

ÁP DỤNG CHƯƠNG TRÌNH RMA2 ĐỂ TÍNH XÓI TẠI CẦU SÔNG HÀN

APPLYING RMA2 SOFTWARE TO THE SCOUR CALCULATION AT THE HAN RIVER BRIDGE

ĐẶNG VIỆT DŨNG

Sở Giao thông Công chính, Thành phố Đà Nẵng

NGUYỄN THẾ HÙNG

Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng

TÓM TẮT

Hiện nay hầu hết các công thức tính xói chung và xói cục bộ cho công trình cầu vượt sông đều sử dụng vận tốc dòng chảy tính toán là vận tốc trung bình một chiều; điều này sai khác rất nhiều so với sự phân bố thực của vận tốc dòng chảy trên sông; vì vậy kết quả tính toán xói thường có những sai lệch lớn so với thực tế. Trong bài viết này, các tác giả tính toán xói cục bộ tại cầu sông Hàn với sử dụng trường vận tốc nhận được ở chương trình tính RMA2, xây dựng từ mô hình toán dòng chảy hai chiều ngang và giải theo phương pháp phần tử hữu hạn; như vậy kết quả tính toán sát với thực tế hơn.

ABSTRACT

Until now, most formulae for calculating the scour depths in general and around the columns of river bridges have been based on the average velocity of one-dimensional flow in open channels, which differs greatly from the real distribution of the flow's speed; consequently, the calculation of the scour depths usually results in big differences compared to the real situation. In this paper, the authors calculate the partial scour depths of the Han River Bridge using the 2DH velocities produced by RMA2 software, thus the results will better reflect the reality.

1. Đặt vấn đề

Các công trình vượt sông thường đòi hỏi độ an toàn cao và chi phí đầu tư rất lớn. Xói lở công trình là một tiêu chuẩn rất quan trọng và cần thiết khi phân tích hệ thống công trình vượt sông. Trước đây, việc tính xói được nghiên cứu theo các giả thiết có tính thực nghiệm, thiếu những căn cứ vững chắc. Do loại bỏ nhiều yếu tố quan trọng tác động lên dòng chảy trong quá trình mô hình hoá bài toán dòng chảy thực tế, đặc biệt là việc trung bình hoá vận tốc dòng chảy theo một chiều đã làm cho kết quả tính toán theo lý thuyết sai khác nhiều so với thực tế. Từ đó dẫn đến thiết kế công trình thường có hệ số an toàn quá mức cần thiết và gây ra lãng phí không nhỏ.

Bài báo này đề cập đến vấn đề áp dụng chương trình RMA2 để tính vận tốc dòng chảy theo hai chiều ngang. Sử dụng các giá trị vận tốc tìm được để xác định trị số xói thông qua các công thức tính xói đang được sử dụng phổ biến hiện nay, so sánh kết quả tính toán với phương pháp tính xói sử dụng vận tốc trung bình, từ đó kiến nghị phương pháp tính vận tốc dòng chảy để xác định chiều sâu xói phù hợp.

2. Nội dung

2.1. Lựa chọn công thức tính xói chung và xói cục bộ

Hiện nay để có thể xác định được trị số xói cho công trình vượt sông, người thiết kế có thể dùng nhiều công thức tính toán khác nhau. Các công thức tính toán đều được xây dựng trên quan điểm của từng tác giả và các kết quả đo được từ thực nghiệm nên phạm vi sử dụng và kết quả tính toán của mỗi công thức rất khác nhau. Tuy nhiên hầu hết các công thức tính

toán đều có đặc điểm chung là sử dụng vận tốc dòng chảy trung bình một chiều để tính xói. Vì vậy để tiện so sánh trong bài báo này chúng tôi lựa chọn hai công thức tính xói đang được sử dụng tương đối phổ biến:

- Công thức O.V. Andreev để tính xói chung:

$$h'_{ch} = h_{ch} \beta_{ch}^{8/9} \left(\frac{B_{ch}}{B'_{ch}} \right)^{2/3} \quad (1)$$

B_{ch}, B'_{ch} - chiều rộng dòng chủ trước và sau khi xói;

h_{ch}, h'_{ch} - chiều sâu nước chảy tại dòng chủ lúc tự nhiên (trước khi xói) và sau khi xói.

$\beta_{ch} = Q'_{ch}/Q_{ch}$ là hệ số tăng lưu lượng tại dòng chủ so với lúc tự nhiên.

- Công thức của I.A. Iaroxlatsev để tính xói cục bộ:

$$h_{cb} = K_{\xi} K_v (K_H + t) \frac{v^2}{g} - 6 \frac{v_{ox}^2}{g} \quad (2)$$

K_{ξ} - Hệ số phụ thuộc vào hình thù trụ và hướng dòng nước chảy [1, 4].

K_v - hệ số xói ảnh hưởng của chiều rộng trụ tính toán b_1 và tốc độ nước chảy tới trụ v , lấy theo đồ thị [1, 4]. Phụ thuộc vào tỷ số v^2/gB_1 . Với B_1 - chiều rộng trụ tính toán lấy theo quy định [1, 4]. K_H - hệ số phụ thuộc vào chiều sâu nước chảy trước cầu, xác định theo đồ thị hay theo công thức [1,4]:

$$\log K_H = 0,17 - 0,35H/B_1$$

v - tốc độ nước chảy sau khi xói chung;

t - hệ số, đối với bãi sông $t = 1$, đối với dòng chủ và sông có lòng sông di động $t = 0,6$

v_{ox} - tốc độ cho phép không xói của đất ở đáy hố xói cục bộ tính bằng m/s lấy theo bảng, đối với đất không dính $v_{ox} = (v_{od}/d^{1/6})h^{1/6}$.

H - chiều sâu nước chảy trước trụ cầu (m).

2.2. Giới thiệu chung về chương trình RMA2

Chương trình RMA2 [7] là mô hình số trị động lực học chất lỏng được giải theo phương pháp phần tử hữu hạn cho dòng chảy hai chiều ngang được trung bình từ hệ phương trình Reynolds. Mô hình tính toán các thành phần là cao độ mặt nước và vận tốc hai chiều theo phương ngang cho dòng chảy rối có bề mặt tự do.

Phương trình chủ đạo:

- Phương trình chuyển động:

$$h \frac{\partial u}{\partial t} + hu \frac{\partial u}{\partial x} + hv \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{h}{\rho} \left(E_{xx} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + E_{yy} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + gh \left(\frac{\partial a}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{gun^2}{(1.468h^{1/6})^2} \quad (3)$$

$$+ (u^2 + v^2)^{1/2} - \zeta V_a^2 \cos \psi - 2h\omega v \sin \phi = 0$$

$$h \frac{\partial v}{\partial t} + hu \frac{\partial v}{\partial x} + hv \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{h}{\rho} \left(E_{yx} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + E_{yy} \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + gh \left(\frac{\partial a}{\partial y} + \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{gvn^2}{(1.468h^{1/6})^2} \quad (4)$$

$$+ (u^2 + v^2)^{1/2} - \zeta V_a^2 \sin \psi + 2h\omega v \sin \phi = 0$$

- Phương trình liên tục:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + h \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) + u \frac{\partial h}{\partial x} + v \frac{\partial h}{\partial y} = 0 \quad (5)$$

2.3. Áp dụng chương trình RMA2 để tính xói cho công trình vượt sông Hàn

a. Đặc điểm khu vực xây dựng cầu sông Hàn

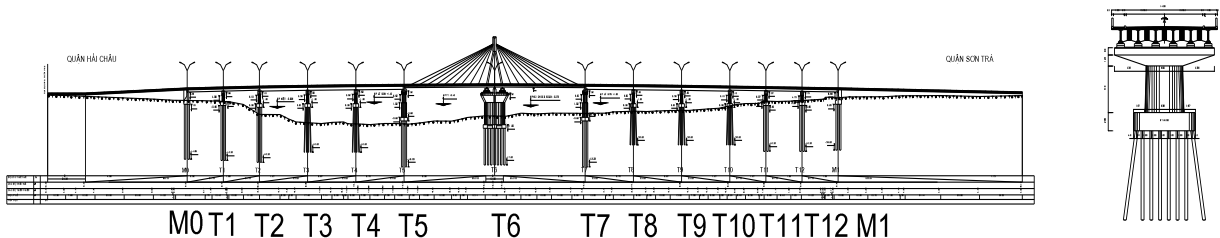
Địa hình khu vực xây dựng cầu có địa thế rất thuận lợi, hai bên đầu cầu đều cao hơn so với địa hình xung quanh. Khí hậu khu vực có hai mùa rõ rệt, mùa khô và mùa mưa. Nhiệt độ trung bình 25⁰C, dao động 3 - 5⁰ C. Độ ẩm không khí trung bình hàng năm 82%. Lượng mưa trung bình hàng năm 2.047,7 mm. Lượng bốc hơi nước trung bình 2.007 mm/năm. Số giờ nắng trung bình 2.158 giờ/năm. Tốc độ gió trung bình 3,3m/s - 4m/s. Mùa bão ở Đà Nẵng trùng với mùa mưa có gió mạnh từ cấp 6 đến cấp 9.

Sông Hàn là đoạn sông thuộc hạ lưu sông Vu Gia, lượng nước chảy trên đoạn sông này là do một phần lượng dòng chảy từ thượng nguồn sông Vu Gia đổ về. Dòng chảy trên sông Hàn cũng như phần thượng lưu biến đổi theo 2 mùa rõ rệt. Sông Hàn là sông có chế độ dòng chảy khá phức tạp. Đặc biệt trong mùa lũ (từ tháng 9 đến tháng 12) dòng chảy vừa chịu tác động mạnh của dòng chảy thượng nguồn đổ về, vừa chịu ảnh hưởng của bão lũ.

Địa chất khu vực không phức tạp, gồm những lớp cơ bản là: lớp cát hạt mịn có màu vàng nằm trên bề mặt, lớp á cát có lẫn vỏ sò hên kẹp thấu kính bùn á cát có độ sâu -2m ÷ -15m.

b. Giới thiệu vài nét về cầu qua sông Hàn

Vị trí cầu qua sông Hàn được đặt vị trí đường Lê Duẩn. Đường hai đầu cầu làm với cấp đường phố cấp III, cầu có qui mô: Vĩnh cửu, tần xuất tính toán P = 1%, xói P =2%, cầu rộng 13,5m. Bề rộng nhịp thông tàu B=60m. Chiều dài cầu L = 458,46m. Cầu gồm 13 nhịp (Hình 1)



Hình 1. Sơ đồ bố trí trục dọc và trục ngang cầu

trong đó có 11 nhịp dầm BTCT dự ứng lực gián đơn dài 24m và 33m, cắt ngang nhịp gồm 6 dầm BTCT, khoảng cách giữa các dầm 2,4m. Hai nhịp thông thuyền ở giữa cầu (nhịp 6,7) có chiều dài L = 62,45m bằng một hệ dàn dây văng bằng thép.

Sơ đồ bố trí xem ở Hình 1.

Mô sử dụng loại móng BTCT chữ bát. Móng móng dùng cọc khoan nhồi Φ1m. Đặt sâu vào tầng đá gốc ≥ 1,5m. Trụ bằng BTCT dạng chữ T, xà mũ trụ và bệ đá kê gối bằng BTCT M300. Thân trụ và bệ trụ bằng BTCT M200. Thân trụ có khía để tạo dạng kiến trúc, độ dốc thân trụ 30:1

c. Kết quả tính toán xói trụ cầu sông Hàn - với sử dụng phương pháp xác định vận tốc dòng chảy trung bình, tính với tần suất lưu lượng 2% [1]

- Xói chung:
- + Chiều sâu dòng chảy sau khi xói chung:
 $h'_{ch} = 13,79m$
- + Chiều cao nước dâng trước cầu là: 0,05m
- + Xói chung tại vị trí cầu: $\Delta_{XC} = 0,64m$.
- Xói cục bộ xem kết quả tính toán ở Bảng 1.

Bảng 1. Bảng kết quả tính chiều sâu xói cục bộ theo phương pháp tính vận tốc trung bình một chiều

Tên trụ	Vận tốc dòng chảy		Chiều sâu xói cục bộ	Hệ số hình dáng (Kg)	Bề rộng trụ (B ₁)	Hệ số phụ thuộc vận tốc (K _v)	Chiều sâu nước trước trụ (H)	Hệ số K _H	Hệ số triết giảm t	Hệ số cho phép không xói	Chiều sâu xói cục bộ theo phương pháp tính vận tốc trung bình
	Trên bề mặt	Dưới đáy sông									
(1)	(2)	(3)	(4)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(5)
Trụ 2	1,71	1,05	0,217	8,460	1,80	0,657	3,92	0,256	0,600	0,816	1,879
Trụ 3	1,67	1,02	0,189	8,380	1,82	0,658	3,92	0,261	0,600	0,816	1,875
Trụ 4	1,58	0,97	0,129	8,250	1,84	0,659	3,92	0,266	0,600	0,816	1,855
Trụ 5	2,38	1,46	0,370	8,040	3,50	0,715	11,40	0,107	0,600	0,975	1,371
Trụ 6	1,52	0,93	0,305	10,000	14,00	0,809	15,42	0,609	0,600	1,025	4,057
Trụ 7	1,86	1,14	0,062	8,500	3,50	0,715	11,40	0,107	0,600	0,975	1,482
Trụ 8	1,84	1,13	0,302	8,300	1,84	0,659	3,92	0,266	0,600	0,816	1,869
Trụ 9	-0,71	-0,44	-0,287	8,340	1,82	0,658	3,92	0,261	0,600	0,816	1,864
Trụ 10	-1,35	-0,83	-0,016	8,200	1,80	0,657	3,92	0,256	0,600	0,816	1,809

d. Áp dụng chương trình RMA2 để tính xói tại trụ cầu sông Hàn

- Sử dụng hình ảnh nền: Mặt bằng khu vực bố trí cầu sông Hàn và các công trình liên quan được quyết và lưu trữ trong file ảnh có tên SÔNG HÀN1.tif. Trong cửa sổ đăng ký xuất hiện ba điểm và toạ độ giả định, căn cứ số liệu khảo sát ta xác định toạ độ thực tế (địa phương) của khu vực dự kiến tính toán.

- Tạo đường biên đặc trưng
- Phân bố các đỉnh
- Đăng ký tham số của lưới
- Áp đặt điều kiện biên:
 - + Đăng ký lưu lượng ở thượng lưu: 5500 m³/s.
 - + Đăng ký cao độ mặt nước tại hạ lưu cầu sông Hàn là: 2.36m
- Đăng ký vật liệu:
 - + Độ nhám n = 0.018.
 - + Độ nhớt động lực E = 50 Pascal-s.

- Nội suy cao độ lưới
- Đánh số lại lưới
- Chạy chương trình RMA2
- Kết quả tính toán:
 - + Kết quả tính toán vận tốc dòng chảy trước và sau khi bố trí trụ:

Bảng 2. Bảng vận tốc dòng chảy tính theo chương trình RMA2 trước và sau khi bố trí trụ tại vị trí cầu sông Hàn

Nút	Trước khi bố trí trụ			Sau khi bố trí trụ		
	Vận tốc theo phương x(m/s)	Vận tốc theo phương y(m/s)	Vận tốc tổng (m/s)	Vận tốc theo phương x(m/s)	Vận tốc theo phương y(m/s)	Vận tốc tổng (m/s)
1855 (T2)	-0,341	1,493	1,531	-0,386	1,707	1,750
1921(T3)	-0,036	3,527	3,527	-0,124	1,550	1,555
1888(T4)	-0,313	1,609	1,639	-0,367	2,338	2,367
1814(T5)	-0,393	1,658	1,704	-0,217	2,674	2,707
1821(T6)	-0,242	1,473	1,493	0,365	1,055	1,067
1829(T7)	-1,995	1,702	2,622	-0,111	2,064	2,183
1871(T8)	0,909	-0,337	0,969	-1,335	1,906	1,955
1874(T9)	-1,202	-1,047	1,594	-0,506	2,685	2,685
1971(T10)	1,316	2,636	2,946	0,696	-5,327	5,327

- Áp dụng vận tốc dòng chảy tính được theo RMA2 để tính xói tại cầu sông Hàn:
 - +Xác định chiều cao nước dâng trước cầu
 - +Xác định chiều sâu xói chung
 - +Xác định chiều sâu xói cục bộ

Bảng 3. Bảng xác định chiều cao nước dâng, chiều sâu xói chung và cục bộ

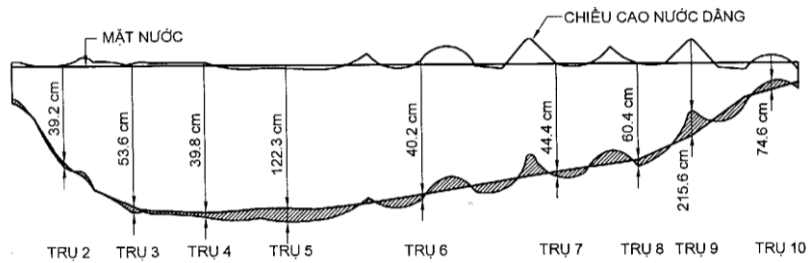
Điểm tính toán	Chiều cao nước dâng(m)	Chiều sâu xói chung (m)	Chiều sâu xói cục bộ (m)
(1)	(2)	(3)	(4)
1855 (T2)	0,411	-0,174	0,217
1921(T3)	0,457	-0,347	0,189
1888(T4)	0,565	-0,269	0,129
1814(T5)	-0,038	-0,853	0,370
1821(T6)	0,655	-0,097	0,305
1829(T7)	0,261	-0,383	0,062
1871(T8)	0,285	-0,302	0,302
1874(T9)	1,831	4,363	-0,287
1971(T10)	0,975	0,730	-0,016

- So sánh kết quả tính của hai phương pháp:

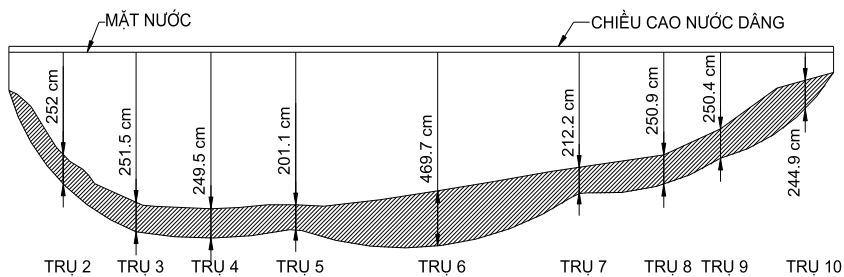
Bảng 4. Bảng so sánh kết quả tính toán theo hai phương pháp

Tên trụ	Vận tốc dòng chảy		Chiều sâu xói tổng cộng theo phương pháp tính vận tốc của RMA2 (m)	Chiều sâu xói tổng cộng theo phương pháp tính vận tốc trung bình (m)
	Tính theo RMA2	Tính theo phương pháp trung bình		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Trụ 2	1,046	2,17	0,391	2,519
Trụ 3	1,021	2,17	0,536	2,515
Trụ 4	0,969	2,17	0,389	2,495
Trụ 5	1,456	2,17	1,223	2,011
Trụ 6	0,931	2,17	0,402	4,697
Trụ 7	1,143	2,17	0,445	2,122
Trụ 8	1,125	2,17	0,604	2,509
Trụ 9	-0,436	2,17	-2,156	2,504
Trụ 10	-0,825	2,17	-0,746	2,449

+Vẽ lại mặt cắt đáy sông sau khi xói do xây dựng cầu:



Hình 2. Chiều sâu xói tổng hợp tính theo RMA2



Hình 3. Chiều sâu xói tổng hợp tính theo phương pháp vận tốc trung bình

3. Kết luận

1. Kết quả tính toán cho thấy so với phương pháp tính xói theo vận tốc trung bình một chiều, việc sử dụng chương trình RMA2 để xác định vận tốc dòng chảy theo hai chiều ngang làm cơ sở tính xói cho công trình vượt sông cho thấy mặt cắt đáy sông sau khi xây dựng công trình có chỗ bồi, chỗ xói; Trong khi sử dụng phương pháp xác định vận tốc trung bình một chiều chỉ cho kết quả xói trên toàn bộ mặt cắt sông. Như vậy về định tính cho thấy việc sử dụng chương trình RMA2 làm cơ sở để tính xói phù hợp với thực tế hơn.

2. Chiều sâu xói tính theo RMA2 nhỏ hơn nhiều so với phương pháp vận tốc trung bình một chiều, tại vị trí một số trụ thậm trí không phát sinh xói.

3. Sở dĩ có kết quả như vậy là vì chương trình RMA2 sử dụng phương trình chủ đạo để tính toán là 2 phương trình gồm phương trình liên tục và phương trình chuyển động. Các phương trình này về cơ bản đã mô tả gần đúng hơn về qui luật phân bố vận tốc trên sông; ngoài ra RMA2 có khả năng kể đến gió xuất hiện trên bề mặt dòng chảy, tốc độ quay của trái đất,... Và đặc biệt trong các phương trình này đã kể đến tác động của hiện tượng chảy rối, một hiện tượng cơ bản, phức tạp rất khó mô tả của dòng chảy trên sông thông qua hệ số nhớt động lực.

4. Về mặt lý thuyết, kết quả tính toán có thể tin cậy được và phản ánh tương đối rõ quá trình thay đổi vận tốc trung bình theo phương đứng của dòng chảy trên sông. So với cách tính thông thường việc xác định vận tốc theo 2 chiều ngang trên từng điểm làm cho kết quả tính toán quá trình hình thành xói chung, chiều sâu lớn nhất của xói cục bộ tại khu vực xây dựng trụ cầu chính xác hơn nhiều. Điều này giúp cho chúng ta xác định tương đối chính xác khu vực nguy hiểm trên trục ngang dòng chảy để có thể đưa ra được các giải pháp phòng chống có hiệu quả hơn, kinh tế hơn.

5. Tuy các kết quả tính toán về mặt lý thuyết là có thể chấp nhận được, nhưng dòng chảy trên sông rất phức tạp lại chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố nên rất cần các số liệu đo thực tế để kiểm chứng lại các kết quả tính toán lý thuyết.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Đặng Việt Dũng, *Nghiên cứu áp dụng chương trình RMA2 để tính xói tại công trình cầu vượt sông Hàn*, Luận văn Thạc sĩ, Đà Nẵng 2005.
- [2] Nguyễn Thế Hùng, *Phương pháp phân tử hữu hạn trong cơ học chất lỏng*, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội 2004.
- [3] Trần Đình Nghiêm, *Thiết kế thủy lực cho dự án cầu đường*, NXB Giao thông Vận tải, Hà Nội 2003.
- [4] Nguyễn Xuân Trục, *Tính toán thủy văn công trình vượt sông*, NXB Xây dựng, Hà Nội 2000.
- [5] J.N.Reddy, *An introduction to the finite element method*, McGraw-Hill, Inc, Second Edition 1992.
- [6] Ven-te-chow, David R. Maidment, Larry W.Mays, *Applied Hydrology*, McGraw-Hill, Inc 1998.
- [7] Environmental Modeling Research Laboratory of Brigham Young University, *Surface water modeling system*, Brigham young university 2002.