بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده عمران

تحلیل عددی ماسه ریز مسلح شده با الیاف موکت

استاد راهنما: دکتر غیاثیان

دانشجو:غزاله آشتیانی مفرد طهرانی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد مهندسی عمران – مکانیک خاک و پی

دی ۱۳۸٤

فهرست مطالب

فصل اول ۲۰

مقدمه ۲۰

۱-۱بیان موضوع ۲۲

۱-۲اهداف تحقیق ۲۳

۱-۳ترتیب فصلها ۲۳

فصل دوم ۲۵

مروری بر ادبیات فنی ۲۵

۲-۱تاریخچه ۲۶

۲-۲جمع بندی مطالعات انجام شده ۴۳

فصل سوم ۴۴

مدل های رفتاری موجود در نرم افزار PLAXIS ۴۴

۳-۱مدل الاستیک خطی ۴۵

۳-۲مدل موهر ـ کولمب (MC) ۴۶

۳-۲-۱ مدول یانگ (E) ۴۶

۳-۲-۲ ضریب پواسون (υ) ۴۷

۳-۲-۳ چسبندگی (c) ۴۷

۳-۲-۴ زاویه اصطکاک (φ) ۴۸

۳-۲-۵ زاویه اتساع (ψ) ۴۸

۳-۲-۶ پارامترهای پیشرفته موهر - کولمب ۴۸

۳-۳مدل خاک سخت شونده (HS) ۴۹

۳-۳-۱ روابط هیپربولیک برای آزمایش سه محوری زهکشی شده ۵۰

۳-۳-۲ تقریب هذلولی با مدل سخت شونده ۵۱

۳-۳-۳ کرنش حجمی پلاستیک برای شرایط تنش سه محوری ۵۳
۳-۳-۴ پارامترهای مدل سخت شونده ۵۴
۳-۳-۵ مدول سختی E^{ref}_{50} ، E^{ref}_{oed} و توان m ۵۴
۳-۳-۶ اتساع Cut-off ۵۶
۳-۴مدل SSC (Soft - Soil Creep) ۵۷
۳-۵مدل SS (Soft – Soil) ۵۷
۳-۶مدل رفتاری ماسه مسلح شده با الیاف موکت ۵۸
فصل چهارم ۵۹
تعیین پارامترهای مورد نیاز تحلیل عددی ۵۹
۴-۱پارامترهای چسبندگی و زاویه اصطکاک ۶۰
۴-۱-۱ استفاده از دوایر موهر ـ کولمب ۶۰
۴-۱-۲ استفاده از معادلات موهر - کولمب ۶۱
۴-۱-۳ استفاده از مدل آزمایشگاهی به دست آمده برای رابطه بین σ_1 و σ_3 ..... ۶۱
۴-۱-۴ برازش یک منحنی به ازاء σ_1 و σ_3 ..... ۶۱
۴-۱-۵ برازش دادن ۳ نقطه ($\sigma_3 - \sigma_1$) ۶۲
۴-۲پارامترهای زاویه اتساع و ضریب پواسون ۶۵
۴-۳پارامترهای E_{50ref} ، E_{oedref} ، E_{urref} و m ۶۷
۴-۴تعیین R_f ۶۸
فصل پنجم ۷۱
مدلسازی نتایج آزمایشهای سه محوری ۷۱
۵-۱نحوه مدلسازی آزمایش سه محوری در برنامه Plaxis ۷۲
۵-۲مدلسازی سری اول آزمایشها Ghiassian et al., (2001) ۷۴
۵-۳مدلسازی سری دوم آزمایشها Ghiassian et al., (2004) ۷۶
فصل ششم ۸۶

مدلسازی سطوح شیبدار در PLAXIS ۸۶

۶-۱مدلسازی آزمایشات سطوح شیبدار Ghiassian et al., (2004) ۸۷

۶-۱-۱ بررسی نتایج بار - نشست ۹۳

۶-۱-۲ بررسی سطوح لغزش ۹۴

۶-۲مدلسازی آزمایشات سطوح شیبدار (روش کنترل کرنش) ۹۸

فصل هفتم ۱۰۰

نتیجه گیری ۱۰۰

۷-۱نتایج مدلسازی آزمایش سه محوره ۱۰۱

۷-۲نتایج مدلسازی سطوح شیبدار ۱۰۱

فصل هشتم ۱۰۳

مراجع ۱۰۳

پیوست ۱ ..... ۱۰۷

پارامترهای نمونه های ماسه ریز مسلح اشباع ۱۰۷

پیوست ۲ ..... ۱۱۳

نتایج تحلیل عددی و آزمایشگاهی نمونه های اشباع سه محوره ماسه ریز مسلح شده با زوائد موکت ۱۱۳

پیوست ۳ ..... ۱۳۹

نتایج تحلیل عددی و آزمایشگاهی نمونه های غیر اشباع سه محوره ماسه ریز معمولی و مسلح شده با زوائد موکت ۱۳۹

پیوست ۴ ..... ۱۴۲

محاسبه نیروی اصطکاک بین جداره شیشه ای و خاک سطوح شیبدار ۱۴۲

چکیده

این تحقیق به آنالیز عددی ماسه مسلح شده توسط زوائد موکت و مقایسه بین نتایج آزمایشگاهی و نتایج مدلسازی عددی می پردازد و هدف این است که با معادل گرفتن خاک مرکب با خاک ساده از مدلهای رفتاری موجود برای خاکهای معمولی برای شبیه سازی رفتار خاک مسلح شده با الیاف استفاده کنیم ، تا نیازی به مدلسازی اندرکنش بین خاک و الیاف نباشد و همچنین با مقایسه و تحلیل نتایج به دست آمده از آنالیز عددی و نتایج به دست آمده از آزمایش های سه محوری و سطوح شیبدار میزان اعتبار نتایج آنالیز عددی به منظور استفاده در شرایط کاربردی بررسی شود. برای انجام این تحقیق :

۱-ابتدا با توجه به نتایج آزمایش های سه محوری انجام شده (Ghiassian et al ., 2004) روی نمونه هایی از ماسه لای دار که با الیاف موکت در درصدهای وزنی (Fiber Content) %، ۰/۴%، ۰/۶%، ۰/۸%، ۱% و ۱/۲% و نسبت های اضلاع (Aspect Ratio) ۱ ،۳ ، ۵ ، ۷ ، ۹ مسلح گردیده و مدل های رفتاری موجود برای خاک ها و مواد مرکب و با توجه به مطالعات و تحقیقات انجام گرفته توسط محققین دیگر ، مدل رفتاری مناسبی (موجود در برنامه Plaxis) برای شبیه سازی رفتار ماده مرکب (ماسه و الیاف موکت) پیشنهاد شده است.

۲ـ با استفاده از نتایج آزمایش های سه محوری پارامترهای مورد نیاز برای مدلسازی ماده مرکب به دست آمده است و با استفاده از آن پارامترها به مدلسازی آزمایش سه محوری در برنامه اجزاء محدود Plaxis پرداخته و نتایج به دست آمده با نتایج آزمایشگاهی مقایسه شده است.

۳ـ سپس به آنالیز عددی سطوح شیب دار پرداخته و نتایج به دست آمده با نتایج آزمایشگاهی مقایسه گردیده و میزان اعتبار نتایج آنالیز عددی به منظور استفاده در شرایط کاربردی ارزیابی گردیده است.

از جمع بندی نتا یج به دست آمده از این تحقیق می توان نتیجه گرفت که برای شبیه سازی رفتار مقاومتی خاک مرکب می توان وارد بحث مدل کردن جداگانه الیاف و روابط اندرکنش بین خاک و الیاف نشد بلکه با فرض کردن ماده مرکب به صورت یک خاک ساده از مدلهای رفتاری موجود برای خاکها استفاده

کرد.و پارامترهای ماده مرکب را بدست آورد و سپس توسط برنامه های عددی مقاومت و ظرفیت باربری را محاسبه نمود.اما این مسئله در مورد رفتار تغییر شکل ماده مرکب صحیح نمی باشد و نمی توان اندرکنش بین خاک و الیاف را نادیده گرفت.

سپاسگزاری

اینک که به یاری خدای بزرگ و عالم مطلق پایان نامه کارشناسی ارشد خود را تقدیم می نمایم ، بر خود فرض می دانم از استاد گرانقدر و فرزانه ، جناب آقای دکتر غیاثیان تشکر و قدردانی نمایم. شاگردی شما را به یاری ایزد منان از یاد نخواهم برد و صمیمانه متشکرم.

همچنین از اعضای محترم کمیته جناب آقای دکتر ملکی و جناب آقای دکتر شاه نظری سپاسگزاری می نمایم.

لیست جداول

جدول ۴-۱ نتایج آزمایشگاهی بدست آمده برای ۱۰ نمونه اشباع ٪ ۰ و W_f=۱/۲ و A_r=۷ (Ghiassian et al ., 2004) ۶۳

جدول ۴-۲ پارامترهای مدل ۱۰ نمونه اشباع٪ ۰ و W_f=۱/۲ و A_r=۷ ..... ۶۹

جدول ۴-۳ پارامترهای مدل ۱۰ نمونه غیر اشباع ٪ ۰ و W_f=۱/۲ و A_r=۷ ..... ۷۰

جدول ۵ـ۱ پارامترهای مربوط به مدل سخت شونده نمونه‌های ماسه معمولی آزمایش شده توسط Ghiassian ., (2001) ۷۴

جدول ۶-۱ پارامترهای ماسه و ماسه مسلح تشکیل دهنده شیب ۹۰

جدول ۹-۱ پارامترهای مدل سخت شونده ماسه ریز مسلح شده با زوائد موکت (W_f=۰/۴٪) ۱۰۸

جدول ۹-۲ پارامترهای مدل سخت شونده ماسه ریز مسلح شده با زوائد موکت (W_f=۰/۶٪) ۱۰۹

جدول ۹-۳ پارامترهای مدل سخت شونده ماسه ریز مسلح شده با زوائد موکت (W_f=۰/۸٪) ۱۱۰

جدول ۹-۴ پارامترهای مدل سخت شونده ماسه ریز مسلح شده با زوائد موکت (W_f=۱٪) ۱۱۱

جدول ۹-۵ پارامترهای مدل سخت شونده ماسه ریز مسلح شده با زوائد موکت (W_f=۱/۲٪) ۱۱۲

لیست اشکال

شکل ۲-۱ تغییرات تنش انحرافی (شکلa) و کرنش حجمی (شکلb) در آزمایش سه محوری CD (σ_3=100kPa) برای درصد وزنی های مختلف عناصر تسلیح (W_f) و نسبت اضلاع A_r=7 (Ghiassian et al ., 2004).....۲۸

شکل ۲-۲ مقایسه بین پوش گسیختگی بدست آمده از نتایج آزمایشگاهی و مدل تئوری پیشنهاد شده مربوط به (Wf=1.2) (Ghiassian et al ., 2004).....۲۹

شکل ۲-۳ تغییرات تنش انحرافی حداکثر بر حسب درصد وزنی عناصر تسلیح W_f و نسبت اضلاع A_r در آزمایش سه محوره CD (σ_3=100kPa) (Ghiassian et al ., 2004) ۳۰

شکل ۲-۴ تغییرات تنش انحرافی حداکثر بر حسب درصد وزنی عناصر تسلیح W_f و نسبت اضلاع A_r در آزمایش سه محوره CD (σ_3=100kPa) (Ghiassian et al ., 2004) ۳۰

شکل ۲-۵ تغییرات تنش انحرافی (شکلa) و کرنش حجمی (شکلb) در آزمایش سه محوری CD برای نمونه تریشه لاستیک (Lee et al ., 1999).....۳۳

شکل ۲-۶ تغییرات تنش انحرافی (شکلa) و کرنش حجمی (شکلb) در آزمایش سه محوری CD برای نمونه مخلوط خاک و تریشه لاستیک (Lee et al ., 1999).....۳۴

شکل ۲-۷ مدل هیپربولیک برای رابطه تنش – کرنش در بارگذاری اولیه (Duncan et al ., 1980).....۳۵

شکل۲-۸ پوش گسیختگی بدست آمده از آزمایش سه محوری برای نمونه های مخلوط ماسه و تریشه های لاستیک (Youwai and Bergado ., 2003).....۳۶

شکل ۲-۹ مقایسه بین نتایج آزمایش سه محوره و شبیه سازی مدل برای نمونه تریشه لاستیک (Youwai and Bergado ., 2003).....۳۷

شکل ۲-۱۰ مقایسه بین نتایج آزمایش سه محوره و شبیه سازی مدل برای نمونه ماسه(Youwai and Bergado ., 2003).....۳۸

شکل ۲-۱۱ مقایسه بین نتایج آزمایش سه محوره و شبیه سازی مدل برای نمونه

مخلوط تریشه لاستیک و ماسه با نسبت اختلاط وزنی ۸۰:۲۰ (Youwai and Bergado ., 2003)..... ۳۹

شکل ۲-۱۲ مقایسه بین نتایج آزمایش سه محوره و شبیه سازی مدل برای نمونه مخلوط تریشه لاستیک و ماسه با نسبت اختلاط وزنی ۷۰:۳۰ (Youwai and Bergado ., 2003)..... ۴۰

شکل ۲-۱۳ مقایسه بین نتایج آزمایش سه محوره و شبیه سازی مدل برای نمونه مخلوط تریشه لاستیک و ماسه با نسبت اختلاط وزنی ۶۰:۴۰ (Youwai and Bergado ., 2003)..... ۴۱

شکل ۲-۱۴ مقایسه بین نتایج آزمایش سه محوره و شبیه سازی مدل برای نمونه مخلوط تریشه لاستیک و ماسه با نسبت اختلاط وزنی ۵۰:۵۰ (Youwai and Bergado ., 2003)..... ۴۲

شکل ۲-۱۵ مدل سازی دستگاه سه محوره در برنامه Flac (Youwai and Bergado ., 2004)..... ۴۲

شکل۳-۱ تفاوت E_o و E_{50} بر اساس نتایج آزمایش سه محوره..... ۴۷

شکل ۳-۲ دوایر تنش تسلیم کولمب..... ۴۸

شکل ۳-۳ رفتارتنش – کرنش هیپربولیک برای بارگذاری اولیه در آزمایش سه محوره. ۵۰

شکل ۳-۴ تغییرات E_{oed}^{ref} در آزمایش ادومتری..... ۵۵

شکل ۳-۵ منحنی مربوط به نتایج آزمایشات زهکشی شده سه محوره در بر گیرنده اتساع Cut-off..... ۵۶

شکل ۴-۱ تعیین c و φ توسط برازش یک منحنی به ازاء نقاط $(\sigma_3 - \sigma_1)$ در یک نمونه با W_f و A_r مشخص..... ۶۲

شکل ۴-۲ نمودارتنش اصلی ماکزیمم بر حسب تنش اصلی مینیمم مربوط به تعیین c و φ الف $A_r=7$, $W_f=1.2$ ب $W_f=0$..... ۶۴

شکل ۴-۳ منحنی کرنش حجمی-کرنش محوری حاصل از مدل HS در برنامه (Plaxis)..... ۶۵

شکل ۴-۴ نمودار کرنش حجمی بر حسب کرنش محوری مربوط به تعیین زاویه اتساع برای نمونه Wf=1.2% و A_r=7 در σ_3=15 kPa..... ۶۶

شکل ۵-۱ شکل ساده شده دستگاه سه محوره در Plaxis..... ۷۳

شکل ۵-۲مقایسه بین نتایج عددی و آزمایشگاهی سه محوره CD تغییرات تنش انحرافی (الف) و کرنش حجمی (ب) برای نمونه ماسه خالص در فشارهای همه جانبه مختلف ...۷۵

شکل ۵-۳ مقایسه بین نتایج عددی و آزمایشگاهی سه محوره CD تغییرات تنش انحرافی (الف) و کرنش حجمی (ب) برای نمونه W_f=0% در فشار های همه جانبه مختلف..... ۷۸

شکل ۵-۴ مقایسه بین نتایج عددی و آزمایشگاهی سه محوره CD تغییرات تنش انحرافی (الف) و کرنش حجمی (ب) برای نمونه W_f=1.2% و A_r=7 در فشار های همه جانبه مختلف ۷۹

شکل ۵-۵ تغییرات مدول سکانت بر حسب میزان الیاف برای نسبتهای اضلاع مختلف الیاف در آزمایش سه محوره CD (σ_3=15 kPa)..... ۸۲

شکل ۵-۶ تغییرات مدول سکانت بر حسب میزان الیاف برای نسبتهای اضلاع مختلف الیاف در آزمایش سه محوره CD (σ_3=300 kPa) ۸۳

شکل ۵-۷ تغییرات نسبت کرنشهای فشاری حداکثر بر حسب میزان الیاف برای نسبتهای اضلاع مختلف الیاف در آزمایش سه محوره CD (σ_3=200 kPa)..... ۸۵

شکل ۶-۱ مدلهای بررسی شده سطوح شیبدار در برنامه Plaxis برای عرض صفحه بارگذاری=۲۰۰mm ، الف : شیب قائم ، ب : شیب زاویه ۷۰ درجه..... ۸۹

شکل ۶-۲ مقایسه بین نتایج آنالیز عددی و آزمایشگاهی تغییرات فشار بر حسب نشست قائم شیب ۹۰ درجه (ماسه ساده و ماسه مسلح)..... ۹۲

شکل ۶-۳ مقایسه بین نتایج آنالیز عددی و آزمایشگاهی تغییرات فشار بر حسب نشست قائم شیب ۷۰ درجه (ماسه ساده و ماسه مسلح)..... ۹۲

شکل ۶-۴ سطوح لغزش حاصل از نتایج آزمایشگاهی شیب ۹۰ درجه (الف) ماسه معمولی (ب) ماسه مسلح شده با الیاف..... ۹۴

شکل ۶-۵ سطوح لغزش حاصل از نتایج تحلیل عددی شیب ۹۰ درجه (الف) ماسه معمولی (ب) ماسه مسلح شده با الیاف.....۹۵

شکل ۶-۶ سطوح لغزش حاصل از نتایج آزمایشگاهی شیب ۷۰ درجه (الف) ماسه معمولی (ب) ماسه مسلح شده با الیاف.....۹۶

شکل ۶-۷ سطوح لغزش حاصل از نتایج تحلیل عددی شیب ۷۰ درجه (الف) ماسه معمولی (ب) ماسه مسلح شده با الیاف.....۹۷

شکل ۶-۸ مقایسه بین نتایج آنالیز عددی (کنترل کرنش) و آزمایشگاهی تغییرات فشار بر حسب نشست قائم شیب ۷۰ درجه (ماسه ساده و ماسه مسلح).....۹۹

شکل ۹-۱ مقایسه بین نتایج عددی و آزمایشگاهی سه محوره CD تغییرات تنش انحرافی (الف) و کرنش حجمی (ب) برای نمونه W_f=0.4% و A_r=1 در فشار های همه جانبه مختلف.....۱۱۴

شکل ۹-۲ مقایسه بین نتایج عددی و آزمایشگاهی سه محوره CD تغییرات تنش انحرافی (الف) و کرنش حجمی (ب) برای نمونه W_f=0.4% و A_r=3 در فشار های همه جانبه مختلف.....۱۱۵

شکل ۹-۳ مقایسه بین نتایج عددی و آزمایشگاهی سه محوره CD تغییرات تنش انحرافی (الف) و کرنش حجمی (ب) برای نمونه W_f=0.4% و A_r=5 در فشار های همه جانبه مختلف.....۱۱۶

شکل ۹-۴ مقایسه بین نتایج عددی و آزمایشگاهی سه محوره CD تغییرات تنش انحرافی (الف) و کرنش حجمی (ب) برای نمونه W_f=0.4% و A_r=7 در فشار های همه جانبه مختلف.....۱۱۷

شکل ۹-۵ مقایسه بین نتایج عددی و آزمایشگاهی سه محوره CD تغییرات تنش انحرافی (الف) و کرنش حجمی (ب) برای نمونه W_f=0.4% و A_r=9 در فشار های همه جانبه مختلف.....۱۱۸

شکل ۹-۶ مقایسه بین نتایج عددی و آزمایشگاهی سه محوره CD تغییرات تنش انحرافی (الف) و کرنش حجمی (ب) برای نمونه W_f=0.6% و A_r=1 در فشار های همه جانبه مختلف.....۱۱۹

شکل ۹-۷ مقایسه بین نتایج عددی و آزمایشگاهی سه محوره CD تغییرات تنش انحرافی (الف) و کرنش حجمی (ب) برای نمونه W_f=0.6% و A_r=3 در فشار های همه جانبه مختلف ۱۲۰

شکل ۹-۸ مقایسه بین نتایج عددی و آزمایشگاهی سه محوره CD تغییرات تنش انحرافی (الف) و کرنش حجمی (ب) برای نمونه W_f=0.6% و A_r=5 در فشار های همه جانبه مختلف ۱۲۱

شکل ۹-۹ مقایسه بین نتایج عددی و آزمایشگاهی سه محوره CD تغییرات تنش انحرافی (الف) و کرنش حجمی (ب) برای نمونه W_f=0.6% و A_r=7 در فشار های همه جانبه مختلف ۱۲۲

شکل ۹-۱۰ مقایسه بین نتایج عددی و آزمایشگاهی سه محوره CD تغییرات تنش انحرافی (الف) و کرنش حجمی (ب) برای نمونه W_f=0.6% و A_r=9 در فشار های همه جانبه مختلف ۱۲۳

شکل ۹-۱۱ مقایسه بین نتایج عددی و آزمایشگاهی سه محوره CD تغییرات تنش انحرافی (الف) و کرنش حجمی (ب) برای نمونه W_f=0.8% و A_r=1 در فشار های همه جانبه مختلف ۱۲۴

شکل ۹-۱۲ مقایسه بین نتایج عددی و آزمایشگاهی سه محوره CD تغییرات تنش انحرافی (الف) و کرنش حجمی (ب) برای نمونه W_f=0.8% و A_r=3 در فشار های همه جانبه مختلف ۱۲۵

شکل ۹-۱۳ مقایسه بین نتایج عددی و آزمایشگاهی سه محوره CD تغییرات تنش انحرافی (الف) و کرنش حجمی (ب) برای نمونه W_f=0.8% و A_r=5 در فشار های همه جانبه مختلف ۱۲۶

شکل ۹-۱۴ مقایسه بین نتایج عددی و آزمایشگاهی سه محوره CD تغییرات تنش انحرافی (الف) و کرنش حجمی (ب) برای نمونه W_f=0.8% و A_r=7 در فشار های همه جانبه مختلف ۱۲۷

شکل ۹-۱۵ مقایسه بین نتایج عددی و آزمایشگاهی سه محوره CD تغییرات تنش انحرافی (الف) و کرنش حجمی (ب) برای نمونه W_f=0.8% و A_r=9 در فشار های همه

جانبه مختلف ۱۲۸

شکل ۹-۱۶ مقایسه بین نتایج عددی و آزمایشگاهی سه محوره CD تغییرات تنش انحرافی (الف) و کرنش حجمی (ب) برای نمونه W_f=1% و A_r=1 در فشار های همه جانبه مختلف ۱۲۹

شکل ۹-۱۷ مقایسه بین نتایج عددی و آزمایشگاهی سه محوره CD تغییرات تنش انحرافی (الف) و کرنش حجمی (ب) برای نمونه W_f=1% و A_r=3 در فشار های همه جانبه مختلف ۱۳۰

شکل ۹-۱۸ مقایسه بین نتایج عددی و آزمایشگاهی سه محوره CD تغییرات تنش انحرافی (الف) و کرنش حجمی (ب) برای نمونه W_f=1% و A_r=5 در فشار های همه جانبه مختلف ۱۳۱

شکل ۹-۱۹ مقایسه بین نتایج عددی و آزمایشگاهی سه محوره CD تغییرات تنش انحرافی (الف) و کرنش حجمی (ب) برای نمونه W_f=1% و A_r=7 در فشار های همه جانبه مختلف ۱۳۲

شکل ۹-۲۰ مقایسه بین نتایج عددی و آزمایشگاهی سه محوره CD تغییرات تنش انحرافی (الف) و کرنش حجمی (ب) برای نمونه W_f=1% و A_r=9 در فشار های همه جانبه مختلف ۱۳۳

شکل ۹-۲۱ مقایسه بین نتایج عددی و آزمایشگاهی سه محوره CD تغییرات تنش انحرافی (الف) و کرنش حجمی (ب) برای نمونه W_f=1.2% و A_r=1 در فشار های همه جانبه مختلف ۱۳۴

شکل ۹-۲۲ مقایسه بین نتایج عددی و آزمایشگاهی سه محوره CD تغییرات تنش انحرافی (الف) و کرنش حجمی (ب) برای نمونه W_f=1.2% و A_r=3 در فشار های همه جانبه مختلف ۱۳۵

شکل ۹-۲۳ مقایسه بین نتایج عددی و آزمایشگاهی سه محوره CD تغییرات تنش انحرافی (الف) و کرنش حجمی (ب) برای نمونه W_f=1.2% و A_r=5 در فشار های همه جانبه مختلف ۱۳۶

شکل ۹-۲۴ مقایسه بین نتایج عددی و آزمایشگاهی سه محوره CD تغییرات تنش

انحرافی (الف) و کرنش حجمی (ب) برای نمونه W_f=1.2% و A_r=7 در فشار های همه جانبه مختلف ۱۳۷

شکل ۹-۲۵ مقایسه بین نتایج عددی و آزمایشگاهی سه محوره CD تغییرات تنش انحرافی (الف) و کرنش حجمی (ب) برای نمونه W_f=1.2% و A_r=9 در فشار های همه جانبه مختلف ۱۳۸

شکل ۹-۲۶ مقایسه بین نتایج عددی و آزمایشگاهی سه محوره CD تغییرات تنش انحرافی نمونه های غیر اشباع (الف) برای نمونه W_f=0% (ب) برای نمونه W_f=1.2% در فشار های همه جانبه مختلف ۱۴۱

لیست واژه‌ها

نسبت اضلاع الیاف	A_r
طول سطح شیبدار	b
زاویه سطح شیبدار	β
چسبندگی	C
عرض سطح شیبدار/قطرنمونه	D
زاویه اصطکاک بین خاک شیب و جداره شیشه ای	δ
مدول یانگ	E
مدول سختی اولیه	E_0
مدول سختی ثانوی‌ه	E_{50}
مدول ادومتری	E_{oed}
مدول باربرداری/بارگذاری مجدد	E_{ur}
نسبت منافذ	e
نسبت منافذ اولیه	e_{init}
نسبت منافذ ماکزیمم	e_{max}
کرنش محوری	ε_a
کرنش حجمی	ε_v
کرنش حجمی پلاستیک	ε_{vp}
کرنش محوری پلاستیک	ε_{lp}
کرنش محوری الاستیک	ε_{le}
زاویه اصطکاک داخلی خاک	φ
زاویه اصطکاک بسیج شده	φ_m
زاویه اصطکاک نهایی	φ_{cr}
مدول برشی	G
مدول برشی باربرداری/بارگذاری مجدد	G_{ur}
وزن مخصوص	γ
ارتفاع سطح شیبدار/ارتفاع نمونه	H
ضریب فشار سکون	K_0
طول الیاف	L
تنش انحرافی	q
تنش انحرافی گسیختگی	q_f

نسبت تسلیم	R_f
قطر الیاف	r
تنش افقی	σ_h
تنش قائم	σ_v
تنش اصلی ماکزیمم	σ_1
تنش اصلی مینیمم	σ_3
تنش انحرافی ماکزیمم	$\sigma_{d(max)}$
تنش برشی	τ
فشار هوای منفذی	u_a
فشار آب منفذی	u_w
نسبت پواسون	υ
نسبت پواسون باربرداری / بارگذاری مجدد	υ_{ur}
درصد وزنی الیاف	W_f
زاویه اتساع	ψ
زاویه اتساع بسیج شده	ψ_m

لیست پیوستها

پیوست ۱ ..... ۱۰۷

پارامترهای نمونه های ماسه ریز مسلح اشباع ۱۰۷

پیوست ۲ ..... ۱۱۳

نتایج تحلیل عددی و آزمایشگاهی نمونه های اشباع سه محوره ماسه ریز مسلح شده با زوائد موکت ۱۱۳

پیوست ۳ ..... ۱۳۹

نتایج تحلیل عددی و آزمایشگاهی نمونه های غیر اشباع سه محوره ماسه ریز معمولی و مسلح شده با زوائد موکت..... ۱۳۹

پیوست ۴ ..... ۱۴۲

محاسبه نیروی اصطکاک بین جداره شیشه ای و خاک سطوح شیبدار..... ۱۴۲

فصل اول

مقدمه