



# NGHIÊN CỨU HIỆN TƯỢNG SẬP ĐỔ ĐỘT NGỘT NÓC ĐƯỜNG LÒ TIẾT DIỆN HÌNH CHỮ NHẬT VỚI ĐÁ NÓC CỨNG XEN LỚP KẸP MỀM

Vũ Đức Quyết, Nguyễn Văn Thành  
Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh

Nguyễn Văn Dũng  
Công ty TNHH MTV than Vàng Danh  
Email: quyetvu1980@gmail.com

## TÓM TẮT

Thông qua tài liệu thu thập được về hiện tượng sập đổ đột ngột của nóc đường lò có tiết diện hình chữ nhật với nóc lò là đá cứng có xen lớp kẹp mềm. Để nghiên cứu chúng, bài báo sử dụng phương pháp mô phỏng số học. Từ kết quả tính toán cho thấy: nóc lò tương đối ổn định khi không chịu ảnh hưởng của khai thác, nhưng khi hệ số áp lực động khai thác  $K=1,3$ , thì lớp kẹp mềm số 1 xảy ra phá hủy cắt, tùy theo sự gia tăng ảnh hưởng của khai thác, vùng phá hủy phát triển mở rộng hướng cả lên phía trên và xuống dưới; khi hệ số  $K=1,9$  thì lớp kẹp mềm số 2 phá hủy; khi hệ số  $K=2,2$  hai vùng phá hủy liên thông với nhau, neo mất hiệu quả làm việc. Cuối cùng quá trình phá hủy thể hiện đặc điểm “phát triển từ trong ra ngoài, tích lũy dần năng lượng sau đó xảy ra sập đổ đột ngột”. Kết quả nghiên cứu đã đưa ra quan hệ giữa diện tích vùng phá hủy nóc và hệ số áp lực động khai thác  $K$  theo hàm số bậc hai.

**Từ khóa:** hệ số áp lực động khai thác, lớp kẹp mềm, đường lò, sập đổ, phá hủy.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cùng với sự coi trọng vấn đề an toàn trong khai thác than ngày càng lớn, thì các sự cố sập nóc lò từng bước được làm rõ. Trên Thế giới các nước như Mỹ, Trung Quốc, Australia, Anh... là những quốc gia ứng dụng kỹ thuật chống giữ đường lò bằng neo và neo cáp rất phổ biến. Kết quả thu được từ thực tế cho thấy, chống giữ bằng neo có ưu điểm vượt trội so với phương thức chống giữ truyền thống. Tuy nhiên, để đạt được hiệu quả cao khi chống giữ bằng neo là một vấn đề không hề đơn giản. Trong thiết kế, thi công chống giữ đường lò bằng neo chỉ cần hiểu sai nguyên lý, không xác định rõ các điều kiện địa chất cụ thể, lựa chọn các tham số chống giữ neo không chính xác... sẽ dẫn đến hiện tượng sập đổ nóc lò. Đặc biệt trong điều kiện nóc lò có xen lớp kẹp mềm khiến cho đất đá nóc lò phân thành nhiều lớp đất đá mỏng làm giảm khả năng tự chịu tải của nó, cho dù lớp đá vách ở nóc lò cứng rắn nhưng khi bị phân chia thành các lớp đá mỏng thì khả năng tự chịu tải của nóc rất kém. Ngoài ra, lớp kẹp mềm rất yếu, rất dễ bị phá hủy, chỉ cần tác động nhỏ đã gây ra phá hủy tách lớp làm cho nguy cơ sập đổ nóc lò càng cao, việc giữ ổn định cho nóc lò bằng neo trở nên cực kỳ khó

khăn chỉ cần sơ suất nhỏ sẽ khiến cho nóc lò xảy ra sập đổ. Mặt khác chống giữ bằng neo vẫn còn tồn tại không ít những vấn đề như: nguyên lý tác dụng chống giữ neo chưa rõ, lý luận chống giữ neo chưa hoàn thiện, điều này khiến nguy cơ sập đổ nóc lò đột ngột ngày càng cao [4].

Kết quả thống kê của [3] cho thấy, các vụ tai nạn sập đổ nóc lò trong trường hợp này chiếm tới 40% số vụ tai nạn liên quan đến sập đổ nóc lò và có xu hướng gia tăng. Tại nước ta, sự cố sập đổ nóc lò chống giữ bằng neo khi nóc có chứa lớp đá kẹp mềm vẫn chưa xảy ra, nhưng khi chống neo được áp dụng phổ biến và gặp trường hợp đường lò dọc vỉa mà nóc có chứa lớp kẹp mềm ở độ sâu khai thác lớn thì tiềm ẩn nguy cơ sập nóc rất lớn. Càng nghiêm trọng hơn khi chúng ta chưa nghiên cứu sâu về nó khiến nguy cơ sập đổ đột ngột nóc lò xảy ra càng cao.

Trên thực tế, có nhiều học giả đã nghiên cứu về phá hủy nóc lò và đạt được nhiều thành công trong khống chế nóc lò [5÷10]. Tuy nhiên các nghiên cứu này chủ yếu tập trung vào nghiên cứu với đá nóc tương đối yếu như vỡ nứt, rơi rời, ứng suất cao..., còn với nóc lò là đá cứng có xen lớp đá kẹp mềm rất ít cần phải tiến hành nghiên cứu thêm.

**Bảng 1. Tham số cơ học của các lớp đất đá [2]**

Lớp đá	Độ bền nén/MPa	Mô đun đàn hồi/GPa	Hệ số Poisson	Lực dính kết/MPa	Góc ma sát trong/°
Cát kết hạt thô	37.8	62.0	0.23	5.63	44.3
Cát kết hạt mịn	32.0	29.5	0.3	4.0	38.6
Cát kết	24.2	8.8	0.33	2.8	30.1
Bột kết	26.3	12.7	0.33	2.9	39.5
Vỉa than	12.6	0.51	0.39	1.58	28.0

**2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU**

**2.1. Phương pháp nghiên cứu**

Tài liệu [2] cho thấy, đường lò dọc vỉa 5105 của mỏ than JinHuaGong có nóc lò là đá cứng nhưng trong quá trình khai thác đã xảy ra sập đổ đột ngột cục bộ nhiều lần. Kết quả khảo sát tại hiện trường cho thấy, nguyên nhân do nóc lò có chứa lớp kẹp mềm nhưng khi thiết kế đã xem nhẹ sự tồn tại của nó. Ngoài ra, khi tính toán thiết kế chống giữ không tìm hiểu quá trình phát triển vùng phá hủy nóc nên việc đề xuất giải pháp kỹ thuật chống giữ chưa phù hợp. Để nghiên cứu vấn đề này, bài báo sử dụng phần mềm Flac3D xây dựng mô hình tính toán và đối tượng nghiên cứu là đường lò 5105, với nội dung nghiên cứu cụ thể như sau:

Mô hình khảo sát với nóc lò là đá cứng, chứa 2 lớp kẹp mềm có chiều dày không thay đổi. Căn cứ vào áp lực động (K) lớn nhất đo từ thực tế K= 2,5 [2], ta chia áp lực động K với 6 giá trị là 1,0, 1,3, 1,6, 1,9, 2,2 và 2,5 để nghiên cứu quá trình phá hủy và sập đổ nóc lò có chứa lớp kẹp mềm. Đồng thời, phân tích bổ sung phương án chống giữ và sử dụng phần mềm để đánh giá hiệu quả của phương án chống giữ mới.

**2.2. Xây dựng mô hình tính toán**

Đối tượng nghiên cứu là đường lò dọc vỉa 5105 có các thông số cụ thể như sau:

Đường lò có tiết diện hình chữ nhật, có chiều rộng 4,5m, cao 2,8m, đường lò chống bằng neo có đường kính 18mm, neo hông có chiều dài 1700mm, mật độ neo 1000x1000mm, kết hợp lưới thép để bảo vệ bề mặt biên lò; neo nóc chiều dài 2000mm, mật độ 900x1000mm.

Đường lò nằm ở độ sâu 336÷389m, vỉa than 12-3# có độ dày từ 1,5÷7,85m, độ dày lớp đá vách trực tiếp 4,17m, lớp đá này có chứa 2 lớp kẹp mềm số 1 và số 2 lần lượt cách bề mặt nóc lò 1,0m và

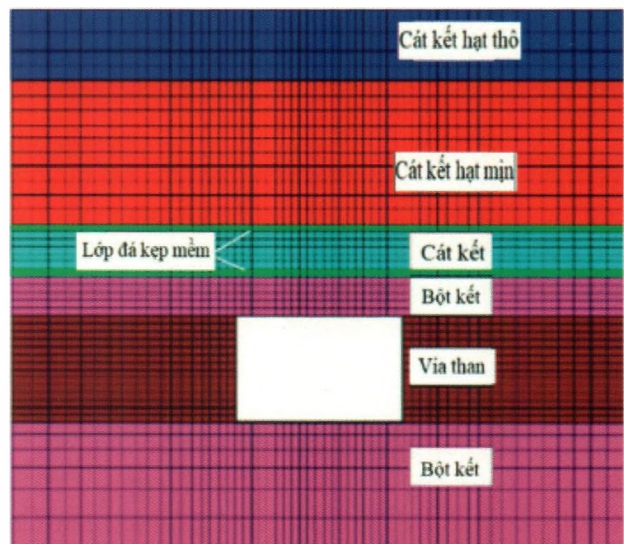
1,9m, độ dày lớp đá vách cơ bản 4,25m.

Các lớp đất đá xung quanh đường lò có các tham số cơ học được thể hiện ở Bảng 1.

Mô hình xây dựng với 5 lớp đá, có tham số cơ học ở Bảng 1. Mô hình được đặt trong hệ tọa độ OXYZ với góc tọa độ ở giữa nền lò, trục Y có phương dọc trục đường lò, trục Z có phương thẳng đứng, trục X có phương vuông góc với trục đường lò, kích thước mô hình theo phương X và Z được chọn bằng 60m, để nâng cao tốc độ tính toán ta sử dụng mô hình phẳng với chiều dày được chọn theo phương Y bằng 1m.

Điều kiện biên của mô hình:

Các mặt biên của mô hình theo phương X, Y và biên dưới theo phương Z của mô hình được ngàm chặt, phía trên mô hình đặt tải trọng phân bố đều theo phương thẳng đứng  $\sigma_z = 8.0\text{MPa}$  (tải trọng khối đá phía trên nó), mô hình được tính toán theo tiêu chuẩn Mohr-Coulomb. Căn cứ kết quả đo tại hiện trường ta lấy ứng suất ngang bằng 1/2 ứng suất thẳng đứng. Mô hình thể hiện ở Hình H.1.

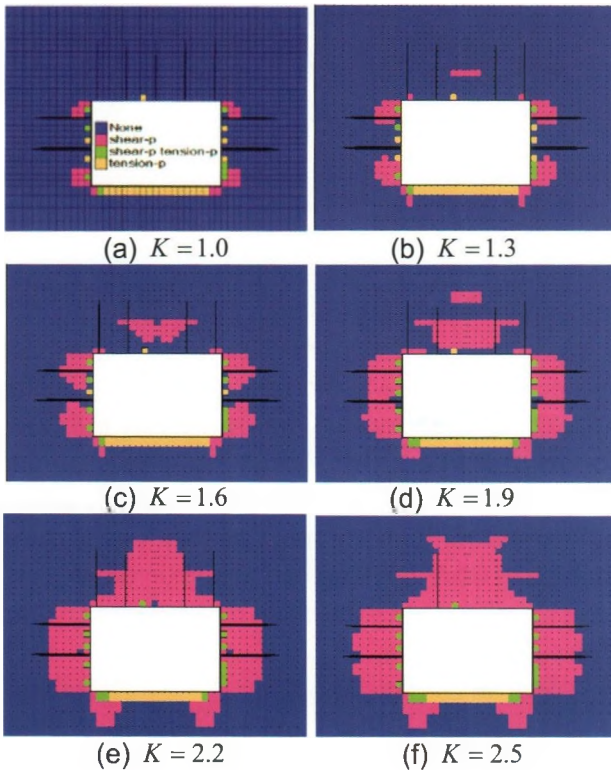


**H.1. Mô hình mô phỏng bằng Flac3D**



### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Phân tích quá trình phát triển vùng phá hủy nóc



#### H.2. Quá trình phá hủy sập đổ đá vách cứng chứa lớp kẹp mềm do tác động khai thác

Shear-p: Phá hủy cắt; Shear-p tension-p: phá hủy cắt kéo; tension-p: phá hủy kéo; None: không phá hủy  
 Từ Hình H.2 cho thấy:

(1) Khi không ảnh hưởng khai thác ( $K=1$ ), lớp đá kẹp mềm được bảo vệ bởi lớp đá phía trên và dưới nó, nóc đường lò thể hiện rõ không phát sinh phá hủy, đường lò ổn định.

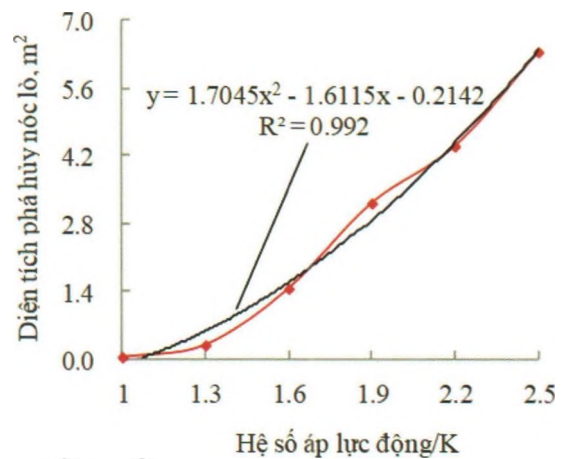
(2) Khi tăng áp lực động lên  $K=1,3$ , lớp đá kẹp mềm số 1 bị phá hủy đầu tiên, nếu áp lực động  $K$  tiếp tục tăng thì vùng phá hủy tiếp tục phát triển mở rộng về 2 phía dọc theo lớp kẹp mềm, đồng thời phát triển mở rộng hướng ra phía bề mặt nóc lò;

(3) Khi  $K=1,9$  lớp đá kẹp mềm số 2 bị phá hủy, nếu áp lực động tăng lên  $k=2,2$  thì vùng phá hủy này tiếp tục phát triển mở rộng, liên thông với vùng phá hủy phía dưới và phát triển đến bề mặt nóc lò gây ra hiện tượng sập đổ nóc lò. Khi áp lực động  $K=2,5$  vùng sập đổ ở nóc tiếp tục phát triển mở rộng lên phía trên tạo thành vòm sập đổ;

(4) Thống kê cho thấy, diện tích vùng phá hủy

nóc lò có quan hệ với áp lực động khai thác  $K$  theo hàm số bậc 2 (Hình H.3). Khi áp lực động  $K=2,5$ , diện tích vùng phá hủy nóc lớn nhất là  $6,37\text{m}^2$ ;

(5) Từ số liệu đo đạc thu thập được [2] và kết quả nghiên cứu ở trên cho thấy: sự xuất hiện lớp kẹp mềm đã gây ra phá hủy lớp đá lân cận, tùy theo sự gia tăng áp lực động, vùng phá hủy từng bước phát triển từ ở sâu trong nóc lò hướng ra bề mặt biên lò, cuối cùng hình thành các vết nứt và biến dạng lớn ở bề mặt nóc lò, nhưng do lúc này phần phía sâu trong nóc lò đã phá hủy diện tích lớn khiến cho vùng cố định neo bị mất hiệu quả, làm cho nóc nhanh chóng xảy ra hiện tượng sập đổ.



#### H.3. Đồ thị thể hiện quan hệ giữa diện tích phá hủy nóc lò và áp lực động

### 3.2. NGUYÊN NHÂN SẬP ĐỔ NÓC ĐỘT NGỌT VÀ ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP KỸ THUẬT KHÔNG CHẾ NÓC LÒ

#### 3.2.1. Phân tích nguyên nhân sập đổ nóc lò

Thực tế cho thấy, do lớp đá nóc của đường lò 5105 là đá cứng nên thực tế khi thiết kế chống giữ cho đường lò chỉ dùng phương thức chống neo thông thường mà không chú ý đến sự tồn tại của lớp đá kẹp mềm, không thực hiện chống giữ tức thời, tạo dự ứng lực cho neo chưa đủ lớn. Do đó, khi chịu ảnh hưởng của khai thác, lớp kẹp mềm số 1 bị phá hủy đầu tiên (tách lớp), tùy theo sự tăng mức độ ảnh hưởng khai thác thì vùng phá hủy này phát triển mở rộng làm cho đoạn cố định của neo dần mất đi tính năng của nó.

Mặt khác ở sâu phía trong lớp đá nóc có lớp kẹp mềm số 2, nên khi lớp đá phía dưới nó bị phá



hủy, không còn khả năng bảo vệ, dưới tác động khai thác nó bị phá hủy, sau đó vùng phá hủy tiếp tục phát triển mở rộng và liên thông với vùng phá hủy ở phía dưới, cuối cùng khiến nóc lò sập đổ đột ngột.

Ngoài ra, hai bên hông lò có vai trò như trụ chống đỡ trực tiếp lớp đá nóc lò, khi bị phá hủy đã làm gia tăng độ rộng của nóc lò, khiến nóc lò giảm đi khả năng chịu tải. Vì vậy cần phải đồng thời gia cố nóc cùng với chống giữ gia tăng cường độ hai bên hông lò.

Qua nghiên cứu trên cho thấy, đặc điểm phá hủy nóc lò cứng có chứa lớp kẹp mềm “Mở rộng từ trong ra ngoài và tích lũy dần năng lượng sau đó đột ngột sập đổ”, quá trình phá hủy này đã phần xảy ra trong phạm vi gia cố neo.

**3.2.2. Đề xuất giải pháp kỹ thuật chống giữ**

Với lý luận chống giữ vòng tròn phá hủy được đề xuất bởi [13] cho rằng: nguyên nhân chính gây ra sự biến dạng, sập đổ nóc lò chính là tác dụng trương nở thể tích khi vùng phá hủy, vỡ rời phát triển mở rộng làm cho thể tích đất đá tăng lên. Cho nên để thiết kế kết cấu chống lò trong trường hợp này sử dụng lý thuyết chống giữ vòng phá hủy.

Sử dụng giải pháp phù hợp nhằm phát huy tối đa tính năng của các cấu kiện chống giữ, gia tăng khả năng tương hỗ giữa kết cấu chống với khối đá xung quanh tạo thành khối thống nhất có khả năng chịu lực tốt nhất, từ đó nâng cao tính ổn định tổng thể khối đá quanh đường lò [14, 16].

Chống giữ kịp thời và gia tăng dự ứng lực đủ lớn cho neo nhằm tăng cường tính chủ động chống giữ của neo và ngăn chặn kịp thời hiện tượng phá hủy lớp kẹp mềm số 1, gia tăng cường độ cho khối đá nóc.

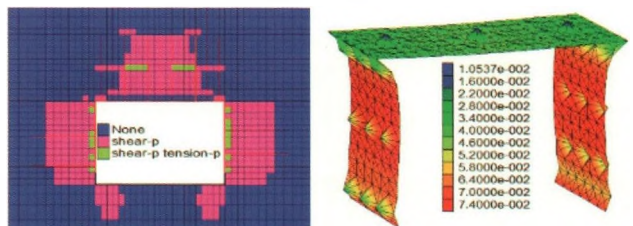
Sử dụng thanh giằng thép để liên kết neo lại với nhau, kết hợp lưới thép nhằm nâng cao cường độ kháng cắt, kháng kéo của bề mặt nóc đường lò.

Bổ sung neo cáp để treo toàn bộ phần đá nóc được chống giữ neo vào sâu trong khối đất đá ổn định, truyền ứng suất nén vào trong lớp kẹp mềm số 2 nhằm triệt tiêu ứng suất kéo nhằm ngăn ngừa lớp kẹp mềm số 2 phá hủy;

Gia tăng cường độ chống giữ hai bên hông để tạo trụ chống đỡ vững chắc cho nóc, ngăn ngừa mở rộng nóc lò;

**3.2.3. Kiểm nghiệm ổn định nóc lò**

Thông qua phần mềm Flac3D đã mô phỏng hiệu quả của phương án chống giữ, khi áp lực động  $K=2,5$  (Hình H.4), kết quả cho thấy, sử dụng lưới thép và giằng thép đã nâng cao cường độ kháng cắt, kháng kéo của bề mặt nóc đường lò, bổ sung thêm neo cáp đã treo được toàn bộ phần đá nóc được chống giữ neo vào sâu trong khối đất đá ổn định và ngăn được phá hủy lớp kẹp mềm số 2, gia tăng cường độ chống giữ hai bên hông đã tạo nên trụ chống đỡ cơ bản vững chắc cho nóc, cuối cùng lớp đá cứng nóc đạt được sự bảo đảm ổn định hoàn hảo (Hình H.4a), toàn bộ nóc chỉ bị hạ thấp mà không bị sập (Hình H.4b).



(a) Phạm vi phá hủy (b) Biến dạng đường lò

**H.4. Kết quả chống giữ đường lò theo phương án mới**

**4. KẾT LUẬN**

- Qua nghiên cứu cho thấy, sự xuất hiện lớp kẹp mềm đã gây ra sự phá hủy lớp đá lân cận, tùy theo sự gia tăng áp lực động, vùng phá hủy ở nóc lò phát triển mở rộng từ trong lan dần ra bề mặt biên lò, phần đất đá cố định neo dần mất đi hiệu quả chống đỡ, lớp đá biên nóc lò cứng nên chưa xuất hiện rạn nứt, tạo nên đặc điểm phá hủy sập đổ nóc lò là “*phát triển từ trong hướng ra ngoài và từng bước tích lũy năng lượng sau đó đột ngột sập đổ*”

- Quá trình khai thác tiến dần đến vị trí khảo sát thì diện tích vùng phá hủy nóc tăng lên, quan hệ giữa chúng với nhau thể hiện theo hàm số bậc hai  $y = 1,705x^2 - 1,6115x - 0,2142$ .

- Căn cứ vào kết quả phân tích quá trình phát triển vùng phá hủy ở nóc lò, lựa chọn lý thuyết chống giữ vòng phá hủy để thiết kế hệ chiếu chống giữ. Thông qua phần mềm Flac3D đã chứng minh: Nếu chống giữ kịp thời, sử dụng neo, neo cáp có cường độ cao, dự ứng lực lớn, kết hợp cùng lưới thép và thanh giằng thép W phối hợp cùng làm việc, tạo thành thể thống nhất, phát huy hết khả năng làm việc của chúng, cùng với gia cố vững chắc hông lò đã giữ được ổn định cho đường lò □



## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. JING Hongwen, Xu Guo'an, Ma Shizhi (2001), Numerical Analysis on Displacement Law of Discontinuous Rock Mass in Broken Rock Zone for Deep Roadways, Journal of China University of Mining & Technology, 11, 2, 132-137.
2. 靖洪文 (2014), 大同矿区坚硬顶板静动压巷道稳定控制关键技术, 技术研究报告, 中国矿业大学.
3. 国家煤矿安全监察. 国家煤炭工业年鉴, 北京: 中国统计出版社, 2000-2008.
4. 杨吉平 (2013), 薄层状巨厚复合顶板回采巷道锚杆锚索支理论及应用研究, 博士.
5. 姜玉连, 潘军, 贺永强 (2013), 大断面巷道交叉点缩面期间顶板控制技术, 采矿与安全工程学报, 30, 1, 19-22.
6. 李磊, 柏建彪, 徐营 (2011), 复合顶板沿空掘巷围岩控制研究, 采矿与安全工程学报, 28, 3, 376-383.
7. 何满潮, 齐干, 程骋 (2007), 深部复合顶板煤巷变形破坏机制及耦合支护设计, 岩石力学与工程学报, 26, 5, 987-993.
8. 高明仕, 郭春生, 李江锋, 等. 厚层松软复合顶板煤巷梯次支护力学原理及应用[J]. 中国矿业大学学报, 2011, 40, 3, 333-338.
9. 杨永康, 季春旭, 康天合 (2011), 大厚度泥岩顶板煤巷破坏机制及控制对策研究, 岩石力学与工程学报, 30, 1, 58-67.
10. 姚强岭, 李学华, 瞿群迪 (2011), 泥岩顶板巷道遇水冒顶机理与支护对策分析, 采矿与安全工程学报, 28, 1, 28-33.
11. 勾攀峰, 辛亚军, 张和 (2012), 深井巷道顶板锚固体破坏特征及稳定性分析, 中国矿业大学学报, 41, 5, 712-718.
12. 靖洪文, 李元海, 梁军起 (2009), 钻孔摄像测试围岩松动圈的机理与实践, 中国矿业大学学报, 38, 5, 645-649.
13. 圈支护理论[J]. 煤炭学报, 19, 1, 21-32.
14. 靖洪文, 李元海, 赵保太 (2008), 软岩工程支理论与技术, 徐州: 中国矿业大学出, 165-173.
15. 董方庭 (2001), 巷道围岩松动圈支理论及应用技术, 北京: 煤炭工业出版社.
16. 窦林名, 邹喜正, 曹胜根 (2007), 煤矿围岩控制与监测, 徐州: 中国矿业大学出版社.

## RESEARCH ON THE SUDDEN COLLAPSE OF AN ADIT ROOF WHICH HAS RECTANGULAR SECTION WITH HARD ROCK INTERLEAVE SOFT ROCK ON THE ROOF

Vu Duc Quyet, Nguyen Van Than, Nguyen Van Dung

### ABSTRACT

Through the collected data on the sudden collapse of an adit roof which has rectangular cross section with hard rock interleave with soft rock. To study, the paper uses numerical simulation method, the calculation results shows that the roof is relatively stable when it is not under the influence of mining, but when the operating pressure coefficient  $K=1,3$ , the 1 soft-clamp layer occurs shear failure, depending on the increasing influence of mining, the destroyed zone expands both upwards and downwards; when the coefficient  $K=1.9$ , the soft layer 2 is destroyed, when the coefficient  $K=2.2$  the two destroyed zones are connected, the anchor loses its working efficiency. Finally, the destruction process shows the characteristic "developing from the inside to the outside, gradually accumulating energy then suddenly collapsing", giving the relationship between the area of the roof destruction area and the dynamic pressure coefficient  $K$  as a quadratic function.

**Keywords:** operating pressure coefficient, soft-clamp rock layer, tunnel, collapse, destroy

**Ngày nhận bài:** 21/6/2021;

**Ngày gửi phản biện:** 25/6/21;

**Ngày nhận phản biện:** 28/7/21;

**Ngày chấp nhận đăng:** 5/8/21.

**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.