



Phân tích an toàn sườn dốc sử dụng mô hình khối 3D và các phương pháp phân loại khối đá

Trịnh Ngọc Như Ánh¹, TS. Nguyễn Quốc Phi^a
^aKhoa Môi trường, Trường Đại học Mỏ-Địa chất, Việt Nam.

Ngày nộp bài: 26/3/2020; Ngày chấp nhận: 9/10/2020; Ngày đăng bài: 20/12/2020.

Tóm tắt

Trong những thập kỷ gần đây, để đáp ứng các nhu cầu phát triển kinh tế, ở nước ta xuất hiện hàng loạt các công trình xây dựng. Việc thi công chúng đã hình thành nên các sườn dốc nhân tạo, từ đó xuất hiện các tai biến, sự cố mất ổn định gây thiệt hại cả về người và của. Vì vậy, việc triển khai đề tài là một nhiệm vụ thiết yếu trong quá trình thi công xây dựng công trình. Tác giả đã khảo sát được 4 vị trí sườn dốc đá đã xảy ra hiện tượng trượt lở. Kết quả nghiên cứu cho phép đánh giá chất lượng khối đá sử dụng các chỉ số RMR và GSI; từ đó vận dụng để đánh giá mức độ an toàn sườn dốc khi sử dụng chỉ số SMR để phân tích. Phương pháp này cho phép ước lượng nguy cơ trượt lở hoặc đổ lở tại từng vị trí cụ thể và gợi ý các giải pháp gia cố phù hợp. Các vị trí sườn dốc được mô phỏng dưới dạng 3D sử dụng phần mềm Agisoft, xây dựng các mô hình sườn dốc trên máy tính một cách trực quan, phân tích dưới nhiều góc độ sinh động.

Từ khóa: An toàn sườn dốc, phân loại khối đá, mô hình khối 3D, hệ số an toàn, Hòa Bình.

1. Giới thiệu

Điểm mới của đề tài là áp dụng mô hình khối 3D và các phương pháp phân loại khối đá trong phân tích an toàn sườn dốc. Đề tài tạo cơ sở dữ liệu cho các luận cứ khoa học, đồng thời có tính ứng dụng vào thực tế cao.

1.1. Mục tiêu

Với 2 mục tiêu chính của đề tài:

- Tìm hiểu, nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến sự an toàn của các sườn dốc đá;
- Phân tích mức độ an toàn của các sườn dốc thông qua việc sử dụng mô hình khối 3D và các phương pháp phân loại khối đá, áp dụng trên một số sườn dốc đá trên Quốc lộ 6 thuộc địa phận tỉnh Hòa Bình.

1.2. Thực trạng và các yếu tố ảnh hưởng an toàn sườn dốc đá

1.2.1. Thực trạng tai biến ở Việt Nam

Ở Việt Nam, tình hình các dạng tai biến xảy ra nhiều ở Bắc và Bắc Trung Bộ, tiêu biểu như các hiện tượng: đổ lở, trượt lở... tập trung chủ yếu khu vực miền núi phía bắc. Trong thời gian qua ở nước ta, đã xảy ra nhiều sự cố tai nạn lao động do sự mất ổn định của khối đá trong quá trình thi công xây dựng công trình giao thông, thủy điện, khai thác mỏ.

Ví dụ, hiện tượng sập lở tại cửa hầm phía nam đường hầm Hải Vân ngày 5 tháng 9 năm 2005, đã đẩy ra một lượng đất, bùn khoảng 300m³ và đã tốn khoảng gần 1 triệu đô la để khắc phục sự cố này.

Hay như vụ sạt lở mỏ đá ĐIII thủy điện Bản Vẽ vào lúc 10h25' ngày 15/12/2007,

¹ Liên hệ tác giả
Email: nhuanh.tso@gmail.com

làm chết 18 người và chôn vùi toàn bộ thiết bị khai thác...

1.2.2. Các yếu tố ảnh hưởng đến sự an toàn của các sườn dốc đá

Các yếu tố ảnh hưởng đến sự an toàn của các sườn dốc đá:

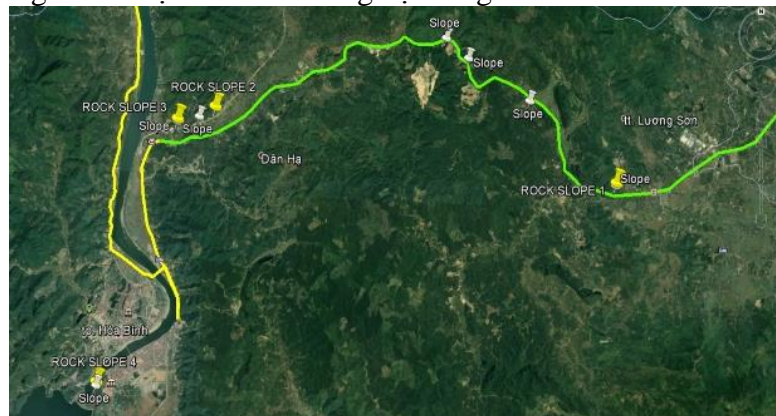
- Đặc điểm địa chất (tính nứt nẻ và đặc điểm khe nứt, mức độ phong hóa, tính chất không đồng nhất của khối đá);
- Đặc điểm địa hình và khí tượng thủy văn (đặc điểm độ dốc sườn, sự phân bố lượng mưa trong năm, ảnh hưởng của độ ẩm đất đến nguy cơ trượt lở);
- Các hoạt động nhân sinh khác.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Khảo sát thực địa và xây dựng mô hình khối 3D các sườn dốc đá

Trước quá trình khảo sát ngoài thực địa, thông qua phần mềm Google Earth, tác giả xác định các vị trí trượt lở dự kiến khảo sát để lên lịch trình cụ thể. Các vị trí đã xảy ra trượt lở được xác định trên Google Earth và lên kế hoạch lộ trình rất quan trọng, giúp tiết kiệm thời gian và công sức.

Các điểm khảo sát đều được chụp ảnh, sử dụng phần mềm gắn tọa độ tự động GPS Map Camera, sau đó đối chiếu tọa độ ảnh vị trí thực địa trên Google Earth với vị trí đã vạch sẵn. Tác giả tiến hành khảo sát thực địa, đo đạc xác định các thông số khối đá trên sườn đá nghiên cứu, sau khi đo vẽ ngoài hiện trường, với mục tiêu có các bản vẽ Sketch chân thực sống động. Để xử lý thông tin dữ liệu một cách nhanh chóng, tác giả đã chuẩn bị tài liệu theo bảng và số hiệu điểm với từng hệ thống khe nứt khác nhau.



Hình 1. Vị trí các điểm khảo sát trên ảnh Google Earth

2.2. Phương pháp phân loại khối đá và đánh giá an toàn sườn dốc

2.2.1. Các phương pháp phân loại khối đá

- Chỉ số phân loại khối đá (Rock Mass Rating - RMR)

Phương pháp phân loại khối đá RMR được Bieniawski thiết lập năm 1976. So sánh đối chiếu điểm tính được từ RMR, rồi so sánh, phân loại để xác định tính chất khối đá.

- Chỉ số độ bền địa chất (Geological Strength Index - GSI)

Phương pháp đánh giá theo chỉ số độ bền địa chất được đề xuất bởi Hoek (1997). Đây là phương pháp ra đời sau cùng, nó là hệ thống vô cùng dễ sử dụng. Với thế mạnh: trực quan, dễ sử dụng, mô tả đánh giá nhanh được khối đá, tuy nhiên bản gốc này còn gặp hạn chế, như là chưa lượng hóa chính xác số điểm, dễ gây chủ quan cho người đánh giá.

Bản chất, GSI gốc thì còn nhiều hạn chế, do đó nhiều nhà khoa học đã cùng nghiên cứu và đưa ra bản GSI cải tiến, tiêu biểu như nghiên cứu của Sommez và Ulusay (1999), Cai và nnk. (2003), Nguyễn Quốc Phi (2006) đã chỉ ra rằng: để lượng hóa chính xác số

điểm thì không cần quá nhiều thông số ban đầu mà vẫn đánh giá được chính xác số điểm cần tính, hệ thống đưa ra dễ sử dụng và đơn giản khi đã tích hợp theo 2 trục.

- Chỉ số GSI cải tiến

Để đáp ứng nhu cầu lượng hóa chính xác điểm, phương pháp GSI cải tiến này gồm 2 trục. Trục nằm ngang có khoảng cách các khe nứt (chi tiết về hệ thống có bao nhiêu khe nứt) để thấy rõ điều kiện bề mặt tương ứng kích thước đới dập vỡ trên khối đá. Trục thẳng đứng với 3 thông số cơ bản: độ nhám, mức độ phong hóa và vật liệu lấp nhét. Sau khi sử dụng phép toán cộng tổng điểm, Tác giả xác định khoảng giao điểm một cách dễ dàng với mức độ tin cậy cao.

STRUCTURE	SURFACE CONDITIONS				
	VERY GOOD Very rough, fresh unweathered surfaces	GOOD Rough, slightly weathered, iron stained surfaces	FAIR Smooth, moderately weathered and altered surfaces	POOR Slack-sided, highly weathered surfaces with compact coatings or flings or angular fragments	VERY POOR Slack-sided, highly weathered surfaces with soft clay coatings or flings
INTACT OR MASSIVE - intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities	90			N/A	N/A
BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets	80	70			
VERY BLOCKY - interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets		60	50		
BLOCKY/DISTURBED/SEAMY - folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity			40	30	
DISINTEGRATED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces				20	
LAMINATED/SHEARED - Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes	N/A	N/A			10

Figure 9. Modified table for estimating the Geological Strength Index (Hoek et al., 1988)

Hình 2. Bảng phân loại đá theo GSI cải tiến

2.2.2. Phương pháp đánh giá an toàn sườn dốc

RMR đã trở thành một tiêu chuẩn để sử dụng, áp dụng để mô tả đặc tính của sườn dốc bất kỳ. Hệ thống phân loại Sườn dốc Chung (Slope Mass Rating, SMR) được Romana (1985). Các yếu tố này phụ thuộc vào mối tương quan hiện hữu giữa các yếu tố gián đoạn, gây ảnh hưởng tới khối đá và sườn dốc cũng như tới phương pháp thi công. Đối chiếu điểm rồi so sánh bảng tra để biết mức độ an toàn sườn dốc.

3. Hiện trạng trượt lở dọc QL.6 tại khu vực nghiên cứu

3.1. Khảo sát thực địa

Trong những năm gần đây, trượt lở diễn ra khá phổ biến tại tuyến Quốc lộ 6 thuộc tỉnh Hòa Bình nên đã để lại những hậu quả nghiêm trọng cho người dân địa phương và người tham gia giao thông trên tuyến đường này. Do vậy, việc nghiên cứu tai biến trượt lở tại khu vực này là rất cần thiết, có vai trò quan trọng trong việc cảnh báo và dự báo các ảnh hưởng của tai biến tới người dân.

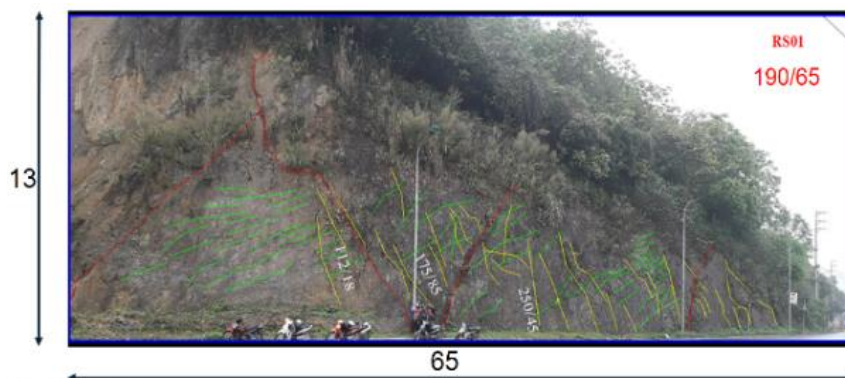
Đoạn nghiên cứu nằm trên tuyến đường chạy trong các đới kiến trúc có hoạt động kiến tạo mạnh mẽ trong tân kiến tạo và kiến tạo hiện đại, thuộc vùng có các hệ thống đứt gãy theo phương Đông Bắc - Tây Nam, nằm trong 3 hệ tầng chính: Hệ tầng Tân Lạc, Sông Bôi và Hệ tầng Viên Nam. Do vậy, các hiện tượng trượt lở diễn ra phổ biến và gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến an sinh cộng đồng nơi đây.

3.2. Kết quả khảo sát thực địa và xây dựng mô hình khối 3D các sườn dốc đá

Để minh chứng và thể hiện rõ hơn kết quả nghiên cứu, tác giả đã phân tích ảnh từng sườn dốc đá (RS-Rock Slope), khi các sườn bị phân ra nhiều khối nhỏ, sau khi tích hợp ảnh dựa trên phần mềm ICE (Image Composite Editor), đan ghép các pixel ảnh giống nhau một cách tự động, để thu được hình ảnh chân thực nhất khối đá dưới nhiều góc nhìn. Sau khi kết nối ảnh trên ICE, CAD, cùng bản vẽ tay Sketch tại hiện trường, tác giả đưa ra các hệ thống thông tin để phân tích, thu phóng ảnh gần sát thực địa, để xác định các hệ thống khe nứt, đánh dấu trên CAD.

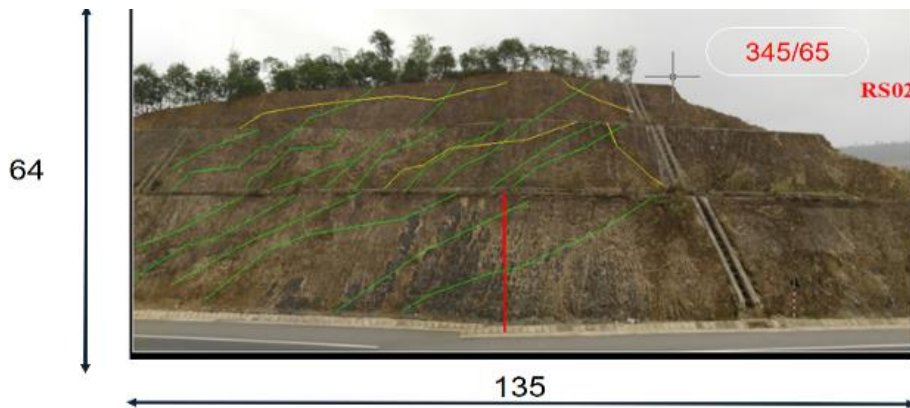
3.2.1. Kết quả khảo sát thực địa

- Với điểm số 1: RS 01 ($105^{\circ}30'52''$; $20^{\circ}52'15''$) tại TT. Lương Sơn, huyện Lương Sơn: (Đá vôi, sét vôi, xám, xám đen).



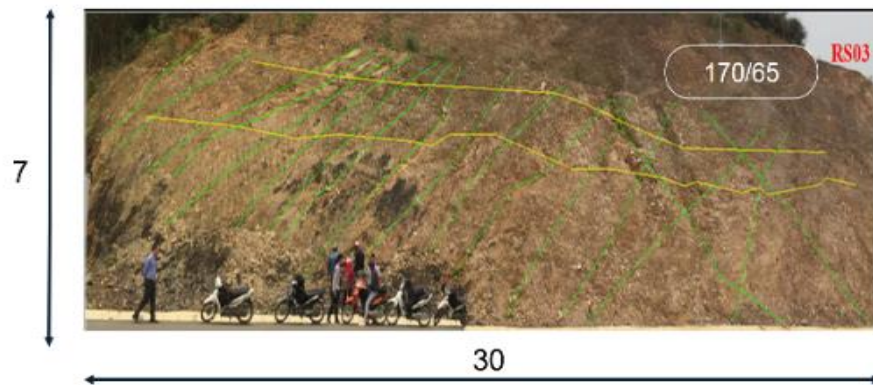
Hình 3. Hình sườn dốc đá RS 01

- Với điểm số 2: RS 02 ($105^{\circ}22'17''$; $20^{\circ}53'38''$) tại xã Dân Hạ, huyện Kỳ Sơn: (Đá phiến sét, Đá phiến sét than).



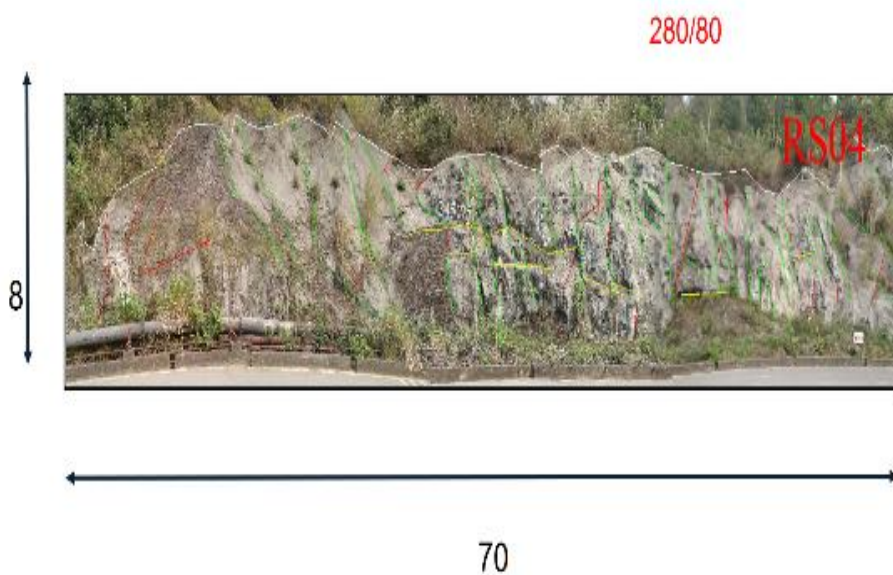
Hình 4. Hình sườn dốc đá RS 02

- Với điểm số 3: RS 03 ($105^{\circ}21'28''$; $20^{\circ}53'25''$): Xã Dân Hạ, huyện Kỳ Sơn: (Đá phiến sét, Đá phiến sét than).



Hình 5. Hình sườn dốc đá RS 03

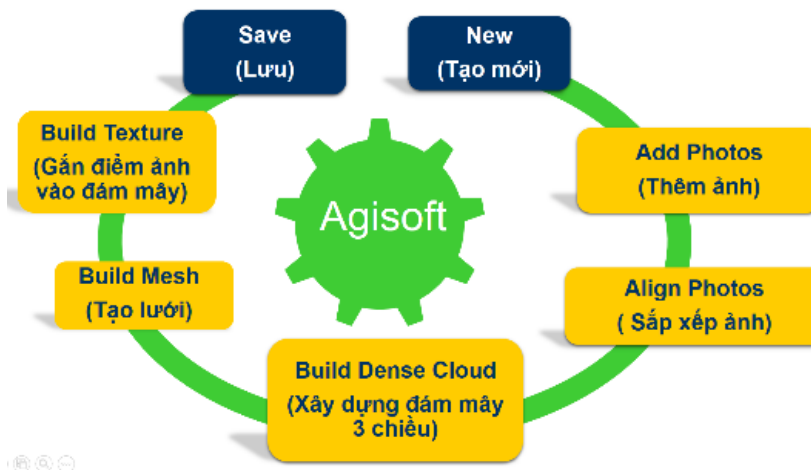
- Với điểm số 4: RS 04 ($105^{\circ}19'46''$; $20^{\circ}48'40''$) tại P. Phương Lâm, Tp. Hòa Bình: (Đá Basalt cứng chắc).



Hình 6. Hình sườn dốc đá RS 04

3.2.2. Xây dựng mô hình khối 3D các sườn dốc đá

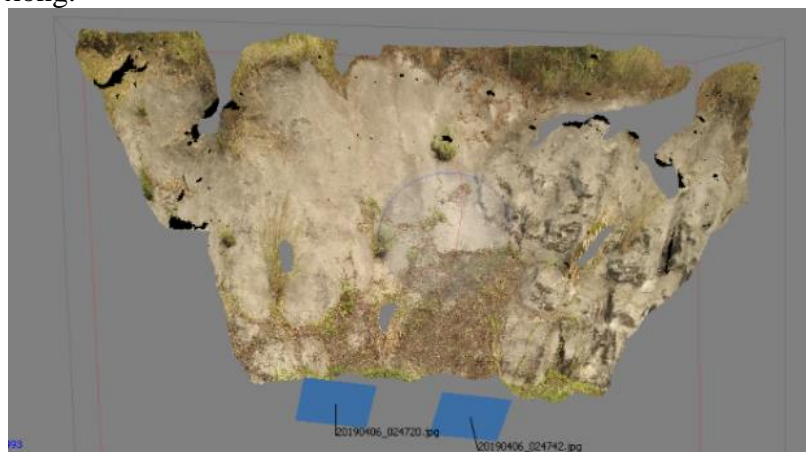
Kết quả chạy phần mềm Agisoft cho hình ảnh có độ phân giải và độ chính xác cao, tuy nhiên ở những khu vực địa vật phức tạp nhiều cây bụi thì thuật toán này chưa loại bỏ được hết các điểm không thuộc địa hình.



Hình 7. Các bước thực hiện trên phần mềm Agisoft

Với các bước thực hiện dựa trên phần mềm Agisoft:

- Bước 1: (Add Photos): Thêm ảnh từ thanh công cụ Workflow.
- Bước 2: Sắp xếp ảnh chụp (Align Photos) sắp xếp và đánh dấu các vùng trùm phủ trên từng bức ảnh.
- Bước 3: Tạo đám mây điểm 3 chiều (Build Dense Cloud): Nhận dạng điểm chung có trên 2 ảnh, xây dựng đám mây 3 chiều.
- Bước 4: Tạo mô hình 3D (Build Mesh): Tạo lưới 3 chiều, cần kiểm tra lại vùng giới hạn của sườn dốc.
- Bước 5: Gán ảnh thực tế lên đám mây điểm.
- Trong bước này, các bạn có thể xây dựng thêm dữ liệu tùy thuộc vào loại dữ liệu và mục đích sử dụng, tạm gọi là “xây dựng dữ liệu tùy chọn”.
- Bước 6: Xuất dữ liệu: Agisoft cho phép xuất lưu, dữ liệu tương ứng với từng phần được xây dựng xong.



Hình 8. Hình sườn dốc RS 04 trên phần mềm Agisoft



4. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

4.1. Kết quả nghiên cứu

Kết quả thu được theo GSI cải tiến hoàn toàn tương tự như kết quả ước lượng theo GSI gốc với hệ số tương quan rất cao ($>0,9$). Tuy nhiên, chỉ số GSI cải tiến đã lượng hóa được các kết quả tính toán, khắc phục các kết quả mô tả định tính của bảng phân loại GSI gốc, dễ áp dụng với các nhà nghiên cứu chưa có nhiều kinh nghiệm và hoàn toàn có thể sử dụng thay thế cho bảng GSI gốc vốn cần rất nhiều kinh nghiệm thực tế.

Các kết quả tính toán theo RMR cho phép các chuyên gia đưa ra các giải pháp xử lý sườn dốc một cách hợp lý dựa trên các kiến nghị của phương pháp. Kết quả tính toán thực tế tại khu vực nghiên cứu cho thấy mối quan hệ giữa số liệu phân loại theo RMR và GSI cải tiến cũng khá tương đồng với hệ số tương quan cao ($>0,9$). Trong khi đó hệ số GSI cải tiến chỉ sử dụng 4 dữ liệu đầu vào, rất ít so với RMR, giúp tiết kiệm được thời gian và công sức khảo sát ngoài thực địa. Khi có dữ liệu đầu vào là GSI, ta hoàn toàn có thể suy ra được hệ số RMR và ngược lại với độ tin cậy cao.

Hệ thống phân loại an toàn sườn dốc SMR là hệ thống được sử dụng phổ biến nhất hiện nay. Kết quả so sánh với chỉ số GSI cải tiến cũng cho mối quan hệ tương quan khá cao ($>0,9$), từ GSI cải tiến ta có thông số GSI thì có thể suy ra SMR để từ đó đánh giá độ an toàn sườn dốc một cách nhanh chóng. Bên cạnh đó, các thông số cần phải thu thập cho bảng GSI cải tiến cũng ít hơn rất nhiều so với SMR, do vậy giảm thiểu được thời gian thu thập số liệu so mà vẫn có kết quả tin cậy cao. Dưới đây là bảng tổng hợp kết quả các điểm sườn dốc đá mà tác giả

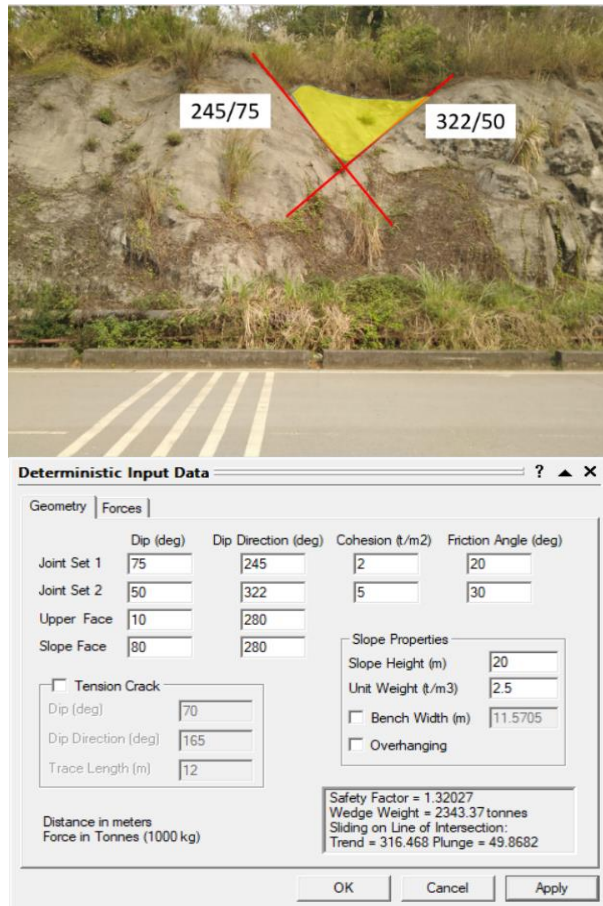
Bảng 1. Bảng tổng hợp kết quả các điểm sườn dốc đá mà tác giả

Sườn	Kích thước			Loại trượt	Chất lượng
	Cao (m)	Dài (m)	Góc dốc ($^{\circ}$)		
SR 01	13	65	65	Đổ lở, trượt phẳng	TB
SR 02	64	135	65	Trượt nêm, đổ lở	Kém
SR 03	7	30	65	Trượt nêm	Kém
SR 04	8	70	80	Đổ lở, trượt phẳng, trượt nêm	Tốt

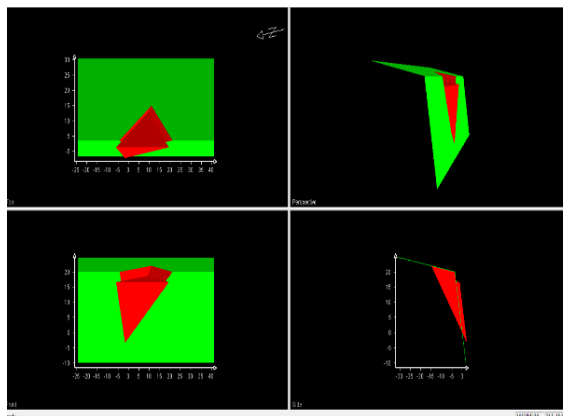
4.2. Thảo luận

Kết quả tính toán theo phần mềm SWedge, giúp ta ước lượng hình dạng, kích thước, vị trí tương đối của khối trượt trên sườn dốc. Đồng thời, có thể tính toán hệ số an toàn (Safety Factor) cho khối trượt để có các giải pháp gia cố cho phù hợp.

Với hệ thống 2 khe nứt chính và tại vị trí trượt nêm, áp dụng sườn dốc RS04:



Hình 9. Kết quả tính toán hệ số an toàn tại sườn dốc RS04



Hình 10. Hình khối 3D của khối trượt nằm trên RS 04

Kết quả sử dụng phần mềm mô hình hóa SWedge sườn 4 cho phép quan sát ảnh từ nhiều phía, biết hệ số an toàn sườn dốc với các dữ kiện đầu vào thực tế trong các điều kiện có thể thay đổi. Để từ đó đưa ra biện pháp gia cố cho công trình giúp gia tăng an toàn cho sườn dốc.

5. Kết luận

Tác giả đã khảo sát được 4 vị trí sườn dốc đá đã xảy ra hiện tượng trượt lở, ở huyện



Lương Sơn, Kỳ Sơn và Tp. Hòa Bình nằm trên quốc lộ số 6. Dựa trên việc phân tích các yếu tố chính ảnh hưởng đến sự an toàn của sườn dốc để xác định được các hệ thống khe nứt, các vị trí có cấu trúc địa tầng bất lợi cho sự an toàn của sườn dốc. Các hệ thống khe nứt thuộc các hệ tầng Tân Lạc, Sông Bôi và Viên Nam. Các sườn dốc đá mà ác giả tập trung vào 3 loại chính là đá vôi, sét vôi, màu xám, màu xám đen; đá phiến sét, đá phiến sét than và basalt với 3 hình thức đổ lở, trượt phẳng, trượt nêm đều quan sát rõ ràng trong quá trình nghiên cứu trên địa bàn khu vực để đề dành đánh giá an toàn sườn dốc.

Kết quả nghiên cứu cho phép đánh giá chất lượng khối đá sử dụng các chỉ số RMR và GSI. Trong đó sườn dốc RS01 có chất lượng trung bình, các sườn RS02 và RS03 có chất lượng khối đá kém và sườn dốc RS04 có chất lượng khối đá tốt. Việc đánh giá an toàn khối đá cũng được phân tích sử dụng chỉ số SMR, cho phép ước lượng nguy cơ trượt lở hoặc đổ lở tại từng vị trí cụ thể và gợi ý các giải pháp gia cố phù hợp.

Nghiên cứu cũng sử dụng chỉ số GSI cải tiến với 4 thông số đầu vào cơ bản, nhằm lượng hóa các dữ liệu thu thập ngoài thực địa so với chỉ số GSI gốc. Đồng thời, các kết quả phân tích tương quan cũng cho thấy, chỉ số GSI cải tiến có thể sử dụng làm đầu vào cho các chỉ số RMR và SMR nhằm giảm thiểu thời gian và công sức khảo sát ngoài thực địa. Tác giả sử dụng các phần mềm GPS Map Camera, ICE, CAD, Agisoft PhotoScan để trong không gian 3 chiều có thể phân tích các khối có nguy cơ mất ổn định cao nhất theo quan điểm động học.

Các vị trí sườn dốc còn có thể mô phỏng dưới dạng 3D sử dụng phần mềm Agisoft, giúp việc xây dựng các mô hình sườn dốc trên máy tính một cách trực quan, phân tích dưới nhiều góc độ trong 3 chiều. Các vị trí có nguy cơ cao có thể đưa vào tính toán hệ số an toàn sử dụng phần mềm Swedge nhằm đánh giá khả năng xảy ra trượt lở. Phần mềm Swedge còn cho phép thử nghiệm với các điều kiện đầu vào khác nhau như thay đổi lượng mưa, rung chấn do nổ mìn... để tính toán lại hệ số an toàn phù hợp với thực tế và đánh giá cho những trường hợp xấu nhất, thông qua đó tác giả xin kiến nghị cho các nhà quản lý nên áp dụng biện pháp công trình và phi công trình để đảm bảo an toàn cho tính mạng cũng như sức khỏe người dân nơi đây.

Tài liệu tham khảo

1. Nghiêm Hữu Hạnh (2001). Cơ học đá, Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội.
2. Nguyễn Huy Phương, Tạ Đức Thịnh (1999). Bài giảng cơ sở lý thuyết biến đổi tính chất địa chất địa chất công trình của đất đá. Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.
3. Phạm Văn Ty (1999). Đá công trình và triển vọng ở Việt Nam, Tạp chí Địa Kỹ Thuật số 1, Hà Nội.
4. Geo&Soft., 2009. ROCK3D ThreeDimensional Rock Block Analysis Based Key Block Theory: User's Guide and Windows Based Code, Geo&Soft International, 33pp.
5. Hatzor Y.H., 2003. Keyblock Stability in Seismically Active Rock Slopes Snake Path Cliff, Masada, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering 129, 697710.
6. Hoek E. and Brown E.T (1980). Undergrown excavation in rock, London.
7. Hoek E, Kaiser P.K (1995). Support of undergrown excavation in hard rock, Vancouver, BC, Canada.
8. Li Shucai et al, 2110. Predicting geological hazards during tunnel construction, Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. 2010, 2, p.232–242.



Available online at <http://env.edu.vn/EMNR2020>

EMNR 2020

Environmental Management and Natural Resources Development



9. Nguyen Q.P., 2009. Analysing rock stability using block theory and 3D surveying tools, PhD thesis, Paichai University, Korea, 149pp.
10. Rocscience, 2004. SWedge3D Surface Wedge Analysis for Slopes (version 4.0), Rocscience Inc., Toronto.