

**HỘI CƠ HỌC ĐÁ VIỆT NAM
HỘI CÔNG NGHỆ KHOAN - KHAI THÁC VIỆT NAM
TRƯỜNG ĐẠI HỌC DẦU KHÍ VIỆT NAM**

**Tuyển tập công trình khoa học
Hội nghị khoa học toàn quốc
“Cơ học đá - Những vấn đề
đương đại”
VIETROCK2021**

Hà Nội, 16/10/2021

HÀ NỘI, 2021

**VIETNAMESE SOCIETY FOR ROCK MECHANICS - VSRM
THE DRILING AND PRODUCTION TECHNOLOGY VIETNAM - VADPT
PETROVIETNAM UNIVERSITY - PVU**

**PROCEEDINGS
OF VIETROCK 2021
VIETNAMESE NATIONAL CONGRESS
OF ROCK MECHANICS & ENGINEERING**

HANOI, 16/10/2021

HANOI, 2021

Ban Tổ chức

Organizing Committee

Đồng Trưởng ban - Co-chairman:

TS. Phạm Quốc Tuấn - VSRM

TS. Nguyễn Duy Tuấn - VADPT

TS. Nguyễn Văn Hùng - PVU

Thành viên - Members

TS. Hà Ngọc Anh - VSRM, IGS, VAST

PGS.TS. Trần Thị Thu Hằng - VSRM, UTC

Ths.KSC. Lê Quang Huy - VSRM, PECC1

Ths.KS. Trần Quốc Thịnh - VSRM

TS. Lê Quốc Phong - PVU

TS. Phạm Bảo Ngọc - PVU

TS. Đỗ Thị Thùy Linh - PVU

TS. Nguyễn Phan Anh - PVU

TS. Trương Thanh Tuấn - PVU

ThS. Lương Hải Linh - PVU

ThS. Nguyễn Hữu Trường - PVU

ThS. Phạm Hữu Tài - PVU

ThS. Nguyễn Việt Khôi Nguyên - PVU

ThS. Trần Thị Oanh - PVU

Ông Nguyễn Quang Vinh - PVU

Ông Nguyễn Thái Đạt - PVU

Ông Lê Quốc Huy - PVU

Bà Dương Thị Phương Thảo - PVU

Bà Phạm Thị Hoài Lan - PVU

Bà Nguyễn Thị Hồng Thắm - PVU

Ban Khoa học

Scientific Committee

Đồng Trưởng ban - Co-chairman

GS.TS. Đỗ Như Tráng - VSRM

PGS.TS. Nguyễn Xuân Thảo - VADPT

PGS.TS. Phạm Huy Giao - PVU

Thành viên - Members

PGS.TSKH. Vũ Cao Minh - VAST, VSRM

PGS.TS. Nguyễn Sỹ Ngọc - VSRM

PGS.TS. Nguyễn Thế Vinh - Khoa Dầu khí, HUMG, VADPT

TS. Phạm Xuân Toàn - Viện Dầu khí, PVI, PVN, VADPT

TS. Đỗ Quang Khánh, Trường Đại học Bách khoa TP. HCM, VADPT

PGS.TS. Trần Văn Xuân, Trường Đại học Bách khoa TP. HCM, VADPT

GS.TS. Seokwon Jeon - Seoul National University, Korea

GS.TS. Suseno Kramadibrata - Vice President for Asia of ISRM

GS.TS. Norikazu Shimizu - Yamaguchi University, Japan

LỜI NÓI ĐẦU

Hội nghị Khoa học toàn quốc “**Cơ học đá - Những vấn đề đương đại**” năm 2021 là bước phát triển kế tiếp truyền thống thường xuyên, liên tục, mạnh mẽ của cơ học đá Việt Nam kể từ lần Hội thảo khoa học đầu tiên năm 1984 đến nay.

Điều đặc biệt của Hội nghị lần này là tổ chức trong lúc cơn bão đại dịch COVID-19 đang hoành hành dữ dội trên toàn cầu. Việt Nam, liên tục từ đầu năm 2020, phải gồng mình “chống dịch như chống giặc”. Nhiều cán bộ cơ học đá Việt Nam vừa là chiến sỹ trên mặt trận chống dịch vừa tích cực tham gia chuẩn bị mọi mặt cho Hội nghị.

Nét đẹp của Hội nghị là có được sự phối hợp tổ chức nhịp nhàng của 3 cơ quan đơn vị: Hội Cơ học Đá Việt Nam (VSRM), Hội Công nghệ Khoan - Khai thác Việt Nam (VADPT) và Trường Đại học Dầu khí Việt Nam (PVU), cùng sự tham gia trình bày các báo cáo chính (Keynote lectures) của 4 nhà khoa học nổi tiếng quốc tế.

Chủ đề của Hội nghị là tiếp tục đi sâu, phản ánh những vấn đề đương đại của cơ học đá Việt Nam phục vụ phát triển kinh tế đất nước. Trong thời gian ngắn, các kết quả nghiên cứu ở hầu khắp các lĩnh vực, từ khai thác dầu khí, khai thác than, xây dựng các công trình giao thông, thủy lợi, dân dụng tới phòng chống thiên tai, bảo vệ môi trường, đã được gửi đến hội nghị.

Thật đáng tự hào các nhà cơ học đá Việt Nam đã tổ chức thành công Hội nghị Khoa học toàn quốc - 2021 trong bối cảnh cam go của đại dịch. Ban Tổ chức cùng Ban Khoa học Hội nghị đã tuyển chọn 35 công trình nghiên cứu khoa học gửi đến Hội nghị và công bố trong Tuyển tập này.

Xin trân trọng giới thiệu cùng đồng nghiệp và bạn đọc.

BAN TỔ CHỨC HỘI NGHỊ

Opening Speech of VIETROCK2021
Suseno Kramadibrata
ISRM Vice President for Asia

Distinguished Participants, Dear Colleagues, Ladies and Gentlemen

It is a pleasure and privilege for me to open the Vietnamese National Congress of Rock Mechanics and Engineering (VIETROCK2021) and to welcome all the honourable participants and speakers to this virtual event to exchange experience and work together on the exciting field of rock mechanics and rock engineering. I am grateful that this conference is attended by more than 100 participants from 5 countries and the accepted papers of 35. This symposium is organized by Vietnam National Group of ISRM - Vietnamese Society for Rock Mechanics (VSRM), the Drilling and Production Technology Vietnam and PetroVietnam University.

In this occasion I would like to express my appreciation and gratitude to the President of VSRM & Vietnam NG of ISRM Prof. Dr. Do Nhu Trang and Chair of Organizing Committee Dr. Pham Quoc Tuan, for hosting this symposium and for all the virtual facilities which will undoubtedly highly contribute to the success of this event.

Distinguished Participants, Ladies and Gentlemen, I do believe this symposium will provide a valuable opportunity for academics, research scientists, industry specialists and decision-makers to share experiences. The objective of this event is to promote the exchange, transfer of knowledge and experience on rock mechanics and rock engineering for sustainable development of this field in Vietnam in particular, and in Asia in general. I am sure that all participants will have rewarding exchanges in this event. I also would like to convey warm regards from Prof. Resat Ulusay, the President of ISRM to the Organizing Committee as well as the participants.

In conclusion, I should like to wish you, on behalf of the ISRM Boards, every success with this important event and look forward to learning about the outcome.

Thank you very much for your attention and cooperation.

Suseno Kramadibrata

MỤC LỤC

| | |
|-------------------|-----|
| LỜI NÓI ĐẦU | vii |
|-------------------|-----|

BÀI GIẢNG MỜI

KEYNOTE PAPERS

| | |
|---|-----|
| Applications of DInSAR technique for monitoring landslides and volcanic deformation | xix |
|---|-----|

Norikazu Shimizu

TÍNH CHẤT VẬT LÝ CỦA ĐÁ VÀ PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM CƠ HỌC ĐÁ

ROCK PROPERTIES AND TESTING METHODS

| | |
|--|---|
| Xác định tham số từ biến và chùng ứng suất của mẫu đá bằng thí nghiệm nén uốn..... | 3 |
|--|---|

Nguyễn Huy Hiệp

| | |
|---|----|
| Xây dựng mô hình địa cơ học và dự đoán khả năng sinh hạt rắn ở mỏ C bẽ Nam Côn Sơn, Việt Nam..... | 13 |
|---|----|

*Nguyễn Lâm Quốc Cường, Nguyễn Quang Hòa,
Nguyễn Hồng Minh, Phạm Xuân Toàn, Vũ Quang Tinh*

| | |
|---|----|
| Về việc sử dụng tên gọi, ký hiệu, đơn vị tính và cách xác định một số đại lượng vật lý thường dùng trong cơ học đá..... | 25 |
|---|----|

Nguyễn Sỹ Ngọc

| | |
|--|----|
| Ảnh hưởng của lực ma sát tới mòn hạt kim cương trong quá trình phá hủy đá..... | 37 |
|--|----|

Nguyễn Xuân Thảo, Nguyễn Trần Tuấn

| | |
|--|----|
| Ứng dụng công nghệ bức xạ từ để nghiên cứu các dị thường cấu trúc địa chất trong đá móng và tìm kiếm tài nguyên khoáng sản | 44 |
|--|----|

Vũ Văn Bằng

| | |
|---|----|
| The effect of matrix permeability/porosity on joint aperture measurement under low to high confining pressure | 56 |
|---|----|

*Xuan-Xinh Nguyen, Jia-Jyun Dong, Minh-Hoang Truong,
Dinh-Thanh Nguyen*

CƠ HỌC ĐÁ ỨNG DỤNG TRONG KHOAN KHAI THÁC
ROCK MECHANICS & ENGINEERING
IN DRILLING ENGINEERING

Ảnh hưởng hóa, nhiệt và thủy lực đến sự ổn định thành giếng khi khoan trong tầng đất đá chứa sét 69

Nguyễn Khắc Long, Trương Văn Từ, Phạm Văn Hùng, Kiều Đức Thịnh, Nguyễn Đình Huy, Đào Hiệp

Phương pháp đánh giá ảnh hưởng của các thông số chế độ khoan tới tốc độ cơ học khi khoan công đoạn đường kính 311 mm mỏ Cá Tầm 81

Nguyễn Tiến Hùng, Vũ Hồng Dương, Trương Văn Từ

Nghiên cứu áp dụng công nghệ khoan xoay bằng búa đập khí nén dẫn theo ống chống để nâng cao hiệu quả thi công lỗ khoan thăm dò qua bãi thải ở vùng Quảng Ninh..... 92

Nguyễn Trần Tuấn, Lê Văn Nam Nguyễn Văn Hải

Nghiên cứu giảm thiểu tổn thất thủy lực trong công tác khoan thăm dò bằng ống mẫu luôn..... 101

Nguyễn Trần Tuấn

Nghiên cứu công nghệ trám xi măng khô phòng ngừa và xử lý mất nước rửa ở các lỗ khoan thăm dò đường kính nhỏ ở mỏ than Quảng Ninh..... 108

Nguyễn Xuân Thảo, Nguyễn Duy Tuấn

Cơ sở lựa chọn chất ức chế của dung dịch khoan để tăng độ ổn định thành giếng khi khoan qua địa tầng chứa sét 119

Trương Văn Từ, Nguyễn Khắc Long

CƠ HỌC ĐÁ ỨNG DỤNG TRONG XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH VÀ MỎ
ROCK MECHANICS & ENGINEERING IN CIVIL ENGINEERING
AND MINING

Applications of Reinforced Earth® Technologies in mining industry ... 129

Dimitri Plantier, Le Thoi Huu

Về quá trình biến đổi cơ học xung quanh hầm lò trong khối đá có đứt gãy địa chất..... 146

Nguyễn Quang Phích, Nguyễn Khắc Cường, Nguyễn Ngọc Huệ

Nghiên cứu các dạng sự cố thường gặp và giải pháp xử lý khi thi công các công trình ngầm bằng thiết bị đào hầm loại nhỏ 156

Nguyễn Văn Thịnh, Đặng Trung Thành, Nguyễn Duyên Phong

Sự thay đổi trạng thái ứng suất trong khối đá xung quanh đường hầm do tác động của phương pháp khai đào..... 167

Nguyễn Xuân Mãn, Nguyễn Duyên Phong, Đào Văn Tuyền

Nghiên cứu điều kiện địa chất kỹ thuật mỏ lựa chọn áp dụng công nghệ cơ giới hóa đồng bộ khai thác hạ trần thu hồi than nóc kiểm soát an toàn do ảnh hưởng của sập đổ đá vách vùng Quảng Ninh..... 175

Nông Việt Hùng, Nguyễn Huy Đạt, Hoàng Trọng Đạo, Nông Việt Trung, Triệu Quang Chiến, Nguyễn Cao Khải, Bùi Mạnh Tùng, Ngô Thái Vinh, Nguyễn Phương Đông, Nguyễn Hồng Thái

Ổn định của tường cừ thép và đường hầm khai đào bằng khiên đào trong điều kiện đô thị 189

Trần Tuấn Minh, Đỗ Ngọc Thái

CƠ HỌC ĐÁ ỨNG DỤNG TRONG NGHIÊN CỨU TAI BIẾN ĐỊA CHẤT VÀ GIẢM NHẸ THIÊN TAI

ROCK MECHANICS & ENGINEERING

IN RESEARCH GEOHAZARDS & DISASTER REDUCTION

Nghiên cứu phân tích ảnh hưởng của sự xuất hiện mèn sóng nổ dạng phẳng đến mức độ đập vỡ đất đá 201

Đàm Trọng Thắng, Vũ Xuân Bằng

Ảnh hưởng của nước trong khe nứt đến hệ số ổn định trượt phẳng bờ dốc đá nứt nẻ tại tuyến đường Nha Trang - Cam Ranh 216

Đặng Hồng Lam, Hồ Chí Linh, Nguyễn Quang Huy, Lê Hoàng Anh, Nguyễn Đình Dũng

Nghiên cứu giải pháp hàng rào cường độ cao chống đá rơi trên đường cao tốc: áp dụng cho cao tốc Hạ Long - Vân Đồn..... 226

Nguyễn Châu Lâm Nguyễn Văn Bình, Đỗ Tuấn Nghĩa

Sụt trượt trên các tuyến giao thông vùng núi khu vực miền Trung và giải pháp giảm thiểu..... 236

Nguyễn Đức Mạnh, Lê Văn Dũng, Phạm Bá Hưng

Sự thay đổi trạng thái ứng suất trong khối đá xung quanh đường hầm do tác động của phương pháp khai đào

Nguyễn Xuân Mãn^{1,*}, Nguyễn Duyên Phong¹, Đào Văn Tuyết²

¹ *Khoa Xây dựng, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội*

² *Đại học Bình Dương, Thủ Dầu Một, Bình Dương*

*Email: mannxdoky@gmail.com

Tóm tắt: Bài viết trình bày ảnh hưởng của công nghệ khai đào gương hầm đến sự phân bố ứng suất trong khối đá nơi đặt công trình ngầm thi công bằng phương pháp đào kín. Khi sử dụng các phương pháp thi công khác nhau sẽ tác động vào khối đá làm thay đổi các chỉ tiêu cơ học của khối đá với mức độ khác nhau. Trong bài đề cập sự thay đổi môđun đàn hồi của khối đá quanh công trình do nổ phá gương hầm, từ đó làm thay đổi các thành phần ứng suất trong khối đá bao quanh đường hầm.

Từ khóa: Ứng suất, môđun đàn hồi, khối đá, đường hầm, công nghệ khai đào.

1. Mở đầu

Khi xây dựng công trình ngầm (CTN) bằng phương pháp đào kín (phương pháp mở, phương pháp ngầm) người ta phải lấy đất đá trong tiết diện cần đào (gương hầm) bằng một trong các phương pháp sau đây: phương pháp thủ công; phương pháp khoan - nổ mìn; phương pháp khoan lớn toàn tiết diện; phương pháp dùng máy đào combai.

Với các phương pháp phá vỡ đất đá gương hầm khác nhau sẽ kéo theo sự thay đổi của các chỉ tiêu cơ học của khối đá bao quanh với mức độ khác nhau. Chẳng hạn, phương pháp khoan-nổ mìn làm tính chất khối đá thay đổi mạnh hơn phương pháp dùng thiết bị combai; phương pháp nổ mìn tạo biên làm thay đổi chỉ tiêu cơ lý khối đá ít hơn phương pháp nổ mìn thông thường; phương pháp nổ mìn vi sai làm thay đổi tính chất cơ lý của khối đá xung quanh hầm ít hơn so với phương pháp nổ đồng thời.

Trong bài viết này xem xét sự thay đổi trạng thái ứng suất trong khối đá xung quanh hầm bằng việc nghiên cứu ảnh hưởng của phương pháp phá vỡ đất đá gương hầm đến biến đổi của môđun đàn hồi của khối đá [1], [4].

2. Đặt vấn đề

Môđun đàn hồi của khối đá xung quanh đường hầm có thể được diễn tả bằng mối quan hệ sau như sau [1], [3], [5]:

$$E_{(r)} = E_0 f(r, a_1, b_1, m) \quad (1)$$

trong (1): E_0 - Môđun đàn hồi ban đầu của khối đá khi chưa tiến hành khai đào gương hầm; $f(r, a_1, b_1, m)$ - Hàm số xét đến ảnh hưởng của phương pháp đào phá gương hầm đến sự thay đổi của môđun đàn hồi của khối đá sau khai đào; r - Bán kính tỷ đối của vị trí điểm xem xét $E_{(r)}$, $r = R/R_0$, R - Bán kính vị trí điểm xem xét đến tâm của gương đào (tâm của hầm), R_0 - Bán kính của tiết diện hầm, do $R \geq R_0$, từ đó suy ra $r \geq 1,0$; a_1, b_1, m - Các thông số xác định mức độ ảnh hưởng của phương pháp đào đến giá trị của $E_{(r)}$.

Theo các nghiên cứu của Sisencov I. E., Baranov L. V., (2010) [1] và Kartoza B. A., (1997) [3] thì hàm $f(r, a_1, b_1, m)$ có thể xấp xỉ theo công thức như sau:

$$f(r, a_1, b_1, m) = a_1 + b_1 r^m \quad (2)$$

với a, b, m là các thông số nhận được từ các vụ nổ thực nghiệm.

Có thể biến đổi (2) về dạng sau:

$$f(r, a_1, b_1, m) = a_1 [1 + (b_1/a_1)r^m] \quad (3)$$

Nếu trong (3) ta đặt $b = (b_1/a_1)$ và $f(r, a_1, b_1, m)/a_1 = f(r, b, m)$ thì có thể viết lại (3) dưới dạng (4) như sau:

$$f(r, b, m) = 1 + br^m \quad (4)$$

Để đơn giản hóa và không làm thay đổi bản chất của vấn đề, khi a_1 được lấy làm đơn vị thì (1) có thể đưa về dạng:

$$E_{(r)} = E_0 f(r, b, m) = E_0 (1 + br^m) \quad (5)$$

Tùy theo phương pháp nổ mìn mà các hệ số b, m sẽ khác nhau. Các giá trị này nhận được khi nổ thực nghiệm trong đào hầm. Theo [3] thì có thể lấy các giá trị của b, m theo Bảng sau:

Bảng 1. Giá trị của b và m tùy theo phương pháp nổ mìn

| Phương pháp nổ mìn | b | m |
|--------------------|----------------|----------------|
| Chưa nổ mìn | 0 | 0 |
| Nổ mìn tạo biên | < - 0,1 | < - 0,5 |
| Nổ vi sai | Từ -0,1 ÷ -0,3 | Từ -0,5 ÷ -2,0 |
| Nổ thường | > -0,3 | > -2,0 |

*Sự thay đổi trạng thái ứng suất trong khối đá xung quanh đường hầm
do tác động của phương pháp khai đào*

3. Đặt bài toán

Khảo sát một đường hầm có đường biên của tiết diện mô tả bằng phương trình tham số [2] trong hệ tọa độ cực (r, θ) :

$$r = 1 + q \cos(n\theta) = 1 + \frac{C_1}{1 + C_1^2} \cos(n\theta) \quad (6)$$

trong (2): q, n, C_1 - các tham số hình dạng của biên hầm, lấy theo Bảng 2 dưới đây.

Bảng 2. Giá trị của các thông số C_1 và n

| Giá trị | Biên tròn | Biên elip | Biên hình vòm | Biên hình vuông cong |
|----------------|------------------|------------------|----------------------|-----------------------------|
| C_1 | 0 | $0 < C_1 < 1$ | 0,1 | 1/9 ÷ 1/10 |
| n | 0 | 2 | 3 | 4 |

Đặt $H = (r - 1)$ và biến đổi (6) ta có:

$$H = (r - 1) = q \cos(n\theta) \quad (7)$$

Điều kiện biên của bài toán được viết như sau:

$$\sigma_r \cos(n, r) + \tau_{r\theta} \cos(n, \theta) = (P - \gamma h) \cos(n, r) \quad (7.1)$$

$$\tau_{r\theta} \cos(n, r) + \sigma_\theta \cos(n, \theta) = (P - \gamma h) \cos(n, \theta) \quad (7.2)$$

Trong (7): $\cos(n, r), \cos(n, \theta)$ là các cosin chỉ hướng; $\sigma_r, \tau_{r\theta}$ và σ_θ - Lần lượt là thành phần ứng suất hướng kính, ứng suất tiếp và ứng suất vòng; h - Chiều sâu đặt công trình; γ - Dung trọng của đá; γh - Giá trị ứng suất nguyên sinh theo phương thẳng đứng tại điểm cách mặt đất một độ sâu là h ; P - Áp lực hay tải tác dụng trên biên công trình (chẳng hạn, hầm có chống giữ thì P là phản lực kết cấu chống; hầm có áp thì là áp lực nước tác động lên biên hầm,...).

4. Giải bài toán

4.1. Phương pháp giải

Để giải bài toán này đã sử dụng phương pháp hàm ứng suất Erry [2].

Ta sẽ tìm hàm ứng suất [5] dưới dạng:

$$\varphi(r, \theta) = f(r) \cos(n\theta) \quad (8.1)$$

thỏa mãn phương trình sau đây:

$$\left(\frac{\partial}{\partial r} + \frac{2}{r}\right) \frac{1}{E_{(r)}} \left(\frac{\partial \varphi}{\partial r} - \frac{\varphi}{r}\right) = 0 \quad (8.2)$$

Khi đó các thành phần ứng suất đồng thỏa mãn:

$$\sigma_r = \frac{1}{r} \frac{\partial \varphi}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial \theta^2} \quad (9.1)$$

$$\sigma_\theta = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial r^2} \quad (9.2)$$

$$\tau_{r\theta} = \frac{1}{r^2} \frac{\partial \varphi}{\partial \theta} - \frac{1}{r} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial \theta \partial r} \quad (9.3)$$

Nói cách khác σ_r , σ_θ và $\tau_{r\theta}$ là các nghiệm của (8.2).

4.2. Lời giải

Xem xét bài toán trong trường hợp cụ thể sau đây:

$$E_{(r)} = E_0 (1 + br^m) \quad (10.1)$$

$$r = 1 + q \cos(n\theta) \quad (10.2)$$

$$\varphi(r, \theta) = f(r) \cos(n\theta) \quad (10.3)$$

Thay các giá trị từ (10) vào (8.2) và biến đổi cho ta:

$$f_{(r)} = f_0 + \sum_1^n \Delta_k f_k \quad (11.1)$$

Do đó:

$$\varphi_{(r,\theta)} = \left(f_0 + \sum_1^n \Delta_k f_k\right) \cos(n\theta) \quad (11.2)$$

Trong (11):

$$f_0 = \left(Ar^{-n} + Br^{n+2}\right) r^2 \int \frac{dr}{kr^2} \quad (12)$$

Trong (12):

$$k = \frac{4}{3} \frac{1}{E_0 (1 + br^m)} \quad (13.1)$$

Sự thay đổi trạng thái ứng suất trong khối đá xung quanh đường hầm do tác động của phương pháp khai đào

$$A = -B = 2q(P - \gamma h) \frac{(1+b)(m-2)^2}{(2b-m+2)^2} \quad (13.2)$$

Tích phân (12) cho:

$$f_0 = A \left(\frac{br^{m-n}}{(m-2)} - \frac{r^{-2}}{2} \right) + B \left(\frac{br^{m-n+2}}{(m-2)} - \frac{r^{-n+2}}{2} \right) \quad (14)$$

$$f_k = A \frac{(r-1)^2}{r^{k+5}} \quad (15)$$

Δ_k - Được xác định bằng cách giải phương trình tích phân: $\int_1^{\infty} L(f(r)) f_i dr = 0$

f_i - lấy từ (12) khi thay $k = i$.

Thấy rằng $\sum_1^n \Delta_k f_k$ khá nhỏ so với f_0 do đó trong tính toán có thể bỏ qua.

Vì vậy ta có:

$$\varphi(r, \theta) \approx f_0 \cos(n\theta) \quad (16)$$

4.3. Tính toán minh họa

a) Lấy: $b = -0,8$; $n = 2$; $m = -6$; $q = 0,1$.

Khi đó: $(m-n) = -8$; $(m-2) = -8$; $(m-n+2) = -6$; $(-n+2) = 0$. Theo (10.2) có:

$$A = 4(P - \gamma h); B = -4(P - \gamma h).$$

Theo (11): $f_0 = (0,4 r^{-8} - 0,4 r^{-6} - 2 r^{-2} + 2)(P - \gamma h)$.

Do đó theo (16) thì:

$$\varphi(r, \theta) = (0,4 r^{-8} - 0,4 r^{-6} - 2 r^{-2} + 2)(P - \gamma h) \cos(2\theta) \quad (17)$$

b) Lấy $b = 0$, khi đó $E_{(r)} = E_0 = \text{const}$. Các giá trị khác giữ nguyên. Khi đó theo (13.2):

$$A = 0,2(P - \gamma h); B = -0,2(P - \gamma h).$$

Theo (14): $f_0 = 0,1 (1 - r^{-2})(P - \gamma h)$.

Do đó theo (16) thì:

$$\varphi(r, \theta) = 0,1(1 - r^{-2})(P - \gamma h) \cos(2\theta) \quad (18)$$

Thay (17) và (18) vào (9) cho ta các thành phần ứng suất trong khối đá ứng với trường hợp thay đổi $E_{(r)}$ và với trường hợp không thay đổi $E_{(r)} = E_0 = \text{const}$. Kết quả tính toán cho trong Bảng 3 sau đây.

Bảng 3. Các giá trị thành phần ứng suất phân bố trong khối đá quanh công trình ngầm

| Giá trị tính toán | Khi giá trị môđun đàn hồi | |
|----------------------|--|--|
| | Thay đổi: $E_{(r)} = E_0(1 + br^m)$ | Không đổi: $E_{(r)} = E_0 = \text{const}$ |
| $\varphi(r, \theta)$ | $0,4(r^8 - r^6 - 5r^2 + 5)(P - \gamma h)\cos(2\theta)$ | $0,1(1 - r^2)(P - \gamma h)\cos(2\theta)$ |
| σ_r | $-0,8(6r^{10} - 5r^8 + 10r^2 + 15)(P - \gamma h)\cos(2\theta)$ | $-0,2(2r^2 - r^4)(P - \gamma h)\cos(2\theta)$ |
| σ_θ | $0,8(36r^{10} - 21r^8 - 5)(P - \gamma h)\cos(2\theta)$ | $0,6(P - \gamma h)\cos(2\theta)$ |
| $\tau_{r\theta}$ | $-0,8(7r^{10} - 5r^8 + 5r^2 - 5)(P - \gamma h)\sin(2\theta)$ | $-0,2(2 + r^2 - r^4)(P - \gamma h)\sin(2\theta)$ |

Bảng 4. So sánh các giá trị ứng suất khi $E_{(r)} = E_0(1 + br^m)$ với $E_{(r)} = E_0 = \text{const}$

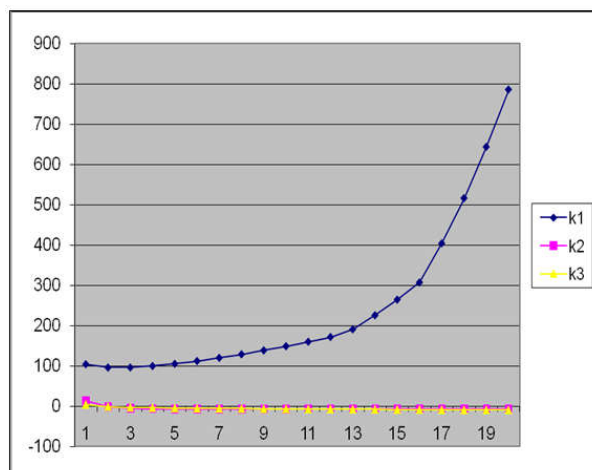
| Tỷ số giữa các ứng suất, k | Giá trị |
|---|---|
| $k_1 = \sigma_r^* / \sigma_r$ | $4,0(6r^8 - 5r^6 + 10 + 15r^2)/(2 - r^2)$ |
| $k_2 = \sigma_\theta^* / \sigma_\theta$ | $4,0(12r^{10} - 7r^8 - 5/3)$ |
| $k_3 = \tau_{r\theta}^* / \tau_{r\theta}$ | $4,0(7r^{10} - 5r^8 + 5r^2 - 5)/(2 + r^2 - r^4)$ |
| Ghi chú | $\sigma_r^*, \sigma_\theta^*, \tau_{r\theta}^*$ - ứng với $E_{(r)} = E_0(1 + br^m)$; $\sigma_r, \sigma_\theta, \tau_{r\theta}$ - $E_{(r)} = E_0 = \text{const}$ |

Bảng 5. Thay đổi hệ số k theo r

| TT | Tỉ số giữa các ứng suất | | | |
|----|-------------------------|-------------------------------|---|---|
| | r | $k_1 = \sigma_r^* / \sigma_r$ | $k_2 = \sigma_\theta^* / \sigma_\theta$ | $k_3 = \tau_{r\theta}^* / \tau_{r\theta}$ |
| 1 | 1,0 | 104,00000 | 13,33333 | 4,00000 |
| 2 | 1,1 | 95,86838 | -1,22280 | -0,93589 |
| 3 | 1,2 | 95,96196 | -5,42630 | -2,82088 |
| 4 | 1,3 | 99,55280 | -6,61734 | -3,83050 |
| 5 | 1,4 | 105,09500 | -6,90452 | -4,52604 |
| 6 | 1,5 | 111,97330 | -6,92679 | -5,07626 |
| 7 | 1,6 | 119,90160 | -6,88204 | -5,53990 |
| 8 | 1,7 | 128,72920 | -6,82996 | -5,94145 |
| 9 | 1,8 | 138,36800 | -6,78631 | -6,29364 |

*Sự thay đổi trạng thái ứng suất trong khối đá xung quanh đường hầm
do tác động của phương pháp khai đào*

| TT | Tỉ số giữa các ứng suất | | | |
|----|-------------------------|-------------------------------|---|---|
| | r | $k_1 = \sigma_r^* / \sigma_r$ | $k_2 = \sigma_\theta^* / \sigma_\theta$ | $k_3 = \tau_{r\theta}^* / \tau_{r\theta}$ |
| 10 | 1,9 | 148,76230 | -6,75324 | -6,60460 |
| 11 | 2,0 | 159,87500 | -6,72917 | -6,88036 |
| 12 | 2,1 | 171,68000 | -6,71192 | -7,12576 |
| 13 | 2,25 | 190,64540 | -6,69486 | -7,44560 |
| 14 | 2,5 | 225,50750 | -6,67998 | -7,87583 |
| 15 | 2,75 | 264,33200 | -6,67329 | -8,20919 |
| 16 | 3,0 | 307,04620 | -6,67012 | -8,47181 |
| 17 | 3,5 | 403,98420 | -6,66774 | -8,85225 |
| 18 | 4,0 | 516,12670 | -6,66705 | -9,10829 |
| 19 | 4,5 | 643,38490 | -6,66682 | -9,28821 |
| 20 | 5,0 | 785,71370 | -6,66673 | -9,41918 |



Hình 1. Biểu đồ phụ thuộc hệ số k theo r

5. Kết luận

- Do ảnh hưởng của công tác khai đào đất đá gương hầm bằng khoan nổ mìn nên chỉ tiêu cơ - lý của đất đá thay đổi ($E_{(r)} = E_0(1 + br^m)$); sự thay đổi này xảy ra theo xu hướng giảm các chỉ tiêu cơ học của khối đá quanh công trình ngầm ($E_{(r)} \leq E_0$);

- Các thành phần ứng suất quanh khối đá trong trường hợp chỉ tiêu cơ - lý khối đá thay đổi cũng sẽ thay đổi theo với hệ số thay đổi khá lớn;

- Tỷ số của thành phần ứng suất hướng kính k_1 thay đổi khá lớn theo vị trí (bán kính) của điểm khảo sát; tỷ số của thành phần ứng suất vòng k_2 thay đổi

không đáng kể, dao động và ổn định trong khoảng $k_2 = 6,6667-6,6668$; tỷ số của thành phần ứng suất tiếp và k_3 tăng chậm;

- Để giảm các thành phần ứng suất quanh khối đá cần áp dụng biện pháp nổ mìn tạo biên, đào gương bằng khoan toàn tiết diện, dùng máy combai đào gương,...;

- Trong trường hợp vẫn phải dùng khoan - nổ phá đá gương hầm cần tiến hành phun, trám khối đá quanh công trình bằng dung dịch liên kết để các ứng trong khối đá không tăng đáng kể.

Tài liệu tham khảo

- [1] Sisencov I. E., Baranov L. V., 2010. Ảnh hưởng của công tác khoan nổ mìn đến sự phá hủy khối đá quanh công trình ngầm. *Tuyển tập công trình khoa học KuZPI*, số 24, Kemmerovo.
- [2] Xavin G. N., 1968. *Phân bố ứng suất quanh lỗ khoét*. Nhà xuất bản Naukova Dumka, Kiev.
- [3] Kartoziya B. A., 1987. *Cơ học công trình ngầm*. Nhà xuất bản Lòng đất, Mátxcova.
- [4] Rukin V. V., Ruppeneit K. V., 2009. *Cơ chế tác dụng tương hỗ giữa vỏ chống công trình ngầm với khối đá*. Nhà xuất bản Khoa học, Mátxcova.
- [5] Kuzichkin A. N., 2011. *Trạng thái ứng suất khối đá quanh công trình ngầm*. Tuyển tập công trình khoa học về “Xây dựng công trình ngầm và mỏ”, số 9, Mátxcova.

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC TỰ NHIÊN VÀ CÔNG NGHỆ
Nhà A16 - Số 18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội
Điện thoại: Phòng Phát hành: **024.22149040**;
Phòng Biên tập: **024.37917148**;
Phòng Quản lý Tổng hợp: **024.22149041**;
Fax: **024.37910147**; Email: **nxb@vap.ac.vn**;
Website: **www.vap.ac.vn**

TUYỂN TẬP
CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC HỘI NGHỊ
KHOA HỌC TOÀN QUỐC
“CƠ HỌC ĐÁ - NHỮNG VẤN ĐỀ ĐƯƠNG ĐẠI”
VIETROCK2021

Chịu trách nhiệm xuất bản
Giám đốc, Tổng biên tập
PHẠM THỊ HIẾU

Biên tập: Nguyễn Thị Chiên, Lê Phi Loan
Trình bày kỹ thuật: Đỗ Hồng Ngân
Trình bày bìa: Đỗ Hồng Ngân

Liên kết xuất bản:

Hội Cơ học đá Việt Nam
Địa chỉ: Viện Địa chất - Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam
Số 34 phố Chùa Láng, Đống Đa, Hà Nội

ISBN: 978-604-9988-55-4

In 150 cuốn, khổ 16×24 cm, tại Công ty CP Khoa học và Công nghệ Hoàng Quốc Việt. Địa chỉ: Số 18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội.
Số xác nhận đăng ký xuất bản: 3216-2021/CXBIPH/05-40/KHTNVCN.
Số quyết định xuất bản: 65/QĐ-KHTNCN, cấp ngày 07 tháng 10 năm 2021.
In xong và nộp lưu chiểu quý IV năm 2021.