

ỨNG DỤNG PHẦN MỀM THẨM DỊ HƯỚNG ĐỂ TÍNH TOÁN THẨM CHO ĐẬP ĐẤT HỒ SINH THÁI NAM PHƯƠNG – LÂM ĐỒNG

Nguyễn Đình Vượng, Trần Minh Tuấn
Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam

1. MỞ ĐẦU

Hiện tượng thẩm của nước dưới đất trong môi trường lỗ hổng được Darcy nghiên cứu từ năm 1856. Trên cơ sở thực nghiệm Darcy đã xác định qui luật thẩm của nước trong môi trường lỗ hổng, đó là định luật thẩm đường thẳng [6], [7]. Ngày nay lý thuyết thẩm vẫn tiếp tục phát triển không ngừng và ứng dụng cho nhiều chuyên ngành khác nhau. Đặc biệt trong xây dựng công trình thủy lợi, thủy điện..., lý thuyết thẩm có vai trò quan trọng. Ví dụ trong thiết kế thi công, cần xác định các đặc trưng của dòng thẩm qua đập đất, đê quây, thẩm dưới đáy công trình bê tông, thẩm vào hồ móng, thẩm vòng quanh công trình, thẩm vòng qua vai đập...vv. Trong thiết kế công trình thủy lợi chỉ sau khi xác định được các đặc trưng của dòng thẩm (áp lực, gradien. ..), giải quyết xong biện pháp chống thẩm thì mới có đủ điều kiện để đánh giá ổn định và độ bền của công trình.

Ở Việt Nam, Nguyễn Xuân Trường đã sử dụng phương pháp thủy lực để tính toán thẩm qua đập đất có các kiểu thiết bị chống thẩm tường nghiêng, tường răng, bản cọc, màng ximăng [5]; Nguyễn Hữu An đã sử dụng phương pháp thủy lực để xác định phạm vi bảo vệ đề sông trên cơ sở giải bài toán thẩm và đánh giá ổn định nền đề [1], [2]; Huỳnh Bá Kỳ Thuật đã dùng phương pháp thủy lực để tính toán thẩm qua công trình thủy lợi có xét sự trao đổi nước thẩm giữa thân và nền đập. Giải bài toán thẩm qua đập đất khi dùng hai dãy hào bentonit làm thiết bị chống thẩm,[4]...vv. Trong bài báo này tiếp nối các hướng nghiên cứu về thẩm, các tác giả đã nghiên cứu ứng dụng giải quyết bài toán thẩm bằng phương pháp phần tử hữu hạn (PTHH) trên cơ sở ứng dụng phần mềm thẩm dị hướng để tính toán thẩm cho đập đất [3].

2. TÀI LIỆU, NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Tài liệu

Các thông số kỹ thuật hồ sinh thái Nam Phương – Lâm Đồng.

Hồ sinh thái Nam Phương thuộc địa bàn Thị xã Bảo Lộc, tỉnh Lâm Đồng nằm trên khe suối Da P'La, Da Erian và nhiều khe nhỏ khác hợp thành. Nhiệm vụ công trình là cấp nước sinh hoạt cho Thị xã Bảo Lộc với mức 10.000 m³/ngày, tưới cho 400ha diện tích cây trồng, cải tạo tiểu khí hậu, môi trường sinh thái lưu vực hồ.

Các thông số kỹ thuật cơ bản hồ sinh thái Nam Phương :

- Diện tích lưu vực	:	9,95 km ²
- Mức nước dâng bình thường	:	830,5 m
- Mức nước dâng gia cường	:	831,5 m
- Mức nước chết	:	828,0 m
- Dung tích hồ	:	6,3.106 m ³

Đập chính được thiết kế với chiều dài đỉnh đập là 295m, chiều cao đập lớn nhất $H_{\max}=7,5\text{m}$, cao trình đỉnh đập +832,5m, mái thượng lưu $m = 3,0$, mái hạ lưu $m = 2,75$, đập đất đồng chất. Vật liệu đắp đập là đất bazan ít nứt nẻ khai thác cách công trình khoảng 2 km bên vai phải của đập về phía thượng lưu.

2.2. Nội dung và phương pháp nghiên cứu

Được thực hiện trên cơ sở ứng dụng phần mềm thẩm dị hướng để tính toán thẩm cho đập đất công trình hồ sinh thái Nam Phương - Lâm Đồng. Mục đích của việc tính toán thẩm qua công trình là xác định :

Lưu lượng thẩm qua thân, qua nền và thẩm vòng quanh bờ để đánh giá lượng nước tồn thất do thẩm gây ra, đồng thời trên cơ sở tính toán đó mà quyết định các biện pháp chống thẩm cho thân và nền công trình thủy lợi.

Vị trí đường bão hòa thẩm để phục vụ phân tích ổn định mái dốc, đồng thời lựa chọn vật liệu cũng như hình thức, kích thước thiết bị thoát nước cho các công trình.

Trường phân bố gradien thẩm để kiểm tra khả năng xảy ra xói ngầm hoặc trôi đất cục bộ, trên cơ sở đó xác định giải pháp và kích thước cấu tạo của tầng lọc ngược.

Trường véc tơ lưu tốc thẩm để đánh giá động thái của dòng thẩm, và kiểm tra tính hợp lý của các biện pháp phòng chống thẩm của công trình đập đất.

Áp lực nước lỗ rỗng phục vụ cho tính ứng suất biến dạng cổ kết thẩm nhằm kiểm tra độ bền vật liệu, kiểm tra sự chuyển hóa của áp lực nước lỗ rỗng để có giải pháp cho tốc độ thi công.

Đối với nền công trình có lớp xen kẹp thông qua nền đề mà có hệ số thẩm lớn cần tính toán kiểm tra để có giải pháp ổn định tầng phủ, thiết kế biện pháp giảm phản áp khi cần thiết. Kết quả đã xác định được : vận tốc, lưu lượng, gradien thẩm, áp lực nước lỗ rỗng... tại mọi điểm trong vùng tính toán.

Áp dụng thuật toán giải bài toán tính thẩm qua đập đất theo phương pháp PTHH trên cơ sở ứng dụng phần mềm thẩm dị hướng.

Ứng dụng mô hình toán dòng 2 chiều trong phân tích xử lý các kết quả tính toán.

Phần mềm thẩm dị hướng là một chương trình chạy trong môi trường Windows, giao diện dễ sử dụng cho việc chuẩn bị số liệu, tính toán kết quả dưới dạng bảng, đồ thị...vv.

Một số phương trình áp dụng để tính toán :

Để giải bài toán thẩm cần tìm 4 ẩn số là U_x , U_y , U_z , H . Ta đã có từ 3 phương trình chuyển động của Euler chuyển về 3 phương trình Dzukovsky chuyển động của dòng thẩm biểu thị quan hệ giữa các thành phần vận tốc thẩm đối với cột nước tác dụng.

+ Phương trình vi phân chuyển động của dòng thẩm Dzukovsky

$$\begin{cases} U_x = -K_x \frac{\partial H}{\partial x} \\ U_y = -K_y \frac{\partial H}{\partial y} \\ U_z = -K_z \frac{\partial H}{\partial z} \end{cases} \quad (1)$$

+ Phương trình liên tục

$$\frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} + \frac{\partial u_z}{\partial z} = 0 \quad (2)$$

Thông thường hệ phương trình (1) và (2) còn được đưa về 1 phương trình duy nhất bằng cách đạo hàm riêng U_x , U_y , U_z đưa các giá trị này vào phương trình liên tục (2) ta được :

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[K_x \frac{\partial H}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[K_y \frac{\partial H}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[K_z \frac{\partial H}{\partial z} \right] = 0 \quad (3)$$

Phương trình (3) chính là phương trình vi phân cơ bản của dòng thấm ổn định của môi trường đồng nhất dị hướng.

- Điều kiện biên giải bài toán :

Hệ phương trình vi phân chuyển động của dòng thấm 2 chiều : Trong trường hợp dòng thấm phẳng môi trường đồng nhất dị hướng ta có phương trình sau :

$$K_x \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + K_y \frac{\partial^2 H}{\partial y^2} = 0 \quad (4)$$

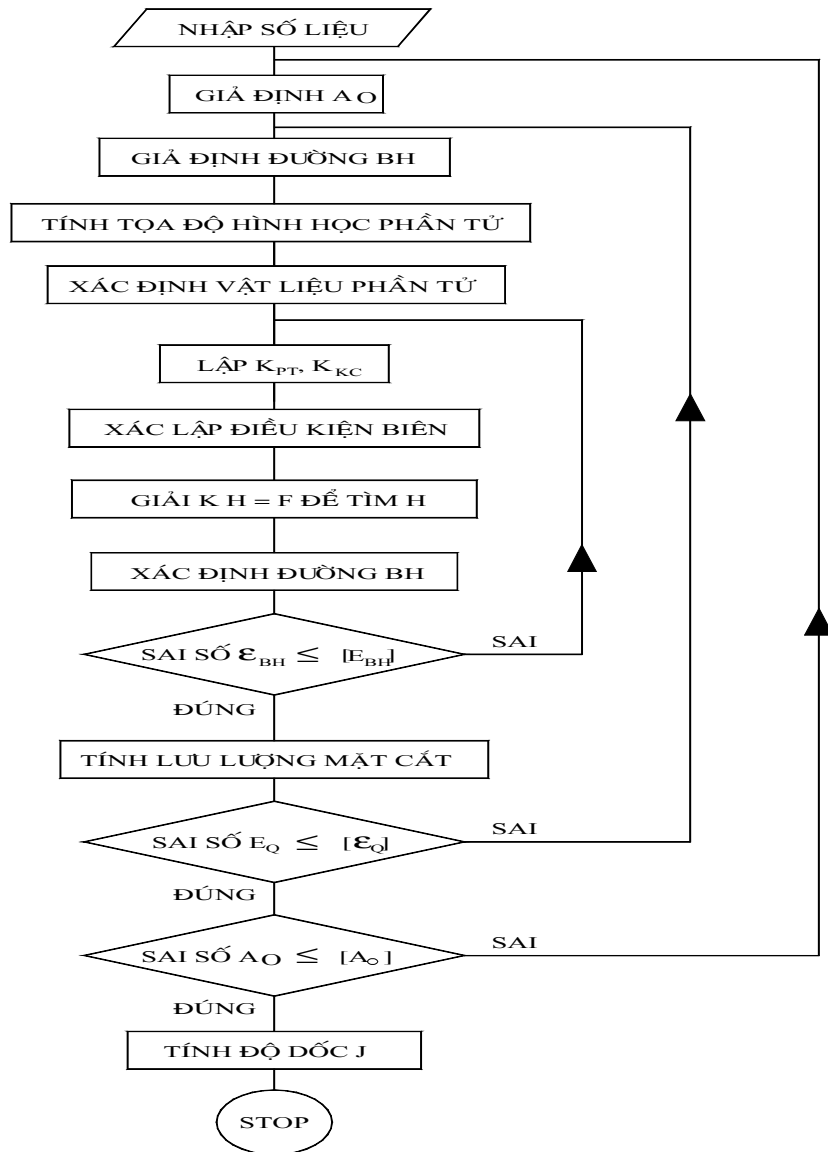
Đây là 1 phương trình giả điều hòa khi $K_x \neq K_y$ nhưng ta luôn có thể đưa phương trình (4) về dạng phương trình Laplace bằng cách :

$$\frac{\partial^2 H}{\left[\sqrt{\frac{K_y}{K_x}} \partial x \right]^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial y^2} = 0$$

$$\text{Đặt } \sqrt{\frac{K_y}{K_x}} \partial x = \partial t$$

Lúc đó ta có phương trình

$$\frac{\partial^2 H}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial y^2} = 0 \quad (5)$$



Hình 1. Sơ đồ khối giải bài toán thấm qua đập đất hồ sinh thái Nam Phương bằng phương pháp phần tử hữu hạn [3].

3. KẾT QUẢ NGHIỆN CỬU VÀ THẢO LUẬN

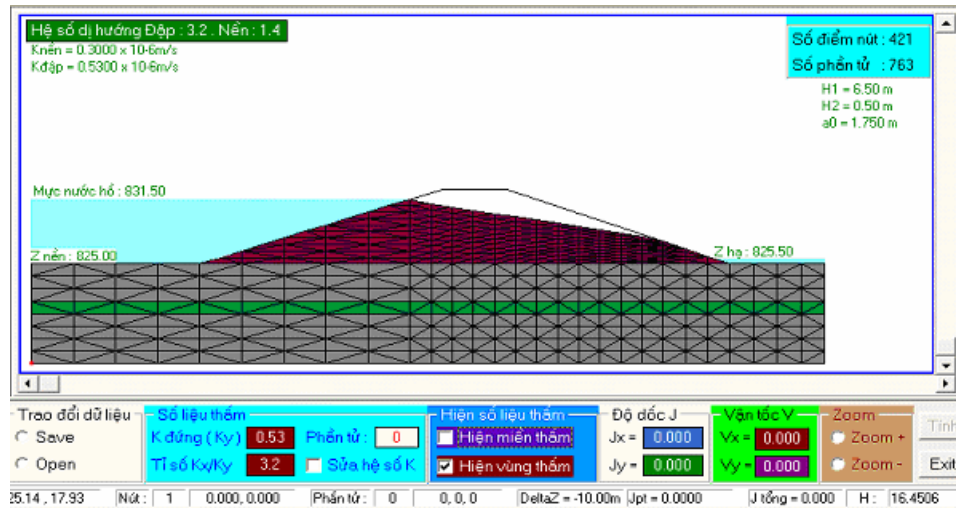
3.1. Trường hợp MNTL= MNGC, MNHL ứng mực nước max = 0.5m

Bảng 1: Tọa độ đường bão hòa từ nút 360 đến nút 371

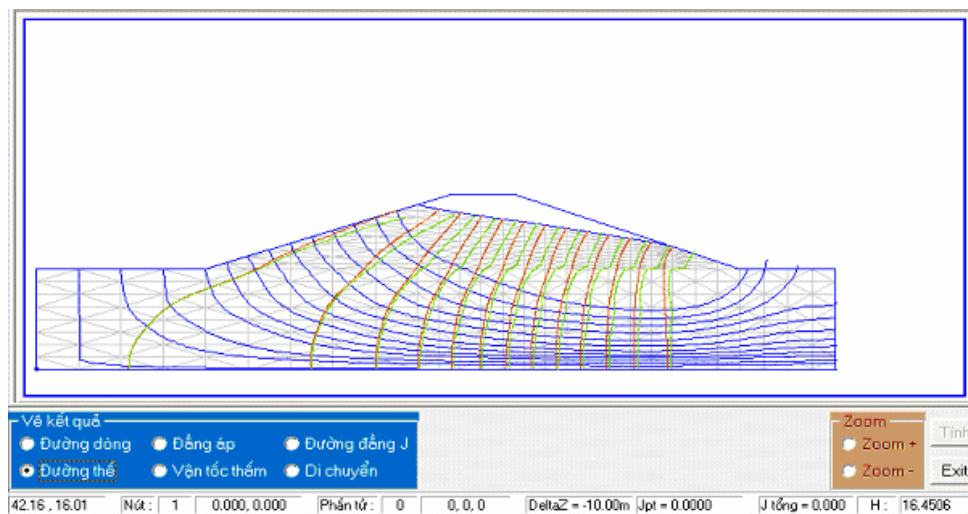
Nút	Lần 1	Lần 2	Lần 3
360	1.861	1.817	1.810
361	1.721	1.691	1.678
362	1.582	1.574	1.559
363	1.443	1.460	1.444
364	1.304	1.345	1.328
365	1.164	1.226	1.211
366	1.025	1.103	1.091

367	0.886	0.974	0.967
368	0.747	0.830	0.829
369	0.607	0.675	0.679
370	0.468	0.500	0.506
371	0.329	0.329	0.329

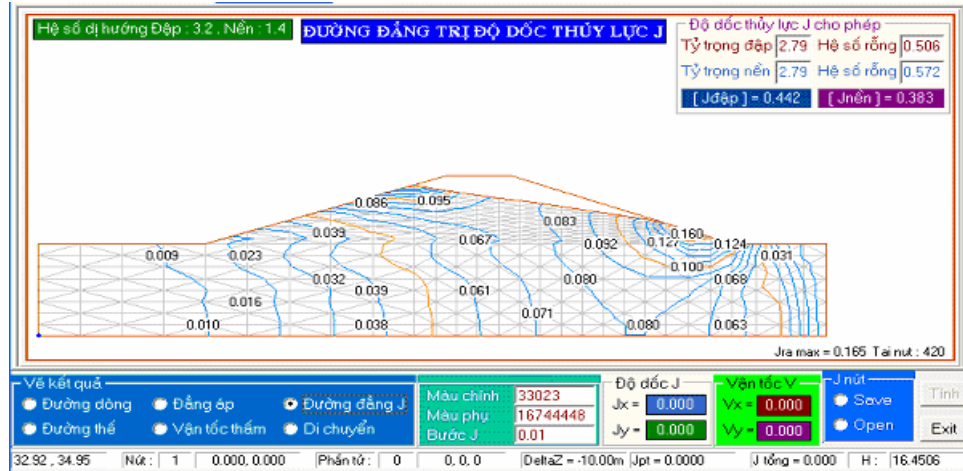
Quá trình tính toán được thực hiện với các điều kiện thử dần ứng với độ sâu bão hòa đạt độ chính xác $\varepsilon_H = 0,0005$ và độ chính xác của biên ra lưu lượng giữa 2 mặt cắt cuối cùng $\varepsilon_Q = 0,05\%$. Kết quả cho thấy $J_{ra\ max} = 0,165$ đạt tại nút 420. So sánh với $[J] = 0,442$ ta thấy $J_{ra\ max} < [J]$.



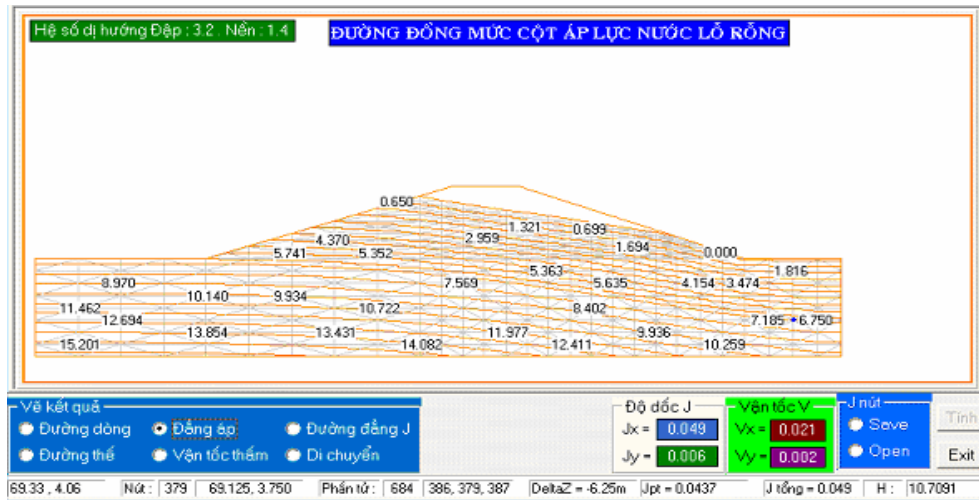
Hình 2. Sơ đồ tính toán trường hợp $H_{hlmax} = 0.5\ m$



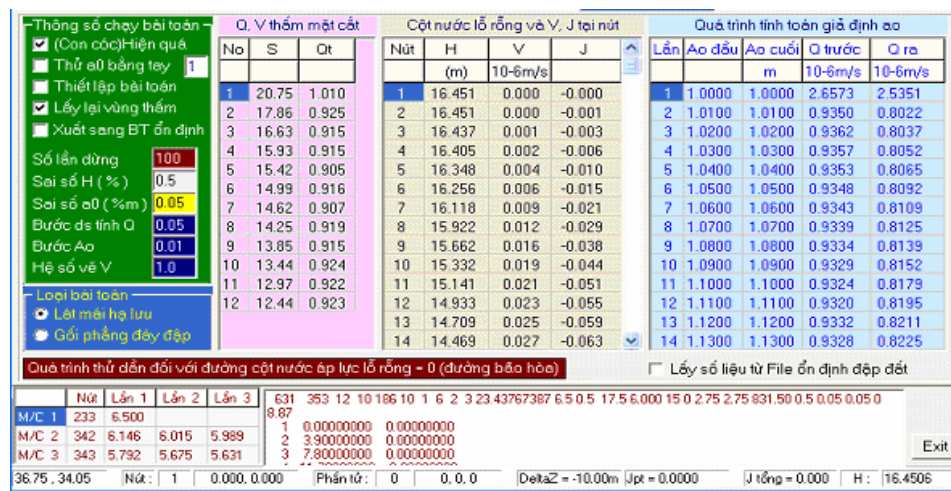
Hình 3. Đồ thị đường dòng - đường thế trường hợp $H_{hlmax} = 0.5\ m$



Hình 4. Đồ thị đường đẳng j của dòng thấm trường hợp $H_{hlmax} = 0.5 \text{ m}$



Hình 5. Đồ thị đường đồng áp lỗ rồng trường hợp $H_{hlmax} = 0.5 \text{ m}$



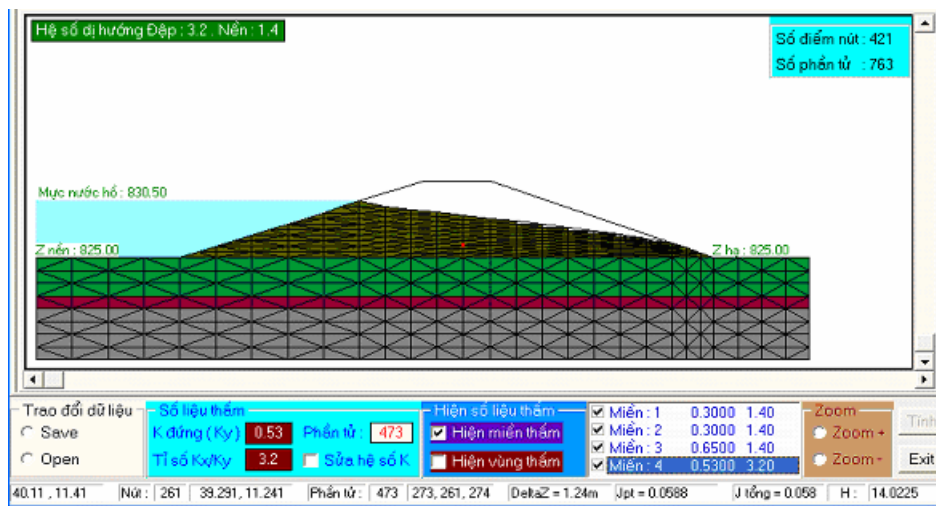
Hình 6. Kết quả tính toán thấm qua đập đất trường hợp $H_{hlmax} = 0.5 \text{ m}$

3.2. Trường hợp MNTL= MNDBT, MNHL = 0.0 m

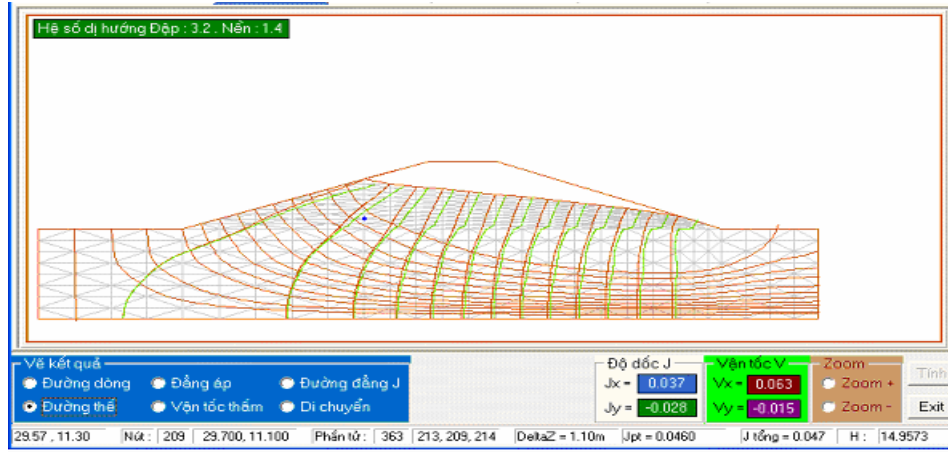
Bảng 2.Tọa độ đường bão hòa từ nút 233 đến nút 353

Nút	Lần 1	Lần 2	Lần 3
233	5.500		
342	5.158	5.053	5.032
343	4.817	4.744	4.707
344	4.475	4.461	4.417
345	4.134	4.182	4.136
346	3.792	3.898	3.856
347	3.450	3.604	3.568
348	3.109	3.296	3.270
349	2.767	2.969	2.957
350	2.426	2.620	2.624
351	2.084	2.241	2.260
352	1.742	1.826	1.851
353	1.401	1.401	1.401

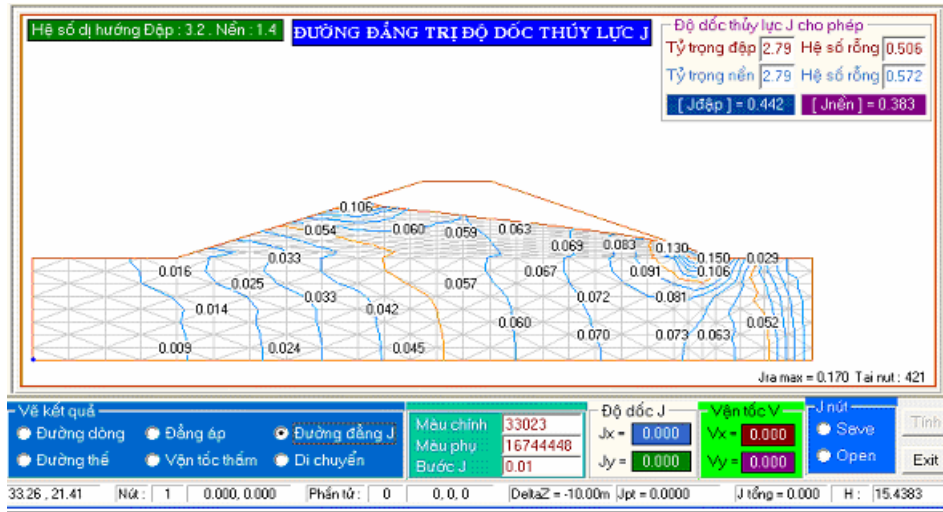
Tương tự trường hợp trên, quá trình tính toán được thực hiện với các điều kiện thử dần ứng với độ sâu bão hòa đạt độ chính xác $\varepsilon_H = 0,0005$ và độ chính xác của biên ra lưu lượng giữa 2 mặt cắt cuối cùng $\varepsilon_Q = 0,05\%$. Kết quả cho thấy $J_{ra\ max} = 0,170$ đạt tại nút 421, so sánh với $[J] = 0,442$ ta thấy $J_{ra\ max} < [J]$.



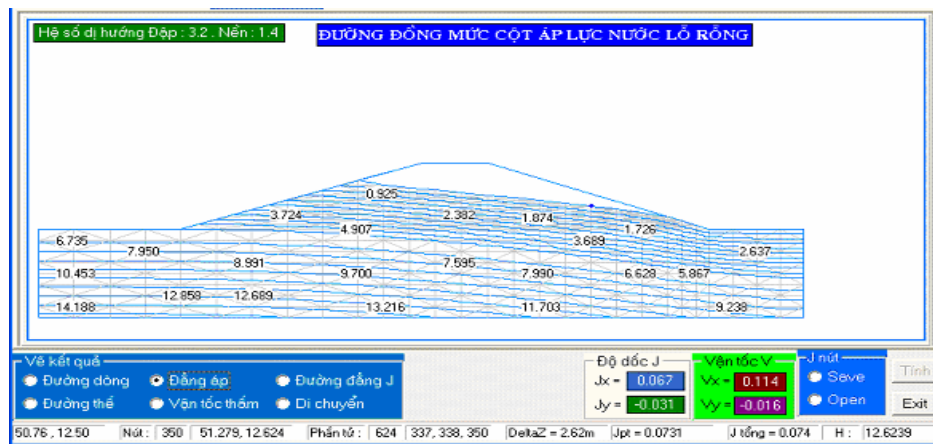
Hình 7. Sơ đồ tính toán trường hợp $H_{hlmax} = 0.0\ m$



Hình 8. Đồ thị đường dòng - đường thế trường hợp $H_{hlmax} = 0.0$ m



Hình 9. Đồ thị đường đẳng j của dòng thấm trường hợp $H_{hlmax} = 0.0$ m



Hình 10. Đồ thị đường đồng áp lỗ rồng trường hợp $H_{hlmax} = 0.0$ m

Thống số chạy bài toán

☒ (Con cóc) Hiện quá

☐ Thử số bằng tay

☐ Thiết lập bài toán

☒ Lấy lại vùng thấm

☐ Xuất sang BT ổn định

Số lần dừng100

Sai số H (%)0.5

Sai số Q (%)0.05

Bước ds tính Q0.05

Bước Ao0.1

Hệ số về V1.0

Lựa bài toán

☒ Lát mặt hạ lưu

☐ Gõ phẳng đáy đập

Q, V thấm mặt cắt

No	S	Qt
1	18.39	0.812
2	16.07	0.664
3	15.19	0.653
4	14.64	0.654
5	14.28	0.652
6	13.93	0.655
7	13.60	0.656
8	13.27	0.659
9	12.90	0.662
10	12.51	0.665
11	12.06	0.670
12	11.58	0.670

Cột nước lỗ rỗng và V, J tại nút

Nút	H	V	J
	(m)	10-6m/s	
408	10.000	0.004	0.008
409	10.000	0.000	0.000
410	10.883	0.098	0.147
411	10.476	0.104	0.158
412	10.000	0.074	0.150
413	10.000	0.024	0.078
414	10.000	0.009	0.029
415	10.000	0.003	0.008
416	10.000	0.000	0.000
417	10.886	0.257	-0.152
418	10.895	0.257	-0.154
419	10.911	0.260	-0.160
420	10.934	0.258	-0.167
421	10.467	0.289	-0.170

Quá trình tính toán giả định ao

Lần	Ao đầu	Ao cuối	Q trước	Q ra
	m	10-6m/s	10-6m/s	
1	1.0000	1.0000	2.3861	2.2109
2	1.1000	1.1000	0.6772	0.6252
3	1.2000	1.2000	0.6742	0.6404
4	1.3000	1.3000	0.6715	0.6551
5	1.4000	1.4000	0.6704	0.6703
6	1.5000	1.5000	0.6682	0.6857
7	1.4500	1.4500	0.6686	0.6779
8	1.4250	1.4250	0.6695	0.6734
9	1.4125	1.4125	0.6700	0.6719
10	1.4063	1.4063	0.6702	0.6712
11	1.4031	1.4031	0.6703	0.6708
12	1.4016	1.4016	0.6704	0.6706
13	1.4008	1.4008	0.6704	0.6704

Quá trình thử dần đối với đường cột nước áp lực lỗ rỗng = 0 (đường bão hòa)

☐ Lấy số liệu từ File ổn định đập đất

Nút	Lần 1	Lần 2	Lần 3
631	353	12	10
1086	10	1	6
2	328	7730254325	5.5
0	17.5	6.000	15
0	2.75	2.75	830.50
0	0.5	0.05	0.05
0	0.05	0.05	0.92

M/C	1	2	3
M/C 1	233	5.500	
M/C 2	342	5.158	5.053
M/C 3	343	4.817	4.744

Nút	1	0.000	0.000
-----	---	-------	-------

Phần tử	0	0	0
---------	---	---	---

DeltaZ = -10.00m Jpt = 0.0000 J tổng = 0.000 H : 15.4383

Exit

Hình 11. Kết quả tính thấm qua đập đất trường hợp $H_{hlmax} = 0.0$ m

4.KẾT LUẬN

Từ các kết quả tính toán cho thấy với công cụ phần mềm thấm dị hướng và kinh nghiệm của người sử dụng, ngoài ra phần mềm này đã được ứng dụng kiểm nghiệm ở một số công trình xây dựng như đập Đắk Huýt – Đắk Rlấp, Đắk Minh – Buôn Đôn, Eanaodar – Krông buk... tỉnh Đắk Lắk, chúng tôi cho rằng kết quả truy xuất hoàn toàn tin tưởng, có thể áp dụng vào giai đoạn tính toán tiếp theo trong quá trình thiết kế và thi công công trình.

Trong các trường hợp tính, gradient thấm đều nhỏ hơn trị số gradient thấm cho phép $[J]=0,442$ đảm bảo cho công trình không có xói ngầm và cục bộ, với chiều cao hút nước lớn nhất $a_{0max} = 1,75$ m cần phải xây dựng vật thoát nước bề mặt ở hạ lưu có chiều cao 1,8 m.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Hữu An, *Xác định phạm vi bảo vệ đê sông đồng bằng Bắc bộ trên cơ sở giải bài toán thấm và đánh giá ổn định nền đê*. Tạp chí Thủy lợi, (273), tr 23-34, (1990).
- [2]. Nguyễn Hữu An và các cộng sự, *Nghiên cứu các giải pháp nâng cao sự làm việc an toàn cho đê sông Đồng bằng Bắc bộ*. Đề tài cấp Bộ B96-34-01-TĐ, (1999).
- [3]. Dương Trung Huy, *Hướng dẫn sử dụng phần mềm thấm dị hướng*. Chuyên đề Tiến sĩ, Đại học Thủy lợi, (2005).
- [4]. Huỳnh Bá Kỹ Thuật... và nnk, *Tính toán thấm qua công trình thủy lợi*. Đề tài NCKH cấp Bộ, Hà Nội, (2001).
- [5]. Nguyễn Xuân Trường, *Thiết kế đập đất* - NXB Giáo dục, Hà Nội, (1972).
- [6]. Joseph E.Bowles, *Engineerings properties of soils and their measurement* Mcgraw-Hill Book Company, (2000).
- [7]. D. G. FredLund, *Cơ học đất không bão hòa I, II* - NXB Giáo dục, Hà Nội, (2000).