

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỘ SÂU KHAI THÁC ĐẾN QUÁ TRÌNH BIẾN DẠNG VÀ SẬP ĐỔ CỦA ĐÁ VÁCH BẰNG PHẦN MỀM FLAC3D

Vũ Đức Quyết*, Vũ Ngọc Thuận, Vũ Thị Ngọc

Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh

*Email: quyetvu1980@gmail.com

TÓM TẮT

Khi độ sâu khai thác tăng lên, việc khai thác sẽ gặp nhiều vấn đề gây cản trở cho quá trình khai thác và tiềm ẩn nguy cơ xảy ra mất an toàn cao. Để đảm bảo an toàn và nâng cao hiệu quả khai thác khi độ sâu khai thác gia tăng, cần phải đánh giá được ảnh hưởng của độ sâu khai thác đến diễn biến của quá trình biến dạng và sập đổ của đá vách, đây là cơ sở để đưa ra các giải pháp kỹ thuật khai thác cho phù hợp. Bài viết sử dụng phần mềm Flac3D xây dựng mô hình khai thác với độ sâu khai thác tăng từ 100 m đến 300 m để so sánh mức độ biến đổi của độ sâu vùng phá hủy, dịch chuyển và ứng suất của đá vách.

Từ khóa: độ sâu khai thác, sập đổ đá vách, dịch chuyển đá vách.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các kết quả nghiên cứu đều cho thấy, khi độ sâu khai thác tăng việc khai thác sẽ gặp phải các vấn đề như: áp lực địa tầng lớn, hiện tượng nổ đá, phụt khí, nổ khí, nước ngầm, đất đá có tính biến dạng và thấm thấu lớn, điều kiện vi khí hậu trong mỏ khắc nghiệt, đào và khai thác trong điều kiện địa chất phức tạp công tác thông gió, thoát nước, vận tải gặp nhiều khó khăn v.v... những vấn đề này không chỉ cản trở quá trình khai thác mà còn gây ra nguy hiểm khi tiến hành khai thác than. Theo thống kê từ năm 2005 đến nay cho thấy, khi khai thác than ở độ sâu lớn các sự cố nổ đá, phụt khí than, bực nước, sập lở nóc lò đều tăng về số lần xảy ra so với khai thác ở độ sâu nhỏ [1]. Ở Trung Quốc khi khai thác các mỏ than ở độ sâu lớn hơn 600m đã có 70% các mỏ xảy ra sự cố nổ khí, phụt khí với số người chết trong một vụ lớn hơn 10 người [4]. Nguyên nhân của các sự cố rất phức tạp, phụ thuộc vào nhiều yếu tố như: ứng suất cao, đất đá biến dạng lớn, nhiệt độ cao, hàm lượng khí bụi nổ cao, áp lực nước lớn, ảnh hưởng của áp lực động trong khai thác, môi trường cơ học địa chất phức tạp [1]. Trong đó, vấn đề khối đá ở độ sâu lớn, thường có biểu hiện đặc tính cường độ sau giới hạn và biểu hiện biến dạng dẻo [4], chịu trạng thái nén ép 3 trục rất lớn, năng lượng tích lũy trong khối đá rất lớn, sau khi

khai đào khối đá chuyển thành trạng thái chịu lực 1 trục hoặc 2 trục và ứng suất giảm đột ngột, lúc này năng lượng lớn tích lũy trong khối đá dễ được giải phóng sinh ra hiện tượng nổ đá hoặc biến dạng rất lớn và diễn ra nhanh chóng. Đây là vấn đề gây ra nhiều khó khăn cho công tác khai thác cũng như chống giữ lò chợ trong quá trình khai thác, tiềm ẩn nguy cơ nổ đá cao. Nếu không nắm bắt được ảnh hưởng của độ sâu khai thác đến quá trình biến dạng và phá hủy của khối đá vách sẽ không đưa ra được biện pháp ngăn ngừa phù hợp.

Khi độ sâu khai thác tăng, áp lực địa tầng cũng tăng dẫn đến biến dạng khối đá lớn, một lượng lớn khí hấp thụ trong điều kiện áp lực cao, nhiệt độ lớn, năng lượng chuyển động nhiệt lớn dễ xảy ra hiện tượng nổ khí và phụt khí than, làm mất an toàn trong khai thác và đào lò [5]. Khi độ sâu khai thác lớn nước ngầm chịu áp lực nén ép tăng cao dễ xảy ra hiện tượng phụt nước [3].

Hiện nay các tính toán thiết kế phổ biến dựa trên cơ sở lý thuyết biến dạng nhỏ hoặc độ bền giới hạn, nếu áp dụng các lý thuyết tính toán này cho các công trình ở độ sâu lớn sẽ dẫn đến sai lệch, và không phù hợp. Khi lò chợ khai thác ở dưới sâu, khối đá sẽ xuất hiện biến dạng lớn từ các phía, để tính toán biến dạng của khối đá ngoài việc xây dựng các mô hình đặc trưng cơ học vật

lý biến dạng phù hợp với khối đá, còn phải sử dụng lý thuyết phi tuyến để tính toán, như vậy các kết quả mới phù hợp với điều kiện môi trường dưới sâu. Hiện nay phương pháp số đóng một vai trò quan trọng trong việc hỗ trợ tính toán thiết kế các công trình nói chung và công trình ngầm mỏ nói riêng, có rất nhiều phần mềm ứng dụng dựa trên cơ sở lý thuyết phần tử hữu hạn, sai phân hữu hạn, lý thuyết phần tử rời rạc.v.v... Tuy nhiên, việc ứng dụng phần mềm Flac3D nghiên cứu ảnh hưởng độ sâu đến quá trình biến dạng và sập đổ đá vách chưa được đề cập nhiều. Do vậy, trong bài viết này, nhóm tác giả đã sử dụng

phần mềm Flac3D để đánh giá ảnh hưởng của độ sâu đối với biến dạng và sập đổ của đá vách làm ví dụ cho việc tính toán và đề xuất biện pháp khai thác cho phù hợp khi gia tăng độ sâu khai thác.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Thiết lập mô hình

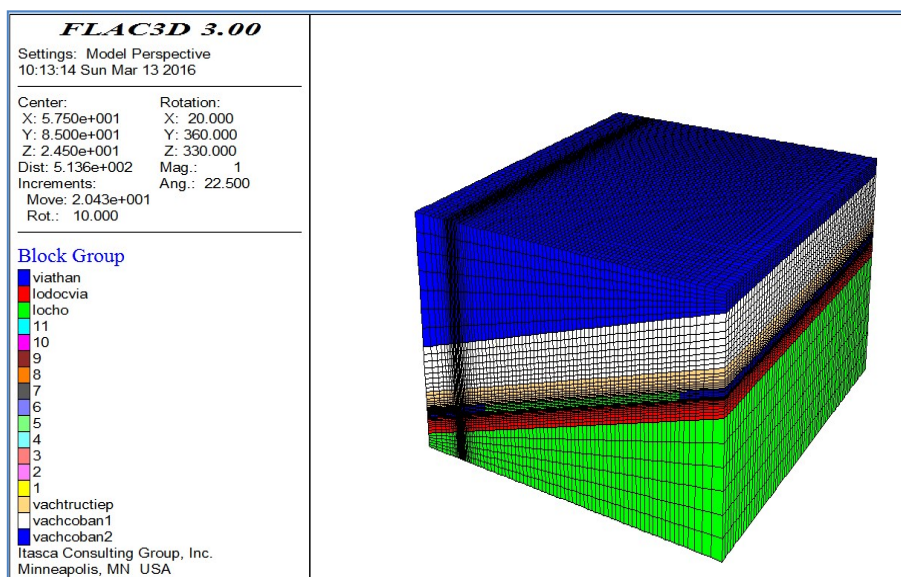
Mô hình tính toán được thiết lập với gốc tọa độ ở góc dưới bên trái mô hình, kích thước mô hình theo phương X là 200m, phương Y là 150m và phương Z là 100m với 5 lớp đất đá có tính chất cơ học thể hiện ở bảng 1.

Bảng 1. Các tham số cơ học của các lớp đá

STT	Lớp đá	Chiều dày, (m)	Mô đun đàn hồi E, (Gpa)	Hệ số poisson ν	Lực dính kết C, (Mpa)	Góc ma sát trong ϕ , (độ)	Độ bền kéo σ_k , (Mpa)
1	Vách cơ bản	120	4.1	0.23	5.2	45	6.00
2	Vách cơ bản	17÷24	3.42	0.25	4.2	43	4.60
3	Vách trực tiếp	6÷10	2.30	0.29	3.0	38	3.20
4	Vía than	2.5	0.76	0.32	1.6	33	2.00
5	Trụ trực tiếp	14÷20	2.88	0.27	5.2	44	4.50

Mô hình được phân chia thành các lưới ô vuông với kích thước các phân tử 1x1m. Theo kinh nghiệm thực tế, để giảm thời gian tính toán và chạy mô hình ta chọn tiến độ khai thác là 2m, với chiều cao lò chợ khai thác bằng chiều dày của

vía 2,5m, góc dốc của vía 17° , độ sâu khai thác lần lượt là 100m, 150m, 200m, 250m và 300m, mô hình mô phỏng được thể hiện ở hình 1. Mô hình tính toán áp dụng tiêu chuẩn phá hủy Mohr-Coulomb.



Hình 1. Mô hình Flac3D

2.2. Điều kiện biên

Xung quanh mô hình theo phương X và phương Y được cố định chặt và chịu tác dụng của áp lực 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), độ sâu khai thác được quy đổi thành giá trị ứng suất tương ứng được đặt phân bố đều trên mô hình tính, 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;

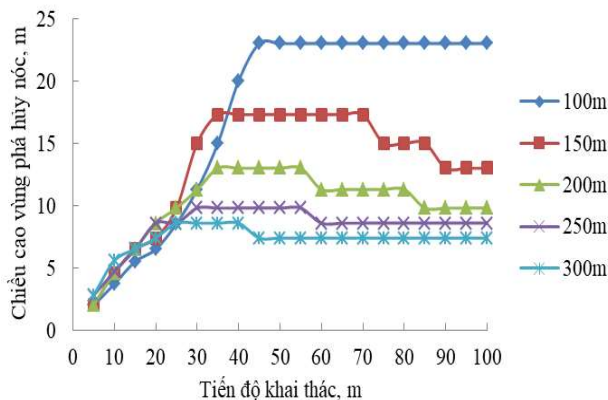
σ_z - Giá trị ứng suất trong khối đá theo phương trục Z (thẳng đứng), MPa;

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.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của độ sâu khai thác đến chiều cao vùng phá hủy



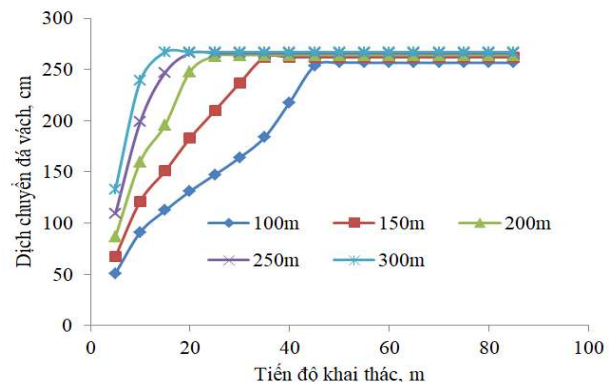
Hình 2. Quan hệ giữa tiến độ khai thác với chiều cao phá hủy khi tăng độ sâu khai thác

Từ hình 2 cho thấy rằng:

- Giai đoạn đầu khai thác, khi tiến độ khai thác gia tăng thì chiều cao vùng phá hủy tăng, khi khai thác đến một tiến độ nhất định thì chiều cao vùng phá hủy đạt giá lớn nhất, ở độ sâu khai thác càng lớn thì chiều cao vùng phá hủy lớn nhất càng nhanh đạt được, ngược lại độ sâu khai thác càng lớn thì chiều cao vùng phá hủy nóc lò chợ lại từng bước giảm dần. Cụ thể khi độ sâu khai thác tăng từ 100m đến 300m thì thời điểm đạt giá trị chiều cao vòm phá hủy lớn nhất tại các tiến độ khai thác là 45m, 35m, 35m, 30m và 25m, còn chiều cao vòm phá hủy lớn nhất ở nóc lò chợ lại từng bước giảm dần lần lượt là 23m, 17.3m, 13m, 9.8m và 8.59m. Nguyên do của hiện tượng này là do càng xuống sâu ứng suất nguyên sinh càng lớn, đất đá bị nén ép mạnh, khi khai thác đất đá dịch chuyển nhanh hơn với phạm vi rộng, khối đá vách trực tiếp hoặc vách cơ bản nhanh chóng vượt qua cường độ giới hạn dẫn đến bị phá hủy và chèn lấp kín khoảng trống đã khai thác. Khi đó, khối đá nằm sâu phía trên vòm không còn chịu tác động của giá trị ứng suất kéo rất lớn tạo ra bởi chính trọng lượng của khối đá vách trực tiếp và vách cơ bản nằm ở gần biên nóc lò chợ gây ra, điều này làm giảm chiều cao của vòm phá hủy ở nóc lò chợ.

- Khác với khi khai thác tại mức 100m, khi khai thác ở mức 150m và 200m sau chiều cao phá hủy nóc tăng và đạt được giá trị lớn nhất, thì chiều cao vòm phá hủy có hai lần giảm sau đó mới ổn định. Còn khi khai thác ở mức 300m thì chiều cao vòm phá hủy chỉ giảm một lần sau đó ổn định.

3.2. Ảnh hưởng của độ sâu khai thác đối với sự dịch chuyển của đá vách



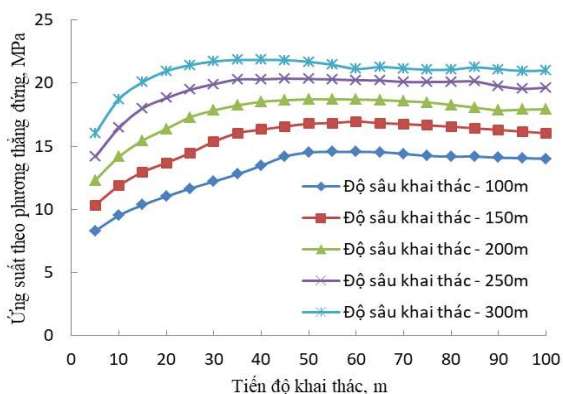
Hình 3. Quan hệ giữa tiến độ khai thác với dịch chuyển đá vách khi tăng độ sâu khai thác

Từ hình 3 cho thấy:

- Độ sâu khai thác càng lớn thì chuyển dịch của đá vách ở giai đoạn đầu càng tăng nhanh, thời điểm đạt dịch chuyển hoàn toàn diễn ra càng sớm. Khi độ sâu khai thác tăng từ 100m đến 300m thì thời điểm chuyển vị hoàn toàn lần lượt đạt được tại các mét khai thác thứ 45 m, 35 m, 25 m, 20 m và 15 m. Khi khai thác ở 5 m đầu tiên của lò chợ thì giá trị chuyển vị lớn nhất của nóc lò chợ cũng chênh lệch rất lớn với mức chuyển vị lần lượt là 50.8cm, 67.2 cm, 86.5 cm, 109 cm và 133 cm.

- Khi khai thác ở mức nông thì chuyển vị nóc lò chợ diễn ra từ từ, đồ thị có dạng dốc thoải sau đó ổn định, còn khi khai thác ở độ sâu lớn thì giá trị chuyển vị nóc lò chợ tăng lên rất nhanh, đồ thị thể hiện ở dạng dốc đứng và nhanh chóng đạt được trạng thái ổn định (sập đổ hoàn toàn).

3.3. Ảnh hưởng của độ sâu khai thác đến quy luật biến đổi áp lực ở nóc lò chợ



Hình 4. Quan hệ giữa ứng suất và tiến độ khai thác khi tăng độ sâu khai thác

Từ hình 4 cho thấy quy luật biến đổi giá trị ứng suất theo phương Z lớn nhất phân bố ở trước gương lò chợ với độ sâu khai thác gia tăng như sau:

Ở các mức khai thác khác nhau đồ thị thể hiện quy luật biến đổi ứng suất theo tiến độ khai thác giống nhau, đều theo quy luật là thời điểm

ban đầu khi khai thác ứng suất tăng và khi đạt được giá trị ứng suất lớn nhất thì lại giảm nhẹ sau đó có xu hướng ổn định.

Độ sâu khai thác có ảnh hưởng lớn đến thời điểm đạt giá trị ứng suất lớn nhất, khi khai thác ở độ sâu lớn thì thời điểm đạt giá trị ứng suất lớn nhất rất nhanh và ngược lại. Cụ thể khi độ sâu khai thác tăng từ 100m lên 300m thì thời điểm đạt giá trị ứng suất lớn nhất lần lượt đạt được ở mét thứ 50m, 45m, 40m, 35m và 30m.

Khi độ sâu khai thác tăng thì giá trị ứng suất tập trung lớn nhất ở trước gương lò chợ lần lượt tăng lên với biên độ gia tăng ứng suất trung bình là 1.9MPa.

Ngoài ra khi độ sâu khai thác tăng lên thì thời điểm phục hồi ứng suất ở nóc của vùng phá hủy diễn ra nhanh hơn và giá trị ứng suất phục hồi cũng từng bước tăng lên, phạm vi phân bố vùng ứng suất kéo giảm dần nhưng giá trị của nó lại tăng lên.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Khác với trường hợp khai thác ở độ sâu nhỏ, khi khai thác ở độ sâu lớn, tại thời điểm ban đầu khai thác ứng suất, chuyển vị và phá hủy của đá vách tăng rất nhanh và mạnh gây ra hiện tượng đất đá nén ép mạnh lên kết cấu chống lò chợ, nếu không có giải pháp chống giữ và khai thác hợp lý sẽ làm cho kết cấu chống bị phá hủy và lò chợ sẽ bị sập đổ gây nguy hiểm cho quá trình khai thác. Nhưng sau khi đạt đến giá trị ứng suất, chuyển vị và chiều cao vòm phá hủy cực đại, nếu tiếp tục khai thác chúng sẽ chuyển sang trạng thái ổn định, áp lực mỏ sẽ ổn định, quá trình khai thác sẽ trở nên dễ dàng hơn so với thời kỳ ban đầu của quá trình khai thác.

Độ sâu khai thác lớn đồng nghĩa với giá trị ứng suất nguyên sinh lớn khiến cho đất đá bị nén ép mạnh, cùng với nhiệt độ cao dễ dẫn đến hiện tượng nổ đá, nổ khí, phụt khí than và bụi nước, làm mất an toàn trong quá trình khai thác và đào lò.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Đào Viết Đoàn. (2018). *Về vấn đề khai thác xuống sâu và những thách thức của ngành than Việt Nam*, Hội nghị toàn quốc khoa học về trái đất và tài nguyên với phát triển bền vững.
2. Itasca (2011). Flac3d user's guide, Version 4.00.69. Itasca Consulting Group Inc, Minneapolis, MN 55401, USA.
3. 何满潮等著.(2008). *深部岩体力学基础*. 出版于科学出版社 (He ManChao (2008). Bases on deep rock mechanics, China Science Technique Press) (in Chinese).
4. 何满潮, 谢和平, 彭苏萍, 姜耀东 (2005). *深部开采岩体力学研究*. 岩石力学与工程学报 (He ManChao, Xie HePing, Peng SuPing, Jiang YaoDong (2005). Study on Rock mechanics in deep mining engineering. Chinese Journal of Rock Mecanics and Engineering) (in Chinese).
5. 冯夏庭, 王泳嘉 (1998). *深部开采诱发的岩爆及其防治策略的研究进展*. 中国矿业. (Feng Xiating, Wang YongJia (1998). *New development in researching rockburst induced by mining at great depth and its control strategies*. Journal of China Coal Industry (in Chinese).

Thông tin của tác giả:

TS. Vũ Đức Quyết

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

ThS. Vũ Ngọc Thuần

Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh
Điện thoại: +(84).9 84.921.281 - Email: thuanviet24@gmail.com

ThS. Vũ Thị Ngọc

Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh
Điện thoại: +(84).382.138.870 - Email: ngoc.ngocvu.vu@gmail.com

RESEARCH THE EFFECT OF MINING DEPTH ON DEFORMATION AND COLLAPSE PROCESS OF THE ROOF BY FLAC3D SOFTWARE

Information about authors:

Vu Duc Quyet, Ph.D., Head of Mine Construction Department, Quang Ninh University of Industry, email: quyetvu1980@gmail.com

Vu Ngoc Thuan, M.E., Quang Ninh University of Industry

Vũ Thị Ngọc, M.E., Quang Ninh University of Industry

ABSTRACT:

When the mining depth increases, the mining will face up to many problems that hinder the mining process and contain high risks of unsafety. To ensure safety and improve mining efficiency as the mining depth increases, it is necessary to evaluate the influence of mining depth on the deformation and collapse of the roof, this is the basis for providing suitable mining technical solutions. The article uses Flac3D software to build a mining model with the mining depth from 100 m to 300 m to compare the variation of the depth of the failure, displacement zone and the roof stress.

Keywords: Mining depth, Roof collapse, Roof displacement.

REFERENCES

1. Dao Viet Doan. (2018). *On the issue of deep mining and the challenges of Vietnam's coal industry*, the National science conference on earth and resources with sustainable development
2. Itasca (2011). Flac3d user's guide, Version 4.00.69. Itasca Consulting Group Inc, Minneapolis, MN 55401, USA.
3. He ManChao (2008). Bases on deep rock mechanics, China Science Technique Press. (in Chinese).
4. He ManChao, Xie HePing, Peng SuPing, Jiang YaoDong (2005). Study on Rock mechanics in deep mining engineering. Chinese Journal of Rock Mecanics and Engineering. (in Chinese).
5. Feng Xiating, Wang YongJia (1998). New development in researching rockburst induced by mining at great depth and its control strategies. Journal of China Coal Industry (in Chinese)

Ngày nhận bài: 27/04/2023;

Ngày gửi phản biện: 28/4/2023;

Ngày nhận phản biện: 18/5/2023;

Ngày chấp nhận đăng: 29/5/2023.