

ĐÁNH GIÁ ĐỘ ỔN ĐỊNH ĐƯỜNG LÒ CHỐNG GIỮ BẰNG TỔ HỢP NEO-LƯỚI THÉP- BÊ TÔNG PHUN TẠI DỰ ÁN GIẾNG ĐỨNG MẠO KHÊ

Đỗ Xuân Huỳnh^{1,*}, Phạm Quang Thành¹

¹Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh

*Email: huynh.xd42@gmail.com

TÓM TẮT

Trong điều kiện khai thác than hầm lò ngày càng xuống sâu, áp lực mỏ gia tăng, việc lựa chọn giải pháp chống giữ hiệu quả nhằm đảm bảo ổn định đường lò là yêu cầu cấp thiết. Chống giữ bằng tổ hợp Neo - Lưới thép - Bê tông phun (N-L-B) đang từng bước được nghiên cứu và áp dụng tại một số mỏ than ở Việt Nam, song việc đánh giá mức độ ổn định của đường lò chống giữ theo công nghệ này vẫn còn hạn chế. Bài báo trình bày kết quả đánh giá độ ổn định của đường lò chống giữ bằng tổ hợp N-L-B tại dự án Giếng đứng Mạo Khê thông qua phương pháp mô phỏng số kết hợp với theo dõi dịch động biên lò tại hiện trường. Mô hình số được xây dựng bằng phần mềm FLAC3D để phân tích và so sánh chuyển vị biên lò giữa phương án chống bằng vì thép và phương án chống bằng tổ hợp N-L-B. Đồng thời, công tác quan trắc dịch động biên lò được thực hiện trong thời gian 90 ngày bằng các thiết bị trắc địa chuyên dụng. Kết quả nghiên cứu cho thấy, tổ hợp N-L-B làm giảm rõ rệt chuyển vị tại nóc và hông lò, các giá trị dịch động thực tế đều nằm trong giới hạn cho phép và có xu hướng ổn định theo thời gian, khẳng định hiệu quả và tính phù hợp của giải pháp chống giữ này trong điều kiện địa chất nghiên cứu.

Từ khóa: Tổ hợp N-L-B, độ ổn định khối đá, độ dịch động đường lò, áp lực đất đá.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày nay, chống giữ đường lò bằng tổ hợp Neo - Lưới thép - Bê tông phun (N-L-B) ngày càng trở nên phổ biến trên thế giới bởi một số ưu điểm nổi trội của nó là: giá thành thấp, thi công nhanh, độ ổn định đáng tin cậy. Tuy nhiên ở nước ta, một số mỏ than khi đào xuống sâu, áp lực mỏ lớn, việc áp dụng tổ hợp này vẫn chủ yếu mang tính thử nghiệm, ít được áp dụng rộng. Có nhiều nguyên nhân dẫn đến thực trạng này như: đòi hỏi quy trình thi công chặt chẽ, yêu cầu có sự theo dõi giám sát dịch động thường xuyên, thói quen sử dụng vì chống thép, chưa có giải pháp nhận biết và khắc phục kịp thời những vị trí kém hiệu quả... Để khắc phục vấn đề này, từng bước đưa tổ hợp N-L-B ngày càng trở nên phổ biến hơn, phát huy tốt hiệu quả tiềm tàng của nó thì việc nghiên cứu giải pháp để đánh giá độ ổn định đường lò chống giữ bằng tổ hợp N-L-B là một công đoạn rất quan trọng, mang nhiều ý nghĩa thực tiễn. Giải pháp phân tích dịch động là một hướng nghiên cứu có nhiều triển vọng phát triển trong tương lai.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Khái quát chung về độ ổn định đường lò

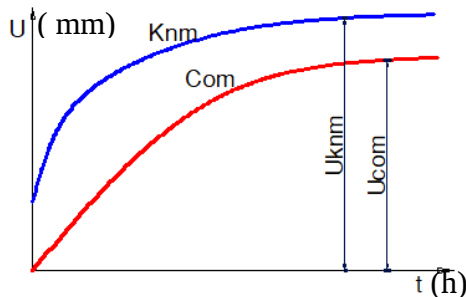
Ổn định đường lò (mỏ) là quá trình đảm bảo độ bền vững, an toàn cho hệ thống đường hầm, hầm lò, lò chợ khỏi sập lở, biến dạng do tác động của địa chất và khai thác, thường sử dụng kết cấu chống giữ để giữ ổn định đất đá, giảm ứng suất và nghiên cứu các giải pháp kỹ thuật để đối phó với tải trọng động và điều kiện địa chất phức tạp, nhất là ở các khu vực có đá yếu hoặc có nguy cơ mất ổn định.

Các yếu tố ảnh hưởng đến sự ổn định đường lò như: Tải trọng động- tải trọng được sinh ra từ các hoạt động khai thác, thi công đào lò; Đặc điểm địa chất; đặc điểm kết cấu chống giữ [1].

Theo tác giả PGS.TS. Võ Trọng Hùng và TS Phùng Mạnh Đắc[1], quy luật biến dạng, dịch động của khối đá xung quanh đường lò theo thời gian được khái quát bởi biểu đồ Hình 1, với hai phương pháp đào lò: Phương pháp khoan nổ mìn (Knm), phương pháp Com-bai (Com) [1].

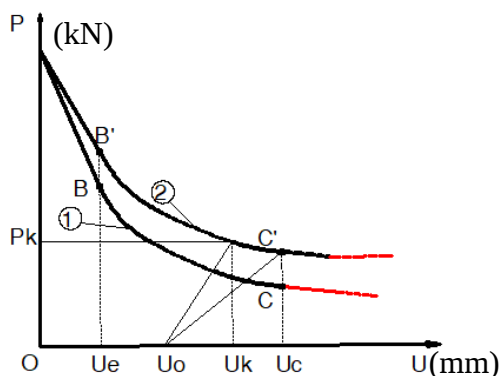
Các giải pháp và kỹ thuật phổ biến nhằm nâng cao độ ổn định đường lò ngày nay thường

là: Sử dụng kết cấu chống giữ linh hoạt: Khảo sát, phân tích biến dạng, hư hỏng tại hiện trường; Nghiên cứu giải pháp chống giữ mới phù hợp.



Hình 1. Quy luật biến dạng, dịch động khối đá xung quanh đường lò theo thời gian.

Kết cấu chống giữ cho đường lò, công trình ngầm luôn có sự tương hỗ lẫn nhau, tạo thành một hệ chịu lực giữa kết cấu chống giữ- khối đá. Sự làm việc tương hỗ của hệ này làm tăng đáng kể độ ổn định cho đường lò, giảm đáng kể độ dịch động của khối đá xung quanh đường lò [1]. Tác dụng của hệ này được mô tả theo biểu đồ hình 2.

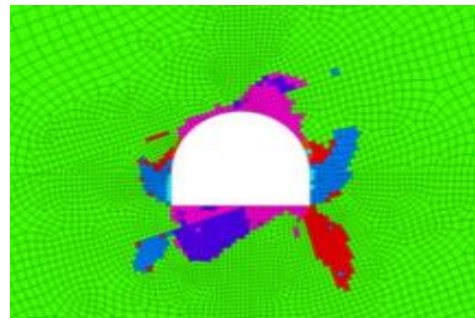


Hình 2. Biểu đồ tác dụng tương hỗ đặc trưng giữa kết cấu chống giữ và khối đá

Mối quan hệ giữa ứng suất (P) và chuyển vị biên lò (U) được thể hiện trên hình 2, với đường (1) trong trường hợp không có sự tương hỗ kết cấu chống và khối đá. Đường (2) trong trường hợp có sự tương hỗ kết cấu chống và khối đá. Trong đó các giá trị: P_k , U_k là Áp lực và biến dạng biên lò tại thời điểm chống giữ tối ưu; U_e là biến dạng tới hạn đàn hồi; U_0 -Biến dạng ban đầu khối đá; U_c -Biến dạng tới hạn bền khối đá

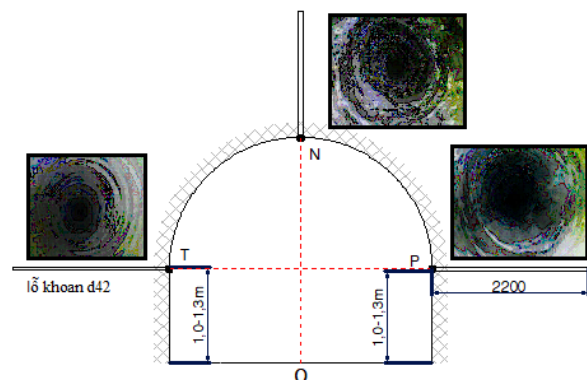
2.2. Một số phương pháp kiểm tra độ ổn định của đường lò

* Phương pháp mô phỏng số: Đây là phương pháp khá phổ biến hiện nay để mô phỏng quá trình biến dạng, dịch động của đường lò. Nhờ có các phần mềm máy tính được thiết kế rất tinh vi mà kết quả cho ra nhanh chóng, sát thực. Các phần mềm thường được sử dụng là: Flac3d, Ansys, PFC, Ude... Trong đó, FLAC3D được xây dựng trên nền tảng phần tử hữu hạn và phương pháp luận là phương trình Mohr- Coulomb [2] đã mang lại nhiều thành công trong lĩnh vực này, cụ thể như mô phỏng sự dịch biên đường lò như hình 3 dưới đây:



Hình 3. Mô phỏng dịch động nóc lò bằng phần mềm FLAC3D [3]

* Phương pháp nội soi lỗ khoan: Nhờ có sự phát triển mạnh mẽ về công nghệ hình ảnh, hiện nay, các camera siêu nhỏ đã được ứng dụng vào việc kiểm tra sự dịch động của khối đá nằm sâu trong nóc và hông đường lò, nhờ camera có độ cao mà chúng ta có thể kiểm tra được sự phát sinh các khe nứt, dọc theo các lỗ khoan. Hình 4 dưới đây thể hiện trạng thái của các lỗ khoan thử nghiệm tại một vị trí trong đường lò xuyên vỉa Tây Nam I mức -230 mỏ than Mạo Khê, với 3 vị trí lỗ khoan có chiều sâu 2,2m ở nóc và hai bên hông của đường lò.



Hình 4. Mô phỏng phương pháp nội soi lỗ khoan

* Phương pháp đo dịch chuyển vị biên lò: Phương pháp này phổ biến hiện nay, sử dụng các máy móc thiết bị trắc địa, theo dõi thường xuyên sự dịch chuyển của biên lò, từ các số liệu thống kê có thể đánh giá được độ ổn định của đường lò. Một số loại máy trắc địa thường được sử dụng để đo chuyển vị của biên lò là máy toàn đạc điện tử, kinh vĩ con quay [4] (Hình 5)

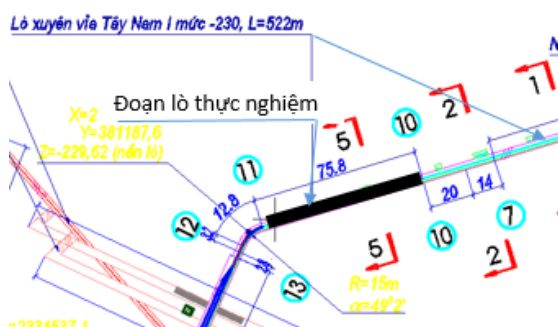


a b

Hình 5. Hình ảnh máy trắc đạc (a- Kinh vĩ con quay; b- toàn đạc điện tử)

2.3 Áp dụng phương pháp đo dịch động để đánh giá độ ổn định đường lò chống bằng tổ hợp N-L-B tại dự án giếng đứng Mao Khê

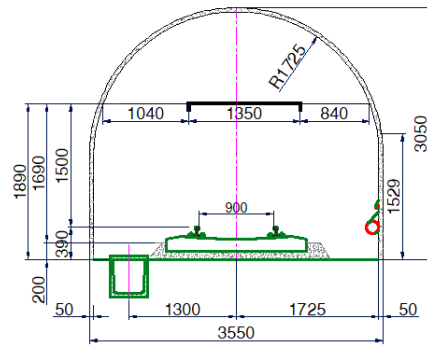
Đánh giá độ ổn định của đường lò chống bằng tổ hợp N-L-B tại dự án giếng đứng Mạo Khê được tiến hành trên đoạn lò thử nghiệm, đoạn 10-11 lò Xuyên vỉa TNI mức -230 (Hình 6), có chiều dài 75,8m, đào qua đá cát kết xen lẫn bột kết $f=4-6$, chống giữ bằng tổ hợp N-L-B (Hình 7).



Hình 6. Vị trí thử nghiệm chống giữ bằng tổ hợp N-L-B.

Đánh giá độ ổn định của đoạn lò thử nghiệm này đã được tiến hành theo hai phương pháp: Phương pháp mô phỏng số, sử dụng phần mềm mô phỏng FLAC3D, để so sánh độ dịch chuyển

biên lò trước và sau khi chống giữ bằng tổ hợp N-L-B; Phương pháp đo chuyển vị biên lò bằng máy trắc đạc, theo dõi chuyển vị của các điểm trong thời gian 90 ngày định kỳ 7, 30, 90 ngày trên các mốc được đánh dấu trên biên lò.



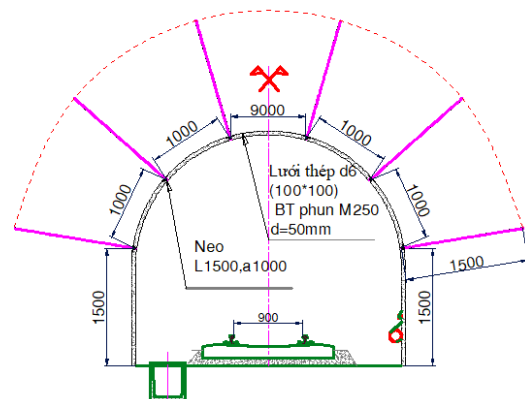
Hình 7. Tiết diện ngang đoạn lò thử nghiệm chống giữ bằng tổ hợp N-L-B

Các thông số thiết kế thi công của tổ hợp như sau:

Neo chất dẻo cốt thép sức mang tải $P=2,4$ Tấn/ neo; chiều dài $L_n=1,5m$, khoảng cách neo $a_1=1m$, khoảng cách vòng neo $a_2=1,0m$, thép neo D22, ren đầu neo M20, chất dẻo neo loại CK2850.

Bê tông phun Mác 250, đá cỡ hạt lớn nhất $D_{\max}=1,0\text{cm}$, cát có Modul độ lớn 2,55. Xi măng Hoàng thạch PC40, phụ gia đông cứng nhanh SK 2401 và SK D54-AF

Lưới thép kích thước tấm 1,2x2,0m, kích thước mắt ô vuông 100x100, đường kính sợi thép 5mm, thép mác CV240T. Kết cấu N-L-B chống giữ đường lò đặc trưng được thể hiện tại hình 8



Hình 8. Kết cấu chống giữ đường lò bằng tổ hợp N-L-B.

3. KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM

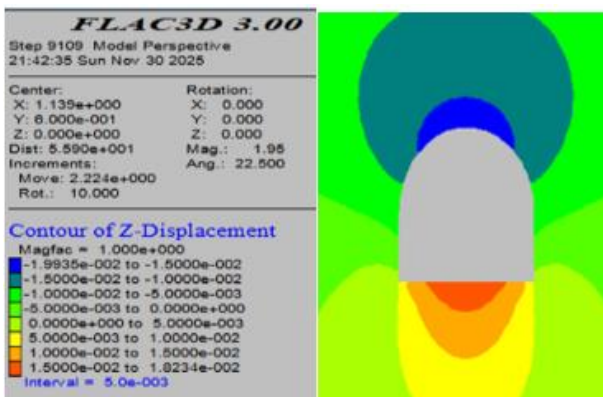
3.1. Phân tích độ ổn định đường lò bằng mô phỏng số sử dụng phần mềm FLAC3D

* Xây dựng mô hình: Mô hình được xây dựng trên cơ sở tiết diện đường lò trên Hình 8.

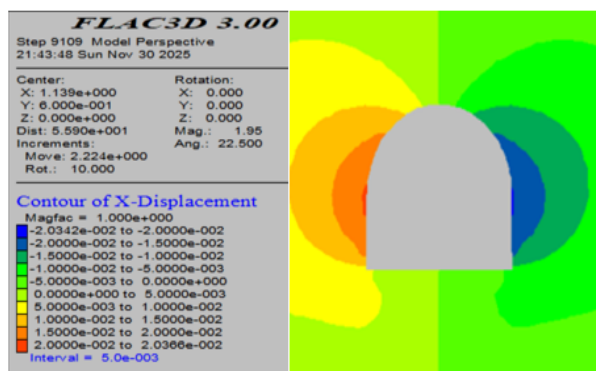
Các tham số cơ học được xây dựng trên cơ sở thí nghiệm thực tế: Lớp đá: $f=4-6$, cường độ kháng nén trung bình $\sigma_n=50,2$ kN/cm²; cường độ kháng kéo trung bình $\sigma_k=50,2$ kN/cm²; Lực dính kết đơn vị $c=20,2$ kN/cm²; Góc ma sát trong $\varphi=35^\circ$; trọng lượng thể tích $\gamma_0=2,62$ Tấn/m³.

Mô hình tính toán được xây dựng trên hai phương án: Chống bằng vì thép (Phương án 1) và bằng tổ hợp N-L-B (Phương án 2). Căn cứ vào kết quả mô phỏng có thể đánh giá được độ ổn của đường lò.

Kết quả mô phỏng đường lò chống bằng vì thép (Hình 9, hình 10).

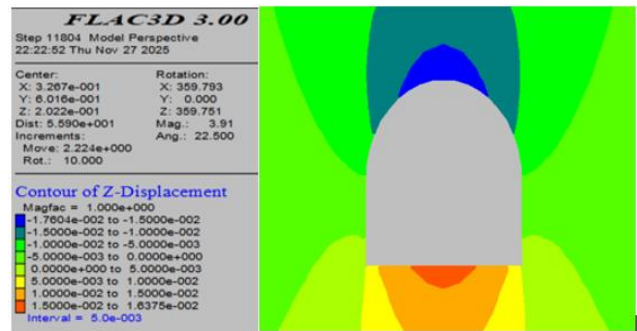


Hình 9. Chuyển vị nền và nóc lò khi chống bằng vì thép

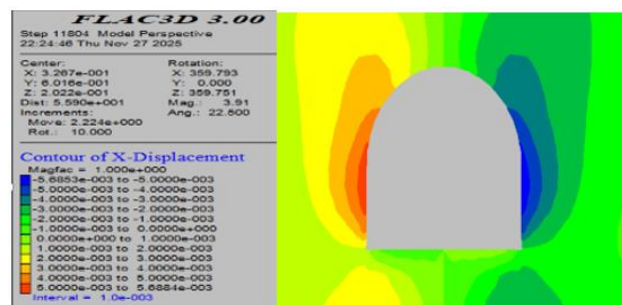


Hình 10. Chuyển vị hông lò khi chống bằng vì chống thép

Kết quả mô phỏng đường lò chống bằng Tổ hợp N-L-B (Hình 11, hình 12)



Hình 11. Chuyển vị nóc lò khi chống bằng tổ hợp N-L-B



Hình 12. Chuyển vị hông lò khi chống bằng tổ hợp N-L-B

Từ kết quả mô phỏng cho thấy chuyển vị cực đại của các phương án như sau:

Bảng 1: Chuyển vị cực đại của biên lò

Chuyển vị lớn nhất Umax (mm)	Phương án 1	Phương án 2
Nóc lò	199,3	170,0
Nền lò	150,0	150,0
Hông lò	203,4	56,0

* Kết quả mô phỏng cho thấy chuyển vị lớn nhất của nền lò là tương đương nhau, điều này là do cả hai phương án đều không chống giữ phần nền lò. Tuy nhiên phương án 2 có dịch vị khối đá phía nóc và hông lò nhỏ hơn khá nhiều so với phương án 1. Như vậy có thể kết luận rằng, chống lò theo phương án 2 thì đường lò sẽ ổn định hơn phương án 1. Nói cách khác, đối với loại khối đá $f=4-6$ chống lò bằng tổ hợp N-L-B sẽ ổn định hơn chống lò bằng vì chống thép.

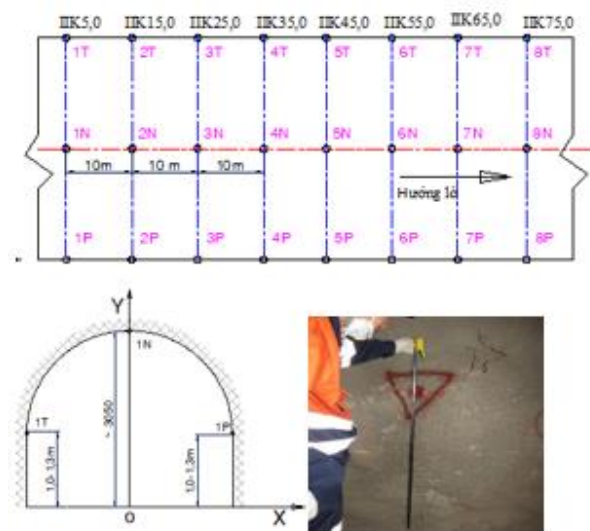
3.2. Phân tích ổn định đường lò thông qua theo dõi dịch động biên lò

Để theo dõi quá trình dịch chuyển của đoạn lò thực nghiệm chống giữ bằng tổ hợp N-L-B, cần sử dụng một số thiết bị chuyên ngành đo đạc như máy toàn đạc điện tử, máy kinh vĩ con

quay để chuyển mốc tọa độ xuống vị trí ổn định của các đường lò mức -230 dự án Giếng đứng Mạo Khê. Từ mốc tọa độ đó mới có thể định kỳ triển khai kiểm tra dịch động của đường lò thử nghiệm.

Sơ đồ các điểm theo dõi dịch động được đánh dấu ở nóc và hông lò, dọc theo đường lò (Hình 13)

Thời gian theo dõi dịch động được tiến hành theo định kỳ và cập nhật số liệu theo dõi thường xuyên, từ đó thông qua dịch động biên lò đánh giá được mức độ ổn định của đường lò. Kết quả cập nhật thể hiện dưới bảng 2.



Hình 13. Mô tả vị trí theo dõi dịch động

Bảng 2. Cập nhật sự dịch động các điểm đo

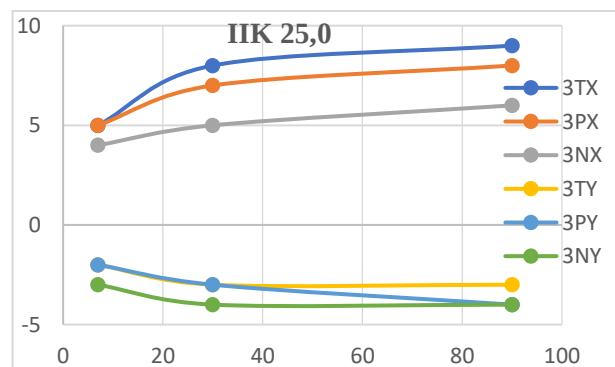
Vị trí điểm đo		Cập nhật sau chống giữ (ngày)					
		7		30		90	
		dx	dy	dx	dy	dx	dy
IİK5,0	1T	4	-1	7	-1	8	-1
	1P	3	-1	7	-2	7	-2
	1N	2	-2	5	-3	6	-3
IİK15,0	2T	5	-1	7	-2	7	-2
	2P	3	-1	7	-3	7	-3
	2N	4	-2	7	-3	7	-3
IİK25,0	3T	5	-2	8	-3	9	-3
	3P	5	-2	7	-3	8	-4
	3N	4	-3	5	-4	6	-4
IİK35,0	4T	6	-2	10	-3	11	-3
	4P	2	-2	3	-4	3	-4
	4N	3	-3	6	-4	7	-4
IİK45,0	5T	6	0	8	0	9	0
	5P	3	-1	6	-1	5	-1
	5N	4	-2	6	-2	7	-2

IİK55,0	6T	7	-2	11	-3	12	-3
	6P	4	-1	7	-1	8	-1
	6N	3	-3	5	-4	6	-5
IİK65,0	7T	4	-3	7	-4	8	-4
	7P	5	-2	7	-3	8	-4
	7N	4	-3	7	-4	8	-5
IİK75,0	8T	6	-2	8	-3	9	-4
	8P	5	-1	7	-2	8	-4
	8N	4	-4	7	-5	7	-5

(dx,dy- dịch động theo phương X,Y- mm; T,P,N ký hiệu điểm đo tại vách trái, phải và nóc lò)

Từ kết quả thực tế cho thấy, giá trị dịch động của các điểm đo tăng dần theo thời gian, ở ngày thứ 90, giá trị dịch động lớn nhất ở nóc lò theo phương thẳng đứng là -5mm ở ngày thứ 90, có nghĩa là nóc lò bị lún xuống từ 1 đến 5mm, hầu hết giá trị dịch động theo phương X của hông lò, bên trái và bên phải đều mang giá trị dương, chứng tỏ toàn bộ đoạn đường lò có hướng dịch về bên phải của đường lò, tuy nhiên giá trị lớn nhất chỉ là 12mm, giá trị này hoàn toàn nằm trong giới hạn cho phép của đường lò chống giữ bằng neo.

Có thể xem xét dịch động tại một mặt cắt điển hình trên đường lò dưới dạng biểu đồ như hình 14 dưới đây:

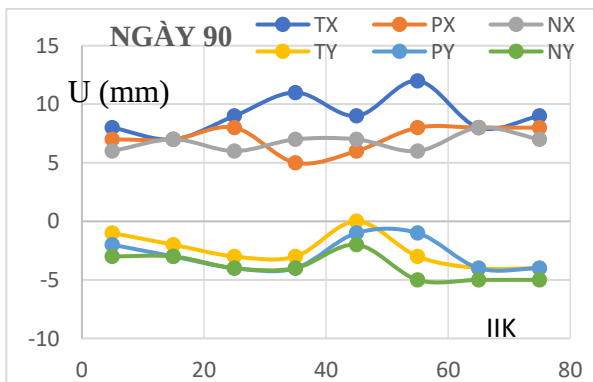


Hình 14. Diễn biến dịch động tại mặt cắt IİK25

Nhìn tổng quan trên biểu đồ cho thấy, đoạn từ ngày bắt đầu chống giữ cho đến ngày thứ 7 có dịch động lớn nhất, đây là giai đoạn ban đầu, áp lực đường lò được giải phóng, hệ N-L-B chưa có dự ứng lực nên biến dạng lớn nhất. Sau đó tốc độ dịch động giảm dần theo thời gian cả phương X và phương Y. Phương Y mang giá trị âm, chứng tỏ toàn thể đường lò bị nén xuống, đường 3NY nằm phía dưới của 3TY và 3PY, chứng tỏ nóc lò bị lún nhiều hơn, điều này hoàn

toàn hợp lý vì nóc lò luôn có áp lực thẳng đứng lớn hơn hai bên hông lò. Giá trị dịch động cả theo phương X và Y đều có xu hướng nằm ngang ở ngày thứ 90 sau khi chống, chứng tỏ thời điểm này, hệ N-L-B đã phát huy sức chịu tải, làm cho đường lò ổn định trở lại.

Xem xét trạng thái dịch động của toàn đoạn lò ở ngày 90 như biểu đồ hình 15 dưới đây có thể thấy giá trị biến dạng theo phương Y luôn âm, biến dạng theo phương X luôn dương ở tất cả các điểm đo tại nóc và hông lò. Như vậy đường lò có dấu hiệu lún nhẹ và biến dạng lệch về vách phải. Đây có thể do sự ảnh hưởng của các quá trình khai thác ở khu vực lân cận.



Hình 15. Biểu đồ dịch vị biên lò ngày 90

Từ biểu đồ có thể thấy, biên lò từ IIK00 đến IIK 75, dịch động khá đồng đều, biến thiên phương X <15mm, phương Y <10mm, cho thấy đường lò khá ổn định, rõ ràng hệ N-L-B đã làm cho khối đá được đồng nhất hơn cho nên, chuyển vị xung quanh đường lò nhỏ và đồng đều, không có sự biến động đột ngột giống như các đường lò trong đá phân lớp, không dẫn đến sự phá hủy, sập lở cục bộ.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

4.1. Kết luận

Trên cơ sở nghiên cứu lý thuyết, mô phỏng số bằng phần mềm FLAC3D và kết quả theo dõi dịch động thực tế tại đoạn lò thử nghiệm thuộc dự án Giếng đứng Mạo Khê, bài báo đã đánh giá được mức độ ổn định của đường lò chống giữ bằng tổ N-L-B.

Kết quả mô phỏng số cho thấy, trong điều kiện khối đá có độ bền $f = 4-6$, phương án chống giữ bằng tổ hợp N-L-B làm giảm đáng kể chuyển vị biên lò so với phương án chống bằng

vì thép. Đặc biệt, chuyển vị tại nóc và hông lò giảm rõ rệt, trong khi chuyển vị nền lò gần như không thay đổi do không áp dụng biện pháp chống giữ nền ở cả hai phương án. Điều này chứng tỏ tổ hợp N-L-B có hiệu quả rõ rệt trong việc gia cường khối đá xung quanh đường lò và nâng cao khả năng làm việc đồng thời của hệ “kết cấu chống giữ – khối đá”.

Kết quả theo dõi dịch động biên lò trong thời gian 90 ngày cho thấy, các giá trị dịch chuyển tại nóc và hông lò tăng nhanh trong giai đoạn đầu sau khi đào và chống giữ, sau đó giảm dần và tiến tới trạng thái ổn định. Giá trị dịch động lớn nhất theo phương thẳng đứng tại nóc lò không vượt quá 5 mm và theo phương ngang tại hông lò không vượt quá 12 mm, đều nằm trong giới hạn cho phép đối với đường lò chống giữ bằng neo. Diễn biến dịch động đồng đều dọc theo toàn bộ đoạn lò thử nghiệm cho thấy khối đá xung quanh đường lò được gia cường tốt

Như vậy, các kết quả nghiên cứu đã khẳng định rằng phương pháp đánh giá độ ổn định đường lò thông qua phân tích dịch động biên lò kết hợp mô phỏng số là phù hợp và có độ tin cậy cao. Đồng thời, tổ hợp chống giữ N-L-B với các thông số thiết kế và thi công như trong nghiên cứu cho thấy khả năng đảm bảo ổn định đường lò tốt trong điều kiện địa chất của dự án Giếng đứng Mạo Khê.

4.2. Kiến nghị

Từ các kết quả nghiên cứu đạt được, kiến nghị tiếp tục áp dụng phương pháp theo dõi dịch động biên lò làm cơ sở đánh giá độ ổn định cho các đường lò chống giữ bằng tổ hợp N-L-B, đặc biệt đối với các đường lò đào trong điều kiện áp lực mỏ lớn và khối đá có độ bền trung bình đến yếu.

Cần mở rộng phạm vi nghiên cứu và theo dõi dịch động trong thời gian dài hơn, kết hợp với các điều kiện địa chất khác nhau và các thông số thiết kế neo khác nhau nhằm hoàn thiện cơ sở khoa học cho việc lựa chọn, thiết kế và áp dụng tổ hợp chống giữ N-L-B trong các mỏ than hầm lò.

Ngoài ra, việc kết hợp đồng bộ giữa công tác thiết kế, thi công, quan trắc dịch động và xử lý

kịp thời các biểu hiện mất ổn định cục bộ là cần thiết nhằm phát huy tối đa hiệu quả và độ an toàn của công nghệ chống giữ bằng tổ hợp N-L-B trong thực tế sản xuất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. PGS.TS.Võ Trọng Hùng, TS. Phùng Mạnh Đắc (2005). *Cơ học địa ứng dụng trong công trình ngầm và khai thác mỏ*. Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật.
2. Trần Mông Dân, nnk (2009). *FLAC/FLAC3D: Cơ sở và ví dụ ứng dụng trong kỹ thuật*. Nhà xuất bản Thủy lợi – Thủy điện Trung Quốc. (陈盲民 等 (2009) . *FLAC/FLAC3D. 基础与工程实例*. 中国水利水电出版社)
3. Phạm Thị Nhân, Fuzhou Qi (2022). *Ứng dụng phương pháp số phân tích ảnh hưởng của hình dạng tiết diện ngang đến độ ổn định của khối đá xung quanh đường lò đào trong than*. Tạp chí khoa học kỹ thuật- Mỏ địa chất Tập 63 kỳ 2.
4. Võ Ngọc Dũng(2024). *Lựa chọn giải pháp và tích hợp công nghệ trắc địa phù hợp phục vụ đào lò đối hướng ở mỏ than hầm lò Hạ long*. Báo Công Nghiệp Mỏ Số 2.
5. Vũ Đức Quyết (2017). *Nghiên cứu đề xuất giải pháp kỹ thuật chống giữ phối hợp giữa neo và neo cáp chịu lực lớn phục vụ khai thác hầm lò dọc vỉa*. Đề tài khoa học và công nghệ cấp bộ.
6. Itasca (2011). *Flac3d user's guide, Version 4.00.69*. Itasca Consulting Group Inc, Minneapolis, MN 55401, USA

Thông tin của tác giả:

TS. Đỗ Xuân Huỳnh

Giảng viên khoa Mỏ - Công trình , Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh

Điện thoại: +(84).906.006.017 - Email: huynh.xd42@gmail.com

Ths. Phạm Quang Thành

Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh

Điện thoại: +(84).983.794.986 - Email: quangthanh49@gmail.com

ASSESSMENT OF ROADWAY STABILITY SUPPORTED BY A BOLT–MESH–SHOTCRETE SYSTEM AT THE MAO KHE VERTICAL SHAFT PROJECT

Information about authors:

Do Xuan Huynh, Dr. Lecturer, Department of Mining and Civil Engineering, Quang Ninh University of Industry - Email: Huynh.xd42@gmail.com

Pham Quang Thanh, MSc. Quang Ninh University of Industry
Email: quangthanh49@gmail.com

ABSTRACT:

As underground coal mining extends to greater depths, increasing ground pressure poses significant challenges to roadway stability, necessitating the adoption of effective support solutions. The combined support system consisting of rock bolts, steel mesh and shotcrete (B–M–S) has gradually been studied and applied in several underground coal mines in Vietnam; however, systematic evaluation of roadway stability supported by this system remains limited. This paper presents an assessment of roadway stability supported by the B–M–S system at the Mao Khe vertical shaft project using a combination of numerical simulation and in-situ displacement monitoring. A numerical model was developed with FLAC3D to analyze and compare boundary

displacements between the steel arch support scheme and the B–M–S support scheme. In addition, field measurements of roadway boundary displacements were carried out over a 90-day monitoring period using surveying instruments. The results show that the B–M–S support system significantly reduces roof and sidewall displacements compared with steel arch support. All measured displacement values remain within allowable limits and tend to stabilize over time, demonstrating the effectiveness and applicability of the B–M–S support system under the geological conditions of the Mao Khe project.

Keywords: Rock bolt–mesh–shotcrete support; roadway stability; boundary displacement; numerical simulation; underground coal mine

REFERENCES

1. Vo TH, Phung MD. *Applied rock mechanics in underground construction and mining*. Hanoi: Science and Technology Publishing House; 2005.
2. Chen M, et al. *FLAC/FLAC3D: Fundamentals and engineering case studies*. Beijing: China Water & Power Press; 2009.
3. Pham TN, Qi F. Application of numerical methods to analyze the influence of cross-sectional shape on the stability of surrounding rock in coal roadways. *Journal of Mining Science and Technology – Mining and Geology*. 2022;63(2).
4. Vo ND. Selection of solutions and integration of appropriate surveying technologies for opposite-direction roadway driving in Ha Long underground coal mines. *Mining Industry Journal*. 2024;(2).
5. Vu DQ. *Research and proposal of technical solutions for combined support using rock bolts and high-capacity cable bolts for longitudinal coal seam underground mining*. Ministerial-level science and technology research project. Vietnam; 2017.
6. Itasca Consulting Group, Inc. *FLAC3D user's guide*. Version 4.00.69. Minneapolis (MN): Itasca Consulting Group; 2011.

Ngày nhận bài: 22/12/2025;

Ngày nhận bài sửa: 14/01/2026;

Ngày chấp nhận đăng: 16/01/2026.