

NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH KÍCH THƯỚC VÙNG ĐÉO CỦA KHỐI ĐÁ XUNG QUANH ĐƯỜNG LÒ

NGUYỄN VĂN QUANG - Trường Đại học Công nghệ GTVT
 NGUYỄN TÀI TIẾN - Trường Đại học Mỏ-Địa chất
 Email: quangnv@utt.edu.vn

Sự phát triển của ngành công nghiệp mỏ Việt Nam đòi hỏi phải xây dựng nhiều các khu vực khai thác mới, vì vậy cần phải xây dựng một khối lượng lớn các đường lò cơ bản và đường lò chuẩn bị. Tại các mỏ ở vùng than Quảng Ninh, đã ghi nhận được nhiều trường hợp phá hủy kết cấu chống của đường lò. Việc thay thế, sửa chữa kết cấu chống rất tốn kém và nguy hiểm.

Một trong những nguyên nhân chính gây nên hiện tượng phá hủy, hư hỏng kết cấu chống là chưa nghiên cứu đầy đủ về trạng thái ứng suất, trạng thái giới hạn của khối đá xung quanh các đường lò. Chính vì vậy việc tìm ra quy luật phân bố, thay đổi tải trọng nên kết cấu chống là một bài toán mang tính cấp thiết.

1. Cơ sở lý thuyết

Khi đào một đường lò trong một khối đá sẽ xảy ra sự phân bố lại ứng suất quanh nó. Trạng thái ứng suất mới (trạng thái ứng suất thứ sinh) quanh đường lò được xác định bởi trạng thái ứng suất ban đầu, hình dạng, độ sâu đường lò, công nghệ đào lò, tính chất cơ học của đá và kết cấu chống, cũng như điều kiện địa chất và cấu trúc đặc biệt về thể nằm của đá [1].

Ban đầu, khối đá biến dạng đàn hồi, sau đó xuất hiện biến dạng không đàn hồi và trạng thái ứng suất tiến giới hạn. Sự thay đổi của khối đá quanh đường lò từ trạng thái đàn hồi về trạng thái dẻo là nguyên nhân chính gây ra áp lực mỏ.

Để xác định kích thước vùng dẻo quanh đường lò người ta sử dụng kết quả của bài toán phẳng đàn hồi-dẻo nhưng mới chỉ được áp dụng với những đường lò dạng tròn. Phân tích kết quả của bài toán trên cho thấy rằng vùng dẻo quanh đường lò hình tròn có dạng elip. Phương trình của vùng biến dạng dẻo có dạng [1]:

$$R_L = R_0 [r_0 + \lambda_2 r_1(\phi)] \quad (1)$$

Trong đó:

$$r_0 = \sqrt{\frac{1 - \sin \rho}{r + K \cdot \text{ctg} \rho}} (\lambda_1 H + K \cdot \text{ctg} \rho) \quad (2)$$

$$r_1(\phi) = \gamma H \frac{r_0 (2 - \sin \rho) \cdot \cos(2\phi)}{2 \sin \rho (\lambda_1 H + K \cdot \text{ctg} \rho)} \quad (3)$$

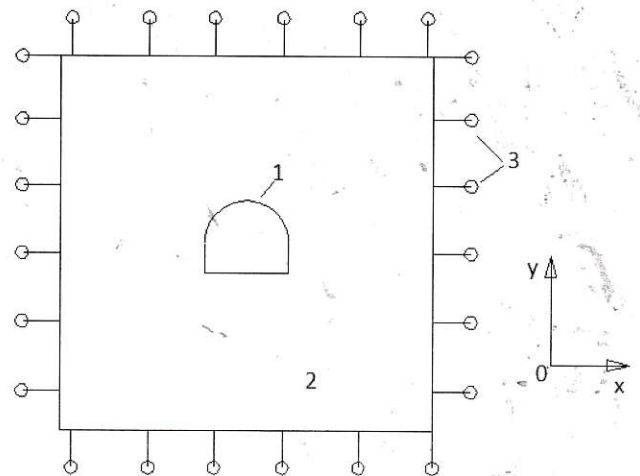
$$\lambda_1 = \frac{1}{2}(1 + \lambda); \lambda_2 = \frac{1}{2}(1 - \lambda) \quad (4)$$

Ở đây: ϕ - Góc của hệ tọa độ cực; K - Lực dính kết; ρ - Góc nội ma sát; H - Độ sâu đường lò; λ - Hệ số áp lực hông.

Trong thực tế, chúng ta sử dụng những đường lò có hình dáng khác nhau, một trong những hình dạng phổ biến nhất là hình vòm tường thẳng.

2. Xây dựng mô hình tính toán trên phần mềm Abaqus

Trong nghiên cứu này tác giả sử dụng phương pháp số trên cơ sở của phần tử hữu hạn với việc sử dụng chương trình tính toán Abaqus. Để giải bài toán nêu trên, tác giả sử dụng mô hình đàn hồi-dẻo. Mô hình tính toán được minh họa ở hình H.1.



H.1. Mô hình tính toán trong đất đá đồng nhất: 1 - Đường lò; 2 - Khối đất đá; 3 - Điều kiện biên

Điều kiện chuyển biến khối đá quanh đường lò sang trạng thái dẻo là công thức của Coulomb Mohr [2]:

$$(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2 = (\sigma_x + \sigma_y + 2Kctg\rho)^2 \sin^2\rho \quad (5)$$

Trong đó: $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ - Các đại lượng ứng suất hướng tâm và ứng suất tiếp tuyến.

Việc tính toán được thực hiện trong hai trường hợp sau đây:

➢ Trong môi trường đá đồng nhất, đá có độ cứng trung bình với các đặc điểm về cơ lý như sau: trọng lượng riêng $24,5 \text{ kN/m}^3$; giới hạn kháng nén 40 MPa ; góc nội ma sát $\rho=30^\circ$; mô đun Young $2,5 \cdot 10^4$; hệ số Poisson $0,25$;

➢ Trong môi trường đá yếu tại các đứt gãy địa chất, phay phá với các đặc điểm về cơ lý như sau: trọng lượng riêng $22,5 \text{ kN/m}^3$; giới hạn kháng nén 5 MPa ; góc nội ma sát $\rho=15^\circ$; mô đun Young $2 \cdot 10^3$; hệ số Poisson $0,25$.

Lực kết dính của đất đá được tính theo công thức [3]:

$$K = \frac{R_n \cdot (1 - \sin\rho) \cdot k_c \cdot k_t}{2 \cdot \cos\rho} \quad (6)$$

Trong đó: R_n - giới hạn bền nén của đất đá; k_c - Hệ số giảm yếu do cấu trúc (phụ thuộc vào mật độ khe nứt trong khối đá); k_t - Hệ số suy giảm độ cứng theo thời gian.

Hệ số áp lực hông đối với môi trường đàn hồi (trường hợp thứ nhất):

$$\lambda = \frac{\nu}{1 - \nu} \quad (7)$$

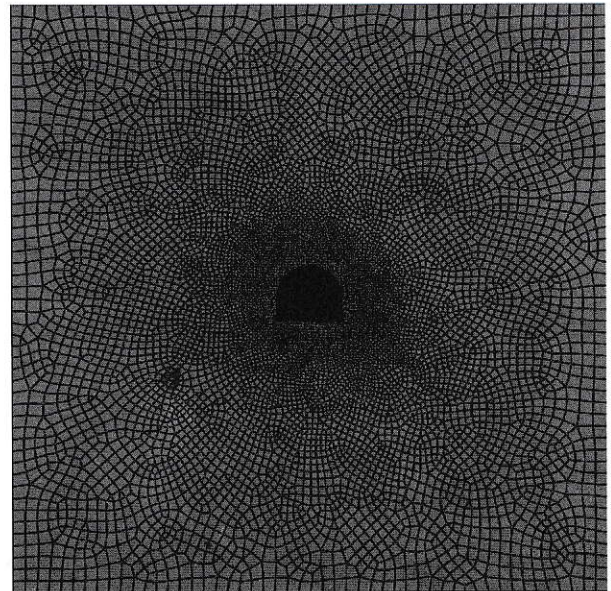
Tại đây: ν - Hệ số Poisson;

Hệ số áp lực hông đối với môi trường bờ rời (trường hợp thứ hai):

$$\lambda = \text{tg}^2\left(45 - \frac{\rho}{2}\right) \quad (8)$$

Kích thước của mô hình số là $50 \times 50 \text{ m}$. Đường lò dạng hình vòm, với các thông số về kích thước: chiều rộng $B=5,64 \text{ m}$; chiều cao $h=4,82 \text{ m}$; bán kính vòm $R=2,82 \text{ m}$. Khối đá trong mô hình được mô phỏng bằng các phần tử khối 4 cạnh. Bài toán đối xứng qua trục y . Điều kiện biên của bài toán được cho dưới dạng khống chế sự dịch chuyển theo trục "x" - $U_x=0$, và trục "y" - $U_y=0$. Trong mô hình ứng suất ban đầu được đưa vào dưới dạng: $\sigma_x=\lambda\gamma H$; $\sigma_y=\gamma H$, với H là chiều sâu của đường lò.

Với mục đích nâng cao độ chính xác của kết quả, lưới phần tử hữu hạn được chia không đều, lưới được chia dày hơn ở quanh biên đường lò, vùng xa hơn thì được chia thưa hơn. Số phần tử hữu hạn trong mô hình là 6885.



H.2. Phân chia lưới phần tử hữu hạn

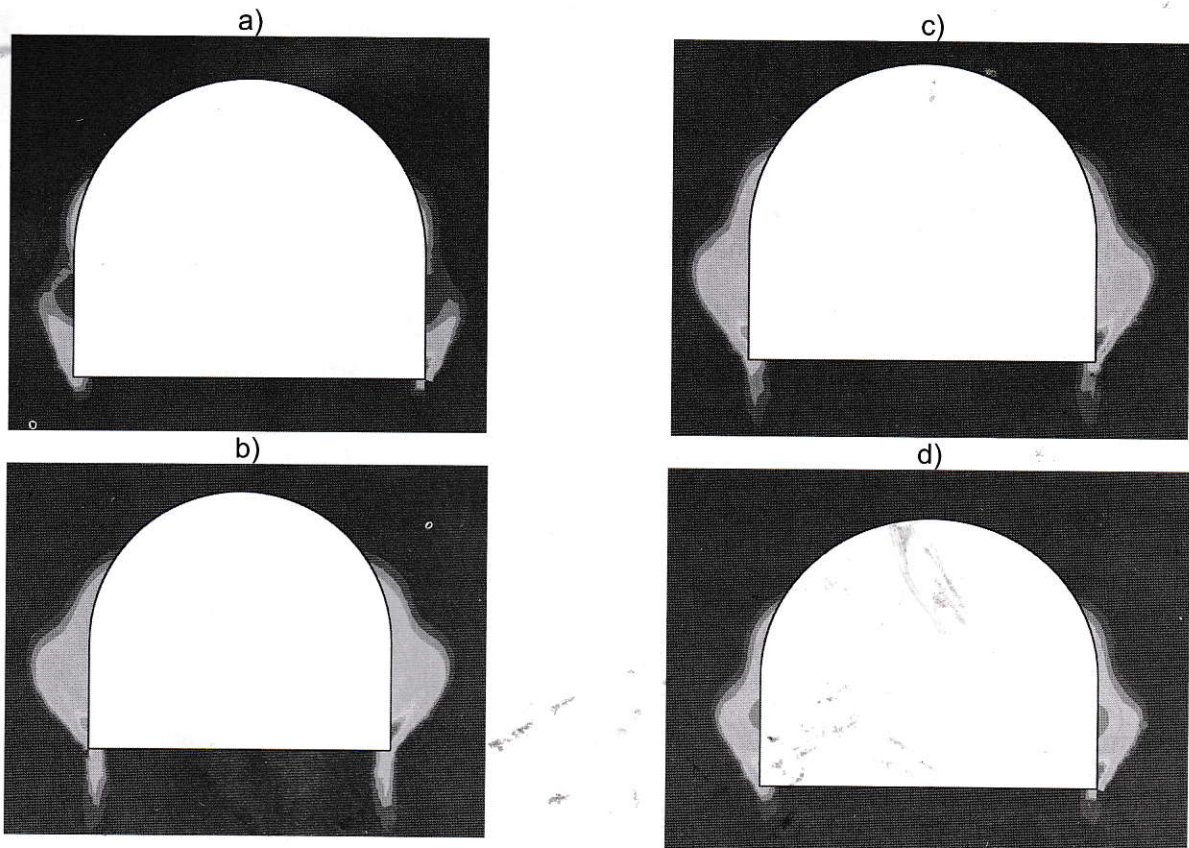
3. Kết quả phân tích của mô hình số

Kết quả phân tích của mô hình số thu được hình dáng và kích thước của vùng dẻo quanh đường lò trong điều kiện độ sâu đường lò khác nhau được thể hiện qua hình H.3 và H.4.

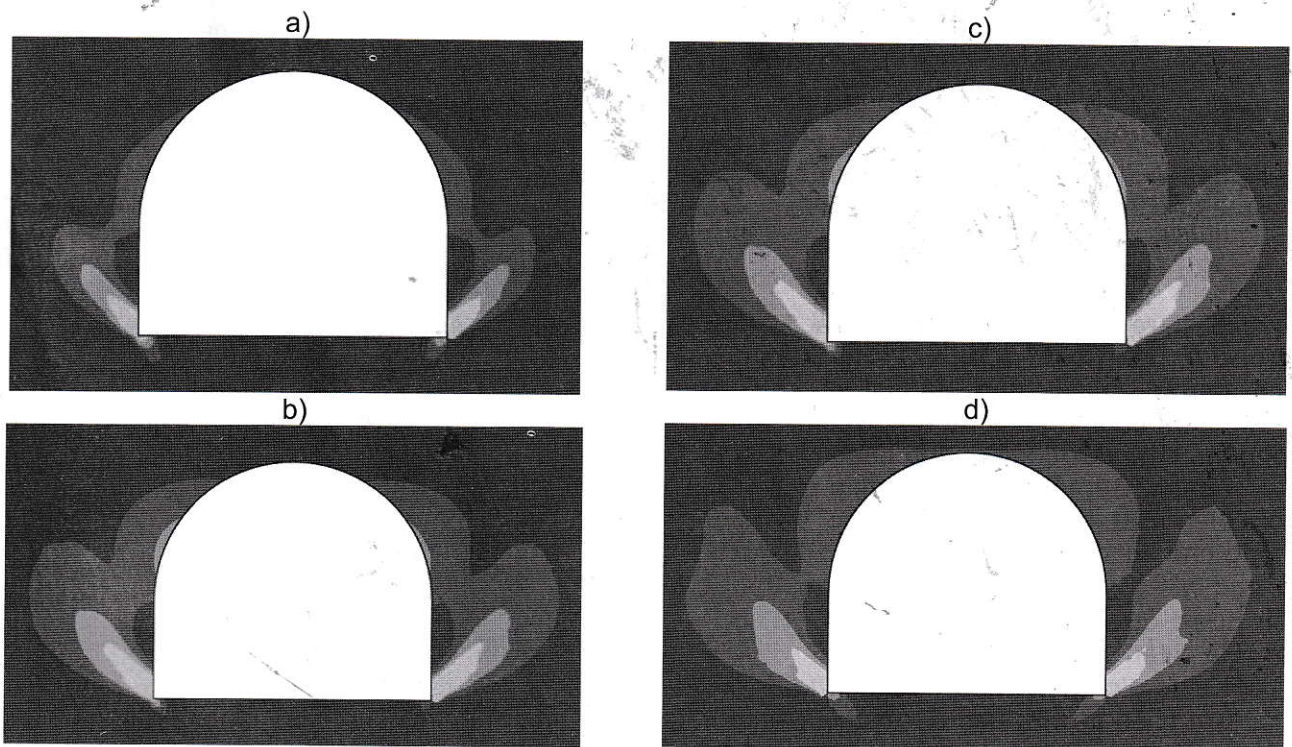
Phân tích kết quả đối với môi trường đá đồng nhất có độ cứng trung bình, hệ số nở hông bằng $0,33$ ta thấy, đối với đường lò có độ sâu nhỏ hơn 250 m thì quanh nó không xuất hiện vùng trạng thái dẻo. Nghĩa là với những độ sâu đó ứng suất quanh đường lò chưa vượt qua giới hạn độ bền của đá. Trong trường hợp này sự thay đổi của ứng suất tạo ra khi đào đường lò chỉ tạo ra biến dạng đàn hồi. Độ dịch chuyển biên đường lò do biến dạng đàn hồi không lớn vì vậy trong trường hợp này có thể sử dụng các dạng kết cấu "nhẹ" như bê tông phun để đề phòng sự nở của những khối đá riêng lẻ và hạn chế các nứt nẻ.

Với những đường lò có độ sâu lớn hơn 250 m quanh đường lò xuất hiện vùng trạng thái dẻo. Với hệ số nở hông bằng $0,33$ thì vùng trạng thái dẻo chỉ xuất hiện ở hông đường lò. Kích thước lớn nhất của vùng trạng thái dẻo ở hông đường lò phát triển từ $0,41 \text{ m}$ khi $H=250 \text{ m}$ đến $1,17 \text{ m}$ khi $H=400 \text{ m}$. Kết quả tính toán kích thước vùng dẻo quanh đường lò được tổng hợp trong Bảng 1.

Trong môi trường đá bị phá hủy với hệ số nở hông $0,6$ thì vùng trạng thái dẻo quanh đường lò bao trọn toàn bộ biên đường lò. Trên vùng này có khả năng tồn tại sự bờ rời và trương nở đá trong đường lò. Quá trình này sẽ xảy ra trong toàn bộ thời gian hoạt động của đường lò với tốc độ chậm dần về độ dịch chuyển biên đường lò.



H.3. Hình dạng vùng trạng thái dẻo quanh đường lò trong môi trường đất đá đồng nhất có độ cứng trung bình: a - $H=250$ m; b - $H=300$ m; c - $H=350$ m; d - $H=400$ m

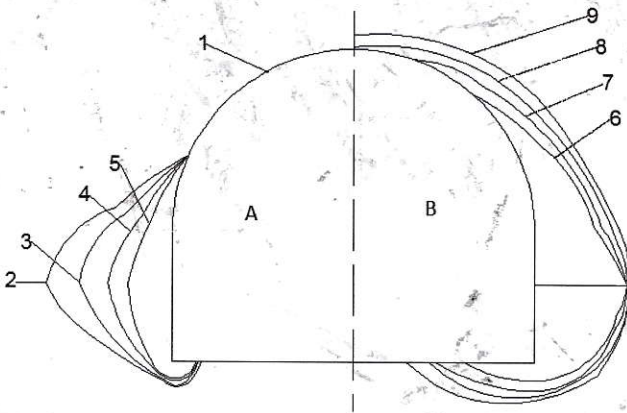


H.4. Hình dạng vùng trạng thái dẻo quanh đường lò trong môi trường đất đá yếu: a - $H=100$ m; b - $H=200$ m; c - $H=300$ m; d - $H=400$ m

Bảng 1. Kết quả tính toán kích thước vùng dẻo quanh đường lò

Loại đá	Độ sâu H, m					
	100	200	250	300	350	400
Đá có độ cứng trung bình	0,00	0,00	0,41	0,79	1,02	1,17
Đá yếu	1,74	2,21	2,52	2,82	3,01	3,22

Trong trường hợp khối đá quanh đường lò xuất hiện vùng trạng thái dẻo, kết cấu chống lò khả năng lớn sẽ làm việc theo chế độ cho trước độ dịch chuyển, điều này có nghĩa cần thiết chọn kết cấu chống linh hoạt, vì khả năng chịu tải của chúng ảnh hưởng rất nhỏ đến độ dịch chuyển cuối cùng [4]. Hình H.5 thể hiện kết quả tính toán kích thước vùng trạng thái dẻo quanh đường lò với những giá trị khác nhau của hệ số nở hông và lực kết dính.



H.5. Hình dạng vùng trạng thái dẻo quanh đường lò: A - với giá trị lực kết dính 2-K=1 MPa; 3-K=1,5 MPa; 4-K=2 MPa; 5-K=2,5 MPa; B với giá trị hệ số nở hông: 6- $\lambda=0,5$; 7- $\lambda=0,6$; 8 - $\lambda=0,7$; 9 - $\lambda=0,8$

Với trường hợp A, độ sâu đường lò là H=300 m; $\lambda=0,33$. Với giá trị lực kết dính K bằng 1; 1,5; 2; 2,5 MPa thì kích thước lớn nhất của vùng trạng thái dẻo quanh đường lò tương ứng là 2,21 m; 1,62 m; 1,25 m; 0,98 m. Khi B với độ sâu đường lò H=300 m; K=2 MPa. Với hệ số nở hông $\lambda \leq 0,7$ kích thước lớn nhất vùng trạng thái dẻo không thay đổi. Với $\lambda > 0,5$ vùng trạng thái dẻo bao trọn biên đường lò. Như vậy có thể thấy hệ số nở hông không ảnh hưởng đến kích thước lớn nhất vùng trạng thái dẻo mà chỉ ảnh hưởng đến hình dáng vùng trạng thái đó.

4. Kết luận

Bài báo trình bày một cách tiếp cận mới để đánh giá, tính toán vùng trạng thái dẻo quanh đường lò trên cơ sở phương pháp phần tử hữu

hạn bằng phần mềm Abaqus. Kết quả tính toán thu được so với kết quả quan sát thực tế là khá tương đồng. Từ kết quả tính toán ta thấy được sự phụ thuộc của kích thước lớn nhất của vùng trạng thái dẻo vào độ sâu của đường lò, các tính chất cơ lý của đá như lực kết dính, hệ số nở hông. Qua việc đánh giá, tính toán vùng trạng thái dẻo quanh đường lò cho phép ta dự báo chính xác khối đá quanh đường lò hoạt động ở chế độ nào, từ đó lựa chọn kiểu kết cấu chống phù hợp. Kết quả nghiên cứu có thể sử dụng để thiết kế các đường lò cơ bản ở vùng than Quảng Ninh. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. A.H. Ставрогин, А.Г Протосеня. Пластичность горных пород, М: Недра, 1979. 305р.
2. А.Г. Протосеня, С.Я. Жихарев, И.Е. Долгий. Геомеханика массивов и устойчивость подготовительных выработок. СПб, 2004.239р.
3. А.Г. Протосеня, М.А. Карасев. Механика подземных сооружений. СПб, 2013. 113р.
4. Н.С. Булычев. Механика подземных сооружений в примерах и задачах, М.: Недра, 1989. 272р.

Ngày nhận bài: 25/05/2017

Ngày gửi phản biện: 5/07/2017

Ngày nhận phản biện: 15/09/2017

Ngày chấp nhận đăng bài: 15/10/2017

Từ khoá: kết cấu chống, mỏ hầm lò, phá hủy, phương pháp phần tử hữu hạn, vùng trạng thái dẻo

SUMMARY

Today, in Vietnam, the determination of support structures in underground mines, which is determined by experience or analytical solutions. In this article, author uses finite element method to determine the plastic zone surrounding the adit. It bases on rock and rock-mass properties, adit's depth,... These calculations are performed in two cases: medium strength and homogeneous rock; weak rock. As the result, the author estimates to the interrelation between plastic zone size and adit's depth and rock properties. The result could be applied for designing and constructing adits in underground mines at Quảng Ninh coal basin.