

# NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA SỰ DAO ĐỘNG MỨC NƯỚC CÓ CHU KỲ ĐẾN SỰ ỔN ĐỊNH CỦA MÁI ĐỐC BẰNG ĐẤT INLUENCE OF THE PERIODIC VARIATION OF WATER LEVEL ON THE STABILITY OF EARTH SLOPE

Trần Anh Trung - Huỳnh Thanh Sơn

Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Bách khoa TP. HCM

## BẢN TÓM TẮT

Để góp phần vào việc hiểu rõ hơn bản chất vốn rất phức tạp của dòng thấm trong đất và hiện tượng sạt lở bờ sông, đặc biệt là vùng đồng bằng sông Cửu Long, báo cáo này sẽ nghiên cứu lý thuyết về dòng thấm không ổn định dựa theo định luật Darcy và phương trình liên tục của dòng chảy. Sau đó sẽ đi so sánh kết quả tính toán với kết quả đo đạc thực tế. Cuối cùng là đi tính toán ổn định của bờ dưới ảnh hưởng của dòng thấm không ổn định.

## ABSTRACT

In order to know more about the complex nature of the seepage and riverbank sliding phenomenon, especially in the Mekong delta, this report will study firstly the theory of unsteady seepage based on Darcy's law, then will compare model results with field data. Finally, the stability of riverbank will be calculated with consideration of unsteady seepage effect.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hệ thống sông ngòi Việt Nam, đặc biệt là vùng Đồng bằng sông Cửu Long rất phức tạp, và thời gian gần đây hiện tượng sạt lở bờ sông đã trở nên trầm trọng và là vấn đề cấp bách của các nhà khoa học Việt Nam. Các nghiên cứu trong nước đều đề cập đến nhiều nguyên nhân gây ra sạt lở bờ sông trong đó một số nguyên nhân chính sau:

- Do dòng chảy mặt: vào mùa mưa lũ tổng lượng dòng chảy là rất lớn và một số đoạn vận tốc lớn vượt quá vận tốc không xói cho phép của khối đất bờ sông.
- Do địa hình sông: các đoạn sông cong, gấp khúc, cù lao, cồn cát giữa sông đã bị dòng chảy vào mùa mưa lũ với vận tốc lớn tác dụng trực tiếp vào làm cho vật liệu bờ tại vị trí này mất ổn định, xói lở dần và dẫn tới sạt lở.
- Do dòng thấm: Dòng triều với chế độ bán nhật triều không đều ảnh hưởng từ biển Đông không những tạo nên sự thay đổi mực nước sông theo thời gian mà còn tạo ra dòng thấm không ổn định trong khối đất bờ sông làm cho nó khi ướt khi khô. Điều

này có thể sẽ làm giảm tính chất cơ lý của đất, sức kháng cắt của đất cũng giảm đi.

- Do tác động của con người: sự khai thác cát bừa bãi trên lòng sông tạo nên các hố xoáy lớn nên đẩy nhanh quá trình sạt lở bờ., v.v...

Từ các nguyên nhân này cũng đã đưa ra một số giải pháp phòng chống bằng các biện pháp công trình và phi công trình...

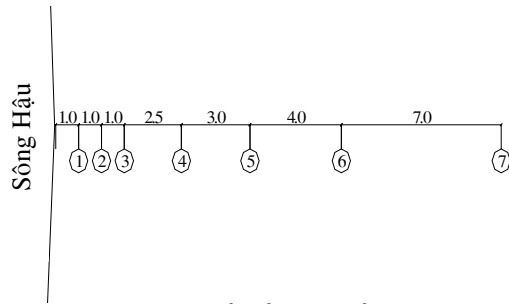
Trong các nguyên nhân kể trên thì nguyên nhân do dòng thấm là khá quan trọng, vì hệ thống sông ngòi vùng Đồng bằng sông Cửu Long luôn chịu ảnh hưởng của thủy triều (bán nhật triều không đều) và do đó mực nước sông luôn thay đổi dưới ảnh hưởng này. Khi mực nước trong sông thay đổi sẽ ảnh hưởng đến dòng thấm (đường bão hòa) đi vào bên trong khối đất bờ sông. Và tính ổn định của khối đất sẽ phụ thuộc vào vị trí của đường bão hòa này.

Vấn đề quan trọng là sự thay đổi của đường bão hòa khi mực nước ngoài thay đổi và ảnh hưởng của nó như thế nào đối với khối đất bờ sông? Tuy nhiên những nghiên cứu và tính toán cụ thể về ảnh hưởng của dòng thấm không ổn định đến sự ổn định của mái dốc bờ sông và từ

đó đưa ra những kết luận hoặc khuyến cáo cụ thể vẫn chưa thấy đề cập tới.

## 2. ĐO ĐẠC THỰC TẾ

Giới thiệu trạm đo: Đo đạc tại chỗ với một hệ thống ống đo mực nước ngầm được tiến hành tại Bình Đức, (Long Xuyên). Sơ đồ bố trí các ống đo như sau:



Hình 1. Sơ đồ bố trí các ống đo áp

Cách thức đo: Mực nước trong sông và trong các ống đo được ghi nhận từng giờ liên tục. Thông số được đo là chiều sâu  $H(m)$  từ miệng ống đo áp đến mực nước trong ống đo. Cao độ mặt đất tự nhiên tại nơi khảo sát = + 3,0m. Chiều sâu  $H$  được qui đổi về cao độ mực nước  $h$  trong ống đo áp nhờ biểu thức :

$$h = 3,0 + a - H (m)$$

với  $a = 0,3$  m là chiều cao từ miệng ống đo áp đến mặt đất.

## 3. NGHIÊN CỨU BÀI TOÁN THẨM KHÔNG ỔN ĐỊNH

### 3.1 Phương pháp giải tích

Hệ phương trình (PT) mô tả dòng thấm:

- Xuất phát từ định luật Darcy và PT liên tục:

$$\text{PT động lực học} \quad \vec{V} = K\vec{J} = -K\nabla H \quad (1)$$

$$\text{PT liên tục} \quad n \frac{\partial \rho}{\partial t} + \rho \frac{\partial n}{\partial t} + \rho \nabla \vec{V} + \vec{V} \nabla \rho = 0 \quad (2)$$

- Trong phần này chỉ xét dòng thấm phẳng không áp, không rò rỉ, đáy không thấm nằm ngang, có lưu lượng thấm từ mưa trong môi trường rỗng (MTR) đồng chất và đẳng hướng, và chỉ xét dòng thấm một chiều. Như vậy ta có được PT:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[ H \frac{\partial H}{\partial x} \right] + \frac{N}{K} = \frac{S_{sy}}{K} \frac{\partial H}{\partial t}, H = f(x, t) \quad (3)$$

Trong các PT trên:

H: cột nước đo áp tổng cộng  $H = H(x, y, t)$

K: độ dẫn suất thủy lực,  $K = K(x, y)$

t: thời gian

$\eta$  : PT diễn tả đáy không thấm  $\eta = \eta(x, y)$

(khi đáy không thấm nằm ngang  $\eta = 0$ )

N: lưu lượng thấm từ mưa  $N = N(x, y, t)$

$S_{sy}$ : hệ số tích chứa của tầng thấm nước không áp, là sản lượng của tầng thấm nước / đơn vị diện tích / đơn vị độ giảm cột nước đo áp:

$$S_{sy} = \Delta U_w / A\Delta H \quad (4)$$

$\Delta U_w$ : thể tích nước được phóng thích (hay thêm vào) từ phần rỗng giữa các vị trí ban đầu và sau cùng của mặt bão hòa.

A: diện tích nằm ngang của tầng thấm nước

$\Delta H$ : độ giảm cột nước đo áp

PT (3) là PT phi tuyến do số hạng:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( H \frac{\partial H}{\partial x} \right) = H \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + \left( \frac{\partial H}{\partial x} \right)^2$$

nên không có lời giải chính xác.

Vì vậy để có thể giải PT (3) bằng phương pháp giải tích, trước hết cần phải tuyến tính hoá nó.

Tuyến tính hoá theo phương pháp Boussinesq bằng cách thay  $H$  trong số hạng đầu tiên của (3) bằng chiều dày trung bình  $\bar{H}$  và đưa ra ngoài dấu đạo hàm, nhận được:

$$\frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + \frac{N}{KH} = \frac{S_{sy}}{KH} \frac{\partial H}{\partial t} \quad (5)$$

$$\text{hay:} \quad \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + \frac{N}{T} = \frac{1}{a} \frac{\partial H}{\partial t} \quad (6)$$

Trong đó:

$T = KH$ : được xem như hệ số dẫn truyền của tầng thấm nước không áp.

$$a = \frac{KH}{S_{sy}} = \frac{T}{S_{sy}} \text{ gọi là hệ số dẫn mực nước.}$$

\* Lời giải giải tích: Giải PT (6) với điều kiện biên là mực nước sông bị ảnh hưởng của thủy triều, thay đổi liên tục theo thời gian trong trường hợp  $N=0$  (không có lượng thấm từ trên xuống).

- Như vậy (6) cùng với các điều kiện biên của nó là:

$$\frac{\partial^2 H}{\partial x^2} = \frac{1}{a} \frac{\partial H}{\partial t} \quad (7)$$

$$x = 0, H(0,t) = \hat{H} \sin \omega t \quad (8)$$

$$x \rightarrow \infty, \partial H / \partial x = 0 \quad (9)$$

trong đó:

$\hat{H}$ : là nửa biên độ mực nước sông.

$\omega = 2\pi/T$ : là tần số góc, T: là chu kỳ dao động.

- Giải (7) bằng phương pháp phân ly biến số, ta có kết quả về PT đường bão hòa như sau:

$$H(x,t) = \hat{H} e^{-(\sqrt{\omega/2a})x} \sin\left[\omega t - \left(\frac{\omega}{2a}\right)x\right] \quad (10)$$

### 3.2 Phương pháp sai phân hữu hạn (SPHH)

Cũng xét bài toán tầng thấm nước nằm ngang của dòng thấm phẳng không áp và không rò rỉ, đáy không thấm nằm ngang, có lưu lượng thấm từ mưa trong môi trường rỗng đồng chất và đẳng hướng.

- Như vậy ta có phương trình Boussinesq sau khi đã được tuyến tính hóa (6):

$$\frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + \frac{N}{T} = \frac{1}{a} \frac{\partial H}{\partial t}$$

$x = 0$ :  $H(0,t)$  là mực nước sông thay đổi theo thời gian.

$$x = L: \frac{\partial H}{\partial x} = 0 \quad (11)$$

Điều kiện ban đầu:  $t = 0$ , dòng thấm là ổn định.

$$H(x,0) = -\frac{N}{2T} x^2 + \left( \frac{N}{2T} L + \frac{H_2 - H_1}{L} \right) x + H_1 \quad (12)$$

- Để giải (6) với các điều kiện (11) và (12), sử dụng sơ đồ ẩn, với sai phân tiến theo thời gian, sai phân trung tâm theo không gian dạng Crank – Nicolson ( $\lambda = 0,5$ ), theo sơ đồ sau:

$$\begin{cases} \frac{\partial H}{\partial t} = H_t = \frac{H_i^{n+1} - H_i^n}{\Delta t} \\ \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} = H_{xx} = \frac{H_{i-1}^{n+1} - 2H_i^{n+1} + H_{i+1}^{n+1}}{2\Delta x^2} + \frac{H_{i-1}^n - 2H_i^n + H_{i+1}^n}{2\Delta x^2} \end{cases} \quad (13)$$

với:

$i = 0, 1, 2, 3, \dots$ : bước theo phương  $x$ ;

$n = 0, 1, 2, 3, \dots$ : bước thời gian  $t$ .

Sau một số biến đổi, ta thu được một hệ phương trình đại số có dạng 3 đường chéo, trong đó đường chéo chính chiếm ưu thế. Hệ PT này có thể được giải dễ dàng bằng thuật toán Thomas. Một chương trình máy tính viết bằng ngôn ngữ Visual – Fortran 6.0 đã được xây dựng để giải hệ.

### 3.3 Phương pháp phần tử hữu hạn (PTHH)

Nghiên cứu sử dụng phần mềm Seep/w trong bộ phần mềm Geo-Slope để mô phỏng bài toán mực nước sông thay đổi theo thời gian dưới ảnh hưởng của triều.

## 4. NGHIÊN CỨU BÀI TOÁN ỔN ĐỊNH MÁI DỐC

Nghiên cứu sử dụng phần mềm Slope/w trong bộ phần mềm Geo-Slope, để tính toán tính ổn định của khối đất bờ sông dưới sự thay đổi liên tục của đường bão hòa.

## 5. CÁC BÀI TOÁN KIỂM TRA

**Bài toán 1:** giải bài toán kiểm tra giữa 3 phương pháp: phương pháp giải tích, phương pháp SPHH và phương pháp PTHH với số liệu đầu vào chuẩn như sau:

- Mực nước sông thay đổi theo thời gian là hàm số dạng sin như sau:  
 $H(0,t) = 0,5 \sin(6,283t)$
- Độ dẫn suất thủy lực:  $K = 5$  m/ngày
- Hệ số dẫn mực nước  $a = 100$  m<sup>2</sup>/ngày
- Lượng thấm do mưa:  $N = 0$

Một số kết quả so sánh được trình bày trên các hình 1.1 đến 1.3.

**Bài toán 2:** giải bài toán thực tế với các số liệu thực tế tại Bình Đức, Long Xuyên. So sánh kết quả đo đạc với 2 phương pháp tính toán là SPHH và PTHH. Sau đó tính toán ổn định bờ sông với kết quả dòng thấm không ổn định vừa tính toán.

Do kết quả đo đạc trong trường hợp này vào thời kỳ không có mưa nên các kết quả tính toán và trình bày dưới đây là không kể đến lượng thấm từ mưa.

- Mức nước sông thay đổi theo thời gian là hàm số dạng sin như sau:  

$$H(0,t) = \{0,33\sin(12,566 + 2,7) + 2,05\} + \{0,2\sin(3,142t)\}$$
- Độ dẫn suất thủy lực:  
 $K = 4,7.10^{-6} \text{ cm/s} = 0,0041 \text{ m/ngày}$
- Hệ số dẫn mực nước  
 $a = 0,309 \text{ m}^2/\text{ngày}$
- Lượng thấm do mưa:  $N = 0$

(số liệu địa chất trích trong tài liệu địa chất tại khu vực thí nghiệm).

*Một số kết quả so sánh được trên các hình 2.1 đến 2.4.*

Sau cùng, phần mềm SLOPE/W trong bộ GEO-SLOPE được sử dụng để tính ổn định mái dốc bờ sông, kết quả được thể hiện trong các hình 2.5 và 2.6.

## 6. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Qua các kết quả tính toán so sánh trên có thể rút ra một số kết luận sau:

- Ảnh hưởng của mực nước sông thay đổi tới vị trí đường bão hòa trong khối đất bờ sông là khá lớn có thể nhìn thấy rõ.
- Kết quả tính toán sẽ càng chính xác nếu hàm dao động mực nước sông được xác định sát với thực tế trong phương pháp SPHH, tuy nhiên lời giải giải tích lúc này không còn hiệu lực. Trong Seep/w ảnh hưởng này không quan trọng vì dao động mực nước sông có thể gán giá trị trực tiếp vào chương trình tính.
- Để có sự chính xác cần thiết, trong Seep/w cần xác định chính xác hàm dẫn mực nước và hàm tích chứa. Điều này khá khó khăn trong điều kiện thực tế ở Việt Nam.
- Hệ số ổn định (k<sub>min</sub>)<sub>min</sub> không phải là lúc đường bão hòa cao nhất.

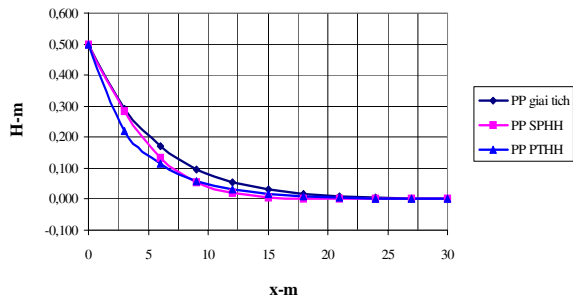
Nhìn chung, kết quả tính toán đường bão hòa trong khối đất bờ sông giữa ba phương pháp tính toán có sự hợp lý có thể chấp nhận được (sai số trung bình  $\approx 10\%$ ).

Mặc dù chương trình tính toán theo phương pháp SPHH bằng lập trình máy tính bước đầu còn thô sơ nhưng nó cho thấy tính chính xác có thể chấp nhận được và khắc phục được nhược điểm của phần mềm Seep/w.

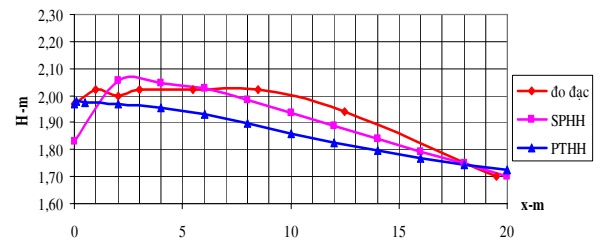
Qua kết quả tính toán ổn định mái dốc, có thể thấy việc tính ổn định trước đây ứng với mực nước sông cao nhất là điều nên được xem xét thêm.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

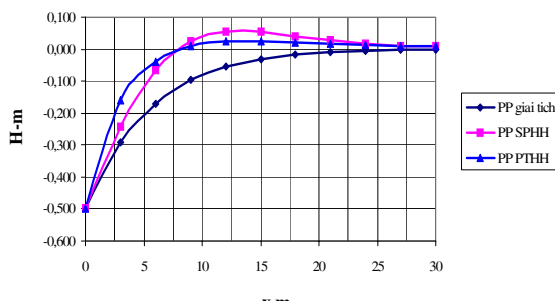
1. Lê Mạnh Hùng và Đinh Công Sản, Xói lở bờ sông Cửu Long & Biện pháp phòng tránh cho khu vực trọng điểm. NXB Nông nghiệp VN, 2002.
2. Hội khoa học - kỹ thuật xây dựng TP.Hồ Chí Minh (2003), Hội thảo khoa học phòng chống sạt lở bờ sông phía Nam. TP.Hồ Chí Minh.
3. Huỳnh Thanh Sơn, Thủy lực nước ngầm. Trường Đại học Bách Khoa TP.Hồ Chí Minh, 2003
4. Glyn James, Advanced modern Engineering mathematics, USA.
5. William F. Ames, Numerical methods for partial differential equations, New York San Francisco. University of Iowa, Iowa City, Iowa.
6. Phan Quốc Khánh, Toán chuyên đề. NXB Đại học Quốc gia TP.Hồ Chí Minh, 2000.



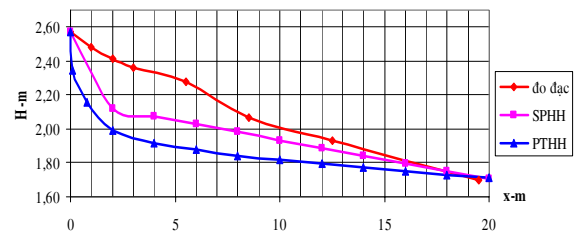
Hình 2.1 Đồ thị quan hệ H-x tại thời điểm  $t = 6$  giờ



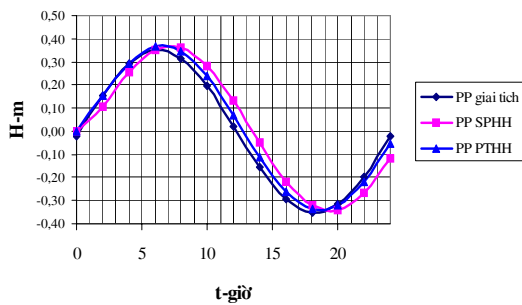
Hình 2.5 Đồ thị quan hệ H-x tại thời điểm  $t = 3$  giờ



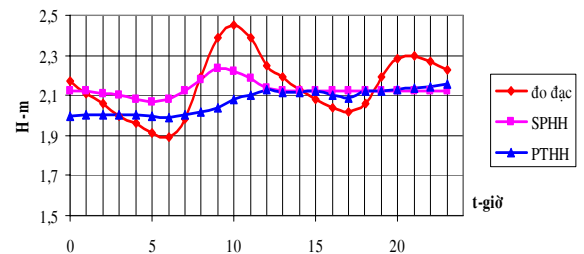
Hình 2.2 Đồ thị quan hệ H-x tại thời điểm  $t = 18$  giờ



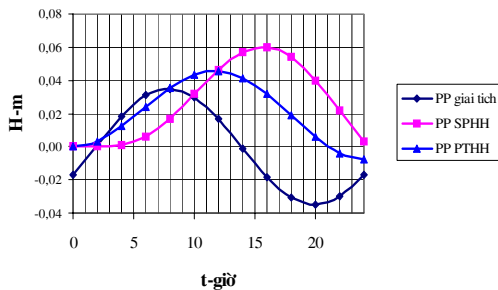
Hình 2.6 Đồ thị quan hệ H-x tại thời điểm  $t = 10$  giờ



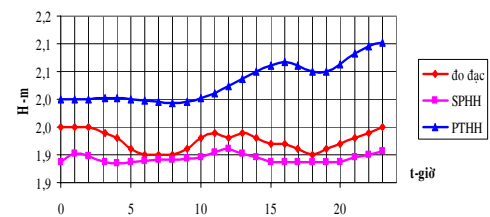
Hình 2.3 Đồ thị quan hệ H-t tại vị trí  $x = 2$  m



Hình 2.7 Đồ thị quan hệ H-x tại thời điểm  $x = 2$  m

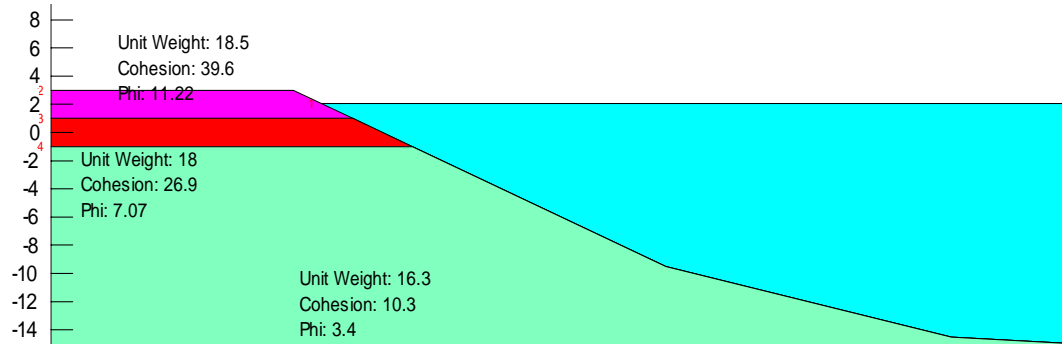


Hình 2.4 Đồ thị quan hệ H-t tại vị trí  $x = 15$  m

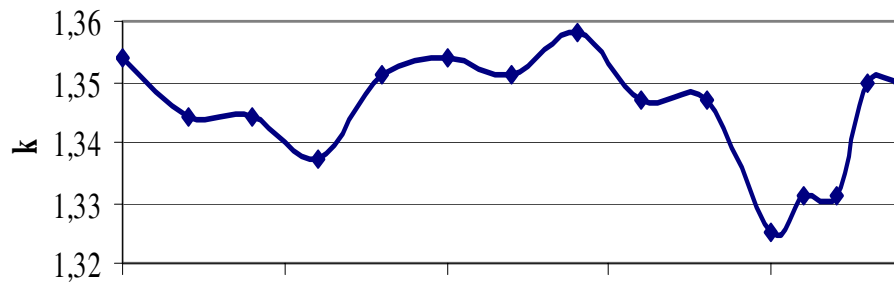


Hình 2.7 Đồ thị quan hệ H-x tại thời điểm  $x = 12.5$  m

Kết quả tính ổn định:



Hình 2.8 Địa hình bờ sông



Hình 2.9 Hệ số ổn định k theo thời gian theo phương pháp Bishop