

STABILITY ANALYSIS FOR TIDAL INLETS OF THUAN AN AND TU HIEN USING ESCOFFIER DIAGRAM

NGHIEM TIEN LAM¹, H.J. VERHAGEN², M. VAN DER WEGEN³

Abstract Stability analysis of tidal inlets is very important in providing knowledge on the behaviour of tidal inlet and lagoon systems. The analysis results can help to plan and manage the system effectively as well as to provide information for stability design of the inlets. This paper presents a method of building and applying the Escoffier diagram for tidal inlet stability analysis with tributary inflow. The method bases on the balance of the equilibrium shear stress and actual shear stress of the inlet.

PHÂN TÍCH SỰ ỔN ĐỊNH CỦA THUẬN AN VÀ TỰ HIỀN BẰNG VIỆC ỨNG DỤNG BIỂU ĐỒ ESCOFFIER

NGHIÊM TIỀN LAM¹, H.J. VERHAGEN², M. VAN DER WEGEN³

Tóm tắt Phân tích trạng thái ổn định của các cửa triều phụ thuộc vào các yếu tố tác động có ý nghĩa quan trọng trong việc nhận biết các phản ứng của hệ thống cửa triều và đảm phá để đề ra các phương án quy hoạch và quản lý hệ thống đảm phá một cách hiệu quả cũng như cung cấp thông tin cho các phương án thiết kế ổn định cửa. Bài viết trình bày phương pháp xây dựng và ứng dụng của biểu đồ Escoffier cho việc phân tích trạng thái ổn định của các cửa triều trong điều kiện có thêm dòng chảy bổ sung từ thượng nguồn. Đây là phương pháp phân tích ổn định dựa trên việc xem xét quan hệ cân bằng giữa ứng suất cân bằng và ứng suất thực tế của cửa triều.

1. GIỚI THIỆU

Biến đổi cửa triều là kết quả của mối tương tác giữa vận chuyển bùn cát vào cửa và khả năng đẩy bùn cát ra khỏi cửa bằng dòng triều. Sự cân bằng của quan hệ tương tác này quyết định sự ổn định của cửa. Khả năng chuyển tải bùn cát của dòng chảy trong cửa phụ thuộc vào vận tốc dòng chảy trong cửa, do đó, phụ thuộc vào diện tích mặt cắt ngang của cửa. Dựa trên nhận thức này, Escoffier (1940) đã giới thiệu một đường cong ổn định thủy lực, được gọi là biểu đồ Escoffier, trong đó vận tốc dòng chảy lớn nhất được vẽ quan hệ với diện tích mặt cắt ngang của dòng chảy. Dựa vào biểu đồ này, một cửa triều được xác định là ổn định về mặt thủy lực nếu diện tích mặt cắt ngang của nó lớn hơn một diện tích chảy giới hạn. Cửa triều có diện tích mặt cắt ngang nhỏ hơn giá trị giới hạn này sẽ được coi là không ổn định về mặt thủy lực. Theo van de Kreeke (1985), sức tải cát của dòng chảy trong cửa có thể biểu diễn tốt nhất bởi ứng suất tiếp đáy lớn nhất trong một chu kỳ triều, $\hat{\tau}$. Dựa vào biểu đồ Escoffier, van de Kreeke (1985) sử dụng ứng suất tiếp đáy lớn nhất thay cho vận tốc dòng chảy lớn nhất để phân tích ổn định. Về sau tiếp cận này được mở rộng cho các hệ thống nhiều cửa (van de Kreeke, 1990^a, 1990^b). Trong các điều kiện cân bằng, giá trị của ứng suất tiếp thực tế $\hat{\tau}$ bằng với một giá trị ứng suất tiếp cân bằng $\hat{\tau}_{eq}$. Nếu $\hat{\tau} > \hat{\tau}_{eq}$, cửa sẽ có xu hướng bị xói. Ngược lại, nếu $\hat{\tau} < \hat{\tau}_{eq}$, cửa sẽ có xu hướng bị bồi lấp. Thông qua việc so sánh các giá trị của ứng suất cân bằng và ứng suất thực tế trong các điều kiện thủy động lực học khác nhau chúng ta có thể biết được trạng thái ổn định của các cửa.

¹ Đại học Thủy lợi Hà Nội; E-mail: tlnghiem@yahoo.com, N.T.Lam@ct.tudelft.nl

² Đại học Công nghệ Delft (TU Delft), Hà Lan; E-mail: H.J.Verhagen@ct.tudelft.nl

³ Viện Giáo dục về Nước UNESCO-IHE; E-mail: MVW@unesco-ihe.org

2. PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH ỨNG SUẤT TIẾP THỰC TẾ

Ứng suất tiếp thực tế có thể được tính toán thông qua biểu thức

$$\hat{\tau} = \rho f V_{\max}^2 \quad (1)$$

Với $V_{\max}$ là giá trị của vận tốc dòng chảy lớn nhất có thể được xác định bằng việc giải hệ phương trình biểu diễn dòng chảy trong hệ thống cửa triều và đầm phá. Trong nghiên cứu này, $V_{\max}$ được tính toán dựa trên nghiệm giải tích của bài toán thủy lực trong cửa triều có xét đến thành phần quán tính và sự đóng góp của dòng chảy nhập lưu từ các sông thượng lưu [3,4].

$$V_{\max} = \hat{u} + u_f \quad (2)$$

Biên độ dòng triều qua cửa $\hat{u}$ được xác định qua việc giải lập phương trình [3,4]:

$$\hat{u}^4 + 2u_f \hat{u}^3 + \mu \hat{u}^2 - \nu = 0 \quad (3)$$

với hệ số

$$\nu = \left(\frac{3\pi g a_o}{4F} \right)^2 = \frac{a_o^2}{\gamma^2} \quad (4)$$

và

$$\mu = \nu \left(\frac{\delta}{a_o} \right)^2 + u_f^2 = \frac{\delta^2}{\gamma^2} + u_f^2 \quad (5)$$

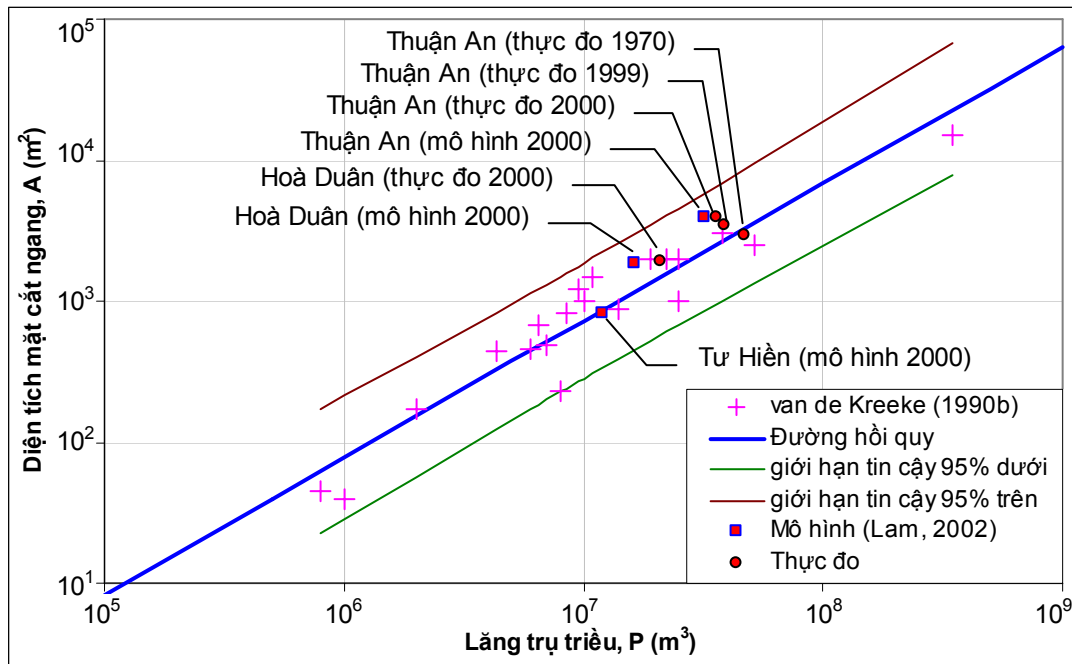
trong đó: $\hat{u}$ = biên độ dòng triều trong cửa; u_f = phần vận tốc dòng chảy phụ thêm do dòng nhập lưu thượng nguồn; a_o = biên độ thủy triều ngoài biển; F = trở kháng toàn bộ của lạch cửa; $\alpha = \omega \sqrt{\frac{A_b L_c}{A_c g}}$ = hệ số quán tính; $\beta = \gamma(\hat{u} + u_f)$; $\gamma = \frac{4F}{3\pi g}$; $\delta = \frac{1-\alpha^2}{\omega} \frac{A_c}{A_b}$; A_b = diện tích mặt nước của đầm phá; A_c = diện tích mặt cắt ngang của dòng chảy qua cửa triều; L_c = chiều dài hiệu dụng của cửa triều; ω = tần số sóng triều; ϕ = độ lệch pha giữa dòng triều trong cửa và mực nước triều ngoài biển.

3. PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH ỨNG SUẤT TIẾP CÂN BẰNG

Theo đề nghị của van de Kreeke (1990^b), ứng suất tiếp cân bằng có thể được tính toán từ quan hệ giữa lắng trụ triều và diện tích mặt cắt ngang của cửa như sau

$$\hat{\tau}_{eq} = \rho f V_{\max}^2 = 466 f C_K^2 A_C^{0.062} \quad (6)$$

Dựa vào số liệu đo đạc và kết quả mô hình toán, các điểm quan hệ giữa lắng trụ triều và diện tích mặt cắt ngang cửa triều của tỉnh Thừa Thiên - Huế được vẽ trên biểu đồ quan hệ do van de Kreeke (1990^b) thiết lập cho phương trình (6) như trên hình 2. Kiểm tra các điểm quan hệ giữa lắng trụ triều và diện tích mặt cắt ngang các cửa triều của Thừa Thiên - Huế như trên hình 2 cho thấy các điểm này tương đối phù hợp với quan hệ được xây dựng bởi van de Kreeke (1990^b) cho nên biểu thức (6) được sử dụng để tính ứng suất tiếp cân bằng cho các cửa triều Thuận An và Tư Hiền của Thừa Thiên - Huế.



Hình 2. Quan hệ giữa lũ lụt triều và diện tích mặt cắt ngang cửa

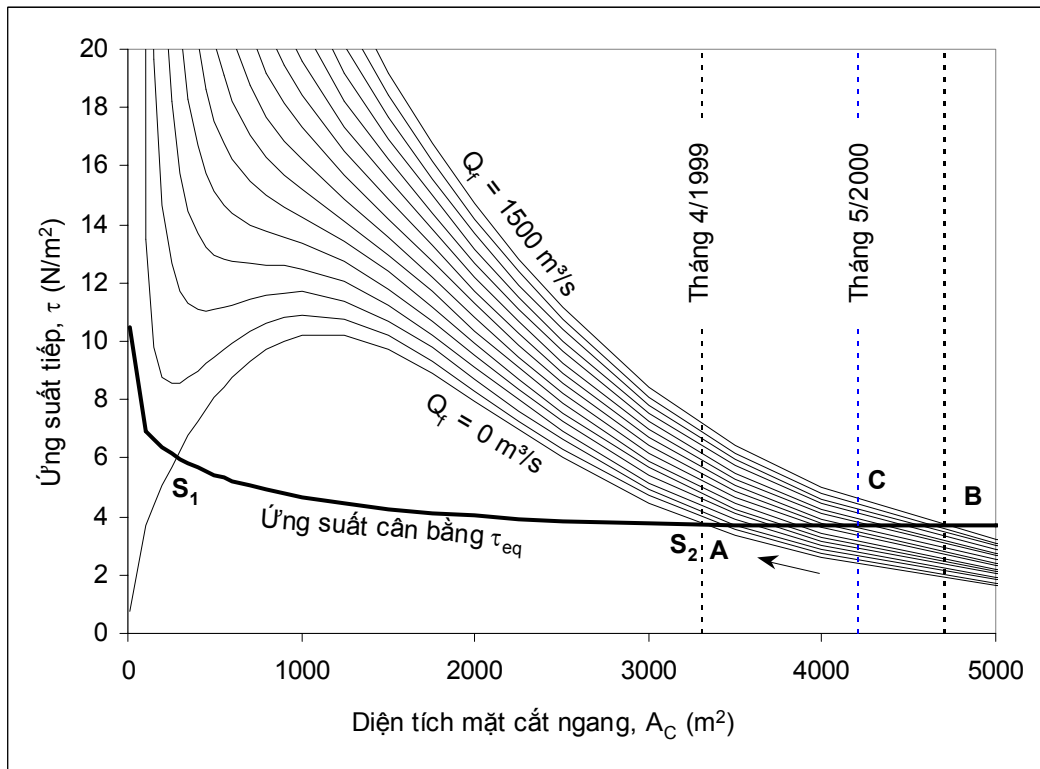
4. PHÂN TÍCH TRẠNG THÁI ỔN ĐỊNH CỦA CÁC CỬA

Các thông số sử dụng để phân tích ổn định cho cửa Thuận An và cửa Tư Hiền nhận được từ các tài liệu đo đạc và mô hình toán một chiều cho hệ thống được ghi trong bảng 1.

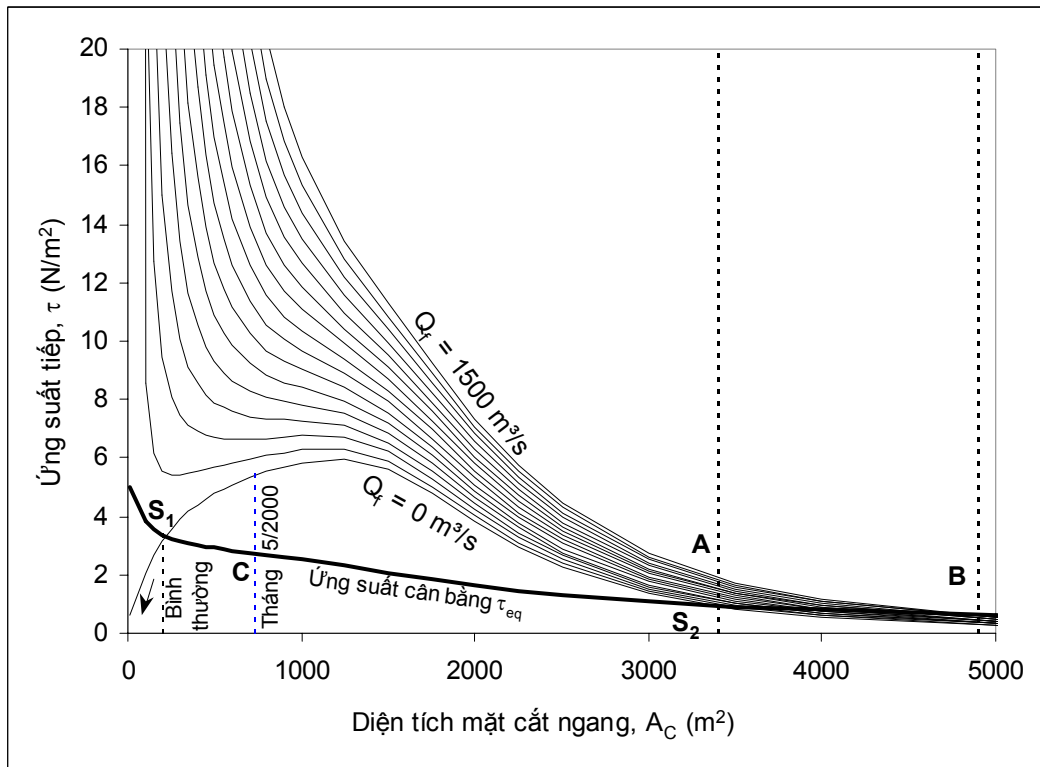
Thông số	Cửa Thuận An	Cửa Tư Hiền
Diện tích đầm phá, A_b (km ²)	104.2	112
Diện tích mặt cắt ngang cửa, A_c (m ²)	4000	600
Chiều dài lạch cửa hữu ích, L_c (m)	500	1000
Biên độ thủy triều, a_o (m)	0.25	0.30
Chu kỳ triều, T (giờ)	12.4	12.4
Độ nhám Manning, n	0.025	0.025
Hệ số C_K	0.9	0.8
Hệ số ma sát, f	0.006	0.010
Hệ số quán tính, α	0.16	1.06
Ứng suất tiếp cân bằng, τ_{eq} (N/m ²)	3.69	4.34

Bảng 1. Thông số của các cửa

Từ các thông số của các cửa trong bảng 1, các biểu đồ Escoffier được xây dựng cho các cửa Thuận An và Tư Hiền dựa trên việc giải phương trình (3) với các cấp lưu lượng và giá trị diện tích mặt cắt ngang cửa khác nhau. Ứng suất tiếp cân bằng được xác định cho từng cửa dựa trên phương trình (6).



Hình 3. Biểu đồ Escoffier cho cửa Thuận An với các cấp lưu lượng



Hình 4. Biểu đồ Escoffier cho cửa Tư Hiền với các cấp lưu lượng

Từ hình 3 ta có thể thấy là khoảng diện tích mặt cắt ngang ổn định của cửa Thuận An là từ 3300 m² đến 4700 m² tương ứng với khoảng lưu lượng nhập lưu từ 0 đến 1500 m³/s giới hạn bởi hai điểm A và B. Chúng ta cũng thấy là cửa Thuận An bình thường ở trong trạng thái cân bằng ổn định, thậm chí với các lưu lượng nhập lưu nhỏ (điểm A – trạng thái tháng 4/1999).

Sau trận lũ lịch sử tháng 11/1999, cửa được mở rộng và đào sâu (điểm C – trạng thái tháng 5/2000). Cửa sẽ có xu hướng quay trở lại vị trí cân bằng ổn định theo hướng điểm A nếu lưu lượng các sông đổ ra nhỏ hơn 1000 m³/s.

Ngược lại, cửa Tư Hiền thường xuyên ở trong tình trạng cân bằng không ổn định như trên hình 4. Bởi vì lưu lượng các sông đổ ra qua cửa này là nhỏ, theo biểu đồ Escoffier (1940), cửa sẽ dễ dàng bị đóng nếu xảy ra bất kỳ một nhiễu động nào làm cho nó lệch khỏi vị trí cân bằng này mà giảm diện tích mặt cắt ngang của cửa. Sau trận lũ tháng 11/1999, cửa Tư Hiền được mở rộng ra như trên hình 4 (ví dụ là vị trí C vào tháng 5/2000). Nhưng vị trí mới này vẫn quá xa vị trí cân bằng ổn định hơn là so với vị trí cân bằng không ổn định. Do vậy, cửa được dự báo là sẽ dần dần điều chỉnh để trở về vị trí cân bằng không ổn định trong tương lai.

5. KẾT LUẬN

Việc phân tích trạng thái ổn định của các cửa triều dựa trên phân tích giải tích các thông số thủy động lực học của cửa sẽ cho chúng ta có thêm hiểu biết về phạm vi ổn định và mất ổn định của các cửa phụ thuộc vào các nhân tố ảnh hưởng chính. Phương pháp phân tích ổn định này có thể sử dụng như là một công cụ để đánh giá nhanh phản ứng về ổn định của các cửa khi có các can thiệp của con người vào hệ thống ví dụ như việc thu hẹp diện tích đầm phá do nuôi tôm hay khai hoang. Ngoài ra chúng ta cũng có thể sử dụng phương pháp này xác định các thông số cho việc thiết kế công trình nhằm ổn định cửa triều.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Escoffier, F.F, 1940. The stability of tidal inlets. *Shore and Beach*, 8 (4), 114-115.
2. Lam, N.T., 2002, A Preliminary Study on Hydrodynamics of the Tam Giang – Cau Hai Lagoon and Tidal Inlet System in Thua Thien-Hue Province, Vietnam, M.Sc. Thesis H.E. 105, IHE, Delft.
3. Nghiem Tien Lam, H.J. Verhagen, and M. van der Wegen, 2003, Hydrodynamic modelling of tidal inlets in Hue, Vietnam, *The sixth International Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries* (COPEDEC VI), Colombo
4. Nghiem Tien Lam, H.J. Verhagen, và M. van der Wegen, 2004, Nghiệm giải tích của dòng chảy trong cửa triều nổi với đầm phá có sự tham gia của dòng chảy thượng nguồn, *Tạp chí khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường*, số 5 (05-2004), Hà Nội, 24-26.
5. Van de Kreeke, J., 1990^a. Can multiple inlets be stable? *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 30, 261-273.
6. Van de Kreeke, J., 1990^b. Stability analysis of a two-inlet bay system. *Coastal Engineering*, 14, 481-497.