

## Nghiên cứu phương pháp xác định kích thước vùng biến dạng khu vực đá vách tại các lò chợ dài

Phạm Đức Hưng<sup>1\*,2</sup>, Nguyễn Sơn Tùng<sup>3,4</sup>, Huobingjie (霍丙杰)<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Mỏ - Địa chất

<sup>2</sup>Nhóm nghiên cứu Phát triển bền vững Khoa học công nghệ Mỏ và Môi trường (SDM)

<sup>3</sup>Công ty Cổ phần than Hà Lâm-TKV, <sup>4</sup>Đại học công trình kỹ thuật Liêu Ninh

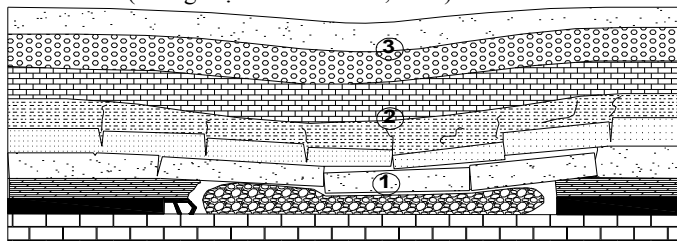
### TÓM TẮT :

Quá trình khai thác hầm lò gây ra sự biến dạng của đá vách. Sự biến dạng có thể biểu hiện ở dạng dịch chuyển của đất đá mà không bị phá hủy, cũng có thể ở dạng nứt nẻ và đứt gãy. Với kích thước lớn của khoảng trống đã khai thác, quá trình dịch chuyển phát triển tới mặt đất. Ban đầu, các lớp đá nằm ngay trên vỉa than bị phá hủy, sau đó xảy ra sự đứt gãy. Theo hướng từ khoảng trống đã khai thác lên phía trên, trong địa tầng có thể phân biệt ba đới, đặc trưng các mức độ phá hủy của đá mở khác nhau: Đới sập đổ; đới uốn võng cùng với sự rạn nứt và đới uốn dẹt mà không bị phá hủy (đới sụt lún). Trong đới sập đổ, sự dịch chuyển của các tầng và khối đá rời rạc xảy ra theo từng chu kỳ, cùng với tiến độ của gương lò chợ. Với diện bóc lộ lớn, chiều cao của vùng này đạt từ 2-4 lần chiều dày của vỉa. Từng điều kiện khai thác ở lò chợ khác nhau như: Chiều dày vỉa, chiều cao khẩu, tốc độ khẩu, điều kiện cơ lý của đá vách sẽ có kết quả không giống nhau của trạng thái đá vách. Đó là sự khác nhau về chiều cao sập đổ, chiều cao nứt nẻ, hệ thống khe nứt thứ sinh tại khu vực vách lò chợ. Việc xác định được tổng chiều đới sập đổ và đới nứt nẻ tại khu vực đá vách vô cùng quan trọng trong việc đảm bảo an toàn cho lò chợ nhất là khi khai thác hầm lò dưới các công trình cần bảo vệ. Trong phạm vi bài báo tác giả đề cập đến phương pháp xác định kích thước vùng biến dạng khu vực đá vách của lò chợ dài khi điều khiển áp lực mỏ bằng phá hóa toàn phần cho lò chợ dài của vỉa L7 mỏ than Mông Dương và vỉa 11 mỏ than Núi Béo.

*Từ khóa:* Công nghệ khai thác; điều khiển áp lực mỏ; an toàn mỏ; dịch động đất đá

### 1. Đặt vấn đề

Do nhu cầu sử dụng nguồn nhiên liệu phục vụ phát triển nền kinh tế, trong thời gian tới việc mở rộng khai thác xuống sâu và nâng cao công suất tại các mỏ hầm lò là vô cùng cần thiết. Quá trình khai thác hầm lò xuống sâu luôn tiềm ẩn nguy cơ mất an toàn cho người lao động và các thiết bị trong lò chợ. Khi tiến hành khai thác hầm lò xuống sâu sẽ gặp nhiều khó khăn cho các công tác điều khiển áp lực mỏ, thông gió, thoát nước, vận tải vv... Công tác khấu than ở lò chợ tạo nên các khoảng trống, làm mất thế cân bằng tự nhiên của ứng suất trong lòng đất, gây nên các hiện tượng dịch chuyển biến dạng đất đá và phá hủy công trình, môi trường. Tại Việt Nam hiện tượng biến dạng do khai thác hầm lò xảy ra khá phổ biến. Ở mỏ Mạo Khê trạm quạt ở mức +142 bị hỏng, tại mỏ Thông Nhất năm 1998 bị bức nước vào lò mức -60 từ moong lộ thiên cách 20m, tại mỏ Mông Dương khu trung tâm vỉa G9 bị bức nước từ lò khai thác cũ. Nhiều khu vực khác cũng có những hiện tượng tương tự như: Nứt nẻ mặt đất gần chùa Yên Tử, khu vực đới +30 giữa Cao Sơn và Khe Chàm, sụt lún mặt bằng xây dựng Nhà máy sàng tuyển than Khe Chàm (Phùng Mạnh Đức & NNC, 2017).



Hình 1: Các vùng dịch chuyển biến dạng khối đá phía trên khu vực khai thác điều khiển đá vách bằng phá hóa toàn phần:

1 – Đới sập đổ; 2 – Đới nứt nẻ; 3 – Đới sụt lún

\* Tác giả liên hệ

Email: phamduchung@humg.edu.vn

Khi sử dụng phương pháp điều khiển áp lực mỏ bằng phá hóa toàn phần thì hậu quả của hoạt động khai thác hầm lò sẽ gây ra sự biến dạng của đá vách, sự biến dạng có thể biểu hiện ở dạng dịch chuyển của đất đá mà không bị phá hủy, cũng có thể ở dạng nứt nẻ và đứt gãy. Tùy theo tốc độ khai thác và kích thước của khoảng trống đã khai thác trong lò chợ mà quá trình dịch chuyển của đất đá có thể phát triển tới mặt đất. Theo đó, trong địa tầng có thể phân biệt ba đới, đặc trưng các mức độ phá hủy của đá mô khác nhau: Đới sập đổ; đới uốn vòng cùng với sự rạn nứt và đới uốn dẻo mà không bị phá hủy (đới sụt lún).

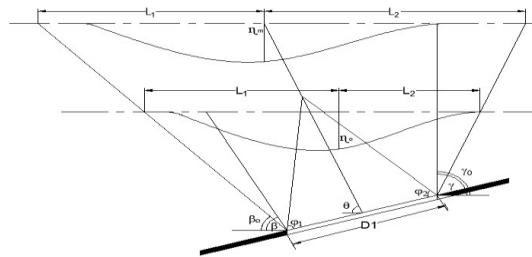
Như vậy, việc xác định các kích thước của từng đới trong khu vực dịch chuyển biến dạng khối đá phía trên lò chợ mang ý nghĩa rất lớn trong việc chủ động xác định những sự cố tiềm ẩn trong hầm lò cũng như mức độ an toàn của các công trình trên mặt khu vực khai thác.

## 2. Các phương pháp nghiên cứu dịch chuyển biến dạng khu vực đất đá vách lò chợ dài

### 2.1. Phương pháp lý thuyết

Phương pháp nghiên cứu lý thuyết xuất phát từ bản chất cơ học của quá trình dịch chuyển đất đá để tìm ra các mối quan hệ giải tích giữa các giá trị bằng số của dịch chuyển đất đá với các thông số về địa chất mỏ. Thông qua tính toán lý thuyết đàn hồi, tính dẻo, môi trường rời rạc hoặc đồng nhất của đất đá để xác định kết quả của quá trình dịch chuyển và biến dạng của nó. Tuy vậy phương pháp này thường khó cho kết quả mong muốn bởi tính chất phức tạp của quá trình dịch chuyển của đất đá trong khai thác hầm lò. Tại mỗi thời điểm trên bề mặt hoặc trong lòng đất bị tác động dịch chuyển trong những điều kiện địa chất và khai thác khác nhau và ở các giai đoạn khác nhau của quá trình dịch chuyển này sẽ bị chi phối theo những quy luật dịch chuyển và biến dạng không giống nhau. Hơn nữa, sự hiểu biết về cấu tạo và tính chất của đất đá còn hạn chế, khả năng thăm dò địa chất chi tiết khối đá nguyên liên quan đến quá trình dịch chuyển còn sơ sài. Đây chính là trở ngại lớn của quá trình dịch chuyển đất đá theo phương pháp lý thuyết.

Theo phương pháp này Aversin đề xuất hai phương pháp tính các thành phần dịch chuyển bao gồm dựa trên lý thuyết cô diện về chất dẻo và dựa vào công thức thực nghiệm được thành lập từ việc phân tích một số lớn số liệu thực tế. Ngoài ra, Kolbencov và kazacovski cũng có những nghiên cứu liên quan đến về vấn đề này để xác định độ lún cực đại trong khu vực dịch chuyển của đất đá khi khai thác hầm lò. Theo đó, kích thước bồn dịch chuyển được xác định như trên hình 2 (Nguyễn Đình Bé, 2000).



Hình 2: Các thông số để tính dịch chuyển biến dạng theo phương pháp lý thuyết

Trong đó  $\beta_0 - \gamma_0$  – Góc dịch chuyển biên;  $\theta$  - Góc lún cực đại;  $\varphi_1, \varphi_2$  – Góc khai thác hoàn toàn;

$\eta_m, \eta_0$  – Độ lún cực đại trên bề mặt và trong khu vực dịch chuyển của địa tầng đất đá;

$D_1$  - Chiều dài theo hướng dọc của lò chợ;  $L_1, L_2$  - Nửa chiều rộng bồn dịch chuyển trên bề mặt của đất đá

### 2.2. Phương pháp thực nghiệm

Khi khai thác hầm lò điều khiển đá vách bằng phá hóa toàn phần thì khối đất đá vách sẽ dịch chuyển - biến dạng - nứt vỡ - sập đổ. Theo nghiên cứu của các nhà khoa học Liên bang Nga và Trung Quốc, khối đá trên vách lò chợ sau khi phá hoá có thể phân ra 3 vùng từ dưới lên. Theo mức độ ảnh hưởng biến dạng công trình, trong phạm vi bồn dịch chuyển sẽ phân biệt các vùng: ảnh hưởng không nguy hiểm, ảnh hưởng nguy hiểm và vùng nguy hiểm với các kẽ nứt lan truyền đến mặt đất. Như vậy, với khu vực khai thác lò phía dưới sẽ gây sụt lún bề mặt, làm cho nước từ bề mặt thấm xuống qua các khe nứt, vùng sập đổ, phá hóa, nước sẽ chảy vào vùng khai thác cũ.

Nhiều tác giả cho rằng vùng 1- sập đổ hỗn loạn và vùng 2- dịch chuyển nứt vỡ có khả năng chứa dẫn nước ngầm rất tốt, gộp hai đới này lại với nhau và gọi là vùng khe nứt dẫn nước. Khi đó, việc dự kiến chiều cao vùng khe nứt dẫn nước trên tầng lò chợ có ý nghĩa thực tế trong việc đánh giá nguy cơ bực nước từ các đới chứa nước phía trên xuống lò chợ thông qua vùng khe nứt dẫn nước.

Các nhà khoa học mô Trung Quốc đưa ra công thức thực nghiệm dự tính chiều cao đới sập đổ hỗn loạn phân bố như trên hình 1 như sau (Huang, F., . 2002) :

+ Vùng 1: vùng sập đổ hỗn loạn phân bố ngay sát nóc lò chợ

Trong vùng này tập đá sẽ bị nứt nẻ và sập lở ngay sau khi gương lò chợ đi qua và dẫn đến phá hủy hoàn toàn.

$$H_1 = \frac{100EM}{2.1EM+16} \pm 2.5 \quad (1)$$

+ Vùng 2: Vùng nứt nẻ, dịch chuyển

$$H_2 = \frac{100EM}{1.2EM+2.0} \pm 8.9 \quad (2)$$

Trong vùng này tập đá sẽ bị nứt nẻ và phát triển theo chu kỳ, là sự dịch chuyển dưới dạng kéo theo của quá trình phát triển vùng 1.

+ Vùng 3: Vùng biến dạng uốn, lún võng

Trong vùng này sự dịch chuyển, lún theo dạng uốn võng không liên tục, có giới hạn và phát triển đến bề mặt địa hình.

Chiều cao phát triển vùng 1 cộng vùng 2, thu được chiều cao vùng khe nứt dẫn nước:

$$H = H_1 + H_2$$

Trong đó:  $H_1$ - Chiều cao vùng sập đổ hỗn loạn, m;  $H_2$  - Chiều cao vùng phát triển khe nứt, m;

$H$  - Chiều cao vùng khe nứt dẫn nước;  $M$  - chiều dày vỉa than bị khâu, m;

### 2.3. Phương pháp mô hình số

Thời gian gần đây với sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ tin học, cũng như các máy tính với tốc độ xử lý nhanh, các phương pháp tính toán ổn định, thiết kế công trình ngầm đã được tin học hóa thành các phần mềm ứng dụng trong ngành Mỏ và Xây dựng công trình ngầm và khai thác mỏ. Nhiều chương trình tính đã và đang áp dụng rộng rãi trên thế giới mang lại những hiệu quả chính xác về tính khoa học kỹ thuật, hiệu quả kinh tế cao, đặc biệt khi gặp các điều kiện môi trường địa chất phức tạp. Phương pháp số cho phép có thể lập chương trình khảo sát, phân tích các quá trình địa cơ học xảy ra trong khối đá. Từ đó cho phép có thể xác định được các thông số công nghệ hợp lý cho các công trình cần thiết kế, có thể hạn chế được tai biến địa chất. Mặc dù nhiều lĩnh vực còn mới là khởi đầu, nhưng ngày nay các phương pháp số đã và đang đóng vai trò chủ chốt trong việc giải quyết các bài toán khoa học, kỹ thuật. Phát huy các khả năng khác nhau của từng phương pháp riêng biệt. Các phần mềm sử dụng trong lĩnh vực khai thác mỏ bao gồm (Hancock GR, 2004):

+ Phần mềm PHASE2, UDEC, FLAC, NASTAN, ABAQUS, ADINA, ALGOR, ANSYS, 3-DEC.

+ Phân tích ổn định khối đá xung quanh công trình ngầm theo đặc điểm cấu trúc bằng chương trình Unwedge.

+ Phân tích, thiết kế kết cấu chống công trình ngầm theo phương pháp "đường đặc tính khối đá" bằng chương trình RocSupport.

+ Phân tích ổn định khối đá xung quanh công trình ngầm và thiết kế kết cấu chống bằng chương trình Phase2 trên cơ sở phương pháp phần tử hữu hạn.

Như vậy, phương pháp số được chọn phải có khả năng mô phỏng hiệu quả sự dịch động các lớp đá vách và quá trình hình thành khe nứt thứ sinh ở đây một cách tường minh. Phương pháp số cũng cần mô phỏng được mật độ nứt nẻ cao thường quan sát được trong các địa tầng trầm tích than. Sự hình thành các khe nứt mới và phá hủy các khe nứt thứ sinh nơi mà sẽ chứa nước ngầm cần phải được mô hình hóa trong chương trình số lựa chọn.

Phần mềm UDEC (Universal Disctinct Elenment Code), là phương tiện chính, phù hợp với việc xử lý trong môi trường không liên tục của đất đá, được thể hiện trong không gian hai chiều dưới tác động của tải trọng tĩnh hoặc động, thông qua hình thức các khối nhỏ. Các mặt không liên tục thể hiện ở các không gian giữa các khối nhỏ, cho phép các khối này sụt lún và chuyển động mạnh. Các phương pháp phần tử rời rạc (Disctinct Element Methods-DEM) phân chia đối tượng nghiên cứu thành các khối riêng rẽ, có liên kết nhất định và tác động tương hỗ với nhau. Các khối có thể là vật liệu cứng hoặc vật liệu dẻo chịu điều khiển bởi các quy luật ứng suất-biến dạng. Các cấu trúc không liên tục (nứt nẻ, phay phá) chính là ranh giới giữa các khối. Các khối có thể dịch chuyển, xoay, tách rời hoàn toàn khỏi môi trường ban đầu và như vậy phù hợp cho mô phỏng dịch động đất đá do khai thác lò chợ gây ra.

Đối với lĩnh vực khai thác mỏ, đặc biệt là khi khai thác xuống sâu thì UDEC là một phương tiện hữu hiệu trong việc dự báo quá trình sập đổ đá vách lò chợ trong khi khai thác. Quá trình này là nguyên nhân chính dẫn đến sự hình thành của hệ thống khe nứt thứ sinh trong khu vực đá vách.

### 3. Ứng dụng phương pháp mô hình số xác định kích thước vùng biến dạng khu vực đá vách tại một số lò chợ vùng Quảng Ninh

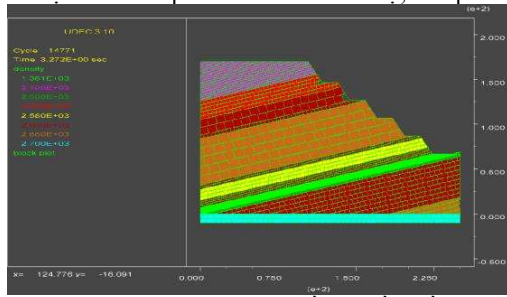
Khu vực vỉa L7 mỏ than Mông Dương mức -50 ÷ -100 có chiều dày trung bình 7m, góc dốc 15<sup>0</sup> cạnh rìa moong lộ thiên 790 tiến hành khai thác bằng khoan nổ mìn chống giữ bằng giá khung GK điều khiển áp lực mỏ bằng phá hóa toàn phần. Căn cứ theo dự kiến khai thác của vỉa L7 cạnh rìa moong 790 cho thấy khu vực có nguy cơ tiềm ẩn về bụi nước của lò chợ có chiều dài theo phương khoảng 200m dọc theo phương của đường lò dọc vỉa mức -100 (Báo cáo, 2014).

Để tiến hành khai thác lò chợ khu vực vỉa L7 được đảm bảo an toàn cũng như giảm thiểu tổn thất tài

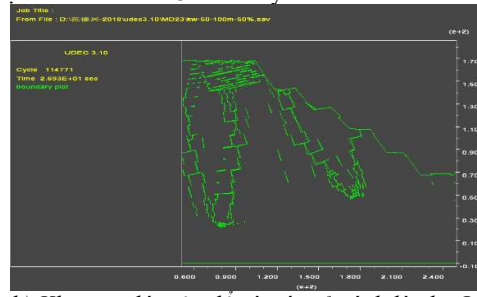
nguyên thì cần xác định rõ các vấn đề: Xác định kích thước của đới sập đổ và đới nứt nẻ ở khu vực đá vách lò chợ vỉa L7; xác định được kích thước trụ bảo vệ  $L_{tr}$  vừa đảm bảo an toàn đồng thời đảm bảo tồn thất tài nguyên là nhỏ nhất khi khai thác lò chợ mức -50 ÷ -100 vỉa L7.

Tất cả các nội dung trên được giải quyết thông qua việc xác định mô hình khai thác cho lò chợ này bằng phần mềm UDEC 3.1 với phương án khai thác kích thước trụ bảo vệ  $L_{tr}$  là 50m; 70m; 90m, tỷ lệ thu hồi than nóc phương án 1 (PA.1) 30%; phương án 2 (PA.2) 50%; phương án 3 (PA.3) 70%.

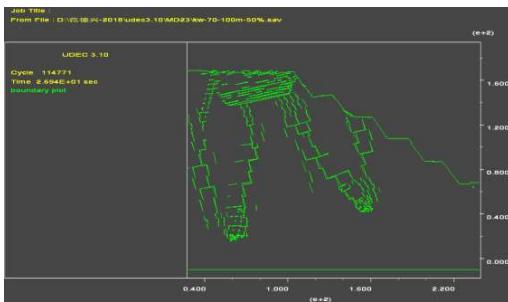
Thông qua việc triển khai mô hình lò chợ với các phương án khai thác này bằng phần mềm UDEC 3.1 xác định được kích thước của tổng chiều cao đới sập đổ và đới nứt nẻ (kích thước khu vực biến dạng) của đất đá vách của lò chợ vỉa L7 tại phương án kích thước trụ bảo vệ  $L_{tr}$  là 50m là phương án đại diện cho việc xuất kết quả của mô hình lò chợ, kết quả thể hiện như trên hình 3 dưới đây:



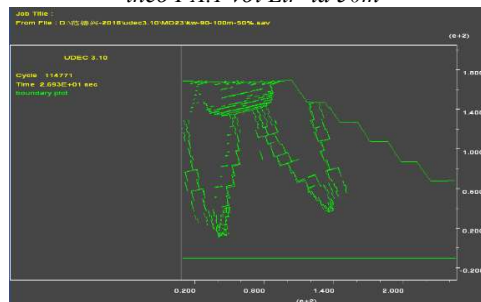
a) Mô hình khai thác vỉa L7 bằng phần mềm UDE



b) Khu vực đới sập đổ và nứt nẻ vách lò chợ L7 theo PA.1 với  $L_{tr}$  là 50m



c) Kích thước đới sập đổ và nứt nẻ vách lò chợ L7 theo PA.2 với  $L_{tr}$  là 50m



d) Khu vực đới sập đổ và nứt nẻ vách lò chợ L7 theo PA.3 với  $L_{tr}$  là 50m

Hình 3. Kích thước của đới sập đổ và đới nứt nẻ theo các phương án khai thác của khu vực đá vách lò chợ vỉa L7 cạnh rìa moong 790 mỏ than Mông Dương

Theo đó tổng chiều cao đới sập đổ và đới nứt nẻ của khu vực đá vách lần lượt được xác định khoảng là 46m; 61m; 67m. Theo điều kiện thăm dò địa chất tại khu vực này của lò chợ L7 cạnh rìa moong 790 có hệ thống các lỗ khoan thăm dò, dựa theo các thông số trên các lỗ khoan thăm dò tại khu vực này, kết hợp với công thức thực nghiệm (1) và (2) tính toán so sánh kết quả với phương pháp mô hình số về tổng chiều cao sập đổ và nứt nẻ của khu vực đá vách lò chợ. Kết quả được thể hiện như trong bảng 1 dưới đây:

Bảng 1: Bảng tổng hợp chiều cao sập đổ và chiều cao nứt nẻ khu vực đá vách lò chợ L7 tính theo công thức thực nghiệm

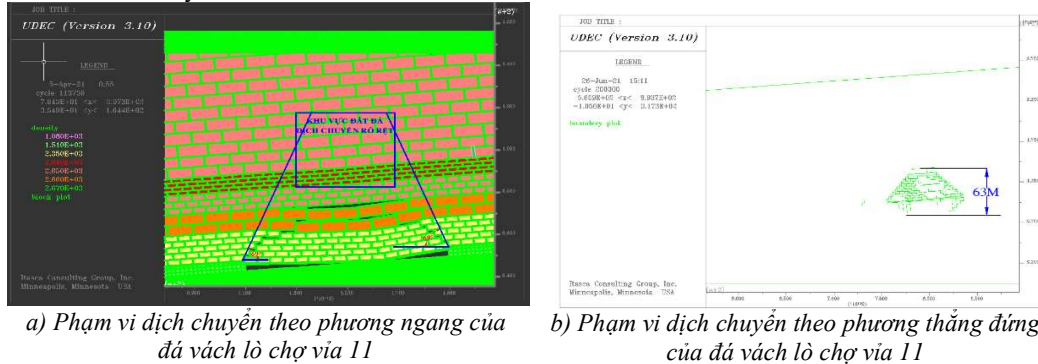
| TT | Tên lỗ khoan | Mv   | M   |     |     | H1   |      |      | H2   |      |      | H1 + H2 |      |      |
|----|--------------|------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|---------|------|------|
|    |              |      | PA1 | PA2 | PA3 | PA1  | PA2  | PA3  | PA1  | PA2  | PA3  | PA1     | PA2  | PA3  |
| 1  | MD171        | 6,34 | 3,4 | 4,3 | 5,1 | 12,0 | 13,1 | 14,1 | 43,8 | 46,9 | 49,4 | 55,8    | 60,1 | 63,4 |
| 2  | MD267        | 6,06 | 3,4 | 4,1 | 5,0 | 11,9 | 13,0 | 13,9 | 43,4 | 46,5 | 48,8 | 55,3    | 59,4 | 62,7 |
| 3  | MD269        | 7    | 3,6 | 4,6 | 5,7 | 12,3 | 13,5 | 14,5 | 44,6 | 48,0 | 50,5 | 56,9    | 61,5 | 65,0 |
| 4  | MD371        | 8,45 | 4,1 | 5,3 | 6,6 | 12,9 | 14,3 | 15,4 | 46,3 | 50,0 | 52,6 | 59,2    | 64,2 | 68,0 |
| 5  | MD374        | 9,7  | 4,5 | 6,0 | 7,5 | 13,4 | 14,9 | 16,0 | 47,5 | 51,4 | 54,0 | 60,9    | 66,2 | 70,  |
| 6  | MD397        | 7,98 | 4,0 | 5,1 | 6,2 | 12,7 | 14,1 | 15,1 | 45,8 | 49,4 | 52,0 | 58,5    | 63,4 | 67,1 |

Từ kết quả tính toán bằng công thức thực nghiệm (1) và (2) cho thấy tổng chiều cao sập đổ và chiều cao nứt nẻ tại các phương án khai thác lần lượt là: 57,8m; 62,5m; 66,01m. Như vậy kết quả này không sai lệch nhiều so với kết quả tính toán từ mô hình khi sử dụng phần mềm UDEC mô phỏng quá trình khai thác ở lò chợ L7 cạnh rìa moong 790.

Via 11 mỏ than Núi Béo có hai lò chợ, trong đó một lò chợ đã kết thúc khai thác tháng 6 năm 2020 (lò chợ 21103) và lò chợ 31104. Hai lò chợ này nằm gần khu dân cư tổ 8 khu 4, phường Hà Tu, thành phố Hạ Long.

Tiến hành khai thác hầm lò ở hai lò chợ sẽ gây ra dịch động đất đá ảnh hưởng đến các công trình dân dụng tại khu dân cư ở đây. Lò chợ 31104 có chiều dày trung bình khai thác 4,5m; chiều dài trung bình lò chợ 80m; góc dốc trung bình 5°, chiều dài theo phương là 220m, khai thác bằng công nghệ khoan nổ mìn, chống giữ bằng giá thủy lực ZH/1800/16/24ZL, điều khiển đá vách bằng phá hòa toàn phần (Báo cáo, 2017).

Tương tự như trên, sử dụng các tham số cơ lý hóa của đất đá ở khu vực khai thác, sử dụng phần mềm UDEC 3.1 lập mô hình số quan trắc trạng thái của đá vách khi tiến hành khấu than bằng khoan nổ mìn, hạ trần thu hồi than nóc ở lò chợ với tỷ lệ thu hồi 85%, đồng thời kết hợp với phương pháp tính toán lý thuyết nhằm xác định chiều cao của đới sập đổ, chiều cao của đới nứt nẻ của đá vách lò chợ 31104 vỉa 11. Tiến hành so sánh chiều cao này với khoảng cách từ mặt đất đến vị trí khai thác ở lò chợ nhằm đánh giá mức độ sụt lún khi khai thác lò chợ này. Xuất kết quả của mô hình khai thác lò chợ 31104 vỉa 11 được thể hiện như trên hình 4 dưới đây:



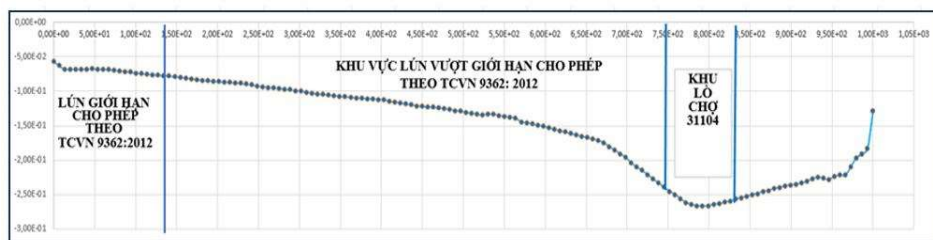
Hình 4. Phạm vi dịch chuyển của đất đá vách lò chợ 31104 vỉa 11 mỏ than Núi Béo

Bảng 2: Bảng tổng hợp chiều cao sập đổ và chiều cao nứt nẻ khu vực đá vách lò chợ 31104 vỉa 11 tính theo công thức thực nghiệm

| TT | Tên lỗ khoan | Mv   | M      | H1    | H2    | H1 + H2 |
|----|--------------|------|--------|-------|-------|---------|
| 1  | NB 135       | 3.11 | 2.9735 | 11.22 | 41.58 | 52.80   |
| 2  | SX 1704      | 3.76 | 3.526  | 12.11 | 44.15 | 56.27   |
| 3  | NBHL 07      | 7.55 | 6.7475 | 15.51 | 52.87 | 68.38   |
| 4  | NBHL 44      | 5.1  | 4.665  | 13.60 | 48.16 | 61.76   |
| 5  | NB 138       | 6.03 | 5.4555 | 14.42 | 50.25 | 64.67   |

Theo đó giá trị chiều cao sập đổ trung bình của đới nứt nẻ và đới sập đổ do hoạt động khai thác ở lò chợ 31104 gây ra là khoảng 61m. Kết quả này có giá trị tương đồng với kết quả xác định tổng chiều cao sập đổ và nứt nẻ của đá vách lò chợ 31104 ứng với phương án khai thác lập trên mô hình 5.

Theo kết quả phân tích tính toán từ công thức thực nghiệm, tổng chiều cao ảnh hưởng trung bình (sập đổ và nứt nẻ) theo phương thẳng đứng 61m, điều này có nghĩa là giới hạn lớn nhất của vùng nứt nẻ có thể phát triển lớn nhất còn cách bề mặt tương ứng là khoảng 90m. Qua khảo sát cho thấy, trên mặt bằng phía trên của lò chợ cũng không tồn tại công trình nào cần bảo vệ, mà chỉ là khu vực đất đá thải. Tổng chiều cao ảnh hưởng theo kết quả từ mô hình là khoảng 63m nghĩa là giới hạn lớn nhất của vùng nứt nẻ có thể phát triển lớn nhất còn cách bề mặt là khoảng 88m, phạm vi dịch chuyển đất đá vách theo góc gãy khoản 69°



Hình 5. Đồ thị lún bề mặt do hoạt động khai thác ở lò chợ 31104 vỉa 11 mỏ than Núi Béo

## 5. Kết luận

Dịch chuyển đất đá là một quá trình phức tạp mà tính chất xuất hiện của nó phụ thuộc phần lớn vào các yếu tố địa chất – khai thác. Đây là một trong những vấn đề quan trọng trong lĩnh vực khai thác mỏ. Tại một điều kiện khai thác nhất định các lớp đất đá và mặt đất dịch chuyển biến dạng có thể làm hư hại công trình

trên mặt hoặc ngay các đường lò trong khu vực khai thác cũng chịu tác động của quá trình khai thác. Mức độ dịch chuyển của đất đá do hậu quả của quá trình khai thác hầm lò diễn ra hoàn toàn phụ thuộc vào các yếu tố như: tính chất cơ lý đất đá, chiều dày và thứ tự các lớp đất đá; Điều kiện địa chất thủy văn và cấu tạo địa hình; Chiều dày lớp đất đá phủ; Độ sâu khai thác; Điều kiện dạng nằm, cấu tạo, tính chất của các vỉa than và công nghệ khai thác ở lò chợ.

Hiện nay có 3 hướng nghiên cứu dịch chuyển của đất đá khi hoạt động khai thác hầm lò diễn ra bao gồm: Phương pháp lý thuyết; phương pháp thực nghiệm; phương pháp mô hình số. Mỗi phương pháp nghiên cứu đều có ưu nhược điểm khác nhau, tuy nhiên với sự phát triển vượt trội của khoa học máy tính thì phương pháp mô hình số hiện đang được áp dụng rộng rãi bởi tính ưu việt của nó. Với thông số tính chất cơ lý của khối đất đá làm thông số đầu vào cùng với việc lập chương trình code bằng cách sử dụng thuật toán xây dựng bởi các hàm FISH mô phỏng quá trình khai thác để quan trắc trạng thái của đá vách lò chợ sẽ cho một kết quả tường minh về vấn đề này. Theo đó việc tính toán xác định kích thước vùng biến dạng khu vực đá vách lò chợ bằng phương pháp mô hình số sẽ góp phần chủ động trong việc lựa chọn các phương án khai thác an toàn cũng như giảm thiểu tổn thất tài nguyên đặc biệt khi hoạt động khai thác hầm lò diễn ra dưới các công trình cần bảo vệ.

#### Tài liệu tham khảo

- Báo cáo địa chất khu vực khai thác vỉa L7 mỏ than Mông Dương*, 2014  
*Báo cáo địa chất khu vực khai thác vỉa 11 mỏ than Núi Béo*, 2017  
 Nguyễn Đình Bé, Vương Trọng Kha, 2000, *Dịch chuyển và biến dạng đất đá trong khai thác mỏ*, Nhà xuất bản Giao thông vận tải.  
 Tiền Minh Cao; Trịnh Hỷ Chính, 2003. *Điều khiển áp lực mỏ (Tiếng Trung)*. NXB Trường ĐH Mỏ và Công nghệ Từ Châu, Trung Quốc.  
 Phùng Mạnh Đắc & NNC, 2017. *Hướng dẫn tính toán trụ bảo vệ các công trình và đối tượng thiên nhiên do ảnh hưởng của khai thác than hầm lò*. Tập đoàn than khoáng sản Việt Nam – TKV.  
 Hancock GR, 2004. *The use of landscape evolution models in mining rehabilitation design*. Environ Geol 46:561–573.  
 Huang, F., . 2002. *Mining technology and synchronization of face equipment for mechanized 287 longwall top-coal caving*. China University of Mining Science and Technology

#### ABSTRACT

### Study on method for determining deformation zone size in roof strata at longwalls

Pham Duc Hung<sup>1\*2</sup>, Nguyen Son Tung<sup>3,4</sup>, Huobingjie (霍丙杰)<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Hanoi University of Mining and Geology

<sup>2</sup>Sustainable Development of Mining Science, Technology and Environment (SDM)

<sup>3</sup>Vinacomin - HaLam Coal Joint Stock Company, <sup>4</sup>Liaoning Technical University

Underground exploitation causes roof deformation. The deformation can manifest itself as displacement without failure, with fracturing, or rupture. Due to the large size of mined-out void, the rock displacement can extend up to surface. Initially, the rock immediately above coal seam fails and then the rupture occurs. From the goaf area upwards, the strata can be divided into three zones, representing different levels of rock failure at mine: caving zone, sagging zone with fracturing, and deformation zone without failure (subsidence zone). In caving zone, the movement of strata and discrete rocks occur cyclically in accordance with face advance. The height of caving zone may reach 2–4 times seam thickness. Different mining conditions such as seam thickness, cutting height, cutting rate, rock properties... can cause different results of caving height, fracturing height, and induced fractures in longwall roof. Accurate determination of caving height and fracturing height is of great importance for maintaining safety in longwall, especially when mining under surface buildings need to be protected. In this paper, the authors study method for determining the deformation zone size in roof strata at longwalls when its ground pressure is controlled via fully caving.

**Keyword:** Mining technology; ground control; mine safety; rock displacement