دانشگاه آزاد اسلامی
واحد تهران جنوب
دانشکده تحصیلات تکمیلی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد .M.Sc
مهندسی معدن- استخراج

عنوان:

تحلیل پایداری شیب در معدن مس میدوک

استاد راهنما:

استاد مشاور:

نگارش:

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	۱
هدف	۱
فصل اول: توصیف مسئله و بررسی	
۱-۱ کلیات	۳
۱-۲ اقتصاد معادن روباز	۳
۱-۳ شیب های پیت به عنوان المانهای ساختمانی در معدنکاری	۴
۱-۴ مکانیک شیب های سنگی	۶
۱-۴-۱ شرایط تنش در شیب های سنگی	۷
۱-۴-۲ آب زیرزمینی و تنش های مؤثر	۸
۱-۴-۳ ساختار توده سنگ	۹
۱-۴-۴ مقاومت توده سنگ درزه دار	۱۱
۱-۴-۵ شیوه های شکست و مکانیزم شکست	۱۲
۱-۵ شکست دایره ای	۱۶
۱-۶ روشهای طراحی	۱۷
۱-۶-۱ روش های تجربی	۱۷
۱-۶-۲ آنالیز حدی و روش های تعادل حدی	۲۰
۱-۶-۲-۱ آنالیز حدی	۲۰
۱-۶-۲-۲ آنالیز تعادل حدی	۲۱
۱-۶-۲-۳ آنالیز تعادل حدی برای شکست برشی صفحه ای و گوه ای	۲۱
۱-۶-۲-۴ آنالیز تعادل حدی شکست برشی دایره ای(چرخشی)	۲۲
۱-۶-۲-۵ روش های سه بعدی	۲۶
۱-۶-۲-۶ شکست تدریجی	۲۶
۱-۶-۲-۷جستجو برای سطح شکست بحرانی	۲۶
۱-۶-۲-۸ چارت طراحی	۲۷
۱-۷ مدلسازی عددی	۳۰

عنوان | صفحه

۱-۷-۱ روشهای اجزاء محدود و تفاضل محدود ۳۲
۱-۷-۲ روش تحلیل ضمنی یا غیر صریح ۳۳
۱-۷-۳ روش تحلیل عددی صریح ۳۳
۱-۷-۴ برنامه های رایانهای بر پایه حل صریح ۳۵
۱-۷-۴ -۱ مدل سازی محیطهای پیوسته با FLAC ۳۶
۱-۷-۴-۲ تحلیل لاگرانژی ۳۶
۱-۷-۴-۳ خصوصیات برنامه FLAC ۳۷
۱-۸ روش احتمالاتی برای تفسیر شکست ۳۸
فصل دوم: معدن مس میدوک
۲-۱ جغرافیایی معدن مس میدوک ۴۲
۲-۲ سابقه تاریخی ۴۲
۲-۳ زمین شناسی ۴۲
۲-۳-۱ زمین شناسی ذخیره ۴۴
۲-۳-۲ ژنز و مراحل تشکیل کانسار مس میدوک ۴۵
۲-۳-۳ مناطق مختلف کانه سازی کانسار: ۴۷
۲-۳-۴ عیار حد و میزان ذخیره مس به تفکیک زونها ۴۹
۲-۳-۵ معدن میدوک و کانی سازی برای سایر عناصر ۵۰
۲-۴ ژئوتکنیک ۵۱
۲-۴-۱ تکتونیک ۵۱
۲-۴-۲ وضعیت مکانیک سنگ کانسار ۵۴
۲-۴-۳ آبهای زیرزمینی ۵۵
فصل سوم: تعیین خواص توده سنگ ۵۸
۳-۱-۱ معیار شکست هوک - براون ۵۸
۳-۱-۲ معیار هوک - براون به روز شده ۶۰
۳-۱-۳ معیار شکست هوک و براون اصلاح شده ۶۰
۳-۱-۴ معیار شکست هوک و براون تعمیم یافته ۶۱
۳-۱-۵ کاربرد و استفاده از معیار شکست هوک و براون ۶۴
۳-۲ مقادیر برای m_i در معیار شکست هوک و براون ۶۵

عنوان | صفحه

۳-۳ تخمین برآورد مدول تغییر شکل ۶۶
۳-۴ نتایج آزمایش های انجام شده بر روی نمونه های سنگی ۶۸
۳-۴-۱ اندیس بار نقطه ای ۶۸
۳-۴-۲ فشار تک محوری ۶۸
۳-۴-۴ تعیین خواش فیزیکی سنگ بکر ۶۸
۳-۴-۵ مشخصات درزه ها ۶۹
۳-۵ تحلیل نتایج و برداشتهای صحرایی و آزمایشگاهی و پارامترهای مورد نیاز جهت طراحی ۷۰
۳-۵-۱ طبقه بندی ژئومکانیکی سنگها(CSIR) به پیشنهاد بینیاویسکی ۷۰
۳-۵-۲ مقدار به دست آمده RMR برای معدن مس میدک ۷۳
۳-۵-۳ بکارگیری پارامتر GSI برای به دست آوردن پارامترهای مقاومتی توده سنگ ۷۴
۳-۶ روش تجربی پایداری در معدن مس میدوک ۷۷
۳-۷ آنالیز تعادل حدی شکست قاشقی معدن مس میدوک ۷۹
۳-۸ بررسی تأثیر پارامترهای موثر بر پایداری شیب های سنگی به روش تعادل حدی در معدن مس میدوک ۹۶
۳-۹ بررسی استریوگرافیکی معدن میدوک و مطالعه تأثیر جهت دیواره معدن بر ناپایداری ۱۰۰
۳-۱۰ تحلیل پایداری شیب معدن مس میدوک به روش مدلسازی عددی(نرم افزار FLAC) ۱۰۵
فصل چهارم: نتیجه گیری و پیشنهادات
۴- ۱نتیجه گیری ۱۱۱
۴-۲ پیشنهادات ۱۱۱
۴-۲-۱ پیشنهادات برای تحقیقات آتی ۱۱۲
پیوست ها ۱۱۳
منابع و مآخذ
فهرست منابع فارسی ۱۳۱

عنوان	صفحه
فهرست منابع غیرفارسی	۱۳۲
فهرست نام ها	۱۳۵
چکیده انگلیسی	

فهرست شکل ها

عنوان	صفحه
۱-۱ شکل: مقطع عرضی شیب در معدنکاری روباز	۶
۱-۲ شکل: توزیع مجدد تنش افقی در پیت روباز	۷
۱-۳ شکل: ارتفاع سطح آب در معدن روباز و مقایسه موقعیت تنش موثر در شیب اشباع(بالا) و تقریبازهکشی شده(پایین)	۸
۱-۴ شکل: انواع متفاوت درزه ها و گسلها	۹
۱-۵ شکل: الگوی ناپیوستگی برای شیروانی با زاویه شیب ۷۰ درجه و ارتفاع شیب ۳۰ متر با دو دسته درزه مختلف	۱۰
۱-۶ شکل: الگوی ناپیوستگی برای شیروانی با زاویه شیب ۵۰ درجه و ارتفاع شیب ۹۰ متر با دو دسته درزه مختلف	۱۰
۱-۷ شکل: الگوی ناپیوستگی برای شیروانی با زاویه شیب ۵۰ درجه و ارتفاع شیب ۵۰۰ متر با دو دسته درزه مختلف	۱۱
۱-۸ شکل: تصویر شماتیک ارتباط بین مقاومت فشاری سنگ و حجم توده سنگ	۱۱
۱-۹ شکل: ترکیب ناپیوستگی ها در گیری یک سطح شکست(کوتس ۱۹۷۷)	۱۲
۱-۱۰ شکل: شکست برشی دایره ای و ترکیب برش دایره ای و شکست برشی صفحه ای(کوتس ۱۹۷۷)	۱۳
۱-۱۱ شکل: هندسه شکست سه بعدی در یک شکست برشی دایره ای(هوک وبری ۱۹۸۱)	۱۳
۱-۱۲ شکل: شکست بلوکی جریانی(کوتس۷۷)	۱۴
۱-۱۳ شکل: شکست واژگونی اولیه(گودمن و بری ۱۹۷۶)	۱۴
۱-۱۴ شکل: شکست واژگونی ثانویه(گودمن و بری ۱۹۷۶)	۱۵
۱-۱۵ شکل: شکست واژگونی بزرگ مقیاس	۱۵
۱-۱۶ شکل: موقعیت سطح شکست به عنوان تابعی از ارزش عدد جانبو	۱۷
۱-۱۷ شکل: ارتباط ارتفاع شیب و زاویه شیب برای شیبهای سنگی سخت	۱۸
۱-۱۸ شکل: مقطع عمودی پیت کیمبلی و هندسه شکست شیب در دیواره جنوبی آن	۱۹
۱-۱۹ شکل: نیروهای فعال در شکست صفحه ای با ترک کششی	۲۲
۱-۲۰ شکل: روش قطعه ای برای آنالیز شکست برشی چرخشی	۲۴
۱-۲۱ شکل: جستجو برای دایره لغزش بحرانی با استفاده از الگوی جستجوی شبکه ای	۲۷

عنوان صفحه

۱-۲۲ شکل: روش دایره اصطکاک و نیروهای فعال ۳۰
برسطح شکست دایره ای و چندضلعی نیروها
۱-۲۳ شکل: متد ترکیبی روش المان محدود با روش المان مجزا ۳۱
۱-۲۴ شکل: سیکل پایه محاسبات صریح ۳۴
۱-۲۵ شکل: توزیع فرضی مقاومت R و بار s برای المان سازه ای ۳۸
۱-۲۶ شکل: توزیع فرضی برای نمایش تابع G(x) ۳۹
۲-۱ شکل: موقعیت معدن میدوک و گسلهای منطقه ای ۴۳
۲-۲ شکل: نفوذ پرفیری میدوک بداخل ولکانیک آندزیتی ۴۶
۲-۳ شکل: شکستگی در پرفیری سرد شده ۴۶
۲-۴ شکل: تزریق دایکهای اولیه همراه با تزریق ماگما ۴۶
۲-۵ شکل: آلتراسیون هیدروترمال و کانی سازی ۴۷
۲-۶ شکل: امروزه بعد از فرسایش و فرآیندهای سوپرژن ۴۷
۲-۷ شکل: تقسیم پرفیری میدوک در داخل سه زون اصلی ۴۹
۲-۸ شکل: درزه های عمومی معدن میدوک ۵۲
۲-۹ شکل شیب درزه ای در شبکه قطبی و رزدیاگرام درزه های عمودی میدوک ۵۳
۲-۱۰ شکل: هیستوگرام توزیع تمامی مقادیر RQD مغزه های ۵۴
حفاری در معدن میدوک
۲-۱۱ شکل: موقعیت تونلهای موجود در معدن میدوک ۵۶
۳-۱ شکل: شرایط توده سنگ که معیار هوک و براون می تواند استفاده شود(هوک ۱۹۹۵) ۶۴
۳-۲ شکل: تصویر شماتیک موقعیت تنش در نقاط مختلف بین ۶۵
سطح پتانسیل شکست در شیروانی سنگی و منحنی پوش شکست
۳-۳ شکل: روش های مختلف برای تعیین مدول یانگ برای توده سنگ ۶۷
۳-۴ شکل: پوش هوک و براون برای معدن میدوک ۷۶
۳-۵ شکل: موقعیت معدن میدوک در مقایسه با معادن دیگر جهان ۷۷
۳-۶ شکل: موقعیت معدن میدوک در مقایسه با معادن دیگر جهان ۷۸
۳-۷ شکل: یک پله در معدن مس میدوک ۷۹
۳-۸ شکل: بزرگنمایی شده قسمت هاشور زده شده بالا ۷۹
۳-۹ شکل: نیروهای موجود در قطعه ۱ ۸۰

عنوان صفحه

۳-۱۰ شکل: نیروهای موجود در قطعه ۲ ۸۰
۳-۱۱ شکل: نیروهای موجود در قطعه ۳ ۸۰
۳-۱۲ شکل: نیروهای موجود در قطعه ۴ ۸۱
۳-۱۳ شکل: نیروهای موجود در قطعه ۵ ۸۱
۳-۱۴ شکل: نیروهای موجود در قطعه ۶ ۸۱
۳-۱۵ شکل: نیروهای موجود در قطعه ۷ ۸۲
۳-۱۶ شکل: نیروهای موجود در قطعه ۸ ۸۲
۳-۱۷ شکل: نیروهای موجود در قطعه ۹ ۸۲
۳-۱۸ شکل: نیروهای موجود در قطعه ۱۰ ۸۳
۳-۱۹ شکل: نیروهای موجود در قطعه ۱۱ ۸۳
۳-۲۰ شکل: نیروهای موجود در قطعه ۱۲ ۸۳
۳-۲۱ شکل: نیروهای موجود در قطعه ۱۳ ۸۴
۳-۲۲ شکل: نیروهای موجود در قطعه ۱۴ ۸۴
۳-۲۳ شکل:نیروهای موجود در قطعه ۱۵ ۸۴
۳-۲۴ شکل: نیروهای موجود در قطعه ۱۶ ۸۵
۳-۲۵ شکل: نیروهای موجود در قطعه ۱۷ ۸۵
۳-۲۶ شکل: نیروهای موجود در قطعه ۱۸ ۸۵
۳-۲۷ شکل: نیروهای موجود در قطعه ۱۹ ۸۶
۳-۲۸ شکل: نیروهای موجود در قطعه ۲۰ ۸۶
۳-۲۹ شکل: وضعیت تنش نرمال در قاعده نسبت به هر قطعه در مقیاس پله کاری ۸۷
۳-۳۰ شکل: وضعیت نیروهای داخل قطعه ای در داخل هر قطعه در مقیاس پله کاری ۸۷
۳-۳۱ شکل: وضعیت مقاومت برشی در هر قطعه در مقیاس پله کاری ۸۸
۳-۳۲ شکل: ضریب ایمنی برای پله کاری با استفاده از روش GLE ۸۸
۳-۳۳ شکل: بررسی روش قطعه برای حد نهایی در معدن میدوک ۹۰
۳-۳۴ شکل: وضعیت نیروهای داخل قطعه ای در داخل هر قطعه در مقیاس شیب نهایی ۹۰:
۳-۳۵ شکل: وضعیت تنش نرمال در قاعده نسبت به هر قطعه در مقیاس شیب نهایی ۹۱
۳-۳۶ شکل: وضعیت مقاومت برشی در هر قطعه در مقیاس شیب نهایی ۹۱
۳-۳۷ شکل: ضریب ایمنی برای شیب نهایی با استفاده از روش GLE ۹۲

عنوان صفحه

۳-۳۸ شکل: ارتباط بین چسبندگی و ضریب ایمنی ۹۳
۳-۳۹ شکل: ارتباط بین زاویه اصطکاک و ضریب ایمنی ۹۳
۳-۴۰ شکل: ارتباط بین چسبندگی و ضریب ایمنی ۹۴
۳-۴۱ شکل: ارتباط بین چسبندگی و ضریب ایمنی ۹۴
۳-۴۲ شکل: ارتباط بین چسبندگی و ضریب ایمنی ۹۵
۳-۴۳ شکل: نمایش استریوگرافیکی انواع مهم گسیختگی در شیروانی و عوامل ساختاری بوجودآورنده آن ۹۸
۳-۴۴ شکل: وضعیت شیب معدن در امتداد های متفاوت و درزه ها و دایره اصطکاک ۹۹
۳-۴۵ شکل: بررسی شکست صفحه ای ۱۰۰
۳-۴۶ شکل: بررسی شکست گوه ای ۱۰۰
۳-۴۷ شکل: بررسی شکست واژگونی ۱۰۱
۳-۴۸ شکل: شبکه بندی شیروانی در مقیاس پله ۱۰۲
۳-۴۹ شکل: سطح بحرانی در مقیاس پله عملیاتی معدن ۱۰۳
۳-۵۰ شکل: جابجایی های افقی و عمودی برخی گره ها ی نزدیک به سطح سینه کار ۱۰۳
۳-۵۱ شکل: بردارهای جابجایی در مقیاس پله ۱۰۴
۳-۵۲ شکل: وضعیت تنش افقی در مقیاس پله ۱۰۵
۳-۵۳ شکل: وضعیت تنش عمودی در مقیاس پله ۱۰۵
۳-۵۴ شکل: تمرکز تنش در پای پله ۱۰۶
۳-۵۵ شکل: سطح بحرانی در شیب نهایی معدن ۱۰۷
۳-۵۶ شکل: جابجایی های افقی و عمودی برخی گره های نزدیک به سطح آزاد عملیاتی ۱۰۷
۳-۵۷ شکل: بردارهای جابجایی در شیب نهایی معدن ۱۰۸
۳-۵۸ شکل: وضعیت تنش افقی در شیب نهایی معدن ۱۰۸
۳-۵۹ شکل: وضعیت تنش عمودی در شیب نهایی معدن ۱۰۹
۳-۶۰ شکل: تمرکز تنش در پای شیب نهایی معدن ۱۰۹
پ۱ شکل: عمق و موقعیت ترک کششی در شرایط خشک(هوک و بری ۱۹۸۱) ۱۲۳
پ۲ شکل: نمایی از معدن مس میدوک جبهه جنوبی ۱۲۴
پ۳ شکل: طرز قرار گیری ناپیوستگی ها در جبهه جنوبی معدن مس میدوک ۱۲۴

عنوان صفحه
پ ۴ شکل: مقطع عمودی شیب و مؤلفه های هندسی درگیر با آن ۱۲۷

فهرست نمودارها

عنوان	صفحه
۱-۱ نمودار: نوع روشهای عددی بکار رفته در مهندسی ژئوتکنیک	۳۰

فهرست جدول ها

عنوان	صفحه
۱-۱ جدول: مقایسه روشهای صریح و غیر صریح	۳۵
۱-۲ جدول: درصد عناصر مختلف موجود در معدن میدوک	۵۰
۱-۳ جدول: مقادیر ثابت m_i برای سنگهای برجا(هوک و براون ۱۹۹۷)	۶۲
۳-۲ جدول: نحوه پراکندگی m_i	۶۵
۳-۳ جدول: خواص فیزیکی سنگ بکر در میدوک	۶۸
۳-۴ جدول: امتیازدهی بر اساس مقاومت فشاری تک محوری	۷۰
۳-۵ جدول: امتیاز بر اساس RQD	۷۱
۳-۶ جدول: امتیازدهی بر اساس فاصله درزه ها	۷۱
۳-۷ جدول: متیازدهی بر اساس کیفیت درزه ها	۷۱
۳-۸ جدول: نیازدهی بر مبنای وضعیت آبهای زیرزمینی	۷۲
۳-۹ جدول: امتیازدهی بر مبنای راستای قرارگرفتن درزه ها	۷۲
۳-۱۰ جدول: نتیجه نهایی مجموع امتیازها در طبقه بندی مهندسی توده سنگ	۷۲
۳-۱۱ جدول: وضعیت عددی نیروها در روش قطعه	۹۲
۳-۱۲ جدول: وضعیت احتمال شکست در شیب	۹۷
پ۱ جدول: اطلاعات مربوط به شکل ۱-۱۷	۱۱۴
پ۲ جدول: اطلاعات مربوط به شکل ۳-۲۹	۱۱۷
پ۳ جدول: اطلاعات مربوط به شکل ۳-۳۰	۱۱۷
پ۴ جدول: اطلاعات مربوط به شکل ۳-۳۱	۱۱۸
پ۵ جدول: اطلاعات مربوط به شکل ۳-۳۲	۱۱۸
پ۶ جدول: اطلاعات مربوط به شکل ۳-۳۴	۱۱۹
پ۷ جدول: اطلاعات مربوط به شکل ۳-۳۵	۱۲۰
پ۸ جدول: اطلاعات مربوط به شکل ۳-۳۶	۱۲۱
پ۹ جدول: اطلاعات مربوط به شکل ۳-۳۷	۱۲۲
پ۱۰ جدول: اطلاعات مربوط به شکل ۳-۴۲	۱۲۳

فهرست نقشه ها

عنوان	صفحه
پ۴ نقشه: پیت نهایی معدن مس میدوک	۱۲۵
پ۵ نقشه: بزرگنمایی قسمتی از شکل پیت نهایی	۱۲۶

چکیده

طراحی زوایای معادن در معدنکاری معادنی که عمق آنها مستمراً افزایش می یابد از اهمیت بسیار ویژه ای برخوردار و خیلی مهم شده است.تغییرات کوچک در زوایای نهایی شیب پیت اثرات بزرگی بر اقتصاد نهایی عملیات معدنکاری دارد. معدن روباز مس میدوک در جنوب شرق ایران مورد ویژه ای است که زوایای شیب آن طوری طراحی شده است که معدنکاری تا عمق حدود ۴۰۰ متری ادامه پیدا می کند. در این پایان نامه پایداری شیب در معدنکاری روباز بررسی شده است. بررسی و تفسیر امکان شکست، مکانیک رفتاری سنگهای سازنده شیب پیت و استراتژی معدنکاری برای غلبه بر شکست های شیب را پوشش می دهد. در این پایان نامه ضمن بررسی- های فنی - عملی پایداری شیب و شرایط احتمالی وقوع ریزش یا شکست، پیشنهاداتی برای تحقیقات آتی در این ناحیه ارائه شده است.

فاکتورهای اصلی حاکم بر پایداری شیب عبارتند از: (۱) وضعیت تنش در شیب ها یا شیروانیهای پیت (۲) ساختار زمین شناسی (۳) هندسه پیت (۴) مقاومت توده سنگ در برابر تنش های موجود در سنگ که سبب شکست آن در هندسه و وضع موجود می شوند. شکست های بررسی شده از قبیل برش صفحه ای و گوه ای، معمولی هستند. بنابراین با افزایش مقیاس، شکست های کنترل شده توسط ساختارها مانند ریزش گوه ای و صفحه ای کمتر اتفاق می افتد و بیشتر شکست های ترکیبی از قبیل پلکانی شروع به گسترش می کنند. از بررسی ها چنین تفسیر می شود که برای شیبهای در مقیاس کل معادن، به صورت عمومی دو نوع شکست در پیت نهایی ملاحظه می گردد. این دو نوع شکست غالب عبارتند از: (۱) شکست برشی چرخشی(دایره ای) (۲) شکست واژگونی روشهای طراحی برای شیبهای سنگی به چهار طبقه اصلی تقسیم می شود: (۱) روش تعادل حدی (۲) مدلسازی عددی (۳) روشهای تجربی (۴) روش های احتمالاتی در این پایان نامه روشهای تعادل حدی، تجربی و مقایسه ای و مدلسازی عددی برای تفسیر شرایط بروز شکست مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است.