

NGHIÊN CỨU DỰ BÁO MỨC ĐỘ ỔN ĐỊNH, TẢI TRỌNG TÁC DỤNG LÊN KẾT CẤU CHỐNG GIỮ CÔNG TRÌNH NGẦM TỪ CÁC GIÁ TRỊ CHUYỂN DỊCH KHỐI ĐÁ TRÊN BIÊN

VÕ TRỌNG HÙNG

Trường Đại học Mỏ-Địa chất

Email: votronghung@khoaxaydung.edu.vn

1. Tổng quan

Trong quá trình xác định tải trọng (áp lực) tác dụng lên kết cấu chống giữ, dự báo mức độ ổn định của công trình ngầm đã sử dụng rất nhiều phương pháp lý thuyết, thực nghiệm, mô hình,... khác nhau. Trong đó, thông dụng nhất là các phương pháp lý thuyết: các phương pháp sử dụng các giả thuyết áp lực; các phương pháp toán cơ mô phỏng; nghiên cứu, khảo sát các mô hình tác dụng tương hỗ giữa kết cấu chống giữ và khối đá bao quanh trong hệ thống "kết cấu chống giữ-khối đá"; các phương pháp số mô phỏng, nghiên cứu, khảo sát các mô hình tác dụng tương hỗ giữa kết cấu chống giữ và khối đá bao quanh trong hệ thống "kết cấu chống giữ-khối đá";... Nhìn chung, các phương pháp lý thuyết được xây dựng trên cơ sở những điều kiện biên hạn chế, cụ thể, với xu thế đơn giản hóa ban đầu rất lớn đối với mô hình khối đá, mô hình kết cấu chống giữ công trình ngầm, mô hình tương tác giữa kết cấu chống giữ và khối đá bao quanh,... Mặc dù, các phương pháp lý thuyết được sử dụng rất nhiều trên thực tế, tuy nhiên, chúng thường có sai số lớn so với kết quả nghiên cứu trên thực tế. Vì vậy, hiện nay phải tiếp tục nghiên cứu hoàn thiện các phương pháp lý thuyết để có thể nâng cao mức độ chính xác của chúng. Các phương pháp thực nghiệm là một hướng nghiên cứu rất quan trọng để định hướng, điều chỉnh nghiên cứu, kiểm chứng, khẳng định,... sự chính xác của các phương pháp nghiên cứu lý thuyết. Ngoài ra, trong một số trường hợp chúng có thể sử dụng để xác định tải trọng tác dụng lên kết cấu chống giữ và dự báo mức độ ổn định của công trình ngầm.

2. Chuyển dịch, biến dạng biên công trình ngầm

Sự ứng xử của khối đá chứa công trình ngầm và kết cấu chống giữ trong mối quan hệ vô cùng phức tạp của hệ thống "kết cấu chống giữ-khối đá" rất khó dự báo chính xác bằng các phương

pháp lý thuyết thông qua những mô hình địa cơ học khác nhau. Mỗi tương tác giữa khối đá và kết cấu chống giữ phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố. Vì vậy, không thể xây dựng một hoặc một nhóm mô hình cơ học mang tính tổng quát, toàn năng để có thể bằng phương pháp giải tích toán cơ, phương pháp số mô phỏng chính xác hệ thống "kết cấu chống giữ-khối đá". Thực tế cho thấy: các phương pháp lý thuyết nghiên cứu vấn đề dự báo tải trọng tác dụng lên công trình ngầm, xác định mức độ ổn định của công trình ngầm mặc dù đã có nhiều kết quả tốt, nhưng chúng vẫn chưa thể vượt qua nhiều khó khăn trong quá trình mô hình hóa hệ thống "kết cấu chống giữ-khối đá", khảo sát và giải quyết nhiều bài toán ứng dụng cơ học đá, cơ học công trình ngầm.

Những kết quả nghiên cứu theo xu thế này vẫn có rất nhiều hạn chế do một số nguyên nhân chính như sau: nhiều giả định ban đầu của các bài toán cơ học đá, cơ học công trình ngầm thiếu cơ sở khoa học; việc đơn giản hóa cấu trúc, cấu tạo, tính chất,... của môi trường đất đá, mối tác dụng tương hỗ giữa khối đá với kết cấu chống giữ đã làm giảm mức độ tin cậy của các kết quả nghiên cứu; quá trình xây dựng, nghiên cứu, khảo sát mô hình thường gặp rất nhiều khó khăn, nhiều khi không thể vượt qua được, đã làm cho khả năng thuyết phục của các lời giải rất thấp. Như vậy, các mô hình lý thuyết, các phương pháp số gần đúng không thể nghiên cứu, mô phỏng, thể hiện đầy đủ, đúng đắn các đặc tính đa dạng, phong phú, phức tạp của hệ thống "kết cấu chống giữ-khối đá" trên thực tế. Vì vậy, tại đây các phương pháp nghiên cứu thực nghiệm đã được phát triển và sử dụng: phương pháp đo áp lực; phương pháp đo các giá trị biến dạng, chuyển dịch biên công trình ngầm;... Phương pháp đo áp lực rất phức tạp,

mất nhiều thời gian, công sức, đòi hỏi nhiều thiết bị đặc chủng, nhưng kết quả đo vẫn chỉ mang tính tham khảo, sai số đo vẫn phụ thuộc vào nhiều yếu tố: khả năng kỹ thuật của thiết bị đo, phương pháp đo, trình độ vận hành của nhân viên thí nghiệm; phương pháp xử lý số liệu sau khi đo,...

Giá trị biến dạng, chuyển dịch biên công trình ngầm là một trong số rất ít các số liệu định lượng khách quan (nếu không nói là duy nhất) thể hiện sự ứng xử, vận động nội tại của hệ thống "kết cấu chống giữ-khối đá" trong toàn bộ quá trình xây dựng, sử dụng công trình ngầm. Các chỉ tiêu, thông số, đặc tính,... khác trong hệ thống "kết cấu chống giữ-khối đá" như ứng suất, biến dạng, phá hủy, mức độ ổn định công trình ngầm, mối liên kết giữa các thành phần trong hệ thống,... có thể được dự đoán lý thuyết, thông qua phương pháp mô phỏng bằng nhiều phương pháp số, phương pháp toán cơ gần đúng khác nhau cho hệ thống "kết cấu chống giữ-khối đá". Tuy nhiên, những kết quả nghiên cứu này chỉ mang tính gần đúng, giả định, ước lệ, sai số nhiều khi rất lớn, không phản ánh chân thực bức tranh vận hành, biến đổi trạng thái cơ học của hệ thống trên thực tế. Đại lượng biến dạng, chuyển dịch biên công trình ngầm khác hoàn toàn so với các chỉ tiêu, thông số, đặc tính,... dự báo lý thuyết trên các mô hình lý thuyết. Biến dạng, chuyển dịch biên công trình ngầm là các thông số thực tế, phản ánh đúng "đầu ra" cụ thể trong không gian, theo thời gian của hệ thống "kết cấu chống giữ-khối đá". Vì vậy, nếu có thể sử dụng đại lượng chuyển dịch biên công trình ngầm làm thước đo để đánh giá, dự báo các trạng thái cơ học, những biểu hiện biến dạng, phá hủy,... của hệ thống "kết cấu chống giữ-khối đá" thì chúng sẽ trở thành một nguồn thông tin đáng tin cậy cho phương pháp tiếp cận mới cho lời giải các bài toán cơ học đá, cơ học công trình ngầm.

Theo nhiều tác giả [2], [3], trong khối đá bao quanh công trình ngầm sẽ xảy ra hiện tượng biến dạng kèm theo sự gia tăng thể tích, xuất hiện nứt nẻ, tách lớp, vỡ rời,... của đất đá khi $[(\gamma \cdot H)/R_n] > 0,3$ (γ - Trọng lượng thể tích của đá; H - Độ sâu vị trí điểm xem xét trong lòng đất; R_n - Giới hạn bền nén của đá). Điều này sẽ làm cho mặt biên của công trình ngầm bị biến dạng, chuyển dịch vào phía trong công trình ngầm. Đây là một thông số cơ học quan trọng để dự báo mức độ biến dạng của khối đá, mức độ ổn định của công trình ngầm và giá trị tải trọng tác dụng lên kết cấu chống giữ.

Để dự báo giá trị chuyển dịch biên công trình ngầm có thể sử dụng nhiều kết quả nghiên cứu trên các mô hình toán cơ khác nhau của hệ thống "kết cấu chống giữ-khối đá" [2]. Tuy nhiên, những

kết quả nghiên cứu này thường đề xuất công thức chung để dự báo giá trị chuyển dịch giống nhau tại tất cả các vị trí trên biên cho công trình ngầm tiết diện tròn cho những mô hình khối đá cụ thể khác nhau. Do đó, kết quả nghiên cứu trên các mô hình lý thuyết này khác xa với thực tế. Kết quả nghiên cứu thực tế cho thấy: giá trị chuyển dịch của biên công trình ngầm khác nhau tại các vị trí nóc, hông và nền công trình ngầm.

Khi góc nghiêng các lớp đất đá nhỏ hơn hoặc bằng 35° , giá trị chuyển dịch dự báo của biên công trình ngầm tại nóc "U_{noc}" có thể xác định theo công thức [4]:

$$U_{noc} = 0,1 \cdot B \cdot \left\{ e^{\left[\frac{\gamma \cdot H - 10 \cdot q \cdot (R_n/R_0)^2}{k_{bv} \cdot R_n} \right]} - 1 \right\} \quad (1)$$

Tại đây: B - Khẩu độ thi công của công trình ngầm, m; γ - Trọng lượng thể tích của đất đá, MN/m³; H - Độ sâu của vị trí công trình ngầm, m; q - Khả năng mang tải của kết cấu chống giữ công trình ngầm, MN/m²; R_n - Độ bền nén của đất đá, MPa; R_0 - Độ bền nén đơn vị của đất đá giả định, MPa; $R_0=30,0$ MPa; k_{bv} - Hệ số bền vững của đất đá đặc trưng bằng sự mất mát độ bền của chúng theo thời gian phục vụ "T" (năm) của công trình ngầm (Bảng 1).

Bảng 1. Giá trị hệ số "k_{bv}"

N _o	T, năm	Đất đá khô	Đất đá ướt
1	<5,0	1,0	0,95
2	5,0÷10,0	0,9	0,80
3	>10,0	0,8	0,70

Khi góc nghiêng các lớp đất đá lớn hơn 35° , giá trị chuyển dịch dự báo của biên công trình ngầm tại nóc "U_{noc}" có thể xác định theo công thức [4]:

$$U_{noc} = 0,12 \cdot B \cdot \left(\frac{\gamma \cdot H}{k_{bv} \cdot R_n} - 0,28 \right) \quad (2)$$

Khi góc nghiêng các lớp đất đá có giá trị bất kỳ, giá trị chuyển dịch dự báo của biên công trình ngầm tại hông "U_h" có thể xác định theo công thức [4]:

$$U_h = 0,7 \cdot h \cdot \left\{ e^{\left[\frac{0,85 \cdot \gamma \cdot H - 15 \cdot q \cdot (R_n/R_0)^2}{k_{bv} \cdot R_n} \right]} - 1 \right\} \quad (3)$$

Trong phần lớn các điều kiện địa cơ học vùng Đônbas (Ucraina), $U_h = [(0,6 \div 0,8) \cdot U_{noc}]$ cho các công trình ngầm nằm ngang và nằm nghiêng.

Giá trị chuyển dịch dự báo của biên công trình ngầm tại nền "U_{nen}" có thể xác định theo công thức [4]:

$$U_{nen} = k_{Rn} \cdot \sqrt{B \cdot h \cdot \left\{ e^{\left[\frac{0,85 \cdot \gamma \cdot H - 15 \cdot q \cdot (R_n/R_0)^2}{k_{bv} \cdot R_n} \right]} - 1 \right\}} \quad (4)$$

Tại đây: k_{Rn} - Hệ số thực nghiệm phụ thuộc vào độ bền nén " R_n " của đất đá tại nền công trình ngầm; $k_{Rn}=0,3$ khi $R_n < 40,0$ MPa; $k_{Rn}=0,22$ khi $40,0 \leq R_n \leq 60,0$ MPa; $k_{Rn}=0,11$ khi $R_n > 60$ MPa.

Giá trị bán kính vùng biến dạng không đàn hồi " r_{kdh} " (m) xung quanh công trình ngầm có thể dự báo từ giá trị chuyển dịch " U " (m) của biên công trình ngầm theo mỗi quan hệ như sau [4]:

$$r_{kdh} = (8,3 \cdot B^{0,4} \cdot U^{0,6}), \text{ m.} \quad (5)$$

Tại đây: B - Khẩu độ thi công công trình ngầm, m.

Các mối quan hệ (1), (2), (3), (4), (5) được tìm ra khi nghiên cứu các công trình ngầm xây dựng trong các mỏ hầm lò khai thác than tại những điều kiện của vùng Đônbas (Ucraina), vì vậy trên thực tế chúng chỉ có thể có khả năng tham khảo. Trong những trường hợp cụ thể, các mối quan hệ này cần có những thay đổi phù hợp nhằm chính xác hóa kết quả mô hình hóa thông qua những nghiên cứu bổ sung.

Khác với các phương pháp dự báo lý thuyết, phương pháp đo biến dạng, chuyển dịch biên công trình ngầm khá đơn giản. Kết quả đo có độ chính xác cao. Các thiết bị đo ngày càng được cải tiến, hoàn thiện. Đặc biệt, trong những năm gần đây, việc sử dụng các thiết bị đo trắc địa tiên tiến, cho phép dễ dàng đo các chuyển dịch của mặt biên công trình ngầm, cập nhật, truyền dẫn, lưu trữ, xử lý số liệu đo bằng các phương pháp cơ giới hóa, tự động hóa linh hoạt, hiệu quả trong không gian, theo thời gian. Đây là thế mạnh rất lớn của phương pháp này so với các phương pháp thực nghiệm và lý thuyết khác.

Tuy nhiên, những số liệu đo đặc biến dạng và chuyển dịch biên công trình ngầm mới chỉ cho thấy biểu hiện bên ngoài, chưa thể hiện sự ứng xử nội tại rất phức tạp của toàn bộ hệ thống "kết cấu chống giữ-khối đá".

Về bản chất, những kết quả đo đặc biến dạng và chuyển dịch biên công trình ngầm rất chính xác, nhưng để dự đoán những biến động bên trong của khối đá và toàn bộ hệ thống "kết cấu chống giữ-khối đá" thì chúng vẫn chưa cho phép giải quyết một số vấn đề cơ bản như sau:

➤ Đưa ra những cơ sở khoa học cụ thể để "dự báo bệnh", "bắt bệnh", "chữa bệnh" (nếu có) cho hệ thống "kết cấu chống giữ-khối đá";

➤ Kịp thời đề xuất những giải pháp thi công, chống giữ, bảo vệ, sửa chữa, ... phù hợp để đảm bảo an toàn, hiệu quả cho quá trình thi công, sử dụng công trình ngầm;

➤ Giải thích, liên kết các mối quan hệ phức tạp giữa các yếu tố nội tại trong hệ thống "kết cấu chống giữ-khối đá" tác dụng tương hỗ với nhau khi

hình thành ứng suất, biến dạng khối đá, chuyển dịch biên và tải trọng tác dụng lên kết cấu chống giữ công trình ngầm;...

Do đó, tại đây phải nghiên cứu tìm kiếm các lý thuyết mới về mối quan hệ giữa những giá trị, quy luật biến dạng, chuyển dịch biên công trình ngầm trong không gian, theo thời gian trong mối quan hệ hữu cơ với các yếu tố nội tại trong hệ thống "kết cấu chống giữ-khối đá" để làm cơ sở khoa học dự báo mức độ ổn định của công trình ngầm, khả năng xuất hiện tải trọng tác dụng lên kết cấu chống giữ.

3. Xây dựng phương pháp dự đoán tải trọng tác dụng lên kết cấu chống giữ, mức độ ổn định của công trình ngầm từ các giá trị chuyển dịch khối đá trên biên

Giữa đại lượng chuyển dịch biên công trình ngầm " m_{cb} " và tải trọng tác dụng lên kết cấu chống giữ " p " (hoặc mức độ ổn định của công trình ngầm "OD") sẽ tồn tại rất nhiều mối quan hệ, chuỗi mối quan hệ phức tạp, khác nhau và có thể thể hiện thông qua bốn chủng loại mô hình chính như sau:

➤ Các mô hình đơn biến $p=f(m_{cb})$;

➤ Các mô hình đa biến $p=f(m_{cb}, y_j)$. Tại đây: y_j - Các thông số ảnh hưởng đến " p "; $j=1 \div s$ - Thứ tự của thông số ảnh hưởng; s - Số lượng lớn nhất của các thông số ảnh hưởng được xem xét trong trường hợp nghiên cứu cụ thể; f - Hàm số mô hình liên kết các thông số " m_{cb} " và " y_j " với nhau;

➤ Nhiều chuỗi mô hình đơn biến liên kết với nhau dưới dạng nhiều chuỗi hàm số logic khác nhau. Mỗi chuỗi hàm số logic sẽ có cấu trúc như sau, hàm số trước là nền tảng để suy luận, xây dựng hàm số tiếp theo: $m_{cb}=f_1(x)$, $x=f_2(\varphi)$, $\varphi=f_3(\psi)$, ..., $p=f_n(\theta)$. Tại đây: $f_1, f_2, f_3, \dots, f_n$ - Các hàm số mô hình cấu thành chuỗi hàm số logic; n - Số lượng lớn nhất của các thông số ảnh hưởng được xem xét trong trường hợp nghiên cứu cụ thể; $x, \varphi, \psi, \dots, \theta$ - Các hàm số biến số trong chuỗi hàm số logic; hàm số đầu tiên $m_{cb}=f_1(x)$ thể hiện mối quan hệ của " m_{cb} " với một hàm số-biến số thứ "1" nào đó; hàm số cuối cùng $p=f_n(\theta)$ thể hiện mối quan hệ của áp lực " p " với một hàm số-biến số cuối cùng thứ " n ";

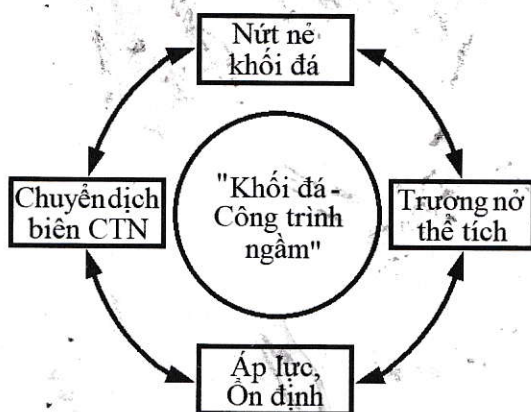
➤ Nhiều chuỗi mô hình đơn biến, đa biến liên kết với nhau dưới dạng một số chuỗi hàm số logic khác nhau. Mỗi chuỗi hàm số logic sẽ có cấu trúc như sau: hàm số trước là nền tảng để suy luận, xây dựng hàm số tiếp theo;...

Rõ ràng, giữa đại lượng chuyển dịch biên công trình ngầm " m_{cb} " và tải trọng tác dụng lên kết cấu chống giữ " p " (hoặc mức độ ổn định của công trình ngầm "OD") sẽ tồn tại rất nhiều mối quan hệ, chuỗi

mối quan hệ phức tạp, khác nhau. Kết quả lựa chọn mô hình, chuỗi mô hình liên kết logic với nhau bắt đầu bằng " m_{cb} " hết thúc bằng " p " (hoặc "OD") phụ thuộc vào tư duy, khả năng sáng tạo của người (đơn vị) nghiên cứu và đặc tính của bài toán cơ học đá, cơ học công trình ngầm xem xét.

Phương pháp tiếp cận như trên có thể cho phép xây dựng và đề xuất nhiều phương pháp khác nhau để giải quyết bài toán cơ học đá, cơ học công trình ngầm. Mỗi mô hình hoặc một lớp mô hình cho phép dự đoán giá trị tải trọng tác dụng lên kết cấu chống giữ công trình ngầm trong những điều kiện cụ thể. Bằng phương pháp tương tự như trên, có thể xây dựng các mô hình, lớp mô hình để dự đoán mức độ ổn định của công trình ngầm từ số liệu gốc ban đầu " m_{cb} ".

Tại giai đoạn nghiên cứu đầu tiên, chúng tôi chọn bốn nhóm yếu tố "chuyển dịch biên công trình ngầm", "áp lực tác dụng và mức độ ổn định của công trình ngầm", "hiện tượng trương nở, gia tăng thể tích khối đá" và "nứt nẻ, phá hủy trong khối đá" trong hệ thống "khối đá-công trình ngầm" để xây dựng lưu đồ trình tự logic mô tả mối quan hệ giữa chúng với nhau (hình H.1).



H.1. Lưu đồ mô tả mối quan hệ giữa các nhóm yếu tố "chuyển dịch biên công trình ngầm", "áp lực tác dụng và mức độ ổn định công trình ngầm", "hiện tượng trương nở, gia tăng thể tích khối đá" và "nứt nẻ, phá hủy trong khối đá" trong hệ thống "khối đá-công trình ngầm"

Tại đây, hệ thống "khối đá-công trình ngầm" sẽ vận hành trong mối quan hệ với bốn nhóm yếu tố chính đã chọn, gây nên sự ảnh hưởng trực tiếp và gián tiếp đến đại lượng tải trọng tác dụng lên kết cấu chống giữ và mức độ ổn định của công trình ngầm. Các nhóm yếu tố này có vai trò thuận nghịch: chúng có thể đồng thời vừa là nguyên nhân, vừa là kết quả và ngược lại. Ví dụ: áp lực tác dụng lên công trình ngầm là nguyên

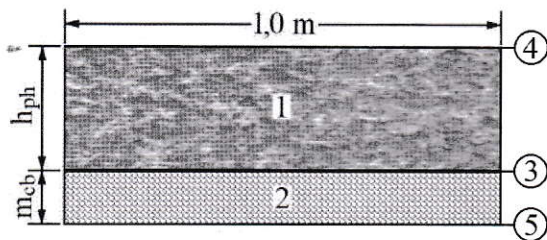
nhân gây nên chuyển dịch biên công trình ngầm; ngược lại, chuyển dịch biên công trình ngầm sẽ tạo nên áp lực tác dụng lên kết cấu chống giữ công trình ngầm.

Mức độ nứt nẻ của khối đá bao quanh sẽ được xem xét và dự báo thông qua số lượng hệ thống khe nứt " N " tồn tại trong khối đá. Theo kết quả nghiên cứu [1], [2]: khi số lượng hệ thống khe nứt " N " trong khối đá bao quanh công trình ngầm đạt tới giá trị 5÷6 thì giá trị kích thước vùng phá hủy đất đá phía trên công trình ngầm sẽ dần dần trở nên ổn định và thay đổi không đáng kể.

Khả năng trương nở của đất đá trong vùng phá hủy gần biên công trình ngầm có thể dự báo theo hệ số trương nở của đất đá " k_{tn} " trong vùng nứt nẻ, phá hủy theo sơ đồ hình H.2 mô tả hiện tượng trương nở, gia tăng thể tích của khối đá gần biên công trình ngầm: 1 - Vùng đất đá (nguyên khối) sẽ bị nứt nẻ, phá hủy gần biên công trình ngầm; 2 - Vùng đất đá nứt nẻ, phá hủy hình thành khi vùng đất đá 1 bị nứt nẻ, phá hủy, trương nở vào phía trong công trình ngầm; 3 - Biên công trình ngầm trước khi bị biến dạng, chuyển dịch; 4 - Biên vùng đất đá nứt nẻ, phá hủy xung quanh công trình ngầm nằm sâu phía trong khối đá; 5 - Biên vùng đất đá sau khi nứt nẻ, phá hủy, trương nở xâm nhập vào phía trong công trình ngầm; h_{ph} - Chiều sâu vùng đất đá nứt nẻ, phá hủy gần biên công trình ngầm; m_{cb} - Giá trị chuyển dịch biên công trình ngầm sau khi xuất hiện vùng đất đá nứt nẻ, phá hủy, trương nở xung quanh công trình ngầm.

Khu vực khảo sát giới hạn trong mặt biên hình vuông có diện tích bằng $1,0 \text{ m}^2$ ($1,0 \times 1,0 = 1,0 \text{ m}^2$). Tại đây: các quá trình tác dụng tương hỗ giữa khối đá và công trình ngầm sẽ tạo nên vùng khối đá nứt nẻ, phá hủy "1". Khi khối đá biên chưa bị phá hủy, biên vùng "1" sẽ trùng với biên "3" theo thiết kế của công trình ngầm. Sau thời điểm trong vùng "1" xuất hiện nứt nẻ, phá hủy làm cho thể tích của chúng gia tăng (hình thành hiện tượng trương nở thể tích của vùng "1"), biên của vùng nứt nẻ, phá hủy "1" sẽ dần dần chuyển dịch vào phía trong công trình ngầm và giả sử sẽ đạt tới vị trí cuối cùng "5" (hình H.2).

Khối đá "1" trương nở, phá hủy vỡ vụn hoàn toàn và tạo nên tổ hợp hai vùng phá hủy, vỡ vụn hoàn toàn ("1"+"2"), Hình 2). Tại đây, đất đá sẽ bị nứt nẻ, phá hủy toàn bộ và sẽ chuyển đổi thành trạng thái vỡ vụn, rời rạc hoàn toàn (đất đá giống như môi trường rời; giữa các thành phần đất đá cấu thành không còn lực liên kết "C", tại đây chỉ còn lực ma sát).



H.2. Sơ đồ mô tả hiện tượng trương nở, gia tăng thể tích của khối đá gần biên công trình ngầm

Giá trị hệ số trương nở của đất đá " k_{tn} " trong vùng nứt nẻ, phá hủy hỗn hợp ("1"+"2") xác định theo công thức:

$$k_{tn} = (V_{nn}/V_{knn}) \geq 1,0. \quad (6)$$

Tại đây: V_{knn} - Thể tích của khối đá xem xét chưa bị nứt nẻ, phá hủy, m^3 ; V_{nn} - Thể tích của khối đá xem xét sau khi bị nứt nẻ, phá hủy, m^3 .

Trong khu vực khảo sát giới hạn diện tích mặt biên bằng $1,0 m^2$, việc dự báo giá trị hệ số trương nở " k_{tn} " của đất đá trong vùng nứt nẻ, phá hủy và giá trị chuyển dịch " m_{cb} " của mặt biên công trình ngầm có thể tiến hành như sau:

➢ Từ điều kiện trương nở đất đá thực tế (hình H.2), tổng thể tích trương nở đất đá " V_{nn} " trong vùng khối đá nứt nẻ, phá hủy gần biên công trình ngầm sẽ tính theo công thức như sau:

$$V_{nn} = (V_1 + V_2) = [(1,0 m^2) \cdot h_{ph} + (1,0 m^2) \cdot m_{cb}]. \quad (7)$$

Tại đây: V_1 - Thể tích vùng đất đá nguyên khối chưa bị phá hủy, m^3 ; V_2 - Thể tích vùng đất đá tăng thêm sau khi vùng " V_1 " bị nứt nẻ, phá hủy, trương nở xâm nhập vào phía trong công trình ngầm, m^3 ; $1,0 m^2$ - Diện tích mặt biên của vùng khối đá biên xem xét; h_{ph} - Chiều sâu vùng đất đá nứt nẻ, phá hủy gần biên công trình ngầm, m; m_{cb} - Giá trị biến dạng, chuyển dịch biên công trình ngầm sau khi hình thành vùng nứt nẻ, phá hủy, m;

➢ Từ điều kiện trương nở đất đá tính theo hệ số trương nở dự kiến của đất đá " k_{tn} ", tổng thể tích trương nở đất đá " V_{nn} " trong vùng khối đá nứt nẻ, phá hủy gần biên công trình ngầm thuộc khu vực khảo sát sẽ tính theo công thức sau:

$$V_{nn} = (k_{tn} \cdot V_1) = \{k_{tn} \cdot [(1,0 m^2) \cdot h_{ph}]\}. \quad (8)$$

Tại đây: k_{tn} - Hệ số trương nở của đất đá nứt nẻ, phá hủy trong vùng đất đá nứt nẻ, phá hủy gần biên công trình ngầm tương ứng với giá trị chuyển dịch mặt biên công trình ngầm bằng " m_{cb} ".

Sau khi kết hợp (7) với (8), ta có:

$$[(1,0 m^2) \cdot h_{ph} + (1,0 m^2) \cdot m_{cb}] = \{k_{tn} \cdot [(1,0 m^2) \cdot h_{ph}]\}. \quad (9)$$

Từ (8) suy ra:

$$m_{cb} = [h_{ph} \cdot (k_{tn} - 1)]; \quad (10)$$

$$k_{tn} = \left(\frac{h_{ph} + m_{cb}}{h_{ph}} \right) = 1,0 + \left(\frac{m_{cb}}{h_{ph}} \right). \quad (11)$$

Như vậy, công thức (10) cho phép dự báo giá trị chuyển dịch mặt biên công trình ngầm " m_{cb} " khi biết chiều cao vùng đất đá nứt nẻ, phá hủy " h_{ph} ", hệ số trương nở " k_{tn} " của đất đá trong vùng đất đá nứt nẻ, phá hủy tại thời điểm tính toán. Ngược lại, công thức (11) cho phép dự báo hệ số trương nở " k_{tn} " của đất đá trong vùng đất đá nứt nẻ, phá hủy tại thời điểm tính toán khi biết chiều cao vùng đất đá nứt nẻ, phá hủy " h_{ph} ", giá trị chuyển dịch mặt biên công trình ngầm " m_{cb} ".

Hệ số trương nở " k_{tn} " của đất đá trong vùng đất đá nứt nẻ, phá hủy là một đại lượng tổng hợp mang tính thời điểm tương ứng với trạng thái nứt nẻ, phá hủy của khối đá trong những điều kiện không gian, thời gian, địa cơ học, kỹ thuật, công nghệ, ... rất cụ thể. Hệ số trương nở " k_{tn} " thay đổi trong khoảng: $1,0 \leq k_{tn} \leq k_{nr}$. Hệ số $k_{tn} = 1,0$ khi $m_{cb} = 0,0$ (đến thời điểm trong khối đá bao quanh công trình ngầm chưa xảy ra phá hủy, nứt nẻ, trương nở; vùng "2" không tồn tại, hình H.2) và sẽ đạt giá trị lớn nhất bằng hệ số nở rỗng của đất đá vỡ vụn hoàn toàn " k_{nr} " ($k_{tn} = k_{nr}$) khi $m_{cb} = m_{cb,max}$ (khối đá "1" trương nở, phá hủy vỡ vụn hoàn toàn và tạo nên tổ hợp hai vùng phá hủy vỡ vụn hoàn toàn ("1"+"2"), hình H.2). Tại đây, hệ số trương nở của đất đá " k_{tn} " sẽ bằng hệ số nở rỗng của đất đá vỡ vụn hoàn toàn " k_{nr} ": $k_{tn} = k_{nr}$. Khi đó, giá trị chuyển dịch trên biên công trình ngầm sẽ đạt giá trị lớn nhất " $m_{cb,max}$ " và được dự báo theo công thức:

$$m_{cb,max} = [h_{ph} \cdot (k_{nr} - 1)]. \quad (12)$$

Giá trị " m_{cb} " xác định theo công thức (10) thể hiện trạng thái vỡ vụn trung gian của đất đá trong khu vực "1" thông qua hệ số trương nở trung gian " k_{tn} " của đất đá. Trạng thái vỡ vụn trung gian thực tế của đất đá sẽ có giá trị hệ số trương nở " k_{tn} " nhỏ hơn so với hệ số nở rỗng, vỡ vụn hoàn toàn của đá: $k_{tn} < k_{nr}$. Giá trị của hệ số nở rỗng, vỡ vụn hoàn toàn của đất đá " k_{nr} " thay đổi, phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố địa cơ học, kỹ thuật, công nghệ, ... Hệ số $k_{nr} = 1,6 \div 2,3$ thay đổi tùy theo các chủng loại đất đá khác nhau [3], [4]. Vì vậy, " m_{cb} " tính theo công thức (10) thể hiện giá trị chuyển dịch trung gian của mặt biên công trình ngầm tại thời điểm thực tế và thường nhỏ hơn " $m_{cb,max}$ ": $m_{cb} < m_{cb,max}$.

Tại đây, chúng tôi đề xuất phương pháp xây dựng sơ đồ mối quan hệ giữa các đại lượng chuyển dịch biên công trình ngầm " m_{cb} ", số lượng hệ thống nứt nẻ trong khối đá biên "N", hệ số trương nở thể tích của khối đá " k_{tn} " gần biên công trình ngầm; tải trọng tác dụng lên kết cấu chống giữ "p", mức độ ổn định của công trình ngầm "OD" với những điều kiện ban đầu như sau:

➤ Đồ thị $p=f_6(m_{cb})$ được xây dựng khi kết cấu chống giữ được lắp đặt ngay sau khi hình thành công trình ngầm $m_{cb}=0,0$ (kết cấu chống giữ làm việc đồng thời với khối đá bao quanh ngay sau khi hình thành công trình ngầm);

➤ Đồ thị $p=f_7(m_{cb})$ được xây dựng khi kết cấu chống giữ lắp đặt sau một khoảng thời gian tính từ thời điểm hình thành công trình ngầm. Tại đây, mặt biên công trình ngầm tự do chuyển dịch đến thời điểm lắp đặt kết cấu chống giữ và đạt giá trị $m_{cb}=m_{cb,0}$;

➤ Các đồ thị của các hàm số $m_{cb}=f_1(N)$, $p=f_6(m_{cb})$, $p=f_7(m_{cb})$, $OD=f_5(m_{cb})$ được xây dựng trong vùng giới hạn chuyển dịch mặt biên công trình ngầm " m_{cb} ": $0,0 \leq m_{cb} \leq m_{cb,max}$. Tại đây, giá trị của chuyển dịch mặt biên lớn nhất " $m_{cb,max}$ " sẽ được xác định theo công thức (12);

➤ Các đồ thị của các hàm số $k_{tn}=f_2(N)$, $OD=f_3(k_{tn})$, $p=f_4(k_{tn})$ được xây dựng trong vùng thay đổi hệ số trương nở thể tích của khối đá " k_{tn} " gần biên công trình ngầm như sau: $1,0 \leq k_{tn} \leq k_{nr}$. Tại đây, giá trị của hệ số nở rỗng, vỡ vụn hoàn toàn của đất đá " k_{nr} " sẽ được xác định theo thực nghiệm tùy theo chủng loại đất đá và các điều kiện kỹ thuật, công nghệ khác;

➤ Các mối quan hệ $m_{cb}=f_1(N)$, $k_{tn}=f_2(N)$, $OD=f_3(k_{tn})$, $p=f_4(k_{tn})$, $OD=f_5(m_{cb})$, $p=f_6(m_{cb})$, $p=f_7(m_{cb})$ có quy luật biến đổi không tuyến tính so với các đối số phụ thuộc;

➤ Mối quan hệ $m_{cb}=f_1(N)$ biến đổi không tuyến tính theo quy luật như sau: khi giá trị số lượng khe nứt " N " trong khối đá tăng lên thì giá trị chuyển dịch trên biên công trình ngầm " m_{cb} " sẽ gia tăng;

➤ Mối quan hệ $k_{tn}=f_2(N)$ biến đổi không tuyến tính theo quy luật như sau: khi giá trị số lượng khe nứt " N " trong khối đá tăng lên thì giá trị hệ số trương nở trung gian " k_{tn} " của đất đá sẽ gia tăng;

➤ Mối quan hệ $OD=f_3(k_{tn})$ biến đổi không tuyến tính theo quy luật như sau: khi giá trị hệ số trương nở trung gian " k_{tn} " của đất đá tăng lên thì giá trị đại lượng mức độ ổn định của công trình ngầm " OD " sẽ giảm xuống;

➤ Mối quan hệ $p=f_4(k_{tn})$ biến đổi không tuyến tính theo quy luật như sau: khi giá trị hệ số trương nở trung gian " k_{tn} " của đất đá tăng lên thì giá trị tải trọng tác dụng lên kết cấu chống giữ " p " sẽ gia tăng;

➤ Mối quan hệ $OD=f_5(m_{cb})$ biến đổi không tuyến tính theo quy luật như sau: khi giá trị đại lượng chuyển dịch biên công trình ngầm " m_{cb} " tăng lên thì giá trị mức độ ổn định của công trình ngầm " OD " sẽ giảm xuống;

➤ Mối quan hệ $p=f_6(m_{cb})$ biến đổi không tuyến tính theo quy luật như sau: khi giá trị đại lượng

chuyển dịch biên công trình ngầm " m_{cb} " tăng lên thì giá trị tải trọng tác dụng lên kết cấu chống giữ " p " sẽ gia tăng.

➤ Mối quan hệ $p=f_7(m_{cb})$ biến đổi không tuyến tính theo quy luật như sau: khi giá trị đại lượng chuyển dịch biên công trình ngầm " m_{cb} " tăng lên thì giá trị tải trọng tác dụng lên kết cấu chống giữ " p " sẽ gia tăng.

Khi kết cấu chống giữ có thể làm việc ở chế độ linh hoạt, mối quan hệ $p=f_6(m_{cb})$ (tải trọng tại nóc công trình ngầm tác dụng lên kết cấu chống giữ) có thể dự báo theo công thức [4]:

$$p = 8,0 \cdot \gamma \cdot \sqrt[3]{(r_a \cdot m_{cb}^2)}, \text{ MPa.} \quad (13)$$

Tại đây: $r_a=(B/2)$, m ; B - Khẩu độ thi công của công trình ngầm, m ; m_{cb} - Chuyển dịch của đất đá tại biên công trình ngầm theo hướng kết cấu chống giữ có khả năng mang tải lớn nhất, m .

Từ mối quan hệ (5), chúng tôi đề xuất công thức dự báo giá trị tải trọng tác dụng lên công trình ngầm như sau:

$$p = [\gamma \cdot (r_{kdh} - r_1)] = [\gamma \cdot (8,3 \cdot B^{0,4} \cdot U_b^{0,6} - r_1)], \text{ MPa.} \quad (14)$$

Tại đây: r_1 - Bán kính thi công công trình ngầm, m .

Từ những kết quả nghiên cứu trên đây, chúng tôi đã xây dựng sơ đồ mô tả các mối quan hệ giữa các đại lượng chuyển dịch biên công trình ngầm " m_{cb} ", số lượng hệ thống nứt nẻ trong khối đá biên " N ", hệ số trương nở thể tích của khối đá " k_{tn} " gần biên công trình ngầm, tải trọng tác dụng lên kết cấu chống giữ " p " và mức độ ổn định của công trình ngầm " OD " (hình H.3).

Sơ đồ H.3 cho phép dự báo tải trọng tác dụng lên kết cấu chống giữ " p " và mức độ ổn định của công trình ngầm " OD " theo hai phương pháp sau:

➤ Phương pháp thứ nhất: sau khi xác định đại lượng chuyển dịch biên công trình ngầm " m_{cb} " sẽ tìm "số lượng" khe nứt " N " theo đường cong $m_{cb}=f_1(N)$, xác định hệ số trương nở thể tích của khối đá " k_{tn} " gần biên công trình ngầm theo đường cong $k_{tn}=f_2(N)$, dự báo " OD_1 " và " p_1 " theo các đường cong tương ứng $OD=f_3(k_{tn})$, $p=f_4(k_{tn})$;

➤ Phương pháp thứ hai: sau khi xác định đại lượng chuyển dịch biên công trình ngầm " m_{cb} " sẽ dự báo " OD_2 ", " p_2 ", " p_3 " theo các đường cong tương ứng $OD=f_5(m_{cb})$, $p=f_6(m_{cb})$, $p=f_7(m_{cb})$.

Như vậy, việc dự báo các giá trị tải trọng tác dụng lên công trình ngầm " p " và mức độ ổn định " OD " của công trình ngầm trên thực tế có thể tiến hành theo trình tự sau đây:

➤ Bước 1 - Xây dựng các mối quan hệ $m_{cb}=f_1(N)$, $k_{tn}=f_2(N)$, $OD=f_3(k_{tn})$, $p=f_4(k_{tn})$, $OD=f_5(m_{cb})$, $p=f_6(m_{cb})$, $p=f_7(m_{cb})$;

➤ Bước 2 - Xây dựng sơ đồ mối quan hệ giữa

các đại lượng chuyển dịch biên công trình ngầm " m_{cb} ", số lượng hệ thống nứt nẻ trong khối đá biên " N ", hệ số trương nở thể tích của khối đá " k_{tn} " gần biên công trình ngầm; tải trọng tác dụng lên kết cấu chống giữ " p ", mức độ ổn định của công trình ngầm " OD " (hình H.3);

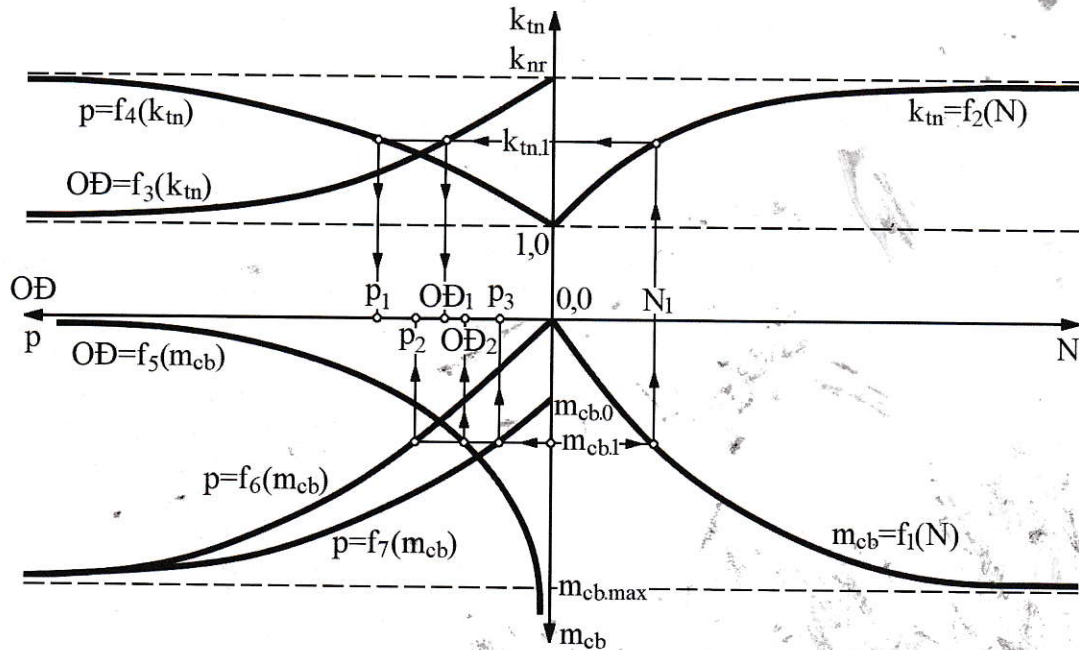
➤ Bước 3 - Đo đạc xác định giá trị chuyển dịch mặt biên công trình ngầm " $m_{cb,1}$ " trong điều kiện thực tế;

➤ Bước 4 - Từ giá trị " $m_{cb,1}$ " lần lượt xác định

các giá trị: " p_1 " theo mối quan hệ $p=f_4(k_{tn})$; " p_2 " (hoặc " p_3 ") theo mối quan hệ $p=f_6(m_{cb})$ (hoặc $p=f_7(m_{cb})$); " OD_1 " theo mối quan hệ $OD=f_3(k_{tn})$; " OD_2 " theo mối quan hệ $OD=f_5(m_{cb})$;

➤ Bước 5 - So sánh cặp giá trị " p_1 " và " p_2 " (hoặc " p_3 ") để chọn giá trị lớn nhất " p_{max} "; so sánh cặp giá trị " OD_1 " và " OD_2 " để chọn giá trị nhỏ nhất " OD_{min} ";

➤ Bước 6 - Sử dụng các đại lượng " p_{max} ", " OD_{min} " làm số liệu đầu vào để giải quyết các bài toán cơ học đá, cơ học công trình ngầm tiếp theo.



H.3. Sơ đồ mô tả các mối quan hệ giữa các đại lượng chuyển dịch biên công trình ngầm " m_{cb} ", số lượng hệ thống nứt nẻ trong khối đá biên " N ", hệ số trương nở thể tích của khối đá " k_{tn} " gần biên công trình ngầm, tải trọng tác dụng lên kết cấu chống giữ " p " và mức độ ổn định của công trình ngầm " OD "

Trong những trường hợp cụ thể, để sử dụng phương pháp mới dự báo mức độ ổn định của công trình ngầm, giá trị áp lực tác dụng lên kết cấu chống giữ và hoàn thiện chúng cần lưu ý giải quyết những vấn đề sau đây:

➤ Nghiên cứu xây dựng các mối quan hệ $N=f_1(m_{cb})$, $k_{tn}=f_2(N)$, $OD=f_3(k_{tn})$, $p=f_4(k_{tn})$, $OD=f_5(m_{cb})$, $p=f_6(m_{cb})$, $p=f_7(m_{cb})$. Tại đây, các mối quan hệ (13), (14) mới chỉ ra hai trường hợp riêng lẻ, đặc biệt của các mối quan hệ $p=f_6(m_{cb})$, $p=f_7(m_{cb})$. Các mối quan hệ trên đây phải được nghiên cứu xây dựng riêng biệt, cụ thể cho từng khu vực xây dựng công trình ngầm, chủng loại công trình ngầm, tổ hợp các điều kiện địa cơ học,... Trên thực tế không tồn tại những quy luật chung, định lượng cho tất cả các trường hợp. Những quy luật mô tả trên hình H.3 mới chỉ mang tính ý tưởng, định tính;

➤ Tiếp tục nghiên cứu sự tương thích và mối quan hệ giữa $p=f_4(k_{tn})$ và $p=f_6(m_{cb})$, $p=f_7(m_{cb})$; giữa

$OD=f_3(k_{tn})$ và $OD=f_5(m_{cb})$ trong những điều kiện kỹ thuật, cấu tạo, địa cơ học,... cụ thể;

➤ Nghiên cứu xác định các mối quan hệ đa biến $p=f_8(m_{cb}, N, k_{tn}, OD, \dots)$, $OD=f_9(m_{cb}, N, k_{tn}, p, \dots)$;

➤ Nghiên cứu so sánh kết quả xác định " p ", " OD " theo phương pháp mới đề xuất với những kết quả khác xác định " p ", " OD " theo những lý thuyết khác, trong đó có các mối quan hệ đa biến $p=f_8(m_{cb}, N, k_{tn}, OD, \dots)$, $OD=f_9(m_{cb}, N, k_{tn}, p, \dots)$;

➤ Nghiên cứu xây dựng các quy luật biến đổi " m_{cb} " theo thời gian $m_{cb}=f_{10}(t)$;

➤ Nghiên cứu sử dụng các quy luật biến đổi " m_{cb} " theo thời gian $m_{cb}=f_{10}(t)$ để dự báo " p ", " OD " và đề xuất các biện pháp thi công, chống giữ, bảo vệ công trình ngầm phù hợp;...

Đây là những vấn đề chưa được giải quyết thấu đáo trong những tổ hợp điều kiện thực tế cụ thể thiết kế, xây dựng, sử dụng công trình ngầm.

4. Kết luận

Nghiên cứu dự đoán mức độ ổn định, tải trọng tác dụng lên kết cấu chống giữ công trình ngầm từ các giá trị chuyển dịch khối đá gần biên là một hướng nghiên cứu mới thuộc lĩnh vực cơ học đá, cơ học công trình ngầm. Những kết quả nghiên cứu trên đây mới chỉ mang tính nghiên cứu định hướng lý thuyết, ý tưởng lớn. Để có thể sử dụng trên thực tế, hướng nghiên cứu mới này vẫn cần tiếp tục hoàn thiện. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Võ Trọng Hùng, Nguyễn Phúc Nhân. Ảnh hưởng của khe nứt tới kích thước vùng phá hủy xung quanh đường hầm. Tạp chí Công nghiệp Mỏ. Số 2. 1996. Tr. 6-8.
2. Võ Trọng Hùng, Phùng Mạnh Đắc. Cơ học đá ứng dụng trong xây dựng công trình ngầm và khai thác mỏ. Hà Nội. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật. 2005. 460 trang.
3. Дружко Е.Б., Заславский Ю.З., Перепичка Ф.И. Устойчивость основных горных выработок. Донецк. Изд. "Донбасс". 1975.
4. Кошелев К.В., Томасов А.Г., Самойлов В.Л., Бурма И.И. Крепление и охрана выработок в сложных горногеологических условиях. Киев. Изд. "Техника". 1986. 110 стр.

Ngày nhận bài: 18/03/2018

Ngày gửi phản biện: 16/06/2018

Ngày nhận phản biện: 21/08/2018

Ngày chấp nhận đăng bài: 10/04/2019

Từ khóa: mức độ ổn định; tải trọng; áp lực; kết cấu chống giữ; công trình ngầm; chuyển dịch khối đá trên biên; cơ học đá; cơ học công trình ngầm

SUMMARY

Research to predict the level of stability, load acting on the structure of underground construction basing on the values of rock mass deformation on the underground construction border is a new research direction in the field of rock mechanics and underground engineering. The study results in this paper are only a theoretical orientation. In order to be able to use in practice, this new research direction still needs to continue to improve.

MỘT SỐ LƯU Ý...

(Tiếp theo trang 31)

Ngày nhận bài: 12/08/2018

Ngày gửi phản biện: 16/09/2018

Ngày nhận phản biện: 20/10/2018

Ngày chấp nhận đăng bài: 10/04/2019

Từ khóa: máy đào hầm, công trình ngầm, khai thác mỏ, bài học, kinh nghiệm

SUMMARY

The use of TBMs for mining projects has not been without its fair share of challenges. Any simplified perception that TBMs cannot be used for mining projects is false, as it is subject to geological risk. Therefore, within the paper outlines the key technical issues that need to be considered for the use of TBMs for mining projects, the advantages and disadvantages of the use of TBMs, some minimum requirements for their use and some unique approaches for geotechnical investigations required for their use.

NGHIÊN CỨU ĐỀ XUẤT...

(Tiếp theo trang 36)

Ngày nhận bài: 19/07/2018

Ngày gửi phản biện: 16/09/2018

Ngày nhận phản biện: 25/12/2018

Ngày chấp nhận đăng bài: 10/04/2019

Từ khóa: kết cấu neo, tiêu chuẩn kiểm tra, quy trình nghiệm thu

SUMMARY

This paper proposed the construction requirements for rockbolts support structure in some conditions such as coal seams thickness, roadways angle and proposal testing standards, acceptance procedures for bolting support of the roadway construction.