

NGHIÊN CỨU PHÂN BỐ ỨNG SUẤT VÀ GIẢI PHÁP KHÔNG ĐỂ LẠI TRỤ BẢO VỆ KHI KHAI THÁC CÁC VỈA DÀY TRUNG BÌNH, ĐỐC THOẢI ĐẾN NGHIÊNG

LÊ QUANG PHỤC - *Trường Đại học Mỏ-Địa chất*
PHÙNG MẠNH ĐẮC - *Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam*
PHẠM ĐỨC THẮNG - *Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh*
Email: lequangphuc68@gmail.com

1. Tổng quan

Than là một trong những năng lượng cơ bản quan trọng nhất, chiếm khoảng 30 % tổng mức tiêu thụ năng lượng trên toàn thế giới [5]. Để sử dụng bền vững tài nguyên than, bắt buộc phải tăng tỷ lệ thu hồi than nhưng phải đảm bảo an toàn trong quá trình khai thác. Thực tế quá trình khai thác mỏ cho thấy, sự biến dạng và sụp đổ của đường lò chuẩn bị có thể dẫn đến tai nạn nguy hiểm, làm gián đoạn khai thác ảnh hưởng đến quá trình sản xuất của mỏ. Tính ổn định của đường lò chuẩn bị có liên quan đến các điều kiện ứng suất xung quanh, đặc biệt là trên trụ than. Mahdi và cộng sự [7] đã phát hiện ra rằng, ứng suất của trụ bảo vệ dao động lên xuống trong quá trình khai thác và vùng trụ than bị biến dạng nằm cách ngã ba lò chợ khoảng 12 m. Thatowerska và các cộng sự [8] cho rằng góc tiếp giáp của trụ bảo vệ có ảnh hưởng tới ứng suất lớn hơn so với độ sâu khai thác. Basarir và các cộng sự [1] dự đoán các ứng suất xung quanh đường lò chuẩn bị bằng cách sử dụng phân tích thực nghiệm. Các nghiên cứu này cho thấy, sự phân bố lại ứng suất xung quanh đường lò chuẩn bị có liên quan đến nhiều yếu tố như: cấu tạo địa chất; đứt gãy và sơ đồ khai thác lò chợ; đặc biệt là trụ than giữa hai lò chợ liền kề, có ảnh hưởng quan trọng đến sự phân bố ứng suất xung quanh lò chuẩn bị.

Về tính ổn định của trụ than bảo vệ, hầu hết các nghiên cứu trước đây được thực hiện thông qua phương pháp lý thuyết và mô phỏng số. Phương pháp lý thuyết đã chỉ ra rằng, trụ than được chia thành ba vùng: vùng rời rạc, vùng dẻo và vùng đàn hồi. Phương pháp mô phỏng số thì chứng minh rằng tỷ lệ giữa chiều rộng và chiều cao (W/H) của cột than ảnh hưởng lớn đến sự ổn định của trụ

than. Trong giai đoạn hiện nay, đường lò chuẩn bị cạnh khu vực phá hỏa được duy trì và bảo vệ bằng trụ nhân tạo (gọi là Phương pháp khai thác không để lại trụ bảo vệ). Trong phương pháp này, lò dọc vỉa vận tải của tầng trên được giữ lại làm lò dọc vỉa thông gió cho lò chợ khai thác tầng dưới bằng cách sử dụng cũi lợn, dải đá chèn hay các loại vật liệu chèn khác. Phương pháp khai thác này đã chứng minh được ưu thế là giảm tổn thất than do không để lại các trụ bảo vệ. Tuy nhiên, do tiêu thụ khối lượng lớn vật liệu chèn và yêu cầu vật liệu chèn khắt khe nên đã hạn chế mức độ phổ biến của phương pháp này khi áp dụng trong các điều kiện địa chất phức tạp, đặc biệt đối với vỉa than dày. Do đó, cần phải tìm một phương pháp không để lại trụ bảo vệ khi khai thác vỉa than dày, trung bình, dốc thoải đến nghiêng một cách hiệu quả, kinh tế và đảm bảo an toàn cho các mỏ than hầm lò tỉnh Quảng Ninh.

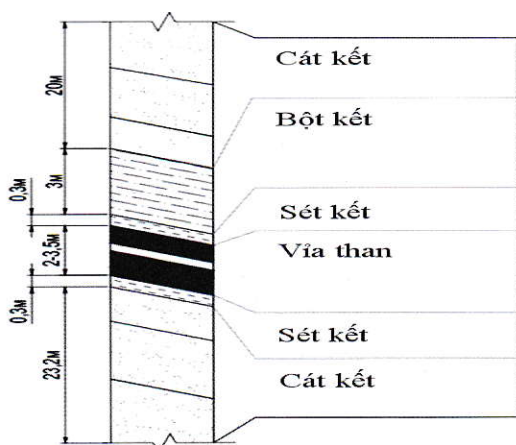
2. Phân tích sự ổn định của lò chuẩn bị khi khai thác có để lại trụ than bảo vệ

2.1. Phân tích sự ổn định của trụ than bảo vệ trên mô hình số

2.1.1. Vị trí nghiên cứu

Vị trí nghiên cứu được lựa chọn tại vỉa 11 khu Khe Chàm I, Công ty Than Hạ Long. Các tầng lò chợ được thiết kế với chiều dài lò chợ từ 90÷150 m và dài theo phương 300÷600 m, với góc dốc thay đổi từ 5÷17°. Độ dày trung bình của vỉa than là 2,35 m. Hình H.1 mô tả cột địa tầng của vỉa nghiên cứu. Các tầng đá vách chủ yếu bao gồm sét kết, bột kết và cát kết hạt mịn.

Phương pháp khai thác thực hiện khấu hết chiều dày vỉa, sơ đồ khai thác cột dài theo phương và điều khiển đá vách bằng phá hỏa toàn phần (tự sập).



H.1. Cấu tạo địa tầng các lớp đá

2.1.2. Mô hình số

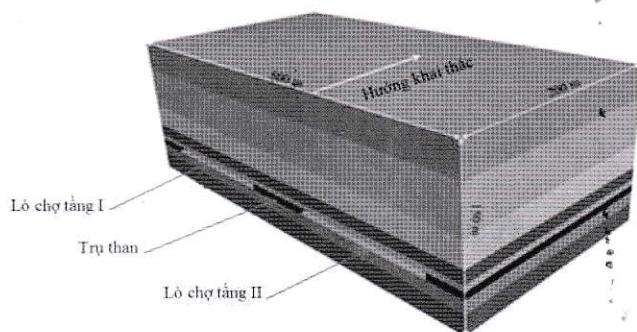
Để nghiên cứu các quy luật biến đổi của ứng suất thẳng đứng trên trụ than trong các điều kiện khai thác khác nhau, một mô hình số 3D đã được phát triển bằng phương pháp sai phân hữu hạn, như minh họa trong hình H.2. Kích thước của mô hình là chiều dài 500 m, chiều rộng 200 m, và chiều cao 150 m, dựa trên cột địa tầng.

Bảng 1. Các thông số cơ học của tầng đá

No	Tên các tham số	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị		
				Lớp cát kết	Lớp Bột kết	Lớp than
1	Trọng lượng thể tích đất đá	γ	MN/m ³	0,027	0,026	0,018
2	Độ bền kéo của khối đá	σ_k	MPa	0,5	0,3	0,7
3	Lực dính kết của khối đá	c	MPa	0,5	0,2	0,2
4	Góc ma sát trong của khối đá	φ	Độ	35	25	18
5	Mô đun đàn hồi của khối đá	E	MPa	2000	1800	500
6	Hệ số Poisson của khối đá	μ	-	0,28	0,28	0,35
7	Góc dẫn nở	ψ	Độ	0	-	0
8	Góc ma sát trong dư	φ_{re}	Độ	32	22	15
9	Lực dính kết dư	c_{re}	MPa	0,5	0,5	0,1
10	Chiều rộng đường lò	B	m	5	-	-
11	Loại vật liệu	-	-	Dẻo	Dẻo	Dẻo
12	Tiêu chuẩn sử dụng	M-C	-	-	-	-
13	Hệ số ứng suất nguyên sinh	σ_3/σ_1	-	1	1	-
14	Chiều sâu đặt công trình	H	m	100	-	-
15	Góc nghiêng phân lớp đá	α	Độ	-	-	17
16	Chiều dày phân lớp đá	D	Đơn vị	rất lớn	rất lớn	2,35

2.1.3. Quy luật biến đổi của ứng suất thẳng đứng trên trụ than

Trong mô hình số, tầng I và tầng II được khai thác liên tiếp để minh họa và phân tích ứng suất được ghi trên trụ than. Chiều rộng của trụ than giữa các tầng I và II lần lượt là 80 m, 50 m, 30 m, 15 m, 8 m và 5 m, có thể được sử dụng để thể hiện các mô hình khai thác khác nhau. Các bản đồ



H.2. Sơ đồ của mô hình số

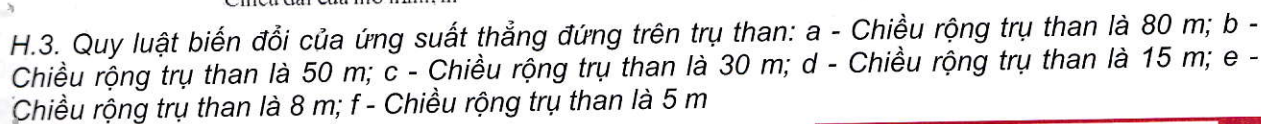
Về các ràng buộc biên, các biên trái và phải hạn chế chuyển vị ngang và giới hạn dưới tương ứng hạn chế chuyển vị dọc, tương ứng. Tỷ lệ ứng suất ngang-dọc tối thiểu được giữ ở mức 0,8 theo ứng suất tại vị trí của vỉa than số 11. Phương trình cấu thành được áp dụng trong mô hình này là tiêu chí Mohr-Coloumb, là một mô hình toán học mô tả phản ứng của vật liệu giòn đối với ứng suất cắt cũng như ứng suất bình thường. Các thông số cơ học của tầng đá trong mô hình số được trình bày trong Bảng 1.

đường viền của ứng suất thẳng đứng trên trụ than được trình bày trong hình H.3.

Theo kết quả mô phỏng, có thể kết luận như sau:

➤ Về mặt dịch chuyển ứng suất, các đỉnh ứng suất dịch chuyển gần nhau hơn khi chiều rộng trụ than giảm. Hình dạng tổng quát của ứng suất thẳng đứng được uốn cong dạng vòm đôi khi chiều rộng trụ than lớn (80 m, 50 m và 30 m). Dần dần,

➤ Về cường độ ứng suất, vị trí của đỉnh ứng suất nằm ở phía trước lò chợ. Khi chiều rộng trụ than hơn 50 m, hai đỉnh ứng suất gây ra bởi lò chợ I và II được phân bố gần các cạnh trụ than. Khi chiều rộng trụ than giảm, ứng suất trung tâm tăng lên trên trụ than, trong khi giá trị cực đại không đổi (khoảng 21,8 MPa). Khi chiều rộng trụ than giảm từ 50 m xuống 30 m, tại điều kiện này cũng có hai đỉnh ứng suất phân bố ở hai bên. Tuy nhiên, các giá trị đỉnh tăng nhanh tương ứng với chiều rộng trụ than giảm. Khi chiều rộng trụ than nhỏ hơn 15 m, chỉ có một đỉnh ứng suất được chỉ định theo phương pháp vẽ mô.



Ứng suất thẳng đứng tối đa đạt 27,8 MPa khi chiều rộng trụ than là 15 m. Khi chiều rộng trụ than tiếp tục giảm xuống 5 m, ứng suất cực đại giảm, như trong hình H.3.f. Trong một trụ than hẹp, sẽ có nhiều khe nứt do quá trình khai thác gây ra và phân bố chúng trong thân trụ than. Trong trường hợp này, về cơ bản, trụ than đã bị hư hại. Những khe nứt này cung cấp khoảng trống cho ứng suất được giải phóng, làm cho ứng suất thẳng đứng giảm.

Kết quả mô phỏng đã cho thấy rằng, luôn có các ứng suất tập trung phân bố trên trụ than. Cụ thể, khi trụ than rộng, ứng suất tập trung tương đối nhỏ. Khi chiều rộng trụ than giảm, ứng suất thẳng đứng tổng thể tăng. Khi trụ than quá hẹp để chịu áp lực tập trung thì các khe nứt phát triển mạnh và trụ than đã bị hư hại. Theo đó, có thể kết luận rằng ứng suất tập trung trên trụ than là nguyên nhân chính gây ra sự mất ổn định của đường lò chuẩn bị.

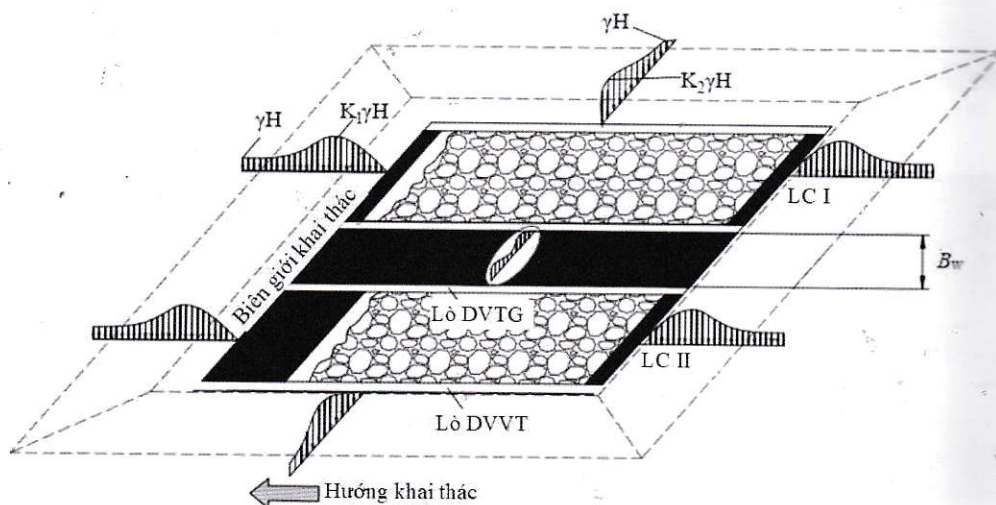
2.2. Phân tích lý thuyết tính ổn định của trụ than

Phương pháp mô phỏng số đã chỉ ra rằng, sự

ổn định của đường lò chuẩn bị có liên quan nhiều đến các ứng suất xung quanh, đặc biệt là ứng suất tập trung trên trụ than bảo vệ. Do đó, có thể hiểu rằng chiều rộng của trụ than là một yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến sự ổn định của đường lò. Trong phần này, sự ổn định của đường lò liên quan đến chiều rộng của trụ than được nghiên cứu về mặt lý thuyết trong ba mô hình khai thác thường được sử dụng, tức là khai thác với việc để lại trụ than rộng, trụ than hẹp và khai thác không để lại trụ than (sử dụng trụ bảo vệ nhân tạo).

2.2.1. Khai thác có để lại trụ than rộng

Trong khai thác có để lại trụ than rộng thì sự xáo trộn từ tầng lò chợ khai thác hiện tại ít ảnh hưởng đến tầng lò chợ khai thác tiếp theo. Khi tầng lò chợ khai thác hiện tại đang hoạt động, đường lò đầu hoặc chân của tầng lò chợ khai thác tiếp theo có thể được đào cùng lúc, như trong hình H.4. Mô hình khai thác này đặc biệt phù hợp với điều kiện phải khai thác nhiều tầng đồng thời.



H.4. Mô hình khai thác với việc để lại trụ than rộng

Khi trụ than rộng, trụ than có thể được chia thành bốn vùng, bao gồm vùng nứt gãy (I và I'), vùng dèo (II và II'), vùng đàn hồi (III và III') và vùng ứng suất ban đầu (IV và IV') dọc theo chiều rộng của trụ, như trong hình H.5. Trong các vùng bị nứt và dèo, ứng suất giới hạn bên được biểu thị như sau [2]:

$$\sigma_1 = N_0 e^{\frac{2fx}{m}} \cdot \left(\frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \right) \quad (1)$$

Ở đây: N_0 - Khả năng tự chịu tải của trụ than, MPa; m - Chiều dày khai thác vỉa than, m; f - Hệ số ma sát giữa đá vách và vỉa than; x - là khoảng cách từ hông đường lò đến vùng nứt và dèo, m; φ - Góc ma sát trong của than, độ.

Ứng suất trong vùng đàn hồi được xác định như sau:

$$\sigma_2 = \left\{ \left[1 + K_0 \frac{1}{e^{b(x-x_0)}} \right] \cdot \gamma H \right\} \quad (2)$$

Ở đây: H - Chiều sâu bố trí trụ than, m; γ - Trọng lượng thể tích trung bình của các tầng đá bên trên, MN/m^3 ; x_0 - Tổng chiều rộng của vùng bị nứt và dèo, m; K_0 và b - Các hệ số không đổi phản ánh cường độ than và đất đá.

Ứng suất trong vùng ứng suất ban đầu là:

$$\sigma_3 = (\gamma H) \quad (3)$$

Trong mô hình khai thác này, quá trình khai thác lò chợ tầng I ít ảnh hưởng đến lò chợ tầng II và không có sự chống chọi áp lực lên trụ than ($d \geq 0$). Do đó, ứng suất tối đa trên trụ than ($K_{L1} \cdot \gamma H$) chỉ

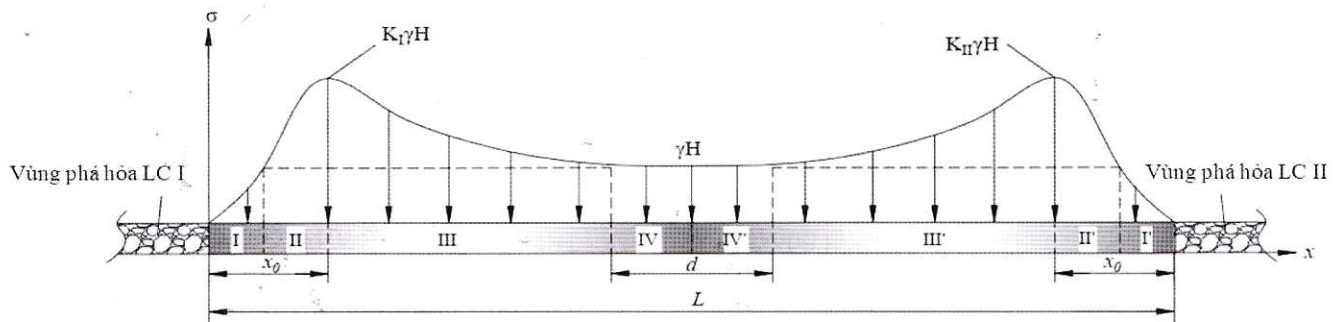
được gây ra bởi một lò chợ nên trụ than tương đối ổn định. Điều này tương tự với kết quả nghiên cứu bằng mô phỏng số.

Chiều rộng thiết kế của trụ than rộng trong trường hợp này sẽ là [10]:

$$B_w \geq (x_{w1} + x_{w2} + L_w). \quad (4)$$

$$x_{w1, w2} = \left\{ \frac{m \cdot \lambda}{2 \cdot \tan \varphi} \ln \left[\frac{K_{I, II} \cdot \gamma H + (C / \tan \varphi)}{(C / \tan \varphi) + \sigma_c} \right] + \frac{m}{2 \cdot \tan \varphi} \cdot \left[\ln \left(1 + \frac{K_{I, II} \cdot \gamma H}{C} \tan \varphi \right)^\lambda + \tan^2 \varphi \right] \right\}. \quad (5)$$

Ở đây: λ - Hệ số ứng suất bên; C - Lực dính kết của đá, MPa; φ - Góc ma sát trong của than, độ; σ_c - Cường độ nén đơn trục của trụ than, MPa; $K_{I, II}$ - Hệ số tập trung ứng suất gây ra bởi lò chợ tầng I và lò chợ tầng II.



H.5. Phân bố ứng suất trong mô hình khai thác có trụ than rộng

Như vậy, sự ổn định của đường lò chuẩn bị khi để lại trụ than rộng là được đảm bảo tốt. Tuy nhiên, khi các trụ than rộng quá khổ thường gây ra một lượng lớn tổn thất than, chiếm khoảng 10~30 % tổng sản lượng than của khu mỏ. Ngoài ra, mỗi tầng khai thác yêu cầu phải có hai đường lò phục vụ công tác vận tải và thông gió, điều này cũng làm tăng chi phí xây dựng và nhân công.

2.2.2. Khai thác có để lại trụ than hẹp

Mô hình khai thác với việc để lại trụ than hẹp còn được gọi là đào lò cạnh vùng đã khai thác. Tỷ lệ tổn thất than trong trụ bảo vệ của mô hình khai thác này nhỏ hơn nhiều so với mô hình khai thác với việc để lại trụ than rộng, như trong hình H.6. Tuy nhiên, khi trụ than để lại hẹp, áp lực giới hạn bên (hai bên hông) gây ra bởi lò chợ của hai tầng khai thác liên kế khiến ứng suất tích hợp trên trụ than tăng lên. Trong mô hình khai thác này sẽ không có vùng ứng suất ban đầu, như trong hình H.7. Ứng suất tích hợp trên trụ than được xác định như sau:

$$\sigma_3 = (K' \cdot \gamma \cdot H) = \left\{ \begin{aligned} & \left[1 + K_0 \frac{1}{e^{b \cdot (L-x)}} \right] \cdot \gamma \cdot H + \\ & + N_0 e^{\frac{2 \cdot f \cdot x}{m}} \cdot \left(\frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \right) \end{aligned} \right\}. \quad (6)$$

Ở đây: L - Chiều rộng của trụ than, m.

Như được thấy từ phương trình (6), khi chiều rộng của trụ than giảm, ứng suất tích hợp tăng theo,

Ở đây: B_w - Chiều rộng trụ than thiết kế, m; x_{w1} và x_{w2} - Tương ứng là chiều rộng vùng biến dạng dẻo gây ra bởi lò chợ khai thác hiện tại và lò chợ khai thác tiếp theo (tầng I và tầng II), m; L_w - Chiều rộng của vùng đàn hồi chính (khoảng bằng 2 lần chiều cao khai thác), m.

do các hiệu ứng chồng chất ứng suất. Khi trạng thái ứng suất đạt tới tiêu chí phá hủy, trụ than sẽ bị hư hỏng hoặc bị nghiền nát. Mô hình lý thuyết trên có thể giải thích tốt kết quả mô phỏng số.

Kích thước của trụ than rất khó xác định chính xác cho mô hình khai thác với việc để lại trụ than hẹp. Nếu chiều rộng của trụ than là không hợp lý, các khe nứt sẽ xuất hiện và phát triển trong trụ than dẫn đến rò rỉ không khí và tự cháy than. Ngoài ra, lò dọc vỉa của tầng khai thác tiếp theo nằm gần vị trí cực đại của áp lực giới hạn bên (sườn) nên sẽ gây ra dịch chuyển mạnh và biến dạng lớn.

Chiều rộng của trụ than cho trong trường hợp này có thể được biểu thị bằng công thức sau [9]:

$$B_N \geq (X_1 + X_2 + X_3). \quad (7)$$

Ở đây: X_1 - Chiều rộng của vùng dẻo trong trụ than, m; X_2 - Chiều dài neo hiệu quả của cáp neo bên hông lò, m; X_3 - Chiều rộng an toàn bổ sung xem xét tính ổn định của trụ than, theo kinh nghiệm bằng khoảng 30~50 % ($X_1 + X_2$), m; K - Hệ số tập trung ứng suất;

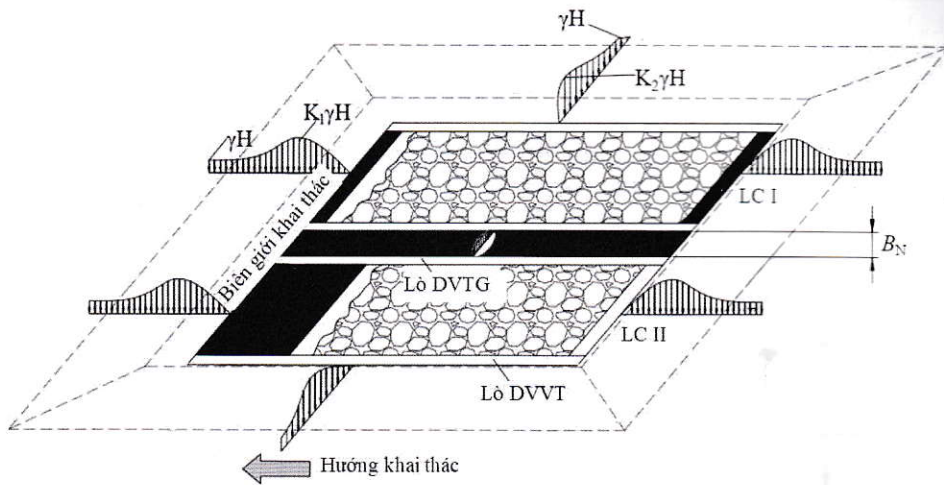
$$X_1 = \frac{m \cdot \lambda}{2 \cdot \tan \varphi} \cdot \ln \left[\frac{K \cdot \gamma \cdot H + (C / \tan \varphi)}{(C / \tan \varphi) + \sigma_c} \right]. \quad (8)$$

2.2.3. Khai thác không để lại trụ than bảo vệ

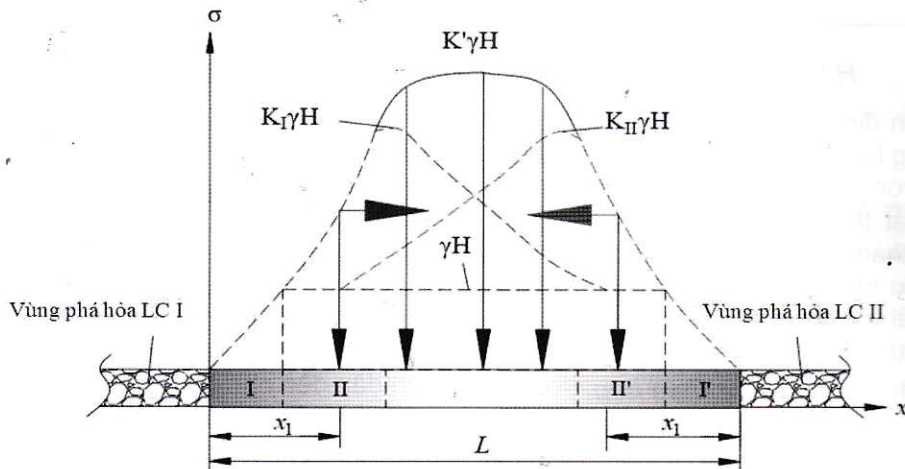
Trong sự phát triển ngành khai thác mỏ trên thế giới từ đầu những năm 1950, việc giữ lại đường lò cạnh khu vực đã khai thác bằng biện pháp kỹ thuật phổ biến nhất trong khai thác mỏ là không để lại trụ

than bảo vệ mà thay thế bằng cách lấp đầy bởi các vật liệu nhân tạo (sử dụng trụ bảo vệ bằng cách chèn lấp vật liệu nhân tạo). Trong kỹ thuật này, đường lò trước đó được giữ lại một cách nhân tạo

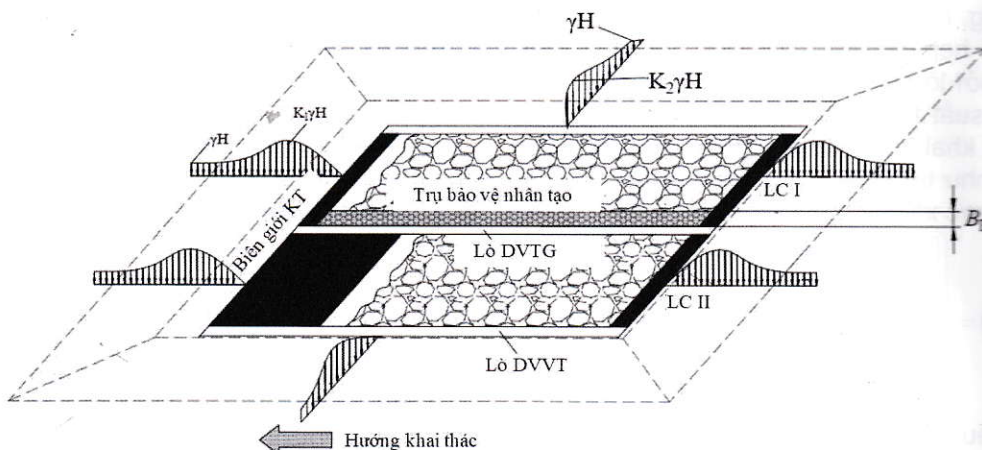
cho tầng khai thác tiếp theo bằng cách điền vào vật liệu chèn, như trong hình H.8. Kỹ thuật chính của mô hình khai thác này là trụ than hẹp được thay thế bởi các vật liệu chèn nhân tạo.



H.6. Mô hình khai thác với việc để lại trụ than hẹp



H.7. Phân bố ứng suất trong mô hình khai thác có trụ than hẹp



H.8. Mô hình khai thác với việc hình thành trụ bảo vệ nhân tạo

Sự phân bố ứng suất trên trụ nhân tạo tương tự như trên một trụ than hẹp. Chiều rộng thiết kế của trụ nhân tạo được tính theo công thức [4]:

$$B_F \geq \left(\frac{k \cdot F_s}{\sigma'} \right) \quad (9)$$

Trong đó: F_s - Áp lực đá vách tác động lên trụ nhân tạo, MN/m; σ' - Cường độ nén trung bình của trụ vật liệu chèn lấp, MPa; k - Hệ số an toàn, xấp xỉ 1,1~1,2.

Việc áp dụng mô hình khai thác này có thể làm giảm khối lượng đào lò và giảm tổn thất than. Do mức độ tập trung ứng suất cao trên trụ nhân tạo, công việc thực hiện phức tạp và với khối lượng vật liệu chèn lớn nên sự phát triển mô hình khai thác này bị hạn chế. Do đó, bắt buộc phải tìm một phương pháp khai thác phù hợp nhằm đảm bảo hiệu quả, kinh tế và an toàn cho các mỏ than hầm lò một cách bền vững.

3. Giải pháp ổn định đường lò chuẩn bị khi khai thác không để lại trụ than bảo vệ

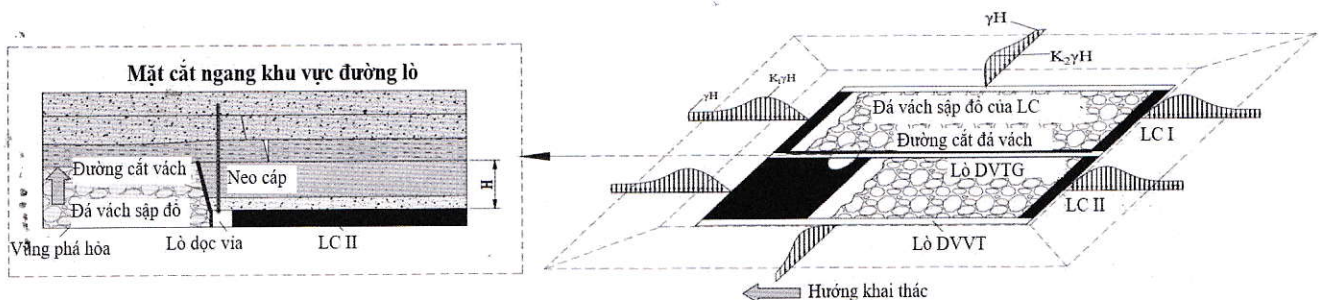
Phương pháp mô phỏng số cho thấy rằng, trụ than luôn là một khu vực tập trung ứng suất trong sơ đồ khai thác cột dài theo phương. Sự truyền tải ứng suất gây ra bởi lò chợ khai thác là lý do chính khiến sự không ổn định của các trụ than bảo vệ. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng, trụ than rộng có lợi cho sự ổn định đường lò, nhưng lãng phí đáng kể tài nguyên than. Mặc dù khai thác với việc để lại trụ than hẹp sẽ giảm được tổn thất than, nhưng đường lò trong sơ đồ khai thác này có xu hướng không ổn định. Do đó, có thể kết luận rằng trụ than là một trong những nơi dễ bị phá hủy và bất ổn bởi môi trường ứng suất xung quanh và là yếu tố chính dẫn đến sự mất ổn định của đường lò chuẩn bị. Trong vài thập kỷ qua, việc khai thác không để lại trụ than bảo vệ bằng cách hình thành trụ bảo vệ bằng vật liệu nhân tạo đã được thử nghiệm ở nhiều mỏ trên thế giới. Tuy nhiên, trụ nhân tạo này

cũng là một khu vực tập trung ứng suất giống như trụ than hẹp. Ngoài ra, việc thực hiện chèn lò khó khăn và tiêu thụ khối lượng lớn vật liệu nhân tạo làm trụ nên mức độ áp dụng phổ biến của mô hình khai thác này không cao.

Trong sơ đồ khai thác cột dài theo phương, vùng sập đổ đá vách là một quá trình dịch chuyển phức tạp liên quan đến nứt vỡ đá, sập đổ và phân bố lại ứng suất. Bởi vì sự biến dạng của lò dọc vỉa và sự dịch chuyển đá vách vùng phá hỏa luôn được liên kết với nhau, việc truyền ứng suất từ đá vách vùng phá hỏa là nguyên nhân chính cho sự tập trung ứng suất. Phương pháp để cải thiện sự ổn định đường lò bằng cách loại bỏ trụ than và làm gián đoạn việc truyền tải ứng suất như sau:

3.1. Phương pháp cắt đá vách định hướng

Trước khi khai thác, lò dọc vỉa và đá vách của cột khai thác hợp thành cấu trúc dầm. Sau khi khai thác, đá vách vùng phá hỏa của lò chợ dần dần hạ thấp và sập đổ do trọng lượng của nó. Sự dịch chuyển của đá vách vùng phá hỏa chắc chắn sẽ tạo ra lực kéo lên đá vách trên lò dọc vỉa, do đó gây ra sự dịch chuyển của khối đá vách này. Nếu lực kéo bị giảm hoặc ngăn chặn, tình trạng ứng suất của đường lò sẽ được giảm bớt. Phương pháp cắt đá vách định hướng nhằm giảm các ảnh hưởng nói trên được thể hiện trong hình H.9. Không giống như khai thác có trụ bảo vệ nhân tạo, đường lò trong phương pháp này được giữ lại bằng cách sử dụng chính đá vách sập đổ. Sau khi đá vách bị gãy, sự lan truyền ứng suất từ đá vách vùng phá hỏa vào lò dọc vỉa bị ngăn chặn. Theo phương pháp này, trụ than được loại bỏ hoàn toàn và áp lực lên đá vách lò chuẩn bị tương ứng giảm đi. Ngoài ra, các lớp đá vách của vùng phá hỏa sau khi sập đổ sẽ chịu toàn bộ sự đỡ tải của đá vách cơ bản. Bởi vì phạm vi chịu lực của đá vách sập đổ lớn hơn nhiều so với trụ than hoặc trụ nhân tạo, do đó mức độ tập trung ứng suất sẽ được giảm bớt sau khi áp dụng kỹ thuật này.

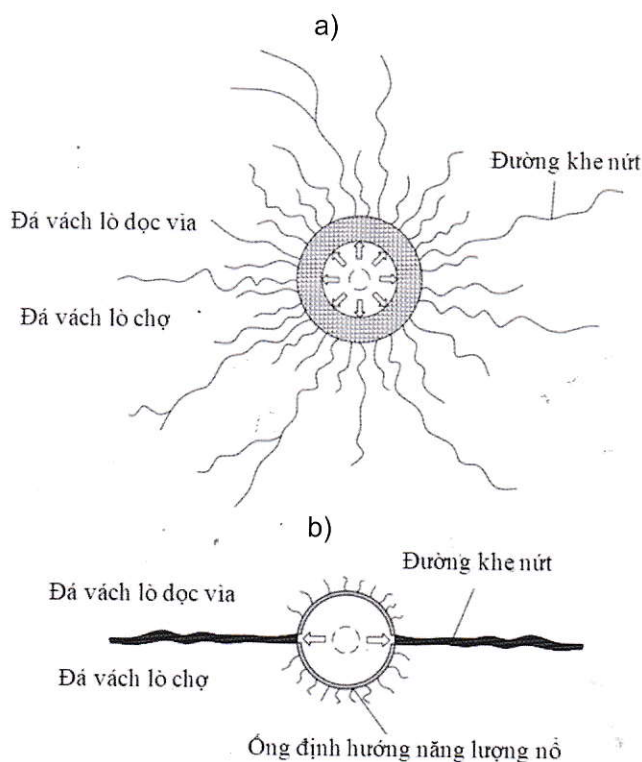


H.9. Nguyên tắc của mô hình khai thác sử dụng phương pháp cắt đá vách định hướng (không để lại trụ than bảo vệ)

Để phá vỡ đá mỏ, hiện nay phương pháp chủ yếu sử dụng vẫn là nổ mìn. Tuy nhiên, trong quá

trình nổ mìn, năng lượng nổ sẽ phân bố đều theo tất cả các hướng. Do đó, để giảm nhiễu và tạo ra

khe nứt định hướng trong đá vách, năng lượng nổ mìn được điều khiển tích cực bằng cách sử dụng ống định hướng năng lượng nổ (bằng nhựa PVC có đục lỗ để định hướng dòng năng lượng nổ). Vụ nổ tạo ra các loại khí tốc độ cao, nhiệt độ cao và áp suất cao, hoạt động mạnh mẽ theo hướng định trước, như trong hình H.10. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng, phương pháp cắt đá vách định hướng không chỉ có thể bảo vệ đá vách lò chuẩn bị khỏi bị xáo trộn, mà còn thuận lợi cho đá sập đổ.



H.10. Điều khiển chủ động sự lan truyền vết nứt bằng ống liên kết năng lượng: a - Phương pháp nổ mìn thông thường. Các vết nứt do nổ mìn lan truyền theo các hướng ngẫu nhiên, trong trường hợp này đá vách lò chuẩn bị có thể bị hư hại; b - Phương pháp nổ mìn định hướng. Các vết nứt do nổ mìn lan truyền theo hướng xác định trước, trong trường hợp này đá vách lò chuẩn bị có thể được bảo vệ tốt

3.2. Phân tích độ ổn định của đường lò bằng cách sử dụng phương pháp cắt đá vách định hướng

3.2.1. Phương pháp mô phỏng

Sơ đồ mô hình hóa sử dụng phương pháp sai phân hữu hạn dựa trên cơ học liên tục, nên có những hạn chế trong việc mô phỏng các vấn đề vùng sập đổ đá vách. Ngược lại, phương pháp phân tử rời rạc (PTRR) là một phương pháp số động. Các khối hoặc thành phần trong mô hình PTRR có thể dịch chuyển, xoay hoặc thậm chí tách

khỏi mô hình chính. Do đó, PTRR được áp dụng nhiều hơn trong việc mô phỏng các vấn đề biến dạng không liên tục và lớn.

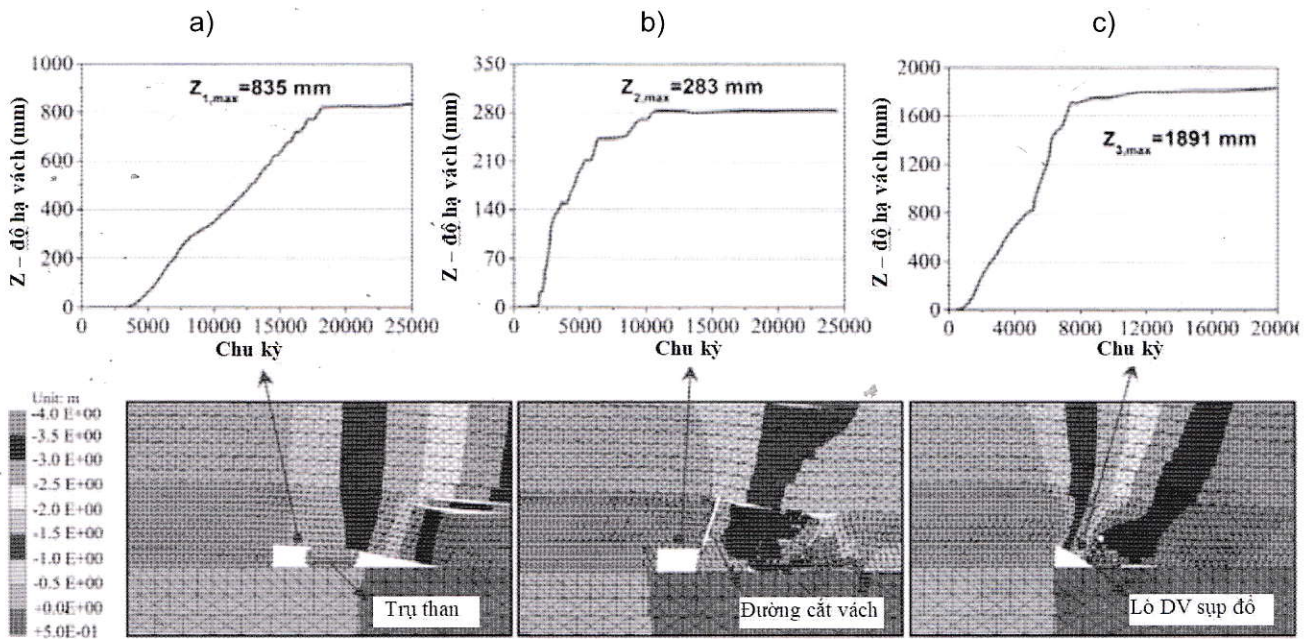
Trong nghiên cứu này, PTRR đã được sử dụng để nghiên cứu sự ổn định đường lò trong các điều kiện khai thác khác nhau. Các điều kiện biên và các tham số cơ học của mô hình PTRR giống như các điều kiện trong mô hình ở trên. Ba sơ đồ mô hình được so sánh trong mô phỏng, như được trình bày trong hình H.11 bao gồm: Mô hình khai thác với việc để lại trụ than hẹp 5 m; mô hình khai thác không để lại trụ than bảo vệ và sử dụng phương pháp cắt đá vách định hướng; mô hình khai thác không để lại trụ than bảo vệ mà không sử dụng phương pháp cắt đá vách định hướng.

Để định lượng sự ổn định của đường lò trong các điều kiện khai thác khác nhau, các điểm giám sát được thiết lập tương ứng ở giữa nóc đường lò.

3.2.2. Phân tích tính ổn định của đường lò trong mô phỏng

Hình H.11 cho thấy hình thái cấu trúc của đường lò và chuyển vị dọc của đá vách sau khi khai thác. Trong mô hình khai thác với việc để lại trụ than hẹp, có một cấu trúc đá vách treo dài phía trên trụ than dễ gây ra sự tập trung ứng suất và biến dạng. Khi tải trọng của trụ than không thể chịu được áp lực đá vách, một hiện tượng không ổn định sẽ xảy ra. Như được thấy trong hình H.11.a, trụ than rõ ràng đã bị biến dạng dưới áp lực đá vách nói trên. Giá trị võng tối đa của đá vách trên đường lò là khoảng 835 mm trong sơ đồ đầu tiên.

So với mô hình khai thác với việc để lại trụ than hẹp, độ hạ võng đá vách trên đường lò chuẩn bị giảm khoảng 66 % xuống còn 283 mm sau khi áp dụng phương pháp cắt đá vách định hướng. Sau khi gãy, trạng thái dịch chuyển của đường lò và đá vách vùng phá hỏa trở nên ít liên kết hơn. Đá vách vùng phá hỏa đã trở thành dải đá chèn dọc theo đường gãy. Dải đá này hỗ trợ đỡ tải hiệu quả cho đá vách cơ bản, giúp giảm độ võng của đá vách trên nóc lò chuẩn bị. Hơn nữa, nếu đá vách không bị gãy, đá vách trên lò dọc vỉa bị sụp cùng với mái vòm phá hỏa, như trong hình H.11.c. Lượng đá vách bị chùng xuống tại điểm quan trắc là khoảng 1891 mm trong sơ đồ. Từ kết quả mô phỏng, đặc biệt là sơ đồ thứ hai và cuối cùng, chúng ta có thể hiểu rằng sự nứt vỡ đá vách đã ảnh hưởng đáng kể đến sự chuyển động của các tầng đá xung quanh. Khi thực hiện phương pháp cắt đá vách định hướng, đá vách không chỉ trong một môi trường ứng suất thấp mà còn bị biến dạng ít hơn. Trong một điều kiện địa chất nhất định, sự ổn định đường lò bằng phương pháp cắt đá vách định hướng tốt hơn so với sử dụng phương pháp khai thác thông thường.



H.11. Hình thái cấu trúc và biến thiên dịch chuyển trong các điều kiện mô phỏng khác nhau: a - Mô hình khai thác với việc để lại trụ than hẹp; b - Mô hình khai thác không để lại trụ than bảo vệ và sử dụng phương pháp cắt đá vách định hướng; c - Mô hình khai thác không để lại trụ than bảo vệ mà không sử dụng phương pháp cắt đá vách định hướng

4. Kết luận

Than là nguồn nguyên liệu hóa thạch được sử dụng cho hầu hết các ngành công nghiệp ở Việt Nam (điện, thép, xi măng, hóa chất,...). Do độ sâu khai thác đang dần tăng lên, tài nguyên than đang dần cạn kiệt nên việc khai thác than an toàn và hiệu quả có ý nghĩa lớn đối với sự phát triển bền vững của ngành than Việt Nam. Từ các kết quả nghiên cứu trên có thể rút ra một số kết luận sau:

➤ Mô phỏng các mô hình khai thác khác nhau cho thấy các hoạt động khai thác có thể gây ra sự tập trung ứng suất trên trụ than bảo vệ. Khi chiều rộng của trụ than là hơn 30 m, có hai đỉnh ứng suất được phân bố ở hai bên. Khi chiều rộng trụ than giảm, các đỉnh ứng suất di chuyển gần nhau hơn và dần dần hợp nhất thành một. Trong quá trình này, ứng suất thẳng đứng gây ra bởi hai lò chợ khai thác, kết hợp với nhau và ứng suất tích hợp tăng dần. Khi chiều rộng trụ than nhỏ hơn 10 m, ứng suất ghép giảm đột ngột;

➤ Trên cơ sở các tồn tại khi khai thác để lại trụ than bảo vệ, bài báo đề xuất phương pháp cắt đá vách định hướng trong sơ đồ không để lại trụ than bảo vệ. Trong phương pháp này, hình dạng của đá vách và vùng sập đổ được kiểm soát tích cực bằng cách cắt vách theo kỹ thuật nổ mìn định hướng, do đó làm giảm ứng suất lên đường lò chuẩn bị. Ngoài ra, đá vách sau khi sập đổ dọc bên cạnh lò dọc vỉa được sử dụng một cách hiệu quả trong vai

trò đỡ tải cho đá vách cơ bản và do đó không cần thêm vật liệu chèn lấp nhân tạo.

➤ Kết quả nghiên cứu cho thấy phương pháp cắt vách định hướng có thể ngăn chặn sự lan truyền ứng suất từ vùng phá hỏa sang đá vách lò dọc vỉa, do đó làm cho đường lò ổn định hơn. Biến dạng của đá vách đường lò giảm khoảng 66 % so với sử dụng phương pháp khai thác thông thường. Những kết quả này cho thấy phương pháp cắt đá vách định hướng không chỉ có thể tránh lãng phí tài nguyên mà còn thuận lợi để cải thiện sự ổn định của đường lò. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Basarir H., Ferid Oge I., Aydin O. Prediction of the stresses around main and tail gates during top coal caving by 3D numerical analysis. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.* 2015, 76, 88-97.
2. Gu S., Jiang B., Wang C., Li N. Simulation research on overburden failure and lead abutment pressure distribution of fully-mechanized sublevel caving face. *Min. Res. Dev.* 2013, 33, 11-14.
3. Gui Y.L., Zhao Z.Y., Kodikara J., Bui H.H., Yang S.Q. Numerical modelling of laboratory soil desiccation cracking using UDEC with a mix-mode cohesive fracture model. *Eng. Geol.* 2016, 202, 14-23.
4. Huang Y., Sun, H. Design of gob-side packing parameters for gateways maintained along the goaf. *J. China Coal Soc.* 1997, 22, 127-131.

5. Lechner A.M., Kassulke O., Unger C. Spatial assessment of open cut coal mining progressive rehabilitation to support the monitoring of rehabilitation liabilities. *Resour. Policy* 2016, 50, 234-243.

6. Leclerc W., Haddad H., Guessasma M. On the suitability of a Discrete Element Method to simulate cracks initiation and propagation in heterogeneous media. *Int. J. Solids Struct.* 2017, 108, 98-114.

7. Shabanimashcool M., Li C.C. A numerical study of stress changes in barrier pillars and a border area in a longwall coal mine. *Int. J. Coal Geol.* 2013, 106, 39-47.

8. Suchowska A.M., Merifield R.S., Carter J.P. Vertical stress changes in multi-seam mining under supercritical longwall panels. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.* 2013, 61, 306-320.

9. Wang D., Li, S., Wang Q., Li, W., Wang F., Wang H., Peng P., Ruan G. Experimental study of reasonable coal pillar width in fully mechanized top coal caving face of deep thick coal seam. *Chin. J. Rock Mech. Eng.* 2014, 33, 539-548.

10. Zhang W., Kong X., Kang T., Zhao G. Research on reasonable size of large coal pillar between panels at mining face with soft surrounding rock. *Min. Res. Dev.* 2013, 33, 14-17.

Ngày nhận bài: 06/04/2019

Ngày gửi phản biện: 19/07/2019

Ngày nhận phản biện: 24/11/2019

Ngày chấp nhận đăng bài: 10/12/2019

Từ khóa ổn định đường lò; trụ than; cắt vách định hướng; ứng suất; biến dạng; tổn thất than; không để lại trụ than bảo vệ

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

SUMMARY

The paper uses numerical simulation method and analysis theory to assess stress around the underground construction, on coal pillars to study the stability of the underground construction. Research results have shown that the protective coal pillars has a great influence on the stability of the underground construction and the loss of resources. Therefore, the authors have studied the method of none leaving the coal pillar protection and the application of directional rock cutting techniques. The research results have proved the superiority of this method compared to previous methods in ensuring underground construction stability and reducing coal loss.

NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH...

(Tiếp theo trang 39)

5. Jing H.H., Hu G., He X. Study on numerical simulations for mechanism of the floor heave in inclined stratum roadway [J]. *Ground Pressure and Strata Control*, 2001 (1): 14-16.

6. Wu Hai, Zhang Nong, Wang Wei Jun, Peng Gang. Simulation and control of deep roadway deformation characteristics within inclined rock strata. *Journal of Hunan University of Science & Technology*. 2013.

7. Itasca. Flac Fast Lagrangian Analysis of Continua. User's Guide. Third Edition, April 2005.

Ngày nhận bài: 08/05/2019

Ngày gửi phản biện: 18/06/2019

Ngày nhận phản biện: 21/11/2019

Ngày chấp nhận đăng bài: 10/12/2019

Từ khóa: mô phỏng số, tham số của neo, neo chống lò than, biến dạng khối đá xung quanh đường lò

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

SUMMARY

In this paper, used numerical method by simulation bolt support for coal roadway in Flac software and establish a model to calculate and choice parameters of rockbolt. From the simulation results with the based on input conditions, analysis of deformation surrounding rock roadway had presented.