



دانشگاه آزاد اسلامی  
واحد تهران جنوب  
دانشکده تحصیلات تکمیلی

سمینار برای دریافت درجه کارشناسی ارشد «M.Sc»  
مهندسی معدن – استخراج

عنوان:

تحلیل و بررسی پارامترهای تاثیرگذار بر پایداری شیب‌های معادن سطحی

استاد راهنما:

نگارش:

|         |                                                                 |
|---------|-----------------------------------------------------------------|
| 1.....  | چکیده .....                                                     |
| 2.....  | مقدمه .....                                                     |
| 3.....  | فصل اول : شیب در معادن سطحی .....                               |
| 4.....  | 1-1- کلیات .....                                                |
| 4.....  | 1-1-1- مقدمه .....                                              |
| 4.....  | 2-1-1- هندسه شیب در معادن روباز .....                           |
| 5.....  | 3-1-1- اهمیت پایداری شیب .....                                  |
| 7.....  | 4-1-1- هزینه شکست شیب .....                                     |
| 8.....  | 2-1- نگهداری شیب .....                                          |
| 9.....  | 3-1- آتشباری کنترل شده در شیب .....                             |
| 10..... | 4-1- مدیریت شیب .....                                           |
| 10..... | 1-4-1- مقدمه .....                                              |
| 11..... | 2-4-1- بازرسی و نظارت بر ناپایداری .....                        |
| 12..... | 1-2-4-1- جابجایی سطحی .....                                     |
| 13..... | 2-2-4-1- جابجایی زیرسطحی (عمقی) .....                           |
| 15..... | 3-2-4-1- برنامه نظارت .....                                     |
| 16..... | 4-2-4-1- خلاصه داده‌ها و تهیه گزارش .....                       |
| 18..... | 3-4-1- مدیریت لغزش .....                                        |
| 19..... | 4-4-1- طراحی دورنگرانه (پیشامدهای احتمالی) .....                |
| 20..... | فصل دوم: علل و انواع شکست .....                                 |
| 21..... | 1-2- شکست و خسارات ناشی از آن .....                             |
| 22..... | 2-2- علل شکست .....                                             |
| 22..... | 1-2-2- مقدمه .....                                              |
| 23..... | 2-2-2- انفصال‌های زمین‌شناسی .....                              |
| 24..... | 1-2-2-2- وجود سطوح لایه بندی یا زون ضعیف .....                  |
| 24..... | 2-2-2-2- نقش گسل در شکست شیب‌ها .....                           |
| 26..... | 3-2-2- خواص توده‌سنگ .....                                      |
| 28..... | 4-2-2- آب‌های زیرزمینی .....                                    |
| 28..... | 1-4-2-2- تأثیر عوامل هیدرولوژی در ناپایداری شیب .....           |
| 31..... | 2-4-2-2- تأثیر ترکیبی از گسل و هیدرولوژی بر ناپایداری شیب ..... |
| 32..... | 3-4-2-2- تأثیر رطوبت بر ناپایداری شیب .....                     |

|    |                                                            |
|----|------------------------------------------------------------|
| 34 | 2-2-5- تأثیر انفجار بر شکست                                |
| 34 | 2-2-5-1- مقدمه                                             |
| 35 | 2-2-5-2- آتشباری ضربه گیر                                  |
| 35 | 2-2-5-3- آتشباری پیش شکافی                                 |
| 37 | 2-2-5-4- آتشباری ملایم                                     |
| 39 | 2-3- انواع شکست                                            |
| 39 | 2-3-1- سطوح شکست صاف                                       |
| 39 | 2-3-1-1- برش صفحه‌ای یا شکست صفحه‌ای                       |
| 40 | 2-3-1-2- شکست صفحه‌ای با مسیر پلکانی                       |
| 41 | 2-3-1-3- شکست گوه‌ای                                       |
| 41 | 2-3-1-4- شکست گوه‌ای با مسیر پلکانی                        |
| 42 | 2-3-1-5- شکست دوبلوی                                       |
| 42 | 2-3-1-6- شکست ورقه‌ای                                      |
| 43 | 2-3-2- سطوح شکست غیرمستوی                                  |
| 43 | 2-3-2-1- شکست دایره‌ای (قاشقی)                             |
| 45 | 2-3-3- سایر مدل‌های شکست                                   |
| 45 | 2-3-3-1- جریان بلوک                                        |
| 45 | 2-3-3-2- شکست سنگریزه‌ای                                   |
| 46 | 2-3-3-3- شکست واژگونی                                      |
| 48 | 2-3-3-3-1- شکست واژگونی خمشی                               |
| 48 | 2-3-3-3-2- شکست واژگونی بلوکی                              |
| 49 | 2-3-3-3-3- شکست واژگونی بلوکی - خمشی                       |
| 49 | 2-4-3- تقسیم‌بندی شکست از دید امکان محاسبه فاکتور ایمنی    |
| 49 | 2-4-3-1- شکست‌هایی که امکان محاسبه فاکتور ایمنی وجود دارد  |
| 49 | 2-4-3-2- شکست‌هایی که امکان محاسبه فاکتور ایمنی وجود ندارد |
| 50 | فصل سوم: تحلیل پایداری شیب                                 |
| 51 | 3-1- جمع‌آوری اطلاعات                                      |
| 53 | 3-1-1- زمین‌شناسی و ساختارهای عمده                         |
| 53 | 3-1-2- بافت سنگ                                            |
| 54 | 3-1-3- خصوصیات سنگ                                         |
| 54 | 3-1-4- هیدرولوژی                                           |
| 55 | 3-1-5- اندازه‌گیری تنش                                     |

|         |                                                      |
|---------|------------------------------------------------------|
| 55..... | 2-3- روش‌های تحلیل پایداری شیب.....                  |
| 55..... | 1-2-3- امتیاز توده شیب (SMR).....                    |
| 59..... | 1-1-2-3- کلاس‌های پایداری شیب.....                   |
| 60..... | 2-1-2-3- ملاحظات نگهداری.....                        |
| 60..... | 3-1-2-3- روش SMR اصلاح شده.....                      |
| 63..... | 2-2-3- روش‌های براساس تعادل حدی.....                 |
| 63..... | 1-2-2-3- روش‌های مبتنی بر تعادل گشتاور کلی.....      |
| 64..... | 2-2-2-3- روش‌های مبتنی بر تعادل نیروها.....          |
| 64..... | 3-2-2-3- روش‌های مبتنی بر تعادل نیروها و گشتاور..... |
| 65..... | 3-2-3- روش‌های آنالیز عددی پایداری شیب‌ها.....       |
| 66..... | 1-3-2-3- روش‌های اجزاء محدود (FEM).....              |
| 68..... | 2-3-3-3- روش‌های تفاوت‌های محدود.....                |
| 70..... | 3-4-3-3- روش اجزاء مجزا.....                         |
| 72..... | 4-3-3-3- روش عناصر مرزی.....                         |
| 73..... | 4-3-3- تحلیل براساس مدل‌های فیزیکی.....              |
| 74..... | 5-3-3- روش‌های آنالیز احتمالی پایداری شیب‌ها.....    |
| 77..... | فصل چهارم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات.....               |
| 78..... | نتیجه‌گیری.....                                      |
| 80..... | پیشنهادهای.....                                      |
| 81..... | منابع و مآخذ.....                                    |
| 82..... | منابع فارسی.....                                     |
| 84..... | منابع لاتین.....                                     |
| 85..... | چکیده انگلیسی.....                                   |

## فهرست جدول‌ها

شماره صفحه

عنوان

|    |                                                                                  |
|----|----------------------------------------------------------------------------------|
| 5  | جدول 1-1- نقش پایداری شیب در مراحل مختلف معدنکاری به روش روباز                   |
| 15 | جدول 2-1- جدول پیشنهادی نظارت                                                    |
| 17 | جدول 3-1- اطلاعات مورد نیاز برای نظارت                                           |
| 26 | جدول 1-2- نیروی به هم چسبی، زاویه اصطکاک داخلی به وزن مخصوص بعضی سنگ‌ها و خاک‌ها |
| 36 | جدول 2-2- مقادیر پیشنهادی برای آشتباری ملایم و پیش شکافی                         |
| 54 | جدول 1-3- مقادیر ضرایب تصحیح مربوط به جهت گیری‌های مختلف درزه‌ها                 |
| 55 | جدول 2-3- مقادیر ضریب تصحیح $F_A$ مربوط به روش حفاری                             |
| 57 | جدول 3-3- کلاس‌های مختلف پایداری بر اساس مقادیر SMR                              |
| 58 | جدول 4-3- مقادیر SMR برای هر گروه نگهداری                                        |
| 59 | جدول 5-3- نگهداری‌های توصیه شده برای کلاس‌های مختلف SMR                          |
| 60 | جدول 6-3- محاسبات مربوط به ضرایب تصحیح $F_3, F_2, F_1$                           |

|    |                                                                        |
|----|------------------------------------------------------------------------|
| 3  | شکل 1-1- مقطع یک معدن روباز                                            |
| 24 | شکل 1-2- نمونه‌ای از قرارگیری زون‌های ضعیف درون سنگ‌ها                 |
| 25 | شکل 2-2- مقطعی از یک گسل مرکب                                          |
| 28 | شکل 3-2- نقش مجموعه درزه در ایجاد فشار آب در شیب سنگی                  |
| 29 | شکل 4-2- مقایسه تغییرات در افق آب در شیب خاکی                          |
| 29 | شکل 5-2- مسیر آب به سمت معدن                                           |
| 30 | شکل 6-2- مسیر آب خلاف جهت معدنکاری                                     |
| 31 | شکل 7-2- تأثیر ترکیب گسل و هیدرولوژی در پایداری                        |
| 37 | شکل 8-2- شرط لغزش شکست صفحه‌ای                                         |
| 38 | شکل 9-2- شکست صفحه‌ای                                                  |
| 38 | شکل 10-2- شکست صفحه‌ای با مسیر پلکانی                                  |
| 39 | شکل 11-2- شکست گوه‌ای                                                  |
| 39 | شکل 12-2- شکست گوه‌ای با مسیر پلکانی                                   |
| 40 | شکل 13-2- شکست دو بلوکی                                                |
| 41 | شکل 14-2- شکست غیر دایره‌ای                                            |
| 44 | شکل 15-2- شکست سنگریزه‌ای                                              |
| 44 | شکل 16-2- شکست واژگونی                                                 |
| 45 | شکل 17-2- آزمون حرکت شناختی برای واژگونی                               |
| 46 | شکل 18-2- شکست واژگونی خمشی                                            |
| 46 | شکل 19-2- شکست واژگونی بلوکی                                           |
| 47 | شکل 20-2- شکست واژگونی بلوکی - خمشی                                    |
| 56 | شکل 1-3- شکست صفحه‌ای                                                  |
| 67 | شکل 2-3- تحلیل پایداری شیب به روش تفاضل محدود و بردارهای جابجایی حاصله |

## چکیده

پایداری شیب در برنامه‌ریزی طراحی و هزینه‌های معدنکاری نقش مؤثری دارد، به عنوان مثال افزایش شیب باعث کاهش باطله‌برداری یا افزایش برداشت ماده معدنی و در نتیجه سود بیشتر و بازگشت سرمایه کمتر خواهد شد. شیب زیاد در عین حال باعث کاهش ضریب ایمنی و افزایش هزینه شکست می‌گردد. از عوامل مؤثر در شکست شامل سطوح ناپیوستگی، گسل‌ها، سطوح لایه‌بندی یا زون ضعیف، جریان آب و خواص توده‌سنگ شامل مقاومت‌فشاری، کششی، چسبندگی و زاویه اصطکاک مدول الاستیسیته سنگ، توده‌سنگ یا خاک می‌باشد. شکست در سنگ‌ها در سطوح ناپیوستگی شامل درزه‌ها و گسل‌ها و صفحات لایه‌بندی بصورت صفحه‌ای، گوه‌ای، ورقه‌ای، واژگونی و دوبلوکی رخ می‌دهد و شکست‌های قاشقی، دایره‌ای و سنگریزه‌ای در شیب‌های خاکی و یا در سنگ‌های به شدت هوازده اتفاق می‌افتد. جهت تحلیل پایداری شیب، ضریب ایمنی آن به کمک روش‌های مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این سمینار روش‌های عمده تحلیل پایداری شیب معرفی شده‌اند. روش‌های تحلیل پایداری شامل روش تجربی SMR، روش تعادل حدی و روش آنالیز عددی می‌باشد. روش تجربی SMR با امتیازدهی به توده‌سنگ و با در نظر گرفتن شیب شیروانی ضمن تحلیل مقدماتی شرایط شیب از لحاظ پایداری، تحکیمات موقت لازم را به ما پیشنهاد می‌کند. روش‌های تعادل حدی با در نظر گرفتن نیروهای مقاوم و نیروهای شکست، ضریب ایمنی شیروانی را تعیین می‌کنند. روش‌های آنالیز عددی به دلیل ارائه رفتار واقعی‌تر شیب‌ها، کاربرد فراوانی پیدا کرده است، با این روش‌ها می‌توان توزیع تنش یا کرنش و جابجایی‌های سازه را تعیین نمود. در مجموع می‌توان گفت این سمینار با معرفی عوامل شکست، انواع ریزش و روش‌های تحلیل، روند تحلیل پایداری شیب را ارائه کرده است.