ỔN ĐỊNH CÁC ĐƯỜNG LÒ DƯỚI SÂU TRONG ĐÁ YẾU SỬ DỤNG HỆ THỐNG NEO HAI MỨC

Trần Tuấn Minh, Đỗ Ngọc Thái,
Đặng Trung Thành, Nguyễn Duyên Phong
Trường Đại học Mỏ-Địa chất
E-mail: tuanminhhumg@yahoo.com

TÓM TẮT

Các kỹ thuật điều khiển biến dạng lớn cho các đường lò dưới sâu trong các lớp đất đá mềm yếu là vấn đề lớn trong các hoạt động khai thác mỏ không chỉ ở Việt Nam mà còn ở các nước trên thế giới. Việc khai đào các đường lò dẫn đến sự phân bố lại ứng suất trong khối đất đá xung quanh các đường lò, dẫn đến độ bền vượt quá độ bền giới hạn của đất đá xung quanh. Các phá hủy kéo diễn ra xung quanh đường lò, dẫn đến các mảnh vỡ, nén bẹp đường lò. Thực tế, khả năng mang tải của kết cấu chống cũng giới hạn nên nó làm cho đường lò bị giảm diện tích, gây khó khăn cho công tác vận chuyển và cần thiết phải mở rộng đường lò. Điều này đòi hỏi phải đi tìm kiếm các giải pháp ngăn chặn sự phát triển của biến dạng xung quanh đường lò, cũng như tìm kiếm các giải pháp kỹ thuật để giữ ổn định các đường lò.

Để phân tích ổn định các đường lò người ta có thể sử dụng các nhóm phương pháp: phương pháp giải tích, phương pháp kinh nghiệm và bán kinh nghiệm, nhóm phương pháp số. Với lợi ích và ưu điểm của mình, ngày nay các phương pháp số cũng ngày càng được sử dụng rộng rãi để phân tích cơ chế phá hủy của đất đá cũng như kết cấu chống giữ xung quanh các đường lò. Kết quả phân tích bằng các phần mềm số khá trực quan, sinh động giúp người thiết kế nhanh chóng thay đổi các điều kiện tham số đầu vào và xem xét được biểu hiện đồng thời của nhiều yếu tố trong các mô hình. Bài báo phân tích cơ chế ngăn chặn biến dạng lớn xung quanh các đường lò với việc sử dụng neo hai mức.

Từ khóa: *đường lò dưới sâu; cơ chế biến dạng lớn; các kỹ thuật điều chỉnh; mô hình số.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sự phát triển mạnh mẽ của nền kinh tế và xã hội thế giới và Việt Nam yêu cầu tiêu thụ một nguồn năng lượng vô cùng to lớn. Chính vì vậy các khoáng sản ở nông dần cạn kiệt và các yêu cầu khai thác các nguồn khoáng sản ở dưới sâu là điều bắt buộc. Hiện nay, các nước khai thác than đã tiến hành các bước khai thác dưới sâu, độ sâu khai thác dưới sâu lớn hơn hàng 1000 m so với bề mặt đất, hầu hết độ sâu khai thác này ở Liên Bang Nga, Nam Phi, Canada, Mỹ, Ấn độ, Đức và Trung Quốc [5]÷[12]. Các loại đất đá thường có sự biến đổi theo độ sâu và có sự biến động rất mạnh, chính vì vậy, vấn đề thiết kế và lựa chọn kết cấu được xem là khác biệt, khó khăn và phức tạp. Các lý thuyết phân tích, tính toán kết cấu chống giữ các đường lò khi khai thác ở mức nông thì không còn phù hợp cho các đường lò dưới sâu và khi áp dụng cũng còn nhiều bất cập [1], [3]÷[4]. Việc khai thác xuống sâu cũng kèm theo các điều kiện khó khăn về thông gió trong các đường lò, hệ thống thông gió cũng phức tạp, các quạt gió phải có công suất lớn, lượng gió yêu cầu tăng lên. Công tác thoát nước cũng trở nên phức tạp khó khăn, do lưu lượng nước dưới sâu cũng tăng lên. Ở Việt Nam, đặc biệt là các mỏ khu vực Hồng Gai, Quảng Ninh các mỏ thường nằm gần biển, mực nước biển cao và hiện tại nhiều mỏ còn nằm dưới các moong khai thác của các mỏ than lộ thiên nên công tác thoát nước cũng như chống giữ các đường lò đặc biệt phức tạp và nguy hiểm. Sự biến động mạnh về mặt địa chất ở khu vực Quảng Ninh đã được mô tả trong các tài liệu địa chất liên quan.

Việc khai đào các đường lò dưới sâu cũng có thể gặp phải các điều kiện đá mềm, đá có tính trương nở khi gặp nước làm tăng áp lực, đất đá khu vực có các lực kiến tạo làm thay đổi trạng thái ứng suất tăng áp lực lên kết cấu chống giữ cũng

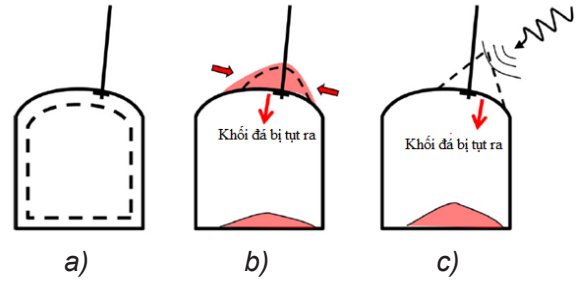
như làm giảm tiết diện các đường lò [1]÷[3]. Các lý thuyết phân tích đang áp dụng ở Việt Nam với việc sử dụng các kết cấu chống giữ độc lập [1], [3] như khung thép, neo độc lập hoặc neo có kết hợp với bê tông phun đang dần bộc lộ những hạn chế, chưa đáp ứng được hiệu quả chống giữ thực tế trong các mỏ. Xu hướng thiết kế kết cấu chống giữ trên cơ sở tận dụng khả năng làm việc của khối đất đá xung quanh (tương tác khối đá-kết cấu chống giữ) [2]÷[4] ngày càng được chú trọng hơn để duy trì độ ổn định và giảm chi phí giá thành xây dựng các đường lò. Tư duy thiết kế này ở Việt Nam vẫn còn ít được quan tâm và chú trọng để tận dụng khả năng mang tải của khối đá xung quanh, điều này đòi hỏi phải có các nghiên cứu và phân tích chuyên sâu hơn trong tương lai gần cho lĩnh vực xây dựng mỏ đảm bảo phát triển bền vững an ninh năng lượng đất nước.

Hiện nay công nghệ và phần mềm phát triển, các phần mềm số ngày càng được sử dụng rộng rãi mang lại những hiệu quả cao trong công tác thiết kế các đường lò [7]÷[9]. Các phần mềm chuyên dụng hiện nay có thể được chia ra ở các nhóm phân tích khác nhau như: các phương pháp phân tích biến dạng không liên tục DDA, phần tử hữu hạn FEM, sai phân hữu hạn DEM, phần tử biên BEM. Ưu điểm của nhóm phương pháp này là mô hình được sát với điều kiện thực tế, kể được cùng lúc nhiều yếu tố ảnh hưởng của điều kiện địa chất, địa chất thủy văn công trình khu vực công tác. Không những vậy, chúng còn có thể mô phỏng cho cả các quá trình thi công, các bước thi công và quá trình lắp đặt các kết cấu chống giữ các đường lò.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Cơ sở lý thuyết phân tích neo ngắn kết hợp với neo dài và các kết cấu chống khác

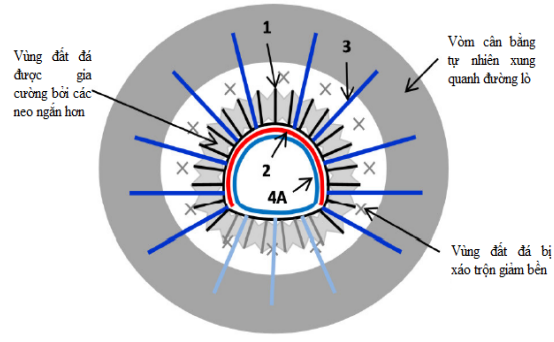
Kết cấu neo đã được sử dụng từ lâu để chống giữ các đường lò, nó có ưu điểm là kết cấu chống chủ động, tích hợp với khối đá xung quanh và tạo ra được một vùng đất đá được gia cố, tăng bền nên sẽ ngăn chặn được các biến dạng của đất đá xung quanh vào khoảng trống bên trong các đường lò [11]. Trong các điều kiện địa chất phức tạp, đất đá trương nở áp lực cao hoặc các khối đá bị nứt nẻ trung bình hình thành nên các khối nêm sập đổ thì kết cấu chống neo chống giữ được mô tả như trong Hình H.1.



H.1. Các điều kiện tải trọng tới các neo trong điều kiện khối đá chịu áp lực cao:

a) đất đá trương nở; b) biến dạng nổ đá; c) sóng chấn động, nổ mìn [11]

Mặt khác trong môi trường đất đá liền khối thì neo ngắn (1) và bê tông phun (2) sẽ tạo ra được ban đầu một vòng đất đá được tăng cường độ bền, việc này làm giảm áp lực lên kết cấu chống giữ cố định sau này cho các đường lò (Hình H.2). Tuy nhiên, trên thực tế do ảnh hưởng của kích thước đường hầm, công nghệ khai đào cũng như các yếu tố địa chất khu vực đường lò, biến dạng của đất đá khu vực ngay sát đường lò làm chuyển vị đất đá xung quanh đường lò tiếp tục dịch chuyển gây biến dạng dư và áp lực tiếp tục tăng. Ở xa đường lò đất đá không chịu ảnh hưởng của công tác khai đào các đường lò sẽ ở trạng thái nguyên sinh, trong trường hợp này nếu điều kiện cho phép thì sử dụng thêm các neo dài treo và gắn kết giữa lớp vòng gia cố bên trong do hiệu ứng các neo ngắn tạo được vào vùng đất đá không bị xáo trộn bên ngoài sẽ (1+3) khi đó vùng áp lực tác dụng lên kết cấu chống giữ sau cùng 2 và 4A thực tế chỉ còn vùng đất đá bị xáo trộn giảm bền ở giữa 2 vùng 1 và 3. Do đó kết cấu chống giữ cố định sau cùng 4A sẽ có chiều dày giảm đi, tăng hiệu quả kinh tế và thi công các công trình ngầm.



H.2. Đặc điểm mô tả về vùng gia cố neo ngắn kết hợp neo dài với kết cấu khác trong thực tế:

1- các neo ngắn mức bên dưới; 2 - lớp bê tông phun chống tạm; 3 - các neo dài neo giữ vào vùng đất đá cứng vững; 4A - lớp vỏ kết cấu chống giữ sau cùng bên trong [11]

2.2. Hiệu quả của hiệu ứng gia cường khi neo kết hợp với kết cấu chống khác

Để thấy rõ hiệu quả của việc neo kết hợp với các kết cấu khác. Chúng ta xuất phát từ đường cong đặc tính đất đá (GRC) với các đá cát kết có thể được xây dựng bằng việc sử dụng lời giải đàn hồi - dẻo với các công trình ngầm có mặt cắt ngang dạng tròn với trường ứng suất ở xa vô cùng là phân bố đều bằng việc sử dụng các công thức (1)÷(14) như đã được biết đến bởi Carranza-Torres và Fairhurst (2000) [5], [7]:

$$m_b = m_i e^{\left(\frac{GSI-100}{28}\right)} \tag{1}$$

$$P_i = \frac{p_i}{m_b \sigma_{ci}} + \frac{s}{m_b^2} \tag{2}$$

$$S_0 = \frac{\sigma_0}{m_b \sigma_{ci}} + \frac{s}{m_b^2} \tag{3}$$

$$P_i^{cr} = \frac{1}{16}\left(1 - \sqrt{1+16S_0}\right)^2 \tag{4}$$

$$p_i^{cr} = \left(P_i^{cr} - \frac{s}{m_b^2}\right) m_b \sigma_{ci} \tag{5}$$

$$s = e^{\frac{GSI-100}{9}} \tag{6}$$

$$a = 0{,}65 - \left(\frac{GSI}{200}\right) \tag{7}$$

$$u_r^{el} = \left(\frac{\sigma_0 - p_i}{2G_{rm}}\right) R \tag{8}$$

$$G_{rm} = \frac{E_{rm}}{2(1+v)} \tag{9}$$

$$E_{rm} = 1000C(\sigma_{ci})10^{\left(\frac{GSI-10}{40}\right)} \tag{10}$$

$$R_{pl} = \mathrm{Re}^{2\left(\sqrt{P_i^{cr}} - \sqrt{P_i}\right)} \tag{11}$$

$$K_\psi = \frac{1+\sin\psi}{1-\sin\psi} \tag{12}$$

$$\frac{u_r^{pl}}{R}\frac{2G_{rm}}{\sigma_0 - p_i^{cr}} = \frac{K_\psi - 1}{K_\psi + 1} + \frac{2}{K_\psi + 1}\left(\frac{R_{pl}}{R}\right)^{K_\psi + 1} + \frac{1-2v}{4\left(S_0 - P_i^{cr}\right)}\ln\left(\frac{R_{pl}}{R}\right)^2 - \left[\frac{1-2v}{K_\psi + 1}\frac{\sqrt{P_i^{cr}}}{S_0 - P_i^{cr}} + \frac{1-v}{2}\frac{K_\psi - 1}{\left(K_\psi + 1\right)^2}\frac{1}{S_0 - P_i^{cr}}\right]\left[\left(K_\psi + 1\right)\ln\left(\frac{R_{pl}}{R}\right) - \left(\frac{R_{pl}}{R}\right)^{K_\psi + 1} + 1\right] \tag{13}$$

$$\frac{u_r^{pl}}{R}\frac{2G_{rm}}{\sigma_0 - p_i^{cr}} = \left[\frac{1-2v}{2}\frac{\sqrt{P_i^{cr}}}{S_0 - P_i^{cr}} + 1\right]\left(\frac{R_{pl}}{R}\right)^2 + \frac{1-2v}{4\left(S_0 - P_i^{cr}\right)}\ln\left(\frac{R_{pl}}{R}\right)^2 - \frac{1-2v}{2}\frac{\sqrt{P_i^{cr}}}{S_0 - P_i^{cr}}\left[2\ln\left(\frac{R_{pl}}{R}\right) + 1\right] \tag{14}$$

Chi tiết các tham số trong các công thức từ (1) đến (14) có thể tham khảo trong tài liệu [5].

2.3. Đường đặc tính kết cấu chống giữ cho các khung thép

Giá trị áp lực lớn nhất (p_s^{max}) bền vững từ các khung thép và độ cứng vững đàn hồi (K_s) của một đường hầm tròn với các khung thép được tính toán đơn giản từ các phương trình sau khi thay thế ảnh hưởng của tấm chèn gỗ [5], [7]:

$$p_s^{max} = \frac{3}{2}\frac{\sigma_{ys} A_s}{SR} \quad (15)$$

$$\frac{1}{K_s} = \frac{SR^2}{E_s A_s} \quad (16)$$

Ở đây: p_s^{max} - Áp lực lớn nhất (MPa); σ_{ys} - Độ bền của thép (MPa); A_s - Diện tích mặt cắt ngang thép (m^2); S - Khoảng cách giữa các khung thép theo chiều dọc trục đường hầm (m); R - Bán kính đường hầm (m); K_s - Độ cứng vững đàn hồi; E_s - Mô đun đàn hồi của thép (MPa).

2.4. Đường đặc tính của bê tông phun

Biểu hiện kết cấu của vỏ bê tông phun được xem xét định lượng bằng các công thức (17), (18) cung cấp giá trị áp lực lớn nhất mà bê tông phun bền vững trước khi sập đổ (p_s^{max}) và độ cứng vững đàn hồi (K_s) [5], [7]:

$$p_s^{max} = \frac{\sigma_{cc}}{2}\left[1 - \frac{(R-t_c)^2}{R^2}\right] \quad (17)$$

$$K_s = \frac{E_c}{(1-v_c)R}\frac{R^2-(R-t_c)^2}{(1-2v_c)R^2+(R-t_c)^2} \quad (18)$$

Ở đây: σ_{cc} - Độ bền nén đơn trục của bê tông phun (MPa); E_c - Mô đun đàn hồi của bê tông phun (MPa); v_c - Hệ số Poisson của bê tông phun; t_c - Chiều dầy của bê tông phun (m); R - Bán kính đường hầm (m).

2.5. Đường đặc tính kết cấu chống giữ cho các neo

Giả thiết rằng các neo được lắp đặt trực tiếp xung quanh đường hầm, giá trị áp lực lớn nhất neo cung cấp được p_s^{max} do hệ kết cấu chống giữ và độ cứng vững đàn hồi K_s có thể được tính toán bằng việc sử dụng các công thức sau [5], [7]:

$$p_s^{max} = \frac{T_{bf}}{s_c s_1} \quad (19)$$

$$\frac{1}{K_s} = s_c s_1\left[\frac{4L}{\pi d_b^2 E_s} + Q\right] \quad (20)$$

Ở đây: d_b - Đường kính neo (m); L - Chiều dài đoạn neo tự do (m); T_{bf} - Tải trọng cuối cùng neo đạt được từ thí nghiệm kéo tụt neo (MN); Q - Hằng số biến dạng của neo và đầu neo (m/MN); E_s - Mô đun đàn hồi của neo (MPa); s_c - Khoảng cách giữa các neo theo chu vi ($s_c=2\pi R/n_b$); n_b - Tổng số lượng khoảng cách giữa các neo được lắp đặt trong mặt cắt ngang đường hầm (m); s_1 - Khoảng cách neo theo chiều dọc trục (m).

2.6. Hiệu quả kết hợp của các hệ kết cấu chống giữ

Nếu có hơn một hệ thống kết cấu chống giữ được lắp đặt như là vỏ chống tổ hợp, chúng kết hợp làm việc với nhau thì có thể xác định được bằng sự bổ sung các độ cứng đàn hồi cho từng loại kết cấu chống riêng lẻ. Điều này có nghĩa làm tăng độ cứng vững đàn hồi toàn phần của hệ thống đó. Ví dụ trong trường hợp 2 loại kết cấu chống giữ được đặc trưng bởi áp lực lớn nhất p_{s1}^{max} và p_{s2}^{max} và các độ cứng đàn hồi K_{s1} và K_{s2} tương ứng được lắp đặt trong mặt cắt ngang đường hầm. Độ cứng vững K_s cho hệ thống 2 kết cấu chống giữ này cùng làm việc được tính toán là [5], [7]:

$$K_s = K_1 + K_2 \quad (21)$$

Giá trị này được giả thiết cho một trong 2 kết cấu chống giữ, biến dạng đàn hồi lớn nhất có thể u_r^{max} được tính toán theo công thức sau [5], [7]:

$$u_{r1}^{max} = \frac{p_{s1}^{max}}{K_{s1}} \quad (22)$$

$$u_{r2}^{max} = \frac{p_{s2}^{max}}{K_{s2}} \quad (23)$$

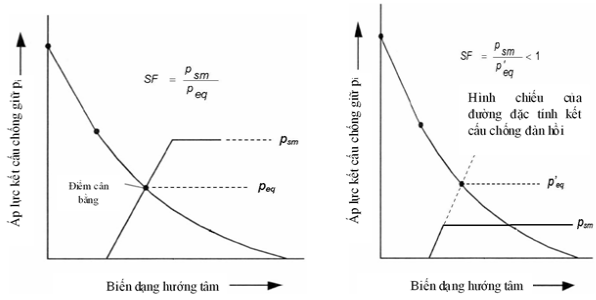
$$u_r^{max} = u_{r1}^{max} + u_{r2}^{max} \quad (24)$$

Hệ thống kết cấu chống tổ hợp được giả thiết phá hủy ở tại một thời điểm. Kết cấu chống với giá trị u_r^{max} nhỏ nhất chỉ ra áp lực lớn nhất kết cấu chống giữ cho 2 kết cấu chống giữ cùng chịu lực. Nếu giả thiết rằng sự sập đổ của kết cấu chống xảy ra ở phần tử yếu nhất thì áp lực chống giữ lớn nhất của hệ thống có thể được xem là bền vững trước khi sập đổ được tính toán như sau [5], [7]:

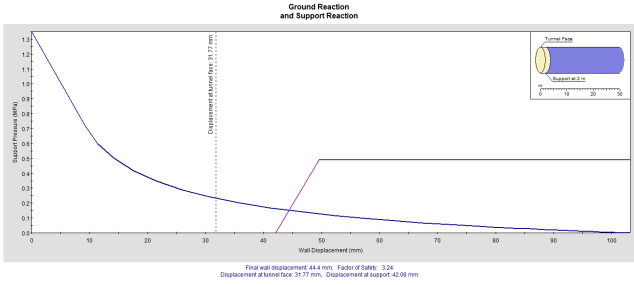
$$p_s^{max} = u_{r\min}^{max} K_s \quad (25)$$

Để lựa chọn kết cấu chống theo phương pháp này người ta sử dụng hệ số độ bền và đường cong đặc tính kết cấu chống giữ và đặc tính khối đá cho hệ thống kết cấu chống tổ hợp khác nhau (Hình

H.3). Ví dụ mô hình thiết kế lựa chọn kết cấu chống trong phần mềm Rocsupport 3.0 (hình H.4).



H.3. Định nghĩa thiết kế kết cấu chống theo hệ số an toàn SF



H.4. Ví dụ mô hình phân tích theo hệ số SF từ phần mềm Rocsupport 3.0

Một quan điểm thiết kế khác ngày nay cũng đang được quan tâm và trở thành các tiêu chuẩn thiết kế của Liên Bang Nga. Theo quy phạm và hướng dẫn chống neo của Liên Bang Nga [12]. Khi các chuyển vị đất đá nóc lò vượt quá 300mm, có thể chống giữ đường lò với neo 2 lớp.

Các neo ở mức trên (neo đặt sâu hơn) được lắp đặt theo gần các neo mức dưới khi khai đào các đường lò hoặc sau trên một khoảng đến gương lò chợ 0,1H (H là độ sâu đặt đường lò tính từ bề mặt đất).

Khi tính toán các tham số kết cấu chống neo mức trên với áp lực đất đá vòm sập đổ tác dụng lên kết cấu chống cả 2 cấp trên 1 mét dài đường lò P_{cb}, kN/m được xác định bằng công thức sau [12]:

$$P_{cb} = \frac{2}{3} B_p h_{ph} \quad (26)$$

B_p là chiều rộng đường lò được xác định theo tính toán, h_{ph} chiều cao vùng đất đá bị phá hủy được tính theo công thức sau [12]:

$$h_c = k_{cb} B_p \quad (27)$$

Ở đây: k_{cb} - Hệ số được xác định theo các bảng tra phụ thuộc vào đặc điểm cấu trúc đất đá.

Chiều dài neo mức trên (neo cáp) l_{ka} được xác định bằng công sau [12]:

$$l_{ka} = h_{cb} + l_z + l_b \quad (28)$$

Ở đây: l_z - Chiều dài kết cấu neo sâu đặt lớn hơn biên của vòm cân bằng tự nhiên-được lấy bằng 0,8÷1,0 m hoặc theo hộ chiếu chống neo, l_b được lấy bằng 0,15÷0,2 m. Chiều dài kết quả của neo được lấy tròn đến 0,5 m trở lên.

2.7. Mô hình phân tích số hiệu quả gia cố neo hai mức với điều kiện địa chất đường lò nằm dưới độ sâu lớn

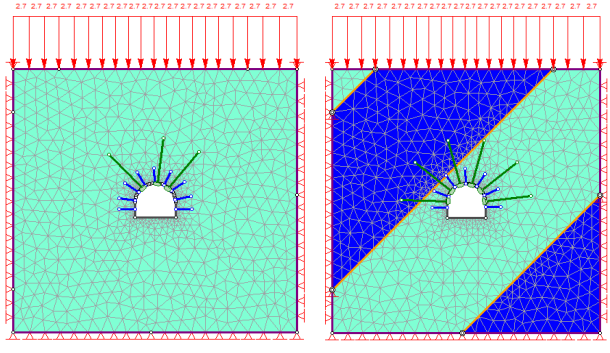
Trong nghiên cứu,tiến hành đánh giá sự thay đổi trạng thái cơ học của đất đá xung quanh đường lò có sử dụng kết cấu chống neo 02 mức đối với các đường lò dọc vỉa cho điều kiện đất đá tương tự với điều kiện đất đá điều tra khảo sát được ở các đường lò ở mỏ than Mông Dương - Quảng Ninh. Đường lò phân tích được đào qua khu vực đất đá chủ yếu là cát kết và bột kết có xen kẹp than. Độ bền của than là 20÷30 MPa. Phía vách là lớp cát kết có chiều dầy khoảng 23÷25 m, đất đá dưới nền lò là sét kết, bột kết, σ_n=40 MPa, m=5 m, bên dưới lớp này là lớp cát kết có σ_n=100 MPa. Thời gian phục vụ của đường lò là 15 năm, độ sâu đặt đường lò là H=-100 m so với đỉnh núi, đường lò đặt trong vùng có phá hủy kiến tạo. Đường lò có nước nên lớp cát kết và bột kết trở nên mềm yếu, có biểu hiện của đất đá mềm yếu. Các đặc tính của các lớp đất đá cũng như các tính chất cơ lý trên bề mặt các phân lớp đá cát kết và bột kết và đá xen kẹp được mô tả như trong Bảng 1. Các thông số đặc tính bền trên bề mặt phân lớp đất đá trong trường hợp này được xác định theo tiêu chuẩn bền của Barton và Bandis, 1990. Do điều kiện thực tế rất khó để xác định các thông số này khi phải làm thí nghiệm cắt trên bề mặt phẳng và cắt phân bậc nên trong nghiên cứu này không đi sâu vào việc xác định các tham số trên mà chỉ chấp nhận ở dạng định tính các tham số của tiêu chuẩn bền trên bề mặt phân lớp này để tính toán, các tham số bền trên bề mặt phân lớp cũng được mô tả như trong Bảng 1.

Bảng 1. Các thông số đất đá cát kết và bột kết

N⁰	Tên các tham số	Kí hiệu	Giá trị		Đơn vị
			Lớp cát kết	Lớp bột kết	
1	Trọng lượng thể tích đất đá	γ	0,26	0,27	MN/m^3
2	Độ bền kéo của khối đá	σ_k	0,5	0,7	MPa
3	Lực dính kết của khối đá	c	1	2	MPa
4	Góc ma sát trong của khối đá	ϕ	25	35	độ

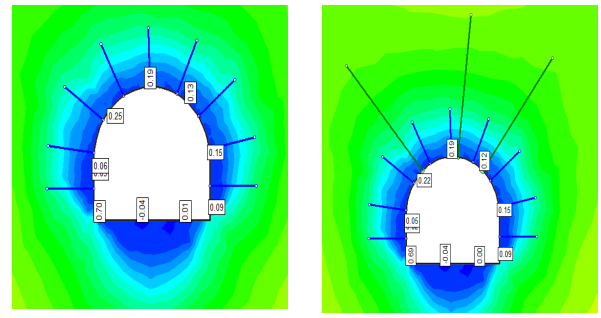
5	Mô đun đàn hồi của khối đá	E	1800	2000	MPa
6	Hệ số Poisson của khối đá	μ	0,30	0,28	-
7	Góc ma sát trong dư	ϕ_{re}	22	32	độ
8	Lực dính kết dư	c_{re}	0,5	1,0	MPa
9	Chiều rộng đường lò	5	-	-	m
10	Loại vật liệu	-	Đàn-Dẻo	Đàn-Dẻo	-
11	Góc nghiêng phân lớp đá	α	45	45	độ
12	Lực dính kết bề mặt phân lớp đá cát kết/bột kết	c′	0		MPa
13	Góc ma sát trong bề mặt phân lớp cát kết/bột kết	ϕ′	35		độ
14	Độ cứng vững pháp tuyến trên bề mặt phân lớp cát kết/bột kết	σ_T	100000		MPa/m
15	Độ cứng vững tiếp tuyến trên bề mặt phân lớp cát kết/bột kết	τ	10000		MPa/m

Để phân tích chúng ta thực hiện mô hình phân tích số cho 2 trường hợp: trường hợp 1 - đất đá đồng nhất không có nứt nẻ và phân lớp, sử dụng neo mạng 09 cái, chiều dài 2,0m mạng neo 1,5x1,5 m và neo lớp 2 (neo dài) là 03 neo cáp dài 6m; trường hợp 2 - đất đá phân lớp nghiêng với góc nghiêng phân lớp 45^0, đường lò được chống giữ bằng neo mạng ngắn 09 cái, chiều dài 2,0m, mạng neo 1,5x1,5 m và neo cáp dài 06 chiếc. Sơ đồ phân tích bằng mô hình số được mô tả như trong Hình H.5. Kết quả phân bố ứng suất kéo và vùng phá huỷ được mô tả trong các Hình H.6÷H.8.



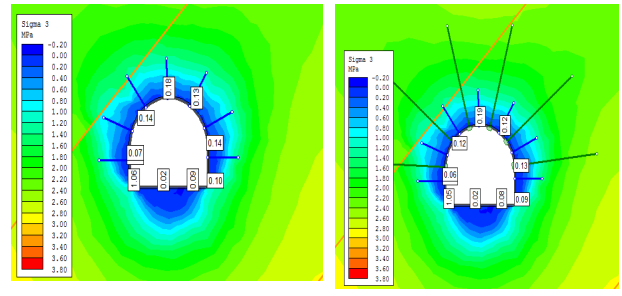
a) b)

H.5. Đất đá đồng nhất sử dụng neo 02 mức: a) 09 neo ngắn và 03 neo cáp dài; b) đường lò bám vách đất đá phân lớp, sử dụng 09 neo ngắn và 06 neo dài



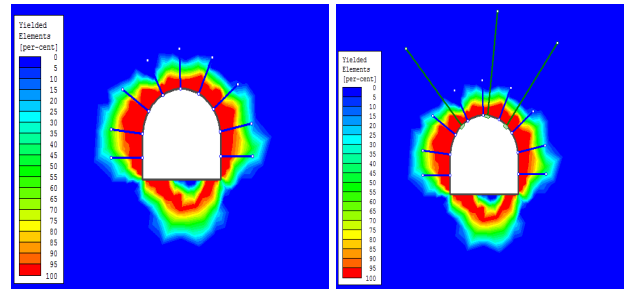
a) neo mạng 09 cái b) neo mạng với 03 neo cáp dài

H.6. Ứng suất kéo trong trường hợp sử dụng mạng neo ngắn kết hợp 03 neo cáp dài



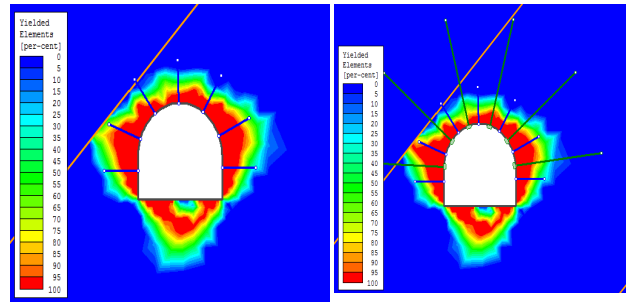
a) neo mạng 09 cái b) neo mạng với 06 neo cáp dài

H.7. Ứng suất kéo trong trường hợp sử dụng mạng neo ngắn kết hợp 06 neo cáp dài



a) neo mạng 09 cái b) neo mạng với 03 neo cáp dài

H.8. Vùng phá huỷ trong trường hợp sử dụng mạng neo ngắn kết hợp 03 neo cáp dài



a) sử dụng mạng neo 09 cái b) neo mạng kết hợp 06 neo cáp dài

H.9. Vùng phá huỷ trong trường hợp sử dụng mạng neo ngắn kết hợp 06 neo cáp dài

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Quan sát kết quả ứng suất kéo trên Hình H.6 và H.7 thấy rằng ứng suất kéo ở hai bên vai phía nóc đường lò thay đổi trong trường hợp áp dụng giải pháp sử dụng neo mạng sau đó dùng thêm neo cáp dài ở mức hai. Cụ thể khi dùng 03 neo cáp dài ứng suất kéo tương ứng 0,25 MPa; 0,22 MPa; 0,13 MPa; 0,10 MPa. Khi sử dụng 06 neo cáp dài 0,14 MPa; 0,12 MPa và 0,13 MPa; 0,12 MPa. Điều này chứng tỏ rằng khi sử dụng bổ sung thêm các neo cáp dài thì ứng suất kéo trên biên đường lò sẽ giảm, đất đá được gia cố cứng vững, ổn định hơn tức là đường lò sẽ ổn định hơn.

Trong Hình H.8 và H.9 chỉ ra hình ảnh của vùng đất đá phá huỷ xung quanh đường lò trong 02 trường hợp môi trường đất đá đồng nhất và phân lớp khi sử dụng mạng neo 09 cái độc lập và mạng neo 09 cái kết hợp với 03 và 06 neo cáp dài. Có thể thấy rằng chiều dài neo mạng tương đối ngắn, hiệu quả gia cố còn chưa đảm bảo, neo cáp dài có tác dụng như treo và ghim vòm phá huỷ với đất đá cứng vững (màu xanh) xung quanh đường lò. Đặc biệt là các neo hai bên vai đường lò trong cả hai trường hợp đất đá đồng nhất và đất đá phân lớp.

4. KẾT LUẬN

Qua phân tích các lý thuyết cũng như kết quả mô hình phân tích số ở trên thấy rằng. Kết cấu chống neo có hiệu quả trong việc gia cố giữ ổn định các đường lò. Neo có thể kết hợp với các loại kết cấu chống giữ khác nhau như bê tông, khung thép và thực tế thì neo có thể sử dụng kết hợp giữa neo ngắn và neo dài như trong bài phân tích và mô hình số ở trên.

Mô hình phân tích số chỉ ra rằng khi sử dụng neo mạng ngắn, kết hợp với neo cáp dài thì giá trị ứng suất kéo trên biên đường lò giảm đi được khoảng 10÷15 %. Điều này tương ứng giá trị áp lực đất đá cũng giảm đi tương ứng. Trong điều kiện điều kiện đất đá phân lớp mỏng thì vùng phá huỷ bất đối xứng, hiệu quả của neo mạng nhiều khi không cao. Việc kết hợp neo mạng và neo cáp dài lại kém hiệu quả.

Mô hình phân tích số cũng như phương pháp đường đặc tính khối đá nên được áp dụng trong quá trình phân tích và thiết kế, dự báo sớm áp lực đất đá và sơ bộ lựa chọn kết cấu chống ban đầu trong phân tích. Cần thiết phải có sự linh hoạt, thay đổi khi cập nhật điều kiện địa chất ở từng đoạn, khu vực đường lò khai đào trong thực tế ❑

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Võ Trọng Hùng, Phùng Mạnh Đắc. (2006). Cơ học đá ứng dụng trong xây dựng công trình ngầm và khai thác mỏ. NXB Khoa học kỹ thuật
2. Trần Tuấn Minh nnk. (2018). Phương pháp tính toán kết cấu chống giữ công trình ngầm. NXB Bách Khoa Hà Nội
3. Nguyễn Quang Phích. (2007). Cơ học đá. NXB Xây Dựng
4. Đỗ Như Tráng. (2011). Về bài toán xác định kết cấu chống đỡ của hầm bằng phương pháp khống chế hội tụ theo tiêu chuẩn phá hủy Hoek-Brown. Tạp chí Cầu đường.
5. Carranza-Torres, C. (2004). Elasto-plastic solution of tunnel problems using the generalized form of the Hoek-Brown failure criterion. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Proceedings of the ISRM SINOROCK 2004 Symposium, edited by J.A. Hudson and Xia- Ting Feng, Volume 41, Issue 3.
6. Lee, Y-K. and Pietruszczak, S. (2014). A new numerical procedure for elasto-plastic analysis of a circular opening excavated in a strain-softening rock mass. Tunnelling and Underground Space Technology, Vol. 23, No. 5, 588-599.
7. Panet, M. (1995). Calcul des Tunnels par la Méthode de Convergence-Confinement. Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussés. Paris. 178p.
8. Vlachopoulos, N. and Diederichs, M.S. (2009). Improved longitudinal displacement profiles for convergence-confinement analysis of deep tunnels. Rock Mechanics and Rock Engineering (Accepted - In Press) 16 pgs.
9. Vrakas A. (2016). A finite strain solution for the elastoplastic ground response curve in tunnelling: rocks with non-linear failure envelopes. International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics, Vol. 41(7), 1077-1090.

10. Lei Fan, Weijun Wang, Chao Yuan, Wenqing Peng. Research on large deformation mechanism of deep roadway with dynamic pressure. Energy Sci Eng. 2020; 00:1–17. wileyonlinelibrary.com/journal/ese3. DOI: 10.1002/ese3.672
11. В.А. Еременко, Е.А. Разумов, Д.Ф. Заятдинов, 2012. Современные технологии анкерного крепления. Горная книга 2012. 656с. ISBN 978-5-98672-291-7.
12. Министерство топлива и энергетики российской федерации Российская Академия Наук. Инструкция по расчет и применению анкерной крепи на угольных шахтах России. С.-Петербург 2000.

STABILIZATION OF DEEP ROADWAYS IN WEAK ROCKS USING THE SYSTEM OF TWO-LEVEL ROCK BOLTS

Tran Tuan Minh, Do Ngoc Thai, Dang Trung Thanh, Nguyen Duyen Phong

ABSTRACT

Large deformation control techniques for deep roadways in the soft rocks were big problems in mining activities not only in Viet Nam but also in the other countries in the world. The excavation of roadway leads to high deviator stress, which exceeds the peak strength of shallow surrounding rock and causes it to enter the post-failure stage. Tensile failures then initiate and develop around the roadways, which causes the fragmentation, dilation and separation of shallow surrounding rock. In fact, the capacity of the primary support system is low, which results in the serious contraction in the full section of roadways. This requires must be found solutions to prevent the development of deformation of rock mass around roadways, as well as technical solutions to stabilize for deep roadways.

To stability analysis of roadways can be applied some methods such as: analytical, experimental and selling experimental, and numerical methods. Nowadays, with their advantages numerical methods are widely applied to analyze failure mechanism of rock mass as well as the design rock support in roadways. The results of numerical modellings are quite intuitive and lively which help designers quickly change input parameters conditions and can be considered many factors in the models. This paper introduces prevention mechanism of large deformation of rock mass around roadways by using the system of 2-level rock bolts.

Keywords: *deep roadways; large deformation mechanism; control techniques; numerical simulation.*

Ngày nhận bài: 21/7/2021;
Ngày gửi phản biện: 25/7/2021;
Ngày nhận phản biện: 18/8/2021;
Ngày chấp nhận đăng: 5/2/2021.

Trách nhiệm pháp lý của các tác giả bài báo: *Các tác giả hoàn toàn chịu trách nhiệm về các số liệu, nội dung công bố trong bài báo theo Luật Báo chí Việt Nam.*