

PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN DỰ ĐOÁN VÙNG THẨM NGUY HIỂM TRÊN MÁI ĐẬP ĐẤT CHỊU ẢNH HƯỞNG CỦA THỦY TRIỀU

Lê Văn Dục

Trường Đại Học Bách Khoa, ĐHQG-HCM

(Bài nhận ngày 01 tháng 10 năm 2009, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 03 tháng 01 năm 2010)

TÓM TẮT: Dưới tác động của thủy triều, biên độ dao động của mực nước bão hòa và gradient thấm J khi truyền vào thân đập có xu hướng tắt dần. Do đó tồn tại vùng tam giác thấm nguy hiểm (TGTNH) có giá trị gradient thấm cực đại. Dựa vào phương trình liên tục và giả thiết truyền dao động thấm, vùng TGTNH được xác định. Phương pháp sai phân hữu hạn (SPHH), giải tích (GT) và TGTNH được lập trình dùng phần mềm EXCEL, nhằm tính toán và đánh giá kết quả mô phỏng. Thử nghiệm số chỉ ra rằng sai số tổng lưu lượng thấm trong một chu kỳ triều giữa hai phương pháp SPHH và TGTNH không quá 1,3%; sai số gradient thấm J cực đại không quá 12%. Ngoài ra, sự phân tích tính ổn định của mái đập đất chỉ ra rằng: tình trạng thấm nguy hiểm xảy ra khi mực triều thấp nhất, tương ứng với J ra cực đại. Đây là một trong những lý do quan trọng giải thích nhiều hiện tượng sạt lở bờ sông ở vùng Đồng Bằng Sông Cửu Long trong thời gian qua.

Từ khóa: Dòng thấm không ổn định, đập đất vùng ảnh hưởng thủy triều, khu vực thấm nguy hiểm trên mái đập đất, phương pháp giải tích, phương pháp sai phân hữu hạn, đồng bằng Sông Cửu Long.

1. MỞ ĐẦU

Vấn đề sạt lở mái đập, đê và bờ sông được nhiều nhà khoa học trong nước và trên thế giới quan tâm nghiên cứu vì thiệt hại do nó gây ra đối đời sống kinh tế xã hội không nhỏ.

Lê Mạnh Hùng (2005) [1], Trần Văn Túc và Huỳnh Thanh Sơn (2005) [2] đã có những nỗ lực nghiên cứu hiện tượng biến hình lòng dẫn, xói lở do sự tác động giữa yếu tố thủy lực, hình dạng và cấu trúc lòng dẫn đối với sông và kênh tự nhiên thuộc vùng Đồng Bằng Sông Cửu Long. Tuy nhiên, đối với các sông kênh vùng triều, ngoài nguyên nhân vừa nêu, yếu tố dòng thấm không ổn định cũng là một nhân tố không nhỏ gây ra sạt lở bờ sông, xem Trần Chấn Chinh và Lê Văn Dục (1992) [3], Trần Anh Trung (2005) [4].

Tình trạng gây mất ổn định của mái đập chịu ảnh hưởng của sự thay đổi mực nước tiếp xúc mái đập, bờ sông (thủy triều) đang được các nhà khoa học trên thế giới quan tâm nghiên cứu và tiến hành xây dựng các công cụ mô hình tính toán thấm không ổn định như: Jun-feng FU và Sheng JIN (2009) [5], Shang-jie Xu và cộng sự (2009) [6]. Tiếp theo xu thế vừa nêu, công trình nghiên cứu này đề xuất giải pháp tính toán xác định vùng thấm nguy hiểm ở mái dốc đập, đê hay bờ sông tiếp xúc với thủy triều và phân tích khả năng sạt lở nguy hiểm nhất do

dòng thấm không ổn định dưới tác động thủy triều gây ra. Việc làm này đặc biệt có ý nghĩa đối với khu vực vùng đồng bằng Sông Cửu Long để góp phần tìm giải pháp làm giảm nhẹ thiên tai, đã và đang gây thiệt hại không nhỏ cho xã hội.

2. MÔ HÌNH THẨM TỰA ỔN ĐỊNH (QUASI-STEADY SEEPAGE FLOW MODEL):

2.1 Các đặc tính cơ bản của dòng thấm chịu tác động của thủy triều

Xét một đập hình thang, cấu tạo bởi vật liệu thấm đồng chất và đẳng hướng, có hệ số thấm là K (m/giờ), đặt trên nền không thấm chịu tác động của các yếu tố thủy lực sau:

- Mực nước hạ lưu thay đổi theo quy luật thủy triều:

$$H(t) = Z_{tb} + \hat{H} \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot t\right) \quad (1)$$

với Z_{tb} : cao trình mực nước trung bình của triều; \hat{H} : biên độ triều; T : chu kỳ triều; t : thời gian.

- Mực nước thượng lưu là hằng số H_0 ;
- Các thông số khác được chỉ ra trong Hình 1.

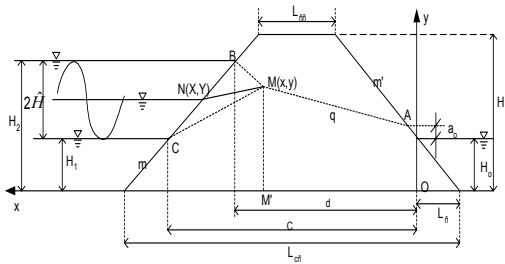
Dòng thấm chịu ảnh hưởng thủy triều có một số tính chất sau:

- Vị trí đường bão hòa thay đổi theo thời gian. Biên độ dao động của mực nước bão hòa và biên độ dao động của độ dốc thủy lực có xu hướng giảm dần khi vào sâu trong thân đập. Do đó, nếu mực nước H_0 là hằng số, hoặc đập đủ dài, thì sẽ tồn tại một mặt cắt có biên độ dao động bằng không, phân chia dòng thấm ra làm hai khu vực: khu vực thấm không ổn định; và khu vực thấm ổn định (xem Hình 1).

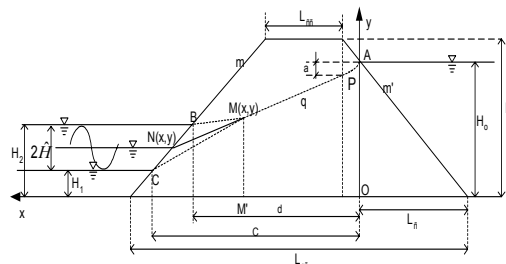
- Trong thân đập, tồn tại *đường bao* mực nước bão hòa H_{max} & H_{min} ; và *đường bao* gradient thủy lực J_{max} & J_{min} . Từ đó cho thấy biên độ dao động và giá trị lớn nhất của cả mực

nước bão hòa và gradient thủy lực J đều nằm ở gần mặt tiếp xúc với triều.

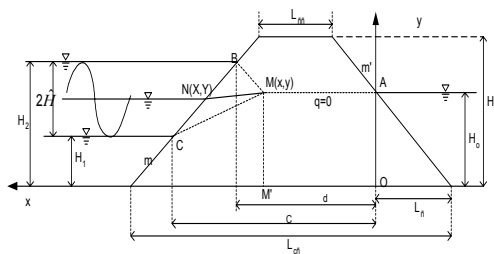
Gọi B và C lần lượt là giao điểm của đường bao H_{max} và H_{min} với mặt đập. Các đường thẳng tiếp tuyến với đường bao H_{max} & H_{min} tại mặt đập cắt nhau tại "*điểm giới hạn*" $M(x,y)$. Tam giác BMC, được gọi là "*tam giác thấm nguy hiểm*" vì là vùng chứa các đường bão hòa có gradient cực đại (J_{max} & J_{min}), là nơi có sự biến đổi lớn về mực nước bão hòa, và có sự trao đổi mạnh giữa thủy triều và dòng thấm trong thân đập.



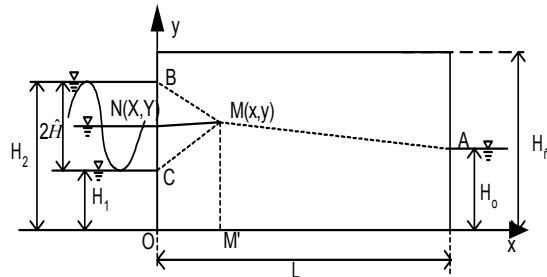
a) Sơ đồ 1: thấm từ biên triều qua đập



b) Sơ đồ 2: thấm từ khu chứa qua đập



c) Sơ đồ 3: không có lưu lượng thấm qua đập



d) Sơ đồ 4: mô hình bài toán dùng kiểm tra mô hình

Hình 1. Sơ đồ thấm không ổn định qua đập với hạ lưu chịu ảnh hưởng thủy triều

- Toạ độ điểm M phụ thuộc các yếu tố sau:

- Đặc tính của mẫu triều thiết kế (biên độ, chu kỳ, dạng...);
- Cao trình mực nước khu chứa;
- Hình dạng và kích thước của đập;
- Hệ số thấm của vật liệu làm đập và nền;
- Khối lượng riêng của nước triều và khu chứa.

Tùy theo sự thay đổi của các yếu tố trên mà vị trí điểm M có thể rơi vào một trong ba dạng sơ đồ sau:

- **Loại I:** Hình 1.a : cao trình mực nước khu chứa (H_0) thấp hơn cao trình mực nước trung bình triều (\bar{H}), tổng lưu lượng thấm trong chu kỳ triều chảy từ vùng triều vào khu chứa. Dòng thấm ra mái dốc khu chứa có thể xuất hiện chiều cao hút nước a_0 tùy thuộc vào vị trí điểm M, chiều cao mực nước khu chứa

H_0 , mái dốc thượng lưu đập (m'), hệ số thấm K của vật liệu đập.

- **Loại II:** Hình 1.b : $H_0 > \bar{H}$, tổng lưu lượng thấm trong chu kỳ triều chảy từ khu chứa ra biển triều. Do ảnh hưởng của dòng thấm qua khối mái dốc thượng lưu, đoạn đầu của đường mực nước bão hoà có thể xuất hiện *chiều cao chuyển tiếp a*.

- **Loại III:** Hình 1.c : $H_0 \approx \bar{H}$, tổng lưu lượng trong chu kỳ triều bằng 0.

Việc xác định vị trí điểm M, và tam giác BMC là vấn đề quan trọng trong việc thiết kế mái đập hạ lưu để tránh hiện tượng xói lở do dòng thấm chịu ảnh hưởng thủy triều gây ra.

Dựa vào những phân tích nêu trên, bài báo này đề xuất *mô hình thấm gần như ổn định* (quasi-steady seepage flow model) tương đương với mô hình thấm không ổn định, sao cho đảm bảo các tiêu chí sau:

- *Tổng lưu lượng thấm trong một chu kỳ triều được tính bởi hai mô hình là tương tự nhau;*

- *Gradient thấm J_{max} và J_{min} ở khu tam giác BMC được tính bởi hai mô hình là như nhau.*

- *Việc lập trình và tính toán mô hình dễ xuất đơn giản và tiện lợi.*

2.2 Phương trình cơ bản xác định điểm giới hạn M

Để xác định điểm M(x,y), nghĩa là xác định tọa độ x và y của M, ta cần phải có hai phương trình:

Phương trình liên tục

Tổng lưu lượng khối lượng thấm trong một chu kỳ triều xuyên qua mặt cắt giới hạn MM', với M' là hình chiếu của M lên đáy đập (xem Hình 1), do nguồn và triều gây ra thì cân bằng nhau. Trường hợp nếu xem khối lượng riêng $\rho = \text{const}$, phương trình được diễn tả như sau:

$$q(x,y).T = \int_0^T q(x,y,t).dt \quad (2)$$

Phương trình truyền dao động

Để giải tìm M, ngoài phương trình (2), cần phải có thêm một phương trình thứ hai diễn tả sự thâm nhập của điểm giới hạn M vào trong thân đập. Do đó, ta đưa thêm giả thiết sau:

“Thời gian chuyển động của một hạt lưu chất thấm dọc trên hai đường bão hòa Min và Max đến điểm giới hạn M thì bằng một chu kỳ triều T”. Phương trình này được gọi là phương trình truyền dao động thấm, phụ thuộc vào từng bài toán cụ thể, và được thể hiện dưới dạng tổng quát như sau:

$$F(x, y, T, \hat{H}, Z_{tb}, m, k, \dots) = 0 \quad (3)$$

Với, x, y : tọa độ của điểm M cần tìm;

q(x,y): lưu lượng thấm qua một đơn vị chiều rộng ở miền thấm ổn định;

q(x,y, t): lưu lượng thấm tức thời qua một đơn vị chiều rộng ở miền thấm không ổn định;

T: chu kỳ triều;

\hat{H} : biên độ thủy triều;

Z_{tb} : cao trình mực nước trung bình triều;

m : mái dốc mặt đập hạ lưu;

k : hệ số thấm của vật liệu cấu tạo đập.

Giải hệ phương trình (2) và (3) ta sẽ tìm được x, y, và có thể tính được q(x,y), tổng lưu lượng thấm qua đập, J_{max}, J_{min}, \dots . Tuy nhiên việc giải trực tiếp hệ phương trình (2) và (3) bằng phương pháp giải tích không đơn giản, do đó phải dùng giải pháp tính đúng dần. Vì thế, một chương trình EXCEL được lập sẵn nhằm phục vụ cho việc giải tìm điểm M.

2.3 Phương pháp tìm điểm M

Phương trình liên tục

Xét bài toán với hệ tọa độ xoy như được chỉ ra trong Hình 1a. M(x,y) là điểm giới hạn, N(X, Y) là điểm thủy triều tiếp xúc với mặt đập. Sử dụng phương pháp trạng thái tức thời, giả sử dòng thấm thỏa điều kiện áp dụng công thức Dupuit, lưu lượng thấm vào mặt cắt giới hạn MM' ở thời điểm t là:

$$q(x,y,t) = \frac{k}{2} \cdot \frac{Y^2 - y^2}{(X-x)} \quad (4.a)$$

Trong đó:

$$X = -\hat{H}.m.\sin\left(2\pi \frac{t}{T}\right) - \hat{H}.m + c \quad (4.b)$$

$$Y = \hat{H}.\sin\left(2\pi \frac{t}{T}\right) + Z_{tb} \quad (4.c)$$

Tổng lượng nước thấm qua MM' trong chu kỳ T là:

$$W(\text{vào}) = \int_0^T q(x, y, t).dt = \frac{k}{2} \int_0^T \frac{\left[\hat{H} \cdot \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right) + Z_{tb} \right]^2 - y^2}{\left[-\hat{H} \cdot m \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right) - \hat{H} \cdot m + c - x \right]} dt \quad (4.d)$$

Lưu lượng thấm ở miền thấm ổn định là:

$$q = k \cdot \frac{y^2 - (H_o + a_o)^2}{2(x - m' \cdot a_o)} \quad (5.a)$$

Tổng lượng nước thấm ra khỏi mặt cắt MM' trong chu kỳ T ở miền thấm ổn định là:

$$W(\text{ra}) = q \cdot T \quad (5.b)$$

Thế vào phương trình liên tục, sau khi khử k ở hai vế, ta được:

$$\frac{1}{2} \int_0^T \frac{\left[\hat{H} \cdot \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right) + Z_{tb} \right]^2 - y^2}{\left[-\hat{H} \cdot m \cdot \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right) - \hat{H} \cdot m + c - x \right]} dt = T \cdot \frac{y^2 - (H_o + a_o)^2}{2(x - m' \cdot a_o)} \quad (6.a)$$

Với a_o được tính dùng công thức N.N. Pavlôpxki [7]:

$$q = \frac{k \cdot a_o}{m'} \left(1 + \ln\left(\frac{a_o + H_o}{a_o}\right) \right) \quad (6.b)$$

So sánh (5.a) và (6.b), suy ra:

$$\frac{y^2 - (H_o + a_o)^2}{2(x - m' \cdot a_o)} = \frac{a_o}{m'} \left(1 + \ln\left(\frac{a_o + H_o}{a_o}\right) \right) \quad (7)$$

Phương trình truyền dao động

Căn cứ vào giả thiết về thời gian truyền dao động thấm, ta tính *lưu tốc thấm thực* dọc trên hai đường bão hòa Min và Max, sau đó tính thời gian chuyển động của phần tử thấm dọc trên hai đường bão hòa này cho đến điểm giới hạn M, ta có:

$$T = t_{\max} + t_{\min} \approx \frac{(d-x)^2}{k'|H_2 - y|} + \frac{(c-x)^2}{k'|y - H_1|} \quad (8.a)$$

Hay :

$$k' \cdot T = \frac{(d-x)^2}{|H_2 - y|} + \frac{(c-x)^2}{|y - H_1|} \quad (8.b)$$

với k' được tính bởi:

$$k' = \frac{k}{e} \quad (8.c)$$

ở đây,

k : hệ số thấm (Darcy) của vật liệu đập;

k' : hệ số thấm thực của vật liệu đập;

e : độ rỗng của vật liệu đập.

Điều kiện: $H_1 \neq y$ và $H_2 \neq y$.

Giải hệ ba phương trình: (6.a), (7) và (8.b) ta tìm được ba ẩn số x, y và a_o .

3. MÔ HÌNH DÒNG THẨM KHÔNG ỔN ĐỊNH

Xét mô hình thấm Sơ đồ 4, trong Hình 1.d, phương trình mô phỏng dòng thấm không áp (unconfined aquifer) một chiều, không ổn định như sau (xem [4]):

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[H \frac{\partial H}{\partial x} \right] + \frac{N}{K} = \frac{S_{sy}}{K} \cdot \frac{\partial H}{\partial t} \quad (9)$$

Ở đây : H = H(x, t) : cột nước đo áp (m)

K : hệ số thấm của môi trường thấm (m/giờ)

N: lưu lượng thấm từ mưa (m/giờ)

S_{sy} : hệ số tích chứa của tầng thấm nước không áp

t : thời gian (giờ)

x: khoảng cách dọc trục Ox, nằm ngang hướng từ biên triều vào môi trường thấm, O lấy tại điểm tiếp xúc triều (m).

Tuyến tính hóa (9) theo phương pháp Boussinesq, ta được:

$$\frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + \frac{N}{T} = \frac{1}{a} \cdot \frac{\partial H}{\partial t} \quad (10.a)$$

Ở đây:

$$T = K \cdot \bar{H} \quad (10.b)$$

$$a = \frac{T}{S_{sy}} \quad (10.c)$$

T: hệ số dẫn truyền của tầng thấm nước không áp (m²/giờ);

\bar{H} : bề dày trung bình của tầng thấm nước không áp (m);

a: hệ số dẫn mực nước (m²/giờ)

Giải phương trình vi phân (10.a) với các điều kiện sau:

- Điều kiện biên thượng lưu:

Đập có chiều dài L đủ dài để dao động triều tắt và mực nước H₀ ở hạ lưu là hằng số, không có dòng thấm ngang qua mặt đập hạ lưu, điều kiện biên thượng lưu thỏa:

$$\left. \frac{\partial H}{\partial x} \right|_{x=L} = 0. \quad (11)$$

- Điều kiện biên hạ lưu:

$$x = 0, H(0, t) = Z_{tb} + \hat{H} \cdot \sin(\omega t) \quad (12)$$

Với: $\omega = \frac{2\pi}{T}$: tần số góc (rad/giờ); T: chu kỳ dao động triều (giờ); \hat{H} biên độ triều.

- Không có mưa (N = 0).

3.1 Phương pháp giải

3.1.1 Phương pháp giải tích

Dùng phương pháp phân ly biến số, giải (10.a) thỏa các điều kiện biên (11) & (12), ta được phương trình mực nước bão hòa như sau:

$$H(x,t) = Z_{tb} + \hat{H} e^{-(\sqrt{\omega/2a})x} \cdot \sin\left[\omega t - \sqrt{\frac{\omega}{2a}} x\right] \quad (13)$$

Đây là một dao động sin, có biên độ tắt dần, hệ số tắt dần là một hàm dạng mũ $e^{-(\sqrt{\omega/2a})x}$ giảm nhanh theo x (xem Hình 5a).

3.1.2. Phương pháp sai phân hữu hạn

Giải (10.a) với các điều kiện biên (11) & (12), điều kiện ban đầu là điều kiện tính toán từ phương pháp giải tích ứng với t=0:

$$H(x, 0) = Z_{tb} + \hat{H} e^{-(\sqrt{\omega/2a})x} \cdot \sin\left[-\sqrt{\frac{\omega}{2a}} x\right] \quad (14)$$

Sử dụng sơ đồ sai phân ẩn, dùng sai phân tiến cho thời gian (t) và dùng sai phân trung

tâm có hệ số cho đạo hàm riêng phần bậc 2 theo biến không gian (x), ta có:

$$\frac{\partial H}{\partial t} = \frac{H_i^{n+1} - H_i^n}{\Delta t} \quad (15.a)$$

$$\frac{\partial^2 H}{\partial x^2} = \frac{\theta_2 * (H_{i-1}^n - 2H_i^n + H_{i+1}^n) + \theta_1 * (H_{i-1}^{n+1} - 2H_i^{n+1} + H_{i+1}^{n+1})}{\Delta x^2} \quad (15.b)$$

Với: i = 1, 2,..N: chỉ số bước tính không gian, với $\Delta x = \text{const}$; n = 0, 1, 2, 3,..: chỉ số bước thời gian, với $\Delta t = \text{const}$; (n+1) là bước thời gian sau; n là bước thời gian hiện tại.

và: $\theta_1 + \theta_2 = 1$, với $\theta_2 \in (0,5 - 1)$.

Khi:

- $\theta_2 = 0,5$: sơ đồ sai phân ẩn Crank Nicolson (xem [8]);

- $\theta_2 = 1$: sơ đồ ẩn với sai phân của đạo hàm riêng phần bậc hai theo không gian lấy ở bước thời gian sau.

Thế (15.a) và (15.b) vào phương trình (10.a), sau khi thực hiện một số phép biến đổi toán học, ta đạt được:

$$\alpha_i \cdot H_{i-1}^{n+1} + \beta_i \cdot H_i^{n+1} + \gamma_i \cdot H_{i+1}^{n+1} = B_i \quad ;$$

Với: i: 1 .. N
(16)

với: $\alpha_1 = 0$;

$$\alpha_i = \frac{\theta_2}{\Delta x^2}; \text{ với } i = 2 \dots N;$$

$$\beta_i = -\left(\frac{2 * \theta_2}{\Delta x^2} + \frac{1}{a \Delta t}\right) \text{ với } i = 1 \dots N-1;$$

$$\beta_N = -\left(\frac{\theta_2}{\Delta x^2} + \frac{1}{a \Delta t}\right);$$

$$\gamma_N = 0; \quad \gamma_i = \frac{\theta_2}{\Delta x^2}; \text{ với } i = 1 \dots N-1;$$

$$B_i = \frac{\theta_1}{\Delta x^2} H_{i-1}^n + \left(\frac{2 * \theta_1}{\Delta x^2} - \frac{1}{a \Delta t}\right) H_i^n - \frac{\theta_1}{\Delta x^2} H_{i+1}^n - \frac{N}{T};$$

với i = 2 .. (N-1)

$$B_1 = \frac{\theta_1}{\Delta x^2} H_0^n - \frac{\theta_1}{\Delta x^2} H_1^n + \left(\frac{2 * \theta_1}{\Delta x^2} - \frac{1}{a \Delta t}\right) H_1^n - \frac{\theta_1}{\Delta x^2} H_2^n - \frac{N}{T}$$

$$B_N = -\frac{\theta_1}{\Delta x^2} H_{N-1}^n + \left(\frac{\theta_1}{\Delta x^2} - \frac{1}{a \Delta t}\right) H_N^n - \frac{N}{T}$$

Trong trường hợp biên thượng lưu là mực nước cho trước theo thời gian, ta điều chỉnh :

$$\beta_N = -\left(\frac{2 \cdot \theta_2}{\Delta x^2} + \frac{1}{a \cdot \Delta t}\right);$$

$$B_N = \frac{\theta_2}{\Delta x^2} H_{N+1}^{n+1} - \frac{\theta_2}{\Delta x^2} H_{N+1}^n + \left(\frac{2 \cdot \theta_1}{\Delta x^2} - \frac{1}{a \cdot \Delta t}\right) H_N^n - \frac{\theta_1}{\Delta x^2} H_{N+1}^n - \frac{N}{T}$$

Với: H_0^{n+1} , H_0^n mực nước ở biên triều, vào thời điểm n+1 và thời điểm n, tương ứng.

Với: H_{N+1}^{n+1} , H_{N+1}^n mực nước ở biên thượng lưu, vào thời điểm n+1 và thời điểm n, tương ứng.

Một chương trình trang điện tử EXCEL đã được viết để tính toán và so sánh các lời giải dựa theo phương pháp sai phân, giải tích và tam giác nguy hiểm cho trường hợp mái đập bằng 0, với ba sơ đồ loại I, II và III như trình bày sau.

3.2. Bài toán áp dụng để so sánh kết quả tính giữa phương pháp giải tích và sai phân hữu hạn

- Để so sánh kết quả tính giữa phương pháp sai phân hữu hạn và phương pháp giải tích, mô hình đập hình chữ nhật (Hình 1.d) với sơ đồ loại III thỏa điều kiện $\frac{\partial H}{\partial x} \Big|_{x=L} = 0$, bỏ qua yếu tố mưa (N=0); điều kiện ban đầu của hai phương pháp giống nhau H(x, t) được lấy theo (14). Các tham số khác được cho trong Bảng 1 – Sơ đồ loại III.

- Kết quả mực nước bão hoà H theo t ở các mặt cắt x = 2m; 5m; 15m và 25m được chỉ ra trong Hình 2.a, 2.b, 2.c, 2.d tương ứng. Kết quả cho thấy có sự phù hợp cao giữa hai

phương pháp. Khi x=0, biên độ triều là 0,5m; khi x=2m, biên độ mực bão hoà là 0,35m; khi x=5m, biên độ mực bão hoà là 0,2m; khi x=15m, biên độ mực bão hoà là 2,5cm; khi x=25m, biên độ mực bão hoà chỉ còn là 6mm, nghĩa là dao động triều hầu như tắt. Sai lệch mực bão hoà giữa hai phương pháp không quá 4 mm. Khi x < 15 m, lệch pha giữa hai phương pháp hầu như không đáng kể; khi x = 25m; thì lệch pha giữa hai phương pháp vào khoảng 1 giờ.

Phương pháp sai phân hữu hạn sơ đồ ẩn Crank Nicolson cũng đã được so sánh với phương pháp phân tử hữu hạn và được kiểm tra bởi số liệu thực đo tại Bình Đức, Long Xuyên, trong trường hợp không có mưa cho thấy rằng các mô hình đều mô phỏng khá phù hợp hiện tượng vật lý của truyền dao động triều vào thân đập với sai số giữa các phương pháp không vượt quá 10% (xem [4])

4. SO SÁNH KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM GIỮA HAI PHƯƠNG PHÁP TÍNH THẨM TỰA ỔN ĐỊNH VÀ TÍNH THẨM KHÔNG ỔN ĐỊNH.

Dùng phương pháp sai phân hữu hạn để tính toán kiểm tra phương pháp tam giác thấm nguy hiểm, với mô hình thấm qua đập hình chữ nhật (m = m' = 0) trong ba trường hợp sau:

- Sơ đồ loại I: $H_0 < \bar{H}$;
- Sơ đồ loại II: $H_0 > \bar{H}$;
- Sơ đồ loại III: $H_0 \approx \bar{H}$;

Số liệu bài toán cho trong Bảng 1. Kết quả tính toán và so sánh được chỉ ra trong Bảng 2.

Bảng 1. Các trường hợp thử nghiệm

Sơ đồ loại	Thủy triều			Biên khu chứa H ₀ (m)	Đặc tính đập					Thông số sai phân		
	Z _{db} (m)	H̄ (m)	T (giờ)		L (m)	K (m/giờ)	H̄ (m)	S _{sy}	a (m ² /giờ)	Δx (m)	Δt (giờ)	Θ ₂
I	1,0	0,5	24	0,5	25,5	0,2083	1,6	0,08	4,1667	0,5	2	1,0
II	1,0	0,5	24	1,5	25,5	0,2083	1,6	0,08	4,1667	0,5	2	1,0
III	1,0	0,5	24	-	25,5	0,2083	1,6	0,08	4,1667	0,5	2	0,7

Bảng 2. Kết quả so sánh

Sơ đồ loại	Điểm M(x)		J _{max}			J _{min}			Tổng lưu lượng Q qua đập trong chu kỳ T (m ³ /m/ngày)		
	X (m)	y(m)	PP. SPHH	PP. TGTNH	Sai số (%)	PP. SPHH	PP. TGTNH	Sai số (%)	PP. SPHH	PP. TGTNH	Sai số (%)
I	21,554	1,568	0,1484	0,1348	9,13	-0,1060	-0,1186	11,86	0,1460	0,1448	0,88
II	21,650	1,714	0,1091	0,1002	8,14	-0,1478	-0,1595	7,96	0,1677	0,1698	1,27
III	21,555	1,638	0,1273	0,1172	8,00	-0,1272	-0,1363	7,17	0	0	-

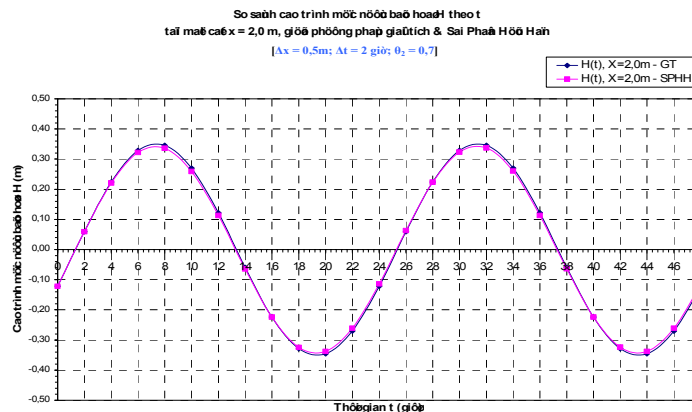
Kết quả tính toán chỉ ra rằng:

- Sai số độ dốc thủy lực J_{max} của dòng thấm thâm nhập vào thân đập không quá 10%, phương pháp sai phân hữu hạn có xu hướng lớn hơn phương pháp tam giác thấm nguy hiểm.
- Sai số độ dốc thủy lực J_{min} của dòng thấm từ thân đập chảy ra biên triều đối với sơ đồ loại I khoảng 12%, đối với hai sơ đồ còn lại dưới 8%. Về mặt giá trị tuyệt đối, J_{min} của phương pháp tam giác thấm nguy hiểm có xu hướng lớn hơn phương pháp sai phân hữu hạn, nghĩa là có xu hướng an toàn hơn nếu được sử dụng để tính toán ổn định mái dốc khi thiết kế mặt đập.
- Sai số tổng lưu lượng trong một chu kỳ triều đối với hai sơ đồ loại I và II không quá 1,5%. Còn đối với sơ đồ loại III, thì cả hai phương pháp đều đạt giá trị bằng không.
- Đối với sơ đồ loại III, cao trình mực nước tìm thấy được ở biên thượng lưu cao hơn mực nước trung bình thủy triều là 42 mm đối

với phương pháp sai phân hữu hạn, và 38 mm đối với phương pháp tam giác thấm nguy hiểm.

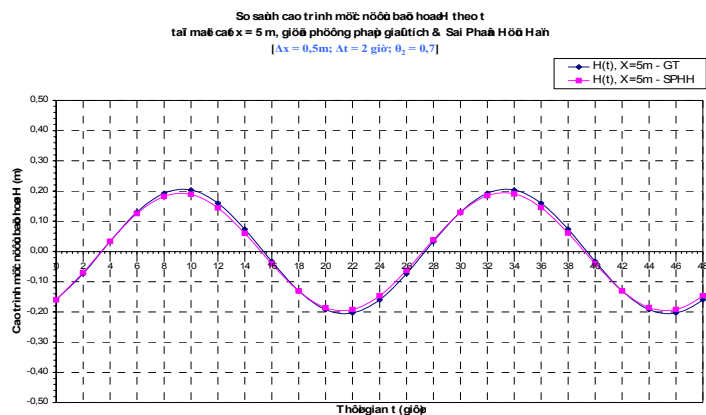
5. PHÂN TÍCH SỰ ỔN ĐỊNH CỦA MÁI ĐẬP ĐẤT DƯỚI TÁC DỤNG CỦA DÒNG THẤM CHỊU ẢNH HƯỞNG THỦY TRIỀU

Hình 3.a, 4.a, 5.a chỉ ra rằng, trong trường hợp J_{max} , dòng thấm chảy vào trong thân đập, lực do dòng thấm tác động vào phân tử đất có xu hướng hướng vào trong thân đập. Như vậy, hạt vật liệu của môi trường thấm sẽ có xu hướng tránh được hiện tượng tách rời khỏi khối đất. Ngược lại, trong trường hợp J_{min} , dòng thấm hướng ra bên ngoài, lực do dòng thấm tác động vào phân tử đất có xu hướng làm phân tử đất tách khỏi thân đập. Nên hiện tượng sạt lở đất dễ xảy ra hơn. Trong tình trạng này, nếu cộng thêm lực gây ra do các nguyên nhân khác như: vận tốc dòng chảy, sóng do tàu, do gió, ... sẽ rất dễ xảy ra hiện tượng sạt lở bờ đập, kênh.

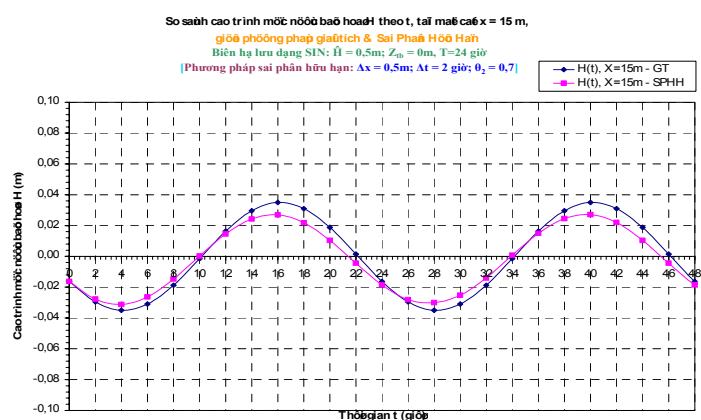


a) x = 2,0m m

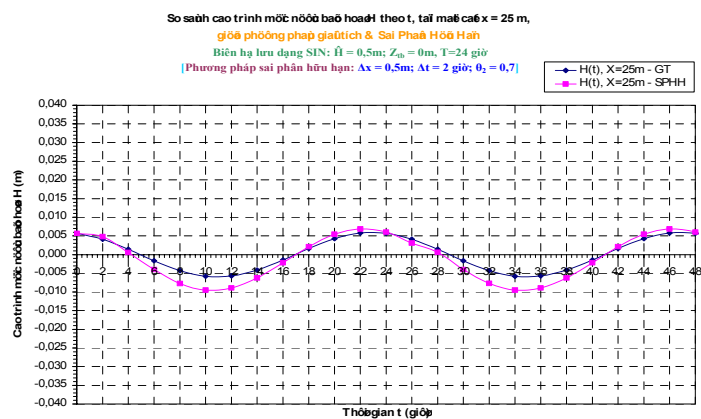
Hình 2a. So sánh mực bão hoà H(t) giữa phương pháp giải tích và sai phân hữu hạn: sơ đồ



b) x = 5,0m

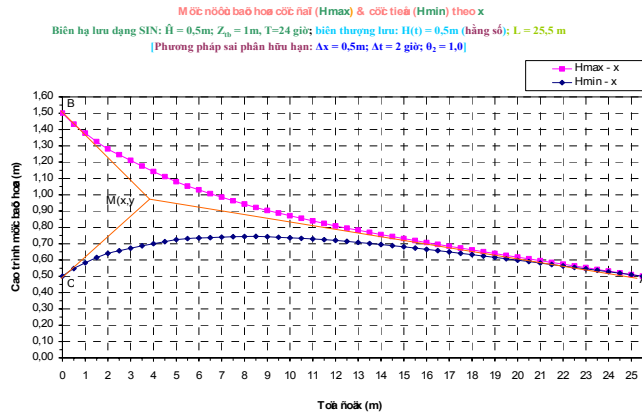


c) x = 15 m

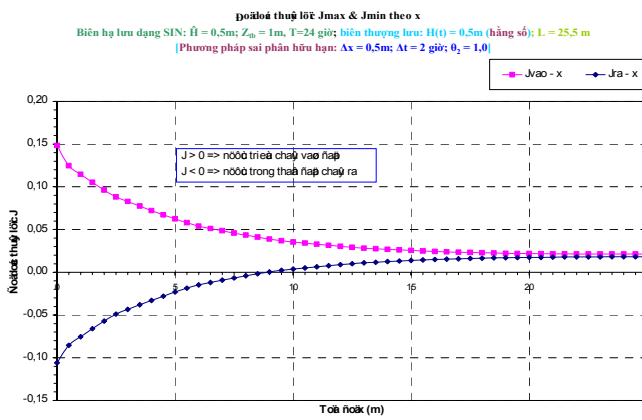


d) x = 25 m

Hình 2b,c,d. So sánh mực bão hoà $H(t)$ giữa phương pháp giải tích và sai phân hữu hạn: sơ đồ

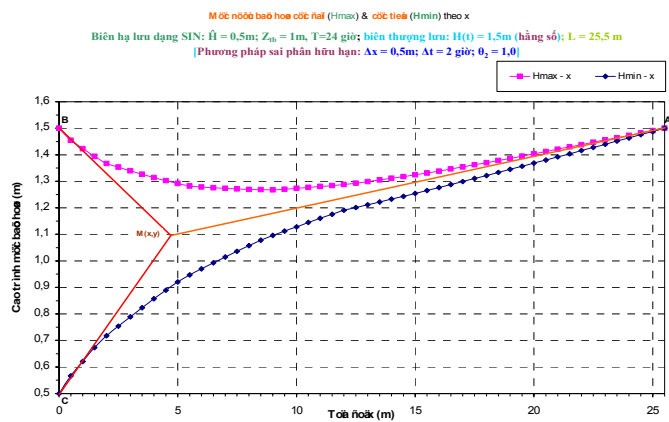


a) H_{max} và H_{min} theo x

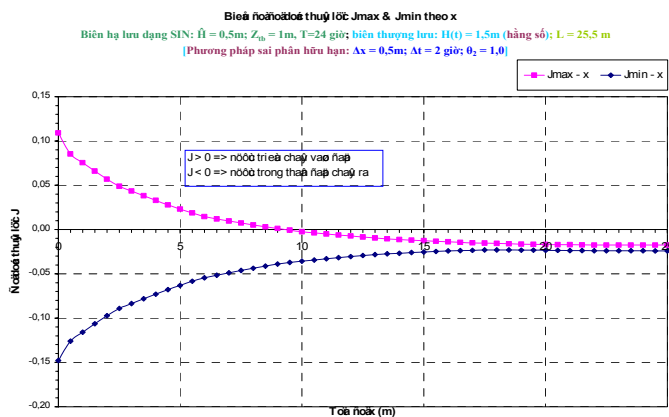


b) J_{max} và J_{min} theo x

Hình 3. Các đặc trưng cơ bản của dòng thấm - sơ đồ loại I

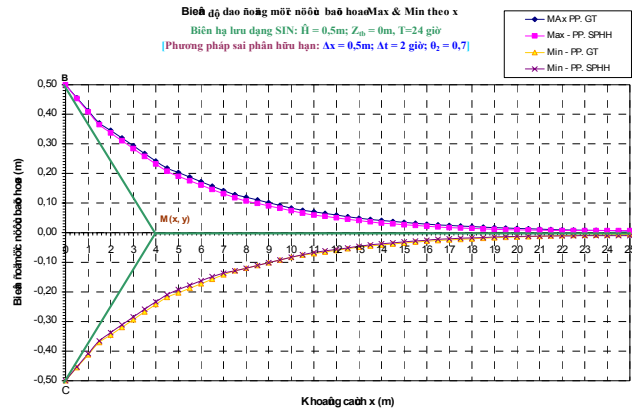


a) H_{max} và H_{min} theo x

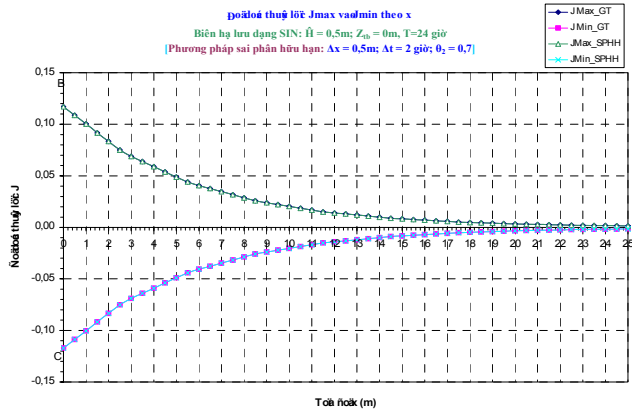


b) J_{max} và J_{min} theo x

Hình 4. Các đặc trưng cơ bản của dòng thấm - sơ đồ loại II



a) H_{\max} và H_{\min} theo x



b) J_{\max} và J_{\min} theo x

Hình 5. So sánh kết quả tính toán các đặc trưng cơ bản của dòng thấm - sơ đồ loại III giữa hai phương pháp giải tích và sai phân hữu hạn.

6. KẾT LUẬN

Phương pháp tính toán tam giác thấm nguy hiểm ở mái đập, đối với dòng thấm chịu ảnh hưởng thủy triều đã được đề xuất nhằm để xác định hai yếu tố quan trọng: tổng lưu lượng thấm trong chu kỳ triều và độ dốc thủy lực cực đại (J_{\max}) và cực tiểu (J_{\min}) của dòng thấm. Kết quả chỉ ra rằng, sai số tổng lưu lượng không quá 1,3%; sai số J_{\max} không quá 10%, và sai số J_{\min} không quá 12%, có xu hướng an toàn khi được dùng để thiết kế ổn định mái dốc đập.

Hiện tượng sạt lở mái đập, đê, bờ sông do nhiều nguyên nhân:

- Vận tốc dòng chảy lũ vượt qua vận tốc không xói cho phép của đất mái đập, bờ sông;

- Do cấu hình lòng dẫn, đoạn sông cong, chịu tác dụng trực tiếp của vận tốc dòng chảy lớn tạo nên lực gây xói lở.
- Do tác động của tự nhiên và hoạt động của con người thay đổi cấu trúc lòng dẫn hoặc gây tải trọng bất lợi trên mặt đập, đê, hoặc bờ sông.
- Do tác động của sóng do gió, do tàu và các phương tiện vận tải đường thủy gây nên,....
- Ngoài những nguyên nhân nêu trên, trong trường hợp tiếp xúc với dao động thủy triều, mái đập, đê, bờ sông sẽ chịu thêm tác động xói lở do dòng thấm không ổn định ở vùng tam giác thấm nguy hiểm gây ra, đặc biệt khi dòng thấm chảy ra biên triều ứng với độ dốc thủy lực J_{\min} . Hiện tượng này càng nguy hiểm hơn, khi mực

nước trong khu chứa cao tạo nên tổng lượng nước thấm ra biên triều lớn.

Ngoài ra, để tăng khả năng áp dụng thực tế và tính khả thi của phương pháp, một số nghiên cứu bổ sung cần được tiếp tục thực hiện nhằm

so sánh, kiểm tra phương pháp tam giác thấm nguy hiểm trong trường hợp mái dốc đập, đê, hoặc bờ sông khác không, và có xét đến ảnh hưởng của mưa.

APPROACH FOR FORECASTING DANGEROUS SEEPAGE AREA ON THE DAM SLOPE AFFECTED BY THE TIDE

Le Van Duc

University of Technology, VNU-HCM

ABSTRACT: Amplitude of oscillation of water table surface and hydraulic gradient under tidal effect, tend to decrease while the seepage flow enters the earthen dam. Therefore, there exists a Dangerous Seepage Triangular Area (DSTA) where hydraulic gradient obtains maximum values. Based on the continuity equation and an assumption on the transmission of seepage oscillation, this DSTA can be specified. Finite Difference Method (FDM), analytical and DSTA methods were programmed using EXCEL software for computation and evaluation of simulated results. The numerical experiments show that the error of total seepage discharge during a tidal cycle between FDM and DSTA methods is less than 1.3%; and the error of maximum hydraulic gradient is not greater than 12%. Besides, the analysis on the earth dam slope stability shows that the most dangerous seepage case occurs when the minimum tidal water level exists as well as maximum hydraulic gradient of out-seepage flow is reached. This is one of the important reasons that explain plenty of tidal river bank erosions in Mekong River Delta.

Keywords: unsteady seepage flow, tidal earth dam, dangerous seepage area on earth dam slope, analytical method, finite difference method, Mekong River Delta.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Lê Mạnh Hùng, Kết quả nghiên cứu xói bồi lòng dẫn và đề xuất giải pháp phòng tránh cho hệ thống sông ở Đồng bằng sông Cửu Long, *Tạp chí Nông Nghiệp và PTNT* kỳ 12 tháng 06/2005, *Hội nghị phòng chống thiên tai lũ lụt, sạt lở bờ sông vùng ĐBSCL, Long An* tháng 9/2005.
- [2]. Trần Văn Túc và Huỳnh Thanh Sơn, Nghiên cứu áp dụng mô hình toán số CCHE1D vào việc tính toán dự báo biến hình lòng dẫn, *Tuyển tập Hội nghị Khoa học và Công nghệ lần thứ 9*, Trường Đại Học Bách Khoa TP. HCM, Việt Nam, Phân ban: Khoa Kỹ Thuật Xây Dựng, (2005).
- [3]. Trần Chấn Chinh và Lê Văn Dực, phương pháp tính toán dự đoán vùng thấm nguy hiểm trên mặt đê, đập chịu ảnh hưởng của thủy triều, *Tạp chí Thủy Lợi*, ISSN: 0866-8736, TTTKHCNQ, số 288, trang 22-23, (1992).
- [4]. Trần Anh Trung, Nghiên cứu ảnh hưởng của sự dao động mực nước có chu kỳ đến sự ổn định của mái dốc bằng đất, *Tuyển tập Hội nghị Khoa học và Công nghệ lần thứ 9*, Trường Đại Học Bách Khoa TP. HCM, Việt Nam, Phân ban: Khoa Kỹ Thuật Xây Dựng, (2005).
- [5]. Jun-feng FU và Sheng JIN, *A study on unsteady seepage flow through dam*, State Key Laboratory of Coastal and Offshore Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China, (2009).
- [7]. Shang-jie Xu, Fa-ning Dang, Qing Han, Su-zhen Cheng (2009), Analysis of Stability of Dam Slope during Rapid Drawdown of Reservoir Water Level, ICEC, *International Conference on Engineering Computation*, pp.221-224, (2009).

[8]. P.G. KIXÊLEP, và cộng sự, “*Sổ tay tính toán thủy lực*”, NXB MIR, Maxcova; Lưu Công Đào và Nguyễn Tài dịch từ Tiếng Nga; NXB Nông Nghiệp, Hà Nội (1984).

[9]. Christopher G. Koutitas, *Elements of Computational Hydraulics*, Pentech Press, London, Plymouth, distributed in The USA by Chapman and Hall, New York, (1983).