

---

# TÍNH TOÁN BỒI LẮNG LUỒNG TÀU DƯỚI TÁC DỤNG CỦA SÓNG BIỂN DEPOSITION CALCULATING IN CHANNEL DUE TO WAVE EFFECT

KS. TRẦN HUY THANH

Khoa Công trình thủy, Trường ĐHHH

## Tóm tắt:

*Bồi lắng luồng tàu hiện đang là một trong những vấn đề lớn của các nhà khoa học. Để có thể đánh giá đúng đắn diễn biến của một đoạn sông hay của luồng tàu thì cần phải tính toán được một cách chính xác lượng bùn cát bồi lắng trong một khoảng thời gian nào đó.*

## Abstract:

*Deposition in channel is one of the complex issue of river dynamic engineering. In order to exactly estimate the development of a part of a river or a channel, we must correctly calculate the deposition in a period of time.*

## 1. Đặt vấn đề

Sự phân bố bùn cát của luồng tàu chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố. Đó là dòng chảy, sóng tác dụng độc lập hoặc kết hợp tùy theo vị trí địa lý và ảnh hưởng của các điều kiện tự nhiên khác.

Hiện nay, ở Việt Nam có rất nhiều các đề tài nghiên cứu, dự báo về bồi lắng luồng tàu nhưng vẫn chưa có được kết luận xác đáng, phù hợp với điều kiện cụ thể của từng vùng.

Luồng tàu biển vùng cửa sông thường bị bồi lắng do tác dụng chủ yếu của sóng biển, nhất là tác dụng gây bồi lắng của sóng biển sau một cơn bão. Các nghiên cứu về bồi lắng luồng tàu hiện vẫn chưa đầy đủ về tác động của sóng. Đề tài đề cập đến cơ chế bồi lắng luồng tàu do sóng biển để từ đó có thể đánh giá về diễn biến các luồng tàu đang khai thác về thiết kế mới một cách có cơ sở và chính xác.

Trên thế giới, mô hình toán số được phát triển khá mạnh với các phần mềm có tính thương mại như Mike2.1, Delft2D v...v. tuy vậy, do giá thành đắt nên chưa phổ biến, chỉ dùng trong thiết kế ở các công ty lớn.

## 2. Các nguyên nhân và phương pháp dự báo bồi lắng luồng tàu

### 2.1. Nguyên nhân

Có thể đánh giá mức độ bồi lắng của luồng tàu thông qua các nguyên nhân cơ bản sau:

Sóng xói bùn cát trên mặt các bãi triều, làm sạt lở bờ, dòng triều và dòng ven mang các hạt bùn cát đó chuyển vào các vị trí thuận lợi để bồi lắng. Nguồn này chiếm 50%;

- Bùn cát mịn từ các sông đổ ra gặp nồng độ mặn thích hợp của nước biển sẽ xuất hiện hiện tượng ngưng keo, kết bông để lắng đọng xuống. Nguồn này chiếm 20%;

- Bùn cát sạt sụt từ hai bờ luồng do tàu chạy, chiếm 15%;

- Bùn cát đến từ các nguyên nhân khác: 15%.

### 2.2. Các phương pháp dự báo bồi lắng luồng tàu cửa sông

Diễn biến cửa sông vùng ảnh hưởng triều là vô cùng phức tạp, biến đổi theo thời gian và theo các trường hợp cụ thể của điều kiện tự nhiên. Hiện nay, chưa có một phương pháp nào hoàn thiện để tính toán diễn biến cửa sông cho kết quả có độ tin cậy cao. Vì vậy, đòi hỏi tính toán định lượng chính xác về diễn biến cửa sông có ở thời điểm hiện nay là điều ít khả thi, nhưng có thể dựa vào một số phương pháp để tiến hành phân tích định tính hoặc ước tính cho kết quả có thể chấp nhận được.

Thông thường, phân tích, dự tính diễn biến luồng tàu vùng cửa sông được tiến hành theo các phương pháp sau:

#### 2.2.1. Phương pháp hố đào thí nghiệm:

Trên trục tuyến đã chọn, đào 1 luồng, tiến hành đo đạc định kỳ trong thời gian dài (hơn 1 năm thủy văn) để lấy số liệu về cường độ bồi lắng. Đây là phương pháp đã được ứng dụng ở cửa Nam Triệu, cửa Lạch Huyện. Ở cảng Liên Vân (trung Quốc), hố đào dài 1500m, rộng 80m, đáy – 10,1m, mái dốc 1: 7, đo đạc liên 3 năm thủy văn, cường độ bồi lắng trở lại trong hố đào là 0,79m, 0,8m, 0,40m, khá trùng với kết quả dự báo. Tuy vậy, thông qua phân tích số liệu nhiều nơi thấy rằng, cường độ bồi lắng đo được ở hố đào thí nghiệm thường lớn hơn đáng kể so với thực tế.

#### 2.2.2. Phương pháp tính toán từ đường cong thực đo:

Căn cứ vào số liệu thực đo ở hiện trường, sử dụng đường cong cường độ bồi lắng để tính toán suất bồi lắng bùn cát trong luồng.

#### 2.2.3. Phương pháp ước tính từ điều kiện tương tự:

So sánh tài liệu, số liệu hữu quan của vùng biển dự án và vùng biển đã có luồng vào cảng, phân tích các điểm tương đồng và sai khác của chúng, sau đó sử dụng các số liệu bồi lắng của luồng tàu đã có để ước tính cho luồng tàu đang thiết kế. Đặc biệt cần xem xét những điểm sai khác để đánh giá mặt thuận lợi và mặt bất lợi để giảm hoặc tăng trị số dự báo.

#### **2.2.4. Phương pháp thí nghiệm mô hình:**

Đối với những luồng tàu có tầm quan trọng lớn, để dự báo cường độ bồi tích trong luồng và biểu thị quá trình bồi lắng một cách định lượng, đề xuất phương pháp giảm thiểu và đề phòng bồi lắng, cần thiết phải tiến hành nghiên cứu trên mô hình vật lý lòng động.

#### **2.2.5. Phương pháp mô hình toán.**

Sử dụng mô hình toán về trường dòng chảy, trường sóng và chuyển động bùn cát để tính toán cường độ bồi lắng cho các phương án tuyến luồng và mặt cắt luồng, sau đó lựa chọn phương án thích hợp.

Tuỳ theo từng điều kiện cụ thể, nhất là tình hình số lượng và chất lượng số liệu có được, khả năng chuyên môn và điều kiện trang bị kỹ thuật của cán bộ và cơ quan nghiên cứu để lựa chọn sử dụng một hay một số phương pháp nói trên.

### **3. Phương pháp dự báo diễn biến luồng tàu**

Để mở rộng luồng tàu cho cảng cần đến luận chứng tổng hợp của nhiều ngành khoa học trong đó có địa chất, địa mạo bờ biển, động lực học hải dương, chuyển động bùn cát là những yếu tố có ảnh hưởng quan trọng đến tính ổn định của luồng tàu, vì vậy cần có phân tích đánh giá đầy đủ.

#### **3.1. Đặc trưng địa mạo bờ biển**

Do sự sai khác về diễn biến địa chất bờ biển và tính phức tạp của điều kiện tự nhiên làm cho loại địa hình địa mạo bờ biển phức tạp đa dạng, đặc biệt là đặc trưng địa mạo dưới nước, cần tiến hành phân tích nghiên cứu kỹ.

#### **3.2. Khảo sát địa chất bờ biển**

Thông qua khảo sát trên diện tích rộng và khoan thăm dò địa chất, tiến hành phân tích địa chất đối với các địa tầng vùng biển có luồng tàu đã chọn, kết hợp điều kiện thi công để xác định khả năng đào luồng.

#### **3.3. Phân tích chất trầm tích bề mặt bờ biển**

Do môi trường trầm tích bờ biển chịu nhiều ảnh hưởng của động lực hải dương, vì vậy nguồn gốc dòng chảy sông, bùn cát vùng cửa sông chịu tác dụng của dòng chảy sông, dòng triều và sóng vùng cửa sông. Bùn cát di đầy sẽ hình thành các khối bồi lắng có nguồn gốc và hình thái khác nhau, còn chất lơ lửng thì một phần bồi lắng tại ngưỡng cạn, phần lớn bồi lắng ở vùng biển nông ngoài bờ. Ngoài ra còn có nguồn cung cấp bùn cát từ các cồn cát cổ, các xác sinh vật, cát bay từ lục địa và nguồn cát tái sinh chuyển động trở lại v.v... Khi thiết kế chọn tuyến và mặt cắt luồng tàu cần tiến hành các công tác sau:

- + Phân tích nguyên nhân hình thành ngưỡng cạn;
- + Bối cảnh phát triển và quá trình diễn biến ngưỡng cạn;
- + Đặc trưng thay đổi bồi xói cạn kỳ của ngưỡng cạn.

### **4. Nghiên cứu ảnh hưởng của sóng biển đến bồi lắng luồng tàu**

#### **4.1. Nồng độ bùn cát tham chiếu**

Có rất nhiều công thức tính của nhiều tác giả nổi tiếng trên thế giới ví dụ như của Bijker (1967, 1971); Skafel-Krishnappan (1984), Nielsen (1984); Fredsoe et al. (1985); Van Rijn (1989). Trong khuôn khổ bài báo, tác giả chỉ nêu công thức của Van Rijn vì trong thực tế công thức này đã được áp dụng tương đối rộng rãi và đạt được nhiều kết quả khả quan so với thực nghiệm:

$$c_a = 0.015 * \rho_a \frac{d_{50}}{a} \cdot \frac{T_a^{1.5}}{D_*^{0.3}} \quad (1)$$

- Trong đó: a: mức tham chiếu, a = k<sub>s</sub> hoặc a = Δ<sub>r</sub>/2;  
D\*: tham số kích thước hạt;  
d<sub>50</sub>: Đường kính hạt với suất bảo đảm 50%;  
ρ<sub>a</sub>: khối lượng riêng của hạt;  
T<sub>a</sub>: Tham số ứng suất tiếp ở đáy.

#### **4.2. Xác định sự phân bố nồng độ bùn cát theo chiều sâu**

Sự phân bố nồng độ bùn cát theo chiều sâu có thể được xác định như sau:

$$\frac{c}{c_a} = \exp\left(\frac{w_s(a-z)}{\varepsilon_{s,w,bed}}\right) \text{ với } a \leq z \leq \delta_s \quad (2)$$

$$\frac{c}{c_a} = \alpha \left(\frac{h}{h + \gamma(z - \delta_s)}\right) \text{ với } \delta_s \leq z \leq 0.5h \quad (3)$$

$$\frac{c}{c_a} = \alpha\eta \exp\left(\frac{w_s(0.5h-z)}{\varepsilon_{s,w,max}}\right) \text{ với } 0.5h \leq z \leq h \quad (4)$$

Trong đó:  $c_a$ : nồng độ bùn cát tham chiếu tại  $z=a$  ( $\text{kg/m}^3$ );

$h$ : độ sâu nước;

$\delta_s$ : chiều dày của lớp trộn gần đáy;

$\varepsilon_{s,w,bed}$ : hệ số hỗn hợp bùn cát vùng gần đáy;

$\varepsilon_{s,w,max}$ : hệ số hỗn hợp bùn cát ở nửa trên của độ sâu nước;

$\omega_s$ : độ thô thủy lực của bùn cát lơ lửng;

$z$ : độ sâu;

$D^*$ : tham số hạt không thứ nguyên;

$U_b$ : giá trị lớn nhất quỹ đạo vận tốc của hạt gần đáy dựa trên chiều cao sóng có nghĩa ( $\text{m/s}$ );

$H$ : chiều cao sóng có nghĩa;

$T_p$ : chu kỳ sóng lớn nhất;

$\alpha, \beta, \gamma, \eta$ : Các hệ số.

Trong công thức trên, các hệ số đều có thể tính toán được và ta sẽ tìm được hàm phân bố của nồng độ bùn cát theo chiều sâu:  $c = c(z)$ .

#### 4.3. Tính toán vận tốc lan truyền vật chất

Vận tốc lan truyền vật chất do sóng được tính theo công thức:

$$u(z) = \frac{a^2 k^2 c}{2sh^2 kd} - ch2k(d-z) \quad (5)$$

Trong đó:  $u(z)$ : vận tốc lan truyền vật chất, phụ thuộc vào độ sâu  $z$ ;

$c$ : vận tốc lan truyền sóng;

$k$  - số sóng;

$d$  - độ sâu nước;

$a$  - được xác định từ biểu thức:

$$hs = 2a \left[ 1 + \frac{a^2 k^2}{16sh^6 kd} (2ch^6 kd + 8ch^4 kd - 19ch^2 kd + 9) + \frac{3}{64} \frac{a^2 k^2}{sh^6 kd} (1 + 8ch^6 kd) \right] \quad (6)$$

#### 4.4. Tính toán lưu lượng bùn cát trên một thủy trực do ảnh hưởng của sóng

Lưu lượng bùn cát trên một thủy trực được xác định theo công thức sau:

$$q = \rho_{bc} \int_0^h u(z)c(z)dz \quad (7)$$

#### 4.5. Tính toán tốc độ bồi lắng và lượng bùn cát bồi lắng trên mặt cắt ngang luồng tàu

Mức độ bồi lắng cho một  $m$  dài luồng tàu sẽ là:

$$\Delta z_o = -\frac{\Delta q}{b} \cdot \frac{1}{1-\varepsilon} \cdot \Delta t \quad (8)$$

Trong đó:  $\Delta q$ : biến thiên lưu lượng giữa 2 thủy trực;

$b$ : chiều rộng luồng;

$\varepsilon$ : hệ số rỗng của bùn cát;

$\Delta z_o$ : mức độ bồi lắng trung bình;

$\Delta t$ : khoảng thời gian dự báo bồi lắng.

#### 4.6. Thuật toán

Thuật toán để tính toán bồi lắng bùn cát dưới tác dụng của sóng biển gồm những bước cơ bản sau:

- + Tính toán sự phân bố nồng độ bùn cát theo chiều sâu;
- + Tính toán vận tốc lan truyền vật chất;

- + Tính toán lưu lượng trên thủy trực;
- + Viết phương trình biến dạng trên mặt cắt ngang;
- + Tính toán lượng bồi lắng trên mặt cắt ngang;
- + Tính toán bồi lắng cho luồng tàu.

Số liệu đầu vào gồm có:

- + Các tham số về sóng: Chiều cao sóng có nghĩa, chu kỳ sóng, chiều dài sóng;
- + Các tham số về bùn cát: đường kính hạt bùn cát,  $d_{50}$ ,  $d_{90}$ .
- + Các tham số về kích thước luồng: chiều rộng luồng, độ sâu luồng tàu (ứng với nhiều giá trị mực nước), chiều dài luồng, mái dốc luồng.

## 5. Ví dụ tính toán

### 5.1. Số liệu đầu vào

- Thông số của sóng:  $H_s$ ,  $T$ ,  $L$ ;
- Thông số về bùn cát:  $d_{50}$ ,  $d_{90}$ ,  $d_{tb}$ ;
- Thông số về luồng tàu:  $b$ ,  $h$ ,  $m$ .

### 5.2 Kết quả

- Nồng độ bùn cát tham chiếu;
- Nồng độ bùn cát theo độ sâu;
- Lưu lượng trên một thủy trực;
- Sự biến thiên lưu lượng giữa 2 thủy trực;
- Tốc độ bồi lắng theo thời gian.

**Ví dụ 1:** lượng bồi lắng trên một m dài luồng tàu trong điều kiện sóng do bão duy trì trong khoảng thời gian 3h, chiều cao sóng 3,5m, chu kỳ sóng  $T = 10s$ ,  $d_{50}=250\mu m$ ,  $d_{90}=350\mu m$ , chiều rộng luồng  $b = 100m$ , chiều sâu luồng  $h = 15m$  là 1,1m.

**Ví dụ 2:** lượng bồi lắng trên một m dài luồng tàu trong điều kiện sóng do gió mùa duy trì trong khoảng thời gian 3 ngày, chiều cao sóng 2,1m,  $T = 10s$ ,  $d_{50}=250\mu m$ ,  $d_{90}=350\mu m$ , chiều rộng luồng  $b = 100m$ , chiều sâu luồng  $h = 15m$  là 0,94m.

(Kết quả tính toán có trong Phụ lục tính toán, có thể liên hệ với tác giả để xem chi tiết).

## 6. Kết luận

Sau khi thực hiện tính toán kiểm tra với số liệu thực tế trên khu vực, rút ra nhận xét như sau về các ưu nhược điểm của phương pháp tính:

- Thuật toán trên có thể áp dụng cho bất cứ khu vực luồng tàu nào chịu ảnh hưởng của sóng biển đặc biệt là sóng biển có chiều cao sóng lớn, những vùng không được che chắn.
- Trong trường hợp số liệu quan trắc sóng và dòng chảy là không đầy đủ thì người dùng cần sử dụng số liệu gió quan trắc thực tế để tính toán và dự báo bồi lắng luồng tàu.
- Tuy nhiên phương pháp này trong tính toán còn chưa xét hết ảnh hưởng của các yếu tố khác như sự kết hợp của sóng và dòng chảy, góc giữa sóng và luồng tàu, ảnh hưởng khúc xạ của sóng do luồng tàu...

Từ những nhận xét trên, khi thực hiện tính toán và dự báo bồi lắng luồng tàu, người tính cần xử lý các thông số đầu vào chính xác kết hợp với việc so sánh giữa kết quả với đo đạc thực tế để có những hiệu chỉnh thích hợp.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO:

- [1] Dyer. K.R, *Coastal and Estuaries Sediment Dynamics*, John Wiley & Sos. Ltd, 1986.
- [2] L.C. Van Rijn, *Principles of Sediment Transport in Rivers, Estuaries, Coastal seas and Oceans*, Delft, The Netherlands, 1993.
- [3] L.C. Van Rijn, *Handbook of Sediment Transport by current and waves*, Delft Hydraulic Engineering, Delft, The Netherland, 1989.
- [4] Lương Phương Hậu, *Động lực học dòng sông*, ĐHXD, 1992.
- [5] Lương Phương Hậu, *Đường thủy nội địa*, NXB Xây dựng, 1994.
- [6] Lương Phương Hậu, *Động lực học và công trình cửa sông*, NXB Xây dựng, 2005
- [7] Lương Phương Hậu - Trần Đình Hợi, *Động lực học dòng sông và chỉnh trị sông*, NXB Nông nghiệp, 2004
- [8] Lương Phương Hậu – Trịnh Việt An – Lương Phương Hợp, *Diễn biến cửa sông vùng đồng bằng bắc bộ*, NXB Xây dựng, 2003.
- [9] Đào Văn Tuấn, *Công trình đường thủy*, NXB Kỹ thuật, 2002.

**Người phản biện: TS. Đào Văn Tuấn**