

# ẢNH HƯỞNG CỦA HỆ SỐ THẨM Ở ĐẤT THÂN VÀ NỀN ĐẬP LÊN CÁC THÔNG SỐ DÒNG THẨM

## *THE BODY AND BASE DAM PERMEABILITY EFFECT ON INFILTRATION FLOW DATA*

TS. Tô Văn Thanh

### TÓM TẮT

*Trong thực tế xây dựng công trình thủy, rất khó để xác định chính xác giá trị hệ số thấm của một lớp đất. Với các phương pháp và phương tiện kỹ thuật hiện nay cũng chỉ giúp các nhà khảo sát thiết lập được khoảng giá trị biến động của chúng mà thôi. Chính vậy, đòi hỏi các nhà thiết kế phải dự báo được phạm vi dao động của các thông số dòng thấm, như lưu lượng và gradient thấm trong khoảng biến đổi của hệ số thấm (đặc biệt đối với những công trình có điều kiện địa chất phức tạp), để kịp thời đưa ra các biện pháp đảm bảo sự ổn định thấm cho công trình. Bài viết giới thiệu phương pháp và kết quả nghiên cứu sự ảnh hưởng hệ số thấm của các lớp đất nền đập đất lên các thông số của dòng thấm thông qua việc giải các dạng bài toán thấm.*

### ABSTRACT

*In practical construction of hydrology structures, it's difficult to specify the permeability of one soil layer exactly. Contemporary methods and engineering facilities could only help the investigators set up permeability fluctuation range. Therefore, designers have to anticipate the fluctuation range of infiltration flow data. Such as the capacity and infiltration gradient transformation range of permeability (especially at complicated geological condition structures) to bring out timely solutions ensuring stable infiltration for the project. This paper presents method and research results about the effect of dam ground base layers' permeability on infiltration flow data by solving the infiltration problem.*

### I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Một trong những vấn đề quan trọng nhất cần phải giải quyết khi thiết kế công trình thủy là dự báo chế độ thấm của hệ thống “công trình - nền”. Sự phức tạp của những bài toán này được thể hiện ở chỗ: cần phải tính đến hàng loạt các yếu tố tác động, như: địa hình; các điều kiện địa chất công trình; các đặc thù kết

cấu của công trình cũng như các biện pháp và kết cấu chống thấm ở thân và nền công trình; khả năng dao động mực nước ở thượng hạ lưu v.v... Độ chính xác trong dự báo thấm qua công trình còn phụ thuộc rất nhiều vào độ chính xác trong xác định các tính chất thấm của các loại đất ở thân và nền của đập đất. Mặc dù, đã có nhiều thành tựu về phát triển các phương pháp và phương tiện kỹ thuật nhằm xác định các tính chất cơ lý của đất, việc thiết lập các mô hình tin cậy về địa chất thủy văn của hệ thống “đập-nền” vẫn là vấn đề phức tạp và chưa được giải quyết triệt để. Trị số hệ số thấm trong một lớp đất có thể khác nhau hàng chục, thậm chí hàng trăm lần. Trong nền có kết cấu địa tầng nhiều lớp phức tạp, giá trị tính toán các thông số của dòng thấm phụ thuộc vào sự tương tác của các hệ số thấm giữa các lớp đất nền. Ở giai đoạn thiết kế đập đất, điều quan trọng cần phải dự báo được khoảng dao động của lưu lượng, gradient thấm và vị trí đường bão hòa, trên cơ sở đó đưa ra các biện pháp chống thấm cho công trình. Chính vì vậy, việc nghiên cứu ảnh hưởng hệ số thấm của các lớp đất nền trong điều kiện địa chất phức tạp lên các thông số dòng thấm là hết sức cần thiết.

## II. NỘI DUNG, PHƯƠNG PHÁP VÀ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Đối tượng nghiên cứu được chọn là đập đất đá thuộc cụm công trình thủy Jumaguzin trên sông Belaia (Liên bang Nga). Thân đập được xây dựng bằng đá đổ với vật chống thấm là lõi giữa thẳng đứng bằng á sét. Đập có chiều dài 595m với chiều cao lớn nhất là 70m. Thông thường, đối với dạng đập như trên, việc tính toán thấm chỉ cần thông qua giải bài toán phẳng là đạt yêu cầu. Tuy nhiên, bức tranh địa chất trong nền công trình này rất phức tạp, đặc trưng bởi tính không đồng nhất về các tính chất thấm của các lớp đất dưới thân đập. Trên hình 1, thể hiện mặt cắt dọc của đập, với nền công trình bao gồm sáu lớp đất có các giá trị hệ số thấm khác nhau (để đơn giản hóa tính toán, một số lớp đất có hệ số thấm xấp xỉ như nhau đã được quy về một lớp). Dưới thân đập có bố trí các kết cấu chống thấm khác nhau phụ thuộc vào điều kiện địa chất ở từng nơi: tại lòng sông, nơi các lớp đất nền phía trên có tính thấm cao, dưới lõi giữa đập đến độ sâu 30m, bố trí năm dãy màng chống thấm phun xi măng, từ độ sâu 30 đến 120m – hai dãy màng chống thấm phun xi măng. Ở nền sườn dốc bờ phải, trong phạm vi các lớp trầm tích aluvi, đến độ sâu 45m vật chống thấm là “*tường trong đất*” bằng bê tông, từ độ sâu 45 đến 120m - hai dãy màng phun xi măng. Để ngăn ngừa thấm vòng qua các vai đập, tạo 2 dãy màng phun xi măng vào sâu 150m mỗi bên vai đập. Do tính phức tạp của địa chất nền công trình và sự thay đổi kết cấu chống thấm dọc theo thân đập, nên cần thiết phải có sự so sánh lời giải giữa bài toán thấm phẳng và thấm không gian.

Để giải bài toán đặt ra nói trên, sử dụng phần mềm FILTR, được xây dựng tại Bộ môn Công trình Thủy, trường Tổng hợp Xây dựng Quốc gia Mát-xcơ-va (MGSU), dựa trên phương pháp phân tử hữu hạn kết hợp biến phân cục bộ [1]. Mô hình FILTR được xây dựng trên cơ sở tìm nghiệm của phương trình vi phân

cơ bản của lý thuyết thấm (phương trình Poisson) cho bài toán thấm không gian không ổn định:

$$\frac{d}{dx} \left( K_x \frac{dH}{dx} \right) + \frac{d}{dy} \left( K_y \frac{dH}{dy} \right) + \frac{d}{dz} \left( K_z \frac{dH}{dz} \right) - \beta \frac{dH}{dt} = 0 \quad (1)$$

Trong đó,  $H=f(x,y,z,t)$ : Hàm cột nước thấm biến đổi theo thời gian;  
 $k_x, k_y, k_z$ : Hệ số thấm của vật liệu theo các phương tọa độ X, Y, Z  
 $\beta$ : Hệ số nhả nước.

Tìm nghiệm của phương trình (1) là một điều hết sức khó khăn. Trong bài này, việc xác định giá trị cột nước thấm được tiến hành trong quá trình cực tiểu hóa hàm số nào đó, hàm này được chọn sao cho có thể xây dựng được thuật toán để giải trên cơ sở phương pháp phần tử hữu hạn và phương pháp biến phân cục bộ.

Nếu như giả thiết rằng hàm cần tìm có dạng:

$$\Phi = \iiint_D \left\{ \frac{1}{2} \left[ K_x \left( \frac{\partial H}{\partial x} \right)^2 + K_y \left( \frac{\partial H}{\partial y} \right)^2 + K_z \left( \frac{\partial H}{\partial z} \right)^2 \right] + \beta \frac{\partial H}{\partial t} H \right\} dx dy dz \quad (2)$$

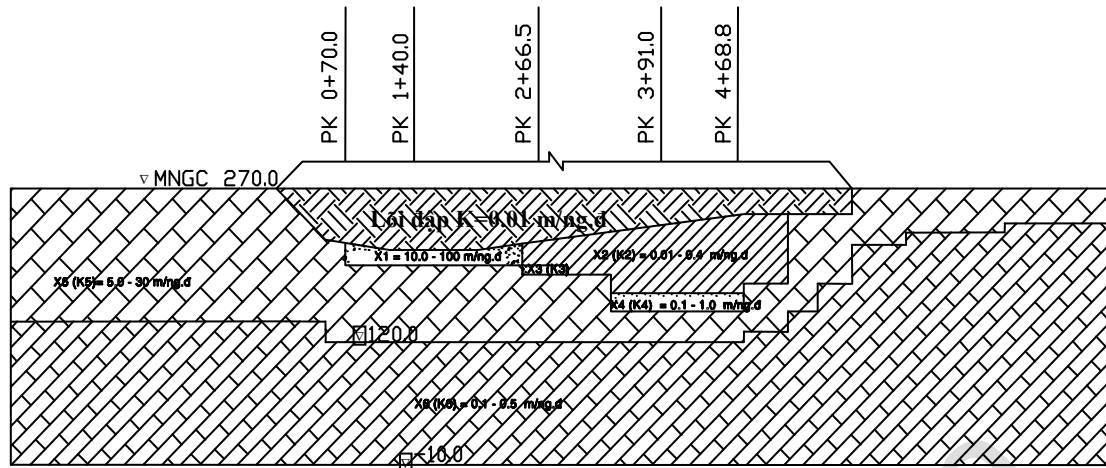
Theo định lý Euler, hàm số  $\Phi$  sẽ đạt giá trị cực tiểu nếu hàm số trong dấu tích phân của nó:  $f \left( H, \frac{\partial H}{\partial x}, \frac{\partial H}{\partial y}, \frac{\partial H}{\partial z}, \dots \right)$  thỏa mãn phương trình Euler:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[ \frac{\partial f}{\partial \left( \frac{\partial H}{\partial x} \right)} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ \frac{\partial f}{\partial \left( \frac{\partial H}{\partial y} \right)} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[ \frac{\partial f}{\partial \left( \frac{\partial H}{\partial z} \right)} \right] - \beta \frac{\partial H}{\partial t} = 0 \quad (3)$$

Nghiệm của phương trình (3) cũng sẽ là nghiệm của phương trình (1), nếu như thay thế vào nó biểu thức trong dấu tích phân của phương trình (2) sẽ thu được phương trình Poisson (1).

Vì vậy, việc giải của phương trình (1) cũng đồng nghĩa với tìm giá trị cực tiểu của hàm (2).

Phương pháp giải các bài toán thấm và thuật toán cực tiểu hóa phương trình (2) được trình bày chi tiết tại [1,3].



Hình 1: Đập đất Jumaguzin-mặt cắt dọc thân đập

Ở giai đoạn đầu, bài toán thấm được giải dưới dạng thấm phẳng cho 5 mặt cắt PK 0+70, PK 1+40, PK 2+66,5, PK3+91, và PK 4+68,8. Vị trí các mặt cắt này được thể hiện tại hình 1. Vùng tính toán thấm của mỗi mặt cắt bao gồm lõi đập bằng á sét và nền thấm với các lớp đất không đồng chất (kích thước vùng tính toán cho các mặt cắt được thể hiện tại hình 2 và 3). Các lăng trụ bên bằng sỏi và đá cuội không đưa vào vùng tính toán do chúng có tính thấm rất lớn (hệ số thấm của vật liệu này lớn gấp khoảng 9.000 lần so với lõi đập).

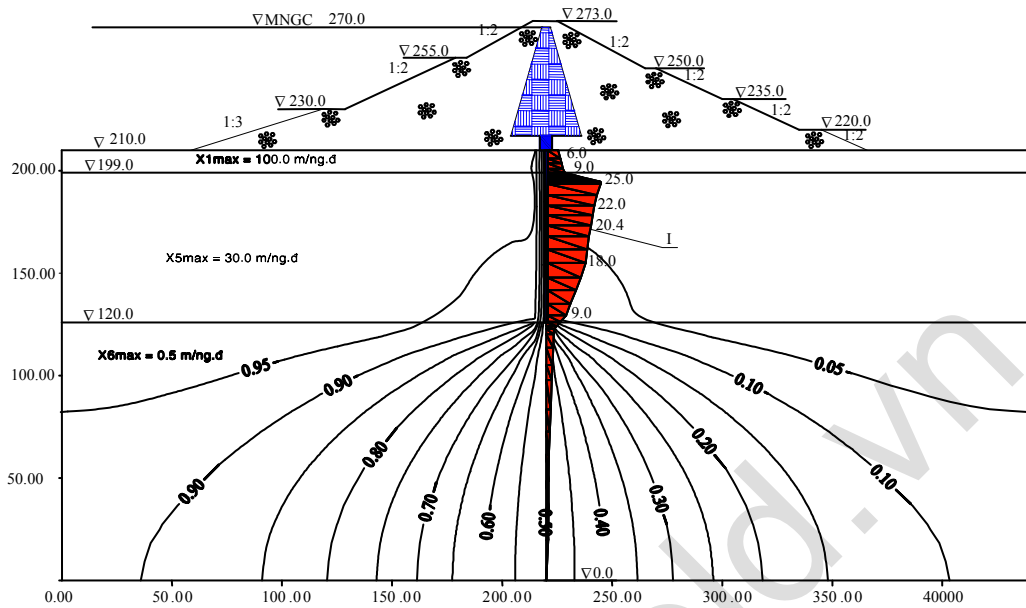
Để nghiên cứu sự ảnh hưởng của hệ số thấm đất nền (hệ số thấm của lõi đập được coi là hằng số) lên các thông số của dòng thấm ứng dụng lý thuyết quy hoạch thực nghiệm [4].

Ở mỗi mặt cắt, hệ số thấm của các lớp đất nền khác nhau được xem là các yếu tố (các biến số) ảnh hưởng đến lưu lượng qua mỗi mặt cắt đang xét và gradient thấm phân bố theo trục của màng hay tường chống thấm. Số lượng các lớp đất nền với các tính chất thấm khác nhau (các biến số) thay đổi từ 2 (PK 0+70, PK 4+68,8) đến 4 (PK3+91). Tại các mặt cắt PK 1+40 và PK 2+66,5, số lượng biến bằng 3.

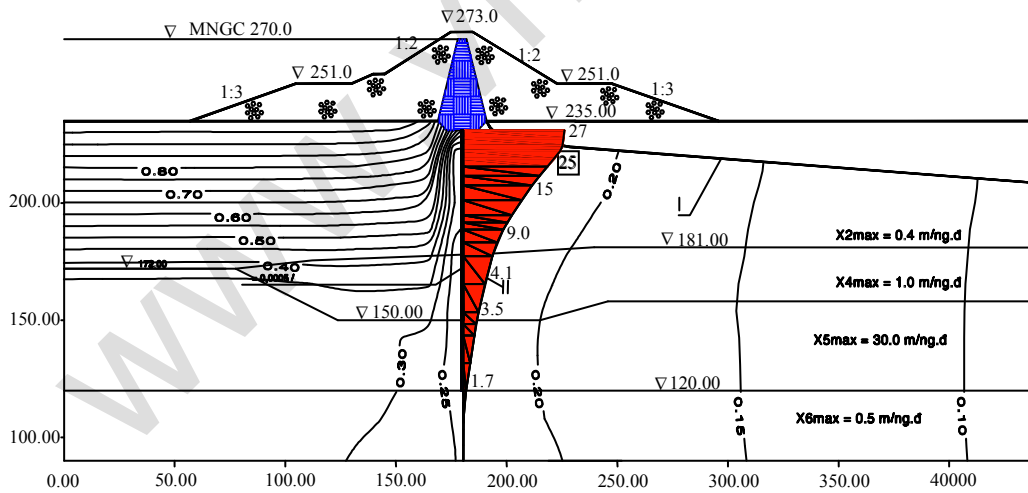
Để tiện cho việc tính toán, hệ số thấm vật lý của đất nền được ký hiệu là X. Mỗi biến số (hệ số thấm của lớp đất nền) được lấy 2 giá trị: ở mức thấp nhất và mức cao nhất (trong phạm vi tiếp nhận) và được ký hiệu tương ứng là -1 và +1 ( $X_i = \pm 1$ ). Đối với các mặt cắt có số biến  $\leq 3$ , để có thể mô phỏng hết khả năng tương tác giữa các giá trị của biến số, áp dụng phương pháp quy hoạch thực nghiệm đầy đủ [4]. Khi đó hàm mục tiêu cần xét (lưu lượng hoặc gradient thấm) có dạng như sau.

- Với mặt cắt PK 1+40:

$$Y_i = b_0 + b_1 X_1 + b_5 X_5 + b_6 X_6 + b_{15} X_1 X_5 + b_{16} X_1 X_6 + b_{56} X_5 X_6 + b_{156} X_1 X_5 X_6 \quad (4)$$



Hình 2: Sự phân bố đường đẳng áp trong mặt cắt PK 1+40  
I - Biểu đồ phân bố gradient thấm  $J_x$  theo trục của màng chống thấm.



Hình 3: Sự phân bố đường đẳng áp trong mặt cắt PK 3+91  
I- Đường bão hòa trong nền đập;  
II- Biểu đồ phân bố gradient thấm  $J_x$  theo trục của màng chống thấm.

Trong đó,  $X_1, X_5, X_6 \dots$  hệ số thấm của các lớp đất nền công trình;  $b_0, b_1, b_5, b_6 \dots$  các hệ số của mô hình.

Với mặt cắt PK 3+91, nền tại đây có 4 lớp đất với hệ số thấm (biến) khác nhau, để giảm bớt khối lượng tính toán, áp dụng phương pháp quy hoạch thực nghiệm rút gọn. Phương pháp này cho phép tách bỏ các tham số, mà sự thay đổi của chúng ít ảnh hưởng đến giá trị của hàm mục tiêu.

Khi đó hàm mục tiêu (lưu lượng hoặc gradient thấm) cần xét đối với mặt cắt PK 3+91 có dạng:

$$Y_i = b_0 + b_2X_2 + b_4X_4 + b_5X_5 + b_6X_6 + b_{24} X_2 X_4 + b_{25} X_2X_5 + b_{45} X_4X_5 \quad (5)$$

Đối với mỗi mặt cắt nói trên, xây dựng ma trận quy hoạch thể hiện các phương án tính toán ứng với sự tương tác các mức giá trị giữa các biến.

Để kiểm tra tính phù hợp của mô hình, trong ma trận quy hoạch có đưa thêm phương án tính toán đối với trường hợp: tất cả các biến được lấy ở giá trị trung bình, tức là  $X_i = 0$ . Ma trận quy hoạch đối với mặt cắt PK 1+40 được thể hiện tại bảng 1.

**Bảng 1: Ma trận quy hoạch thực nghiệm đối với mặt cắt PK 1+40**

№	X <sub>0</sub>	Nhân quy hoạch						X <sub>1</sub> *X <sub>5</sub> *X <sub>6</sub>	X <sub>1</sub> *X <sub>5</sub>	X <sub>1</sub> *X <sub>6</sub>	X <sub>5</sub> *X <sub>6</sub>	Q (m <sup>3</sup> /ng.đ)	J <sub>x</sub>
		X <sub>1</sub>	K <sub>1</sub> m/ng.đ	X <sub>5</sub>	K <sub>5</sub> m/ng.đ	X <sub>6</sub>	K <sub>6</sub> m/ng.đ						
1	+	+	100,0	+	30,0	+	0,5	+	+	+	+	404,0	25,0
2	+	-	10,0	+	30,0	+	0,5	-	-	-	+	364,0	21,6
3	+	+	100,0	-	5,0	+	0,5	-	-	+	-	206,0	18,0
4	+	-	10,0	-	5,0	+	0,5	+	+	-	-	188,0	15,0
5	+	+	100,0	+	30,0	-	0,1	-	+	-	-	363,0	25,8
6	+	-	10,0	+	30,0	-	0,1	+	-	+	-	325,6	22,0
7	+	+	100,0	-	5,0	-	0,1	+	-	-	+	192,0	18,0
8	+	-	10,0	-	5,0	-	0,1	-	+	+	+	176,4	15,5
9	+	0	55,0	0	17,5	0	0,3	0	0	0	0	330,0	23,0

Mỗi mặt cắt, thiết lập vùng tính toán bằng các lưới phần tử hữu hạn (PTHH) trong đó mô phỏng kết cấu lõi đập, kết cấu chống thấm và các lớp đất nền với hệ số thấm khác nhau, tiếp đến tiến hành giải bài toán thấm theo các kịch bản tương tác giữa các biến được xác định trong ma trận quy hoạch (bảng 1).

Trong tất cả các trường hợp tính toán, chênh lệch mực nước thượng hạ lưu được lấy ở giá trị cao nhất 60m. Ở thượng lưu, mực nước dâng gia cường 270,0 m và ở hạ lưu - mực nước nhỏ nhất 210,0m.

Kết quả tính toán của mỗi phương án ở tất cả các mặt cắt đang xét là giá trị áp lực (cột nước), gradient ở từng nút của lưới PTHH và lưu lượng thấm đơn

vị qua công trình. Tại hình 2 và 3, kết quả tính toán được thể hiện dưới dạng bức tranh phân bố đường đẳng áp và biểu đồ giá trị gradient thấm phân bố theo trục màng chống thấm. Dựa trên kết quả nhận được, xây dựng các hàm mục tiêu tương ứng với mỗi mặt cắt. Chẳng hạn đối với mặt cắt PK1+40

- Lưu lượng thấm:

$$q=340,6+5,11X_1+45,5X_5+10,9X_6-0,49X_1X_5X_6+0,19X_1X_5-0,56X_1X_6+2,81X_5X_6 \quad (6)$$

- Gradient thấm:

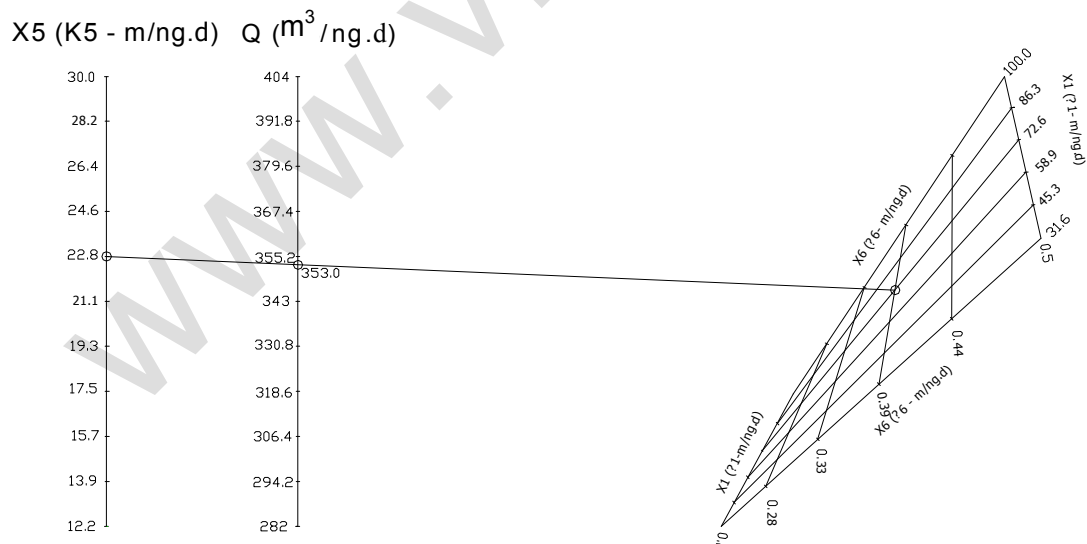
$$J_x = 23,32 + 0,45X_1 + 1,27X_5 - 0,025X_6 + 0,05X_1X_5X_6 - 0,15X_1X_5 + 0,02X_5X_6 \quad (7)$$

Trên cơ sở các hàm mục tiêu, xây dựng các toán đồ dùng trong việc phân tích quan trắc hiện trường và dự báo các thông số của dòng thấm (hình 4). Những toán đồ này còn có thể dùng để giải các bài toán thấm thuận nghịch.

Từ các giá trị lưu lượng thấm đơn vị qua từng mặt cắt, xây dựng biểu thức xác định tổng lưu lượng qua nền và thân đập qua công trình. Sau khi rút gọn những phần tử ít ảnh hưởng, biểu thức tổng lưu lượng thấm qua công trình có dạng:

$$Q_{\Sigma} = 1,5 + 0,051X_1 + 0,164X_2 + 0,61X_5 + 0,052X_2X_5 \quad (8)$$

Qua đó, xác định được tổng lưu lượng thấm qua công trình dao động từ 0,72 m<sup>3</sup>/s (tương ứng với tất cả hệ số thấm của các lớp đất nền có giá trị nhỏ nhất) đến 2,5 m<sup>3</sup>/s (tương ứng với tất cả hệ số thấm của các lớp đất nền có giá trị lớn nhất). Từ phương trình (8), thấy rõ ràng biến X<sub>5</sub> (hệ số thấm lớp đất nền- đá vôi K<sub>5</sub> = 5,0 - 30 m/ng.đ) và biến X<sub>2</sub> (hệ số thấm lớp đất nền - sét K<sub>2</sub> = 0,01 - 0,4 m/ng.đ) có ảnh hưởng lớn nhất đến tổng lưu lượng thấm qua nền đập.

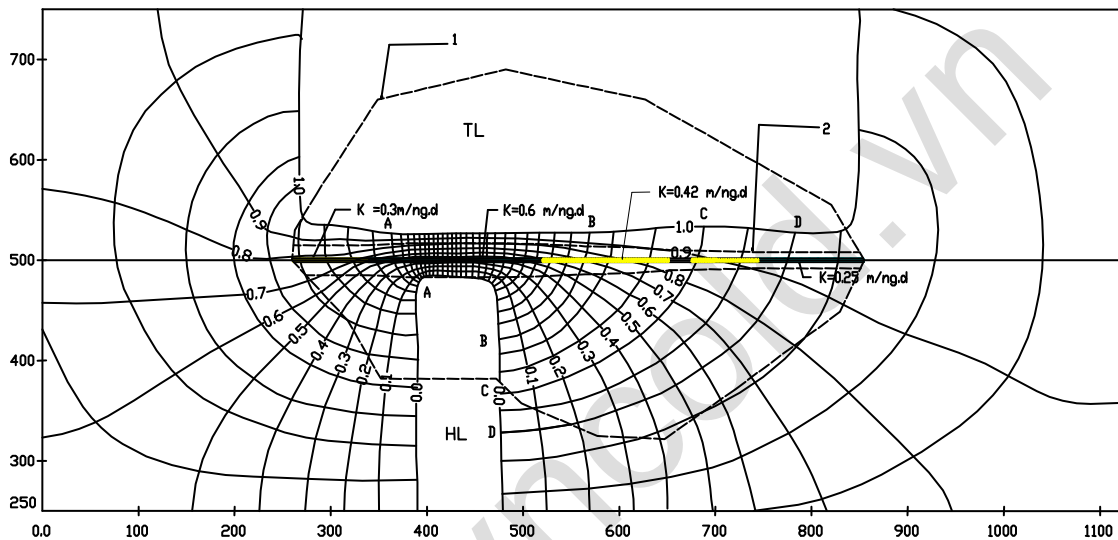


Hình 4: Toán đồ xác định lưu lượng thấm qua mặt cắt PK 1+40

Giai đoạn tiếp theo, tiến hành giải bài toán thấm phẳng theo các mặt cắt tính toán, được lấy đi theo các đường dòng thu được khi giải bài toán thấm bình diện.

Lưới thấm thu được khi giải bài toán thấm bình diện thể hiện trên hình 5. Qua đó, xác định các thông số của dòng thấm thông qua bài toán thấm phẳng theo 4 mặt cắt đi dọc theo các đường dòng A-A, B-B, C-C và D-D.

Kết quả tính toán thu được tổng lưu lượng qua nền đập ở bài toán thấm bình diện có giá trị  $2,71 \text{ m}^3/\text{s}$  (ứng với hệ số thấm của các lớp đất nền ở giá trị cao nhất), khoảng 8% lớn hơn tổng lưu lượng của bài toán thấm phẳng ( $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ).



Hình 5: Lưới thấm trên bình diện  
1- Ranh giới đập đất; 2-Ranh giới lõi đập

Để có thể thu được thông tin chính xác hơn về các thông số dòng thấm, bài toán thấm không gian đã được xem xét và giải quyết bằng phần mềm nói trên.

Sơ đồ tính toán (bao gồm lõi đập bằng á sét, nền đập và hai vai đập) được chia thành các phần tử không gian có số lượng: 25.974 nút và 23.400 phần tử. Do nền đập có điều kiện địa chất không đồng chất và sự phức tạp của bài toán không gian, để giảm bớt khối lượng tính toán, giả thiết rằng: tất cả các lớp đất nền của đập, hệ số thấm của chúng được lấy đồng thời ở giá trị lớn hoặc nhỏ nhất. Trong vai trò yếu tố ảnh hưởng đến các thông số của dòng thấm, có xét thêm sự dao động mực nước ở thượng lưu công trình: biến đổi từ mực nước dâng bình thường (260m) cho đến mực nước gia cường (270m).



Như vậy các biến ảnh hưởng đến hàm mục tiêu trong bài toán không gian được quy ước như sau:

$X_1$  – đặc trưng mực nước thượng lưu; trong đó:  $X_1 = -1$  tương ứng với MNDBT 260m và  $X_1 = +1$  – MNGC 270 m.

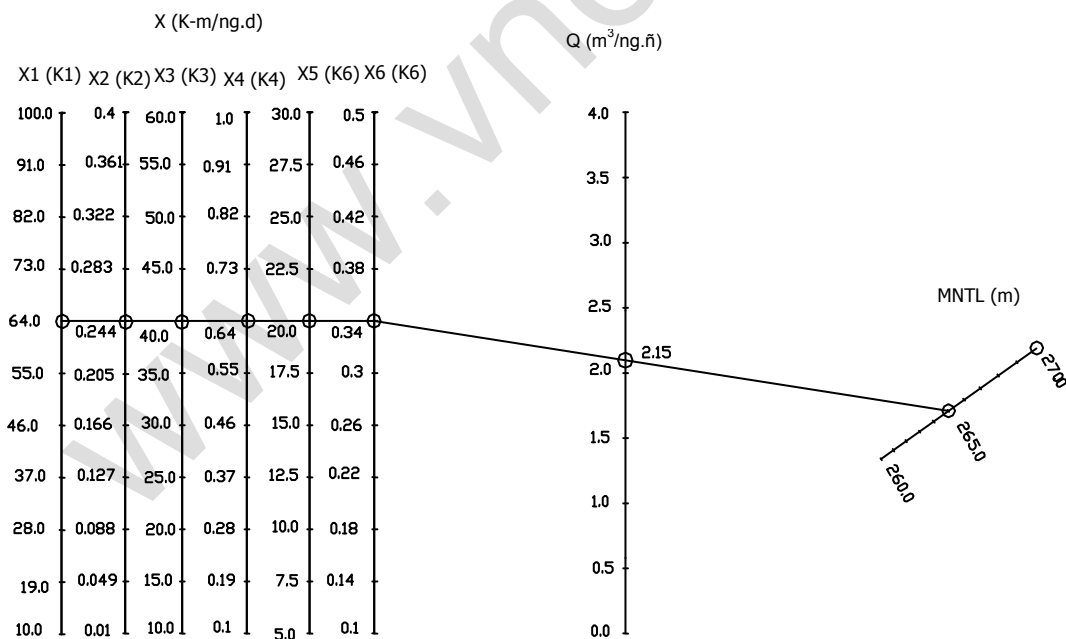
$X_2$  – đặc trưng giá trị của hệ số thấm của các lớp đất nền đập; trong đó,  $X_2 = -1$  ứng với tất cả hệ số thấm của chúng đồng thời có giá trị nhỏ nhất và  $X_2 = +1$  - tất cả hệ số thấm của chúng đồng thời có giá trị lớn nhất. Mực nước hạ lưu được lấy ở giá trị không đổi, 210m. Các hàm mục tiêu cần xét là tổng lưu lượng và gradient thấm phân bố theo trục của màng chống thấm.

Kết quả tính toán của bài toán không gian được thể hiện tại hình 6 và hình 7. Biểu thức tổng lưu lượng thấm qua công trình và gradient phụ thuộc vào giá trị hệ số thấm của các lớp đất nền đập và dao động mực nước ở thượng lưu công trình có dạng như sau:

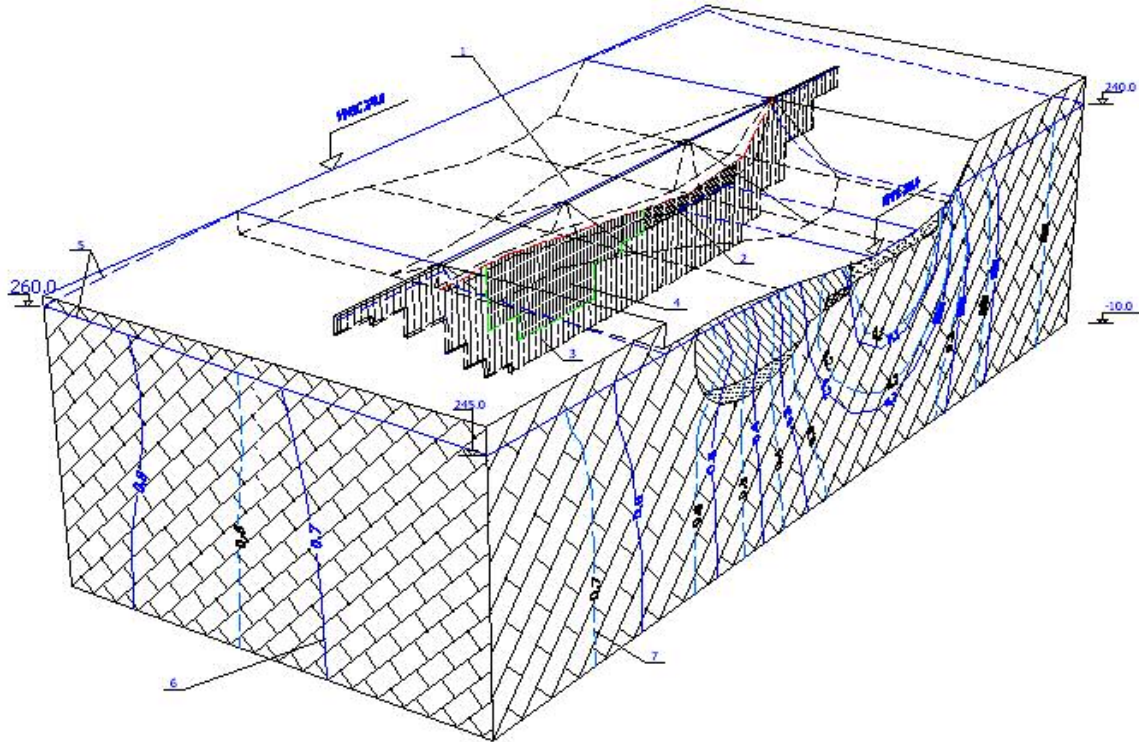
- Lưu lượng:  $Q_2 = 1,97 + 0,2X_1 + 1,125X_2 + 0,115X_1X_2$  (9)

- Gradient:  $J_x = 18,375 + 1,625X_1 + 9,125X_2 + 0,875X_1X_2$  (10)

Kết quả tính toán của cả ba dạng bài toán thấm được trình bày ở bảng 2. Qua đó, có thể nhận ra sự chênh lệch về giá trị của các thông số của dòng thấm ở mỗi dạng bài toán khác nhau.



Hình 6: Toán đồ xác định tổng lưu lượng thấm qua nền đập



Hình 7: Bức tranh thấm không gian trong đập đất Jumaguzin

1- Đập đất; 2,3- Màn chống thấm phun xi măng; 4-Tường chống thấm (tường trong đất); 5-Đường bão hòa; 6-Đường đẳng áp thấm trong nền đập trường hợp MNGC; 7-Đường đẳng áp thấm trong nền đập trường hợp MNDBT.

Giá trị tổng lưu lượng thấm qua đập ở bài toàn thấm không gian lớn hơn so với bài toán thấm phẳng. Khi hệ số thấm của các lớp đất nền đập đồng thời ở giá trị lớn nhất, tổng lưu lượng thấm ở bài toán không gian là  $3,31 \text{ m}^3/\text{s}$ , ở bài toán phẳng là  $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Trường hợp hệ số thấm của các lớp đất nền đập đồng thời ở giá trị nhỏ nhất, tổng lưu lượng thấm có các trị số tương ứng là  $0,83 \text{ m}^3/\text{s}$  và  $0,72 \text{ m}^3/\text{s}$ . Điều này có thể thấy rõ từ bảng 2, tổng lưu lượng thấm ở bài toán không gian tăng lên chủ yếu do hiện tượng thấm vòng qua các vai đập, đây là cũng là hiện tượng khó mô phỏng chính xác ở bài toán toán phẳng.

Giá trị lớn nhất của gradient thấm (phân bố theo trục màng chống thấm) tăng từ 27 (ở bài toán phẳng) lên đến 30 (ở bài toán không gian).

Tổng lưu lượng thấm thu được ở bài toán thấm bình diện có trị số gần với kết quả bài toán không gian hơn so với bài toán phẳng.

Bức tranh phân bố đường đẳng áp trong nền đập thu được từ bài toán không gian cũng có sự khác biệt so với bài toán phẳng, đặc biệt ở sườn dốc bên phải đập. Trong bài toán phẳng, phía thượng lưu các đường đẳng áp ở đoạn này phân bố rất dày và có hướng nằm ngang (hình 3), cho thấy có sự tồn thất cột

nước rất lớn (do hệ số thấm của lớp đất sét tại đây rất nhỏ: 0,4 – 0,01 m/ng.đ). Ở bài toán không gian hiện tượng nói trên không tồn tại, điều này có thể lý giải, là do ảnh hưởng dòng thấm từ phía thượng lưu của hồ chứa chảy dọc về hai phía vai đập đến hạ lưu, tạo nên hiện tượng thấm vòng rất mạnh dẫn đến sự phân bố cột nước thấm tại đây khác với bài toán phẳng.

**Bảng 2: Giá trị lưu lượng thấm qua đập ở ba dạng bài toán thấm**

Dạng bài toán	Giá trị hệ số thấm của các lớp đất nền	Lưu lượng thấm qua từng đoạn kết cấu của đập						Tổng lưu lượng thấm qua đập	
		Vai trái		Thân đập		Vai phải			
		270m		595m		255m		1.120m	
		m <sup>3</sup> /ng.đ	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /ng.đ	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /ng.đ	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /ng.đ	m <sup>3</sup> /s
Thấm phẳng	Kmax	70.200,0	0,81	136.609,0	1,58	9.435,0	0,11	213.240,0	2,50
	Kmin	22.680,0	0,26	39.459,0	0,46	357,0	0,00	62.496,0	0,72
Thấm bình diện	Kmax	56.464,0	0,65	150.078,0	1,74	27.754,0	0,32	234.196,0	2,71
Thấm không gian	Kmax	103.400,0	1,19	149.800,0	1,73	34.080,0	0,39	287.280,0	3,31
	Kmin	20.170,0	0,23	46.080,0	0,53	6.355,0	0,07	72.605,0	0,83

### III. KẾT LUẬN

Qua việc giải các dạng bài toán thấm đối với công trình đập đất Jumaguzin có thể rút ra những kết luận như sau:

- Kết quả tính toán giữa bài toán thấm phẳng và thấm không gian đã cho thấy tính không gian của dòng thấm có ảnh hưởng lớn đến bức tranh phân bố đường đẳng áp và đến giá trị các thông số của dòng thấm. Điều này nói lên sự cần thiết phải giải bài toán thấm ở dạng không gian (đặc biệt đối với công trình có điều kiện địa chất phức tạp như đập đất Jumaguzin) hoặc ở dạng kết hợp giữa bài toán thấm bình diện với thấm phẳng theo các mặt cắt trùng với đường dòng.

- Lý thuyết quy hoạch thực nghiệm được ứng dụng rất hiệu quả và đơn giản trong trong nghiên cứu ảnh hưởng của hệ số thấm đất nền lên các thông số của dòng thấm. Nó cho phép đánh giá định lượng sự phụ thuộc của các thông số dòng thấm vào khả năng tương tác giữa các giá trị hệ số thấm của các lớp đất nền (nằm trong khoảng tiếp nhận, từ nhỏ nhất đến lớn nhất).

- Các biểu thức của các hàm mục tiêu còn được dùng để xây dựng toán đồ, phục vụ cho việc quan trắc hoạt động của công trình và có khả năng đánh giá được các giá trị trung bình thực của hệ số thấm theo từng lớp đất.

- Việc hoàn thiện nghiên cứu thấm trong nền công trình cần gắn với việc cải thiện phương pháp khảo sát địa chất công trình nói chung và trong xác định

các tính chất thấm của đất nền nói riêng. Đối với lớp đất khác nhau, cần tiến hành thí nghiệm không dưới 30 - 40 lần, để có khả năng xây dựng đường phân bố giá trị hệ số thấm và tìm giá trị trung bình thực của chúng theo phương pháp Monte-Carlo.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **Rasskazov L.N., Anhisikin N.A. và nnk.** *Thấm trong đập đất ở dạng phẳng và không gian.* Tạp chí Xây dựng công trình thủy số 11 năm 1989 (tiếng Nga).
2. **Zenkevich O.** *Phương pháp phần tử hữu hạn trong kỹ thuật.* Bản dịch từ tiếng Anh. "Mir", Moskva -1975 (tiếng Nga).
3. **Rasskazov L.N., Anhisikin N.A.** *Các tính toán thấm cho các công trình thủy và nền.* Tạp chí Xây dựng công trình thủy số 11 năm 2000 (tiếng Nga).
4. **J.P. Adler, E.V. Markova, J.V. Granovski.** *Quy hoạch thực nghiệm trong tìm kiếm các điều kiện tối ưu.* "Nauka", Moskva - 1976 (tiếng Nga).