

MỞ RỘNG PHƯƠNG PHÁP GRACE ĐỂ TÍNH HỆ SỐ MA SÁT THỦY TRIỀU

PHAN PHÙNG

Viện nghiên cứu Biển

Cho đến bây giờ đã có 2 phương pháp thường được sử dụng để tính hệ số ma sát triều:

- Phương pháp của G.T Taylor năm 1918
- Phương pháp của S.F. Grace năm 1936

Năm 1918 Taylor [6] căn cứ vào việc tính năng lượng triều truyền vào một vịnh qua đường biên lõng và năng lượng tiêu tán do ma sát triều trong toàn diện tích của vịnh để tính hệ số ma sát thủy triều trong biển Irish, về sau phương pháp này được P.Allard [3] áp dụng để tính hệ số ma sát thủy triều ở biển Manche, ở vịnh St Malo v.v... Gần đây Phan Phùng [2] cũng đã áp dụng để tính hệ số ma sát triều trong vịnh Bắc bộ.

Năm 1936, Grace [4] căn cứ vào các phương trình thủy động lực và phương trình liên tục trong con kênh (bài toán 1 chiều) để tính hệ số ma sát triều trong vịnh Suez, kênh Bristol và kênh nước Anh. Trong bài này, chúng tôi mở rộng bài toán một chiều của Grace ra bài toán hai chiều và áp dụng để ước tính hệ số ma sát triều trong vịnh Nha Trang.

Bài toán hai chiều, mở rộng bài toán của Grace:

Các phương trình thủy động lực trong không gian 2 chiều tại độ sâu z trong trường hợp lực gây triều không đáng kể có dạng như sau:

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} - fv &= -g \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial F_x(z)}{\partial z} \\ \frac{\partial v}{\partial t} + fu &= -g \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial F_y(z)}{\partial z} \end{aligned} \quad (1)$$

ở đây x, y là hai trục nằm ngang

u, v : thành phần của vận tốc theo phương x và y

f : thông số Coriolis

η : mực nước triều

g : gia tốc trọng trường

ρ : Khối lượng riêng của nước biển

$F_x(z), F_y(z)$ thành phần của lực ma sát ở độ sâu z theo phương x và y trên đơn vị diện tích.

Lấy tích phân hệ phương trình trên từ mặt biển đến độ sâu z và tính trung bình, ta được:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \bar{u}}{\partial t} - f\bar{v} &= -g \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{1}{\rho} \frac{F_x(z)}{z} \\ \frac{\partial \bar{v}}{\partial t} + f\bar{u} &= -g \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{1}{\rho} \frac{F_y(z)}{z} \end{aligned} \quad (2)$$

\bar{u} và \bar{v} là trung bình của u và v từ mặt đến độ sâu z , với một sóng triều tốc độ góc σ có thể đặt:

$$\begin{aligned} \bar{u} &= u_1 \cos \sigma t + u_2 \sin \sigma t \\ \bar{v} &= v_1 \cos \sigma t + v_2 \sin \sigma t \\ \eta &= \eta_1 \cos \sigma t + \eta_2 \sin \sigma t \\ F_x(z) &= F_{1x} \cos \sigma t + F_{2x} \sin \sigma t \\ F_y(z) &= F_{1y} \cos \sigma t + F_{2y} \sin \sigma t \end{aligned} \quad (3)$$

Thay thế (3) vào (2), đồng nhất hóa và khử thừa số thời gian ta được 4 phương trình sau:

$$-\sigma u_1 - fv_2 = -g \frac{\partial \eta_2}{\partial x} - \frac{F_{2x}}{\rho z}$$

$$\begin{aligned}
 -\sigma u_2 - f v_1 &= -g \frac{\delta \eta_1}{\delta x} - \frac{F_{1x}}{\rho z} \\
 -\sigma v_1 + f u_2 &= -g \frac{\delta \eta_2}{\delta y} - \frac{F_{2y}}{\rho z} \\
 -\sigma v_2 + f u_1 &= -g \frac{\delta \eta_1}{\delta y} - \frac{F_{1y}}{\rho z}
 \end{aligned} \quad (4)$$

Nếu biết được u, v tại 1 trạm và hàm mực nước η tại những điểm chung quanh trạm đó thì hệ phương trình (4) cho tính được $F_x(z)$ và $F_y(z)$.

Hàm u, v có được nhờ đo đạc bằng máy tự ghi dòng nước. Hàm mực nước η ở trong bờ được suy từ các hằng số thủy triều tại các trạm ven bờ. Hàm mực nước ở ngoài khơi có thể có nhờ máy tự ghi mực nước ở ngoài khơi.

Ngoài ra có thể khử các gradien hàm mực nước trong hệ phương trình (2) bằng cách đo dòng nước ở nhiều tầng khác nhau, thiết lập những hệ phương trình như hệ phương trình (2) ở nhiều lớp nước khác nhau, xong trừ chúng cho nhau.

$$\begin{aligned}
 \frac{\delta \bar{u}(1)}{\delta t} - f \bar{v}(1) &= -g \frac{\delta \eta}{\delta x} - \frac{1}{\rho} \frac{F_x(z_1)}{z_1} \\
 \frac{\delta \bar{v}(1)}{\delta t} + f \bar{u}(1) &= -g \frac{\delta \eta}{\delta y} - \frac{1}{\rho} \frac{F_y(z_1)}{z_1}
 \end{aligned} \quad (2,1)$$

$\bar{u}(1), \bar{v}(1)$: trung bình của u, v từ $z = 0$ đến z_1

$$\begin{aligned}
 \frac{\delta \bar{u}(2)}{\delta t} - f \bar{v}(2) &= -g \frac{\delta \eta}{\delta x} - \frac{1}{\rho} \frac{F_x(z_2)}{z_2} \\
 \frac{\delta \bar{v}(2)}{\delta t} + f \bar{u}(2) &= -g \frac{\delta \eta}{\delta y} - \frac{1}{\rho} \frac{F_y(z_2)}{z_2}
 \end{aligned} \quad (2,2)$$

$\bar{u}(2), \bar{v}(2)$: trung bình của u, v từ $z = 0$ đến z_2

$$\begin{aligned}
 \frac{\delta \bar{u}(1,2)}{\delta t} - f \bar{v}(1,2) &= -g \frac{\delta \eta}{\delta x} - \frac{1}{\rho} \frac{F_x(z_2) - F_x(z_1)}{z_2 - z_1} \\
 \frac{\delta \bar{v}(1,2)}{\delta t} + f \bar{u}(1,2) &= -g \frac{\delta \eta}{\delta y} - \frac{1}{\rho} \frac{F_y(z_2) - F_y(z_1)}{z_2 - z_1}
 \end{aligned}$$

$\bar{u}(1,2), \bar{v}(1,2)$: trung bình của u, v , từ z_1 đến z_2

Trừ phương trình 1 của (2,2) cho phương trình 1 của (2,1) và trừ phương trình 1 của (2,3) cho phương trình 1 của (2,2) ta được :

$$\frac{\delta [\bar{u}(2) - \bar{u}(1)]}{\delta t} - f [\bar{v}(2) - \bar{v}(1)] = -\frac{1}{\rho} \left[\frac{F_x(z_2)}{z_2} - \frac{F_x(z_1)}{z_1} \right]$$

$$\frac{\delta [\bar{u}(1,2) - \bar{u}(2)]}{\delta t} - f [\bar{v}(1,2) - \bar{v}(2)] = -\frac{1}{\rho} \left[\frac{F_x(z_2) - F_x(z_1)}{z_2 - z_1} - \frac{F_x(z_2)}{z_2} \right] \quad (5)$$

Đặt $\bar{u}, \bar{v}, F_x(z)$ như hệ (3), hệ phương trình (5) thành hệ 4 phương trình bằng cách đồng nhất và khử thừa số thời gian, từ đó tính được 4 số chưa biết :

$F_{1x}(z_1), F_{2x}(z_1), F_{1x}(z_2), F_{2x}(z_2)$ nghĩa là tính được $F_x(z_1)$ và $F_x(z_2)$.

Tương tự cách tính trên, có thể tính được $F_y(z_1)$ và $F_y(z_2)$.

Tính hệ số ma sát triều từ các lực ma sát $F_x(z)$ và $F_y(z)$.

$$\text{Đặt } F_x(z) = \lambda_x \cdot \rho \cdot \sqrt{u^2 + v^2} \cdot u$$

$$F_y(z) = \lambda_y \cdot \rho \cdot \sqrt{u^2 + v^2} \cdot v$$

$$\text{Suy ra } \left\{ \begin{array}{l} \lambda_x = \frac{F_x(z)}{\rho \sqrt{u^2 + v^2} \cdot u} \\ \lambda_y = \frac{F_y(z)}{\rho \sqrt{u^2 + v^2} \cdot v} \end{array} \right.$$

λ_x, λ_y : hệ số ma sát tại chiều sâu z theo phương x và y ; λ_x, λ_y là những hệ số không thứ nguyên.

$$\text{Đặt } F_x(z) = |F_x| \cos(\sigma t - \alpha) \approx |F_x| e^{i(\sigma t - \alpha)}$$

$$u = |u| \cos(\sigma t - \beta) \approx |u| e^{i(\sigma t - \beta)}$$

$$\text{Suy ra: } \lambda_x = \frac{|F_x|}{\rho \sqrt{u^2 + v^2} |u|} e^{i(\beta - \alpha')}$$

$$\text{Vậy: } |\lambda_x| = \frac{|F_x|}{\rho \sqrt{u^2 + v^2} |u|}$$

$$|\lambda_y| = \frac{|F_y|}{\rho \sqrt{u^2 + v^2} |v|}$$

Hệ số ma sát triều trong vịnh Nha Trang :

Bằng cách áp dụng phương pháp này, chúng tôi đã ước tính được hệ số ma sát triều trong vịnh Nha Trang. (Áp dụng hệ phương trình (4). Các số liệu về hằng số điều hòa được rút ra từ Admiralty Tide Tables [5]. và các số liệu về dòng triều được lấy từ phòng vật lý của Viện nghiên cứu Biển Nha Trang. Số liệu về dòng triều thu được bằng máy tự ghi BPV-2R trong các chuyến điều tra tháng 5-76 và tháng 12-76. Số liệu này được phân tích thành các thành phần nhật triều, bán nhật triều bằng phương pháp bình phương nhỏ nhất [1]. Sau đây là bảng ghi các kết quả tính được về hệ số ma sát :

Trạm, tầng, loại triều	Lực ma sát triều g/cm. s ²	Hệ số ma sát		
Nha Trang, z = 5 m	Nhật triều	$F_x = 9,7 \times 10^{-2}$ $F_y = 34,0 \times 10^{-2}$	$ \lambda_x = 5,2 \times 10^{-3}$ $ \lambda_y = 3,3 \times 10^{-3}$	
	Bán nhật triều	$F_x = 36,0 \times 10^{-2}$ $F_y = 23,0 \times 10^{-2}$	$ \lambda_x = 9,8 \times 10^{-3}$ $ \lambda_y = 9,1 \times 10^{-3}$	
	Bình Cang, z = 5m	Nhật triều	$F_x = 33,0 \times 10^{-2}$ $F_y = 28,0 \times 10^{-2}$	$ \lambda_x = 3,0 \times 10^{-3}$ $ \lambda_y = 3,1 \times 10^{-3}$
		Bán nhật triều	$F_x = 28,0 \times 10^{-2}$ $F_y = 8,5 \times 10^{-2}$	$ \lambda_x = 19 \times 10^{-3}$ $ \lambda_y = 37 \times 10^{-3}$
Nha Trang, z = 15m	Nhật triều	$F_x = 66 \cdot 10^{-2}$ $F_y = 105 \cdot 10^{-2}$	$ \lambda_x = 6 \cdot 10^{-3}$ $ \lambda_y = 10 \cdot 10^{-3}$	
	Bán nhật triều	$F_x = 60 \cdot 10^{-2}$ $F_y = 60 \cdot 10^{-2}$	$ \lambda_x = 180 \cdot 10^{-3}$ $ \lambda_y = 60 \cdot 10^{-3}$	
	Bình Cang, z = 19m	Nhật triều	$F_x = 37 \times 10^{-2}$ $F_y = 56 \times 10^{-2}$	$ \lambda_x = 18 \cdot 10^{-3}$ $ \lambda_y = 36 \cdot 10^{-3}$
		Bán nhật triều	$F_x = 144 \times 10^{-2}$ $F_y = 9,5 \times 10^{-2}$	$ \lambda_x = 39 \cdot 10^{-3}$ $ \lambda_y = 38 \cdot 10^{-3}$

Từ bảng kết quả trên, chúng tôi có các nhận định sau đây:

— Hệ số ma sát triều trong vịnh Nha Trang, lớn hơn các hệ số ma sát đã tính được của các tác giả khác tại những vùng biển khác nhau trên thế giới. Trị số tính được của các vùng biển trên thế giới thay đổi từ $2,4.10^{-3}$ đến $3,8.10^{-3}$. Điều này có thể do các trạm đo đạc ở Nha Trang gần bờ và gần các đảo, địa hình của vịnh lại rất phức tạp nên hệ số ma sát tính được từ các số liệu của dòng triều có những trị số khá lớn.

— Hệ số ma sát của sóng bán nhật triều lớn hơn hệ số ma sát của sóng nhật triều. Điều này có thể do sóng ngắn bị ảnh hưởng của địa hình nhiều hơn sóng dài.

— Hệ số ma sát tăng theo độ sâu.

— Ngoài ra các số liệu đo đạc còn ít, các tầng đo dòng triều khá thưa, nên việc tính các dòng triều trung bình không đủ chính xác, do đó các kết quả trên chỉ có giá trị đề tham khảo.

KẾT LUẬN

Kỹ thuật tính toán hệ số ma sát triều bằng cách mở rộng bài toán của Grace cho thấy có nhiều triển vọng bởi vì càng ngày người ta càng có nhiều số liệu về dòng triều tại nhiều điểm ở nhiều độ sâu khác nhau với độ chính xác cao nhờ ở các máy tự ghi dòng nước hiện đại.

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. TRƯƠNG ĐÌNH HIỀN, PHAN PHÙNG, NGUYỄN VĂN LỤC (1977)

Một vài kết quả nghiên cứu dòng chảy trong vịnh Bình Cang — Nha Trang bằng con đường đo đạc nhiều ngày đêm. Hội nghị Khoa học biển lần thứ nhất Nha Trang.

2. PHAN PHÙNG (1974)

Thủy triều trong vịnh Bắc bộ và vịnh Thái Lan.
Luận văn tiến sĩ đệ tam cấp. Sài Gòn.

3. ALLARD, P. (1952)
Bilan énergétique de la marée de vive eau pour la Manche entière.
C.O.E.C. N° 8, Paris.
4. DEFANT, A. (1961)
Physical oceanography, vol II, Pergamon Press, London.
5. HYDROGRAPHER OF THE NAVY (1972)
Admiralty Tide Tables vol.III. London.
6. PROUDMAN, J. (1953)
Dynamical oceanography, Methuen-Co. LTD London.

SUMMARY

THE DEVELOPMENT OF GRACE 'S METHOD FOR CALCULATING THE FRICTION COEFFICIENT OF TIDE

PHAN PHÙNG

Institute of Oceanography

In this paper the author presents one method for calculating the friction coefficient of tide and applies this method to estimate the friction coefficient of tide in the Nha Trang bay. This method is one development of Grace 's method in the space of two dimensions.