

# Phương pháp đồ giải tính toán ổn định mái dốc đá đối với kiểu trượt nêm

## Method of geometry analysis for calculating rock slope stability to deal with wedge sliding

Tran Quoc Thinh <sup>\*a</sup>, Nghiem Huu Hanh <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Da Nang Province government, Da Nang, Viet Nam

<sup>b</sup> Vietnam Society for Rock Mechanics, Ha Noi, Viet Nam

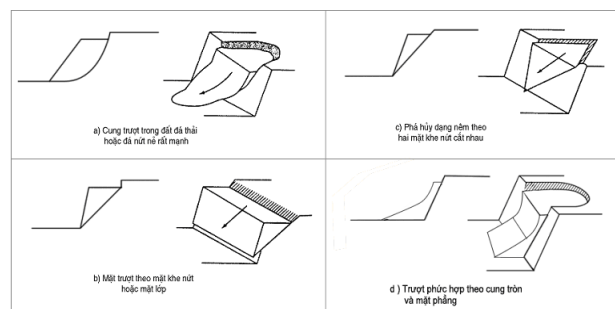
\* *thinhdhkt@gmail.com* (corresponding author's E-mail)

### Abstract

The paper presents the calculating method of slope stability coefficient for wedge sliding problem. Some principles like the warning on slide possibility with use of big round(circle) method and stability coefficient calculatin in case of wedge slides. Concerng this issue the slope of the Northern gate of the tunnel on the High Way Noi Bai- Lao Cai route is of a very good example.

### 1. Một số kiểu trượt mái dốc đá

Phụ thuộc vào mức độ phong hóa, nứt nẻ của đá, mái dốc có thể trượt theo các kiểu sau: theo mặt trượt có dạng mặt cong mềm mại (hình 1a), trượt phẳng (hình 1b), trượt nêm (hình 1c) và trượt hỗn hợp (hình 1d) [2].



Hình 1. Một số kiểu trượt mái dốc đá

Trượt theo mặt trượt có mặt cong mềm mại thường xảy ra trên mái dốc phong hóa, nứt nẻ mạnh, nơi khối đá có thể được xem như môi trường đồng nhất, đẳng hướng, như: mặt trượt hình trụ tròn trong mái dốc đá đẳng hướng (đá nứt nẻ mạnh, phong hóa mạnh, đá thải và đất), mặt trượt có xu thế kéo dài theo các mặt yếu dị hướng (đá sét, bột kết, cát kết, gneis...), mặt trượt có xu thế theo mặt phẳng (đá có kiến trúc hạt với lực liên kết nhỏ, đá phân khối mạnh, đá thải), mặt trượt cũng có dạng mặt cong mềm mại bị rút ngắn (mái dốc đá không đồng nhất, lớp trên mềm yếu còn lớp dưới cứng hơn).

Trong kiểu trượt phẳng như hình 1b, mặt trượt thường là một mặt phẳng hoặc vài mặt phẳng có sức kháng cắt tương đối yếu. Thông thường, nếu góc phương vị của góc dốc mái dốc và góc phương vị của các mặt yếu chênh lệch nhau khoảng  $\pm 20^\circ$  thì có thể coi kiểu trượt đó là trượt phẳng [5].

Trong trường hợp hai mặt yếu giao nhau trên mái dốc, chúng có thể tạo nên hình thái trượt nêm theo hai mặt phẳng như hình 1c. Trong những trường hợp này, góc phương vị của hướng dốc của các mặt yếu thường lệch trên  $20^\circ$  so với góc phương vị hướng dốc của mái dốc.

Trượt hỗn hợp xảy ra khá phức tạp, khi mặt trượt thường một phần theo dạng mặt cong mềm mại và một phần theo dạng trượt phẳng.

**2. Phương pháp tính toán ổn định cho kiểu trượt nêm**

2.1. Nguyên tắc chung. Phương pháp trượt nêm dựa trên nguyên lý cân bằng giới hạn [1]. Cho đến nay, các phương pháp gần đúng vẫn chiếm ưu thế trong tính toán mái dốc của những công trình cụ thể. Các phương pháp tính toán này tuy có những điểm này nọ khác biệt nhau, nhưng chúng đều dựa trên những cơ sở chung như sau [2]:

1. Cơ chế trượt là định đề cho mọi lời giải. Cơ chế này được sử dụng không hạn chế, miễn rằng nó phù hợp với thực tế. Trong những trường hợp đơn giản nhất có thể cho rằng khối trượt ở bờ dốc xảy ra trên các mặt phẳng hình trụ tròn, mặt cong hoặc mặt gãy khúc.

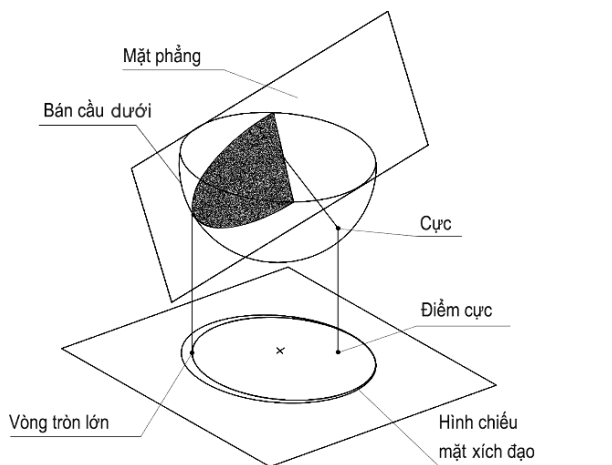
2. Sức kháng trượt ứng với cơ chế dịch chuyển giả định được tính trong điều kiện tĩnh định. Quan niệm vật lý được sử dụng ở đây cho rằng khối trượt tích năng nằm ở trạng thái cân bằng giới hạn, rằng tiêu chuẩn phá hủy đất đá được thỏa mãn trên toàn bộ mặt trượt giả định.

3. Sức kháng trượt cần thiết cho điều kiện cân bằng của khối trượt được so sánh với độ bền khi trượt thực tế của khối đá. Kết quả so sánh đó thể hiện ở dạng hệ số an toàn (hệ số ổn định, yếu tố an toàn).

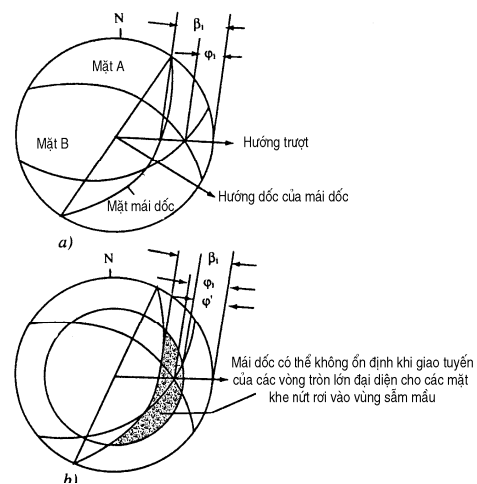
4. Hướng trượt được xác định bởi góc phương vị hướng dốc của giao tuyến giữa hai mặt yếu.

5. Khả năng trượt của 2 hệ mặt yếu thường được xác định theo phương pháp vòng tròn lớn

6. Hệ số ổn định có thể được xác định theo phương pháp của John A. Hudson & John P. Harrison



Hình 2. Phép chiếu một mặt phẳng lên mặt xích đạo



Hình 3. Đánh giá khả năng trượt nêm theo phương pháp vòng tròn lớn

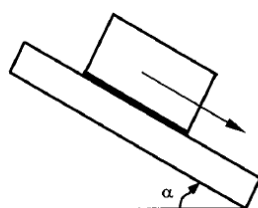
2.2. Dự báo khả năng trượt nêm. Theo phương pháp vòng tròn lớn [1,3,5], mỗi hệ mặt yếu được thể hiện bằng một vòng tròn lớn qua phép chiếu giao tuyến của mặt đó với bán cầu, thường là bán cầu dưới, lên mặt xích đạo. Trên mặt xích đạo, hình chiếu đó được biểu diễn bởi một cung tròn, được gọi là vòng tròn lớn, thể hiện góc phương vị của hướng dốc, góc dốc và cực (pole) của hệ mặt yếu đang xét (hình 2).

Hình 3a biểu diễn 2 vòng tròn lớn của 2 hệ mặt yếu A và B, có góc ma sát là  $\varphi'$ , lực liên kết đơn vị bằng không. Giao tuyến của 2 vòng tròn này cho biết hướng trượt khả dĩ của 2 hệ mặt yếu A và B. Hướng đó thể hiện góc phương vị hướng dốc của hướng trượt khả dĩ. Góc  $\varphi_1$  là góc dốc của giao tuyến của 2 mặt đó. Mái dốc với hướng dốc (góc phương vị đường phương của hướng dốc) và góc dốc cũng được biểu diễn bởi một vòng tròn lớn. Góc  $\beta_1$  là góc dốc của mái dốc theo hướng trượt.

Trên hình 3b, vòng tròn có góc  $\varphi'$  được gọi là vòng tròn ma sát. Vòng tròn này hợp với vòng tròn lớn của mái dốc, tạo thành một vùng lưới liềm, được gọi là vùng nguy hiểm. Nếu giao điểm của 2 hệ mặt yếu nằm trong vùng nguy hiểm thì khả năng trượt có thể xảy ra (hình 3b). Tuy nhiên, hệ số ổn định của chúng là bao nhiêu thì phương pháp này chưa xác định được.

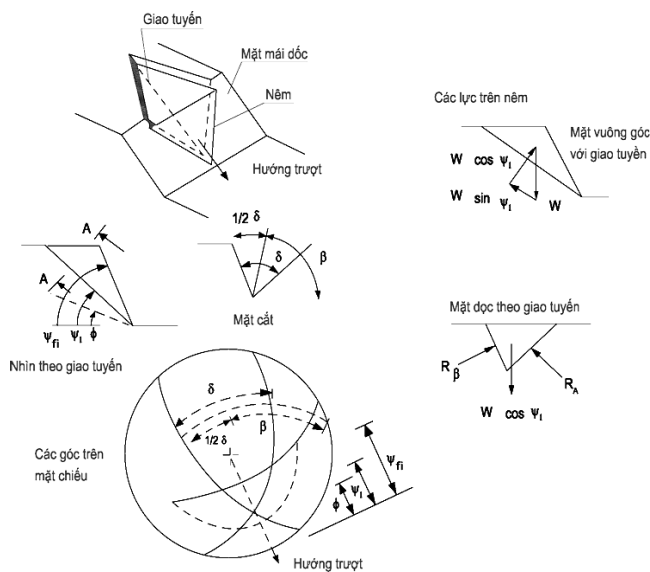
Các góc phương vị hướng dốc của mặt yếu của mái dốc và góc dốc của chúng được xác định theo phương pháp địa chất bằng địa bàn. Góc ma sát của mặt yếu được xác định bằng phương pháp thực hành theo cách đo góc trượt (độ nghiêng) của các tầng đá hoặc lõi khoan xếp chồng lên nhau. Theo Franklin, có thể coi góc trượt của 2 tầng đá của một mặt trượt là góc ma sát  $\varphi'$ , theo Stimpson [6], cho trường hợp mặt yếu phẳng, nhẵn hoặc cho lõi khoan (hình 4), góc  $\varphi'$  được xác định theo công thức sau:

$$\varphi' = \arctg(1,155tg\alpha) \tag{1}$$



Hình 4. Phương pháp thực hành xác định góc ma sát của mặt yếu

2.3. Hệ số ổn định của khối trượt nêm. Sơ đồ và phương pháp tính toán hệ số ổn định trượt nêm được John A. Hudson & John P. Harrison [5] kiến nghị như ở hình 5. Theo đó, giả định rằng trượt xảy ra trên hai mặt yếu không có lực liên kết và góc ma sát là như nhau.



Hình 5. Sơ đồ hình học tính toán ổn định trượt nêm [6]

Giả thiết rằng hướng trượt xảy ra song song với đường giao tuyến giữa hai mặt yếu. Để xác định yếu tố ổn định cần xét tới các lực chống trượt song song với đường đó và các lực vuông góc với hai mặt yếu đang xét. Hệ số ổn định, khi đó bằng:

$$F = \frac{(R_A + R_B) \operatorname{tg} \phi}{W \sin \psi_i}$$

$$(R_A + R_B) = \frac{W \cos \psi_i \sin \beta}{\sin \frac{1}{2} \delta}$$

Ký hiệu các lực và các góc khác nhau thể hiện như trên hình 6. Từ các công thức trên thu được công thức tính hệ số ổn định trượt nêm F, như sau:

$$F = \frac{\sin \beta}{\sin \frac{1}{2} \delta} \cdot \frac{\operatorname{tg} \phi}{\operatorname{tg} \psi_i} = k_w \cdot F_p \quad (2)$$

Trong đó :

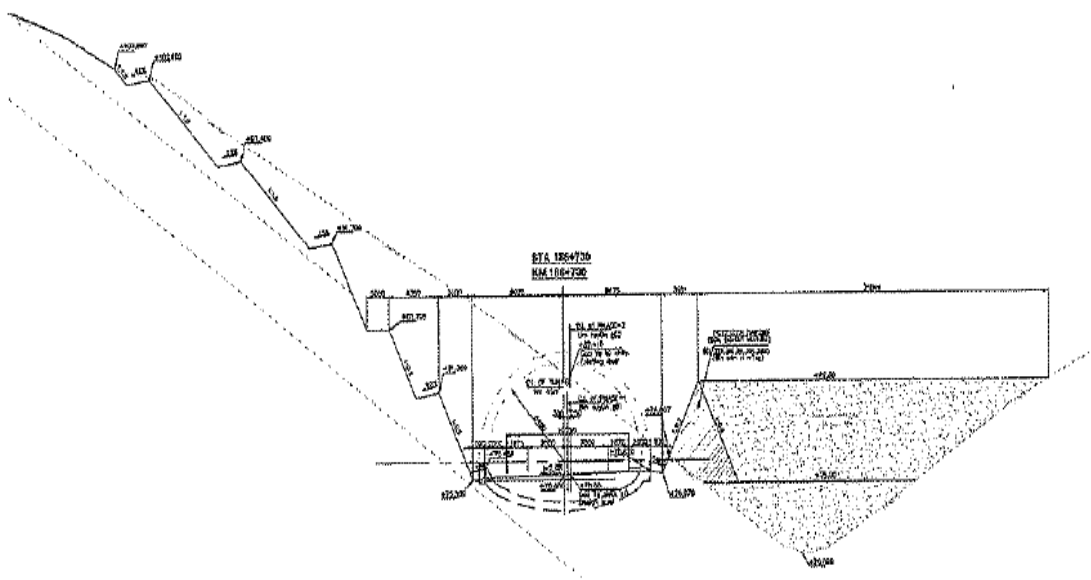
$k_w$  – yếu tố nêm

$F_p$  – hệ số ổn định phẳng.

Các góc trong công thức và hình 5 được xác định theo phương pháp đồ giải [5, 6].

### 3. Tính toán ổn định cho mái dốc cửa hầm bắc đường cao tốc Nội Bài - Lào Cai

3.1. Thông số đầu vào. Theo tài liệu thiết kế và khảo sát, tính toán [6], cửa hầm Bắc đường cao tốc Nội Bài – Lào Cai nằm tại lý trình Km186+730, chiều cao trên 60m. Mặt cắt được thể hiện trên hình 6. Tại đây có 3 lớp đất đá, chỉ tiêu cơ lý của chúng nêu ở bảng 1.



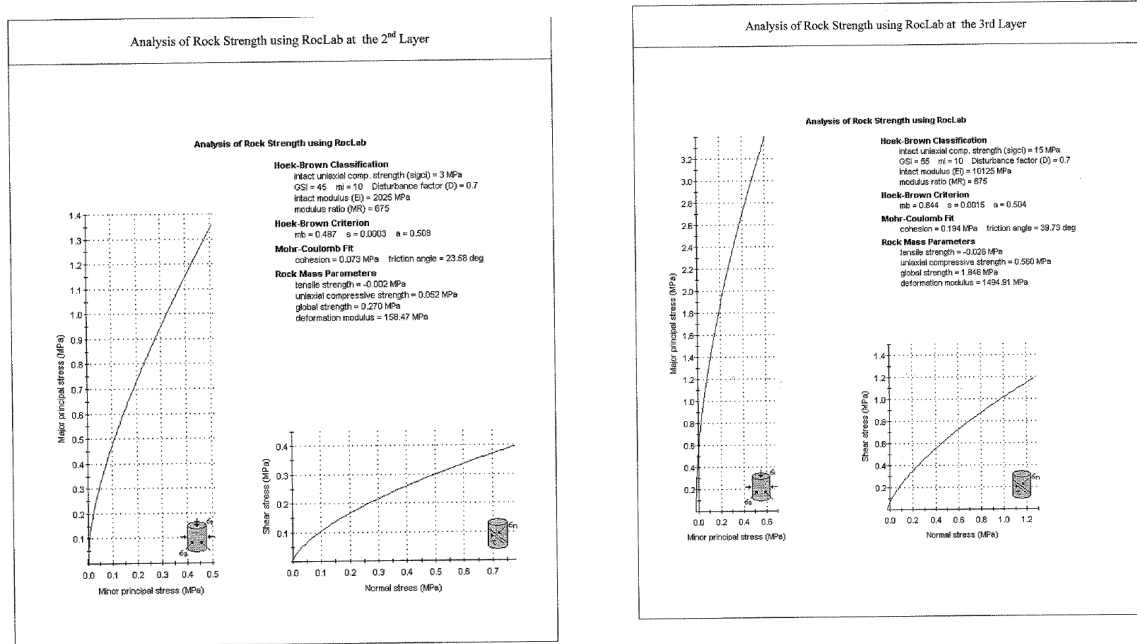
Hình 6. Mặt cắt mái dốc cửa hầm Bắc

**Bảng 1. Chỉ tiêu cơ lý của các lớp đất đá**

Lớp	Trọng lượng thể tích (kN/m <sup>3</sup> )	Lực liên kết đơn vị (kPa)	Góc ma sát (độ)
Lớp 1. Đá phong hóa hoàn toàn	18,9	19,9	27,47
Lớp 2. đá phiến sét, cát kết phong hóa mạnh	26,5	74,4	23,58
Lớp 3. Đá phiến sét, cát kết phong hóa vừa	26,5	198	39,72

Ghi chú : Lớp 1 : Số liệu được lấy từ các mẫu đất thí nghiệm

Lớp 2 và 3 :Số liệu được lấy từ khảo sát hiện trường, tính theo phần mềm Roclab (hình 7)

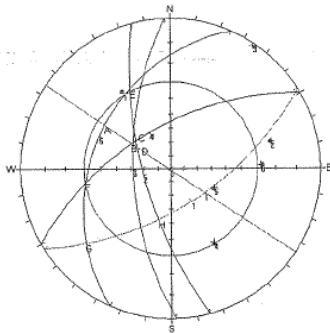


Hình 7. Chỉ tiêu bên của lớp 2 và 3 theo khảo sát hiện trường và phần mềm Roclab

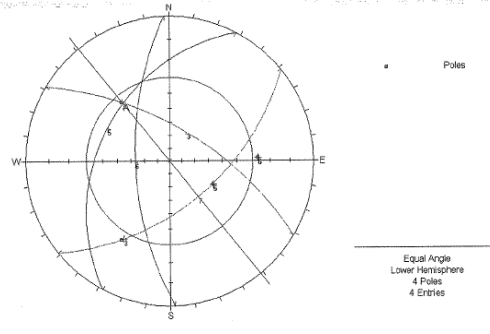
**Bảng 2. Kết quả khảo sát khe nứt tại cửa hầm Bắc  
(góc dốc/góc phương vị hướng dốc = 63/268)**

Hệ khe nứt	Góc dốc/ góc phương vị hướng dốc (độ)	Chiều dài không liên tục (m)	Khoảng cách khe nứt (m)	Độ mở khe nứt (mm)	Vật liệu lấp nhét	Độ nhám	Mức độ phong hóa
J1	62/148	0,5-2,0	0,01-0,5	0,5-0,1	Bột và sét	Trơn, phẳng	Cao-vừa
J2	69/255	0,2-0,5	0,1-0,2	0,1-1,5	sét	Trơn, gợn sóng	Cao-vừa
J3	89/215	0,3-0,5	< 0,5	<0,5	-	Trơn, gợn sóng	Cao
J5	60/330	0,1-0,5	0,01-0,1	<0,5	-	Phẳng, thô	Cao
J5	35/295	< 1,0	<0,5	0,5-1,0	sét	Phẳng, thô	Cao

3.2. *Kết quả tính toán hệ số ổn định.* Để tính toán trượt nêm, đã sử dụng phương pháp Vòng tròn lớn nhằm loại trừ các hệ mặt yếu không có khả năng gây trượt như ở hình 8. Từ hình 8 thấy rằng chỉ có điểm A-giao điểm của các hệ khe nứt J3 và J5 nằm trong vùng nguy hiểm, có khả năng gây trượt. Hệ số ổn định được xác định theo công thức 2. Với:  $\varphi' = 30^\circ$ ,  $\psi = 35^\circ$ ,  $\delta = 83^\circ$ ,  $\beta = 129,5^\circ$ ,  $F_p = 0,824$ ,  $k_{nem} = 1,16$  (hình 9), hệ số ổn định trượt nêm  $F = 0,059 < 1,25$  theo yêu cầu. Tại mái dốc này cần thực hiện các giải pháp xử lý. Đã tính toán và sử dụng hệ thống neo với 69 thanh neo, dài 6m, khả năng chịu lực 80 kN/thanh. Hệ số ổn định khi có neo là  $1,334 > 1,25$ , thỏa mãn yêu cầu của thiết kế [6].



Hình 8. Sử dụng phương pháp vòng tròn lớn để dự báo khả năng trượt nêm của các hệ khe nứt tại Km32+200 : J1-Hệ khe nứt 1, J2- kn 2, J3-kn3, J4-kn4, J5-kn5, 6 – mái dốc



Hình 9. Tìm các góc  $\delta$  và  $\beta$  để xác định yếu tố nêm cho hệ khe nứt J3 và J5. Góc  $\varphi'$  được xác định theo phương pháp Franklin

#### 4. Kết luận

1. Trượt nêm phụ thuộc vào mối quan hệ không gian giữa mái dốc và các hệ mặt yếu/khe nứt trên mái dốc đó.
2. Khả năng trượt thường được xác định bằng phương pháp đồ giải, phổ biến nhất là phương pháp Vòng tròn lớn.
3. Hệ số ổn định của khối trượt khả dĩ có thể được xác định bằng tích số giữa hệ số trượt phẳng và yếu tố nêm. Các thông số trượt phẳng và yếu tố nêm được xác định bằng phương pháp đồ giải.
4. Nhược điểm của phương pháp này là chưa xét đến lực liên kết đơn vị của các hệ mặt yếu và giả thiết rằng góc ma sát của các hệ mặt yếu là như nhau

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- 1- Nghiêm Hữu Hạnh. Cơ học đá, NXB Xây dựng, Hà Nội 2011
2. Nghiêm Hữu Hạnh. Một số hình thái trượt mái dốc đá và phương pháp tính toán ổn định. Báo cáo Hội nghị Cơ học toàn quốc lần thứ IX
- 3 Nguyễn Sỹ Ngọc. Ổn định bờ dốc. Trường Đại học Giao thông vận tải, Hà Nội 2003
4. Evert Hoek. Practical Rock Engineering. www.Rocscien
5. John A. Hudson & John P. Harrison. Engineering Rock Mechanics. Permagon, Elsevier Ltd. 20056.
6. Noi Bai - Lao Cai Project: Calculation the wedge slip for slope of tunnel postal. Doosan heavy industries & construction, 11/2011.