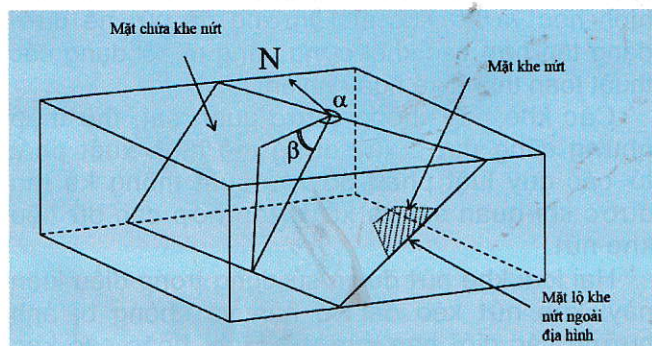


# MÔ HÌNH ĐÁ NỨT NẸ VÀ CẤU TRÚC KHE NỨT HỖ TRỢ THIẾT KẾ, LẬP KẾ HOẠCH KHAI THÁC MỎ ĐÁ KHỐI THUNG KHUỘC, NGHỆ AN

TS. NGUYỄN ANH TUẤN, ThS. PHẠM VĂN VIỆT  
Trường Đại học Mỏ-Địa chất

Trong công nghệ khai thác đá khối, vấn đề đặc biệt quan tâm là việc tận thu tài nguyên, hiệu quả khai thác đi đôi với an toàn sản xuất. Trong môi trường đá cứng và nứt nẻ, các khe nứt là tất cả các mặt phân cách, dạng phẳng hoặc cong, luôn tồn tại và chia cắt môi trường đá liên tục thành môi trường gián đoạn, đa dạng và phức tạp. Theo nguồn gốc, khe nứt có thể có nguồn tự nhiên (hình H.1) hoặc nhân tạo. Nghiên cứu đặc điểm nứt nẻ của đá có ý nghĩa rất quan trọng trong công tác thiết kế xây dựng, tính ổn định và hiệu quả trong quá trình khai thác mỏ.



H.1. Các thông số của khe nứt với  $N$  là hướng Bắc,  $\alpha$  là góc phương vị hướng dốc khe nứt,  $\beta$  là góc dốc khe nứt

Nghiên cứu này, chúng tôi giới thiệu kết quả xử lý số liệu và mô hình môi trường đá nứt nẻ đặc thù áp dụng cho một điều kiện mỏ khai thác đá khối Thung Khuộc khu vực Quỳnh Hợp, Nghệ An [1]. Chúng tôi sử dụng các công cụ tiên tiến xử lý số liệu khe nứt và mô phỏng hệ thống khe nứt này. Chương trình mô hình RESOBLOK [2] phát triển đầu tiên bởi LAEGO (Phòng thí nghiệm Môi trường, Địa cơ học và Công trình thuộc Viện quốc gia công nghệ bách khoa vùng Lorraine, Pháp) và l'INERIS (Viện quốc gia về môi trường công nghiệp

và rủi ro Pháp), trên cơ sở lý thuyết của D. Héliot (1988), M. Bennani và T. Korini (2000) và V. Merrien-Soukatchoff và nnk. (2011) [3] được sử dụng để mô hình khối đá nứt nẻ rời rạc; và modul PSMY xử lý số liệu hệ khe nứt ứng dụng cho mô hình này, A.T. Nguyễn và nnk. (2014) [4]. Kết quả mô hình được sử dụng trong tối ưu một số thông số công nghệ khai thác đá khối và an toàn ổn định tầng trong quá trình khai thác.

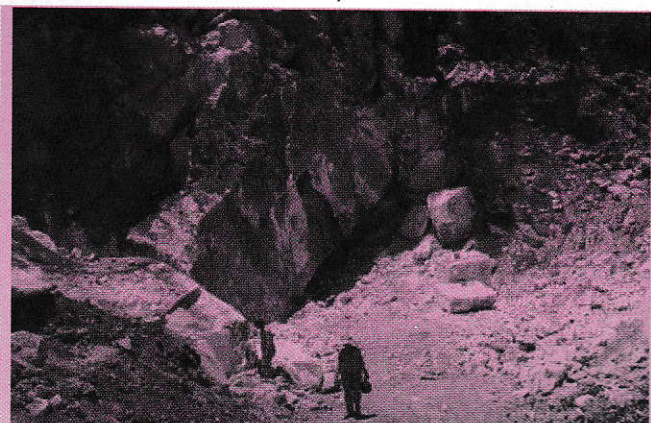
## 1. Mô tả điều kiện địa chất mỏ, thu thập, xử lý các khe nứt

Trong phạm vi nghiên cứu này, mỏ đá xây dựng Thung Khuộc (tại Quỳnh Hợp, Nghệ An) khai thác đá theo tiêu chuẩn làm vật liệu xây dựng (VLXD) thông thường và khả năng sử dụng đá làm ốp lát, đá chẻ, các loại vật liệu sản xuất đá granito được chúng tôi lựa chọn và áp dụng trong tính và mô hình môi trường đá nứt nẻ. Các số liệu thu được và xử lý dựa trên các tài liệu Báo cáo thăm dò, Thiết kế cơ sở dự án đầu tư của mỏ. Công tác đo vẽ khe nứt trên mặt được tiến hành bằng các rãnh mẫu, các khu vực trạm đo khe nứt trên bề mặt bằng các tuyến đo là chủ yếu, và trong các lỗ khoan thăm dò.

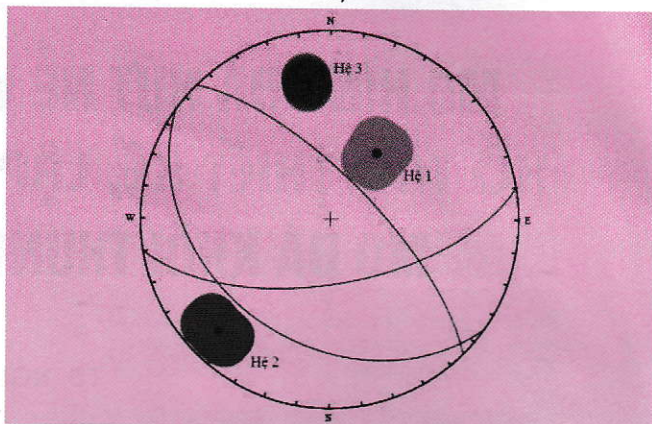
Mỏ đá xây dựng Thung Khuộc [1] theo kết quả thăm dò đánh giá (tổng cấp trữ lượng cấp 121 và 222 của toàn mỏ là 10.046.128 m<sup>3</sup>): trữ lượng làm VLXD thông thường 9.593.189 m<sup>3</sup>; trữ lượng đá làm ốp lát, đá trẻ là 452.939 m<sup>3</sup>. Số liệu khe nứt trong mỏ được tiến hành tại các trạm đo khe nứt trên mặt (8 trạm) và đo khe nứt lõi khoan (5 lỗ khoan). 3 hệ khe nứt chính trong đá nứt nẻ khu mỏ được xác định trong hình H.2 và Bảng 1.

Về phương diện kỹ thuật, kích thước khối đá khai thác phụ thuộc chủ yếu vào các thông số hệ thống khai thác, khả năng tách, vận chuyển và chế biến của mỏ.

a)



b)



H.2. Moong khai thác thử (a) và 3 hệ thống khe nứt chính mỏ Thung Khuộc, lưới chiếu Schmidt cầu bán cầu dưới (b)

Bảng 1. Các thông số cơ bản của các hệ khe nứt chính của mỏ Thung Khuộc

Điểm mỏ và các thông số	Các hệ khe nứt chính		
	Hệ 1	Hệ 2	Hệ 3
Phương vị hướng dốc ( $\alpha_d$ )	210÷220	40÷50	170
Góc dốc ( $\beta_d$ )	30÷40	70÷75	60÷65
Độ phân tán thể nằm của họ (K)	220	995	1876
Khoảng cách giữa khe nứt trong họ theo phân bố Uniform (a;b), a giá trị min và b giá trị max	(0,1;1,25)	(0,1;1,25)	(0,1;1,25)

Trị số kích thước khối nhỏ giới hạn  $V_{min} \geq 0,4 \text{ m}^3$  trên mỗi khối thu hồi lấy theo kích thước khối đá có giá trị thương phẩm trên thị trường và công nghệ phổ biến hiện nay. Những khối có kích thước  $V_{min} < 0,4 \text{ m}^3$  thường chứa nhiều khuyết tật, rạn nứt cũng như gây khó khăn trong công tác gia công chế biến đá thương phẩm. Trong điều kiện nghiên cứu lý thuyết mô hình ở đây, các khối có kích thước  $V_{min} \geq 1 \text{ m}^3$  nghiên cứu ứng dụng. Trong khi đó đó độ thu hồi đá khối tính trung bình theo đo khe nứt trên mặt trung bình 20 %, đo khe nứt lỗ khoan là 27,71 % và tính trung bình hệ số thu hồi khe nứt bằng phương pháp thăm dò trên mặt và lỗ khoan là 23,86 %.

Công tác mở moong khai thác thử nhằm mục đích xác định độ thu hồi đá khối theo các kích cỡ khác nhau theo thực tế, lấy mẫu nghiên cứu đặc tính kỹ thuật của đá. Moong khai thác thử M.01 với kích thước dài 7 m, rộng 4,8 m và chiều cao trung bình 3,5 m; với thể tích  $117,6 \text{ m}^3$ .

Kết quả moong M.01 khai thác thử đã thu được 9 khối đá có kích thước  $V_{min} \geq 0,4 \text{ m}^3$  với tổng thể tích là  $5,48 \text{ m}^3$ , chiếm 4,7 % thể tích moong khai thác thử.

**2. Xây dựng hệ thống khe nứt và tuyến khai thác**

Bằng các kịch bản dữ liệu đầu vào về thể nằm

của khe nứt thu được. Chúng tôi tiến hành mô hình hình học và cơ học môi trường đá nứt nẻ dưới dạng tập hợp các khối cứng riêng rẽ sử dụng các thuật toán thống kê ngẫu nhiên.

Các khe nứt không được quan sát, thu thập nhưng cũng được xây dựng mô hình xuất phát từ các quy luật phân bố xác suất thống kê thu được khi quan sát và xử lý tập hợp các dữ liệu khe nứt.

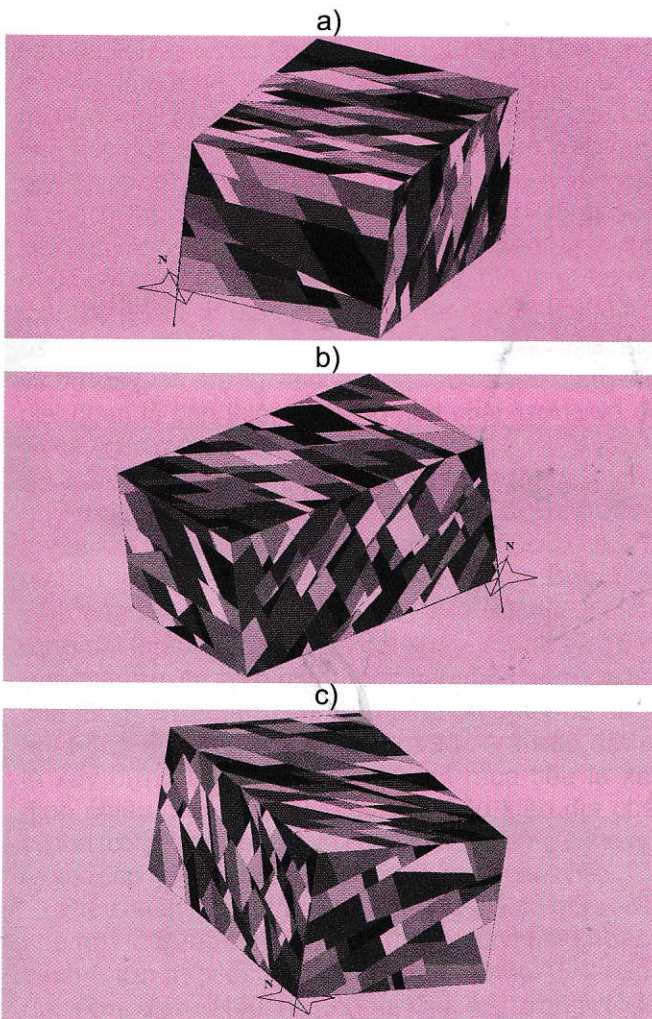
Hai loại khe nứt được sử dụng trong điều kiện này: khe nứt kéo dài vô hạn và không bị ảnh hưởng các giới hạn của mô hình, hoặc các khe nứt khác trong hệ thống; khe nứt dạng đa giác khép kín, kéo dài trong phạm vi xác định. Ngoài ra khoảng cách giữa các khe nứt trong từng hệ khe nứt là quan trọng quyết định đến kích thước các khối.

Xuất phát từ các dữ liệu thăm dò trên moong khai thác thử M.01 và các kết quả ban đầu về khối lượng đá nguyên khai thu được (kích thước, khối lượng và tỷ lệ thu hồi) trong khu vực đặc trưng mỏ Thung Khuộc, chúng tôi lựa chọn mô hình này và sử dụng trong các phân tích tối ưu các thông số, hướng khai thác của khai trường cũng như phân tích ổn định tầng và bờ mỏ đảm bảo tối ưu khai thác trong phạm vi thu hồi tối đa các khối có kích thước thương mại.

Bảng 3. Sự ảnh hưởng của số khối trung bình của mô hình moong khai thác thủ với sự tương đối giữa hướng của các hệ khe nứt chính và moong khai thác

Các hướng của hệ khe nứt chính, độ			Hướng của moong khai thác thủ, độ	Số khối trung bình trong moong, khối
Hệ 1	Hệ 2	Hệ 3		
210÷220	40÷50	170	35	368
			225	382
			350	404

Hình H.3 giới thiệu mô hình hệ thống khe nứt trong RESOBLOK áp dụng cho ba hướng khác nhau của moong khai thác thủ. Với mỗi hướng đều được chúng tôi kiểm tra một số mô hình ngẫu nhiên khác nhau (Bảng 3).



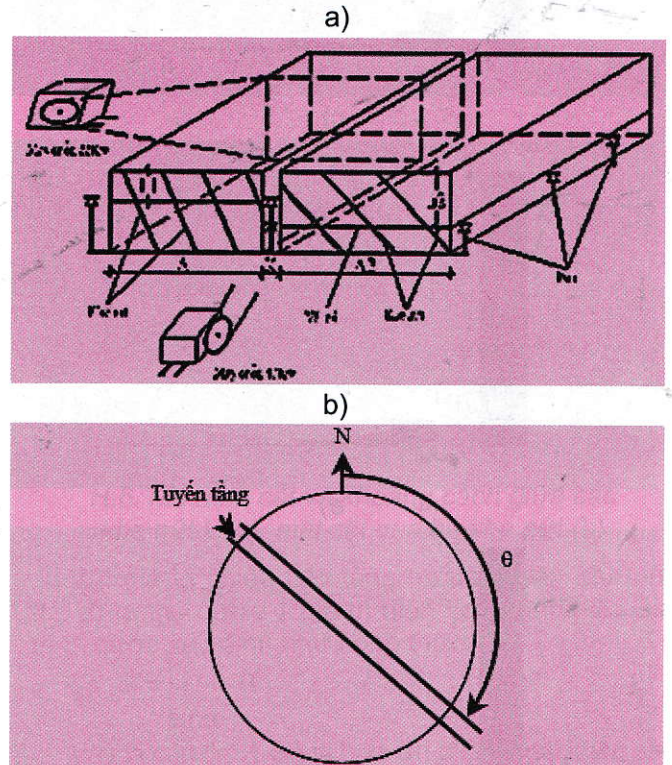
H.3. Mô hình khối đá nứt nẻ trong moong khai thác thủ M.01: hướng mô hình song song với hệ khe nứt 1 (a); với hệ khe nứt 2 (b); với hệ khe nứt 3 (c)

**3. Tối ưu hóa khai thác nhằm thu hồi tối đa đá khối**

Khai thác đá khối dựa trên quy trình công nghệ

cắt các khối đá từ môi trường đá nứt nẻ, hệ thống khai thác theo lớp bằng vận tải trực tiếp, các khối lập phương khai thác được lựa chọn và cố định trong khai thác theo kích thước  $V_{min}$ .

Sự phân bố hình dạng của khối đá nguyên khai thu hồi phụ thuộc vào các khe nứt môi trường đá nứt nẻ, hướng cắt và dịch chuyển của tầng công tác so với hướng của các họ khe nứt chính. Nâng cao hiệu quả khai thác có nghĩa là tăng tỷ lệ thu hồi và giảm nguy cơ mất an toàn. Tối ưu tỷ lệ thu hồi các khối đá có giá trị thương phẩm là hàm mục tiêu của thông số công nghệ: góc giữa hướng tuyến khai thác với hệ khe nứt, chiều cao của tầng, góc nghiêng sườn tầng khai thác.



H.4. Sơ đồ hệ thống cưa cắt khai thác đá khối bằng cưa cáp và hướng phát triển tuyến tầng

**3.1. Xác định hướng tuyến khai thác**

Với một hệ khe nứt chính, góc giữa hướng tuyến tầng khai thác song song hoặc vuông góc với hệ khe nứt cho phép thu hồi lớn nhất thể tích các khối

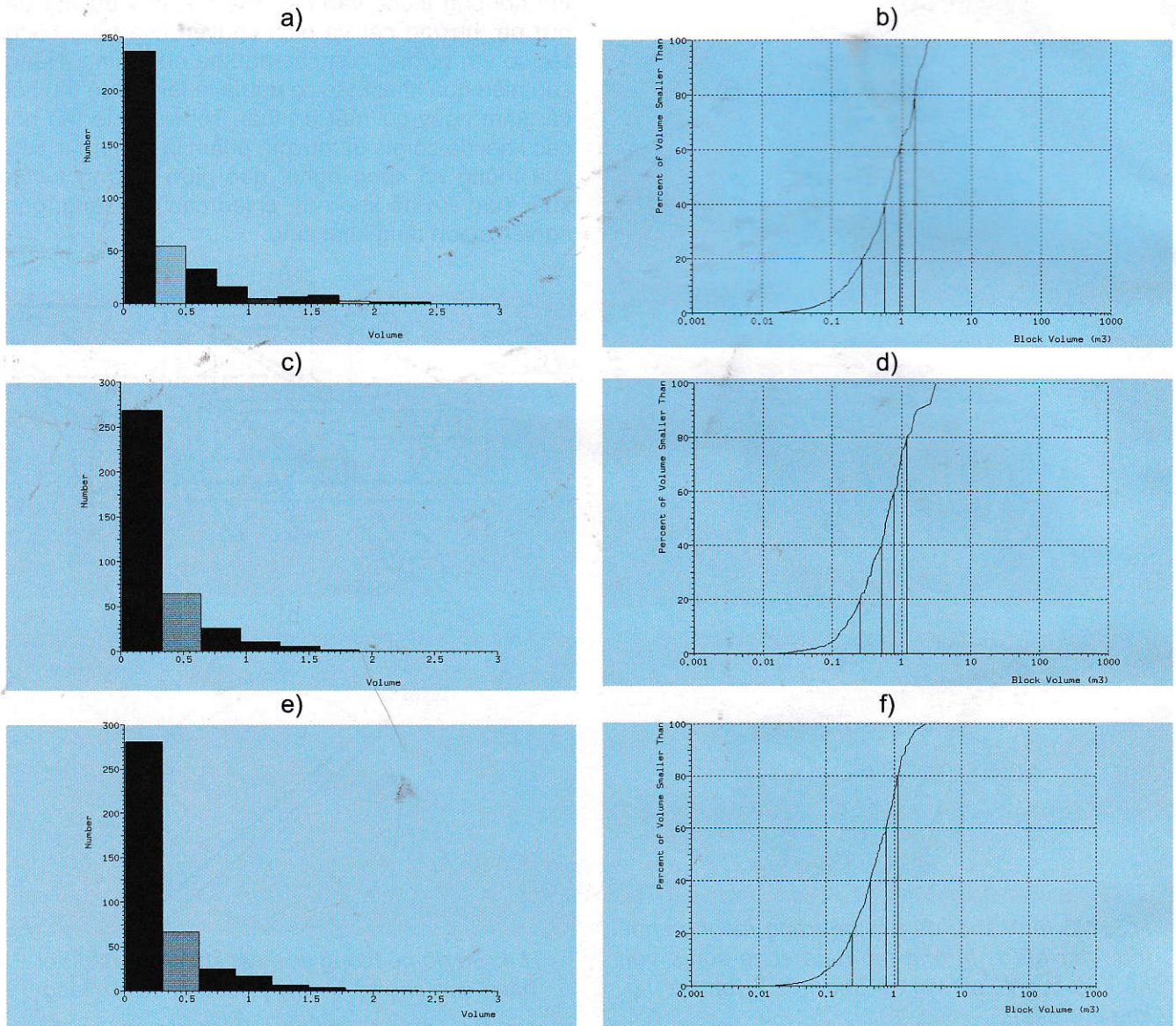
thương phẩm ( $V_{min}$ ). Bài toán tối ưu cần giải khi xuất hiện nhiều hệ khe nứt trong môi trường đá nứt nẻ, các thông số cơ bản về hướng tuyến khai thác hợp lý thể hiện trên hình H.4 có thể tối ưu từ mô hình khe nứt.

Trên hình H.5 kết quả khảo sát 3 hướng tuyến đặc trưng lần lượt vuông góc với hệ khe nứt 1, 2 và 3. Kết quả thu được biểu diễn trên các biểu đồ phân bố số khối tương ứng với thể tích trong mô hình (cột bên trái) và phân bố phần trăm khối lượng các khối theo thể tích (cột bên phải) tương ứng với hướng của moong khai thác thử được mô hình. Các hướng của tuyến tầng công tác khai thác các khối liên quan đến trình tự mở tầng, vị trí tuyến công tác đầu tiên của mỏ và các hướng của hệ thống khe nứt chính. Sự phân bố dữ liệu

trong Hình 5 là sự phân bố các giá trị trung bình thu được từ số lượng lớn mô hình thống kê ngẫu nhiên. Phần trăm khối thể tích của các khối có trong mô hình:

- ❖ Hướng khai thác  $35^\circ$ , với  $V_{min} \geq 0.4 \text{ m}^3$  chiếm 60 % và  $V_{min} \geq 1 \text{ m}^3$  chiếm 36 %;
- ❖ Hướng khai thác  $225^\circ$ , với  $V_{min} \geq 0.4 \text{ m}^3$  chiếm 60 % và  $V_{min} \geq 1 \text{ m}^3$  chiếm 25 %;
- ❖ Hướng khai thác  $350^\circ$ , với  $V_{min} \geq 0.4 \text{ m}^3$  chiếm 60 % và  $V_{min} \geq 1 \text{ m}^3$  chiếm 28 %;

Với các kết quả trên, hướng tối ưu liên quan đến tuyến tầng ( $35^\circ$ ) có hướng song song hoặc vuông góc với hướng chính của hệ khe nứt 1 (họ 1) cho khả năng thu hồi được tỷ lệ khối tốt nhất với  $V_{min} \geq 1 \text{ m}^3$  chiếm 36 %.



H.5. Biểu đồ phân bố số khối tương ứng với thể tích trong mô hình (cột bên trái) và phân bố phần trăm khối lượng các khối theo thể tích (cột bên phải) tương ứng với hướng của moong khai thác thử: a, b - Hướng  $35^\circ$ ; c, d - Hướng  $225^\circ$ ; e, f - Hướng  $350^\circ$

Sự sai khác về hệ số thu hồi giữa các khối theo các phương pháp đo khe nứt trên mặt (từ 18,75 % đến 21 % và trung bình 20 %), lỗ khoan (từ 25,79 % đến 28,7 % và trung bình 27,71 %) và mở moong khai thác (14,28 %) và mô hình số môi trường đá nứt nẻ (40 %) từ tập hợp các số liệu của 3 phương pháp khảo sát trên mặt ở trên cho thấy, thực tế có khá nhiều khe nứt ẩn kín không phát hiện được khi đo khe nứt trên mặt. Nguyên nhân từ sự khác nhau trên xuất phát từ trong quá trình thu thập số liệu khe nứt một cách chưa đầy đủ, toàn diện và chính xác.

Các kết quả trên cho thấy, 3 phương pháp thăm dò trên đều chưa thỏa mãn các điều kiện số lượng, chất lượng dữ liệu khe nứt khi xử lý và sử dụng để tìm kiếm các kết quả mô hình. Phương pháp đo khe nứt bằng các tuyến trên bề mặt (2 chiều) chưa đảm bảo số liệu khe nứt thực tế (theo 3 chiều) trong môi trường đá nứt nẻ. Phương pháp lỗ khoan thăm dò có một trở ngại là sự không rõ ràng về thể nằm của các khe nứt dốc và dốc đứng. Trong lỗ khoan, xác định góc phương vị hướng dốc của khe nứt hiện vẫn còn là thách thức và hạn chế với các kỹ sư. Trong điều kiện này, số liệu thu được từ moong khai thác thử M.01 chỉ chiếm 2 % diện tích khu mỏ (33,6 m<sup>2</sup> so với toàn bộ diện tích biên giới khai thác mỏ 16 nghìn m<sup>2</sup>, cao độ tuyệt đối từ 100÷230 m), do đó việc cập nhật và bổ sung số lượng và độ chính xác số liệu trong các giai đoạn là cần thiết để nâng cao chất lượng và độ tin cậy của mô hình dự đoán.

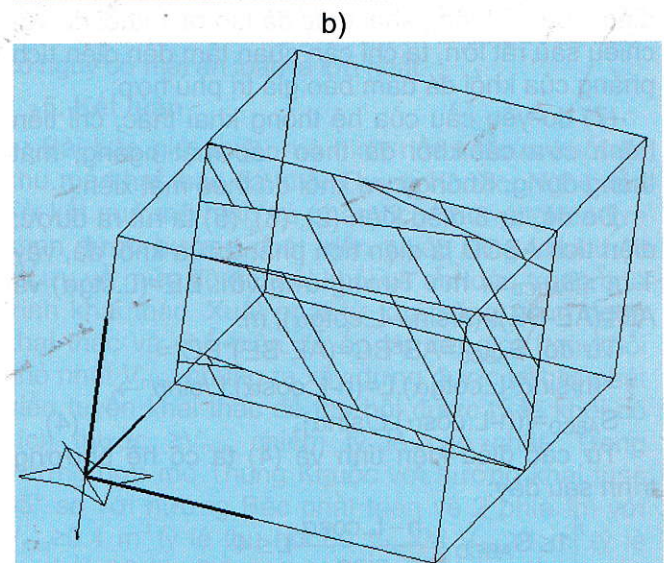
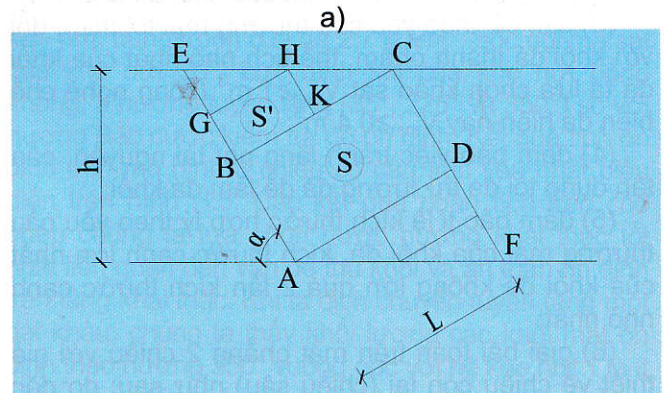
### 3.2. Xác định chiều cao tầng khai thác

Trong phần trên chúng ta xác định được hướng tuyến khai thác chính của mỏ vuông góc với hệ khe nứt 1 (họ 1) có hướng 35° so với hướng Bắc. Góc cắm của vỉa đá của hệ khe nứt 1 từ 30÷40°. Chiều rộng dải khấu và chiều dài dải khấu là 5 m và 10 m (một số trường hợp phụ thuộc vào điều kiện cụ thể của tầng). Trong trường hợp tầng ổn định, đá đồng nhất góc nghiêng sườn tầng  $\alpha=90^{\circ}$ . Vấn đề đặt ra là xây dựng bài toán tối ưu, hàm mục tiêu là xác định chiều cao h hợp lý với các điều kiện địa chất cụ thể (có góc nghiêng  $\alpha$  và khoảng cách giữa 2 khe nứt L) sao cho tỷ lệ thu hồi đá thương phẩm là cao nhất.

Điều kiện áp dụng khi khoảng cách giữa các khe nứt là trung bình và nhỏ ( $L<3$  m), vì khi khoảng cách L lớn thì việc tính toán cưa cắt khối đá tương đối đơn giản. Nếu hệ thống khe nứt trong 1 dải khấu đồng thời xuất hiện các giá trị khoảng cách L khác nhau (theo quan sát thực tế và kết quả đo đạc địa chất, trong cùng 1 hệ thống khe nứt thì giá trị góc dốc  $\alpha$  của khe nứt ít thay đổi), điều này sẽ dẫn tới xuất hiện nhiều giá trị chiều cao tầng tối ưu h khác nhau ứng với mỗi cặp khe nứt. Vì vậy cần tiến hành lựa chọn giá trị chiều cao tầng h của dải khấu.

Đối với mỗi góc nghiêng  $\alpha$  và giá trị  $L_i$  của 1 cặp khe nứt, ta thu được 1 giá trị chiều cao tầng  $h_i$  tối ưu nhất ứng với cặp khe nứt đấy. Nếu các giá trị  $h_i$  thu được nằm trong 1 khoảng nhất định thì lấy giá trị trung bình của nhóm này làm giá trị của dải khấu.

$$h = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{n}, \text{ m.} \quad (1)$$



H.6. Mô hình cắt và khoảng cách giữa các khe nứt L (a), mặt cắt qua hệ khe nứt (b)

Với giá trị chiều cao tầng h của 1 cặp khe nứt ( $L_i, \alpha$ ) ta thu được 1 giá trị diện tích phẳng  $S_i$ . Giá trị  $S_i$  được xác định như công thức:

$$S_i = \frac{h - L_i \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha} L_i, \text{ m}^2. \quad (2)$$

Vậy ta cần tìm 1 giá trị h tối ưu cho cả dải khấu sao cho từ hàm mục tiêu (3), ta xác định được giá trị chiều cao tầng tối ưu trên các mức khai thác khác nhau.

$$F = \sum_{i=1}^n S_i \rightarrow \max \quad (3)$$

Bài toán tối ưu có thể được giải theo các bước cơ bản sau:

❖ Bước 1: Xác định kích thước khối đá chính thu hồi được S, (hình 6) theo các điều kiện bài toán tính ứng với điều kiện sản phẩm đầu ra ở Việt Nam hiện nay:

- (1) đảm bảo chất lượng khối đá thành phẩm, khối đá phải có hình khối lập phương;
- (2) đảm bảo khả năng hoạt động của thiết bị vận tải và thiết bị nâng hạ (mỏ sử dụng xe cầu có sức nâng 22 tấn) thể tích lớn nhất của khối đá là  $8 \text{ m}^3$ ;
- (3) căn cứ theo yêu cầu thương mại tối thiểu đối với khối đá thành phẩm, thể tích nhỏ nhất của khối đá ta lựa chọn khảo sát  $V_{\min} \geq 1 \text{ m}^3$  (công nghệ chế biến đá hiện nay  $V_{\min} \geq 0.4 \text{ m}^3$ ;
- (4) đảm bảo việc tránh lãng phí tài nguyên, cần tận dụng tối đa trữ lượng đá để làm đá khối;
- (5) đảm bảo tỉ lệ kích thước hợp lý theo yêu cầu thương mại của khối đá, kích thước cạnh lớn nhất của khối đá không lớn quá 2 lần kích thước cạnh nhỏ nhất;

(6) giải bài toán trên mặt phẳng 2 chiều với giả thiết về chiều còn lại (chiều sâu) như sau: do đặc điểm của hệ thống khai thác đã tạo ra 1 khối đá với chiều sâu rất lớn, ta chỉ cần quan tâm đến diện tích phẳng của khối đá đảm bảo giá trị phù hợp;

(7) do yêu cầu của hệ thống khai thác, chỉ tiến hành cưa cắt khối đá theo các mặt ngang, mặt thẳng đứng. Không cưa khối đá theo mặt xiên.

Do đó, từ 3 điều kiện (2), (3), (5) ta rút ra được: diện tích ABCD là diện tích phẳng của khối đá, vậy  $1 \text{ m}^2 \leq S_{ABCD} \leq 4 \text{ m}^2$ . Tương ứng với:  $BE = (L \cdot \text{ctg}\alpha)$  và  $AB = (AE - BE) = (h/\sin\alpha - L \cdot \text{ctg}\alpha)$ , m.

$$\begin{aligned} \text{Từ đó: } S_{ABCD} &= AB \cdot BC = (AE - BE) \cdot BC = \\ &= (h/\sin\alpha - L \cdot \text{ctg}\alpha) \cdot L = (h - L \cdot \cos\alpha) \cdot L / \sin\alpha \rightarrow \\ S_{ABCD} &= [(h - L \cdot \cos\alpha) \cdot L / \sin\alpha]. \end{aligned} \quad (4)$$

Từ các điều kiện tính và (4) ta có hệ phương trình sau đây:

$$\Rightarrow \begin{cases} 1 \leq S_{ABCD} = \frac{h - L \cdot \cos\alpha}{\sin\alpha} L \leq 4 \\ h = \frac{S_{ABCD} \cdot \sin\alpha + L^2 \cdot \cos\alpha}{L} \end{cases} \quad (5)$$

Ta luôn có L là giá trị chiều dài 1 cạnh của mặt cắt, gọi L' là giá trị cạnh còn lại

$$\Rightarrow 1 \leq L \cdot L' \leq 4$$

Mặt khác theo điều kiện số (5) (đảm bảo tỉ lệ giữa các cạnh):  $\Rightarrow L \leq L' \leq 2 \cdot L$

$$\Rightarrow \begin{cases} 0,7 \leq L \leq 2,8 \\ 0,7 \leq L' \leq 2,8 \end{cases} \quad (6)$$

Ta gọi đây là điều kiện (6), giá trị của L giới hạn trong khoảng  $0,7 + 2,8$  m.

❖ Bước 2: Xác định kích thước khối phụ (S') có khả năng thu hồi, hình 6a. Khối đá phụ được xác định theo 8 điều kiện biên giống khối đá chính.

Khối đá phụ có diện tích S' được lấy từ 2 phần đá thừa BEC và AFD cắt ra từ phần đá chính AECF.

Khối đá phụ là hình chữ nhật nội tiếp trong tam giác (BEC). Bài toán đặt ra là cần xác định hình chữ nhật nội tiếp trong tam giác (BEC) sao cho diện tích của nó là lớn nhất. Sử dụng phương pháp giải tích và hình học, ta xác định được hình chữ nhật (BGHK) với G, H, K lần lượt là trung điểm 3 cạnh EB, EC, BC là hình chữ nhật nội tiếp có diện tích lớn nhất.

Ta có:  $S_{BGHK} = 0,5 \cdot S_{BEC}$ ,  $\text{m}^2$  và  $S_{BCE} = 0,5 \cdot EB \cdot BC = L^2 / (2 \cdot \text{tg}\alpha)$ ,  $\text{m}^2$ . Từ đó ta có:

$$S_{BGHK} = L^2 / (4 \cdot \text{tg}\alpha), \text{m}^2. \quad (7)$$

Tương ứng, điều kiện để tồn tại khối phụ (S'):

$$1 \leq S_{BGHK} = \frac{L^2}{4 \cdot \text{tg}\alpha} \leq 4 \quad (8)$$

$$\Leftrightarrow 2\sqrt{\text{tg}\alpha} \leq L \leq 4\sqrt{\text{tg}\alpha}$$

❖ Bước 3: Tính toán và lập Bảng thu hồi trữ lượng các khối đá trên các mức khác nhau. Cách thành lập Bảng tra cứu giá trị như sau: từ các công thức đã tính toán ở 2 phần trên, để tiện cho việc sử dụng tác giả sẽ lập ra 1 Bảng để tra cứu giá trị chiều cao tầng tối ưu. Với các biến số đầu vào của bài toán: L, S,  $\alpha$ . Khoảng cách giữa 2 khe nứt L, m. Theo điều kiện biên (6), ta có  $0,7 \leq L \leq 2,8$  m. Ở đây tác giả lựa chọn khảo sát 7 giá trị khảo sát: L=0,7; 1; 1,4; 1,8; 2,2; 2,5; 2,8 m. Diện tích phẳng của khối đá S,  $\text{m}^2$ . Điều kiện tương ứng:  $1 \leq S \leq 4 \text{ m}^2$ . Giá trị của S được lựa chọn 4 giá trị để khảo sát: S=1; 2; 3; 4  $\text{m}^2$ . Góc nghiêng của khe nứt  $\alpha$ . Giá trị của  $\alpha$  được lựa chọn khảo sát:  $\alpha = 30^\circ; 35^\circ; 40^\circ; 45^\circ$ .

Tính được chiều cao tầng:

$$h = \frac{S_{ABCD} \cdot \sin\alpha + L^2 \cdot \cos\alpha}{L}, \text{m}. \quad (9)$$

Diện tích khối phụ:  $S' = L^2 / (4 \cdot \text{tg}\alpha)$ ,  $\text{m}^2$  và điều kiện để tồn tại khối phụ:

$$2 \cdot \sqrt{\text{tg}\alpha} \leq L \leq 4 \cdot \sqrt{\text{tg}\alpha} \quad (10)$$

Công thức tính độ thu hồi khối:

$$R = \frac{V_{\text{khối}}}{V_{\text{tổng}}} = \frac{S_{\text{khối}} \cdot L_{\text{sau}}}{S_{\text{tổng}} \cdot L_{\text{sau}}} = \frac{S_{\text{khối}}}{S_{\text{tổng}}} \cdot 100\% \quad (11)$$

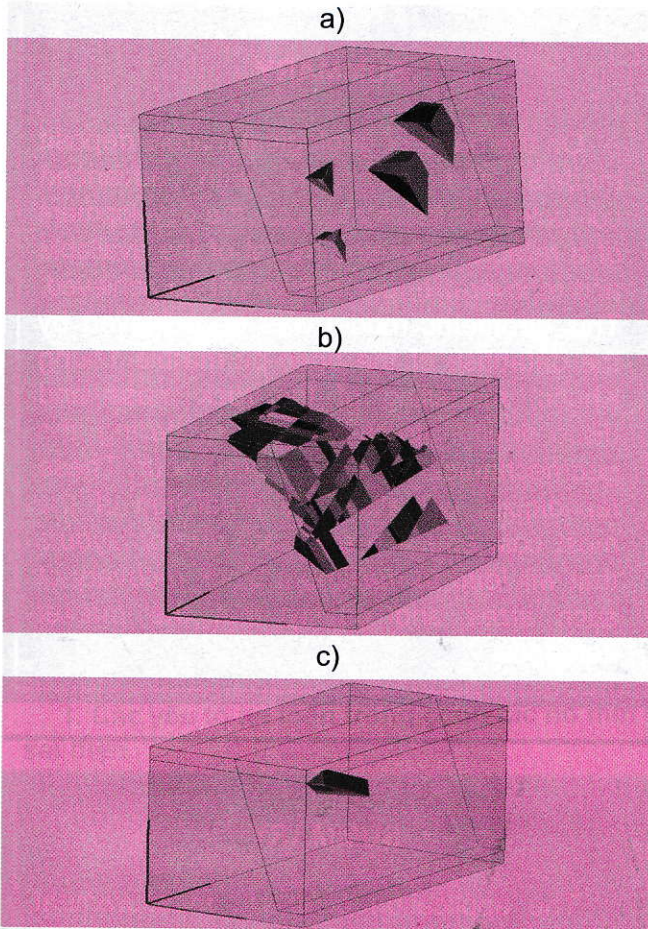
Do đó độ thu hồi khối sẽ bằng tỉ lệ thu hồi diện tích phẳng R:

+ Nếu không tồn tại khối phụ:

$$R = \frac{S_{ABCD}}{S_{AECF}} = \frac{S \cdot \sin\alpha}{h \cdot L} \cdot 100\% \quad (12)$$

+ Nếu tồn tại khối phụ:

$$R^* = \frac{S_{ABCD} + 2 \cdot S_{BGHK}}{S_{AECF}} = \frac{\left(S + \frac{L^2}{2\text{tg}\alpha}\right) \sin\alpha}{h \cdot L} \cdot 100\% \quad (13)$$



H.5. Mô hình phân bố các khối mất ổn định trên tầng ứng với hướng tuyến tầng so với hướng Bắc  $35^\circ$  (a) có 6 khối mất ổn định với khối lượng  $1 \text{ m}^3$ ;  $225^\circ$  (b) có 118 khối mất ổn định với khối lượng  $22 \text{ m}^3$ ; và  $350^\circ$  (c) có 1 khối mất ổn định với khối lượng  $0,52 \text{ m}^3$

Các kết quả thu được của mỗi hướng cho thấy hướng của tuyến khai thác là rất quan trọng thông qua kết quả phân tích từ mô hình moong khai thác thử M.01. Để việc xác định hệ số thu hồi chung cho cả mỏ có độ tin cậy cao, trong quá trình khai thác, các thông số đầu vào cần được tiếp tục hiệu chỉnh và đo đạc bổ sung trên từng mức, ở các giai đoạn khác nhau khi có sự thay đổi về cấu tạo.

#### 4. Tối ưu khai thác với điều kiện ổn định bờ mỏ

Bên cạnh bài toán tối ưu xác định các thông số công nghệ thì yếu tố rủi ro mất an toàn do trượt lở mất ổn định bờ tầng và bờ mỏ trong quá trình khai thác đóng vai trò quyết định tới hiệu quả khai thác lâu dài và cuối cùng của mỏ. Trong nghiên cứu này, chúng tôi lựa chọn phương pháp phân tích ổn định cân bằng giới hạn. Các khối cứng này được phân tích trên cơ sở thuật toán ổn định bằng phương pháp vector của Warburton (1981) [5], tiêu chuẩn tính toán

Mohr-Coulomb với hệ số an toàn  $F=1$ , được thiết đặt trong RESOBLOK. Chúng tôi kiểm tra và sử dụng 50 vòng lặp ngẫu để kiểm tra tất cả các khối trên mặt tầng mô hình ổn định hay không ổn định.

Các thông số bước đầu được áp dụng tính cho mô hình số: chiều cao tầng khai thác  $H=5 \text{ m}$ , chiều rộng dài khẩu  $A=5 \text{ m}$ , chiều dài dài khẩu  $L=10 \text{ m}$ , ở đây chúng tôi kiểm tra điều kiện an toàn với góc nghiêng sườn tầng  $\alpha=75^\circ$ . Tính chất cơ lý cơ bản của đá và khe nứt: dung trọng của đá  $2,7 \text{ tấn/m}^3$ ; góc nội ma sát của khe nứt  $30^\circ$ . Lực dính kết của khe nứt bằng không, 3 hướng tuyến tầng ( $35^\circ$ ,  $225^\circ$  và  $350^\circ$ ) so với hướng Bắc được kiểm tra độ ổn định. Kết quả tính ổn định trên mô hình 3 chiều có cấu trúc yếu nhất biểu diễn trên hình H.5. Các kết quả phân tích trên cho phép chúng ta lựa chọn được hướng khai thác tốt nhất liên quan đến vấn đề thu khối và an toàn ổn định trên tầng khai thác. Khi ta dịch chuyển tuyến tầng một dài khẩu, chúng ta thấy khối lượng các khối mất ổn định theo hướng  $350^\circ$  vuông góc với hệ khe nứt 1 là ít nhất, có nghĩa là hướng phát triển công trình mỏ an toàn, tiếp đến là hướng  $35^\circ$  và còn lại là hướng  $225^\circ$  có nguy cơ mất an toàn là lớn nhất.

#### 5. Kết luận

Bài báo giới thiệu mô hình nứt nẻ của khối đá khu mỏ khai thác đá khối Thung Khuộc, Nghệ An. Từ kết quả mô hình và phân tích chúng tôi đã lựa chọn được hướng phát triển tuyến tầng khai thác tối ưu về mức độ thu hồi khối và an toàn trong quá trình khai thác. Xuất phát từ khả năng công nghệ khai thác và chế biến đá ốp lát với giới hạn khối nhỏ nhất  $V_{\min}$ , chúng ta xây dựng được trật tự phát triển tuyến khai thác để thu hồi được tỷ lệ khối có kích thước  $\geq V_{\min}$  chiếm tỷ lệ cao nhất. Trong trường hợp mỏ Thung Khuộc với hướng khai thác  $35^\circ$  so với hướng Bắc phát triển về 2 phía thì với  $V_{\min} \geq 0,4 \text{ m}^3$  tỷ lệ thu hồi 60 %, khi  $V_{\min} \geq 1 \text{ m}^3$  tỷ lệ thu hồi 36 %. Đồng thời hướng phát triển tuyến tầng này cho phép mỏ vận hành an toàn tương đối với khối lượng mất ổn định  $1 \text{ m}^3$  trên chiều dài theo tuyến tầng là 10 m. Kết quả này cho phép chúng ta xác định được các thông số công nghệ khai thác hợp lý phù hợp với kích thước khai trường, cũng như hướng tuyến tầng khai thác hợp lý. Đồng thời chúng ta có thể lựa chọn phương án khai thác hợp lý nhằm nâng cao hiệu quả khai thác, sản lượng mỏ và giảm giá thành chi phí khai thác đầu tư cần thiết trong quá trình khai thác và đảm bảo an toàn cho mỏ khai thác đá khối. □

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Báo cáo kết quả thăm dò Mỏ đá xây dựng Thung Khuộc thị trấn Quỳnh Hợp, Thung Nang xã Thọ Hợp, Huyện Quỳnh Hợp, Tỉnh Nghệ An. 2012.

2. D. Heliot, "Generating a blocky rock mass," Int. J. Rock Mech. Min. Sci. Geomech. Abstr., vol. 25, no. 3, pp. 127-138, 1988.

3. V. Merrien-Soukatchoff, T. Korini, and A. Thoraval, "Use of an Integrated Discrete Fracture Network Code for Stochastic Stability Analyses of Fractured Rock Masses," Rock Mech. Rock Eng., Mar. 2011.

4. A.T. Nguyen, V. Merrien-Soukatchoff, M. Vinches, "Grouping discontinuities of fractured rock mass into main set: consequences on the stability analysis of open pit benches," Applications of Discrete Fracture Network Engineering, DFNE. 2014-213, Nov. 2014.

5. Nguyễn Anh Tuấn, Phạm Văn Việt, Trần Đình Bảo. Tối ưu một số thông số công nghệ khai thác đá khối bằng máy cưa cáp. Tuyển tập báo cáo Hội nghị KHKT mở toàn quốc lần thứ 22. Hội Khoa học và công nghệ mỏ Việt Nam. Nha Trang-Việt Nam. 2011. Tr. 271-280.

**Người biên tập:** Hồ Sĩ Giao

**Từ khóa:** mô hình đất đá; nứt nẻ; kế hoạch khai thác mỏ; đá khối; đá ốp lát.

**Ngày nhận bài:** 05 tháng 11 năm 2015

## SUMMARY

On the basis of geological marble deposit models and combined with advanced computer simulation methods, the development of a reliable geometric model of the available and recoverable rock blocks will be achieved. This geometric model was achieved by the database of the open-pit marble Thung Khuộc, modelling of the rock mass and discontinuity structure, and modelling the geomechanical rock mass behaviour. These techniques will allow the prediction of the most cost effective and safe quarry layouts that will lead to maximum block recovery of such sizes and quality that the market demands.

## NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG...

(Tiếp theo trang 21)

5. Đặng Văn Kiên, Đánh giá ảnh hưởng của chấn động do nổ mìn đào hầm ở khu vực thành phố: Đường hầm Croix-Rousse, Lyon, Cộng Hòa Pháp. Tuyển tập Báo cáo Hội nghị Khoa học lần thứ 21, Đại học Mỏ-Địa chất -11/2014;

6. Yong Lu, Zhongqi Wang, Karen Chong. A comparative study of buried structure in soil subjected to blast load using 2D and 3D numerical simulations. Soil Dynamics and Earthquake Engineering 25 (2005) 275-288

7. Saharan, M. R. and Mitri, H. S. Numerical Procedure for Dynamic Simulation of Discrete Fractures Due to Blasting. Rock Mech. Rock Engng, 2008, 41 (5) : 641-670

8. Park, D. et al, A Numerical Study on the Screening of Blast-Induced Waves for Reducing Ground Vibration, Rock Mech Rock Eng (2009) 42:449-473.

**Người biên tập:** Võ Trọng Hùng

**Từ khóa:** mô hình số; chấn động; nổ mìn; kết cấu đường hầm

**Ngày nhận bài:** 12 tháng 09 năm 2015

## SUMMARY

The application of in-situ measurement method and numerical method to study the effect of blast vibration on surrounding structures (rock mass, existing tunnels, buildings,...) extended in recent years. Although many well documented numerical results exist in literature concerning this problem, but the result of the research on the effect of blasting at tunnel face on the vibration of existing adjacent tunnel by above methods still not clear. This paper investigates the effects of blast vibration at a newly excavated tunnel of the Croix-Rousse tunnel project, Lyon, France on the concrete lining systems of a adjacent existing tunnel by using numerical model based on vibration recordings. Numerical simulations were carried out with Abaqus/explicit model using coupled finite-infinite elements and Non-Reflecting Boundaries Conditions (NRBCs). Comparison of results obtained with above methods in order to validate the accurate numerical models shows that the accuracy of numerical models.