



# NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA MỘT SỐ THÔNG SỐ CẤU TRÚC KHỐI ĐÁ ĐẾN ĐỘ ỔN ĐỊNH KHỐI NÊM KHI SỬ DỤNG KẾT CẤU CHỐNG GIỮ BẰNG VÌ NEO

Đỗ Ngọc Thái

Trường Đại học Mỏ-Địa chất

Email: dongocthai@humg.edu.vn

## TÓM TẮT

Trong công tác thi công các đường hầm hay công trình ngầm qua các khối đá nứt nẻ ở độ sâu không lớn, xuất hiện các dạng phá hủy phổ biến nhất là phá hủy dạng cấu trúc liên quan đến các khối nêm rơi từ nóc hoặc trượt ra khỏi thành bên của khoảng trống công trình ngầm. Các khối nêm này được hình thành do các đặc điểm cấu trúc của khối đá, từ các hệ khe nứt giao cắt nhau và với biên đào khoảng trống công trình ngầm. Khi một mặt thoáng tự do được tạo ra bằng cách thi công khoảng trống công trình ngầm thì phần ngăn cản sự dịch chuyển khối nêm đã bị loại bỏ, lúc này một hay nhiều khối nêm có thể rơi hoặc trượt vào khoảng trống công trình ngầm. Khi đó, cần thiết phải thực hiện các phương pháp nghiên cứu xác định vị trí, mức độ ổn định của các khối nêm. Từ các thông số cấu trúc khối đá và thông số kỹ thuật của công trình ngầm cho phép xác định được vị trí, hình dạng và kích thước của các khối nêm mất ổn định hình thành xung quanh vùng chống công trình ngầm. Từ đó, cho phép tính toán thiết kế kết cấu chống giữ cần thiết như vì neo để nâng cao độ ổn định các khối nêm nhằm đảm bảo hệ số an toàn cho các khối nêm. Bài báo sử dụng phương pháp mô phỏng số bằng phần mềm địa kỹ thuật Rocscience-Unwedge 3.0 để phân tích ảnh hưởng của các thông số cấu trúc khối đá đến độ ổn định của khối nêm khi sử dụng phương pháp chống giữ vì neo. Nghiên cứu này cho thấy các thông số cấu trúc khối đá rất cần thiết cho công tác tối ưu hóa thiết kế kết cấu chống giữ.

**Từ khóa:** đường hầm, vì neo, khối nêm ổn định, hệ số an toàn

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sau khi khai đào tạo ra khoảng trống công trình ngầm có thể xuất hiện hai dạng mất ổn định cơ bản là mất ổn định cấu trúc và mất ổn định do biến đổi cơ học. Mất ổn định do cấu trúc tức là dạng mất ổn định do hình thành các khối nêm là các khối nứt giao cắt với biên khoảng trống công trình ngầm, một hiện tượng xuất hiện do tạo khoảng trống ngầm cắt qua nhiều mặt phân cách trong khối đá tồn tại các hệ khe nứt. Mất ổn định do biến đổi cơ học là tác động cơ học của quá trình khai đào vượt quá khả năng chịu tải của khối đá. Trong thực tế, tùy theo từng điều kiện cụ thể các dạng mất ổn định cơ bản này có thể xuất hiện độc lập, nhưng cũng có thể ở dạng hỗn hợp và thúc đẩy lẫn nhau.

Đối với công tác thi công các đường hầm hay

công trình ngầm qua các khối đá nứt nẻ ở độ sâu không lớn thì dạng phá hủy phổ biến nhất là phá hủy cấu trúc liên quan đến các khối nêm rơi từ nóc hoặc trượt ra khỏi thành bên của khoảng trống công trình ngầm. Để xác định vị trí, kích thước hình dạng và mức độ ổn định của khối nêm bị phá hủy xung quanh khoảng trống công trình ngầm thì các thông số cấu trúc khối đá cần được khảo sát, thu thập để làm cơ sở cho công tác thiết kế kết cấu chống giữ công trình ngầm.

Đối với công trình ngầm thi công qua khối đá nứt nẻ có nguy cơ mất ổn định dạng cấu trúc thì việc sử dụng kết cấu chống giữ vì neo mang lại hiệu quả cao và đã được sử dụng rộng rãi trong các lĩnh vực thi công công trình ngầm giao thông, đường hầm dẫn nước cho nhà máy thủy điện hay

các đường lò khai thác khoáng sản. Một số thông số cấu trúc của khối đá có ảnh hưởng đến độ ổn định của khối nê hình thành xung quanh khoảng trống công trình ngầm bao gồm: sự tồn tại các hệ khe nứt; hình dạng, kích thước khoảng trống công trình ngầm; vị trí và hướng tương đối giữa các hệ khe nứt với nhau và với khoảng trống công trình ngầm; lực dính kết  $c$ , (MPa); góc ma sát trong  $\varphi$ , (độ); áp lực nước ngầm  $p$ , (MPa); góc ma sát, độ gồ gề mặt trượt  $\varphi_b$ , (độ); độ bền cắt của đá ở mặt trượt  $\tau$ , (MPa). Để phân tích ảnh hưởng của các thông số cấu trúc khối đá đến độ ổn định của khối nê khi sử dụng phương pháp chống giữ công trình ngầm bằng kết cấu chống giữ vì neo tác giả sử dụng phương pháp mô phỏng số bằng phần mềm địa kỹ thuật Rocscience-Unwedge 3.0.

## 2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

### 2.1. Khái quát chung kết cấu chống giữ vì neo

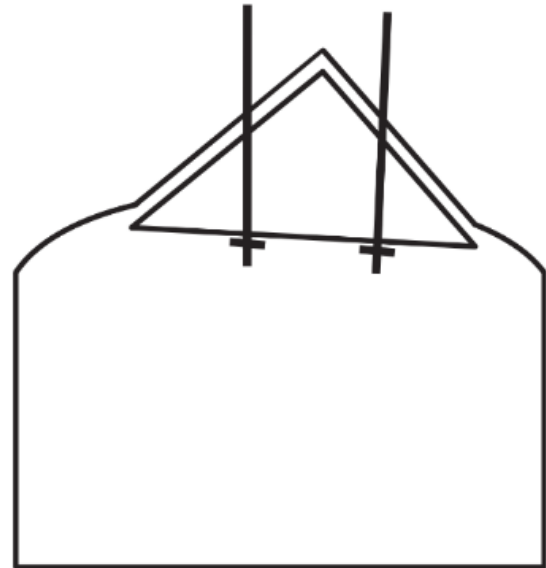
Neo là kết cấu chống giữ được sử dụng trong thi công công trình ngầm và các đường lò phục vụ khai thác khoáng sản, neo có thể sử dụng độc lập hay kết hợp với các loại kết cấu chống giữ khác với nguyên lý là treo, chốt các khối nê vùng giảm yếu liên kết vào khối đá bền vững hơn hoặc tạo thành dầm mang tải ngăn ngừa khả năng rơi, trượt lở xuống khoảng trống công trình ngầm. Neo là một loại kết cấu chống tích hợp, được chế tạo từ cấu kiện dạng thanh chịu kéo, được gắn kết tích hợp vào khối đá thông qua các lỗ khoan, có thể liên kết trực tiếp hoặc gián tiếp với khối đá, để gắn kết vùng đá kém ổn định vào vùng đá ổn định.

### 2.2. Nguyên lý gia cố khối đá

Neo được sử dụng nhằm tăng khả năng mang tải của khối đá, có thể được lắp đặt cắm xuyên vào trong khối đá để treo, chốt giữ các khối nê hay vùng giảm yếu liên kết vào khối đá bền vững hơn hay cũng có thể tạo ra ứng lực trước biến khối đá thành vòm mang tải. Nguyên lý gia cố khối đá bằng vì neo bao gồm:

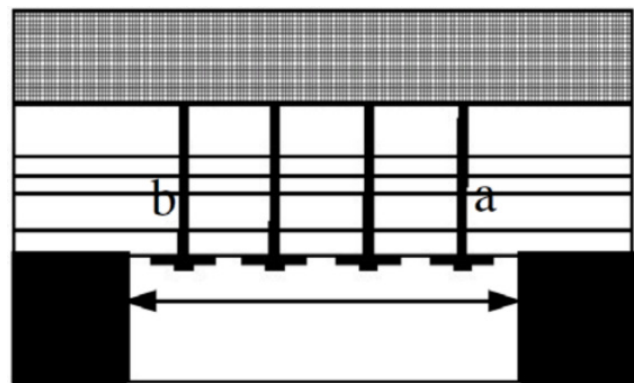
- Treo, liên kết các khối nê: Trong quá trình thi công công trình qua khối đá tồn tại các hệ khe nứt, sự giao cắt giữa các khe nứt và đường biên công trình ngầm tạo ra các khối nê hay các vùng giảm yếu có nguy cơ rơi, sập lở vào trong khoảng trống

ngầm. Khi đó neo được sử dụng để treo, chốt, liên kết khối nê, vùng giảm yếu vào khối nguyên bền vững phía trên, như Hình H.1.



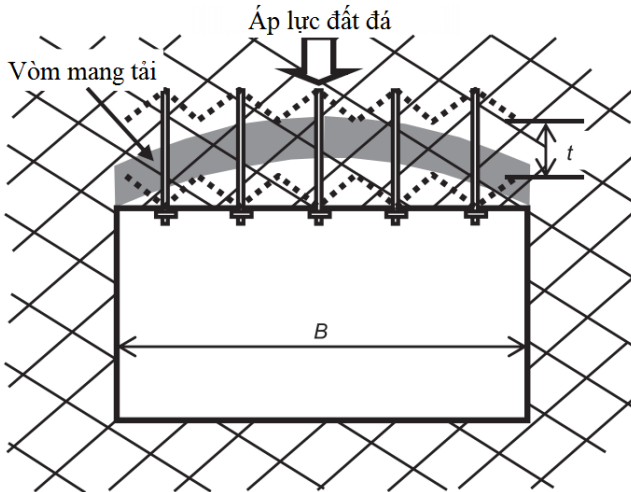
H.1. Neo sử dụng chức năng treo, liên kết các khối nê

- Tạo dầm mang tải: Các công trình ngầm đào qua đá trầm tích phân lớp nằm ngang, khối đá tại nóc thường có chứa các mặt phẳng phân lớp yếu. Trong trường hợp này, chúng ta có thể sử dụng kết cấu neo đá để liên kết các lớp đá yếu tạo thành dầm mang tải chống giữ tại nóc, như Hình H.2.



H.2. Neo sử dụng với chức năng tạo dầm mang tải

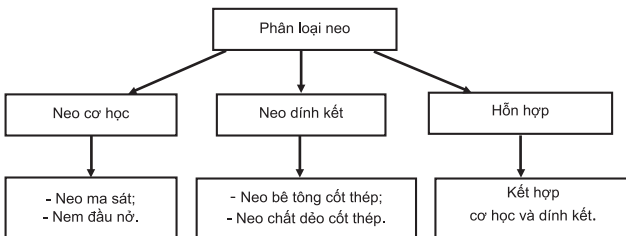
- Tạo vòm mang tải: Để cải thiện trạng thái ứng suất trong khối đá trên biên công trình ngầm, sau khi khai đào tạo khoảng trống ngầm chúng ta sử dụng neo ứng suất trước tạo điều kiện hình thành vùng khối đá ổn định có khả năng mang tải tốt hơn, như Hình H.3.



H.3. Neo sử dụng với chức năng tạo vòm mang tải

2.3. Phân loại neo

Hiện nay có rất nhiều cách phân loại neo khác nhau. Có thể phân loại neo theo vật liệu chế tạo neo, chiều dài neo, phạm vi áp dụng, đặc điểm nguyên tắc làm việc của neo. Tuy nhiên theo sự làm việc của kết cấu neo ta có thể phân loại neo như Hình H.4 [3].



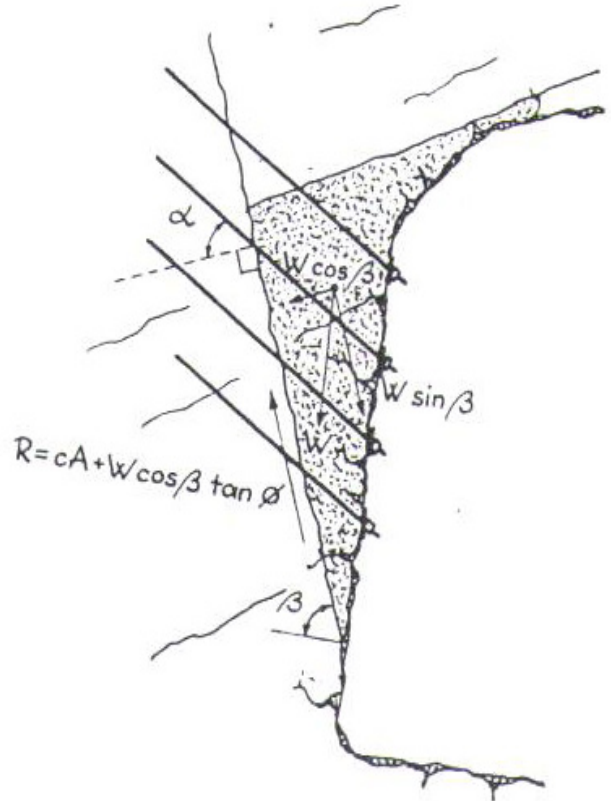
H.4. Sơ đồ phân loại kết cấu chống neo

2.4. Phân tích đặc điểm các thông số cấu trúc khối đá

Phương pháp gia cố khối đá bằng vì neo được thiết kế chủ yếu để giữ ổn định khối đá, hạn chế sự sụt lún của khối đá, hạn chế sự dịch chuyển của các khối đá phá hủy hay mất ổn định cấu trúc. Như vậy để đánh giá hiệu quả sử dụng của neo là đánh giá khả năng dính kết, treo các khối nêm phá hủy vào phần đá bền vững hay hạn chế sự dịch chuyển, sụt lún của khối đá nêm phá hủy vào trong công trình. Khi các khối đá phá hủy, mất ổn định do rơi, trượt do tác dụng của trọng lượng bản thân. Khi xác định chiều dài của neo dựa trên cơ sở kích thước khối đá, sao cho phần neo nằm trong khối đá rắn chắc có đủ khả năng giữ trọng lượng của khối đá có khả

năng rơi, sụt lún vào khoảng trống công trình ngầm.

Giả sử, khối nêm bị trượt lún vào khoảng trống công trình do tác dụng của trọng lượng bản thân thì lực chống trượt lún ở đây là lực ma sát giữa hai mặt phân cách và khả năng mang tải của neo. Để thấy rõ được các tham số cấu trúc khối đá có ảnh hưởng đến dịch chuyển hay độ ổn định của các khối nêm khi sử dụng kết cấu chống giữ vì neo, ta thấy trên Hình H.5 [3].



H.5. Gia cố khối nêm trượt

Ở đây chúng ta phân tích khối nêm trượt phía bên trái khoảng trống công trình ngầm. Trọng lượng của khối nêm (W) được phân ra làm hai thành phần: thành phần song song với mặt phân cách ( $W_t = W \cdot \sin \beta$ ) và thành phần vuông góc với mặt phân cách ( $W_p = W \cdot \cos \beta$ ). Thành phần gây trượt là thành phần song song với mặt phân cách  $W_t$ , khi  $W_t$  lớn hơn tổng lực ma sát giữa hai mặt phân cách và khả năng mang tải của hệ neo chống giữ thì khối nêm sẽ bị trượt vào khoảng trống công trình ngầm.

Từ đó ta thấy thành phần lực ma sát giữa các mặt phân cách có tác dụng chống trượt giữa các khối nêm, thành phần lực ma sát giữa các mặt phân cách có ảnh hưởng tới khả năng chịu tải của neo.

Theo [4], số lượng các thanh neo được xác định theo công thức:

$$N = \frac{W(\sin \beta - \cos \beta g \phi) - c.A}{R.(\cos \alpha g \phi + F_s \sin \alpha)} \quad (1)$$

Trong đó: N - Số lượng neo, neo; W - Trọng lượng của khối nê, T;  $F_s$  - hệ số an toàn khối nê, thông thường  $1,5 \leq F_s < 3$ . Giá trị  $F_s$  tùy thuộc vào kết quả của hiện tượng trượt khối nê cũng như việc sử dụng neo để làm kết cấu gia cố chống giữ cho công trình ngầm;  $\beta$  - Góc của mặt trượt, (độ);  $\phi$  - Góc ma sát trên mặt trượt, (độ); c - Lực dính kết trên mặt trượt, T/m<sup>2</sup>; A - Diện tích mặt trượt, m<sup>2</sup>; R - khả năng mang tải của neo, T;  $\alpha$  - Góc hợp giữa phương cắm neo và pháp tuyến của mặt trượt, độ.

Mặt khác, lực ma sát lại phụ thuộc vào độ mở của khe nứt, độ nhám của bề mặt khe nứt, chất lấp nhét, mức độ phong hóa trên bề mặt khe nứt, góc ma sát của mặt trượt. Như vậy các tham số cấu trúc khối đá đặc trưng cho độ bền chống trượt của khối đá có ảnh hưởng đến hiệu quả sử dụng của vì neo.

Các tham số cấu trúc khối đá ảnh hưởng đến độ ổn định, an toàn khối nê và hiệu quả sử dụng của neo bao gồm:

- Độ bền cơ lý của đá: trong các khối đá bờ rời sau khai đào, khối đá xung quanh công trình ngầm không thể tạo ra các khối nê rắn cứng do đó sử dụng kết cấu chống vì neo không hiệu quả, trong trường hợp này phải sử dụng các loại kết cấu chống khác như dạng vò chống.

- Mật độ các khe nứt hay khoảng cách giữa các khe nứt đủ để tạo ra các khối nê.

- Vị trí thể nằm của khe nứt, khi các khe nằm song song nhau ta có thể sử dụng neo tạo thành dầm mang tải, khi các khe nứt giao cắt nhau tạo thành khối nê chúng ta sử dụng neo để treo, chốt khối nê vào phần đá nguyên khối bền vững hơn.

- Hình dạng bề mặt khe nứt được đánh giá qua độ nhám của mặt trượt có thể là bằng phẳng, lượn sóng hay dạng răng cưa... cũng ảnh hưởng đến độ bám dính với chất dính kết hay ảnh hưởng đến độ ma sát trên bề mặt khe nứt liên quan đến hiện tượng trượt dọc theo bề mặt khe nứt.

- Mức độ phong hóa trên bề mặt khe nứt quyết định đến độ bền của khối nê.

- Độ mở của khe nứt hay khoảng cách giữa các

bờ khe nứt, chúng ảnh hưởng đến sự xâm nhập của chất dính kết vào trong khối đá cũng làm thay đổi lực dính kết giữa chất dính kết và khối đá.

- Chất lấp nhét, khoảng cách giữa hai bờ khe nứt có thể được lấp đầy ở các mức độ khác nhau, chất lấp nhét có thể là nước, không khí hoặc các sản phẩm phong hóa dưới các dạng vật liệu bị cà nát hoặc sỏi, sạn... chúng cũng làm thay đổi đặc tính chất dính kết, do đó khi lắp dựng neo chúng ta cần có các công đoạn làm sạch lỗ khoan.

- Độ bền cắt của đá tại mặt trượt.

Một bề mặt khe nứt tự nhiên trong đá cứng có thể coi là bằng phẳng hoặc có thể là dạng răng cưa điển hình được sử dụng để xác định góc ma sát cơ sở. Sự gợn sóng và gồ ghề trên bề mặt tự nhiên của khe nứt có một ảnh hưởng nhất định đến độ bền kéo của khe nứt. Điển hình, mức độ gồ ghề của bề mặt này sẽ tăng khả năng chống lại lực kéo của bề mặt và mức độ tăng độ bền cắt là sự chính xác quan trọng của mức độ ổn định của đá trong quá trình khai đào công trình ngầm.

## 2.5. Phân tích ảnh hưởng của thông số cấu trúc khối đá đến độ ổn định khối nê bằng phần mềm Unwedge 3.0

### 2.5.1. Khái quát chung

Phần mềm địa kỹ thuật Rocscience-Unwedge 3.0 được xây dựng trên cơ sở phương pháp biểu đồ cầu để mô phỏng sự hình thành của các khối nê có thể trượt lở vào trong khoảng trống công trình ngầm, phần mềm còn có chức năng kiến nghị các biện pháp gia cố để giữ ổn định cho các khối nê có khả năng sập lở vào khoảng trống công trình ngầm.

Giả thiết cơ bản của phần mềm: sử dụng chương trình tính để phân tích khối nê tại biên xung quanh khoảng trống công trình ngầm khi thi công trong khối đá với giả thiết các hệ khe nứt là liên tục và sự phá hủy là do cấu trúc. Sự dịch chuyển chỉ xảy ra trên các mặt khe nứt và sự dịch chuyển của các khối nê được coi như không có biến dạng. Khối nê là khối tứ diện tự nhiên và được xác định bằng sự giao cắt của từ 3 hệ khe nứt và biên khoảng trống công trình ngầm. Bề mặt khe nứt được coi là hoàn toàn phẳng, các bề mặt khe nứt được giả thiết là liên tục và kéo dài qua



phần thể tích của khối đá được khảo sát. Do đó, các khe nứt sẽ xác định vị trí khối nêm hình thành xung quanh khoảng trống công trình ngầm.

Chương trình tính có kể đến các tham số khối đá công trình đào qua và có sử dụng kết cấu chống giữ vì neo, bê tông phun hay vì thép để chống giữ công trình ngầm, do đó sử dụng chương trình tính để đánh giá hiệu quả sử dụng kết cấu chống giữ khi thi công qua các khối đá có các tham số địa kỹ thuật khác nhau. Phần mềm phân tích chỉ ra hệ số an toàn ( $F_s$ ) của khối nêm để từ đó là cơ sở để thiết kế kết cấu chống giữ công trình ngầm. Hệ số an toàn (hay độ ổn định) của khối nêm:  $F_s$  được xác định bằng biểu thức [4]:

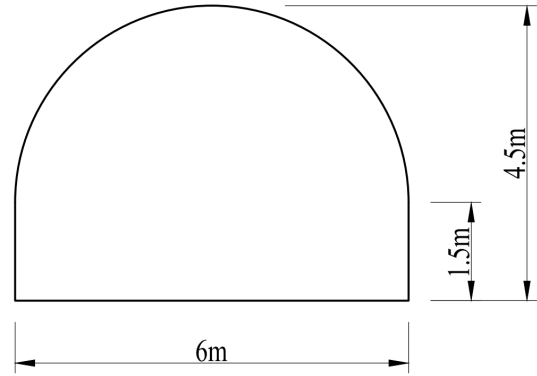
$$F_s = \frac{\text{Lực chống sụt lở}}{\text{Lực gây sụt lở}} \quad (2)$$

Nếu  $F_s \geq 1$  thì khối nêm được coi là ổn định, an toàn. Tuy nhiên trong thực tế thi công công trình ngầm, do còn nhiều yếu tố tác động khác tới sự ổn định, an toàn của khối nêm mà đã không được tính tới như ứng suất tác động trong khối đá, ảnh hưởng của tải trọng động gây ra do khai thác, khoan nổ mìn dưới ngầm... và hơn nữa do sự khó khăn để xác định chính xác đặc tính bề mặt khe nứt nên hệ số ( $F_s$ ) thường đòi hỏi phải lớn hơn 1. Theo các nhà nghiên cứu trong chương trình Unwedge hệ số an toàn ( $F_s$ ) giới hạn để một khối nêm có thể tự ổn định là  $1.5 \div 2$  (1.5: công trình ngầm có thời gian tồn tại ngắn, 2: công trình ngầm có thời gian tồn tại lâu dài).

Nếu hệ số an toàn ( $F_s$ ) không thỏa mãn điều kiện ổn định của khối nêm thì cần có biện pháp gia cố công trình ngầm bằng các loại kết cấu chống như neo, bê tông phun, vì thép... để tăng hệ số an toàn ( $F_s$ ) tới giá trị cần thiết.

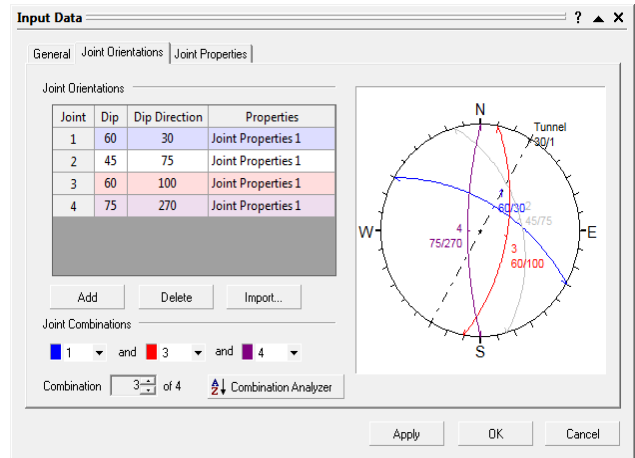
### 2.5.2. Xây dựng bài toán

Một đường hầm có tiết diện ngang hình tường thẳng vòm bán nguyệt, kích thước khai đào: Bán kính vòm  $R = 3\text{m}$ ; chiều cao tường hầm là  $h = 1.5\text{m}$ . Được đào trong khối đá có mô đun đàn hồi  $E = 20000 \text{ T/m}^3$ , hệ số Poisson ratio  $\nu = 0,25$ ; khối lượng thể tích  $\gamma_\sigma = 2.7 \text{ T/m}^3$ . Khối lượng thể tích nước ngầm  $\gamma_n = 0.981 \text{ T/m}^3$ . Hệ số an toàn thiết kế ban đầu:  $F_{stk} = 2$ . Trục công trình tạo với mặt phẳng nằm ngang một góc  $0^\circ$  như Hình H.6.



H.6. Kích thước mặt cắt ngang đường hầm

Trong khối đá tồn tại 4 khe nứt bao gồm: Khe nứt thứ 1 có: góc dốc:  $60^\circ$ , góc phương vị hướng dốc:  $30^\circ$ ; Khe nứt thứ 2 có: góc dốc:  $45^\circ$ , góc phương vị hướng dốc:  $75^\circ$ ; Khe nứt thứ 3 có: góc dốc:  $60^\circ$ , góc phương vị hướng dốc:  $100^\circ$ . Khe nứt thứ 4 có: góc dốc:  $75^\circ$ , góc phương vị hướng dốc:  $270^\circ$ , như trên Hình H.7.



H.7. Vị trí tương đối trục đường hầm và các khe nứt

Phần mềm sử dụng tiêu chuẩn Mohr-Coulomb để xác định độ ổn định của khối nêm xung quanh biên đào công trình ngầm. Kết quả kiểm tra sự ổn định của các khối nêm xung quanh biên đường hầm sau khi khai đào và từ đó đề xuất sử dụng kết cấu chống giữ như neo bê tông cốt thép để chống giữ khoảng trống ngầm của công trình nếu khối nêm có nguy cơ mất ổn định hay có nguy cơ rơi xuống không gian ngầm.

### 2.5.3. Giải quyết bài toán

Các thông số địa kỹ thuật theo tiêu chuẩn Mohr-Coulomb của đá và hệ khe nứt được sử dụng như trong Bảng 1.

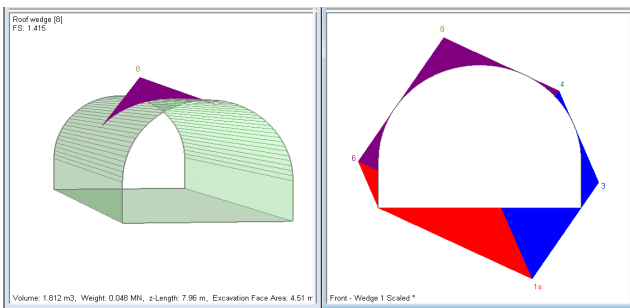


**Bảng 1. Thông số địa kỹ thuật các hệ khe nứt**

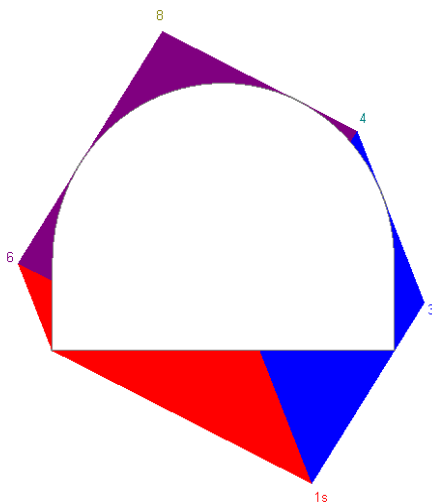
STT	Tham số kỹ thuật	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị
1	Góc ma sát trong	$\varphi$	độ	15
2	Lực dính kết	c	MPa	0,01
3	Độ bền kéo	$\tau$	MPa	0,2
4	Hệ số Poisson ratio,	$\nu$		0,05
5	Góc gồ ghề mặt trượt	$\varphi_b$	độ	1
6	Áp lực nước ngầm, MPa	p	MPa	0,05

Phần mềm tính chỉ ra vị trí và các giá trị tham số kỹ thuật của các khối nêm nguy hiểm được hình thành xung quanh biên đào khoảng trống công trình ngầm có khả năng rơi, trượt lở vào không gian ngầm.

Vị trí các khối nêm hình thành xung quanh biên đào công trình thể hiện trong Hình H.8 và H.9.



**H.8. Vị trí khối nêm hình thành xung quanh biên đào công trình ngầm**



**H.9. Các tham số kỹ thuật khối nêm số 6, số 8 xung quanh biên đào công trình ngầm**

**Thông số kỹ thuật khối nêm số 6:**

Lower Left wedge [6]  
 $F_s$ : 2.080  
 Volume: 0.802 m<sup>3</sup>  
 Weight: 0.021 MN  
 z-Length: 2.75 m  
 Excavation Face Area: 3.13 m<sup>2</sup>  
 Apex Height: 0.80 m

**Thông số kỹ thuật khối nêm số 8:**

Roof wedge [8]  
 $F_s$ : 1.415  
 Volume: 1.812 m<sup>3</sup>  
 Weight: 0.048 MN  
 z-Length: 7.96 m  
 Excavation Face Area: 4.51 m<sup>2</sup>  
 Apex Height: 1.35 m

**Bảng 2. Thông số kỹ thuật khối nêm nguy hiểm số 6 và số 8**

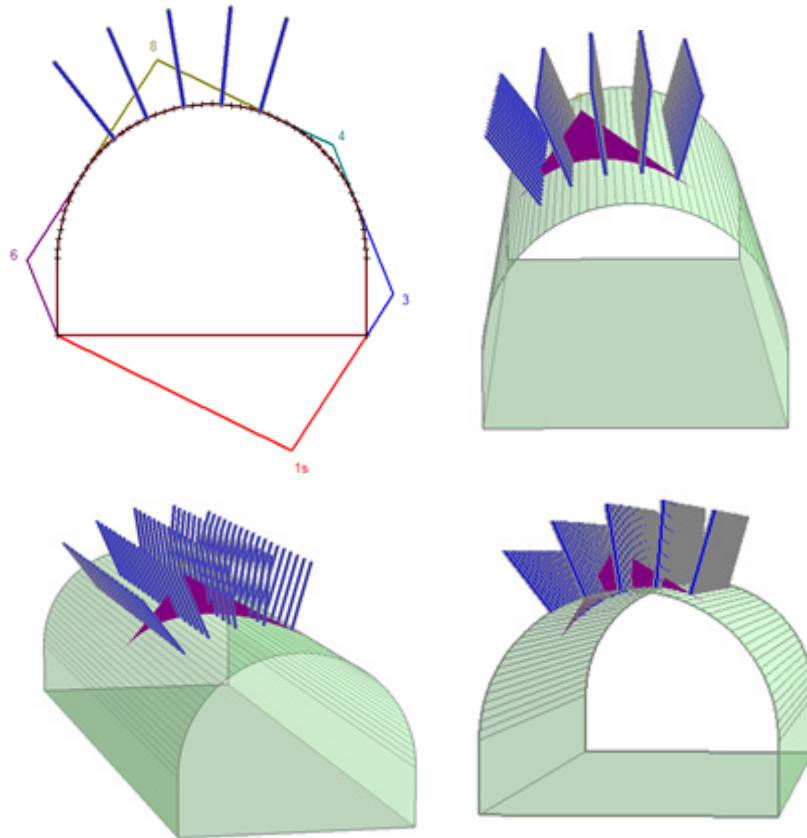
Thông số kỹ thuật của khối nêm số 6:	Thông số kỹ thuật của khối nêm số 8:
Hệ số an toàn: $F_s=2,080$	Hệ số an toàn: $F_s=1,415$
Thể tích: 0,802 m <sup>3</sup>	Thể tích: 1,812 m <sup>3</sup>
Trọng lượng 0,021 MN	Trọng lượng 0,048 MN
Chiều dài theo trục z: 2,75 m	Chiều dài theo trục z: 7,96 m
Diện tích bề mặt: 3,13 m <sup>2</sup>	Diện tích bề mặt: 4,51 m <sup>2</sup>
Chiều cao lớn nhất: 0,80 m	Chiều cao lớn nhất: 1,35 m

Ta thấy khối nêm số 6 có hệ số an toàn  $F_s=2,080 > F_{stk}=2$  nên đảm bảo an toàn, khối nêm số 8 có hệ số an toàn là  $F_s=1,415 < F_{stk}=2$  nên chưa đảm bảo an toàn.

Khối nêm phía nóc số 8 bị mất ổn định cấu trúc, khối nêm treo vào khối đá nguyên khối ổn định phía trên, để đảm bảo an toàn cần tăng độ ổn định cho khối nêm phía nóc số 8, chúng ta chống giữ bằng kết cấu chống vì neo *bê tông cốt thép*.

Giải pháp: Cắm neo bê tông cốt thép để giữ ổn định. Để xét sự hiệu quả trong làm việc của kết cấu chống vì neo bê tông cốt thép, ta xét hiệu quả chống giữ cho khối nêm phía nóc số 8, ta có các tham số kỹ thuật của neo như sau: Độ bền kéo:  $R_k=0,24$  MN, độ bền kéo của tấm bản đệm thép: 0,1 MN, khả năng mang tải, treo chốt của neo:  $R=0,34$  MN/m, chiều dài neo  $L_n=2,5$  m; mật độ lắp đặt neo:  $axa=1 \times 1$  mxm.

Sau khi lắp dựng kết cấu chống giữ neo bê tông cốt thép, chương trình tính phân tích độ ổn định cho khối nêm phía nóc số 8 ta được như trên Hình H10.



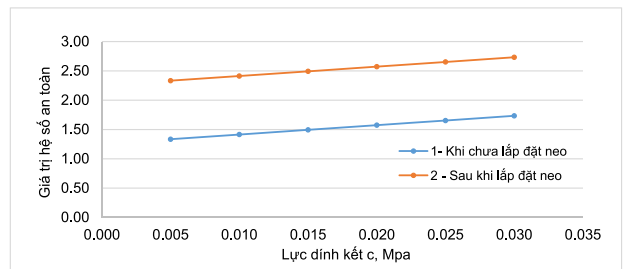
H10. Gia cố vì neo giữ ổn định khối nê phía nóc số 8

Kết quả phân tích cho thấy, sau khi lắp đặt kết cấu chống giữ vì neo thì hệ số an toàn  $F_s$  của khối nê phía nóc số 8 đã tăng lên từ 1,415 lên 2,413 đã đạt ở mức an toàn, các thông số khối nê phía nóc số 8 được thể hiện trong Bảng 3.

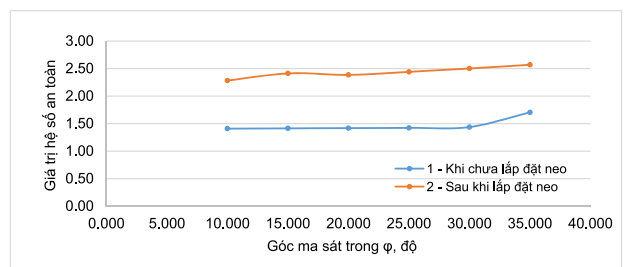
Bảng 3. Thông số kỹ thuật khối nê phía nóc số 8

Trước khi lắp đặt kết cấu chống giữ vì neo	Sau khi lắp đặt kết cấu chống giữ vì neo
Khối nê phía nóc số [8]	Khối nê phía nóc số [8]
Hệ số an toàn: $F_s=1.415$	Hệ số an toàn: $F_s=2.413$
Thể tích: 1.812 m <sup>3</sup>	Thể tích: 1.812 m <sup>3</sup>
Trọng lượng: 0.048 MN	Trọng lượng: 0.048 MN
Chiều dài theo trục Z: 7.96 m	Chiều dài theo trục Z: 7.96 m
Diện tích mặt lộ: 4.51 m <sup>2</sup>	Diện tích mặt lộ: 4.51 m <sup>2</sup>
Chiều cao lớn nhất: 1.35 m	Chiều cao lớn nhất: 1.35 m

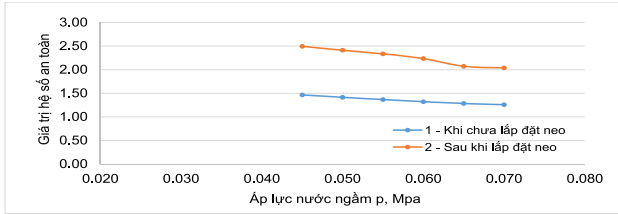
Để phân tích ảnh hưởng của các tham số cấu trúc khối đá đến độ ổn định của của khối nê khi sử dụng phương pháp chống giữ là vì neo, ta thay đổi các thông số cấu trúc hệ khe nứt để xác định độ ổn định cho khối nê phía nóc số 8 xem Hình H.11 đến Hình H.15:



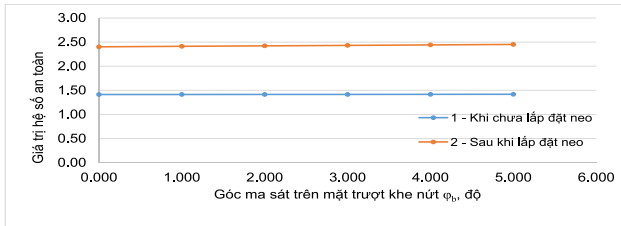
H.11. Biểu đồ quan hệ giữa lực dính kết c (MPa) và Giá trị hệ số an toàn của khối nê phía nóc số 8



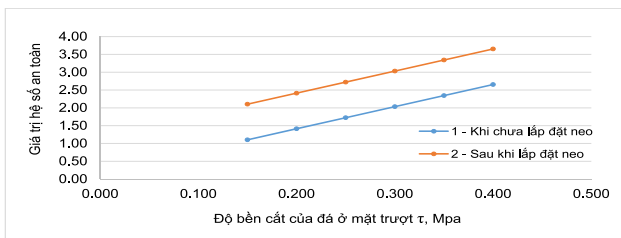
H.12. Biểu đồ quan hệ giữa góc ma sát phi (độ) và giá trị hệ số an toàn của khối nê phía nóc số 8



**H.13. Biểu đồ quan hệ giữa áp lực nước ngầm p (MPa) và giá trị hệ số an toàn của khối nôm phía nóc số 8**



**H.14. Biểu đồ quan hệ giữa góc ma sát trên mặt trượt khe nứt phi\_b (độ) và giá trị hệ số an toàn của khối nôm phía nóc số 8**



**H.15. Biểu đồ quan hệ giữa độ bền cắt của đá ở mặt trượt tau (MPa) và giá trị hệ số an toàn của khối nôm phía nóc số 8**

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Kết quả phân tích bằng phần mềm địa kỹ thuật Rocscience-Unwedge 3.0 cho phép xác định vị trí, kích thước hình dạng và hệ số an toàn, độ ổn định của các khối nôm nguy hiểm và các tham số kỹ thuật của các khối nôm. Trong điều kiện bài toán, ta thấy khối nôm phía nóc số 8 có hệ số an toàn là  $F_s = 1,415 < F_{stk} = 2$  nên chưa đảm bảo an toàn.

Sau thi thiết kế, thi công lắp đặt kết cấu chống giữ vì neo thì hệ số an toàn  $F_s$  của khối nôm phía nóc số 8 đã tăng lên từ 1,415 lên 2,413 đã đạt ở mức an toàn.

Để phân tích ảnh hưởng của các thông số cấu trúc khối đá đến độ ổn định của của khối nôm khi sử dụng phương pháp chống giữ là vì neo, ta thay đổi các thông số cấu trúc hệ khe nứt để xác định độ ổn định cho khối nôm phía nóc số 8:

- Theo kết quả phân tích trên Hình H.11 - Biểu đồ quan hệ giữa lực dính kết c (MPa) và giá trị hệ số an toàn của khối nôm phía nóc số 8 ta thấy lực dính kết c (MPa) có tỉ lệ thuận với hệ số độ an toàn khối nôm, khi lực dính kết c (MPa) tăng từ 0,005

đến 0,03 (MPa) thì hệ số an toàn khối nôm sau khi lắp đặt neo tăng từ 2,333 đến 2,733.

- Theo kết quả phân tích trên Hình H.12 - Biểu đồ quan hệ giữa góc ma sát phi (độ) và giá trị hệ số an toàn của khối nôm phía nóc số 8 ta thấy góc ma sát trong phi (độ) có tỉ lệ thuận với hệ số độ an toàn khối nôm, khi góc ma sát trong tăng từ 10 đến 35 (độ) thì hệ số an toàn khối nôm sau khi lắp đặt neo tăng từ 2,283 đến 2,569.

- Theo kết quả phân tích trên Hình H.13 - Biểu đồ quan hệ giữa áp lực nước ngầm p (MPa) và giá trị hệ số an toàn của khối nôm phía nóc số 8 ta thấy áp lực nước ngầm p (MPa) có tỉ lệ nghịch với hệ số độ an toàn khối nôm, khi áp lực nước ngầm tăng từ 0,045 đến 0,07 (MPa) thì hệ số an toàn khối nôm sau khi lắp đặt neo giảm từ 2,495 đến 2,038.

- Theo kết quả phân tích trên Hình H.14 - Biểu đồ quan hệ giữa góc ma sát trên mặt trượt khe nứt phi\_b (độ) và giá trị hệ số an toàn của khối nôm phía nóc số 8 ta thấy góc ma sát, độ gồ gề mặt trượt phi\_b (độ) có tỉ lệ thuận với hệ số độ an toàn khối nôm, khi góc ma sát trên mặt trượt khe nứt tăng từ 0 đến 5 (độ) thì hệ số an toàn khối nôm sau khi lắp đặt neo tăng từ 2,402 đến 2,451.

- Theo kết quả phân tích trên Hình H.15 - Biểu đồ quan hệ giữa độ bền cắt của đá ở mặt trượt tau (MPa) và giá trị hệ số an toàn của khối nôm phía nóc số 8 ta thấy độ bền cắt của đá ở mặt trượt tau (MPa) có tỉ lệ thuận với hệ số độ an toàn khối nôm, khi độ bền cắt của đá ở mặt trượt tăng từ 0,15 đến 0,4 (MPa) thì hệ số an toàn khối nôm sau khi lắp đặt neo tăng từ 2,103 đến 3,654.

### 4. KẾT LUẬN

Công tác thi công công trình ngầm luôn có những rủi ro gây phá hủy khối đá xung quanh biên đào, thi công công trình ngầm qua các khối đá nứt nẻ ở độ sâu không lớn xuất hiện dạng phá hủy phổ biến nhất là phá hủy dạng cấu trúc liên quan đến các khối nôm rơi từ nóc hoặc trượt ra khỏi thành bên của khoảng trống công trình ngầm. Công tác xác định vị trí, mức độ mất ổn định của các khối nôm nguy hiểm và từ đó đề xuất kết cấu chống giữ đảm bảo kỹ thuật, tránh lãng phí là bài toán rất cần thiết trong thiết kế và thi công công trình ngầm. Kết quả phân tích bằng phần mềm địa kỹ thuật Rocscience-Unwedge 3.0 cho phép xác định vị trí và hệ số an toàn, độ ổn định của các khối nôm nguy hiểm và các tham số kỹ thuật của các khối nôm.

Với dữ liệu điều kiện bài toán được phân tích, sau khi khai đào khoảng trống ngầm thì hình thành các khối nôm nguy hiểm xung quanh biên đào,





đặc biệt là khối nêm phía nóc số 8 và sử dụng kết cấu chống giữ vì neo bê tông cốt thép để nâng cao độ ổn định, an toàn cho khối nêm phía nóc số 8. Kết quả phân tích cho thấy, sau khi lắp đặt kết cấu chống giữ vì neo thì hệ số an toàn  $F_s$  của khối nêm phía nóc số 8 đã tăng từ 1,415 lên 2,413 đã đạt ở mức an toàn. Các kết quả phân tích ảnh hưởng của các thông số cấu trúc khối đá đến giá trị hệ số an toàn khối nêm phía nóc số 8 khi sử dụng kết cấu chống vì neo cho thấy:

- Lực dính kết c (MPa) có tỉ lệ thuận với hệ số an toàn khối nêm.
- Góc ma sát trong  $\varphi$  (độ) có tỉ lệ thuận với hệ số an toàn khối nêm.
- Áp lực nước ngầm p (MPa) có tỉ lệ nghịch với hệ số an toàn khối nêm.
- Góc ma sát, độ gồ gề mặt trượt  $\varphi_b$  (độ) có tỉ lệ thuận với hệ số an toàn khối nêm.
- Độ bền cắt của đá ở mặt trượt  $\tau$  (MPa) có tỉ lệ thuận với hệ số an toàn khối nêm  $\square$

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Đỗ Ngọc Thái, (2010). Bài giảng - Cơ sở xây dựng công trình ngầm và mỏ. Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.
2. Đỗ Ngọc Thái, (2018). Bài giảng - Thi công công trình ngầm. Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.
3. Nguyễn Quang Phích, (2006). Bài giảng - Cơ học đá, NXB Xây dựng, Hà Nội.
4. Nguyễn Văn Mạnh, (2007). Bài giảng - Tin học ứng dụng trong xây dựng công trình ngầm và mỏ. Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.
5. Trần Tuấn Minh, (2013). Bài giảng - Cơ học công trình ngầm và tính toán kết cấu chống giữ. Trường đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.
6. Võ Trọng Hùng, Phùng Mạnh Đắc, (2005). Cơ học đá ứng dụng trong xây dựng công trình ngầm và khai thác mỏ. Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật. Hà Nội.
7. Rocscience.com.

## RESEARCH ON THE EFFECT OF INTERSECTING SOME STRUCTURAL FEATURES ON THE EFFICIENCY OF USING ROCK BOLT

Do Ngọc Thái

### ABSTRACT

*In tunnels and underground excavated in jointed rock masses at relatively shallow depth, the most common types of failure are those involving wedges falling from the roof or sliding out of the sidewalls of the openings. These wedges are formed by intersecting structural features, such as bedding planes and joints, which separate the rock mass into discrete but interlocked pieces. When a free face is created by the excavation of the opening, the restraint from the surrounding rock is removed. One or more of these wedges can fall or slide from the surface if the bounding planes are continuous or rock bridges along the discontinuities are broken. For this it was essential to carry out an analysis of wedges to better locate unstable blocks. Then, while taking into account the geometrical, mechanical data of the discontinuities as well as the geometrical data of the excavation, we were able to detect the shape and the size of the unstable blocks and the sets of discontinuities delimiting them and which favor their sliding and tilting. Thus, we calculated the number of anchor bolts needed to stabilize these blocks in order to ensure an acceptable safety factor. The paper uses a numerical simulation method by geotechnical software Rocscience-Unwedge 3.0 to analyze the influence of rock mass structure parameters on the stability of the wedge block when using the rock bolt. This study shows clearly how a wedge analysis of the rock mass can guide and optimize the support work.*

**Keywords:** tunnel, rock bolt, wedge stability, factor of safety.

**Ngày nhận bài:** 21/5/2021;

**Ngày gửi phản biện:** 25/5/21;

**Ngày nhận phản biện:** 14/6/21;

**Ngày chấp nhận đăng:** 28/7/21.

**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.