

# ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG XÓI HẠT MỊN CỦA ĐẬP ĐẤT HỒ CHỨA NƯỚC DIÊN TRƯỜNG - QUẢNG NGÃI DỰA VÀO CHỈ SỐ KHÁNG XÓI

## ASSESSING THE SUFFUSION SUSCEPTIBILITY OF THE EARTH DAM OF DIEN TRUONG RESERVOIR – QUANGNGAI BASED ON THE EROSION RESISTANCE INDEX

Lê Văn Thảo

Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng; lvthao@dut.udn.vn

**Tóm tắt** - Xói ngầm là một trong những nguyên nhân gây ra sự không ổn định của những kết cấu đập thủy lực. Tiến trình xói ngầm có thể phân ra thành bốn loại: Xói rò rỉ, xói kéo theo, xói tiếp xúc và xói hạt mịn. Bài báo này liên quan đến xói hạt mịn, xói này có thể gây ra sự thay đổi về thành phần cỡ hạt, độ rỗng và độ dẫn thủy lực trong đập, đề. Theo [1] đã đưa ra phương trình tương quan của chỉ số kháng xói với những thông số của đất gồm:  $\gamma_d$ , VBS,  $\phi$ ,  $k_i$ ,  $m_{H/F}$ ,  $F_{iner KL}$ , tỷ lệ  $Gr$ ,  $d_5$ ,  $d_{15}$ ,  $d_{20}$ ,  $d_{50}$ ,  $d_{60}$ ,  $d_{90}$  và  $P$ . Bên cạnh đó nhóm tác giả còn đưa ra hai phương trình tương quan cho từng loại đất “gap-graded soils” và “widely graded soils”. Dựa vào sự phân loại xói hạt mịn thông qua chỉ số kháng xói  $I_a$ , bài báo đánh giá khả năng xói hạt mịn của đập đất hồ chứa nước Diên Trường - Quảng Ngãi. Kết quả chỉ ra thân đập được đánh giá “xói vừa” tại mặt cắt chưa được gia cố.

**Từ khóa** - Chỉ số kháng xói; xói ngầm; xói hạt mịn; hồ chứa nước; đập đất

### 1. Đặt vấn đề

Những kết cấu thủy lực như đập, đề... cung cấp nhiều lợi ích trong cuộc sống hằng ngày của chúng ta như cung cấp năng lượng, cung cấp nước, điều khiển lũ lụt... Sự hư hỏng của những kết cấu này có thể tạo ra những thảm họa lớn đối với con người và tài sản. Theo [2], xói ngầm là một trong những nguyên nhân chính gây nên sự mất ổn định của những công trình nền đắp như đập, đề... Hiện tượng xói hạt mịn là một kiểu của xói ngầm, xói này tương ứng với tiến trình tách và sau đó vận chuyển những hạt mịn nhất vào không gian lỗ rỗng của những hạt có đường kính lớn hơn. Tuy nhiên một thành phần của những hạt tách có thể sắp xếp lại hoặc được lọc trong không gian những lỗ rỗng. Tiến trình này có thể gây ra một sự tắc nghẽn cục bộ. Ba tiêu chuẩn được đưa ra bởi [3] cho sự xuất hiện của xói hạt mịn: cỡ hạt mịn phải nhỏ hơn cỡ hạt thô, thể tích của những hạt đất mịn phải ít hơn thể tích lỗ rỗng của những hạt thô, vận tốc của dòng chảy đi vào đất phải đủ cao để di chuyển những hạt mịn nhất thông qua lỗ rỗng. Hai tiêu chuẩn đầu liên quan đến kết cấu của đất, cái tùy thuộc vào đường cong cấp phối. Vì vậy để đánh giá khả năng xói hạt mịn, những nhà nghiên cứu trước đã đề xuất phương pháp đánh giá chỉ dựa vào đường cong thành phần hạt [4], [5], [6], [7]. Nhóm tác giả [8] đã phân ra 3 dạng đường cong thành phần hạt: cấp phối tuyến tính bao gồm các loại đất với những hạt phân bố đồng đều hoặc cho những loại đất có thành phần hạt mịn phân bố đồng đều. Dạng 2 tương ứng với những loại đất có những cỡ hạt bị thiếu, và dạng 3 tương ứng với những loại đất không ổn định. Tiêu chuẩn thứ 3 liên quan đến sự hoạt động của dòng chảy đòi hỏi sự tách và sau đó vận chuyển

**Abstract** - Internal erosion is one of the main causes of instabilities within hydraulic earth structures. Four types of internal erosion can be distinguished: Concentrated leak erosion, backward erosion, contact erosion and suffusion. This paper relates the suffusion which causes the change of grain size distribution, porosity and hydraulic conductivity in the earth dam, dike. According to [1] an expression of the erosion resistance index as a function of fourteen physical parameters: dry unit weight, blue methylene value, internal friction angle, initial hydraulic conductivity, minimum value of ratio  $H/F$ , percentage of finer fraction (based on Kenney and Lau's criteria), gap ratio includes  $Gr$ ,  $d_5$ ,  $d_{15}$ ,  $d_{20}$ ,  $d_{50}$ ,  $d_{60}$ ,  $d_{90}$  (diameters of the 5%, 15%, 20%, 50%, 60%, 90% mass passing, respectively) and  $P$  (percentage finer than 0.063mm). Besides, the two relation equations for the gap-graded soils and widely-graded soils are also shown. Based on the classification of suffusion through the erosion resistance index ( $I_a$ ), the paper assesses the suffusion susceptibility of earth dam of Dien Truong reservoir - Quang Ngai. The results show that the earth dam classification is “Moderately Erodible” at the initial section.

**Key words** - Erosion resistance index; internal erosion; suffusion; reservoir; earth dam

của những hạt mịn. Thành phần tách của những hạt mịn có thể sắp xếp lại hoặc lọc vào không gian lỗ rỗng [9], [10], [11], [12], [13]. Những tiến trình này thậm chí có thể gây ra sự tắc nghẽn cục bộ, cộng với sự thay đổi vận tốc dòng chảy và áp suất ban đầu. Vì vậy sự thay đổi của cả dòng thấm và gradient áp suất phải được quan tâm để đánh giá tải trọng thủy lực. Một cách để xem xét cả sự thay đổi vận tốc thấm và gradient áp suất được diễn tả bởi năng lượng tiêu hao của dòng thấm [14], [15].

Để đánh giá khả năng xói hạt mịn dựa vào phương pháp năng lượng, Nhóm tác giả [1] đã đề xuất những phương trình tương quan giữa chỉ số kháng xói với các đặc trưng cơ lý của đất.

### 2. Cơ sở đánh giá khả năng xói ngầm dựa vào chỉ số kháng xói $I_a$

Nhóm tác giả [14] đã đề xuất công thức tính chỉ số kháng xói  $I_a$  (công thức 1) và dựa vào giá trị của chỉ số kháng xói

$$I_a = -\log(\text{cumulative loss dry mass}/E_{\text{flow}}) \quad (-) \quad (1)$$

Trong đó: “cumulative loss dry mass” là khối lượng khô bị mất tích lũy;  $E_{\text{flow}}$  [J] là tích phân theo thời gian của tổng năng lượng dòng chảy, với tổng năng lượng dòng chảy được 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.

Sự phân loại xói hạt mịn từ “xói cao” cho đến “kháng xói” được đưa ra trong [15] tương ứng như sau:

Nếu  $I_a < 2$  xói cao;  $2 \leq I_a < 3$  xói;  $3 \leq I_a < 4$  xói vừa;  $4 \leq I_a < 5$  kháng vừa và  $I_a \geq 6$  kháng xói.

Phương trình tương quan giữa chỉ số kháng xói với những đặc trưng cơ lý của đất như sau [1]:

Đối với tất cả các loại đất:

$$I_a = -13,57 + 0,43\gamma_d + 0,18\varphi - 0,02\text{Finer KL} + 0,49V_{BS} + 189,70k_i + 3,82\min(H/F) + 0,18P + 0,28G_r + 19,51d_5 + 1,06d_{15} - 0,84d_{20} + 0,81d_{50} - 0,98 d_{60} - 0,10d_{90} \quad (N=31, R^2 = 0,94) \quad (3)$$

Trong đó,  $k_i$  là hệ số thấm ban đầu;  $\min(H/F)$  giá trị nhỏ nhất dựa vào đồ thị H và F;  $G_r$  là tỉ số  $d_{\max}/d_{\min}$

Đối với đất có đường cong thành phần hạt thuộc “gap-graded”

$$I_a = -37,62 + 0,67\gamma_d + 0,64\varphi + 0,09\text{Finer KL} - 0,03V_{BS} - 1,43P + 0,63G_r + 0,76d_5 - 0,97d_{60} + 0,61d_{90} \quad (N=21, R^2 = 0,94) \quad (4)$$

Đối với đất thuộc “widely graded” phương trình tương quan như sau:

$$I_a = -26,34 + 0,43\gamma_d + 0,66\varphi - 0,16\text{Finer KL} + 1,15V_{BS} + 0,37P + 6,82d_5 - 1,26 d_{60} \quad (N=10, R^2 = 0,99) \quad (5)$$

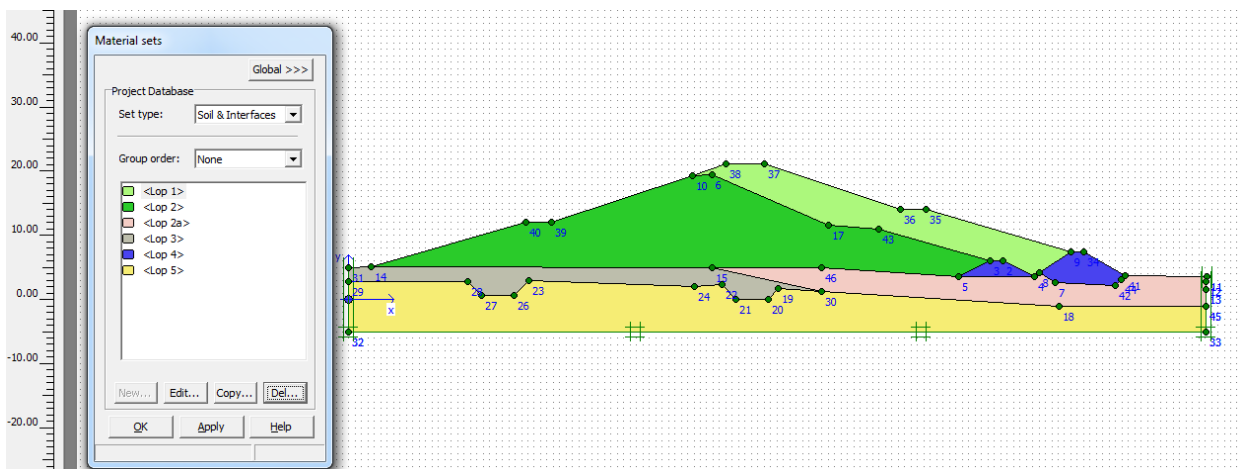
Trong phương trình (3), (4), (5) Phương trình 3 được nhóm tác giả [1] thực hiện cho tất cả các loại đất và các loại đất này được tách ra hai loại “gap-graded soil” của phương trình (4) và “widely- graded soil” của phương trình (5).

### 3. Áp dụng đánh giá khả năng xói hạt mịn của đập đất hồ chứa nước Diên Trường-Quảng Ngãi

#### 3.1. Thông số hiện trạng của đập đất

Bảng 1. Chỉ tiêu cơ lý của các lớp đất

| Nền đập                   | $\gamma_w$ (kN/m <sup>3</sup> ) | $\varphi$ (độ) | C (kG/cm <sup>2</sup> ) | E     | $\mu$ | K (m/s)              |
|---------------------------|---------------------------------|----------------|-------------------------|-------|-------|----------------------|
| Lớp 1                     | 19,40                           | 15° 12'        | 0,232                   | 4000  | 0,28  | 2,8x10 <sup>-7</sup> |
| Lớp 2                     | 17,00                           | 21° 00'        | 0,250                   | 4000  | 0,28  | 2,8x10 <sup>-7</sup> |
| Lớp 2a                    | 19,00                           | 21° 00'        | 0,230                   | 4200  | 0,27  | 1,0x10 <sup>-6</sup> |
| Lớp 3                     | 20,00                           | 16° 09'        | 0,094                   | 4080  | 0,29  | 5,0x10 <sup>-7</sup> |
| Lớp 4 (Đống đá đổ hạ lưu) | 21,00                           | 30° 00'        | 0,010                   | 10000 | 0,23  | 1,0x10 <sup>-4</sup> |
| Lớp 5 (Nền)               | 26,00                           | 35° 10'        | 0,010                   | 12000 | 0,20  | 3,0x10 <sup>-4</sup> |



Hình 1. Mô phỏng hình học của đập ở vị trí chưa gia cố với phần mềm Plaxis

- Vị trí tuyến đập được chọn ở gần suối đoạn trung lưu của sông Dân, nơi địa hình thấp, hẹp và 2 bên vai đập khá dốc. Các thông số kỹ thuật chủ yếu:

- Cấp công trình: Cấp III.

- Kết cấu: Đập đồng chất.

- Cao trình đỉnh đập: +21,1 m.

- Cao trình tường chắn sóng: +21,8 m.

- Chiều dài đỉnh đập: 345,0 m.

- Chiều cao đập lớn nhất: 21,0 m.

- Chiều rộng đỉnh đập: 6,0 m.

- Mái đập: + Thượng lưu:  $m = 3,5 \div 3,0$ .

+ Hạ lưu:  $m = 2,5 \div 3,0$ .

+ 2 cơ đập ở cao trình: + 12,0 m.

+ Chiều rộng 2 cơ đập: 4,0 m.

#### 3.2. Các thông số đặc trưng cơ lý của các lớp đất

Đập đất hồ chứa nước Diên Trường là đập đất đồng chất, trong bài báo này đập đất được đánh giá ở những vị trí chưa gia cố. Chỉ tiêu cơ lý của các lớp đất được thể hiện chi tiết trong Bảng 1. Đập gồm 6 lớp, được ký hiệu theo thứ tự như sau: lớp 1, 2, 2a, 3, 4 và 5, mặt cắt đập được mô phỏng với phần mềm Plaxis và được thể hiện trong Hình 1. Trọng lượng riêng các lớp đất từ 17 kN/m<sup>3</sup> đến 26 kN/m<sup>3</sup>, góc ma sát trong từ 7 đến 35 độ, các thông số khác như lực dính, mô đun đàn hồi, hệ số poatxong, hệ số thấm được được chi tiết ở Bảng 1. Đánh giá xói hạt mịn tập trung ở phần thân đập cụ thể là ở lớp 2.

### 3.3. Đánh giá khả năng xói hạt mịn của đập đất hồ chứa nước Diên Trường - Quảng Ngãi

Đập đất hồ chứa nước Diên Trường có đường cong thành phần hạt thuộc loại “widely graded soil”. Dựa vào phương trình tương quan (5) [1] cho loại đất này:

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

Trong đó:

$\gamma_d$  là trọng lượng riêng khô của đất;

$\phi$ : góc ma sát trong của đất;

Finer KL: hàm lượng hạt mịn dựa vào tiêu chuẩn Kenney and Lau (1985);

$V_{BS}$ : Giá trị “Blue methylene value”;

P: phần trăm hạt mịn nhỏ hơn 0,063mm (P=24%);

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

Các giá trị đường kính của đập: Finer KL được xác định dựa vào thuật toán với Matlab và giá trị dao động từ 20% đến 25% cho các loại đất đắp đập, đường kính các cỡ hạt được thu thập và giá trị trung bình như sau của  $d_5$  và  $d_{60}$  lần lượt là 0.1 mm và 1.0 mm. Giá trị Blue methylene value được xác định từ thực nghiệm tùy thuộc vào loại vật liệu đắp đập  $V_{BS}=3$  (g/100g). 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 chi trong Bảng 2.

**Bảng 2.** Kết quả đánh giá dựa vào chỉ số kháng xói

| Thân đập | $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> ) | $\phi$ (độ) | Finer KL (%) | $V_{BS}$ (g/100g) | P (%) | $d_5$ (mm) | $d_{60}$ (mm) | $I_a$ | Đánh giá |
|----------|-------------------------------|-------------|--------------|-------------------|-------|------------|---------------|-------|----------|
| 2        | 17                            | 21          | 20           | 3                 | 24    | 0,1        | 1,0           | 3,382 | Xói vừa  |

Giá trị chỉ số kháng xói dựa vào phương pháp năng lượng  $I_a$  của lớp 2 được đánh giá nằm trong khoảng  $3 \leq I_a < 4$  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, trong phương pháp này chưa xét đến ảnh hưởng không gian của đập.

### 4. Kết luận và kiến nghị

Bài báo đã đánh giá khả năng xói hạt mịn của thân đập dựa vào chỉ số kháng xói  $I_a$  và cụ thể dựa vào phương trình tương quan giữa chỉ số kháng xói với các thông số đặc trưng của đất. Kết quả chỉ ra thân đập được đánh giá là “Xói vừa”. Kết quả này cho thấy hiện trạng của đập chưa ổn định do xói. Đối với kết quả này tác giả kiến nghị cần có biện pháp xử

chữa nâng cấp đập để đảm bảo an toàn đập.

**Lời cảm ơn:** Tác giả cảm ơn Đại học Đà Nẵng, Bộ Giáo Dục và Đào Tạo (Đề tài KH và CN cấp Bộ mã số B2020-DNA-05) đã tài trợ kinh phí cho nghiên cứu này.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Le V.T., Marot D., Rochim A., Bendahmane F., Nguyen H.H. “Suffusion susceptibility investigation by energy based method and statistical analysis”. *Canadian Geotechnical Journal*. 55(1), 2018, 57-68.
- [2] Foster, M., Fell, R., & Spanagle, M. “The statistics of embankment dam failures and accidents”. *Canadian Geotechnical Journal*, (37), 2000, 1000-1024.
- [3] Fell, R., & Fry, J. J. “Erosion in geomechanics applied to dams and levees”. *Bonelli S. Editor. ISTE-Wiley*, 2013, pp.1-99.
- [4] Kenney, T. C., & Lau, D. “Internal stability of granular filters”. *Canadian Geotechnical Journal*, 22, 1985, 215-225.
- [5] Kenney, T. C., & Lau, D. “Internal stability of granular filters: Reply”. *Canadian Geotechnical Journal*, 23(4), 1986, 420-423.
- [6] Li, M., & Fannin, R. J. “Comparison of two criteria for internal stability of granular soil”. *Canadian Geotechnical Journal*, 45(9), 2008, 1303-1309.
- [7] Chang, D. S., & Zhang, L. M. “Extended internal stability criteria for soils under seepage”. *Soils and Foundations*, 53(4), 2013, 569-583.
- [8] Lafleur, J., Mlynarek, J., & Rollin, A. L. “Filtration of broadly graded cohesionless soils”. *Journal of Geotechnical Engineering*, 115(12), 1989, 1747-1768.
- [9] Reddi, L. N., Lee, I., & Bonala, M. S. “Comparison of internal and surface erosion using flow pump test on a sandkaolinite mixture”. *Geotechnical Testing Journal*, 23(1), 2000, 116-122.
- [10] Bendahmane, F., Marot, D., & Alexis, A. “Experimental parametric study of suffusion and backward erosion”. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, ASCE, 134(1), 2008, 57-67.
- [11] Marot, D., Bendahmane, F., & Konrad, J. M. “Multichannel optical sensor to quantify particle stability under seepage flow”. *Canadian Geotechnical Journal*, 48, 2011a, 1772-1787.
- [12] Nguyen, H. H., Marot, D., & Bendahmane, F. “Erodibility characterisation for suffusion process in cohesive soil by two types of hydraulic loading”. *La Houille Blanche, International water journal*, 2012, pp. 6:54-60.
- [13] Rochim, A., Marot, D., Sibille, L., & LE, V. “Effect of hydraulic loading history on suffusion susceptibility of cohesionless soils”. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering (ASCE)*, 04017025, 2017, 1-10.
- [14] Marot, D., Regazzoni, P. L., & Wahl, T. “Energy based method for providing soil surface erodibility rankings”. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering (ASCE)*, 48, 2011b, 1772-1787.
- [15] Marot, D., Rochim, A., Nguyen, H. H., Bendahmane, F., & Sibille, L. “Assessing the susceptibility of gap graded soils to internal erosion characterization: proposition of a new experimental methodology”. *Nat Hazards*, 2016, 1-24.

(BBT nhận bài: 27/4/2020, hoàn tất thủ tục phản biện: 20/5/2020)