

ĐỀ XUẤT PHƯƠNG PHÁP TÍNH DÒNG VẬN CHUYỂN BÙN CÁT TRÊN CƠ SỞ CẢI TIẾN VÀ KẾT HỢP MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP THÔNG DỤNG HIỆN NAY

NCS. Trần Quang Tiến

Trung tâm Khí tượng Thủy văn biển

1. Đặt vấn đề

Vấn đề vận chuyển bùn cát là hợp phần quan trọng của bồi xói bờ biển nói riêng và của thủy thạch động lực nói chung.

Hiện nay trên thế giới, phương pháp tính dòng vận chuyển bùn cát được xây dựng theo hai hướng chính: tính theo năng lượng sóng trong đối sóng đổ và tính theo phương pháp ứng suất.

Những phương pháp hiện đại tính dòng vận chuyển bùn cát được xây dựng trên cơ sở tổng hợp những ảnh hưởng của sóng và dòng chảy, trong đó phần lớn công thức tính vận chuyển bùn cát được phân tích thành dòng di đáy (S_b) và dòng lơ lửng (S_s).

Tuy nhiên, trong các mô hình đã và đang sử dụng đều có những nhân tố quan trọng chưa được kể đến, hoặc chỉ mới đề cập tới một vài khía cạnh riêng của chúng. Chẳng hạn, phương pháp của Bijker đã giả thiết rằng lớp vận chuyển đáy có độ dày bằng độ gồ ghề đáy biển r và nồng độ trầm tích ở đó không đổi. Ở những nơi mà độ gồ ghề chưa biết, Bijker đề nghị dùng độ gồ ghề bằng $1/2$ sóng đáy. Nhưng trong thực tế độ gồ ghề ở đáy thường lớn hơn rất nhiều độ gồ ghề mà ông đề nghị, các giá trị gồ ghề bằng từ 2 đến 4 lần độ cao sóng đáy và hiện nay được nhiều người chấp nhận. Càng tăng mạnh về độ gồ ghề đáy thì càng tăng độ dày của lớp di đáy, điều này dẫn đến khả năng ít được chấp nhận giả thiết về nồng độ không đổi lên toàn bộ độ dày của lớp này.

Mối tương quan nồng độ được Einstein dùng khi áp dụng cho sóng đã bỏ qua bất kỳ sự xáo trộn nào có thể xuất hiện do kết quả của vận tốc thẳng đứng do sóng gây ra.

Nhiều công thức trên đều không tính đến ứng suất tới hạn (vận tốc tới hạn), như vậy, sự tồn tại của dòng chảy bất kỳ và ứng suất bất kỳ đều dẫn tới sự vận chuyển trầm tích. Nhưng khi nghiên cứu cơ chế vận chuyển bùn cát cho thấy rằng các hạt vật chất sẽ ở nguyên vị trí nếu như tốc độ dòng sát đáy U_b (không phụ thuộc vào nguồn gốc) nhỏ hơn một giá trị tới hạn U_{ber} : $U_b < U_{ber}$. Các phân tử sẽ chuyển động với tốc độ U_b nếu như $U_b > U_{ber}$. Về mặt ứng suất, tốc độ tới hạn U_{ber} tương ứng với ứng suất tới hạn τ_{cr} . Như vậy, dòng vận chuyển phụ thuộc vào ứng suất dòng tác động lên đáy.

Để khắc phục một phần tồn tại trên, chúng tôi đề xuất phương pháp tính dòng vận chuyển bùn cát, được cải tiến từ phương pháp của Mayer-Peter kết hợp với phương pháp Bijker và có sử dụng các công thức tính các tham số của Van Rijn, Soulsby.

2. Phương pháp tính dòng vận chuyển trầm tích được đề xuất

a. Phương pháp cải tiến

Phương pháp đề xuất, được cải tiến từ phương pháp của Mayer-Peter kết hợp với phương pháp của Bijker và các qui trình tính toán các tham số của Soulsby, Van Rijn.

Công thức tính dòng bùn cát phụ thuộc vào ứng suất đáy đã được sử dụng từ lâu thông qua công thức dạng Mayer-Peter [2]:

$$Q_{sb} = \frac{k}{\sqrt{\rho}} (\tau_0 - \tau_{cr})^{3/2} \quad (1)$$

trong đó: Q_{sb} - dòng bùn cát do dòng chảy (m^2/s),
 τ_0 - ứng suất đáy, τ_{cr} - ứng suất tới hạn, ρ - mật độ của nước,

$$k = \frac{8}{g\rho \left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1 \right)},$$

ρ_s - mật độ trầm tích, g - gia tốc trọng trường.

Để công thức (1) tính toán thực tế được (có tính đến sóng và các nhân tố quan trọng khác), đã kết hợp với phương pháp của Bijker. Các tác giả đều thống nhất cho rằng ứng suất đáy bao gồm hai thành phần: ứng suất sóng và ứng suất dòng. Theo Bijker thì ứng suất trung bình $\bar{\tau}_{cs}$ có thể tính theo công thức [3]:

$$\bar{\tau}_{cs} = \tau_c \left[1 + \frac{1}{2} \left(\xi \frac{\bar{U}_b}{V} \right)^2 \right] \quad (2)$$

trong đó: $\tau_c = \rho g \frac{V^2}{C^2}$ - ứng suất dòng, ξ - tham số, $\xi = \frac{C\sqrt{f_w}}{\sqrt{2g}}$, f_w - tham số ma

sát sóng, C - hệ số Chezy, V - tốc độ trung bình theo tiết diện ngang của dòng, ρ_s - mật độ của hạt, ρ - mật độ nước. f_w được sử dụng trong công thức tính ứng suất sóng $\tau_s = \frac{1}{2} f_w U_b^2$, U_b - tốc độ tức thời của dòng đáy.

Theo lý thuyết sóng tuyến tính, giá trị trung bình của vận tốc này có dạng $\bar{U}_b = \frac{\gamma}{2} \sqrt{gh}$, $\gamma = \frac{H}{h}$, H - độ cao sóng và h - độ sâu.

Sử dụng công thức (1) trong điều kiện thực tế tỷ số $(\tau_{cr}/\tau_{cs}) \ll 1$, ta có:

$$Q_{sb} = \frac{k}{\sqrt{\rho}} \bar{\tau}_{cs} (\bar{\tau}_{cs} - \tau_{cr})^{1/2} \quad (3)$$

$\bar{\tau}_{cs}$ - ứng suất đáy tổng cộng do sóng và dòng chảy, τ_{cr} - ứng suất tới hạn

Mặt khác, có thể biến đổi công thức (2) tính ứng suất tổng cộng về dạng:

$$\bar{\tau}_{cs} = \rho C_f \left[V^2 + \frac{0,25 K_f}{4} \gamma^2 gh \right]$$

trong đó: $K_f = \frac{f_w}{C_f}$

Có thể cho rằng $\bar{\tau}_{cs} - \tau_{cr} = \rho C_f (V^2 - V_{cr}^2)$ (4)

trong đó: V_{cr} - vận tốc tới hạn

C_f - hệ số ma sát

Thay vào (3) ta nhận được

$$Q_{sb} = K \rho (C_f)^{3/2} \left[V^2 + \frac{K_f}{16} \gamma^2 gh \right] (V^2 - V_{cr}^2)^{1/2} \quad (5)$$

Trong khi tính toán đòi hỏi các giá trị hệ số ma sát C_f và vận tốc tới hạn V_{cr} . Để tính toán chúng có thể sử dụng một số công thức khác nhau.

Như vậy, có thể cho phép tính toán dòng bồi tích đáy theo các đặc trưng sóng và dòng chảy trong đới ven bờ có tính đến cơ chế ứng suất và vận tốc tới hạn.

Việc sử dụng hiệu ứng suất đáy theo dạng Mayer-Peter đã góp phần khắc phục được các nhược điểm của các phương pháp tính dòng bồi tích hiện có, chúng cho phép đánh giá khả năng vận chuyển vật chất do hiệu ứng tổng của sóng và dòng chảy ven bờ. Tuy vậy, trong phương pháp này dòng vật chất lơ lửng vẫn chưa được tính đến.

Để khắc phục nhược điểm của các phương pháp nêu trên, chúng tôi tiến hành kết hợp phân tích toán dòng vật chất lơ lửng trong phương pháp của Bijker [3] và phương pháp cải tiến (5), cho phép tính đến một cách đầy đủ các thành phần của dòng bồi tích.

Theo Bijker thì tương quan giữa dòng vật chất vận chuyển sát đáy và dòng lơ lửng có dạng:

$$\frac{Q_{ss}}{Q_{sb}} = 1,83 Q \quad (6)$$

Q_{ss} - dòng trầm tích lơ lửng

trong đó: $Q = I_1 \ln\left(\frac{33h}{r}\right) + I_2$ với I_1 và I_2 là hàm của z_* và tỷ số A:

$$z_* = \frac{W}{\chi V^*}, \quad V^* = \frac{V}{C} \sqrt{g} = \sqrt{\frac{\tau}{\rho}}, \quad W - \text{vận tốc lắng đọng của hạt trong nước,}$$

$\chi = 0,4$ - hằng số Karman,

$$W = \frac{v}{d} \left[(10,36^2 + 1,049 D_*)^{1/2} - 10,36 \right]$$

$$D_* = \left[\frac{g(s-1)}{v^2} \right]^{1/3} d$$

trong đó: d - đường kính trung bình của hạt trầm tích

$s = \rho_s / \rho$, v - độ nhớt động học của nước

$$A = \frac{r}{h}, r - \text{độ gồ ghề của đáy.}$$

Dựa theo Z_s và tỷ số A tra bảng tìm được Q

Việc kết hợp này được tiến hành trên cơ sở cho rằng dòng bồi tích Q_{sb} tính theo công thức (5) chính là dòng bồi tích đáy, tỷ lệ giữa dòng đáy và dòng lơ lửng được tính theo công thức (6).

Dòng bồi tích tổng cộng sẽ là:

$$Q_t = Q_{sb}(1 + 1,83Q) \quad (7)$$

Dòng Q_{sb} này sẽ chính xác hơn dòng Q_{sb} được tính theo Bijker vì có kể đến ảnh hưởng của ứng suất tới hạn, mặt khác có thể sử dụng phân bố vận tốc dòng theo công thức chính xác hơn.

Nếu kể đến ảnh hưởng của chuyển động rối, sự phân bố vận tốc trong đới sóng đổ có thể tính được chính xác hơn theo công thức của Longuet - Higgins [4] phụ thuộc vào khoảng cách không thứ nguyên X:

$$V = (AX + B_1 + X^{p_1}) V_0 \quad (8)$$

Trong đó A, B_1 , p_1 - các hệ số phụ thuộc vào tỷ số giữa độ cao sóng và độ sâu $\gamma = H_b/h_b$, góc sóng vào α_b , hệ số ma sát C_r và độ dốc β ; V_0 - tốc độ trung bình theo độ sâu tại đường sóng đổ.

Trị số dòng chảy sử dụng trong công thức (5) có thể do nhiều nguồn gốc khác nhau như sóng, triều, dòng sông ... nên tính được các ảnh hưởng của điều kiện địa hình trầm tích cụ thể, nếu đảm bảo được số liệu đầu vào.

b. Lựa chọn các công thức (qui trình) để tính toán các tham số trong phương pháp tính dòng vận chuyển trầm tích được chọn ở trên

Đã chọn trị số tốc độ trong công thức (5) là dòng chảy dọc bờ (longshore current) để tính dòng vận chuyển trầm tích dọc bờ.

Mỗi một tham số trong phương pháp cải tiến có nhiều công thức (qui trình) tính khác nhau và cho ra kết quả dòng vận chuyển trầm tích khác nhau. Việc chọn lựa các công thức (qui trình) để tính các tham số trong phương pháp đã chọn ở trên sao cho phù hợp với thực tế là rất quan trọng, nó quyết định tính thực tiễn của phương pháp đã chọn. Việc kiểm chứng trên hiện trường là rất khó thực hiện vì thiếu số liệu thực tế đo đạc lại không có điều kiện tiến hành khảo sát đo đạc thực địa. Để khắc phục tình trạng trên, chúng tôi đã tiến hành tính toán thử nghiệm với nhiều phương án khác nhau theo 3 phương pháp: phương pháp cải tiến, phương pháp Bijker, phương pháp CERC với cùng một số liệu đầu vào. Các kết quả cuối cùng được so sánh đối chiếu với nhau, từ đấy rút ra công thức (qui trình) nào là thích hợp (cách làm trên có thể coi là phương pháp so sánh đối chiếu theo mẫu).

Qua nhiều lần tính toán thử nghiệm với nhiều phương án khác nhau và so sánh, phân tích kết quả đã chọn lựa được các công thức tính các tham số như sau:

- Để tính phân bố vận tốc dòng dọc bờ theo cách tính của Kama dựa trên phương pháp của Longuet-Higgins [4]:

- Về mặt lý thuyết, đây là phương pháp được cải tiến và kết hợp từ những phương pháp thông dụng hiện nay và có cơ sở lý thuyết rõ ràng, nó tính đến một số nhân tố ảnh hưởng quan trọng mà một số phương pháp thông dụng chưa tính đến.

- Cũng như một số phương pháp hiện đại, phương pháp cải tiến tính được phân bố ngang trên từng mặt cắt vuông góc với bờ của dòng trầm tích dọc bờ (hình 2).

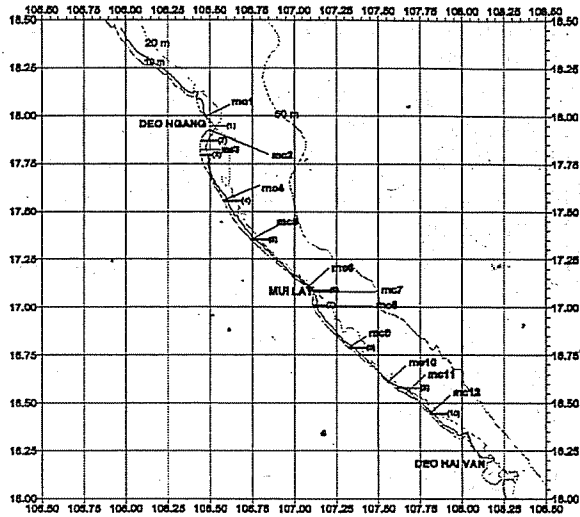
- Nếu tiến hành kiểm nghiệm bằng phương pháp so sánh theo mẫu thì phương pháp cải tiến cho kết quả phù hợp:

+ Về mặt định tính thì kết quả tính của ba phương pháp trùng nhau,

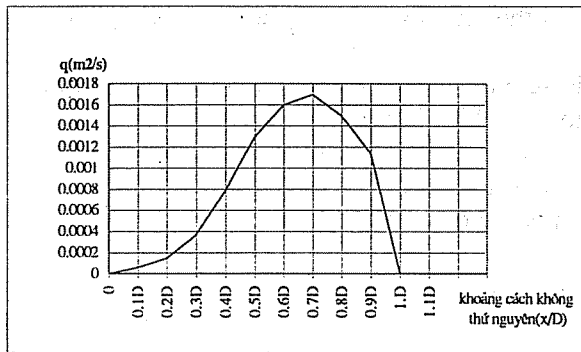
+ Về mặt định lượng thì kết quả của phương pháp Bijker cho giá trị lớn hơn, kết quả tính của phương pháp cải tiến cho giá trị bé hơn phương pháp Bijker nhưng lớn hơn phương pháp CERC.

Bảng 1. Kết quả tính dòng vận chuyển trầm tích dọc bờ tại các mặt cắt

Mặt cắt Tháng	Theo phương pháp cải tiến			Theo phương pháp Bijker		
	10	11	12	10	11	12
	(m ³ /tháng)	(m ³ /tháng)	(m ³ /tháng)	(m ³ /tháng)	(m ³ /tháng)	(m ³ /tháng)
1	-6,7535E+04	-1,0581E+05	-2,6727E+05	-1,5920E+05	-2,5730E+05	-3,6000E+05
2	0,0000E+00	0,0000E+00	-2,1810E+04	-1,6850E+04	-4,9180E+04	-5,9380E+04
3	-7,6981E+03	-3,1264E+03	-1,0063E+04	-2,6310E+04	-2,8140E+04	-3,0150E+04
4	-1,0056E+04	-1,9973E+03	-6,1240E+03	-2,6490E+04	-1,6240E+04	-1,9120E+04
5	-1,1193E+03	0,0000E+00	-2,0031E+02	-5,7180E+03	-2,2610E+03	-2,4310E+03
6	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
7	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
8	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
9	-1,9323E+02	0,0000E+00	0,0000E+00	-1,7680E+03	-4,7180E+02	-2,4080E+02
10	0,0000E+00	-1,9020E+04	-7,9167E+04	-5,7620E+04	-1,1330E+05	-1,5540E+05
11	-1,8804E+05	-3,3522E+05	-5,0050E+05	-3,0400E+05	-5,0290E+05	-5,6340E+05
12	-1,6617E+05	-2,9182E+05	-6,2223E+05	-3,2570E+05	-5,1230E+05	-6,6670E+05
Qnet (m ³ /năm)	-4,4081E+05	-7,5700E+05	-1,5074E+06	-9,2370E+05	-1,4820E+06	-1,8570E+06
Qgros (m ³ /năm)	4,4081E+05	7,5700E+05	1,5074E+06	9,2370E+05	1,4820E+06	1,8570E+06



Hình 1. Sơ đồ phân chia các mặt cắt



Hình 2. Phân bố ngang dòng trầm tích dọc bờ tại mặt cắt 11 tháng 12 (tính toán theo phương pháp cải tiến)

Tài liệu tham khảo

1. Coastal Engineering Research Center. *Shore Protection Manual*. US Army Corps of Engineers, Vol I, IV., Washington, DC, 1984.
2. *Dynamics of marine sands*. A manual for practical application. Richard Soulsby. Thomas Telford 1997.
3. *Habor and beach problems*. Coastal Engineering Group, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands 1988.
4. P.D.Komar. Beach sand transport. Distribution an total drift. *J. of Waterway, port, coastal and ocean division*, Vol 103, WW2, (1977).
5. *Genesis: Generalized model for simulating shoreline change*, Report 2. Workbook and system user's manual. 1991.
6. Báo cáo tổng kết đề án KHCN cấp Nhà nước - 5B. " Nghiên cứu, dự báo, phòng chống sạt lở bờ biển Miền Trung (từ Thanh Hoá đến Bình Thuận) ". Hà Nội, 2001.
7. Nguyễn Quang Thiết, Đinh Văn Ưu, Lê Chí Vy. Tính toán dòng bùn cát và lắng đọng vùng cửa sông. *Tạp chí Khoa học*, Đại học Tổng hợp Hà Nội, N^o1 (1988).