

THÍ NGHIỆM XÁC ĐỊNH GRADIENT THẨM GIỚI HẠN CỦA ĐẤT

Nguyễn Đình Dũng¹, Nguyễn Công Thắng², Nguyễn Thái Hoàng²

Tóm tắt: Xói ngầm khuếch tán (*suffusion*) là hiện tượng các hạt mịn bị rửa trôi qua các lỗ rỗng giữa các hạt thô dưới tác dụng của dòng thấm. Hiện tượng xói ngầm khuếch tán xảy ra khi lỗ rỗng giữa các hạt thô đủ lớn để các hạt nhỏ hơn có thể di chuyển và gradient của dòng thấm vượt quá giá trị gradient thẩm giới hạn gây ra sự dịch chuyển của các hạt đất. Song song với quá trình rửa trôi các hạt mịn sẽ xảy ra những thay đổi mạnh mẽ về độ rỗng, hệ số thấm và các tính chất cơ lý của đất. Mặc dù xói ngầm khuếch tán tiềm ẩn nguy cơ rất lớn đối với sự an toàn của các công trình đất nhưng ở nước ta cho đến nay chưa có thí nghiệm xác định giá trị gradient thẩm giới hạn nào được phát triển một cách đầy đủ để từ đó đánh giá khả năng xảy ra xói ngầm khuếch tán.

Bài báo giới thiệu thiết bị thí nghiệm được cải tiến từ thiết bị thí nghiệm nén ba trục và quy trình thí nghiệm cho phép đánh giá khả năng xảy ra xói ngầm khuếch tán cũng như xác định giá trị gradient thẩm giới hạn của đất. Thiết bị này có thể thí nghiệm ở các trạng thái ứng suất khác nhau.

Từ khóa: Xói ngầm khuếch tán, gradient thẩm giới hạn, thiết bị thí nghiệm nén ba trục, trạng thái ứng suất.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nước thấm qua thân và nền các công trình đất gây ra xói ngầm khi dòng thấm lôi các hạt nhỏ trong tầng đất từ trong ra ngoài. Xói ngầm được chia thành bốn loại là: xói tập trung (*concentrated leak erosion*), xói ngược (*backward erosion*), xói tiếp xúc (*contact erosion*) và xói ngầm khuếch tán (*suffusion*) (Fell and Fry, 2007).

Xói ngầm khuếch tán là hiện tượng các hạt mịn bị rửa trôi qua các lỗ rỗng giữa các hạt thô dưới tác dụng của dòng thấm. Xói ngầm khuếch tán thường xảy ra đối với các loại đất có sự phân bố thành phần hạt không đều, hiện tượng này phát triển trong thời gian dài đi kèm với một lượng lớn lưu lượng thấm qua nhiều năm. Trong suốt quá trình này thể tích tổng thể của đất hầu như không thay đổi. Năm 2007, các thung lũng tại bán đảo Noto của Nhật Bản, vốn có thể đã bị xói ngầm trong nhiều năm, dễ dàng bị phá hủy trong một trận Động đất đã làm dấy

lên lo ngại về ảnh hưởng của xói ngầm khuếch tán đối với sự thay đổi vi cấu trúc của đất dẫn đến sự thay đổi về độ bền của đất. Một số sự cố của đập liên quan đến hiện tượng xói ngầm khuếch tán đã được tổng kết trong các nghiên cứu của Fell (Fell et al, 2003), Zhang và Chen (Zhang and Chen, 2006)

Muir Wood và cộng sự (Wood et al, 2010) đã đề xuất một mô hình lý thuyết để đánh giá ảnh hưởng cơ học của xói ngầm khuếch tán và kết luận rằng độ bền của đất sẽ giảm nếu có một lượng đáng kể các hạt mịn bị loại bỏ. Scholtes và Wood trong các nghiên cứu của mình trên mô hình số đã cho thấy sức kháng cắt của đất sẽ giảm nếu một lượng hạt mịn bị mất (Scholtes et al, 2010), (Wood et al, 2010). Chang và Zhang (Chang and Zhang, 2011) đã thực nghiệm chứng minh kết luận này bằng một loạt các thí nghiệm nén thoát nước trên đất rời có một số cỡ hạt bị thiếu (*gap-graded soil*).

Hiện tượng xói ngầm khuếch tán sẽ xảy ra khi đồng thời đảm bảo hai điều kiện sau (Briaud et al, 2019):

¹ Ban QLDA ĐTXD công trình Nông nghiệp và PTNT tỉnh Hà Tĩnh

² Khoa Công Trình, Trường Đại học Thủy lợi

- Điều kiện thứ nhất liên quan đến sự phân bố kích thước hạt của đất: lỗ rỗng giữa các hạt thô phải đủ lớn để các hạt nhỏ hơn có thể di chuyển.

- Điều kiện thứ hai là điều kiện thủy lực liên quan đến quá trình tách các hạt đất: gradient của dòng thấm phải lớn hơn giá trị gradient thấm bắt đầu gây ra sự di chuyển của các hạt đất. Giá trị gradient thấm bắt đầu gây ra sự di chuyển của các hạt đất được gọi là giá trị gradient thấm giới hạn.

Mặc dù xói ngầm khuếch tán tiềm ẩn nguy cơ rất lớn đối với sự an toàn của các công trình đất, nhưng cho đến nay rất ít thí nghiệm trong phòng được phát triển một cách đầy đủ để có thể xác định chính xác khả năng xảy ra xói ngầm khuếch tán cũng như giá trị gradient thấm giới hạn của các loại đất. Một trong những khó khăn chính nằm ở việc đảm bảo độ bão hòa cao của các mẫu đất trong quá trình thí nghiệm, điều này khó có thể thực hiện được bằng các thiết bị thông thường. Ngoài ra việc mô phỏng trạng thái ứng suất của mẫu đất trong thân và nền đập cũng đặt ra nhiều thách thức cho các nhà nghiên cứu.

Các thí nghiệm trong phòng trước đây chủ yếu định lượng khả năng xảy ra xói ngầm khuếch tán của đất dưới tác dụng của tải trọng bản thân (Kenney and Lau, 1985), (Honjo et al., 1996), (Wan and Fell, 2008). Trong các thí nghiệm này một buồng thấm thành cứng dưới tác dụng của cột nước không đổi hướng xuống được sử dụng. Sự xuất hiện của hiện tượng xói ngầm khuếch tán được xác định bằng cách so sánh phân bố thành phần hạt của các lớp đất khác nhau trong mẫu trước và sau khi kết thúc thí nghiệm. Fannin và Moffat (Fannin and Moffat, 2006) đã cải tiến thiết bị thí nghiệm bằng cách bổ sung các thiết bị đo gradient cục bộ và gradient trung bình trong các bước thí nghiệm.

Để xác định giá trị gradient thấm giới hạn của đất rời dưới tác dụng của tải trọng bản thân, Skempton và Brogan (Skempton and Brogan, 1994) đã phát triển một thiết bị thí nghiệm thấm có dòng chảy hướng lên kết hợp với thiết bị đo

áp lực nước cục bộ. Giá trị gradient thấm giới hạn được xác định khi có sự tăng đột biến của lưu lượng chảy ra. Điểm hạn chế của các thiết bị đo thấm có thành cứng được sử dụng trong các nghiên cứu này đó là hiện tượng rò rỉ thành bên, điều này có thể dẫn đến sai số lớn trong việc xác định thời điểm xảy ra xói ngầm khuếch tán.

Ngoài ra, đất trong thân và nền các công trình đất như đê, đập thường có trạng thái ứng suất phức tạp. Ảnh hưởng của trạng thái ứng suất đến khả năng xói ngầm khuếch tán của đất đã được khẳng định trong các nghiên cứu gần đây (Reddi et al. 2000), (Tomlinson and Vaid, 2000), (Moffat and Fannin, 2011).

Moffat và Fannin (Moffat and Fannin, 2006) đã phát triển một buồng thấm thành cứng kích thước lớn để xác định thời điểm bắt đầu hiện tượng xói ngầm khuếch tán của mẫu đất rời dưới trạng thái ứng suất K_0 . Bendahmane và các cộng sự thực hiện thí nghiệm xói ngầm khuếch tán dưới trạng thái ứng suất đẳng hướng và kết luận tốc độ xói trong đất sét pha sẽ tăng gấp đôi khi giảm ứng suất nén từ 150 kPa xuống 100 kPa (Bendahmane et al., 2006). Shwiyhat và Xiao nghiên cứu sự thay đổi của hệ số thấm và thể tích của mẫu đất trong quá trình thí nghiệm xói ngầm khuếch tán dưới áp lực cột nước không đổi bằng thiết bị thí nghiệm nén 3 trục. Kết quả thí nghiệm cho thấy hiện tượng xói ngầm khuếch tán làm mẫu đất bị nén và giảm hệ số thấm (Shwiyhat and Xiao, 2010).

Một trong những yêu cầu quan trọng của thí nghiệm xói ngầm khuếch tán là xác định lượng hạt đất bị rửa trôi trong quá trình thí nghiệm. Bendahmane đã ước tính tỷ lệ đất bị xói thông qua một cảm biến ảnh (Bendahmane et al., 2006). Marot và các cộng sự kết nối đường ống thoát với máy đo độ đục dòng chảy để xác định khối lượng đất bị xói mòn (Marot et al., 2006). Chang và Zhang đã sửa đổi bộ đỡ của thiết bị ba trục để cho phép nước xả ra và các hạt đất bị xói được giữ lại, lắng xuống trong một bình chứa được lắp dưới đáy buồng ba trục (Chang and

Zhang, 2011). Có thể thấy sử dụng cảm biến ảnh hoặc thiết bị đo độ đục mang tính chất định tính, độ chính xác không cao, còn sử dụng bồn chứa như trong thí nghiệm của Chang và Zhang chỉ phù hợp cho các loại đất rời.

Hiện nay ở nước ta chưa có quy trình thí nghiệm kiểm tra khả năng xảy ra xói ngầm khuếch tán cũng như xác định giá trị gradient thấm giới hạn. Trong khuôn khổ bài báo này nhóm tác giả sẽ trình bày quy trình thí nghiệm cho phép xác định giá trị gradient thấm giới hạn của đất bằng thiết bị thí nghiệm nén ba trục được cải tiến. Thiết bị này cho phép mô phỏng được dòng thấm qua mẫu đất ở trạng thái bão hòa ứng với các mức ứng suất hiệu quả khác nhau. Thời điểm bắt đầu xảy ra quá trình xói ngầm khuếch tán được xác định trong thí nghiệm thông qua quan sát sự biến đổi của lưu lượng thấm và thiết bị theo dõi sự thay đổi thể tích của mẫu.

2. PHƯƠNG PHÁP VÀ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

2.1 Phương pháp thí nghiệm

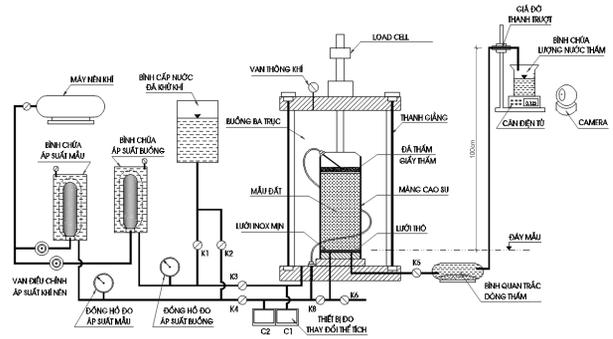
2.1.1 Sơ đồ bố trí thí nghiệm và thiết bị thí nghiệm

Để mô phỏng được sự tương tự giữa đất trong thí nghiệm và trong thực tế tại đập và nền, thiết bị thí nghiệm nén ba trục được cải tiến để đảm bảo mô phỏng được dòng thấm qua mẫu đất bão hòa ứng với các mức ứng suất hiệu quả khác nhau.

Thiết bị thí nghiệm gồm các thành phần chính sau đây:

- Buồng thí nghiệm ba trục;
- Hệ thống tạo áp lực buồng, áp lực thí nghiệm bằng khí nén và các đồng hồ đo áp lực;
- Thiết bị gia tải đứng bằng load cell;
- Bình quan trắc dòng thấm;
- Thiết bị đo thể tích nước qua buồng C1 và đo thể tích nước thấm qua mẫu C2;
- Hệ thống cấp nước, thu gom nước và các van đóng mở.

Sơ đồ bố trí các thiết bị thí nghiệm được trình bày như hình 1:



Hình 1. Sơ đồ bố trí các thiết bị thí nghiệm

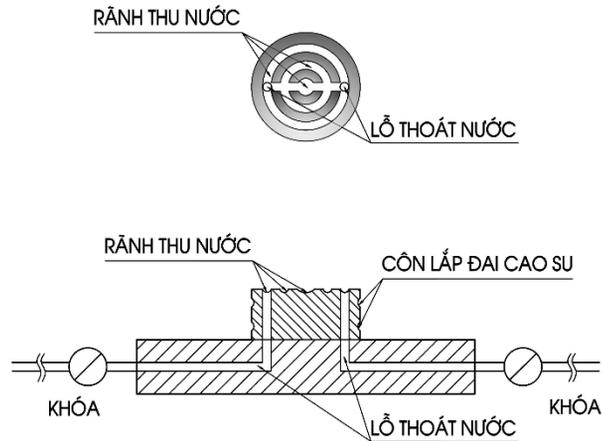
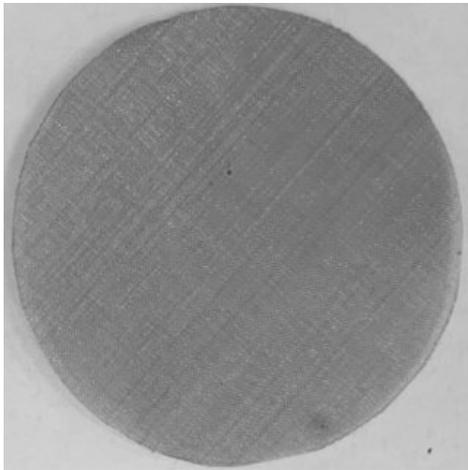
Sử dụng phương pháp tạo áp lực bằng máy nén khí để tạo ra áp lực buồng và áp lực thí nghiệm. Phương pháp này có nhiều ưu điểm hơn so với phương pháp sử dụng áp lực thủy lực bằng bình chứa nước thông thường như: dễ dàng thay đổi áp lực thí nghiệm, cho phép tạo ra các áp lực thí nghiệm đủ lớn để bắt đầu quá trình xói ngầm khuếch tán, có thể duy trì thí nghiệm trong thời gian dài không phụ thuộc vào thể tích của bình chứa.

Nước thấm qua đất theo chiều từ trên đỉnh mẫu xuống đáy mẫu, tại đáy mẫu là lớp lưới mịn được chế tạo bằng inox với đường kính lỗ bằng D50 của đất thí nghiệm. Lưới inox mịn được chế tạo từ tấm inox 304 dày 0,2 mm bằng cách bắn tia laser tạo lỗ, lưới mịn sẽ giữ lại các hạt thô, thành phần hạt mịn sẽ thoát qua màng lọc và không gây phá hoại cục bộ tại đầu ra. Bên dưới lớp lưới inox mịn là lưới thô để thoát nước thấm qua mẫu xuống buồng gom nước.

Như đã phân tích ở phần I, việc xác định chính xác lượng đất bị rửa trôi đóng vai trò quan trọng trong việc phát hiện thời điểm bắt đầu xảy ra xói ngầm khuếch tán cũng như diễn biến tiếp theo của quá trình. Đã có nhiều phương pháp được sử dụng nhưng mỗi phương pháp đều có những hạn chế nhất định. Trong thí nghiệm này nhóm nghiên cứu đề xuất phương pháp xác định lượng đất bị rửa trôi bằng phương pháp gián tiếp dựa theo nguyên lý cân bằng thể tích. Khi có lượng hạt đất bị rửa trôi, thể tích của mẫu thí nghiệm thay đổi thì sẽ có 1 thể tích nước tương

ứng chảy vào buồng 3 trực lấp đầy khoảng trống này. Như vậy chỉ cần theo dõi lượng nước chảy vào buồng trong quá trình thí nghiệm ta có thể

xác định được lượng đất bị xói. Thiết bị đo thể tích nước qua buồng C1 cho phép theo dõi sự thay đổi này theo thời gian.



Hình 2. Lưới inox mịn và hệ thống thoát nước

2.1.2. Quy trình thí nghiệm

a) Chế tạo mẫu thí nghiệm

Kích thước mẫu thí nghiệm được nhóm nghiên cứu lựa chọn trên cơ sở tham khảo TCVN 8868:2011 (TCVN 8868:2011) và thiết bị thí nghiệm nén ba trục hiện có tại phòng thí nghiệm Địa kỹ thuật Trường ĐH Thủy Lợi. Mẫu có hình trụ tròn với đường kính 50 mm, chiều cao 100mm, được chế bị theo TCVN 9403: 2012 (TCVN 9403:2012). Các bước chế tạo mẫu thí nghiệm như sau:

- Đất thí nghiệm được phơi khô, tán nhỏ và đưa vào tủ sấy ở nhiệt độ 105°C trong 24 giờ. Đất sau khi được sấy khô đem trộn với nước để đạt độ ẩm tối ưu, sau đó cho vào hộp kín, bảo quản trong tủ giữ ẩm 72 giờ để cân bằng độ ẩm.

- Cân lượng đất cho từng mẫu để chế bị;

- Cho lần lượt 1/4 khối lượng vào khuôn (khuôn vỏ mẫu đã được làm sạch, đánh ký hiệu và bôi dầu róc khuôn), dùng que có đầu được mài tròn hình viên đạn, đâm, xoay từ ngoài vào trong theo hình xoắn ốc, lớp đầu tiên xuống tận đáy mẫu, các lớp tiếp theo sâu vào lớp trước từ 10-15 mm, sau đó dùng quả đằm để đằm đến độ chặt yêu cầu. Tiếp tục tiến hành với các lớp tiếp theo cho đến khi lượng đất chứa đầy khuôn.

- Mẫu sau khi chế bị được bảo dưỡng trong điều kiện dưỡng ẩm 96 giờ.

Sau khi chế bị xong, mẫu được lắp đặt vào buồng thí nghiệm.

b) Quá trình bão hòa mẫu

Quá trình làm bão hòa mẫu được thực hiện theo tiêu chuẩn TCVN 8868:2011. Mẫu được làm bão hòa bằng cách tăng áp lực buồng và áp lực ngược trong mẫu. Việc tăng áp lực buồng và áp lực ngược trong mẫu được thực hiện luân phiên nhau. Bắt đầu giai đoạn tăng áp lực buồng thì không để nước thoát ra hoặc thấm vào mẫu để xác định được hệ số áp lực nước lỗ rỗng tại mỗi cấp áp lực buồng.

Quy trình thao tác như sau (hình 3):

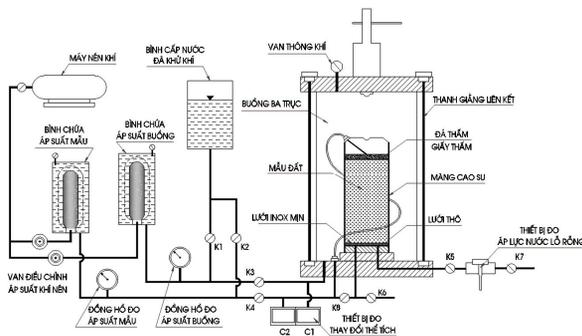
Mở van K1, K2, K3 và các van thông khí đảm bảo cấp nước đầy cho buồng, bình chứa áp suất buồng, bình chứa áp suất mẫu. Khóa van K1, K2, K3 và các van thông khí. Đóng van K4, K6, mở van K5, K8, đặt áp suất mẫu ở mức 20 kPa, đóng mở van K4 để xả khí tại phần đế mẫu. Kiểm tra đảm bảo sự lưu thông của hệ thống cấp nước, áp suất khí nén, đảm bảo không có rò rỉ của đường ống, đầu nối màng cao su, sau đó tiến hành theo các bước sau:

- Bước 1: Đảm bảo các van K3, K4, K6, K7 đóng và van K8 mở. Sử dụng van điều chỉnh áp suất khí nén đặt áp suất buồng bằng 50 kPa, áp suất mẫu bằng 40 kPa. Mở thiết bị đo thay đổi thể tích C1, C2. Mở từ từ van K3 rồi đến van K4 quan sát, theo dõi sự biến đổi của thể tích tại C1 và C2 theo thời gian. Khi biến thiên thể tích tại C1 và C2 đạt đến ổn định chuyển sang bước sau.

- Bước 2: Đóng van K3, K4, sử dụng van điều chỉnh áp suất khí nén đặt áp suất buồng và áp suất mẫu tăng thêm 50 kPa. Mở từ từ van K3, ghi sự biến đổi áp lực nước lỗ rỗng trong mẫu tại U1. Tính toán sự thay đổi của áp lực nước lỗ rỗng (δu , kPa) sinh ra do việc tăng áp lực này. Tính toán hệ số áp lực nước lỗ rỗng B theo công thức sau:

$$B = \frac{\delta u}{\delta \sigma} \quad (2.1)$$

Nếu $B \geq 0,95$ thì mẫu được coi là đã bão hòa và kết thúc giai đoạn bão hòa mẫu. Nếu $B < 0,95$, mở từ từ van K4 quan sát, theo dõi sự biến đổi của thể tích tại C1 và C2 theo thời gian. Khi biến thiên thể tích tại C1 và C2 đạt đến ổn định lặp lại từ đầu bước này.



Hình 3. Sơ đồ bảo hòa mẫu đất

c) *Quá trình cô kết mẫu ở trạng thái ứng suất cần thí nghiệm*

Sau khi bão hòa mẫu, quá trình cô kết được thực hiện bằng cách tăng từ từ áp lực buồng với tốc độ khoảng 1 kPa/phút để tránh hiện tượng phân tách dưới đáy mẫu. Nếu thí nghiệm xói ngầm khuếch tán được thực hiện ở trạng thái ứng suất đẳng hướng (isotropic stress condition) thì chỉ cần tăng áp lực buồng đến giá trị yêu cầu. Nếu thí

nghiệm ở trạng thái ứng suất bất đẳng hướng (anisotropic stress condition), sau khi mẫu có kết đẳng hướng thì tăng từ từ áp lực đứng với tốc độ 1kPa/phút đến giá trị yêu cầu (hình 1).

d) *Quá trình thí nghiệm xác định giá trị Gradient thấm giới hạn*

Sau khi đưa mẫu về trạng thái ứng suất cần thiết, tăng gradient bằng cách điều chỉnh giá đỡ thanh trượt để mực nước đỉnh ống chênh với đáy mẫu 100 cm sau đó từ từ tăng áp lực mẫu (hình 1).

Theo kết quả nghiên cứu của Tomlinson và Vaid thì tốc độ tăng gradient ảnh hưởng đến quá trình xói ngầm (Tomlinson and Vaid, 2000), vì thế quá trình thay đổi gradient thí nghiệm nên diễn ra chậm tránh sự thay đổi đột ngột. Trong thí nghiệm này quá trình tăng áp lực mẫu được thực hiện bằng cách khóa van K4, điều chỉnh áp lực mẫu đến giá trị yêu cầu sau đó mở từ từ van K4.

Đối với đất có các cỡ hạt bị thiếu (gap-graded soil) giá trị gradient thấm giới hạn thường nhỏ hơn 1 (Skempton and Brogan, 1994), vì thế đối với loại đất này bước tăng gradient thí nghiệm trong khoảng từ 0 đến 1 phải nhỏ để có thể xác định được chính xác giá trị ứng với thời điểm bắt đầu xuất hiện xói ngầm khuếch tán nếu xảy ra. Đối với các loại đất có phân bố thành phần hạt đều có thể lựa chọn bước tăng gradient lớn hơn ở giai đoạn đầu.

Để xác định giá trị gradient thấm giới hạn cần xác định thời điểm bắt đầu xuất hiện xói ngầm khuếch tán. Có thể sử dụng một trong ba cách sau đây:

- 1) Quan sát sự thay đổi màu sắc nước thấm tại bình quan trắc,
- 2) Theo dõi sự thay đổi đột ngột của lưu lượng thấm
- 3) Theo dõi sự thời điểm có sự thay đổi thể tích tại thiết bị đo C1.

Theo nghiên cứu của Moffat và Fannin thì giá trị gradient đủ để rửa trôi một lượng đáng kể hạt mịn có thể lớn hơn rất nhiều giá trị gradient thấm giới hạn ứng với thời điểm bắt đầu xuất hiện xói ngầm khuếch tán (Moffat and Fannin, 2011). Có thể thấy việc xác định thời điểm bắt đầu xuất hiện xói ngầm khuếch tán

bằng cách thứ nhất có độ chính xác không cao do dễ thay đổi được màu sắc nước cần một lượng đáng kể hạt đất bị rửa trôi. Vì thế nên sử dụng cách thứ hai hoặc cách thứ ba, tuy nhiên hai cách này đòi hỏi các thiết bị đo có độ nhạy và độ chính xác cao.

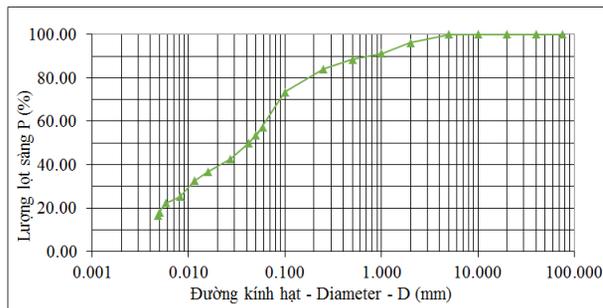
Trong các thí nghiệm được tiến hành, nhóm nghiên cứu lựa chọn cách thứ hai và thứ ba để đối chứng lẫn nhau.

2.2 Kết quả nghiên cứu xác định giá trị gradient thấm giới hạn cho mẫu đất bồi lắng Hồ chứa nước Lối Đồng, tỉnh Hà Tĩnh

Hiện nay ở Hà Tĩnh có rất nhiều đập đất bị hư hỏng xuống cấp, mất an toàn về thấm và ổn định. Khu vực phía Đông của tỉnh là nơi khan hiếm các mỏ đất nên công tác sửa chữa nâng cấp gặp nhiều khó khăn (Dũng và nnk). Với mục tiêu sử dụng đất bồi lắng lòng hồ làm vật liệu đắp để nâng cấp sửa chữa đập thì ngoài các chỉ tiêu cơ lý như: sức kháng cắt, hệ số thấm, giới hạn chảy, giới hạn dẻo, ... việc xác định giá trị gradient thấm giới hạn cũng đóng vai trò rất quan trọng.

Nhóm nghiên cứu đã tiến hành lấy các mẫu đất nguyên dạng và không nguyên dạng tại Hồ chứa nước Lối Đồng. Phương pháp lấy mẫu, bảo quản và vận chuyển mẫu tuân theo TCVN 2683:2012.

Kết quả thí nghiệm đường cong thành phần hạt các mẫu đất bồi lắng hồ chứa nước Lối Đồng thể hiện trên hình 5.



Hình 4. Đường cong thành phần hạt đất bồi lắng hồ chứa nước Lối Đồng

Kết quả phân tích thành phần hạt của các mẫu đất bồi lắng có các đường kính cỡ hạt như sau: $D_{60} = 0,07$ mm; $D_{30} = 0,016$ mm; $D_{10} = 0,004$ mm. Các hệ số đồng đều và hệ số cấp phối của các mẫu đất thí nghiệm như sau: $C_u = 17,5$ và $C_c = 0,914$. Như vậy, theo TCVN 8217:2009 (TCVN 8217:2009) đất có chất lượng cấp phối tương đối tốt.

Kết quả thí nghiệm xác định các chỉ tiêu vật lý mẫu đất bồi lắng hồ chứa nước Lối Đồng có độ ẩm giới hạn dẻo là 23,04%; độ ẩm giới hạn chảy là 32,9%. Theo TCVN 8217:2009, mẫu đất bồi lắng hồ Lối Đồng thuộc loại đất bụi bình thường.

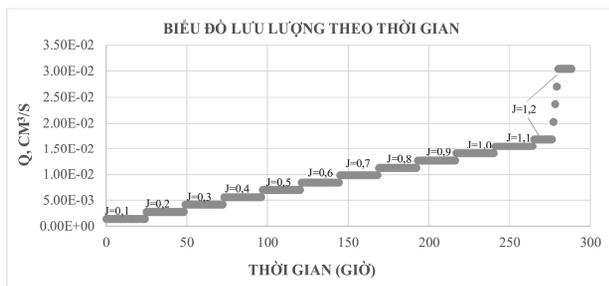
Mẫu thí nghiệm được chế bị, làm bão hòa và cố kết theo đúng quy trình đã được trình bày ở mục 2.1.2.



Hình 5. Chế tạo và lắp đặt mẫu thí nghiệm

Thí nghiệm được tiến hành trong trạng thái ứng suất đẳng hướng với ứng suất hiệu quả bằng 50 kPa, xấp xỉ bằng áp lực của cột đất cao 5 m. Đất có $D_{50} = 0,03$ mm nên chọn lưới inox có kích thước lỗ tương ứng bằng 0,03mm.

Do đất có chất lượng cấp phối tương đối tốt nên nhóm nghiên cứu lựa chọn bước tăng của gradient thí nghiệm là 0,1. Mỗi cấp gradient thí nghiệm được giữ trong vòng 24 h. Biểu đồ thay đổi lưu lượng theo thời gian được thể hiện ở hình 6.



Hình 6. Biểu đồ thay đổi lưu lượng theo thời gian

Kết quả thí nghiệm cho thấy:

- Khi giá trị gradient thí nghiệm nhỏ hơn hoặc bằng 1,1 và mỗi cấp gradient giữ trong vòng 24h trong thời gian đó không có sự thay đổi về lưu lượng.
- Tại thời điểm $t = 277$ h, tức là 11 h sau khi nâng gradient từ 1,1 lên 1,2 bắt đầu có sự thay đổi lưu lượng. Tại thời điểm đó cũng bắt đầu quan sát được sự thay đổi thể tích tại thiết bị đo C1.
- Như vậy có thể kết luận giá trị gradient giới

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Nguyễn Đình Dũng, Nguyễn Cảnh Thái, Nguyễn Công Thắng, Nguyễn Thái Hoàng (2020), “Nghiên cứu đặc điểm đất bồi lắng hồ chứa vừa và nhỏ ở Hà Tĩnh”, Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi số 60
- TCVN 8868:2011, “Thí nghiệm xác định sức kháng cắt không có kết – không thoát nước và Có kết – thoát nước”
- TCVN 9903:2012, “TCVN 8868:2011, “Gia cố đất nền yếu – phương pháp trụ đất xi măng”
- TCVN 2683:2012, “Đất xây dựng – lấy mẫu, bao gói, vận chuyển và bảo quản mẫu”
- Bendahmane, F., Marot, D., and Alexis, A. (2008), “Experimental Parametric Study of Suffusion and Backward Erosion,” J. Geotech. Geoenviron. Eng., Vol. 134, No. 4, pp. 57–67.

hạn của mẫu đất bồi lắng hồ chứa nước Lối đồng là $i_{gh} = 1,1$.

3. KẾT LUẬN

Xói ngầm khuếch tán có thể gây ra các sự cố nghiêm trọng ảnh hưởng đến an toàn của các công trình đất nên việc phát triển các thí nghiệm cho phép đánh giá khả năng xảy ra xói ngầm khuếch tán đóng vai trò hết sức quan trọng.

Hiện nay ở nước ta chưa có thí nghiệm xác định giá trị gradient thấm giới hạn nào được phát triển một cách đầy đủ để từ đó đánh giá khả năng xảy ra xói ngầm khuếch tán.

Bài báo trình bày quy trình thí nghiệm cho phép xác định gradient thấm giới hạn của đất bằng thiết bị thí nghiệm nén ba trục được cải tiến. Thiết bị này có thể thí nghiệm ở các trạng thái ứng suất khác nhau. Thời điểm bắt đầu xảy ra xói ngầm khuếch tán được xác định nhờ các thiết bị đo thể tích và lưu lượng qua đó giúp xác định chính xác giá trị gradient thấm giới hạn.

Nhóm nghiên cứu đã tiến hành thí nghiệm xác định giá trị gradient thấm giới hạn cho mẫu đất bồi lắng Hồ chứa nước Lối Đồng, tỉnh Hà Tĩnh. Kết quả xác định được $i_{gh} = 1,1$.

Thiết bị này có thể áp dụng để đánh giá ảnh hưởng của trạng thái ứng suất đến giá trị gradient thấm giới hạn cũng như theo dõi sự phát triển của quá trình xói ngầm khuếch tán. Các kết quả nghiên cứu này sẽ được nhóm nghiên cứu trình bày ở các bài báo tiếp theo.

- Chang, D.S. and Zhang, L.M. (2011), *A stress-controlled erosion apparatus for studying internal erosion in soils*, Geotechnical Testing Journal, Vol.34, No.6, 579~589.
- Chang, D. S. and Zhang, L. M. (2011), “*Internal Stability Criteria for Soils*,” Rock and Soil Mechanics, Vol. 32, No. S1, pp.253–259.
- Fannin, R. J. and Moffat, R. (2006), “*Observations on Internal Stability of Cohesionless Soils*,” Geotechnique, Vol. 56, No. 7, pp. 497–500.
- Fell, R. and Fry, J. J. (2007), “*The State of the Art of Assessing the Likelihood of Internal Erosion of Embankment Dams, Water Retaining Structures and Their Foundations*,” Internal Erosion of Dams and Their Foundations (Taylor & Francis, London), pp. 1–23.
- Fell, R., Wan, C. F., Cyganiewicz, J., and Foster, M. (2003), “*Time for Development of Internal Erosion and Piping in Embankment Dams*,” J. Geotech. Geoenviron. Eng., Vol. 129, No. 4, pp. 307–314.
- Honjo, Y., Haque, M. A., and Tsai, K. A. (1996), “*Self-filtration Behaviour of Broadly and Gap-graded Cohesionless Soils*,” Proceedings of the 2nd International Conference on Filters and Drainage in Geotechnical and Environmental Engineering, Geofilters 1996, Montreal, pp. 227–236.
- Kenney, T. C. and Lau, D. (1985), “*Internal Stability of Granular Filters*,” Can. Geotech. J., Vol. 22, pp. 215–225.
- Marot, D., Bendahmane, F. and Konrad, J.M. (2011), *Multichannel optical sensor to quantify particle stability under seepage flow*, Can. Geotech. J., Vol.48, 1772~1787.
- Moffat, R. and Fannin, R. J. (2011), “*A Hydromechanical Relation Governing Internal Stability of Cohesionless Soil*,” Can. Geotech. J., Vol. 48, pp. 413–424.
- Muir Wood, D., Maeda, K. and Nukudani, E. (2010), “*Modeling mechanical consequences of erosion*”, Géotechnique, Vol.60, No.6, 447~457.
- Skempton, A. W. and Brogan, J. M. (1994), “*Experiments on Piping in Sandy Gravels*,” Geotechnique, Vol. 44, No. 3, pp. 449–460.
- Scholtes, L., Hicher, P. Y., and Sibille L. (2010), “*Multiscale Approaches to Describe Mechanical Responses Induced by Particle Removal in Granular Materials*,” C. R. Mecan., Vol.338, pp. 627–638.
- Shwiyhat, N. and Xiao, M. (2010), “*Effect of Suffusion on Mechanical Characteristics of Sand*,” Scour and Erosion, Geotechnical Special Publication No. 210, S. E. Burns, S. K. Bhatia, C. M. C. Avila, and B. E. Hunt Eds., ASCE, Reston, VA, pp. 378–386.
- Skempton A. W. and Brogan J. M. (1994), “*Experiments on Piping in Sandy Gravels*,” Geotechnique, Vol. 44, No. 3, pp. 449–460.
- Reddi L. N., Lee I. M., and Bonala V. S. (2000), “*Comparison of Internal and Surface Erosion Using Flow Pump Tests on a Sand-Kaolinite Mixture*,” Geotech. Test. J., Vol. 23, No. 1, pp. 116–122.
- Tomlinson S. S. and Vaid Y. P. (2000), “*Seepage Forces and Confining Pressure Effects on Piping Erosion*,” Can. Geotech. J., Vol. 37, pp. 1–13.
- Tomlinson S. S. and Vaid Y. P. (2000), “*Seepage Forces and Confining Pressure Effects on Piping Erosion*,” Can. Geotech. J., Vol. 37, pp. 1–13.
- Wood D. M., Maeda K. and Nukudani E. (2010), “*Modeling Mechanical Consequences of Erosion*,” Geotechnique, Vol.60, No. 6, pp. 447–457.

Abstract:

EXPERIENCE TO DETERMINE CRITICAL HYDRAULIC GRADIENT OF SOIL

Suffusion is a phenomenon in which fine particles are eroded away through the pores between coarse particles by seepage flow. Suffusion occurs when the pores between coarse particles are large enough for smaller particles to move and the hydraulic gradient of seepage flow exceeds the critical gradient, causing displacement of the soil particles. Meanwhile, during the suffusion, there are dramatic changes in soil porosity, hydraulic conductivity and mechanical properties. Although suffusion is such a huge potential risk for the earth structure safety, hitherto, few laboratory tests have been fully developed in our country to determine critical hydraulic gradient to thereby assessing the possibility of suffusion.

This study introduces experimental equipment improved from the triaxial compression equipment and experimental procedure that allows to evaluate the possibility of suffusion as well as to determine the critical hydraulic gradient of the soil. This device can be tested in different stress states.

Keywords: Suffusion, critical hydraulic gradient, triaxial compression equipment, stress state

Ngày nhận bài: 22/6/2021

Ngày chấp nhận đăng: 30/6/2021