

QUY TRÌNH XÁC LẬP, PHÂN VÙNG GIỚI HẠN TRƯỢT LỞ Ở SƯỜN ĐỐC CẤU TẠO TỪ ĐẤT ĐÁ KHÔNG ĐỒNG NHẤT DỌC ĐƯỜNG GIAO THÔNG VÙNG MIỀN NÚI

TS. NGUYỄN ĐỨC LÝ

Giám đốc Sở Khoa học và Công nghệ Quảng Bình

Trượt lở đất đá trên sườn dốc, mái dốc (sau đây gọi chung là sườn dốc) là tai biến địa chất phức tạp gây thiệt hại lớn về kinh tế - xã hội, môi trường và dân sinh. Vì vậy, để giảm thiểu thiệt hại có thể gây ra, việc xác lập, phân vùng giới hạn trượt lở đất đá không đồng nhất trên sườn dốc vùng miền núi có một ý nghĩa rất quan trọng.

Trong bài viết này, chúng tôi xin giới thiệu một phương pháp mới nhằm xác lập, phân vùng giới hạn trượt ở sườn dốc cấu tạo từ đất đá không đồng nhất dọc đường giao thông vùng miền núi.

1. Giới thiệu

Từ trước đến nay người ta đánh giá dự báo độ ổn định trượt sườn dốc, mái dốc bằng nhiều phương pháp khác nhau như: phương pháp đánh giá trực quan định tính tại hiện trường, phương pháp đánh giá đồng dạng, phương pháp phân tích lịch sử tự nhiên, phương pháp mô hình hóa, phương pháp phân tích, đánh giá tổng hợp các yếu tố ảnh hưởng,... Các phương pháp này đều chưa đánh giá được định lượng chính xác độ ổn định trượt sườn dốc.

Để đánh giá định lượng và chính xác, có nhiều phương pháp kiểm toán độ ổn định đang được áp dụng như: phương pháp kiểm toán độ ổn định trượt của các khối trượt có mặt trượt lõm quy ước là cung tròn hình trụ (đối với đất đá đồng nhất), phương pháp kiểm toán gôị tựa, phương pháp theo N.N.Maxlôv,... đặc biệt là phương pháp mặt trượt nằm nghiêng với “lăng thể đại diện” phù hợp nhất đối với sườn dốc vùng núi được cấu tạo từ đất đá không đồng nhất và hệ số ổn định được xác định là:

$$\eta_i = \frac{\gamma_{wi} h_i \cos \beta_i \tan \varphi_i + c_i}{\gamma_{wi} h_i \sin \beta_i} \quad (1)$$

Cho đến nay, hầu như tất cả các tác giả chỉ dừng lại tính toán mét hệ số ổn định (η_i) trong mét trường hợp cụ thể với các thông số đã được xác định theo công thức (1), chưa có tác giả nào đề cập đến quy trình xác lập, phân vùng giới hạn trượt lở đất đá trên sườn dốc vùng miền núi.

Quy trình xác lập, phân vùng giới hạn trượt lở đất đá không đồng nhất trên sườn dốc vùng miền núi do tác giả nghiên cứu và xác lập nhằm xác lập, phân vùng giới hạn trượt lở đất đá trên sườn dốc vùng núi được cấu tạo từ đất đá không đồng nhất và không chịu tác động của áp lực thủy động do nước ngầm tồn tại trong đá nứt nẻ, ở sâu dưới đáy tầng phủ.

2. Bản chất khoa học và công nghệ của phương pháp

Mục đích của phương pháp là sử dụng công thức (1) để xác lập ma trận hệ số ổn định trượt sườn dốc biến thiên theo chiều dày tầng phủ h_i và góc dốc mặt trượt nằm nghiêng β_i hoặc xác lập quan hệ biến thiên giữa chiều dày tầng phủ h_i và góc dốc mặt trượt β_i của sườn dốc ở trạng thái cân bằng giới hạn $\eta = 1,0$ (gọi tắt là quan hệ giới hạn $h_i - \beta_i$) trong điều kiện tự nhiên và điều kiện đất đá bị bão hòa nước với các số liệu về khối lượng thể tích (γ_m, γ_{bh}), góc nội ma sát (φ_m, φ_{bh}) và lực dính kết (C_m, C_{bh}) tương ứng ở hai trạng thái đã được xác định.

Trên cơ sở hai ma trận hệ số ổn định trượt, thực hiện chập đồ thị hai đường đồng đẳng ở trạng thái cân bằng giới hạn (gồm những điểm có $\eta = 1,0$) hoặc chập hai đồ thị quan hệ giới hạn $h_i - \beta_i$ ở trạng thái tự nhiên và trạng thái bão hòa nước đã được xác định, chúng ta sẽ xác lập được ba vùng giới hạn trượt: vùng ổn định trượt, vùng không ổn định trượt và vùng trượt tiềm năng.

Quy trình xác lập, phân vùng giới hạn trượt sẽ giúp đánh giá nhanh độ ổn định trượt sườn dốc và xác lập, phân vùng giới hạn trượt của các sườn dốc vùng núi, đặc biệt là trên các sườn dốc thuộc các công trình thủy lợi, thủy điện, khai thác mỏ và các tuyến đường giao thông vùng núi trong cả nước và trên thế giới.

3. Mô tả chi tiết phương pháp

Việc xác lập, phân vùng giới hạn trượt lở đất đá không đồng nhất trên sườn dốc vùng núi có thể thực hiện theo một trong hai quy trình sau:

Quy trình 1:

Sử dụng công thức (1) kết hợp chương trình Microsoft Excel để lập hai ma trận hệ số ổn định sườn dốc theo hai biến số: chiều dày tầng phủ h_i và góc dốc mặt trượt β_i (cho h_i biến thiên có thể từ 1m đến 50m và β_i biến thiên có thể từ giá trị lớn hơn góc nội ma sát đến 60°) trên cơ sở các số liệu về khối lượng thể tích (γ_m, γ_{bh}), góc nội ma sát (φ_m, φ_{bh}) và lực dính kết (C_m, C_{bh}) của đất đá cấu tạo tầng phủ tương ứng ở điều kiện tự nhiên và điều kiện bão hòa nước đã được xác định.

Căn cứ giá trị thực h_i và β_i theo mặt cắt địa chất của sườn dốc, tra cứu vào ma trận hệ số ổn định (bảng 1 và bảng 2) sẽ có hệ số ổn định trượt tương ứng. (η_m ở trạng thái tự nhiên và η_{bh} ở trạng thái bão hòa nước).

Trên cơ sở hai ma trận hệ số ổn định trượt, thực hiện chập đồ thị hai đường đồng đẳng ở trạng thái cân bằng giới hạn (gồm những điểm có $\eta = 1,0$), chúng ta sẽ xác lập được ba vùng giới hạn trượt: vùng ổn định trượt, vùng không ổn định trượt và vùng trượt tiềm năng (hình 1).

Vùng ổn định trượt là trường hợp vùng ma trận phân bố hệ số ổn định trượt xác định theo ma trận hệ số ổn định trong điều kiện bão hòa nước luôn luôn lớn hơn 1,0, tức là vùng tập hợp các điểm nằm ở phía dưới, bên trái đồ thị ở trạng thái bão hòa nước (vùng I).

Vùng không ổn định trượt của sườn dốc là trường hợp vùng ma trận phân bố hệ số ổn định trượt xác định theo ma trận hệ số ổn định trong điều kiện tự nhiên luôn luôn bé hơn 1,0, tức là vùng tập hợp các điểm nằm ở phía trên, bên phải đồ thị ở trạng thái tự nhiên (vùng III).

Vùng trượt tiềm năng là trường hợp vùng ma trận phân bố hệ số ổn định trượt thuộc vành đai giới hạn giữa ranh giới hai vùng nói trên (vùng II); vào mùa khô hoặc trong điều kiện tự nhiên hầu như hoàn toàn ổn định, ngược lại vào mùa mưa lũ hệ số ổn định giảm thấp hơn 1,0 và trượt lở đất đá xảy ra.

Quy trình 2:

Xác lập mối quan hệ biến thiên giữa chiều dày tầng phủ h_i và góc dốc mặt trượt β_i ở trạng thái cân bằng giới hạn $\eta = 1,0$. Về thực chất là giải phương trình từ công thức (1) với $\eta = 1,0$ để tìm mối quan hệ biến thiên giữa chiều dày tầng phủ h_i và góc dốc mặt trượt β_i ở trạng thái cân bằng giới hạn $\eta = 1,0$ đối với đất đá bão hòa nước và ở điều kiện tự nhiên trên cơ sở các số liệu về $\gamma_m, \gamma_{bh}, C_m, C_{bh}, \varphi_m, \varphi_{bh}$ đã được xác định. Cụ thể là:

Trong điều kiện đất đá bị bão hòa nước:

$$\frac{\gamma_{bh} \cdot h_i \cdot \cos \beta_i \cdot \text{tg} \varphi_{bh} + C_{bh}}{\gamma_{bh} \cdot h_i \cdot \sin \beta_i} = 1$$

$$\gamma_{bh} \cdot h_i \cdot (\sin \beta_i - \cos \beta_i \cdot \text{tg} \varphi_{bh}) = C_{bh}$$

$$\rightarrow h_{ibh} = \frac{C_{bh} \cdot \cos \varphi_{bh}}{\gamma_{bh} \cdot \sin(\beta_i - \varphi_{bh})} \quad (2)$$

Tương tự, ở điều kiện tự nhiên:

$$h_{i,m} = \frac{C_m \cdot \cos \varphi_m}{\gamma_m \cdot \sin(\beta_i - \varphi_m)} \quad (3)$$

Đẳng thức (2) và (3) thể hiện mối quan hệ biến thiên giới hạn giữa h_i và β_i . Giá trị thực h_i hoặc β_i dưới mức giới hạn tương ứng thì sườn dốc ổn định và lớn hơn sẽ mất ổn định, xảy ra trượt lở. Do vậy, căn cứ giá trị giới hạn h_i và β_i sẽ xác định được độ ổn định trượt trên cơ sở giá trị thực của h_i và β_i , theo nguyên tắc: cùng một giá trị của đại lượng này (h_i hoặc β_i), nếu giá trị thực của đại lượng kia (β_i hoặc h_i) lớn hơn giá trị giới hạn thì hệ số ổn định trượt sườn dốc sẽ nhỏ hơn 1,0 và trượt lở đất đá sẽ xảy ra và ngược lại.

Sử dụng các đẳng thức (2) và (3), chương trình phần mềm Microsoft Excel và chương trình phần mềm Origin 6.0, chúng ta lập được hai đồ thị biến thiên chiều dày tầng phủ h_i theo góc dốc mặt trượt β_i ở trạng thái cân bằng giới hạn $\eta = 1,0$ trong điều kiện tự nhiên và bão hòa nước.

Thực hiện chập hai đồ thị biến thiên chiều dày tầng phủ h_i theo góc dốc mặt trượt β_i ở trạng thái cân bằng giới hạn $\eta = 1,0$ trong điều kiện tự nhiên và bão hòa nước, chúng ta sẽ xác lập được ba vùng giới hạn trượt: vùng ổn định trượt, vùng không ổn định trượt và vùng trượt tiềm năng (hình 2).

Vùng ổn định trượt là trường hay vùng tập hợp các điểm nằm ở phía dưới bên trái đồ thị ở trạng thái bão hòa nước (vùng I).

Vùng không ổn định trượt của sườn dốc là trường hay vùng tập hợp các điểm nằm ở phía trên, bên phải đồ thị ở trạng thái tự nhiên (vùng III).

Vùng trượt tiềm năng là trường hay vùng tập hợp các điểm thuộc vành đai giới hạn kẹp giữa hai đồ thị nói trên (vùng II); vào mùa khô hoặc trong điều kiện tự nhiên hầu như hoàn toàn ổn định, ngược lại vào mùa mưa lũ hệ số ổn định trượt giảm thấp hơn 1,0 và trượt lở đất đá xảy ra.

Chiều dày vành đai vùng trượt tiềm năng còn có thể được xác định bằng hiệu số độ dày tới hạn $h_{i,m}$ ở điều kiện tự nhiên (theo đẳng thức (3)) và độ dày tới hạn $h_{i,bh}$ ở điều kiện bão hòa nước (theo đẳng thức (2)) và cụ thể là:

$$\Delta h_i = h_{i,m} - h_{i,bh}$$

$$\Delta h_i = \frac{C_m \cdot \cos \varphi_m}{\gamma_m \cdot \sin(\beta_i - \varphi_m)} - \frac{C_{bh} \cdot \cos \varphi_{bh}}{\gamma_{bh} \cdot \sin(\beta_i - \varphi_{bh})} \quad (4)$$

4. Áp dụng kết quả nghiên cứu

Phương pháp xác lập, phân vùng giới hạn trượt lở đất đá không đồng nhất trên sườn dốc vùng miền núi được tạo lập từ kết quả nghiên cứu khoa học về trượt lở đất đá trên sườn dốc, mái dốc các tuyến đường giao thông vùng miền núi tỉnh Quảng Bình, sau đây chỉ xin minh chứng một số bảng và hình vẽ đã được tính toán xác định tại điểm trượt Km127+000 thuộc hệ tầng Mục Bài - D_{2g}mb, cụ thể như sau:

Bảng 1: Ma trận hệ số ổn định sườn dốc biến thiên theo chiều dày tầng phủ và góc dốc mặt trượt nằm nghiêng ở điều kiện tự nhiên - thuộc vỏ phong hóa Mục Bài.

Bảng 2: Ma trận hệ số ổn định sườn dốc biến thiên theo chiều dày tầng phủ và góc dốc mặt trượt nằm nghiêng ở điều kiện bão hòa nước - thuộc vỏ phong hóa Mục Bài.

Hình 1: Đồ thị phân vùng giới hạn trượt: vùng ổn định trượt (I), vùng trượt tiềm năng (II) và vùng không ổn định trượt (III) thuộc vỏ phong hóa hệ tầng Mục Bài theo phương pháp chập đồ thị những điểm có $\eta = 1,0$ từ hai ma trận hệ số ổn định trong điều kiện tự nhiên và điều kiện bão hòa.

Hình 2: Đồ thị phân vùng giới hạn trượt: vùng ổn định trượt (I), vùng trượt tiềm năng (II) và

vùng không ổn định trượt (III) thuộc vỏ phong hóa hệ tầng Mục Bài theo phương pháp xác lập mối quan hệ biên thiên giữa chiều dày tầng phủ và góc dốc mặt trượt ở trạng thái cân bằng giới hạn $\eta = 1,0$.

Trong đó, tính chất cơ lý đất đá cấu tạo tầng phủ của khối trượt tại Km127 + 000 thuộc hệ tầng Mục Bài - D_{2g} mb đã được xác định là:

- Khối lượng thể tích của đất đá ở trạng thái tự nhiên: $\gamma_{tn} = 1,94 \text{ g/cm}^3$
- Khối lượng thể tích của đất đá ở trạng thái bão hòa nước: $\gamma_{bh} = 2,01 \text{ g/cm}^3$
- Lực dính kết của đất đá ở trạng thái tự nhiên: $C_{tn} = 2,84 \text{ T/m}^2$
- Lực dính kết của đất đá ở trạng thái bão hòa nước: $C_{bh} = 1,6 \text{ T/m}^2$
- Góc nội ma sát của đất đá ở trạng thái tự nhiên: $\varphi_{tn} = 20^{\circ}07'$
- Góc nội ma sát của đất đá ở trạng thái bão hòa nước: $\varphi_{bh} = 14^{\circ}26'$
- Chiều dày tầng phủ: h_i (m)
- Góc dốc mặt trượt nằm nghiêng: β_i (độ)
- Hệ số ổn định trượt sườn dốc: η_i

5. Kết luận và kiến nghị

Quy trình xác lập, phân vùng giới hạn trượt lở đất đá không đồng nhất trên sườn dốc vùng miền núi có ưu điểm là:

- Đánh giá nhanh độ ổn định trượt sườn dốc vùng núi với độ chính xác cao.
- Xác lập, phân vùng được giới hạn trượt đất đá trên sườn dốc vùng núi: vùng ổn định trượt, vùng không ổn định trượt và vùng trượt tiềm năng.
- Cung cấp luận cứ khoa học cho việc quy hoạch phát triển kinh tế - xã hội, công trình xây dựng, giao thông, thủy lợi, thủy điện, khai thác mỏ và dân sinh.
- Cung cấp cơ sở khoa học để đề ra các giải pháp khoa học và công nghệ xử lý, phòng chống trượt lở đất đá trên sườn dốc, mái dốc có hiệu quả cao nhất.
- Hạn chế thiệt hại có thể là vô cùng to lớn do trượt lở đất đá gây ra đối với các dự án, công trình và dân sinh.
- Quy trình nêu trên góp phần tiết kiệm rất nhiều kinh phí so với các phương pháp phân vùng đánh giá và kiểm toán trước đây ■

Tài liệu tham khảo:

1. Công ty cổ phần Tư vấn xây dựng giao thông 533, Báo cáo kết quả khảo sát địa chất công trình - Dự án nâng cấp cải tạo quốc lộ 12A đoạn Khe Ve - ChaLo. Đà Nẵng (2006).
2. Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam, Bản đồ địa chất và khoáng sản, tờ Kim Lũ - Quảng Bình E- 48-80-B; tờ Minh Hóa - Quảng Bình E- 48-80-D, tỷ lệ 1: 50.000. Hà Nội (1996).
4. Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam, Báo cáo tổng quan địa chất và tài nguyên khoáng sản tỉnh Quảng Bình. Hà Nội (2001).
5. Lomtadze V.Đ. Địa chất công trình - Địa chất động lực công trình, Nxb Đại học và Trung học chuyên nghiệp. Hà Nội (1982).
6. Sở Giao thông Vận tải Quảng Bình, Báo cáo thiệt hại bão, lụt năm 2005 và 2006.
7. Viện Nghiên cứu Địa chất và Khoáng sản, Báo cáo tai biến địa chất sụt lở taluy đương, âm, lũ quét... ở Việt Nam - Hiện trạng, nguyên nhân, dự báo và một số giải pháp phòng tránh giảm thiểu hậu quả. Hà Nội (2005).
8. Емельянова Е.П. Основные закономерности оползневых процессов. изд Недра-Москва (1972).
9. Маслов Н.Н. Условия устойчивости склонов и откосов в гидроэнергетическом строительстве. Госэнергоиздат (1955)

Bảng 1: Ma trận hệ số ổn định trượt sườn dốc theo chiều dày tầng phủ và góc dốc mặt trượt nằm nghiêng ở điều kiện tự nhiên - thuộc vỏ phong hóa Mực Bài

Chiều dày tầng phủ (m)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
16	6.59	3.93	3.05	2.61	2.34	2.16	2.04	1.94	1.87	1.81	1.76	1.72	1.69	1.66	1.63	1.61
17	6.21	3.70	2.87	2.45	2.20	2.03	1.91	1.82	1.75	1.70	1.65	1.62	1.58	1.56	1.53	1.51
18	5.86	3.50	2.71	2.31	2.07	1.92	1.80	1.72	1.65	1.60	1.56	1.52	1.49	1.47	1.44	1.42
19	5.56	3.31	2.56	2.19	1.96	1.81	1.71	1.63	1.56	1.51	1.47	1.44	1.41	1.38	1.36	1.34
20	5.29	3.15	2.43	2.08	1.86	1.72	1.62	1.54	1.48	1.43	1.40	1.36	1.34	1.31	1.29	1.27
21	5.04	3.00	2.32	1.98	1.77	1.64	1.54	1.46	1.41	1.36	1.33	1.29	1.27	1.25	1.23	1.21
22	4.81	2.86	2.21	1.88	1.69	1.56	1.46	1.40	1.34	1.30	1.26	1.23	1.21	1.19	1.17	1.15
23	4.61	2.74	2.11	1.80	1.61	1.49	1.40	1.33	1.28	1.24	1.20	1.18	1.15	1.13	1.11	1.10
24	4.42	2.62	2.02	1.72	1.54	1.42	1.34	1.27	1.22	1.18	1.15	1.12	1.10	1.08	1.06	1.05
25	4.25	2.52	1.94	1.65	1.48	1.36	1.28	1.22	1.17	1.13	1.10	1.07	1.05	1.03	1.02	1.00
26	4.09	2.42	1.86	1.59	1.42	1.31	1.23	1.17	1.12	1.08	1.05	1.03	1.01	0.99	0.97	0.96
27	3.94	2.33	1.79	1.52	1.36	1.26	1.18	1.12	1.08	1.04	1.01	0.99	0.97	0.95	0.93	0.92
28	3.81	2.25	1.73	1.47	1.31	1.21	1.13	1.08	1.04	1.00	0.97	0.95	0.93	0.91	0.90	0.88
29	3.68	2.17	1.67	1.42	1.26	1.16	1.09	1.04	1.00	0.96	0.94	0.91	0.89	0.88	0.86	0.85
30	3.56	2.10	1.61	1.37	1.22	1.12	1.05	1.00	0.96	0.93	0.90	0.88	0.86	0.84	0.83	0.82
31	3.45	2.03	1.56	1.32	1.18	1.08	1.02	0.96	0.93	0.89	0.87	0.85	0.83	0.81	0.80	0.79
32	3.35	1.97	1.51	1.28	1.14	1.05	0.98	0.93	0.89	0.86	0.84	0.82	0.80	0.78	0.77	0.76
33	3.25	1.91	1.46	1.24	1.10	1.01	0.95	0.90	0.86	0.83	0.81	0.79	0.77	0.76	0.74	0.73
34	3.16	1.85	1.42	1.20	1.07	0.98	0.92	0.87	0.83	0.80	0.78	0.76	0.74	0.73	0.72	0.71
35	3.08	1.80	1.37	1.16	1.03	0.95	0.89	0.84	0.81	0.78	0.76	0.74	0.72	0.71	0.69	0.68
36	2.99	1.75	1.33	1.13	1.00	0.92	0.86	0.82	0.78	0.75	0.73	0.71	0.70	0.68	0.67	0.66
37	2.92	1.70	1.30	1.09	0.97	0.89	0.83	0.79	0.76	0.73	0.71	0.69	0.67	0.66	0.65	0.64
38	2.85	1.66	1.26	1.06	0.94	0.87	0.81	0.77	0.73	0.71	0.68	0.67	0.65	0.64	0.63	0.62
39	2.78	1.62	1.23	1.03	0.92	0.84	0.78	0.74	0.71	0.68	0.66	0.65	0.63	0.62	0.61	0.60
40	2.71	1.58	1.20	1.01	0.89	0.82	0.76	0.72	0.69	0.66	0.64	0.63	0.61	0.60	0.59	0.58
41	2.65	1.54	1.17	0.98	0.87	0.79	0.74	0.70	0.67	0.64	0.62	0.61	0.59	0.58	0.57	0.56
42	2.59	1.50	1.14	0.95	0.84	0.77	0.72	0.68	0.65	0.63	0.61	0.59	0.58	0.56	0.55	0.54
43	2.54	1.47	1.11	0.93	0.82	0.75	0.70	0.66	0.63	0.61	0.59	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53
44	2.49	1.43	1.08	0.91	0.80	0.73	0.68	0.64	0.61	0.59	0.57	0.55	0.54	0.53	0.52	0.51
45	2.44	1.40	1.06	0.88	0.78	0.71	0.66	0.63	0.60	0.57	0.55	0.54	0.53	0.51	0.50	0.50
46	2.39	1.37	1.03	0.86	0.76	0.69	0.64	0.61	0.58	0.56	0.54	0.52	0.51	0.50	0.49	0.48
47	2.34	1.34	1.01	0.84	0.74	0.68	0.63	0.59	0.56	0.54	0.52	0.51	0.50	0.48	0.48	0.47
48	2.30	1.31	0.99	0.82	0.72	0.66	0.61	0.58	0.55	0.53	0.51	0.49	0.48	0.47	0.46	0.45
49	2.26	1.29	0.96	0.80	0.71	0.64	0.60	0.56	0.53	0.51	0.49	0.48	0.47	0.46	0.45	0.44
50	2.22	1.26	0.94	0.79	0.69	0.63	0.58	0.55	0.52	0.50	0.48	0.47	0.45	0.44	0.43	0.43

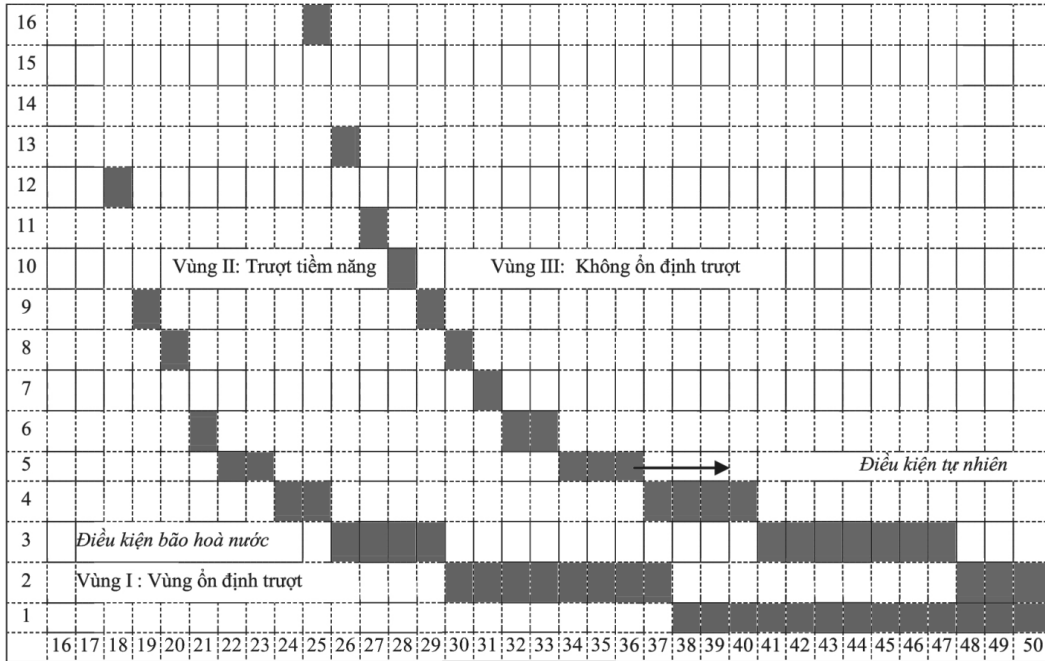
Góc dốc mặt trượt nằm nghiêng (độ)

Bảng 2: Ma trận hệ số ổn định trượt sườn dốc theo chiều dày tầng phủ và góc dốc mặt trượt nằm nghiêng ở điều kiện bão hòa nước - thuộc vỏ phong hóa Mực Bài

Chiều dày tầng phủ (m)

Góc dốc mặt trượt nằm nghiêng (độ)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	16	3.79	2.34	1.86	1.62	1.48	1.38	1.31	1.26	1.22	1.19	1.16	1.14	1.12	1.10	1.09	1.08
	17	3.56	2.20	1.75	1.52	1.39	1.30	1.23	1.18	1.14	1.11	1.09	1.07	1.05	1.04	1.02	1.01
	18	3.37	2.08	1.65	1.44	1.31	1.22	1.16	1.11	1.08	1.05	1.03	1.01	0.99	0.98	0.96	0.95
	19	3.19	1.97	1.56	1.36	1.24	1.15	1.10	1.05	1.02	0.99	0.97	0.95	0.94	0.92	0.91	0.90
	20	3.03	1.87	1.48	1.29	1.17	1.10	1.04	1.00	0.97	0.94	0.92	0.90	0.89	0.87	0.86	0.85
	21	2.89	1.78	1.41	1.23	1.11	1.04	0.99	0.95	0.92	0.89	0.87	0.86	0.84	0.83	0.82	0.81
	22	2.76	1.70	1.35	1.17	1.06	0.99	0.94	0.90	0.87	0.85	0.83	0.81	0.80	0.79	0.78	0.77
	23	2.64	1.62	1.29	1.12	1.01	0.95	0.90	0.86	0.83	0.81	0.79	0.78	0.76	0.75	0.74	0.73
	24	2.54	1.56	1.23	1.07	0.97	0.90	0.86	0.82	0.80	0.77	0.76	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70
	25	2.44	1.49	1.18	1.02	0.93	0.87	0.82	0.79	0.76	0.74	0.72	0.71	0.70	0.69	0.68	0.67
	26	2.34	1.44	1.13	0.98	0.89	0.83	0.79	0.75	0.73	0.71	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64
	27	2.26	1.38	1.09	0.94	0.86	0.80	0.76	0.72	0.70	0.68	0.66	0.65	0.64	0.63	0.62	0.61
	28	2.18	1.33	1.05	0.91	0.82	0.77	0.73	0.70	0.67	0.65	0.64	0.63	0.61	0.61	0.60	0.59
	29	2.11	1.29	1.01	0.87	0.79	0.74	0.70	0.67	0.65	0.63	0.61	0.60	0.59	0.58	0.57	0.57
	30	2.04	1.24	0.98	0.84	0.76	0.71	0.67	0.64	0.62	0.60	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55	0.55
	31	1.97	1.20	0.94	0.81	0.74	0.69	0.65	0.62	0.60	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52
32	1.91	1.16	0.91	0.79	0.71	0.66	0.63	0.60	0.58	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52	0.51	0.51	
33	1.86	1.13	0.88	0.76	0.69	0.64	0.61	0.58	0.56	0.54	0.53	0.52	0.51	0.50	0.49	0.49	
34	1.81	1.09	0.86	0.74	0.67	0.62	0.58	0.56	0.54	0.52	0.51	0.50	0.49	0.48	0.48	0.47	
35	1.76	1.06	0.83	0.71	0.65	0.60	0.57	0.54	0.52	0.51	0.49	0.48	0.47	0.47	0.46	0.45	
36	1.71	1.03	0.81	0.69	0.63	0.58	0.55	0.52	0.50	0.49	0.48	0.47	0.46	0.45	0.44	0.44	
37	1.66	1.00	0.78	0.67	0.61	0.56	0.53	0.51	0.49	0.47	0.46	0.45	0.44	0.44	0.43	0.42	
38	1.62	0.98	0.76	0.65	0.59	0.54	0.51	0.49	0.47	0.46	0.45	0.44	0.43	0.42	0.42	0.41	
39	1.58	0.95	0.74	0.63	0.57	0.53	0.50	0.48	0.46	0.44	0.43	0.42	0.42	0.41	0.40	0.40	
40	1.55	0.93	0.72	0.62	0.55	0.51	0.48	0.46	0.44	0.43	0.42	0.41	0.40	0.40	0.39	0.38	
41	1.51	0.90	0.70	0.60	0.54	0.50	0.47	0.45	0.43	0.42	0.41	0.40	0.39	0.38	0.38	0.37	
42	1.48	0.88	0.68	0.58	0.52	0.48	0.46	0.43	0.42	0.40	0.39	0.38	0.38	0.37	0.37	0.36	
43	1.44	0.86	0.67	0.57	0.51	0.47	0.44	0.42	0.41	0.39	0.38	0.37	0.37	0.36	0.35	0.35	
44	1.41	0.84	0.65	0.55	0.50	0.46	0.43	0.41	0.39	0.38	0.37	0.36	0.35	0.35	0.34	0.34	
45	1.38	0.82	0.63	0.54	0.48	0.45	0.42	0.40	0.38	0.37	0.36	0.35	0.34	0.34	0.33	0.33	
46	1.36	0.80	0.62	0.53	0.47	0.43	0.41	0.39	0.37	0.36	0.35	0.34	0.33	0.33	0.32	0.32	
47	1.33	0.78	0.60	0.51	0.46	0.42	0.40	0.38	0.36	0.35	0.34	0.33	0.32	0.32	0.31	0.31	
48	1.30	0.77	0.59	0.50	0.45	0.41	0.38	0.37	0.35	0.34	0.33	0.32	0.31	0.31	0.30	0.30	
49	1.28	0.75	0.58	0.49	0.43	0.40	0.37	0.36	0.34	0.33	0.32	0.31	0.30	0.30	0.29	0.29	
50	1.26	0.74	0.56	0.48	0.42	0.39	0.36	0.35	0.33	0.32	0.31	0.30	0.30	0.29	0.29	0.28	

Hình 1: Đồ thị phân vùng giới hạn trượt: vùng ổn định trượt (I), vùng trượt tiềm năng (II) và vùng không ổn định trượt (III) thuộc vỏ phong hóa hệ tầng Mực Bài theo phương pháp chấp độ thị những điểm có $\eta=1,0$ từ 2 ma trận hệ số ổn định trong điều kiện tự nhiên và điều kiện bão hòa.



Hình 2: Đồ thị phân vùng giới hạn trượt: vùng ổn định trượt (I), vùng trượt tiềm năng (II) và vùng không ổn định trượt (III) thuộc vỏ phong hóa hệ tầng Mực Bài theo phương pháp xác lập mối quan hệ biến thiên giữa chiều dày tầng phủ và góc dốc mặt trượt ở trạng thái cân bằng giới hạn $\eta = 1,0$.

