

## ĐÁNH GIÁ ĐỘ NHẠY XÓI CỦA LỚP ĐẤT ĐẤP THÂN ĐẬP CỦA ĐẬP ĐẤT THƯỢNG KONTUM

Lê Văn Thảo

Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Đà Nẵng

**Tóm tắt:** 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. Công trình đập đất Thượng Kon Tum với loại đập là đập đồng chất với các lăng trụ đá thượng hạ lưu. Đất đắp thân đập được đắp trực tiếp trên nền là lớp edQ hoặc IA1 sau khi bóc lớp đất thực vật. Lớp đất này là đất sét, á sét, hệ số thấm  $k = 2,8 \cdot 10^{-8}$  m/s, dung trọng  $\gamma = 1,77$  T/m<sup>3</sup>, đất đắp thân đập có đường cong cấp phối tốt. Tuy nhiên để cho công trình được an toàn, cần nghiên cứu đánh giá tổng thể về thấm, ổn định, xói ngầm.... Bài báo này tập trung đánh giá độ nhạy xói của lớp đất đắp thân đập Thượng Kon Tum thông qua chỉ số kháng xói.

**Từ khóa:** Xói ngầm, độ nhạy xói, chỉ số kháng xói, đập đất.

**Summary:** Hydraulic structures play an important role in our daily lives such as providing energy, water supply, flood control... Internal erosion is one of the main causes of instability in structures such as dams, dikes or reservoirs. The upper Kon Tum earth dam project has a homogeneous dam type with the upstream and downstream rock prisms. Soil for the earthdam body is placed directly on the base of the edQ or IA1 layer after peeling off the vegetative soil layer. This soil layer is clay, sub-clay, permeability coefficient  $k = 2.8 \cdot 10^{-8}$  m/s, weight  $\gamma = 1.77$  T/m<sup>3</sup>, well-graded curve embankment soil. However, to make the safety project, it is necessary to research and evaluate the overall hydraulic conductivity, stability, internal erosion, etc. This paper focuses on evaluating the suffusion susceptibility of the soil layer for the Upper Kon Tum dam body through the erosion resistance index.

**Keywords:** Internal Erosion, Suffusion susceptibility, Erosion Resistance Index, Earth dam.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Xói hạt mịn là kết quả của dòng thấm làm cuốn trôi các hạt mịn trong kết cấu lỗ rỗng của đất. Vì vậy, sự hình thành và phát triển của hiện tượng này phụ thuộc vào các thông số đặc trưng của dòng chảy và kết cấu thành phần hạt của đất. Mặt khác, còn phụ thuộc vào hình dạng bên trong, hay nói cách khác chính là cấu tạo mặt phân cách giữa hai pha rắn (hạt đất) và

lòng (dòng thấm). Garner và Fannin (2010) [1] cho rằng 3 điều kiện cơ bản gây nên hiện tượng “suffusion” bao gồm: tính nhạy xói của vật liệu, gradient thủy lực của dòng chảy gây xói, và trạng thái ứng suất giới hạn gây xói. Tương tự, Fell và Fry (2013) [2] cũng đã miêu tả 3 điều kiện giới hạn dẫn đến hiện tượng “suffusion” là: hình dạng đường cong thành phần hạt của đất, trạng thái ứng suất và gradient thủy lực giới hạn. Nhiều nghiên cứu xác định độ nhạy xói dựa trên đường cong phân bố thành phần hạt để dự đoán khả năng xảy ra hiện tượng xói ngầm của đất (Kézdi,

Ngày nhận bài: 22/01/2023

Ngày thông qua phản biện: 26/02/2024

Ngày duyệt đăng: 04/3/2024

1979 [3]; Kenney & Lau, 1985 [4]; Lafleur và các cộng sự, 1989 [5]..).

Lafleur cùng các cộng sự năm 1989 [5] đã phân ra 3 dạng đường cong thành phần hạt: cấp phối tuyến tính (đường cong 1 và 2) bao gồm các cấp phối đất với những hạt phân bố đồng đều (đường cong 1) hoặc cho những cấp phối đất có thành phần hạt mịn phân bố đồng đều (đường cong 2), đối với đường cong này phần trăm hạt thô xấp xỉ 20% theo

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

Trong đó:  $E_{\text{flow}}$  [J] là tích phân theo thời gian của tổng năng lượng dòng chảy với tổng năng lượng dòng chảy tính theo công thức (2)

$$P_{\text{flow}} = \rho g \Delta z Q + Q \Delta P \quad (2)$$

Q: tốc độ dòng chảy ( $\text{m}^3/\text{s}$ );  $\Delta P$ : độ hạ áp suất giữa đỉnh và đáy của mẫu;  $\Delta z$ : chiều cao của mẫu.

Marot cùng các cộng sự năm 2016 [7] đã đưa ra sự phân loại xói hạt mịn từ “xói cao” cho

$$I_{\alpha} = -26,34 + 0,43\gamma_d + 0,66\varphi - 0,16 \text{ Finer KL} + 1,15V_{\text{BS}} + 0,37P + 6,82d_5 - 1,26d_{60} \quad (3)$$

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

Trong đó:

$\gamma_d$ : trọng lượng đơn vị khô ( $\text{N.m}^{-3}$ )

$\varphi$ : góc ma sát trong của đất ( $^{\circ}$ )

Finer KL: hàm lượng hạt mịn theo tiêu chuẩn của Kenney and Lau (1985) (%)

$V_{\text{BS}}$ : giá trị Blue Methylene Value ( $\text{g}/100\text{g}$ )

P: phần trăm hạt mịn nhỏ hơn 0,063mm

$d_5, d_{60}$ : đường kính tương ứng với 5% và 60%

Lớp đất đắp đập có dạng đường cong cấp phối tốt. Bài báo sẽ sử dụng phương trình số 3 để tính toán chỉ số kháng xói cho lớp đất này và đánh giá.

### 3. TÍNH TOÁN CHỈ SỐ KHÁNG XÓI CHO LỚP ĐẤT Đắp ĐẬP CỦA ĐẬP ĐẤT THƯỢNG KON TUM

khối lượng. Đường cong 3 tương ứng với những cấp phối đất có những cỡ hạt bị thiếu, và đường cong 4 tương ứng với những cấp phối đất không tốt.

## 2. PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ ĐỘ NHẠY XÓI

Để đánh giá khả năng xói hạt mịn dựa vào phương pháp năng lượng, Marot cùng các cộng sự (2011) [6] đã đề xuất công thức tính chỉ số kháng xói  $I_{\alpha}$  trong phương trình (1).

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.

Le và những cộng sự năm 2018 [8] 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:

### 3.1. Hiện trạng đập đất

Dự án Thủy điện Thượng Kon Tum là Dự án bậc một trên hệ thống bậc thang Thủy điện sông Sê San, do Công ty Cổ phần Thủy điện Vĩnh Sơn – Sông Hinh làm chủ đầu tư. Khi hoàn thành, Nhà máy Thủy điện Thượng Kon Tum sẽ cung cấp điện năng cho hệ thống điện Quốc gia với công suất 220 MW, sản lượng điện trung bình năm là 1094,2 triệu kWh. Tuyến công trình có toạ độ địa lý nằm  $14041'40''$  vĩ độ Bắc và  $108013'50''$  kinh độ Đông, trên sông Đak Nghé. Công trình có hồ chứa, tuyến đầu mối thuộc 2 xã Đăk Kôi huyện Kon Rẫy và xã Đăk Tăng huyện KôngPlông, tỉnh Kon Tum; đập đất Thượng Kon Tum trên sông Đak Nghé; nhà máy nằm trên sông Đăk Lò tại xã Ngọc Tem,

huyện Kông Plông, thuộc lưu vực sông Trà Khúc, tỉnh Quảng Ngãi. Công trình cách thành phố Kon Tum 70 km về phía Đông Bắc [9].

Tuyến đập đất Thượng Kon Tum ngắn, chiều dài mặt đập 274,2 m, chiều cao đập 76,6 m; hai vai đập có sườn đồi dốc khoảng  $33^\circ$ . Vùng tuyến có đủ điều kiện thuận lợi để tạo lòng hồ chứa và bố trí các hạng mục công trình liên quan khác như tràn tháo lũ, nhà quản lý. Loại đập là đập đất đồng chất với các lăng trụ đá thượng hạ lưu. Đất đắp thân đập được đắp trực tiếp trên nền là lớp edQ hoặc IA1 sau khi bóc lớp đất thực vật. Lăng trụ đá thượng lưu được đắp trực tiếp lên mặt nền là lớp đất IA2 sau khi đào bỏ lớp edQ và IA1. Lăng trụ đá hạ lưu được đắp trên lớp lọc dăm, cát để chống xói ngầm đất ở mặt nền (lớp edQ và IA1). Các lớp lọc cát, dăm cũng được đắp vào mặt tiếp giáp của lăng trụ đá với đất thân đập.

Lớp edQ + IA1: Sét, á sét lẫn dăm sạn đá granitbiôtit, gneis ; Đá granitbiôtit, gneis phong hoá mảnh liệt. Hệ số thấm  $k = 1,1 \cdot 10^{-6}$  m/s, dung trọng  $\gamma = 1,77$  T/m<sup>3</sup>, góc nội ma sát  $\varphi = 18^\circ$ , lực dính kết  $C = 2$  T/m<sup>2</sup>.

Lớp IA2: Đá granitbiôtit, gneis phong hoá mạnh. Hệ số thấm  $k = 5,78 \cdot 10^{-6}$  m/s, dung trọng  $\gamma = 2,1$  T/m<sup>3</sup>, góc nội ma sát  $\varphi = 26,6^\circ$ , lực dính kết  $C = 5$  T/m<sup>2</sup>.

Lớp IB: Đá granitbiôtit, granit ... phong hoá. Hệ số thấm  $k = 6,25 \cdot 10^{-5}$  m/s, dung trọng  $\gamma =$

$2,62$  T/m<sup>3</sup>, góc nội ma sát  $\varphi = 33^\circ$ , lực dính kết  $C = 20$  T/m<sup>2</sup>.

Lớp IIA: Đá granitbiôtit, granit... nứt nẻ. Hệ số thấm  $k = 1,16 \cdot 10^{-5}$  m/s, dung trọng  $\gamma = 2,66$  T/m<sup>3</sup>, góc nội ma sát  $\varphi = 40,38^\circ$ , lực dính kết  $C = 35$  T/m<sup>2</sup>.

Lớp IIB: Đá granitbiôtit, granit... tương đối nguyên khối. Hệ số thấm  $k = 4,62 \cdot 10^{-5}$  m/s, dung trọng  $\gamma = 2,66$  T/m<sup>3</sup>, góc nội ma sát  $\varphi = 42^\circ$ , lực dính kết  $C = 45$  T/m<sup>2</sup>.

Đất đắp : Đất sét, á sét. Hệ số thấm  $k = 2,8 \cdot 10^{-8}$  m/s, dung trọng  $\gamma = 1,77$  T/m<sup>3</sup>, góc nội ma sát  $\varphi = 19^\circ$ , lực dính kết  $C = 3$  T/m<sup>2</sup>.

Đá đắp : Đá hộc. Hệ số thấm  $k = 1 \cdot 10^{-2}$  m/s, dung trọng  $\gamma = 2$  T/m<sup>3</sup>, góc nội ma sát  $\varphi = 35^\circ$ , lực dính kết  $C = 0$  T/m<sup>2</sup> [9].

Các chỉ tiêu thiết kế của công trình

Cấp công trình theo TCXD VN 285-2002(\*):  
Cấp II ;

Tần suất lưu lượng, mực nước lớn nhất thiết kế:  $p = 0,5$  %;

Tần suất lưu lượng, mực nước lớn nhất kiểm tra:  $p = 0,1$  %;

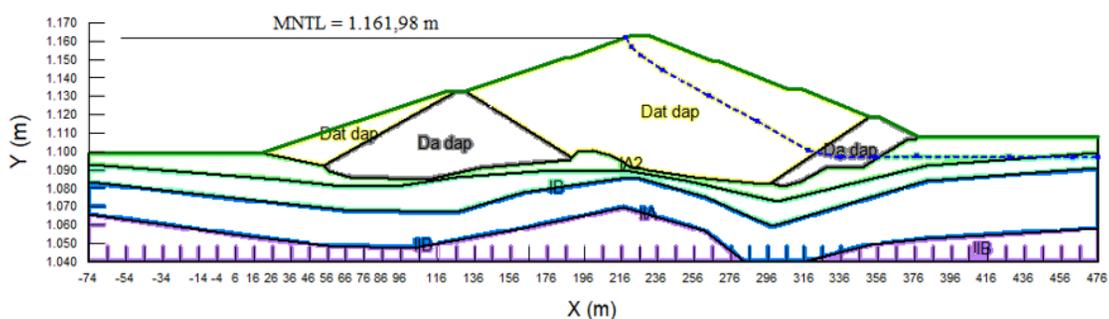
Cao trình đỉnh đập: 1.163 m;

Mực nước dâng bình thường: 1.160 m;

Mực nước chết: 1.138 m;

Mực nước lũ thiết kế tần suất  $p = 0,5$ %: 1.160 m;

Mực nước lũ kiểm tra tần suất  $p = 0,1$ %: 1.161,98 m;



Hình 1: Mặt cắt ngang đập ở vị trí MC-D8

### 3.2. Đánh giá độ ổn định của lớp đất đắp dựa vào đường cong thành phần hạt

Phương pháp của Kenney và Lau (1985, 1986) [4] dựa trên những cỡ hạt có đường kính nhỏ hơn  $d$  (được đặt tên là  $F$ ) và những cỡ hạt từ  $d$  đến  $4d$  (ký hiệu là  $H$ ) để đánh giá khả năng xói hạt mịn. Đất được đánh giá ổn định với xói hạt mịn nếu tỉ lệ  $H/F > 1$  và  $H/F < 1$  đất dễ bị xói. Wan và Fell (2008) [10] đã đưa ra một phương pháp đánh giá sự ổn định do xói ngầm của những loại đất có cấp phối tốt. Phương pháp này dựa vào hai tỉ lệ:  $d_{90}/d_{60}$  và  $d_{20}/d_5$  và kết quả được phân thành 3 khu vực: khu vực ổn định, không ổn định và khu chuyển tiếp. Tuy nhiên hai tác giả Wan và Fell (2008) [10] cho thấy phương pháp này không phù hợp cho những loại đất có thành phần hạt mịn ít hơn 15%. Một tiêu chuẩn khác được đề xuất bởi Chang và Zhang, (2013) [10], tiêu chuẩn này áp dụng cho tất cả các loại đất. Đối với loại đất có cấp phối “widely graded soil”: với  $P < 5\%$  ( $P$  là phần trăm của hạt mịn có đường kính nhỏ hơn 0.063mm), đất ổn định với xói nếu  $(H/F)_{\min} > 1$ . Với  $5 \leq P \leq 20$  và  $(H/F)_{\min} > - (1/15)P + 4/3$ - đất ổn định xói và những loại đất có  $P > 20$  đất dường như ổn định với xói ngầm. Đối với những loại đất “gap-graded soil” là những loại đất có một số cỡ hạt bị thiếu: với  $P < 10$  một loại đất không bị xói nếu  $G_r < 3$  (trong đó  $G_r = d_{\max}/d_{\min}$ ,  $d_{\max}$ ,  $d_{\min}$  là đường kính lớn nhất của thành phần hạt mịn và đường kính nhỏ nhất của thành phần hạt thô), với  $10 \leq P \leq 35$  đất ổn định xói nếu  $G_r < 0.3P$ . Với  $P > 35$  đất dường như không bị xói. Marot cùng các cộng sự năm (2016) [8] đã so sánh một vài tiêu chuẩn của Kenney và Lau (1985) [4], Chang và Zhang (2013) [11] và của Wan và Fell (2008) [10] và họ đã xác định tiêu chuẩn phù hợp nhất để đánh giá khả năng xói hạt mịn của những loại đất: trong trường hợp những

loại đất “gap-graded soil”, nếu phần trăm hạt mịn cao hơn 35% đất dường như ổn định xói. Đối với những loại đất có hàm lượng hạt mịn ít hơn 35%, tiêu chuẩn của Chang và Zhang dường như ít phù hợp. Đối với những loại đất có cấp phối “widely graded soil”, thành phần hạt mịn được xác định bởi giá trị tối thiểu của tỉ lệ  $(H/F)_{\min}$ . Nếu phần trăm hạt mịn ít hơn 15%, đánh giá khả năng ổn định có thể theo tiêu chuẩn của Kenney và Lau, phần trăm hạt mịn lớn hơn 15% sự đánh giá ổn định đất dựa theo tiêu chuẩn của Wan và Fell. Dựa vào tiêu chuẩn này lớp đất đắp đập của đập Thượng Kon Tum được đánh giá là “ổn định”

### 3.3. Đánh giá chỉ số kháng xói của lớp đất đắp đập

Đập đất thượng KonTum có đường cong thành phần hạt thuộc loại “ Widely graded soil”. Dựa vào phương trình (3) cho loại đất này:

$$I_a = -26,34 + 0,43\gamma_d + 0,66\varphi - 0,16 \\ \text{Finer KL} + 1,15V_{BS} + 0,37P + 6,82d_5 - 1,26 d_{60} \\ (N=10, R^2 = 0,99)$$

Các giá trị đường kính cỡ hạt của đất đắp đập: Finer KL được xác định dựa vào thuật toán với Matlab và giá trị  $P = 25\%$  cho các loại đất đắp đập, đường kính các cỡ hạt được thu thập và giá trị trung bình của  $d_5$  và  $d_{60}$  lần lượt là 0.0035 mm và 0.45mm. Giá trị Blue methylene value được xác định từ thực nghiệm tùy thuộc vào loại vật liệu đắp đập giả thuyết  $V_{BS} = 3$  (g/100g).

Lớp đất đắp đập: Đất sét, á sét. Hệ số thấm  $k = 2,8 \cdot 10^{-8}$  m/s, dung trọng  $\gamma = 1,77$  T/m<sup>3</sup>, góc nội ma sát  $\varphi = 19^\circ$ , lực dính kết  $C = 3$  T/m<sup>2</sup>. Giá trị các thông số và kết quả đánh giá khả năng xói hạt mịn cho thân đập dựa vào chỉ số kháng xói  $I_a$  được chỉ trong Bảng 1.

**Bảng 1: Đặc tính vật lý của lớp đất đắp đập và đánh giá chỉ số kháng xói**

Thân đập	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\varphi$ (độ)	Finer KL (%)	$V_{BS}$ (g/100g)	P (%)	$d_5$ (mm)	$d_{60}$ (mm)	$I_a$	Đánh giá
Đất đắp đập	17.7	19	25	3	25.94	0,0035	0.45	3.112	Xói vừa

Giá trị chỉ số kháng xói dựa vào phương pháp năng lượng  $I_\alpha$  của lớp đất đắp đập được đánh giá nằm trong khoảng  $3 \leq I_\alpha < 4$  và được đánh giá là “Xói vừa”. Kết quả này cho thấy khi xét an toàn đập cần phải xét khả năng xói hạt mịn. Tuy nhiên việc đánh giá độ nhạy của lớp đất đắp cần xét đến dòng thấm trong thân đập.

#### 4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Bài báo đã sử dụng phương trình tương quan giữa chỉ số kháng xói và những thông số vật lý của đất đắp đập để đánh giá chỉ số kháng xói. Lớp đất đắp đập của đập đất Thượng Kon Tum được đánh giá độ nhạy xói. Sự đánh giá này

dựa vào tiêu chuẩn tổng hợp về cỡ hạt của Marot và những cộng sự năm 2016. Kết quả chỉ ra lớp đất đắp đập “ổn định” với xói ngầm. Ngoài ra tác giả cũng đánh giá khả năng xói ngầm của đập đất thông qua chỉ số kháng xói. Các thông số đập đất được tác giả thu thập từ báo cáo kinh tế kỹ thuật và chỉ số kháng xói được tính toán theo phương trình số (3) cho mặt cắt đập đại diện và kết quả chỉ ra  $3 \leq I_\alpha = 3.112 < 4$ , đập được đánh giá là “Xói vừa”. Với kết quả này tác giả kiến nghị đập đất cần phải được mô hình số 2D để đánh giá tổng thể xói ngầm của đập đất.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Garner, S.J., Fannin, R.J. 2010. Understanding internal erosion: a decade of research following a sinkhole event. *The International J. on Hydropower & Dams*, 17: 93-98
- [2] Fell, R., Fry, J.J. 2013. Erosion in geomechanics applied to dams and levees, 1-99. Bonelli S. Editor, ISTE – Wiley
- [3] Kézdi, 1979. Soil physics selected topics. Elsevier Scientific Publishing Co, Amsterdam.
- [4] Kenney, T. C., & Lau, D. Internal stability of granular filters. *Canadian Geotechnical Journal*, 22, 1985, 215-225.
- [5] Lafleur, J., Mlynarek, J. and Rollin, A.L. 1989. Filtration of broadly graded cohesionless soils. *Journal of Geotechnical Engineering*, 115(12): 1747-1768.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] Báo cáo kinh tế kỹ thuật, Công ty Cổ phần tư vấn xây dựng Điện 1, 2013.
- [10] Chang, D. S., & Zhang, L. M. (2013b). Extended internal stability criteria for soils under seepage. *Soils and Foundations*, 53(4):569-583.
- [11] Wan, C. F., & Fell, R. (2008). Assessing the potential of internal instability and suffusion in embankment dams and their foundations. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE*, 134(3): 401-407.