

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA CỌC BÊ TÔNG GIA CỐ NỀN ĐẾN CÁC ĐẶC TRƯNG THẨM TRONG NỀN CÁT DƯỚI ĐÁY CỐNG QUA ĐÊ BẰNG MÔ HÌNH VẬT LÝ

Đinh Xuân Trọng¹, Nguyễn Quốc Dũng², Phạm Ngọc Quý³, Phạm Thị Hương³

Tóm tắt: Cống qua đê là một trong những hạng mục công trình quan trọng cấu thành nên hệ thống đê. Nhiều cống được xây dựng trên nền cát nhạy cảm về thấm với giải pháp đóng cừ chống thấm và đóng cọc bê tông cốt thép (BTCT) để tăng sức chịu tải của nền đồng thời giữ độ lún của công trình trong phạm vi cho phép. Các sự cố về thấm xảy ra trong thời gian qua đã đặt ra vấn đề là cọc BTCT có thể làm thay đổi các đặc trưng dòng thấm, từ đó làm gia tăng biến hình thấm và dẫn đến mất ổn định công trình. Trong nghiên cứu này, mối quan hệ toán học giữa các yếu tố thủy lực, công trình, đất nền và cọc đã được thiết lập dựa trên phương pháp phân tích thứ nguyên. Trên cơ sở đó, một thiết bị thí nghiệm đã được thiết kế để thực hiện các sê ri thí nghiệm với các điều kiện khác nhau. Bài báo trình bày kết quả thí nghiệm mô hình vật lý xác định sự thay đổi của các đặc trưng thấm trong nền cống khi được gia cố bằng cọc bê tông cốt thép.

Từ khoá: Cống qua đê, đặc trưng thấm, nền cát, cọc bê tông cốt thép, mô hình thí nghiệm.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các sự cố liên quan đến đê điều trong thời gian gần đây đa phần đều xảy ra tại vị trí cống dưới đê và 78,4% sự cố liên quan đến thấm (Đinh Xuân Trọng và nnk, 2020). Một số nhận định ban đầu các cống bị sự cố đều được xây dựng trên nền cát nhạy cảm về thấm; giải pháp xử lý nền cống đều bằng cọc bê tông cốt thép (BTCT) đúc sẵn, một số cống có đóng cừ chống thấm; khi xảy ra sự cố một lượng lớn cát nền trôi xuống hạ lưu, nền cống bị rỗng, cống hầu như đứng trên đầu cọc. Điều đó cho thấy, ngoài tác dụng gia tăng sức chịu tải của nền và giữ độ lún của công trình trong phạm vi cho phép, cọc BTCT dưới đáy cống có ảnh hưởng không nhỏ đến diễn biến thấm trong nền, đặc biệt đối với cống trên nền cát, thông qua sự thay đổi trạng thái ứng suất và độ rỗng của đất. Để đánh giá được ảnh hưởng của cọc BTCT đến các thông số

dòng thấm trong nền cát dưới đáy cống qua đê, ngoài các nghiên cứu lý thuyết, cần thiết phải có những nghiên cứu trên mô hình vật lý nhằm mô phỏng hiện tượng thấm trong móng cọc với các điều kiện công trình, đất nền và chênh lệch mực nước thượng hạ lưu khác nhau, từ đó đưa ra các khuyến nghị cần thiết cho công tác thiết kế an toàn.

2. THIẾT LẬP PHƯƠNG TRÌNH NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

Có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến đặc trưng thấm trong nền cát của cống qua đê được gia cố bằng cọc BTCT đúc sẵn, gồm:

- Nhóm yếu tố thủy lực: khối lượng riêng (ρ_n) và độ nhớt (μ_n) của nước, gia tốc trọng trường (g), chênh lệch mực nước thượng hạ lưu (ΔH), cột nước thấm (h_t).

- Nhóm yếu tố đất nền: Có nhiều yếu tố liên quan đến đất nền có ảnh hưởng đến đặc trưng thấm như kích thước hạt và thành phần cấp phối, lượng hạt mịn, hình dạng hạt, hệ số rỗng, độ bão hòa, hệ số thấm, khối lượng thể tích, chiều dày tầng thấm.

¹ Viện Thủy công – Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

² Hội Đập lớn và Phát triển nguồn nước Việt Nam

³ Trường Đại học Thủy lợi

+ Các đặc trưng phân bố của hạt như cấp phối hạt, hàm lượng nhóm hạt mịn, ... được xem xét thông qua hệ số không đều hạt C_u .

+ Đất nền công thường xuyên ngập nước nên bỏ qua ảnh hưởng của độ bão hòa.

+ Hệ số rỗng là yếu tố ảnh hưởng có tính chất quyết định đến tính thấm của đất, do đó yếu tố này được xem xét qua hệ số thấm của đất.

Như vậy, nhóm yếu tố đất nền gồm khối lượng thể tích đơn vị (ρ_d), hệ số thấm (k_{th}), hệ số không đều hạt (C_u), chiều dày tầng cát dưới đáy công (T_c).

- Nhóm yếu tố công trình gồm chiều dài đường viền thấm (L_{th}), chiều sâu cừ thượng lưu (h_{ct}) và hạ lưu (h_{ch}). Tác động chủ yếu của cọc gia cố nền là làm chặt đất xung quanh cọc trong quá trình đóng cọc. Các tác động này phụ thuộc vào kích thước mặt cắt ngang cọc (a_p), chiều dài cọc (L_p) và khoảng cách giữa các cọc (d_p).

Hàm tổng quát đại diện cho hiện tượng được xem xét có thể viết như sau:

$$f(\mu_n, \rho_n, g, \Delta H, \rho_d, k_{th}, D_r, C_u, T_c, L_{th}, h_{ct}, h_{ch}, a_p, L_p, d_p, h_t) = 0 \quad (1)$$

Ứng dụng lý thuyết Buckingham (Phạm Ngọc Quý, 2013) và chọn 03 đại lượng chứa các thứ nguyên cơ bản [M] (khối lượng), [L] (độ dài), [T] (thời gian) là ρ_d [ML^{-3}], ΔH [L] và k_{th} [LT^{-1}] để thiết lập mối quan hệ không thứ nguyên sau đây:

$$f(\pi_1, \pi_2, \pi_3, \pi_4, \pi_5, \pi_6, \pi_7, \pi_8, \pi_9, \pi_{10}, \pi_{11}, \pi_{12}) = 0 \quad (2)$$

Trong đó:

$$\left\{ \begin{array}{l} \pi_1 = \frac{\mu_n}{\rho_d L_p k_{th}}; \pi_2 = \frac{\rho_d}{\rho_n}; \pi_3 = \frac{g L_p}{k_{th}}; \\ \pi_4 = \frac{\Delta H}{L_p}; \pi_5 = \frac{T_c}{L_p}; \pi_6 = \frac{L_{th}}{L_p}; \\ \pi_7 = \frac{h_{ct}}{L_p}; \pi_8 = \frac{h_{ch}}{L_p}; \pi_9 = \frac{a_p}{L_p}; \\ \pi_{10} = \frac{d_p}{L_p}; \pi_{11} = \frac{h_t}{L_p}; \pi_{12} = C_u \end{array} \right. \quad (3)$$

Mối quan hệ (2) được viết lại:

$$f\left(\frac{1}{\pi_1 \pi_2}, \frac{1}{\pi_3 \pi_5}, \frac{1}{\pi_6}, \frac{1}{\pi_7}, \frac{1}{\pi_8}, \frac{\pi_{10}}{\pi_9}, \frac{\pi_{11}}{\pi_4}, \pi_{12}\right) = 0 \quad (4)$$

hay:

$$f\left(\frac{\rho_n L_p k_{th}}{\mu_n}, \frac{k_{th}^2}{g T_c}, \frac{L_p}{L_{th}}, \frac{L_p}{h_{ct}}, \frac{L_p}{h_{ch}}, \frac{d_p}{a_p}, \frac{h_t}{\Delta H}, C_u\right) = 0 \quad (5)$$

hay:

$$f\left(Re, Fr, \frac{L_p}{L_{th}}, \frac{L_p}{h_{ct}}, \frac{L_p}{h_{ch}}, \frac{d_p}{a_p}, \frac{h_t}{\Delta H}, C_u\right) = 0 \quad (6)$$

Với mục tiêu nghiên cứu đặc trưng thấm giới hạn trong phạm vi định luật Darcy, có thể bỏ qua ảnh hưởng của số Raynold (Re) do dòng thấm qua kẽ rỗng của đất được giả thiết là chảy tầng ($Re < 1$); ngoài ra, số Froud (Fr) cũng không được xem xét vì đây là một chỉ số của dòng chảy mặt, mối quan hệ (6) trở thành:

$$f\left(\frac{L_p}{L_{th}}, \frac{L_p}{h_{ct}}, \frac{L_p}{h_{ch}}, \frac{d_p}{a_p}, \frac{h_t}{\Delta H}, C_u\right) = 0 \quad (7)$$

Phương trình (7) cung cấp cơ sở để phân tích dữ liệu thử nghiệm vì bất kỳ một tham số nào trong phương trình này cũng có thể được viết dưới dạng hàm của tất cả các tham số khác:

$$\frac{h_t}{\Delta H} = f\left(\frac{L_p}{L_{th}}, \frac{L_p}{h_{ct}}, \frac{L_p}{h_{ch}}, \frac{d_p}{a_p}, C_u\right) \quad (8)$$

Phương trình (8) được sử dụng để nghiên cứu diễn biến của cột nước thấm, gradient thấm trước sự biến đổi của chênh lệch cột nước thượng hạ lưu, chiều dài đường viền thấm, chiều dày tầng cát dưới đáy công, độ sâu đóng cừ thượng hạ lưu, kích thước và khoảng cách cọc gia cố nền và độ chặt tương đối của đất.

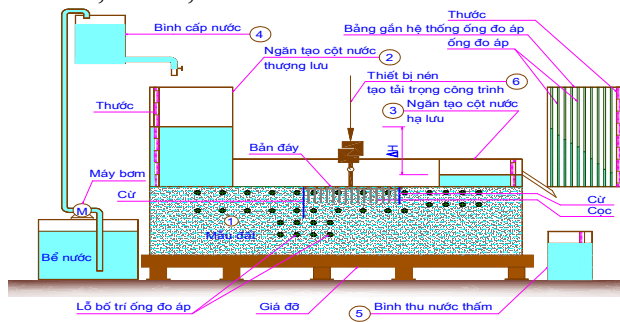
3. MÔ HÌNH VÀ VẬT LIỆU THÍ NGHIỆM

3.1. Mô hình thí nghiệm

Để thực hiện các thí nghiệm phân tích diễn biến của cột nước thấm, một thiết bị thí nghiệm thấm ngang kết hợp thấm đứng đã được nghiên cứu thiết lập. Phạm vi cần thiết của công trình phải nghiên cứu trên mô hình: (i) Cột nước lớn nhất, chiều dày tầng thấm, chiều dày bản đáy công và khoảng lưu không an toàn; (ii) Chiều dài hình chiếu nằm ngang của đường viền thấm, chiều dài phần thượng lưu để dòng thấm đi vào và thêm một khoảng gia tăng ở hạ lưu để dòng thấm thoát ra; (iii) Chiều rộng bản đáy công. Trong nghiên cứu này, lựa chọn tỷ lệ mô hình là 1/40 dựa trên

yếu tố chiều dài hình chiếu của đường viền thấm nằm ngang và điều kiện thí nghiệm.

Cấu tạo của mô hình được minh họa trong Hình 1, gồm các phần chính: (1) Ngăn chứa mẫu đất thí nghiệm và bố trí các hạng mục công trình có kích thước (rộng x cao x dài) = (46x56x240) cm; (2) Ngăn tạo cột nước thượng lưu có kích thước (46x64x89) cm; (3) Ngăn tạo cột nước hạ lưu kích thước (46x34x90) cm (4) Bình cấp nước; (5) Bình thu nước thấm; (6) Hệ thống gia tải mô phỏng tải trọng công trình; và (7) Thiết bị phụ trợ gồm ống đo áp, máy tính, camera, thước, v.v.



Hình 1. Cấu tạo mô hình thí nghiệm

3.2. Vật liệu thí nghiệm

Hệ số C_u biểu thị mức độ không đều hạt của đất, C_u càng lớn thì kích thước hạt càng không đều và ngược lại. Khi $C_u > 3$ – đất được coi là không đều hạt và khi $C_u \leq 3$ – đất đều hạt (Cao Văn Chí, Trịnh Văn Cương, 2003). Theo Istomina (1957), đất có $C_u < 10$ không xảy ra xói ngầm, $10 < C_u < 20$ đất thuộc vùng chuyển tiếp và đất có $C_u > 20$ thuộc loại đất xói ngầm.

Để phục vụ nghiên cứu, tác giả đã thu thập các tài liệu khảo sát, thiết kế của 110 cống qua đê thuộc 25 tuyến đê trên địa bàn các tỉnh vùng đồng bằng sông Hồng. Kết quả cho thấy các lớp đất cát dưới đáy cống có hệ số C_u dao động từ 1,46 đến 16,15. Theo các phân tích trên, phân loại đất trong khu vực nghiên cứu thành 03 nhóm theo sự thay đổi của hệ số C_u như sau:

- Nhóm I: $C_u \leq 3,0$;
- Nhóm II: $3,0 < C_u \leq 10$;
- Nhóm III: $C_u > 10$.

Trong mỗi nhóm đất, tiến hành nghiên cứu thực nghiệm cho một loại đất của một công trình thực tế như sau:

- Mẫu M1 (đại diện cho đất nhóm I): Cát hạt nhỏ, mịn (lớp 4); $C_u = 2,54$ tại cống Tắc Giang - đê hữu Hồng, Hà Nam;
- Mẫu M2 (đại diện cho đất nhóm II): Cát hạt nhỏ (lớp 2); $C_u = 4,18$ tại cống Yên Nghĩa - đê tả Đáy, Hà Nội;
- Mẫu M3 (đại diện cho đất nhóm III): Cát hạt mịn (lớp 4a); $C_u = 16,15$ tại cống Liên Khê - đê tả Hồng, Hưng Yên.

Do các lớp đất cát nằm dưới bản đáy cống nên việc lấy trực tiếp từ nền công trình không thể thực hiện được, vì vậy mẫu đất thí nghiệm được chế bị từ cát tự nhiên với thành phần hạt tương tự như đất trong thực tế (dựa trên tài liệu khảo sát, thiết kế trước đây). Đất sau khi trộn đều các thành phần cỡ hạt được lấy mẫu để thí nghiệm, tính toán khối lượng thể tích khô, hệ số thấm, hệ số rỗng đảm bảo tương đương với đất ngoài thực tế.

4. KỊCH BẢN THÍ NGHIỆM

Trong số 71/110 cống qua đê có thông tin về giải pháp chống thấm được tác giả thu thập, có 59/71 cống sử dụng cừ để chống thấm, 14/59 bố trí cừ ở phía sông (23,7%), 45/59 cống bố trí cừ ở cả phía sông và phía đồng (76,3%). Trong 38/110 cống tồn tại nền cát, có 32/38 cống bố trí cừ ở cả hai phía (84,2%), 4/38 cống bố trí cừ ở phía sông (10,5%) và 2/38 cống không có cừ (5,3%). Từ các phân tích trên, tác giả tập trung vào nghiên cứu ảnh hưởng của cọc BTCT đến cột nước thấm và gradient thấm trong nền cát dưới đáy cống có bố trí cừ ở phía sông và phía đồng.

Phương trình (8) được sử dụng để xác định các chuỗi thí nghiệm. Sự liên quan giữa các đại lượng trong phương trình cho thấy chỉ cần thay đổi một đại lượng sẽ dẫn đến các đại lượng khác thay đổi. Trong nghiên cứu này, C_u được xác định qua kết quả thí nghiệm; $h_{ct} = 125\text{mm}$, $h_{ch} = 75\text{mm}$, $L_{th} = 1040\text{mm}$ được giữ không đổi trong suốt quá trình thí nghiệm; thay đổi L_p và ΔH theo kịch bản. Qua đó thiết lập các chuỗi thí nghiệm như sau:

- Trường hợp có cừ thượng, hạ lưu ($h_{ct} \neq 0$ và $h_{ch} \neq 0$) – không cọc ($L_p = 0$) tương ứng với tỷ lệ $L_p/h_{ct} = 0$, $L_p/h_{ch} = 0$, $L_p/L_{th} = 0$: Sử dụng công cụ SEEP/W để tính toán đặc trưng dòng thấm cho các mẫu đất (kịch bản KB1.0, KB2.0, KB3.0). Trong trường hợp này, tiến hành thí nghiệm cho mẫu đất M1 (kịch bản KB1.0) để kiểm chứng kết quả tính toán bằng mô hình số.

- Trường hợp có cừ thượng, hạ lưu ($h_{ct} \neq 0$ và $h_{ch} \neq 0$) – có cọc ($L_p \neq 0$) tương ứng với tỷ lệ $L_p/h_{ct} \neq 0$, $L_p/h_{ch} \neq 0$, $L_p/L_{th} \neq 0$: Với mỗi mẫu đất (xác định C_u), tiến hành thí nghiệm với tỷ lệ (L_p/h_{ct}), (L_p/h_{ch}), (L_p/L_{th}) khác nhau bằng cách thay đổi chiều dài cọc ($L_p = 62,5\text{mm}$; 125mm và 250mm), giữ nguyên chiều sâu cừ (h_{ct} , h_{ch}) và

chiều dài đường viền thấm (L_{th}).

- Trong các kịch bản, thay đổi mực nước phía sông (mực nước phía đông không đổi) để tạo ra từng cấp chênh lệch mực nước $\Delta H = 100, 200, 300, 400\text{mm}$.

- Thông số cọc BTCT: Trong số 71 công qua đê có thông tin về giải pháp gia cố nền, 57 công sử dụng cọc BTCT đúc sẵn; 93% công dùng cọc kích thước $30 \times 30\text{cm}$, 79% công lựa chọn khoảng cách cọc $4a_p \leq d_p < 5a_p$, 100% công bố trí hàng cọc song song nhau. Trong nghiên cứu này, lựa chọn cọc BTCT đúc sẵn hình vuông có kích thước cạnh $a_p = 30\text{cm}$, khoảng cách tim cọc $d_p = 4,5a_p = 135\text{cm}$, bố trí hàng cọc song song để thí nghiệm.

Bảng 1. Kịch bản thí nghiệm

TT	Kịch bản	Mẫu đất	C_u	$\frac{L_p}{L_{th}}$	$\frac{L_p}{h_{ct}}$	$\frac{L_p}{h_{ch}}$	$\frac{d_p}{a_p}$	ΔH (mm)
1	KB0.0	M1	2,54	0,00	0,0	0,000	4,5	100, 200, 300, 400
2	KB1.1	M1	2,54	0,06	0,5	0,833	4,5	100, 200, 300, 400
3	KB1.2	M1	2,54	0,12	1,0	1,666	4,5	100, 200, 300, 400
4	KB1.3	M1	2,54	0,24	2,0	3,332	4,5	100, 200, 300, 400
5	KB2.1	M2	4,50	0,06	0,5	0,833	4,5	100, 200, 300, 400
6	KB2.2	M2	4,50	0,12	1,0	1,666	4,5	100, 200, 300, 400
7	KB2.3	M2	4,50	0,24	2,0	3,332	4,5	100, 200, 300, 400
8	KB3.1	M3	16,15	0,06	0,5	0,833	4,5	100, 200, 300, 400
9	KB3.2	M3	16,15	0,12	1,0	1,666	4,5	100, 200, 300, 400
10	KB3.3	M3	16,15	0,24	2,0	3,332	4,5	100, 200, 300, 400

5. QUY TRÌNH THÍ NGHIỆM

- B1: Chế bị mẫu đất thí nghiệm;
- B2: Lắp đặt các thiết bị mô phỏng công trình và thiết bị đo đạc;
- B3: Bảo hòa mẫu;
- B4: Bơm nước sạch lên bình (4). Mở khóa van bình (4) để xả nước đồng thời và từ từ xuống ngăn (2) và (3) đến mực nước hạ lưu theo yêu cầu. Trong quá trình xả nước, bố trí lưới thép và vải lọc phủ trên bề mặt mẫu để đảm bảo dòng chảy không gây xáo trộn mẫu đất;
- B5: Dâng mực nước thượng lưu với các bước tăng $\Delta H = (100, 200, 300, 400)$ mm; mực nước hạ lưu giữ cố định;
- B6: Kiểm tra độ chênh lệch mực nước ΔH

thông qua hai ống đo áp TL và HL;

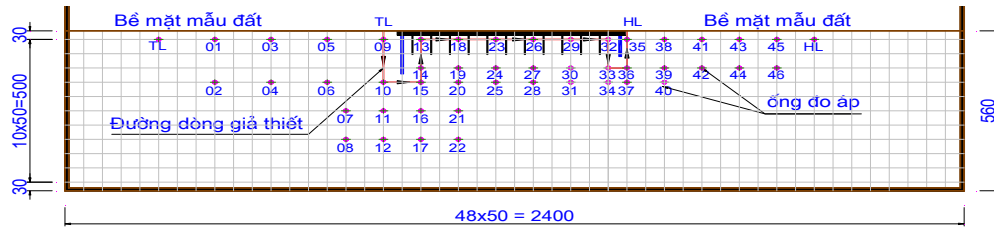
- B7: Ở mỗi cấp ΔH , tiến hành theo dõi và ghi chép biến đổi áp lực thấm trong các ống đo áp, đo lưu lượng thấm.

6. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM VÀ PHÂN TÍCH

6.1. Kết quả thí nghiệm

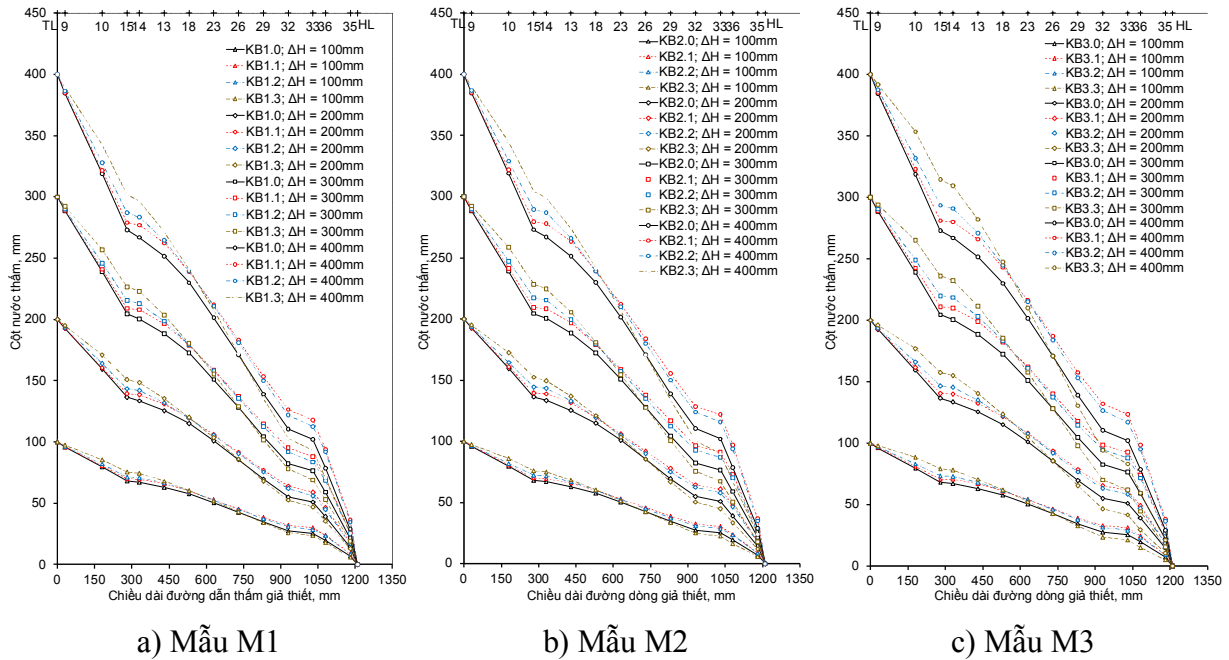
Quá trình thí nghiệm cho 03 mẫu đất với các trường hợp có cừ - không cọc, có cừ - có cọc trong điều kiện chênh lệch cột nước khác nhau đã được tiến hành.

Để xem xét ảnh hưởng của cọc BTCT đến đặc trưng thấm dưới đáy công, giả thiết rằng dòng thấm dưới bản đáy công đi theo sơ đồ TL – 09 – 10 – 15 – 14 – 13 – 18 – 23 – 26 – 29 – 32 – 33 – 36 – 35 – HL (theo thứ tự của lỗ đo áp như Hình 2).



Hình 2. Sơ đồ bố trí lỗ đo áp và đường dòng giả thiết

Diễn biến cột nước thấm được đo tại vị trí các lỗ đo áp theo chiều dài đường dòng giả thiết tương ứng các kịch bản và thể hiện trên Hình 3.

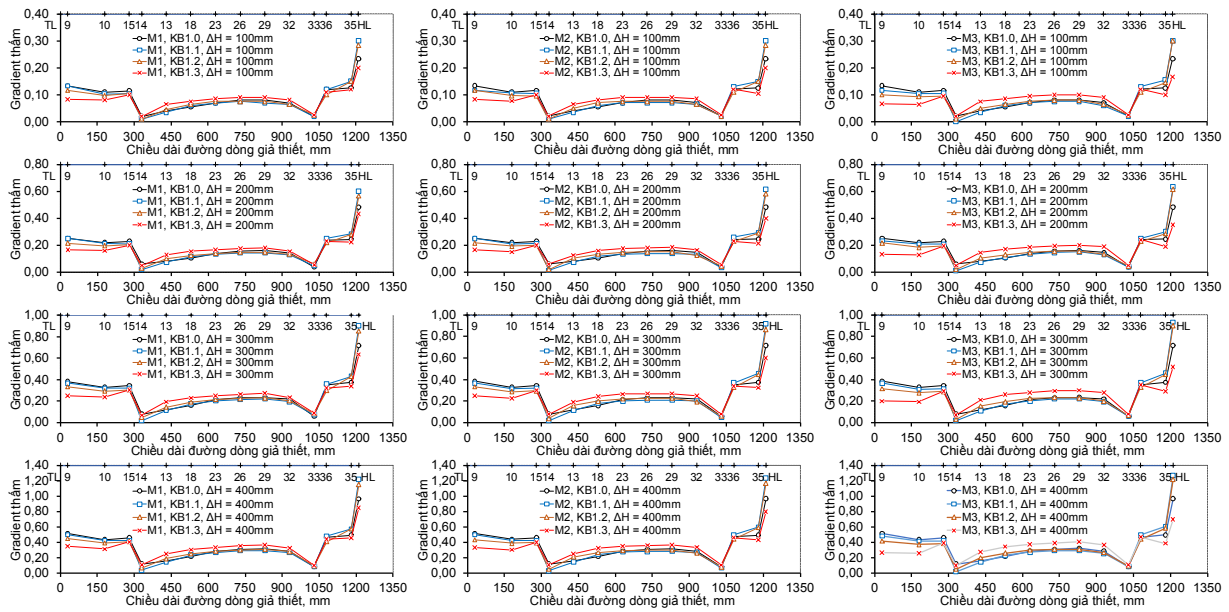


a) Mẫu M1

b) Mẫu M2

c) Mẫu M3

Hình 3. Diễn biến cột nước thấm trên đường dòng giả thiết



a) Mẫu M1

b) Mẫu M2

c) Mẫu M3

Hình 4. Diễn biến gradient thấm trên đường dòng giả thiết

Giá trị gradient thấm giữa điểm liền kề trên đường dòng giả thiết:

$$J_{(ij)} = \frac{h_{t(i)} - h_{t(j)}}{\Delta l_{(ij)}} \quad (9)$$

Trong đó: $J_{(ij)}$ là giá trị gradient thấm giữa hai điểm thứ (i) và thứ (j) liền kề nhau trên đường dòng giả thiết; $h_{t(i)}$, $h_{t(j)}$ lần lượt là giá trị cột nước thấm của điểm thứ (i) và điểm thứ (j); $\Delta l_{(ij)}$ là khoảng cách giữa hai điểm thứ (i) và thứ (j).

6.2. Phân tích kết quả

Để xem xét ảnh hưởng của cọc BTCT gia cố nền đến cột nước thấm và gradient thấm, tiến hành phân chia nền công thành 03 vùng: Vùng cửa vào (trước cừ thượng lưu – đại diện bởi ống đo áp số 9 trên đường dẫn thấm giả thiết); Vùng bản đáy công (giữa cừ thượng lưu và cừ hạ lưu, đại diện bởi ống đo áp số 13 ở đầu bản đáy và số 32 ở cuối bản đáy); Vùng cửa ra (sau cừ hạ lưu - ống đo áp số 35). Từ kết quả đo đạc, tiến hành tính toán mức độ thay đổi cột nước thấm (r_{ht}) và gradient thấm (r_j) của trường hợp có cọc so với trường hợp không cọc tại các vùng của nền công.

$$r_{ht} = \left(\frac{h_t^c}{h_t} - 1\right)100 \quad (10)$$

$$r_j = \left(\frac{J_c}{J} - 1\right)100 \quad (11)$$

Với h_t^c , h_t là cột nước thấm và J_c , J là gradient thấm trong các kịch bản có cọc và không cọc.

a) Cột nước thấm (h_t)

- Ở vùng cửa vào, cọc BTCT gia cố nền làm tăng cột nước thấm so với trường hợp không cọc; mức độ gia tăng phụ thuộc vào các tỷ lệ (L_p/h_{ct} , L_p/h_{ch} , L_p/L_{th}) và độ không đều hạt C_u của đất (Hình 5a). Trong cùng mẫu đất (C_u không đổi), cột nước thấm tăng theo chiều dài cọc; trong cùng chiều dài cọc, cột nước thấm tăng khi C_u tăng. Mức độ tăng lớn nhất 1,3% ($C_u = 2,54$); 1,43% ($C_u = 4,50$) và 1,95% ($C_u = 16,15$) trong trường hợp $L_p = 250\text{mm}$ tương ứng với các tỷ lệ ($L_p/h_{ct} = 2,0$; $L_p/h_{ch} = 3,332$; $L_p/L_{th} = 0,24$).

Trường hợp $L_p = 62,5\text{mm}$ ($L_p/h_{ct} = 0,5$; $L_p/h_{ch} = 0,833$; $L_p/L_{th} = 0,06$), cột nước thấm tại các ống đo áp gia tăng không nhiều (dưới 0,25%).

- Vùng bản đáy công:

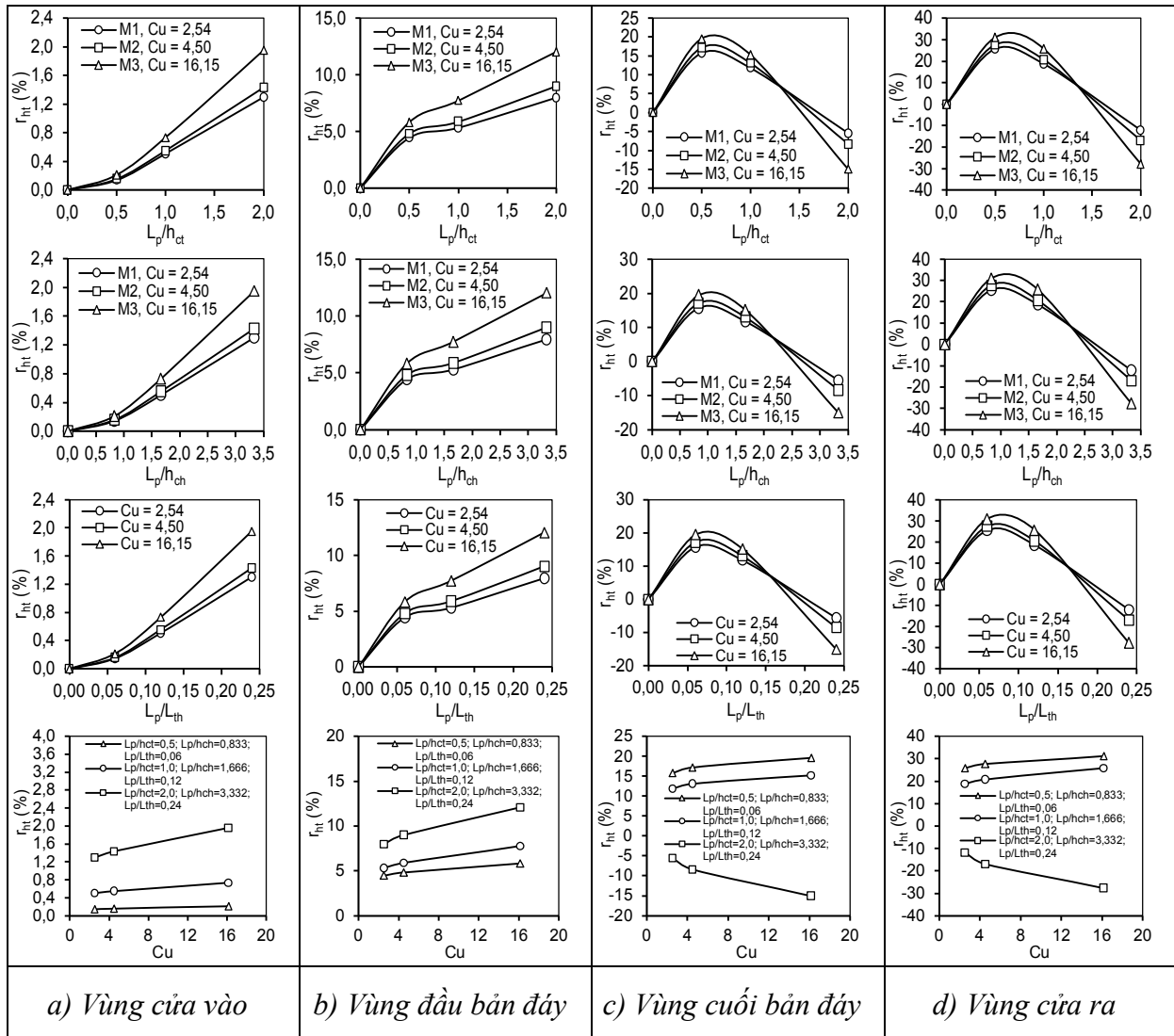
+ Ở đầu bản đáy, cột nước thấm khi có cọc tăng so với trường hợp không cọc. Hình 5b cho thấy, khi C_u không đổi, chiều dài cọc tăng sẽ dẫn đến r_{ht} tăng; khi L_p không đổi, r_{ht} tăng theo hệ số không đều hạt. Mức độ tăng lớn nhất là 12,05% trong trường hợp $C_u = 16,15$ và ($L_p/h_{ct} = 2,0$; $L_p/h_{ch} = 3,332$; $L_p/L_{th} = 0,24$); nhỏ nhất là 4,4% khi $C_u = 2,54$ và ($L_p/h_{ct} = 0,5$; $L_p/h_{ch} = 0,833$; $L_p/L_{th} = 0,06$).

+ Ở cuối bản đáy, trường hợp $L_p = 250\text{mm}$ (tương ứng với tỷ lệ $L_p/h_{ct} = 2,0$; $L_p/h_{ch} = 3,332$; $L_p/L_{th} = 0,24$), cột nước thấm giảm so với trường hợp không cọc; mức độ giảm lớn nhất là 15% khi $C_u = 16,15$ và nhỏ nhất là 5,56% với $C_u = 2,54$; trong khi đó, các trường hợp $L_p = (62,5$ và $125)\text{mm}$, cột nước thấm lại có xu hướng gia tăng so với cột nước thấm khi không có cọc gia cố. Hình 5c cho thấy, khi ($L_p/h_{ct} > 1,69$; $L_p/h_{ch} > 2,80$; $L_p/L_{th} > 0,203$) – đối với mẫu đất có $C_u = 2,54$; ($L_p/h_{ct} > 1,61$; $L_p/h_{ch} > 2,70$; $L_p/L_{th} > 0,195$) – đất có $C_u = 4,50$; ($L_p/h_{ct} > 1,51$; $L_p/h_{ch} > 2,55$; $L_p/L_{th} > 0,182$) – đất có hệ số không đều hạt $C_u = 16,15$; cột nước thấm ở cuối bản đáy giảm so với trường hợp không có cọc gia cố và tăng trong trường hợp ngược lại. Giá trị gia tăng lớn nhất xảy ra khi chiều dài cọc bằng độ sâu cừ hạ lưu ($L_p/h_{ch} = 1,0$), đạt từ 16% đến 19,66% tùy thuộc vào C_u .

- Tại vùng cửa ra: Kết quả thí nghiệm (Hình 5d) cho thấy, diễn biến cột nước thấm ở vùng này khá tương đồng với diễn biến cột nước ở vị trí lỗ đo áp số 32 (cuối bản đáy công). Mức độ tăng, giảm cột nước thấm lớn nhất thuộc về mẫu đất có $C_u = 16,15$ (tăng xấp xỉ 31% trong trường hợp $L_p/h_{ct} = 0,5$, $L_p/h_{ch} = 0,833$, $L_p/L_{th} = 0,06$; giảm 27,7% khi $L_p/h_{ct} = 2,0$, $L_p/h_{ch} = 3,332$, $L_p/L_{th} = 0,24$) và ngược lại, mẫu đất $C_u = 2,54$ có mức độ tăng, giảm nhỏ nhất (tăng 25,7% đối với trường hợp $L_p = 62,5\text{mm}$ và giảm xấp xỉ

12% khi $L_p = 250\text{mm}$). Mức độ gia tăng cột nước thấm tăng theo các tỷ lệ (L_p/h_{ct} , L_p/h_{ch} , L_p/L_{th}) tăng hoặc C_u tăng; khi ($L_p/h_{ct} < 1,61$; $L_p/h_{ch} < 2,68$; $L_p/L_{th} < 0,193$) với $C_u = 2,54$; ($L_p/h_{ct} < 1,56$; $L_p/h_{ch} < 2,60$; $L_p/L_{th} < 0,188$) với

$C_u = 4,50$ và ($L_p/h_{ct} < 1,5$; $L_p/h_{ch} < 2,51$; $L_p/L_{th} < 0,181$) với $C_u = 16,15$; cột nước thấm ở cửa ra tăng so với trường hợp không có cọc gia cố và giảm trong trường hợp ngược lại. Mức độ tăng đạt giá trị lớn nhất ở trường hợp $L_p = h_{ch}$.

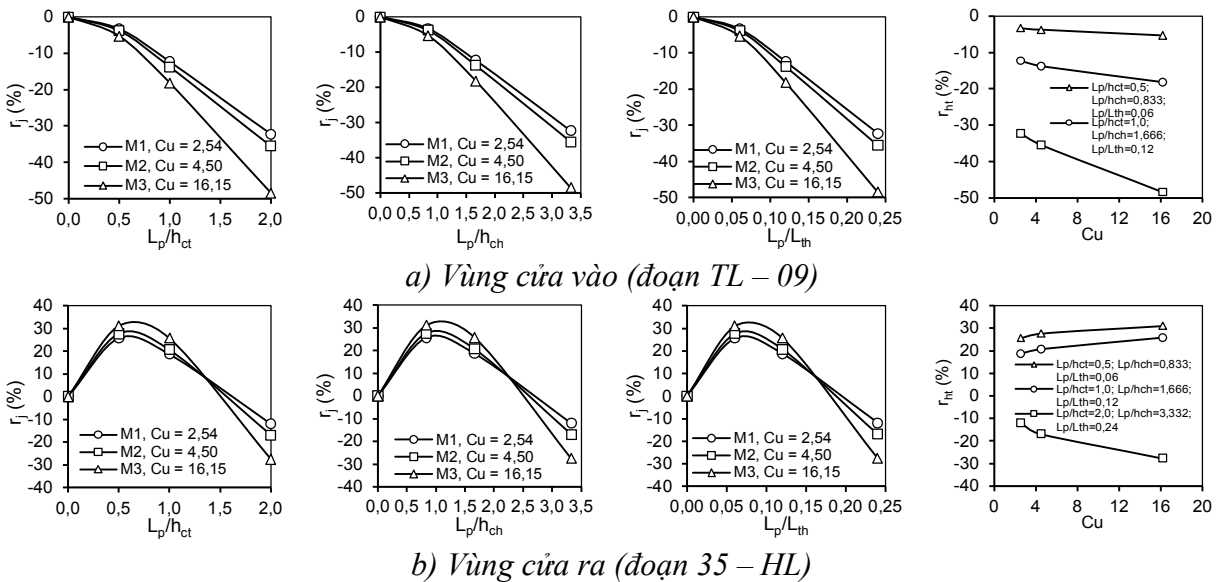


Hình 5. Mức độ thay đổi cột nước thấm do ảnh hưởng của cọc

b) Gradient thấm

Kết quả thí nghiệm cho thấy, cọc gia cố nền làm thay đổi gradient thấm trong các trường hợp (L_p/h_{ct} , L_p/h_{ch} , L_p/L_{th}) cũng như đất có hệ số không đều hạt (C_u) khác nhau. Để thấy rõ sự thay đổi này, tiến hành phân tích gradient thấm giữa hai điểm liền kề trên đường dòng giả thiết tại khu vực cửa vào (đoạn TL – 09) và khu vực cửa ra (đoạn 35 – HL).

- Khu vực cửa vào (Hình 6a): Trong tất cả các kịch bản thí nghiệm có cọc, gradient thấm tại đoạn TL – 09 đều giảm so với kịch bản không cọc. Mức độ giảm gradient thấm lớn nhất là 48,5% tương ứng với trường hợp ($L_p/h_{ct} = 2,0$; $L_p/h_{ch} = 3,332$; $L_p/L_{th} = 0,24$) và $C_u = 16,15$; nhỏ nhất là 3,3% khi ($L_p/h_{ct} = 0,5$; $L_p/h_{ch} = 0,833$; $L_p/L_{th} = 0,06$) và $C_u = 2,54$.



Hình 6. Ảnh hưởng của cọc đến gradient thấm tại khu vực cửa vào và cửa ra

- Khu vực cửa ra: Gradient thấm ở khu vực này có sự thay đổi lớn do ảnh hưởng của cọc BTCT. Ở các kích bản có tỷ lệ ($L_p/h_{ct} = 2,0$; $L_p/h_{ch} = 3,332$; $L_p/L_{th} = 0,24$), gradient thấm giảm rõ rệt so với kích bản không cọc; ở các kích bản còn lại, gradient thấm lại có xu hướng tăng so với kích bản không cọc. Hình 6b thể hiện mức độ thay đổi gradient thấm theo các tỷ lệ (L_p/h_{ct} , L_p/h_{ch} , L_p/L_{th}) tương ứng với các loại đất có hệ số C_u khác nhau.

Mẫu đất M3 ($C_u = 16,15$) có sự biến thiên gradient lớn nhất; tăng trung bình 31,06% trong trường hợp ($L_p/h_{ct} = 0,5$; $L_p/h_{ch} = 0,833$; $L_p/L_{th} = 0,06$) và giảm trung bình 27,66% khi ($L_p/h_{ct} = 2,0$; $L_p/h_{ch} = 3,332$; $L_p/L_{th} = 0,24$). Mẫu đất M1 ($C_u = 2,54$) có biên độ biến thiên gradient nhỏ nhất; tăng 25,67% đối với trường hợp ($L_p/h_{ct} = 0,5$; $L_p/h_{ch} = 0,833$; $L_p/L_{th} = 0,06$) và giảm 11,98% khi ($L_p/h_{ct} = 2,0$; $L_p/h_{ch} = 3,332$; $L_p/L_{th} = 0,24$). Hình 6b cho thấy, gradient thấm tăng theo các tỷ lệ (L_p/h_{ct} , L_p/h_{ch} , L_p/L_{th}) tăng hoặc C_u tăng. Khi ($L_p/h_{ct} < 1,61$; $L_p/h_{ch} < 2,68$; $L_p/L_{th} < 0,193$) - $C_u = 2,54$; ($L_p/h_{ct} < 1,56$; $L_p/h_{ch} < 2,60$; $L_p/L_{th} < 0,188$) - $C_u = 4,50$ và ($L_p/h_{ct} < 1,5$; $L_p/h_{ch} < 2,51$; $L_p/L_{th} < 0,181$) - $C_u = 16,15$; gradient thấm ở cửa ra tăng so với trường hợp

không có cọc gia cố, đạt giá trị lớn nhất ở trường hợp $L_p/h_{ch} = 1,0$ và giảm trong trường hợp ngược lại.

7. KẾT LUẬN

Cọc BTCT gia cố nền cát làm thay đổi cột nước thấm, gradient thấm ở khu vực cửa vào, bản đáy và cửa ra của công qua đê so với trường hợp không có cọc gia cố. Mức độ thay đổi phụ thuộc vào độ dài cọc (L_p), chiều sâu cừ (h_{ct} , h_{ch}), chiều dài đường viền thấm (L_{th}) và hệ số không đều hạt (C_u) của đất.

Ở vùng cửa vào, cột nước thấm tăng dưới 2%, gradient thấm giảm nên có thể bỏ qua ảnh hưởng của cọc.

Ở khu vực bản đáy và cửa ra, cột nước thấm có sự thay đổi đáng kể. Tại đầu bản đáy công, cột nước thấm tăng trong tất cả các kích bản; trong khi ở cuối bản đáy và khu vực cửa ra, cột nước thấm tăng giảm phụ thuộc vào các tỷ số (L_p/h_{ct} , L_p/h_{ch} , L_p/L_{th}); giá trị tăng lớn nhất khi $L_p = h_{ch}$.

Như vậy, ngoài tác dụng làm tăng sức khả năng chịu lực và giảm chuyển vị cho công; cọc BTCT đúc sẵn có ảnh hưởng không nhỏ đến cột nước thấm, gradient thấm trong nền cát dưới đáy công qua đê. Đây là một vấn đề cần được quan tâm khi thiết kế công dưới đê trên nền cát

có sử dụng cọc BTCT đúc sẵn để gia cố nền. để phục vụ công tác thiết kế, cảnh báo an toàn
Kết quả nghiên cứu thực nghiệm có thể sử dụng cho công trình.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Đinh Xuân Trọng, Phùng Vĩnh An (2020), *Báo cáo tổng kết phân 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.
- Phạm Ngọc Quý (2013), *Nghiên cứu thực nghiệm thủy lực*. Bài giảng dùng cho cao học, Trường Đại học Thủy lợi, Hà Nội.
- Cao Văn Chí, Trịnh Văn Cường (2003), *Cơ học đất*, Hà Nội: Nhà Xuất bản Xây dựng.
- Istomina, V.S (1957), *Filtration Stability of Soils*, Gostroizdat, Moscow, Leningrad.

Abstract:

RESEARCH ON THE EFFECTS OF REINFORCED CONCRETE PILES ON THE SEEPAGE CHARACTERISTICS IN SAND FOUNDATION OF UNDER-DIKE CULVERTS BY PHYSICAL MODEL

The under-dike culverts is one of the important items constituting a dike system. Many culverts are built on permeation sensitive sand foundation. The solution for seepage modifications is driving impermeability sheet pile and driving reinforced concrete piles to increase the bearing capacity of the foundation, keep the settlement within allowable range. There have been many incidents of under-dike culverts on sand foundation due to seepage during the last time. As recorded, most of the incidents occurred adjacent to the culverts with the foundation supported by reinforced concrete piles. The problem is that reinforced concrete piles can change the characteristics of seepage flow, thereby increasing seepage deformation and leading to instability of the structure. In this study, a mathematical relation between the hydraulics, works, soil factors has established based on the dimensional analysis method. On this basis, a new experimental model was designed to perform test series with different conditions. This paper presents the results of an experimental study to determine the change of seepage characteristics in the sand foundation of the under-dike culverts due to the influence of reinforced concrete piles.

Keywords: Under-dike culvert, seepage characteristics, sand foundation, reinforced concrete piles, physical model.

Ngày nhận bài: 02/11/2022

Ngày chấp nhận đăng: 31/12/2022