندن ذرات خاک که باعث افزایش مقاومت وکاهش نفوذپذیری آن می شود، استفاده می گردد. معمول ترین این مواد افزودنی عبارتند از آهک، سیمان، قیر، نرمه خاکستر و دیگر مواد شیمیایی.[۱]

با توجه به روش های متعدد اصلاح خاک، تنها چندین روش را می توان به عنوان بهترین و اقتصادی ترین طرح انتخاب کرد. برخی محدودیت های اقتصادی_محیطی سبب می شود که گاهی برخی روش های تراکم و تثبیت مناسب نباشد. در این شرایط استفاده از المان های ستونی به عنوان جایگزینی مناسب برای اغلب مواقع قابل استفاده می باشد. یکی از این روش ها که در سال های اخیر بیشتر مورد توجه قرار گرفته و در نهشته های سست و خاک های ریزدانه مورد استفاده قرار گرفته است، ستون های سنگی می باشند.

ایده اصلی این روش کاهش نیروهای وارد بر خاک نرم بدون تغییر اساسی در ساختار خاک می باشد که باعث کاهش تراکم پذیری خاک، افزایش ظرفیت باربری و مقاومت برشی زمین اصلاح شده می گردد.

ستون های سنگی به صورت گسترده در کاهش نشست و افزایش ظرفیت باربری خاک زیر سازه هایی مانند مخازن ذخیره سازی مایعات، خاکریزها، پی های گسترده، سازه های سبک و ... مورد استفاده قرار گرفته است. از دیگر کاربردهای ستون سنگی، افزایش پایداری شیروانی ها، کاهش نشست های نسبی، کاهش پتانسیل روانگرایی و افزایش سرعت تحکیم و کاهش زمان تحکیم است. [۲]

۱-۲ بیان موضوع

برای اولین بار در فرانسه در سال ۱۸۳۰ از ستون سنگی جهت اصلاح خاک استفاده شد و در آمریکا از ستون سنگی نخستین بار در سال ۱۹۷۲ در چندین پروژه به صورت محدود استفاده گردید. اما در اروپا از سال ۱۹۵۰ به طور وسیعی از ستون های سنگی جهت اصلاح خاک استفاده می شود. ستون های سنگی یک روش اصلاح خاک برای افزایش ظرفیت باربری یا تقلیل نشست خاک زیر پی سازه می باشد. این روش مبتنی بر تعویض ۱۵ الی ۳۵ درصد حجم خاک نامرغوب بوسیله حفر چاه هایی با قطر و عمق و فاصله معین از یکدیگر و پر کردن چاه ها بوسیله ماسه یا شن یا سنگریزه یا دیگر مصالح مستحکم و متراکم نمودن بصورت ستون های عمودی می باشد. [۲]

ستون سنگی معمولاً به طور کامل به داخل لایه ضعیف نفوذ می کند و سختی آن توسط محصورکنندگی ایجاد شده حاصل از فشار مقاوم خاک اطراف تأمین می شود. از ستون های سنگی در افزایش پایداری شیروانی های طبیعی و شیروانی خاکریزها، افزایش ظرفیت باربری خاک زیر پی، کاهش نشست های نسبی، افزایش سرعت تحکیم خاک و کاهش پتانسیل روانگرایی می توان استفاده کرد.

از معضلات استفاده از ستون های سنگی برای اصلاح خاک های سست، نشست نسبتاً زیاد آن ها به علت عدم امکان تراکم آن ها می باشد. اعمال فشار زیاد به منظور ایجاد تراکم در ستون های سنگی باعث ایجاد کمانش جانبی در این ستون ها شده، که علاوه بر تسریع در مکانیزم گسیختگی، باعث نفوذ ریزدانه ها در منافذ ستون سنگی می شود؛ که این پدیده باعث ایجاد اختلال در عملکرد زهکشی ستون های سنگی می گردد. بنابراین روش هایی برای افزایش کارآیی ستون های سنگی ارائه شده که یکی از این روش ها، محصور شدگی بوسیله ژئوسنتتیک ها می

باشد. این روش دارای مزایای متعددی می باشد؛ ولی به علت عدم امکان ایجاد تراکم مورد نیاز در سنگدانه ها، نشست های نسبتاً زیادی در خاک اصلاح شده ایجاد می کند. همچنین در این روش، فاصله بین ستون ها به طور معمول بسیار کم بوده و اصلاح زمین نیاز به حفاری های متعددی دارد. این مسئله در زمین های سست، بحرانی تر نیز می گردد. بنابراین به نظر می رسد که، این روش از نظر اقتصادی کارآیی لازم را نداشته باشد. [۳]

از دیگر روش های جلوگیری از کمانش جانبی ستون سنگی، ایجاد چسبندگی بین سنگدانه های ستون سنگی است؛ که یکی از این روش ها استفاده از شفته آهک به جای مصالح سنگدانه می باشد. مطالعات مختلف آزمایشگاهی روی ستون های سنگی شفته آهکی انجام شده است؛ اما بررسی های عددی کمتری در این زمینه صورت گرفته است. در این پایان نامه به بررسی عددی رفتار ستون های سنگی شفته آهکی پرداخته شده است.

۱-۳ هدف از تحقیق

هدف اصلی این مطالعه، بررسی عملکرد و رفتار ستون های سنگی از نوع شفته آهکی تحت بارهای محوری و جانبی و مقایسه آن با ستون های سنگی معمولی به روش اجزای محدود[1] می باشد. بدین منظور پارامترهای مختلفی نظیر مقاومت برشی خاک، فاصله مرکز تا مرکز ستون های سنگی و نسبت طول به قطر تحت بارگذاری های قائم و افقی مورد بررسی قرار گرفته اند.

۱-۴ روش تحقیق

در طی دهه های اخیر روش های تحلیلی اجزای محدود به سرعت به یکی از روش های معمول جهت آنالیز مسائل پیچیده ژئوتکنیک در محیط های پیوسته تبدیل شده است. کاربرد این روش ها برای تحلیل مدل های خاک مسلح به علت اندرکنش پیچیده خاک و مسلح کننده ها، هنوز با محدودیت هایی مواجه است و در حال حاضر از این روش ها عمدتا جهت توجیه و تفسیر روشهای شبه تجربی موجود استفاده می شود؛ با این وجود از نتایج روش های اجزای محدود که در جهت اطمینان بهتر است با نتایج کارهای عملی و آزمایشگاهی مقایسه شود، می توان بصورت نمودارهایی جهت کارهای طراحی استفاده نمود و تاثیر پارامترهای مختلف و حساسیت مدل شبیه سازی شده نسبت به هر یک از آنها را بررسی کرد.

1. Finite Element Method

در این تحقیق سعی بر آن است که رفتار بارگذاری-تغییرشکل مجموعه خاک نرم و ستون های سنگی شفته آهکی و نحوه توزیع تنش ها در ستون های سنگی و خاک نرم پیرامون آن در حالات مختلف و با متغیر نمودن پارامترهای متفاوت نظیر مقاومت برشی خاک نرم پیرامون ستون ها، فاصله مرکز تا مرکز ستون ها از یکدیگر و نسبت طول به قطر آنها با کمک مدل سازی کامپیوتری و تحلیل مدل مذکور با استفاده از نرم افزار اجزای محدود دو بعدی PLAXIS بررسی شود. همچنین رفتار ستون سنگی شفته آهکی تحت بار جانبی در نرم افزار PLAXIS 3D Foundation مورد بررسی قرار گرفته است. در این مطالعه، مقایسه ای میان رفتار ستون سنگی معمولی و ستون سنگی شفته آهکی صورت می گیرد تا میزان نقش آهک در افزایش کارایی ستون های سنگی مشخص گردد.

۱-۵ ترتیب ارائه مطالب

خلاصه مطالعات، مدلسازی ها، تحلیل و بررسی نتایج، به صورت زیر در این پایان نامه ارائه شده است:

فصل اول: پیشگفتار می باشد که فصل حاضر است؛ و به مقدمه، بیان موضوع و اهداف تحقیق اختصاص داده شده است.

فصل دوم: مروری بر تحقیقات صورت گرفته در مورد روش های معمول بهسازی خاک است.

فصل سوم: به بررسی مطالعات و تحقیقات صورت گرفته بر روی ستون سنگی و همچنین مبانی تحلیل و طراحی و انواع روش های ارتقای عملکرد آن اختصاص داده شده است.

فصل چهارم: به شرح نرم افزار اجزای محدود Plaxis و نحوه انجام مدلسازی در این مطالعه و همچنین بررسی صحت مدلسازی پرداخته شده است.

فصل پنجم: در این فصل به بررسی های مختلف و ارائه نتایج حاصل از مدلسازی ها و ارزیابی آنها پرداخته شده است.

فصل ششم: این فصل به مطالعه تئوری ستون سنگی شفته آهکی تحت بار افقی و مقایسه آن با نتایج مدلسازی اختصاص داده شده است.

فصل هفتم: به جمع بندی و نتیجه گیری حاصل از تحلیل های عددی و ارائه پیشنهاداتی به منظور گسترش و ارتقای این مطالعه اختصاص داده شده است.

فصل هشتم: حاوی فهرست منابع و مراجع می باشد.