PHÂN TÍCH ỔN ĐỊNH BỜ MỎ CHO MỎ ĐÁ ỐP LÁT GRANIT TRÊN CƠ SỞ XEM XÉT CÁC MỨC ĐỘ NỨT NẺ ĐẤT ĐÁ

Phạm Văn Việt, Nguyễn Anh Tuấn, Phạm Văn Hòa, Trần Đình Bão, Lê Thị Thu Hoa, Lê Quí Thảo
Trường Đại học Mỏ Địa-Chất
Trần Hữu Trọng
Sở Tài nguyên và Môi trường Bình Định
Nguyễn Tấn Phát
Sở Xây dựng Bình Định
Phan Hồng Việt
Sở Công thương Bình Dương
Email: phamvanviet@humg.edu.vn

TÓM TẮT

Hiện nay, nhu cầu thị trường đá ốp lát tương đối lớn. Các mỏ đá ốp lát ngày càng khai thác xuống sâu với chiều cao và góc nghiêng bờ mỏ lớn, trong điều kiện đá cứng nhiều nứt nẻ, tạo ra nhiều rủi ro trong hoạt động khai thác mỏ. Bài báo đề xuất phương pháp phân tích ổn định bờ mỏ cho các mỏ đá ốp lát trong điều kiện mức độ nứt nẻ khác nhau thông qua chỉ số độ bền địa chất (GSI): thông số hình học bờ mỏ được tiến hành thu thập thực tế bằng công nghệ máy bay không người lái (UAV), đánh giá ổn định bờ mỏ bằng phương pháp phần tử hữu hạn (FEM), đặc tính cơ học khối đá sử dụng tiêu chuẩn trượt Generalized Hoek Brown, hệ số ổn định được xác định dựa trên kỹ thuật giảm độ bền cắt (SSR) với phần mềm Phase2 V8.0, được áp dụng cho mỏ đá ốp lát Núi Ngang, Bình Định, góp phần nhận biết vai trò của nứt nẻ trong đánh ổn định để có thể thiết kế bờ mỏ hợp lý trong các mỏ đá ốp lát có nứt nẻ.

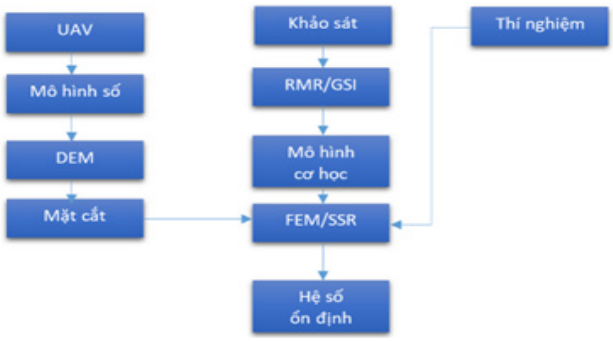
***Từ khóa**: đá ốp lát, bờ mỏ, phần tử hữu hạn, GSI.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

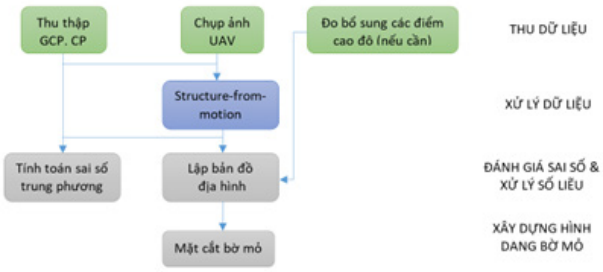
Đá ốp lát tự nhiên Việt Nam gồm các nhóm đá granit, đá vôi, đá marble, đá phiến thể hiện độ liền khối, không bị khe nứt tự nhiên làm gián đoạn có màu sắc độ vân bóng khác nhau. Đá ốp lát tự nhiên được ứng dụng ngày càng nhiều trong đời sống như ốp tường, lát nền, vỉa hè,…Việt Nam có trữ lượng đá ốp lát lớn, phong phú về chủng loại, hoa văn, độ bền và độ cứng [1]. Trong đó, đá ốp lát nhóm granit gồm đá gabro, đá granit đen xám, đen trắng, màu hồng, màu phớt vàng có trữ lượng lớn tập trung ở các tỉnh Nam Trung Bộ và Tây Nguyên [1]. Hiện nay, các mỏ đá ốp lát granit khai thác xuống sâu, sử dụng công nghệ cưa cắt hiện đại như máy cưa đĩa, máy cưa dây kim cương,... có thể tận thu tối đa trữ lượng làm cho bờ mỏ cao đến hàng trăm mét, dốc lớn hơn 750 dẫn đến bờ mỏ có nguy cơ mất an toàn rất cao, có khả năng sụp đổ do tồn tại các hệ thống khe nứt bên trong bờ. Do sự phát triển của hệ thống khe nứt có ảnh hưởng đến độ bền tổng thể của khối đá trong bờ mỏ, việc đánh giá xác định các khe nứt gặp nhiều khó khăn. Do vậy, mức độ nứt nẻ khác nhau ảnh hưởng đến độ bền tổng thể của bờ mỏ. Trước tiên, việc xác định các thông số hình học bờ mỏ cũng là vấn đề cần quan tâm vì các bờ mỏ này cao, dốc, đai bờ hẹp rất khó khăn có việc xây dựng đúng hình dạng bờ. Nhưng hiện nay, với sự phát triển công nghệ đo vẽ sử dụng máy bay không người lái, thông số hình học bờ mỏ sẽ được thu thập nhanh và chính xác bằng các bức ảnh có độ phân giải cao đưa vào xây dựng mô hình số bề mặt bờ mỏ (DSM) [2]. Đánh giá mức độ nứt nẻ được đánh giá bằng phương pháp khảo sát thực tế ngoài thực địa bằng địa bàn và thước dây khảo sát theo tuyến [3]. Các khe nứt này được thu thập để giúp phân loại khối đá theo chỉ số khối đá (RMR), đã được tác giả Bieniaski đề xuất dựa trên đánh giá các tiêu chí trong khối đá như thông số độ bền nén một trục khối nguyên, chỉ tiêu chất lượng đá (RQD), khoảng cách khe nứt và hướng khe nứt [4]. Chỉ số khối đá đã được Bieniaski chỉ ra nhưng chưa phải là thông số toàn diện để đánh giá khối đá. Sau này, tác giả Hoek Brown đưa ra một chỉ số tổng thể

đánh giá mức độ nứt nẻ khối đá là chỉ số độ bền địa chất (GSI), chỉ số này chia khối đá theo mức độ nứt nẻ thành 6 loại từ đá nguyên khối đến khối đá nứt nẻ hoàn toàn. Chỉ số này đã được Hoek Brown khái quát thành tiêu chuẩn đánh giá độ bền khối đá Hoek Brown và đã được hãng Rocscience đưa vào là một tiêu chuẩn đặc trưng xác định độ bền khối đá [5]. Cùng với sự bùng nổ của phương pháp số trong việc đánh giá ổn định bờ mỏ như phương pháp phần tử hữu hạn, phương pháp phần tử rời rạc, phương pháp phần tử hữu hạn được sử dụng nhiều hơn vì sử dụng được với quy mô bờ mỏ lớn, khối lượng tính toán ít hơn. Phương pháp số dựa trên phương pháp phần tử hữu hạn (FEM) đã được hãng Rocscience phát triển kết hợp với lý thuyết giảm độ bền cắt (SSR) đưa ra được hệ số ổn định bờ mỏ tạo thuận lợi trong việc đánh giá so sánh với phương pháp truyền thống cân bằng giới hạn (LEM) đã được sử dụng từ lâu. Phương pháp này cũng đã được áp dụng trong việc đánh giá ổn định bờ mỏ và bãi thải [6]. Do đó, việc đánh giá ổn định bờ mỏ cho các mỏ đá ốp lát là việc làm cần thiết và khả thi vì các mỏ này đá cứng nhưng tồn tại nhiều nứt nẻ trong đó, giúp hiểu được sự tác động của nứt nẻ tới độ ổn định bờ mỏ. Nghiên cứu đưa ra ứng dụng tính toán cho mỏ đá ốp lát Núi Ngang, tỉnh Bình Định.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU



H.1. Sơ đồ đánh giá ổn định bờ mỏ



H.2. Quy trình xây dựng thông số hình học bờ mỏ.

Việc đánh giá ổn định bờ mỏ là một việc làm phức tạp đòi hỏi thu thập thông tin hình học bờ mỏ đang tồn tại, độ bền khối đá trong bờ và lựa chọn phương pháp đánh giá. Bài báo đề xuất việc thu thập thông số hình học bằng sử dụng công nghệ mô hình địa hình, xây dựng mặt cắt ngang bằng công nghệ máy bay không người lái. Trong khi đó, độ bền khối đá trong bờ mỏ được thu thập kết hợp giữa thí nghiệm trong phòng và khảo sát ngoài thực địa. Khảo sát mức độ khe nứt được khảo sát ngoài thực tế dựa trên chỉ số khối đá (RMR), chỉ số độ bền địa chất (GSI), kết hợp với việc xây dựng mô hình tính chất cơ học đất đá theo tiêu chuẩn Hoek Brown. Phương pháp đánh giá ổn định đề xuất sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn (FEM) kết hợp với lý thuyết giảm bền cắt đất đá (SSR) (xem Hình H.1)

2.1. Phương pháp nghiên cứu

2.1.1. Xác định thông số hình học bờ mỏ

Quy trình xây dựng được thể hiện trong Hình H.2 như sau:

1. Xây dựng các điểm GCP, CP và đo đạc các điểm cao độ bổ sung:

Điểm khống chế mặt đất (GCP-Ground Control Point) là các điểm được thiết lập trước khi bay chụp dùng để nắn ảnh về tọa độ mong muốn. Điểm kiểm tra (CP-Check Point) là các điểm dùng để đánh giá độ chính xác của kết quả. Xây dựng GCP và CP tùy theo diện tích và hình dạng của khu vực khảo sát, ít nhất là 5 điểm trên 10 ha [7]. Các điểm đo cao độ dùng để bổ sung vào khu vực khuất, có nhiều cây cối hoặc thực vật phủ dày đặc. Dựa trên ảnh vệ tinh mà khoanh vào những nơi cần đo đạc bổ sung cho việc thành lập bản đồ địa hình.

2. Thiết kế bay chụp bằng UAV:

Thiết kế tuyến bay chụp thông qua phần mềm DJI Pilot trên hệ điều hành Anroid. Dạng tuyến được thiết kế bằng chế độ Linear Flight Mission, còn dạng vùng được thiết kế bằng Mapping. Thông số quan trọng trong thiết kế bay là độ cao bay chụp và độ chồng phủ ảnh.

Độ cao bay chụp được thiết kế theo công thức (1). Tùy vào độ phân giải mặt đất mong muốn để thiết kế độ cao bay chụp phù hợp. Độ chồng phủ ảnh là tỉ lệ chồng lấn giữa các ảnh theo chiều dọc và chiều ngang khoảng 80% và 70%.

$$H == \frac{fxGSD}{S} \quad (1)$$

Trong đó: H là chiều cao bay được thiết kế cho UAV (m); GSD là kích thước điểm ảnh cần chụp (m); f là tiêu cự của máy ảnh (m); S là kích thước pixel.

3. Xử lý ảnh:

Ảnh sau khi chụp sẽ được đưa vào phần mềm Pix4DMapper phiên bản Trial [8] để xử lý. Phương pháp xử lý bắt nguồn từ phương pháp Structure-from-Motion (SfM). Phương pháp SfM hoạt động theo cùng nguyên lý của phép chiếu ảnh lập thể, đó là xây dựng mô hình 3D dựa vào việc chồng hàng loạt các bức ảnh lại với nhau. Nhờ vào quy trình xử lý lặp đi lặp lại nhiều lần, một bộ dữ liệu gồm nhiều thuộc tính x, y, z và màu sắc sẽ được trích xuất tự động từ các hình ảnh chồng chéo lên nhau [9]. Quy trình xử lý ảnh bao gồm bốn bước chính là nắn chỉnh ảnh và xử lý tạo đám mây điểm sơ bộ. Nắn chỉnh ảnh được thực hiện bằng các định vị hướng bên ngoài bằng các điểm GCP trong ray Cloud. Các điểm GCP được tìm và đánh dấu trên ảnh trong phần mềm. Sau khi hoàn thành tất đánh dấu các GCP, bước tối ưu hóa đển nắn chỉnh lại toàn bộ khu vực. Tiếp theo là quá trình xử lý tạo đám mây điểm, thành lập mô hình số độ cao (DEM) và ảnh trực giao. Kết quả xuất ra là một đám mây điểm (point cloud), mô hình số độ cao (DEM) và ảnh trực giao.

4. Xây dựng mặt cắt bờ mỏ:

Mô hình số độ cao (DEM) và ảnh trực giao được đưa vào phần mềm QGIS kết hợp với công cụ Terrain profile để tạo ra mặt cắt địa hình bờ mỏ theo ý muốn. Mặt cắt có thể được xuất ra dạng ảnh và dạng autocad.

2.1.2. Xây dựng mô hình đánh giá ổn định

Phương pháp phần tử hữu hạn (FEM) đã được ứng dụng nhiều trong phân tích ổn định bờ mỏ. Một trong những kỹ thuật cho phân tích ổn định bờ mỏ dựa vào FEM là cách tiếp cận theo kỹ thuật giảm độ bền cắt (SSR). Cách tiếp cận này có nội dung đơn giản do giảm đường giới hạn bền đất đá bằng một hệ số ổn định và tính toán mô hình FEM bờ mỏ đến khi biến dạng lớn không thể chấp nhận được.

Kỹ thuật SSR cho phân tích ổn định bờ mỏ liên quan tới phân tích phần tử hữu hạn để xác định nhân tố giảm ứng suất (SRF) hoặc giá trị hệ số ổn định kết nối bờ dốc tới giới hạn trượt. Độ bền cắt của đất đá trong mô hình phần tử hữu hạn của bờ mỏ giảm bởi hệ số ổn định (SRF). Phân tích phần tử hữu hạn của mô hình này được thực hiện đến khi giá trị giới hạn SRF gây ra mất ổn định bờ mỏ. Một bờ mỏ được coi mất ổn định với kỹ thuật SSR là khi mô hình phần tử hữu hạn của nó không hội tu trong phạm vi dung sai cho phép.

Đối với khối đá, tiêu chuẩn Hoek-Brown được sử dụng xác định độ bền khối đá. Tiêu chuẩn áp dụng cho khối đá là không tuyến tính, bằng việc xác định độ bền bờ mỏ trong mối quan hệ giữa ứng suất chính lớn nhất và ứng suất chính nhỏ nhất qua công thức (4) [6]:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci}(m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s)^a \quad (2)$$

$$m_b = m_i \exp(\frac{GSI - 100}{28 - 14D}) \quad (3)$$

$$s = \exp(\frac{GSI - 100}{9 - 3D}) \quad (4)$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6}(e^{-GSI/15} - e^{-20/9}) \quad (5)$$

Trong đó: σ_{ci} là độ bền nén một trục trong nguyên khối, MPa; m_i là hệ số giảm yếu cấu trúc trong nguyên khối; m_b là hệ số giảm yếu cấu trúc trong khối đá; GSI là chỉ số độ bền địa chất; D là hệ số xáo lộn khối đá; s và a là các hệ số.

Đối với tiêu chuẩn Hoek-Brown, ứng suất pháp tuyến và pháp tuyến được biểu diễn qua ứng suất chính lớn nhất và nhỏ nhất trong công thức (6) và (7):

$$\tau = (\sigma_1 - \sigma_3)\frac{\sqrt{1 + a.m_b(m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s)^{a-1}}}{2 + a.m_b(m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s)^{a-1}} \quad (6)$$

$$\sigma_n = \frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_3) - \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3)\frac{a.m_b(m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s)^{a-1}}{2 + a.m_b(m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s)^{a-1}} \quad (7)$$

Khi đánh giá bờ mỏ với kỹ thuật SSR, các bước thực hiện như sau:

- Giảm đường bao độ bền bằng nhân tố ổn định
- Xác định các thông số mô hình độ bền mới xác định đường bao độ bền thấp hơn.
- Sử dụng các thông số mới phân tích mô hình phần tử hữu hạn theo đàn hồi- biến dạng.

Do đó, đường bao độ bền cắt thấp hơn theo Hoek-Brown bằng hệ số ổn định F, được xác định bởi công thức (8):

$$\tau^{red} = \frac{\tau^{orig}}{F} = (\sigma_1 - \sigma_3)\frac{\sqrt{1 + a.m_b(m_b\frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s)^{a-1}}}{2 + a.m_b(m_b\frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s)^{a-1}}.\frac{1}{F}$$

$$= (\sigma_1 - \sigma_3)\frac{\sqrt{1 + a.m_b^{red}(m_b^{red}\frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s^{red})^{a^{red}-1}}}{2 + a.m_b^{red}(m_b^{red}\frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s^{red})^{a^{red}-1}} \quad (8)$$

Trong đó: τ^{orig} là độ bền cắt đường bao độ bền ban đầu; τ^{red}, σ^{red}, m_b^{red}, s^{red} và a^{red} là các thông số xác định bởi đường bao độ bền thấp hơn.

Khảo sát thu thập các thông số thực tế về mức độ nứt nẻ và điều kiện tự nhiên bờ mỏ được thực hiện để đánh giá theo chỉ số khối đá (RMR) và chỉ số độ bền địa chất (GSI). Đánh giá khối đá theo chỉ số RMR đã được tác giả Bieniaski đề xuất dựa trên đánh giá các tiêu chí trong khối đá như thông số độ bền nén một trục khối nguyên, chỉ tiêu xác định chất lượng đá (RQD), khoảng cách khe nứt và hướng khe nứt [4]. Trong công thức tiêu chuẩn Generalized Hoek-Brown thì chỉ số GSI được đưa vào xây dựng mô hình độ bền đất đá, qua đó chỉ số GSI được tính toán qua chỉ số RMR theo công thức (9) [10]:

$$GSI = RMR^{89} - 5 \quad (9)$$

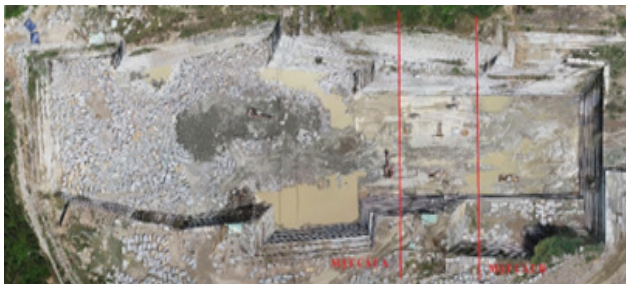
2.2. Nghiên cứu áp dụng tại mỏ đá ốp lát Núi Ngang, tỉnh Bình Định

2.2.1. Giới thiệu về mỏ

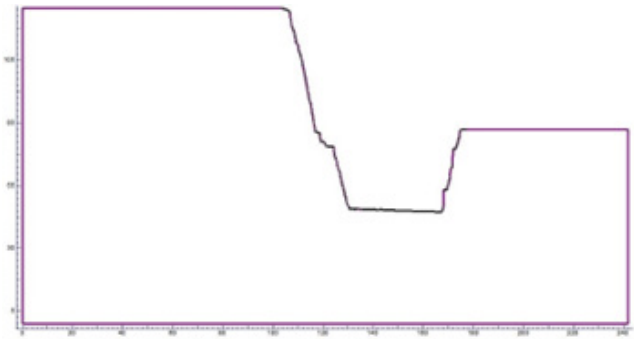
Mỏ đá ốp lát Núi Ngang thuộc thuộc địa phận xã Cát Nhơn, huyện Phù Cát, tỉnh Bình Định. Mỏ khai thác đá gốc granit biotit phân bố từ cao độ +30m đến +140m, với độ dốc sườn trung bình từ ($20^0 \div 30^0$) đôi chỗ có độ dốc lớn hơn (đến 350). Mỏ nằm cách thành phố Quy Nhơn khoảng 40km về phía bắc theo Quốc lộ 1A đến thị trấn Ngô Mây, sau đó theo đường ô tô nội tỉnh xuống xã Cát Nhơn khoảng 10km là khu mỏ núi Ngang, mỏ nằm ở sườn phía Nam núi Ngang.

2.2.2. Xây dựng hình học bờ mỏ

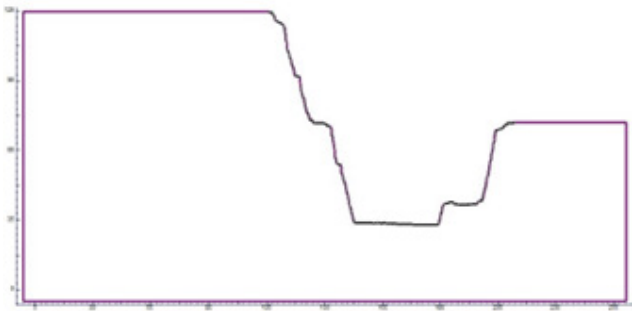
Xây dựng thông số hình học bờ mỏ cho mỏ đá Núi Ngang được thực hiện bằng công nghệ máy bay không người lái (UAV) DJI Phantom 4 pro v2, với thực hiện định vị đo 3 điểm GCP và 2 điểm CP, thực hiện bay bằng phần mềm DJI pilot, xây dựng mô hình bằng phần mềm Pix4Dmapper tạo ra mô hình độ cao DEM và ảnh trực giao (xem Hình H.3). Kết quả được xử lý trên phần mềm QGIS để tạo ra mặt cắt ngang, trong khu mỏ tiến hành xây dựng 2 mặt cắt đặc trưng tương ứng với vị trí mỏ có chiều cao bờ lớn nhất (xem Hình H.4, H.5).



H. 3. Ảnh trực giao mỏ đá ốp lát Núi Ngang và vị trí các mặt cắt



H. 4. Hình dạng bờ mỏ trên mặt cắt A



H. 5. Hình dạng bờ mỏ trên mặt cắt B

2.2.3. Xác định các thông số mức độ nứt nẻ, đặc tính cơ học đá

Trong điều kiện mỏ, việc thu thập thông tin mức độ nứt nẻ, đặc tính cơ học đá và các điều kiện thực tế theo chỉ số RMR. Bài báo đưa ra 4 trường hợp trong phân loại khối đá từ trạng thái nguyên khối đến đất đá nứt nẻ mạnh, các thông số được thể hiện Bảng 1.

Bảng 1. Các thông tin thu thập theo chỉ số RMR

TT	Thông số	Đá nguyên khối	Khe nứt phân tán	Khe nứt hệ thống	Đá nứt nẻ mạnh
1	Độ bền nén một trục (MPa)	94,6	94,6	94,6	94,6
2	Trọng lượng riêng đất đá (kN/m^3)	26,78	26,78	26,78	26,78
3	RQD (%)	100	100-90	75-50	50-25
4	Khoảng cách khe nứt (cm)	-	30-100	60-20	20-6
5	Độ mở khe nứt (mm)	-	0,1-0,5	0,5-2,5	2,5-10
6	Kéo dài khe nứt (m)	-	10-20	10-20	3-10
7	Độ gồ ghề	-	gồ ghề	gồ nghề	gồ ghề nhẹ
8	Bề mặt khe nứt	-	Phẳng	Phẳng	Phẳng
9	Chất lấp nhét	-	Không	Mềm	Mềm
10	Phong hóa mặt khe nứt	-	Không	Trung bình	Trung bình
11	JRC	-	12-16	12-16	8-12
12	Điều kiện nước khe nứt	-	khô	khô	khô
13	Phương pháp khai thác	máy cắt	máy cắt	máy cắt	máy cắt
14	RMR/GSI	-/100	90/85	70/65	50/45

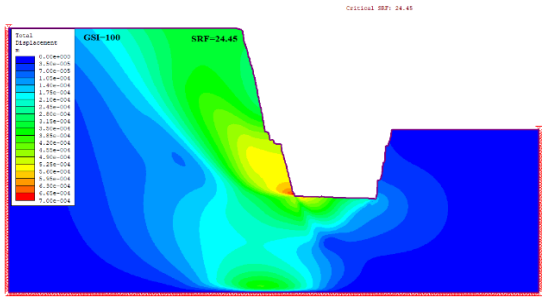
3. KẾT QUẢ

Từ các thông tin đầu vào từ Bảng 1 được đưa vào phần mềm Rocdata của hãng Rocscience, làm cơ sở đánh giá các thông số theo tiêu chuẩn Hoek-Brown thể hiện trên Bảng 2.

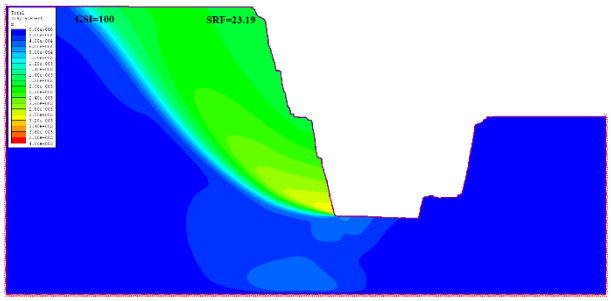
Sau khi xác định thông số hình học bờ mỏ, mô hình khối đá, bài báo phân tích ổn định bờ mỏ bằng phương pháp phân tử hữu hạn (FEM), kỹ thuật giảm độ bền cắt (SSR) dựa trên phần mềm số Phase2 V8.0 (bản dùng thử) của hãng rocscience. Bài báo phân tích 4 điều kiện mô hình khối đá với thông số hình học của 2 vị trí mặt cắt đặc trưng bờ mỏ được thể hiện qua Hình H.5 đến H.12.

Bảng 2. Các thông số mô hình khối đá theo tiêu chuẩn Hoek-Brown

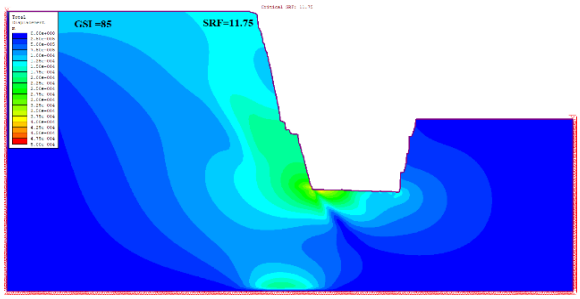
TT	Thông sô	Nguyên khối	Khe nứt phân tán	Khe nứt hệ thống	Đá nứt nẻ mạnh
1	RMR/GSI	0/100	90/85	70/65	50/45
2	Tỉ lệ mô đun	425	425	425	425
3	Mô đun đàn hồi khối đá (MPa)	39977	37253,7	25398,3	8991,8
4	m_b	32	18,728	9,168	4,488
5	s	1	0,1889	0,0205	0,0022
6	a	0,5	0,5	0,5	0,508
7	Độ dính kết khối đá (MPa)	16,341	11,126	8,114	6,252
8	Góc nội ma sát khối đá (độ)	54,11	50,59	45,04	39,10
9	Độ bền nén môt trục khối đá (Mpa)	94,6	41,088	13,431	4,241
10	Độ bền toàn bộ khối đá (Mpa)	100,907	62,128	39,215	26,275
11	Độ bền kéo khối đá (Mpa)	-2,95	-0,9541	-0,2112	-0,0468



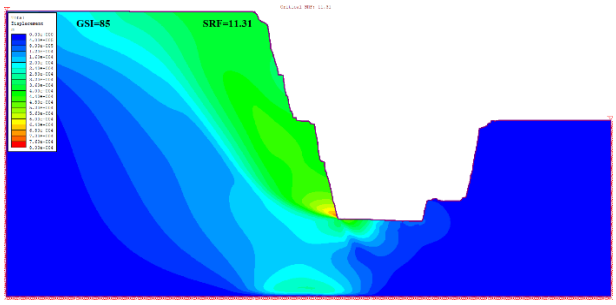
H. 5. Mặt cắt A: GSI=100, SRF=24,45



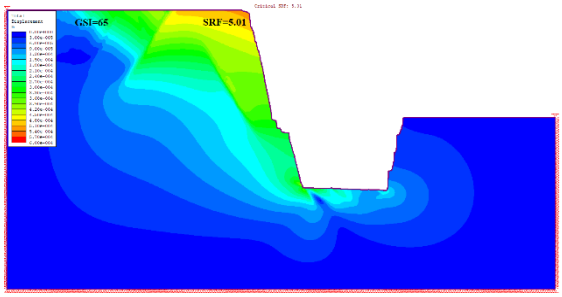
H. 6. Mặt cắt B: GSI=100, SRF=23,19



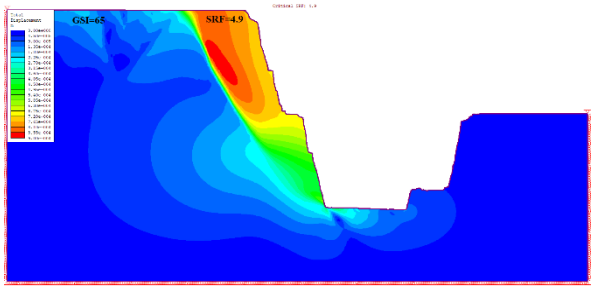
H.7. Mặt cắt A: GSI= 85, SRF=11,75



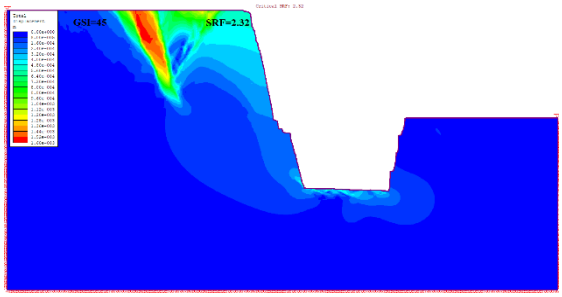
H.8. Mặt cắt B: GSI= 85, SRF=11,31



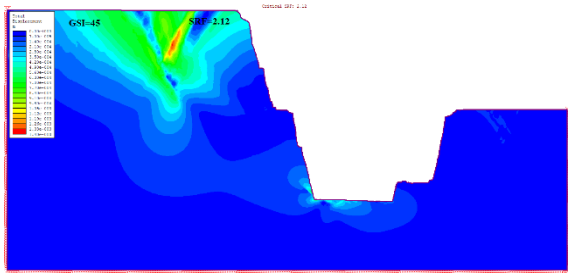
H. 9. Mặt cắt A: GSI= 65, SRF=5,01



H.10. Mặt cắt B: GSI= 65, SRF=4,9



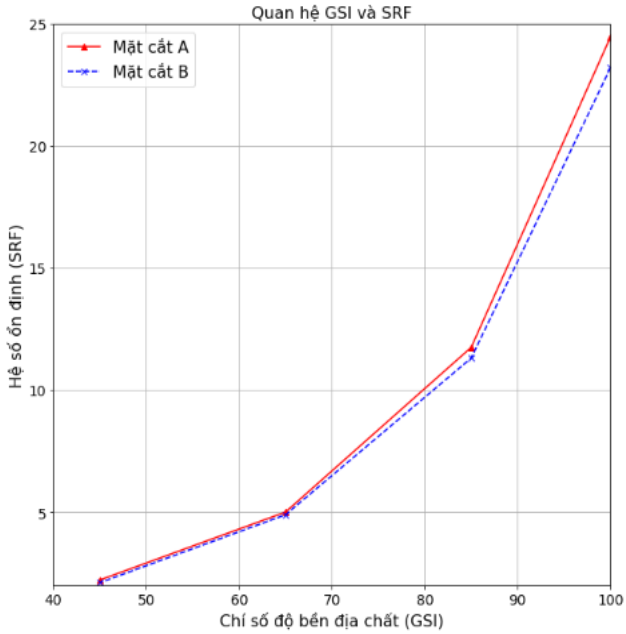
H.11. Mặt cắt A: GSI= 45, SRF=2,23



H.12. Mặt cắt B: GSI= 45, SRF=2,12

Từ các giá trị GSI =100; 85; 65 và 45 trên 2 mặt cắt A và mặt cắt B thu được giá trị SRF thay đổi giảm dần trên mỗi bờ. Sự thay đổi này được thể hiện trên đồ thị thể hiện quan hệ giữa giá trị GSI và giá trị SRF qua Hình H.13. Từ đồ thị thấy rằng khi giá trị GSI giảm thì giá trị ổn định bờ mỏ SRF cũng thay đổi giảm nhanh. Trên mỗi mặt cắt giá trị SRF khác nhau là do sự sai khác về thông số hình học bờ mỏ. Điều này chứng tỏ mức độ nứt nẻ càng mạnh (hay khoảng cách các khe nứt trong hệ càng nhỏ) thì giá trị GSI càng nhỏ và hệ số ổn định SRF cũng nhỏ theo. Qua đó, độ nứt nẻ trong mỏ đá ốp lát là một trong các thông số quyết định các thông số thiết kế hình học bờ mỏ (chiều cao và góc nghiêng bờ). Việc đánh giá và thiết kế bờ mỏ cần quan tâm hơn mức độ nứt nẻ trong các mỏ đá ốp

lát nhằm tạo điều kiện thu hồi tối đa tài nguyên và giảm các rủi ro an toàn bờ mỏ.



H.13. Đồ thị quan hệ giữa chỉ số GSI và hệ số ổn định SRF.

4. KẾT LUẬN

➢ Mỏ đá ốp lát granit ngày càng khai thác xuống sâu, góc nghiêng bờ dốc nhằm tận thu tài nguyên trữ lượng đá ốp lát, tăng hiệu quả cho mỏ nhưng cũng tiềm ẩn nhiều rủi ro về an toàn trong quá trình mỏ hình thành và phát triển. Phân tích đánh giá ổn định cho thực trạng bờ mỏ đá ốp lát bằng thu thập thông tin hình học bờ mỏ bằng công nghệ UAV, đánh giá ổn định bằng phương pháp phần tử hữu hạn FEM và kỹ thuật SSR, giúp tăng mức độ tin cậy. Mức độ nứt nẻ của mỏ được xác định thông qua chỉ số khối đá RMR và chỉ số độ bền địa chất GSI có ảnh hưởng đến lớn đến độ ổn định bờ mỏ, và đã chỉ ra rằng với mỏ đá cứng như mỏ đá granit ốp lát thì mức độ ổn định ngoài phụ thuộc vào hình học bờ mỏ còn phụ thuộc lớn vào mức độ nứt nẻ đất đá.

➢ Các mỏ đá ốp lát nói chung và đá ốp lát granit nói riêng áp dụng công nghệ cưa cắt hiện đại giúp tăng góc nghiêng bờ mỏ lớn, nhưng cần quan tâm xem xét về chiều sâu khai thác cũng như mức độ nứt nẻ đất đá để lựa chọn góc nghiêng bờ mỏ phù hợp❐

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Phạm Văn Việt, Nguyễn Anh Tuấn, Phạm Văn Hòa, Trần Đình Bão, Lê Thị Thu Hoa (2020), "Đánh giá công nghệ khai thác và đề xuất các giải pháp công nghệ nâng cao hiệu quả khai thác đá ốp lát cho các mỏ đá ốp lát ở Việt Nam," Hội nghị toàn quốc khoa học trái đất và tài nguyên với phát triển bền vững (ERSD 2020*)*, tr. 79–88.
2. H. Ren, Y. Zhao, W. Xiao, and Z. Hu (2019), "A review of UAV monitoring in mining areas: current status and future perspectives," Int. J. Coal Sci. Technol., vol. 6, no. 3, pp. 320–333, doi: 10.1007/s40789-019-00264-5.
3. ISRM (1978), "Description of discontinuities in a rock mass," Int. J. Rock Mech. Min. Sci., pp. 319–368.
4. Z. T. Bieniawski (1979), "The Geomechanics Classification In Rock Engineering Applications," 4th ISRM Congress. p. ISRM-4CONGRESS-1979-117, Sep. 02.
5. E. Hoek, C. Carranza, and B. Corkum, "Hoek-brown failure criterion – 2002 edition," *Narms-Tac*, pp. 267–273, 2002.
6. Pham Van Viet, Nguyen Anh Tuan, Le Qui Thao, Le Thi Thu Hoa (2017), "Study on Establishing reasonable parameters of waste dump with multi-benches," Proceedings of International Conference on Geo-Spatial Technologies and Earth Resource, Hanoi, Vietnam, pp. 509–514.
7. Pix 4D (2018), "Do more GCPs equal more accurate drone maps?," Use Cases in Surveying and Mapping.
8. Pix4D (2008), "Pix4D." https://www.pix4d.com/product/pix4dmapper– photogrammetry–software.
9. K. N. Snavely, "Scene reconstruction and visualization from internet photo collections," University of Washington.
10. W. F. B. Hoek, Evert, Peter K. Kaiser (2000), Support of underground excavations in hard rock. CRC Press.

LỜI CẢM ƠN

Nội dung nghiên cứu nghiên cứu trong bài báo được hỗ trợ kinh phí từ Đề tài nghiên cứu khoa học công nghệ cấp cơ sở mã số T22-36 của Trường Đại học Mỏ - Địa chất.

PIT SLOPE STABILITY ANALYSIS FOR GRANITE QUARRIES ON THE BASIC OF CONSIDERING THE DEGREE OF ROCK FRACTURE

Pham Van Viet, Nguyen Anh Tuan, Pham Van Hoa, Tran Dinh Bao, Le Thi Thu Hoa, Le Qui Thao, Tran Huu Trong, Nguyen Tan PhatPhan Hong Viet

ABSTRACT

Nowadays, due to the market demand for dimension stone, dimension stone quarries have been exploited more and more deeply with the large height and the large angle of pit slope in fractured rock mass, causing more risk in quarrying operation. The paper proposes analysis of pit slope stablity for dimension stone quarries in various fractured rock mass measured through Geology Strenght Index (GSI). The pit-slope geometry parameters were collected at the field by Unman Aerial Vehicle (UAV). The pit slope stability assessment was carried out with Finite Element Method (FEM), the rock mass properties were performed following Generalized Hoek Brown failure criteria and safety of factor was determined based on Shear Strength Reduction technique (SSR) in geotechnique software Phase2 V8.0. The study was applied to a dimension stone quarry Nui Ngang, Binh Dinh Province, contributing to realizing the role of discontinuities in rock mass to slope stability so that miners could design proper pit slope in fracture-existed dimension stone quarries.

Key words: *dimension stone, pit slope, FEM, GSI.*

Ngày nhận bài: *12/7/2022*;
Ngày gửi phản biện*:* *16/7/2022*;
Ngày nhận phản biện: *20/8/2022*;
Ngày chấp nhận đăng*:* *12/9/2022*.

Trách nhiệm pháp lý của các tác giả bài báo: *Các tác giả hoàn toàn chịu trách nhiệm về các số liệu, nội dung công bố trong bài báo theo Luật Báo chí Việt Nam.*