

# PHÂN TÍCH NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC CỦA HỆ THỐNG NEO HẦM

**KS. NGUYỄN HƯỚNG DƯƠNG**

*Cty Tư vấn quốc tế Thái Bình Dương*

**TS. VÕ PHÁN**

*Trường Đại học Bách Khoa TP.HCM*

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vấn đề khi thi công hầm trong vùng địa chất yếu là giữ ổn định vỏ hầm, hệ thống neo là sự lựa chọn tối ưu. Chống đỡ bằng bulông neo là một dạng gia cố tiên tiến và kinh tế, được sử dụng rộng rãi trong các điều kiện địa chất khác nhau [1]. Bulông neo đá cho hiệu quả cao bởi vì đó là phương pháp chống đỡ chủ động, tận dụng khả năng tự chống đỡ của đá bằng cách tạo ra ứng suất gia cường bên trong đá. Nhờ bulông neo, các phần đá ở vòm biến dạng phá hoại được gắn chắc chắn vào vùng đá nguyên khối hoặc nhờ neo mà các vùng đá này trở thành các dầm hay vòm có cấu tạo bê tông cốt thép, đảm bảo cho hầm thêm an toàn hơn [2].

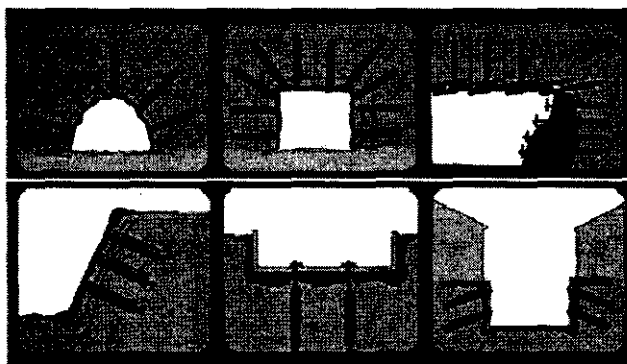
Gia cố neo thuộc loại gia cố không chống, so với các loại gia cố kết cấu chống bình thường, có một số ưu điểm sau:

- Nâng cao độ an toàn công tác ngầm, là dạng gia cố tốt nhất chống lại tác dụng nổ mìn và có thể được lắp đặt trong gương hầm như một gia cố tạm.

- Có khả năng phù hợp với cơ giới hoá quá trình gia cố.

- Cho phép giảm tiết diện hầm tới 18-25% và giảm sức cản chuyển động của khí (so với gia cố khung chống)

- Gia cố neo kết hợp với bê tông phun làm giảm nhẹ kết cấu gia cố công trình ngầm mà vẫn đảm bảo độ tin cậy làm việc của chúng.



Hình 1. Ứng dụng của bulông neo trong một số công trình

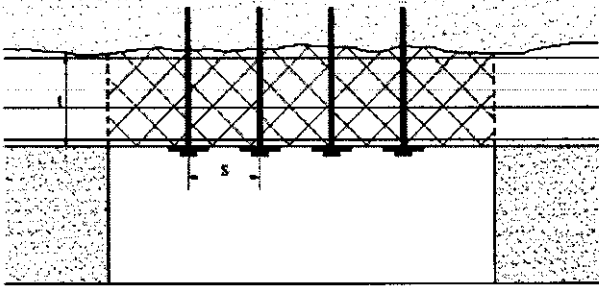
## 2. NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC CỦA HỆ THỐNG NEO

Các hệ thống chống đỡ được sử dụng trong hầm trước đây là bị động và được sử dụng bên ngoài như cột hoặc khung bằng gỗ. Những loại chống đỡ này yêu cầu một số lượng lớn gỗ và bảo dưỡng thường xuyên; tệ hơn cả, chúng không hiệu quả nhiều trong việc kiểm soát ổn định mái. Năm 1927, một mỏ khai thác kim loại ở Mỹ bắt đầu sử dụng một kỹ thuật chống đỡ mới: những neo chẻ bằng thép rất thô sơ. Ý tưởng này xuất phát từ vấn đề đơn giản là bulông neo liên kết đá như đinh liên kết hai tấm ván lại với nhau. Đây là một cuộc cách mạng về công nghệ trong thi công các công trình ngầm. Năm 1943, Weigel đã đề xuất những nguyên tắc cơ bản của bulông neo mái như một phương pháp có hệ thống để chống đỡ các mái không ổn định. Những ý tưởng của Weigel là nền tảng cho các lý thuyết neo và các chỉ dẫn áp dụng hiện nay. Những ý tưởng đó là:

- Che chống lớp đá yếu ngay dưới vòm tự nhiên.
- Neo các lớp địa tầng mỏng, yếu lại với nhau để tạo thành một lớp dày hơn và có khả năng chịu lực tốt hơn.
- Tiến hành neo sớm.

### 2.1. Hiệu ứng treo

Bất cứ khi nào công trình ngầm được đào, lớp đất đá ngay phía trên mái hầm có khuynh hướng vống xuống. Nếu không chống đỡ thích hợp và kịp thời, lớp đất đá mỏng phía trên sẽ tách ra và rơi xuống. Bulông neo trong trường hợp này sẽ neo giữ khối đất đá và làm cho vách hầm có thể tự chống đỡ được bằng cách cung cấp ứng suất trước cho bulông neo.



Hình 2. Hiệu ứng treo của bulông neo mái

Tải trọng do mỗi bulông neo chịu có thể được tính như sau:

$$P = \frac{wtBL}{(n_1 + 1)(n_2 + 1)} \quad (1)$$

Trong đó:

- $w$  - Khối lượng phần mái được treo;
- $t$  - Chiều dày phần mái được treo;
- $B$  - Chiều rộng mái hãm;
- $L$  - Chiều dài mái hãm;
- $n_1$  - Số hàng bulông neo theo chiều dài  $L$ ;
- $n_2$  - Số lượng bulông neo trên 1 hàng.

Phương trình này chỉ đúng khi lớp mái được neo giữ tách rời hoàn toàn khỏi lớp địa chất ổn định phía trên như vậy mới được treo hoàn toàn bởi bulông neo. Phần khối lượng mái được chống đỡ bởi vách hãm 2 bên được bỏ qua. Do đó, phương trình này được dùng để dự đoán tải trọng giới hạn mà 1 bulông neo có thể mang khi đạt tới hiệu ứng treo.

## 2.2. Hiệu ứng dầm kết hợp

Trong trường hợp phía trên mái hãm là các lớp địa chất mỏng và cách biệt với nhau, chuyển dịch theo phương đứng và phương ngang dọc theo bề mặt giữa các lớp làm cho các lớp võng xuống và tách rời nhau. Bulông neo xuyên qua các lớp này có thể ngăn cản hoặc làm giảm sự chuyển dịch theo phương ngang và ứng suất cung cấp cho neo sẽ kẹp giữ các lớp này lại với nhau làm cho các lớp chuyển vị thẳng đứng với cùng độ lớn. Mặt khác, lực ma sát cân bằng với ứng suất trong neo được phân bố dọc theo bề mặt giữa các lớp cũng góp phần ngăn cản sự chuyển dịch theo phương ngang.

Kiểu neo giữ này rất giống với việc kẹp giữ các lớp

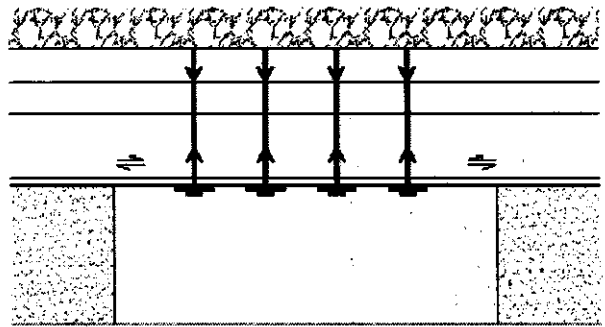
mỏng, yếu thành 1 lớp dày và chắc chắn hơn có dạng giống như dầm liên hợp 2 đầu cố định. Theo lý thuyết, giả sử các lớp có vật liệu giống nhau, độ uốn lớn nhất của dầm kết hợp là:

$$\varepsilon_{\max} = \frac{wL^2}{2Et} \quad (2)$$

Trong đó:

- $E$  - Modul đàn hồi Young;
- $L$  - Chiều rộng mái hãm;
- $t$  - Chiều dày của dầm kết hợp;
- $w$  - Trọng lượng đơn vị của mái hãm.

Phương trình này chỉ ra rằng, dầm càng dày thì độ uốn lớn nhất càng giảm. Nói cách khác, việc kẹp giữ đã tạo ra hiệu ứng dầm kết hợp.



Hình 3. Hiệu ứng dầm kết hợp của neo mái

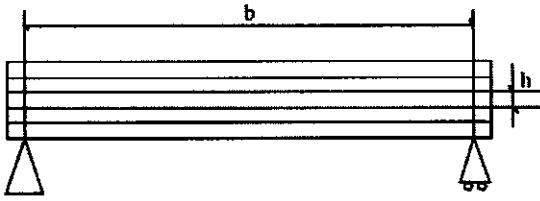
Hiệu ứng dầm kết hợp tăng khi giảm khoảng cách bố trí bulông neo, tăng ứng suất trong bulông neo, tăng số lượng bản mỏng được neo giữ và giảm khẩu độ hãm. Trong hầu hết trường hợp, khi mái hãm có các lớp địa chất mỏng, cả hiệu ứng treo và hiệu ứng dầm kết hợp cùng tồn tại [3].

Dầm kết hợp làm tăng cường độ chịu uốn và độ cứng chịu uốn. Đối với dầm có  $n$  lớp giống nhau không có bulông neo, cường độ chịu uốn  $B_1$  được tính như sau:

$$B_1 = n \frac{bh^2}{6} \quad (3)$$

Trong đó:

- $n$  - Số lớp;
- $b$  - Chiều dài dầm;
- $h$  - Chiều dày của một lớp.



Hình 4. Dầm không có bulông neo

Độ cứng chịu uốn  $T_1$  được xác định như sau:

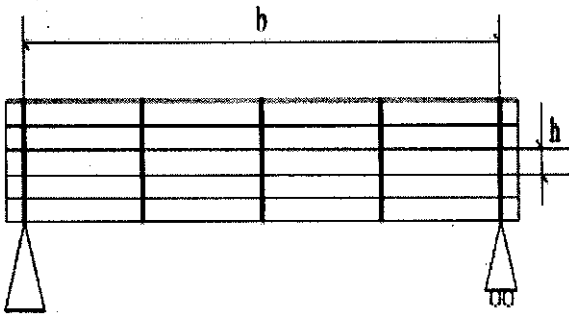
$$T_1 = n \frac{Eb^3}{12} \quad (4)$$

Trong đó:

$E$  - Modul đàn hồi Young.

Đối với dầm kết hợp có  $n$  lớp giống nhau và có bulông neo liên kết chắc chắn, cường độ chịu uốn  $B_2$  được tính như sau:

$$B_2 = n \frac{b(nh)^2}{6} \quad (5)$$

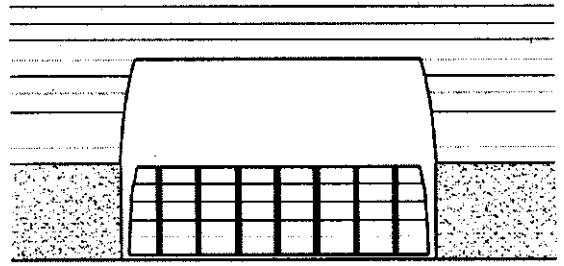


Hình 5. Dầm có bulông neo

Độ cứng chịu uốn  $T_2$  được xác định như sau:

$$T_2 = n \frac{Eb(nh)^3}{12} \quad (6)$$

Cường độ chịu uốn của dầm được neo tăng  $n$  lần so với dầm không được neo, trong khi độ cứng chịu uốn tăng  $n^2$  lần. Làm tăng cường độ chịu uốn thì luôn tốt cho việc ổn định mái. Tuy nhiên, dưới những điều kiện nhất định, việc tăng độ cứng chịu uốn có thể làm phát sinh tải trọng từ lớp địa chất phía trên dầm. Dầm có thể không phá hoại ứng suất do tăng cường độ chịu uốn, nhưng có thể phá hoại cắt ở hai đầu dầm khi lực cắt tích lũy vượt quá khả năng chịu cắt của dầm kết hợp [3].



Hình 6. Phá hoại cắt của dầm kết hợp

Kiểu phá hoại này có những đặc điểm sau:

- Dầm kết hợp bị rơi xuống.
- Mặt phẳng phá hoại tại hai đầu dầm gần như thẳng đứng.
- Mặt phẳng phá hoại phía trên nằm ngay cuối bulông neo nơi ứng suất trước trong bulông neo tạo ra một vùng ứng suất kéo xung quanh đầu neo.
- Đôi khi bulông neo càng dài càng làm tăng chiều cao phần mái bị rơi.

Trong một vài công trình, lớp địa chất tốt của mái hầm có khả năng tự ổn định ở phía trên quá xa để có thể tạo ra hiệu ứng treo. Trường hợp này, hiệu ứng dầm kết hợp là nhân tố chính tạo ra hiệu quả của neo mái. Với các bulông neo có cùng chiều dài, ứng suất trước trong neo càng lớn thì độ võng dầm càng nhỏ. Vì vậy, một dầm cứng hơn có thể được tạo ra với cùng chiều dài neo bằng cách sử dụng ứng suất khi lắp đặt lớn hơn [4].

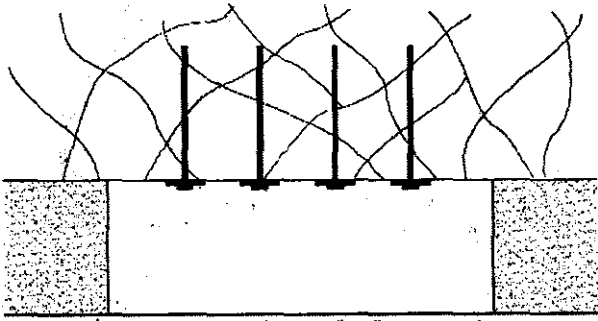
Hiệu ứng dầm kết hợp trong địa tầng được liên kết bởi bulông neo ứng suất để tạo ra dầm bản mỏng có độ bền uốn cao. Ứng suất trong bulông neo tạo ra một lực trực giao giữa các lớp, lực masát có thể chống lại ứng suất cắt theo phương ngang. Sự giảm biến dạng uốn nhờ hiệu ứng dầm kết hợp là:

$$\varepsilon_{Af} = \varepsilon_f - \varepsilon_{fu} \quad (7)$$

Trong đó,  $\varepsilon_f$  và  $\varepsilon_{fu}$  lần lượt là biến dạng uốn lớn nhất của mái được neo và không được neo.

### 2.3. Hiệu ứng chốt

Khi lớp đất đá trên hầm nứt nẻ và phân khối mạnh, hoặc lớp địa chất ngay trên mái hầm có nhiều khe nứt có hướng khác nhau tới mái hầm, bulông neo sẽ cung cấp những lực masát dọc theo các vết nứt, khe hở. Sự trượt hoặc tách rời dọc theo bề mặt vết nứt sẽ bị ngăn cản hoặc giảm bớt.



Hình 7. Hiệu ứng chốt của neo mái

Nếu bulông neo bố trí nghiêng so với mái hầm và vuông góc so với mặt phẳng nứt thì ứng suất dọc trục tối thiểu mà bulông neo phải tạo ra để giữ ổn định là:

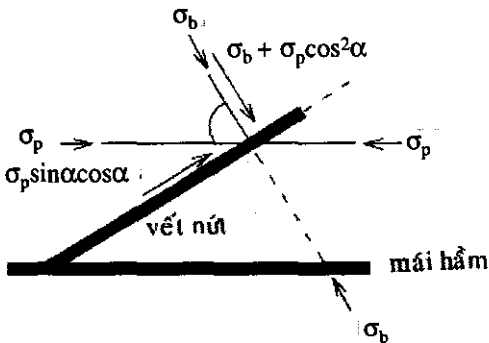
$$\sigma_b = \frac{\sigma_p (\sin \alpha \cos \alpha - \cos^2 \alpha \tan \phi)}{\tan \phi} \quad (8)$$

Trong đó:

$\sigma_b$  - Ứng suất theo phương ngang;

$\alpha$  - Góc giữa phương pháp tuyến của mặt phẳng nứt và mặt phẳng nằm ngang;

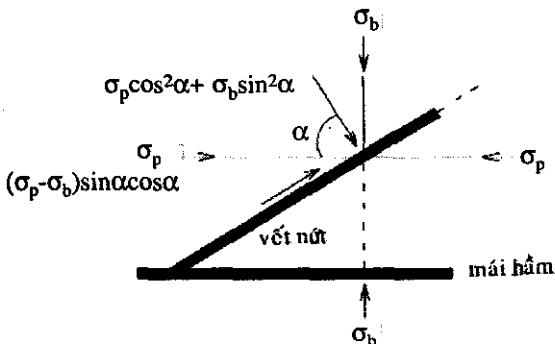
$\phi$  - Góc masát của mặt phẳng nứt.



Hình 8. Bulông neo bố trí nghiêng so với mái hầm

Ứng suất dọc trục tối thiểu cần để duy trì ổn định khi bulông neo bố trí vuông góc với mái hầm là:

$$\sigma_b = \frac{\sigma_p (\sin \alpha - \tan \phi \cos \alpha)}{(\cos \alpha + \tan \phi \sin \alpha) \tan \alpha} \quad (9)$$



Hình 9. Bulông neo bố trí vuông góc so với mái hầm

Phương trình (8) & (9) chỉ ra ứng suất dọc trục tối thiểu cần để cân bằng với ứng suất theo phương ngang. Theo đó,  $\sigma_b = 0$  nếu  $\alpha = \phi$  và khi đó mái hầm có thể duy trì ổn định mà không cần sử dụng bulông neo.

Hiệu ứng chốt phụ thuộc chủ yếu vào ứng suất chủ động của neo hoặc ứng suất bị động gây ra bởi sự dịch chuyển của khối đá. Lực kéo trong bulông neo gây ra ứng suất trong khối đất đá và làm cho khối này bị nén theo phương của neo và phương vuông góc với neo. Vùng chống ứng suất xung quanh mỗi bulông neo hình thành nên một vùng nén liên tục.

### 3. KẾT LUẬN

Một trong những yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả neo là sử dụng mô hình neo phù hợp. Với mỗi điều kiện địa chất ta có thể sử dụng các kiểu neo khác nhau. Loại neo, chiều dài neo, khoảng cách neo phụ thuộc vào điều kiện làm việc của chúng theo hiệu ứng treo, hiệu ứng dầm kết hợp hay hiệu ứng chốt mà bố trí.

Khi tính toán thiết kế neo, thường mô phỏng điều kiện làm việc của neo theo 1 trong 3 hiệu ứng trên. Tuy nhiên, thực tế khi địa chất ở vị trí hầm gồm các lớp mỏng thì cả hiệu ứng treo và hiệu ứng dầm kết hợp cùng tồn tại.

Khi hiểu rõ nguyên lý làm việc của neo, ta có thể cải tiến, sáng tạo mô hình bố trí để tối ưu hoá hiệu quả của neo cũng như giảm chi phí lắp đặt, giảm thời gian thi công và tăng sự an toàn ổn định của hầm □

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Phan Đình Đại (1999) - *Xây dựng công trình ngầm thủy điện Hoà Bình* - NXB Xây Dựng.
- [2] Trần Thanh Giám, Tạ Tiến Đạt (2003) - *Tính toán thiết kế công trình ngầm* - NXB Xây Dựng.
- [3] Christopher Haycocks, Michael Karmis, Gerald Luttrell, Gregory Adel, Gavin Faulkner (1999) - *A new rock bolt design for stratified roof* - Virginia Polytechnic Institute and State University.
- [4] Syd S. Peng, D. H. Y. Tang (1983) - *Roof bolting in underground mining: a state-of-the-art review* - Department of Mining Engineering, College of Mineral and Energy Resources, West Virginia University, USA.