

# VẤN ĐỀ MÔ HÌNH HÓA KHỐI ĐÁ PHÂN LỚP, NÚT NẸ VÀ NGHIÊN CỨU TAI BIẾN ĐỊA CHẤT

NGUYỄN QUANG PHÍCH, NGUYỄN VĂN MẠNH,  
PHẠM NGỌC ANH, LÊ TUẤN ANH, BÙI VĂN ĐỨC

Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Đông Ngạc, Từ Liêm, Hà Nội

**Tóm tắt:** Thực tế thi công xây dựng công trình ngầm, khai thác mỏ cho thấy sự có mặt của các mặt phân cách (mặt phân lớp, các hệ khe nứt) với sự biến động của chúng là một trong các nguyên nhân gây ra các tai biến địa chất nghiêm trọng (các dạng phá hủy khác nhau, do biến động của điều kiện địa chất). Nghiên cứu lựa chọn phương pháp, công cụ để mô phỏng các khả năng xảy ra tai biến để có thể dự báo, phân tích và phòng ngừa là rất cần thiết. Điều này cũng còn có ý nghĩa đối với công tác quản lý, giải quyết các thắc mắc giữa chủ đầu tư (thông qua tư vấn giám sát) và đơn vị thi công trong xây dựng công trình ngầm. Bằng phần mềm UDEC và với hai ví dụ minh họa, cho thấy có thể sử dụng UDEC để dự báo, giải thích các hiện tượng, các dạng tai biến xảy ra trong thực tế.

## I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong thi công xây dựng các công trình ngầm và khai thác mỏ trong phần trên của vỏ quả đất thường gặp khối đá là môi trường phân lớp (khối đá trầm tích) và nứt nẻ (chưa kể đến các đứt gãy, đới phá hủy và các hang hốc). Cho đến nay, các kết quả điều tra, thăm dò địa chất, địa kỹ thuật cho phép có được những thông tin mang tính “trung bình hóa” với những khoảng biến đổi nhất định về kích thước, thể tích của các hệ khe nứt, mặt phân lớp cũng như các chỉ tiêu hay tham số cơ học của các loại đá. Riêng với các công trình thật quan trọng trong lĩnh vực thủy điện thường có thêm các kết quả thí nghiệm tại hiện trường.

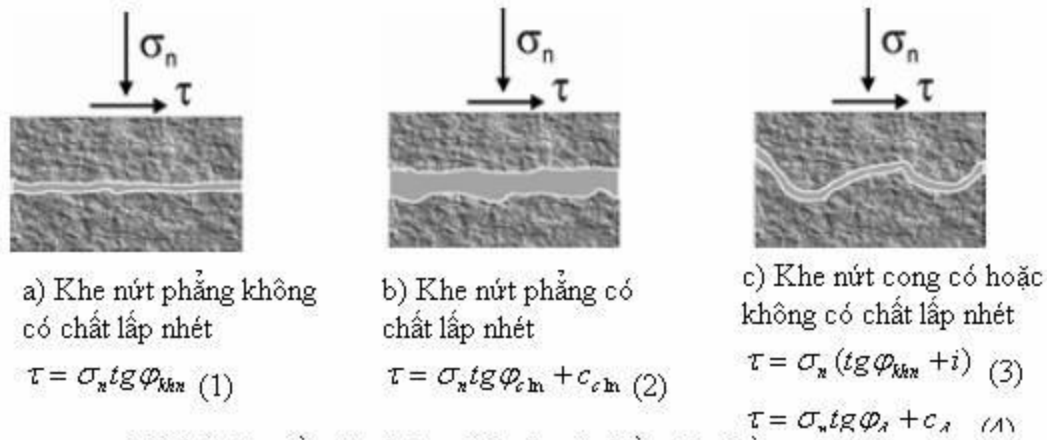
Thực tế cho thấy, trong môi trường khối đá nứt nẻ, phân lớp thường hay xảy ra các dạng tai biến địa chất - kỹ thuật (những sự cố như sập lở, sụt lún, trượt lở...do biến động của điều kiện địa chất, địa cơ học và công tác khai đào của con người) đa dạng phức tạp và khó kiểm soát. Một mặt các tai biến này đã gây nhiều khó khăn cho công tác thi công như đình trệ, làm chậm tiến độ thi công, gây thiệt hại nhiều về vật chất và cả tính mạng con người, mặt khác do đặc điểm phức tạp và biến động của các yếu tố địa chất, địa cơ học mà không tránh khỏi có những đánh giá, nhận định khác nhau về các tai biến, đặc biệt là khi nghiệm thu hồ sơ hoàn công giữa chủ đầu tư và nhà thầu xây dựng công trình ngầm.

Để có thể lý giải được tính đa dạng của các tai biến địa chất - kỹ thuật, cần thiết phải có công cụ dự báo và phân tích hợp lý định tính và định lượng. Công tác đánh giá địa chất gương hầm và quan trắc đo đạc là công cụ đặc lực trong thi công, song vẫn không tránh khỏi bất đồng ý kiến giữa bên thi công và tư vấn giám sát. Để có thể lý giải tính phức tạp, đa dạng có thể sử dụng một công cụ quan trọng là nghiên cứu lý thuyết, cụ thể là xây dựng và giải các bài toán cơ học với các mô hình cho phép thay đổi các tham số về điều kiện địa chất và địa cơ học của khối đá.

Bài báo này sẽ đề cập đến vấn đề xây dựng mô hình, phân tích giới hạn áp dụng và giới thiệu một số kết quả nghiên cứu để minh họa cho vấn đề này với chương trình UDEC (Universal Distinct Element Code).

## II. VẤN ĐỀ MÔ HÌNH HÓA KHỐI ĐÁ PHÂN LỚP, NÚT NẸ

Trong điều kiện thông thường (không kể đến các đứt gãy, đới phá hủy, hang hốc) thì khối đá được coi là vật thể bao gồm đá và các mặt phân cách [5]. Do vậy ngoài các tham số phản ánh tính chất hay biểu hiện cơ học của đá (hay các loại đá) còn phải có các tham số cơ học phản ánh biểu hiện cơ học của các mặt phân cách (phân lớp, nứt nẻ) [5, 6, 7]. Trên Hình 1 là sơ đồ minh họa một vài trường hợp đơn giản về các đặc điểm của mặt phân cách với các điều kiện phá hủy trượt tương ứng [5].



Hình 1. Sơ đồ mặt phân cách và các điều kiện bền tương ứng.

Trong các biểu thức (1) đến (4) các tham số cơ học  $\varphi_{khn}$ ,  $\varphi_{cIn}$ ,  $\varphi_d$  lần lượt là góc ma sát của mặt khe nứt, chất lấp nhét và của đá;  $c_{khn}$ ,  $c_{In}$ ,  $c_d$  là lực dính đơn vị trên mặt khe nứt, của chất lấp nhét và của đá;  $i$  là góc nghiêng của mặt nghiêng khe nứt so với mặt khe nứt trung bình.

Các trường hợp khác có thể tham khảo trong [6]. Để đơn giản hóa Barton và Choubey (1977) đã đề xuất một tiêu chuẩn bền ở dạng:

$$\tau = \sigma_n \operatorname{tg} \left[ \varphi_r + JRC \cdot \log \left( \frac{JCS}{\sigma_n} \right) \right] \quad (5)$$

với JRC là chỉ số nhám của mặt phân cách; JCS là độ bền nén của mặt phân cách,  $\varphi_r$  là góc ma sát dư, hay còn lại của mặt phân cách (sau phá hủy).

Để giải các bài toán cơ học, hiện nay đã và đang phát triển các dạng mô hình coi khối đá là môi trường liên tục và môi trường không liên tục. Các mô hình cơ học được xây dựng trên cơ sở tổ hợp các biểu hiện cơ học của đá và các mặt phân cách trong khối đá.

Với giả thiết khối đá là môi trường liên tục, hàng loạt các giả thiết “đồng nhất hóa”, “trung bình hóa” khác nhau đã được đề xuất và cho phép có được các mô hình khối đá đồng nhất hoặc không đồng nhất liên tục và đẳng hướng hay dị hướng (xuyên đẳng hướng, dị hướng trực giao...). Các tham số cơ học mang ý nghĩa trung bình được xây dựng xuất phát từ các giả thiết các mặt phân cách song song với nhau, đá và các mặt phân cách cùng chịu tải (khi xét tải trọng theo hướng vuông góc với mặt phân cách) hoặc biến dạng đồng thời (khi xét tải trọng tác dụng song song với mặt phân cách) [5].

Với các mô hình coi khối đá là môi trường không liên tục, điển hình là mô hình do Cundall (1971) [4] đề xuất, cho phép mô phỏng khối đá là một tổ hợp từ các khối nứt và các mặt phân cách, trong đó các tính chất cơ học của các thành phần được chú ý riêng biệt. Giữa các thành phần ứng

suất và chuyển vị tại các mặt phân cách được biểu thị, ví dụ cho trạng thái phẳng, bởi mối quan hệ:

$$\begin{bmatrix} \sigma_n \\ \tau \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{nn} & k_{ns} \\ k_{sn} & k_{ss} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} u_n \\ u_s \end{bmatrix} \quad (6)$$

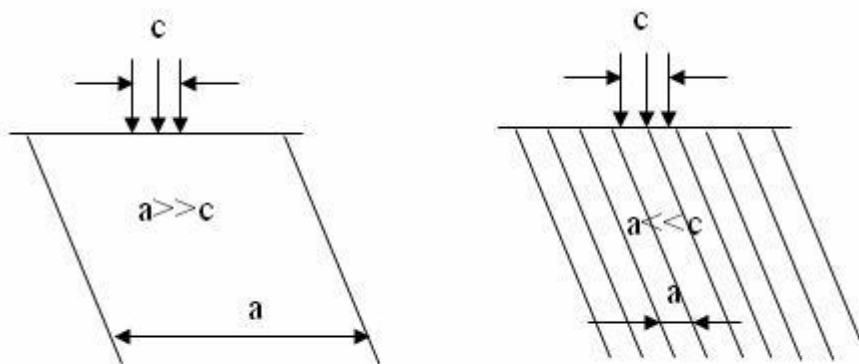
Trong đó  $k_{nn}$ ,  $k_{ss}$  là độ cứng pháp tuyến, độ cứng tiếp tuyến; và  $k_{ns}$ ,  $k_{sn}$  là các thành phần độ cứng biểu thị quan hệ giữa ứng suất pháp tuyến với dịch chuyển dọc theo mặt phân cách cũng như giữa ứng suất tiếp tuyến với dịch chuyển vuông góc với mặt phân cách. Các chỉ tiêu bên của mặt khe nứt được đặc trưng bởi góc ma sát và lực dính đơn vị ở trạng thái ban đầu và trạng thái cuối cùng (dư). Các khối nứt có thể được coi là các khối cứng tuyệt đối hoặc là vật rắn biến dạng. Mô hình khối đá này được thể hiện trong chương trình phần mềm UDEC.

### III. VẤN ĐỀ ÁP DỤNG CÁC MÔ HÌNH TRONG CÁC BÀI TOÁN CƠ HỌC

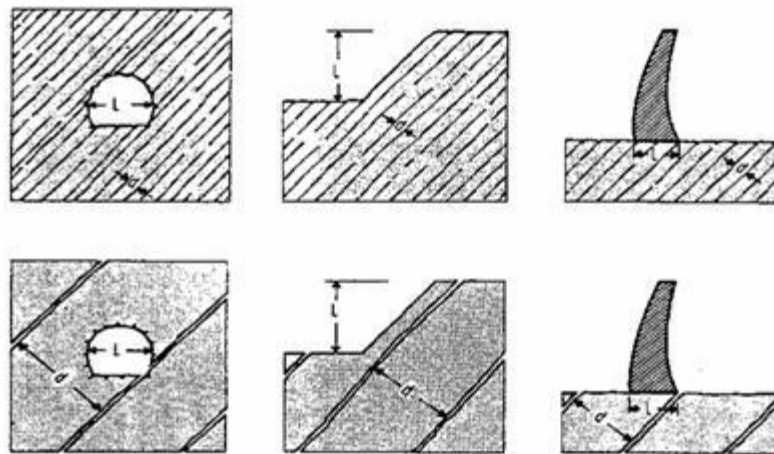
Trong thực tế, việc xác lập các tiêu chuẩn cần và đủ để lựa chọn mô hình môi trường liên tục hay không liên tục hiện chưa có quan điểm thống nhất. Ngoài ra, điều này cũng còn phụ thuộc cả vào chủ quan của người thực thi nghiên cứu hay tính toán, thiết kế. Thông thường mô hình môi trường liên tục được sử dụng khi khối đá bao gồm từ một loại đá và mặt phân cách có mật độ dày đặc, hoặc có khoảng cách khá lớn tương đối so với kích thước của công trình (Hình 2, 3).

Trong một thời gian dài nguyên tắc này được thừa nhận rộng rãi, song cũng không có định lượng rõ ràng về tỷ lệ giữa kích thước của công trình và mật độ khe nứt. Năm 1998 Barton [2] đề xuất các phạm vi sử dụng phương pháp số với mô hình khối đá là môi trường liên tục hay không liên tục theo chỉ số Q (Tunnel Quality) như mô phỏng trên hình 4. Dựa theo kinh nghiệm tính toán, chuyên gia Burman của hãng Wayss Fraytag [3] đưa ra một tiêu chuẩn lựa chọn mô hình khối đá là không liên tục khi khoảng cách trung bình giữa các khe nứt lớn hơn 1/10 cho đến 1/20 đường kính đường hầm (Hình 5).

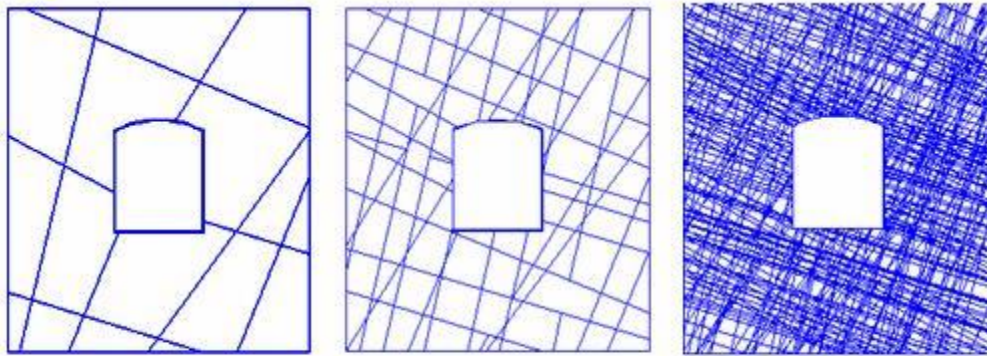
Ngoài ra cũng có nhiều công trình nghiên cứu khác, sử dụng các chương trình số, phần mềm khác nhau để mô phỏng, phân tích ảnh hưởng của sự có mặt của các hệ khe nứt đến tai biến địa chất (phá hủy và dịch chuyển), quy luật biến đổi ứng suất, biến dạng trong khối đá [8, 9].



Hình 2. Khối đá được coi là môi trường liên tục theo điều kiện tải trọng.



Hình 3. Khối đá được mô phỏng bằng mô hình môi trường liên tục theo Wittke. [10].



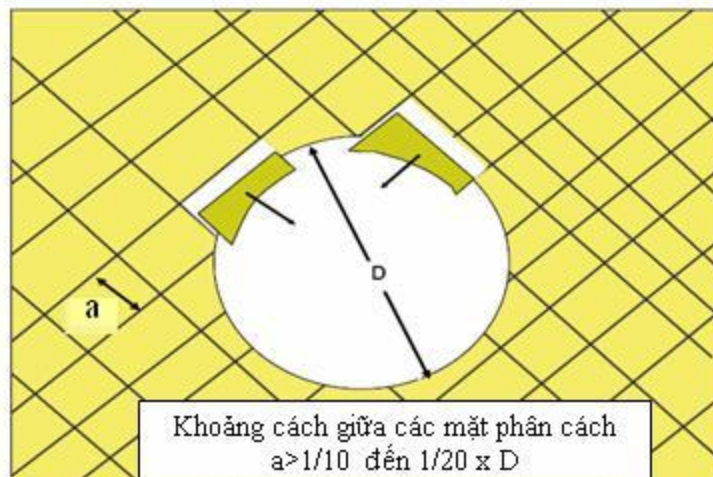
a) Mô hình liên tục

b) Mô hình không liên tục

c) Mô hình giả định liên tục

$$0,1 \leq Q \leq 100$$

Hình 4. Phân nhóm mô hình liên tục và không liên tục theo  $Q$  (phỏng theo Barton 1998) [2]



Hình 5. Khối đá là môi trường không liên tục theo Burman của hãng Wayss-Fraytag [3]

Như vậy có thể thấy rằng, vấn đề mô phỏng khối đá có chú ý đến sự có mặt của các lớp, các hệ khe nứt vẫn chưa có quan điểm thống nhất. Tuy nhiên với các chương trình số, các phần mềm hiện nay, có thể tiến hành “các thí nghiệm mô phỏng” để có thể có được nhận định gần đúng hơn.

#### IV. MỘT VÀI KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

Trong mục này giới thiệu một số kết quả phân tích tại biến địa chất bằng chương trình UDEC qua hai bài toán phẳng cho công trình ngầm và bờ dốc, với giả thiết là các hệ khe nứt có hướng dốc vuông góc với trục đường hầm cũng như trùng với hướng dốc của bờ dốc. Các điều kiện cụ thể của hai ví dụ như sau:

a) Công trình ngầm có dạng tường thẳng, vòm bán nguyệt, chiều rộng và cao đều bằng 4 m, được đào trong khối đá có ba hệ khe nứt với các đặc điểm như trong Bảng 1.

Các hệ khe nứt được mô phỏng với các tham số cơ học chung là: hệ số độ cứng pháp tuyến và tiếp tuyến bằng 100 MPa/m, góc ma sát bằng  $25^{\circ}$ . Các hệ khe nứt được giả định là các khe nứt kiến tạo, không có lực dính kết. Các khối nứt (đá liền khối) có mật độ bằng  $2,6 \text{ g/cm}^3$ , mô đun trượt bằng 40MPa và mô đun nén thể tích bằng 66,66MPa

b) Bờ dốc đá được khảo sát có chiều rộng cạnh dưới 100 m, cạnh trên 80 m, chiều cao 100 m, có hai hệ khe nứt với các đặc điểm như trong Bảng 2.

Bảng 1. Các đặc điểm của hệ khe nứt xung quanh công trình ngầm

Hệ khe nứt	Góc cắm (độ)	Chiều dài (m)	Khoảng cách (m)
1	$80 \pm 20$	xuyên suốt	$1,85 \pm 0,5$
2	$30 \pm 20$	xuyên suốt	$1,85 \pm 0,5$
3	$0 \pm 10$	$10 \pm 5$	$2 \pm 0,5$

Bảng 2. Các đặc điểm của hệ khe nứt xung quanh bờ dốc đá

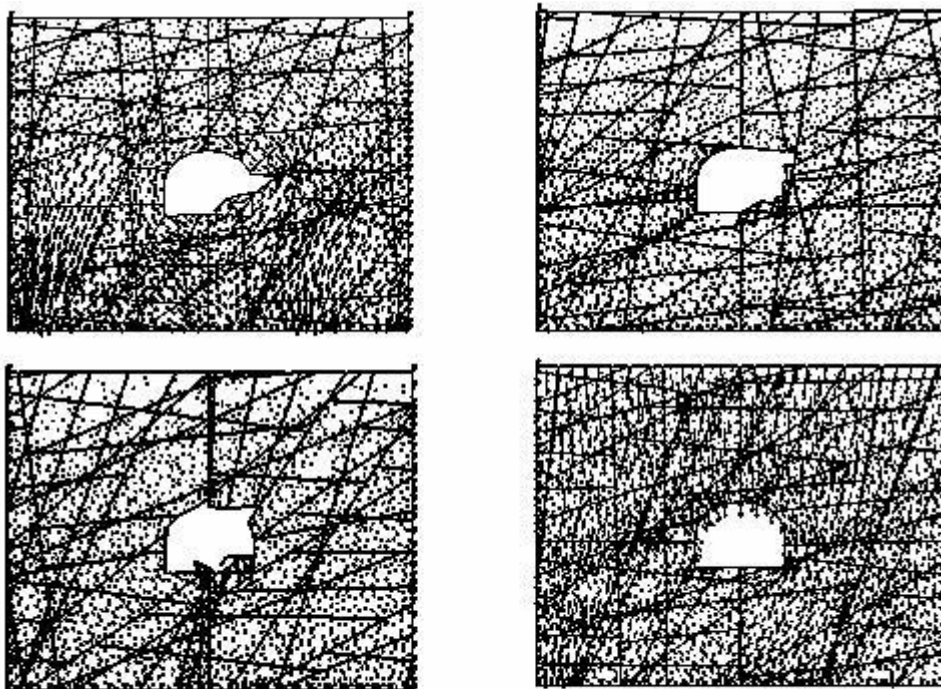
Hệ khe nứt	Góc cắm (độ)	Chiều dài (m)	Khoảng cách (m)
1	$-40 \pm 3$	xuyên suốt	$20 \pm 10$
2	$70 \pm 3$	xuyên suốt	$20 \pm 10$

Các khối nứt có mật độ bằng  $2,5 \text{ g/cm}^3$ , mô đun nén thể tích bằng  $3333,3 \text{ MPa}$ , mô đun trượt bằng  $200 \text{ MPa}$ , góc ma sát trong bằng  $35^\circ$  và lực dính kết đơn vị bằng  $0,5 \text{ MPa}$ . Hai hệ khe nứt được mô phỏng có cùng các tham số là: hệ số độ cứng pháp tuyến và tiếp tuyến bằng  $10000 \text{ MPa/m}$ , góc ma sát bằng  $30^\circ$  và lực dính đơn vị bằng  $0,3 \text{ MPa}$ .

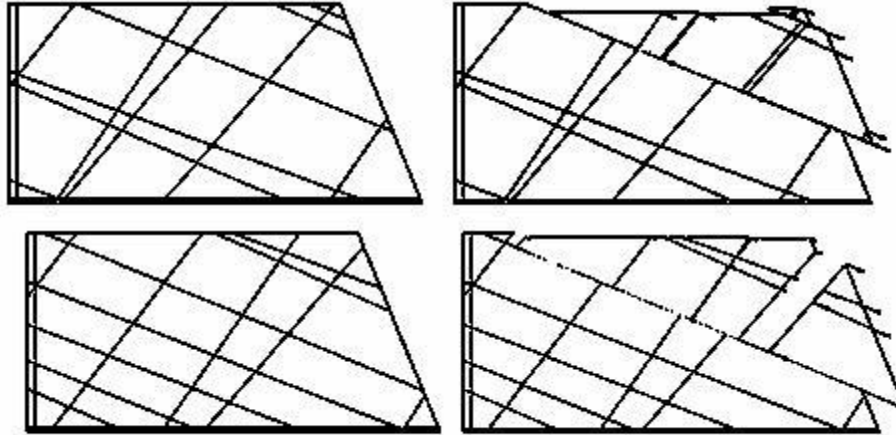
Các kết quả tính toán, mô phỏng được thể hiện trên các Hình 6, 7 và 8. Do các tham số về đặc điểm của các hệ khe nứt là biến động, nên khi mô phỏng các hệ khe nứt được phân bố mang tính ngẫu nhiên trên miền được khảo sát. Cũng vì vậy mỗi lần tính, mô phỏng sẽ nhận được quy luật phân bố khác nhau của các hệ khe nứt trên mặt cắt và tương ứng với sự phân bố ngẫu nhiên này là sự khác nhau trong các hiện tượng phá hủy trong khối đá xung quanh công trình ngầm (Hình 6), cũng như trượt lở trên bờ dốc đá (Hình 7). Điều phù hợp với các kết quả quan trắc trong thực tế.

Trên Hình 6 còn cho thấy trong cùng các điều kiện địa chất, địa cơ học, nhưng với thể nằm “thuận lợi”, trong khối đá có thể hoàn toàn không xảy ra phá hủy. Các kết quả này cũng cho phép giải thích được sự biến đổi về “độ lẹm” hay hệ số đào vượt tiết diện tùy thuộc vào sự biến động của điều kiện địa chất khi thi công hầm. Cũng vì vậy, việc đánh giá lại điều kiện địa chất gương hầm trong hồ sơ hoàn công là tất yếu.

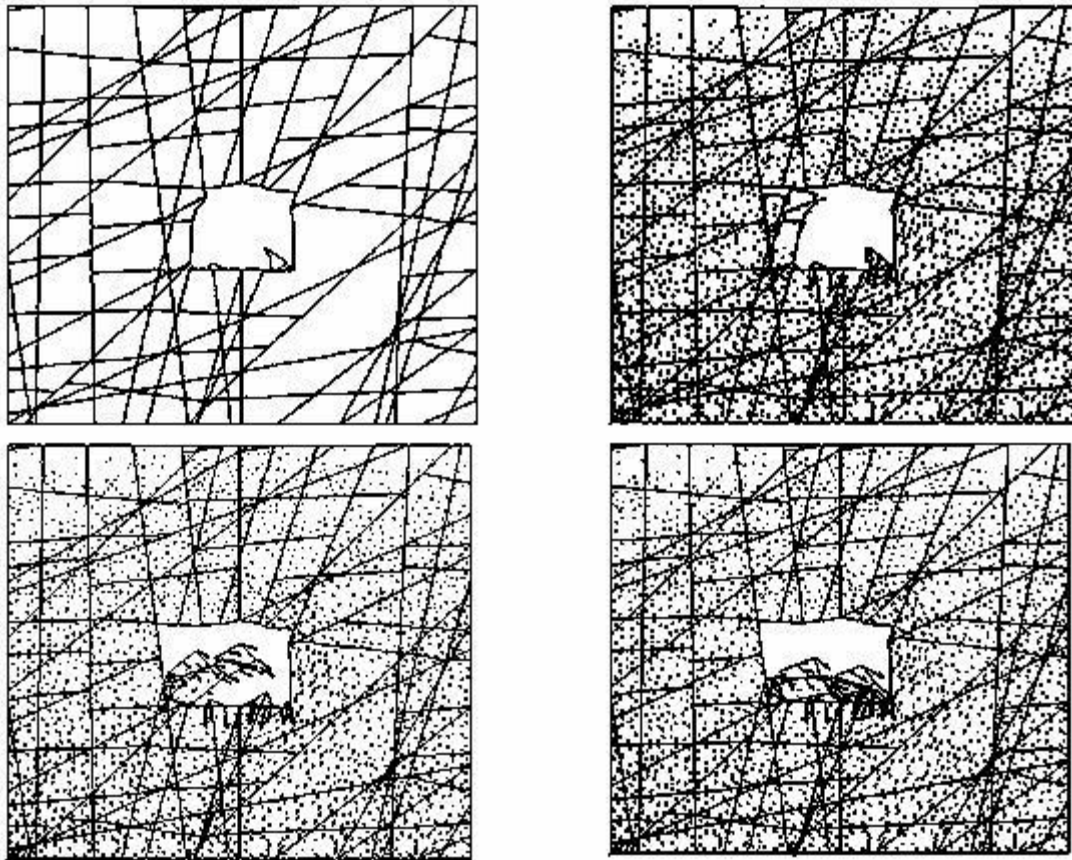
Hai ví dụ mô phỏng về trượt lở sườn dốc trên hình 6 cũng cho thấy, sự ảnh hưởng của quy luật phân bố ngẫu nhiên đến khả năng xảy ra trượt lở khác nhau, với vị trí mặt trượt “sâu” hay “nông” tại các cao độ khác nhau. Các hiện tượng tai biến trượt lở đá trong thời gian qua tại các sườn dốc đá, ở các mỏ khai thác đá (đặc biệt như ở Bản Vẽ, Lèn Cờ) đã gây nhiều thiệt hại nghiêm trọng, có thể mô phỏng được ngay từ đầu nếu sử dụng UDEC. Bằng phần mềm UDEC hoàn toàn có thể mô phỏng khả năng các mặt trượt xuất hiện ở các cao độ khác nhau, để tìm ra khả năng nguy hiểm nhất có thể xuất hiện.



Hình 6. Các trạng thái khối đá với các dạng tai biến (phá hủy) khác nhau khi các điều kiện địa chất, địa cơ học biến đổi ngẫu nhiên.



Hình 7. Các dạng trượt lở sườn dốc khi các hệ khe nứt phân bố ngẫu nhiên.



Hình 8. Mô phỏng quá trình sập lở nóc trong khối đá nứt nẻ xung quanh đường hầm.

Hình 8 cho thấy một trong các trường hợp nguy hiểm có thể xảy ra khi thể nằm của các hệ khe nứt là không thuận lợi so với mặt cắt ngang hầm. Trong trường hợp này quá trình phá hủy xảy ra đầu tiên tại nóc hầm và tiếp đó là bên sườn trái. Phần mềm UDEC cho mô phỏng được cả quá trình diễn biến sập lở, vì cơ sở giải bài toán là định luật chuyển động Newton 2.

#### V. NHẬN XÉT VÀ KIẾN NGHỊ

Nói chung hiện nay có nhiều phần mềm đã được xây dựng với đối tượng là các môi trường rời rạc. Một trong các công cụ mạnh là chương trình UDEC và đặc biệt là mô phỏng ba chiều (3D) với 3DEC. Các kết quả mô phỏng nhận được cho phép có thể giải thích được bản chất và tính ngẫu nhiên của các tai biến địa chất có thể xảy ra. Đồng thời trong thực tế cho thấy rằng, do quy luật phân bố ngẫu nhiên, với cùng dữ liệu thăm dò (đầu vào) có thể xảy ra các hiện tượng biến đổi cơ học với quy mô và hình thức đa dạng.

Như vậy, để có thể dự báo, phân tích các dạng tai biến địa chất, nhằm hạn chế tai biến địa chất, giải quyết được các vấn đề liên quan với công tác quản lý điều hành trong thực tế, cần thiết phải triển khai các công tác mô phỏng ngay từ giai đoạn thiết kế. Mặt khác các công cụ này được xây dựng với những giả thiết nhất định về mô hình cơ học cho đá, các mặt phân cách, nên để có dữ liệu phục vụ tốt công tác mô phỏng, nhất thiết phải tiến hành các công tác điều tra cơ bản ban đầu tương ứng, thích hợp.

*Công trình được hoàn thành với sự tài trợ của Bộ Khoa học và Công nghệ, Đề tài nghiên cứu mã số ĐT.NCCB-DHƯD.2011-G/13.*

### VĂN LIỆU

**1. Barla, G., Barla, M., 2000.** Continuum and discontinuum modelling in tunnel engineering. *Rudarsko-geoloaško-naftni zbornik. Vol. 12. Zagreb, 2000. pp. 45-57*

**2. Barton, N., 1998.** Quantitative description of rock masses for the design of NTM reinforcement (Special lecture 1). *Int. Conf. on Hydro Power Development In Himalayas. Shimla, India.*

**3. Burman, U., 2006.** Tragwerksplanung im konventionellen Tunnelbau. *Wayss - Fraytag Mapped\_220061005\_Teil1.pdf*

**4. Cundall, P.A., 1971.** A computer model for simulating progressive large scale movements in blocky rock system. *Proceedings of Symposium of International Society of Rock Mechanics. Nancy, France. Vol.1, pp II-8.*

**5. Nguyễn Quang Phích, 2007.** Cơ học đá. *Nxb Xây dựng. Hà Nội.*

**6. Nguyễn Quang Phích, Ngô Doãn Hào, 2000.** Mô hình hóa khả năng chịu tải của khối đá nứt nẻ. *Tuyển tập các công trình khoa học Đại học Mỏ - Địa chất, số 30. tr. 68-72.*

**7. Nghiêm Hữu Hạnh, 2010.** Một số trao đổi về tiêu chuẩn bền của khối đá nứt nẻ dị hướng. Một số vấn đề cơ học đá Việt nam đương đại. Quyển 1. *Nxb Xây dựng. tr 118-128. Hà Nội.*

**8. Nguyễn Quang Phích và nnk, 2012.** Phân tích ảnh hưởng của các dạng hệ khe nứt đến dịch động và phá hủy khối đá xung quanh công trình ngầm bằng chương trình UDEC. *Tc KHKT Mỏ - Địa chất, số 39 : 55-58. (Chuyên đề Trắc địa mỏ). Hà Nội.*

**9. Solak, T. Schubert, W., 2004.** Influence of block size and shape on the deformation behavior and stress development around tunnels. *EUROCK 2004 & 53<sup>rd</sup> Geomechanics Colloquium. Schubert (ed.) 2004 VGE.*

**10. Wittke, W., 1990.** Rock Mechanics. *Berlin; Heidelberg; New York; London; Paris; Tokyo; Hong Kong; Barcelona : Springer-Verlag.*