

XÁC ĐỊNH ÁP LỰC THỦY ĐỘNG TÁC ĐỘNG LÊN CỬA VAN CỐNG KIỂU SẬP TRỤC DƯỚI

Cao Văn Chan¹, Trịnh Công Vấn²

Tóm tắt: Cửa sập trục dưới được sử dụng phổ biến tại Việt Nam trong xây dựng các công kiểm soát triều, ngăn mặn-giữ ngọt và tiêu thoát lũ. Tại thành phố Hồ Chí Minh cửa sập trục dưới cũng đã được lựa chọn để xây dựng tại một số vị trí làm nhiệm vụ ngăn triều cường, chống ngập cho thành phố. Tuy nhiên trong tính toán lựa chọn thiết bị đóng mở vận hành cửa van, chưa có công thức nào để xác định áp lực thủy động tác dụng lên cửa. Nghiên cứu này trình bày cách xác định áp lực thủy động tác dụng lên cửa trong quá trình vận hành đóng cửa bằng mô hình toán (Flow- 3D) kết hợp với số liệu quan trắc thực tế. Kết quả nghiên cứu có thể sử dụng cho tính toán thiết kế thiết bị đóng mở cửa van kiểu sập trục dưới.

Từ khóa: cửa sập trục dưới, áp lực thủy động, thiết bị đóng mở

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cửa sập trục dưới là loại cửa van công được liên kết với bản đáy cống bởi các bản lề đáy cửa. Ở trạng thái “mở” toàn bộ cửa được đặt trong hốc cửa ở dưới đáy, dòng chảy qua cống chảy trên mặt cửa. Khi vận hành đóng hoặc mở, cửa cống sẽ được quay theo mặt phẳng thẳng đứng xung quanh trục bản lề theo phương ngang. Thiết bị đóng mở cửa sập thường được sử dụng phổ biến là xy lanh thủy lực hoặc tời.

Các ưu điểm của cửa sập trục dưới:

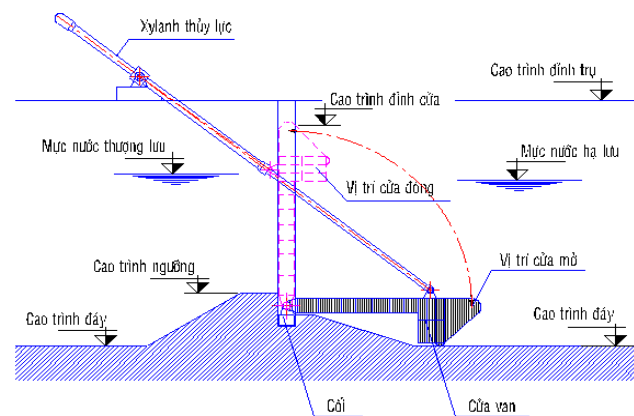
- Không bị giới hạn về bề rộng khoang cống;
- Không bị giới hạn về tĩnh không.
- Cửa không chịu tác động của gió do vị trí cửa thường xuyên thấp.
- Cửa sẽ không nhìn thấy khi ở trạng thái mở cho nên ít ảnh hưởng đến cảnh quan khu vực xây dựng công trình.

Cửa van công làm nhiệm vụ ngăn triều cường chống ngập thường được vận hành như sau:

- Trong thời gian triều kém không có nguy cơ gây ngập, các cửa cống mở hoàn toàn cho nước lưu thông bình thường: cửa van kiểu sập trục dưới nằm ở vị trí đáy cống.

- Khi triều cường, cửa cống được kéo lên để đóng cửa cống không cho nước triều thâm nhập vào khu vực bảo vệ (ví dụ như nội thành TPHCM).

- Khi triều rút cửa cống được hạ xuống vị trí đáy cống để nước mưa có thể tiêu thoát từ trong khu vực bảo vệ chảy ra sông.



Hình 1. Sơ đồ kết cấu cửa van công kiểu sập trục dưới

Khi chọn xy lanh vận hành cửa cống cần xác định được lực kéo lớn nhất yêu cầu trong quá trình “đóng cửa”. Tải trọng tác động lên cửa van trong khi vận hành “đóng cửa” bao gồm:

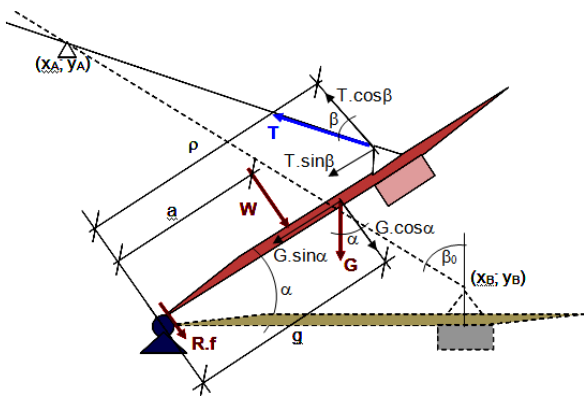
- i. Trọng lượng cửa van (G)
- ii. Áp lực nước động (W)
- iii. Ma sát tại các bản lề (R); và
- iv. Lực kéo cửa van bởi thiết bị (T)

Căn cứ vào biểu thức cân bằng mô men quanh trục quay, yêu cầu lực vận hành của thiết bị (hay lực kéo) được xác định như phương trình tổng quát dưới đây:

$$T \geq \frac{G * \cos \alpha * g + W * a + R * f * r}{\rho * \cos \beta} \quad (1)$$

¹ Học viên Cao học Việt-Bỉ, ĐHTL;

² PGS.TS Đại học Thủy lợi



Hình 2. Sơ đồ tải trọng tác động lên cửa van kiểu sập

Trong đó: G - trọng lượng cửa van; g – khoảng cách từ trọng tâm cửa đến tâm cối quay; W – tổng áp lực thủy động tác dụng lên cửa van; a – khoảng cách từ điểm đặt tổng áp lực đến tâm cối; R – phản lực sinh ra tại cối; f – hệ số ma sát; r – bán kính trục; α - góc hợp giữa mặt phẳng cửa van và phương nằm ngang; và β - là góc hợp giữa phương kéo cửa và mặt phẳng cửa van.

Lực kéo cửa yêu cầu là lực kéo lớn nhất xác định được trong suốt hành trình cửa di chuyển từ trạng thái “mở” (nằm ngang) cho đến trạng thái ‘đóng’ (cửa ở vị trí đứng). Trong quá trình đó, áp lực nước động thay đổi tùy thuộc vị trí cửa van (góc α), vận tốc dòng chảy cùng với hướng đóng cửa (ngăn khi triều lên) và tốc độ

kéo cửa của thiết bị. Trong cách tính toán thiết kế truyền thống, người kỹ sư thiết kế giả thiết một số vị trí cửa van trong hành trình đóng cửa để xác định các tải trọng trong đó có áp lực nước lên cửa van. Các tính toán như vậy chưa kể đến được tốc độ kéo cửa van có thể dẫn tới lựa chọn xy lanh thủy lực với khả năng kéo và tốc độ kéo cửa không phù hợp. Các vị trí cửa van chọn để tính toán mang tính chủ quan và phụ thuộc kinh nghiệm người thiết kế. Vì vậy, việc nghiên cứu cách xác định được áp lực thủy động tác động lên cửa van trong suốt quá trình đóng cửa có ý nghĩa quan trọng trong tính toán thiết kế cửa van kiểu sập, trực dưới.

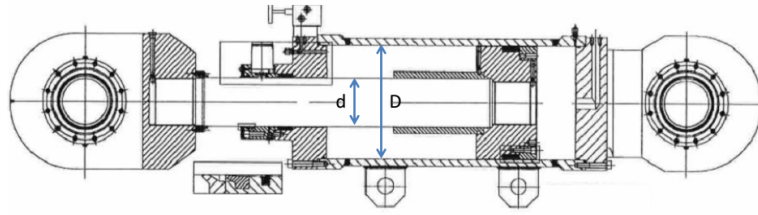
2. XÁC ĐỊNH ÁP LỰC THỦY ĐỘNG TÁC DỤNG LÊN CỬA

2.1 Xác định áp lực thủy động lên cửa van bằng số liệu quan trắc thực tế

Công tác khảo sát, quan trắc quá trình vận hành các cửa van kiểu sập đã được thực hiện tại các công trình đã được xây dựng và đang vận hành cửa sập tại Thành phố Hồ Chí Minh, bao gồm cống Bình Triệu, cống Thị Nghè và cống Gò Dưa. Cống Bình Triệu được xây dựng và đưa vào vận hành từ năm 2005, các cống Gò Dưa và Thị Nghè mới được xây dựng năm 2013. Các thông số cơ bản của 3 cống được trình bày trong bảng sau đây.

Bảng 1. Các thông số kỹ thuật cơ bản của các cửa kiểu sập ở TPHCM

Các thông số kỹ thuật	Đơn vị	Các cống ngăn triều		
		Bình triệu	Gò Dưa	Thị Nghè
Cao trình ngưỡng	m	-3.50	-4.00	-4.30
Cao trình tâm cối quay	m	-3.85	-4.35	-4.30
Chiều cao cửa (H)	m	5.50	6.50	6.50
Bề rộng cửa (B)	m	20.35	17.50	22.70
Trọng lượng cửa (G)	Tấn	52.00	51.00	95.50
Hành trình xy lanh	m	5.50	7.30	5.00
Tổng thời gian đóng	phút	16.00	12.00	8.00
Đường kính trong xy lanh	cm	23.6	29.20	34.80
Đường kính ngoài piston	cm	14.00	24.00	20.00
Vận tốc xy lanh	m / phút	0.34	0.61	0.63
Vận tốc cửa chuyển động	rad/s	0.0016	0.0022	0.0033



Hình 3. Cấu tạo của xy lanh thủy lực

Lực kéo cửa của xy lanh được xác định nhờ quan trắc giá trị áp lực dầu trên đồng hồ (Δp) và căn cứ vào kích thước đường kính trong của xy lanh (D) và đường kính ngoài của piston (d) để tính toán theo biểu thức (2), trong đó ζ là hệ số tổn thất áp suất dầu cho tới xy lanh.

$$T = \frac{\pi}{4} * (D^2 - d^2) * \Delta p * \zeta \quad (2)$$

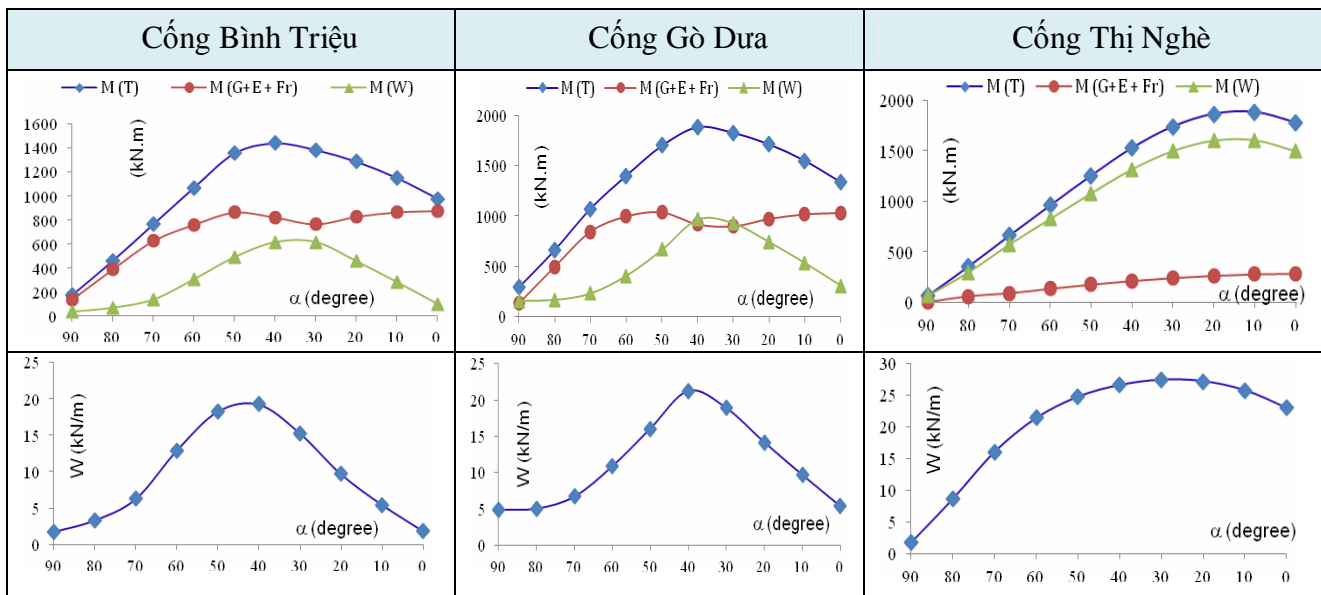
Mô men quanh trục quay cửa do tổng áp lực nước được xác định trên cơ sở các mô men do lực kéo cửa, $M(T)$ và tổng giá trị các mô men do trọng lượng cửa, lực đẩy nổi và lực ma sát, $M(G+E+Fr)$:

$$M(W) = M(T) - M(G + E + Fr) \quad (3)$$

Từ giá trị mô men do áp lực nước $M(W)$ ứng

với mỗi vị trí cửa (α) ta có thể xác định được giá trị tổng áp lực nước lên cửa. Kết quả tổng áp lực thủy động tác dụng lên cửa của cống Bình triệu, Gò Dưa và Thị Nghè được thể hiện trong hình 4.

Kết quả tính toán từ số liệu quan trắc cho thấy khi bắt đầu kéo cửa (góc $\alpha=0$) tổng áp lực nước lên mặt cửa van (tính bình quân cho 1m bề rộng cửa) cống Bình Triệu và cống Gò Dưa khá nhỏ, lần lượt là 1,34 KN/m và 4,88 KN/m, trong khi đó áp lực nước đối với cửa van cống Thị Nghè giá trị này lên tới 22,88KN. Nguyên nhân của hiện tượng này có thể được lý giải bởi tốc độ đóng cửa cống Thị Nghè là 8 phút nhanh hơn rất nhiều so với thời gian đóng 16 phút đối với cửa Bình Triệu.

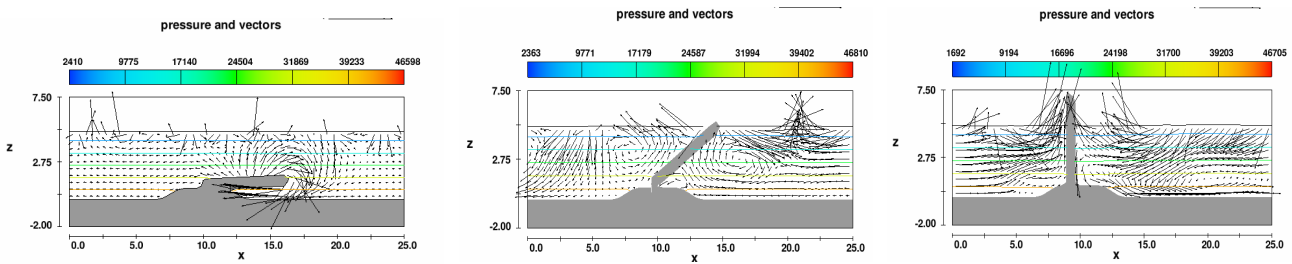


Hình 4. Tính toán xác định áp lực thủy động tác động lên cửa van cống khi vận hành “đóng cửa”

2.2 Sử dụng mô hình toán để xác định áp lực thủy động tác dụng lên cửa van

Mô hình toán ba chiều Flow-3D của Mỹ được sử dụng để khảo sát quá trình đóng cửa 3 cống nêu trên tương ứng với trường hợp tính toán trên số liệu quan trắc. Mô hình toán ngoài việc cung cấp những kết quả một cách nhanh chóng còn

cung cấp cho người sử dụng các diễn biến của dòng chảy và áp lực nước tác dụng lên cửa van với độ chính xác cao trong suốt quá trình di chuyển cửa từ vị trí “mở hoàn toàn” cho tới vị trí “đóng cửa hoàn toàn”. Quá trình khảo sát trên mô hình toán được minh họa bằng hình... dưới đây.



Hình 5. Minh họa sự mô phỏng sự chuyển động quay và áp lực nước tác dụng lên cửa van

Kết quả áp lực thủy động tác dụng lên cửa van của các cống Bình Triệu, cống Gò Dưa và cống Thị Nghè được xác định từ khảo sát trên mô hình toán được trình bày tóm tắt trong hình 6.

cống Bình Triệu	cống Gò Dưa	Cống Thị Nghè
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vận tốc đóng: 1.74e-03 (rad/s). ▪ Điều kiện mực nước ban đầu: <ul style="list-style-type: none"> + Trước cửa: -0.76(m). + Sau cửa: -0.76(m). ▪ Điều kiện biên mực nước: <ul style="list-style-type: none"> + Trước cửa: -0.50(m). + Sau cửa: -0.76(m). 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vận tốc đóng: 2.18e-03 (rad/s). ▪ Điều kiện mực nước ban đầu: <ul style="list-style-type: none"> + Trước cửa: +1.20(m). + Sau cửa: +1.20(m). ▪ Điều kiện biên mực nước: <ul style="list-style-type: none"> + Trước cửa: +1.30(m). + Sau cửa: +1.20(m). 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vận tốc đóng: 3.27e-03 (rad/s). ▪ Điều kiện mực nước ban đầu: <ul style="list-style-type: none"> + Trước cửa: +0.70(m). + Sau cửa: +0.70(m). ▪ Điều kiện biên mực nước: <ul style="list-style-type: none"> + Trước cửa: +0.80(m). + Sau cửa: +0.70(m).

Hình 6. Tổng hợp kết quả xác định áp lực thủy động tác dụng lên 1m bề rộng cửa van các cống Bình Triệu, Gò Dưa và Thị Nghè từ mô hình toán (kN/m)

Kết quả và thảo luận

Kết quả áp lực thủy động tác dụng lên cửa van các cống Bình triệu, Gò đưa và Thị Nghè

bằng phương pháp phân tích số liệu thực đo và thông qua khảo sát trên mô hình toán được trình bày trong hình 7 sau đây.

cống Bình Triệu	cống Gò Dưa	Cống Nhiều Lọc - Thị Nghè

Hình 7. So sánh kết quả áp lực thủy động tác dụng lên 1m bề rộng cửa van giữa mô hình toán và số liệu đo (kN/m)

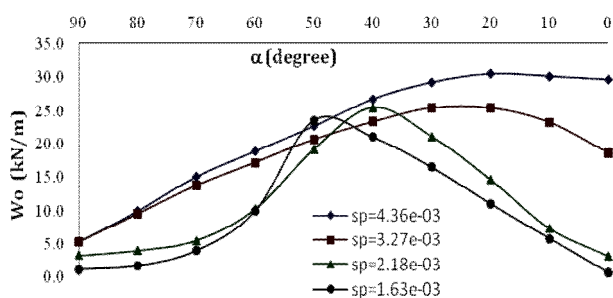
Từ kết quả trong bảng 3 có thể rút ra một số nhận xét sau đây:

(i) Mô hình toán (Flow 3D) cho phép xác định được áp lực thủy động lên mặt cửa van kiểu sập trục dưới phục vụ hữu ích cho việc tính toán thiết kế kết cấu cửa van và lựa chọn thiết bị

đóng mở phù hợp. Tính toán truyền thống chỉ xét áp lực thủy tĩnh và chưa kể đến tác động của tốc độ kéo cửa van.

Tốc độ kéo cửa van (hay thời gian hoàn tất quá trình đóng cửa) hiện tại được quyết định bởi người thiết kế chủ yếu dựa vào mong muốn

Áp lực thủy động tiêu chuẩn (W_0) tác dụng lên cửa van



Hình 8. Áp lực thủy động tác động lên cửa van với các tốc độ kéo cửa van khác nhau

đóng cửa nhanh để ngăn triều cường. Tuy nhiên, tốc độ kéo cửa quá nhanh sẽ dẫn đến áp lực thủy động tăng nhanh đột ngột đòi hỏi không chỉ yêu cầu kỹ thuật đối với xylanh mà còn ảnh hưởng đến độ bền các kết cấu nối giữa cửa van và xylanh, giữa xylanh và trụ pin cổng. Một mô hình cổng cửa kiểu sập trục dưới với bề rộng cửa 6,5m, chiều cao cột nước $H=0,9B$ được khảo sát bằng mô hình toán với những tốc độ kéo cửa khác nhau, đặc trưng bởi vận tốc góc SP (rad/s) lần lượt là $1.63.10^{-3}$; $2.18.10^{-3}$; $3.27.10^{-3}$; $4.36.10^{-3}$. Kết quả trình bày trên hình... cho thấy tốc độ kéo cửa

van này trong khoảng từ $1.63.10^{-3}$ đến $2.18.10^{-3}$ rad/s là phù hợp.

3. KẾT LUẬN

▪ Xác định áp lực thủy động tác dụng lên cửa van (cửa sập trục dưới) là một trong những yêu cầu cơ bản để xác định nâng lực vận hành của thiết bị. Áp lực thủy động có thể được xác định bằng thí nghiệm mô hình vật lý. Tuy nhiên, sử dụng mô hình toán để xác định áp lực thủy động là một phương án hợp lý, nhanh và hiệu quả.

▪ Các kết quả xác định áp lực thủy động tác dụng lên cửa van bằng mô hình toán và được kiểm định bằng số liệu đo đạc cho thấy sự sai khác giữa mô hình và kết quả đo không nhiều, có thể sử dụng mô hình toán mô phỏng nhiều kịch bản vận hành đóng cửa khác nhau để xây dựng biểu đồ áp lực thủy động tiêu chuẩn W_0 tác dụng lên cửa sập dạng trục dưới.

▪ Mô hình toán Flow-3D sẽ được tiếp tục sử dụng để nghiên cứu và các hệ số hiệu chỉnh của áp lực thủy động để xác định áp lực thủy động tác dụng lên cửa van (cửa sập trục dưới) bất kỳ cho thiết kế hệ thống vận hành cửa.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. ADUARD NAUDASCHER, *Hydraulic structure design manual-hydrodynamic force*, University of Karlsruhe, Germany, 1991.
2. Dr. S. Van Baar, H.K.T. Kuijper e.al, *Manual for structural hydraulic engineering*, Delft University of Technology, January 2003,
3. Paulo C. F Erbisti, *Design of Hydraulic gates*, Lisse, the Netherlands, 2004.
4. EM 1110-2-2703, *Lock gates and Operating Equipment*, 30th June 1994.

Abstract:

DETERMINATION OF THE HYDRODYNAMIC LOAD ON BOTTOM AXIAL FLAP GATES

Flap gates are widely used in Vietnam in building tidal sluices for water control, saltwater prevention and flood drainage. In Ho Chi Minh City Flap gates have been installed in locations to protect land and people from tidal flood. However, there is no formula available for determination hydrodynamic pressure on the gates. This study shows how to determine the hydrodynamic pressure on the gates during closing operation by mathematical model (Flow-3D) combined with the site monitoring data. The research results can be used for flap gate design calculations and selection of the operating equipments.

Key words: Flap gates, Hydrodynamic load

Người phản biện: PGS.TS. Nguyễn Quang Hùng

BBT nhận bài: 19/6/2014

Phản biện xong: 18/7/2014