

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA HỆ SỐ KHÔNG ĐỀU HẠT ĐẾN ĐỘ NHẠY XÓI NGẦM CỦA NỀN CÁT DƯỚI CỐNG QUA ĐÊ VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG HỒNG

Đinh Xuân Trọng^{1,2}

TÓM TẮT

Xói hạt mịn là hiện tượng xảy ra đầu tiên của quá trình xói ngầm. Dưới tác dụng của dòng thấm, các hạt mịn bị tách rời và cuốn trôi qua khe hở của các hạt đất lớn hơn, cuối cùng để lại cốt đất hạt thô chịu toàn bộ ứng suất hiệu quả, qua đó làm thay đổi cấu trúc cũng như tính chất vật lý và cơ học của đất. Đây là một trong những nguyên nhân chính dẫn đến hư hỏng nền móng của công trình và trong nhiều trường hợp, sự cố có thể xảy ra. Điều đó cho thấy, việc đánh giá sự khởi đầu của quá trình xói ngầm là rất quan trọng, đặc biệt đối với nền cát nhạy cảm thấm. Trong nghiên cứu này, một thiết bị thí nghiệm đã được thiết kế để xác định độ nhạy xói ngầm cho một số loại đất cát dưới nền cống qua đê vùng đồng bằng sông Hồng. Thiết bị này có thể kiểm soát độc lập trạng thái ứng suất và gradient thủy lực, đồng thời định lượng được khối lượng đất bị xói và lưu lượng thấm. Dựa trên kết quả thí nghiệm, tiến hành tính toán chỉ số cường độ xói và đánh giá khả năng xói ngầm theo quan điểm của Marot và cs (2011), qua đó thiết lập mối quan hệ giữa chỉ số cường độ xói với hệ số không đều hạt của đất. Kết quả nghiên cứu giúp thu được các dữ liệu cần thiết phục vụ cho công tác thiết kế, cảnh báo an toàn.

Từ khóa: Cống qua đê, nền cát, hệ số không đều hạt, độ nhạy xói ngầm.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cống qua đê là một hạng mục quan trọng của hệ thống đê. Trong thời gian qua, hàng loạt sự cố đã xảy ra đối với cống dưới đê như cống Mai Trang, Vĩnh Mộ, cống Nhân Hiền, cống A27, cống Văn Trai (Hà Nội), cống Tắc Giang (Hà Nam)... Sự cố cống qua đê có thể phân làm hai dạng: (1) Sự cố liên quan đến địa kỹ thuật như lún không đều, xói lở mang cống, thấm quanh thân cống...; (2) Sự cố hư hỏng kết cấu như han rỉ cửa van, nứt gãy tường cống, thân cống, hư hỏng sân tiêu năng... Các kết quả điều tra đã chỉ ra rằng, 21,6% sự cố cống qua đê liên quan đến địa kỹ thuật và 78,4% sự cố do hư hỏng kết cấu [1]. Trong các sự cố liên quan đến địa kỹ thuật, xói ngầm là một trong những nguyên nhân chính gây ra sự mất ổn định của cống qua đê. Xói ngầm liên quan đến sự dịch chuyển của các hạt mịn ra khỏi kết cấu đất hạt thô dưới tác dụng của dòng thấm. Sự dịch chuyển này làm tăng độ rỗng trong đất, tạo nên sự tập trung dòng chảy và trong nhiều trường hợp, ống xói có thể hình thành gây mất an toàn công trình.

Sự khởi đầu và diễn biến của quá trình xói ngầm phụ thuộc vào nhiều yếu tố: tỷ lệ hạt mịn và hạt thô, đường cong phân bố kích thước hạt, hình dạng hạt, độ rỗng của đất, trạng thái ứng suất, gradient thủy

lực, vận tốc dòng chảy, góc thấm, mức độ không đều hạt. Nghiên cứu sự khởi đầu của xói ngầm rất quan trọng cho việc đánh giá ổn định thấm của tầng cát dưới nền cống qua đê.

2. ĐẶC ĐIỂM CẤU TRÚC NỀN CỐNG QUA ĐÊ VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG HỒNG

Nằm trong vùng đồng bằng sông Hồng (ĐBSH) – ranh giới của quá trình biển tiến, địa chất các tuyến đê nói chung và cống qua đê nói riêng khá phức tạp, đặc biệt là sự tồn tại của các loại đất thuộc hệ tầng Thái Bình và Vĩnh Phúc có thành phần, trạng thái, chiều dày khác nhau, nằm đan xen, không liên tục theo quy luật chung là càng lên trên hạt càng mịn. Quan hệ về mặt địa tầng các lớp đất trên cho thấy, mô hình làm việc của hệ thống đê gồm 3 tầng: (1) Tầng phủ đất dính á sét – sét có tính thấm nhỏ, đây là tầng thường xuyên bị tác động do ảnh hưởng chuyển dòng của sông và các hoạt động dân sinh kinh tế; (2) tầng thông nước là cát pha, cát bụi đến thô có tính thấm vừa đến lớn; (3) tầng sét ít thấm hoặc đá gốc.

Để phục vụ nghiên cứu, đã thu thập tài liệu khảo sát, thiết kế của 110 cống qua đê thuộc 25 tuyến đê trên địa bàn các tỉnh vùng ĐBSH; trên cơ sở đó, phân loại cấu trúc địa tầng địa chất nền cống qua đê trong vùng thành 3 kiểu như sau:

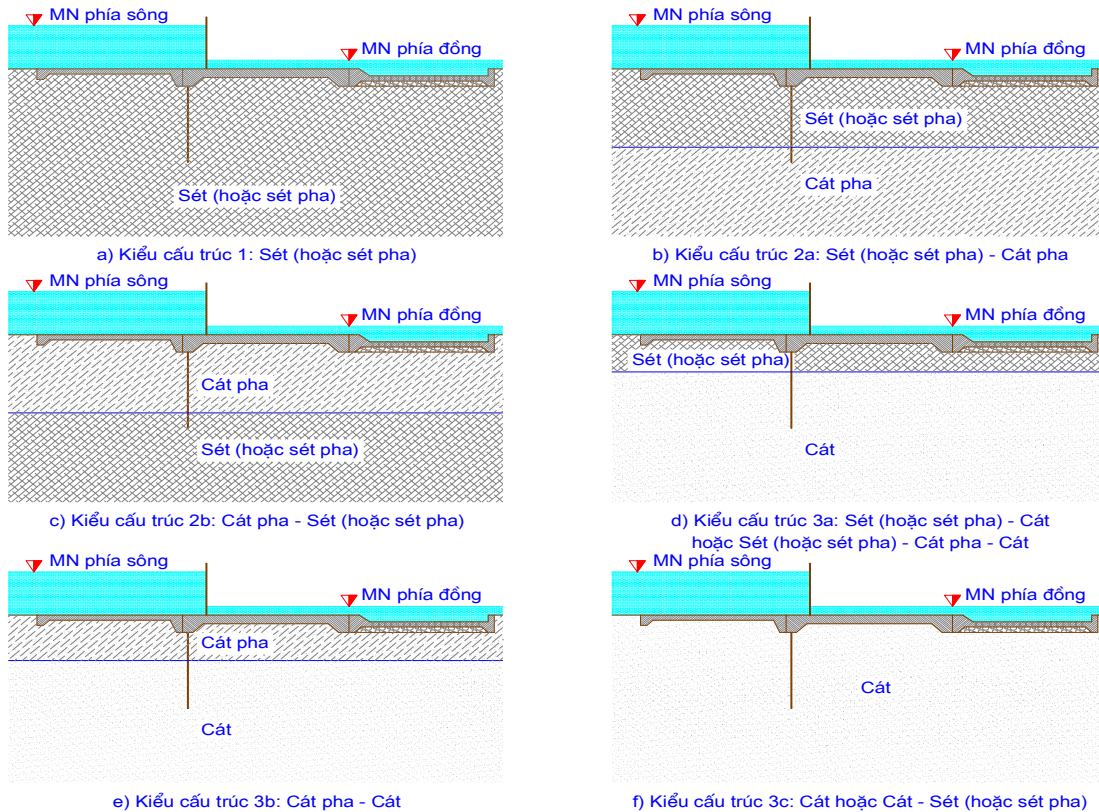
- Kiểu cấu trúc địa tầng số 1: Toàn bộ nền cống là sét (hoặc sét pha). Cống đặt hoàn toàn trên lớp đất loại sét hoặc sét pha với chiều dày không xác định

¹ Viện Thủy công, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam
Email: xuantronghsc@gmail.com

² Nghiên cứu sinh Trường Đại học Thủy lợi

(Hình 1a). Kết quả điều tra cho thấy, có 49/110 cống trong vùng xuất hiện kiểu cấu trúc này; chủ yếu tập trung ở các cống thuộc tuyến đê Đuống, đê Đáy, đê hữu Luộc, đê tả Lạch Tray, đê tả Thái Bình, đê hữu

Trà Lý, đê tả Ninh Cơ và một số cống trên tuyến đê tả Luộc, hữu Cầu, đê sông Hồng, tả Văn Úc... Với hệ số thấm trong khoảng $10^{-5} - 10^{-6}$ cm/s, đây là kiểu cấu trúc có tính chống thấm tốt.



Hình 1. Phân loại cấu trúc địa tầng nền cống qua đê vùng ĐBSH

- Kiểu cấu trúc địa tầng số 2: Nền cống tồn tại lớp cát pha.

+ Kiểu 2a (Hình 1b): Sét (hoặc sét pha) – Cát pha. Cống đặt trực tiếp trên lớp sét (hoặc sét pha) có bề dày trung bình từ 3 – 6 m; bên dưới tồn tại lớp cát pha có bề dày không xác định hoặc lớp cát pha xen kẽ. Hệ số thấm của lớp sét (hoặc sét pha) từ $10^{-5} - 10^{-6}$ cm/s, của lớp cát pha $10^{-4} - 10^{-5}$ cm/s. Có 20/110 cống có kiểu cấu trúc này, chủ yếu tập trung ở đê hữu Cầu, tả Lạch Tray; ngoài ra còn xuất hiện nhỏ lẻ trên các tuyến đê sông Đáy, đê sông Hồng, hữu Luộc, hữu Hóa và tả Văn Úc.

+ Kiểu 2b (Hình 1c): Cát pha – Sét (hoặc sét pha). Đáy cống đặt trực tiếp lên lớp cát pha, bên dưới là lớp sét đất loại sét hoặc sét pha. Bề dày trung bình của lớp cát pha 3 – 5 m, hệ số thấm $10^{-4} - 10^{-5}$ cm/s, trạng thái dẻo đến chảy, bề dày lớp sét hoặc sét pha không xác định. Kiểu cấu trúc này xuất hiện ở cống Đầu Trâu (đê tả Đáy – Ninh Bình), cống tiêu trạm bơm Vĩnh Trị (đê hữu Đáy – Nam Định) và cống Ngô Xá trên đê hữu Hồng (Nam Định).

- Kiểu cấu trúc địa tầng số 3: Nền cống tồn tại lớp đất cát

+ Kiểu 3a (Hình 1d): Sét (sét pha) – Cát hoặc Sét (sét pha) - Cát pha - Cát. Địa tầng dưới đáy cống phân bố từ trên xuống lần lượt là lớp sét (hoặc sét pha) và cát hạt mịn đến thô. Lớp cát có bề dày không xác định hoặc nằm xen kẽ giữa các lớp sét hoặc sét pha, hệ số thấm $10^{-3} - 10^{-4}$ cm/s. 30/110 cống bắt gặp kiểu cấu trúc này, phân bố chủ yếu ở các cống trên tuyến đê sông Hồng, đê hữu Lạch Tray, đê hữu Thái Bình; ngoài ra còn xuất hiện ở một số cống trên các tuyến đê hữu Đáy, đê hữu Cầu, đê tả Luộc, đê hữu Hóa, đê tả Cẩm, đê hữu Thái Bình... Trong đó, 10/30 cống xuất hiện lớp cát ở dưới cao trình -10,00 m; 9/30 cống xuất hiện ở cao trình -5,00 đến -10,00 m và 11/30 cống xuất hiện ở trên cao trình -5,00 m.

+ Kiểu 3b (Hình 1e): Cát pha – Cát. Chỉ có 02 /110 cống thuộc đê tả sông Luộc có kiểu cấu trúc này. Giáp bản đáy cống là lớp cát pha có bề dày 4 – 7 m, hệ số thấm khoảng 10^{-5} cm/s, bên dưới là lớp cát

hạt mịn có bề dày không xác định, cao trình mặt lớp - 5,00 đến -6,00 m; hệ số thấm lớn hơn 10^{-4} cm/s.

+ Kiểu 3c (Hình 1f): Cát hoặc cát – sét (sét pha). Cống đặt trực tiếp trên lớp đất cát có bề dày không xác định hoặc bên dưới là lớp đất sét (sét pha). Có 6/110 cống qua đê gồm cống Tác Giang (đê hữu Hồng – Hà Nam), cống Liên Khê (đê tả Hồng – Hưng Yên), cống Yên Nghĩa (đê tả Đáy – Hà Nội), cống Nhân Hiền (đê hữu sông Nhuệ - Hà Nội), cống Cẩm Đình và Vân Cốc (đê Vân Cốc – Hà Nội) xuất hiện kiểu cấu trúc này. Hệ số thấm của lớp đất cát trong khoảng hệ số thấm 10^{-3} - 10^{-4} cm/s. Đây là kiểu cấu trúc dễ xảy ra các sự cố về thấm.

Như vậy, nền của 38/110 cống xuất hiện các lớp đất cát hạt mịn đến thô. Bề mặt lớp đất cát phân bố khá không đều, 10/38 cống xuất hiện ở dưới cao trình -10,00 m; 11/38 cống xuất hiện ở dưới cao trình -5,00 m và 17/38 cống xuất hiện lớp cát ở trên cao trình -5,00 m. Đặc biệt, có tới 13/38 cống có cao trình bề mặt lớp cát nằm trên cao trình -2,50 m (cao trình thường xây dựng cống ở vùng ĐBSH), trong đó có 6 cống đặt trực tiếp trên lớp đất cát, các cống này tập trung ở các tuyến đê tả hữu sông Hồng, hữu sông Nhuệ, tả sông Đáy, Vân Cốc thuộc Hà Nội, Hà Nam, Hưng Yên.

3. ĐÁNH GIÁ ĐỘ NHẠY XÓI NGÂM CỦA NỀN CÁT DƯỚI CỐNG QUA ĐÊ VÙNG ĐBSH

3.1. Cơ sở khoa học

Trong môi trường đất dưới đáy công trình, ngoài áp suất thủy tĩnh chiếm ưu thế trong các lỗ rỗng, dòng thấm còn tạo ra áp lực thủy động tác dụng lên các hạt đất. Vectơ của lực này song song với hướng của dòng chảy và gọi là vectơ của gradient thủy lực. Khi lực này lớn hơn lực cản giữa các hạt trong đất, các hạt đất bắt đầu di chuyển dọc theo một đường dẫn được xác định bởi cấu trúc của đất.

Xói hạt mịn (suffusion erosion) là hiện tượng xảy ra đầu tiên của quá trình xói ngầm. Dưới tác dụng của dòng thấm, các hạt mịn bị tách rời và cuốn trôi qua khe hở của các hạt đất lớn hơn, cuối cùng để lại cốt đất hạt thô chịu toàn bộ ứng suất hiệu quả trong đất mà không làm thay đổi thể tích khối đất. Điều này làm thay đổi độ rỗng, đồng thời dẫn đến các biến đổi lớn về tính thấm cũng như trạng thái cơ học của đất.

Có hai vấn đề cơ bản cần được nghiên cứu liên quan đến chuyển động của hạt. Trước hết, cần phải

biết liệu cấu trúc của đất có thể thực hiện bất kỳ chuyển động nào hay không, hoặc kích thước của lỗ rỗng có nhỏ hơn kích thước hạt nhỏ nhất?. Đây được coi là tiêu chí hình học để các hạt có thể chuyển động. Và ngay cả khi tiêu chí này được đáp ứng, các tiêu chí về thủy lực (vận tốc dòng chảy trong lỗ rỗng, gradient thủy lực), ứng suất cũng cần được xem xét.

Theo Garner và Famin (2010) [2], các điều kiện cơ bản để xói hạt mịn có thể xảy ra là tính nhạy xói của đất, gradient thủy lực của dòng thấm và ứng suất tới hạn gây xói ngầm.

Dựa trên quan điểm coi hiện tượng xói hạt mịn như là kết quả của quá trình xói bề mặt (bề mặt các lỗ rỗng trong đất), Marot và cs (2011) [3] đã đề xuất phương pháp đánh giá độ nhạy xói ngầm và phân loại khả năng xói ngầm dựa trên chỉ số cường độ xói I_a :

$$I_a = -\log_{10} \left(\frac{m_x}{E_f} \right) \quad (1)$$

Trong đó: m_x là khối lượng đất bị xói tích lũy và E_f là năng lượng tiêu hao của dòng thấm.

Tùy thuộc vào giá trị của chỉ số I_a , khả năng xói ngầm của đất cát được chia thành 6 cấp: đất có tính xói cao khi $I_a < 1$; xói vừa $1 \leq I_a < 2$; xói nhẹ $2 \leq I_a < 3$; đất có tính kháng xói vừa khi $3 \leq I_a < 4$; $4 \leq I_a < 5$ - đất có tính kháng xói và $I_a \geq 5$ - đất có tính kháng xói cao.

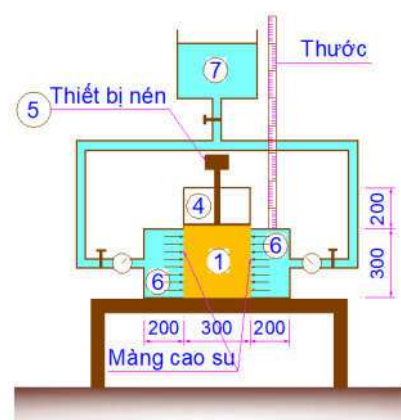
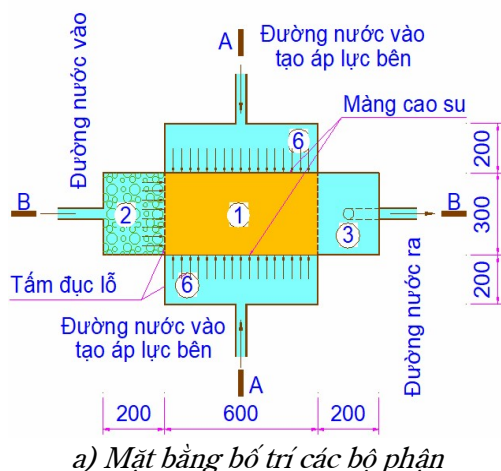
3.2. Cách tiếp cận

Hiện nay, có ba cách tiếp cận để nhận diện thời điểm bắt đầu xói ngầm: (1) Qua sự thay đổi gradient thủy lực; (2) từ sự gia tăng của hệ số thấm; (3) dựa vào độ đục của dòng thấm thoát ra khỏi mẫu thí nghiệm. Trong nghiên cứu này, cách tiếp cận thứ 3, dựa trên độ đục của dòng thấm và khối lượng đất dòng thấm mang theo khi thoát ra khỏi mẫu thí nghiệm, được lựa chọn để phân tích độ nhạy xói ngầm.

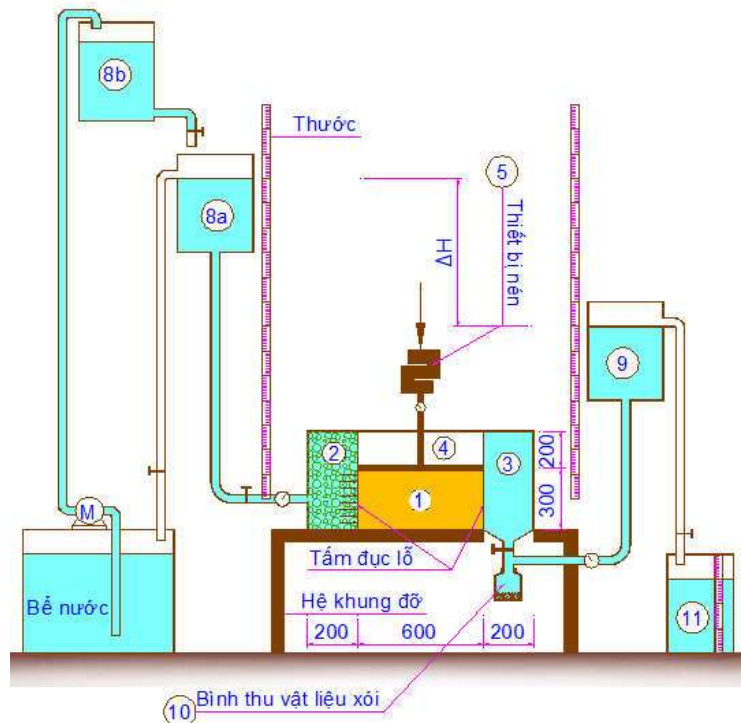
3.3. Mô hình thí nghiệm

Để thực hiện các thí nghiệm phân tích độ nhạy xói ngầm của nền cát dưới cống qua đê vùng ĐBSH, một mô hình thí nghiệm thấm ngang đã được nghiên cứu thiết lập. Thiết bị cho phép kiểm soát độc lập trạng thái ứng suất và gradient thủy lực, đồng thời định lượng được khối lượng đất bị xói cũng như lưu lượng thấm. Cấu tạo của mô hình gồm 4 phần: (i) Hộp thấm; (ii) Hệ thống cấp nước tạo áp lực thấm; (iii) Hệ thống tạo ứng suất đứng và ngang; (iv) Hệ

thống thu gom đất và nước thấm; (v) Thiết bị phụ trợ. Chi tiết mô hình trình bày trong hình 2 và tài liệu [4].



b) Mặt cắt A - A



c) Mặt cắt B - B

Ghi chú: 1 – Mẫu đất; 2 – Ngăn cấp nước; 3 – Ngăn thu đất và nước thấm; 4 – Ngăn chứa thiết bị nén; 5 – Thiết bị nén tạo ứng suất thẳng đứng; 6 – Hộp chứa nước tạo áp lực hông; 7 – Bình chứa nước tạo áp lực hông; 8a – Bình điều áp; 8b – Bình cấp nước; 9 – Bình cân bằng áp lực; 10 – Bình thu gom đất bị xói; 11 – Bình đo lượng nước thấm.

Hình 2. Cấu tạo mô hình thí nghiệm đánh giá độ nhạy xói ngầm



Hình 3. Hình ảnh thực tế của mô hình thí nghiệm

3.4. Đất thí nghiệm

Năm loại đất cát trong khu vực nghiên cứu có hệ số không đều hạt (Cu) dao động từ 2,5 - 10,0 đã được lựa chọn để thí nghiệm đánh giá độ nhạy xói ngầm:

- Đất loại 1: Cát hạt nhỏ, có chỗ là cát hạt bụi tại đê Hữu Hồng, tỉnh Hà Nam.
- Đất loại 2: Cát hạt mịn tại đê Tả Hồng, tỉnh Hưng Yên.
- Đất loại 3: Cát hạt nhỏ tại đê Hữu Luộc, tỉnh Thái Bình.
- Đất loại 4: Cát hạt trung lẫn bụi tại đê Tả Đuống, tỉnh Bắc Ninh.
- Đất loại 5: Cát bụi tại đê Hữu Hồng, thành phố Hà Nội.

Chỉ tiêu cơ lý của các mẫu đất thể hiện trong bảng 1.

Đất thí nghiệm được chế bị từ cát tự nhiên với thành phần hạt, dung trọng tương tự đất trong thực tế.

Bảng 1. Chỉ tiêu cơ lý của các mẫu đất

Loại đất	Số mẫu	Hàm lượng các nhóm hạt (%)								Cu	Hệ số thẩm k _t
		Hạt sét	Hạt bụi		Hạt cát				Cuội, sỏi		
			Nhỏ	Lớn	Mịn	Nhỏ	Vừa	Thô			
		<0,005	0,005-0,01	0,01-0,05	0,05-0,1	0,1-0,25	0,25-0,5	0,5-2,0	> 2,0		
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm			cm/s
1	6	0,60	0,60	2,20	12,00	72,10	12,10	0,40	-	2,54	7,00.10 ⁻³
2	6	2,00	2,00	10,00	20,00	66,00	-	-	-	5,60	1,20.10 ⁻³
3	6	2,20	3,40	8,70	10,50	63,30	11,20	0,70	-	6,80	1,90.10 ⁻³
4	6	-	2,98	6,16	6,68	15,06	48,62	18,88	1,62	7,50	5,00.10 ⁻⁴
5	6	6,00	7,50	14,30	25,20	37,80	7,80	1,40	-	9,20	1,80.10 ⁻³

3.5. Kích bản thí nghiệm

Với mỗi loại đất đã chọn, tiến hành thí nghiệm cho 6 mẫu tương ứng với 6 giá trị gradient J khác nhau (0,25 – 0,50 – 0,75 – 1,00 – 1,25 – 1,50).

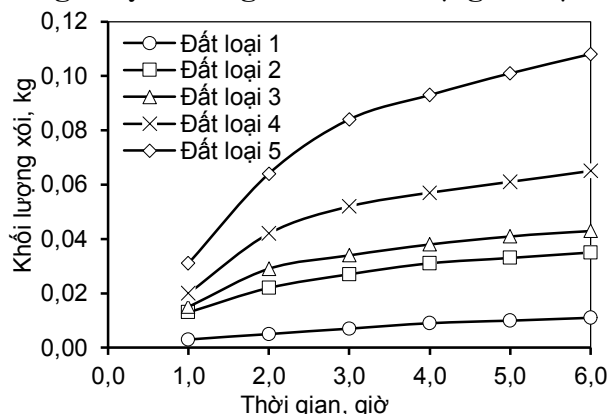
3.6. Kết quả thí nghiệm và phân tích

Trong mỗi thí nghiệm, gradient thủy lực không thay đổi, lưu lượng thấm, độ đục và khối lượng nước được đo tại một số thời điểm nhất định. Sau đó, tốc độ dòng chảy từ đồng hồ đo lưu lượng và hệ số

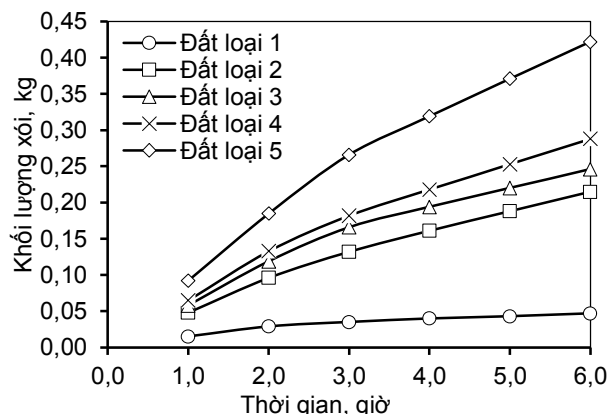
chuyển đổi thu được từ quá trình hiệu chuẩn máy đo độ đục được sử dụng để tính khối lượng của các hạt bị xói trong khoảng thời gian đó.

Diễn biến quá trình xói theo thời gian của từng loại đất tương ứng với các cấp gradient khác nhau được trình bày trong hình 4.

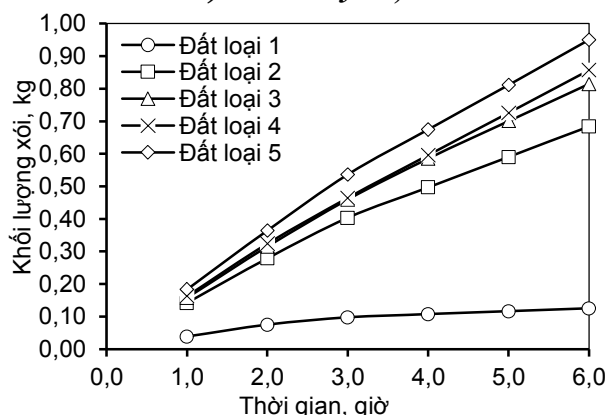
Trên cơ sở công thức (1), tính toán chỉ số cường độ xói I_x cho từng mẫu đất. Kết quả được thể hiện trong bảng 2.



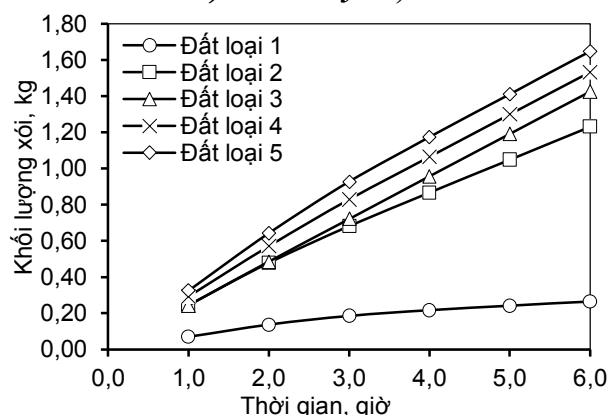
a) Gradient $J = 0,25$



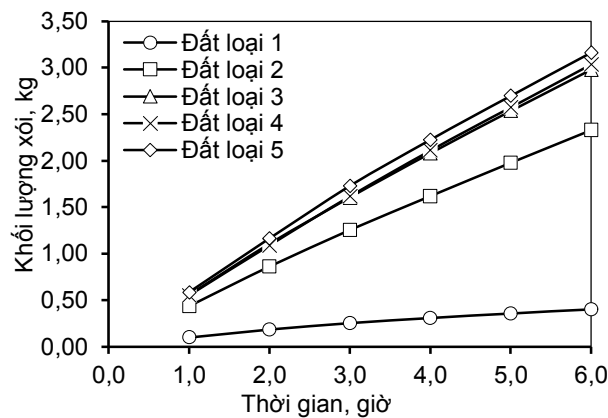
b) Gradient $J = 0,50$



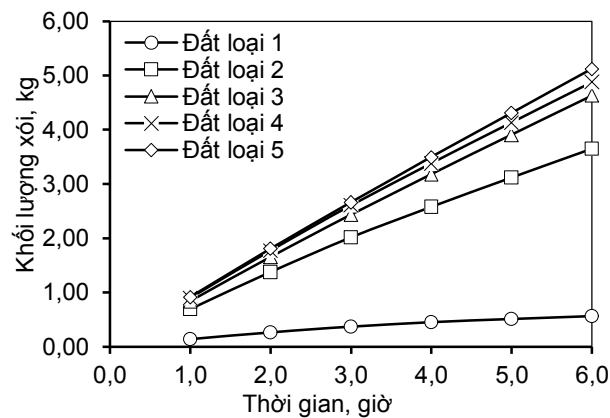
c) Gradient $J = 0,75$



d) Gradient $J = 1,00$



e) Gradient $J = 1,25$



f) Gradient $J = 1,50$

Hình 4. Diễn biến xói theo thời gian

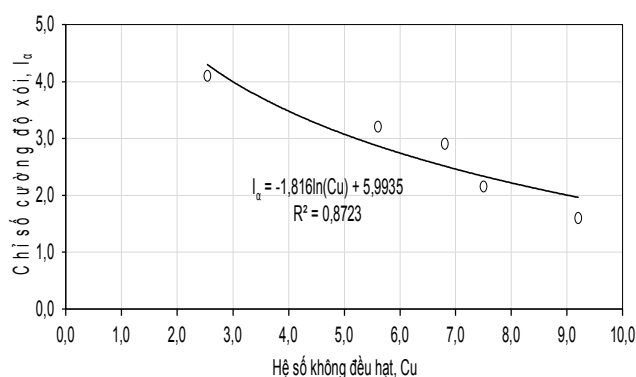
Bảng 2. Kết quả tính toán chỉ số cường độ xói I_a

Loại đất	Mẫu TN	J	m_x (kg)	E_f (kg)	I_a	Loại đất	Mẫu TN	J	m_x (kg)	E_f (kg)	I_a
1	N1.1	0,25	0,011	189,540	4,236	3	N3.4	1,00	1,425	1051,272	2,868
	N1.2	0,50	0,047	738,720	4,196		N3.5	1,25	2,978	1593,540	2,728
	N1.3	0,75	0,125	1624,860	4,114		N3.6	1,50	4,631	2245,320	2,686
	N1.4	1,00	0,264	2799,360	4,025	4	N4.1	0,25	0,065	14,735	2,355
	N1.5	1,25	0,402	4260,600	4,025		N4.2	0,50	0,288	56,171	2,290
	N1.6	1,50	0,564	5945,400	4,023		N4.3	0,75	0,857	127,312	2,172
2	N2.1	0,25	0,035	118,584	3,530		N4.4	1,00	1,533	208,872	2,134
	N2.2	0,50	0,215	461,808	3,332		N4.5	1,25	3,034	318,870	2,022
	N2.3	0,75	0,684	1009,260	3,169		N4.6	1,50	4,879	446,796	1,962
	N2.4	1,00	1,231	1738,800	3,150	5	N5.1	0,25	0,108	5,076	1,672
	N2.5	1,25	2,328	2659,500	3,058		N5.2	0,50	0,422	19,386	1,662
	N2.6	1,50	3,647	3706,560	3,007		N5.3	0,75	0,950	41,666	1,642
3	N3.1	0,25	0,043	72,974	3,230		N5.4	1,00	1,648	69,984	1,628
	N3.2	0,50	0,246	279,990	3,056		N5.5	1,25	3,162	106,164	1,526
	N3.3	0,75	0,815	609,181	2,874		N5.6	1,50	5,119	148,910	1,464

Từ chỉ số cường độ xói đã xác định, tính toán trị số I_a bình quân cho từng loại đất, qua đó phân loại đất vùng nghiên cứu theo khả năng xói ngầm (Bảng 3). Quan hệ giữa chỉ số cường độ xói và hệ số không đều hạt được biểu diễn ở hình 5.

Bảng 3. Phân loại đất theo độ nhạy xói ngầm

TT	Loại đất	Cu	I_a	Phân loại độ nhạy xói
1	1	2,54	4,10	Đất kháng xói
2	2	5,60	3,21	Đất kháng xói vừa
3	3	6,80	2,91	Đất xói nhẹ
4	4	7,50	2,16	Đất xói nhẹ
5	5	9,20	1,60	Đất xói vừa



Hình 5. Quan hệ giữa I_a và Cu cho các loại đất cát vùng nghiên cứu

Với các mẫu đất có Cu biến đổi từ 2,54 - 9,20, độ nhạy xói I_a thay đổi từ 4,10 - 1,60 tương ứng với các loại đất kháng xói, kháng xói vừa, xói nhẹ và xói vừa. Điều này chứng tỏ rằng, khi mức độ không đều hạt

của đất càng lớn, các hạt đất càng dễ bị cuốn trôi dưới tác dụng của dòng thấm và ngược lại, khi hệ số Cu càng nhỏ, đất có tính kháng xói tốt.

Gradient cũng là một tham số ảnh hưởng lớn đến độ nhạy xói của đất, khi gradient thấm tăng, độ nhạy xói I_a sẽ giảm dần, đất càng dễ bị xói ngầm.

Từ kết quả thí nghiệm, thiết lập được mối quan hệ giữa chỉ số cường độ xói (I_a) và hệ số không đều hạt (Cu) bằng công thức:

$$I_a = -1,816 \ln(Cu) + 5,9935 \quad (2)$$

Công thức (2) có thể được sử dụng để dự báo độ nhạy xói ngầm của các loại đất cát nền cống qua đê vùng ĐBSH.

4. KẾT LUẬN

Từ kết quả thí nghiệm có thể thấy rằng độ nhạy xói ngầm của đất phụ thuộc chủ yếu vào thành phần cấp phối hạt, đặc trưng bởi hệ số không đều hạt C_u và gradient thấm J.

Kết quả nghiên cứu đã phản ánh được độ nhạy xói ngầm của một số loại đất cát nền cống dưới đê vùng ĐBSH. Các loại đất có tính xói nhẹ đến kháng xói.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Đinh Xuân Trọng, Phùng Vĩnh An (2020). *Báo cáo tổng kết phần đê sông*. Đề tài độc lập cấp Nhà nước “Nghiên cứu công nghệ phát hiện sớm nguy cơ sự cố đê sông, đập đất, đập đá, đập bê tông trọng lực và đề xuất giải pháp xử lý”. Mã số 04/16-ĐTĐL.CN-CNN. Hà Nội, tháng 6/2020.
2. Farner, S. J., Fannin, R. J. (2010). Understanding internal erosion: a decade of research following a sinkhole event. *The International J. on Hydropower & Dam*, 17:93-98.
3. Marot, D., Regazzoni, P. L., Wahl, T. (2011). Energy based method for providing soil surface erodibility rankings. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering (ASCE)*, vol. 137(12), pp. 1290-1294.
4. Đinh Xuân Trọng (2018). Thiết lập mô hình thí nghiệm nghiên cứu hiện tượng xói ngầm dưới đáy cống qua đê trên nền cát có xét đến ảnh hưởng của cọc bê tông cốt thép. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi*, 45, 80-89.

RESEARCH ON THE EFFECTS OF UNIFORMITY COEFFICIENT ON THE SUFFUSION SENSIBILITY OF SAND FOUNDATION OF THE UNDER-DIKE CULVERTS IN THE RED RIVER DELTA

Dinh Xuan Trong

Summary

Suffusion is the first phenomenon of the internal erosion process. Under the action of the seepage flow, the fine particle are detached and transported through the pores of larger soil particles, eventually leaving the coarser skeleton intact and the effective stresses are largely transferred through the matrix of the coarser particles, as a result the structure as well as the physical and mechanical properties of the soil are altered. It is one of the primary causes of destruction to the works's foundation and in many cases, failures can occur. This proves that it is very important to assess the beginning of the internal erosion process, especially for permeable sensitive sand foundation. In this study, an experimental device was designed to determine the suffusion sensitivity for some sandy soils in the under-dike culverts' foundation in the Red river delta. This device can independently control the stress state and hydraulic gradient, and also quantify the amount of soil eroded and the seepage water volume. Based on the experimental results, calculate the erosion resistance index and assessment of the possibility of the internal erosion according to the point of view of Marot *et al.* (2011), establishes the relationship between the erosion resistance index and uniformity coefficient of soils. The research results help to obtain the necessary data for the design and safety warnings.

Keywords: *Under-dike culvert, sand foundation, uniformity coefficient, suffusion sensibility.*

Người phản biện: GS.TS. Trương Đình Dụ

Ngày nhận bài: 20/10/2022

Ngày thông qua phản biện: 02/11/2022

Ngày duyệt đăng: 9/11/2022