

Bài giải. Nếu $P(z)$ có nghiệm $z=0$ thì $P(z)$ có dạng

$$P(z) = z^s Q(z) \quad (11)$$

Trong đó $Q(0) \neq 0$. Thay dạng (11) của $P(z)$ vào (10) ta được

$$\begin{aligned} z^s Q(z)(2z^2)^s Q(2z^2) &= (2z^3 + z)^s Q(2z^3 + z) \\ \Leftrightarrow (2z^2)^s Q(z)Q(2z^2) &= (2z^2 + 1)^s Q(2z^3 + z) \end{aligned}$$

với mọi $z \in \mathbb{C}$. Thay $z=0$ vào đẳng thức cuối cùng ta được $Q(0)=0$, mâu thuẫn với (11). Vậy $P(z)$ không có nghiệm $z=0$.

Giả sử $z_0 \neq 0$ là nghiệm của $P(z)$. Áp dụng (10) với $z=z_0$ suy ra $P(z)$ có nghiệm $z_1 = 2z_0^3 + z_0 \neq z_0$. Suy ra $P(z)$ có ít nhất hai nghiệm phân biệt, do đó nghiệm tối thiểu của (10) có bậc lớn hơn hoặc bằng 2. Mặt khác bằng cách thử trực tiếp ta thấy $P(z) = z^2 + 1$ là nghiệm của (10), suy ra nghiệm tối thiểu của (10) là $P(z) = z^2 + 1$. Vậy tập nghiệm của (10) là $\{(z^2 + 1)^k \mid k \in \mathbb{N}^*\}$.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Đình Trí – Tạ Văn Đĩnh – Nguyễn Hồ Quỳnh, *Toán học cao cấp tập một – Đại số và hình học giải tích*, Nhà xuất bản Giáo dục, 2001.
[2] Nguyễn Văn Mậu, *Tuyển tập các đề thi Olympic toán sinh viên toàn quốc do các trường đề nghị, 2007, 2008, 2009, 2010*, Lưu hành nội bộ.

Người phản biện: TS. Hoàng Văn Hùng

XÂY DỰNG THUẬT TOÁN VÀ CHƯƠNG TRÌNH TÍNH TOÁN XÓI CỤC BỘ TRỤ CẦU BUILDING FOR ALGORITHMS AND PROGRAMS OF LOCAL SCOUR CALCULATION AT BRIDGE PIERS

**SV. NGUYỄN THẾ ANH, PHẠM TRỌNG HẢI, LÊ VĂN MINH
ThS. LÊ TÙNG ANH**

Khoa Công trình, Trường ĐHHH Việt Nam

Tóm tắt

Trong tính toán ổn định công trình cầu vượt sông, kết quả dự đoán chiều sâu xói cục bộ trụ cầu là một yếu tố quan trọng. Trong bài báo này, các tác giả trình bày cơ sở lý thuyết lập bình đồ dòng chảy và phương pháp tính toán xói cục bộ trụ cầu, từ đó xây dựng thuật toán và chương trình tính toán.

Abstract

The predictable result of local scour depths at complex piers plays an important role in calculating stable bridges. In this paper, the authors present the theoretical basic of the flow field and the methodology for estimating local scour at bridge piers from which the algorithm and the calculation program are constructed.

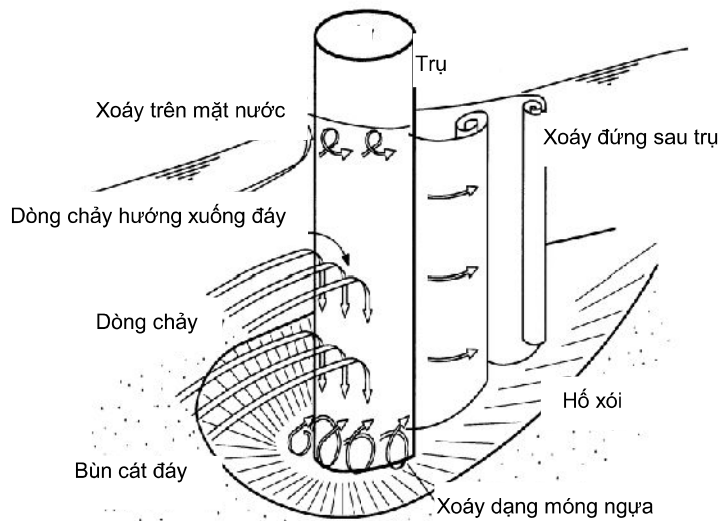
Keywords: local scour, complex piers, flow field.

1. Đặt vấn đề

Hầu hết các công trình cầu vượt sông thường yêu cầu độ an toàn, chính xác cao và chi phí đầu tư ban đầu rất lớn. Trong khi đó xói lở là một tiêu chuẩn rất quan trọng và cần thiết khi phân tích thiết kế công trình cầu vượt sông. Đối với các cầu lớn, trụ cầu có dạng phức tạp bao gồm thân trụ, bệ cọc và nhóm cọc. Xói cục bộ trụ cầu trong trường hợp này ngoài các yếu tố ảnh hưởng như

trụ đơn (hình 1) còn phụ thuộc nhiều yếu tố khác như hình dạng kích thước các bộ phận trụ, cao độ bệ cọc...

Hiện nay ở Việt Nam chưa có phần mềm tự động tính toán dự báo xói cục bộ trụ cầu, chủ yếu vẫn áp dụng một số phần mềm như Hec-ras, River 2D... để xác định sự phân bố vận tốc dòng chảy sau đó thay vào các công thức tính toán chiều sâu hố xói quanh trụ cầu. Chính vì vậy, việc xây dựng chương trình tính toán xói cục bộ trụ cầu là rất cần thiết và có ý nghĩa thực tiễn.



Hình 1. Sơ đồ dòng chảy và hố xói tại chân trụ

2. Cơ sở lý thuyết

2.1. Bình đồ dòng chảy

Để tăng hiệu quả cho việc tính toán dự báo xói cục bộ cho các trụ cầu vượt sông trước tiên phải nắm được sự phân bố vận tốc dòng chảy trên đoạn sông đó một cách chi tiết. Các phương pháp lập bình đồ dòng chảy Velikanov & Bernasky được trình bày cụ thể trong các tài liệu [3], [7].

2.2. Các công thức tính toán xói cục bộ trụ cầu

2.2.1. Công thức Melville & Coleman [4]

Theo Melville và Coleman (2000) thì chiều sâu xói cục bộ trụ cầu phức tạp là chiều sâu xói của một trụ cầu đơn có đường kính tương đương (đường kính này được xác định khi chưa xói) với các trường hợp bệ cọc ở các cao độ khác nhau (hình 2). Với bề rộng trụ cầu tương đương này, các tác giả kiến nghị sử dụng công thức trụ cầu đơn để tính chiều sâu hố xói cục bộ trụ cầu:

$$d_s = K_{yb} \cdot K_I \cdot K_D \cdot K_S \cdot K_\theta \cdot K_t \quad (1)$$

Trong đó:

K_{yb} - Hệ số chiều sâu dòng chảy - kích

thước trụ (phụ thuộc tỷ số b/h);

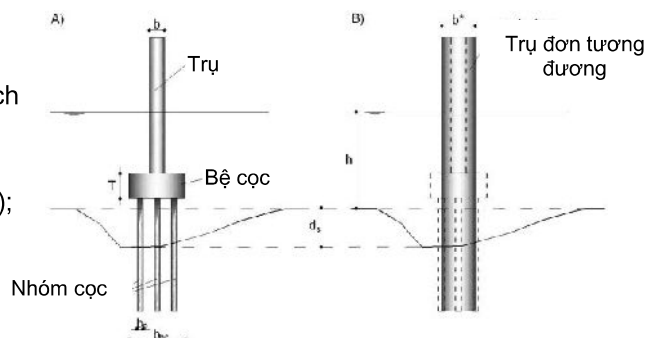
K_I - Hệ số cường độ dòng chảy ($\leq 1,0$);

K_D - Hệ số cỡ hạt ($\leq 1,0$);

K_S - Hệ số hình dạng trụ ($\equiv K_1$ [5]);

K_θ - Hệ số hướng dòng ($\equiv K_2$ [5]);

K_t - Hệ số thời gian;



Hình 2. Sơ đồ bề rộng trụ tương đương theo Melville & Coleman

2.2.2. Công thức Richardson & Davis [5]

Theo Richardson thì chiều sâu xói cục bộ trụ cầu là tổng chiều sâu xói do thân trụ, bệ cọc và nhóm cọc gây ra (hình 3). Đây chính là quan điểm coi ảnh hưởng của hố xói cục bộ là cộng tác dụng ảnh hưởng các thành phần của trụ cầu phức tạp:

$$y_s = y_{spier} + y_{spc} + y_{spg} \quad (2)$$

a. Xói do thân trụ y_{spier}

$$\frac{y_{spier}}{y_1} = 2.K_1.K_2.K_3.K_4.K_{hpier} \left(\frac{a_{pier}}{y_1} \right)^{0,65} \left(\frac{V_1}{\sqrt{gh_1}} \right)^{0,43} \quad (3)$$

Trong đó:

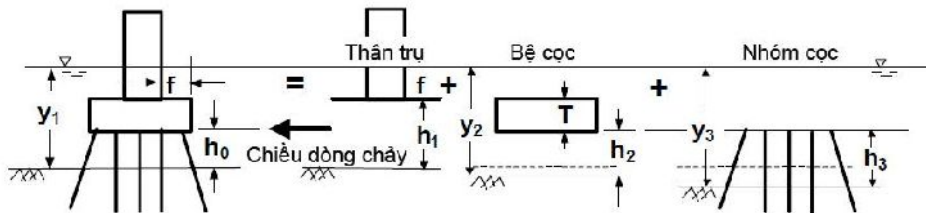
K_1 - Hệ số xét đến hình dạng đầu trụ (với trụ tròn đầu và nhóm trụ tròn $K_1 = 1,0$);

K_2 - Hệ số xét đến góc nghiêng của dòng chảy (khi $\alpha = 0$ thì $K_2 = 1,0$);

K_3 - Hệ số xét đến tình trạng đáy sông (tương đối bằng phẳng, có sóng cát nhỏ $K_3 = 1,1$);

K_4 - Hệ số điều chỉnh giảm bớt chiều sâu hố xói cục bộ đối với trường hợp đáy sông có bùn cát thô đường kính $D_{50\%} = 2mm$ làm thô hóa đáy hố xói (khi $D_{50\%} < 2mm$ thì $K_4 = 1,0$).

K_{hpier} - Hệ số dự đoán chiều sâu xói cục bộ do chiều cao thân trụ phía trên đáy và ảnh hưởng của độ nhô ra của bệ cọc so với mặt trước của thân trụ.



Hình 3. Sơ đồ dự đoán xói cục bộ trụ cầu theo Richardson & Davis

b. Xói do bệ cọc y_{spc}

$$\frac{y_{spc}}{y_2} = 2.K_1.K_2.K_3.K_4.K_w \left(\frac{a_{pc}^*}{y_2} \right)^{0,65} \left(\frac{V_2}{\sqrt{gy_2}} \right)^{0,43} \quad (4)$$

Trong đó:

$$a_{pc}^* = a_{pc} \exp \left\{ -2,705 + 0,51 \ln \left(\frac{T}{y_2} \right) - 2,783 \left(\frac{h_2}{y_2} \right)^3 + \frac{1,751}{\exp(h_2 / y_2)} \right\} \quad (5)$$

K_w - hệ số điều chỉnh do kích thước trụ lớn.

c. Xói do nhóm cọc y_{spg}

$$\frac{y_{spg}}{y_3} = 2.K_1.K_2.K_3.K_4.K_{hpg} \left(\frac{a_{pg}^*}{y_3} \right)^{0,65} \left(\frac{V_3}{\sqrt{gy_3}} \right)^{0,43} \quad (6)$$

Trong đó:

a_{pg}^* - Bề rộng tương đương của nhóm cọc: $a_{pg}^* = a_{proj} \cdot K_{sp} \cdot K_m$;

a_{proj} - Tổng bề rộng nhóm cọc được bố lại như trụ đặc (hình 6.8 & 6.9, trang 6-15 & 6-16);

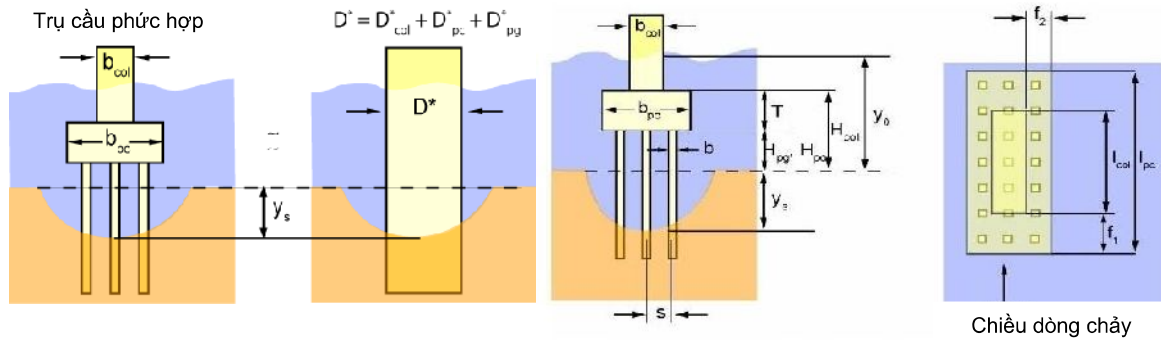
K_{sp} - Hệ số phản ánh khoảng cách các cọc, theo Sheppard (2001) (đồ thị 6.10, trang 6-17);

K_m - Hệ số hàng cọc ngang ($K_m = 1,0$ cho nhóm cọc nghiêng hay chéo nhau);

K_{hpg} - Hệ số xét đến chiều cao cọc, theo Sheppard (2001) (đồ thị 6.12, trang 6-18).

2.2.3. Công thức Sheppard [6]

Theo Sheppard và các cộng sự thì chiều sâu xói cục bộ của trụ cầu phức tạp cũng là chiều sâu xói của một trụ cầu đơn có đường kính tương đương (hình 4). Tuy nhiên đường kính đơn này được tính từ trên xuống: Đầu tiên tính đường kính tương đương của thân trụ và xói cục bộ tương ứng, tiếp đến lại tính đường kính tương đương của thân trụ và bệ cọc (nếu xói do thân trụ đến tới bệ cọc) và xói tương ứng; cuối cùng tính đường kính tương đương cho toàn bộ trụ cầu phức tạp (nếu xói do thân trụ và bệ cọc làm lộ bệ cọc trên đáy sông) và xói tương ứng.



Hình 4. Sơ đồ tính đường kính tương đương trụ cầu theo Sheppard

Đường kính tương đương của trụ cầu được tính theo công thức sau:

$$D^* = D_{col}^* + D_{pc}^* + D_{pg}^* \tag{7}$$

a. Đường kính tương đương thân trụ D_{col}^*

$$D_{col}^* = \begin{cases} K_s \cdot K_\alpha \cdot K_f \cdot b_{col} \left[0,1162 \left(\frac{H_{col}}{y_0(max)} \right)^2 - 0,3617 \left(\frac{H_{col}}{y_0(max)} \right) + 0,2476 \right] & \text{khi } 0 < \frac{H_{col}}{y_0(max)} \leq 1 \\ 0 & \text{khi } \frac{H_{col}}{y_0(max)} > 1 \end{cases} \tag{8}$$

Trong đó:

- K_s - Hệ số hình dạng thân trụ ($K_s = 1,0$ cho các trụ tròn đầu và nhóm trụ tròn);
- K_α - Hệ số hướng dòng chảy (công thức 4.3, trang 4-19; khi $\alpha = 0$ thì $K_\alpha = 1,0$);
- K_f - Hệ số xét đến sự mở rộng bệ cọc so với thân trụ (công thức 4.8, trang 4-21);
- $y_0(max)$ - Độ sâu giới hạn.

b. Đường kính tương đương bệ cọc D_{pc}^*

Đường kính tương đương bệ cọc cần được tính khi bệ cọc lộ ra trong dòng chảy (có thể lộ trước xói hoặc bị lộ do xói bởi thân trụ gây ra):

$$D_{pc}^* = K_s \cdot K_\alpha \cdot b_{pc} \cdot \exp \left[-1,04 - 1,77 \exp \left(\frac{H_{pc}}{y_0(max)} \right) + 1,695 \left(\frac{T}{y_0(max)} \right)^{\frac{1}{2}} \right] \tag{9}$$

Trong đó:

- K_s - Hệ số hình dạng bệ cọc (công thức 4.10, trang 4-22);
- K_α - Hệ số hướng dòng chảy (công thức 4.11, trang 4-22).

c. Đường kính tương đương nhóm cọc D_{pg}^*

Đường kính tương đương nhóm cọc cần được tính khi nhóm cọc lộ ra trong dòng chảy (có thể lộ trước xói hoặc bị lộ do xói bởi thân trụ cùng bộ cọc gây ra):

$$D_{pg}^* = K_s \cdot K_{sp} \cdot K_m \cdot K_h \cdot W_p \tag{10}$$

Trong đó:

K_s - Hệ số xét đến hình dạng cọc (công thức 4.20, trang 4-24);

K_{sp} - Hệ số xét đến khoảng cách giữa các cọc (công thức 4.21, trang 4-25);

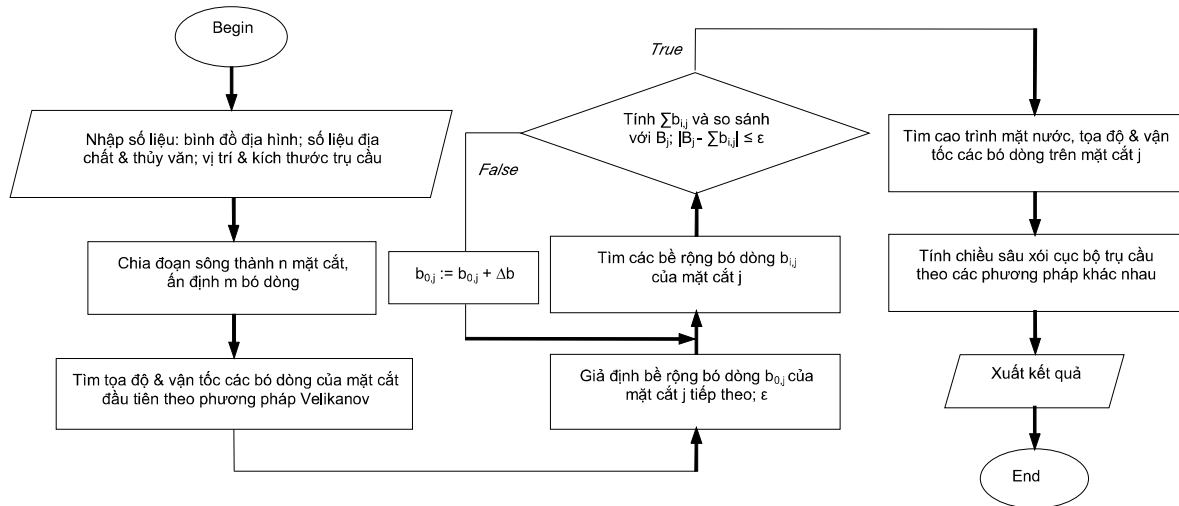
K_m - Hệ số xét đến hàng cọc (công thức 4.22, trang 4-26);

K_h - Hệ số xét đến chiều cao nhóm cọc (công thức 4.24, trang 4-26);

W_p - Bề rộng nhóm cọc bó đặc (hình 4.8, trang 4-25).

3. Tính toán thực tế

Dựa trên cơ sở lý thuyết đã trình bày, các tác giả tiến hành xây dựng sơ đồ khối (hình 5) và chương trình tính toán xói cục bộ trụ cầu **Loscbridge** bằng phần mềm Mathcad [7].



Hình 5. Sơ đồ khối tính toán xói cục bộ trụ cầu

Sử dụng chương trình tính toán đã thiết lập để kiểm tra cho một số công trình cầu ở Hải Phòng như cầu Rào II, cầu Bính, cầu Kiền [7]. Kết quả tính toán được thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1. Kết quả tính toán xói cục bộ trụ cầu (đơn vị: m)

STT	Công thức	Cầu Rào II	Cầu Bính		Cầu Kiền	
			Trụ phải	Trụ trái	Trụ phải	Trụ trái
1	Richardson & Davis	2,100	5,045	6,004	4,586	4,583
2	Melville & Coleman	1,748	4,664	5,230	4,318	4,351
3	Sheppard	2,495	6,070	6,653	4,911	4,890
4	Số liệu thực đo	2,230	5,120	5,950	4,720	4,670

Từ bảng so sánh ở trên ta thấy tính toán xói cục bộ trụ cầu theo công thức Sheppard cho kết quả lớn nhất, công thức Melville & Coleman cho kết quả nhỏ nhất; còn theo công thức Richardson & Davis có kết quả trung gian và khá sát với số liệu thực đo [8].

4. Kết luận

Mục đích của bài báo này là trình bày kết quả của đề tài nghiên cứu xây dựng thuật toán và chương trình tính toán xói cục bộ trụ cầu. Chương trình tính toán **Loscbridge** thống nhất và thuận tiện cho việc dự báo xói cục bộ trụ cầu và có thể áp dụng cho công trình cầu vượt sông bất kỳ. Ngoài ra, với điều kiện địa chất bùn cát đáy trên các sông khu vực Hải Phòng là tương đối giống nhau (sông Lạch Tray có $d_{50\%} = 0,0086.10^{-3}m$ và sông Cấm có $d_{50\%} = 0,009.10^{-3}m$ [7]), kiến nghị sử dụng công thức Richardson & Davis để tính toán dự báo chiều sâu xói cục bộ trụ cầu cho các công trình cầu vượt sông được xây dựng trong tương lai ở Hải Phòng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Trần Đình Nghiên, *Xói lở ở công trình cầu*, NXB Xây dựng, Hà Nội, 2011.
- [2] Trần Đình Nghiên, *Thiết kế thủy lực cho dự án cầu đường*, NXB Giao thông Vận tải, Hà Nội, 2003.
- [3] Đào Văn Tuấn, Bài giảng *Động lực học sông biển*, Đại học Hàng hải Việt Nam, Hải Phòng, 2010.
- [4] Coleman, S.E., *Clearwater local scour at complex piers*, Journal of Hydraulic Engineering, April 2005.
- [5] Richardson, E.V. & Davis, S.R., *Evaluating scour at bridges - Fourth Edition*, U.S. Department of Transportation - FHWA (HEC18), May 2001.
- [6] Sheppard, D.M. & Renna, R., *Bridge scour manual*, Florida Department of Transportation, May 2005.
- [7] Nguyễn Thế Anh, Phạm Trọng Hải, Lê Văn Minh, Đề tài NCKHSV *Nghiên cứu xây dựng chương trình tự động tính toán xói cục bộ trụ cầu*, Đại học Hàng hải Việt Nam, 2014.
- [8] Các Đoạn quản lý đường sông khu vực Hải Phòng, *Số liệu khảo sát*.