

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه بین‌المللی امام خمینی



IMAM KHOMEINI
INTERNATIONAL UNIVERSITY

دانشکده فنی و مهندسی

گروه معدن

تحلیل پایداری شیروانی مشرف به ساختگاه کارخانه‌ی کانه آرائی معدن مس سونگون تحت بارگذاری زلزله به کمک نرم‌افزار UDEC^{2D}

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
در رشته‌ی مهندسی معدن گرایش استخراج

وحید بالاگر

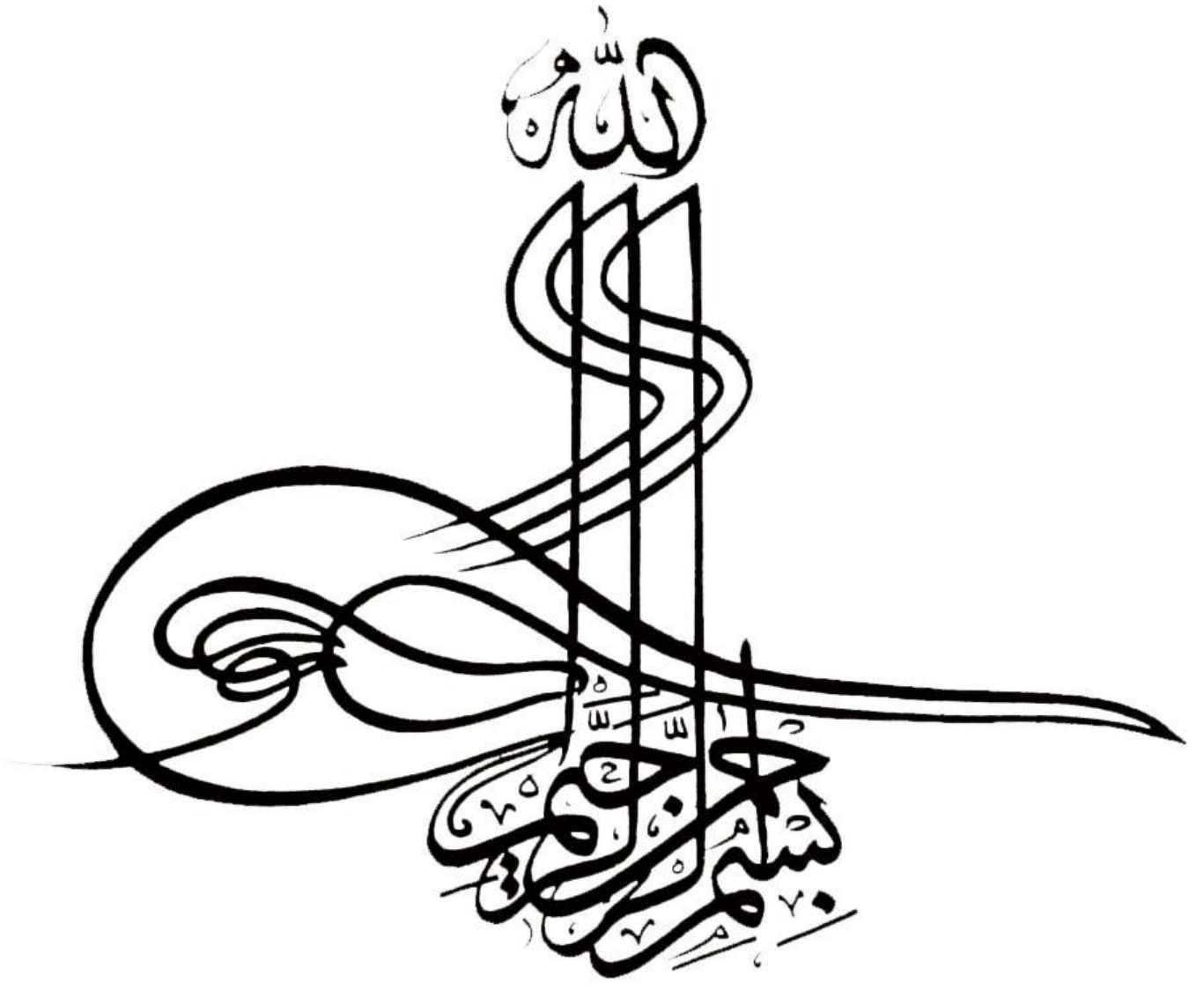
استاد راهنما:

دکتر مهدی حسینی

استاد مشاور:

دکتر بنیامین محبی

اسفند ۱۳۹۱



تقدیم به

پدر و مادر مهربان و صبورم،

به خونهای ریخته شده در راه وطن

و

به زادگاهم آذربایجان

تقدیر و تشکر

سپاس و ستایش خداوندی را که از ازل تا ابد

قابل اعتمادترین راهنما

و

بی منت ترین راه گشاست.

از اساتید محترم، جناب آقای دکتر حسینی و جناب آقای دکتر محبی که زحمت راهنمایی و هدایت روند پروژه را بر عهده داشته و از هیچ کوششی در این راستا دریغ ننموده‌اند، کمال تشکر و سپاس را دارم.

از دوستان خوبم، مهندس امین شفیعی، مهندس نورالدین نیک‌عادت و دکتر ابوالفضل عبدالهی‌پور که در تمامی مراحل پروژه بنده را یاری نموده‌اند، سپاس‌گذاری می‌کنم. همچنین از همکاران گرامی در مجتمع مس سونگون مهندسیین محترم، آقایان فتح زاده و دانش نیز نهایت قدردانی را دارم.

چکیده

بررسی دقیق پایداری شیروانی‌ها تحت بارگذاری زلزله از پیچیده‌ترین مسائل در حوزه‌ی پایداری شیب‌های سنگی است. روش‌های موجود بررسی پایداری لرزه‌ای شیروانی‌ها، مانند روش شبه استاتیکی و تجربی شامل فرضیات تسهیل‌کننده‌ی فراوانی هستند. پیشرفت‌های اخیر در علوم کامپیوتر (سخت‌افزار و نرم‌افزار) باعث شد، استفاده از روش‌های عددی گسترش یابد و مشکلات موجود در تحلیل دینامیکی شیب‌های سنگی حل شود.

در مطالعه پیش‌رو، سعی شده است با استفاده از نرم‌افزار دو بعدی UDEC (نسخه ۴)، تحلیل دینامیکی بر روی پهنه R1 از شیروانی مشرف به کارخانه‌ی کانه‌آرایی معدن مس سونگون انجام شود. شیروانی مذکور از ۳ پهنه مجزا تشکیل شده است که دارای ویژگی‌های متفاوتی از لحاظ جنس و ساختار می‌باشند. این تحلیل با در نظر گرفتن زمین‌لرزه اخیر که در شهرستان‌های اهر و ورزقان رخ داده، انجام گرفته است. نرم‌افزار UDEC جهت انجام آنالیزهای دینامیکی از المان‌های گسسته، استفاده می‌نماید.

قبل از تحلیل دینامیکی منطقه مورد نظر، ابتدا باید به تحلیل استاتیکی منطقه پرداخته و سپس با در نظر گرفتن پارامترها و شرایط دینامیکی، تحلیل دینامیکی انجام شود. از جمله این شرایط می‌توان به میرایی دینامیکی، شرایط مرزی و ابعاد شبکه بندی اشاره نمود. نتایج این مطالعه به دو قسمت تقسیم بندی می‌گردد؛ ۱- نتایج تحلیل استاتیکی ۲- نتایج تحلیل دینامیکی. نتایج حاصل از تحلیل استاتیکی و دینامیکی نشان می‌دهد، پهنه R1 تحت بارگذاری استاتیکی و دینامیکی پایدار است.

کلمات کلیدی: معدن مس سونگون، تحلیل دینامیکی، پایداری شیب، زلزله

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات تحقیق.....	۱
۱-۱- مقدمه.....	۲
۲-۱- بیان مسئله تحقیق.....	۲
۳-۱- اهمیت و ضرورت تحقیق.....	۲
۴-۱- هدف تحقیق.....	۳
۵-۱- روش و مراحل انجام تحقیق.....	۳
۶-۱- ساختار پایان نامه.....	۳
فصل دوم: مروری بر سوابق تحقیق.....	۵
۱-۲- انواع گسیختگی های متداول در شیروانی ها.....	۶
۱-۱-۲- گسیختگی صفحه ای.....	۶
۲-۱-۲- گسیختگی گوه ای.....	۷
۳-۱-۲- گسیختگی دایره ای.....	۸
۴-۱-۲- گسیختگی واژگونی.....	۱۰
۱-۴-۱-۲- گسیختگی واژگونی خمشی.....	۱۰
۲-۴-۱-۲- گسیختگی واژگونی بلوکی.....	۱۱
۳-۴-۱-۲- گسیختگی واژگونی بلوکی - خمشی.....	۱۲
۴-۴-۱-۲- گسیختگی های واژگونی ثانویه.....	۱۲
۲-۲- مروری بر مطالعات موردی انجام یافته.....	۱۵
۱-۲-۲- تحلیل پایداری تکیه گاه راست سد گتوند علیا در برابر زلزله.....	۱۵
۱-۱-۲-۲- مقدمه.....	۱۵
۲-۱-۲-۲- زمین شناسی مهندسی تکیه گاه راست.....	۱۵
۳-۱-۲-۲- مدل سازی دینامیکی.....	۱۶
۴-۱-۲-۲- نتایج تحلیل ها.....	۱۷
۲-۲-۲- تحلیل پایداری بلوک های تکتونیکی معدن چغارت تحت بارگذاری زلزله.....	۱۹
۱-۲-۲-۲- مقدمه.....	۱۹

۲۲.....	۲-۲-۲-۲- مدلسازی دینامیکی
۲۲.....	۳-۲-۲-۲- بکارگیری بارهای لرزه‌ای
۲۳.....	۴-۲-۲-۲- نتایج تحلیل دینامیکی
۲۶	فصل سوم: معرفی مجتمع مس سونگون
۲۷.....	۱-۳-۱- معدن مس سونگون
۲۷.....	۱-۱-۳- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی
۲۸.....	۲-۱-۳- زمین‌شناسی معدن
۳۰.....	۳-۱-۳- هندسه پیت نهایی معدن
۳۱.....	۲-۳-۲- شیروانی مشرف به کارخانه‌ی کانه‌آرائی
۳۱.....	۱-۲-۳- موقعیت کارخانه‌ی کانه‌آرائی و شیروانی مشرف به آن
۳۳.....	۲-۲-۳- زمین‌شناسی شیروانی مشرف به کارخانه‌ی کانه‌آرائی
۳۳.....	۳-۲-۳- خصوصیات ژئومکانیکی سنگ بکر
۳۵.....	۴-۲-۳- خصوصیات ژئومکانیکی توده‌سنگ
۳۵.....	۵-۲-۳- مطالعات اولیه ژئوتکنیکی بر روی شیروانی
۳۸.....	فصل چهارم: تحلیل پایداری شیروانی تحت بارگذاری استاتیکی.....
۳۹.....	۱-۴-۱- تحلیل پایداری شیروانی به کمک نرم‌افزار Dips
۳۹.....	۱-۱-۴- ناپیوستگی‌های موجود در شیروانی سنگی
۴۱.....	۲-۱-۴- معرفی نرم‌افزار Dips.....
۴۲.....	۳-۱-۴- نتایج تحلیل با نرم‌افزار Dips
۴۲.....	۱-۳-۱-۴- تحلیل امکان وقوع گسیختگی صفحه‌ای در شیروانی
۴۳.....	۲-۳-۱-۴- تحلیل امکان وقوع گسیختگی گوه‌ای در شیروانی
۴۴.....	۳-۳-۱-۴- تحلیل امکان وقوع گسیختگی واژگونی در شیروانی
۴۴.....	۴-۳-۱-۴- تحلیل امکان وقوع گسیختگی صفحه‌ای در پله‌ی اول
۴۵.....	۵-۳-۱-۴- تحلیل امکان وقوع گسیختگی گوه‌ای در پله‌ی اول
۴۶.....	۶-۳-۱-۴- تحلیل امکان وقوع گسیختگی واژگونی در پله‌ی اول
۴۶.....	۷-۳-۱-۴- تحلیل امکان وقوع گسیختگی صفحه‌ای در پله‌ی دوم
۴۷.....	۸-۳-۱-۴- تحلیل امکان وقوع گسیختگی گوه‌ای در پله‌ی دوم
۴۸.....	۹-۳-۱-۴- تحلیل امکان وقوع گسیختگی واژگونی در پله‌ی دوم.....
۴۸.....	۱۰-۳-۱-۴- تحلیل امکان وقوع گسیختگی صفحه‌ای در پله‌ی سوم.....

۴۹.....	۴-۱-۳-۱۱- تحلیل امکان وقوع گسیختگی گوه‌ای در پله‌ی سوم
۵۰.....	۴-۱-۳-۱۲- تحلیل امکان وقوع گسیختگی واژگونی در پله‌ی سوم
۵۰.....	۴-۱-۳-۱۳- تحلیل امکان وقوع گسیختگی صفحه‌ای در پله‌ی چهارم
۵۱.....	۴-۱-۳-۱۴- تحلیل امکان وقوع گسیختگی گوه‌ای در پله‌ی چهارم
۵۲.....	۴-۱-۳-۱۵- تحلیل امکان وقوع گسیختگی واژگونی در پله‌ی چهارم
۵۲.....	۴-۲- تحلیل پایداری شیروانی به کمک نرم‌افزار UDEC ^{2D}
۵۲.....	۴-۲-۱- معرفی نرم‌افزار UDEC ^{2D}
۵۳.....	۴-۲-۱-۱- قابلیت‌های ویژه نرم‌افزار
۵۴.....	۴-۲-۱-۲- کاربرد نرم‌افزار
۵۴.....	۴-۲-۲- نحوه مدلسازی با نرم‌افزار UDEC ^{2D}
۵۴.....	۴-۲-۲-۱- ایجاد شعاع انحنا
۵۵.....	۴-۲-۲-۲- ایجاد محدوده و دسته درزه در بلوک
۵۶.....	۴-۲-۲-۳- شبکه‌بندی محدوده
۵۷.....	۴-۲-۲-۴- شرایط مرزی
۵۷.....	۴-۲-۲-۵- معرفی خواص سنگ‌بکر
۵۸.....	۴-۲-۲-۶- خواص مکانیکی درزه‌ها
۵۸.....	۴-۲-۲-۷- اعمال تنش‌های برجا
۵۹.....	۴-۲-۳- نتایج حاصل از تحلیل‌های استاتیکی
۵۹.....	۴-۲-۳-۱- منحنی نیروهای نامتعادل کننده
۶۰.....	۴-۲-۳-۲- جابجایی‌ها در شیروانی
۶۰.....	۴-۲-۳-۳- بررسی نقاط گسیختگی در شیروانی
۶۲.....	۴-۲-۳-۴- امکان وقوع جابجایی برشی درزه‌ها در شیروانی
۶۳.....	۴-۲-۳-۵- بحث و نتیجه‌گیری
۶۴.....	فصل پنجم: تحلیل پایداری شیروانی تحت بارگذاری زلزله
۶۵.....	۵-۱- تحلیل خطر زلزله‌ی شهرستان‌های اهر و ورزقان
۶۷.....	۵-۲- نحوه مدلسازی با نرم‌افزار UDEC ^{2D}
۶۷.....	۵-۲-۱- بررسی ابعاد شبکه‌بندی مدل
۶۹.....	۵-۲-۲- تعیین میرایی مکانیکی مناسب
۷۰.....	۵-۲-۳- اعمال بار دینامیکی و شرایط مرزی

۷۳.....	۳-۵- نتایج حاصل از تحلیل‌های دینامیکی
۷۳.....	۳-۵-۱- منحنی نیروهای نامتعادل کننده
۷۵.....	۳-۵-۲- جابجایی‌ها در شیروانی
۷۸.....	۳-۵-۳- بررسی پایداری شیروانی در نقاط بحرانی
۸۶.....	۳-۵-۴- بحث و نتیجه‌گیری
۸۷.....	فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها
۸۸.....	۶-۱- نتیجه‌گیری
۸۹.....	۶-۲- پیشنهادها

فهرست اشکال

- شکل (۱-۲) نمایی از لغزش صفحه‌ای در یک سطح شیب‌دار [۱] ۷
- شکل (۲-۲) ژئومتری گسیختگی گوه‌ای [۲] ۸
- شکل (۳-۲) انواع گسیختگی‌های دایره‌ای محتمل در سطح شیب‌دار [۱] ۹
- شکل (۴-۲) گسیختگی واژگونی خمشی [۲] ۱۱
- شکل (۵-۲) گسیختگی واژگونی بلوکی [۲] ۱۱
- شکل (۶-۲) گسیختگی واژگونی بلوکی - خمشی [۲] ۱۲
- شکل (۷-۲) انواع گسیختگی‌های واژگونی ثانویه [۳] ۱۳
- شکل (۸-۲) شرایط لغزش و واژگونی بلوک واقع شده روی سطح شیب‌دار [۲] ۱۴
- شکل (۹-۲) پروفیل زمین‌شناسی مهندسی تکیه‌گاه راست در راستای محور بدنه [۳] ۱۶
- شکل (۱۰-۲) شتابنگاشت مورد استفاده برای سطح MCE [۳] ۱۷
- شکل (۱۱-۲) بردار جابجایی و لغزش بلوک‌ها در مقطع محور بدنه سد [۳] ۱۸
- شکل (۱۲-۲) تاریخچه زمانی لغزش در سه نقطه واقع بر لایه LMST [۳] ۱۸
- شکل (۱۳-۲) پلان نهایی معدن روباز چغارت [۴] ۲۰
- شکل (۱۴-۲) دسته درزه‌های اصلی در بلوک تکتونیکی ۱ [۴] ۲۱
- شکل (۱۵-۲) دسته درزه‌های اصلی در بلوک تکتونیکی ۲ [۴] ۲۱
- شکل (۱۶-۲) شرایط مرزی برای بارگذاری دینامیکی [۴] ۲۲
- شکل (۱۷-۲) نمودار شتاب-زمان در جهت محور x [۴] ۲۳
- شکل (۱۸-۲) نمودار شتاب-زمان در جهت محور y [۴] ۲۳
- شکل (۱۹-۲) منحنی نیروی نامتعادل بلوک ۱ تحت بارگذاری لرزه‌ای [۴] ۲۴
- شکل (۲۰-۲) بردار جابجایی‌ها در بلوک ۱ [۴] ۲۴
- شکل (۲۱-۲) منحنی نیروی نامتعادل بلوک ۲ تحت بارگذاری لرزه‌ای [۴] ۲۵
- شکل (۱-۳) نمایی از معدن مس سونگون [۵] ۲۷
- شکل (۲-۳) نقشه‌ی جغرافیایی و موقعیت معدن مس سونگون [۵] ۲۸
- شکل (۳-۳) نقشه‌ی توپوگرافی مجتمع مس سونگون [۷] ۳۱
- شکل (۴-۳) نقشه‌ی توپوگرافی شیروانی مشرف به ساختمان کارخانه‌ی کانه‌آرایی [۷] ۳۲
- شکل (۵-۳) مقطع زمین‌شناسی طولی از شیروانی مشرف به کارخانه‌ی کانه‌آرایی [۷] ۳۳
- شکل (۶-۳) نمایی طولی از پله‌های اول و دوم و سوم (دید به سمت شرق) [۸] ۳۷
- شکل (۷-۳) نمای روبرو از پله‌های مشرف به کارخانه‌ی کانه‌آرایی (دید به سمت شمال) [۸] ۳۷

- شکل (۱-۴) په‌نه‌های شیبی مختلف موجود در محدوده‌ی کارخانه‌ی کانه‌آرایی [۷]..... ۳۹
- شکل (۲-۴) کنتور تمرکز درزه‌ها و تفکیک آنها در په‌نه‌ی R1..... ۴۰
- شکل (۳-۴) دسته درزه‌ها و صفحه شیب در په‌نه‌ی R1..... ۴۱
- شکل (۴-۴) دیاگرام مربوط به محدوده‌ی احتمال وقوع گسیختگی صفحه‌ای..... ۴۲
- شکل (۵-۴) دیاگرام مربوط به محدوده‌ی احتمال وقوع گسیختگی گوه‌ای..... ۴۳
- شکل (۶-۴) دیاگرام مربوط به محدوده‌ی احتمال وقوع گسیختگی واژگونی..... ۴۴
- شکل (۷-۴) دیاگرام مربوط به محدوده‌ی احتمال وقوع گسیختگی صفحه‌ای در پله اول..... ۴۵
- شکل (۸-۴) دیاگرام مربوط به محدوده‌ی احتمال وقوع گسیختگی گوه‌ای در پله اول..... ۴۵
- شکل (۹-۴) دیاگرام مربوط به محدوده‌ی احتمال وقوع گسیختگی واژگونی در پله اول..... ۴۶
- شکل (۱۰-۴) دیاگرام مربوط به محدوده‌ی احتمال وقوع گسیختگی صفحه‌ای در پله دوم..... ۴۷
- شکل (۱۱-۴) دیاگرام مربوط به محدوده‌ی احتمال وقوع گسیختگی گوه‌ای در پله دوم..... ۴۷
- شکل (۱۲-۴) دیاگرام مربوط به محدوده‌ی احتمال وقوع گسیختگی واژگونی در پله دوم..... ۴۸
- شکل (۱۳-۴) دیاگرام مربوط به محدوده‌ی احتمال وقوع گسیختگی صفحه‌ای در پله سوم..... ۴۹
- شکل (۱۴-۴) دیاگرام مربوط به محدوده‌ی احتمال وقوع گسیختگی گوه‌ای در پله سوم..... ۴۹
- شکل (۱۵-۴) دیاگرام مربوط به محدوده‌ی احتمال وقوع گسیختگی واژگونی در پله سوم..... ۵۰
- شکل (۱۶-۴) دیاگرام مربوط به محدوده‌ی احتمال وقوع گسیختگی صفحه‌ای در پله چهارم..... ۵۱
- شکل (۱۷-۴) دیاگرام مربوط به محدوده‌ی احتمال وقوع گسیختگی گوه‌ای در پله چهارم..... ۵۱
- شکل (۱۸-۴) دیاگرام مربوط به محدوده‌ی احتمال وقوع گسیختگی واژگونی در پله چهارم..... ۵۲
- شکل (۱۹-۴) ایجاد دسته درزه‌ها در محدوده‌ی بلوک..... ۵۵
- شکل (۲۰-۴) نمایی از پله‌ها بعد از حفاری..... ۵۶
- شکل (۲۱-۴) شبکه‌بندی مثلثی شیروانی به ابعاد ۲ متر..... ۵۶
- شکل (۲۲-۴) مرزهای عمودی در جهت X و مرز افقی پایینی در جهت Y ثابت فرض شده‌اند..... ۵۷
- شکل (۲۳-۴) منحنی نیروی نامتعادل‌کننده..... ۵۹
- شکل (۲۴-۴) جابجایی کلی در شیروانی به همراه بردارهای جابجایی..... ۶۰
- شکل (۲۵-۴) تغییرات مکانی نقاط در جهت محور X..... ۶۱
- شکل (۲۶-۴) تغییرات مکانی نقاط در جهت محور Y..... ۶۱
- شکل (۲۷-۴) عدم وجود نقطه‌ی گسیختگی در شیروانی..... ۶۲
- شکل (۲۸-۴) وقوع جابجایی‌های برشی در پله‌ها..... ۶۲
- شکل (۱-۵) موقعیت مرکز سطحی زمین لرزه‌های ۱۳۹۱/۰۵/۲۱ اهر - ورزقان [۱۳]..... ۶۵
- شکل (۲-۵) نمودار فرکانس - دامنه انرژی..... ۶۸
- شکل (۳-۵) مرز آرام در کف مدل [۱۷]..... ۷۰

- شکل (۴-۵) مرز آزاد در کف مدل [۱۷]..... ۷۱
- شکل (۵-۵) نمودارهای شتاب، سرعت و جابجایی- زمان زلزله‌ی اهر- ورزقان در جهت محور X..... ۷۲
- شکل (۶-۵) مرزها در دو سمت مدل از نوع آرام متصل به آزاد و در کف مدل بصورت مرز آرام می‌باشد..... ۷۲
- شکل (۷-۵) نیروهای نامتعادل پس از ۲۶ ثانیه از آغاز اعمال بار دینامیکی با ضریب میرایی ۰/۱..... ۷۳
- شکل (۸-۵) نیروهای نامتعادل پس از ۲۶ ثانیه از آغاز اعمال بار دینامیکی با ضریب میرایی ۰/۳..... ۷۴
- شکل (۹-۵) نیروهای نامتعادل پس از ۲۶ ثانیه از آغاز اعمال بار دینامیکی با ضریب میرایی ۰/۵..... ۷۴
- شکل (۱۰-۵) بردارهای جابجایی به همراه منطقه بحرانی و سطح گسیختگی با ضریب میرایی ۰/۱..... ۷۵
- شکل (۱۱-۵) بردارهای جابجایی به همراه منطقه بحرانی و سطح گسیختگی با ضریب میرایی ۰/۳..... ۷۵
- شکل (۱۲-۵) بردارهای جابجایی به همراه منطقه بحرانی و سطح گسیختگی با ضریب میرایی ۰/۵..... ۷۶
- شکل (۱۳-۵) بردارهای جابجایی با اعمال ۹ ثانیه از زمان زلزله و ضریب میرایی ۰/۳..... ۷۷
- شکل (۱۴-۵) نقاط کنترلی بحرانی در تحلیل دینامیکی شیروانی..... ۷۸
- شکل (۱۵-۵) جابجایی قائم در نقاط مرزی مدل با ضریب میرایی ۰/۱..... ۷۹
- شکل (۱۶-۵) جابجایی افقی در نقاط مرزی مدل با ضریب میرایی ۰/۱..... ۷۹
- شکل (۱۷-۵) جابجایی قائم در نقاط مرزی مدل با ضریب میرایی ۰/۳..... ۸۰
- شکل (۱۸-۵) جابجایی افقی در نقاط مرزی مدل با ضریب میرایی ۰/۳..... ۸۰
- شکل (۱۹-۵) جابجایی قائم در نقاط مرزی مدل با ضریب میرایی ۰/۵..... ۸۱
- شکل (۲۰-۵) جابجایی افقی در نقاط مرزی مدل با ضریب میرایی ۰/۵..... ۸۱
- شکل (۲۱-۵) جابجایی قائم در نقاط درونی مدل با ضریب میرایی ۰/۱..... ۸۲
- شکل (۲۲-۵) جابجایی افقی در نقاط درونی مدل با ضریب میرایی ۰/۱..... ۸۳
- شکل (۲۳-۵) جابجایی قائم در نقاط درونی مدل با ضریب میرایی ۰/۳..... ۸۳
- شکل (۲۴-۵) جابجایی افقی در نقاط درونی مدل با ضریب میرایی ۰/۳..... ۸۴
- شکل (۲۵-۵) جابجایی قائم در نقاط درونی مدل با ضریب میرایی ۰/۵..... ۸۴
- شکل (۲۶-۵) جابجایی افقی در نقاط درونی مدل با ضریب میرایی ۰/۵..... ۸۵

فهرست جداول

- جدول (۱-۲) شروط لغزش یا واژگونی بلوک روی سطح شیب‌دار [۲] ۱۴
- جدول (۲-۲) مقاومت برشی ناپیوستگی‌های اصلی سازند بختیاری در تکیه‌گاه راست [۳] ۱۶
- جدول (۳-۲) نتایج آنالیزهای دینامیکی در شرایط مختلف بارگذاری لرزه‌ای [۳] ۱۹
- جدول (۱-۳) پارامترهای طراحی معدن مس سونگون [۵] ۳۰
- جدول (۲-۳) پارامترهای هندسی شیروانی مشرف به کارخانه [۷] ۳۲
- جدول (۳-۳) پارامترهای ژئومکانیکی سنگ‌بکر موجود در امتداد مسیر شیروانی [۸] ۳۴
- جدول (۴-۳) پارامترهای ژئومکانیکی توده‌سنگ غالب [۸] ۳۵
- جدول (۱-۴) مشخصات دسته درزه‌های موجود در پهنه‌ی R1 [۷] ۴۰
- جدول (۲-۴) خصوصیات سنگ‌بکر مورد نیاز محدوده‌ی الاستیک [۱۱] ۵۷
- جدول (۳-۴) پارامترهای مورد نیاز برای مدل تماس سطحی لغزش کولمب [۱۲] ۵۸
- جدول (۱-۵) مشخصات زلزله‌ی اهر- ورزقان [۱۳] ۶۶
- جدول (۲-۵) شتاب مبنای طرح در مناطق با لرزه‌خیزی مختلف [۱۵] ۶۷

فصل اول

کلیات تحقیق

۱-۱- مقدمه

کشور ایران به دلیل واقع بودن بر کمربند زلزله‌ی آلپ، کشوری زلزله‌خیز می‌باشد، به همین دلیل تاثیر زلزله بر سازه‌های سنگی در ایران از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از جمله‌ی این سازه‌های سنگی، شیب‌های سنگی است که به دلیل کوهستانی بودن ایران، در اطراف جاده‌ها تشکیل می‌شود. همچنین به دلیل وجود ظرفیت‌های معدنی در ایران به خصوص در قالب معادن سطحی، بخش مهمی از سازه‌های معدنی، شیب‌های سنگی و شیروانی‌ها خواهند بود.

۱-۲- بیان مسئله تحقیق

این پروژه در محل سایت معدن مس سونگون در استان آذربایجان شرقی و شهرستان اهر واقع شده است. این منطقه یک منطقه کوهستانی و با آب و هوای سرد خشن می‌باشد. در سایت معدن سونگون، کارخانه‌ی تغلیظ با ظرفیت تولید سالانه ۱۵۰ هزار تن کنسانتره مس وجود دارد که مشرف به کوه بزرگی است که برای ایمنی و پایداری سازه کارخانه، کوه فوق‌الذکر به صورت پله‌های ایمنی در آورده شده است. بررسی‌های قبلی نشان می‌دهد این سطح شیب‌دار در حالت بارگذاری استاتیکی پایدار است در پایان‌نامه مذکور بررسی پایداری شیب تحت بارگذاری زلزله دنبال خواهد شد.

۱-۳- اهمیت و ضرورت تحقیق

اهمیت موضوع تأثیر بارهای دینامیکی و خسارت ناشی از آن بر هیچ ژئوتکنسینی پوشیده نیست. این بارها شامل نیروهای دینامیکی حاصل از انفجارهای بزرگ در معادن سطحی و زمین لرزه‌های منطقه‌ای می‌شود. با توجه به اهمیت مسئله و آسیب‌های جانی و مالی احتمالی، بررسی زمین لرزه‌ها و در صورت لزوم کنترل آنها امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر خواهد بود، بویژه اگر

وقوع زلزله در محدوده‌ای رخ دهد که عبور و مرور افراد وجود دارد. در معادن به دلیل وجود کارگران و تجهیزات گران قیمت و در صورت ریزش، تعطیلی طولانی مدت معدن، این موضوع اهمیت ویژه‌ای دارد.

۴-۱- هدف تحقیق

بایستی گفت که یکی از مهمترین دلایل انجام تحلیل‌های دینامیکی و بررسی پایداری شیب مشرف به کارخانه‌ی کانه‌آرایی، این است که در این منطقه فقط تحلیل استاتیکی مربوط به پایداری شیب صورت گرفته است و باتوجه به اینکه ایران کشور زلزله خیز می باشد و همچنین کارخانه نیز جزء تاسیسات دائمی است، لذا تحلیل دینامیکی شیروانی ضروری به نظر می‌رسد تا در صورت بروز زلزله، پله ها ریزش نکنند و باعث آسیب به کارخانه نشوند؛ به عبارت دیگر هدف اصلی از انجام این پایان‌نامه بررسی پایداری شیب در اثر بارگذاری زلزله است.

۵-۱- روش و مراحل انجام تحقیق

انجام تحقیق در ۴ مرحله صورت پذیرفته است:

- مطالعات کتابخانه‌ای و جمع آوری مطالب
- تحلیل استاتیکی پایداری شیب با استریونت توسط نرم افزار DIPS و روش عددی به کمک نرم افزار UDEC^{2D}
- تحلیل دینامیکی پایداری شیب با روش عددی به کمک نرم افزار UDEC^{2D}
- تجزیه و تحلیل نتایج به کمک نرم افزار UDEC^{2D}

۶-۱- ساختار پایان‌نامه

پایان‌نامه حاضر شامل ۶ فصل است که به صورت مختصر به شرح ذیل می‌باشد:

فصل اول: در این فصل به طرح مسئله، اهمیت، اهداف و ساختار پایان نامه پرداخته شده است.

فصل دوم: در این فصل به بررسی انواع گسیختگی‌ها و مروری بر مطالعات قبلی انجام شده در زمینه تأثیر زلزله بر روی شیب‌های سنگی، پرداخته می‌شود.

فصل سوم: در فصل حاضر به گونه‌ای مفصل نسبت به آشنایی با مجتمع مس سونگون از لحاظ زمین‌شناسی معدن، خصوصیات ژئومکانیکی سنگ شیروانی مشرف به ساختگاه کارخانه‌ی کانه آرائی، تلاش می‌گردد.

فصل چهارم: این فصل شامل تحلیل پایداری شیروانی تحت بارگذاری استاتیکی می‌باشد که به کمک نرم افزارهای DIPS و UDEC^{2D} صورت می‌پذیرد.

فصل پنجم: این فصل شامل تحلیل پایداری شیروانی تحت بارگذاری زلزله می‌باشد. تحلیل دینامیکی سطح شیبدار به کمک نرم افزار UDEC^{2D}، انجام خواهد گرفت.

فصل ششم: نهایتاً در این فصل نتایج بدست آمده از این تحقیق و پیشنهادات برای تحقیقات بعدی ارائه خواهد شد.

فصل دوم

مروری بر سوابق تحقیق

۱-۲- انواع گسیختگی‌های متداول در شیروانی‌ها

۱-۱-۲- گسیختگی صفحه‌ای

برای اینکه لغزش سنگ روی یک سطح صورت بگیرد شرایط هندسی و روابط زیر باید برقرار باشند:

الف- امتداد صفحه ناپیوستگی یا امتداد سطحی که موجب گسیختگی می‌شود باید به موازات امتداد شیب دامنه یا حدوداً $\pm 20^\circ$ درجه با آن اختلاف داشته باشد.

ب- امتداد صفحه ناپیوستگی^۱ باید در دامنه شیب ظاهر شده باشد. این بدین معنی است که شیب صفحه گسیختگی از شیب دامنه کمتر باشد یعنی در شکل (۱-۲) داشته باشیم:

$$\psi_f > \psi_p \quad (1-2)$$

که در آن ψ_f شیب دامنه و ψ_p شیب صفحه گسیختگی می‌باشد.

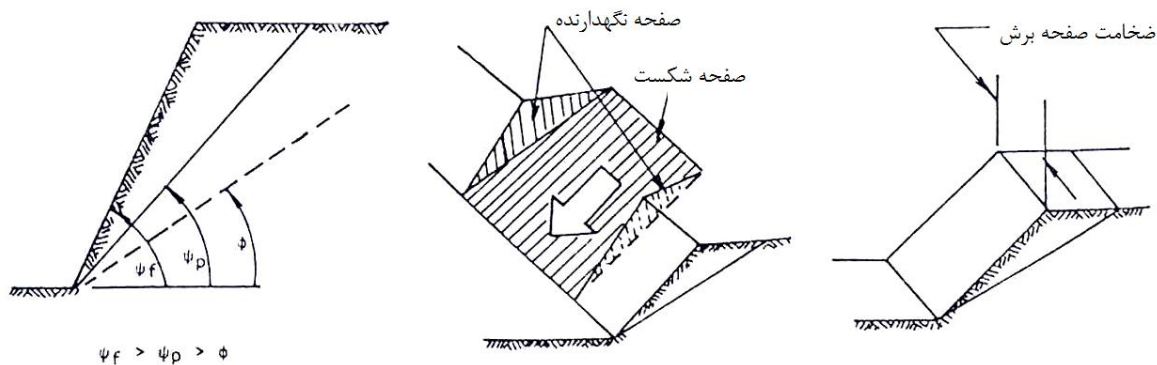
ج- زاویه شیب سطح گسیختگی باید بزرگ‌تر از زاویه اصطکاک داخلی این صفحه باشد یعنی در شکل (۱-۲) داشته باشیم:

$$\psi_p > \phi \quad (2-2)$$

که در آن ϕ زاویه اصطکاک داخلی در امتداد ناپیوستگی است.

د- سطوح آزادکننده‌ی جانبی^۲ صفحه گسیختگی، کمترین مقاومت را داشته باشند [۱].

1 Failure Plan
2 Release Surface



شکل (۱-۲) نمایی از لغزش صفحه‌ای در یک سطح شیب‌دار [۱]

۲-۱-۲- گسیختگی گوه‌ای

برای گسیختگی گوه‌ای، وجود دو صفحه ناپیوستگی مورب (شیب‌دار)، که ممکن است دو دسته درزه و یا یک دسته درزه با یک گسل باشد، ضروری است. این گسیختگی وقتی اتفاق می‌افتد که این دو صفحه ناپیوستگی بطور مورب در لبه و دامنه شیب گسترش و همدیگر را قطع کنند و خط تقاطع این دو صفحه در دامنه شیب ظاهر و گوه‌ای از سنگ در امتداد خط تقاطع جدا و سقوط خواهند کرد.

هندس گوه جهت تحلیل لغزش گوه‌ای، در شکل (۲-۲) نشان داده شده است. شرط وقوع

گسیختگی گوه‌ای عبارتست از:

$$\psi_{fi} > \psi_i > \phi \quad (۳-۲)$$

که در آن زاویه شیب سطح شیب‌دار در جهت خط تقاطع دو صفحه، ψ_i شیب خط

تقاطع دو صفحه و ϕ زاویه اصطکاک داخلی در امتداد ناپیوستگی است [۱] و [۲].