

ƯỚC LƯỢNG HỆ SỐ MA SÁT TRONG CHUYỂN ĐỘNG TRIỀU Ở CÁC SÔNG

Phạm Văn Huấn, Phạm Văn Vy, Phạm Thanh Thúy

Khi hiện thực hóa những mô hình tính triều trong những vịnh biển nông hoặc trong các sông, người ta phải cho trước những trị số của hệ số ma sát hay hệ số cản để tính tới ảnh hưởng của ma sát đáy của thủy vực tới chuyển động. Kết quả thử nghiệm số các mô hình có phù hợp với cảnh tượng của chuyển động trong vùng nghiên cứu hay không tùy thuộc rất nhiều vào sự lựa chọn đúng những trị số của hệ số ma sát nói trên.

Những phương pháp xác định hệ số ma sát trong chuyển động triều đã được xem xét trong [1, 2] và những kết quả cũng chỉ được xem xét như là những ước lượng bước đầu của hệ số ma sát cho trường hợp các biển nông với độ sâu dưới 100 m [4]. Trong dải độ sâu nhỏ hơn 10 m, tức dải độ sâu tương ứng với phần lớn các vùng nước sát bờ thoải của biển và các cửa sông, trong sông chắc chắn hệ số ma sát sẽ có trị số lớn hơn nhiều và cần được ước lượng để có căn cứ chấp nhận nó trong thử nghiệm số các mô hình truyền triều từ biển vào trong sông.

Ở đây chúng tôi thử xác định các trị số của hệ số ma sát cho những vùng nước nông sát bờ và các sông bằng cách kết hợp những kết quả giải tích khi giải các phương trình triều với những số liệu thực đo khá phong phú về dòng triều và dao động mực nước ở các cửa sông nhận được trong khi khảo sát nghiên cứu sự xâm nhập triều vào các sông vùng vịnh Bắc Bộ.

Với bước xấp xỉ bậc nhất có thể xem sự truyền triều trong sông như là sự truyền sóng dài tiến biên độ nhỏ trong các kênh dài vô tận

thiết diện ngang không đổi, được mô tả bằng cân bằng của các lực quán tính, lực gradien áp suất thủy tĩnh và lực ma sát đáy sông dưới dạng tuyến tính. Lực ma sát này tạo nên những đặc điểm đã được biết của sự truyền triều trong sông như: giảm biên độ dao động của mực nước và dòng chảy, giảm tốc độ truyền sóng, tức tạo nên sự chênh lệch về pha dao động giữa cửa sông và các điểm trong sông về phía thượng nguồn lớn hơn. Ngoài ra sự có mặt của lực ma sát phá vỡ tính đồng pha của gia tốc chuyển động và gradien áp suất, làm cho tốc độ dòng chảy đạt cực đại không đúng vào lúc mực nước đạt cực đại – cực đại vận tốc dòng chảy xảy ra trước khi xuất hiện nước lớn (hoặc nước ròng), điều thường ghi nhận được khi quan trắc liên tục đồng thời dao động mực nước và dòng chảy tại những thủy trực trong sông và cửa sông.

Chuyển động triều trong sông với những đặc điểm vừa nêu trên đây có thể được mô tả bằng hệ phương trình vi phân của quá trình truyền sóng trong kênh sâu với thiết diện ngang không đổi:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + g \frac{\partial \eta}{\partial x} + ru = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + H \frac{\partial u}{\partial x} = 0 \quad (2)$$

với nghiệm phản ánh sự tắt dần của dao động dọc theo kênh và giảm tốc độ truyền sóng do ma sát với đáy kênh [3]:

$$\eta = he^{-mx} \sin \frac{2\pi}{T_0} \left(t - \frac{n}{C_0} x \right) \quad (3)$$

$$u = \frac{gh}{C_0} \frac{e^{-mx}}{s} \left[n \sin \frac{2\pi}{T_0} \left(t - \frac{n}{C_0} x \right) + p \cos \frac{2\pi}{T_0} \left(t - \frac{n}{C_0} x \right) \right] \quad (4)$$

trong đó: u, η – tuần tự là tốc độ (trung bình thiết diện) của dòng triều và độ cao mực nước trên mực sông trung bình; x – tọa độ không gian với gốc ở cửa sông giáp biển và hướng chiều dương vào phía trong sông; t – thời gian; H – độ sâu trung bình của sông; r – hệ số ma sát; g – gia tốc rơi tự do; h – biên độ dao động của mực nước ở cửa sông tiếp giáp với biển; C_0, T_0 – tuần tự là vận tốc truyền sóng và chu kỳ sóng triều ở cửa sông giáp biển;

$$m = \frac{2\pi}{C_0 T_0} \sqrt{\frac{1}{2} \sqrt{s} - \frac{1}{2}};$$

$$n = \sqrt{\frac{1}{2} \sqrt{s} + \frac{1}{2}};$$

$$p = \sqrt{\frac{1}{2} \sqrt{s} - \frac{1}{2}};$$

$$s = \sqrt{1 + \frac{1}{4} \frac{T_0^2}{\pi^2} r^2}.$$

Từ những quan trắc thực tế về dao động mực nước và dòng chảy ở những mặt cắt khác nhau dọc theo sông, chúng ta có thể nhận được những đặc trưng cơ bản về đặc điểm truyền triều trong sông như biên độ dao động của mực nước, các vận tốc dòng triều lên hoặc xuống cực đại, thời gian nước lớn, nước ròng, thời gian xuất hiện các dòng triều cực đại ở mỗi mặt cắt, chênh lệch pha giữa dao động mực nước và dòng chảy và nếu sử dụng các nghiệm giải tích (3)–(4) có thể tính được hệ số ma sát có mặt trong các biểu thức tính độ cao mực triều và dòng triều.

Nếu tại mặt cắt x_1 xác định được từ số liệu thực đo biên độ dao động mực nước h_1 , thời gian nước lớn t_{m_1} , thời gian xuất hiện

dòng triều lên cực đại t_{c_1} , còn tại mặt cắt x_2 các đặc trưng tương ứng tuần tự là h_2, t_{m_2}, t_{c_2} thì từ (3) – (4) sau một số biến đổi chúng ta sẽ nhận được các công thức để tính hệ số ma sát r như sau:

a) Tính theo giảm biên độ dao động mực nước trên hai mặt cắt:

$$r = \frac{M}{T_0} \sqrt{\frac{M^2}{\pi^2} + 4}$$

với

$$M = \frac{C_0 T_0 \ln(h_1 / h_2)}{x_2 - x_1} \quad (5)$$

b) Tính theo chênh lệch pha dao động mực nước trên hai mặt cắt:

$$r = \frac{4\pi N}{T_0} \sqrt{N^2 - 1}$$

với

$$N = \frac{C_0 (t_{m_2} - t_{m_1})}{x_2 - x_1} \quad (6)$$

c) Tính theo chênh lệch pha dao động mực nước và pha dao động dòng triều trên cùng một mặt cắt:

$$r = \frac{4\pi P}{T_0 (1 - P^2)}$$

với

$$P = \operatorname{tg} \left(2\pi \frac{t_m - t_c}{T_0} \right) \quad (7)$$

Trong thực tế, những điều kiện về hình thể sông làm cơ sở của mô hình truyền dao động triều (1)–(2) không bao giờ được thỏa mãn hoàn toàn. Nếu chú ý rằng dù thiết diện sông thực biến đổi từ mặt cắt này tới mặt cắt kia, vận tốc truyền sóng triều trong nó chỉ phụ thuộc vào biến đổi độ sâu, còn biên độ dao động triều (độ lớn triều) phụ thuộc cả vào biến đổi độ sâu lẫn độ rộng của sông, hơn nữa vai trò của biến đổi độ rộng sông lớn hơn, thì dễ dàng nhận thấy rằng các công thức (6) và (7)

tính ma sát dựa vào các đặc trưng về chênh lệch pha chắc chắn sẽ cho kết quả đáng tin cậy hơn so với công thức (5), ngoài ra, với cùng những điều kiện quan trắc, công thức (7) tính ma sát thông qua những đặc trưng về pha rút ra từ những quan trắc đồng nhất tại cùng một mặt cắt sẽ cho kết quả đáng được ưu tiên nhất xét về độ tin cậy. Một ưu điểm nữa của công thức (7) là trong nó không có mặt đặc trưng tốc độ truyền sóng ở cửa sông giáp biển, một đại lượng cũng cần phải xác định trước nhưng cũng mang sai số.

Để thử nghiệm tính toán với các công thức đã nhận được, chúng tôi sử dụng 45 trạm quan trắc ngày đêm về mực nước (hoặc độ sâu công tác) và dòng triều ở những sông khác nhau ở đồng bằng Bắc Bộ.

Ngoài chuỗi số liệu về dòng triều, mực nước với độ dài 25 giờ và độ gián đoạn 1 giờ đã được xử lý bằng phương pháp phân tích

điều hòa để xác định những đặc trưng triều cơ bản và những đại lượng trung gian cần cho tính toán với các công thức. Trên các bảng 1 và 2 là những thí dụ về các đặc trưng triều và các kết quả tính hệ số ma sát theo các công thức (quy chuẩn theo tốc độ góc của sóng triều). Ở cột cuối cùng của các bảng này ghi trị số của hệ số ma sát đã quy chuẩn, tức đã chia cho tốc độ góc của sóng triều. Muốn tìm hệ số ma sát thứ nguyên s^{-1} phải lấy hệ số ma sát quy chuẩn nhân với $2\pi/T_0$.

Những đặc trưng triều được dẫn trong các bảng cho thấy tính chất sóng tiến trong chế độ truyền sóng của các sông được nghiên cứu. Phần lớn các sông này có độ dốc đáy như nhau và tương đối nhỏ, tạo điều kiện thuận lợi cho thủy triều với cường độ lớn ở vịnh Bắc Bộ truyền vào sâu và chịu biến dạng dần dần.

Bảng 1

Các đặc trưng triều trong sông và kết quả tính hệ số ma sát qua thí dụ sông Văn Úc

Ngày đo	Trạm đo	Cách Hòn Dấu (km)	Biên độ mực nước so với Hòn Dấu (%)	Chậm pha mực nước so với Hòn Dấu (giờ)	r
3-1990	Hòn Dấu	0	100	0	-
	Quang Phục	20	73	1,1	2,92
	Tiên Tiến	30	72	1,8	3,74
	Trung Trang	40	67	2,8	5,53
8-1990	Hòn Dấu	0	100	0	-
	Quang Phục	20	40	1,2	3,74
	Tiên Tiến	30	28	2,0	4,91
	Trung Trang	40	18	2,5	4,20

Kết quả tính cho thấy, như đã nhận định ở trên, những công thức (6)–(7) cho kết quả khả quan hơn cả. Mặc dù điều kiện quan trắc không hoàn toàn như nhau đối với các trạm và các thời kỳ quan trắc khác nhau nhưng các trị số nhận được không tán mạn và trong điều kiện thực hiện lấy trung bình theo tuyến sông và theo các kỳ quan trắc các trị số nhận được có thể coi là đáng tin cậy. Trong vùng cửa

sông sát biển, tức đoạn sông cách biển dưới 20 km, nơi độ sâu sông khoảng 5–10 m, dải các giá trị của hệ số ma sát quy chuẩn có thể chấp nhận bằng 2,0–3,0, tức lớn hơn hệ số ma sát ở vùng biển nước nông một chút [4]. Khi tính toán với phần sông xa hơn về phía thượng lưu, khoảng 20–40 km cách biển, nơi độ sâu sông xấp xỉ 5 m hoặc nhỏ hơn, có thể nên lấy hệ số ma sát quy chuẩn bằng 3–4.

Bảng 2

Các đặc trưng triều ở các cửa sông và kết quả tính hệ số ma sát

Sông	Trạm đo	Thời gian	Chậm pha so với nước lớn ở Hòn Dấu (giờ)		r
			Nước lớn	Dòng lên cực đại	
Thái Bình	Đò Hàn	2-1992	0,91	-4,25	2,99
		9-1991	3,03	-2,25	3,02
	Cống C1	2-1992	1,00	-4,45	3,07
		9-1991	1,32	-2,38	2,12
Văn Úc	Phà Khuê	2-1992	2,68	-2,25	2,49
		9-1991	1,02	-1,67	1,65
	Vinh Quang	2-1992	1,29	-3,15	2,51
		9-1991	2,21	-2,25	2,51
Lạch Tray	Cầu Rào	3-1992	1,11	-4,75	3,30
		9-1991	1,58	-3,07	2,70
	Đồn Riêng	3-1992	1,44	-4,23	3,25
		9-1991	0,89	-3,38	2,45
Cấm	Hùng Vương	3-1992	1,57	-1,17	1,65
		9-1991	2,23	-1,47	2,12
	Máy Chai	3-1992	1,80	-2,85	2,70
		9-1991	1,83	-2,53	2,51
Bạch Đằng	Cửa Nam Triệu	9-1991	2,58	-4,28	3,91
		3-1992	0,01	-3,17	1,78
	Đá Bạch	9-1991	1,82	-2,22	2,39
		3-1992	3,22	-4,62	4,47
	Phà Rừng	9-1991	0,69	-4,15	2,76

Tài liệu tham khảo

- [1] Д. У. Вапняр, 1960: Влияние трения на пливные явления мелководных районов – Тр. ГОИН, Вып. 53.
- [2] А. Т. Иппен, Д.Р.Ф. Харлеман, 1970: Динамика приливов в эстуариях. В кн. Гидродинамика береговой зоны и эстуариев. Л., Гидрометеиздат.
- [3] В. И. Пересыпкин, 1966: Учет приливных колебаний уровня при гидрографических исследований. Л., Гидрометеиздат.
- [4] Г. В. Полукаров, 1957: Численные методы определения уровня прилива и скорости приливо-отливных течений. Тр. ГОИН, Вып. 38.

SUMMARY

Estimating the friction coefficient in the tidal motion in rivers

The analysis solution of the system of equations for progressive tidal waves in a deep channel with invariable cross-section is drawn in analysing a large number of observations on tidal wave propagation in different rivers in order to determine the value of the friction coefficient. The text also deals with the trustworthiness of the obtained formulae in applying them to the rivers with a complicated geometry.

The friction coefficient of different rivers is estimated to be of the range 2.0–4.0.

Ngày nhận bài: 28-7-1992

Trường Đại học Tổng hợp HN
Phân viện Hải dương học Hải Phòng