



ỨNG DỤNG MÔ PHỎNG SỐ ĐỂ ĐÁNH GIÁ ỔN ĐỊNH ĐƯỜNG LÒ THI CÔNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP NỔ MÌN TẠO BIÊN TẠI MỎ ĐỒNG VI KÈM

Phạm Văn Vĩ¹, Chu Việt Thức^{2*}

¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất, 18 Phố Viên, Hà Nội, Việt Nam

²Đại Học Điện lực, 235 Hoàng Quốc Việt, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 10/9/2024

Ngày nhận bài sửa: 15/10/2024

Ngày chấp nhận đăng: 25/10/2024

*Tác giả liên hệ:

Email: thuccv@epu.edu.vn

TÓM TẮT

Khoan nổ mìn là phương pháp chủ yếu để phá vỡ đất đá và khai thác khoáng sản trong công nghiệp khai khoáng hiện nay cả ở các mỏ lộ thiên cũng như hầm lò. Thực tế thi công các công trình ngầm trong và ngoài nước đã chứng minh tính hiệu quả của phương pháp khoan nổ mìn tạo biên về tạo đường biên đào phù hợp, giảm lượng đào thừa tiết diện, nâng cao độ ổn định khối đá xung quanh đường lò sau khi đào. Trong khai thác mỏ quặng hầm lò tại Việt Nam hiện nay, nổ mìn tạo biên ít được áp dụng, gần như chỉ thực hiện ở mức độ thử nghiệm. Tại mỏ đồng Vi Kẽm đã và đang áp dụng phương pháp nổ mìn tạo biên khi sử dụng dây nổ để nạp phân đoạn cho các lỗ mìn biên. Kết quả cho thấy rõ hiệu quả sau khi áp dụng phương pháp nổ mìn tạo biên như giảm hệ số thừa tiết diện và biên đường lò phẳng và trơn nhẵn hơn. Trong bài báo này, mô hình số đã được sử dụng để đánh giá làm rõ thêm ổn định của đường lò sau khi sử dụng phương pháp nổ mìn tạo biên. Kết quả cho thấy khối đá xung quanh đường lò dịch chuyển nhỏ cũng như ổn định hơn so với đường lò được đào bằng phương pháp nổ mìn vi sai trước đó.

Từ khóa: nổ mìn tạo biên, nổ mìn vi sai, mỏ đồng Vi Kẽm, mô hình số.

@ Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong các mỏ hầm lò, thi công các đường lò trong đá rắn chủ yếu được thực hiện bằng phương pháp khoan nổ mìn, trong đó phương pháp nổ mìn tạo biên là phương pháp cho hiệu quả tốt nhất. Theo phương pháp này, trong mỗi chu kỳ đào hầm lò, các lỗ khoan nổ mìn trên gương thường được sử dụng vào 4 nhóm nhiệm vụ [1-4,7,9,10]: Nhóm lỗ khoan trống, nhóm lỗ mìn đột phá, nhóm lỗ mìn phá và nhóm lỗ mìn tạo biên. Nhóm lỗ khoan trống có vai trò tạo mặt thoáng tự do phụ khi nổ nhóm lỗ mìn đột phá, tạo thuận lợi cho quá trình phá vỡ khối đá xung quanh của nhóm lỗ mìn đột phá. Nhóm lỗ

mìn đột phá được điều khiển nổ trước nhất trong mỗi chu kỳ nổ mìn; một mặt nhằm tạo ra không gian tự do phụ thích hợp, giảm đường kháng nổ cho nhóm lỗ mìn nổ phá tiếp theo; mặt khác kết hợp, tạo ra hiệu ứng cộng hưởng với sóng ứng suất sinh ra khi nổ nhóm lỗ mìn tiếp để làm tăng hiệu quả đập vỡ đá. Nhóm lỗ mìn phá được điều khiển nổ vi sai hợp lý tiếp sau nhóm lỗ mìn đột phá nhưng trước nhóm lỗ mìn tạo biên, có chức năng phá vỡ phần lớn khối đá trên mặt gương. Nhóm lỗ mìn nổ tạo biên được điều khiển nổ vi sai sau cùng có nhiệm vụ phá vỡ phần khối đá còn lại sát biên đường lò và tạo ra đường biên phù hợp theo thiết



kế [2], [6], [8]. Để hiểu rõ hơn những tác động do sóng nổ mìn gây ra nhằm đánh giá rủi ro cho những công trình xung quanh cũng như tối ưu các biện pháp thi công các đường lò, vì vậy có một vài nghiên cứu bằng phương pháp thực nghiệm cũng như mô phỏng số đã được thực hiện [11], [12], [13], [14], [15]. Trong bài báo này, tập trung đánh giá ổn định khối đá xung quanh đường lò sau khi được thi công bằng phương pháp nổ mìn tạo biên hợp lý đã được áp dụng tại mỏ đồng Vi Kẽm. Để làm rõ hiệu quả của phương pháp nổ mìn tạo biên, mô hình số được sử dụng để đánh giá độ ổn định của đường lò khi đào đường lò bằng phương pháp nổ mìn tạo biên so sánh với phương pháp nổ mìn vi sai đang sử dụng.

2. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Hiện trạng đường lò lưu không tại mỏ Vi Kẽm trước khi áp dụng nổ mìn tạo biên

Tại Vi Kẽm, tại các lỗ mìn biên, thuốc nổ được nạp một lượng lớn tập trung ở đáy lỗ khoan, do đó khi nổ sẽ tạo ra sức công phá lớn phá đá quá vùng biên thiết kế, và tập trung chủ yếu vùng đáy lỗ mìn

tạo ra bề mặt bị lõm lớn như buồng nổ (Hình 1a). Chấn động lớn làm biên hầm mở rộng thêm theo mặt phân cách của khối đá xung quanh đường lò (Hình 1b). Trong khi đó, nếu bố trí thuốc nổ ở lỗ mìn biên ít sẽ phá đá không hết khu vực mặt gương của chu kỳ trước (đào thiếu tiết diện theo đường biên thiết kế, under-break), hiệu quả càng giảm khi chiều sâu bước đào (lỗ khoan) càng tăng. Đặc biệt ảnh hưởng này sẽ thấy rõ với các đường lò sử dụng khung chống do phải đi nổ tẩy khu vực đá bị đào thiếu bên trong tiết diện đào thiết kế để có thể lắp dựng được khung chống. Thêm nữa, khả năng làm việc của nhóm lỗ mìn đột phá và phá cũng là một trong những nguyên nhân dẫn đến khả năng làm việc của nhóm lỗ mìn biên kém hiệu quả do các lỗ mìn đột phá, phá không tạo ra đủ mặt thoáng cần thiết cho nhóm lỗ mìn biên. Kết quả nổ mìn tại mỏ Vi Kẽm cho thấy, hệ số sử dụng lỗ mìn không ổn định dao động trong khoảng 0,78 đến 0,81 và hệ số thừa tiết diện khá lớn dao động từ 1,26 đến 1,34 (Bảng 1).

Bảng 1. Kết quả nổ mìn một số đường lò tại Vi Kẽm trước khi áp dụng nổ mìn tạo biên.

STT	Tên đường lò	Diện tích đào, (m ²)		Độ cứng, (f)	Chỉ tiêu thuốc nổ, (kg/m ³)	Chiều sâu lỗ, mìn (m)	Hệ số sử dụng lỗ, mìn (η)	Hệ số thừa tiết diện, (μ)
		Thiết kế	Thực tế					
1	Lò xuyên vỉa	6,5	8,2	8÷10	2,90	1,3	0,81	1,26
3	Lò dọc vỉa	6,5	8,7	10÷12	2,88	1,3	0,81	1,34
5	Lò nổi	6,1	7,9	8÷10	2,94	1,3	0,81	1,30
6	Cúp tránh	5,1	6,8	8÷10	2,98	1,3	0,80	1,33
7	Lò DVCT	4,62	6,2	10÷12	3,01	1,2	0,78	1,34



a) Đường lò xuyên vỉa +30



b) Đường lò dọc vỉa +70

Hình 1. Biên đường lò thi công bằng nổ mìn vi sai.



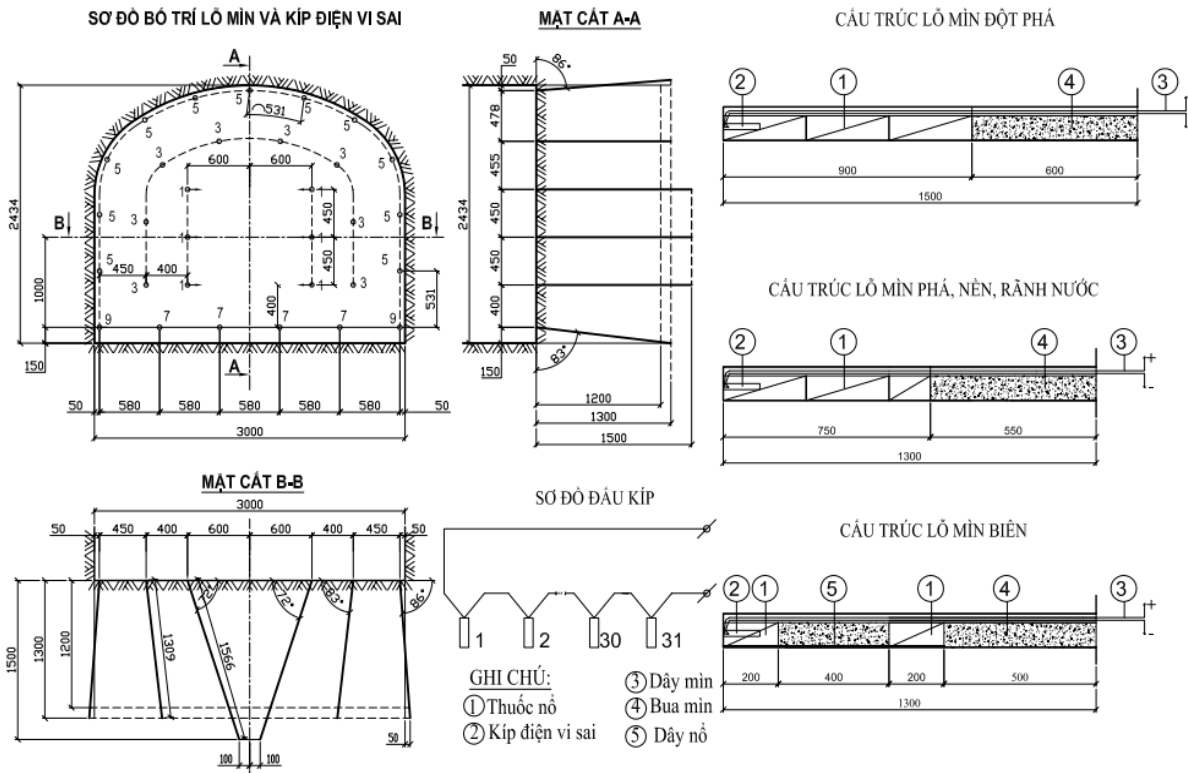
2.2. Kết quả sau khi áp dụng phương pháp nổ mìn tạo biên hợp lý tại mỏ Vi Kẽm

Hộ chiếu nổ mìn tạo biên hợp lý tại mỏ Vi Kẽm được tính toán điều chỉnh lại với sự khác biệt chủ yếu là cấu tạo nhóm lỗ mìn đột phá và nhóm lỗ mìn biên. Với nhóm lỗ mìn đột phá dạng nêm, góc nghiêng của lỗ khoan với mặt gương được lựa chọn là 72° (Hình 2) áp dụng cho đá có độ cứng $f = 8 \div 10$. Nhóm lỗ mìn biên được khoan cách biên thiết 5 cm tại mặt gương và đáy lỗ khoan vượt biên thiết 5 cm. Kết cấu nạp thuốc nổ cho lỗ mìn biên là sử dụng thổi thuốc có đường kính 32 mm tương tự như nhóm lỗ mìn đột phá và phá, lượng thuốc được chia nhỏ ra và được nạp phân đoạn. Lúc này dây nổ 5 g được sử dụng để kết nối và truyền nổ giữa các lượng thuốc phân đoạn này (Hình 2).

Kết quả sau khi áp dụng phương pháp nổ mìn tạo biên: Khối lượng đào lò thử nghiệm là 60 m/02 đoạn tại lò dọc vỉa tại mức +30 TQ1.1, khối đá tương đối đồng nhất, độ cứng $f > 8$ và diện tích đào $S_d = 6,5 \text{ m}^2$. Quá trình tiến hành thực nghiệm theo dõi đo đạc, so sánh, tổng hợp kết quả thực nghiệm cho thấy: Hệ số thừa tiết diện μ đã giảm

đáng kể, sau khi thử nghiệm hệ số thừa tiết diện trung bình $\mu = 1,10$. Hệ số sử dụng lỗ mìn cao hơn so với trước ($\eta = 0,83 \text{ --} 0,86$), và hoàn toàn có thể đạt được hệ số sử dụng lỗ mìn $\eta > 0,9$ khi kỹ thuật và công nhân đã làm chủ hoàn toàn được công tác khoan lỗ mìn và công tác nạp nổ mìn. Ví dụ như ở Hình 3, đã đạt được hệ số sử dụng lỗ mìn $\eta = 1,2 \text{ m}/1,3 \text{ m} = 0,92$ (Hình 3a). Biên đường lò sau khi nổ mìn để lại nửa lỗ khoan trên biên đường lò (Hình 3b), như vậy hệ số thừa tiết diện lúc này phụ thuộc nhiều vào độ chính xác của các lỗ khoan biên.

Kết quả nổ thực nghiệm bằng hộ chiếu khoan nổ mìn mới cho thấy biên đường lò phẳng, nhẵn, ít lồi lõm so với các đường lò đã thi công tại các mức +70, +110, +150. Đường lò lưu không có tiết diện $6,5 \text{ m}^2$ trước và sau khi áp dụng thử nghiệm để thấy rõ được ưu điểm của phương pháp nổ mìn tạo biên so với phương pháp nổ mìn vi sai cả về mặt kỹ thuật, an toàn và kinh tế. Tiếp theo, mô hình số sẽ được sử dụng để làm rõ hơn hiệu quả của phương pháp nổ mìn tạo biên áp dụng tại mỏ đồng Vi Kẽm.



Hình 2. Hộ chiếu nổ mìn tạo biên với cấu trúc lỗ mìn biên nạp phân đoạn sử dụng dây nổ.



a) Lỗ khoan giữ lại trung bình 10 cm.



b) Vết lỗ khoan trên biên đường lò.

Hình 3. Hình ảnh đánh giá kết quả nổ mìn tạo biên.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

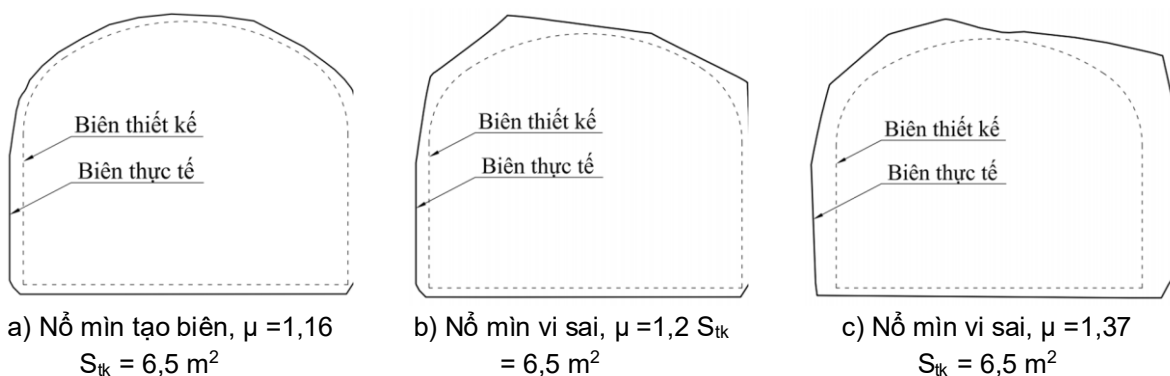
Trong phần này phương pháp số được thực hiện để đánh giá mức độ ảnh hưởng của phương pháp thi công đến độ ổn định của khối đá xung quanh đường lò dọc vỉa mức +30 tại mỏ Vi Kẽm, cụ thể là so sánh ảnh hưởng của phương pháp mìn tạo biên với phương pháp nổ mìn vi sai đã được áp dụng trước đó. Hình 4 thể hiện kích thước tiết diện thực tế đường lò dọc vỉa mức +30 sau nổ mìn tạo biên và nổ mìn vi sai với các hệ số thừa tiết diện khác nhau. Hình 5 trình bày mô phỏng số 2D điển hình trong điều kiện biến dạng phẳng được thực hiện trên phương pháp phần tử hữu hạn (FEM), sử dụng phần mềm Phase 2, các đường lò lưu không thực tế được đào trong khối đá ổn định và dịch chuyển xung quanh đường lò rất nhỏ nên trong mô phỏng số giả thiết rằng ứng xử khối đá là đàn hồi cho đường lò có kích thước trong Hình 4a (TH1). Mô phỏng này cũng được thực hiện tương tự cho hai đường lò có kích thước trong Hình 4b và 4c (TH2 và TH3). Các tính chất của khối đá xung quanh 3 đường lò lưu không được thể hiện trong Bảng 2. Các thông số của khối đá trong Bảng 2 có sự khác nhau về hệ số chấn động ảnh hưởng bởi

phương pháp thi công, D được đề xuất bởi Hoek-Brown cho phép đánh giá ảnh hưởng của nổ mìn và giải phóng ứng suất [12], nó ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng khối đá thông qua mô đun biến dạng, E và các hệ số theo tiêu chuẩn Hoek-Brown. Trong nghiên cứu này, nổ mìn tạo biên đề xuất $D = 0$, và nổ mìn vi sai thì $D = 0,8$.

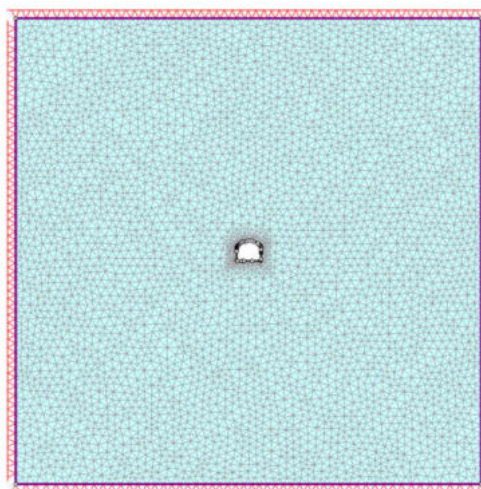
Mô hình có kích thước theo cả hai phương 60 m và biên mô hình được cố định theo tất cả các phương. Mô hình bao gồm 9535 phần tử và 4875 nút cho mô hình đường lò tiết diện như Hình 4a; 7426 phần tử và 3811 nút cho mô hình đường lò tiết diện như Hình 4b; 8640 phần tử và 4425 nút cho mô hình đường lò tiết diện như Hình 4c. Mô phỏng số đường lò dọc vỉa mức +30 có tiết diện thiết kế $S_{tk} = 6,5 \text{ m}^2$ cho ba trường hợp: thi công bằng phương pháp khoan nổ mìn tạo biên với hệ số thừa tiết diện $\mu = 1,16$ và hai trường hợp thi công bằng phương pháp nổ mìn vi sai với hệ số thừa tiết diện $\mu = 1,2$ và $\mu = 1,37$. Mục đích của mô phỏng này nhằm đánh giá rõ hơn ảnh hưởng của hai phương pháp nổ mìn tạo biên và nổ mìn vi sai đến độ ổn định của khối đá xung quanh đường lò.

Bảng 2. Các tính chất của khối đá xung quanh đường lò nghiên cứu.

STT	Các thông số	TH1	TH2	TH3
1	Khối lượng thể tích, (MN/m ³)	0,026	0,026	0,026
2	Độ bền nén đơn trục trung bình (MPa)	70	70	70
3	Chỉ số khối đá RMR	59	59	59
5	Độ sâu đường lò, (m)	168	168	168
6	Hệ số chấn động, D	0	0,8	0,8
7	Các hệ số theo tiêu chuẩn Hoek-Brown			
	mb	5,416	1,811	1,811
	s	0,0060	0,0009	0,0009
	a	0,504	0,504	0,504
8	Mô đun biến dạng, E (MPa)	10533	6319	6319



Hình 4. Tiết diện mặt cắt ngang đường lò sau nổ mìn tạo biên và vi sai.



Hình 5. Mô hình số cho lò dọc vỉa mức +30.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Hình 6, 7 và 8 thể hiện giá trị ứng suất xung quanh đường lò sau khi nổ mìn tạo biên và nổ mìn vi sai với kích thước như trong Hình 4, trong khi đó giá trị chuyển vị xung và hệ số độ bền khối đá quanh đường lò được thể hiện trong Hình 9, 10 và 11. Kết

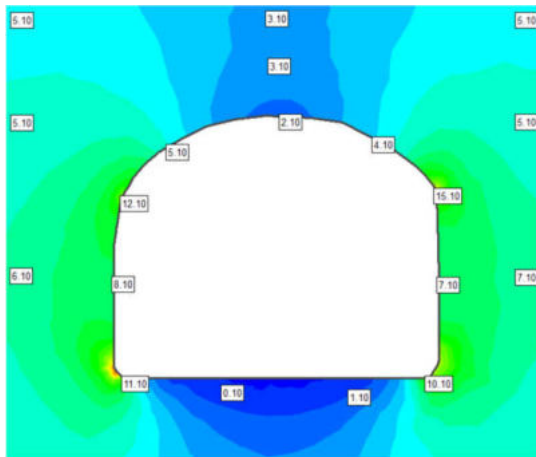
quả cho thấy giá trị ứng suất lớn nhất (σ_1) tập trung nhiều ở những vị trí góc cạnh không cong tròn như trong Hình 7 và 8. Hình 7b và 8b cho thấy vùng giảm ứng suất σ_3 xuất hiện nhiều và lan rộng ra xung quanh đường lò khi thi công bằng phương pháp nổ mìn vi sai là 1,0 m (Hình 7b có $\mu = 1,2$) và 0,8 m (Hình



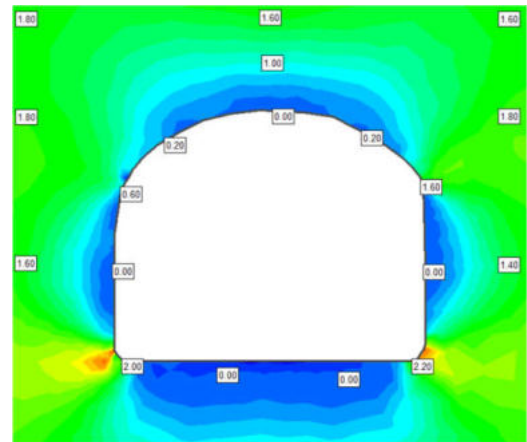
8b có $\mu = 1,37$). Do áp dụng nổ mìn tạo biên nên biên đường lò sẽ cong tròn hơn so với nổ mìn vi sai vì vậy vùng giảm ứng suất phân bố xung quanh đường lò nhỏ hơn khoảng 0,4 m. Kết quả này cho thấy kết quả tạo biên đường lò có ảnh hưởng đáng kể đến vùng giảm ứng suất cũng như sự tập trung ứng suất lớn trong khối đá và dẫn đến sự ổn định hay mất ổn định của khối đá xung quanh đường lò.

Hình 9a, 10a và 11a cho thấy chuyển vị lớn nhất xuất hiện ở vùng nóc đường lò thì công bằng phương pháp khoan nổ mìn vi sai là 0,0021 m (Hình 11a) và nhỏ nhất ở đường lò áp dụng thi công bằng phương pháp nổ mìn tạo biên là 0,0011 m (Hình 9a). Hình 9b, 10b và 11b thể hiện hệ số độ bền của khối đá xung

quanh đường lò, ta thấy rằng hệ số độ bền của khối đá tăng lên khi điểm xác định càng xa đường hầm. Khi cách xa biên hầm thì hệ số độ bền có xu hướng tăng nhanh hơn ở đường lò thi công bằng phương pháp nổ mìn tạo biên (Hình 9b) khi so sánh với đường lò thi công bằng phương pháp nổ mìn vi sai (Hình 10b, 11b). Trên cả ba đường lò, thì nền lò đều đã bị phá hủy (màu đỏ) do ứng suất kéo, và có xuất hiện điểm phá hủy cục bộ do kéo ở nóc đường lò Hình 11b. Kết quả cũng cho thấy khối đá xung quanh đường lò được thi công bằng phương pháp nổ mìn tạo biên ổn định hơn khối đá xung quanh đường lò thi công bằng phương pháp nổ mìn vi sai.

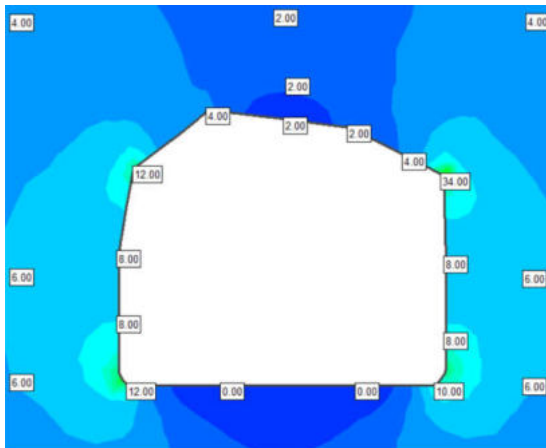


a) Ứng suất σ_1

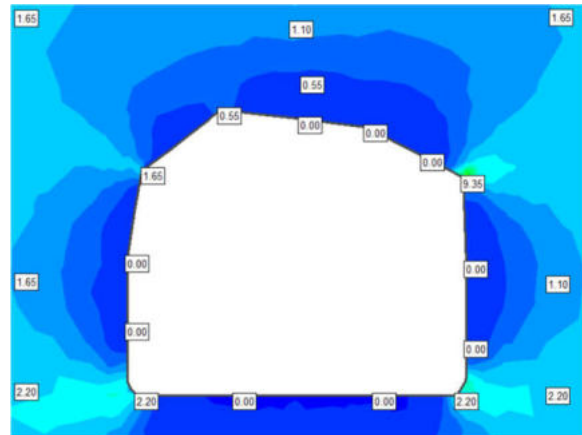


b) Ứng suất σ_3

Hình 6. Phân bố ứng suất xung quanh lò dọc vỉa mức +30 áp dụng nổ mìn tạo biên với $\mu = 1,16$.

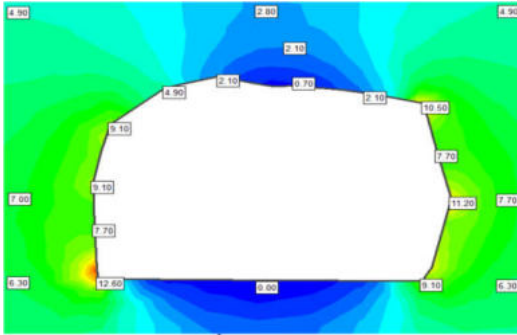


a) Ứng suất σ_1

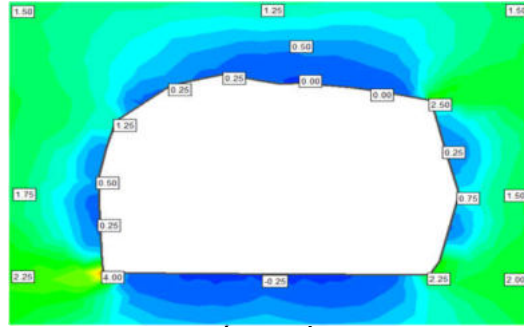


b) Ứng suất σ_3

Hình 7. Phân bố ứng suất xung quanh khối đá đường lò dọc vỉa mức +30 áp dụng nổ mìn vi sai với $\mu = 1,2$.

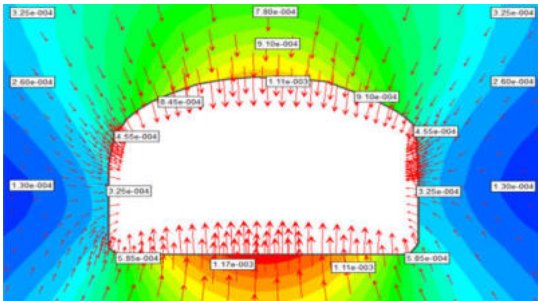


a) Ứng suất σ_1

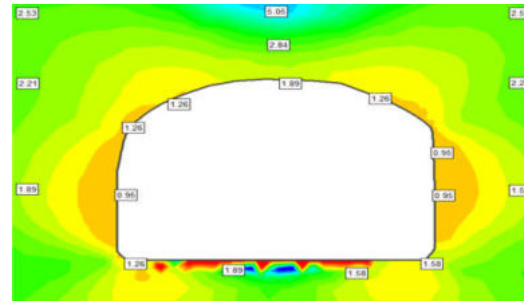


b) Ứng suất σ_3

Hình 8. Phân bố ứng suất xung quanh khối đá đường lò dọc vỉa mức +30 áp dụng nổ mìn vi sai với $\mu = 1,37$.

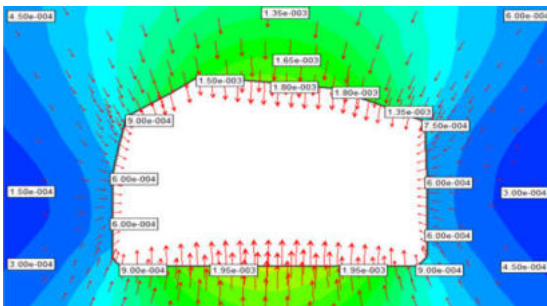


a) Chuyển vị khối đá xung quanh

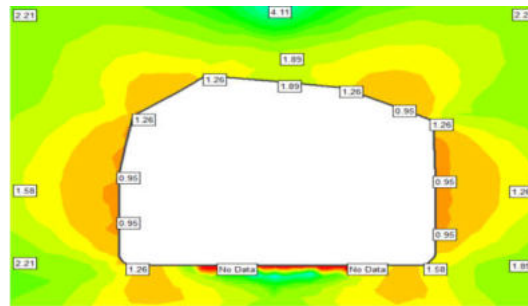


b) Hệ số độ bền khối đá

Hình 9. Chuyển vị và hệ số độ bền khối đá xung quanh đường lò dọc vỉa mức +30 áp dụng nổ mìn tạo biên với $\mu = 1,16$.

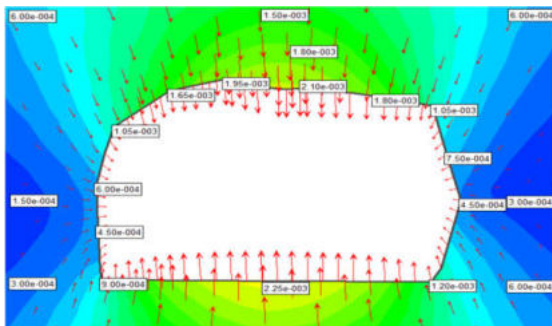


a) Chuyển vị khối đá xung quanh

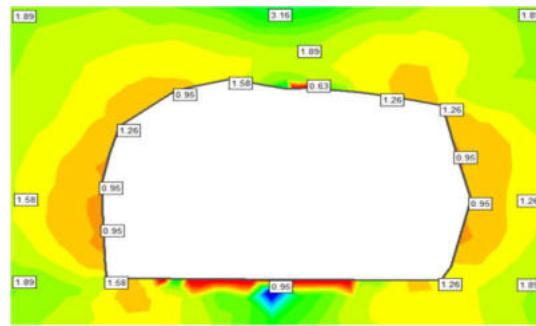


b) Hệ số độ bền khối đá

Hình 10. Chuyển vị và hệ số độ bền khối đá xung quanh đường lò dọc vỉa mức +30 áp dụng nổ mìn vi sai với $\mu = 1,2$.



a) Chuyển vị khối đá xung quanh



b) Hệ số độ bền khối đá

Hình 11. Chuyển vị và hệ số độ bền khối đá xung quanh đường lò dọc vỉa mức +30 áp dụng nổ mìn vi sai với $\mu = 1,37$.



Kết quả cũng cho thấy, chất lượng biên đường lò cũng ảnh hưởng đáng kể đến ổn định khối đá xung quanh đường lò. Cụ thể, đường lò TH3 tuy có kích thước lớn nhưng có biên đường lò cong và trơn hơn nên kích thước vùng giảm ứng suất cũng như vùng có hệ số độ bền thấp xung quanh đường lò nhỏ hơn đường lò TH2 có kích thước nhỏ hơn nhưng biên đường lò gồ ghề hơn vì vậy đường lò có xu hướng làm việc ổn định hơn. Từ các kết quả mô phỏng số cho ba loại tiết diện đường lò cho thấy, khối đá xung quanh đường lò thi công bằng phương pháp nổ mìn tạo biên ổn định hơn phương pháp nổ mìn vi sai. Dựa trên phân tích độ ổn định khối đá xung quanh đường lò dọc vỉa mức +30 cho thấy việc sử dụng phương pháp nổ mìn tạo biên để thi công các đường lò trong mỏ quặng Vi Kẽm là phương án an toàn và hợp lý khi so sánh với phương pháp nổ mìn tức thời và nổ mìn vi sai.

4. KẾT LUẬN

➤ Tại mỏ Vi Kẽm đã điều chỉnh và đề xuất áp dụng phương pháp nổ mìn tạo biên hợp lý khi sử dụng dây nổ để nạp phân đoạn lượng thuốc nổ cho các lỗ mìn biên để phân bố đều năng lượng nổ trên biên đường lò. Kết quả thi công bằng hộ chiếu

khoan nổ mìn mới cho thấy biên đường lò phẳng, nhẵn, ít lồi lõm. Đường lò lưu không có tiết diện 6,5 m² trước và sau khi áp dụng thử nghiệm đã cho thấy rõ được ưu điểm của phương pháp nổ mìn tạo biên so với phương pháp nổ mìn vi sai cả về mặt kỹ thuật, an toàn và kinh tế.

➤ Bằng việc ứng dụng công nghệ mô phỏng số, nhóm nghiên cứu đã phân tích, so sánh rõ hơn hiệu quả của phương pháp nổ mìn tạo biên đến độ ổn định của khối đá xung quanh đường lò so với phương pháp nổ mìn vi sai, như vùng giảm ứng suất xung quanh đường lò nhỏ hơn, không xuất hiện nhiều điểm tập trung ứng suất lớn, vùng có hệ số độ bền khối đá nhỏ hơn. Biên đường lò cong và nhẵn hơn sẽ cho kết quả ổn định hơn biên đường lò gồ ghề, Cụ thể, đường lò TH3 tuy có kích thước lớn nhưng có biên đường lò cong và trơn hơn nên kích thước vùng giảm ứng suất cũng như vùng có hệ số độ bền thấp xung quanh đường lò nhỏ hơn đường lò TH2 tuy có kích thước nhỏ hơn nhưng biên đường lò gồ ghề hơn. Đây là yếu tố có ảnh hưởng quyết định đến khả năng để lưu không, không chống cho đường lò trong điều kiện địa chất thuận lợi □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Đỗ Thụy Đăng (2004). Lượng lỗ khoan trống khi khoan nổ mìn toàn gương đường hầm trong đá liên kết rắn chắc. *Tuyển tập báo cáo – Hội nghị khoa học kỹ thuật trường Đại học Mỏ - Địa chất lần thứ 16*, Hà Nội, 2004.
- [2]. Đỗ Thụy Đăng (2008). Nâng cao hiệu quả khoan nổ mìn đào hầm lò trong đá rắn. *Diễn đàn khoa học công nghệ*, Người xây dựng số tháng 6 năm 2008.
- [3]. Đỗ Thụy Đăng (2001). Xác định chi phí thuốc nổ và sự phân bố chúng khi đi gương toàn diện các đường hầm trong vùng đá liên kết rắn chắc. *Tuyển tập báo cáo – Hội nghị khoa học kỹ thuật mỏ toàn quốc lần thứ 13*, năm 2001.
- [4]. Lê Như Hùng, Nguyễn Ngọc Phú (2006). Kiểm soát đào vượt trong thi công hầm. *Tuyển tập báo cáo – Hội nghị khoa học Cơ học đá – môi trường rời toàn quốc lần thứ 5*, năm 2006.
- [5]. Nghiêm Hữu Hạnh (2001). *Cơ học đá*, NXB Giáo dục, Hà Nội - 2001.
- [6]. Nguyễn Đình Ấu, Nhữ Văn Bách (1998). *Phá vỡ đất đá bằng khoan nổ mìn*, NXB Giáo dục, 1998.
- [7]. Nguyễn Thế Phùng, Nguyễn Ngọc Tuấn (1997). *Thi công hầm*, NXB Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội – 1997.
- [8]. Nguyễn Văn Đức, Võ Trọng Hùng (1997). *Công nghệ xây dựng công trình ngầm- Tập I- Thi công lò bằng, lò nghiêng và hầm trạm trong mỏ*, NXB Giao thông vận tải, 1997.
- [9]. Nguyễn Văn Quyền, Nguyễn Tuấn Anh (2006). Nâng cao hiệu quả tổ hợp biện pháp khoan nổ mìn tạo biên – neo bê tông cốt thép, bê tông phun. *Tuyển tập báo cáo – Hội nghị khoa học cơ học đá – môi trường rời toàn quốc lần thứ 5*, năm 2006.
- [10]. Волков В.П., Наумов С.Н., Пирожкова А.Н. (1975). *Тоннели и метрополитены*.
- [11]. Dang, V. K., Dias, D., Do, N. A., Vo, T. H. (2018). Impact of blasting at tunnel face on an existing adjacent tunnel. *International Journal of GEOMATE*, 15:47, 22-31. <https://doi.org/10.21660/2018.47.04640>
- [12]. Hoek, E. and Brown, E.T. (1997). Practical estimates of rock mass strength. *Intl. J. Rock Mech. & Mining Sci. & Geomechanics Abstracts*. 34 (8), 1165-1186



- [13]. Skawina, B., Greberg, J., Salama, A., Schunnesson, H. (2014). Mechanical Excavation and Drilling and Blasting - A Comparison Using Discrete Event Simulation. DOI: 10.1007/978-3-319-02678-7_36
- [14]. Wen-bo, L., Yi, L., Ming, C., Da-qiang, S. (2012). An introduction to Chinese safety regulations for blasting vibration. *Environ Earth Sci*, 67, 1951–1959. <https://doi.org/10.1007/s12665-012-1636-9>
- [15]. Zhang, Q., Zhang, Z., Wu, C., Yang, J., Wang, Z. (2022). Characteristics of Vibration Waves Measured in Concrete Lining of Excavated Tunnel during Blasting in Adjacent Tunnel. *Coatings*, 12, 954. <https://doi.org/10.3390/coatings12070954>

APPLICATION OF NUMERICAL SIMULATION TO ESTIMATE THE STABILITY OF ADIT CONSTRUCTED BY CONTOUR BLASTING METHOD AT VI KEM COPPER MINE

Vi Van Pham¹, Thuc Viet Chu^{2,*}

¹Hanoi University of Mining and Geology, 18 Pho Vien, Ha Noi, Vietnam

²Electric Power University, 235 Hoang Quoc Viet, Ha Noi, Vietnam

ARTICLE INFOR

TYPE: Research Article

Received: 10/9/2024

Revised: 15/10/2024

Accepted: 25/10/2024

^{2,*} Corresponding author:

Email: thuccv@epu.edu.vn

ABSTRACT

Drilling and blasting are the primary methods to break up rocks and extract minerals in open-pit and underground mining. The effectiveness of the contour blasting method in creating suitable excavation boundaries, reducing overbreak, and improving rock mass stability around excavation boundaries has been proven in underground mining construction. However, this method is rarely applied in ore mining in Vietnam and is mostly experimental. The Vi Kem copper mine has implemented the contour blasting method using detonating cords to load the blast holes at the contour of the adit. The results have shown significant improvements such as reduced excess cross-section excavation (overbreak), and smoother and flatter at the adit boundaries. This paper utilizes a numerical model to estimate the stability of the adit after implementing the contour blasting method. The results indicated that the rock mass has a small displacement and increased stability using the contour blasting method compared to the adit excavated using the previous differential blasting method.

Keywords: *contour blasting method, differential blasting, Vi Kem copper mine, numerical model.*

@ Vietnam Mining Science and Technology Association