

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA PHÂN LỚP ĐẤT ĐÁ TỚI SỰ ỔN ĐỊNH CỦA ĐƯỜNG LÒ

TS. TRẦN TUẤN MINH - Trường Đại học Mỏ-Địa chất

TS. NGUYỄN VIỆT ĐỊNH - Viện Khoa học và Công nghệ Mỏ-Vinacomin

TS. NGUYỄN QUANG HUY - Viện Khoa học Công nghệ Giao thông Vận tải

Nhu cầu tăng sản lượng khai thác than để phục vụ các ngành kinh tế dẫn tới nhu cầu phải đầu tư duy trì, mở rộng, nâng công suất cũng như tăng độ sâu khai thác ở các mỏ than. Khi độ sâu khai thác tăng lên cũng đồng nghĩa với việc điều kiện thi công các đường lò khó khăn hơn, trong khu vực thi công các đường lò thường xuất hiện các phay phá, đứt gãy, khối đá có tính chất nứt nẻ phức tạp, tồn tại các đường lò, các khu vực lò chợ cũ đã khai thác trước đó chưa phá hoá, các đường lò do các mỏ tự nhân trước đây để lại và việc khai thác tận thu than,... Do đó đòi hỏi phải có các nghiên cứu sâu hơn về đào và chống giữ các đường lò trong các điều kiện địa chất khó khăn và phức tạp. Việc nghiên cứu ổn định của các đường lò đã được quan tâm từ lâu trong các lời giải lý thuyết [1], [2], [3], [4], [5]. Tuy nhiên, việc nghiên cứu tính toán và phân tích trước đây thường chỉ quan tâm tới những công trình ngầm nằm ở độ sâu lớn, mặt cắt ngang đường lò thường có dạng tròn, hoặc vòm một tâm tường thẳng và được khai đào trong đất đá đồng nhất, đẳng hướng có biểu hiện đàn hồi. Song trên thực tế khai đào và xây dựng các công trình ngầm trong mỏ có tiết diện vừa và nhỏ, đa phần các trường hợp các đường lò lại được khai đào xây dựng trong các lớp đất đá có tính chất phân lớp, đất đá trên gương lò còn có tính xen kẽ (nhiều loại đá trên gương cả đá cả than). Bài báo giới thiệu việc nghiên cứu sự thay đổi quy luật biến đổi cơ học cũng như sự thay đổi vùng áp lực, vùng phá hủy xung quanh các đường lò được khai đào trong đất đá phân lớp không đồng nhất khi có chú ý đến sự thay đổi tỷ lệ giữa chiều rộng đường lò và chiều dày phân lớp đá.

1. So sánh phân tích ứng suất giữa lời giải đại số và lời giải bằng phần mềm Phase 2

1.1. Mô tả vấn đề

Vấn đề để xem xét là các ứng suất và chuyển vị đối với trường hợp một đường hầm tròn trong môi

trường đàn hồi dẻo với trường ứng suất nén có giá trị: $P_0=30$ MPa. Vật liệu được giả thiết ở đây là hoàn toàn đàn hồi và hoàn toàn dẻo với bề mặt phá hủy được xác định bằng tiêu chuẩn Mohr-Columb. Cả hai trường hợp (góc dẫn nở bằng góc ma sát trong) và không xem xét đến dẫn nở thể tích (góc dẫn nở=0) tiêu chuẩn cho chảy dẻo sẽ được áp dụng. Các tham số của vật liệu được giả thiết như sau: mô đun đàn hồi của đất đá $E=6778$ MPa; Hệ số Poisson $\nu=0,21$; Lực dính kết $C=3,45$ MPa; Góc ma sát trong $\varphi=30^0$; Góc dẫn nở thể tích $\psi=0^0$; Bán kính của đường hầm $a=1$ m. Bán kính của đường hầm được giả thiết là nhỏ hơn rất nhiều so với chiều dài của đường hầm do đó bài toán sẽ là bài toán biến dạng phẳng hoàn toàn.

1.2. Lời giải đại số chính xác

Bán kính vùng biến dạng dẻo R_0 đối với mô hình đại số chính xác với lý thuyết của Salencon (1969) được xác định theo biểu thức sau [7]:

$$R_0 = a \left(\frac{2 \left(\sigma_\infty + \frac{q}{K_p - 1} \right)^{\frac{1}{K_p - 1}}}{K_p + 1 \left(p_i + \frac{q}{K_p - 1} \right)} \right) \quad (1)$$

Ở đây a - Bán kính của đường hầm; σ_∞ - Giá trị ứng suất nguyên sinh; p_i - Áp lực bên trong (áp lực kết cấu chống giữ đường lò).

$$K_p = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \quad (2)$$

$$q = 2c \operatorname{ctg} \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right) \quad (3)$$

Ứng suất hướng tâm ở bề mặt danh giới đàn hồi-dẻo là [7]:

$$\sigma_{re} = \frac{1}{K_p + 1} (2\sigma_\infty - q) \quad (4)$$

Ứng suất và chuyển vị hướng tâm trong vùng biến dạng đàn hồi được xác định theo công thức sau [7]:

$$\sigma_r = \sigma_\infty - (\sigma_\infty - \sigma_{re}) \left(\frac{R_0}{r}\right)^2 \quad (5)$$

$$\sigma_\theta = \sigma_\infty + (\sigma_\infty - \sigma_{re}) \left(\frac{R_0}{r}\right)^2 \quad (6)$$

$$u_r = \frac{R_0^2}{2G} \left(\sigma_\infty - \frac{2\sigma_\infty - p}{K_p + 1} \right) \frac{1}{r} \quad (7)$$

Ở đây r là khoảng cách từ điểm có tọa độ (x, y) tới tâm của đường hầm. Các ứng suất và chuyển vị hướng tâm trong vùng dẻo là [7]:

$$\sigma_r = -\frac{q}{K_p - 1} + \left(P_i + \frac{q}{K_p - 1} \right) \left(\frac{r}{a}\right)^{(K_p - 1)} \quad (8)$$

$$\sigma_\theta = -\frac{q}{K_p - 1} - \left(P_i + \frac{q}{K_p - 1} \right) \left(\frac{r}{a}\right)^{(K_p - 1)} \quad (9)$$

$$u_r = \frac{r}{2G} \left[\frac{(2\nu - 1) \left(\sigma_\infty + \frac{q}{K_p - 1} \right) + \frac{(1 - \nu)(K_p^2 - 1)}{K_p + K_{ps}}}{\left(p_i + \frac{q}{K_p - 1} \right) \left(\frac{R_0}{a}\right)^{(K_p - 1)} \left(\frac{R_0}{r}\right)^{(K_{ps} + 1)}} \right] + \left[\frac{(1 - \nu)(K_p K_{ps} + 1)}{K_p + K_{ps}} - \nu \right] \left(p_i + \frac{q}{K_p - 1} \right) \left(\frac{r}{a}\right)^{(K_p - 1)} \quad (10)$$

Ở đây: ψ - Góc dẫn nở; ν - Hệ số Poisson; G - Mô đun chống cắt.

$$K_{ps} = \frac{1 + \sin \psi}{1 - \sin \psi} \quad (11)$$

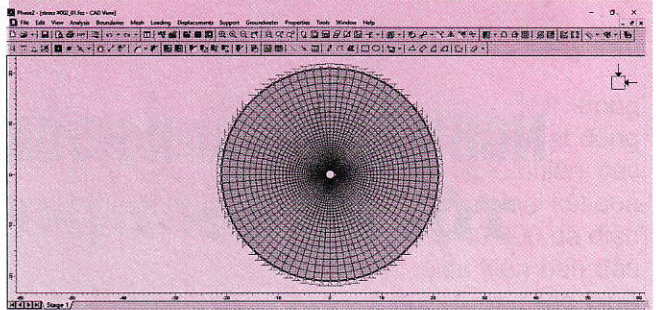
1.3. Mô hình bằng Phase 2

Mô hình Phase 2 cho trường hợp này được mô tả như trong hình H.1. Mô hình bao gồm: lưới hướng tâm; 80 phần tử (rời rạc) xung quanh đường hầm tròn; lưới 4 nút (3200 phần tử); điều kiện biên cứng, biên ngoài cách 21 m từ tâm đường hầm tròn (10 lần đường kính từ biên hầm); trạng thái ứng suất nguyên sinh (30 MPa) được sử dụng đối với mỗi phần tử.

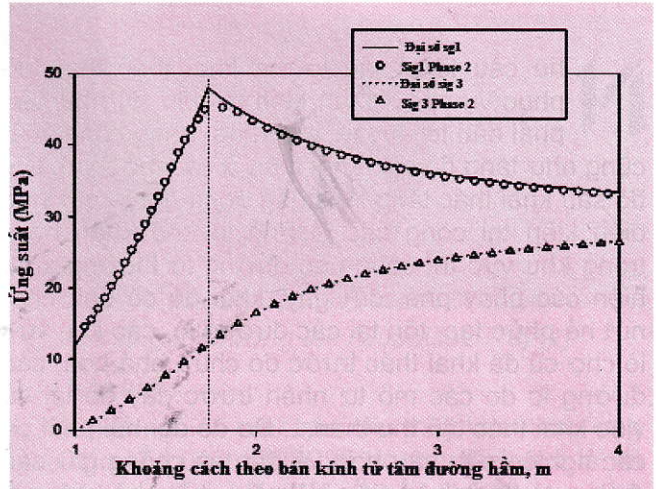
1.4. Đánh giá về kết quả

Với trường hợp dẻo (góc dẫn nở $\psi=0^0$). Hình 2 và 3 chỉ ra một sự so sánh giữa lời giải bằng Phase 2 và các kết quả của lời giải đại số giải tích. Các ứng suất σ_r (σ_3) và σ_θ (σ_1) theo khoảng cách với bán kính đường hầm trong hình 2, chuyển vị u_r theo r như trong hình H.3.

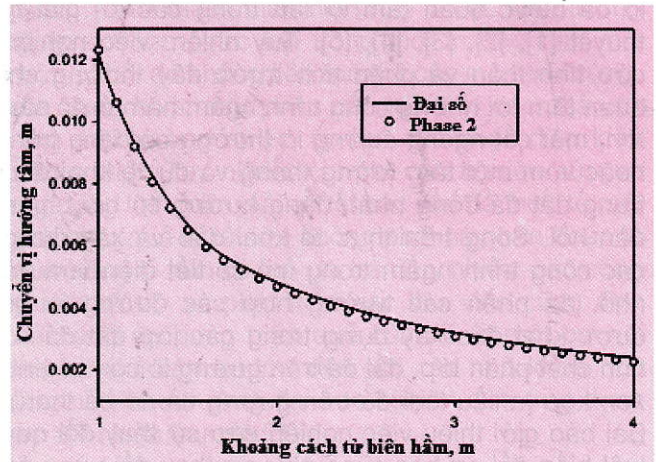
Các kết quả chỉ ra rằng sự đáng tin cậy của Phase 2 với lời giải đại số. Sự sai khác giữa các lời giải phân tích của ứng suất và chuyển vị được thể hiện như trong Bảng 1. Sai khác giữa chuyển vị ở trên biên đường lò thì nhỏ hơn (2,37) %.



H.1. Mô hình phân tích bằng Phase 2 với đường lò tròn trong môi trường Mohr-Coulomb



H.2. So sánh kết quả của σ_r và σ_θ với trường hợp ($\psi=0^0$)



H.3. So sánh kết quả u_r với trường hợp ($\psi=0^0$)

Bảng 1. Sự sai khác (%) sau khi phân tích với đường hầm trong môi trường đàn hồi-dẻo không có dẫn nở thể tích ($\psi=0^0$)

Thông số	Trung bình	Lớn nhất	Biên đường lò
u_r	3,34	5,46	1,22
σ_r	1,39	9,19	---
σ_θ	1,22	4,58	---

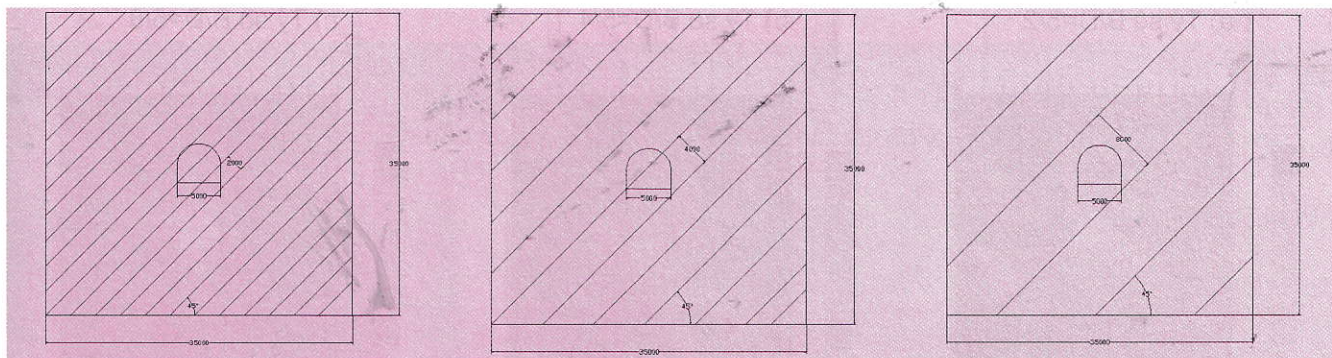
Bảng 2. Các tham số đầu vào cho phân tích

Số TT	Tên các tham số	Ký hiệu	Giá trị		Đơn vị
			Lớp cát kết	Lớp Bột kết	
1	Trọng lượng đất đá	γ	0,026	0,027	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	2	4	MPa
4	Góc ma sát trong của khối đá	ϕ	30	35	Độ
5	Mô đun đàn hồi của khối đá	E	1500	2000	MPa
6	Hệ số Poisson của khối đá	μ	0,3	0,28	-
7	Góc dẫn nở	ψ	0	-	Độ
8	Góc ma sát trong dư	ϕ_{re}	28	32	Độ
9	Lực dính kết dư	c_{re}	1	0,5	MPa
10	Chiều rộng đường hầm	B	5	-	m
11	Loại vật liệu	-	Đẻo	Đẻo	-
12	Tiêu chuẩn sử dụng	M-C	-	-	-
13	Hệ số ứng suất nguyên sinh	σ_3/σ_1	1	1	-
14	Chiều sâu đặt công trình	H	100	-	m
15	Góc nghiêng phân lớp đá	α	45	45	Độ
16	Chiều dày phân lớp đá	D	2; 4; 8; 16	2; 4; 8; 16	m
17	Lực dính kết bề mặt phân lớp cát kết/bột kết	c'	0		MPa
18	Góc ma sát trong bề mặt phân lớp cát kết/bột kết	ϕ'	35		Độ
19	Độ cứng vững vuông góc trên bề mặt phân lớp cát kết/bột kết	σ_T	100000		MPa/m
20	Độ cứng vững theo chiều dọc phân lớp cát kết/bột kết	τ	10000		MPa/m

a) Tỷ số B/D=5/2

b) Tỷ số B/D=5/4

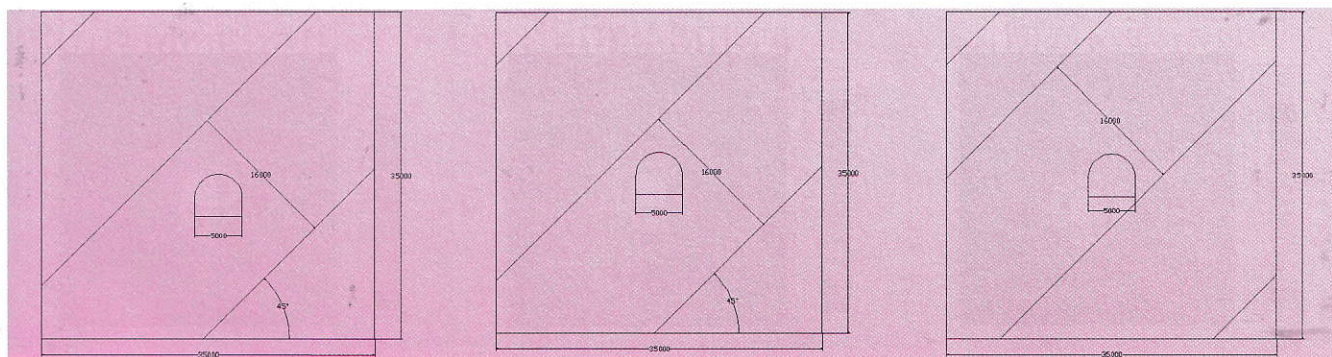
c) Tỷ số B/D=5/8



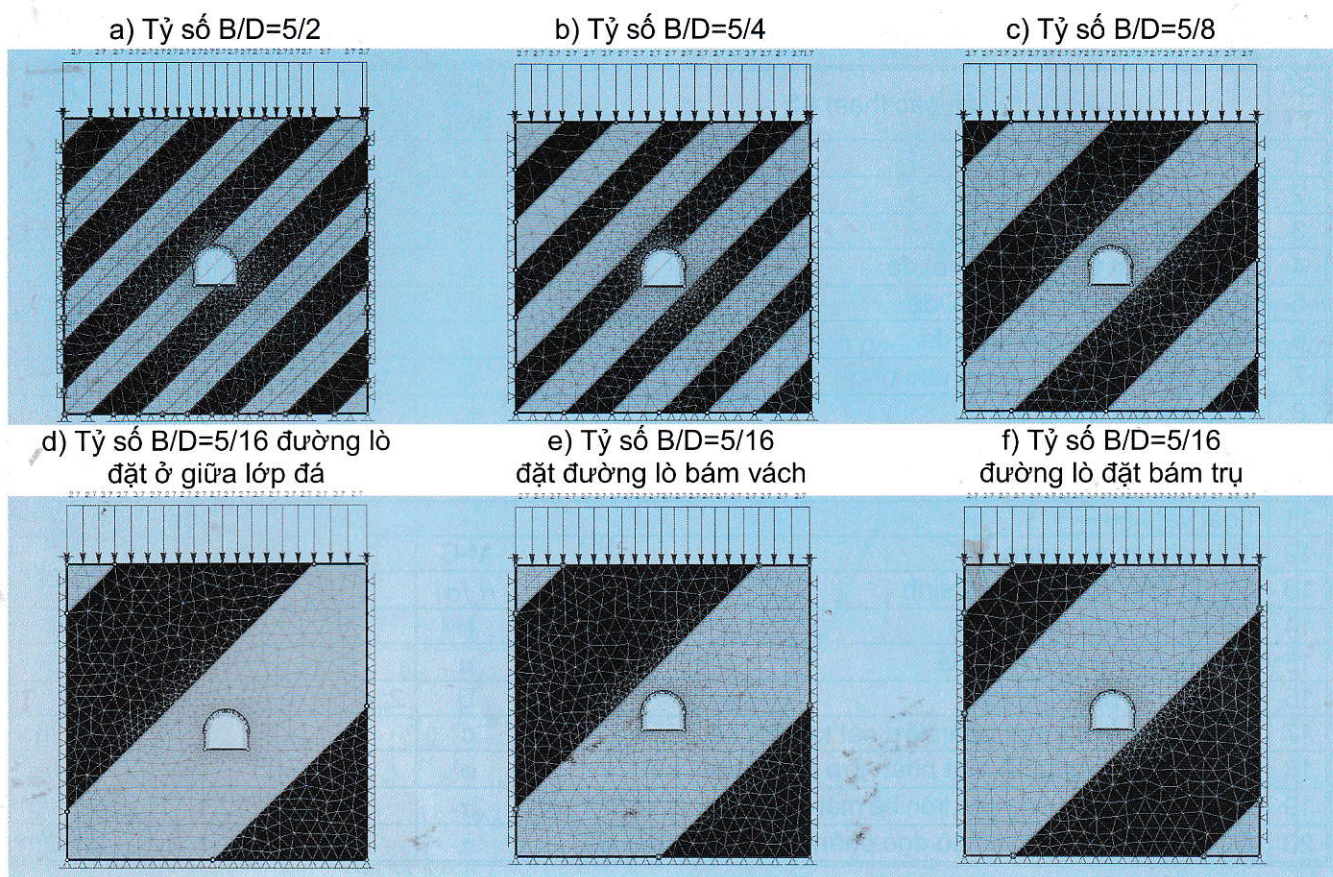
d) Tỷ số B/D=5/16
đường lò đặt ở giữa

e) Tỷ số B/D=5/16
đường lò đặt bám vách

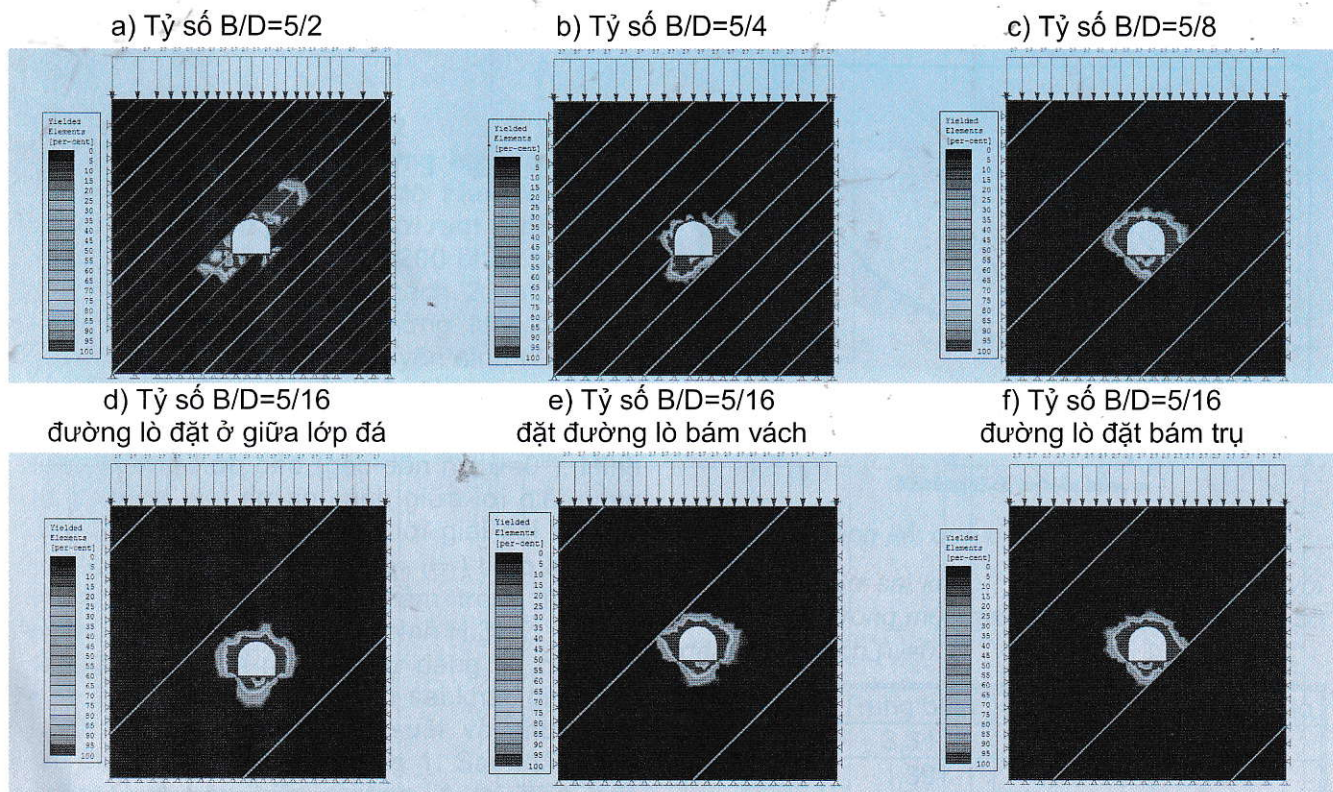
f) Tỷ số B/D=5/16
đường lò đặt bám trụ



H.4. Sơ đồ phân tích lý thuyết bài toán với sự thay đổi chiều dày các phân lớp đất đá



H.5. Mô hình bài toán bằng Phase 2 khi thay đổi tỷ số B/D

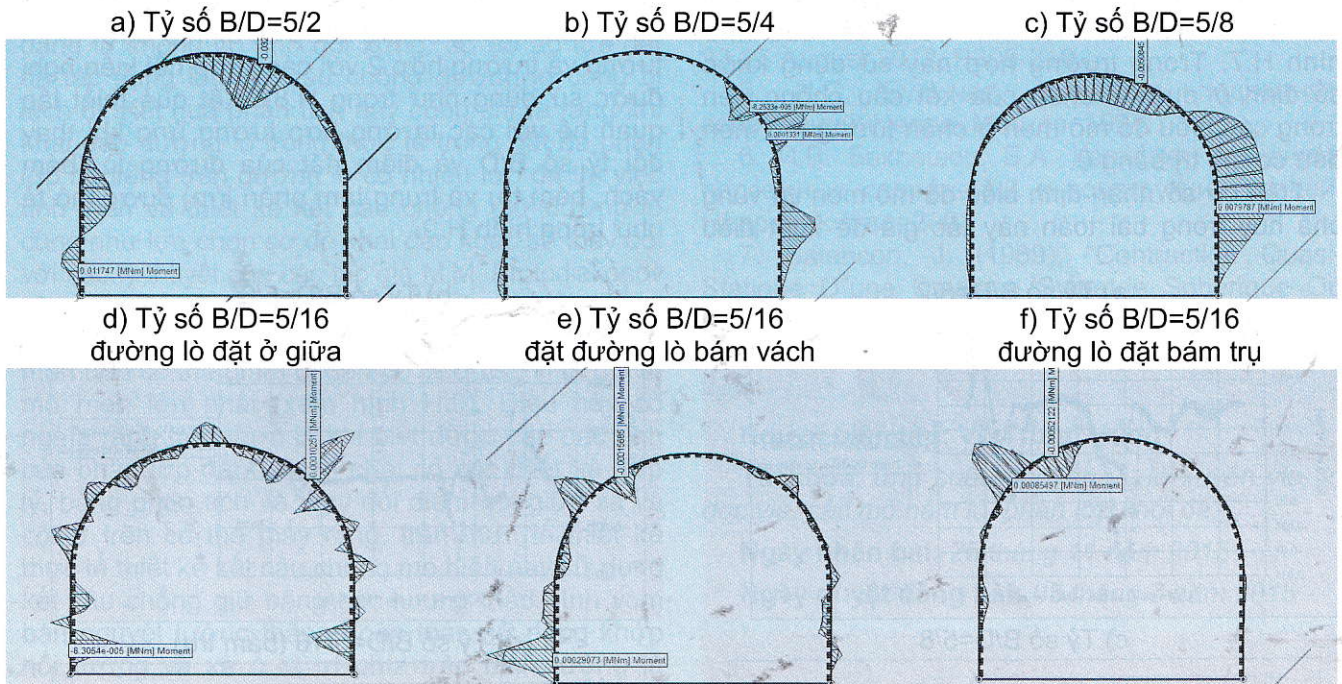


H.6. Vùng phá hủy xung quanh đường lò bằng Phase 2 khi thay đổi tỷ số B/D

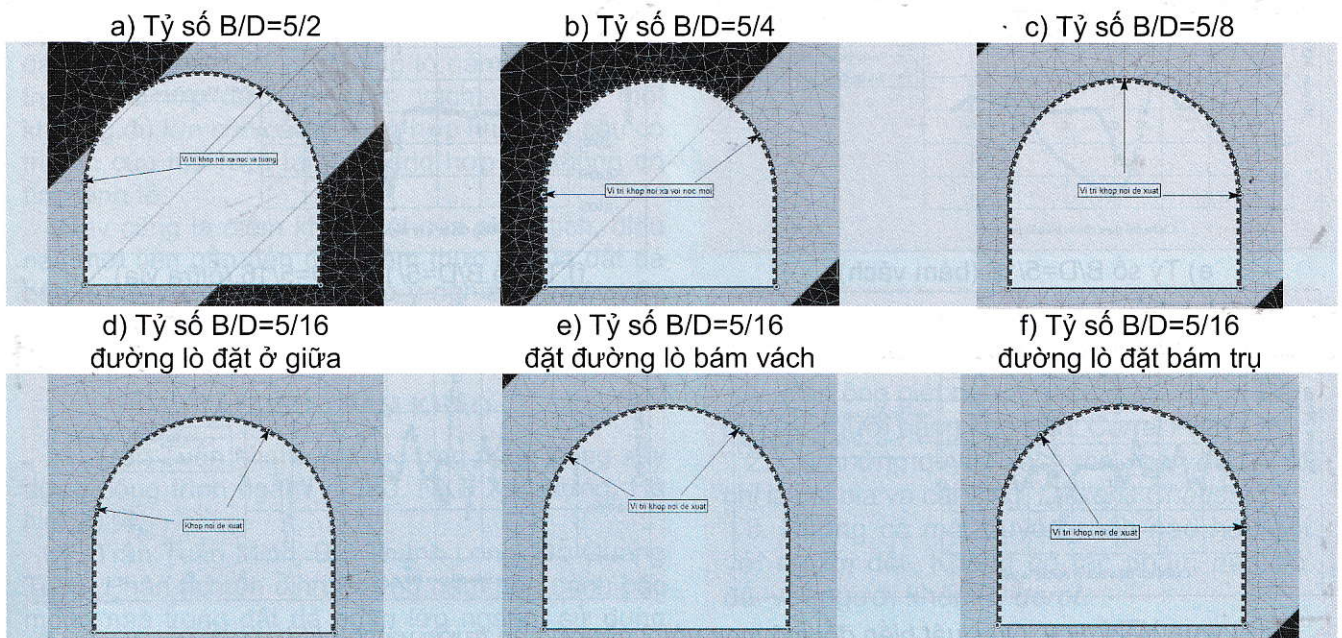
3. Sơ đồ phân tích, các tham số đầu vào

Giả thiết đường lò có chiều rộng 5 m, chiều cao 4,5 m được xây dựng trong đá cát kết, bột kết. Đặc tính của các lớp đất đá cũng như các tính chất cơ lý trên bề mặt các phân lớp đá cát kết/bột kết được mô tả như trong Bảng 2. Trong trường hợp phân tích này giả thiết bài toán đường lò đặt ở độ sâu 100 m, trong mô hình lý thuyết này đường lò đào trong đá cát kết có sự thay đổi chiều dày phân lớp đá, và có trường hợp đường lò nằm ở giữa lớp đá,

lúc lại nằm bám vách hoặc bám trụ. Để mô tả bài toán ta sử dụng chiều rộng mô hình và chiều cao mô hình lý thuyết là 35m. Mô hình bài toán lý thuyết ở đây được mô tả như trong H.4. Sử dụng phần mềm Phase 2 tiến hành mô phỏng bài toán trong trường hợp bài toán, kết quả mô phỏng mô hình bằng Phase 2 cho 2 loại đá và than được mô tả như trong H.5. Sau khi chạy chương trình chúng ta thu được vùng phá hủy xung quanh đường lò với các mô hình khác nhau như trong hình H.6.



H.7. Biểu đồ mô men uốn trong kết cấu chống giữ khi thay đổi chiều dày phân lớp đá



H.8. Đề xuất các vị trí khớp nối giữa xà và nóc để giảm nội lực trong khung chống

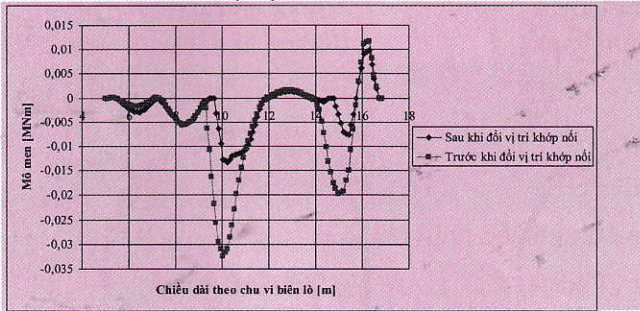
Căn cứ từ kết quả vùng phá hủy của khối đá xung quanh đường lò khi thay đổi tỷ lệ chiều dày phân lớp đá thay đổi có thể thấy rằng khi chiều dày phân lớp đá $D=8\text{ m}$; 6 m như hình H.6 (d, e, f) thì vùng phá hủy gần như đối xứng, điều này dẫn đến áp lực tác dụng lên kết cấu chống cũng có thể coi là đối xứng. Vùng phá hủy nằm chôn trong một lớp đá cát kết, trong trường hợp này nếu sử dụng kết cấu chống giữ I110x499 bước chống $0,7\text{ m}$ với đường lò vòm một tâm tường thẳng như trên thì bằng mô hình chúng ta có thể thu được biểu đồ mô men trong kết cấu như hình H.7. Trong trường hợp này sử dụng khớp cố định ở dưới 2 chân của kết cấu chống nên trong các biểu đồ mô men ở chân tường mô men đều có giá trị bằng 0.

Trên cơ sở nhận định biểu đồ mô men và vùng phá hủy trong bài toán này tác giả đề xuất điều

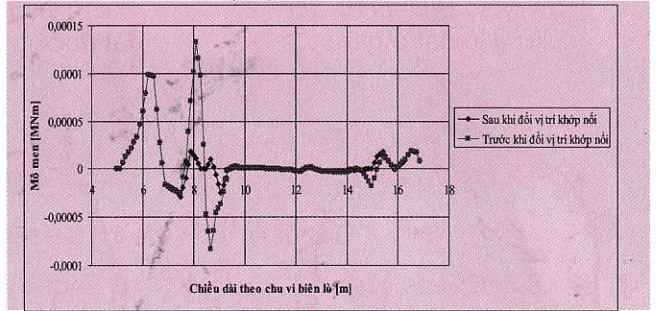
chỉnh giá trị nội lực trong kết cấu chống cũng như tăng bền cho đường lò bằng việc sử dụng và điều chỉnh khớp nối giữa vòm xà và cột để giảm nội lực trong kết cấu chống. Phương án đề xuất đối với các khớp nối cho xà và cột được mô tả như trong hình H.8.

Sau khi phân tích chúng ta thấy rằng biểu đồ mô men trong kết cấu chống sẽ giảm đi đáng kể. Bằng phân tích chúng ta cũng thiết lập được mối quan hệ giữa các giá trị mô men xung quanh đường hầm trong 2 trường hợp (trường hợp 1 sử dụng vòm khung thép 2 khớp cố định ở dưới chân tường và trường hợp 2 với các khớp nối kiến nghị được sử dụng như trong H.8). Kết quả thiết lập quan hệ với các trường hợp tương ứng khi thay đổi tỷ số B/D và điểm đặt của đường lò (bám vách, bám trụ và trung tâm phân lớp) được mô tả như trong hình H.9.

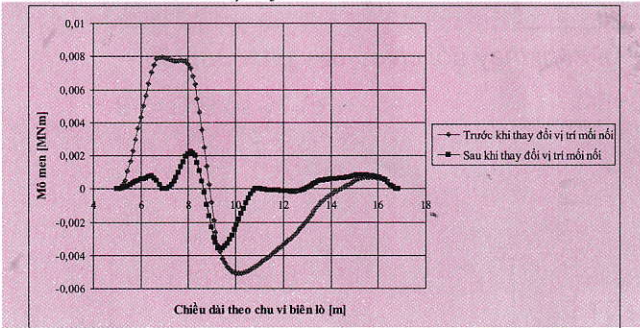
a) Tỷ số $B/D=5/2$



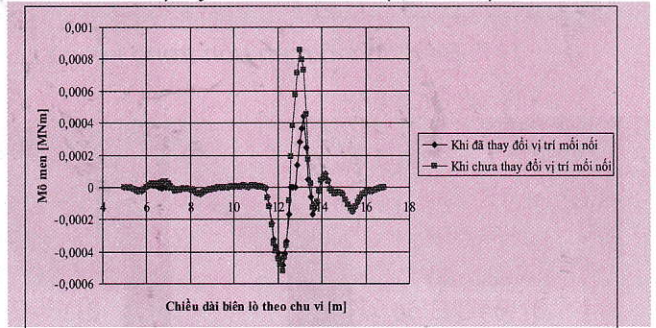
b) Tỷ số $B/D=5/6$



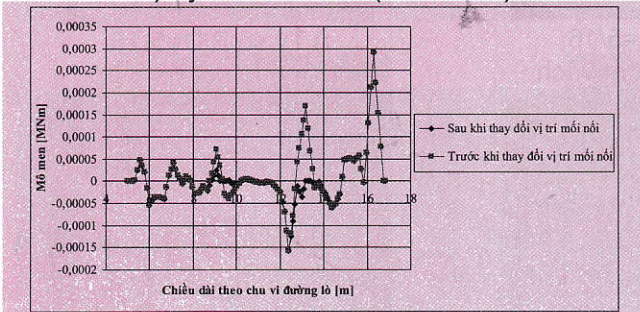
c) Tỷ số $B/D=5/8$



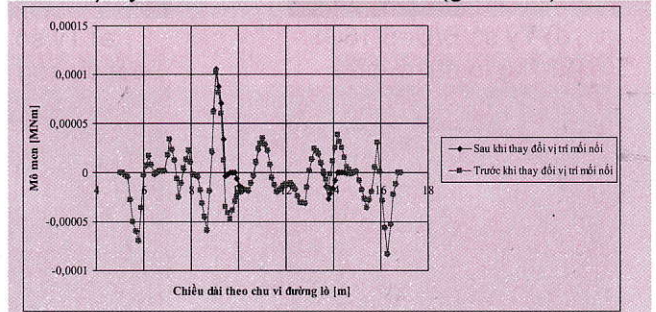
d) Tỷ số $B/D=5/16$ (bám trụ)



e) Tỷ số $B/D=5/16$ (bám vách)



f) Tỷ số $B/D=5/16$ B/D=5/16 (giữa vỉa)



H.9. Quy luật biến đổi mô men với 2 phương án trước và sau khi thay đổi vị trí của khớp nối giữa phần vòm và phần cột của đường lò

4. Kết luận và kiến nghị

Qua các phân tích ở trên có thể thấy rằng, đặc tính cơ lý của đất đá cũng như góc nghiêng của phân lớp và đặc tính cơ lý trên bề mặt phân lớp đá có ảnh hưởng lớn đến quy luật phân bố của ứng suất và biến dạng của đất đá trên biên và xung quanh đường lò, không những vậy giá trị nội lực trong kết cấu cũng thay đổi do sự thay đổi góc nghiêng phân lớp và tương quan giữa chiều rộng đường lò và chiều dày phân lớp đá. Các kết quả nghiên cứu cho thấy giá trị của ứng suất và biến dạng là không có tính đối xứng, do đó áp lực đất đá tác dụng lên kết cấu chống đường lò cũng bị lệch đi. Kết quả phân tích này cũng chỉ ra rằng khi khai đào đường lò trong thực tế trong đất đá phân lớp nghiêng trên gương lò có nhiều lớp đá thì việc tính toán và thiết kế kết cấu chống giữ đường lò cũng như lựa chọn sơ đồ khai đào khác sẽ thay đổi với các lý thuyết của các tác giả M.M. Protodiakonov cũng như P.M. Tsimbarevich [5], [6] trước đây rất nhiều.

Bằng phân tích ở trên có thể thấy rằng giá trị mô men uốn có thể giảm đi đến 80 % ở các vị trí giá trị mô men lớn nhất (xem hình H.9). Điều này có nghĩa rằng trên thực tế khi biết được các đặc tính của phân lớp đất đá cần phải có các thiết kế hợp lý, bằng phân tích và thay đổi điểm nối giữa xà và cột ở trên có thể thấy rằng, trên thực tế thiết kế thực tế thiết kế kết cấu chống mở hiện nay sử dụng kết cấu chống giữ bằng các khung thép hình vòm bán nguyệt tường thẳng hoàn toàn sử dụng khớp nối tường và xà ở vị trí phía trên đỉnh tường là không hợp lý và nó chỉ đúng trong trường hợp đường lò nằm hoàn toàn trong một loại đá và tỷ số giữa chiều rộng đường lò B và chiều dày phân lớp đá $B/D=5/8$ và $5/16$ và đường lò nằm gần về phía trung tâm lớp đá hoặc bám vách, bám trụ một khoảng đủ lớn còn các trường hợp khác kết cấu cổ truyền của mỏ hiện tại là không hợp lý, không có tính kinh tế.

Đây cũng là điểm khác biệt của phân tích, điều này mới tiến gần đến đặc điểm thực tế của đất đá bên ngoài thực địa, chúng có ý nghĩa với việc xây dựng và khai đào các đường lò trong thực tế hơn các phân tích lý thuyết trước đây rất nhiều. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trần Tuấn Minh. Tin học ứng dụng trong xây dựng công trình ngầm và mỏ. NXB Xây dựng, Hà Nội 2014.
2. Trần Tuấn Minh, Bùi Thanh Long, Đỗ Quang Tuấn. Phân tích ổn định đường hầm bên cạnh các móng nhà trong đất đá phân lớp ngang, sử dụng khiên đào bằng phần mềm Plaxis. Hội Cơ học đá

Việt Nam. Một số vấn đề cơ học đá Việt Nam đương đại, Quyển I, tr 91-102, Hà Nội 2010.

3. Nguyễn Quang Phích và nnk, Nghiên cứu ứng dụng một số phương pháp số trong tính toán công trình ngầm. Đề tài cấp bộ mã số B2005-36-88TĐ, Hà Nội-2006.

4. Tran Tuan Minh, Nguyen Duyen Phong, Nguyen Viet Dinh. Research on stress state and deformation around big tunnels with excavation stages in bedding and non-homogeneous rock, International conference "Advances in mining and tunneling", Hanoi University of Mining and Geology 23-25 August 2012, P309-316.

5. Н.С. Булычев. Механика подземных сооружений. Недра. Москва. 1994.

6. И.В. Баклашов, Б.А. Картозия. Механика подземных сооружений и конструкций крепей. Недра. Москва. 2002

7. Salencon, J. (1969), "Contraction Quasi-Statique D'une Cavite a Symetrie Spherique Ou Cylindrique Dans Un Milieu Elasto-Plastique", Annales Des Ports Et Chaussees, Vol. 4, pp. 231-236.

Người biên tập: Võ Trọng Hùng

Từ khóa: ứng suất, chuyển vị, lò xuyên vỉa, lò dọc vỉa, các mỏ hầm lò, phân lớp khối đá.

Ngày nhận bài: 25 tháng 11 năm 2015

Ngày duyệt đăng bài: 05 tháng 7 năm 2016

SUMMARY

This paper introduces the assessment of the stress and deformation around adits and drifts and inner force in steel supports in adits when consideration to change ratio span of adits and thickness of rock mass layers bedding rocks in underground mines.



1. Đàn ông giết người bằng hành động. Đàn bà giết người bằng ánh mắt. *Carrel Paul*.
2. Có những quyền sách mà phần đẹp nhất chỉ là cái bia và cái lưng. *Dickens Charles*.
3. Không có một quyền sách nào hay đối với người dốt. Không có tác phẩm nào dở đối với người khôn. *Diderot*.

VTH sưu tầm