



پرویس بین المللی ارس

گروه مهندسی خاک و پی

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته ی مهندسی عمران گرایش مهندسی خاک و پی

عنوان

بررسی نشست گروه ستون های سنگی ساده
و محصور شده با ژئوتکستایل در خاک های نرم

استاد راهنما

دکتر توحید اخلاقی

استاد مشاور

دکتر غلام مرادی

پژوهشگر

سامان تبریزی زرین قبایی

شهریور ۱۳۹۳

بنام خدا

دم زن از عشق وجودی که عدم زنده از اوست

دمبدم زنده از انیم که دم زنده از اوست

افرینش به قلم کن که رقم زنده از اوست

افرینش قلم اندازش و عشقش رقم است

(استاد شهریار)

تقدیم به:

پیشگاه مادر عزیز و پدر بزرگوار

تقدیر و تشکر

بنام ایزد یکتا

بدین وسیله از کلیه معلمین و مدرسین که در امر آموزش در حق اینجانب متحمل زحمت گردیده اند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

ضمناً از اساتید عزیز و گرامی که در دانشگاه به من علم آموخته و با کمال محبت باعث گردیده اند که این پایان نامه به اتمام برسد قدردانی کرده و دست بوس هستم و امیدوارم دعاهای خیرشان راهگشای زندگیم باشد.

در خاتمه از جناب آقای دکتر توحید اخلاقی استاد معظم و استاد راهنمای معزز که در گردآوری این مجموعه چراغ راهنماییم بودند بینهایت سپاسگذارم.

نام خانوادگی: تبریزی زرین قبابی	نام: سامان
<p align="center">عنوان پایان نامه:</p> <p align="center">بررسی نشست گروه ستون های سنگی ساده و محصور شده با ژئوتکستایل در خاک های نرم</p>	
<p align="center">استاد راهنما: دکتر توحید اخلاقی</p> <p align="center">استاد مشاور: دکتر غلام مرادی</p>	
<p>مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد رشته: مهندسی عمران گرایش: خاک و پی</p> <p>دانشگاه: تبریز دانشکده: پردیس بین المللی ارس تاریخ فارغ التحصیلی: ۱۳۹۳/۰۶/۳۰</p> <p align="right">تعداد صفحات: ۱۲۴</p>	
<p align="center">کلید واژه: ستون سنگی، تحلیل استاتیکی، نشست، نرم افزار plaxis، بهسازی خاک</p>	
<p align="right">چکیده:</p> <p>ستونهای سنگی به عنوان یک گزینه مطرح جهت بهسازی خاکهای سست نظیر رس و ماسه لای دار شل به شمار می روند. با اجرای ستونهای سنگی ظرفیت باربری خاک به طور قابل ملاحظه ای افزایش یافته و از طرفی مقدار نشست خاک نیز کاهش می یابد و می توان به سطح مناسبی از ضریب ایمنی در برابر مخاطرات ژئوتکنیکی رسید. در ادبیات فنی موضوع برای تثبیت بسترهای سست روشهای متنوعی پیشنهاد گردیده است، که در این میان استفاده از ستونهای سنگی که عمدتاً جایگزینی بخشی از مصالح محل با مصالح سنگی است، یکی از روش های مناسب و اقتصادی به شمار می رود. سازگاری این روش با شرایط زیست محیطی و قابلیت اجرای سریع، آسان و ارزان آن از یک سو و بهبود قابل توجه خواص فیزیکی - مکانیکی توده خاک حاصل از سوی دیگر باعث افزایش روز افزون استقبال عمومی جامعه مهندسی از این روش گردیده است.</p> <p>در این پایان نامه با بررسی و مطالعه پارامترهای تاثیرگذاری همچون محصورشدگی، مدول سختی ژئوتکستایل، زاویه اصطکاک داخلی مصالح ستون سنگی، مدول الاستیسیته مصالح ستون سنگی، آرایش</p>	

روکش محصورکننده و طول های نا برابر انتظار می رود گراف های بار- جابجایی سیستم ستون سنگی- خاک برای هریک از پارامترهای مورد مطالعه حاصل گردد. مدل سازی بوسیله نرم افزار المان محدود Plaxis 3D Foundation انجام گرفته است و تمامی نتایج و خروجی ها بوسیله منحنی های بار- نشست تحلیل و بررسی شده است. مطالعات انجام شده نشان می دهد که افزایش سختی روکش، ستون های سنگی را سخت تر کرده و باعث عملکرد مطلوب گروه ستون سنگی می شود همچنین با ارزیابی تاثیر زاویه اصطکاک داخلی مصالح ستون سنگی و مدول الاستیسیته مصالح ستون سنگی به این نتیجه رسیدیم که عملکرد گروه ستون های سنگی به این دو پارامتر حساسیت کمتری دارد. همچنین با بررسی اثر تغییر آرایش طول روکش ستونها مشاهده شده است که میتوان به جای روکش نمودن تمام ستونهای واقع در گروه تنها با روکش نمودن ستونهای پیرامونی و بدون کاهش قابل ملاحظه در ظرفیت باربری، به طراحی بهینه و اقتصادی دست یافت.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل اول- کلیات
۱	۱-۱- مقدمه
۳	۲-۱- بیان مساله
۴	۳-۱- اهداف پژوهش
۴	۴-۱- روش و محدوده پژوهش
۵	۵-۱- فصول پایان نامه
	فصل دوم - مروری بر ادبیات فنی و پیشینه پژوهش
۶	۱-۲- مقدمه
۷	۲-۲- کاربرد ستون سنگی
۸	۳-۲- روش های اجرای ستون سنگی
۸	۱-۳-۲- روش تر
۹	۲-۳-۲- روش خشک
۱۱	۳-۳-۲- روش دینامیکی
۱۲	۴-۲- تجهیزات جهت اجرای ستون سنگی
۱۳	۵-۲- مقایسه روش های ساخت
۱۴	۶-۲- دانه بندی مورد استفاده در ساخت ستون های سنگی
۱۵	۷-۲- ویژگی ها و نکات اجرایی در ساخت ستون های سنگی
۱۶	۸-۲- روابط پایه
۱۶	۱-۸-۲- سلول واحد
۱۸	۲-۸-۲- نسبت جایگزینی
۱۹	۳-۸-۲- تمرکز تنش

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۲۰	۹-۲- پوشش دانه ای روی مصالح
۲۲	۱۰-۲- مکانیزم عملکرد ستون سنگی
۲۲	۱۱-۲- مقاومت برشی خاک
۲۲	۱۲-۲- بار طراحی
۲۳	۱۳-۲- اصول طراحی ستون سنگی
۲۳	۱-۱۳-۲- قطر ستون سنگی
۲۵	۲-۱۳-۲- عمق ستون سنگی
۲۵	۳-۱۳-۲- فاصله ستون سنگی
۲۶	۱۴-۲- ظرفیت باربری نهایی
۲۶	۱-۱۴-۲- تحلیل ستون های سنگی منفرد
۲۸	۲-۱۴-۲- تحلیل گروه ستون های سنگی
۳۰	۱۵-۲- نشست زمین های مسلح شده با ستون سنگی
۳۸	۱۶-۲- اثر ستون سنگی در نرخ میزان تحکیم
۳۹	۱۷-۲- مکانیزم گسیختگی ستون های سنگی منفرد
۴۱	۱۸-۲- مکانیزم گسیختگی گروه ستون های سنگی
۴۲	۱۹-۲- روشهای بررسی و تحلیل ستون سنگی
۴۵	۲۰-۲- معرفی مسلح کننده های ژئوسنتتیک
۴۵	۲۱-۲- انواع ژئو سنتتیک ها

۴۵	۲-۲۲- ژئوتکستایل ها
۴۶	۲-۲۲-۱- ژئوتکستایل های بافته شده
۴۶	ژئوتکستایل های بافته نشده

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۴۷	۲-۲۲-۳- ژئوتکستایل های کش بافت
۴۷	۲-۲۲-۴- ژئوتکستایل های دوخته شده
۵۰	۲-۲۳- عملکرد های اصلی ژئوسنتتیک ها
۵۰	۲-۲۳-۱- تسلیح
۵۱	۲-۲۳-۲- جدا سازی
۵۱	۲-۲۳-۳- فیلتراسیون
۵۲	۲-۲۳-۴- زهکشی
۵۳	۲-۲۳-۵- آب بندی
۵۳	۲-۲۳-۶- حفاظت
۵۵	۲-۲۴- مزایای ژئوسنتتیک ها
۵۶	۲-۲۵- معایب ژئوسنتتیک ها
۵۶	۲-۲۶- تشخیص زمین
	فصل سوم – مواد و روشها
۵۷	۳-۱- مقدمه
۵۷	۳-۲- معرفی نرم افزار Plaxis 3D Foundation
۵۷	۳-۳- جنبه های عمومی مدل ها

۵۸	۱-۳-۳- چاهک ها
۵۹	۲-۳-۳- سطوح کار
۶۰	۳-۳-۳- نقاط
۶۰	۴-۳-۳- خطوط
۶۰	۵-۳-۳- کلاسترها
۶۱	۶-۳-۳- المان ها

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۶۱	۷-۳-۳- گره ها
۶۱	۸-۳-۳- نقاط تحت تنش
۶۲	۴-۳- مدل سازی عددی
۶۳	۱-۴-۳- هندسه مدل
۶۵	۵-۳- مشخصات و معرفی مصالح مورد استفاده
۶۶	۱-۵-۳- مشخصات خاک
۶۶	۲-۵-۳- پارامترهای اصلی مدل موهر - کلمب
۶۶	۱-۲-۵-۳- ضریب یانگ
۶۷	۲-۲-۵-۳- نسبت پواسن
۶۷	۳-۲-۵-۳- چسبندگی
۶۷	۴-۲-۵-۳- ضریب اصطکاک
۶۸	۵-۲-۵-۳- زاویه اتساع
۶۸	۶-۳- مراحل ساخت مدل
۷۰	۱-۶-۳- مشخص کردن سطوح کار

۷۱	۳-۶-۲- تعریف ابعاد و موقعیت پی
۷۱	۳-۶-۳- تعریف ستون سنگی
۷۲	۳-۶-۴- چاهک ها و تعریف مواد و مصالح
۷۳	۳-۶-۵- ورود مشخصات مصالح
۷۵	۳-۶-۶- مش بندی
۷۶	۳-۶-۷- فاز بندی مدل
۷۷	۳-۶-۷-۱- برنامه محاسبات
۷۷	۳-۶-۷-۲- منوی محاسبات

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۷۷	۳-۶-۷-۳- تعریف فاز محاسبات
۷۹	۳-۶-۷-۴- ورود یا حذف فاز های محاسباتی
۷۹	۳-۶-۸- انتخاب گره
۸۰	۳-۶-۹- بارگذاری
۸۱	۳-۶-۱۰- انجام محاسبات
۸۲	۳-۶-۱۱- گرفتن خروجی
۸۳	۳-۷- صحت سنجی مدل سازی عددی
۸۴	۳-۷-۱- حالت غیر مسلح
۸۶	۳-۷-۲- حالت مسلح
۸۷	۳-۸- آنالیز حساسیت
۸۸	۳-۸-۱- آنالیز حساسیت عمق توده خاک
۸۹	۳-۸-۲- آنالیز حساسیت شعاع توده خاک

فصل چهارم - بحث و نتایج

۹۰	۴-۱- مقدمه
۹۲	۴-۲- شماره گذاری ستونهای سنگی
۹۲	۴-۳- بررسی تاثیر روکش ژئوتکستایل
۹۵	۴-۴- بررسی تاثیر سختی ژئوتکستایل
۱۰۰	۴-۵- بررسی تاثیر زاویه اصطکاک اخلی ستون سنگی
۱۰۴	۴-۶- بررسی تاثیر مدول الاستیسیته مصالح ستون سنگی
۱۰۸	۴-۷- بررسی تاثیر طول روکش ژئوتکستایل
۱۱۲	۴-۸- بررسی طول های نا برابر در گروه ستون های سنگی

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل پنجم - نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات
۱۱۷	۵-۱- مقدمه
۱۱۷	۵-۲- نتیجه گیری
۱۲۰	۵-۳- پیشنهادات
۱۲۱	منابع

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۲۳	جدول (۱-۲): نمونه ای از بارهای طراحی برای پشتیبانی پی ها (بارکسدل، ۱۹۸۳)
۴۸	جدول (۲-۲): علائم اختصاری برای انواع ژئوسنتتیک ها (کومار شوکلا و یین ^۱ ، ۲۰۰۶)
۵۴	جدول (۳-۲): عملکرد ژئوسنتتیک ها بر اساس علائم اختصاری (حمیدی، ۲۰۱۰)
۵۵	جدول (۴-۲): انتخاب ژئوسنتتیک ها برای عملکردهای اصلی (حمیدی، ۲۰۱۰)
۵۶	جدول (۵-۲): توصیف خاک ها بر حسب تراکم نسبی
۶۵	جدول (۱-۳): مشخصات مصالح
۸۴	جدول (۲-۳): خواص مصالح برای بررسی صحت نرم افزار در حالت غیر مسلح
۸۶	جدول (۳-۳): خواص مصالح برای بررسی صحت نرم افزار در حالت مسلح
۱۱۰	جدول (۱-۴): مشخصات آرایش طول روکش ستون ها در مدل های ساخته شده
۱۱۳	جدول (۲-۴): مشخصات طول ستون های سنگی در مدل های مختلف

فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۸	شکل (۱-۲): مراحل روش تر
۹	شکل (۲-۲): اجرای ستون سنگی به روش ارتعاشی - جایگزینی هنگ کنگ
۱۰	شکل (۳-۲): مراحل روش تغذیه از بالا
۱۰	شکل (۴-۲): مراحل روش تغذیه از پائین
۱۰	شکل (۵-۲): اجرای ستون سنگی به روش جابجایی ارتعاشی در ایرلند
۱۱	شکل (۶-۲): مراحل روش ستون سنگی کوبشی (داس، ۲۰۰۳)
۱۲	شکل (۷-۲): نمونه ای از ویبراتورهاى متداول
۱۳	شکل (۸-۲): محدوده مجاز دانه بندی خاک برای روشهای مختلف بهسازی خاک (FHWA)
۱۷	شکل (۹-۲): قطر تاثیر در حلت مثلثی
۱۷	شکل (۱۰-۲): قطر تاثیر در حالت مربعی
۱۸	شکل (۱۱-۲): قطر تاثیر در حالت شش ضلعی
۱۹	شکل (۱۲-۲): توزیع تنش در ستون سنگی و خاک اطراف (Bergado et al., 1996)
۲۱	شکل (۱۳-۲): تاثیر پوشش دانه ای متراکم در عملکرد و رفتار ستون سنگی (FHWA)
۲۱	شکل (۱۴-۲): تاثیر پوشش دانه ای متراکم در قسمت بالایی و پایینی ستون (مدها، ۱۹۷۸)
۲۴	شکل (۱۵-۲): تغییرات قطر ستون در مقابل مقاومت برشی خاک
۲۵	شکل (۱۶-۲): اثر فاصله ستونهای سنگی روی میزان کاهش نشست
۲۹	شکل (۱۷-۲): مکانیزم ظرفیت باربری گروه کوچک ستونهای سنگی
۲۹	شکل (۱۸-۲): رابطه کاهش بار نشست برای فونداسیون های تقویت شده با ستون سنگی (Hughes & Withers, 1974)
۳۱	شکل (۱۹-۲): نشست پی مخازن (مایکل، ۱۹۷۷)

فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۳۴	شکل (۲-۲۱): تاثیر فاصله ستون سنگی در نسبت نشست (گرین وود ، ۱۹۷۰)
۳۴	شکل (۲-۲۲): مقایسه روش گرین وود و روش تعادل برای تخمین نسبت نشست
۳۵	شکل (۲-۲۳): تعیین نشت فونداسیون ساخته شده روی ستون سنگی (تامسون، ۱۹۸۴)
۳۶	شکل (۲-۲۴): نمودار تعیین فاکتور بهبود نشست (پرایب، ۱۹۹۵)
۳۷	شکل (۲-۲۵): تعیین میزان تراکم پذیری مصالح ستون سنگی (پرایب، ۱۹۹۵)
۳۸	شکل (۲-۲۶): استهلاك فشار آب حفره ای (FHWA)
۳۹	شکل (۲-۲۷): انواع گسیختگی در ستون سنگی در خاک همگن (FHWA)
۴۰	شکل (۲-۲۸): گسیختگی ستون سنگی در خاک چسبنده غیر همگن (FHWA)
۴۱	شکل (۲-۲۹): نحوه اعمال بار و گسیختگی در ستون سنگی در خاک همگن (FHWA)
۴۲	شکل (۲-۳۰): نحوه گسیختگی گروه ستون سنگی (واترین ، ۱۹۷۷)
۴۳	شکل (۲-۳۱): تغییر شکل ایجاد شده در بررسی های (هو، ۱۹۷۷)
۴۴	شکل (۲-۳۲): سلول واحد ایده ال (هاگس، ۱۹۷۴)
۴۶	شکل (۲-۳۳): انواع ژئوتکستایل (کومار شوکلا و بین ، ۲۰۰۶)
۴۶	شکل (۲-۳۴): ژئوتکستایل بافته شده (کومار شوکلا و بین ، ۲۰۰۶)
۴۷	شکل (۲-۳۵): ژئوتکستایل بافته نشده (کومار شوکلا و بین ، ۲۰۰۶)
۴۷	شکل (۲-۳۶): ژئوتکستایل کش بافت (کومار شوکلا و بین ، ۲۰۰۶)
۴۹	شکل (۲-۳۷): روند رو به رشد ژئوسنتتیک ها در آمریکای شمالی (حمیدی، ۲۰۱۰)
۴۹	شکل (۲-۳۸): مصرف تخمینی ژئوسنتتیک ها در اروپای غربی (حمیدی، ۲۰۱۰)

- شکل (۲-۳۹): مصرف ژئوسنتتیک ها و سرمایه گذاری بخش ساختمان ژاپن (حمیدی، ۲۰۱۰) ۵۰
- شکل (۲-۴۰): استفاده از ژئوسنتتیک ها برای جداسازی (کومار شوکلا و یین، ۲۰۰۶) ۵۱
- شکل (۲-۴۱): استفاده از ژئوسنتتیک ها به منظور فیلتراسیون (کومار شوکلا و یین، ۲۰۰۶) ۵۲
- شکل (۲-۴۲): استفاده از ژئوسنتتیک ها به منظور زهکشی (کومار شوکلا و یین، ۲۰۰۶) ۵۳

فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۵۳	شکل (۲-۴۳): استفاده از ژئوسنتتیک ها به منظور آب بندی (کومار شوکلا و یین، ۲۰۰۶)
۵۴	شکل (۲-۴۴): استفاده از ژئوسنتتیک ها به منظور حفاظت (کومار شوکلا و یین، ۲۰۰۶)
۵۸	شکل (۳-۱): صفحه تعریف سطوح خاک و آب (Borehole)
۵۹	شکل (۳-۲): سطح کار (Work Plan)
۶۲	شکل (۳-۳): پراکندگی گره ها و نقاط تنش در یک المان سه گوش ۱۵ گرهی
۶۳	شکل (۳-۴): کلاستر مدل
۶۴	شکل (۳-۵): مدل پایه
۶۵	شکل (۳-۶): ابعاد و اندازه خاک و فونداسیون
۶۸	شکل (۳-۷): جعبه شروع پروژه جدید مدل سازی
۶۹	شکل (۳-۸): سربرگ Project در صفحه General Setting
۷۰	شکل (۳-۹): سربرگ Dimension در صفحه General Setting
۷۱	شکل (۳-۱۰): منوی اضافه کردن سطوح کار
۷۲	شکل (۳-۱۱): گمانه زنی چاهک
۷۴	شکل (۳-۱۲): منوی مواد
۷۴	شکل (۳-۱۳): روش انتقال مصالح
۷۵	شکل (۳-۱۴): مش بندی دو بعدی

۷۶	شکل (۳-۱۵): مش بندی سه بعدی
۷۷	شکل (۳-۱۶): منوی محاسبات
۷۸	شکل (۳-۱۷): نمایش فاز آغازین
۷۹	شکل (۳-۱۸): تعریف فاز های جدید
۸۰	شکل (۳-۱۹): انتخاب گره روی مدل سه بعدی
۸۱	شکل (۳-۲۰): صفحه ورودی بار

فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۸۲	شکل (۳-۲۱): صفحه انجام محاسبات
۸۳	شکل (۳-۲۲): میزان تنش کل در نقاط مختلف مدل
۸۵	شکل (۳-۲۳): مدل هندسی آزمایش Boushehrian در نرم افزار
۸۵	شکل (۳-۲۴): مقایسه نتیجه کار آزمایشگاهی و مدل عددی برای بررسی صحت نرم افزار در حالت غیر مسلح
۸۶	شکل (۳-۲۵): مدل هندسی آزمایش راتو در نرم افزار
۸۷	شکل (۳-۲۶): مقایسه نتیجه کار آزمایشگاهی و مدل عددی برای بررسی صحت نرم افزار در حالت مسلح
۸۸	شکل (۳-۲۷): منحنی بار - جابجایی آنالیز حساسیت عمق
۸۹	شکل (۳-۲۸): منحنی بار - جابجایی آنالیز حساسیت شعاع
۹۱	شکل (۴-۱): شبکه اجزای محدود مدل سیستم ستون سنگی - خاک
۹۱	شکل (۴-۲): منحنی بار - جابجایی قائم ستون سنگی
۹۲	شکل (۴-۳): شماره گذاری ستون های سنگی
۹۳	شکل (۴-۴): منحنی بار - جابجایی ستون سنگی ساده شماره ۱۳
۹۴	شکل (۴-۵): منحنی بار - جابجایی ستون سنگی محصور شده شماره ۱۳
۹۴	شکل (۴-۶): تاثیر محصور شدگی بر منحنی بار - جابجایی ستون سنگی شماره ۱۳

- شکل(۴-۷): تاثیر محصور شدگی بر منحنی تغییر شکل جانبی - طول ستون سنگی شماره ۲۵ ۹۵
- شکل(۴-۸): منحنی بار - جابجایی ستون سنگی ساده شماره ۱۳ ۹۶
- شکل(۴-۹): منحنی بار - جابجایی ستون سنگی محصور شده شماره ۱۳ $j=300 \text{ kN/m}$ ۹۶
- شکل(۴-۱۰): منحنی بار - جابجایی ستون سنگی محصور شده شماره ۱۳ $j=1500 \text{ kN/m}$ ۹۷
- شکل(۴-۱۱): منحنی بار - جابجایی ستون سنگی محصور شده شماره ۱۳ $j=3000 \text{ kN/m}$ ۹۷
- شکل(۴-۱۲): منحنی بار - جابجایی ستون سنگی محصور شده شماره ۱۳ $j=6000 \text{ kN/m}$ ۹۸
- شکل(۴-۱۳): منحنی بار - جابجایی ستون سنگی محصور شده شماره ۱۳ $j=10000 \text{ kN/m}$ ۹۸

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل(۴-۱۴): تاثیر سختی روکش ژئوتکستایل بر منحنی بار - جابجایی ستون سنگی شماره ۱۳	۹۹
شکل(۴-۱۵): تاثیر سختی روکش ژئوتکستایل بر منحنی بار - جابجایی ستون سنگی شماره ۲۵	۹۹
شکل(۴-۱۶): تاثیر زاویه اصطکاک داخلی مصالح ستون سنگی بر منحنی بار - جابجایی ستون سنگی شماره ۱۳, $\Phi_s=30$	۱۰۰
شکل(۴-۱۷): تاثیر زاویه اصطکاک داخلی مصالح ستون سنگی بر منحنی بار - جابجایی ستون سنگی شماره ۱۳, $\Phi_s=35$	۱۰۱
شکل(۴-۱۸): تاثیر زاویه اصطکاک داخلی مصالح ستون سنگی بر منحنی بار - جابجایی ستون سنگی شماره ۱۳, $\Phi_s=40$	۱۰۱
شکل(۴-۱۹): تاثیر زاویه اصطکاک داخلی مصالح ستون سنگی بر منحنی بار - جابجایی ستون سنگی شماره ۱۳, $\Phi_s=45$	۱۰۲
شکل(۴-۲۰): تاثیر زاویه اصطکاک داخلی مصالح ستون سنگی بر منحنی بار - جابجایی ستون سنگی شماره ۱۳	۱۰۲

شکل(۴-۲۱): تاثیر زاویه اصطکاک داخلی مصالح ستون سنگی بر منحنی تغییر شکل جانبی - طول

شماره ۲۵ سنگی ۱۰۳

شکل(۴-۲۲): تاثیر مدول الاستیسیته مصالح ستون سنگی بر منحنی بار - جابجایی ستون سنگی

شماره ۱۳, $E_s=30 \text{ Mpa}$

شکل(۴-۲۳): تاثیر مدول الاستیسیته مصالح ستون سنگی بر منحنی بار - جابجایی ستون سنگی

شماره ۱۳, $E_s=40 \text{ Mpa}$ ۱۰۵

شکل(۴-۲۴): تاثیر مدول الاستیسیته مصالح ستون سنگی بر منحنی بار - جابجایی ستون سنگی

شماره ۱۳, $E_s=60 \text{ Mpa}$ ۱۰۵

شکل(۴-۲۵): تاثیر مدول الاستیسیته مصالح ستون سنگی بر منحنی بار - جابجایی ستون سنگی

شماره ۱۳, $E_s=80 \text{ Mpa}$ ۱۰۶

فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۱۰۶	شکل(۴-۲۶): تاثیر مدول الاستیسیته مصالح ستون سنگی بر منحنی بار - جابجایی ستون سنگی شماره ۱۳, $E_s=100 \text{ Mpa}$
۱۰۷	شکل(۴-۲۷): تاثیر مدول الاستیسیته مصالح ستون سنگی بر منحنی بار - جابجایی ستون سنگی شماره ۱۳
۱۰۷	شکل(۴-۲۸): تاثیر مدول الاستیسیته مصالح ستون سنگی بر منحنی تغییر شکل جانبی - طول ستون سنگی شماره ۱۳
۱۰۸	شکل(۴-۲۹): تاثیر مدول الاستیسیته مصالح ستون سنگی بر منحنی تغییر شکل جانبی - طول ستون سنگی شماره ۲۵
۱۱۱	شکل(۴-۳۰): مقایسه میزان نشست نهایی ستون شماره ۱۳ در مدل های ساخته شده با آرایش طول روکش های مختلف