

THÍ NGHIỆM XÁC ĐỊNH TỐC ĐỘ XÓI CỦA ĐẤT ĐẬP DƯỚI TÁC DỤNG CỦA DÒNG CHẢY TRÊN BỀ MẶT

Phạm Thị Hương¹

Tóm tắt: *Hiện tượng xói trên bề mặt đập dưới tác dụng của dòng chảy là nguyên nhân chủ yếu của quá trình phát triển vỡ đập. Nghiên cứu cơ chế xói của đất đắp dưới tác dụng của dòng chảy trên bề mặt là việc làm cần thiết để đánh giá an toàn đập khi nước tràn đỉnh. Từ các nghiên cứu trước đây đã thiết lập được công thức tính tốc độ xói của đất. Tuy nhiên với mỗi loại đất, cần thông qua thí nghiệm để xác định các hằng số xói trong công thức. Bài báo trình bày nội dung thí nghiệm xác định tốc độ xói của mẫu đất dính trên máng kính thủy lực, từ kết quả thí nghiệm xác định được các hằng số xói của vật liệu.*

Từ khóa: Tốc độ xói, nước tràn đỉnh đập, vỡ đập.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nước tràn đỉnh đập là nguyên nhân chính gây sự cố vỡ của các đập vật liệu địa phương. Theo International Commission on Large Dams (ICOLD, 1973), 35% đập đất bị vỡ do nước tràn đỉnh đập, 65% còn lại do các nguyên nhân khác như thấm, xói ngầm... Các con đập bị vỡ gây ra hậu quả nghiêm trọng về tính mạng người dân vùng hạ lưu, phá hoại nền kinh tế và môi trường sinh thái khu vực xung quanh.

Việt Nam, với đa số là các hồ chứa vừa và nhỏ, các hạng mục công trình thường không được đầu tư xây dựng đầy đủ và có độ kiên cố cần thiết. Chất lượng khảo sát, thiết kế, thi công lạc hậu, không đáp ứng yêu cầu. Năng lực quản lý, vận hành các hồ đập còn thiếu và yếu về nhân lực, quy trình và trang thiết bị. Cộng với ảnh hưởng của biến đổi khí hậu cũng như việc tàn phá rừng đầu nguồn và nhiều nguyên nhân khác nữa dẫn đến lũ lụt diễn biến thất thường và có chiều hướng bất lợi hơn cho công trình. Lũ vượt thiết kế ngày càng tăng đặc biệt là đối với các công trình vừa và nhỏ (Phạm Ngọc Quý, 2008). Vì vậy, khả năng tiềm ẩn nguy cơ vỡ đập do nước tràn đỉnh là rất lớn và là một vấn đề hết sức nghiêm trọng. Hiện tượng xói trên bề mặt đập dưới tác dụng của dòng chảy là nguyên

nhân chủ yếu của quá trình phát triển vỡ đập. Nghiên cứu cơ chế xói của đất đắp dưới tác dụng của dòng chảy là việc làm cần thiết để đánh giá an toàn đập khi nước tràn đỉnh.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT CỦA VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

Dựa vào hàm mô tả tốc độ xói của đất dính từ các nghiên cứu trước đây (Kazunori Fujisawa, Akira Kobayashi, Kiyohito Yamamoto, 2008):

$$E = \alpha(\tau - \tau_c)^\gamma \quad (1)$$

trong đó:

E là tốc độ xói (m/s);

τ là ứng suất cắt sinh ra bởi dòng chảy trên bề mặt mẫu đất (N/m^2);

τ_c là ứng suất cắt tới hạn của đất (N/m^2);

α, τ_c là các hằng số xói của vật liệu ;

γ là số mũ thường lấy bằng 1.

Ứng suất cắt trung bình trên bề mặt mẫu đất xác định theo công thức của Shaikh và các cộng sự (G.J. hanson, K.R. Cook, S.L. Hunt) :

$$\tau = \rho g h \sqrt{S_{fx}^2 + S_{fy}^2} \quad (2)$$

trong đó:

ρ là khối lượng riêng của nước (kg/m^3);

g là gia tốc trọng trường (m/s^2);

h là chiều sâu nước (m);

S_{fx}, S_{fy} là năng lượng mái dốc được xác định theo công thức Manning:

¹ Khoa Công Trình, Trường Đại học Thủy Lợi.

$$S_{fx} = \frac{n^2 u \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{4/3}}; S_{fy} = \frac{n^2 v \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{4/3}} \quad (3)$$

n là hệ số nhám Manning;

u và v là lưu tốc dòng chảy theo phương x và y .

Các hằng số xói của vật liệu phụ thuộc vào nhiều yếu tố như đường kính hạt, độ ẩm của đất khi đầm, nhiệt độ nước, độ đầm chặt và các chỉ tiêu cơ lý (γ , ϕ , c)... Các hằng số này được xác định thông qua thí nghiệm.

3. NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

3.1. Thiết bị thí nghiệm

Xây dựng một máng thí nghiệm như hình 1, máng được làm bằng thép hộp, sắt tấm và kính. Máng có kích thước là 30cm rộng, 300cm dài và 40cm cao. Thượng lưu máng gắn vào một bể chứa nước có máy bơm điều khiển lưu lượng. Một lỗ khoét hình chữ nhật có kích thước 20x30cm được khoét dưới đáy máng cách mép hạ lưu máng 50cm, đây chính là nơi mẫu đất được đưa từ dưới lên trong quá trình làm thí nghiệm. Mẫu đất được đưa dần lên trong quá trình xói (đảm bảo bề mặt mẫu luôn luôn bằng bề mặt đáy máng) bằng hệ thống vít me.

3.1.1. Thiết bị đo vận tốc

Sử dụng máy đo lưu tốc điện tử hai chiều P-EMS, bộ thí nghiệm tiêu chuẩn bao gồm: đầu đo loại E – 30 (0 – 2.5m/s), bộ xử lý tín hiệu nằm trong hộp nguồn UCC, cáp nối dài 10m. Khi đo, hộp nguồn UCC được kết nối với máy tính có cài đặt phần mềm đo đạc để đọc dữ liệu từ đầu đo.

3.1.2. Thiết bị đo lưu lượng

Xây dựng một đập tràn thành móng ở cuối đoạn kênh dẫn đưa nước trở về máng thu hồi nước. Đập có chiều cao $P = 11,5\text{cm}$, chiều rộng $B = 49,6\text{cm}$. Một thước mét đo chiều cao cột nước trên ngưỡng tràn được gắn lên tường phía thượng lưu cách ngưỡng tràn 20cm. Lưu lượng qua tràn cũng chính là lưu lượng qua máng kính được xác định theo công thức (Nguyễn Cảnh Cầm và nnk, 1978):

$$Q = mB\sqrt{2g}H^{3/2} \quad (4)$$

trong đó:

m : là hệ số lưu lượng của đập tràn thành

móng, xác định theo công thức:

$$m = 0,402 + 0,054 \frac{H}{P} \quad (5)$$

H : là chiều cao cột nước trên ngưỡng tràn đọc từ thước đo mét,

P : là chiều cao ngưỡng tràn,

B : là bề rộng ngưỡng tràn.

3.1.3. Thiết bị đo mực nước

Để đo mực nước tại mặt cắt ngưỡng tràn, một ống tiao được đặt luồn bên dưới ngưỡng để dẫn mực nước tĩnh tại mặt cắt ngưỡng tràn ra khỏi máng, đầu phía ngoài của ống tiao được gắn vào thành ngoài của bể chứa, bên cạnh là thước mét để đọc số đo mực nước trên ngưỡng tràn.

Tại các mặt cắt dọc theo máng kính đều có gắn các thước mét đo chiều sâu cột nước.

3.1.4. Thiết bị đo chiều cao mẫu đất

Một thước kẹp có vạch đơn vị đo theo chiều dài được gắn vào đầu vít me. Thước di chuyển lên cùng với vít me vì vậy có thể đọc số liệu về chiều sâu bị xói của mẫu đất trên đầu thước kẹp.



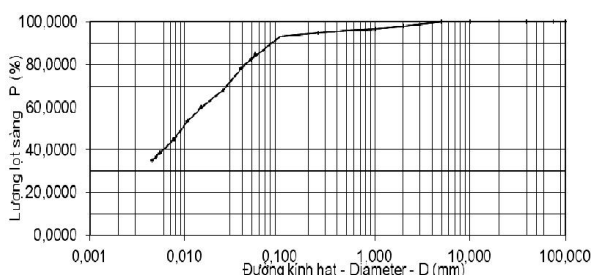
Hình 1. Máng kính thủy lực thí nghiệm xói mẫu đất

3.2. Mẫu đất thí nghiệm

Vật liệu thí nghiệm là đất dính, được lấy tại quả đồi xã Đồng Trúc huyện Thạch Thất, Hà Nội. Đất được đưa về phòng thí nghiệm Địa kỹ thuật, trường Đại học Thủy Lợi để xác định các chỉ tiêu cơ lý theo: (TCVN 2683:2012, TCVN 4195:2012, TCVN 4196:2012, TCVN 4197:2012, TCVN 4201:2012, TCVN 4202:2012).

Bảng 1. Tổng hợp kết quả phân tích mẫu đất

	Mẫu số 1	Mẫu số 2	Mẫu số 3	Mẫu số 4	Mẫu số 5
Dung trọng riêng γ (T/m ³)	1,641	1,695	1,732	1,768	1,787
Góc ma sát ϕ (độ)	35 ⁰ 28'	34 ⁰ 45'	34 ⁰ 23'	33 ⁰ 18'	32 ⁰ 55'
Lực dính C (kg/cm ²)	0,259	0,333	0,339	0,370	0,412
Độ rỗng n (%)	53,83	52,29	51,27	50,25	49,72

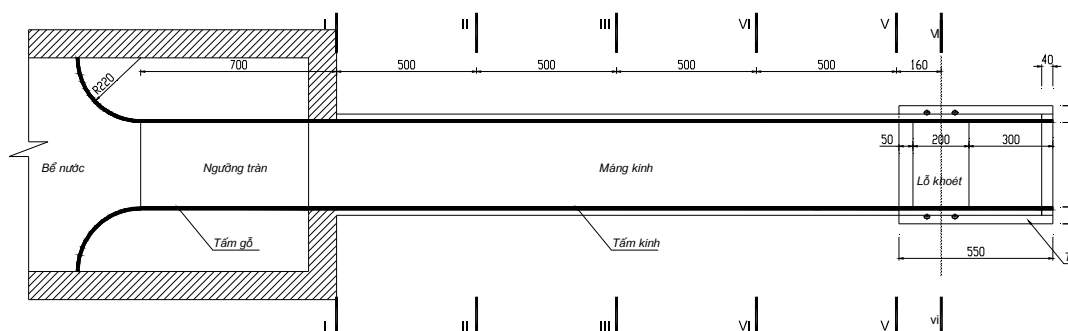


Hình 2. Đường cong cấp phối hạt của đất thí nghiệm

3.3. Quá trình và kết quả thí nghiệm

Cần đo lưu tốc được đặt tại đầu mặt cắt bố trí mẫu, đầu đo điện từ đặt cách đáy máng 1cm,

cần được nối với máy tính trung tâm để đọc giá trị vận tốc dòng chảy tại mặt cắt mẫu. Đồng thời với thời điểm đo vận tốc, các giá trị cột nước trên ngưỡng đập tràn thành mỏng, cột nước trên ngưỡng tràn thượng lưu máng kính và tại các mặt cắt cũng được đọc và ghi chép lại để tính toán xác định lưu lượng và kiểm chứng giá trị vận tốc đo được (Nguyễn Cảnh Cầm và nnk, 1978). Nước được bơm vào trong bể chứa thượng lưu máng kính bằng một máy bơm. Lưu lượng máy bơm có thể điều chỉnh bởi một van điều khiển trung tâm đặt ngay trước cửa vào bể chứa, giữ cho lưu lượng không thay đổi trong suốt quá trình thí nghiệm.



Hình 3. Bố trí các mặt cắt đo mực nước và lưu tốc trên máng

Bảng 2. Kết quả đo các yếu tố thủy lực

Cột nước tràn H (cm)	Lưu lượng Q (l/s)	Cột nước tại mặt cắt					Vận tốc MC V-V (m/s)	Ứng suất τ (N/m ²)
		MC I-I (cm)	MC II-II (cm)	MC III-III (cm)	MC IV-IV (cm)	MC V-V (cm)		
3,5	6,02	1,6	0,9	0,8	0,7	0,7	4,00	6,712
5,0	10,45	2,3	1,4	1,2	1,1	1,0	4,79	8,537
6,5	15,75	2,7	1,9	1,6	1,5	1,4	5,40	9,808
7,5	19,73	3,0	2,2	1,9	1,7	1,6	5,72	10,421
9,0	26,35	3,3	2,6	2,3	2,1	2,0	6,19	11,382

Ứng suất τ xác định theo công thức (2) (3), lấy lưu tốc dòng chảy theo phương y bằng 0 ($v = 0$)

Sau khi điều chỉnh lưu lượng về đúng các cấp lưu lượng đã định, lúc này tiến hành mở tấm nhựa dẻo trên bề mặt mẫu để đo tốc độ xói của

mẫu đất. Mẫu đất được đẩy lên bằng hệ thống vít me đảm bảo bề mặt mẫu luôn luôn bằng bề mặt đáy máng. Sau mỗi phút lại đọc số liệu về chiều cao còn lại của mẫu trên thước kẹp gắn trên vít me (loại bỏ kết quả của một số mẫu có bề mặt xói không đều do đất không đồng nhất). Tốc độ bào mòn mẫu đất Δz được ghi lại cùng

với bước thời gian Δt .

Tốc độ xói được tính toán theo công thức (Kazunori Fujisawa, Akira Kobayashi, Kiyohito Yamamoto, 2008):

$$E = \frac{\Delta z}{\Delta t}(1 - n) = z(1 - n) \quad (6)$$

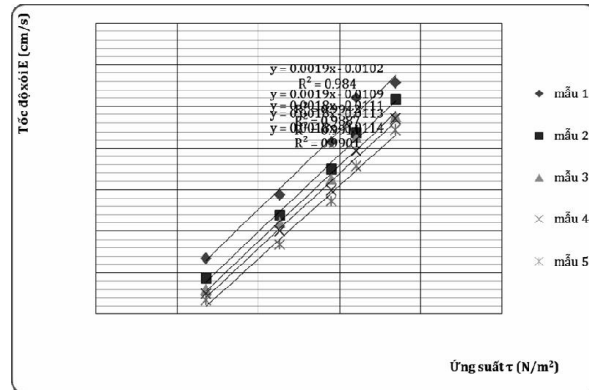
với n là độ rỗng của mẫu đất.

Bảng 3. Bảng kết quả tính tốc độ xói của mẫu đất

Lưu lượng Q	Vận tốc tại MC V-V	Ứng suất τ	Tốc độ xói mẫu 1 (k = 0,9) E	Tốc độ xói mẫu 2 (k = 0,93) E	Tốc độ xói mẫu 3 (k = 0,95) E	Tốc độ xói mẫu 4 (k = 0,97) E	Tốc độ xói mẫu 5 (k = 0,98) E
(l/s)	(m/s)	(N/m ²)	(cm/s)	(cm/s)	(cm/s)	(cm/s)	(cm/s)
6,02	4,00	6,712	0,0027	0,0017	0,0012	0,0010	0,0007
10,45	4,79	8,537	0,0058	0,0048	0,0044	0,0040	0,0034
15,75	5,40	9,808	0,0083	0,0070	0,0065	0,0060	0,0054
19,73	5,72	10,421	0,0104	0,0087	0,0085	0,0079	0,0071
26,35	6,19	11,382	0,0112	0,0103	0,0095	0,0094	0,0089

3.4. Xử lý kết quả thí nghiệm

Theo công thức tính tốc độ xói (1) và từ kết quả thực nghiệm, xác định được giá trị của ứng suất cắt tới hạn τ_c chính là điểm giao của các đường thực nghiệm với trục hoành, khi đó tốc độ xói E có giá trị bằng không. Với 5 mẫu đất có hệ số đầm chặt khác nhau, giá trị τ_c cũng thay đổi và tăng dần theo mức độ đầm chặt của đất. Hằng số xói α chính là gradien của đường trung bình thực nghiệm, từ bảng kết quả nhận thấy với cùng một loại đất α có giá trị gần như không đổi, có thể lấy giá trị gần đúng $\alpha = 0,0019$ cho loại đất sét thí nghiệm.



Hình 4. Biểu đồ quan hệ giữa tốc độ xói của đất (E) và ứng suất (τ)

Bảng 4. Giá trị của ứng suất cắt tới hạn τ_c và hằng số xói α

Hệ số đầm K	0,9	0,93	0,95	0,97	0,98
τ_c (N/m ²)	5,37	5,74	6,17	6,28	6,33
α	0,0019	0,0019	0,0018	0,0018	0,0018

4. KẾT LUẬN

Hiện tượng xói trên bề mặt đập dưới tác dụng của dòng chảy là nguyên nhân chủ yếu của quá trình phát triển vỡ đập. Tốc độ xói của đất là một hàm tổng hợp của nhiều yếu tố như độ đầm chặt, dung trọng, góc ma sát, lực dính, chiều sâu dòng chảy, ứng suất cắt sinh ra do dòng chảy...

Với mỗi loại đất, cần xác định các hằng số xói trong công thức tính tốc độ xói bằng thực nghiệm, để từ đó có thể đánh giá an toàn đập khi bị tràn nước trên đỉnh.

Bài báo thể hiện kết quả thí nghiệm cho loại đất có hàm lượng sét cao, xác định được vận tốc xói của đất với các giá trị vận tốc

dòng chảy. Xây dựng được các đường thực nghiệm biểu diễn vận tốc xói của loại đất thí nghiệm (hình 4). Từ đó xác định được các hằng số xói (bảng 4) phục vụ cho việc tính tốc độ xói của đất cho các mẫu có hệ số đầm chặt thay đổi.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Kazunori Fujisawa, Akira Kobayashi, Kiyohito Yamamoto, (2008), *Erosion rates of compacted soils for embankments*.

G.J. hanson, K.R. Cook, S.L. Hunt, *Physical Modeling of overtopping erosion and breach formation of cohesive embankments*.

Phạm Ngọc Quý, (2008), *Tràn sự cố trong đầu mối hồ chứa nước*, Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội.

Nguyễn Cảnh Cầm và nnk, (1978), *Giáo trình Thủy Lực tập 2*, Nhà xuất bản Đại học và trung học chuyên nghiệp.

Đất xây dựng - Lấy mẫu, bao gói, vận chuyển và bảo quản mẫu, TCVN 2683:2012.

Đất xây dựng – phương pháp xác định khối lượng riêng trong phòng thí nghiệm, TCVN 4195:2012.

Đất xây dựng – phương pháp xác định độ ẩm và độ hút ẩm trong phòng thí nghiệm, TCVN 4196:2012.

Đất xây dựng – Phương pháp xác định giới hạn dẻo và giới hạn chảy trong phòng thí nghiệm, TCVN 4197:2012.

Đất xây dựng – Phương pháp xác định độ chặt tiêu chuẩn trong phòng thí nghiệm, TCVN 4201:2012.

Đất xây dựng. Phương pháp xác định khối lượng thể tích trong phòng thí nghiệm, TCVN 4202:2012.

Abstract:

EXPERIMENT FOR DETERMINATION OF SOIL EROSION RATE UNDER THE EFFECT OF OVERFLOW

Erosion on the surface of the dam under the effect of the flow is the primary cause of the development of dam break. Study of soil erosion mechanism under the effect of overflow is necessary to evaluate dam safety when overtopping dam. Previous researches have established the formula for calculating soil erosion rate. However, it is necessary to do experiment to determine the erosion coefficients in the formula in each different types of land. This paper presents the content of an experiment to determine soil erosion rate on hydraulic glass trough, and using this result to identify the erosion coefficients of land.

Keywords: Soil erosion rate, overtopping dam. dam break.

BBT nhận bài: 25/4/2016

Phản biện xong: 26/5/2016