

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CHIỀU DÀI DÍNH KẾT THÂN CỐT NEO DỰ ỨNG LỰC VỚI THÀNH LỖ KHOAN ĐẾN HIỆU QUẢ GIA CƯỜNG KHỐI ĐÁ XUNG QUANH ĐƯỜNG LỖ

ĐÀO VIẾT ĐOÀN

Trường Đại học Mỏ-Địa chất

Email: daovietdoan@gmail.com

Neo dự ứng lực là một trong những loại hình kết cấu chống giữ gia cố hiệu quả, kinh tế trong các lĩnh vực bờ dốc, hố móng, các đường hầm và đặc biệt là trong các công trình mỏ. Dự ứng lực trong thân neo được tạo ra bởi lực kéo căng theo phương dọc trục của thân cốt neo bằng các thiết bị chuyên dụng trong quá trình lắp đặt neo. Thân neo dự ứng lực được phân ra làm hai đoạn đó là: đoạn dính kết giữa thân cốt neo với thành lỗ khoan và đoạn tự do (không có dính kết giữa thân cốt neo với thành lỗ khoan). Đoạn dính kết giữa thân cốt neo với thành lỗ khoan là bộ phận truyền lực trong thân cốt neo cho khối đá, để kết cấu chống neo dự ứng lực làm việc hiệu quả thì chiều dài đoạn dính kết này thường có một giá trị giới hạn nhất định, nếu chiều dài đoạn dính kết lớn thì sẽ không phát huy hết tác dụng nâng cao khả năng mang tải của khối đá xung quanh [1], [2], [4]. Kết cấu chống giữ bằng neo nếu không huy động được khối đá trong phạm vi chống neo tham gia chịu lực thì thân cốt neo sẽ chịu lực dọc trục rất lớn và có thể xảy ra hiện tượng đứt thân cốt neo, đây là một trong những hình thức mất hiệu quả thường gặp khi gia cố bằng kết cấu neo. Để tránh cho thân cốt neo chịu lực dọc trục lớn thì phải phát huy tác dụng chịu lực trên toàn chiều dài của thân cốt neo và khả năng mang tải tối đa phần khối đá nằm trong đoạn gia cố neo. Bài viết phân tích đặc tính phân bố lực dọc trục trong thân cốt neo dự ứng lực (neo cơ học và neo dính kết phần đầu neo), đồng thời sử dụng phần mềm Flac mô phỏng ảnh hưởng của chiều dài đoạn dính kết giữa thân cốt neo với thành lỗ khoan đến hiệu quả gia cố khối đá và phân bố chịu lực dọc trục trong thân cốt neo dự ứng lực.

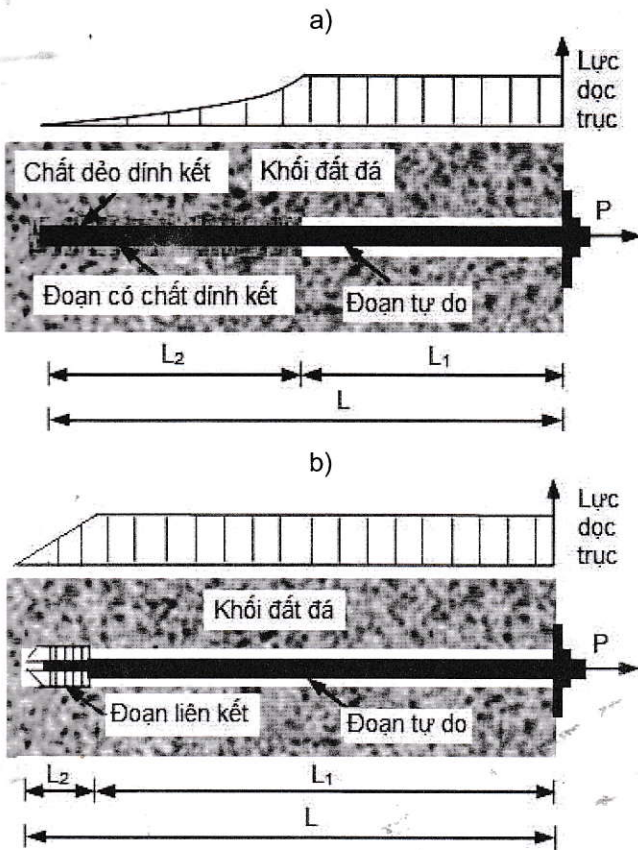
1. Chiều dài đoạn liên kết và lực dọc trục trong thân cốt neo dự ứng lực

1.1. Chiều dài đoạn liên kết giữa thân cốt neo với thành lỗ khoan

Dựa vào hình thức liên kết giữa thân cốt neo với thành lỗ khoan, neo dự ứng lực có thể phân thành: neo dính kết dự ứng lực và neo cơ học dự ứng lực (nằm chẻ, nằm trượt, cánh xòe đầu neo). Trên H.1 thể hiện các chiều dài trong kết cấu neo dự ứng lực bao gồm: chiều dài thân cốt neo nằm trong lỗ khoan (L), chiều dài đoạn tự do của thân cốt neo (L_1), chiều dài đoạn liên kết giữa thân cốt neo với thành lỗ khoan (L_2). Trong neo dính kết dự ứng lực, vật liệu dính kết thường là các hỗn hợp vật liệu hóa học (chất dẻo) hoặc vữa bê tông, có chiều dài dính kết (L_2) khá lớn để bảo đảm có đủ lực bám dính giữa thân cốt neo với thành lỗ khoan; còn trong neo cơ học dự ứng lực thường sử dụng kết cấu đặc biệt đầu neo để tạo liên kết thân neo với thành lỗ khoan, đoạn liên kết này thường có chiều dài ngắn. So với neo dính kết dự ứng lực thì neo cơ học dự ứng lực có chiều dài liên kết giữa thân neo với thành lỗ khoan (L_2) rất ngắn.

1.2. Đặc điểm phân bố lực dọc trục trong thân cốt neo dự ứng lực

Đặc điểm phân bố lực dọc trục trong thân cốt neo dính kết dự ứng lực và neo cơ học dự ứng lực thể hiện trên H.1. Đặc trưng phân bố lực dọc trục của neo dính kết dự ứng lực thể hiện trên H.1a và neo cơ học dự ứng lực thể hiện trên hình H.1.b, có thể thấy rằng lực dọc trục phân bố đều trong đoạn tự do của hai hình thức neo trên, độ lớn lực dọc trục bằng lực kéo (P) trong thân cốt neo, còn đoạn liên kết giữa thân cốt neo với thành lỗ khoan của neo dính kết dự ứng lực thì lực dọc trục trong thân cốt neo giảm dần về đầu neo và thậm chí giá trị lực này bằng 0 tại đầu neo, đoạn giảm này có chiều dài bằng chiều dài đoạn dính kết giữa thân cốt neo và thành lỗ khoan.



H 1. Phân bố lực dọc trục trong thân cốt neo dự ứng lực [3]: a - Neo dính kết dự ứng lực; b - Neo cơ học dự ứng lực

Còn neo cơ học dự ứng lực thì lực phân bố đều gần như trên toàn chiều dài của thân cốt neo, đoạn giảm lực dọc trục phần đầu neo rất ngắn. Như vậy có thể thấy rằng chiều dài đoạn liên kết giữa thân cốt neo và thành lỗ khoan ngắn thì lực dọc trục trong thân cốt neo sẽ phân bố đều hơn, do vậy phát huy được cường độ trên toàn chiều dài của thân cốt neo, đồng thời khi chiều dài đoạn tự do tăng lên sẽ làm tăng phạm vi huy động khối đá trong vùng gia cố neo xung quanh đường lò tham gia chịu tải.

1.3. Tính toán lực dọc trục trong thân cốt neo dự ứng lực

Sau khi lắp đặt neo dự ứng lực, dưới tác dụng ngăn ngừa biến dạng khối đất đá xung quanh đường lò sẽ làm cho lực dọc trục thân neo tăng dần khi biến dạng của khối đá xung quanh đường lò tăng.

Thân neo dưới tác dụng của lực kéo, lượng biến dạng giãn dài tổng cộng thân cốt neo có thể tính theo công thức sau [3]:

$$\Delta L = (\Delta L1 + \Delta L2) \tag{1}$$

Trong đó: ΔL - Lượng giãn dài tổng cộng thân cốt neo; $\Delta L1$ - Lượng giãn dài đoạn tự do thân cốt neo;

$\Delta L2$ - Lượng giãn dài đoạn liên kết thân cốt neo với thành lỗ khoan.

Lực dọc trục trong thân neo dự ứng lực phân bố đều trong đoạn tự do của thân cốt neo, độ lớn của lực dọc trục chính bằng lực kéo trong thân cốt neo và như vậy để đơn giản tính toán, trong trường hợp hợp bình thường thì lực dọc trục này chính là lực dọc trục của đoạn tự do trong thân cốt neo.

Giả sử tổng chiều dài của neo nằm trong lỗ khoan là L, giá trị dự ứng lực ban đầu là P_0 , sau khi lắp đặt neo, không xét đến mất hiệu quả dự ứng lực của neo, ta có thể suy ra hình thức tính toán lực dọc trục thân cốt neo (P_1) khi lượng biến dạng tổng cộng thân cốt neo là ΔL . Để tính được lực dọc trục thân cốt neo đầu tiên ta cần xác định phân bố lực cắt trên bề mặt chất dính kết với thân cốt neo, hiện này có rất nhiều tác giả đã tiến hành nghiên cứu giá trị lực cắt này [1], [2], [3], trong đó các kết quả nghiên cứu bằng thực nghiệm và lý thuyết đều có tính tương đồng cao. Trong trường hợp là neo dính kết dự ứng lực thì lực cắt giữa bề mặt chất dính kết với thân cốt neo được tính theo công thức sau [3]:

$$\tau_s(x) = \frac{2P\alpha}{\pi d_s^2} e^{-2\alpha \frac{x}{d_s}} \tag{2}$$

Trong đó: $\tau_s(x)$ - Lực cắt giữa bề mặt chất dính kết với thân cốt neo; P - Lực dọc trục đoạn tự do thân cốt neo; E_s - Mô đun đàn hồi của thân cốt neo; d_s - Đường kính thân cốt neo; d_g - Đường kính lỗ khoan neo; d_0 - Đường kính vùng tác dụng hiệu quả của neo, theo [5] thì giá trị d_0 gần bằng $10d_g$; G_r - Mô đun cắt của khối đá; G_g - Mô đun cắt của chất dính kết. Đoạn dính kết trong thân neo dính kết dự ứng lực thể hiện dưới H.2;

$$\alpha = \left\{ \frac{2G_r G_g}{E_s \left[(G_r \ln d_g / d_s) + (G_g \ln d_0 / d_g) \right]} \right\}^{0.5} \tag{3}$$

Đối với phân tố neo có chiều dài dx, quan hệ lực cân bằng như sau [3]:

$$dP(x) = -\pi d_s \tau_s(x) dx \tag{4}$$

Tích phân công thức (4), với điều kiện biên: $x=0, P(x)=P$ suy ra lực dọc trục đoạn dính kết thân neo như sau [3]:

$$P(x) = P e^{-2\alpha \frac{x}{d_s}} \tag{5}$$

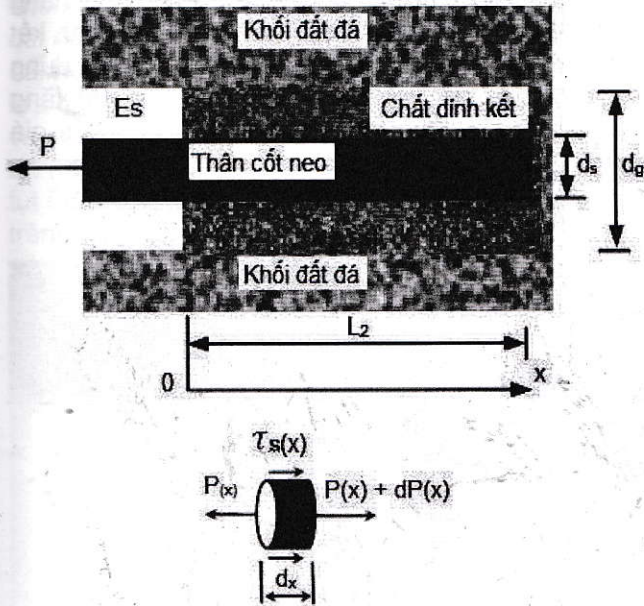
Theo cơ học vật liệu, ta có dưới tác dụng của giá trị lực kéo F thân cốt bị kéo giãn dài ra một đoạn δL [3]:

$$\delta L = (FL / EA) \tag{6}$$

Trong đó: E - Mô đun đàn hồi của thân cốt neo; A - Diện tích mặt cắt thân cốt neo.

Từ công thức (4), (5) suy ra lượng giãn dài phân bố đoạn liên kết trong thân neo là [3]:

$$\delta L_2(x) = \frac{P(x)dx}{E_s A_s} \quad (7)$$



H.2. Đoạn dính kết trong neo dính kết dự ứng lực [3]

Thay công thức (5) vào công thức (7) đồng thời tích phân đoạn dính kết trong thân neo, khi lực dọc trục thân cốt neo là P thì lượng giãn dài trong đoạn dính kết $\delta L_2(x)$ như sau [3]:

$$\delta L_2 = \int_0^{L_2} \frac{P(x)}{E_s A_s} dx = \frac{P d_s}{2\alpha E_s A_s} \left[1 - e^{-\frac{2\alpha L_2}{d_s}} \right] \quad (8)$$

Trong công thức (8) có thể thấy khi lực dọc trục thân neo P_0 tăng đến P_1 , lượng giãn dài đoạn dính kết trong thân neo ΔL_2 bằng [3]:

$$\Delta L_2 = \frac{(P_1 - P_0) d_s}{2\alpha E_s A_s} \left[1 - e^{-\frac{2\alpha L_2}{d_s}} \right] \quad (9)$$

Từ công thức (5) có thể suy ra lượng giãn dài đoạn tự do thân cốt neo khi lực dọc trục tăng từ P_0 đến P_1 là [3]:

$$\Delta L_1 = \frac{(P_1 - P_0) L_1}{E_s A_s} \quad (10)$$

Lượng giãn dài tổng cộng thân cốt neo ΔL là tổng lượng giãn dài đoạn tự do thân cốt neo và đoạn dính kết, và được tính từ công thức (1), (9), (10) do vậy suy ra lực dọc trục thân cốt neo P_1 là [3]:

$$P_1 = \frac{\Delta L A_s E_s}{(1-k)L + (1-b)(d_s/2\alpha)} + P_0 \quad (11)$$

Trong đó: $b = e^{-\frac{2\alpha k L}{d_s}}$; k - Tỷ số giữa L_2/L .

Đối với neo cơ học dự ứng lực, do chiều dài đoạn liên kết giữa thân neo với thành lỗ khoan (L_2) nhỏ hơn rất nhiều so với chiều dài thân cốt neo nằm trong lỗ khoan (L) do đó có thể bỏ qua lượng giãn dài đoạn liên kết này, như vậy theo công thức (10) khi $k=0$, khi tổng lượng giãn dài thân cốt neo cơ học là ΔL thì lực dọc trục P_1 tính theo công thức [3]:

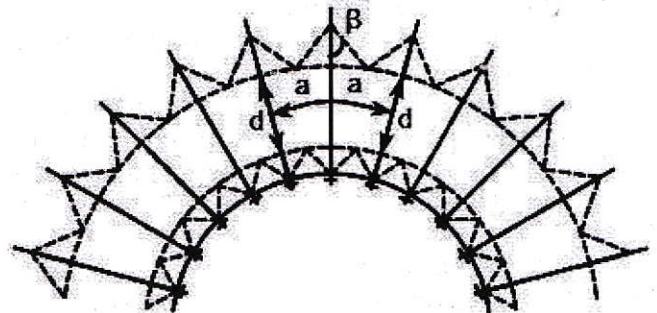
$$P_1 = \frac{\Delta L A_s E_s}{L} + P_0 \quad (12)$$

2. Phân tích hiệu quả gia cường khối đá bằng neo dự ứng lực

Khi chống giữ khối đá xung quanh đường lò bằng neo dự ứng lực, mỗi một thanh neo sẽ hình thành một vùng ứng suất nén nhất định, khoảng cách giữa các neo lựa chọn phù hợp khi vùng ứng suất nén được tạo ra giữa các neo vừa chớm đan xen nhau, và như vậy hệ thống các neo chống giữ xung quanh đường lò sẽ hình thành một dải đất đá chịu nén ép hay còn gọi là vòm đá gia cường thể hiện trên H.3, chiều dày vòm đất giá gia cường có khả năng mang tải tính theo công thức [2]:

$$d = \frac{l \tan \beta - a}{\tan \beta} \quad (13)$$

Trong đó: d - Chiều dày vòm đá gia cường có khả năng mang tải; l - Chiều dài hiệu quả của neo; a - Khoảng cách giữa các neo; β - Góc ngăn ngừa khối đá nứt nẻ sau khi lắp neo, từ công thức (13) có thể thấy rằng nếu giảm ngắn chiều dài đoạn dính kết thân neo với thành lỗ khoan, sẽ tăng chiều dài đoạn tự do thân cốt neo từ đó có thể tăng được chiều dày vòm đá gia cường có khả năng mang tải, nâng cao hiệu quả, giảm giá thành chống giữ.

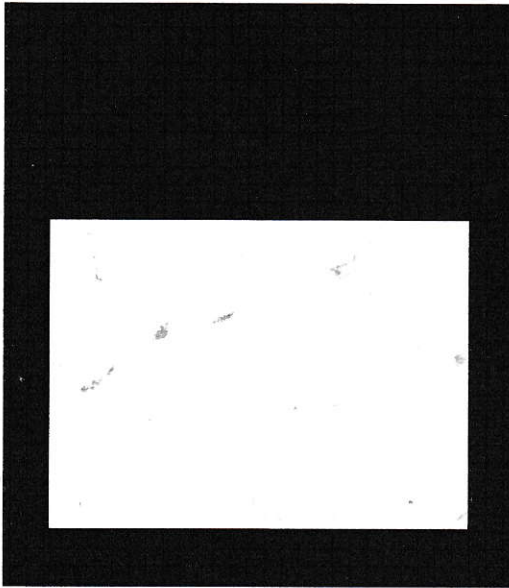


H.3. Vòm đá gia cường sau khi chống giữ bằng neo dự ứng lực [2]

3. Mô phỏng ảnh hưởng chiều dài đoạn dính kết đến hiệu quả gia cường khối đá và lực dọc trục trong thân cốt neo

3.1. Lập mô hình mô phỏng

Để thấy được ảnh hưởng của chiều dài đoạn dính kết trong neo chất dẻo cốt thép dự ứng lực đến hiệu quả gia cường khối đá và phân bố lực dọc trục trong thân cốt neo, ta sử dụng phần mềm Flac [6] tiến hành mô phỏng hai phương án với chiều dài đoạn dính kết giữa thân cốt neo và thành lỗ khoan bằng 0,6 m và 1 m. Mô hình mô phỏng có kích thước lưới chiều rộng×cao bằng 50×40 m, sau khi thiết lập lưới mô hình ta đào đường lò hình chữ nhật với kích thước chiều rộng x chiều cao là 5×3,6 m; Trên nóc lò lắp đặt 5 thanh neo chất dẻo cốt thép dự ứng lực có chiều dài 2,4 m, đường kính ϕ 22 mm, khoảng cách giữa các neo bằng 1 m, giá trị dự ứng lực của neo lấy bằng 60 kN, mô hình mô phỏng vị trí cắm neo thể hiện trên H.4.



H.4. Mô hình mô phỏng neo dự ứng lực gia cố nóc đường lò

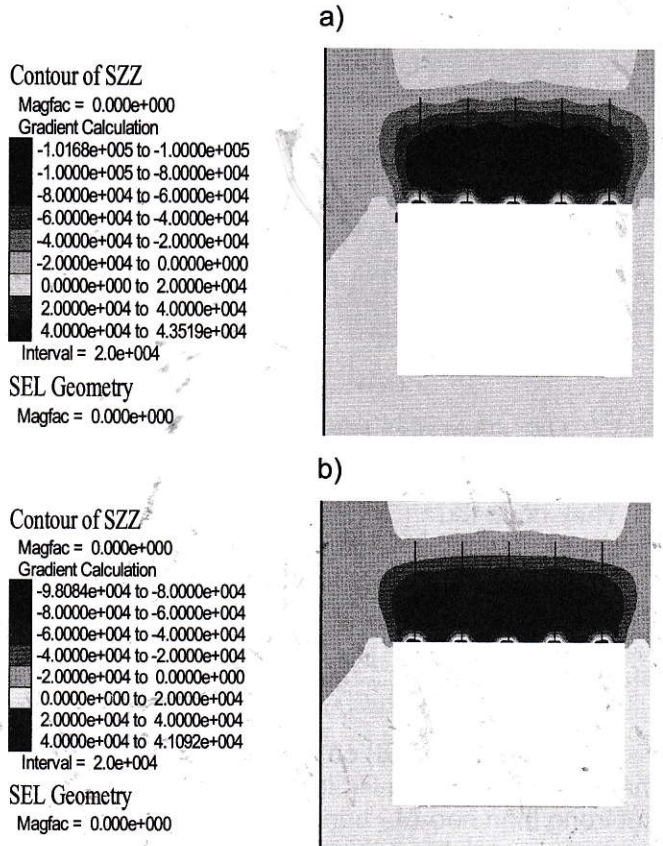
3.2. Phân tích kết quả mô phỏng

3.2.1. Vùng đá gia cường trên nóc lò khi gia cố bằng neo dự ứng lực

Hiệu quả tạo ra ứng suất nén gia cường khối đá trên nóc đường lò trong đoạn cắm neo ứng với trường hợp chiều dài đoạn dính kết giữa thân cốt neo với thành lỗ khoan bằng 0,6 m và 1 m thể hiện trên hình H.5.

Từ kết quả mô phỏng như trên H.5 ta thấy rằng chiều dài đoạn dính kết giữa thân cốt neo với thành lỗ khoan có ảnh hưởng rất rõ đến hiệu quả gia cường khối đá trong đoạn lắp đặt neo dự ứng lực. Cụ thể là khi chiều dài dính kết đầu neo bằng 0,6 m dải ứng suất nén xuất hiện trong đoạn lắp neo có chiều dày lớn hơn khi chiều dài dính kết đầu neo bằng 1 m, điều này được lý giải là khi chiều

dài đoạn dính kết nhỏ thì chiều dài làm việc của neo sẽ lớn (chiều dài đoạn tự do lớn) như vậy phạm vi khối đá trên nóc được gia cố có chiều dày lớn hơn do đó tạo ra chiều dày vòm đá gia cường cũng lớn hơn và ngược lại. Như vậy có thể thấy rằng cần lựa chọn loại chất dính kết có khả năng bám dính cao để giảm chiều dài đoạn vữa dính kết giữa thân cốt neo với thành lỗ khoan khi sử dụng neo dính kết dự ứng lực, điều này vừa làm tăng hiệu quả gia cường khối đá vừa giảm chi phí giá thành.



H.5. Ảnh hưởng của chiều dài đoạn dính kết đến hiệu quả gia cường khối đá: a - Chiều dài dính kết đầu neo bằng 0,6 m; b - Chiều dài dính kết đầu neo bằng 1 m

3.2.2. Phân bố lực dọc trục trong thân cốt neo dự ứng lực

Phân bố lực dọc trục trong thân cốt neo chất dẻo cốt thép dự ứng lực ứng với trường hợp chiều dài đoạn dính kết giữa thân cốt neo với thành lỗ khoan bằng 0,6 m và 1 m thể hiện trên hình H.6.

Từ kết quả mô phỏng như trên H.6 ta thấy rằng phân bố lực dọc trục trong thân cốt neo dự ứng lực thay đổi khi thay đổi chiều dài dính kết giữa thân cốt neo với thành lỗ khoan. Cụ thể ta có thể thấy rằng, chiều dài đoạn chịu lực dọc trục trong thân

cốt neo với chiều dài dính kết đầu neo bằng 0,6 m lớn hơn chiều dài đoạn chịu lực với chiều dài dính kết đầu neo bằng 1 m, ta cũng thấy rằng với kết cấu neo có chiều dài đoạn dính kết bằng 0,6 m lực dọc trục phân bố đều dọc theo thân cốt neo phần không chịu lực ngắn, còn với kết cấu neo có chiều dài đoạn dính kết bằng 1 m thì đoạn không chịu lực dài hơn. Như vậy khi sử dụng neo dự ứng lực cần lựa chọn chiều dài đoạn dính kết giữa thân cốt neo và thành lỗ khoan cho phù hợp và càng ngắn càng tốt (nhưng phải đảm bảo lực liên kết không bị kéo tụt thân cốt neo) để phát huy hết hiệu quả chịu lực trên toàn chiều dài của thân cốt neo.

➤ Chiều dài đoạn liên kết giữa thân cốt neo với thành lỗ khoan có ảnh hưởng đến phân bố chịu lực dọc trục trong thân cốt neo và hiệu quả tạo ra vòm đá gia cường trong đoạn gia cố neo;

➤ Khi chống giữ các đường lò bằng neo chất dẻo cốt thép dự ứng lực cần sử dụng loại chất dẻo có khả năng bám dính tốt để giảm chiều dài đoạn dính kết giữa thân cốt neo với thành lỗ khoan, như vậy sẽ làm tăng chiều dày vòm đất đá được gia cường, phát huy được nhiều hơn khối đá tham gia chịu tải, đồng thời cũng làm cho thân cốt neo phân bố chịu lực đồng đều hơn phát huy tối đa cường độ chịu tải của thân cốt neo và giảm giá thành chống giữ. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. 郑颖人. 地下工程锚喷支护设计指南[M]. 北京: 中国铁道出版社出版, 1988.
2. 龙照, 赵明华, 张恩祥, 等. 锚杆临界锚固长度简化计算方法[J]. 岩土力学, 2010, 31(9).
3. 周辉, 徐荣超, 张传庆等. 预应力锚杆内锚固段长度效应研究. 岩土力学. 第36卷第9期 2015年9月.
4. 尤春安, 战玉宝. 预应力锚索锚固段应力分布规律及分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2005,
5. LIC, STILLBORG B. Analytical models for rock bolts[J]. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 1999, 36(8): 1013 - 1029.
6. Itasca (2005). Flac Fast Lagrangian Analysis of Continua. User's Guide. Third Edition (Flac Version 3.0) April 2005.

Lời cảm ơn: Tác giả xin chân thành cảm ơn sự hỗ trợ của đề tài “Nghiên cứu xác định tham số dự ứng lực phù hợp với kết cấu neo chống trong các đường lò vùng Quảng Ninh” Mã số: B2017-MDA-16ĐT.

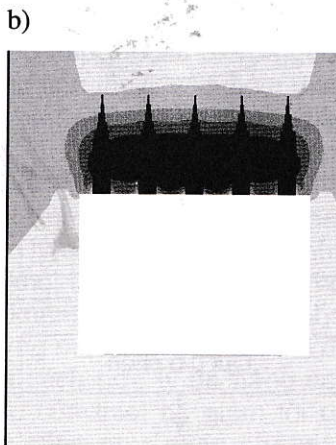
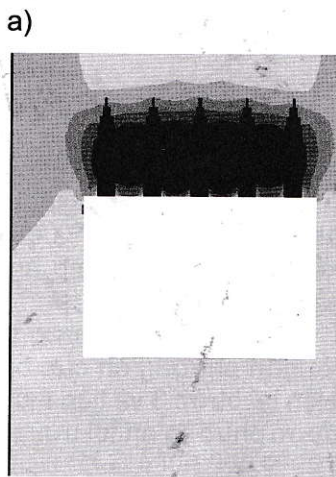
Ngày nhận bài: 22/01/2017.

Ngày gửi phản biện: 01/04/2017

Ngày nhận phản biện: 26/05/2017

Ngày chấp nhận đăng bài: 15/06/2017

Từ khóa: neo dự ứng lực; chiều dài đoạn chất dính kết; lực dọc trục thân cốt neo; mô phỏng số



H.6. Ảnh hưởng chiều dài đoạn dính kết đến phân bố lực dọc trục thân cốt neo: a - Chiều dài dính kết đầu neo bằng 0,6 m; b - Chiều dài dính kết đầu neo bằng 1 m

4. Kết luận

Từ phân tích lý thuyết và mô hình hóa chiều dài đoạn liên kết giữa thân cốt theo với thành lỗ khoan ảnh hưởng đến hiệu quả gia cố khối đá xung quanh đường lò và phân bố lực dọc trục trong thân cốt neo ta rút ra một số kết luận sau:

SUMMARY

This paper shows the study results of influence of the interior bonding section length with the hole wall of prestressed anchor. The paper also presents the supporting effect of surrounding rock mass using prestressed anchor.