

Stability of tunnel considering rheology of rock sample

Nguyen Huy Hiep^{1,*}, Nguyen Quy Dat¹, Dam Huu Hung²

¹Department of Basic Techniques for Construction Engineering, Institute of Techniques for Special Engineering (ITSE), Le Quy Don Technical University, 236 Hoang Quoc Viet Street, Hanoi, 11917, Vietnam

²Department of Soil Mechanics and Geotechnics, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), 26 Yaroslavskoye Shosse, Moscow, 129337, Russia

Article info

Type of article:

Original research paper

*Corresponding author:

E-mail address:

huyhiepnguyen@gmail.com

Received:

22/11/2021

Accepted:

08/04/2022

Published:

06/05/2022

Abstract: The rheological processes of rock mass significantly impact on the stability of construction. In order to determine rheological characteristics of rock samples field tests as well as laboratory tests can be executed. In the article authors represent a method applied to determine deformation parameters based on compression and bend tests of rock samples. As a result, engineers are able to estimate the long-term stability of construction taking account of rock rheological properties.

Keywords: Rheological properties, compression test, bend test, time-dependent deformation, long-term stability

Thông tin bài viết

Dạng bài viết:

Bài báo nghiên cứu

*Tác giả liên hệ:

Địa chỉ E-mail:

huyhiepnguyen@gmail.com

Ngày nộp bài:

22/11/2021

Ngày chấp nhận:

08/04/2022

Ngày đăng bài:

06/05/2022

Nghiên cứu ổn định công trình ngầm có xét đến tính lưu biến của mẫu đá

Nguyễn Huy Hiệp^{1,*}, Nguyễn Quý Đạt¹, Đàm Hữu Hưng²

¹Bộ môn Cơ sở Kỹ thuật Công trình, Viện Kỹ thuật Công trình đặc biệt, Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn, 236 Hoàng Quốc Việt, Hà Nội, 11917, Việt Nam

²Bộ môn Cơ học đất và Địa kỹ thuật, Đại học xây dựng nghiên cứu quốc gia Matxcova, 26 đại lộ Yaroslavskoye, Matxcova, 129337, Liên Bang Nga

Tóm tắt: Quá trình lưu biến của đá/ khối ảnh hưởng đến ổn định công trình ngầm. Để xác định đặc tính lưu biến của mẫu đá có thể tiến hành bằng các thí nghiệm hiện trường và trong phòng. Trong nội dung bài báo tác giả trình bày phương pháp xác định các tham số biến dạng theo phương pháp nén uốn mẫu đá, đánh giá độ ổn định của công trình ngầm có xét đến tính lưu biến của đá.

Từ khóa: Lưu biến, từ biến, nén uốn, chùng ứng suất, biến dạng theo thời gian, độ bền lâu dài.

1. Đặt vấn đề

Trong quá trình khai thác và sử dụng công trình có nhiều hư hỏng do tính toán, thiết kế không kể đến các tham số lưu biến của mẫu đá/khối đá. Lưu biến gồm hai quá trình cơ bản: từ biến và chùng ứng suất. Từ biến được thí nghiệm bằng cách chát tải lên mẫu với một tải trọng không đổi theo thời gian $\sigma = \sigma_0 = const$ và ghi lại biến dạng tăng dần. Chùng ứng suất được thí nghiệm bằng cách giữ nguyên biến dạng không đổi theo thời gian $\varepsilon = \varepsilon_0 = const$ và ghi lại ứng suất giảm dần. Ngoài hai hiện tượng: từ biến và chùng ứng suất, quá trình lưu biến của đá còn sử dụng khái niệm “độ bền lâu dài” (giới hạn bền dài lâu) của đá được xử lý từ kết quả hai thí nghiệm trên ở các giai đoạn chát tải khác nhau [1,3,5].

Trên Hình 1: đoạn OA tương ứng với giai đoạn biến dạng tức thời ban đầu. Tùy thuộc vào giá trị tác dụng của tải trọng, giai đoạn này có thể mang đặc tính đàn hồi. Đoạn AB tương ứng với giai đoạn từ biến không ổn định. Tại giai đoạn này, biến dạng của đá mang tính chất biến dạng đàn hồi cũng như biến dạng không thuận nghịch. Đoạn BC

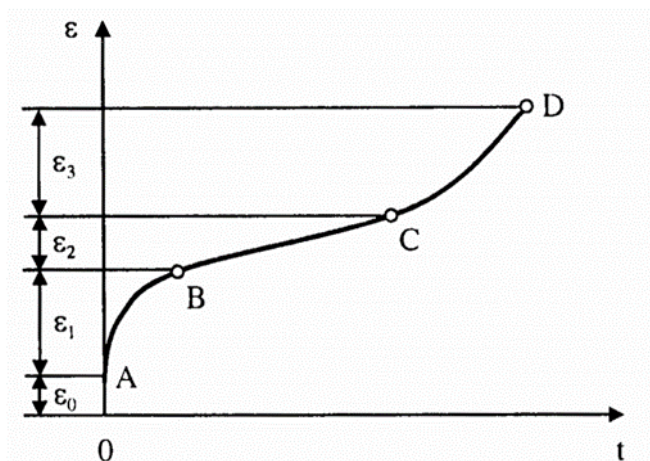
tương ứng với giai đoạn từ biến ổn định hay giai đoạn từ biến có tốc độ biến dạng không đổi. Đoạn CD đặc trưng bởi đặc tính gia tăng tốc độ biến dạng do sự phát triển mạnh mẽ của quá trình hình thành nứt nẻ. Giai đoạn này kết thúc bằng sự phá hủy hoàn toàn của mẫu đá.

Chùng ứng suất (Hình 2) là sự suy giảm ứng suất trong khối đá khi biến dạng được duy trì theo thời gian mà trường hợp đặc biệt là biến dạng không đổi. Có thể thấy, từ biến và chùng ứng suất xảy ra đồng thời trong khối đá làm việc dài hạn. Từ biến và chùng ứng suất là hai mặt của một tính chất trong mẫu đá/khối đá.

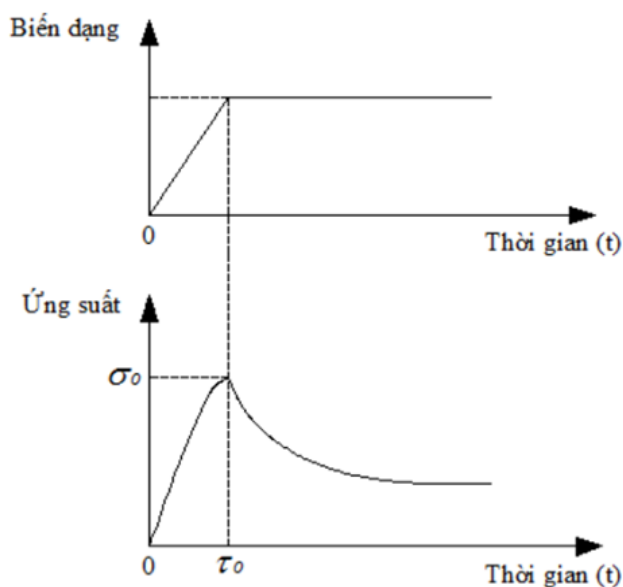
Để xác định các tham số lưu biến của mẫu đá có nhiều phương pháp khác nhau. Một trong những phương pháp xác định tính chất lưu biến của mẫu đá là dùng thí nghiệm nén uốn. Mẫu đá được gia công dưới dạng dầm với kích thước $20 \times 20 \times 160 \text{mm}$.

Sau khi gia công xong, mẫu đá được đưa lên nén với hai bài toán như trên Hình 3: từ biến (chát tải không đổi theo thời gian) và chùng ứng suất (cho dầm biến dạng với một giá trị và giữ nguyên

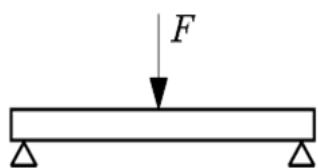
biến dạng đó trong suốt quá trình thí nghiệm), chiều dài đoạn dầm uốn 140mm.



Hình 1. Biểu đồ từ biến của mẫu đá



Hình 2. Biểu đồ chùng ứng suất của mẫu đá [1]



Hình 3. Sơ đồ nén uốn mẫu đá dạng dầm [6]

2. Xác định các tham số lưu biến của mẫu đá bằng thí nghiệm nén uốn mẫu dạng dầm

2.1. Thí nghiệm nén uốn xác định tham số từ biến của mẫu đá

L.Bolzmanna (1875) đã thấy biến dạng tổng cộng tại bất kỳ thời điểm nào của vật liệu đều gồm hai thành phần: biến dạng đàn hồi khi chịu tác dụng của tải trọng và biến dạng từ biến chịu ảnh hưởng của thời gian. Có thể biểu diễn điều này qua biểu thức toán học [2,4,6].

$$\varepsilon(t) = \frac{I}{E} \left[\sigma(t) + \int_0^t L(t, \tau) \cdot \sigma(\tau) d\tau \right] \quad (1)$$

trong đó $\varepsilon(t)$, $\sigma(t)$ là biến dạng và ứng suất tại thời điểm t , E là mô đun đàn hồi tức thời của đá, τ là biến số tích phân, $L(t, \tau)$ là nhân của phương trình tích phân.

Do tính chất di truyền của đá (là tính chất biến dạng tại một thời điểm nào đó phụ thuộc vào đặc điểm của tất cả các quá trình chịu tải trước đó của vật liệu) nên nhân $L(t, \tau)$ có thể biểu diễn:

$$L(t, \tau) = \delta(t - \tau)^{-\alpha} \quad (2)$$

Thí nghiệm từ biến mẫu đá chất tải với tải trọng không đổi $\sigma = \sigma_0 = const$, có dạng:

$$\varepsilon(t) = \frac{\sigma_0}{E} (1 + \Phi) \quad (3)$$

trong đó Φ là hàm từ biến.

Nghiên cứu theo phương pháp của viện sỹ Zh.X.Erzhanov [1, 6]:

$$\Phi = \frac{\delta t^{1-\alpha}}{1-\alpha} \quad (4)$$

trong đó α là tham số theo thực nghiệm không thứ nguyên và δ có thứ nguyên ($s^{-1+\alpha}$).

Khi đó mô đun biến dạng có xét tới từ biến có dạng:

$$E_t = \frac{E}{1 + \Phi} \quad (5)$$

Chuyển vị tại điểm nằm giữa dầm trên Hình 3 có dạng:

$$y = \frac{Fl^3}{48EJ} \quad (6)$$

trong đó J là mô men quán tính mặt cắt ngang tiết diện dầm.

Ứng suất trên mặt cắt ngang dầm (Hình 3) được xác định theo công thức:

$$\sigma = \frac{Mh}{2J} \quad (7)$$

trong đó M là mô men tại điểm nằm giữa dầm, h là chiều cao của dầm.

$$M = \frac{Fl}{4} \quad (8)$$

Thay (8), (7) vào (6), có:

$$y = \sigma \frac{l^2}{6Eh} \quad (9)$$

Thay E bằng $E(t)$ trong công thức (9) và kết hợp với công thức (5) tính toán được chuyển vị của điểm nằm giữa dầm (điểm đặt lực) theo thời gian:

$$y(t) = \sigma \frac{l^2}{6EJ} (1 + \Phi) \tag{10}$$

Xét dầm có chuyển vị ban đầu theo phương trình (9):

$$y_0 = \sigma \frac{l^2}{6Eh}$$

$$y(t) = y_0 \left(1 + \frac{\delta}{1 - \alpha} t^{1-\alpha} \right) \tag{11}$$

Tiến hành logarit hai vế được:

$$\lg \left(\frac{y(t)}{y_0} - 1 \right) = \lg \frac{\delta}{1 - \alpha} + (1 - \alpha) \lg t \tag{12}$$

Đặt các số hạng sau:

$$u = \lg \left(\frac{y(t)}{y_0} - 1 \right); \quad x = \lg t; \tag{13}$$

$$a = \lg \left(\frac{\delta}{1 - \alpha} \right); \quad b = 1 - \alpha$$

Phương trình (12) thành phương trình bậc nhất:

$$u = a + bx \tag{14}$$

Từ giá trị a, b xác định giá trị tham số từ biến theo phương trình (13):

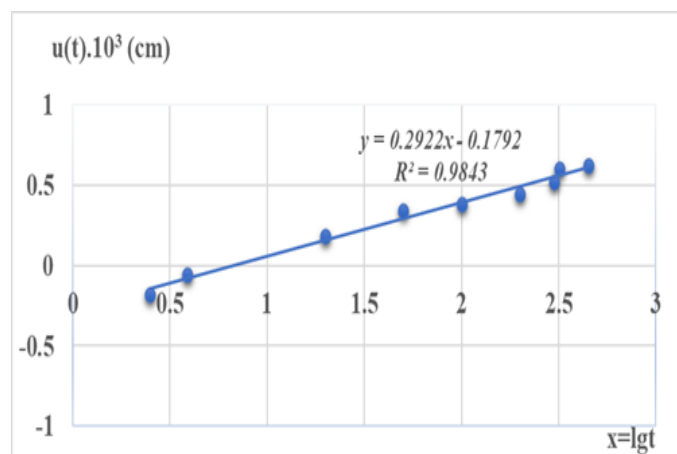
$$\alpha = 1 - b \tag{15}$$

$$\delta = 10^a (1 - \alpha) \tag{16}$$

Dùng bộ số liệu chuẩn ở Bảng 1, là kết quả của một thí nghiệm với đá muối mỏ ở Liên Bang Nga [6] để tiến hành xử lý số liệu trên phần mềm Microsoft Excel. Số liệu biến dạng được đo tại điểm giữa dầm từ thời điểm sau khi chất tải ổn định (bỏ qua giai đoạn tăng tải).

Bảng 1. Kết quả thí nghiệm và xử lý theo phương trình (13) [6]

σ , (Mpa)	$y_0 \cdot 1.10^3$ (cm)	$t \cdot 1.10^{-5}s$ (giây)	t (giờ)	$y(t) \cdot 1.10^3$ cm	$u = \lg \left(\frac{y(t)}{y_0} - 1 \right)$	$x = \lg t$
1,8	2,0	0,14	3,89	2,5	-0,06	0,59
		0,72	20	5,0	0,18	1,3
		7,2	200	7,5	0,44	2,3
2,25	2,5	1,8	50	8,0	0,34	1,7
		10,8	300	10,8	0,52	2,48
		0,09	2,5	5,0	-0,18	0,4
2,7	3,0	3,6	100	10,25	0,38	2
		11,52	320	15	0,60	2,51
		16,2	450	15,5	0,62	2,65



Hình 4. Kết quả xử lý thí nghiệm từ biến bằng phần mềm Microsoft Excel

Từ giá trị u và x nhập vào phần mềm Microsoft Excel, dùng phương pháp bình phương cực tiểu, phần mềm tự động vẽ phương trình $u = a + bx$ như trên Hình 4.

Xác định được giá trị $a = -0,18$ và $b = 0,29$. Xác định các tham số từ biến từ phương trình (15): $\alpha = 1 - b = 1 - 0,29 = 0,71$; từ phương trình (16) $\delta = 10^a (1 - \alpha) = 10^{-0,18} (1 - 0,71) = 0,192 (s^{-0,29})$.

Từ phương trình (4) xác định được:

$$\Phi = \frac{\delta t^{1-\alpha}}{1 - \alpha} = \frac{0,192}{1 - 0,71} t^{1-0,71} = 0,662 t^{0,29}$$

Với ứng suất $\sigma = 2,7$ MPa, chuyển vị ban đầu

$y_0=0,003$ cm, xác định mô đun đàn hồi của đá theo phương trình (9):

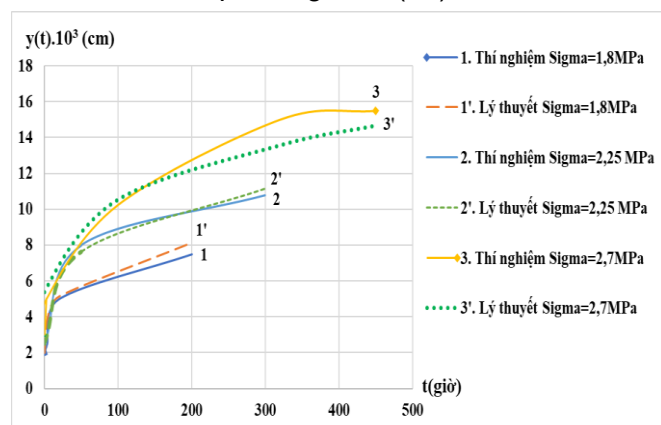
$$y_0 = \sigma \frac{l^2}{6Eh} \rightarrow 0,003 = 2,7 \frac{14^2}{6E.2}$$

Tính toán được $E=14700$ MPa. Từ phương trình (11) thu được:

$$y(t) = y_0 \left(1 + \frac{\delta}{1-\alpha} t^{1-\alpha} \right) = y_0 (1 + \Phi) \tag{17}$$

$$= y_0 (1 + 0,662t^{0,29})$$

Kết quả so sánh thí nghiệm ở Bảng 7 được chuẩn hóa theo phương trình (17) như trên Hình 5:



Hình 5. Kết quả thí nghiệm từ biến và lý thuyết theo phương trình (17)

2.2. Thí nghiệm nén uốn xác định tham số chùng ứng suất của mẫu đá

Tiến hành thí nghiệm chùng ứng suất, giữ nguyên biến dạng theo thời gian $\varepsilon = \varepsilon_0 = const = \sigma_0/E$, tải tác dụng lên dầm sẽ giảm dần theo thời gian.

Từ kết quả phương trình (3), biến dạng theo thời gian với tải trọng thay đổi:

$$\varepsilon(t) = \frac{\sigma(t)}{E} (1 + \Phi)$$

trong trường hợp: $\varepsilon(t) = \varepsilon_0 = \frac{\sigma_0}{E}$. Có phương trình:

$$\sigma(t) = \frac{\sigma_0}{1 + \Phi} \tag{18}$$

Thay kết quả của phương trình (4) vào phương trình (18), biến đổi thu được phương trình:

$$1 - \frac{\sigma(t)}{\sigma_0} = \frac{\delta}{1-\alpha} t^{1-\alpha} \tag{19}$$

Tiến hành logarit hai vế được:

$$\lg \left(1 - \frac{\sigma(t)}{\sigma_0} \right) = \lg \frac{\delta}{1-\alpha} + (1-\alpha) \lg t \tag{20}$$

Đặt các số hạng sau:

$$s = \lg \left(1 - \frac{\sigma(t)}{\sigma_0} \right); \quad x = \lg t; \tag{21}$$

$$a = \lg \left(\frac{\delta}{1-\alpha} \right); \quad b = 1-\alpha$$

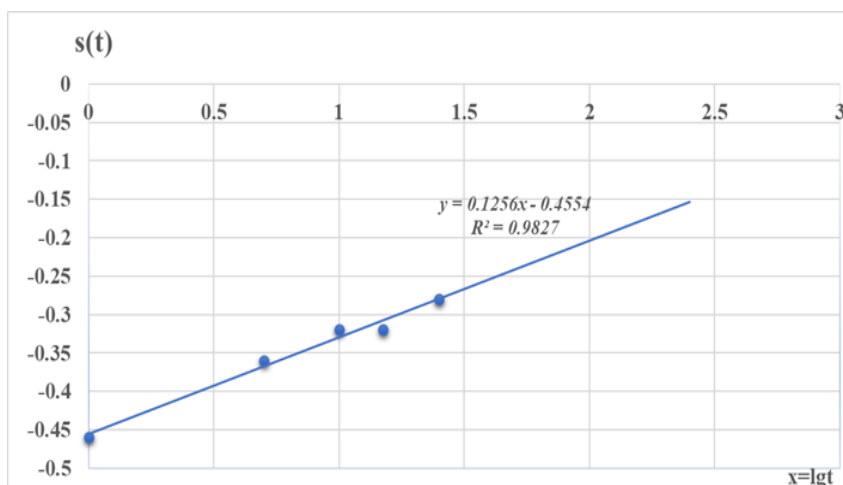
Phương trình (20) thành phương trình bậc nhất:

$$s = a + bx \tag{22}$$

Thí nghiệm chùng ứng suất [6] của mẫu đá muối mỏ với tải trọng ban đầu $\sigma_0= 23$ MPa, tương ứng với chuyển vị ban đầu 0,26 mm. Kết quả thí nghiệm trình bày trong Bảng 2. Từ giá trị s và x nhập vào phần mềm Microsoft Excel, dùng phương pháp bình phương cực tiểu, phần mềm tự động vẽ phương trình $s=a+bx$ như trên Hình 6.

Bảng 2. Kết quả thí nghiệm và xử lý theo phương trình (21)

t		$x=\lg t$	$\sigma(t), \text{MPa}$	$1 - \frac{\sigma(t)}{\sigma_0}$	$s = \lg \left(1 - \frac{\sigma(t)}{\sigma_0} \right)$
Giờ	1.10^4s (giờ)				
1	0,36	0	15	0,348	-0,46
5	1,8	0,7	13	0,435	-0,36
10	3,6	1	12	0,478	-0,32
15	5,4	1,18	12	0,478	-0,32
25	9,0	1,4	11	0,522	-0,28



Hình 6. Kết quả xử lý thí nghiệm chùng ứng suất bằng phần mềm Microsoft Excel

Xác định được giá trị $a = -0,46$ và $b = 0,17$.
 Xác định các tham số từ biến từ phương trình (15):
 $\alpha = 1 - b = 1 - 0,13 = 0,87$; từ phương trình (16)
 $\delta = 10^a(1-\alpha) = 10^{-0,46}(1-0,87) = 0,045 (s^{-0,12})$.

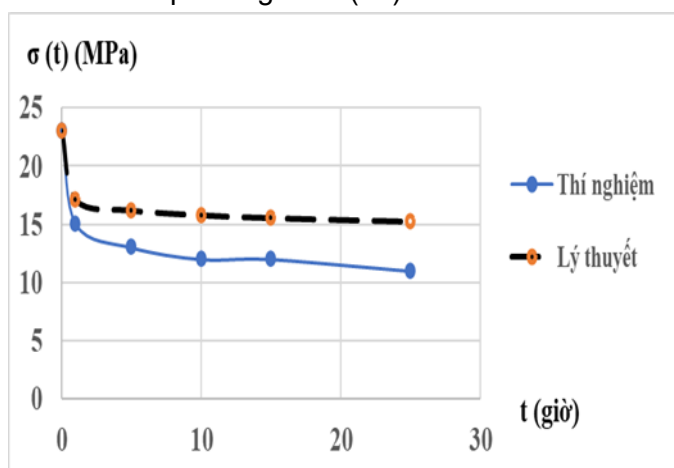
Từ phương trình (4) xác định được:

$$\Phi = \frac{\delta t^{1-\alpha}}{1-\alpha} = \frac{0,042}{1-0,87} t^{1-0,88} = 0,35 t^{0,12}$$

Với ứng suất ban đầu $\sigma_0 = 23 \text{ MPa}$ và giá trị Φ ở trên, thay vào phương trình (18):

$$\sigma(t) = \frac{\sigma_0}{1 + \Phi} = \frac{23}{1 + 0,35 t^{0,12}} \quad (23)$$

Kết quả so sánh thí nghiệm ở Bảng 2 được chuẩn hóa theo phương trình (23) như trên Hình 7.



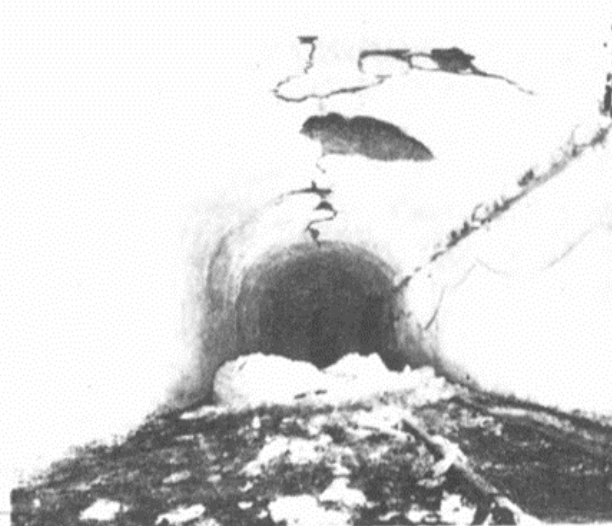
Hình 7. Kết quả thí nghiệm chùng ứng suất và lý thuyết theo phương trình (23)

3. Nghiên cứu ổn định công trình ngầm có xét tính lưu biến của đá

3.1. Xác định tải trọng tăng thêm lên công trình ngầm theo thời gian

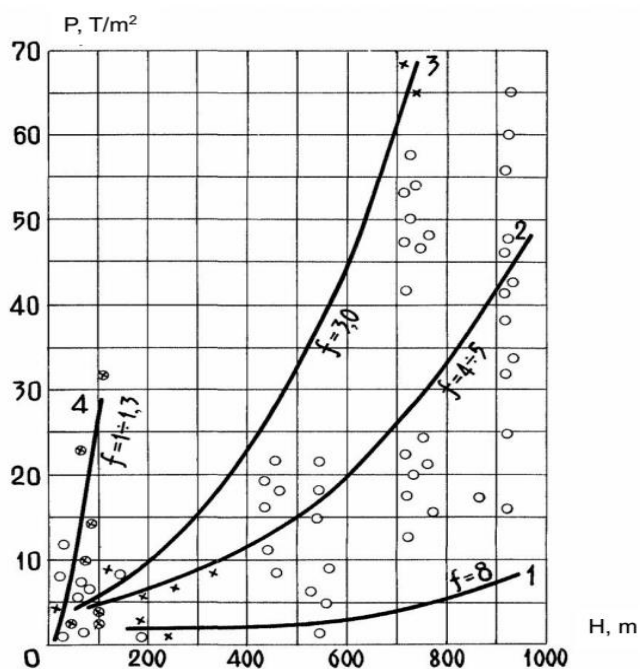
Trong quá trình khai thác và sử dụng độ bền khối đá suy giảm, đồng nghĩa độ cứng f của khối đá giảm dần theo thời gian. Theo các phương pháp xác định tải trọng lên công trình ngầm, độ cứng f của khối đá có liên quan tới chiều dài vùng phá hủy trên công trình ngầm. Một số hư hỏng công trình ngầm đã được ghi nhận và chỉ ra như trên Hình 8, số liệu quan trắc tải trọng lên kết cấu chống cho thấy tải trọng tác động lên công trình ngầm tăng dần theo thời gian.

Từ số liệu đo đạc và quan trắc lập các biểu đồ tải trọng tác dụng lên kết cấu chống theo độ sâu khác nhau, với độ cứng f của khối đá khác nhau. Kết quả xử lý số liệu được trình bày trên Hình 9.

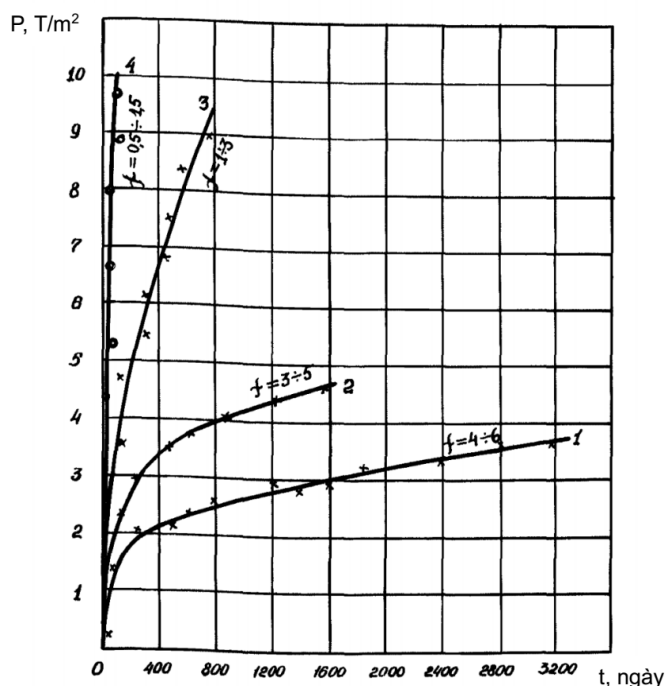


Hình 8. Sự sụp đổ công trình ngầm trong mỏ được ghi nhận tại Liên Bang Nga [8]

Cũng từ số liệu quan trắc thiết lập mối quan tải trọng tác dụng lên kết cấu chống theo thời gian với mỗi loại đá có độ cứng khác nhau.



Hình 9. Mối liên hệ giữa tải trọng với độ cứng, chiều sâu công trình ngầm [7]



Hình 10. Mối liên hệ giữa tải trọng tăng thêm lên kết cấu chống với độ cứng f, thời gian [7]

Từ đồ thị Hình 10, xác định phương trình tính toán tải trọng tăng thêm công trình ngầm theo thời gian [7]:

$$p(t) = \frac{\ln\left(\frac{t+1}{b_n}\right)}{a_n} \quad (24)$$

trong đó $p(t)$ là tải trọng tăng thêm lên kết cấu theo thời gian t/m^2 , $t=0$ thời điểm thi công xong và lắp dựng xong kết cấu chống, a_n, b_n là các hệ số quan trắc.

Theo kết quả quan trắc Hình 10: đường số 1, $f=4-6$ chọn hai điểm trên đoạn thẳng để xác định giá trị $a_n=1,386$ và $b_n=25$ theo phương trình (24). Làm tương tự với các trường hợp khác.

3.2. Đánh giá độ ổn định của công trình ngầm có xét tới tính lưu biến của đá

Thi công đường hầm trong môi trường mà đá có chuyển vị lớn, thường phải chấp nhận một giá trị dịch chuyển cho phép nào đó (dịch chuyển công nghệ- u_{TECH}) trên chu tuyến công trình. Giá trị đó không chỉ phụ thuộc vào trạng thái ứng suất mà còn vào thời gian (thời gian từ biến t_{CR}). Trong khi đó cũng cần một khoảng thời gian (thời gian công nghệ t_{TECH}), để hoàn tất hệ chống đỡ hoặc giảm áp lực địa tầng lên vỏ chống. Nghiêm Hữu Hạnh và Bulushev [4] kiến nghị lấy tỷ số giữa thời gian từ biến và thời gian công nghệ để có được chuyển vị công nghệ làm tiêu chuẩn đánh giá ổn định của đá theo yếu tố thời gian. Theo đó, độ ổn định "D" của đá được xác định theo công thức sau:

$$D = \frac{t_{CR}}{t_{TECH}} \quad (25)$$

Thời gian công nghệ t_{TECH} phụ thuộc vào hệ chống đỡ được lựa chọn, công nghệ thi công, điều kiện thi công, kỹ năng thi công. Thời gian từ biến t_{CR} phụ thuộc vào trạng thái ứng suất quanh công trình, các thông số lưu biến của đá và giá trị biến dạng cho phép ϵ_{lim} (dịch chuyển công nghệ u_{TECH}). Biến dạng cho phép, trong trường hợp áp dụng thuyết từ biến di truyền với nhân từ biến dạng hàm số mũ, được xác định theo công thức sau:

$$\epsilon_{lim} = \frac{u_{TECH}}{2r_0} = \frac{\bar{\sigma}_\theta \times P_\sigma}{E} \left(1 + \frac{\delta}{1-\alpha} t_{CR}^{1-\alpha}\right) \quad (26)$$

trong đó $\bar{\sigma}_\theta$ là trị trung bình của ứng suất pháp theo phương tiếp tuyến trong vùng từ biến ổn định, P_σ là chỉ số dẻo tương ứng với giá trị $\bar{\sigma}_\theta$, E là môđun tổng biến dạng tương ứng với giá trị $\bar{\sigma}_\theta$, α, δ là các thông số lưu biến, r_0 là bán kính đường

hàm trong trường hợp tiết diện tròn, các dạng khác quy đổi tương đương.

Trong công thức (26), cho r_0 , u_{TECH} , biết $\overline{\sigma}_\theta$ qua tính toán (quan trắc), còn E , P_θ , α , δ thu được từ kết quả thí nghiệm, ta tính được t_{CR} ; từ đó tính được D theo công thức (25). Mức độ ổn định được xác định theo Bảng 3.

Chọn chỉ số dẻo của đá $P_\theta=1$ (trong trường hợp khác lấy theo kết quả thí nghiệm chất- dỡ tải đơn trục), nhận thấy rằng công thức (26) sẽ hoàn toàn giống với công thức (3) hoặc đưa về chuyển vị sẽ giống công thức (11).

Giả thiết lấy bộ số liệu trong thí nghiệm trên: $\alpha=0,71$; $\delta=0,192$ ($s^{-0,29}$). Tính toán ổn định cho công trình ngầm với đường kính $r_0=5m$; giá trị trung bình của ứng suất pháp theo phương tiếp tuyến trong vùng từ biến ổn định 2,7 MPa; độ dịch chuyển công nghệ $u_{TECH}=10mm$; tính theo công thức (17) được $t_{CR}=2047$ ngày. Chọn công nghệ thi công là neo và bê tông phun: thời gian thi công, lưu không, lắp dựng để kết cấu chống phát huy tác dụng là $t_{TECH}=14$ ngày.

Độ ổn định của công trình ngầm trong trường hợp này: $D=2047/14=146,2$. Tra Bảng 3 cấp ổn

định của công trình ngầm thuộc cấp I, mức độ ổn định, thời gian không cần chống 2047 ngày. Trong trường hợp chọn biện pháp thi công và kết cấu chống khác thì cần tính lại t_{TECH} dựa theo biểu đồ tổ chức thi công và tính lại mức độ ổn định D . Thời gian không cần chống cho phép Bảng 3 [4] cũng chỉ là tương đối (tham khảo), để sử dụng đúng cần dựa vào kết quả tính toán.

Như vậy, theo quan niệm này thì chỉ số ổn định D không phải hằng số cho cùng một điều kiện tự nhiên, nó phụ thuộc vào điều kiện thi công. Với cùng một điều kiện như nhau, thì hệ chống đỡ này là ổn định, hệ khác lại không; hoặc với cùng một hệ chống đỡ thì công nghệ này là ổn định, công nghệ khác lại không; thậm chí với đội thi công này là ổn định còn với đội khác thì không.

Từ thời điểm dự báo ổn định thi công đến lúc lắp đặt kết cấu chống có kể đến từ biến có thể dự báo được thời gian lắp thêm kết cấu chống cố định hoặc bổ sung thêm các loại kết cấu chống khác. Phương pháp tính toán dự báo tương đối đơn giản, giúp kỹ sư xây dựng và đánh giá sơ bộ phương án thi công để tiến hành các giải pháp tính toán chi tiết và mô phỏng trên các phần mềm hiện đại như: Plaxis 3D, Flac, Midas GTS NX, ...

Bảng 3. Mức độ ổn định của môi trường đất đá lưu biến [4]

TT	Cấp ổn định D	Chỉ số ổn định D	Mức độ ổn định	Thời gian không cần chống cho phép
1	I	> 100	Rất ổn định	Không hạn chế
2	II	8 ÷ 100	Ổn định	Tới 6 tháng
3	III	0.6 ÷ 8	Tương đối ổn định	Đến 10 ÷ 15 ngày
4	IV	0.06 ÷ 0.6	Không ổn định	Đến 1 ngày
5	V	< 0.06	Rất không ổn định	Chuyển dịch nhanh, sập, đẩy trôi

4. Kết luận và kiến nghị

Dựa trên các tài liệu trong và ngoài nước nhóm tác giả đã đưa ra chỉ dẫn phương pháp thí nghiệm từ biến, chùng ứng suất cho mẫu đá nén uốn dạng dầm. Ngoài ra, nhóm tác giả cũng tổng hợp- phân tích, đưa ra cách tính toán ổn định công trình ngầm có xét tới tính lưu biến và yếu tố công nghệ thi công theo phương pháp của Nghiêm Hữu Hạnh [4].

Khi tính toán tải trọng tác dụng lên công trình ngầm cần tiến hành nghiên cứu tải trọng theo thời gian để đảm bảo thiết kế, tính toán ổn định kết cấu chống. Đối với các công trình ngầm ở Việt Nam cần tiến hành nghiên cứu và xây dựng phương pháp thí nghiệm để xác định các tham số phù hợp với điều kiện địa chất từng công trình. Trong thời gian tới, nhóm tác giả sẽ tiến hành thiết lập phương pháp thí nghiệm, cũng như xử lý số liệu nhằm xác

định “độ bền lâu dài” của đá và tải trọng lên kết cấu chống theo thời gian.

Thí nghiệm trong cơ học đá đóng vai trò quan trọng trong công tác dự báo, thiết kế Địa kỹ thuật. Trong nội dung bài báo đã trình bày hai thí nghiệm: từ biến và chùng ứng suất nhằm xác định tính chất lưu biến của mẫu đá bằng phương pháp nén uốn mẫu đá gia công dạng dầm. Ưu điểm: thí nghiệm chùng ứng suất tương đối đơn giản: thời gian thí nghiệm trong khoảng 24 giờ, kết quả xử lý nhanh với sự trợ giúp của phần mềm Microsoft Excel. Tuy nhiên, nhược điểm của phương pháp này là: gia công mẫu với kích thước dạng dầm 20×20×160mm là tương đối khó khăn và thí nghiệm từ biến thời gian lâu, lên tới vài trăm giờ. Cần tiến hành thí nghiệm lưu biến bằng các thí nghiệm: nén đơn trục, cắt phẳng, nén ba trục mẫu đá để xét tới nhiều điều kiện chất- dỡ tải khác nhau của mẫu đá.

Với khối đá đồng nhất, không có nứt nẻ có thể lấy tham số lưu biến của mẫu đá dùng cho khối đá. Trong trường hợp khối đá không đồng nhất có nhiều đứt gãy, nứt nẻ, cần tiến hành nghiên cứu thêm để quy đổi tham số lưu biến của mẫu đá sang tham số dùng cho khối đá. Mặt khác, các tham số lưu biến của mẫu đá rất nhạy, thay đổi theo nhiệt độ và độ ẩm. Do vậy, cần đảm bảo nhiệt độ và độ ẩm ổn định trong suốt quá trình thí nghiệm. Yếu tố nhiệt độ, độ ẩm tới từ biến của mẫu đá/khối đá cũng cần nghiên cứu tại những nơi có dải nhiệt độ và độ ẩm thay đổi rộng. Cần tiến hành phân tích thêm các số liệu thí nghiệm để đánh giá “độ bền lâu dài” (giới hạn bền dài lâu) của mẫu đá.

Phân tích định lượng cho thấy trong quá trình sử dụng do nhiều yếu tố: lưu biến, tác động khai thác sử dụng mà tải trọng lên kết cấu chống tăng dần theo thời gian. Đối với các công trình giao thông, mỏ tài Việt Nam cần tiến hành đo đạc, quan trắc, tính toán để đảm bảo ổn định công trình trong quá trình sử dụng.

Trong nội dung bài báo, xét tới việc đánh giá ổn định công trình ngầm khi gia cố neo và bê tông phun kể đến tính biến dạng từ biến của đá theo phương pháp kinh nghiệm của tác giả Nghiêm Hữu Hạnh [4] mà chưa có tính toán chi tiết ảnh hưởng của các loại kết cấu chống. Cần tiến hành nghiên cứu thêm bằng các phương pháp số, bổ sung các phương pháp bán giải tích khác.

Các tài liệu về thí nghiệm từ biến mẫu đá của Việt Nam còn thiếu, chưa phổ biến. Trong nội dung bài báo, tác giả hoàn thiện phương pháp thí nghiệm xác định tham số lưu biến theo thí nghiệm nén uốn mẫu đá, cũng như xử lý số liệu dựa vào bộ số liệu chuẩn theo các tiêu [6,7] đã được phổ biến ở Liên Bang Nga.

Tài liệu tham khảo

- [1] T. H. Võ, M. Đ. Phùng. *Cơ học đá ứng dụng trong xây dựng công trình ngầm và khai thác mỏ*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2005.
- [2] S. N. Nguyễn. *Cơ học đá*, Nhà xuất bản Giao thông vận tải, Hà Nội, 2005.
- [3] T. M. Trần. *Giáo trình cơ học đá và khối đá*, Nhà xuất bản Xây Dựng, Hà Nội, 2016.
- [4] H. H. Nghiêm. *Cơ học đá*, Nhà xuất bản Giáo Dục, 2001.
- [5] Q. P. Nguyễn. *Cơ học đá*, Nhà xuất bản Xây Dựng, 2007.
- [6] Н.С.Булычев. *Механика подземных сооружений в примерах и задачах*, Издательство «Недра», Москва, 1989.
- [7] Б.Н.Виноградов. *Методы исследования проявлений горного давления при сооружении тоннелей метрополитена*, Труды ВНИМИ Сб. 40. Л., 1966.
- [8] *Рекомендации по автоматизированному проектированию капитальных горных выработок*, Ленинград, 1979.