

PHÂN TÍCH KHẢ NĂNG XÓI NGÂM CỦA ĐẬP ĐẤT HỒ CHỨA NƯỚC THỦY YÊN, TỈNH THỪA THIÊN HUẾ

Lê Văn Thảo

Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Đà Nẵng

Tóm tắt: Xói ngầm là một trong những nguyên nhân chính gây nên hiện tượng mất ổn định trong các công trình như đập, đê hay các hồ chứa nước bằng đất. Xói đất được gây ra bởi dòng thấm thông những đập đất, đê hoặc những công trình nền đắp... Xói ngầm có thể gây ra sự thay đổi về thành phần cỡ hạt, độ rỗng, và độ dẫn thủy lực của đất. Xói ngầm bao gồm xói rò rỉ, xói kéo theo, xói tiếp xúc và xói hạt mịn. Foster cùng những cộng sự năm 2000 [1] đã thực hiện thống kê trên 11192 đập đất lớn, trong số 128 đập đất bị vỡ được biết, có khoản 46.1% là do xói ngầm, 48.4% là do nước tràn qua đập và 5.5% là do trượt lở. Đối với công trình hồ chứa nước Thủy Yên thuộc dự án hồ chứa Thủy Yên -Huế, hiện trạng công trình này xuất hiện các hiện tượng sụt trượt mái đất, thấm và mạch đùn gây mất ổn định. Vì vậy mục tiêu của bài báo sẽ đánh giá khả năng xói ngầm của đập đất hồ chứa nước Thủy Yên-Huế dựa vào mô hình số nhằm đảm bảo sự an toàn cho công trình.

Từ khóa: Xói ngầm, mô hình số, dòng thấm, đập đất.

Summary: Internal erosion is one of the main causes of instability in structures such as dams, dikes or reservoirs. Internal erosion is caused by seepage through earth dams, dikes or embankments... Internal erosion can cause changes in the grain size distribution, porosity, and hydraulic conductivity of the soil. Internal erosion includes concentrated leak erosion, backward erosion, contact erosion and suffusion erosion. Foster et al. (2000)[1] conducted statistics on 11,192 large earth dams. Of the 128 known broken earth dams, about 46.1% were due to internal erosion, 48.4% were due to water overflowing over the dam and 5.5% were due to due to a slip. Regarding the Thuy Yen reservoir project under the Thuy Yen - Hue reservoir project, the current condition of this project shows the phenomena of soil landslides, seepage and extrusion veins causing instability. Therefore, the objective of the papper will be to evaluate the intenal erosion capacity of the earth dam of Thuy Yen-Hue reservoir based on numerical modeling to ensure the safety of the project.

Keywords: Internal Erosion, numerical modeling, seepage flow, Earth dam.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Những kết cấu thủy lực đóng một vai trò quan trọng trong cuộc sống hàng ngày của chúng ta như cung cấp năng lượng, cung cấp nước, điều khiển lũ lụt...Xói ngầm là một trong những nguyên nhân chính gây nên hiện tượng mất ổn định trong các công trình như đập, đê hay các

hồ chứa nước bằng đất. Tiến trình xói ngầm có thể phân ra thành bốn loại: xói rò rỉ, xói kéo theo, xói tiếp xúc và xói hạt mịn. Xói hạt mịn có thể gây ra sự thay đổi về thành phần cỡ hạt, độ rỗng, và độ dẫn thủy lực của đất. Đánh giá hiện tượng xói này tại những vị trí không đủ dữ liệu thật sự khó khăn và không chắc chắn. Để đánh giá khả năng xói hạt mịn dựa vào phương pháp năng lượng, Marot cùng các cộng sự (2011) [2] đã đề xuất công thức tính chỉ số kháng xói I_a trong phương trình (1)

Ngày nhận bài: 06/12/2023

Ngày thông qua phản biện: 09/01/2024

Ngày duyệt đăng: 01/02/2024

$$I_{\alpha} = -\log(\text{Khối lượng khô mất tích lũy}/E_{\text{flow}}) \quad (-) \quad (1)$$

Marot cùng các cộng sự năm 2016 [3] đã đưa ra sự phân loại xói hạt mịn từ “xói cao” cho đến “kháng xói” tương ứng như sau:

Nếu $I_{\alpha} < 2$ xói cao; $2 \leq I_{\alpha} < 3$ xói; $3 \leq I_{\alpha} < 4$ xói vừa; $4 \leq I_{\alpha} < 5$ kháng vừa và $I_{\alpha} \geq 6$ kháng xói.

$$I_{\alpha} = -26,34 + 0,43\gamma_d + 0,66\varphi - 0,16\text{Finer KL} + 1,15V_{\text{BS}} + 0,37P + 6,82d_5 - 1,26d_{60} \quad (2)$$

(N=10, $R^2 = 0,99$)

Qua công tác nghiên cứu và điều tra sự cố vỡ đập trong các công trình đập đất đã xây dựng ở nước ta nói riêng và trên thế giới nói chung, công tác quản lý chất lượng xây dựng không được tiến hành thường xuyên, nghiêm túc, toàn diện từ các khâu: khảo sát, thiết kế, cho đến quá trình thi công là những nguyên nhân cơ bản xảy ra hiện tượng mất an toàn công trình đập. Trong các sự cố các công trình thủy lợi thì sự cố hồ chứa nước thường là phổ biến và dẫn đến những tổn thất lớn về tính mạng và tài sản. Ở Việt Nam, có rất nhiều đập và đê bị vỡ do thấm và xói. Tác giả Vũ Hoàng Hưng (2014) [5] đã phân tích 100 hồ đã có dự án sửa chữa, cải tạo và nâng cấp thì 71 hồ có có hiện tượng hư hỏng ở đập, trong đó có 44.9% nguyên nhân gây ra là do thấm và xói. Tuy nhiên cho đến nay chưa có tài liệu thống kê đầy đủ các sự cố vỡ đập. Một số đập đất cụ thể bị vỡ do thấm và xói (sự cố đập đất hồ chứa Suối Hành, huyện Cam Ranh, tỉnh Khánh Hòa, sự cố đập hồ Am Chúa, Diên Khánh, Khánh Hòa). Trong thực tế khai thác, các tính chất cơ lý của đất nền, thông số đầu vào liên quan đến thành phần hạt của đất đắp, ... thay đổi rất nhiều so với giá trị thiết kế ban đầu do ảnh hưởng của nhiều yếu tố. Các bài toán thông thường sử dụng để tính toán dự báo, đánh giá khả năng xói ngầm hiện nay không cho ra kết quả chính xác hay đánh giá hết khả năng làm việc thực tế của đất nền trong từng trường hợp. Đây là một trong những nguyên nhân dẫn đến các công trình đê, đập vẫn bị xói khi đưa vào

Le và những cộng sự năm 2018 [4] đã đề xuất phương trình tương quan giữa chỉ số kháng xói với các đặc trưng cơ lý của đất. Đối với đất thuộc “widely graded” phương trình tương quan như sau:

sử dụng. Một mô hình số được xây dựng sử dụng trường ngẫu nhiên Stochastics (2D) để đánh giá khả năng xói ngầm của đập đất. Vì vậy thật sự cần thiết để đánh giá khả năng xảy ra xói ngầm cho các công trình đập đất.

2. PHƯƠNG PHÁP XÂY DỰNG MÔ HÌNH SỐ

Những thông số đặc trưng của đất được đưa vào mô hình số, sử dụng trường ngẫu nhiên Stochastics 2D. Trường ngẫu nhiên này được tác giả Vanmarcke (1977) [6] nghiên cứu. Trong một phương pháp phân tử hữu hạn ngẫu nhiên, các biến không gian γ , φ , Finer KL, P, d_5 , d_{60} của phương trình (2) được mô phỏng bởi một trường ngẫu nhiên với hệ số $\text{cov} = 0.05$ và được liên kết vào lưới phân tử hữu hạn.

3. PHÂN TÍCH KHẢ NĂNG XÓI NGẦM CỦA ĐẬP ĐẤT HỒ CHỨA NƯỚC THỦY YÊN-HUẾ

3.1. Hiện trạng đập đất

Công trình Hồ chứa nước Thủy Yên được nghiệm thu hoàn thành cuối năm 2016. Từ khi đưa vào sử dụng đến nay công trình có một số vấn đề đáng quan tâm như sau: Năm 2017 phát hiện thấm qua chân đập Thủy Yên. Năm 2018 thấm qua giữa thân đập và lưu lượng thấm tăng theo thời gian. Đặc biệt sau bão số 5 ngày 11 tháng 9 năm 2021 đơn vị quản lý hồ nhận thấy xuất hiện các hiện tượng sạt trượt mái đất tại vị trí cọc C51 ở mái hạ lưu đập, cách đỉnh đập 80 m, diện tích 15x10m, 01 mạch đùn tại

vị trí cọc C52 ở mái hạ lưu đập, cách đỉnh đập 150 m. Để đảm bảo an toàn cho công trình trước mắt công ty TNHH NN MTV QLKTCT thủy lợi Thừa Thiên Huế đã cho gia cố mái bằng đá học, cát và vải lọc ở vị trí sạt trượt mái, kéo dài vật thoát nước ở vị trí mạch đùn. Đối với hiện tượng thấm, đơn vị quản lý hồ cho biết sau khi xử lý: Bóc lớp đất bùn, cây cỏ dày 50cm, kích thước (5x6)m. Làm tầng lọc cát, đá dày 20cm, trải vải lọc và gia cố bằng đá học lát khan dày 30cm. Tuy đã giảm được lượng thấm nhưng hiện tượng thấm vẫn còn, chưa xử lý được triệt để.

3.2. Mặt cắt đập đất

Đập đất hồ chứa nước Thủy Yên là đập đất nhiều khối có khối đập giữa thân đập [7], tác giả chọn mặt cắt lòng sông C51 theo thiết kế có chiều cao đập lớn nhất và hiện trạng đây là vị trí xuất hiện sạt trượt mái và mạch đùn để tính toán. Các thông số chính tại mặt cắt C51 ở hình 1 như sau:

Cao trình đỉnh đập: +39.15m

Hệ số mái thượng lưu: $m_1 = 3,0$; $m_2 = 3,5$; $m_3 = 4,0$

Hệ số mái hạ lưu: $m_1 = 2,5$; $m_2 = 3,0$; $m_3 = 3,5$

Bề rộng đỉnh đập: 5m

Cơ thượng lưu: Cơ 1: Cao trình +29,15m; bề rộng 3m. Cơ 2: Cao trình +19,15m; bề rộng 3m.

Cơ hạ lưu: Cơ 1: Cao trình +29,15m; bề rộng 3m. Cơ 2: Cao trình +19,15m; bề rộng 3m.

Lỗi chống thấm:

Cao trình đỉnh: +38,01m

Hệ số mái thượng lưu: $m_1 = 0,5$

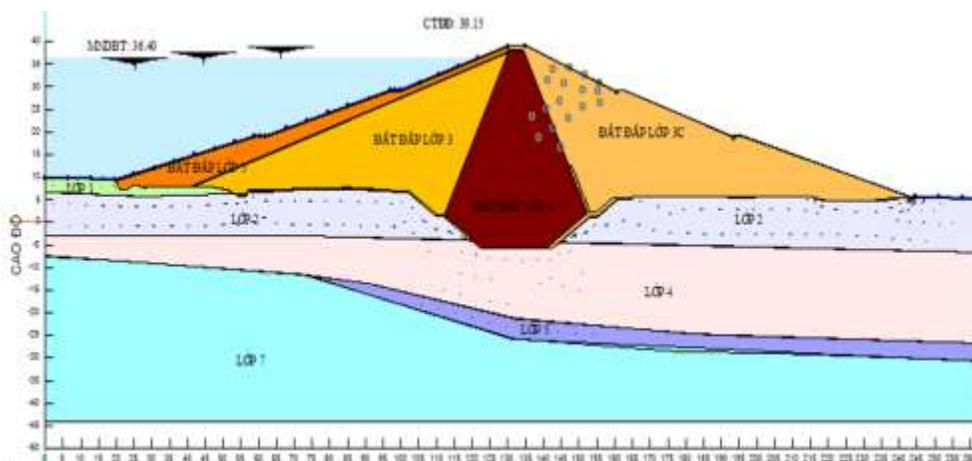
Hệ số mái hạ lưu: $m_2 = 0,5$

Bề rộng đỉnh: B = 4m

Đập đất được đắp với các lớp đất 3, lớp 3c, lớp 4 và lớp 5 với các chỉ tiêu cơ lý được hiện diện ở bảng 1. Trọng lượng riêng từ $1.84 T/m^3$ đến $1.93 T/m^3$, góc ma sát trong có giá trị từ 18 độ đến 21 độ. Trong bài báo tác giả lấy giá trị trung bình để mô phỏng.

Bảng 1: Chỉ tiêu cơ lý của đất đắp đập

Lớp đất đắp	γ_w (T/m^3)	ϕ (độ)	C (KG/cm^2)	E	μ	K (m/s)
Đất đắp lớp 3	1.92	$21^0 39'$	0.14	43.09	0.020	6.0×10^{-8}
Đất đắp lớp 3c	1.93	$21^0 46'$	0.12	45.54	0.020	5.0×10^{-7}
Đất đắp lớp 4	1.84	$18^0 15'$	0.18	35.70	0.025	1.0×10^{-8}
Đất đắp lớp 5	1.93	$21^0 46'$	0.12	45.54	0.020	5.0×10^{-7}



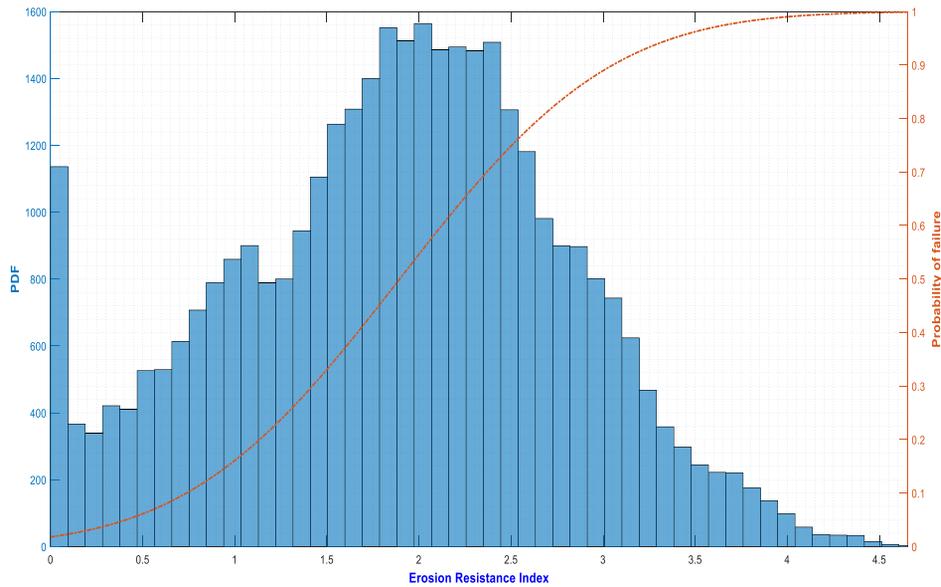
Hình 1: Mặt cắt đập tại cọc C51

3.2. Kết quả đánh giá

Chỉ số kháng xói được đánh giá cho đập đất. Sự đánh giá này dựa vào phương trình thống kê (2) từ tất cả các mẫu đất có đường cong thành phần hạt “widely graded”. Trong số 7 thông số của phương trình (2), giá trị của Blue Methylene Value (V_{BS}) được xem là không đổi trong đập đất và lấy giá trị $V_{BS}=0.5g/100g$. Những giá trị dự

đoán của I_{α} nằm trong khoảng từ 0.1 đến hơn 4.5.

Hình 2 chỉ ra biểu đồ “Histogram” của chỉ số kháng xói (màu xanh) với dạng phân phối chuẩn. Đường cong màu đỏ hiển thị xác suất xảy ra của đập đất. Theo sự phân loại xói hạt mịn của Marot cùng các cộng sự (2016), xác suất xảy ra trong đập đất tương ứng sự phân loại khả năng xói được chỉ ra trong Bảng 2.



Hình 2: Phân bố xác suất của I_{α} và xác suất xảy ra xói ngầm

Bảng 2: Xác suất xảy ra theo sự phân loại khả năng xói ngầm

Sự phân loại khả năng xói ngầm thông qua chỉ số I_{α} của Marot cùng các cộng sự, (2016)	Xác suất thất bại (%)
Xói cao $I_{\alpha} < 2$	55%
Xói $2 \leq I_{\alpha} < 3$	35%
Xói vừa $3 \leq I_{\alpha} < 4$	5%
Kháng xói vừa $4 \leq I_{\alpha} < 5$	5%
Kháng xói $5 \leq I_{\alpha} < 6$	0%
Kháng xói cao $I_{\alpha} \geq 6$	0%

Dựa vào bảng xác suất xảy ra theo sự phân loại xói ngầm của Marot cùng các cộng sự,

(2016), 90% có thể xảy ra ở xói ngầm ở vị trí thân đập, nguyên nhân có thể do trọng lượng

riêng của của lớp đất đắp không cao và góc ma sát trong nhỏ.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Bài báo đã đánh giá khả năng xảy ra xói ngầm cho đập đất hồ chứa nước Thủy Yên dựa vào mô hình số 2D. Tác giả đã xây dựng được chương trình Matlab cho việc mô hình số. Mặt cắt C51 của đập đất được chọn để mô phỏng đánh giá xói ngầm. Phương trình tương quan giữa chỉ số kháng xói và những thông số vật lý của những loại đất có đường cong thành phần

hạt tốt được sử dụng để mô phỏng sự thay đổi không gian của chỉ số kháng xói và những thông số vật lý khác của đất. Trong phương trình này giá trị “Blue Methylene Value” (V_{BS}) được giả thuyết là không đổi, những thông số khác được xem là thông số ngẫu nhiên. Một biểu đồ xác suất tại vị trí của đập đất đã chỉ ra tỉ lệ phần trăm xảy ra của đập tương ứng với sự phân loại khả năng kháng xói. Kết quả chỉ ra đối với các lớp đất đắp có 55 % xói cao, 35% xói, 5% xói vừa và 5% kháng xói vừa.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Foster, M., Fell, R., & Spanagle, M. (2000). The statistics of embankment dam failures and accidents. *Canadian Geotechnical Journal*, (37): 1000-1024.
- [2] Marot, D., Regazzoni, P. L., & Wahl, T. (2011b). Energy based method for providing soil surface erodibility rankings. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering (ASCE)*, 48:1772-1787.
- [3] Marot, D., Rochim, A., Nguyen, H. H., Bendahmane, F., & Sibille, L. (2016). Assessing the susceptibility of gap graded soils to internal erosion characterization: proposition of a new experimental methodology. *Nat Hazards*, 1-24.
- [4] Le, V. T., D. Marot, A. Rochim, F. Bendahmane, and H. H. Nguyen. 2018. “Suffusion Susceptibility Investigation by EnergyBased Method and Statistical Analysis.” *Canadian Geotechnical Journal* 55, No. 1 (January): 57–68.
- [5] Vũ Hoàng Hưng (2014), “Hiện trạng an toàn đê đập ở Việt Nam”, Tạp chí khoa học trường ĐH Thủy Lợi.
- [6] Vanmarcke, E.H. 1977. Probability modeling of soil profiles. *Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE*, 103(11): 1227–1246
- [7] Hồ sơ thiết kế dự án hồ chứa Thủy Yên – Thủy Cam (2010) do Tổng công ty TVXD Thủy lợi Việt Nam-CTCP lập.