

Dự báo, tính toán ổn định mái dốc ở Kon Tum, Tây Nguyên có xét đến ảnh hưởng của lượng mưa và từ biến

Prediction and calculation of slope stability in Kon Tum, Tay Nguyen, taking into account the amount of precipitation and the creep process of soil

> **NGUYỄN HUY HIỆP***, **NGUYỄN SỸ CÔNG**, **TRẦN HỒNG QUÂN**, **HOÀNG QUỐC LONG**

Trường Đại học kỹ thuật Lê Quý Đôn; *Email: huyhiepnguyen@lqdtu.edu.vn

TÓM TẮT

Trượt lở đất ở các sườn dốc và mái dốc thường xảy ra vào mùa mưa bão, đặc biệt là những nơi xảy ra mưa to kéo dài. Cùng với sự biến đổi khí hậu, những điều kiện thiên tai bất thường, diễn biến của các hiện tượng trượt lở ngày càng đa dạng và phức tạp. Nội dung bài báo sử dụng phần mềm Plaxis FEM vào tính toán ổn định mái dốc khu vực Kon Tum - Tây Nguyên, kể đến ảnh hưởng của hiện tượng mưa dài ngày. Kết quả tính ra hệ số ổn định nhằm dự báo ổn định mái dốc có xét đến từ biến, là một cơ sở để thực hiện các biện pháp an toàn phù hợp nếu cần thiết.

Từ khóa: mái dốc; đất không bão hòa; ổn định doanh trại; tai biến địa chất.

ABSTRACT

Mountainous terrains, and regions subjected to high seismic activities, and extreme heavy rainfall. In recent years, climate changes and unusual natural phenomena have frequently occurred. As a result, the evolution of landslides develops diversely and complexly. In the article, the authors conduct the prediction and slope stability analysis using Plaxis FEM software for the case study in Kon Tum, Tay Nguyen, taking into a great amount of long-duration precipitation, and the creep process of soil. The achieved results provide the actual factor of safety, which is necessary to implement appropriate measures to avoid landslides in wet season.

Keywords: Landslides, unsaturated soil, slope stability, creep, factor of safety.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Rất nhiều mái dốc vẫn ổn định trong thời gian dài nhưng sau đó bị phá hủy do thời gian mưa bão. Cùng với sự biến đổi khí hậu, những điều kiện thiên tai bất thường, diễn biến của các hiện tượng trượt lở ngày càng đa dạng và phức tạp. Năm 2023, tỉnh Kon Tum vào mùa mưa, trên địa bàn tỉnh có hàng trăm điểm sạt lở, có nguy cơ sạt lở cao tại các khu vực dân cư, vườn rẫy tại nhiều xã thuộc các huyện Tu Mơ Rông, Kon Plông, Đăk Glei. Ngoài ra, các tuyến tỉnh lộ 673 (huyện Đăk Glei), 676 (huyện Kon Plông); 672, 678 (huyện Tu Mơ Rông), các tuyến Quốc lộ 24, 40B cũng thường xuyên xảy ra sạt lở. Địa bàn các huyện Kon Plông, Đăk Glei, Tu Mơ Rông... được xem là "trọng tâm" của sạt lở, sụt lún địa hình. (Theo Báo điện tử Đảng cộng sản Việt Nam ngày 21/11/2023).

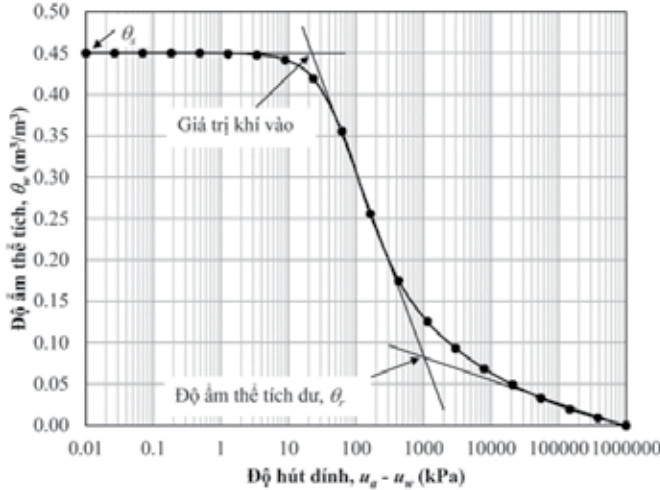
Nhiều nghiên cứu cho rằng những phương pháp thông thường dựa vào giả thuyết ứng xử của đất bão hòa để thiết kế, xây dựng mái dốc đất không bão hòa là không phù hợp. Phân tích ổn định mái dốc nên xem xét theo trạng thái động bao gồm những thay đổi môi trường gần mặt đất (mưa, thoát bốc hơi) thay vì phân tích tĩnh như thông thường. Vì vậy, phân tích ổn định mái dốc cần phải xem xét trong một hệ thống đất không bão hòa - bão hòa và đất bão hòa xem như trường hợp đặc biệt của đất không bão hòa. Ngoài ra, cần nghiên cứu thêm hiện tượng chảy của đất xét đến yếu tố từ biến của đất.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đường đặc trưng đất- nước (Soil-water characterictis curve - SWCC)

Đất không bão hòa là một hỗn hợp của hơn hai pha (thông thường là ba pha gồm: rắn, nước và khí) và có áp lực nước lỗ rỗng là âm (do có áp lực khí lỗ rỗng). Mọi loại đất gần mặt đất, ở môi trường tương đối khô, sẽ chịu áp lực nước lỗ rỗng âm và không bão hòa. Đất không bão hòa hay đất có áp lực nước lỗ rỗng âm có thể có mặt trong bất kỳ trầm tích địa chất cơ bản nào đó. Phần lớn các trầm tích đất bề mặt tự nhiên ở độ ẩm tương đối thấp và các loại đất tàn tích do phong hóa là đất không bão hòa; quá trình đào hố móng, chế bị và đầm chặt lại đất cũng tạo ra vật liệu đất không bão hòa. Loại đất không bão hòa được quan tâm trong nhiều nghiên cứu liên quan đến trượt lở là đất tàn tích do phong hóa. Phần lớn các sườn dốc,

mái dốc đất được cấu tạo từ đất tàn tích, toàn bộ sườn dốc, mái dốc hay chỉ phần trên mực nước ngầm là đất không bão hòa.



Hình 1. Đường đặc trưng đất-nước (SWCC)

Để xác định sự thay đổi áp lực nước lỗ rỗng âm (độ hút dính) cần thiết lập mối quan hệ giữa độ ẩm và độ hút dính. Mối quan hệ này được gọi là đường cong đặc trưng đất-nước (Soil-water characteristic curve - SWCC) và được dùng phổ biến trong lĩnh vực địa kỹ thuật. Đường cong SWCC thường được biểu diễn dưới dạng mối quan hệ giữa độ bão hòa, độ ẩm trọng lượng hoặc độ ẩm thể tích với độ hút dính (Hình 2). Khả năng thấm nước và sức chống cắt của đất không bão hòa là một hàm của độ hút dính. Do đó, đường cong SWCC được sử dụng để dự đoán hàm thấm và hàm cường độ kháng cắt của đất không bão hòa.

Có nhiều phương pháp xác định đặc tính đường cong SWCC của đất, trong nội dung bài báo sử dụng phương pháp của Fredlund và Xing (1994):

$$\theta = \theta_s \left(1 - \frac{\ln(1 + h/h_r)}{\ln(1 + 1000000/h_r)} \right) \left[\frac{1}{\ln(e + (h/a)^n)} \right]^m \quad (1)$$

Trong đó: h - cột nước độ hút dính;
 h_r - độ hút dính tương ứng với độ ẩm dư;
 n - độ dốc tại điểm uốn của đường cong SWCC;
 m - độ dốc tại độ ẩm dư; e - cơ số tự nhiên, 2,718;
 θ_s - độ ẩm thể tích bão hòa;
 a - hệ số hiệu chỉnh liên quan đến giá trị khí vào.

2.2. Hàm thấm thủy lực

Trong đất bão hòa, hệ số thấm là hàm của hệ số rỗng và thường giả thiết là hằng số khi phân tích các bài toán thấm. Trong đất không bão hòa, hệ số thấm là hàm của hệ số rỗng và độ ẩm của đất. Thay đổi hệ số rỗng trong đất không bão hòa là nhỏ và ảnh hưởng của nó đến hệ số thấm không đáng kể. Tuy nhiên, ảnh hưởng của sự thay đổi độ ẩm có ý nghĩa quyết định hơn. Do đó, hệ số thấm thường được xem là một hàm riêng của độ ẩm thể tích (θ_w). Sự thay đổi độ hút dính ($u_a - u_w$) làm biến đổi độ ẩm thể tích, quan hệ này biểu diễn dưới dạng đường cong SWCC. Vì vậy, hàm thấm của đất không bão hòa thể hiện mối quan hệ giữa hệ số thấm và độ hút dính.

Hàm thấm có thể xác định trực tiếp từ các thiết bị đo thấm, gọi là thí nghiệm thấm. Dựa vào đường cong SWCC, hàm thấm thủy lực cũng có thể xác định gián tiếp theo các mô hình thống kê (Childs và Collis-George, 1950; Marsshall, 1958; Kunze và nnk, 1968; Burdine, 1953; Mualem, 1976a; van Genuchten, 1980; Fredlund và nnk, 1994b) và từ các phương trình thực nghiệm (Brooks và Corey, 1964;

Leong và Rahardjo, 1997b). Độ chính xác của hàm thấm phụ thuộc vào đường cong SWCC và phương pháp áp dụng. Phương trình thực nghiệm của Leong và Rahardjo (1997b) thường được sử dụng nhiều vì nó đơn giản, dễ sử dụng và thể hiện mối tương quan chung nhất của hàm thấm và đường cong SWCC.

$$k_w = k_s \Theta^p \quad (2)$$

Trong đó, k_w : hệ số thấm không bão hòa; k_s : hệ số thấm bão hòa; p : hệ số hiệu chỉnh tương ứng với độ dốc của hàm thấm; $\Theta = \theta_w / \theta_s$: độ ẩm thể tích chuẩn hóa (không thứ nguyên).

2.3. Sức chống cắt trong đất không bão hòa

Sức chống cắt của đất không bão hòa thường được xác định bằng phương trình do Fredlund và Rahardjo (1978) đề nghị theo hai biến trạng thái ứng suất pháp thực ($\sigma - u_a$) và độ hút dính ($u_a - u_w$) như sau:

$$\tau_{ff} = c' + (\sigma_f - u_a)_f \operatorname{tg} \phi' + (u_a - u_w)_f \operatorname{tg} \phi^b \quad (3)$$

Trong đó: τ_{ff} : ứng suất cắt trên mặt trượt lúc phá hủy; c' : khoảng chặn của đường bao phá hoại Mohr-Coulomb "mở rộng" trên trục ứng suất cắt, ở đó ứng suất pháp thực và độ hút dính lúc phá hoại đều bằng không, nó cũng được gọi là "lực dính hiệu quả"; $(\sigma_f - u_a)_f$: ứng suất pháp thực trên mặt trượt lúc phá hủy; ϕ' : góc ma sát trong liên quan với ứng suất pháp thực $(\sigma_f - u_a)_f$; $(u_a - u_w)_f$: độ hút dính trên mặt trượt lúc phá hủy; ϕ^b : góc biểu thị tốc độ tăng sức chống cắt có quan hệ với độ hút dính $(u_a - u_w)_f$.

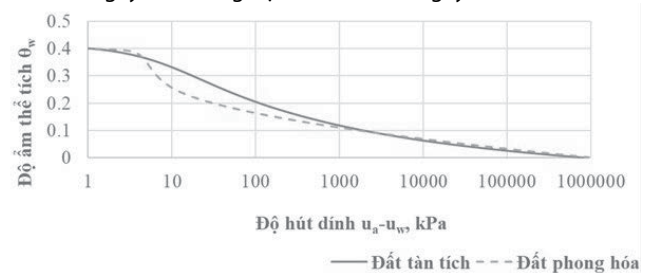
2.4. Dự báo ổn định mái dốc ở Kon Tum - Tây Nguyên có xét đến lượng mưa và từ biến bằng phần mềm Plaxis FEM

Mô hình tổng cộng có 3 lớp đất và có các tham số địa chất được mô tả trong bảng dưới:

Bảng 1. Các tham số đầu vào của các lớp đất

Tên	Tham số	Đất		
		Tàn tích	Cuội sỏi phong hóa	Đá phong hóa
Trạng thái		Chưa bão hòa	Chưa bão hòa	Chưa bão hòa
Tham số chống cắt	Lực dính kết c (kPa)	7	10	15
	Góc ma sát trong ϕ (độ)	27	27	30
	Trọng lượng riêng (kN/m^3)	17	18	19.6
Tham số biến dạng	Modun biến dạng (kN/m^2)	7900	6700	6×10^6
	Hệ số Poisson ν	0.2	0.2	0.2

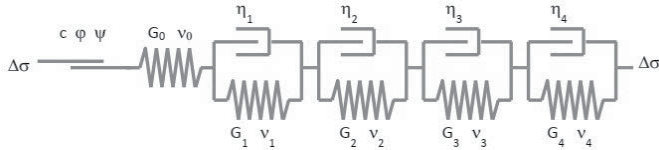
Có hai lớp đất trên cùng: đất tàn tích và đất phong hóa sử dụng đường đặc trưng đất và nước (SWCC) để kể đến sự thay đổi tính chất khi mưa 3 ngày với cường độ mưa 300mm/ngày.



Hình 2. Đường đặc trưng đất-nước (SWCC) của hai lớp đất trên cùng

Mô hình có kể đến từ biến và lượng mưa.

Mô hình này kết hợp đặc tính đàn hồi nhớt đẳng hướng, bao gồm tối đa bốn chuỗi phần tử Kelvin - Voigt, với tiêu chí phá hủy Mohr - Coulomb. Mô hình có thể được sơ đồ hóa như sau:



Trong bài báo chỉ sử dụng một phần tử Kelvin - Voigt cho phần nghiên cứu của mình. Các tham số lực dính, góc ma sát trong, trọng lượng riêng đã được nêu trong bảng 3.1. Với thời gian nghỉ $Rel.time_i$ được tính theo công thức:

$$Rel.time = \eta / E \text{ với } E = 2G(1 + \nu)$$

Trong đó: η được tính theo công thức $\eta = 100.c_u$

Với lớp đất 1 ta có:

$$\begin{cases} \eta_1 = 100.c_{u1} = 100.7 = 700 \text{ kPa.ngay} \\ E_1 = 2G_1(1 + \nu_1) = 2.7900(1 + 0.2) = 18960 \text{ kPa} \\ \rightarrow Rel.time = \eta_1 / E_1 = 255500 / 18960 = 13,48 \text{ ngay} \end{cases}$$

Với lớp đất 2 ta có:

$$\begin{cases} \eta_1 = 100.c_{u1} = 100.10 = 1000 \text{ kPa.ngay} \\ E_1 = 2G_2(1 + \nu_2) = 2.6700(1 + 0.2) = 16080 \text{ kPa} \\ \rightarrow Rel.time = \eta_1 / E_1 = 365000 / 16080 = 22,7 \text{ ngay} \end{cases}$$

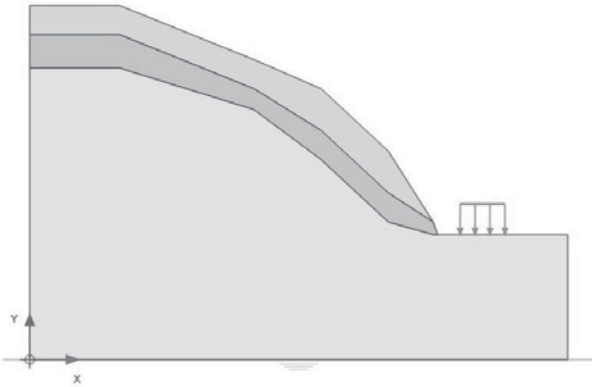
3. PHÂN TÍCH VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

Bài toán được tính toán ổn định theo hai trường hợp.

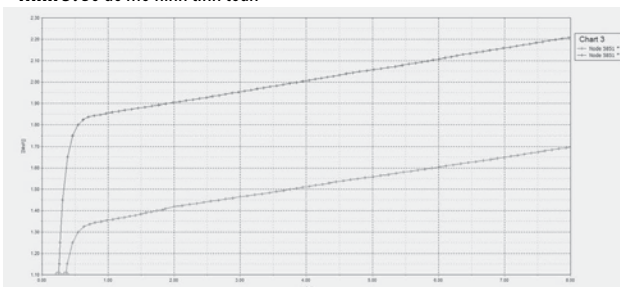
+ Trường hợp 1: Tính toán ổn định có xét đến ảnh hưởng của lượng mưa.

+ Trường hợp 2: Tính toán ổn định có xét đến ảnh hưởng của lượng mưa và từ biến.

Khi so sánh kết quả của hai trường hợp nêu trên bằng đồ thị biểu diễn hệ số an toàn thì kết quả được thể hiện ở hình sau:



Hình 3. Sơ đồ mô hình tính toán



Hình 4. Hệ số an toàn mái dốc theo chuyển vị

4. KẾT LUẬN

Từ kết quả của việc tính toán và dự báo ổn định mái dốc có kể đến lượng mưa và từ biến bằng phần mềm Plaxis, đồ thị ta đã thấy sự ảnh hưởng rất lớn của lượng mưa và từ biến đến hệ số an toàn mái dốc, khi cùng một chuyển vị so sánh hai trường hợp thì hệ số an toàn khi có cả từ biến và mưa sẽ thấp hơn trường hợp chỉ có mưa. Quan sát đồ thị ta có thể thấy tại thời điểm mái dốc có chuyển vị là 1 m thì hệ số an toàn của mái dốc khi chỉ xét đến ảnh hưởng của lượng mưa là 1,85 và hệ số an toàn của mái dốc khi xét đến ảnh hưởng của cả lượng mưa và từ biến là 1,35. Qua đó khi mái dốc chịu ảnh hưởng của cả lượng mưa và từ biến thì hệ số ổn định giảm nhiều so với chỉ chịu ảnh của lượng mưa làm mất ổn định dẫn đến sự sạt trượt của mái dốc.

Vì vậy khi thiết kế các công trình gần hay trên mái dốc cần chú ý sự ổn định của mái dốc. Từ đó, ta cần đưa ra các phương án, giải pháp chống sạt trượt mái dốc hợp lý...

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Tiêu chuẩn ngành 22TCN 171:1987 về Quy trình khảo sát địa chất công trình và thiết kế biện pháp ổn định nền đường vùng có trượt, sụt lở.
- [2]. TCVN 9362:2012 Tiêu chuẩn thiết kế nền nhà và công trình.
- [3]. Châu Ngọc Ẩn, 2015, Cơ học đất. NXB Đại học Quốc gia TP.HCM.
- [4]. D.G.Fredlund, H.Raharjo, Cơ học đất cho đất không bão hòa. Bản dịch, NXB Giáo dục, 2000.
- [5]. R. Whitlow, 1996. Cơ học đất (Nguyễn Uyên, Trịnh Văn Cương. Bản dịch tiếng Việt NXB Giáo dục T1, T2.
- [6]. Braja M. Das, 2019. Advanced soil mechanics. Taylor & Francis.
- [7]. Manuals Plaxis LE 2021.