

ẢNH HƯỞNG CỦA NỔ MÌN ĐẾN TRẠNG THÁI ỨNG SUẤT TRONG KHỐI ĐÁ QUANH ĐƯỜNG HẦM

Nguyễn Xuân Mãn^{1*}, Nguyễn Duyên Phong¹,
Nguyễn Ngọc Huệ², Phạm Đức Hình²

¹Trường Đại học Mở-Địa chất,

²Trường Sĩ quan công binh Bình Dương

Ngày nhận bài: 13/01/2022

Biên tập xong: 10/3/2022

Duyệt đăng: 19/3/2022

TÓM TẮT

Xây dựng đường hầm trong đá cứng thường sử dụng phương pháp khoan-nổ mìn để phá đá gương hầm. Sau khi nổ mìn và xúc bốc đất đá nổ ra sẽ nhận được khoảng trống bên trong đường biên theo yêu cầu thiết kế. Khối đá bao quanh đường hầm phía ngoài đường biên tuy không bị phá hủy nhưng phát sinh nứt nẻ, lực dính C và góc nội ma sát φ của khối đá giảm, do đó mà độ bền của khối đá giảm đi so với trước khi nổ mìn. Mức độ giảm bền của khối đá phụ thuộc vào công nghệ nổ mìn. Bài viết này xem xét sự thay đổi mô đun biến dạng khối đá do nổ mìn, từ đó xem xét ảnh hưởng của nổ mìn đến trạng thái ứng suất trong khối đá quanh đường hầm.

Từ khóa: nổ mìn, mô đun biến dạng, trạng thái ứng suất, độ bền, kết cấu chống.

1. Giới thiệu

Nhận thấy rằng do ảnh hưởng của nổ mìn mà các chỉ tiêu cơ học của khối đá thay đổi so với trước khi nổ. Chẳng hạn mô đun biến dạng E , góc nội ma sát φ , lực dính C , mức độ nứt nẻ, tốc độ truyền âm,... của khối đá sau nổ sẽ thay đổi so với trước khi nổ (Nguyễn Xuân Mãn, 2010).

Trong bài viết này nhóm tác giả đã đưa ra hai quy luật biến đổi của mô đun biến dạng của khối đá quanh đường hầm do ảnh hưởng của nổ mìn, đó là:

$$E(r) = E_0 (1 + br^m) \text{ và } E(r) = E_0 [1 + br^m \sin(\alpha r - \beta)].$$

Từ đó các tác giả đã tiến hành khảo sát sự phân bố ứng suất trong khối đá quanh đường hầm. Kết quả khảo sát sẽ cho bức tranh về sự phân bố ứng suất, để từ đó đánh giá độ bền của khối đá làm cơ sở để lựa chọn loại hình kết cấu chống giữ hầm cho phù hợp.

2. Đặt vấn đề

Khi xây dựng đường hầm người ta cần đào phá gương bằng các phương pháp khác nhau như: khoan-nổ mìn, dùng búa chèn, dùng súng bắn nước, dùng combai, dùng máy khoan,... Trong đá rắn thì phá đá gương hầm hay sử dụng là phương pháp khoan-nổ mìn. Sau khi nổ phá xong, người ta xúc bốc đất đá nổ ra và nhận được khoảng không bên trong đường biên hầm thiết kế. Khối đá xung quanh hầm phía ngoài đường biên tuy không bị phá hủy nhưng các chỉ tiêu cơ-lý của khối đá sau nổ thay đổi nhiều so với trước khi nổ. Tùy thuộc vào cách nổ mà sự thay đổi đó có quy mô, tính chất khác nhau. Thực tế nổ phá đá đào hầm cho thấy, nổ mìn tạo biên sẽ tạo được đường biên tốt hơn, các chỉ tiêu cơ-lý của khối đá quanh hầm có mức độ thay đổi ít hơn so với trước khi nổ; ngược lại nếu nổ mìn bằng phương pháp thông thường

thì mức độ thay đổi lớn hơn, đường biên nhận được sẽ lồi, lõm nhiều (Б.А. Картозия 2001).

Vấn đề cần xem xét đặt ra là sự phân bố ứng suất trong khối đá quanh đường hầm sẽ thay đổi thế nào do ảnh hưởng của công tác khoan-nổ phá đá gương hầm?

3. Giả thiết và đặt bài toán

Vùng đất đá xung quanh đường hầm sau khi nổ mìn sẽ có các chỉ tiêu cơ-lý thay đổi. Trong bài viết này, nhóm tác giả đề cập đến sự thay đổi của mô đun biến dạng của đất đá sau khi nổ phá gương hầm. Giả thiết rằng mô đun biến dạng của khối đá quanh công trình tại điểm xem xét có bán kính tỷ đối r sẽ thay đổi theo quy luật như sau:

$$E(r) = E_0 f(r). \quad (1)$$

trong (1): $r=R/R_0$; R_0 - bán kính đường hầm; R - bán kính điểm xem xét; E_0 - mô đun biến dạng của khối đá trước khi nổ mìn; $f(r)$ - hàm phụ thuộc r .

Nhóm tác giả xem xét hai trường hợp của $f(r)$, cụ thể như sau:

$$f(r) = [1 + br^m]. \quad (2)$$

$$f(r) = [1 + br^m \sin(\alpha r - \beta)]. \quad (3)$$

trong (2) và (3): b , m , α và β là các thông số thực nghiệm.

Với các giả thiết (1), (2) và (3) nhóm tác giả tiến hành giải bài toán phẳng của lý thuyết đàn hồi trong hệ tọa độ cực $O(r, \theta)$ để tìm ra quy luật phân bố ứng suất trong khối đá bị biến đổi tính chất do ảnh hưởng của nổ mìn phá đá đảo gương.

4. Giải bài toán

Đây là bài toán phẳng của lý thuyết đàn hồi quen thuộc trong cơ học đá. Trong hệ tọa độ cực $O(r, \theta)$ các phương trình được viết (Nguyễn Quang Phích 2000) như sau:

Phương trình vật lý:

$$\varepsilon_r = \frac{3}{4} \frac{1}{E(r)} (\sigma_r - \sigma_\theta). \quad (4.1)$$

$$\varepsilon_\theta = \frac{3}{4} \frac{1}{E(r)} (\sigma_\theta - \sigma_r). \quad (4.2)$$

$$\gamma_{r\theta} = 0. \quad (4.3)$$

Từ (4.1), (4.2) suy ra: $\varepsilon_r = \varepsilon_\theta$.

Phương trình tương thích có dạng:

$$\frac{\partial \varepsilon_\theta}{\partial r} + \frac{\varepsilon_\theta - \varepsilon_r}{r} = 0,$$

$$\text{hay là: } \left(\frac{\partial}{\partial r} + \frac{2}{r} \right) \varepsilon_\theta = 0. \quad (5)$$

trong (4.1), (4.2) và (4.3): ε_r , ε_θ - lần lượt là biến dạng hướng kính và biến dạng vòng; $\gamma_{r\theta}$ - biến dạng góc tỷ đối.

Tìm lời giải của bài toán bằng hàm ứng suất Eiry có dạng $\varphi = \varphi(r)$ đồng nhất thỏa mãn (6.1) và (6.2) dưới đây (И.В. Баклашов, Б.А. Картозия 1987):

$$\sigma_r = \frac{\varphi}{r}. \quad (6.1.)$$

$$\sigma_\theta = \frac{\partial \varphi}{\sigma r}. \quad (6.2)$$

Đưa (6.1) và (6.2) vào (4) cho ta:

$$\varepsilon_\theta = \frac{3}{4} \frac{1}{E(r)} \left(\frac{\partial \varphi}{\partial r} - \frac{\varphi}{r} \right) = 0. \quad (7)$$

Đưa (7) vào (5) nhận được phương trình cơ bản sau đây:

$$\left(\frac{\partial}{\partial r} + \frac{2}{r} \right) \frac{1}{E(r)} \left(\frac{\partial \varphi}{\partial r} - \frac{\varphi}{r} \right) = 0. \quad (8)$$

Lời giải của (8) có dạng:

$$\varphi = Ar \int_1^r \frac{E(r)dr}{r^3} + Br. \quad (9)$$

A, B - là các hằng số tích phân cần xác định.

Từ (6.1) và (6.2) ta có:

$$\sigma_r = \frac{\varphi}{r} = A \int_1^r \frac{E(r)dr}{r^3} + B. \quad (10.1)$$

$$\sigma_\theta = \frac{\partial \varphi}{\partial r} = A \left[\int_1^r \frac{E(r)dr}{r^3} + \frac{E(r)}{r^2} \right] + B. \quad (10.2)$$

Để xác định A và B cần thiết lập điều kiện biên của bài toán như sau:

$$\sigma_{r \rightarrow 1} = P \text{ và } \sigma_{\theta \rightarrow \infty} = \gamma h. \quad (11)$$

trong (11): P - phản lực của vỏ chống trên biên hầm, khi không lắp đặt vỏ chống thì $P = 0$; γ - dung trọng của đá; h - chiều sâu đặt công trình.

Đưa (11) vào (10.1), (10.2) rồi giải hệ phương trình đó theo A và B cho ta:

$$A = \frac{P - \gamma h}{\int_1^\infty \frac{E(r)dr}{r^3}} \text{ và } B = P. \quad (12)$$

Thay (12) vào (10.1) và (10.2) nhận được:

$$\sigma_r = P - (P - \gamma h) \frac{\int_1^r \frac{E(r)dr}{r^3}}{\int_1^\infty \frac{E(r)dr}{r^3}}. \quad (13.1)$$

$$\sigma_\theta = P - (P - \gamma h) \left[\frac{\int_1^r \frac{E(r)dr}{r^3}}{\int_1^\infty \frac{E(r)dr}{r^3}} + \frac{E(r)(P - \gamma h)}{r^2 \int_1^\infty \frac{E(r)dr}{r^3}} \right] = \sigma_r - \frac{E(r)(P - \gamma h)}{r^2 \int_1^\infty \frac{E(r)dr}{r^3}}. \quad (13.2)$$

Với trường hợp đường hầm không chống giữ thì phản lực $P = 0$.

Đưa $P = 0$ vào (13.1) và (13.2) và rút gọn E_0 , sẽ nhận được các suất trong khối đá quang đường hầm bị ảnh hưởng của nổ mìn phá đá khi đào gương, cụ thể là:

$$\sigma_r = \gamma h \frac{\int_1^r \frac{E(r)dr}{r^3}}{\int_1^\infty \frac{E(r)dr}{r^3}} = \gamma h \frac{\int_1^r \frac{f(r)dr}{r^3}}{\int_1^\infty \frac{f(r)dr}{r^3}}. \quad (14.1)$$

$$\sigma_\theta = \gamma h \frac{\int_1^r \frac{f(r)dr}{r^3}}{\int_1^\infty \frac{f(r)dr}{r^3}} + \frac{f(r)}{r^2 \int_1^\infty \frac{f(r)dr}{r^3}} = \sigma_r + \frac{\gamma h f(r)}{r^2 \int_1^\infty \frac{f(r)dr}{r^3}}. \quad (14.2)$$

5. Lời giải số cho trường hợp cụ thể

Ví dụ lời giải số cho trường hợp cụ thể được tiến hành trong hai trường hợp:

i) $f(r) = (1 + br^m)$ với $b = -1$; $m = -2$; suy ra $f(r) = (1 - r^2)$, thay $f(r)$ vào (14.1); sau đó lấy tích phân cho ta:

$$\sigma_r = \gamma h (r^{-4} - 2r^{-2} + 1). \quad (15.1)$$

$$\sigma_\theta = \gamma h (3r^{-4} - 2r^{-2} + 1). \quad (15.2)$$

ii) $f(r) = 1 + br^m \sin(ar - \beta)$, với $b = -1$; $m = -2$; $\alpha = 2\pi$ và $b = \frac{7p}{18}$;

Suy ra $f(r) = 1 - r^{-2} \sin\left(2\pi r - \frac{7\pi}{18}\right)$,

thay $f(r)$ vào (14.2); sau đó lấy tích phân cho ta:

$$\sigma_r = \gamma h \left(\frac{\int_1^r r^{-3} dr + 0,34 \int_1^r r^{-5} \sin(2\pi r) dr - 0,94 \int_1^r r^{-5} \cos(2\pi r) dr}{\int_1^\infty r^{-3} dr + 0,34 \int_1^\infty r^{-5} \sin(2\pi r) dr - 0,94 \int_1^\infty r^{-5} \cos(2\pi r) dr} \right) \quad (16.1)$$

$$\sigma_{\theta} = \gamma h \left\{ \frac{\int_1^r r^{-3} dr + 0,34 \int_1^r r^{-5} \sin(2\pi r) dr - 0,94 \int_1^r r^{-5} \cos(2\pi r) dr}{\int_1^{\infty} r^{-3} dr + 0,34 \int_1^{\infty} r^{-5} \sin(2\pi r) dr - 0,94 \int_1^{\infty} r^{-5} \cos(2\pi r) dr} \right\} + \frac{\gamma h}{r^4} \times \left\{ \frac{r^2 + 0,34 \sin(2\pi r) - 0,94 \cos(2\pi r)}{\int_1^{\infty} [r^2 + 0,34 \sin(2\pi r) - 0,94 \cos(2\pi r)] r^{-5} dr + 0,34 \int_1^{\infty} r^{-5} \sin(2\pi r) dr - 0,94 \int_1^{\infty} r^{-5} \cos(2\pi r) dr} \right\} \quad (16.2)$$

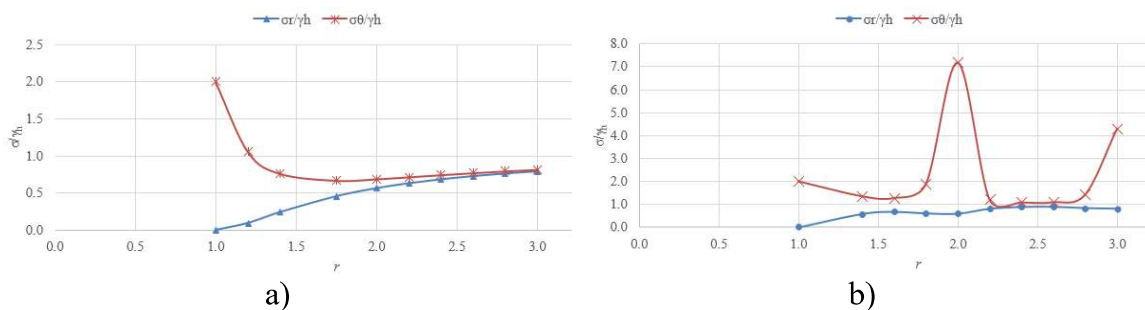
Cho r thay đổi tính tính $\left(\frac{\sigma_r}{\gamma h}\right)$ và $\left(\frac{\sigma_{\theta}}{\gamma h}\right)$

. Kết quả tính cho trong bảng dưới đây.

Bảng 1. Giá trị $\left(\frac{\sigma_r}{\gamma h}\right)$ và $\left(\frac{\sigma_{\theta}}{\gamma h}\right)$ theo biến r

Trường hợp 1: $f(r) = 1 - r^{-2}$										
r	1,0	1,2	1,4	1,75	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0
$\sigma_r/\gamma h$	0,0	0,093	0,24	0,454	0,563	0,629	0,683	0,726	0,761	0,79
$\sigma_{\theta}/\gamma h$	2,0	1,058	0,761	0,667	0,688	0,715	0,743	0,77	0,794	0,815
Trường hợp 2: $f(r) = 1 - r^{-2} \sin(2\pi r - (7\pi/18))$										
r	1,0	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0
$\sigma_r/\gamma h$	0,0	0,571	0,662	0,598	0,583	0,795	0,873	0,88	0,824	0,801
$\sigma_{\theta}/\gamma h$	2,0	1,347	1,271	1,881	7,19	1,2	1,08	1,085	1,423	4,303

Dưới đây là biểu đồ ứng suất của hai trường hợp hình 1.



Hình 1. Biểu đồ phân bố ứng suất (a-trường hợp 1; b-trường hợp 2)

6. Kết luận

Kết quả giải bài toán cho thấy nỗ mìn phá đá gương hàm có ảnh hưởng rất

khác nhau đến trạng thái ứng suất của khối đá xung quanh đường hầm.

- Trường hợp khi $E(r) = E_0 (1 - r^{-2})$ cho thấy: Trường ứng suất trong khối

đá quanh công trình đào bằng phương pháp khoan nổ không thay đổi đáng kể cả về lượng và tính. Trường hợp này là do đã sử dụng phương pháp nổ mìn tạo biên để phá đá gương hầm, do đó đã hạn chế ảnh hưởng của nổ mìn đến đặc tính khối đá xung quanh.

- Trường hợp khi $E(r) = E_0[1 - r^2 \sin(2\pi r - (7\pi/18))]$ cho thấy: Ứng suất σ_θ đạt cực đại là $7,19\gamma h$, tại $r = 2,0$; đường biểu diễn của σ_θ có dáng điệu

dạng lượn sóng. Nhận thấy trong vùng khối đá có bán kính $r = 2$ có sự tập trung lớn ứng suất vòng, vì vậy khối đá dễ bị phá hủy nếu không có giải pháp chống giữ thích hợp. Ứng suất hướng kính σ_r không thay đổi đáng kể so với các phương pháp đào hầm khác. Trường hợp này ứng với việc sử dụng phương pháp nổ mìn thường đào gương nên đã có ảnh hưởng lớn đến đặc tính khối đá xung quanh.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Xuân Mãn (2010). Xác định khoảng cách tối ưu giữa hai lỗ khoan trong phá đá bằng phương pháp khoan nổ mìn. Tuyển tập Hội nghị Khoa học Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam nhân kỷ niệm 30 năm thành lập, Hà Nội.
- [2] Nguyễn Quang Phích (2000). Lý thuyết cơ học khối đá nguyên khối và nứt nẻ. Bài giảng cao học. ĐH. Mỏ-Địa chất, Hà Nội.
- [3] B.N. Kutuzov (1992). Rocks destruction by explosion. Published by Moscow Mining Institute, Moscow.
- [4] И.В. Баклашов, Б.А. Картозия (1987). Механика подземных сооружений. Высшее горное образование, Москва.
- [5] Б.А. Картозия (2001). Инженерные задачи механики подземных сооружений. Высшее горное образование, Москва.

EFFECT OF BLASTING ON STRESS STATE IN THE ROCK AROUND THE TUNNEL

**Man Xuan Nguyen¹, Phong Duyen Nguyen¹,
Hue Ngoc Nguyen², Hinh Duc Pham²**

¹Hanoi University of Mining and Geology,

²Binh Duong Military Engineer School

Received: January 13, 2022 Revised: March 10, 2022 Accepted: March 19, 2022

ABSTRACT

Build tunnel in hard rock, usually using the drill-blasting method to break the tunnel stone. After blasting and shoveling, the gaps will receive gaps within the boundaries as required by the design. The rock mass surrounding the tunnel outside the boundary is not destroyed, but the crack is generated, the Stick force C and the frictional internal angle φ of the rock mass decreases, so that the strength of the rock decreases as compared to before the explosion mine. The level of rock durability is dependent on the blasting technology. This article examines the change of rock deformation due to blasting, which examines the impact of blasting on the stresses in the rock around the tunnel.

Liên hệ: **Nguyễn Xuân Mãn**
Trường Đại học Mỏ địa chất
E-mail: *mannxdoky@gmail.com*