

## NGHIÊN CỨU LỰA CHỌN HÌNH THỨC KẾT CẤU VÀ KÍCH THƯỚC HỢP LÝ CHO CỬA VAN ĐẨY NGANG NHẬP LỚN TRONG ÂU TÀU

Vũ Hoàng Hưng<sup>1</sup>, Nguyễn Đức Toàn<sup>2</sup>, Bùi Phi Hùng<sup>2</sup>, Nguyễn Thùy Linh<sup>2</sup>

**Tóm tắt:** Hiện nay, giải pháp công trình nhằm tạo kết nối tuyến vận tải ven biển với các cảng đường thủy trên sông giúp rút ngắn thời gian hành trình của tàu và tiết kiệm chi phí đang được quan tâm đầu tư nghiên cứu tại Việt Nam. Từ yêu cầu xây dựng các tuyến kênh dài, với chiều rộng thông thủy đảm bảo cho tàu lớn qua lại kéo theo việc tìm ra hình thức kết cấu cửa van vận hành an toàn, phù hợp với cảnh quan. Hình thức cửa van đóng mở âu tàu ở nước ta chủ yếu là cửa van chữ nhật hoặc chữ nhân. Một dạng kết cấu cửa van đơn giản, đảm bảo an toàn ổn định khi vận hành đã được sử dụng nhiều trên thế giới phải kể đến là cửa van đẩy ngang. Các vấn đề về thiết kế kết cấu hình học hợp lý, tối ưu về khối lượng cho hình thức cửa van này sẽ trình bày trong bài báo này để làm cơ sở ban hành các tiêu chuẩn thiết kế loại hình cửa van này tại Việt Nam.

**Từ khóa:** Cửa van đẩy ngang, cảng đường sông, âu thuyền nhập lớn.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ở Việt Nam có mật độ sông ngòi cao hầu hết đều chảy ra biển. Việc đẩy mạnh phát triển giao thông thủy phục vụ phát triển kinh tế và giảm tải áp lực giao thông bộ là điều tất yếu. Để gắn nối liên thông các sông với sông hay sông với biển nhằm tạo tuyến vận tải rút ngắn thời gian hành trình phương tiện đi lại cần đến các tuyến kênh dẫn dài. Khi tránh nơi có mực nước mặt chênh lệch khác nhau và độ mặn khác nhau giữa hai nguồn nước đổ cho nhau ảnh hưởng đến hệ sinh thái tự nhiên cần cửa van khóa nước và âu tàu. Chiều rộng thông thủy lớn để đáp ứng tàu chở hàng trọng tải lớn đang là xu hướng nghiên cứu hiện nay kéo theo việc tìm ra hình thức kết cấu cửa van vận hành an toàn, phù hợp cho hệ thống kênh dẫn này

Hình thức cửa van đẩy ngang được áp dụng khá phổ biến trên thế giới và cũng là một trong những hình thức kết cấu cho tạo hình kiến trúc đẹp, dễ vận hành so với các hình thức cửa van đã áp dụng vào Việt Nam. Tuyến kênh đào Nghĩa Hưng và âu tàu Nghĩa Hưng nối sông Đáy với Sông Ninh Cơ tại tỉnh Nam Định lần đầu tiên áp dụng hình thức cửa van đẩy ngang, tuy nhiên các chỉ dẫn thiết kế cho

hình thức cửa van này vẫn đang phụ thuộc vào tiêu chuẩn của nước ngoài và chưa có nghiên cứu áp dụng vào điều kiện thực tiễn vào Việt Nam. Vì vậy, vấn đề nghiên cứu được đặt ra để lựa chọn hình dạng kết cấu phù hợp cho hình thức cửa van đẩy ngang, đồng thời đưa giải pháp kết cấu tối ưu về hình dạng, nguyên lý vận hành đơn giản mở thêm triển vọng cho vận tải đường thủy nội địa trong bối cảnh cần nhiều hơn nữa các sáng kiến và hạ tầng để phát triển vận tải đa phương thức, tăng cường kết nối vùng, tối ưu hóa sử dụng và chia sẻ nguồn lực giữa các địa phương.

### 2. TỔNG QUAN VỀ CỬA VAN ĐẨY NGANG

Hình thức cửa van đẩy ngang được áp dụng khá phổ biến trên thế giới như Đức, Nhật, Trung Quốc... Các tuyến kênh áp dụng loại hình cửa van này phải kể đến như kênh đào Panama với 17 âu tàu có tổng chiều dài kênh 82km và bề rộng 33,5m; Kênh đào Subei tại Bắc Kinh-Hàng Châu, Giang Tô, Trung Quốc có chiều dài 168km là kênh chính cho vận chuyển than Bắc-Nam của đất nước này. Kênh Subei có tới 26 âu tàu, trong đó lớn nhất là âu Liulaojian sử dụng cửa van phẳng đẩy ngang với nhiệm vụ điều chỉnh mực nước chênh lệch trong và ngoài âu giúp cho tàu thuyền dễ dàng qua lại.

---

<sup>1</sup> Khoa Công trình - Trường Đại học Thủy lợi

<sup>2</sup> Sinh viên - Trường Đại học Thủy lợi

Tại Việt Nam, hình thức cửa van này lần đầu tiên được sử dụng cho tuyến kênh đào Nghĩa Hưng tại tỉnh Nam Định. Tuyến kênh này nối sông Đáy với Sông Ninh Cơ nhằm tạo kết nối tuyến vận tải ven biển phía Bắc với các cảng thủy trên sông Đáy, khu vực Nam Định, Ninh Bình qua cửa biển Lạch Giang,

giúp rút ngắn 20% thời gian hành trình phương tiện thủy từ các tỉnh ven biển đến Ninh Bình và ngược lại. Đây là công trình âu tàu dài 179m lớn nhất Việt Nam sử dụng hình thức cửa van đẩy ngang rộng 17m, sâu 7m với yêu cầu thiết kế để đảm bảo cho tàu có tải trọng từ 2000 đến 3000 tấn lưu thông qua lại.



Hình 2.1. Cửa van đẩy ngang tại kênh đào Panama



Hình 2.2. Cửa van đẩy ngang tại âu tàu Liulaojian



Hình 2.3. Cửa van đẩy ngang tại âu tàu Nghĩa Hưng

### 3. TÍNH TOÁN KẾT CẤU CỬA VAN ĐẨY NGANG

Để phân tích lựa chọn ra hình thức kết cấu cửa van đẩy ngang phù hợp cho điều kiện đặc trưng thủy văn, điều kiện vận hành tàu thuyền của Việt Nam, nghiên cứu sử dụng phương pháp Phần tử hữu hạn thông qua mô hình số. Vật liệu thép được lựa chọn là thép S335; Điều kiện ổn định của kết cấu được lựa chọn theo độ võng giới hạn  $1/n_0 = 1/600$ .

#### 3.1. Mô hình cửa van

Theo điều kiện làm việc của âu thuyền và đặc trưng thủy văn, 05 mô hình được thiết lập với hệ thống dầm của cửa van bao gồm:

2 dầm dọc biên: Kích thước bản bụng dày; cánh rộng 0,612m dày 16mm.

2 dầm ngang hai biên: Kích thước bản bụng dày 14mm; cánh rộng 0,612m dày 16mm.

7 dầm ngang: Kích thước bản bụng dày 10mm; cánh rộng 0,4m dày 14mm.

7 dầm đứng: Kích thước bản bụng dày 10mm; cánh rộng 0,4m dày 14mm.

Bè rộng cửa van chắn ngang âu (B) và chiều dày cửa van (t) được lần lượt thay đổi như sau:

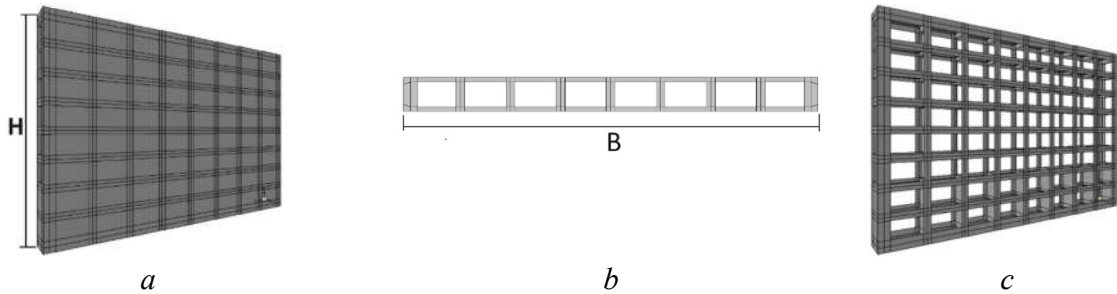
Bè rộng (B) thay đổi lần lượt là: 18m, 20m, 25m, 30m, 40m.

Chiều dày (t) thay đổi lần lượt là: 0.6m, 1m, 1.3m, 1.5m và 1.8m.

Chiều cao H (12m).

Từ các thông số mô hình khác nhau được xây

dựng bằng phương pháp phần tử hữu hạn để tìm ra mối quan hệ hình học hợp lý giữa chiều rộng (B) của cửa van tương ứng với chiều dày (t).



Hình 3.1. a, mô hình cửa 3D cửa van; b, mặt cắt bằng cửa van; c, hệ thống dầm của cửa van

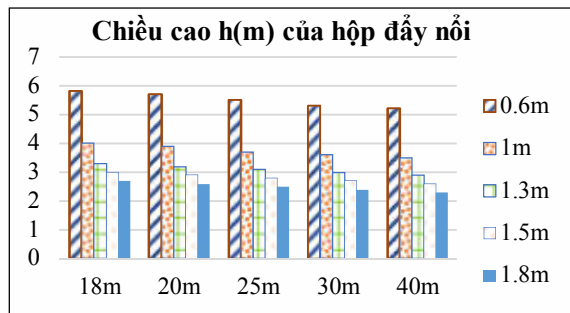
### 3.2. Xác định kích thước hộp rỗng

Đối với hình thức cửa van đẩy ngang, việc giảm trọng lượng cho cửa van không những làm giảm giá thành xây dựng mà còn giúp cửa van vận hành một cách dễ dàng hơn. Hệ thống dầm đỡ bên trong cửa van được chia làm hai phần: Phần trên làm rỗng; Phần dưới được bưng kín thành hộp rỗng tạo ra một lực đẩy nổi giúp giảm áp lực do trọng lượng của cửa van đè lên bánh xe. Khi thiết

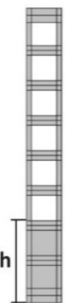
kế phần chìm của cửa van phải đảm bảo điều kiện lực đẩy nổi của phần chìm không thắng trọng lượng của cửa van để cửa van lúc nào cũng chìm dưới nước. Vì vậy, ứng với mỗi bề rộng thông thủy của cửa van B, việc tìm ra mối quan hệ giữa chiều cao (h) của hộp đẩy nổi ở phần chìm với chiều dày của cửa van (t) sẽ giúp giảm được trọng lượng của cửa van trong nước và đồng thời giữ cho cửa van luôn ở trạng thái chìm.

t	0.6	1	1,3	1,5	1,8
B	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
18m	5,8	4	3,3	3,0	2,7
20m	5,7	3,9	3,2	2,9	2,6
25m	5,5	3,7	3,1	2,8	2,5
30m	5,3	3,6	3,0	2,7	2,4
40m	5,2	3,5	2,9	2,6	2,3

a



b



c

Hình 3.2. a, bảng chiều cao hộp (h) tương ứng với bề rộng B(m) và chiều dày t(m) của cửa van; b, biểu đồ sự thay đổi chiều cao hộp (h) với 5TH tính toán c, mặt cắt đứng của cửa van đẩy ngang

Kết quả phân tích chiều cao hộp h(m) trên hình 3.2 cho thấy sự phù hợp của kết quả tính toán khi chiều cao hộp tỉ lệ nghịch với chiều dày (t) của cửa van. Thể tích hộp giảm đi khi bề rộng và chiều dày của cửa van tăng lên.

Ứng với mỗi kích thước cửa van đã biết là chiều rộng cửa van B(m), chiều dày cửa van t(m), người thiết kế có thể dễ dàng xác định được sơ bộ chiều cao của hộp đẩy nổi tương ứng giúp cho

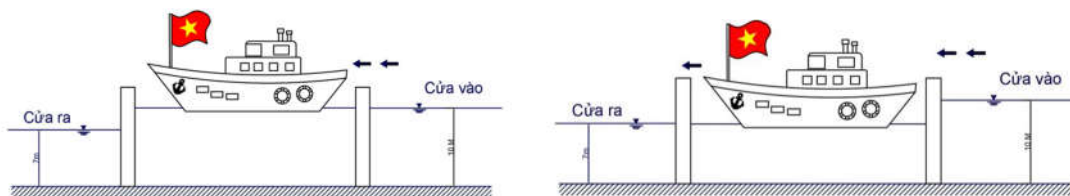
việc tính toán mô phỏng và gán các tải trọng tác dụng lên cửa van và hộp đẩy nổi được nhanh chóng và thuận lợi.

### 3.3. Các trường hợp tính toán từ nguyên lý vận hành cửa van

Cửa van được đóng mở dựa trên nguyên lý cân bằng lực để đảm bảo khi cửa van mở thì cột nước hai bên cửa van phải cân bằng tránh phát sinh mô men xoắn gây phá hỏng cửa van. Cửa van được

vận hành hai chiều nên quá trình đóng mở cửa van được gắn liền với quá trình di chuyển của tàu

trong âu từ thượng lưu (mức nước cao) về hạ lưu (mức nước thấp) và ngược lại.

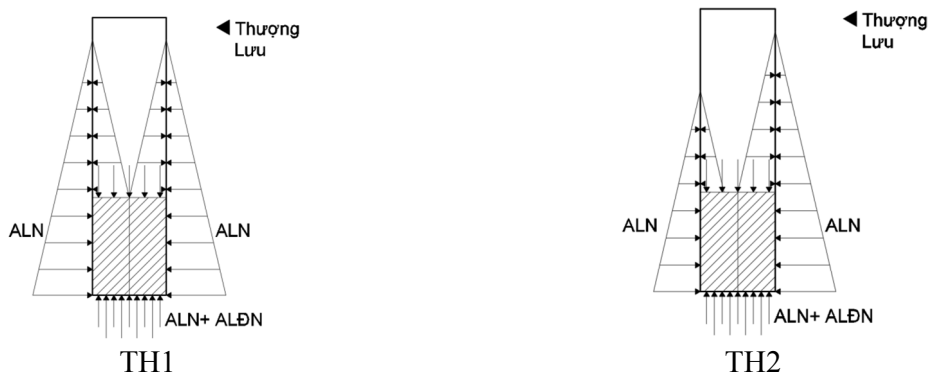


Hình 3.3. Vận hành cửa van trong âu tàu khi tàu di chuyển từ phía thượng lưu về hạ lưu

Từ nguyên lý vận hành của cửa van, xác định hai trường hợp tính toán như sau:

Trường hợp 1 (TH1): Cửa van đóng trong điều kiện mực nước hai bên cân bằng nhau, Trường

hợp 2 (TH2): Cửa van đóng trong điều kiện mực nước hai bên của cửa van chênh lệch nhau với chiều cao cột nước thượng, hạ lưu tương ứng là 10m, 7m được thể hiện ở hình 3.4.



Hình 3.4. Sơ đồ các trường hợp tính toán

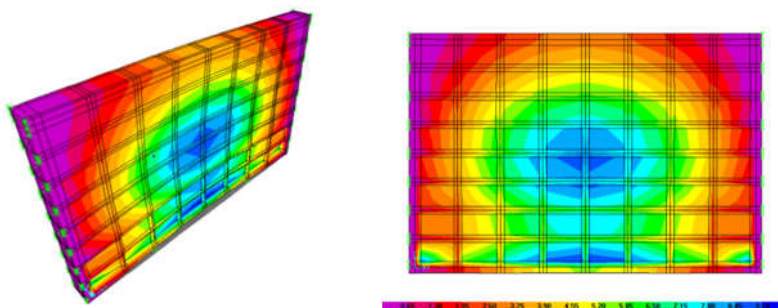
#### 4. PHÂN TÍCH KẾT QUẢ

##### 4.1. Phân tích biến dạng và chuyển vị

Từ kết quả phân tích bằng phương pháp phần tử hữu hạn cho thấy: Biến dạng lớn nhất của cửa van xảy ra tại Trường hợp 2 (TH2) khi chiều cao cột nước hai bên cửa van chênh lệch 3m được thể hiện trên hình 4.1.

Ứng với 5 mô hình tính toán ở Trường hợp 2 kết quả phân tích trên hình 4.3 cho thấy cho thấy, đường nằm ngang  $n_0=600$  là giới hạn an toàn của

chuyển vị cửa van. Từ đó có thể loại những trường hợp kích thước chiều dày (t) tương ứng chiều rộng (B) của cửa van làm cho tỉ số B/f nằm dưới giới hạn an toàn. Có thể xét cho trường hợp cụ thể với chiều dày của cửa van  $t=1m$  phù hợp và đảm bảo an toàn cho cửa van có chiều rộng B từ 18m đến 20m. Kết quả cho thấy, nghiên cứu rất thuận tiện cho việc tra cứu nhanh xác định thông số cơ bản của cửa van đây ngang.

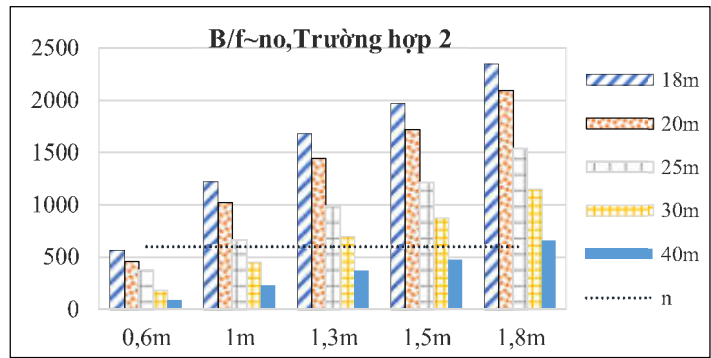


Hình 4.1. Phổ chuyển vị của cửa van ở TH2 chênh lệch mực nước thượng hạ lưu



B \ t	18	20	25	30	40
0,6	570	460	376	183	89
1	1223	1023	668	453	233
1,3	1682	1443	992	696	372
1,5	1973	1720	1220	875	480
1,8	2353	2094	1541	1152	662

a



b

Hình 4.2. a, Tỷ số  $B/f \sim n_0=600$  của TH2; b, Chuyển vị tương đối của cửa van với chuyển vị giới hạn – TH2

#### 4.2. Thiết lập mối quan hệ hình học hợp lý cho cửa van đẩy ngang

Từ việc phân tích chuyển vị cho các trường hợp tính toán ở mục trên, nghiên cứu thiết lập được mối quan hệ kích thước hình học cho trường hợp tính toán nguy hiểm nhất của van đẩy ngang (TH2).

Độ võng theo công thức cơ lý thuyết:  $f = \frac{5}{384} \times \frac{q \cdot B^4}{E \cdot (\frac{b \cdot t^3}{12})}$ . Khi chiều rộng của cửa van (B) tăng

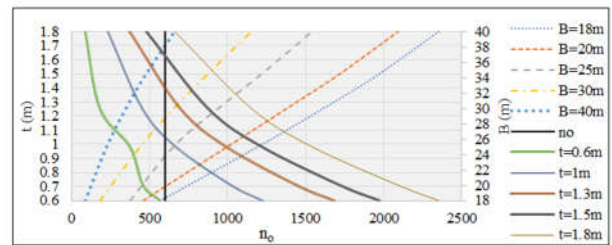
thì độ võng f cũng tăng theo tỉ lệ thuận. Khi chiều dày của cửa van (t) tăng thì độ võng f giảm theo tỉ lệ nghịch. Kết quả tính toán trên hình 4.4a. cũng phù hợp với nguyên lý này cho thấy độ tin cậy của kết quả tính toán. Từ đó, có thể tra nhanh kích thước sơ bộ giữa bề rộng của cửa van B(m) tương ứng với chiều t(m) để đảm bảo độ võng theo phương dòng chảy trong kênh ( $n_0$ ). Các giá trị chiều dày nằm bên trái đường giới hạn  $n=600$  được khuyến cáo loại bỏ để đảm bảo an toàn khi lựa chọn kích thước sơ bộ cho cửa van đẩy ngang.

Mối quan hệ giữa bề rộng cửa van B(m) và chiều dày cửa van đẩy ngang t(m) thông qua điều kiện bề dày tối thiểu [t] từ đường giới hạn  $n=600$  (Hình 4.3) được biểu diễn đơn giản trên biểu đồ Hình 4.4. Theo đó, tương ứng với mỗi khẩu độ rộng của cửa van B(m) mong muốn, đơn vị tư vấn thiết kế dễ dàng lựa chọn thông số chiều dày t(m) của cửa van theo hai cách:

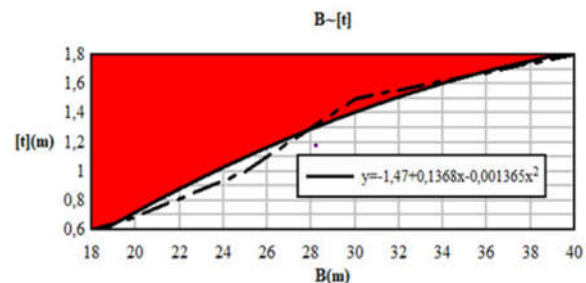
**Cách 1:** Lựa chọn chiều dày cửa van t(m) trong vùng màu đậm của biểu đồ Hình 4.4 sao cho giá trị lựa chọn không được phép nhỏ hơn chiều dày giới hạn [t]m trên biểu đồ.

**Cách 2:** Thay giá trị x là thông số bề rộng của

khẩu độ cửa van thiết kế (m) vào phương trình gần đúng bậc 2:  $y = -1,47 + 0,1268x - 0,001365x^2$  để tìm ra tương ứng chiều dày của cửa van t(m)



Hình 4.3. Biểu đồ quan hệ đường quan hệ  $B-t \sim B/f$



Hình 4.4. Biểu đồ quan hệ bề rộng của van B(m) và chiều dày cho phép [t](m)

#### 4.3. Đề xuất giải pháp giảm trọng lượng cửa van đẩy ngang

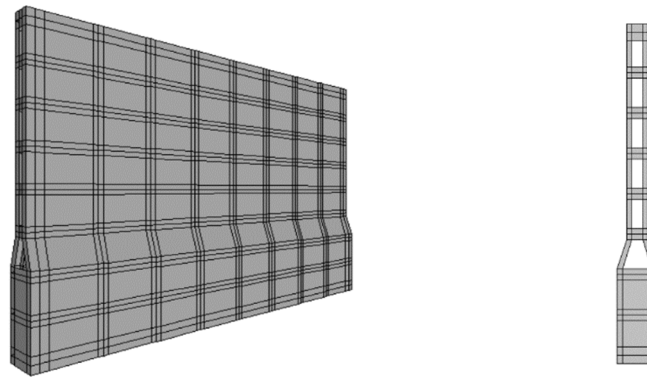
Từ kết quả nghiên cứu chọn được sơ bộ kích thước cửa van hợp lý, chuyển vị phá hoại lớn nhất của cửa van thường xuất hiện ở phần hộp rỗng đáy nổi của cửa van. Như vậy, trong chế tạo nếu để chiều dày phần trên hộp đáy nổi bằng với phần hộp đáy nổi sẽ không tiết kiệm được vật liệu chế tạo. Để khắc phục cần giảm chiều dày phía trên hộp đáy nổi nhưng vẫn phải phải đảm bảo chuyển vị của cửa van nằm trong giới hạn an toàn cho phép. Giải pháp được đề ra là giảm dần chiều dày

hai bên sau đó tính toán kiểm tra chuyển vị cho từng trường cho đến khi đạt đến ngưỡng của việc đảm bảo giới hạn cho phép. Khi đó một hình thức kết cấu tiết kiệm về vật liệu được tạo ra có hình ống khói (hình 4.5).

Nghiên cứu chọn kích thước cửa van đẩy ngang hình ống khói được tiến hành phân tích tính toán trên hai trường hợp:

TH1: chiều dày  $t=1.8\text{m}$  và  $B=40\text{m}$

TH2: chiều dày  $t=1.5\text{m}$  và  $B=30\text{m}$

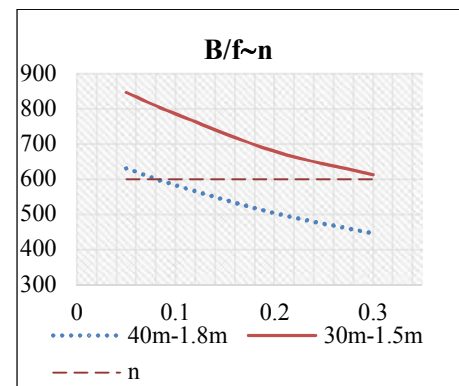


Hình 4.5. Hình dạng của cửa van đẩy ngang đề xuất

Từ kết quả của hình trên cho thấy việc thu hẹp chiều dày cửa van phía trên hộp đẩy nổi hiệu quả cho cửa van có nhịp dưới 30m và có thể thu hẹp tối đa 1/5 lần chiều dày của hộp đẩy nổi cũng

chính là chiều dày của cửa van hình hộp. Việc tạo ra hình dạng kết cấu cửa van hình ống khói có thể tiết kiệm khoảng 6% lượng thép so với tiết diện ban hình học ban đầu.

Phần thu hẹp hai bên	B=30m; t=1,5m		B=40m; t=1,8m	
	G (kG)	Chuyển vị Uy(m)	G (kG)	Chuyển vị Uy(m)
0,00	1225,56	0,034303	1666,88	0,060457
-0,05	1208,72 (-1,4%G)	0,035449	1639,6 (-1,6%G)	0,063451
-0,10	1196,88 (-2,3%G)	0,038192	1625,40 (-2,5%G)	0,068665
-0,20	1173,48 (-4,2%G)	0,044155	1597,44 (-4,2%G)	0,079466
-0,30	1150,52 (-6,1%G)	0,048984	1570,04 (-5,8%G)	0,089755



Hình 4.6. Kết quả tính toán tối ưu trọng lượng cửa van so với cửa van ban đầu

## 5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu lựa chọn hình thức kết cấu và kích thước hợp lý cửa van đẩy ngang (sliding gate) đề cập đến nội dung lựa chọn hình dạng kết cấu cửa van dựa trên điều kiện an toàn về chuyển vị theo phương dòng chảy của tuyến kênh trong điều kiện vận hành bất lợi nhất. Bằng phương pháp trực quan đơn giản thông qua biểu đồ hoặc sử dụng phương trình gần đúng giúp tra cứu nhanh các kích thước sơ bộ cần thiết cho hình thức kết cấu

cửa van này. Bên cạnh đó, nghiên cứu còn đề xuất giải pháp tiết kiệm vật liệu chế tạo bằng cách thay đổi kết cấu mặt cắt ngang cửa van đẩy ngang từ hình chữ nhật về hình ống khói. Từ việc xác định được các thông số cơ bản hợp lý cho hình thức cửa van đẩy ngang, các vấn đề nghiên cứu về vận hành an toàn cửa van như thiết bị đóng mở, hệ thống bơm cân bằng cũng như tính toán kiểm tra an toàn cửa van khi trong âu có va đập tàu sẽ được tiếp tục nghiên cứu trong thời gian tới.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Tiêu chuẩn Việt Nam, TCVN 8299: 2009, *Công trình thủy lợi - yêu cầu kỹ thuật trong thiết kế cửa van, khe van bằng thép.*
- Tiêu chuẩn Việt Nam, TCVN 5575: 2012, *Kết cấu thép - Tiêu chuẩn thiết kế.*
- Vũ Thành Hải, Trương Quốc Bình, Vũ Hoàng Hưng (2006), *Giáo trình Kết cấu thép, Nhà xuất bản Xây dựng.*
- Đỗ Văn Hứa, Vũ Hoàng Hưng (2014), *Cửa van và thiết bị đóng mở trong công trình thủy lợi điện, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2014.*
- Vũ Hoàng Hưng (chủ biên) và nnk (2012), SAP2000 – *Phân tích kết cấu công trình thủy lợi thủy điện, Nhà xuất bản Xây dựng.*
- Chief Executive officer: Giuseppe Quarta (2015), *Design and construction of the third set of locks Panama canal expansion programme.*

### Abstract:

#### RESEARCH ON SELECTION OF SUITABLE STRUCTURAL FORM FOR SLIDING GATE APPLICATION ON THE LARGE SPAN LOCK

*Nowaday, solutions to connect coastal shipping routes with waterway port on the river to help shorten ship journey times and save costs are being researched and invested in Vietnam. From the requirement to build long canals with a long width to ensure the passage of large span lock, comes the need to find a type of steel gate structure which operates safely and is suitable for the landscape. The steel gates that operate locks in Vietnam is mainly leaf gates, planes perpendicular to the direction of fluid flow, open by swinging about one hinged side. But, a simple type of steel gate structure that ensures safety and stability during operation that has been widely used around the world is the sliding gate. The issues research of designing a reasonable geometric structure and optimal volume for this type of gate will be presented in this article as a basis for promulgating design standards in Vietnam.*

**Keywords:** Sliding gate, waterway port, large span lock.

---

Ngày nhận bài: 29/02/2024

Ngày chấp nhận đăng: 31/3/2024