بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران

گرایش مکانیک خاک و پی

عنوان :

بهینه سازی الگوی اجرای ستون های سنگی برای پی سازه های واقع شده بر خاک رس

استاد راهنما:

دکتر مسعود اولی پور

استاد مشاور:

مهندس سید عبدالله حسینی دهدشتی

نگارنده :

محمدرضا آریافر

باسمه تعالی

دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده مهندسی

(نتیجه ارزشیابی پایان نامه کارشناسی ارشد)

پایان نامه آقای: **محمدرضا آریافر** دانشجوی رشته: **کارشناسی ارشد عمران** گرایش: **مکانیک خاک و پی** از دانشکده: **مهندسی** به شماره دانشجویی: **۹۰۴۰۵۰۱**

با عنوان:

بهینه سازی الگوی اجرای ستون های سنگی برای پی سازه های واقع شده بر خاک رس

جهت اخذ مدرک **کارشناسی ارشد** در تاریخ : ۹۲/۱۱/۲۶ توسط هیأت داوران مورد ارزشیابی قرار گرفت و با درجه عالی تصویب گردید.

۱.	**اعضای هیأت داوران :**	**رتبه علمی**	**امضاء**
	استاد راهنما: دکتر مسعود اولی پور	استادیار	.....
	استاد مشاور: مهندس سید عبدالله حسینی دهدشتی	مربی	.....
	استاد داور: دکتر جواد احدیان	استادیار	.....
	استاد داور: دکتر اکبر حسنی پور	استادیار	.....
	نماینده تحصیلات تکمیلی: دکتر امین یاقوتیان	استادیار	.....
۲.	**مدیرگروه:** مهندس سید عبدالله حسینی دهدشتی	مربی	.....
۳.	**معاون پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده:** دکتر علی حقیقی	استادیار	.....
۴.	**مدیرتحصیلات تکمیلی دانشگاه:** دکتر مسعود قربان پور نجف آبادی	استاد	.....

تقدیم به:

مرحوم پدرم و مادر مهربانم

که در تمام مراحل زندگی مرا با دعای خیر خود بدرقه نمودند.

و

همسرعزیزم

که همواره سختی های راه زندگی را بر من هموار ساخت.

با تشکر از :

استاد راهنمای گرانقدرم جناب آقای دکتر مسعود اولی پور

استاد مشاور بزرگوارم جناب آقای مهندس سید عبدالله حسینی دهدشتی

و کلیه عزیزانی که مرا در این راه یاری نمودند.

فهرست مطالب

فرم ارزشیابی ..... أ
اهدانامه ..... ب
تقدیر و تشکر ..... ج
فهرست مطالب ..... د
فهرست شکل ها ..... ز
فهرست جدول ها ..... ط
فهرست علامت ها ..... ک
چکیده ..... م
فصل اول:مقدمه ۱
۱-۱ معرفی ستون سنگی ۱
۱-۲ اهمیت موضوع ۴
۱-۳ کاربرد ۵
۱-۴ انواع روش های اجرا ۶
۱-۴-۱ روش تراکمی - جایگزینی (خیس) یا روش خیس– مصالح ریزی از بالا ۶
۱-۴-۲ روش تراکمی– جابجایی یا تراکمی- جایگزینی خشک یا روش خشک–مصالح ریزی از پایین ۷
۱-۴-۳ روش خشک - مصالح ریزی از بالا ۸
۱-۴-۴ روش چرخشی – جابجایی ۹
۱-۴-۵ روش ستون سنگی رانده شده در زمین ۱۰
۱-۴-۶ روش شمع با ماسه متراکم ۱۱
۱-۴-۷ روش ستون سنگی صلب ۱۲
۱-۶ اهداف تحقیق ۱۳
۱-۷ معرفی پایان نامه ۱۴
پژوهش های پیشین ۱۵
۲-۱ تاریخچه ۱۵
۲-۲ بررسی متون گذشته ۱۷

فصل سوم: مبانی نظری و روش انجام پژوهش ۲۶
۳-۱ مقدمه ۲۶
۳-۲ محاسبه فشار تکیه گاهی مجاز ستون های سنگی ۲۷
۳-۳ محاسبه نشست ۳۰
۳-۴ برنامه اجزاء محدود آباکوس ۳۵
۳-۵ مدل سازی رفتار خاک ۳۶
۳-۶ پارامترهای اساسی مدل در مقایسه با رفتار حقیقی خاک ۳۷
۳-۷ معیار گسیختگی در مدل موهر کلمب ۳۸
فصل چهارم: ارائه نتیجه ها و تحلیل داده ها و بحث ۴۰
۴-۱ مدل نمودن ستون سنگی در خاک رس لایه لایه ۴۰
۴-۱-۱ مدل نمودن مرزهای مش بندی ۴۰
۴-۱-۲ مدل نمودن ستون سنگی و انتخاب ابعاد آن ۴۱
۴-۱-۳ مدل نمودن پی و انتخاب ابعاد آن ۴۲
۴-۱-۴ مدل نمودن خاک و انتخاب ابعاد آن ۴۳
۴-۲ داده های خاک رس و ستون سنگی ۴۴
۴-۳ تعداد مدل ها ۴۵
۴-۴ شماره گذاری مدل ها ۴۵
۴-۵ شماره گذاری نمودارها ۴۷
۴-۶ نتایج ۴۹
۴-۶-۱ تغییرات نشست بر حسب نوع خاک رس در خاک لایه لایه..... ۴۹
۴-۶-۱-۱ تغییرات نشست در حالتی که لایه رس قوی در بالا قرار گیرد..... ۴۹
۴-۶-۱-۲ تغییرات نشست در حالتی که لایه رس ضعیف در بالا قرار گیرد..... ۵۰
۴-۶-۲ تغییرات نشست بر حسب تغییر ارتفاع ستون سنگی در خاک لایه لایه رسی..... ۵۲
۴-۶-۳ تغییرات نشست بر حسب فاصله مرکز به مرکز ستون سنگی در خاک لایه لایه..... ۵۴
۴-۶-۳-۱ تغییرات نشست بر حسب فاصله مرکز به مرکز ستون های سنگی در آرایش مربعی و ارتفاع ۸ متر و یا بیشتر..... ۵۴
۴-۶-۳-۲ تغییرات نشست بر حسب تغییر فاصله مرکز به مرکز ستون های سنگی در آرایش مربعی و ارتفاع کمتر از ۸ متر و آرایش مثلثی در همه ارتفاع ها..... ۵۶
۴-۶-۴ تغییرات نشست بر حسب تغییر اندازه سطح پی در خاک لایه لایه رسی..... ۶۰
۴-۶-۵ تغییرات نشست بر حسب تغییر مدل آرایش ستون سنگی در خاک رسی لایه لایه..... ۶۴
۴-۶-۶ تغییرات نشست بر حسب تغییرات قطر ستون سنگی در خاک رس لایه لایه..... ۶۷
۴-۶-۶-۱ ارتفاع بهینه ستون سنگی بر حسب تغییر قطر..... ۶۷
۴-۶-۶-۲ تغییرات نشست بر حسب تغییرات قطر ستون سنگی در ارتفاع های مختلف..... ۷۰
۴-۶-۶-۳ بهینه کردن عملیات حفاری با توجه به قطر ستون سنگی در ارتفاعات مختلف..... ۷۳

فصل پنجم:نتیجه گیری و ارائه پیشنهاد ۷۷
۵-۱ نتایج ۷۷
۵-۲ پیشنهادات جهت تحقیقات آتی ۸۱
مراجع ۸۲
پیوست الف:نکات اجرایی..... ۸۷
الف-۱ مصالح..... ۸۷
الف-۲ ابزار لازم..... ۸۷
الف-۳ نکات کلی..... ۸۸

فهرست شکل ها و نمودارها

شکل ۱-۱ نحوه اجرای ستون سنگی..... ۲
شکل ۱-۲ افزایش مقاومت برشی خاک زیر پی با استفاده از ستون سنگی..... ۳
شکل ۱-۳ نحوه اجرای ستون سنگی به روش تراکمی- جایگزینی یا خیس– مصالح ریزی از بالا..... ۶
شکل ۱- ۴ نحوه اجرای ستون سنگی به روش خشک – مصالح ریزی از بالا..... ۹
شکل ۲-۱ معرفی سلول واحد..... ۲۳
شکل ۲-۲ نمودار نرمالیزه شده عمق ستون سنگی به برآمدگی جانبی..... ۲۵
شکل ۳-۱ کاهش نشست تقریبی زمین تقویت شده با ستون های سنگی (بر اساس Greenwood , Thomson 1984)..... ۳۰
شکل ۳-۲ فرض ستون سنگی و خاک اطراف آن به عنوان سلول واحد..... ۳۱
شکل ۳-۳ زمین اصلاح شده با ستون سنگی..... ۳۲
شکل ۳-۴ رابطه بین نسبت کاهش نشست و نسبت مصالح اصلاح شده..... ۳۴
شکل ۳-۵ مدل سازی تنش خاک بر اساس مدل موهر-کلمب..... ۳۷
شکل ۳-۶ دایره موهر و معیار کلمب..... ۳۸
شکل ۴-۱ شرایط مرزی اعمال شده در مدل ها..... ۴۱
شکل ۴-۲ نمایی از مدل ستون سنگی و لایه شن بالای آن..... ۴۲
شکل ۴-۳ نمایی از پی..... ۴۳
شکل ۴-۴ لایه بندی خاک..... ۴۳
شکل ۴-۵ تغییرات نشست نسبت به h/h1 در لایه بندی نوع ۳..... ۵۲
شکل ۴-۶ تغییرات نشست نسبت به h/h1 در لایه بندی نوع ۴..... ۵۳
شکل ۴-۷ تغییرات نشست نسبت به h/h1 در لایه بندی نوع ۵..... ۵۳
شکل ۴-۸ تغییرات نشست بر حسب s در لایه بندی نوع ۳..... ۵۴
شکل ۴-۹ تغییرات نشست بر حسب s در لایه بندی نوع ۴..... ۵۵
شکل ۴-۱۰ تغییرات نشست بر حسب s در لایه بندی نوع ۵..... ۵۵
شکل ۴-۱۱ تغییرات نشست بر حسب s در h=۲، h=۴ ، آرایش مربعی و لایه بندی نوع ۳..... ۵۶

شکل ۴-۱۲ تغییرات نشست بر حسب s در h=۴،h= ۲ ، آرایش مربعی و لایه بندی نوع ۴..... ۵۷
شکل ۴-۱۳ تغییرات نشست بر حسب s در h=۴،h= ۲ ، آرایش مربعی و لایه بندی نوع ۵..... ۵۷
شکل ۴-۱۴ تغییرات نشست بر حسب s در h=۱۴تا۲ ، آرایش مثلثی و لایه بندی نوع ۳..... ۵۸
شکل ۴-۱۵ تغییرات نشست بر حسب s در h=۱۴تا۲ ، آرایش مثلثی و لایه بندی نوع ۴..... ۵۸
شکل ۴-۱۶ تغییرات نشست بر حسب s در h=۱۴تا۲ ، آرایش مثلثی و لایه بندی نوع ۵..... ۵۹
شکل ۴-۱۷ تغییرات نشست بر حسب h/h1 در قطرهای مختلف با s=۲m ، آرایش ستون سنگی مربعی در لایه بندی نوع ۳..... ۶۷
شکل ۴-۱۸ تغییرات نشست بر حسب h/h1 در قطرهای مختلف با s=۲/۷m ، آرایش ستون سنگی مربعی در لایه بندی نوع ۳..... ۶۸
شکل ۴-۱۹ تغییرات نشست بر حسب h/h1 در قطرهای مختلف با s=۲m ، آرایش ستون سنگی مربعی در لایه بندی نوع ۴..... ۶۸
شکل ۴-۲۰ تغییرات نشست بر حسب h/h1 در قطرهای مختلف با s=۲/۷m ، آرایش ستون سنگی مربعی در لایه بندی نوع ۴..... ۶۹
شکل ۴-۲۱ تغییرات نشست بر حسب تغییر قطر ستون سنگی با s=۲m ، پی مربعی و آرایش ستون سنگی مربعی در لایه بندی نوع ۳..... ۷۰
شکل ۴-۲۲ تغییرات نشست بر حسب تغییر قطر ستون سنگی با s=۲/۷m ، پی مربعی و آرایش ستون سنگی مربعی در لایه بندی نوع ۳..... ۷۱
شکل ۴-۲۳ تغییرات نشست بر حسب تغییر قطر ستون سنگی با s=۲m ، پی مربعی و آرایش ستون سنگی مربعی در لایه بندی نوع ۴..... ۷۱
شکل ۴-۲۴ تغییرات نشست بر حسب تغییر قطر ستون سنگی با s=۲/۷m ، پی مربعی و آرایش ستون سنگی مربعی در لایه بندی نوع ۴..... ۷۲

فهرست جدول ها

جدول ۴-۱ مشخصات خاک رس و ستون سنگی..... ۴۴

جدول ۴-۲ تاثیر لایه بندی های ۲،۱و۶ بر نشست..... ۵۰

جدول ۴-۳ نشست خاک اصلاح نشده و اصلاح شده با ستون سنگی در لایه بندی های ۳ ، ۴ و ۵..... ۵۱

جدول ۴-۴ درصد کاهش نشست خاک اصلاح شده با ستون سنگی در لایه بندی های ۳ ، ۴ و ۵..... ۵۱

جدول ۴-۵ تغییرات نشست در پی ها و لایه بندی های مختلف در h=۸ ، s=۱/۴ ، آرایش مربعی و تحت بار یکسان..... ۶۰

جدول ۴-۶ تغییرات نشست در پی ها و لایه بندی های مختلف در h= ۸ ،s=۲/۷ ، آرایش مربعی و تحت بار یکسان..... ۶۱

جدول ۴-۷ تغییرات نشست در پی ها و لایه بندی های مختلف در h= ۱۱ ،s=۲ ، آرایش مربعی و تحت بار یکسان..... ۶۱

جدول ۴-۸ تغییرات نشست در پی ها و لایه بندی های مختلف در h= ۱۱ ،s=۲/۷، آرایش مربعی و تحت بار یکسان..... ۶۲

جدول ۴-۹ تغییرات نشست در پی ها و لایه بندی های مختلف در h= ۸ ،s=۲/۷ ، آرایش مثلثی و تحت بار یکسان..... ۶۲

جدول ۴-۱۰ تغییرات نشست در پی ها و لایه بندی های مختلف در h= ۴ ، s=۲ ، آرایش مثلثی و تحت بار یکسان..... ۶۳

جدول ۴-۱۱ تغییرات نشست در پی ها و لایه بندی های مختلف در h= ۴ ، s= ۲ ، آرایش مربعی و تحت بار یکسان..... ۶۳

جدول ۴-۱۲ تغییرات نشست بر حسب آرایش پی ها در لایه بندی های مختلف ، h=۸ m ، s=۲/۷ m و تحت بار یکسان..... ۶۴

جدول ۴-۱۳ تغییرات نشست بر حسب آرایش پی ها در لایه بندی های مختلف ، h=۴ m، s=۲/۷ m و تحت بار یکسان..... ۶۵

جدول ۴-۱۴ تغییرات نشست بر حسب آرایش پی ها در لایه بندی های مختلف ، h=۴ m ، s=۳/۶ m و تحت بار یکسان..... ۶۵

جدول ۴-۱۵ تغییرات نشست بر حسب آرایش پی ها در لایه بندی های مختلف ، h=۱۴ m ، s=۱/۷ m و تحت بار یکسان..... ۶۶
جدول ۴-۱۸ تغییر نشست بر حسب تغییر قطر در ۱۱ m و ۸ ، h= ۴ ، s=۲ m ، آرایش مربعی و پی مربعی در لایه بندی ۳..... ۷۴
جدول ۴-۱۹ تغییر نشست بر حسب تغییر قطر در ۱۱ m و ۸ ، h= ۴ ، s=۲/۷ m ، آرایش مربعی و پی مربعی در لایه بندی ۳..... ۷۴
جدول ۴-۲۰ تغییر نشست بر حسب تغییر قطر در ۱۱ m و ۸ ، h= ۴ ، s=۲/۷ m ، آرایش مربعی و پی مربعی در لایه بندی ۴..... ۷۵
جدول ۴-۲۱ تغییر نشست بر حسب تغییر قطر در ۱۱ m و ۸ ، h= ۴ ، s=۲ m ، آرایش مربعی و پی مربعی در لایه بندی ۴..... ۷۶

فهرست علامت ها

q_a	فشار تکیه گاهی مجاز ستون سنگی
Φ	زاویه اصطکاک داخلی زهکشی شده سنگ
C	چسبندگی زهکشی شده
σ_r	تنش شعاعی موثر اندازه گیری شده توسط فشارسنج
SF	ضریب اطمینان
Pa	بار مجاز ستون سنگی
C_S	چسبندگی جانبی در رس
C_P	چسبندگی خاک در نوک یا پای ستون سنگی
A_S	سطح جانبی متوسط ستون سنگی
V_C	حجم در جای سنگ
N_C	ظریب ظرفیت باربری
P_{ult}	بار گسیختگی ستون سنگی
L_C	طول ستون سنگی
D_{col}	قطر ستون سنگی
a_s	نسبت ناحیه اصلاح شده
A_S	مساحت افقی مجموع ستون های سنگی
A_C	مساحت افقی خاک اطراف ستون های سنگی
n	ضریب تمرکز تنش
σs	تنش موجود در خاک اطراف
R	نسیت کاهش پذیری
S_t	نشست زمین اصلاح شده
So	نشست زمین اصلاح نشده
m_v	مدول ضریب تغییر حجم

ψ	زاویه اتساع خاک
E	مدول یانگ
υ	ضریب پواسون
σ_3	فشار جانبی
σ_1	فشار محوری

چکیده

نام خانوادگی: **آریافر**	نام: **محمدرضا**	شماره دانشجویی: **۹۰۴۰۵۰۱**
عنوان پایان نامـه: **بهینه سازی الگوی اجرای ستون های سنگی برای پی سازه های واقـع شده بر خاک رس**		
استاد راهنما: **دکتر مسعود اولی پور**		
استاد مشاور: **مهندس سید عبدالله حسینی دهدشتی**		
درجه تحصیلی: **کارشناسی ارشد**	رشته: **مهندسی عمران**	گرایش: **مکانیک خاک و پی**
دانشگاه: **شهیدچمران اهواز**	دانشکده: **مهندسی**	گروه: **عمران**
تاریخ فارغ التحصیلی : ۹۲/۱۱/۲۶		تعداد صفحه: ۹۱
کلید واژه: **نشست، ستون سنگی، تحلیل عددی، آباکوس**		

یکی از روش های متداول برای بهسازی و اصلاح خاک، استفاده از ستون های سنگی می باشد. با استفاده از ستون های سنگی در خاک های سست، می توان ظرفیت باربری خاک را تا حد مورد نیاز تامین نمود. در تحقیق حاضر، مطالعه عددی رفتار گروه ستون سنگی در خاک لایه لایه رسی به صورت سه بعدی به کمک نرم افزار اجزاء محدود آباکوس بررسی شده است. بارگذاری بر روی پی صلب انجام شده است. گروه ستون سنگی با دو آرایش مربعی و مثلثی درون خاک لایه ای قرار گرفته اند. رفتار مصالح ستون سنگی و خاک اطراف آن با مدل رفتاری الاستوپلاستیک موهر- کولمب مدل سازی شده است. در تحلیل های انجام شده تاثیر تغییرات ارتفاع، فاصله مرکز به مرکز، قطر، نوع آرایش در ستون های سنگی ، اندازه پی بر روی زمین اصلاح شده با ستون سنگی و تغییر مصالح رسی در خاک های لایه لایه بررسی شده است.

نتایج نشان می دهد در لایه بندی هایی که رس قوی در لایه بالا است، ستون سنگی تاثیری بر کاهش نشست ندارد ولی در لایه بندی هایی که رس ضعیف در لایه بالا است، حدود ۴۰ تا ۶۰ درصد در کاهش نشست مؤثر است. در مدل های مربعی نسبت به مدل های مثلثی نشست خاک اصلاح شده با ستون سنگی کمتر می باشد. در قطرهای مختلف ستون سنگی ارتفاع ۸ متر بهینه ترین حالت می باشد. هر چه نسبت طول به عرض پی به ۱ نزدیکتر باشد با کاهش مقادیر نشست پی همراه می باشد. به علاوه فاصله بهینه ستون های سنگی از یکدیگر به آرایش و ارتفاع ستون ها و نوع لایه بندی خاک بستگی دارد.

فصل اول

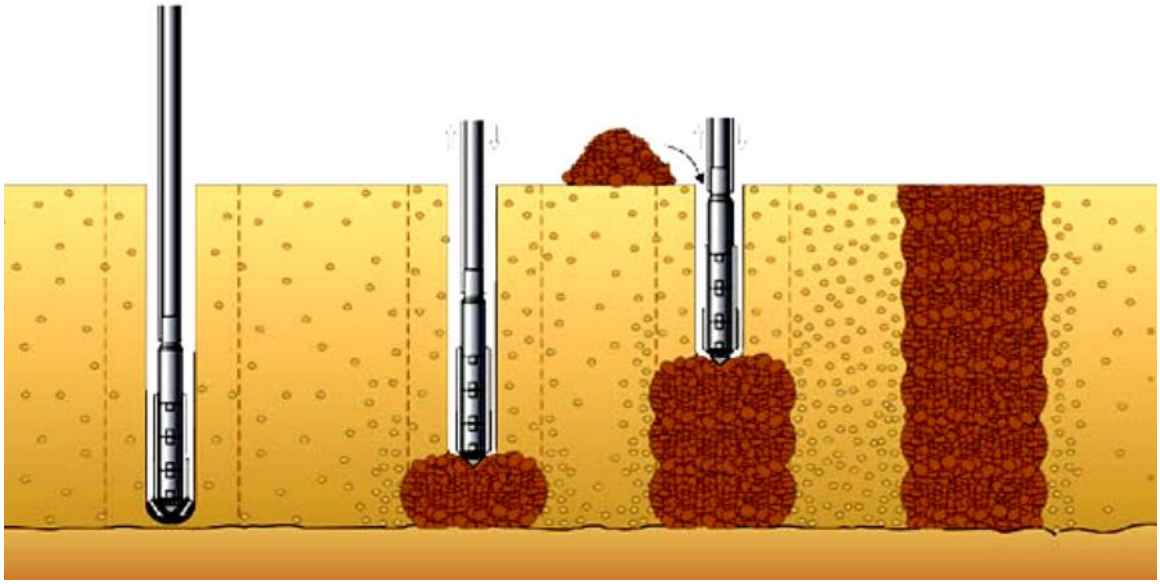
مقدمه

اصلاح خاک همواره چالش بسیار مهم پیش روی مهندسین می باشد. مهندسین همواره به دنبال روش های کم هزینه و پرسرعت برای دستیابی به این مهم می باشند. تا کنون روش های متعددی در این زمینه ابداع و اجرا گردیده اند. در این فصل به معرفی روش ستون سنگی[۱] به عنوان یکی از روش های اصلاح خاک پرداخته خواهد شد.

۱-۱ معرفی ستون سنگی

ستون های سنگی یک روش اصلاح خاک جهت افزایش ظرفیت باربری و یا تقلیل نشست خاک زیر پی، سازه ها می باشد .در این روش تعویض ۱۵ الی ۳۵ درصد حجم خاک نامرغوب از لحاظ مهندسی ژئوتکنیک زیر پی بوسیله حفر چاههایی با قطر و عمق و فاصله معین از یکدیگر و پر کردن چاهها بوسیله شن یا سنگ ریزه و متراکم نمودن بصورت ستونهای عمودی صورت می گیرد.[۱] در شکل۱-۱ نحوه اجرای ستون سنگی مشاهده می شود.

۱ -Stone Column



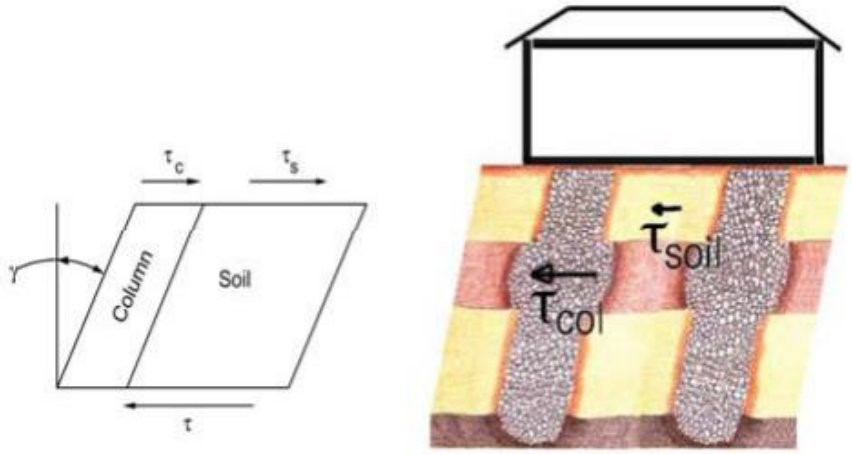
شکل ۱-۱ نحوه اجرای ستون سنگی[۲]

مواد دانه ای بصورت لایه لایه در چاه حفر شده، ریخته و بوسیله دستگاههای مخصوص مرتعش و بر تراکم آنها افزوده می شود. [۱] از جمله علت های استفاده از ستون سنگی بعنوان گزینه ای جهت اصلاح خاک عبارتند از:

۱- افزایش باربری و کاهش نشست پذیری (بطور معمول ۳۰ الی ۵۰ درصد نشست پذیری کاهش می یابد) مناطق گسترده ای که تحت اعمال بار هستند (مانند زمین زیر پی خاکریزها یا زیر پی تانکهای بزرگ، مخازن نفت، آب و....)

۲- ظرفیت باربری خوبی که ستونهای سنگی دارند (بطور معمول هر ستون سنگی ۲۰ الی ۵۰ تن بار تحمل می کند)

۳- با استفاده از ستون سنگی در خاکهای سیلتی و رسی با قابلیت تراکم خوب مقاومت برشی سطح زمین بطور معمول در حدود ۵۰-۱۵ کیلو نیوتن بر متر مربع افزایش می یابد. اگر مانند شکل



شکل ۱–۲ افزایش مقاومت برشی خاک زیر پی با استفاده از ستون سنگی[۲]

۱–۲ یک نیروی برشی مانند نیروی برشی زلزله در خاک اثر کند ، کرنش زاویه ای (γ) ایجاد می کند. در صورتی که از ستون سنگی استفاده شود، فرض می شود که کرنش زاویه ای خاک و ستون سنگی برابر باشد (معمولاً سختی ستون های سنگی ۲ الی ۵ برابر خاک اطراف است)، در این صورت با استفاده از تعادل نیروها میتوان نوشت:

$$\tau_c A_c + \tau_s A_s = \tau A , \qquad (۱–۱)$$

با توجه به اینکه مقدار γ خاک و ستون سنگی باهم برابر است می توان نوشت:

$$\tau_S = \frac{\tau}{\frac{G_C}{G_S}\frac{A_C}{A} + \frac{A_S}{A}} \qquad (۱–۲)$$

که در آن AS و AC مساحت افقی خاک و ستون سنگی و GS و Gc مدول برشی خاک و مدول برشی ستون سنگی می باشد. با توجه به رابطه (۱–۲) ملاحظه می شود که با استفاده از ستون سنگی نیروی برشی تحمیلی به خاک کمتر می شود.[۲]

۴- ستون سنگی یک روش اصلاح اقتصادی است . بطور معمول طول ۶ الی ۱۰ متری از ستون سنگی اقتصادی به نظر می رسد در اروپا بطور معمول از ستون سنگی در طول ۴ تا ۶ متری استفاده می شود و بطور معمول ستون سنگی با طول بیش از ۱۰ متر غیر اقتصادی می باشد. در ضمن علاوه بر غیر اقتصادی بودن مشکلات اجرایی نیز با افزایش طول ستون سنگی افزایش می یابد، با این حال در اروپا و آمریکا ستون سنگی تا طول ۲۱ متر نیز اجرا شده است. از ستون سنگی بطور معمول در خاکهایی که حداقل مقاومت برشی زهکشی نشده آنها کمتر از ۷ کیلو نیوتن بر متر مربع باشد استفاده می شود. اما نکته ای که با اهمیت است و باید به آن توجه شود، آن است که در خاکهای حساس و خاکهای حاوی مواد آلی بعلت تراکم پذیری بالا، ممکن است ستون سنگی بعلت عدم حمایت جانبی از طرف خاک، با انبساط جانبی[۱] مواجه شود.

۱-۲ اهمیت موضوع

با افزایش روز افزون جمعیت و توسعه صنایع مشکل کمبود زمین مناسب جهت احداث سازه های مورد نیاز موجب شده است تا انسان به استفاده از زمینهای با کیفیت پایین تر از لحاظ مهندسی ژئوتکنیک روی آورد. اما جهت احداث یک سازه مناسب باید به نوعی کیفیت خاک نامناسب از لحاظ پارامترهای مهندسی ژئوتکنیک ارتقاء داده شود تا خاک در اثر نیروهای ناشی از سازه مورد نظر عملکرد مناسبی داشته باشد. با پیشرفت تکنولوژی هر روزه شاهد ارتقاء روشهای اصلاح خاک و ابداع روشهای جدید اصلاح خاک می باشیم. با توجه به روشهای متعدد اصلاح خاک یک مهندس ژئوتکنیک می تواند چندین روش اصلاح خاک را مدنظر قرار داده و در این میان

۱-Bulging

بهترین و اقتصادی ترین طرح را در اصلاح خاک محل بکار بگیرد. روشهای معمول اصلاح خاک عبارتند از : تراکم، پیش بارگذاری، زهکشی، چگالش با استفاده از تجهیزات لرزشی، استفاده از تسلیح درجا (مانند ستونهای سنگی یا ماسه ای)، تزریق دوغاب، استفاده از زمین پارچه، تثبیت شیمیایی.[۳] و [۴]

۱-۳ کاربرد

۱. افزایش پایداری شیروانی های طبیعی و شیروانی خاکریزها

۲. افزایش ظرفیت باربری خاک زیر پی به خصوص در خاک رس یا سیلتی ماسه ای سست

۳. کاهش نشستهای تفاضلی

۴. کاهش پتانسل روانگرایی

۵. افزایش سرعت تحکیم خاک و کاهش زمان تحکیم

البته موارد ذکر شده از کاربردهای عمده و شاخص ستون سنگی می باشد و کاربرد ستون سنگی تنها در موارد ذکر شده محدود نمی شود و در سایر موارد نیز از ستون سنگی می شود استفاده کرد. برای مثال در پل ها، در زیر دال دسترسی[۱] که در زیر بارهای دینامیکی شدید ناگهانی قرار دارد، با استفاده از ستونهای سنگی می توان از نشست خاک زیر دال دسترسی کاست[۱] از کاربردهای دیگر ستون سنگی در راه سازی است. در بسیاری از موارد بستر خاکریزی نشست پذیری بالایی دارد، به راحتی با استفاده از ستون سنگی ، می توان بستر مناسبی جهت خاکریزی راه فراهم نمود.

۱- Approach Slab