

VỀ CHẾ ĐỘ DÒNG CHẢY KHU VỰC TAM THÔN HIỆP- CẦN GIỜ

TS. Nguyễn Kỳ Phùng, KS. Trần Tuấn Hoàng
Trung tâm KTTV phía Nam

1. Giới thiệu

Tam Thôn Hiệp là xã nằm trong huyện Cần Giờ thuộc vùng duyên hải ở Thành phố Hồ Chí Minh. Xã Tam Thôn Hiệp nằm trên tuyến đường giao thông từ Nhà Bè đi Cần Giờ, cách trung tâm thành phố Hồ Chí Minh khoảng 30km và cách trung tâm huyện Cần Giờ 25km. Đây là khu vực nghèo và chậm phát triển của thành phố Hồ Chí Minh, cơ sở hạ tầng để phát triển hầu như chưa có, đời sống nhân dân ở đây còn gặp rất nhiều khó khăn.

Công trình kè bảo vệ bờ sông xã Tam Thôn Hiệp trước đây đã được UBND huyện Cần Giờ đầu tư xây dựng. Đoạn kè cũ dài khoảng 250m, kết cấu bằng cọc bê tông cốt thép dài 8m, 10m đóng sâu xuống đất cách nhau $1,00 \div 1,50\text{m}$, sau đó gác tấm đan bằng bê-tông cốt thép chắn đất. Qua một thời gian sử dụng, do tác động của dòng chảy và sóng do tàu thuyền qua lại, kết hợp với nền địa chất mềm yếu, các cọc bê-tông cốt thép bị nghiêng, làm sụp tất cả các tấm đan chắn đất làm cho bờ kè bị sạt lở nghiêm trọng. Hiện tượng xói lở ven bờ sông vẫn tiếp tục phát triển với tốc độ lớn, đe dọa phá hoại khu dân cư của xã. Do đó, việc nghiên cứu chế độ dòng chảy ở khu vực này có vai trò quan trọng trong việc thiết kế kè chống xói lở.

2. Vị trí khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu nằm ở ngã ba giữa sông Lòng Tàu và rạch Tắc Rối, cao độ mặt đất tự nhiên tương đối đều $+1,00\text{m} \div +1,50\text{m}$. Địa hình tương đối bằng phẳng, dòng sông uốn cong bờ lõm về phía UBND xã Tam Thôn Hiệp. Lòng sông phía bên xây dựng kè tương đối xoải, tuy nhiên lòng chính của sông Lòng Tàu có chỗ khá sâu.

3. Các đặc trưng chế độ thủy văn

Sông Lòng Tàu nằm trong hệ thống sông Sài Gòn - Đồng Nai, đây là khu vực có chế độ dòng chảy phức tạp, chịu ảnh hưởng trực tiếp của cả triều biển Đông và lũ ở thượng nguồn. Khu vực dự án chịu ảnh hưởng trực tiếp của chế độ bán nhật triều không đều, một ngày đêm có 2 đỉnh triều lên và 2 đỉnh triều xuống. Mực nước cao nhất khu vực nghiên cứu thường vào các tháng X và XI, đây là thời kỳ mực nước triều cường ở biển Đông gặp lũ hoặc nước xả từ các hồ chứa trên thượng nguồn như Dầu Tiếng, Trị An, mực nước thấp nhất vào các tháng VI - VII.

4. Mô hình toán

a. Để giải bài toán dòng chảy có các phương trình:

Phương trình chuyển động

$$\frac{\partial u}{\partial t} + Z(u) - f v = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau''}{\partial z} + A_l \Delta u \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + Z(v) + f u = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau''}{\partial z} + A_l \Delta v \quad (2)$$

Phương trình liên tục

$$\frac{\partial w}{\partial z} + \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad (3)$$

Phương trình thủy tĩnh

$$\frac{\partial p}{\partial z} = -g\rho \quad (4)$$

ở đây :

$$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$$

$$Z(\varphi) = \frac{\partial}{\partial x}(u\varphi) + \frac{\partial}{\partial y}(v\varphi) + \frac{\partial(w\varphi)}{\partial z}$$

Trục z hướng lên trên với gốc tọa độ ở bề mặt thoáng.

P - áp suất; ρ - mật độ nước,

A_l - hệ số rối ngang của V.

Sau khi lấy tích phân phương trình (4) từ "0" đến "z" và sử dụng điều kiện $p_0 = p_a + g\rho\xi$ ở $z=0$ và coi $p_a = \text{const}$ được :

$$p = g\rho\xi + g \int_z^0 \rho dz \quad (5)$$

Như vậy phương trình chuyển động (1) và (2) có thể viết là :

$$\frac{\partial u}{\partial t} + Z(u) - f v = -g \frac{\partial \xi}{\partial x} - \frac{g}{\rho} \frac{\partial \int_z^0 \rho dz}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau_u}{\partial z} + A_l \Delta u \quad (6)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + Z(v) + f u = -g \frac{\partial \xi}{\partial y} - \frac{g}{\rho} \frac{\partial \int_z^0 \rho dz}{\partial y} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau_v}{\partial z} + A_l \Delta v \quad (7)$$

b. Điều kiện biên

Ở bề mặt thoáng

$$\rho_0 K \frac{\partial u}{\partial z} = \tau_u ; \quad \rho_0 K \frac{\partial v}{\partial z} = \tau_v \quad (8)$$

và

$$P = P_a \quad (9)$$

cùng với điều kiện

$$w_o = \frac{d\xi}{dt} = \frac{\partial \xi}{\partial t} + u_o \frac{\partial \xi}{\partial x} + v_o \frac{\partial \xi}{\partial y} \quad (10)$$

Ở đáy :

– Ở đáy sẽ có các điều kiện sau :

$$\left. \begin{aligned} \rho_o K \frac{\partial u}{\partial z} &= \tau_u^H \\ \rho_o K \frac{\partial v}{\partial z} &= \tau_v^H \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

– Đối với vận tốc đứng :

$$w_H = u_H \frac{\partial H}{\partial x} + v_H \frac{\partial H}{\partial y} \quad (12)$$

Ở các biên cứng sẽ có các điều kiện không thấm và trượt đối với vận tốc

$$v_n = 0 ; \quad \frac{\partial v_\tau}{\partial n} = 0 \quad (13)$$

n - vectơ pháp tuyến; τ - tiếp tuyến.

Ở biên lỏng cho các điều kiện phân bố vận tốc hay là dao động mực nước.

Để xác định dao động mực nước tự do, lấy tích phương trình liên tục (3) từ đáy đến mặt thoáng cùng với các điều kiện biên (12) và (16) sẽ được :

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} = - \left(\frac{\partial}{\partial x} \int_H^\xi u dz + \frac{\partial}{\partial y} \int_H^\xi v dz \right) \quad (14)$$

Điều kiện ban đầu thể hiện trạng thái ban đầu ở thời điểm $t=0$ và coi như là đã biết.

$$\begin{aligned} u &= u^o, \quad v = v^o, \quad w = w^o \\ \xi &= \xi^o \end{aligned} \quad (15)$$

c. Sơ đồ tính

Theo trục z ta sẽ chia thành N lớp đứng có chiều dày Δz_k (sẽ có 02 chiều dày thay đổi ở lớp bề mặt và lớp đáy). Sau đó phương trình (6), (7), (3) được lấy tích phân theo từng mỗi lớp và có tính đến điều kiện biên giữa mặt thoáng, đáy và giữa các lớp. Giữa các lớp Tensor τ_k^u và τ_k^v được xác định bằng

$$\begin{aligned} \tau_u^k &= \rho C \Delta z_k \sqrt{\Delta u_k^2 + \Delta v_k^2} \\ \tau_v^k &= \rho C \Delta z_k \sqrt{\Delta u_k^2 + \Delta v_k^2} \end{aligned} \quad (16)$$

$k = 1, \dots, N$ - số lớp; C - hệ số

$$\Delta u_K = u_{K+1} - u_K$$

$$\Delta v_K = v_{K+1} - v_K$$

Cách lấy tích phân theo chiều sâu có tính các điều kiện biên có thể xem rõ hơn ở [1]. Vì khuôn khổ bài báo có hạn nên chúng tôi không đề cập ở đây.

Sơ đồ tính cụ thể có thể tham khảo ở các công trình [1].

Mô hình trên được ứng dụng tính cho đoạn sông vùng Tam Thôn Hiệp $\Delta x = 25\text{m}$, $\Delta y = 10\text{m}$, $\Delta \tau = 0,5\text{s}$. Các lớp được chia 0m, 0,5m, 1m, 2m, và đáy. Chương trình được tính trong 6 ngày với các điều kiện biên là dao động điều hòa ở 3 biên lỏng.

5. Phân tích kết quả

Bài toán được chạy trong 6 ngày, ở đây, chúng tôi đưa ra một số kết quả tính đặc trưng của dòng chảy khu vực Tam Thôn Hiệp. Sau 117 giờ, dòng chảy có hướng từ phía bắc xuống, đồng thời nước chảy ra ở các khu vực thuộc biên phía nam và đông. Tại khu vực sông cong (Phía trên nông trường quận 3), dòng chảy có giá trị tương đối lớn xấp xỉ 1,8m/s. Ngoài ra, giá trị vận tốc lớn còn thấy được ở khu vực UBND xã Tam Thôn Hiệp. Theo thời gian, do mực nước ở biên phía bắc tăng lên, biên phía nam và đông mực nước giảm nên dòng chảy có xu thế tăng lên trên toàn miền. Từ sau 120 giờ dòng chảy đổi hướng từ phía nam và đông vào và chảy ra phía bắc và từ từ tăng lên. Và ta thấy ở phía nam dòng chảy có giá trị cao nhất ở khu vực Nông trường Thanh Niên khi nước chảy vào còn ở các khu vực khác vận tốc dòng chảy tương đối nhỏ. Sau 129 giờ, dòng chảy đổi chiều. Theo thời gian, mực nước phía bắc từ từ dâng lên, phía đông và nam hạ xuống và trường dòng chảy lúc này giống như trường dòng chảy trước đó vào lúc 117h.

Từ một số kết quả tính toán cho thấy dòng chảy từ phía bắc chảy xuống có lưu lượng cao hơn lưu lượng dòng chảy từ phía đông và nam chảy lên, dòng chảy thay đổi chiều theo chu kỳ ứng với chu kỳ triều (12h) và trường dòng chảy ở khu vực Tam Thôn Hiệp phụ thuộc rất rõ rệt vào chu kỳ triều này.

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Kỳ Phùng. Mô hình dòng chảy 3 chiều biển Đông Việt Nam. Luận án tiến sĩ toán lý, 1993 (Tiếng Nga).
2. Debolski B. K. Động lực học lòng sông và vùng ven biển, 1994 (Tiếng Nga)
3. Mixailov B.H., Thủy văn vùng cửa sông, 1998. (Tiếng Nga).
4. Nguyễn Thị Bảy, Nguyễn Kỳ Phùng. The 2-d model of flow and sediment transportation in a curved open channel. International colloquium in mechanics of solids, fluids, structures and interactions, 1998.