

NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH THỂ TÍCH VÀ TRỌNG LƯỢNG CỦA CÁC KHỐI NÊM XUẤT HIỆN XUNG QUANH CÔNG TRÌNH NGẦM THI CÔNG TRONG ĐÁ RẮN CỨNG

ThS. NGUYỄN CHÍ THÀNH, ThS. NGUYỄN TÀI TIẾN
Trường Đại học Mỏ-Địa chất

Có thể thấy rằng khi thi công công trình ngầm trong điều kiện đất đá có tồn tại các khối nêm, việc dự đoán cũng như tính toán được chính xác kích thước, tính chất... của khối nêm để từ đó tính toán ra được áp lực, khả năng phá hủy của khối nêm đó với các công trình ngầm là hết sức cần thiết. Để làm được điều này, ngoài việc thực hiện các bước khảo sát đầy đủ, đúng quy trình thì việc áp dụng các phương pháp phù hợp tính toán kích thước, trọng lượng các khối nêm này cũng là vấn đề lớn. Theo tác giả, các số liệu đầu vào cần thiết cho việc phân tích bao gồm:

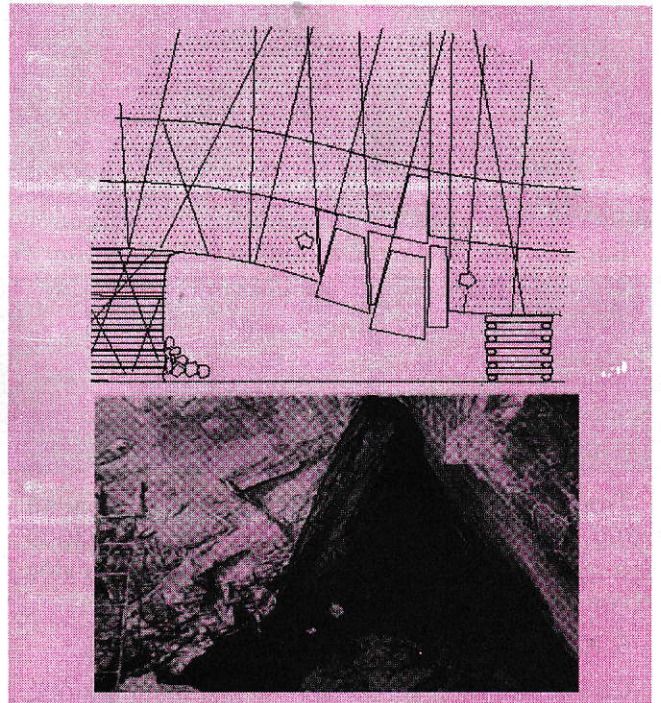
- ❖ Hình dạng, kích thước, góc dốc, phương vị công trình ngầm;
- ❖ Góc dốc, phương vị hướng dốc, khoảng cách giữa các khe nứt của các hệ;
- ❖ Độ bền khe nứt: lực dính, góc ma sát trong trên bề mặt khe nứt;
- ❖ Áp lực nước ngầm trong khe nứt;
- ❖ Trọng lượng thể tích của đá xung quanh công trình.

1. Cơ sở lý thuyết

Xung quanh công trình ngầm, luôn tồn tại các khe nứt. Điều kiện để hình thành các khối đá sập đổ, trượt lở vào công trình là phải có ít nhất 3 hệ khe nứt cắt nhau và phân tách khối nêm đó với môi trường xung quanh. Dưới tác dụng của tự trọng thì các khối đó sẽ bị sập, trượt về phía công trình.

Để xác định hình dạng, kích thước các khối nêm cũng như phân tích và đánh giá sự ổn định của các khối nêm xuất hiện xung quanh công trình ngầm, người viết đề cập và xin đưa ra các bước thực hiện như sau:

- ❖ Bước 1 - Xác định hình dạng và kích thước các khối nêm;
- ❖ Bước 2 - Xác định trọng lượng của khối nêm.



H.1. Ví dụ về sự mất ổn định của đất đá trong khi khai đào

1.1. Xác định hình dạng và kích thước các khối nêm

Trên cơ sở các thông số đầu vào, người viết sẽ đưa ra phương pháp xác định hình dạng và vị trí các khối nêm lớn nhất dễ sập lở đầu tiên trên biên công trình ngầm được tạo thành bởi sự giao cắt giữa 3 hệ khe nứt trong khối đá. Tùy thuộc vào hình dạng công trình ngầm và đặc điểm phân bố của các hệ khe nứt, xung quanh biên công trình có thể hình thành tới đá các khối nêm tại những vị trí khác nhau tương ứng vị trí, thứ tự như: khối nêm tại nóc, khối nêm số 1 tại 2 bên vai công trình ngầm, khối nêm số 2 tại 2 bên sườn công trình ngầm, khối nêm tại nền công trình ngầm.

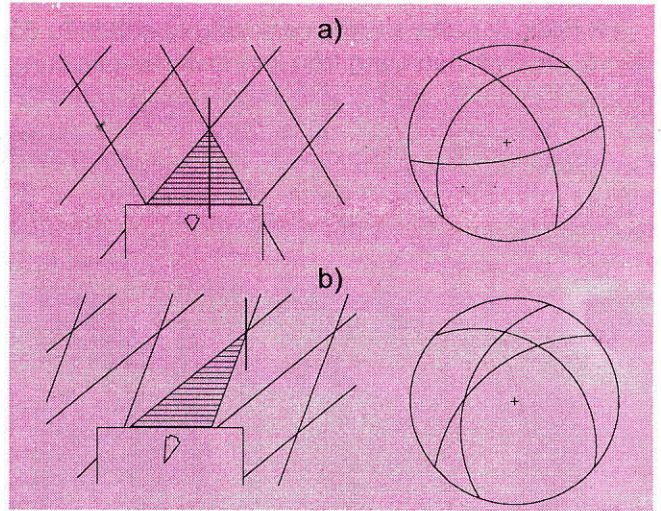
1.1.1 Các khối nêm ở phía nóc

a. Các khối nêm sập đổ

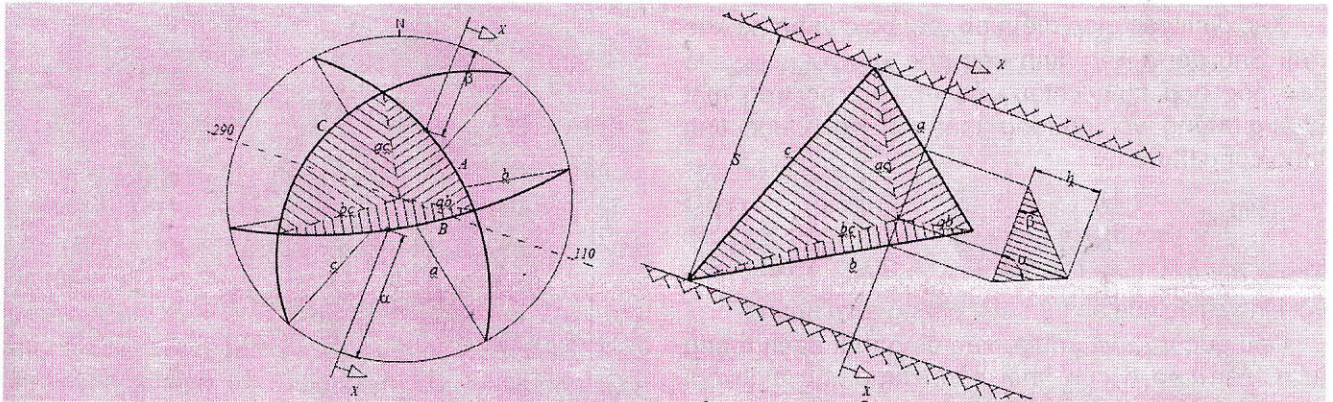
Điều kiện để hình thành các khối sập đổ: đường trục góc đi qua cả nóc và đáy của khối nêm (hình H.2.a). Giả sử tồn tại 3 hệ khe nứt là A, B, C, đường phương của chúng được xác định lần lượt là a, b, c và giao tuyến của chúng là ab, ac, bc nh trên hình H.2. Đường lò có trục là $110^\circ-290^\circ$, từ đó ta xác định được hướng của trục ngang đường lò. Cách xác định khối nêm thể hiện trên hình H.3. Các đoạn thẳng ab, ac, bc, a, b, c được chiếu song song. Chiều cao h được xác định bởi đỉnh của khối nêm và mặt phẳng nóc lò.

b. Các khối nêm trượt lở

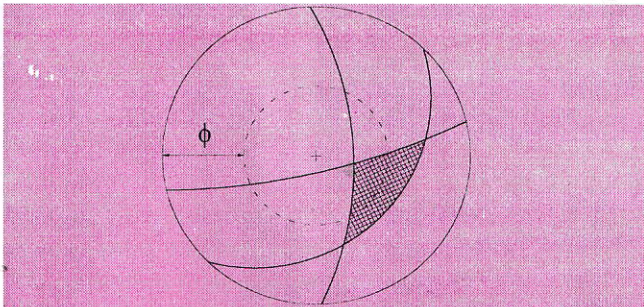
Điều kiện hình thành các khối nêm trượt lở (hình H.2.b): đường trục góc đi qua đỉnh nêm không cắt đáy của khối nêm. Khi đó khối nêm sẽ khó trượt ra khỏi khối đá hơn do tồn tại lực ma sát giữa các mặt nứt với nhau.



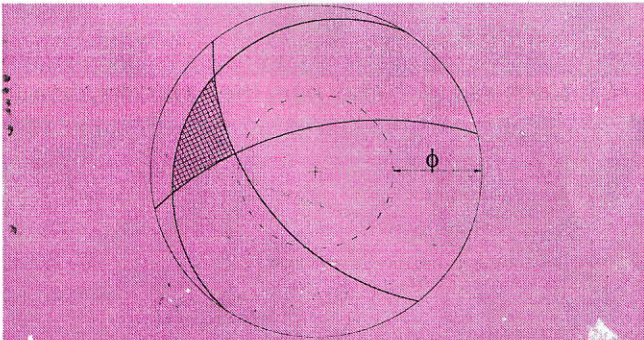
H.2. Sơ đồ các khối nêm sập đổ: a - Điều kiện hình thành khối nêm sập đổ; b - Điều kiện hình thành khối nêm trượt lở



H.3. Cách xác định khối nêm sập đổ từ nóc



H.4. Điều kiện để khối nêm trượt lở vào trong công trình



H.5. Điều kiện để khối nêm ổn định

Các khối nêm sẽ mất ổn định khi bất kỳ mặt phân cách nào của khối nêm có góc dốc lớn hơn góc ma sát giữa các mặt nứt với nhau, điều này thể hiện trên hình H.4 và H.5.

1.1.2. Các khối nêm nằm ở phía bên hông công trình

Điều kiện trượt lở của các khối nêm phía bên hông công trình cũng giống như điều kiện trượt lở của khối nêm trên phía nóc công trình. Có hai cách xác định kích thước hình dạng của các khối nêm:

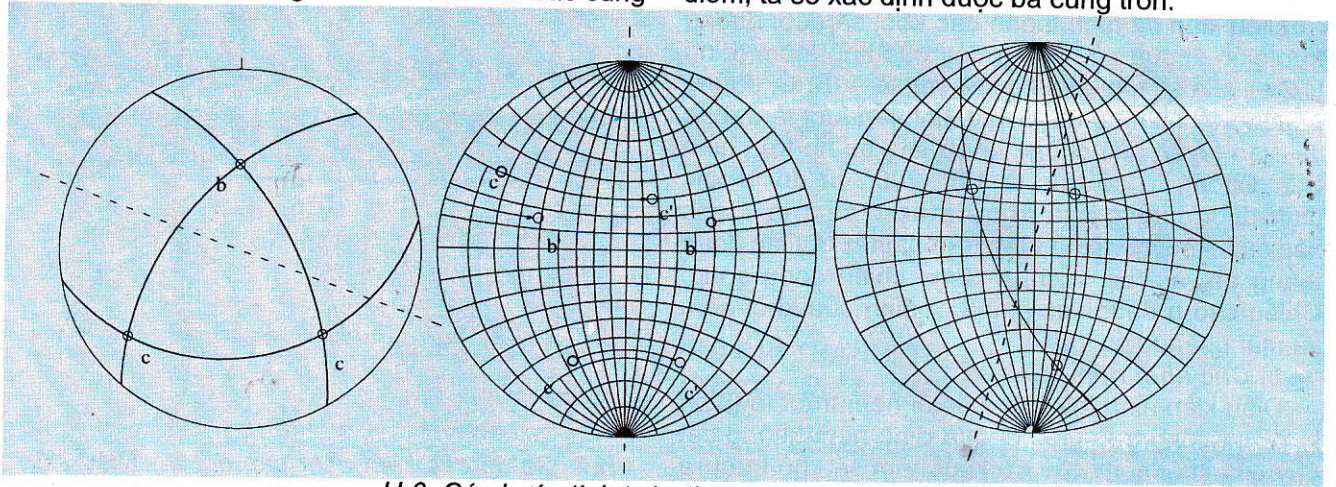
❖ Phương pháp 1:

Giả sử đường lò có trục dọc là $110^\circ-290^\circ$, có ba hệ khe nứt là A, B, C. Ta phải xác định kích thước khối nêm bên hông đường lò:

❖ Bước 1: biểu diễn trục dọc, trục ngang của đường lò, ba hệ khe nứt lên biểu đồ cầu, xác định được giao tuyến của chúng là ab, bc, ac;

❖ Bước 2: quay tờ giấy can đến khi trục dọc của công trình trùng với hướng Bắc-Nam của biểu đồ. Quay ba giao điểm ab, bc, ac quay xung quanh trục đường lò một góc 90° , ta được ba điểm ab', bc', ac';

❖ Bước 3: Quay tờ giấy can xung quanh biểu đồ tròn đó lần lượt đi qua cùng một lúc hai trong ba điểm, ta sẽ xác định được ba cung tròn.



H.6. Các bước tính toán theo phương pháp 1

❖ Phương pháp 2:

Xác định các giao điểm ab, ac, bc của ba hệ khe nứt. Sau đó ta xác định các góc $\psi_{abt}, \psi_{act}, \psi_{bct}$: là các góc hợp hình chiếu của ab, ac, bc trên mặt phẳng tương với phương thẳng đứng. Được tính theo công thức:

$$Tg\psi_{abt} = \frac{Tg\theta_{ab}}{\cos\theta_{ab}} \quad (1)$$

Trong đó: θ_{ab} - Góc hợp bởi trục dọc của đường hầm với hình chiếu của ab trên mặt phẳng nằm ngang.

Các góc ψ_{act}, ψ_{bct} được xác định một cách tương tự. Chiều cao h của khối nêm được xác định bởi giao tuyến giữa hai đường thẳng có góc ψ_{act}, ψ_{bct} hợp với trục đường lò nh hình 7, được xác định theo công thức:

$$Tg\psi_{abt}' = \frac{Tg\theta_{ab}}{\sin\theta_{ab}} \quad (2)$$

Toàn bộ cách xác định thể hiện trên hình H.7.

1.2. Xác định trọng lượng của khối nêm

Giả sử ta có khối nêm với các kích thước như hình vẽ H.8. Ta tính được diện tích mặt đáy của khối nêm lộ ra bề mặt công trình khi tiến hành khai đào là:

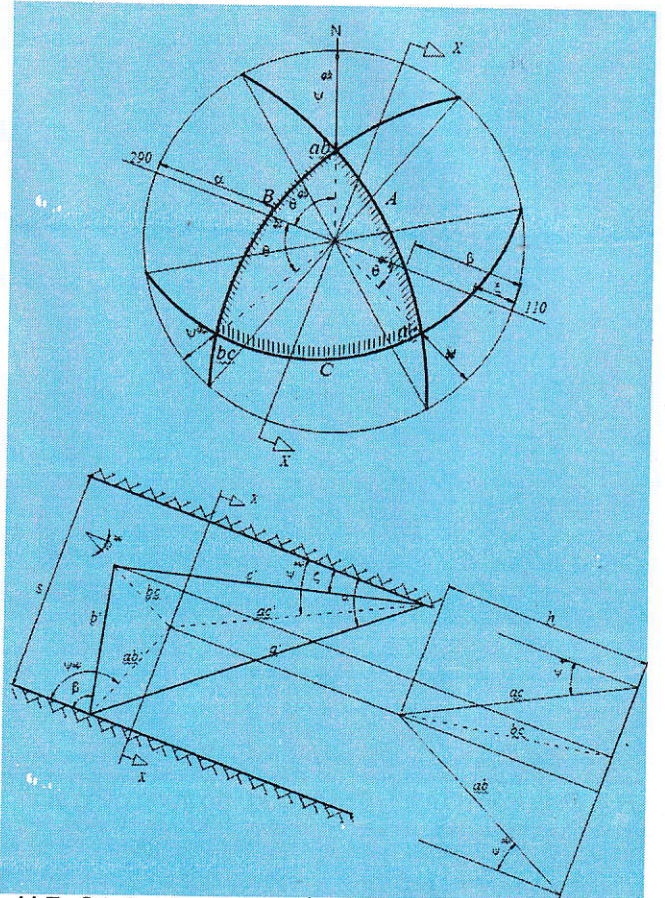
$$S_f = \frac{1}{2} l_a l_b \sin\theta_{ab} = \frac{1}{2} l_a l_c \sin\theta_{ac} = \frac{1}{2} l_b l_c \sin\theta_{bc} \quad (3)$$

Diện tích các mặt xung quanh được tính theo công thức:

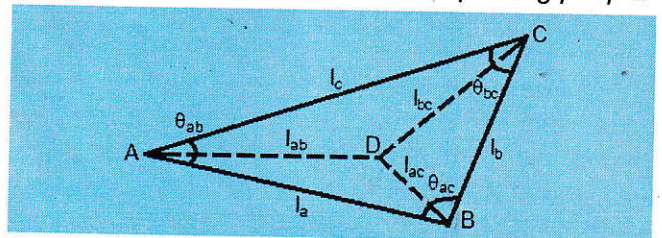
$$S_1 = \frac{1}{2} \left(\frac{l_{ab}}{\cos\beta_{ab}} - \frac{l_{ac}}{\cos\beta_{ac}} \right) \sin\theta_1 \quad (4)$$

$$S_2 = \frac{1}{2} \left(\frac{l_{ab}}{\cos\beta_{ab}} - \frac{l_{bc}}{\cos\beta_{bc}} \right) \sin\theta_2 \quad (5)$$

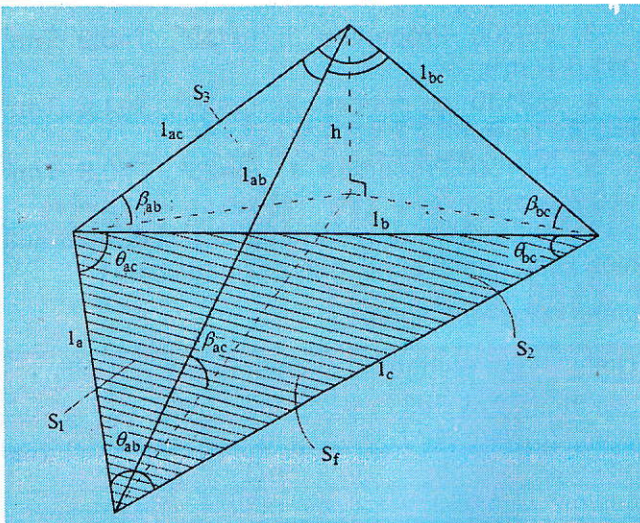
$$S_3 = \frac{1}{2} \left(\frac{l_{ac}}{\cos\beta_{ac}} - \frac{l_{bc}}{\cos\beta_{bc}} \right) \sin\theta_3 \quad (6)$$



H.7. Cách xác định khối nêm theo phương pháp 2



H.8. Sơ đồ xác định kích thước của khối nêm



H.9. Sơ đồ xác định thể tích của khối nêm

Chiều cao của khối nêm được tính theo công thức $h = l_{ab} \cdot \text{tg } \beta_{ab} = l_{bc} \cdot \text{tg } \beta_{bc} = l_{ac} \cdot \text{tg } \beta_{ac}$ (7)

Cuối cùng ta tính được thể tích của khối nêm theo công thức:

$$V = \frac{S_f h}{3} \quad (8)$$

Và trọng lượng của khối nêm:

$$M = V \cdot \gamma \quad (9)$$

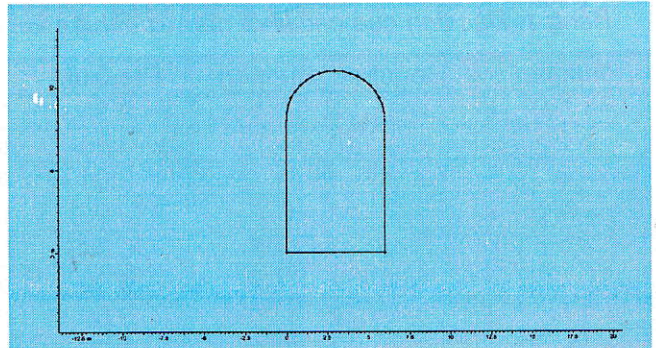
Trong thực tế cũng như giả thuyết đã được đặt ra trong chương trình là các khối nêm xác định ở trên có thể xuất hiện ở bất kỳ vị trí nào dọc theo trục CTN, do vậy khi thiết kế ta phải giả thiết khối nêm cần gia cố có dạng hình trụ với đường sinh chạy song song với trục công trình. Nói cách khác, tại mọi vị trí, mặt cắt ngang của khối nêm thẳng góc với trục công trình đều có hình dạng và kích thước như nhau.

Để đánh giá, phân tích các khối nêm trượt lở từ nóc và hông công trình có rất nhiều cách khác nhau. Một trong những phương pháp đó là sử dụng biểu đồ cầu Stereographic để thể hiện không gian phân bố của các yếu tố cấu trúc và sơ bộ đánh giá được khả năng xuất hiện các khối đất đá trượt lở vào trong công trình. Khi biết được hình dạng, kích thước, phương vị của các công trình ngầm ta có thể xây dựng được các mặt cắt ngang, dọc của công trình ngầm và mối tương quan giữa nó với các hệ khe nứt của đất đá xung quanh. Từ đó, có thể đánh giá tương đối mức độ thuận lợi hay không thuận lợi của sự phân bố các hệ khe nứt-phay phá đối với công trình. Quá trình phân tích này sẽ có tác dụng dự báo gần đúng, giúp dự báo trước cho gương thi công và công tác chống giữ. Trong công trình ngầm sẽ tồn tại 3 loại khối nêm như sau:

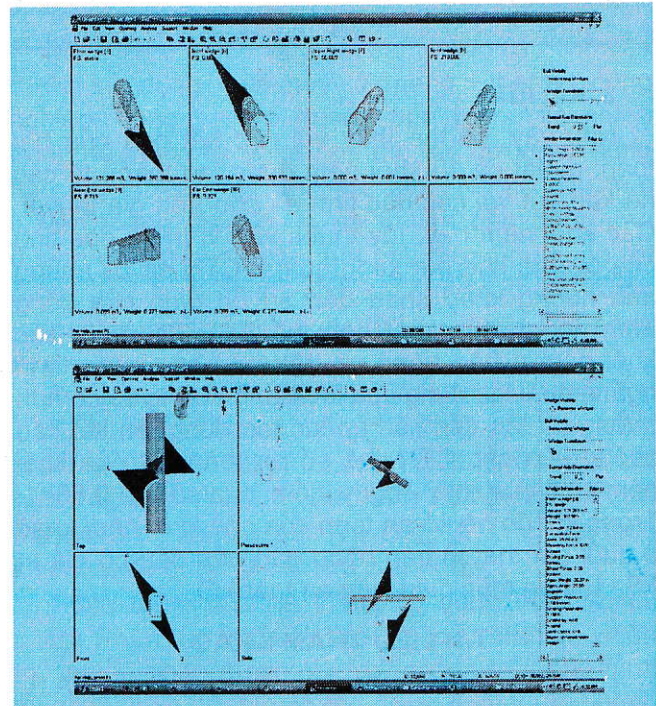
- ❖ Các khối nêm nằm ở phía nóc công trình;
- ❖ Các khối nêm nằm ở bên hông công trình;

❖ Những khối nêm nằm ở dưới nền công trình.

Trong phân tích sự ổn định khối đá, ta chỉ quan tâm những khối nêm nằm ở phía nóc và phía hông công trình vì chúng có khả năng trượt lở vào khoảng trống bên trong khối đá do tự trọng, còn khối nêm ở nền công trình không có xu hướng dịch chuyển vào trong công trình ngầm nên không cần nghiên cứu.



H.10. Mô hình tính toán bằng phần mềm Unwedge



H.11. Kết quả phân tích các đặc tính của khối nêm xuất hiện xung quanh công trình ngầm

2. Mô phỏng việc tính toán trọng lượng và thể tích các khối nêm bằng phần mềm Unwedge

Trong bài viết này, người viết sẽ sử dụng phần mềm Unwedge để xác định các đặc tính của khối nêm như trọng lượng, thể tích... trong các khối đá xung quanh công trình ngầm cũng như vị trí của các khối nêm và sự ảnh hưởng của chúng tới sự ổn định của các công trình ngầm. Thông số đầu vào: Công trình ngầm có tiết diện ngang tường thẳng,

vòm một tâm với các thông số như sau: tường thẳng, cao $h=8$ m, rộng $b=6$ m với các tọa độ: (0,8); (0,0); (6,0); (6,8); c. Có 5 hệ khe nứt với các thông số:

Joint: Dip/ Dip Direction

1: 55/180 Properties 1; ($\rho=25^\circ$, $T=0,5$ T/m², $c=0,2$ T/ m²);

2: 55/60 Properties 2; ($\rho=30^\circ$, $T=1,5$ T/m², $c=0,6$ T/ m²);

3: 55/300 Properties 3; ($\rho=30^\circ$, $T=0,9$ T/m², $c=1,6$ T/ m²);

4: 60/130 propeeties 2; ($\rho=30^\circ$, $T=1,5$ T/m², $c=0,6$ T/ m²);

5: 60/150 Properties 1; ($\rho=25^\circ$, $T=0,5$ T/m², $c=0,2$ T/ m²).

Ta nhận được đặc tính của các khối nêm xuất hiện xung quanh công trình ngầm như H.11.

Bảng 1. Đặc tính của các khối nêm xuất hiện xung quanh công trình ngầm

Number	Required Support	Pressure	Units	Wedge	Volume	Units
1	2	9.95	tonnes/m2	120.194	m3	
2	1	4.65	tonnes/m2	14.242	m3	
3	1	2.81	tonnes/m2	35.857	m3	
4	1	0.98	tonnes/m2	4.030	m3	
5	3	0.34	tonnes/m2	10.429	m3	
6	1	0.00	tonnes/m2	12.853	m3	
7	2	0.00	tonnes/m2	10.321	m3	
8	1	0.00	tonnes/m2	5.070	m3	
9	2	0.00	tonnes/m2	3.257	m3	
10	1	0.00	tonnes/m2	2.472	m3	

3. Kết luận

Như vậy, có thể thấy với các kết quả của bài toán: có tất cả 10 khối nêm được tạo thành từ các hệ khe nứt với các đặc tính đã cho trên giả thuyết. Các khối nêm này, tùy thuộc vào vị trí và đặc tính của các hệ khe nứt xung quanh CTN sẽ có những ảnh hưởng khác nhau đến sự ổn định của công trình ngầm (các khối nêm số 3,6). Rõ ràng, các khối nêm ở bên hông và trên nóc của công trình ngầm, dưới tác dụng của lực trọng trường sẽ có ảnh hưởng rất lớn đến các áp lực tác dụng lên kết cấu chống của các CTN (hệ số an toàn FS của khối nêm số 6 là stable – nguy hiểm, của số 3 là $0,85 < 1$). Trong khi đó hệ số an toàn của các khối nêm khác ở dưới nền hay ở bên hông gần nền đều có giá trị $FS > 1$, thỏa mãn điều kiện an toàn). □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Attewell, P.B., Yeates, J. and Selby, A.R. (1986). "Soil movements induced by Tunnelling", Chapman and Hall, New York.

2. Barisone, G., Pigorini, B. and Pelizza, S. (1982). "Umbrella Arch method for tunnelling in difficult conditions- Analysis of Italian cases", Proceedings of the 4th Congress International Association of Engineering Geology, New Delhi, Vol. 4, pp.15-27.

3. Võ Trọng Hùng, Phùng Mạnh Đắc. Cơ học đá ứng dụng trong xây dựng công trình ngầm và khai thác mỏ. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật. Năm 2005.

4. Nguyễn Quang Phích. Bài giảng Tin ứng dụng trong Xây dựng công trình ngầm và mỏ.

5. Nguyễn Quang Phích. Sử dụng phương pháp số nghiên cứu các quá trình địa cơ trong khai thác mỏ. Hội nghị Khoa học Kỹ thuật Mỏ toàn quốc lần thứ XV. Năm 2003. Huế 7/2003. Tr. 147-152.

6. Nguyễn Quang Phích. Cơ học đá. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật. 2008.

Người biên tập: Võ Trọng Hùng

SUMMARY

Underground construction is one of the most difficult jobs because its faced with many risks: the change in geological conditions (properties of rock, faults, joints...), microclimate complex, limited space...

The wedges are tetrahedral in nature, and defined by three intersecting discontinuities. The wedges can be interactively moved from their default positions around the excavation (Individual wedges can be moved, or all wedges can be translated simultaneously. The wedges can be moved into, or away from the excavation. The direction of movement is always the sliding direction for each wedge). The prediction of sizes, shapes, properties of the wedges in order to determine stress on the underground structure, instable