

# NGHIÊN CỨU HIỆN TƯỢNG XÓI NGÀM DƯỚI NỀN ĐÊ BẰNG THÍ NGHIỆM MÔ HÌNH VẬT LÝ TRONG PHÒNG

Đặng Quốc Tuấn<sup>1</sup>, Phạm Quang Tú<sup>2</sup>, Đặng Công Hường<sup>3</sup>, Trịnh Minh Thụ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Viện Bơm và Thiết bị thủy lợi, Viện khoa học Thủy lợi Việt Nam

<sup>2</sup>Trường Đại học Thủy lợi; <sup>(3)</sup>Sở Nông nghiệp và PTNT Bắc Ninh

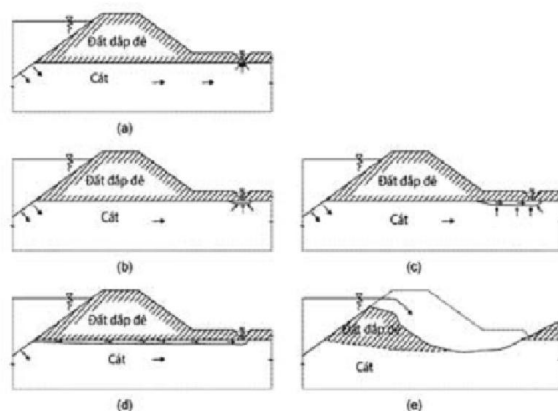
## 1. MỞ ĐẦU

Biến dạng thấm (BDT) là một trong những sự cố nguy hiểm đe dọa đến an toàn đê cũng như các công trình phòng lũ, đã được nhiều nhà khoa học trong và ngoài nước quan tâm nghiên cứu (NC). Các NC trong nước đã chỉ ra xói ngầm, cát chảy là các biến hình thấm gây mất ổn định đê nói chung và đê sông Hồng nói riêng [1-4]. Thông qua mô hình vật lý trong phòng và ngoài trời cũng như phân tích lý thuyết các tác giả đề xuất phương pháp đánh giá mất ổn định do thấm dưới nền đê. Tô Xuân Vu [1] NC trên mô hình tỷ lệ nhỏ để quan sát hiện tượng xói ngầm và cát chảy xuất hiện phía hạ lưu và xác định gradient giới hạn: xói ngầm ( $J_{gh-x}$ ), cát chảy ( $J_{gh-c}$ ); Bùi Văn Trường [3] NC tương tự [1] nhưng mô hình thí nghiệm có nhiều cải tiến và được tiến hành ngoài hiện trường, tuy nhiên việc quan sát hiện tượng xói ngầm, cát chảy trong hồ đào mới chỉ thấy được diễn biến tại cửa ra (miền thoát) và ảnh hưởng kích thước của hồ đào cũng chưa được xét tới. Bài báo này trình bày kết quả thí nghiệm (TN) NC hiện tượng xói ngầm thông qua mô hình vật lý trong phòng kích thước nhỏ nhằm hiểu rõ bản chất vật lý diễn ra dưới nền đê (sự hình thành, diễn biến của các ống xói), xác định gradient ( $J$ ) tại thời điểm bắt đầu xảy ra xói ngầm cũng như gradient khi ống xói hình thành hoàn toàn ( $J_{cực hạn}$ ).

## 2. XÓI NGÀM VÀ SỰ ẢNH HƯỞNG ĐẾN AN TOÀN ĐÊ

Có nhiều quan niệm khác nhau về xói ngầm, cơ bản đó là sự dịch chuyển các hạt đất (thường là cát) ra khỏi vị trí ban đầu dưới

tác dụng của dòng thấm. Việc di chuyển này tạo ra khoảng trống dưới nền công trình, thúc đẩy BDT diễn ra tăng tiến, gây phá hủy dưới nền và công trình phía trên. Các NC [1, 3] phân chia hiện tượng thành hai giai đoạn (GD): bắt đầu có sự di chuyển các hạt đất (xói ngầm) và sự di chuyển thành dòng, đưa vật liệu lên phía trên nhiều hơn (cát chảy). Trong khi đó (Sellmeijer [5], USACE [6]) quan tâm đến việc kiểm soát  $J$  giới hạn để thiết kế công trình an toàn mà không chia tách BDT thành hai GD như trên. Trong NC này, tác giả không chia tách phá hủy nền đê do BDT thành hai GD (và gọi chung là xói ngầm) mà đi sâu vào NC diễn biến chi tiết dưới nền đê từ khi quan sát được dịch chuyển của vật liệu tới khi ống xói hình thành hoàn toàn (công trình bị phá hủy). Hình 1 diễn tả phá hủy thân đê do BDT.



Hình 1. Các giai đoạn phá hủy do BDT dưới nền đê

Trong Hình 1: (a) khi có chênh lệch mực nước, áp lực thấm sẽ hình thành lớn nhất ở hạ

lưu (HL). Dịch chuyển của cát chỉ xảy ra khi có phá hủy (hoặc khuyết tật) của tầng phủ [3], cuối giai đoạn này có thể quan sát được cát đùn lên mặt đất; (b+c) ống xói hình thành và tiếp tục phát triển về thượng lưu (TL) khi không có giải pháp ngăn chặn cát đùn ra hoặc chênh cao cột nước tiếp tục được duy trì; (d+e) khi ống xói hình thành hoàn chỉnh, lượng vật liệu bị cuốn trôi sẽ tăng lên cực hạn, đê sẽ bị lún xuống và nước sẽ tràn đỉnh đê, gây xói và vỡ đê.

Mục tiêu các NC đều hướng đến kiểm soát J tại cửa ra để thiết kế công trình cho an toàn. J thường là hàm của các biến số liên quan đến vật liệu đất dưới nền đê:

$$J = f(d, C_u, K, D; LP) \quad (2.1)$$

Trong đó: d,  $C_u$ , K, D lần lượt là đường kính, hệ số không đều hạt, hệ số thấm và độ chặt của lớp cát; LP là các tham số của tầng phủ như: bề dày, sức chống cắt, mức độ khuyết tật,... TN mô hình dưới đây chỉ đi sâu vào nghiên cứu ảnh hưởng của các tham số của lớp cát dưới nền đê đến J cũng như quá trình hình thành và phát triển của ống xói.

### 3. TN MÔ HÌNH VẬT LÝ TRONG PHÒNG NC XÓI NGÂM DƯỚI NỀN ĐÊ

#### 3.1. Mô hình thí nghiệm

TN quan sát hiện tượng xói ngầm và xác định J giới hạn xảy ra xói ngầm cũng như BDT theo thời gian. Sơ đồ TN được trình bày ở Hình 2.

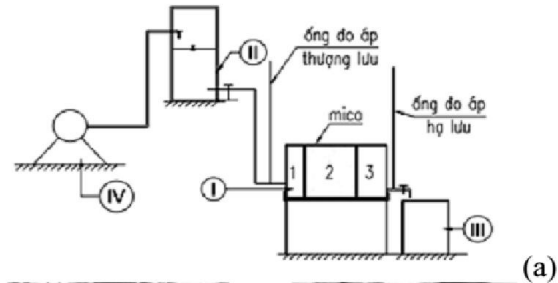
TN được tiến hành tại phòng TN Địa kỹ thuật Trường Đại học Thủy lợi, cụ thể như sau:

+ Hộp TN (I) gồm 3 ngăn: ngăn chính chứa cát TN (2), có thể thay đổi được chiều dài; ngăn cấp nước TL (1); và ngăn chứa nước thoát HL (3).

+ Hệ thống (HT) cung cấp và duy trì áp lực trong quá trình TN gồm: bình điều áp (II); máy bơm nước và HT van, phao giữ cho mực nước trong bình (II) luôn ổn định.

+ Bình chứa nước thoát HL (III): chứa nước thấm thoát ra và đo lưu lượng thấm.

+ HT ống đo áp để đo chênh lệch mực nước thượng hạ lưu ( $\Delta H$ ).



**Hình 2:** Mô hình TN xói ngầm; (a) Sơ đồ đơn giản; (b) Sơ đồ bố trí TN trong phòng

+ Kích thước và vật liệu chế tạo mô hình TN: rộng×dài×cao = (53×113×42)cm, tương ứng tỷ lệ mô hình 1/100. Vật liệu chế tạo mô hình: hộp thí nghiệm bằng thép dày 7mm, tấm nắp bằng mica trong suốt dày 20mm (có gắn thước đo) để quan sát diễn biến dòng thấm trong mô hình.

+ Vật liệu thí nghiệm là cát được lấy mẫu ở bãi chân đê hữu Hồng thuộc địa phận Sen Chiểu và Vĩnh Tuy (Lĩnh Nam), Hà Nội. Mẫu cát được xác định độ ẩm và khối lượng thể tích tự nhiên, sau đó được trộn đều và chế bị vào hộp thấm ở trạng thái bão hòa sao cho khối lượng thể tích của cát trong hộp thấm bằng khối lượng thể tích của cát ở trạng thái tự nhiên đã xác định.

#### 3.2. Quy trình thí nghiệm

+ Cát TN được rải thành từng lớp (3÷5)cm trong ngăn (2) và đầm nhẹ bằng đầm vuông trong điều kiện bão hòa nước. Chiều cao khối cát TN bằng chiều cao của thành hộp, chiều dài có thể điều chỉnh khi cần.

+ Tăng mực nước TL (bình II) với mỗi bước nâng  $\delta H = (5; 10; 15; 20)$  cm tương ứng  $\Delta J = 0,05 \div 0,10$  theo chu kỳ  $T = 60$  phút. Tiến hành đo lượng nước thoát ra (bình III).

+ Ghi chép số liệu vào sổ theo dõi bằng tay; quan sát diễn biến dòng thấm bằng HT camera kỹ thuật số và máy ảnh tự động.

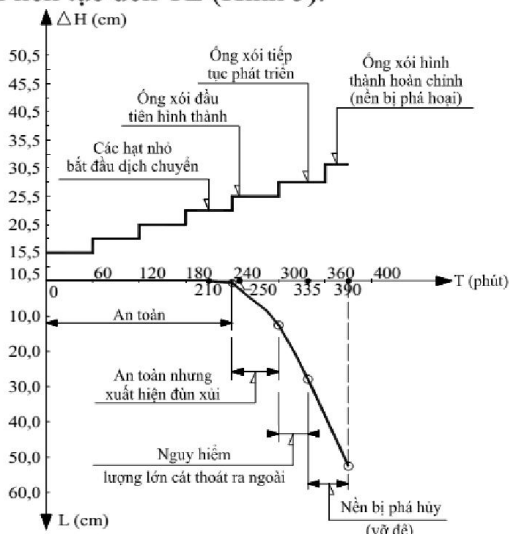
+ TN được tiến hành đến khi BDT trong cát (ngăn 2) phát triển mạnh, môi trường thấm bị phá vỡ hoàn toàn thì kết thúc.

#### 4. KẾT QUẢ TN VÀ THẢO LUẬN

##### 4.1. Kết quả thí nghiệm

Kết quả TN được tổng hợp cho hai loại cát thuộc các địa điểm khác nhau dưới nền đê sông Hồng. Cát mịn thuộc khu vực Sen Chiếu, lớp (4) và cát hạt trung ở khu vực đê Lĩnh Nam (Vĩnh Tuy), lớp (3C) trong báo cáo khảo sát địa chất [7, 8]. Trong Hình 4:  $\Delta H$  là chênh lệch mực nước sau mỗi khoảng thời gian T (60 phút); L là chiều dài đường xói đo được trên mô hình TN trong những khoảng thời gian tương ứng.

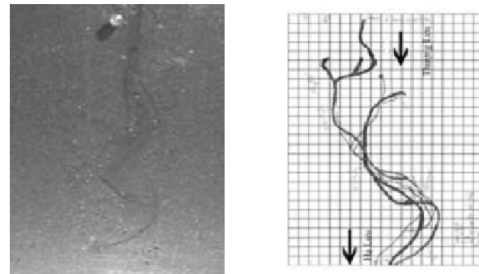
- Với cát chặt vừa ( $0,33 \leq D \leq 0,67$ ): các hạt nhỏ bắt đầu dịch chuyển khi  $J = 0,32 \div 0,45$ . Ở các lần TN khác nhau đều quan sát thấy các hạt nhỏ di chuyển đến một vị trí nhất định trong miền thấm thì bị chặn lại rồi tiếp tục dịch chuyển khi duy trì hoặc tăng cột áp TL. Quá trình tiếp diễn đến khi ở cửa ra HL bị phá hủy từng mảng, tiếp đó là từng khối cát bị cuốn trôi và hình thành dòng xói liên tục đến TL (Hình 5).



**Hình 4:** Biểu đồ quan hệ chênh cao cột nước và chiều dài đường thấm theo thời gian

- TN đã xác định được  $J_{\text{cực hạn}}$ : đây là giá trị J thấm khi ống xói bắt đầu thông suốt liên tục từ HL về TL (BDT gây ra phá hủy hoàn toàn môi

trường thấm). Giá trị này với cát chặt vừa dao động trong khoảng  $0,54 \div 0,67$ ; với cát chặt khoảng giá trị tương ứng là  $0,63 \div 0,80$ .



**Hình 5:** Sơ đồ đường xói hình thành do BDT

Ngoài ra TN cũng xác định được  $J_{\text{gh-x}}$  và  $J_{\text{gh-c}}$  (theo quan niệm truyền thống):

$$J_{\text{gh-x}} = (0,32 \div 0,55); J_{\text{gh-c}} = (0,51 \div 0,67).$$

##### 4.2. Thảo luận

Đây là TN đầu tiên liên quan đến xói ngầm được nghiên cứu cho đê sông Hồng mà hiện tượng được quan sát từ khi có dịch chuyển của hạt nhỏ cho đến khi cát xói mạnh và đường thấm liên thông đến thượng lưu. Hiện tượng tương tự đã được quan sát trong các sự cố vỡ đê trên hệ thống đê sông Hồng [9].

Việc thiết kế đê không cho xuất hiện đùn sủi quá thiên về an toàn như thể hiện trên Hình 4. Khi đó, ống xói mới bắt đầu hình thành, có thể liên tục hoặc không liên tục tùy theo loại cát, độ chặt thực tế và quá trình duy trì mực nước ngoài sông.

Chấp nhận ống xói phát triển tới giới hạn nào là nội dung sẽ được quan tâm nghiên cứu trong thời gian tới trong đó việc thu thập các dữ liệu đê vỡ trong quá khứ, khả năng ứng cứu của các hạt quản lý đê và chính quyền địa phương cũng như các yếu tố khác có thể dẫn tới thời gian chấp nhận cho phép và xác định được chiều dài tương ứng của ống xói. Đây sẽ là nội dung tham khảo tốt cho các nhà quản lý và kỹ sư liên quan đến lĩnh vực phòng chống lũ lụt và an toàn đê.

#### 5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Bài báo này có tham khảo một số tài liệu trong nước và quốc tế.