



NGHIÊN CỨU ỔN ĐỊNH CỦA GIÁ KHUNG THỦY LỰC QUÁ ĐỘ GKQD-2000/1.6/2.4 TẠI NGÃ BA LÒ CHỢ BẰNG MÔ PHÒNG MÔI TRƯỜNG KHÔNG LIÊN TỤC

Đoàn Ngọc Cảnh^{1,*}, Vũ Đình Mạnh¹, Lê Tiến Dũng²

¹Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin, 3 Phan Đình Giót, Hà Nội, Việt Nam

²Trường Đại học Mỏ - Địa chất, 18 Phố Viên, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 20/11/2025

Ngày nhận bài sửa: 25/11/2025

Ngày chấp nhận đăng: 28/12/2025

^{1,*}Tác giả liên hệ:

Email: dn_canh@yahoo.com

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả kiểm tra và phân tích sự ổn định làm việc của giá khung thủy lực quá độ GKQD 2000/1.6/2.4 tại khu vực ngã ba lò chợ, thông qua phương pháp mô phỏng môi trường không liên tục (UDEC). Kết quả mô phỏng cho thấy, đã xây dựng thành công mô hình tương tác giữa giá khung và đá mỏ trong lò chợ liên tục theo tiến độ khai thác. Các biểu hiện tái phân bố ứng suất mỏ và dịch chuyển đá mỏ được mô phỏng đúng thực tế. Gương than và giá khung có kết cấu ổn định, đảm bảo an toàn trong giới hạn khai thác cho phép. Kết quả đánh giá chi tiết cho thấy xu hướng thay đổi lực chống và mô men trên giá chống phù hợp với diễn biến áp lực mỏ và dịch chuyển đất đá trong điều kiện khai thác bình thường trước khi vách cơ bản sập đổ. Trong bối cảnh việc quan trắc áp lực mỏ lò chợ và không gian thử nghiệm hoạt động giá bị hạn chế, kết quả phân tích sự ổn định giá khung trên mô hình số giúp bước đầu khẳng định sự an toàn của vỉ chống, và là cơ sở giúp cải tiến đặc tính giá khung phù hợp với các biểu hiện dịch chuyển đá vách cực đoan hơn trong các nghiên cứu tiếp theo.

Từ khóa: giá khung thủy lực quá độ, đặc tính chống giữ, mô phỏng số, áp lực mỏ.

@ Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngành than những năm gần đây đã đạt được nhiều tiến bộ lớn trong việc đẩy mạnh cơ giới hóa khai thác than hầm lò. Trong đó, lò chợ giá khung di động đã được áp dụng khá phổ biến tại các đơn vị khai thác than hầm lò như các công ty than Uông Bí, Quang Hanh, Hà Lâm, Vàng Danh, Thống Nhất, Dương Huy, Nam Mẫu... Trong các lò chợ giá khung thủy lực có sử dụng máng cào, trạm dẫn động của máng cào thường lắp đặt tại khu vực ngã ba chân lò chợ. Đây là vị trí bố trí nhiều loại thiết bị phục vụ khai thác nên không gian làm việc chật hẹp, người đi lại rất khó khăn, đặc biệt khi thực hiện công tác vận hành, kiểm tra, bảo trì sửa chữa thiết bị tại khu vực. Bên cạnh đó, đây cũng là thường là khu vực có áp lực mỏ lớn, cấu tạo địa chất phức tạp, nhiều tầng đứt gãy, độ dày vỉa than có sự thay đổi lớn tiềm ẩn nhiều nguy cơ mất ổn

định thiết bị, đá vách và an toàn lao động. Nhằm nâng cao mức độ an toàn và cải thiện, đảm bảo không gian làm việc cho người lao động, tại Việt Nam đã áp dụng thử nghiệm giá khung thủy lực quá độ GKQD 2000/1.6/2.4 được sản xuất chế tạo trong nước và được áp dụng thử nghiệm tại lò chợ I-6A-4 mỏ than Nam Mẫu.

Do giá khung quá độ làm việc trong môi trường áp lực mỏ lớn, cấu tạo địa chất phức tạp. Để kiểm nghiệm đầy đủ thực tế làm việc, ảnh hưởng tác động dịch chuyển đá vách với giá chống cũng như nghiên cứu tác động liên tục của đất đá tác động lên giá chống trong quá trình khai thác nhằm kiểm nghiệm trước và định hướng cải tiến sản phẩm trong tương lai cần sử dụng các phần mềm chuyên dụng để mô phỏng sự tương tác giữa vỉ chống thủy lực và các khối đá, đánh giá ổn định gương khai thác. Trong đó phần mềm UDEC™ (Universal

Distinct Element Code) là một phần mềm mô phỏng số chuyên dụng của hãng Itasca, đây là công cụ phổ biến trong khai thác mỏ, xây dựng hầm và công trình địa kỹ thuật. Bài báo ứng dụng phần mềm UDEC™ để tính toán kiểm tra sự ổn định làm việc của giá khung thủy lực quá độ GKQD/2000/1.6/2.4 thông qua phương pháp mô phỏng môi trường không liên tục.

2. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

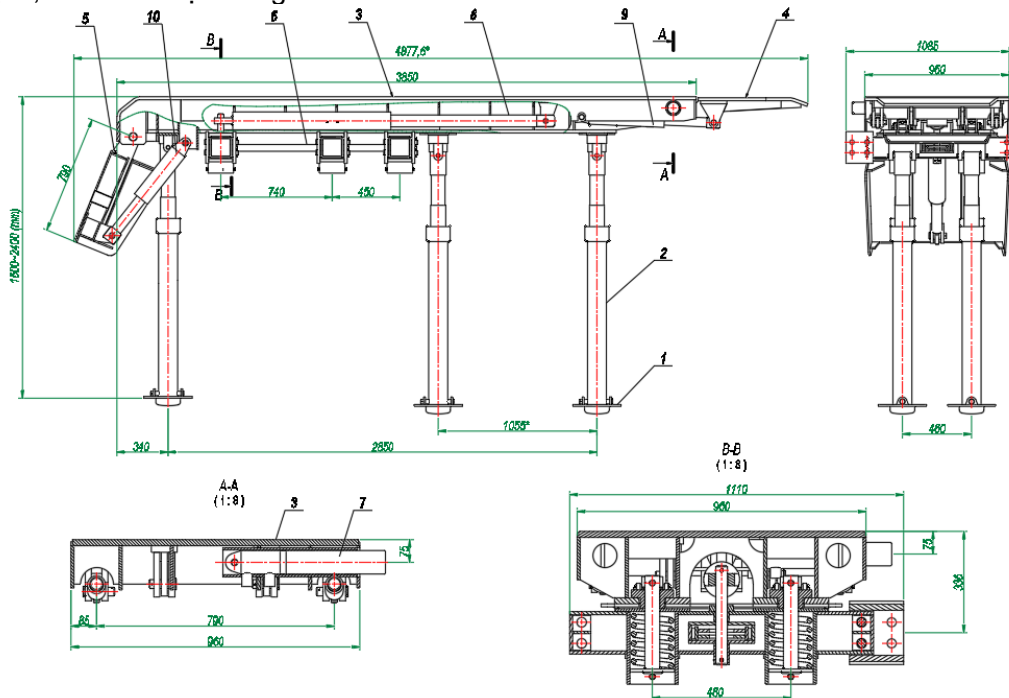
2.1. Mô tả giá khung quá độ

Giá khung quá độ GKQD-2000/1.6/2.4 là loại giá di động hạng nhẹ cải tiến giữa giá thủy lực di động và giàn thủy lực di động trong khai thác cơ giới hóa. Một số đặc tính kỹ thuật nổi bật của thiết bị:

- Giá khung quá độ có thiết kế hệ thống khung đỡ kết nối đồng bộ thành một thể thống nhất nên tính năng ổn định, an toàn được nâng cao.

- Giá khung thủy lực quá độ được thiết kế cụm xà đuôi có kích điều khiển linh hoạt khi tận thu than nóc và che chắn đất đá luồng phá hỏa phía sau.

- Do sử dụng dạng khung đỡ, nên trong phạm vi cường độ cho phép của xà có thể linh hoạt chọn các loại cột thủy lực có lực chống đỡ đạt đến mức cao nhất đáp ứng được yêu cầu của lò chợ có áp lực lớn. Theo thiết kế giá khung quá độ thông thường sử dụng 04 cột chống. Đối với đường lò có cường độ khác lớn hơn 6,50 MPa, sử dụng thêm 02 cột phụ ở giữa để chống tăng cường. Do sử dụng khung đỡ, nên trong phạm vi cường độ cho phép của xà có thể lựa chọn các loại cột thủy lực có đường kính khác nhau chống đỡ nóc để lực chống đỡ đạt đến mức cao nhất đáp ứng được yêu cầu của lò chợ có áp lực lớn. Kết cấu giá khung di động GKQD-2000/1.6/2.4 được thể hiện trong Hình 1. Thông số kỹ thuật chính của giá khung quá độ thể hiện trong Bảng 1.



Hình 1. Cấu tạo giá khung quá độ GKQD/2000/1.6/2.4 [1]

- 1. Đế chống lún; 2. Cột chống; 3. Cụm xà nóc; 4. Tấm chắn gương; 5. Cụm xà đuôi;
- 6. Khung đỡ; 7. Kích xà cạnh; 8. Kích tiến xà; 9. Kích tấm chắn gương; 10. Kích xà đuôi.

Bảng 1. Đặc tính kỹ thuật giá khung quá độ GKQD/2000/1.6/2.4 [1]

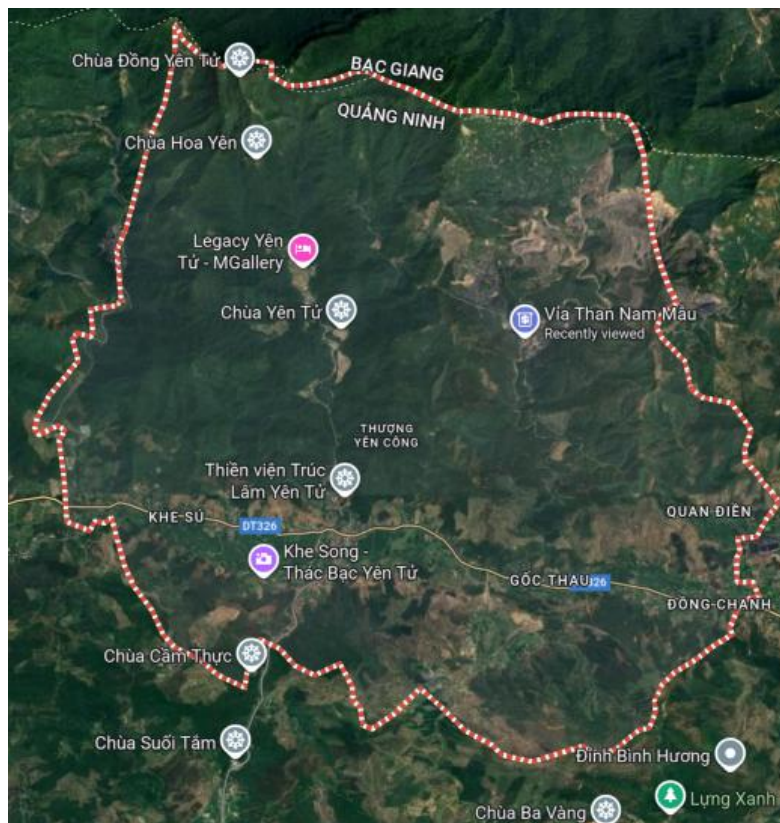
TT	Tên chỉ tiêu	Đơn vị	Thông số
1	Chiều cao (min - max)	mm	1.600÷2.400
2	Chiều dài xà nóc	mm	3.900
3	Chiều rộng xà nóc	mm	960
4	Bước tiến giá	mm	800
5	Lực chống làm việc (P= 40.7 MPa)	kN	2.000

TT	Tên chỉ tiêu	Đơn vị	Thông số
6	Lực chống ban đầu (P= 31.5 MPa)	kN	1.546,4
7	Áp lực trạm bơm	MPa	31,5
8	Góc dốc làm việc theo phương	độ	≤35
9	Góc dốc theo hướng	độ	±15
10	Số cột thủy lực	cột	4 (+02)
11	Khối lượng giá	kg	~3.000

2.2. Mô tả khu vực thử nghiệm

Mỏ than Nam Mẫu được vận hành bởi Công ty Than Nam Mẫu – một đơn vị thành viên của Tập đoàn Than – Khoáng sản Việt Nam (Vinacomin). Mỏ nằm tại Phường Yên Tử, tỉnh Quảng Ninh và khai thác các vỉa than thuộc khoáng sàng Than Thùng – Yên Tử. Đất đá mỏ chủ yếu thuộc loại

trầm tích tập T_{3r}-J₁, bao gồm bột kết, cát kết, các vỉa than, sét kết, sét than với tổng chiều dày khoảng 403 m. Trong tập chứa 10 vỉa than với 9 vỉa có giá trị công nghiệp. Khu vực có khả năng áp dụng giá khung thủy lực di động thuộc các Vía 6, 6A, 7 Than Thùng.



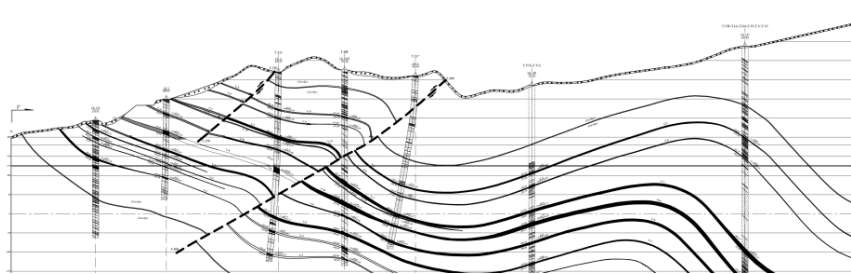
Hình 2. Vị trí mỏ than Nam Mẫu tại Phường Yên Tử [2]

Trên cơ sở đánh giá đặc điểm địa chất – kĩ thuật mỏ các khu vực có khả năng áp dụng, Viện Khoa học Công nghệ Mỏ phối hợp Công ty Than Nam Mẫu áp dụng thử nghiệm giá khung quá độ tại lò chợ I-6A-4 khu I vỉa 6a. Vía 6a có chiều dày trung bình 3,34 m trong phạm vi tính trữ lượng từ LK10 đến LK6. Vía cấu tạo tương đối phức tạp, có

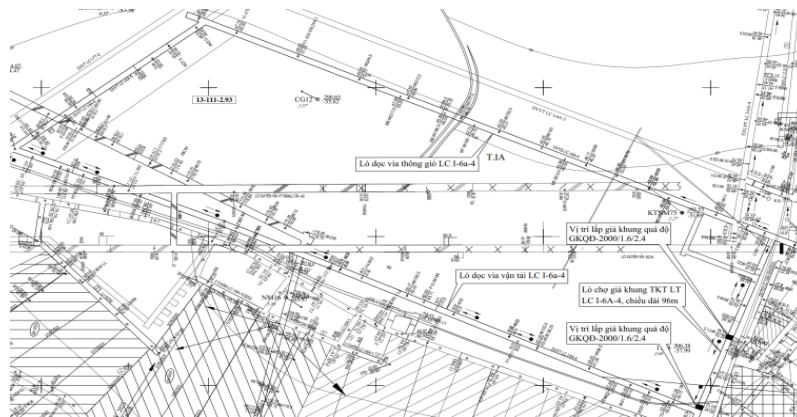
0–8 lớp đá kẹp với chiều dày trung bình 0,36 m. Đá vách trực tiếp là sét kết dày 1,0 m. Lớp bột kết và cát kết phân lớp dày từ 1,5 và 5,0 m. Đá trụ trực tiếp là bột kết dày 2–6 m. Than có độ kiên cố 1–3. Sét kết cấu tạo phân lớp mỏng, cường độ kháng nén trung bình 33,1 MPa. Bột kết cấu tạo phân lớp mỏng với cường độ kháng nén 61,8 MPa. Cát kết

có cấu tạo phân lớp dày, cường độ kháng nén trung bình 106,7 MPa. Mặt cắt địa chất theo tuyến III mỏ than được thể hiện trong Hình 3. Tại lò chợ I-6A-4 vỉa có chiều dày trung bình 4 m. Chiều cao

khấu than là 2,2 m. Góc dốc vỉa trung bình dưới 5 độ. Chiều dài lò chợ theo hướng dốc là 126 m. Bình đồ lò chợ thể hiện trong Hình 3. Lò chợ ở độ sâu -50 m bên dưới mặt đất có cốt cao +300 m.



Hình 3. Mặt cắt địa chất tuyến III, mỏ than Nam Mẫu [3]



Hình 4. Sơ đồ lò chợ I-6A-4, mỏ than Nam Mẫu [4]

2.3. Mô phỏng giá khung và tương tác với đá mô

Phần mềm UDEC™ đã được nhiều Viện nghiên cứu, trường đại học sử dụng để hỗ trợ trong công tác nghiên cứu, mô phỏng thiết kế. Trong đó với lĩnh vực hầm lò được dùng khá phổ biến và hữu dụng. Có thể kể các công trình nghiên cứu “Ảnh hưởng của hoạt động khai thác mỏ dưới lòng đất đến địa hình bề mặt: Nghiên cứu trường hợp mỏ than Núi Béo” [2] hay công trình nghiên cứu “Ứng dụng phương pháp mô hình hóa số để xác định tác động của khai thác mỏ ngầm đến các công trình trong kho chứa than G9 tại mỏ than Mông Dương bằng phần mềm UDEC2D” [3] đều đã sử dụng phần mềm này.

Để mô phỏng hoạt động giá khung quá độ trong lò chợ, chương trình số phần tử không liên tục UDEC™ được sử dụng do có thể mô phỏng cấu trúc giá khung (vốn có kết cấu đối xứng) và tương tác của giá với khối đá mô xung quanh lò chợ [4]. Bản chất chương trình và hướng dẫn mô phỏng được mô tả chi tiết trong tài liệu hướng dẫn sử dụng và các nghiên cứu đã công bố. Do UDEC™ có bản chất là hai chiều, hoạt động của giá khung theo phương khai thác được ưu tiên mô phỏng. Vị

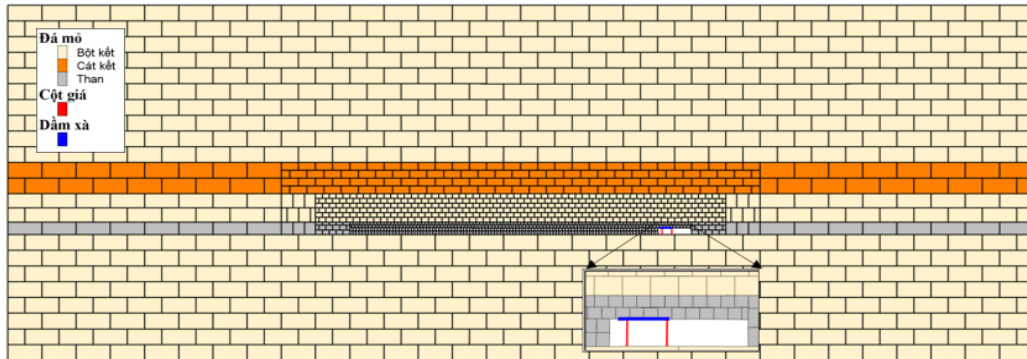
trí mặt cắt mô phỏng đặt tại giá khung quá độ nơi giáp đường lò dọc vỉa vận tải (Hình 3).

Theo phương vỉa, lò chợ có góc dốc thay đổi không đáng kể nên được coi như nằm ngang. Từ dưới lên trên, tập đá nền được mô phỏng có chiều dày 40 m, gập 10 lần vỉa than có chiều dày 4 m, đá bột kết có chiều dày 9 m, cát kết có chiều dày 10 m, tầng đá phủ có chiều dày 50 m. Do tổng chiều dày từ nền lò tới mặt đất là 350 m (xem thông tin lỗ khoan trên Hình 4), phần đá phủ còn lại 277 m được mô phỏng bằng một ứng suất ở biên giới đỉnh mô hình. Tổng kích thước mô hình theo phương đứng từ biên giới đáy lên biên giới đỉnh là 113 m. Theo phương ngang chiều dài tiến gương được mô phỏng là 80 m, cho phép tập đá vách cơ bản có thể sập đổ ban đầu. Tổng kích thước mô hình theo phương ngang là 300 m.

Trong các tập đá mô, các cấu trúc địa chất được đơn giản hóa về các mặt phân lớp ngang và nứt nẻ thẳng đứng. Trong vùng lõi nghiên cứu, kích thước cực nguyên khối trong đá vách trực tiếp là 1,5x2 m², trong đá vách cơ bản là 2,5x5 m², trong tầng đá phủ và đá nền là 5x10 m². Riêng trong vỉa do than được khấu 2,2 m, hạ trần 1,8 m, cực nguyên khối trong phần than khấu có kích thước

1×1,1 m², còn cục nguyên khối trong than nóc có kích thước 1×0,9 m². Với các cấu trúc này mô hình có tổng cộng 1587 khối. Mỗi khối được chia thành các vùng phần tử con để phục vụ tính toán ứng

suất biến dạng với mật độ vùng giảm dần từ vùng quan tâm nghiên cứu ra xung quanh. Kết quả xây dựng cấu trúc hình học mô hình thể hiện trong Hình 5.



Hình 5. Mô hình lò chợ I-6A-4 mở Nam Mẫu theo phương vỉa

Tương tự các mô phỏng lò chợ dài đã công bố, vật liệu đá nguyên khối trong mô hình được gán mô hình ứng xử dẻo mềm hóa, trong khi các mặt phân cách được gán mô hình phá hủy đơn giản Coulomb. Các tính chất cơ lý đá được thu thập từ

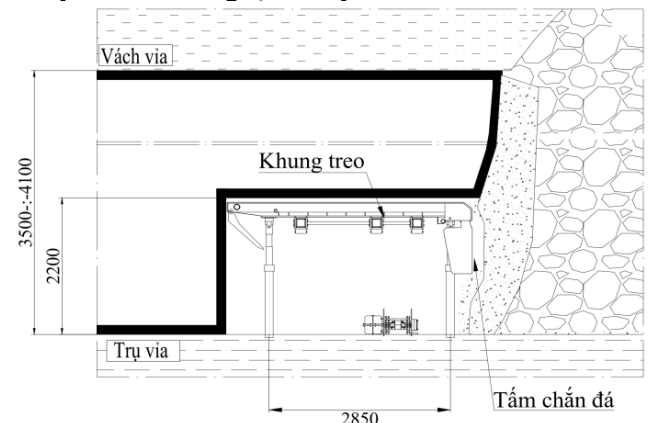
báo cáo địa chất mỏ. Các tính chất cơ lý mặt phân cách được lấy từ quá trình thử sai mô hình và tham khảo các nghiên cứu đã công bố. Tổng hợp các tính chất được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2. Tính chất cơ lý đá trong mô hình

Vật liệu	Nguyên khối						Mặt phân cách		
	Khối lượng riêng (kg/m ³)	Độ bền nén mẫu (MPa)	Mô đun đàn hồi mẫu (GPa)	Hệ số Poisson	Góc nội ma sát (độ)	Độ bền kéo mẫu (MPa)	Độ cứng pháp tuyến (GPa/m)	Độ cứng cắt (GPa/m)	Góc ma sát (độ)
Than	1800	25	3,75	0,25	25	2,5	10	1	15
Bột kết	2600	61,8	12,36	0,25	32	6,18	10	1	20
Cát kết	2600	106,7	21,34	0,25	35	10,67	10	1	20

Sau thiết lập mô hình được chạy để đảm bảo đạt trạng thái cân bằng ban đầu trước khi có bất kỳ hoạt động khai thác nào. Tiếp đó, giá khung quá độ được mô phỏng đơn giản hóa bởi một tấm xà nóc liên kết với hai cột thủy lực bên dưới. Theo chi tiết thiết kế trong [1], tấm xà có tổng chiều dài 3,9 m, chiều dài dầm tiếp xúc vách (chống giữ) 3,7 m, chiều rộng xà 0,95 m, chiều dày khung xà 0,02 m (Hình 6). Vật liệu làm xà là thép Q460 có khối lượng riêng 7850 kg/m³, mô đun đàn hồi 210 GPa, hệ số Poisson 0,3, giới hạn chảy bằng giới hạn kéo là 460 MPa, mô men uốn lớn nhất 457 kNm. Cột trước cách mép trước xà 0,66 m, cột sau cách mép sau xà 0,19 m, khoảng cách giữa hai cột 2850 mm. Mô men uốn tại giữa hai cột là 486 kNm. Mô men quán tính mặt cắt là 3,322e-4 m⁴. Diện tích mặt cắt ngang phần tử dầm tương đương là 0,03636 m².

Mô men dẻo (plastic-moment) là 1720 kNm. Lực chảy khi kéo bằng lực chảy khi nén, là 16,73 MN.



Hình 6. Mô hình chống trong lò giá khung GKQD-2000/1.6/2.4

Lực chống giá ban đầu 1546 kN ở hành trình piston cột 700–750 mm. Lực chống tối đa 2000 kN, van xả dịch và cột hạ xuống 2–3 mm. Độ cứng tổng giá là 120 MN/m. Do chiều rộng xà xấp xỉ 1 m tương đương chiều thứ ba mô hình, tổng lực chống của một giá được thể hiện đầy đủ trong mặt cắt mô phỏng. Do mặt cắt mô phỏng chỉ thể hiện được hàng cột trước và hàng cột sau, mỗi hàng cột theo đó sẽ chịu lực chống tối đa 1000 kN với độ cứng 60 MN/m. Để mô phỏng hàng cột trước, phần tử lò xo trong UDEC được sử dụng. Mỗi quan hệ lực – dịch chuyển của lò xo được thể hiện trong Bảng 3. Tầm xà nóc giá được mô phỏng bởi phần tử dầm trong UDEC, sử dụng các đặc tính đã được cung cấp trong mô tả ở trên. Ngôn ngữ FISH trong UDEC được sử dụng để tạo phần tử dầm bám sát

đá vách và tạo phần tử cột ở đúng các vị trí tương quan với dầm.

Để mô phỏng thực tế tương tác giữa giá khung với đá mỏ, hoạt động giá theo tiến độ khai thác được mô phỏng. Để giảm thiểu thời gian chạy mô hình, 80 m tiến gương than được chia thành 8 đoạn khai thác đều nhau. Với mỗi đoạn, gương khai thác trước, giá khung được dựng sau và mô hình được chạy tới trạng thái ổn định. Trong quá trình chạy mô phỏng, các tham số mô men uốn và dịch chuyển tại các đầu dầm, trạng thái phá hủy dầm, lực và độ dịch chuyển piston cột, và chuyển vị đá vách trên giá khung được giám sát liên tục nhờ các hàm tự viết trên FISH. Các trạng thái phân bố ứng suất mỏ xung quanh không gian khai thác lò chợ cũng được giám sát để kết hợp phân tích.

Bảng 3. Mối quan hệ lực – dịch chuyển của lò xo mô phỏng cột giá

Giá trị	Ban đầu	Thiết lập	Biến dạng đầu	Biến dạng cuối	Phá hủy
Dịch chuyển (m)	0	0,0050	0,0083	0,2	0,8
Lực (MN)	0	0,8	1,0	1	100

3. KẾT QUẢ THẢO LUẬN

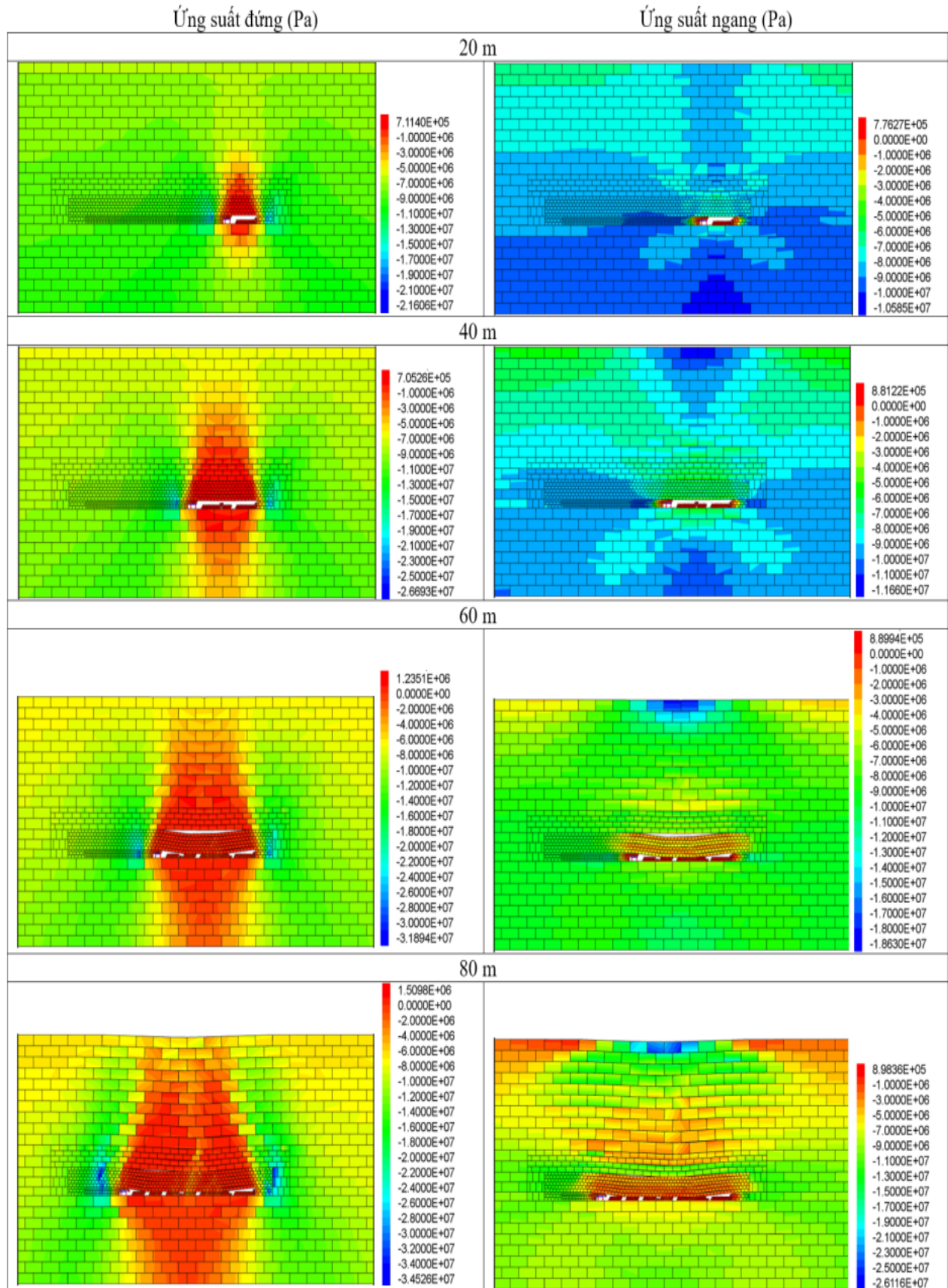
3.1. Ổn định lò chợ, kết cấu giá và ứng suất mỏ

Phân bố ứng suất mỏ xung quanh lò chợ và giá khung theo mỗi 20 m khai thác được thể hiện trong Hình 7. Hình này cho thấy sự tồn tại của giá khung về cơ bản giúp gương than ổn định trong suốt quá trình khấu than. Các khối than ổn định tại mặt gương và không xảy ra hiện tượng sụt lở gương than. Bản thân giá khung cũng làm việc ổn định và không bị phá hủy dạng hình học trong quá trình này. Xung quanh lò chợ và giá khung, phần than nóc, vách trực tiếp, vách cơ bản, tập đá phủ lần lượt sập đổ xuống khoảng trống đã khai thác, phản ánh đúng biểu hiện đất đá trong thực tế. Thành phần ứng suất thẳng đứng mỏ cho thấy sự giải phóng mạnh ở trung tâm mô hình trong 40 m khai thác đầu tiên và dần ổn định sau 60 m khai thác. Tương tự, thành phần ứng suất ngang mỏ cũng cho thấy sự giải phóng mạnh xung quanh vùng đã khai thác trong 40 m đầu tiên và dần ổn định sau 60 m khấu. Sự giải phóng ứng suất mạnh trong 40 m khấu đầu tiên được giải thích bởi sự sập đổ của các lớp than nóc và đá vách trực tiếp vỉa, sau đó ổn định trong 20 m khấu tiếp theo. Từ mét khai thác 70 đến 80, vách cơ bản và tầng đá phủ sập đổ, làm mở rộng vùng giải phóng ứng suất. Vùng tập trung ứng suất đứng ở trước và sau gương tăng mạnh, trong khi ứng suất ngang phát triển trở lại trong vùng đá vách tái cố kết. Nhìn tổng thể, sự ổn định của gương than và giá khung, sự giải phóng và tập

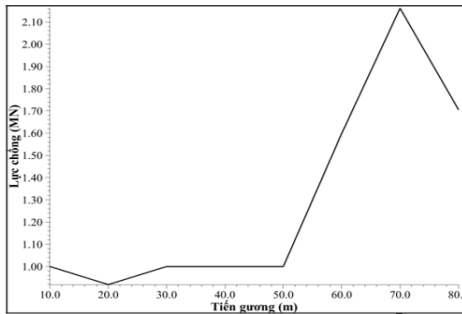
trung ứng suất mỏ theo tiến độ khai thác chứng minh sự đúng đắn của mô hình đã thiết lập.

3.2. Biểu hiện làm việc của giá khung

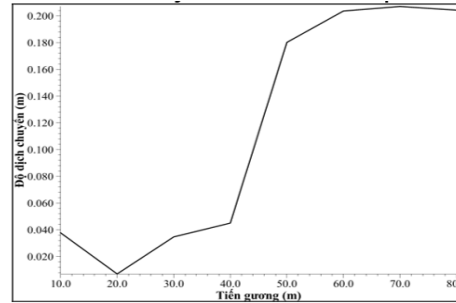
Biểu hiện làm việc của cột giá khung được đánh giá thông qua lực chống trung bình sản sinh trong quá trình làm việc và độ dịch chuyển piston cột trung bình, thể hiện trong Hình 8. Hình 8(a) cho thấy lực chống cột sản sinh ra dao động ổn định trong 50 m khai thác đầu tiên, sau đó tăng mạnh ở mét khai thác 60 đến 70 trước khi bắt đầu giảm ở mét khai thác 80. Sự ổn định của lực chống trong giai đoạn đầu được giải thích bởi sự sập đổ dần đều của các khối than nóc và đá vách trực tiếp. Sự tăng mạnh lực chống trong 20 m khai thác tiếp theo là bởi các tập đá vách cơ bản và đá phủ hạ vống xuống mạnh và chuẩn bị gãy. Tại mét khai thác 80, các tập đá đã hoàn thành việc sập gãy ban đầu, áp lực mỏ được truyền ra xa lò chợ và làm giảm áp lực lên giá khung. Hình 7(b) cho thấy độ dịch chuyển hành trình piston cột là nhất quán với lực chống giá. Độ dịch chuyển này cũng dao động đều ở giai đoạn đầu trước khi đạt đỉnh tại mét khai thác 70 và sau đó có xu hướng giảm. Cần lưu ý rằng do hoạt động xả van cột chưa được mô phỏng thỏa đáng trong mô hình và do bước khấu mô phỏng lớn (10 m), các giá trị hành trình piston cột chưa phản ánh đúng thực tế nhưng xu hướng thay đổi là nhất quán với lực chống và hoàn toàn phù hợp với biểu hiện dịch chuyển đá vách mỏ.



Hình 7. Phân bố ứng suất đứng và ngang mỏ theo tiến độ khai thác



(a) Lực chống cột



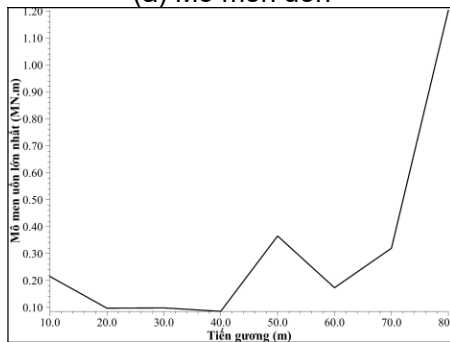
(b) Độ dịch chuyển hành trình piston cột

Hình 8. Biểu hiện làm việc của cột giá khung

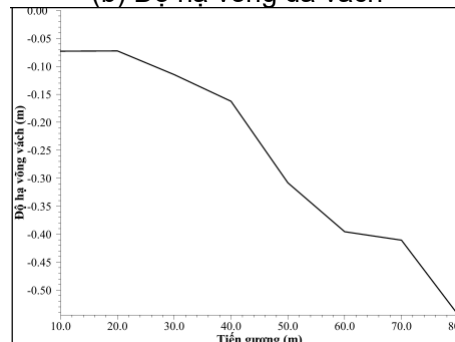
Biểu hiện làm việc của dầm xà giá khung được đánh giá trực tiếp thông qua mô men uốn và gián tiếp thông qua độ hạ võng đá vách, thể hiện trên Hình 9. Hình này cho thấy biểu hiện làm việc giá khung chia thành ba giai đoạn rõ rệt. Giai đoạn một từ bắt đầu khai thác tới mét 40. Mô men uốn duy trì ở mức dưới 0,215 MN.m, nằm trong giới hạn cho phép. Độ hạ võng đá vách tăng có kiểm soát từ 7 tới 16 cm. Giá trị này cho thấy giá khung làm việc trong vùng an toàn, kiểm soát tốt sự dịch chuyển đá vách. Giai đoạn hai từ mét 50 tới mét 70 khi mô men uốn tăng mạnh lên 0,365 MN.m, bằng 80% mô men uốn lớn nhất. Độ hạ võng vách tăng mạnh tới 40 cm. Lúc này các lớp đá vách trực tiếp đã gãy và dịch chuyển xuống, cường bức dầm

phải võng xuống theo đá. Giai đoạn ba bắt đầu từ mét khai thác 80, đá vách cơ bản và tầng đá phủ đã sập gãy, mô men tăng đột ngột lên 1,2 MN.m, vượt quá giá trị tối đa cho phép. Cùng lúc đó vách cũng hạ xuống cực đại 54 cm. Mặc dù ứng suất uốn tương ứng được tính toán là 451,5 MPa đạt 98% giới hạn bền 460 MPa, có thể thấy tại thời điểm này giá khung không còn đảm bảo khả năng chống giữ và coi như đã hỏng trong điều kiện thực tế. Kết quả này cũng là hệ quả của việc khối đá vách cơ bản và tầng đá phủ sập đổ ở bước gãy lớn. Ngoài ra bước tiến gương mô phỏng 10 m cũng góp phần khiến áp lực gương gia tăng đột ngột thay vì được giải phóng từ từ như trong thực tế.

(a) Mô men uốn



(b) Độ hạ võng đá vách



Hình 9. Biểu hiện làm việc của dầm xà giá khung

4 KẾT LUẬN

➢ Nội dung bài báo trình bày một nghiên cứu tính toán kiểm tra sự ổn định làm việc của giá khung thủy lực quá độ GKQD2000/1.6/2.4. Dựa trên mô phỏng kết cấu chịu lực, dữ liệu thử nghiệm thực địa, và mô phỏng số tương tác giá khung với đá mỏ, kết quả mô phỏng số cho thấy đã xây dựng thành công mô hình tương tác giữa giá khung và đá mỏ trong lò chợ liên tục theo tiến độ khai thác;

➢ Các biểu hiện tái phân bố ứng suất mỏ và dịch chuyển đá mỏ được mô phỏng đúng thực tế. Gương than và giá khung có kết cấu ổn định, đảm bảo an toàn trong giới hạn khai thác cho phép. Kết

quả đánh giá chi tiết cho thấy xu hướng thay đổi lực chống và mô men dầm giá phù hợp với diễn biến áp lực mỏ và dịch chuyển đất đá trong điều kiện khai thác bình thường trước khi vách cơ bản sập đổ.

➢ Trong bối cảnh việc quan trắc áp lực mỏ lò chợ và không gian thử nghiệm hoạt động giá bị hạn chế, kết quả phân tích sự ổn định giá khung trên mô hình số giúp bước đầu khẳng định sự an toàn của vi chống, và là cơ sở giúp cải tiến đặc tính giá khung phù hợp với các biểu hiện dịch chuyển đá vách cực đoan hơn trong các nghiên cứu tiếp theo



**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1] Đoàn Ngọc Cảnh, Vũ Đình Mạnh, “Nghiên cứu, thiết kế chế tạo nội địa hóa giá khung thủy lực quá độ chống giữ trong phạm vi trạm dẫn động máng cào lò chợ cột dài theo phương tại các mỏ than vùng Quảng Ninh,” Thông tin Khoa học Công nghệ Mỏ, 2025(1), 37-43.
- [2] Tien Trung Vu and Hung Duc Pham, “Influence of underground mining activities on the topographic surface, case study of Nui Beo Coal Mine (Vietnam,)”, Journal Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, vol 2, no 033, pp 33-39, year 2023, doi 10.33271/nvngu/20232/033
- [3] Hung Duc Pham and Dung Tien Van Mac, “Application of numerical modelling method for determination of underground mining’s impact on constructions in G9 coal storage at Mong Duong coal mine by using program UDEC2D,” Journal of Mining and Earth Sciences, Vol. 62, no 5a, pp 18-27, year 2021
- [4] Itasca Consulting Group, UDEC – Universal Distinct Element Code, Ver. 7.00.100. 2024
- [5] Google Maps. Location of Nam Mau coal mine. 2025; Online, Accessed: 11. 11, 2025.
- [6] Nam Mau Coal Company, Cross-section of Line III. 2022, Nam Mau Coal Company
- [7] Nam Mau Coal Company, Ventilation Plan. 2025, Nam Mau Coal Company

LỜI CẢM ƠN

Nội dung bài báo được hỗ trợ từ đề tài nghiên cứu cấp Nhà nước của Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin, mã số ĐT.CNKK.QG.013/23.

STUDY ON STABILITY OF THE GKQD-2000/1.6/2.4 TRANSITIONAL FRAME HYDRAULIC SUPPORT AT THE LONGWALL JUNCTION USING DISCONTINUOUS ENVIRONMENT SIMULATION

Ngoc Canh Doan^{1,*}, Dinh Manh Vu¹, Tien Dung Le²

¹Institute of Mining Science and Technology – Vinacomin, 3 Phan Đình Giót, Hà Nội, Vietnam

²Hanoi University of Mining and Geology, 18 Vien Str., Hà Nội, Vietnam

ARTICLE INFOR

TYPE: Research Article

Received: 20/11/2025

Revised: 25/11/2025

Accepted: 28/12/2025

^{1,*} Corresponding author:

Email: dn_canh@yahoo.com

ABSTRACT

The paper presents the results of verification and analysis of the operational stability of the GKQD-2000/1.6/2.4 Transitional Frame Hydraulic Support at the intersection area of the mining roadway, based on discrete element environment simulation (UDEC). The simulation results demonstrate the successful construction of an interaction model between the frame support and the surrounding rock mass in the mining roadway, continuously aligned with the excavation progress. Stress redistribution and rock mass displacement phenomena were realistically reproduced. The coal face and the frame support exhibit stable structural behavior, ensuring safety within the permissible mining limits. Detailed evaluation results indicate that the variation trends of support force and moment on the hydraulic frame are consistent with the evolution of mine pressure and rock mass displacement under normal mining conditions prior to the collapse of the main roof. In the context of limited monitoring of mine pressure in the roadway and restricted experimental space for support operation, the numerical model analysis of frame stability provides initial confirmation of support safety. Moreover, it serves as a foundation for improving frame characteristics to better adapt to extreme roof displacement phenomena in subsequent studies.

Keywords: Transitional hydraulic frame support, support characteristics, numerical simulation, mine pressure.

@ Vietnam Mining Science and Technology Association