

NGHIÊN CỨU QUÁ TRÌNH HÌNH THÀNH CHẤN ĐỘNG MỎ KHI KHAI THÁC VỈA THAN CÓ ĐÁ VÁCH CƠ BẢN CỨNG VỮNG

Vũ Đức Quyết^{1,*}

¹Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh

*Email: quyetvu1980@gmail.com

TÓM TẮT

Khi khai thác vỉa than có đá vách cơ bản cứng vững, đá vách trực tiếp khi sập đổ không đủ để lấp đầy khoảng trống đã khai thác khiến cho đá vách cơ bản bị treo trên diện rộng, đá vách cơ bản chịu tải trọng của lớp đá phía trên đè nén xuống, ở xung quanh biên khoảng trống khai thác xuất hiện tập trung ứng suất rất lớn và trở thành điểm yếu. Khi khoảng trống khai thác tăng lên, ứng suất tăng vượt quá giới hạn chịu lực của khối đá vách cơ bản, xảy ra phá hủy giòn, gây ra hiện tượng sập đổ đột ngột với quy mô cực lớn tạo ra “chấn động mỏ”. Bài báo sử dụng phần mềm Flac3D và các điều kiện cơ học đá của mỏ than Vàng Danh để xây dựng mô hình nghiên cứu quá trình hình thành chấn động mỏ khi độ dày vách cơ bản cứng vững khác nhau. Kết quả cho thấy, chấn động mỏ chỉ xảy ra khi độ dày của đá vách cơ bản cứng vững <15 m, khi 3 vùng phá hủy (vùng I, II và III) ở nóc lò chợ liên thông với nhau, lúc này toàn bộ khối đá vách cơ bản nguyên khối sập đổ vào khoảng trống đã khai thác gây ra chấn động mỏ. Độ dày của đá vách cơ bản tỉ lệ nghịch với thời điểm xảy ra chấn động mỏ và tỉ lệ thuận với cường độ chấn động nhỏ.

Từ khóa: Vách cơ bản cứng vững, chấn động mỏ, ứng suất tập trung, vỉa than.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khi khai thác than bằng phương pháp hầm lò, có rất nhiều yếu tố ảnh hưởng đến quá trình hình thành chấn động mỏ như: độ sâu khai thác, Tính chất và đặc trưng của đá vách, đá trụ và vỉa than, cấu tạo địa chất, yếu tố về kỹ thuật khai thác... trong đó yếu tố đá vách đóng vai trò quyết định tới sự ổn định và an toàn khai thác [2, 3, 4]. Đối với các vỉa than có đá vách cứng vững, quá trình phá hủy và sập đổ đá vách mang những đặc thù rất khác so với đá vách mềm yếu: 1. Đặc điểm cơ học: Đá vách cứng có cường độ nén cao, mô-đun đàn hồi lớn, khả năng chịu lực tốt, do đó khi khai thác vách bị treo giữ trên diện tích lớn mà chưa sập ngay. 2. Cơ chế sập đổ: Khi vượt quá giới hạn chịu lực (do chiều dài lò chợ tăng, áp lực từ tầng trên đè xuống), đá vách bị gãy gập giòn theo cơ chế phá hủy giòn, tạo thành các khối lớn sập xuống, xảy ra đột ngột, gây chấn động mạnh, có sức tàn phá cao. Đây được coi là một trong những thảm họa động lực điển hình trong khai thác than, đe dọa trực tiếp đến hoạt động sản xuất, sự an toàn của con người và tài sản của mỏ than. Ngoài ra, còn gây ra sụt lún bề mặt, có thể

gây dịch chuyển và ảnh hưởng đến cấu trúc công trình trên mặt đất.

Ở Việt Nam năm 2012, khi khai thác vỉa 18 Hồng Thái, đá vách cứng vững bị treo trên diện rộng làm gia tăng áp lực mỏ gây đổ lò chợ. Tại các mỏ có đá vách bền vững, khó sập đổ điển hình như tại các vỉa 46 khu Trảng Khê, vỉa 47 khu Hồng Thái- Công ty than Hồng Thái, vỉa 5, 7, 8 Công ty than Nam Mẫu, vỉa 5 khu Cánh Gà - Công ty than Vàng Danh, vỉa 4 khu Khe Chuối - Công ty 91... Khi khai thác lò chợ tại các vỉa than trên, phải thường xuyên dừng sản xuất để củng cố và luôn tiềm ẩn khả năng đá vách sập đổ đột ngột trên diện rộng, nguy cơ xảy ra “chấn động mỏ” trong quá trình khai thác [1]

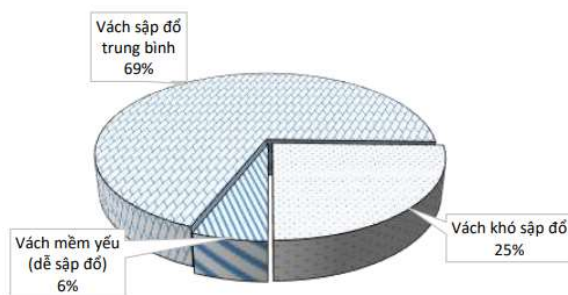
Một số trường hợp lò chợ có “vách giả”, lớp này mỏng rất dễ sập đổ ngay khi lộ trần do khẩu gương, trên lớp vách giả là đá vách tương đối cứng vững khó sập đổ. Khi khai thác, đất đá của lớp vách giả sập đổ không đủ lấp đầy khoảng trống khai thác, lò chợ bị “rỗng” nóc và vách trực tiếp treo dài cũng tiềm ẩn khả năng đá vách sập đổ đột ngột trên diện rộng và nguy cơ xảy ra

“chấn động mỏ”. Trường hợp này có nhiều ở mỏ Mạo Khê, đặc trưng là vỉa 9; ngoài ra còn xuất hiện cục bộ ở một số khu vực vỉa than khu Hồng Thái, các vỉa than 15, 17 mỏ Quang Hanh và một số khu vực của mỏ Khe Chàm, Dương Huy [1].

Ở nước ta, số lượng vỉa than có đá vách cứng vững khó sập đổ chiếm 25% trữ lượng của các vỉa than, số lò chợ có đá vách khó sập đổ là 150 lò chợ, chiếm tỉ lệ 20,7% tổng số lò chợ thuộc TKV – khai thác giai đoạn 2021 ÷ 2025 [1].

Bảng 1. Tổng hợp số lượng các lò chợ góc thoải đến nghiêng có đá vách khó sập đổ tại các mỏ than hầm lò của TKV - khai thác giai đoạn 2021 ÷ 2025 [1]

TT	Tên mỏ	Số lượng lò chợ có đá vách khó sập đổ
1	Uông Bí	24
2	Vàng Danh	13
3	Hà Lâm	11
4	Hòn Gai	12
5	Núi Béo	15
6	Quang Hanh	11
7	Dương Huy	32
8	Thống Nhất	4
9	Hạ Long	9
10	Mông Dương	19
	Toàn TKV	150



Hình 1. Biểu đồ tỷ lệ các loại đá vách theo trữ lượng của các vỉa than góc thoải đến nghiêng ở các mỏ hầm lò thuộc TKV - khai thác giai đoạn 2021 ÷ 2025[1]

Kết quả thống kê cho thấy, số lượng lò chợ hay vỉa than có đá vách cứng vững chiếm tỉ lệ không lớn nhưng những thiệt hại gây ra của nó là rất lớn. Đặc biệt khi độ sâu khai thác ngày càng gia tăng, điều kiện địa chất ngày càng phức tạp khiến cho cường độ và tần suất xảy ra các vụ tai nạn do chấn động mỏ cũng ngày một gia tăng.

Vì vậy, việc nghiên cứu quá trình hình thành chấn động mỏ rất cần thiết, nó vừa là cơ sở dự báo, vừa là căn cứ để lựa chọn được giải pháp phòng ngừa chấn động mỏ hợp lý. Trong bài báo này, chúng tôi chỉ đề cập đến ảnh hưởng độ dày của vách cơ bản cứng vững đến quá trình hình thành chấn động mỏ khi tiến hành khai thác.

2. CƠ CHẾ HÌNH THÀNH CHẤN ĐỘNG MỎ TRONG ĐIỀU KIỆN ĐÁ VÁCH CỨNG VỮNG

a. Tích tụ ứng suất

Khi khai thác than làm phá vỡ trạng thái cân bằng ứng suất nguyên sinh, đá vách cứng không sập xuống mà bị treo lơ lửng và chịu toàn bộ phần đất đá phía trên đè nén xuống, dẫn đến hình thành vùng ứng suất tập trung.

b. Tăng ứng suất tại các điểm yếu

Tại xung quanh biên của khu vực khoảng trống đã khai thác hoặc những vị trí khối đá có khuyết tật là nơi ứng suất tập trung lớn và sẽ trở thành điểm yếu. Khi ứng suất vượt quá giới hạn chịu lực của khối đá → xảy ra phá hủy đột ngột → giải phóng năng lượng và gây ra chấn động mỏ.

c. Sự sập đổ đột ngột của đá vách

Nếu đá vách bị nứt hoặc mất ổn định do khoảng trống khai thác mở rộng, ứng suất gia tăng và sau thời gian dài chịu tải → sập đổ đột ngột → chấn động mạnh kèm theo tiếng nổ, rung lắc lớn.

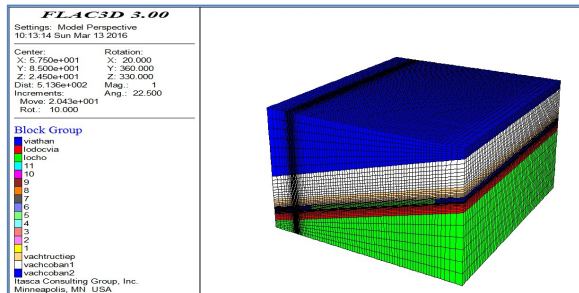
3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1. Thiết lập mô hình

Để nghiên cứu quá trình hình thành chấn động mỏ khi khai thác vỉa than có đá vách cơ bản cứng vững, bài báo sử dụng phần mềm Flac3D và điều kiện địa cơ học của khối đá ở bảng 2 để xây dựng mô hình tính toán.

Mô hình được thiết lập có gốc tọa độ ở góc trái bên dưới mô hình, kích thước mô hình theo phương x, y và z lần lượt là 100m, 150m và 55m

với 5 lớp đất đá. Do mô hình có kích thước lớn, diện khai thác rộng, để nâng cao tốc độ tính toán ta chia mô hình thành các lưới ô vuông với kích thước các phân tử 0,5x0,5m, với kích thước này không ảnh hưởng nhiều đến kết quả nghiên cứu. Với vỉa than có chiều dày 3 m, để đơn giản cho tính toán và kết quả phản ánh được thực trạng, ta chọn chiều dài tiến độ khai thác là 5m, chiều cao khẩu lò chợ 3m, độ sâu khai thác ở mức -200 m, mô hình mô phỏng thể hiện ở Hình 2.



Hình 2. Mô hình Flac3d

3.2. Điều kiện biên

Xung quanh mô hình theo phương X và phương Y được cố định chặt, và chịu tác dụng của ứng suất theo phương ngang là σ_x , σ_y , mặt dưới của mô hình được cố định chặt không cho

phép chuyển vị theo phương thẳng đứng. Mặt trên của mô hình là mặt tự do chịu tác dụng của tải trọng phần đất đá nằm phía trên nó (σ_z), các giá trị ứng suất nguyên sinh được xác định theo công thức sau:

Ứng suất theo phương thẳng đứng:

$$\sigma_z = \gamma H;$$

Ứng suất theo phương nằm ngang:

$$\sigma_x = \sigma_y = k\sigma_z;$$

Trong đó:

γ - Trọng lượng riêng của đất đá, kg/m³;

H- Chiều sâu của cột đất đá tính từ mặt đất đến bề mặt trên của mô hình, m;

k- Hệ số áp lực ngang, $k = \nu / (1 - \nu)$;

ν - Hệ số Poisson của đá;

σ_z - Giá trị ứng suất trong khối đá theo phương trục z (thẳng đứng), MPa;

σ_x - Giá trị ứng suất trong khối đá theo phương trục x, MPa;

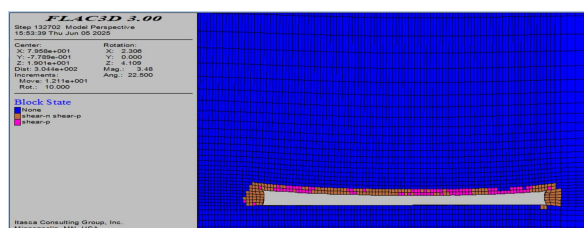
σ_y - Giá trị ứng suất trong khối đá theo phương trục y, MPa

Bảng 2. Các tham số cơ học các lớp đá và than sử dụng trong mô hình tính toán [1]

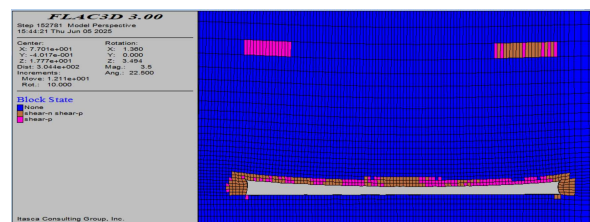
Loại đá	Chiều dày (m)	Trọng lượng thể tích (kg/m ³)	Cường độ kháng kéo (MPa)	Cường độ kháng nén (MPa)	Mô đun đàn hồi E (MPa)	Hệ số Poisson μ	Độ dính kết (MPa)	Góc ma sát trong φ (độ)	Hệ số kiên cố (f)
Vách	10÷30	2.500	2,68	44,0	21.778	0,32	0,3	30	4,4
Vách cơ bản	10÷30	2.670	6,68	74,0	28.778	0,23	0,6	33	7,4
Vách trực tiếp (vách giả)	1	2.670	2,05	21,3	20.763	0,20	0,6	24	2,1
Than	3	1.65	0.93	22,5	7.604	0,33	0,2	33	2,3
Trụ trực tiếp	20	2.670	5,85	72,8	27.763	0,23	0,6	32	7,3

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

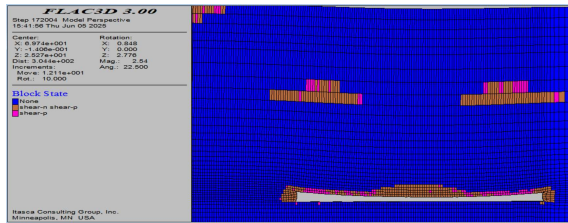
4.1. Quá trình sập đổ đá vách với vách cơ bản có chiều dày 30m



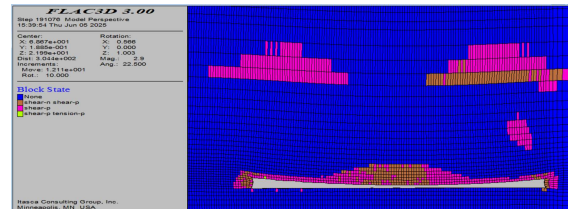
a) Khai thác được 45m



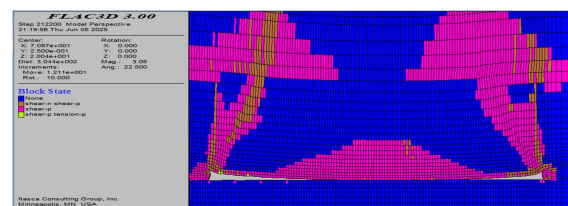
b) Khai thác được 50m



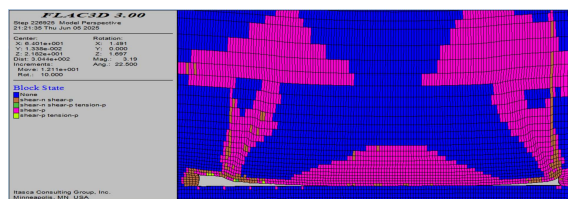
c) Khai thác được 55m



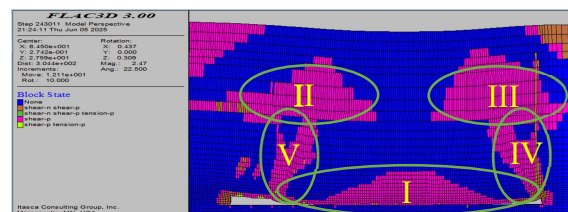
d) Khai thác được 60m



e) Khai thác được 65m



f) Khai thác được 70m



g) Khai thác được 75m

Hình 3. Quá trình sập đổ đá vách khi vách cơ bản cứng vững có độ dày 30 m

- Từ hình vẽ có thể thấy được:

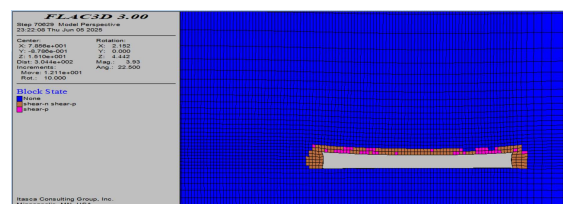
Phá hủy đá vách ở nóc lò chợ được chia thành 5 vùng phá hủy (hình 3g), vùng phá hủy ở sát nóc lò chợ (vùng I), hai vùng phá hủy ở phía trên lớp đá vách cơ bản cứng vững (vùng II và vùng III), hai vùng phá hủy xuất hiện ở lớp đá vách cơ bản cứng vững phía trên hai đầu khoảng trống khai thác (vùng IV và V).

Kể từ khi bắt đầu mở lò chợ cho đến khi khai thác được 45 m chỉ xuất hiện phá hủy ở vùng I, chính là phá hủy của lớp đá vách giả với

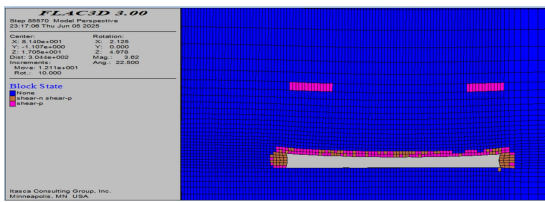
độ sâu phá hủy là 1m, đá vách cơ bản cứng vững không bị phá hủy. Nhưng khi khai thác được 50 m thì độ sâu phá hủy của vùng I bắt đầu phát triển tăng mạnh và tiến sâu vào trong lớp đá vách cơ bản cứng vững, đồng thời lúc tại lớp đá vách nằm phía trên vách cơ bản cứng vững cũng xuất hiện hiện tượng tách lớp và phá hủy ở hai vị trí vùng II và vùng III, hai vùng phá hủy này phát triển rất mạnh và gây ra tải trọng lớn tác dụng lên lớp đá vách cứng vững ở phía dưới nó. Khi lò chợ khai thác được 60 m, tại vùng đá vách cơ bản cứng vững ở phía trên hai đầu khoảng trống đã khai thác (vùng IV và vùng V) bắt đầu bị phá hủy và tăng nhanh, khi khai thác được 65m thì hai vùng phá hủy này phát triển mở rộng và liên thông với các vùng phá hủy I, II và III.

Tuy nhiên, quá trình liên thông này không gây ra sập đổ đột ngột do khi khai thác được 65 m lớp đá vách cơ bản cứng vững ở giữa khoảng trống đã khai thác xuất hiện ứng suất uốn và kéo lớn, làm cho đất đá ở khu vực này bị phá hủy nhanh và sớm hơn so với phá hủy xuất hiện ở vùng IV và V, với phạm vi phá hủy lớn tạo ra lượng đất đá đủ lớn để lấp đầy khoảng trống đã khai thác, đỡ toàn bộ khối đá vách cứng vững phía trên nó, ngăn chặn sự phát triển mở rộng vùng phá hủy và liên thông giữa vùng II và III với nhau. Còn tại vùng IV và V cũng xuất hiện sự tập trung ứng suất cắt lớn, tuy nhiên do độ dày lớp đá vách cơ bản cứng vững lớn nên có khả năng chống lại lực cắt tốt hơn, cần phải lực cắt lớn mới có thể làm phá hủy được khối đá cứng vững ở hai vùng này. Điều này đã khiến cho sự phá hủy xuất hiện ở vùng IV và V bị trễ hơn so với vùng I. Cho nên, khi vùng IV, V phá hủy mở rộng và liên thông với vùng I, II và III sẽ không xảy ra sập đổ đột ngột (chấn động mỏ).

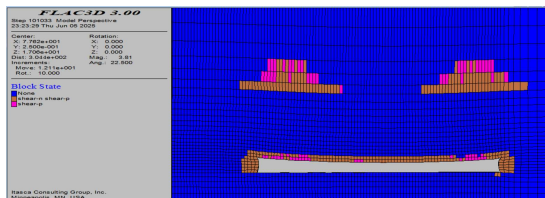
4.2. Quá trình sập đổ đá vách với vách cơ bản có chiều dày 10m



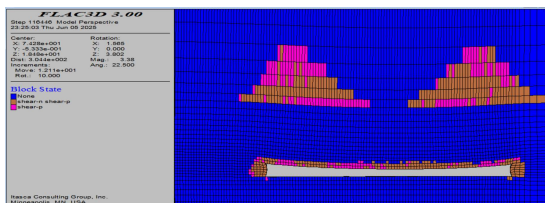
a) Khai thác được 30m



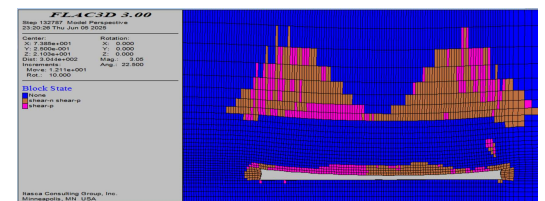
b) Khai thác được 35m



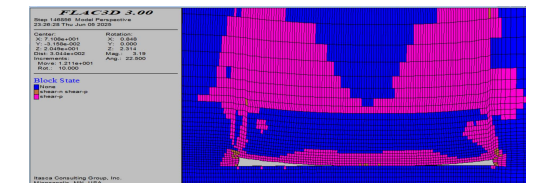
c) Khai thác được 40m



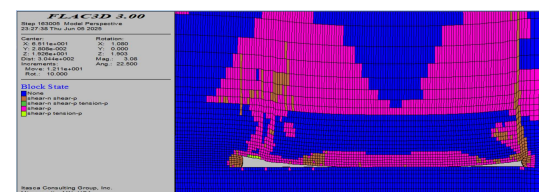
d) Khai thác được 45m



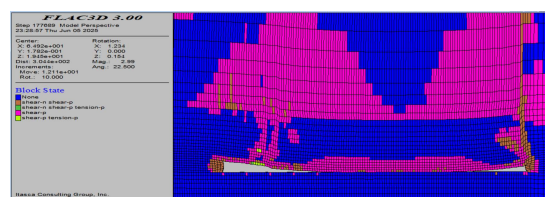
e) Khai thác được 50m



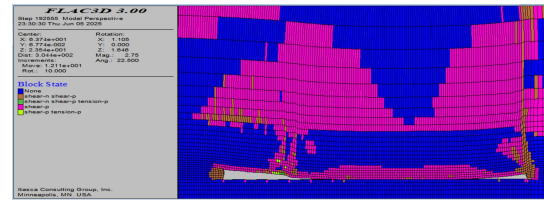
f) Khai thác được 55m



h) Khai thác được 60m



g) Khai thác được 65m



i) Khai thác được 70m

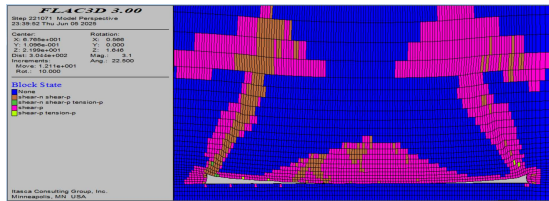
Hình 4. Quá trình sập đổ đá vách khi vách cơ bản cứng vững có độ dày 10 m

- Từ hình 4 có thể thấy được:

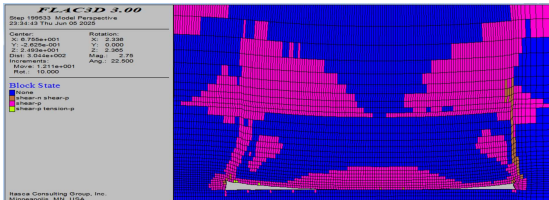
Kể từ lúc bắt đầu khai thác cho đến khi tiến độ khai thác của lò chợ khai thác được khoảng 30m vùng phá phá hủy sát nóc lò chợ (vùng I) chỉ là phá hủy của lớp vách giả có độ sâu bằng 1m, còn lớp đá vách cơ bản cứng vững hầu như không bị phá hủy. Khi tiến độ khai thác đạt 35 m thì tại khu vực vùng II và vùng III lớp đá vách nằm phía trên lớp đá vách cơ bản bắt đầu bị tách lớp và phá hủy, nếu tiếp tục khai thác thì hai vùng phá hủy này phát triển rất nhanh theo phương thẳng đứng hướng lên phía trên, một phần phát triển theo phương ngang, khi tiến độ khai thác đạt 50 m thì hai vùng này liên thông với nhau. Đồng thời lúc này, tại vùng IV và vùng V trong lớp đá vách cơ bản nằm ở phía trên hai đầu khoảng trống khai thác bắt đầu bị xuất hiện sự phá hủy và phát triển mạnh hướng về phía vùng I, II và III, chúng có xu hướng liên thông với nhau.

Khi tiến độ khai thác đạt 55 m, diện tích phá hủy của các vùng I, II, III, IV và V liên thông với nhau. Trong khi đó, độ cao phá hủy ở vùng I không lớn, lượng đất đá phá hủy chưa đủ để lấp đầy khoảng trống đã khai thác, đá vách cơ bản vẫn ở trạng thái treo lơ lửng, mặt khác phần đá vách cơ bản ở vùng IV và V có độ dày không đủ lớn để chống lại ứng suất cắt xuất hiện ở đó dẫn đến xuất hiện phá hủy cắt trượt làm liên thông các vùng I, II, III, IV và V khiến cho toàn bộ khối đá vách cơ bản cứng vững liên khối chưa bị phá hủy sập đổ đột ngột xuống khoảng trống đã khai thác ở phía dưới nó gây ra chấn động lớn gọi là chấn động mỏ.

4.3. Phân tích quá trình hình thành chấn động mỏ khi chiều dày đá vách cơ bản cứng vững thay đổi

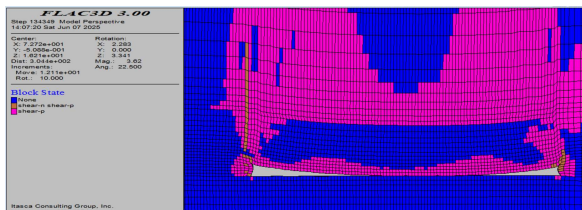


Hình 5. Sập đổ vách khi khai thác được 65m với vách cơ bản có chiều dày 20m

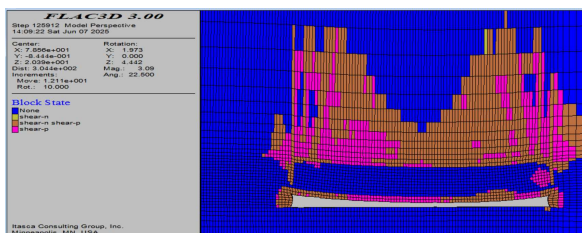


Hình 6. Sập đổ vách khi khai thác được 65m với vách cơ bản có chiều dày 15m

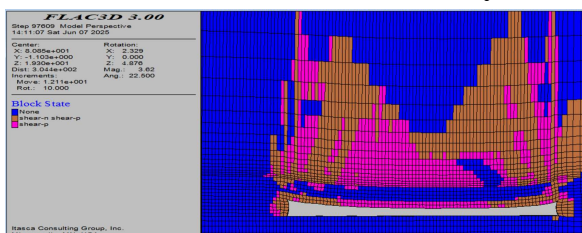
Từ hình 3, hình 5 và hình 6 cũng cho thấy biểu hiện phá hủy của đá vách cũng giống với trường hợp đá vách cơ bản cứng vững có chiều dày 30 m, trường hợp đá vách cơ bản cứng vững có chiều dày 15 m và 20 m cũng không xảy ra quá trình sập đổ đột ngột của đá vách cơ bản cứng vững, tức không xảy ra chấn động mỏ.



Hình 7. Sập đổ vách khi khai thác được 50m với vách cơ bản có chiều dày 7m



Hình 8. Sập đổ vách khi khai thác được 45m với vách cơ bản có chiều dày 5m



Hình 9. Sập đổ vách khi khai thác được 40m với vách cơ bản có chiều dày 3m

Từ hình 4, 7, 8 và hình 9 cho thấy khi đá vách cơ bản cứng vững có chiều dày 3m, 5m, 7m và 10m đều xảy ra quá trình sập đổ đột ngột của đá vách cơ bản, thời điểm xảy ra sập đổ đột ngột của đá vách cơ bản lần lượt tại thời điểm lò chợ khai thác được 55m, 50m, 45m và 40m. Khi chiều dày vách cơ bản cứng vững nhỏ thì vùng phá hủy của lớp đá vách nằm trên vách cơ bản càng mãnh liệt và nhanh liên thông với nhau, chiều cao phá hủy của nó cũng rất lớn, gây ra tải trọng lớn đè nén lên vùng đá vách cơ bản.

Khi vách cơ bản cứng vững có chiều dày lớn quy mô sập đổ càng lớn do khối đá vách cơ bản cứng vững nguyên khối có kích thước và khối lượng lớn, gây chấn động càng lớn, mức độ ảnh hưởng càng lớn.

Có thể thấy, khi độ dày của lớp đá vách cơ bản cứng vững lớn vừa tăng khả năng kháng cắt của phần đá vách cơ bản cứng vững ở hai đầu khoảng trống khai thác tại vùng IV và V, vừa bảo vệ tốt được lớp đá vách nằm trên nó, điều này đã hạn chế được sự phá hủy mở rộng tại vùng II và vùng III. Mặt khác, tại vùng I ở vị trí giữa khoảng trống đã khai thác xuất hiện ứng suất kéo uốn lớn vượt quá giới hạn bền của khối đá vách khiến cho lớp đá vách cơ bản cứng vững bị phá hủy mạnh và lấp đầy khoảng trống, tạo ra gối tựa đỡ toàn bộ khối vách cơ bản còn lại, ngăn chặn hiện tượng phá hủy của vùng II và III phát triển mở rộng và liên thông với nhau vừa ngăn ngừa được khối đá vách cơ bản cứng vững liên khối xảy ra sập đổ đột ngột tức là không xảy ra chấn động mỏ.

4. KẾT LUẬN

Khi khai thác vỉa than có đá vách cơ bản cứng vững, nếu chiều dày vách cơ bản lớn hơn 15 m sẽ không xảy ra chấn động mỏ, nếu chiều dày vách cơ bản nhỏ hơn 15 m sẽ xảy ra chấn động mỏ.

Khi độ dày vách cơ bản nhỏ thì thời điểm xảy ra chấn động mỏ sớm, có cường độ nhỏ, nhưng khi chiều dày vách lớn thời điểm xảy ra muộn hơn với cường độ mạnh hơn.

Khi khai thác vỉa than có vách cơ bản cứng vững, chấn động mỏ được hình thành như sau: đầu tiên lớp vách giả bị phá hủy, sau đó đến lớp đá vách nằm trên lớp vách cơ bản, cuối

cùng là phá hủy phần đá vách cơ bản ở phía trên hai đầu khoảng trống khai thác. Khi các vùng phá hủy liên thông với nhau sẽ xảy ra chấn động mỏ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Phạm Đức Thang, nnk (2022), “Nghiên cứu lựa chọn giải pháp công nghệ điều khiển áp lực mỏ trong các trường hợp đá vách bền vững khó sập đổ và đá vách mềm yếu kém bền vững”, (Mã số: 073.2021.ĐT.BO/HĐKHCHN), Bộ Công Thương.
- [2]. Vũ Đức Quyết, Vũ Ngọc Thuần (2024). Phân tích yếu tố ảnh hưởng và điều kiện xảy ra chấn động mỏ, Kỷ yếu Hội nghị KHCHN lần 8, Đại học Công nghiệp Quảng Ninh.
- [3]. 牟宗龙, 窦林名, 倪兴华, 张明伟 (2010). 顶板岩层对冲击矿压的影响规律研究, 中国矿业大学, (1): 41-44
- [4]. 周坤鹏, 路庆超, 徐睿, 谢亚清 (2008). 浅谈冲击矿压影响因素与防治技术. 煤矿安全: 94-96.
- [5]. 史红, 姜福兴 (2004), 采场上覆大厚度坚硬岩层破断规律的力学分析, 23 (18): 3066-3069.
- [6]. Itasca Consulting Group. (2009). FLAC3D Theoretical Manual.

Thông tin của tác giả:

TS. Vũ Đức Quyết

Trưởng Bộ môn Xây dựng mỏ, khoa Mỏ và công trình, Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh
Điện thoại: +(84).787.399.888 - Email: quyetvu1980@gmail.com

STUDY ON THE FORMATION MECHANISM OF ROCK BURSTS DURING COAL SEAM MINING WITH A COMPETENT MAIN ROOF

Information about authors:

Vu Duc Quyet, Ph.D., Head of Mining Construction Department, Faculty of Mining and Construction, Quang Ninh University of Industry
Phone: +(84).787.399.888 - Email: quyetvu1980@gmail.com

ABSTRACT

During the extraction of coal seams with competent and strong main roof strata, the collapse of the immediate roof is often insufficient to fill the mined-out void, resulting in the main roof being suspended over a wide area. The suspended main roof bears the overburden pressure from the upper rock layers, leading to significant stress concentrations around the boundaries of the goaf, which become potential weak zones. As the void expands, the increasing stress may exceed the strength limit of the main roof rock mass, causing brittle failure and a sudden, large-scale collapse, known as a mine seismic event. In this study, FLAC3D software and the mechanical parameters of rock masses at the Vàng Danh coal mine were used to develop a numerical model to investigate the formation mechanism of mine seismic events under varying thicknesses of strong main roof rock. The results indicate that mine seismicity occurs primarily when the thickness of the competent main roof is less than 15 meters, and when three failure zones (Zone I, II, and III) in the roof of the working face become interconnected. At that point, the entire main roof block collapses into the mined-out area, triggering a mine seismic event.

Furthermore, the study reveals that the thickness of the main roof is inversely proportional to the onset time of seismic events, and directly proportional to the intensity of smaller seismic disturbances.

Keywords: *Competent main roof, rock burst, stress concentration, coal seam.*

REFERENCES

- [1]. Pham Duc Thang, et al. (2022). "Research on Selecting Technological Solutions for Controlling Mine Pressure in Cases of Stable, Hard-to-Collapse Roof Rocks and Weak, Low-Stability Roof Rocks." (Code: 073.2021.DT.BO/HĐKH-CN), Ministry of Industry and Trade.
- [2]. Vu Duc Quyet, Vu Ngoc Thuan (2024). Analysis of Influencing Factors and Conditions for the Occurrence of Rock Bursts, Proceedings of the 8th Scientific and Technological Conference, Quang Ninh University of Industry.
- [3]. Mou Zong long, Dou Lin-ming, Ni Xing hua, Zhang Ming Wei (2010). Research on the Influence of Roof Strata on Rock Burst Risk, Đại học Mỏ Trung Quốc, (1). 41-44.
- [4]. Zhou Kunpeng, Lu Qingchao, Xu Rui, Xie Yaqing (2008). A Brief Discussion on the Influencing Factors and Prevention Technologies of Rock Burst. Coal Mine Safety. 94–96.
- [5]. Shi Hong, Jiang Fuxing (2004). Mechanical Analysis of the Fracture Law of Large-Thickness Hard Overlying Strata in the Mining Area. Journal, 23(18): 3066–3069.
- [6]. Itasca Consulting Group. (2009). FLAC3D Theoretical Manual.

Ngày nhận bài: 07/06/2025;

Ngày nhận bài sửa: 24/06/2025;

Ngày chấp nhận đăng: 27/06/2025.