

ĐÁNH GIÁ ỔN ĐỊNH ĐẬP ĐẤT CỦA HỒ CHỨA ĐẮK UY – TỈNH KON TUM THEO LÝ THUYẾT ĐỘ TIN CẬY

ASSESSMENT OF THE EARTH DAM STABILITY BY ADOPTING THE RELIABILITY THEORY FOR ĐẮK UY TOWER – KONTUM PROVINCE

Nguyễn Văn Linh

Phân hiệu Đại học Đà Nẵng tại Kon Tum, nvlinh@kontum.udn.vn

Tóm tắt - Đánh giá ổn định đập đất luôn tiềm ẩn nhiều rủi ro. Có nhiều nguyên nhân của sự rủi ro trong đó cơ lý tính yếu của các lớp đất đá là khó được kiểm soát nhất. Do đó, khi các công trình đưa vào vận hành khai thác luôn tiềm ẩn những sự cố không lường trước được. Cơ lý tính yếu của các lớp đất là sự thay đổi tính chất cơ lý khi chịu sự tác động từ môi trường đặc biệt là khi có sự tác động từ dòng nước thấm. Bài báo này, tác giả muốn đánh giá ổn định thấm của đập đất theo lý thuyết độ tin cậy dựa trên mô phỏng Monte Carlo. Kết quả tính toán cho thấy, khi thông số đầu vào của các tính chất cơ lý nền đất có sự thay đổi thì hệ số ổn định có sự dao động lớn. Như vậy hệ số ổn định theo các phương pháp tất định là chưa phản ánh đúng thực tế công trình làm việc, do đó lý thuyết độ tin cậy sẽ cho chúng ta cái nhìn khách quan khi đánh giá ổn định đập đất.

Từ khóa - Đập đất; ổn định; lý thuyết độ tin cậy; mô phỏng Monte Carlo; độ nhạy.

Abstract - Assessing the earth dam always has risks caused by many factors. The instability of the rock layer is considered the most difficult one to control. Therefore, many unexpected problems can happen when the works are being exploited or operating. The unsustainability of natural soil layer is the change in physical properties originated from the environmental impacts, especially by the impact of water seepage. This paper, aims to assess the seepage stability of earth dam by the reliability theory based on Monte Carlo simulation. Calculation results show that the coefficient of stability has fluctuations when the input parameters of soil properties change. Thus, the coefficient of stability by determinism methods does not reflect correctly the reality of works. As a results, the reliability theory will give us a more objective view to estimate the stability of earth dams.

Key words - Earth dam; stability; reliability theory; Monte Carlo simulation; sensitivity

1. Giới thiệu

Tiêu chuẩn thiết kế Việt Nam hiện nay đánh giá ổn định đập đất theo các phương pháp cổ điển (phương pháp tất định), tức là các thông số đầu vào đều là hằng số. Phương pháp này dựa trên lý thuyết về sự cân bằng khối rắn (CBGH). Theo đó thì mái dốc được xem là ổn định khi hệ số ổn định (K_{oa}) lớn hơn hệ số an toàn cho phép (K_{tc}). Và tùy vào phương pháp tính thì hệ số K_{tc} này là khác nhau, điều này là do mỗi phương pháp đều được đơn giản hóa khi tính toán. Tuy nhiên, tính chất cơ lý của các lớp đất đá (dung trọng riêng (γ), lực dính (C) và góc nội ma sát (φ)) luôn có sự thay đổi dưới sự tác động từ môi trường đặc biệt là khi có hiện tượng thấm do sự chênh lệch mực nước thượng lưu và hạ lưu. Vì vậy, các đập đất sau một thời gian vận hành vẫn xảy ra tình trạng mất ổn định.

Để giải quyết tính cơ lý yếu của các lớp đất, phương pháp phân tích ổn định theo lý thuyết độ tin cậy dựa trên phương pháp xác suất ra đời và đạt được những thành quả đáng ghi nhận. Các nghiên cứu đặt nền móng có từ những năm 1970 (Alonso [1], Tang [12] và Harr [9]). Từ đó đến nay, các phương pháp phân tích ổn định mái dốc theo lý thuyết độ tin cậy đã không ngừng phát triển và được trình bày trong nhiều nghiên cứu ở ngoài nước (Nguyen and Chowdhury [11], Whitman [13], Christian [3], Cheng and C.K. Lau [4]) và trong nước (Mai Chí công [6], Hoàng Hồng Giang [8], Nguyễn Văn Hưởng [10]). Với phương pháp phân tích này, ngoài việc giải quyết được tính không bền vững các tính chất cơ lý của lớp đất đá, nó cũng là một phương pháp hữu ích để định lượng mức độ rủi ro đối với từng công trình cụ thể (độ tin cậy của hệ số ổn định), đặc biệt là trong trường hợp thiếu dữ liệu chứng minh được tính đại diện của các thông số đầu vào.

Trong bài báo này, tác giả phân tích ổn định đập đất của hồ chứa nước Đăk Uy - Tỉnh Kon Tum theo phương pháp tất định truyền thống và theo lý thuyết độ tin cậy (mô hình xác suất) dựa vào phương pháp mô phỏng Monte Carlo. Phương pháp tất định với các thông số đầu vào cố định và phương pháp xác suất cho phép phân tích xác suất và độ nhạy của ổn định mái dốc với các số liệu đầu vào là biến ngẫu nhiên theo những quy luật phân bố đã được xác định trước. Từ đó, tác giả so sánh và đánh giá độ ổn định theo 2 phương pháp. Mặt khác, kết quả nghiên cứu cũng kiến nghị được phương pháp tiếp cận mới khi đánh giá mức độ ổn định cho các đập đất đang vận hành khai thác.

2. Đối tượng, phương pháp và số liệu nghiên cứu

2.1. Giới thiệu về đập đất hồ chứa Đăk Uy – Tỉnh Kon Tum

Công trình hồ chứa nước Đăk Uy được xây dựng trên suối Đăk Uy (một chi lưu của sông Krông Pôkô) thuộc địa bàn huyện Đăk Hà, tỉnh Kon Tum; nằm ở phía Đông Quốc lộ 14 cách trung tâm huyện khoảng 8Km về phía Đông Bắc. Diện tích lưu vực tính đến tuyến đập Đăk Uy là $F_{lv} = 89,7 \text{ km}^2$. Công trình này theo phân cấp của Tiêu chuẩn thiết kế đập đất Việt Nam là cấp II; đây cũng là hồ chứa nước lớn nhất tỉnh Kon Tum. Mục đích chính của hồ chứa là cung cấp nước tưới cho 2516 ha đất nông nghiệp và cung cấp nước sinh hoạt cho 65 ngàn dân huyện Đăk Hà. Ngoài ra, hồ còn có chức năng cất lũ, giảm nhẹ ngập lụt hạ du và nuôi trồng thủy sản.

Đập đất là đập chính của hồ chứa nước Đăk Uy. Đơn vị thiết kế dùng đất đồng nhất trong khu vực đập và có thêm các bộ phận cấu tạo như kè đá ở thượng lưu và trồng

có ở hạ lưu nhằm tăng cường độ ổn định cho đập. Tuy nhiên, theo thời gian, các bộ phận cấu tạo này đã xuống cấp và đập đất đã bị sạt trượt nhiều vị trí; một trong những nguyên nhân chính là tính chất cơ lý của đất đã thay đổi đáng kể so với khi thiết kế. Vì vậy, có thể nói rằng đánh giá ổn định thấm theo các phương pháp tất định tiềm ẩn nhiều rủi ro khi thiết kế công trình và cần đánh giá lại độ an toàn của đập đất này theo độ tin cậy dựa trên phương pháp mô phỏng Monte Carlo.

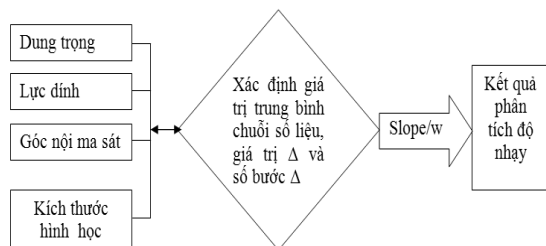
2.2. Phương pháp nghiên cứu

Do tính không bền vững của các lớp đất đá, đặc biệt là vào mùa lũ tại Tây Nguyên. Do đó, khi phân tích bài toán ổn định đập đất theo lý thuyết độ tin cậy, tác giả thực hiện 2 quá trình sau đây:

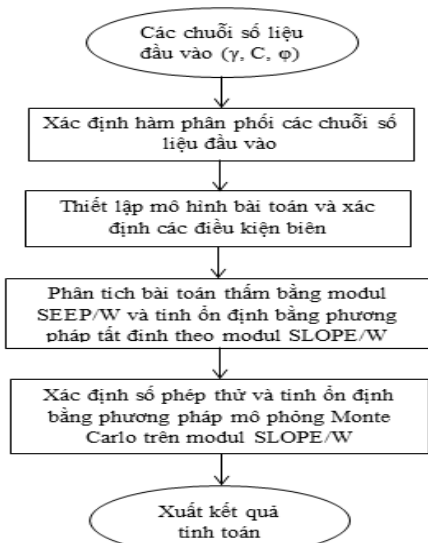
- Phân tích ổn định mái dốc được thực hiện theo 3 bước: (1) Xác định hàm phân phối của các chuỗi số liệu đầu vào; (2) Thiết lập mô hình bài toán và phân tích dòng thấm do sự chênh lệch mực nước thượng lưu và hạ lưu bằng modul SEEP/W [7]; (3) Sử dụng kết quả phân tích thấm và tích hợp thêm modul SLOPE/W[7] để tính toán ổn định theo phương pháp tất định và xác suất.

- Phân tích độ nhạy của các thông số đầu vào đối với hệ số ổn định được thực hiện theo 2 bước: (1) Xác định giá trị trung bình (μ) của các chuỗi số liệu đầu vào, số gia giữa hai giá trị liên kề (σ); (2) Sử dụng modul SLOPE/W để phân tích độ nhạy.

Sơ đồ tổng quan phân tích được thể hiện cụ thể ở Hình 2 và 3.



Hình 2. Sơ đồ về phân tích độ nhạy [10]



Hình 3. Sơ đồ phân tích ổn định mái dốc

2.3. Số liệu tính toán

- Đập đất Đắk Uy là đập đồng nhất. Tính chất cơ lý của nền đất và đất đắp thân đập đất khi phân tích ổn định tất định (truyền thống) được thể hiện ở Bảng 1.

Bảng 1. Tính chất cơ lý của đất [5]

Lớp đất	Loại đất	Dung trọng ẩm γ_w (KN/m ³)	Góc nội ma sát ϕ (độ)	Lực dính C (KN/m ²)	Hệ số thấm K (m/s)
Đất đắp	Sét pha	18,4	20 ⁰	17,0	4,3x10 ⁻⁵
Đất nền	Cát pha	18,6	16 ⁰	14,7	2x10 ⁻⁴

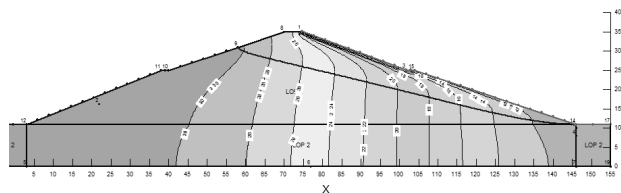
Khi phân tích ổn định theo mô phỏng Monte Carlo, các tính chất cơ lý kể trên (γ , ϕ và C) là các chuỗi số liệu. Tuy nhiên, do chưa có điều kiện để thí nghiệm sự thay đổi tính chất cơ lý của nền đất và đất đắp theo thời gian, vì vậy tác giả sử dụng kết quả nghiên cứu các lớp đất cơ bản từ nghiên cứu của Hoàng Hồng Giang [8]. Theo đó, độ lệch của dung trọng riêng, lực dính, góc nội ma sát giả thiết tương ứng là 5%, 5% và 20%.

- Mặt cắt tính toán: chọn mặt cắt đại diện D8 theo bản vẽ thi công đập. Chiều cao của đập là 34.5m, bề rộng đỉnh đập là 5m và mái thượng lưu, hạ lưu có hệ số mái dốc là 3.75 [5].

- Trường hợp tính toán: Ứng với mực nước dâng bình thường ở cao trình 31.5m, hạ lưu không có nước [5].

3. Kết quả và bàn luận

Để tính toán ổn định, trước hết tác giả phân tích dòng thấm trong nền đất theo modul SEEP/W. Kết quả phân tích thấm như Hình 4 sau:



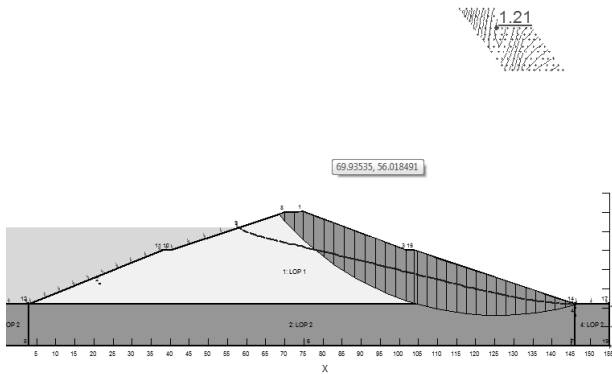
Hình 4. Kết quả phân tích thấm tại mặt cắt đập

Tác giả nhận thấy với trường hợp tính toán, kết quả các đặc trưng của dòng thấm phù hợp với lý thuyết thấm. Gradient thủy lực tại mái hạ lưu rất nhỏ và nhỏ hơn hệ số tiêu chuẩn cho phép là $J_{cp}=0.75$. Do đó, đập không bị xói ngầm khi có hiện tượng thấm xảy ra. Vì vậy, có thể nói đập thỏa mãn các điều kiện thấm theo tiêu chuẩn TCVN 8216 [2].

3.1. Phân tích ổn định mái dốc theo phương pháp tất định

Sau khi có kết quả phân tích dòng thấm, tác giả tích hợp thêm vào modul SLOPE/W để phân tích ổn định cho mái dốc trên theo phương pháp tất định. Kết quả thu được các hệ số ổn định theo phương pháp Montergers – Price (M-P) như Hình 5.

Kết quả tính toán thu được là hệ số ổn định FS = 1.21, giá trị này dùng để đánh giá độ ổn định đập đất Đắk Uy theo TCVN 8216.



Hình 5. Kết quả phân tích ổn định mái dốc theo phương pháp tất định (M-P)

Tiêu chuẩn ngành TCVN 8216 quy định rằng, nếu hệ số ổn định tính toán K_{od} lớn hơn hệ số ổn định $K_{tc} = 1.35$ cho phép thi đập đất được xem là ổn định và ngược lại; hệ số ổn định này cho phép dao động 20% quanh giá trị trung bình. Như vậy, theo kết quả phân tích ổn định trên có hệ số ổn định $K_{od} = 1.21$ (lệch 10.3% so với 1.35) theo tiêu chuẩn thì mái dốc đảm bảo ổn định khi có hiện tượng thấm từ thượng lưu xuống hạ lưu.

3.2. Phân tích ổn định mái dốc theo lý thuyết độ tin cậy dựa trên mô phỏng Monte Carlo

Từ kết quả các nghiên cứu của Mai Văn Công [6], Hoàng Hồng Giang [8] và Nguyễn Văn Hường [10], tác giả nhận thấy các chỉ tiêu cơ lý của đất biến đổi chủ yếu tuân theo phân phối chuẩn. Do đó, Tác giả sử dụng hàm phân bố chuẩn để mô tả sự biến đổi các số liệu đầu vào (γ, φ, C).

Hàm phân bố chuẩn thường gọi là hàm phân phối Gauss được biểu diễn bằng biểu thức sau đây:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (2.1)$$

Với $-\infty < x < +\infty$

Trong đó: $f(x)$: tần số tương đối; σ : độ lệch chuẩn (độ lệch quân phương); μ : giá trị trung bình. Các giá trị μ và σ (giá thiết) theo Bảng 2 sau:

Bảng 2. Giá trị trung bình và độ lệch chuẩn

Chỉ tiêu cơ lý	Đất nền		Đất đắp	
	μ	σ	μ	σ
Dung trọng γ (KN/m ³)	18.6	0.93	18.4	0.92
Lực dính C (KN/m ²)	14.7	0.375	17	0.85
Góc nội ma sát φ (độ)	16	3.2	20	4

Hàm tin cậy Z là hàm của hệ số an toàn được xác định theo hệ số an toàn bằng biểu thức:

$$Z = SF \quad (2.2)$$

Do đó, xác suất phá hoại được định nghĩa là xác suất để hệ số an toàn FS nhỏ hơn 1.0:

$$P_{failure} = P(Z < 1)$$

Chỉ số độ tin cậy (β) mô tả độ ổn định của mái dốc bằng số lệch chuẩn (σ) khỏi hệ số an toàn trung bình (μ) được xác định như sau:

$$\beta = \frac{(\mu-1)}{\sigma} \quad (2.3)$$

Phân tích xác suất ổn định mái dốc sử dụng phương pháp Monte Carlo, số lượng phép thử phụ thuộc vào mức độ tin cậy yêu cầu của lời giải, cũng như số lượng biến đầu vào được xem xét. Theo lý thuyết thống kê, ta có phương trình sau:

$$N_{mc} = \left[\frac{\sigma^2}{4.(1-\beta)^2} \right]^m \quad (2.4)$$

Trong đó:

N_{mc} : số lần thử Monte Carlo; β : mức độ tin cậy mong muốn (0% đến 100%) biểu diễn dưới dạng số thập phân; σ : độ lệch chuẩn tương ứng với mức độ tin cậy; và m : số lượng biến.

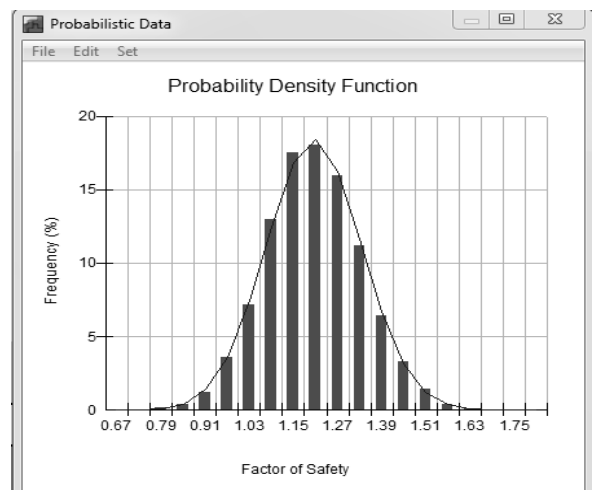
Theo tác giả Hoàng Hồng Giang [8], với 3 thông số đầu vào là lực dính, góc nội ma sát và dung trọng riêng thì số lần thử Monte Carlo tối ưu là 15.000 lần thì kết quả phân tích sẽ hội tụ. Trong giới hạn nghiên cứu này, tác giả chỉ nghiên cứu phương pháp phân tích xác suất với 3 thông số đầu vào (γ, φ, C), vì vậy tác giả lựa chọn số lần thử là 15.000 lần cho các thông số này.

Kết quả phân tích ổn định mái dốc theo mô phỏng Monte Carlo với 3 thông số đầu vào biến đổi (γ, φ, C) và số lần lặp là 15.000 lần như Bảng 3 sau:

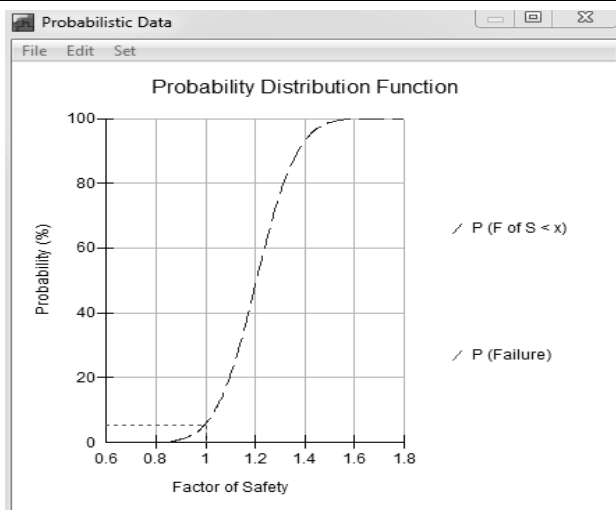
Bảng 3. Kết quả phân tích ổn định mái dốc

Trị trung bình hệ số ổn định	1.20
Chỉ số độ tin cậy	1.579
Độ lệch chuẩn	0.13
Min SF	0.69
Max SF	1.77
Xác suất phá hoại	5.39%

Kết quả phân tích ổn định còn được biểu diễn dưới dạng hàm phân phối xác suất và mật độ xác suất của hệ số ổn định như Hình 6 và Hình 7.



Hình 6. Kết quả hàm mật độ xác suất

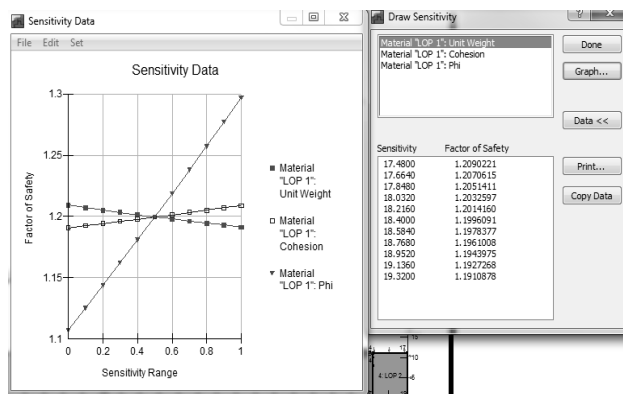


Hình 7. Kết quả hàm phân phối xác suất

Kết quả trên cho thấy, mặc dù hệ số ổn định trung bình theo phương pháp xác suất (1.20) không khác nhiều khi phân tích theo phương pháp tất định (1.22) tuy nhiên hệ số ổn định có sự biến động rất lớn từ 0.69 đến 1.77. Điều này chứng tỏ phương pháp tất định chưa phản ánh được trường hợp bất lợi nhất trong phân tích ổn định mái dốc. Việc thiết kế công trình dựa theo phương pháp tất định rõ ràng vẫn tiềm ẩn những nguy cơ rủi ro không dự báo trước được. Vì vậy, có thể khẳng định rằng cách tiếp cận phân tích ổn định mái dốc theo mô hình xác suất cho chúng ta cái nhìn khách quan và chính xác hơn.

Mặt khác, khi phân tích theo phương pháp tất định thì chúng ta không thể đánh giá được xác suất phá hoại là bao nhiêu và độ tin cậy của các kết quả tính toán. Nhưng ngược lại, theo phương pháp xác suất thì cho chúng ta được điều đó. Trong trường hợp này thì xác suất phá hoại là 5.39% tương ứng với chỉ số độ tin cậy là 1.579. Xác suất phá hoại này là xác suất để hệ số an toàn dao động trong khoảng $(0.69 < FS < 1.0)$, còn theo tiêu chuẩn TCVN 8216-2009 thì hệ số an toàn cho phép của đập đất cao hơn rất nhiều ($K_{tc} = 1.35$ ứng với công trình cấp II). Như vậy, thì xác suất phá hoại sẽ cao hơn rất nhiều con số 5.39% (khoảng 80% theo hình 7). Rõ ràng phương pháp tiếp cận mới này có độ ưu việt hơn và phản ánh chân thực về sự làm việc của công trình.

3.3. Phân tích độ nhạy của các tính chất đối với hệ số ổn định của công trình

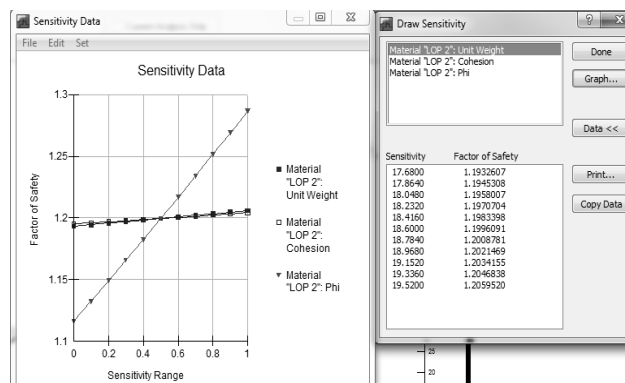


Hình 8. Kết quả phân tích độ nhạy các thông số đầu lớp đất

đáp đối với hệ số ổn định

Phân tích độ nhạy nhằm mục đích xem sự biến động của các thông số đầu vào và đánh giá ảnh hưởng của chúng đến kết quả đầu ra. Khi thiết lập mối quan hệ giữa các thông số đầu vào và đầu ra của mô hình phân tích độ nhạy là phải hiểu rõ tính chất của từng thông số và giá trị trung bình, độ lệch của thông số đầu vào phải được xác định. Điều này đóng vai trò quyết định trong phân tích độ nhạy.

Tiến hành phân tích độ nhạy các thông số đầu vào cho cả 2 lớp đất nền và đất đắp. Kết quả cụ thể thể hiện như ở Hình 8 và Hình 9:



Hình 9. Kết quả phân tích độ nhạy các thông số đầu lớp đất nền đối với hệ số ổn định

Từ kết quả phân tích tác giả có một số nhận xét sau:

- Ảnh hưởng của các thông số đầu vào đối với hệ số ổn định phụ thuộc vào tính chất thông số đó. Đối với trường hợp tính toán trên thì dung trọng tăng dẫn đến hệ số ổn định giảm đối với đất đắp và ngược lại đối với đất nền. Trong khi đó, khi lực dính và góc nội ma sát tăng thì hệ số ổn định cũng tăng theo cho cả 2 lớp đất.

- Đối với cả 2 lớp đất thì độ nhạy của góc nội ma sát đối với hệ số ổn định là lớn nhất, còn lực dính và dung trọng thì độ nhạy xấp xỉ như nhau và đối với hệ số ổn định thì độ nhạy của chúng rất thấp. Vì vậy, không thể khẳng định rằng tính chất của thông số quyết định toàn bộ độ nhạy của nó đối với hệ số ổn định. Ngoài ra, độ nhạy của các thông số đối với hệ số ổn định không chỉ phụ thuộc vào tính chất của thông số (các loại đất khác nhau) mà còn phụ thuộc vào vị trí cung trượt khi lựa chọn và phụ thuộc vào vị trí của lớp đất.

4. Kết luận và kiến nghị

Đất là một loại vật liệu phức tạp, các chỉ tiêu cơ lý không bền vững khi chịu tác động của môi trường đặc biệt là hiện tượng thấm, do đó việc phân tích ổn định mái dốc theo phương pháp tất định không phản ánh đúng thực tế. Vì vậy, cần tiếp cận phương pháp phân tích theo lý thuyết độ tin cậy dựa trên mô hình xác suất để mô phỏng và giải quyết bài toán khách quan và chân thực hơn.

Trong phân tích ổn định mái dốc theo phương pháp xác suất, có thể đánh giá được độ nhạy của các thông số đầu vào đối với hệ số ổn định. Như vậy cần có những thí nghiệm cụ thể để xác định sự thay đổi các tính chất cơ lý theo cả không gian và thời gian của các lớp đất đá. Khi đó

thì việc đánh giá độ nhạy sẽ chính xác hơn.

Phân tích ổn định mái dốc theo lý thuyết độ tin cậy dựa vào mô phỏng Monte Carlo cho chúng ta thấy được xác suất phá hoại, độ dao động của hệ số ổn định và chỉ số độ tin cậy của hệ số ổn định. Điều này sẽ giúp cho các nhà thiết kế định lượng được sự rủi ro khi tính toán và lựa chọn được hệ số ổn định trong giới hạn tin cậy mong muốn. Tùy theo yêu cầu thiết kế cụ thể và tầm quan trọng (cấp công trình) mà chúng ta có thể lựa chọn hệ số ổn định để làm cơ sở thiết kế cũng như đánh giá công trình.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Alonso, 1976. Risk analysis of slopes and its application to slopes in Canadian sensitive clays. *Geotechnique*, 26, pp.453-472.
- [2] Bộ NN &PTNT, 2009. TCVN 8216-2009: Thiết kế đập đất đầm nén.
- [3] Christian J.T, 1996. Reliability methods for stability of existing slopes. In Proceedings of Uncertainty 96 Geotechnical Special Publication. 58(2), pp.409-419.
- [4] Cheng and C.K. Lau, 2008. Slope stability analysis and bilization. Taylor & Francis Group, London and New York.
- [5] Chi cục thủy lợi và phòng chống lụt bão tỉnh Kon Tum. Hồ sơ bản vẽ biện pháp thi công Hồ chứa nước Đăk Uy – Đăk Hà, tỉnh Kon Tum.
- [6] Mai Văn Công, 2011. Ứng dụng lý thuyết độ tin cậy và phương pháp thiết kế ngẫu nhiên trong đánh giá an toàn ổn định đê kè bờ biển. *Tạp chí KHCN đại học Thủy lợi*, số 24-2011, trang 01-11.
- [7] GEO - SLOPE International Ltd, 2008. Stability Modeling with SLOPE/W 2007. Alberta, Canada.
- [8] Hoàng Hồng Giang, 2009. Giải bài toán ổn định trượt cung tròn nền đất đắp bằng phương pháp xác suất. *Tạp chí KHCN Hàng hải*, số 17-2009, trang 55-61.
- [9] Harr, M.E, 1977. Mechanics of particulate media — a probabilistic approach. McGraw-Hill, New York, 543 pp.
- [10] Nguyễn Văn Hưởng, 2015. Ứng dụng mô phỏng Monte Carlo trong phân tích ổn định mái dốc: Áp dụng cho đập đất Bàu Vang. Hội nghị trong nước, NXB Xây dựng ISBN, số 01, trang 148-154.
- [11] Nguyen and Chowdhury, 1984. Probabilistic study of spil pile stability in trip coal mines. *International Jour. of Rock Mechanics*, 21, pp.303-312.
- [12] Tang, Yucemen and Ang, 1976. Probability based short-term design of slopes. *Canadian Geotechnical Journal*, 13, pp.201-215.
- [13] Whitman V.W, 1984. Evaluating calculated risk in geotechnical engineering. *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE, 110, pp.145-188.

(BBT nhận bài: 15/12/2016, phản biện xong: 30/12/2016)