

KẾT QUẢ BƯỚC ĐẦU VỀ NGHIÊN CỨU THẨM QUA MÔI TRƯỜNG KHÔNG ĐỒNG NHẤT Ở ĐẬP KẾ GỖ VÀ BIỆN PHÁP KHẮC PHỤC

PGS.TS. NGUYỄN CHIẾN - Đại học Thủy Lợi

KS. NGUYỄN VIỆT HÀ - BQL Dự án Kế Gỗ

Tóm tắt: Trong thực tế xây dựng đập đất, do đặc điểm hình thành đất (đối với nền) và đặc điểm của quá trình đắp đập (đối với thân đập), có thể tồn tại các môi trường thấm không đồng nhất, tức hệ số thấm ở các khu vực trong miền thấm là khác nhau, hoặc hệ số thấm theo các phương là khác nhau tại cùng một điểm của miền thấm. Ở đập Kế Gỗ (Hà Tĩnh) biểu hiện của thấm qua môi trường không đồng nhất là dòng thấm thoát ra mái hạ lưu ở các điểm có cao độ khác nhau và cao hơn so với dự tính trong thiết kế (môi trường đồng nhất). Trong bài này giới thiệu hiện trạng thấm qua đập Kế Gỗ, tiến hành phân tích, đánh giá mức độ thấm dị hướng trong thân đập và đề xuất giải pháp xử lý để bảo đảm an toàn cho đập.

1. Đặt vấn đề:

Trong xây dựng các công trình thủy lợi, bài toán về thấm qua môi trường đồng nhất đang hướng đã được nghiên cứu tương đối kỹ cả với trường hợp dòng thấm có áp (dưới nền công trình) và không áp (trong thân đê, đập). Tuy nhiên, trong thực tế, do đặc điểm hình thành môi trường thấm (hình thành tự nhiên, đất được phong hoá từ đá gốc, hay được trầm đọng từng lớp qua thời gian; hình thành nhân tạo: đất được đắp từng lớp tạo thành đê, đập), có thể tồn tại các môi trường thấm không đồng nhất, không đẳng hướng, làm cho các kết quả tính toán thấm truyền thống không phản ánh đúng thực tế, có thể đe dọa an toàn và ổn định của công trình.

Quan sát thực tế các đập đất đã xây dựng cho thấy ở một số đập xuất hiện dòng thấm mạnh tại một số khu vực, gây mất nước hồ chứa và có thể dẫn đến xói ngầm nguy hiểm, gây sự cố vỡ đập (như trường hợp của đập Am Chúa năm 1993, đập Cà Giây năm 1998...). Ở một số đập khác, dòng thấm ra hạ lưu tuy không mạnh, chưa gây ra xói ngầm nguy hiểm, nhưng điểm thoát ra của dòng thấm ở mái hạ lưu lại cao hơn nhiều so với kết quả tính toán thiết kế, như đã xảy ra với các đập Đồng Mô, đập Thuận Ninh, và gần đây nhất là đập Kế Gỗ... Dòng thấm thoát ra ở vị trí cao trên mái hạ lưu sẽ làm bão hoà nước toàn bộ phần đất phía dưới điểm lộ nước và tiềm ẩn nguy

cơ sạt trượt cục bộ mái hạ lưu, có thể dẫn đến mất ổn định đập.

Ở Việt Nam trong thời gian qua đã có một số công trình nghiên cứu về sự dâng cao của đường bão hoà trong đập do dòng thấm không gian như đã xảy ra ở đập Cản Đon, Thác Mơ, Hoà Bình [5]. Vấn đề thấm dị hướng trong thân đập đất còn ít được đề cập.

Trong bài này tập trung nghiên cứu tình trạng thấm nước qua đập Kế Gỗ như một ví dụ về thấm nước qua môi trường không đồng nhất, không đẳng hướng.

2. Thực trạng thấm nước qua đập Kế Gỗ:

2.1. Giới thiệu chung công trình Kế Gỗ [4]:

Đập Kế Gỗ được xây dựng trên sông Rào Cái thuộc xã Cẩm Mỹ, huyện Cẩm Xuyên, tỉnh Hà Tĩnh. Đập chính có chiều cao 37,5m, chiều dài đỉnh 1004m, thuộc loại đập đồng chất. Hồ chứa do đập tạo ra có dung tích toàn bộ là 345 triệu mét khối, đảm bảo lượng nước tưới cho 21.136 ha đất canh tác, tạo nguồn cấp nước cho sinh hoạt và công nghiệp 52,5 triệu m³/năm. Công trình được bắt đầu xây dựng từ năm 1976, đến tháng 2/1978 bắt đầu tích nước từng phần; năm 1983 công trình hoàn thành và chính thức đưa vào khai thác.

2.2. Thực trạng thấm nước qua đập Kế Gỗ:

Qua hơn 30 năm khai thác, đập Kế Gỗ vẫn đảm bảo ổn định và hồ chứa đáp ứng được các

nhiệm vụ đặt ra. Tuy nhiên, quá trình quản lý khai thác đập và hồ chứa cũng đã phát hiện thấy những điểm bất cập và những nguy cơ tiềm ẩn có thể đe dọa an toàn của đập.

Nói riêng về tình hình thấm nước qua đập, theo tính toán thiết kế, ứng với mọi mực nước trong hồ thì đường bão hoà thấm đều đổ vào thiết bị thoát nước hạ lưu (dưới cao trình 12,0m ở đoạn lòng sông và tăng cao dần về phía đầu đập). Tuy nhiên, qua quan sát thực tế, khi mực nước hồ bằng hoặc cao hơn mức 30,6m thì trên mái hạ lưu xuất hiện nhiều điểm thoát nước

thấm ở vị trí cao hơn đỉnh của thiết bị thoát nước. Ở phần mái phía trên cao trình 24,0m, các điểm lộ nước thấm chủ yếu ở dạng cục bộ, có diện tích không lớn. Nhưng từ cao trình 24,0m trở xuống thì khu vực xuất lộ nước thấm trải ra trên diện tích rộng, gồm nhiều điểm. Nhiều nơi vết thấm chạy dài theo các đường ngang. Ở cao độ 18m đã quan sát thấy có một dải thấm dài gần 100m [2]. Ở một số điểm đã được xử lý cục bộ bằng đá lát khan (áp mái). Nước thấm rỉ ra là nước trong (chưa xảy ra xói ngầm). Hiện trạng một số điểm lộ nước đặc trưng như trên h.1.



a)



b)



c)



d)

Hình 1: Hình ảnh một số điểm lộ nước đặc trưng ở mái hạ lưu đập Kê Gỗ

a/ Tại cao trình 18,0m;
b/ Tại cao trình 14,0m;

c/ Tại cao trình 21,0m (đã xử lý thoát nước).
d/ Tại cao trình 25,0m (đã xử lý thoát nước).

2.3. Phân tích nguyên nhân:

Hiện trạng nước thấm rỉ ra trên mái hạ lưu đập chính Kê Gỗ như đã mô tả ở trên rõ ràng là không bình thường, nằm ngoài dự kiến của thiết

kế. Để hiểu được nguyên nhân của hiện tượng này cần phải nghiên cứu kỹ tài liệu thiết kế và quá trình thi công đập.

Trong thiết kế, khi tính toán thấm cho đập Kê

Gỗ đã sử dụng sơ đồ đập đồng chất với hệ số thấm $K = 2 \times 10^{-5}$ cm/s. Kết quả khảo sát địa chất năm 2006 cho mục đích sửa chữa nâng cấp đập đã cho thấy thực tế trong thân đập tồn tại các khu vực đất có hệ số thấm khác nhau. Một số chỉ tiêu cơ lý chính của các lớp đất như trên

bảng 1.

Từ số liệu bảng 1 cho thấy về cơ bản chỉ tiêu cơ lý của các lớp đất đắp đập không chênh nhau quá nhiều. Điều đáng quan tâm là hệ số thấm của cả 3 lớp đất đắp đều khá lớn và lớn hơn nhiều so với trị số tính toán khi thiết kế.

Bảng 1 – Một số chỉ tiêu cơ lý đất trên thân đập Kê Gỗ [1]

TT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Đất lớp 1	Đất lớp 2	Đất lớp 3	Đất lớp 4 (nền)
1	γ_k	T/m ³	1,69	1,62	1,75	1,68
2	ϕ	độ	16	18	17	27
3	C	Kg/cm ²	0,22	0,24	0,18	0,21
4	K	10 ⁻⁴ cm/s	2,2	2,0	2,8	3,1

Về mặt thi công, khi đắp đập Kê Gỗ đã sử dụng loại đầm chân dê 5 tấn trên mặt đập. Với loại đầm chân dê có trọng lượng không lớn và số lượt đầm không được giám sát chặt chẽ thì bề mặt tiếp giáp của các lớp đầm dễ bị “sượng”, không được nén chặt đều, làm cho khả năng thấm nước theo phương ngang lớn hơn so với phương đứng (do dòng thấm phương đứng phải xuyên qua các phần đã được đầm chặt của lớp)... Đây là một trong những nguyên nhân quan trọng của hiện tượng thấm dị hướng trong thân đập.

Đối chiếu với hiện trạng thấm nước ra mái hạ lưu đập Kê Gỗ, có thể đánh giá như sau:

- Một số điểm thoát nước thấm ở trên cao trình +24,0m là do các đường thấm tập trung nổi thông với mặt thượng lưu đập. Các đường thấm tập trung này tồn tại chủ yếu là do đầm không kỹ khi đắp đập. Mặc dù mức độ thấm nước qua các vị trí này hiện tại là không lớn, nhưng chúng cần được xử lý để phòng các ẩn hoạ về sau.

- Các điểm thoát nước thấm tập trung ở dưới cao trình 24,0m trên mái hạ lưu là phản ánh đặc trưng thấm dị hướng khá đồng đều (giữa các mặt cắt) trong thân đập. Thấm dị hướng làm cho điểm ra của đường bão hoà nằm cao hơn so với tính toán thiết kế (theo mô hình thấm đẳng hướng).

- Nguyên nhân của hiện tượng dâng cao đường bão hoà trong đập cũng có thể là do dòng thấm không gian như đã xảy ra ở đập Càn Đơn, Thác Mơ [5]: do địa hình vai đập dốc, nước thấm từ vai chảy dồn vào khoảng giữa đập tạo dòng thấm tập trung. Tuy nhiên, với đập Kê Gỗ có chiều dài lớn (L=1004m), hai vai đập khá thoải thì ảnh hưởng của thấm không gian là không đáng kể

Sau đây sẽ tiến hành tính toán để tìm ra các đặc trưng dị hướng của môi trường thấm thân đập Kê Gỗ.

3. Tính toán xác định các đặc trưng dị hướng của môi trường thấm thân đập.

3.1. Phương pháp giải bài toán thấm dị hướng:

Sau đây trình bày phương pháp giải bài toán thấm phẳng, ổn định. Môi trường thấm có hệ số thấm theo phương ngang (từ thượng về hạ lưu) là K_x , theo phương đứng là K_y .

Phương trình vi phân cơ bản của bài toán này là:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k_x \frac{\partial H}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_y \frac{\partial H}{\partial y} \right) = 0 \quad (1)$$

Trong đó $H = H(x, y)$ là cột nước thấm.

Trong một phạm vi nhất định của miền thấm có thể coi $K_x = \text{const}$; $K_y = \text{const}$, khi đó:

$$k_x \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + k_y \frac{\partial^2 H}{\partial y^2} = 0 \quad (2)$$

Theo nguyên lý biến phân, việc giải phương trình (2) tương đương với tìm cực tiểu phiếm hàm ϕ có dạng:

$$\phi = \iint_{\omega} \frac{1}{2} \left\{ k_x \left(\frac{\partial H}{\partial x} \right)^2 + k_y \left(\frac{\partial H}{\partial y} \right)^2 \right\} dx dy + \int_{(L)} a.H.ds \quad (3)$$

Trong đó:

L - là đường cong biên của phần diện tích miền thấm ω ;

ds - vi phân trên đường cong L;

a - hệ số, phụ thuộc vào điều kiện bổ sung nước tại điểm tính toán trên đường cong L.

Phương trình (3) kết hợp với các điều kiện biên cụ thể của miền thấm được giải theo phương pháp phần tử hữu hạn. Kết quả xác định được hàm cột nước thấm $H = H(x,y)$, gradient thấm (J_x, J_y) tại các điểm của miền thấm, lưu lượng thấm đơn vị (q).

Trong phạm vi nghiên cứu này, tác giả đã sử dụng modul SEEP/W của phần mềm SLOPE/W V.5 trong bộ GEO-SLOPE OFFICE để giải bài toán thấm dị hướng qua đập đất.

3.2. Phương pháp xác định đặc trưng thấm dị hướng của thân đập (bài toán phẳng):

Đối với một môi trường thấm dị hướng, đặc trưng quan trọng nhất là hệ số dị hướng $A = K_x/K_y$. Trong thực tế trị số K_y được xác định bằng thí nghiệm, còn trị số K_x (hay A) được xác

định bằng tính thử dần và lấy kết quả quan trắc thực tế để đối chiếu. Cụ thể như sau:

- Ứng với một mực nước thượng lưu xác định đã quan trắc được tung độ một số điểm trên đường bão hoà Y_1, Y_2, Y_3, \dots (tương ứng với hoành độ xác định X_1, X_2, X_3, \dots).

- Bằng thí nghiệm xác định được hệ số thấm đứng K_y .

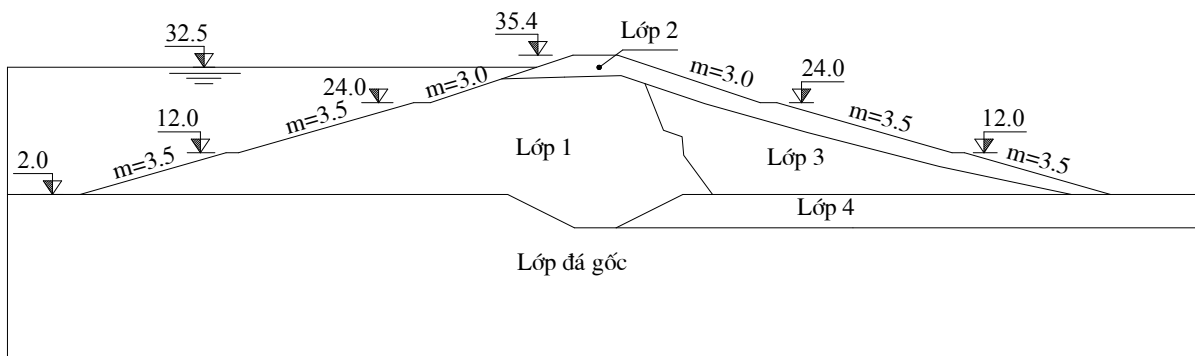
- Giả thiết trị số A, từ đó: $K_x = AK_y$.

- Giải bài toán thấm dị hướng với K_x, K_y và các điều kiện biên đã biết, tìm được tung độ Y_1' của các điểm tương ứng. Nếu $Y_1' \approx Y_1$ (sai số trong phạm vi sai số cho phép) thì trị số A đã giả thiết là đúng; nếu $Y_1' \neq Y_1$ thì giả thiết trị số khác của A cho đến khi đạt yêu cầu đã nêu.

3.3. Ứng dụng tính toán cho đập Kê Gổ:

Sơ đồ tính toán cho mặt cắt ngang đại biểu của đập như trên hình 2. Các điều kiện biên thực đo là: MNTL = +32,5m, MNHL = +2,5m (ứng với $H_2 = 0$); cao độ điểm ra của đường bão hoà trên mái $Y_2 = 18,0m$.

Về nguyên tắc, cần phải khống chế sự trùng khớp kết quả tính toán và số liệu quan trắc về toạ độ của ít nhất 3 điểm trên đường bão hoà. Tuy nhiên, trong điều kiện của đập Kê Gổ hiện tại, chỉ có số liệu quan trắc tại 2 điểm: đầu vào (Y_1) và đầu ra (Y_2). Vì vậy, kết quả tính toán thấm mới chỉ ở mức tham khảo và cần tiếp tục quan trắc, thu thập thêm tài liệu để chính xác hoá.



Hình 2 - Sơ đồ mặt cắt tính toán đập Kê Gổ

Tiến hành tính toán cho trường hợp môi trường thấm đẳng hướng ($A = 1$) và dị hướng ($A = 3 \div 8$). Thông số đầu vào cho các trường hợp tính toán ghi trên bảng 2.

Bảng 2. Thông số đầu vào của các trường hợp tính toán thấm.

Lớp đất	Hệ số thấm (10^{-4} cm/s)							
	K_y	K_x						
		A = 1	A = 3	A = 4	A = 5	A = 6	A = 7	A = 8
Lớp 1	2,2	2,2	6,6	8,8	11,0	13,2	15,4	17,6
Lớp 2	2,0	2,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0
Lớp 3	2,8	2,8	8,4	11,2	14,0	16,8	19,6	22,4
Lớp 4 (nền)	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1

Sử dụng modul SEEP/W trong phần mềm SLOPE/W V.5 để tính toán thấm cho các trường hợp. Kết quả xác định các thông số cơ bản của dòng thấm như trên bảng 3.

Bảng 3. Kết quả xác định một số thông số cơ bản của dòng thấm.

Thông số	Đơn vị	A = 1	A = 3	A = 4	A = 5	A = 6	A = 7	A = 8
Lưu lượng đơn vị q	l/s.m	0.01296	0.01380	0.01397	0.01410	0.01419	0.01426	0.01433
Jmax đập		0.48	0.41	0.39	0.38	0.37	0.36	0.35
Jmax nền		0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
Cao độ ĐBH ra (Y)	m	14.9	16,4	16,9	17,1	17,4	18,0	18,1

Từ kết quả tính toán cho thấy với trị số cao độ đường bão hoà tại điểm ra trên mái hạ lưu đập tại mặt cắt đại biểu là 18,0m phù hợp với kết quả tính toán tương ứng với độ dị hướng của môi trường thấm thân đập là A = 7. Ngoài ra các kết quả tính toán q, J cũng cho thấy lưu lượng và gradien thấm trong thân và nền đập vẫn trong giới hạn an toàn.

4. Giải pháp đảm bảo an toàn về thấm cho đập Kê Gõ:

Như trên đã phân tích, mặc dù có hiện tượng thấm dị hướng trong thân đập Kê Gõ làm cho đường bão hoà đổ ra mái hạ lưu ở vị trí cao hơn nhiều so với tính toán thiết kế nhưng các trị số về lưu lượng và gradien thấm vẫn trong giới hạn an toàn. Tuy nhiên việc thấm nước ra mái hạ lưu ở cao độ lớn sẽ làm bão hoà nước toàn bộ phần thân đập ở dưới đó và tiềm ẩn những diễn biến bất lợi như gây sạt lở cục bộ trên mái, nước thấm tập trung thành rãnh xói có thể mở rộng gây hư hỏng mái đập... Vì vậy, cần thiết phải có

giải pháp xử lý để đảm bảo an toàn cho đập.

Trong phạm vi bài báo này xin đề xuất một số biện pháp như sau:

4.1. Trước mắt làm thiết bị thoát nước kiểu áp mái có đỉnh cao hơn điểm ra của đường bão hoà thấm, kết hợp làm rãnh thoát nước dọc theo cơ và dọc chân mái, tập trung nước về phân lăng trụ chân đập ở lòng sông.

4.2. Tiến hành tính toán kiểm tra ổn định mái với đường bão hoà dâng cao. Nếu mái đập thiếu ổn định với đường bão hoà dâng cao theo tiêu chuẩn hiện hành thì cần làm tầng gia trọng ở chân mái hạ lưu để tăng ổn định. Kích thước tầng gia trọng được xác định thông qua tính toán ổn định mái.

4.3. Đặt thiết bị đo lưu lượng thấm ở hạ lưu. Nếu thấy tổng lưu lượng thấm tăng lên quá mức cho phép thì cần có giải pháp xử lý triệt để hơn. Giải pháp được đề xuất là làm tường hào bentonite theo tuyến tim đập để cắt ngang dòng thấm, hạ thấp đường bão hoà phía sau tường và

giảm lưu lượng thấm. Kích thước và vật liệu tường hào cần được xác định thông qua tính toán.

5. Kết luận:

5.1. Đối với đập đất, do đặc điểm của vật liệu và phương pháp thi công làm cho thân đập không còn là môi trường thấm đồng nhất, đẳng hướng. Hiện tượng thấm dị hướng trong thân đập đất là khá phổ biến làm cho đường bão hoà dâng cao, nước thấm rỉ ra trên mái ở vị trí cao hơn đỉnh của thiết bị thoát nước được chọn theo kết quả tính toán thấm đẳng hướng. Điều này gây bất lợi cho an toàn và ổn định của đập.

5.2. Phương pháp tính toán có sử dụng số liệu quan trắc thấm được giới thiệu trong bài này cho phép xác định mức độ dị hướng của môi trường thấm thân đập đã xây dựng. Phương pháp này được đề nghị sử dụng khi kiểm tra an toàn cho

các đập đất đã xây dựng. Ở đập Kẻ Gỗ, trong điều kiện số liệu quan trắc đường bão hoà thấm còn hạn chế, kết quả tính toán cho mức độ dị hướng $A = K_x/K_y = 7$ là số liệu tham khảo, cần thiết phải tiếp tục quan trắc đường bão hoà thấm và chính xác hoá các số liệu tính toán này.

5.3. Các giải pháp đảm bảo an toàn về thấm nêu trong bài là cho đập Kẻ Gỗ, nhưng cũng có thể tham khảo áp dụng cho các đập khác có điều kiện tương tự.

5.4. Trong thiết kế mới đập đất, cần dự kiến trước khả năng phát sinh thấm dị hướng trong thân đập để chủ động ngăn ngừa các diễn biến bất lợi có thể xảy ra. Một số giải pháp để chủ động ngăn ngừa dòng thấm mạnh được đề nghị là làm tường nghiêng hoặc tường lõi chống thấm, kết hợp với thiết bị thoát nước kiểu ống khói trong thân đập.

Tài liệu tham khảo

1. Công ty Cổ phần xây dựng Thủy Lợi Quảng Bình (2006), *Báo cáo khảo sát địa chất đập Kẻ Gỗ*.
2. CPO (2001), *Kỷ yếu Hội thảo về an toàn đập*.
3. 14TCN 157 – 2005, *Tiêu chuẩn thiết kế đập đất đầm nén*.
4. Viện Thiết kế Thủy lợi – Thủy điện (1976), *Tài liệu thiết kế hồ Kẻ Gỗ*.
5. Lê Thị Nhật (2003), *Nghiên cứu giải bài toán thấm không gian cho đập vật liệu địa phương có biên phức tạp*, luận án Tiến sĩ kỹ thuật, Đại học Thủy lợi Hà Nội.

Summary:

INITIAL RESULT OF STUDY ON THE SEEPAGE THROUGH HETEROGENEOUS ENVIRONMENT AT KE GO DAM AND COUNTER MEASURES

ASSOC PROF.DR. NGUYỄN CHIẾN – *Water resourcer university*
ENG. NGUYỄN VIỆT HÀ - *Project management unit Ke Go*

In the construction of the earth dam, due to the earth composition (in dam foundation) and the particular characteristics of the construction process (in the dam body), many inhomogeneous seepage environments may exist, causing uneven seepage rates in different seepage areas or uneven dimensional seepage rates in one point of seepage. In Ke Go dam (Ha Tinh province), the seepage status in inhomogeneous environments can be presented most clearly by seepage flows through downstream slope in different points of different elevations (higher than in the original design with homogeneous environments). This document presents the seepage status in Ke Go dam, analysis and assessment of the 2D seepage in the dam's body, and recommendations in order to ensure the dam safety.

Người phản biện: GS. Nguyễn Văn Mạo