



NGHIÊN CỨU CƠ CHẾ CÂN BẰNG VAN LẬT TỰ ĐỘNG THỦY LỰC TRỰC DƯỚI

Nguyễn Thượng Bằng¹, Lê Ngọc Thạch²

Tóm tắt: Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu cơ chế cân bằng van lật tự động thủy lực trực dưới đối với bài toán cân bằng cơ bản trong điều kiện thủy tĩnh. Đây là kết quả nghiên cứu mới trong lĩnh vực thủy lợi và cơ khí ở nước ta. Để có thể tiến tới xây dựng mô hình thí nghiệm thủy lực, cần phải tiếp tục nghiên cứu trong điều kiện thủy động và một số vấn đề khác.

Từ khóa: Van lật tự động thủy lực trực dưới

Abstract: This article presents the result of the investigation on general balance conditions of hydraulic self-control flap gate in the static pressure conditions. This is a new research result in the fields of water resources and mechanics in our country. In order to set the hydraulic test model, it needs to make more researches specially in the dynamic pressure conditions.

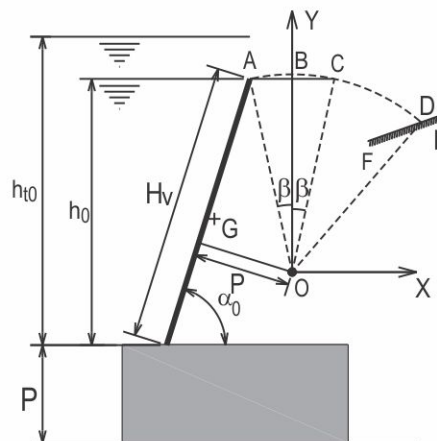
Keywords: Hydraulic self-control flap gate

Nhận ngày 03/9/2012, chỉnh sửa ngày 16/10/2012, chấp nhận đăng 30/3/2013



1. Sơ đồ nghiên cứu và ưu nhược điểm của van lật tự động thủy lực trực dưới

Hình 1 trình bày sơ đồ cấu tạo của van lật tự động thủy lực trực dưới [1], [2], [3]. Tên "Van lật tự động thủy lực trực dưới" là do tác giả đặt, xuất phát từ tên tiếng Anh "Hydraulic Self-Control Flap Gate" đang được lắp đặt phổ biến ở Trung Quốc và một số công trình thủy lợi-thủy điện ở Việt Nam cũng nhập loại van này. Ở Việt Nam, sơ đồ nguyên lý van này chưa được nghiên cứu nên nội dung và kết quả nghiên cứu của bài báo này là hoàn toàn mới và cần thiết trong lĩnh vực thủy lợi ở nước ta.



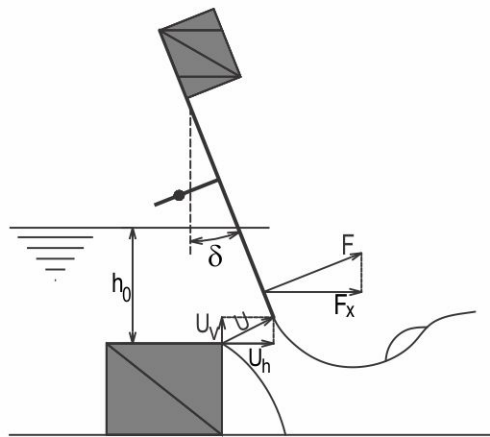
Hình 1. Sơ đồ cấu tạo van lật tự động thủy lực trực dưới

¹PGS.TS, Viện Khoa học và Công nghệ Công trình thủy, Trường Đại học Xây dựng. Email: dhxd@vienctt.com

²ThS, Viện Khoa học và Công nghệ Công trình thủy, Trường Đại học Xây dựng.

Cửa van là loại van phẳng có chiều cao van (H_v), chiều rộng van (B_v) đặt trên ngưỡng đập tràn thực dụng hoặc đỉnh rộng cách đáy sông một đoạn P . Toàn bộ phần quay của van (bao gồm tấm chắn nước, cấu kiện liên kết, cơ cấu truyền động,...) có trọng tâm ký hiệu là G . Trọng tâm G nằm thấp hơn mép trên van, cao hơn ngưỡng tràn và lệch về phía thượng lưu của tâm quay. Trục quay của van nằm cao hơn ngưỡng tràn, thấp hơn mép trên van và ở về phía hạ lưu của van. Tâm quay được ký hiệu là O . Hệ tọa độ XOY đi qua tâm quay O . Ngoài ra, còn bố trí bộ tỷ FF để khống chế góc mở lớn nhất của van. Tọa độ trọng tâm là (X_G, Y_G) , trọng tâm G chỉ nằm trong góc 1/4 thứ tư. Tùy thuộc vào mực nước và áp lực nước thượng lưu, điều kiện cân bằng của van sẽ thay đổi, lúc đó cửa van sẽ thay đổi độ mở từ đóng hoàn toàn đến mở hoàn toàn. Trong quá trình thay đổi độ mở, 3 yếu tố quan hệ mật thiết với nhau là cột nước tràn (h_t), góc mở van (α) và tổng lưu lượng xả (Q). Nếu coi một trong 3 yếu tố là biết trước thì 2 yếu tố còn lại là các biến cần xác định. Điều kiện cân bằng của van trong quá trình làm việc thay đổi tự động theo diễn biến của cột nước tràn, do đó giải quyết được quy luật cân bằng động của quá trình van làm việc là một trong những nội dung nghiên cứu then chốt.

Trong hình 2 [4], [5], [6] là sơ đồ van lật tự động trực trên, loại van này đã được nghiên cứu và áp dụng ở nhiều nước trên thế giới, trong đó có Mỹ, Pháp và Ấn Độ. Loại van này có một số ưu điểm nhưng có một số nhược điểm như: (1) Không đẹp vì vật đối trọng đặt nổi ở trên; (2) Cơ cấu truyền động chưa gọn gàng vì trục quay bố trí phía trên cao so với van; (3) Vật chắn nước rất khó khít vì áp lực tỷ không lớn, lưu lượng rò rỉ cao; (4) Không tháo được cây cối, vật nổi; và (5) Không khống chế được góc mở lớn nhất.



Hình 2. Sơ đồ cấu tạo van lật tự động thủy lực trực trên

Loại van lật tự động thủy lực trực dưới khắc phục được những nhược điểm của van lật thủy lực trực trên, nhưng tính toán thủy lực và kết cấu sẽ phức tạp hơn.



2. Các giả thiết khi nghiên cứu điều kiện cân bằng của van

Khi nghiên cứu điều kiện cân bằng của van lật thủy lực tự động trực dưới đối với bài toán cơ bản, có thể sử dụng một số giả thiết sau:

- Biết trọng lượng của toàn bộ van và phần quay là G ;
- Biết chiều cao van (H_v) và chiều rộng van (B_v);
- Biết góc mở ban đầu α_0 (θ_0);
- Biết vị trí tâm quay (O) nằm trên ngưỡng tràn, phía hạ lưu van và thấp hơn 1/2 chiều cao van;
- Lập hệ tọa độ XOY với gốc tọa độ đặt tại tâm quay O ;
- Biết trọng tâm của van và phần quay nằm trong góc 1/4 thứ 4;
- Biết kích thước hình học của cửa van;

- Chỉ xét áp lực thủy tĩnh, chưa xét ảnh hưởng của áp lực thủy động tác dụng lên cửa van. Tạm bỏ qua ảnh hưởng lẫn nhau của các module cửa van về mặt tải trọng và chưa xét các lực ma sát do cơ cấu truyền động gây nên.



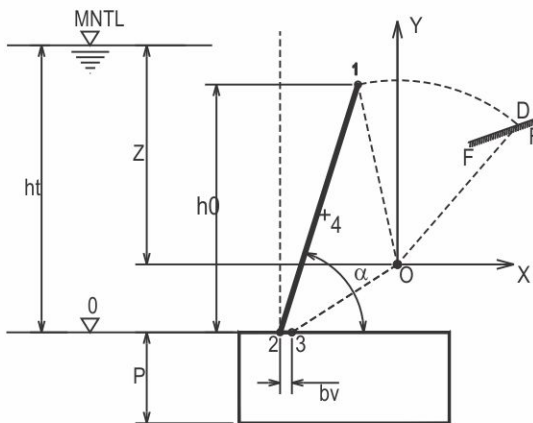
3. Nghiên cứu điều kiện cân bằng của van

3.1 Thông số định vị cửa van

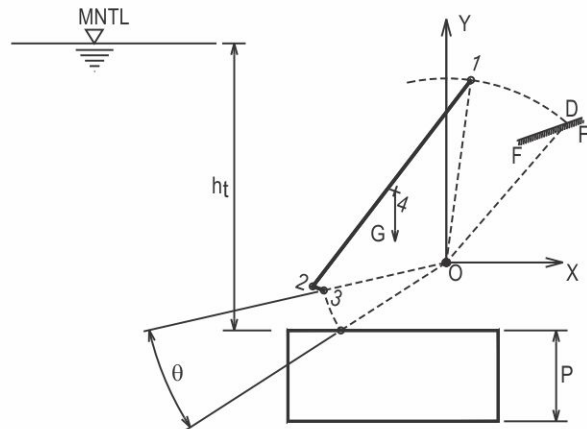
Để thuận tiện cho việc thiết lập công thức và lập trình tính toán, cần quy ước đánh số theo thứ tự các điểm định vị cửa van như trong hình 3 và các bảng 1, 2 và 3.

Bảng 1. Định nghĩa các thông số định vị cửa van

Ký hiệu	Định nghĩa
O	Tâm quay, đồng thời là gốc tọa độ
i	$i=1,2,3,4$: tên các điểm định vị cửa van
α	Góc nghiêng của mặt thượng lưu cửa van so với phương ngang
θ	Góc mở cửa van (biến thiên từ 0° đến góc mở cực đại $\theta_{\max}$)
β_i	Góc nghiêng ban đầu của tia Oi so với phương ngang ($i=1,2,3,4$)
R_i	Khoảng cách từ tâm quay O tới điểm i ($i=1,2,3,4$)
$X_i(\theta)$	Hoành độ của điểm i ($i=1,2,3,4$), ứng với góc quay cửa van θ
$Y_i(\theta)$	Tung độ của điểm i ($i=1,2,3,4$), ứng với góc quay cửa van θ



(a) Trạng thái đóng



(b) Trạng thái mở

Hình 3. Quy ước các thông số định vị cửa van

Bảng 2. Quy ước tọa độ ban đầu các điểm cửa van

Điểm	X	Y	Ghi chú
O	X_0	Y_0	Tâm quay, gốc tọa độ
1	X_{01}	Y_{01}	Mép thượng lưu đỉnh
2	X_{02}	Y_{02}	Mép thượng lưu mặt đáy
3	X_{03}	Y_{03}	Mép hạ lưu mặt đáy
4	X_{04}	Y_{04}	Trọng tâm cửa van

Bảng 3. Quy ước tọa độ các điểm cửa van ứng với góc mở cực đại

Điểm	X	Y	Ghi chú
O	X_0	Y_0	Tâm quay, gốc tọa độ
1	X_{11}	Y_{11}	Mép thượng lưu đỉnh
2	X_{12}	Y_{12}	Mép thượng lưu mặt đáy
3	X_{13}	Y_{13}	Mép hạ lưu mặt đáy
4	X_{14}	Y_{14}	Trọng tâm cửa van

trong đó các tọa độ là tổng quát trong hệ trục tọa độ XOY, các góc là góc lượng giác.

3.2 Mối quan hệ giữa các đại lượng

a) Các liên hệ ban đầu

$$Y_{01} - Y_{02} = h_0 \cdot \cos \alpha. \text{ Khi } \alpha = 90^\circ: Y_{01} - Y_{02} = h_0 \quad (1)$$

$$X_{01} - X_{02} = h_0 \cdot \sin \alpha. \text{ Khi } \alpha = 90^\circ: X_{01} - X_{02} = 0$$

b) Công thức xác định tọa độ các điểm khi cửa van quay

Giả sử cửa van quay về hạ lưu một góc θ , tức là góc “- θ ” theo quy ước góc lượng giác, tọa độ các điểm được xác định theo công thức sau:

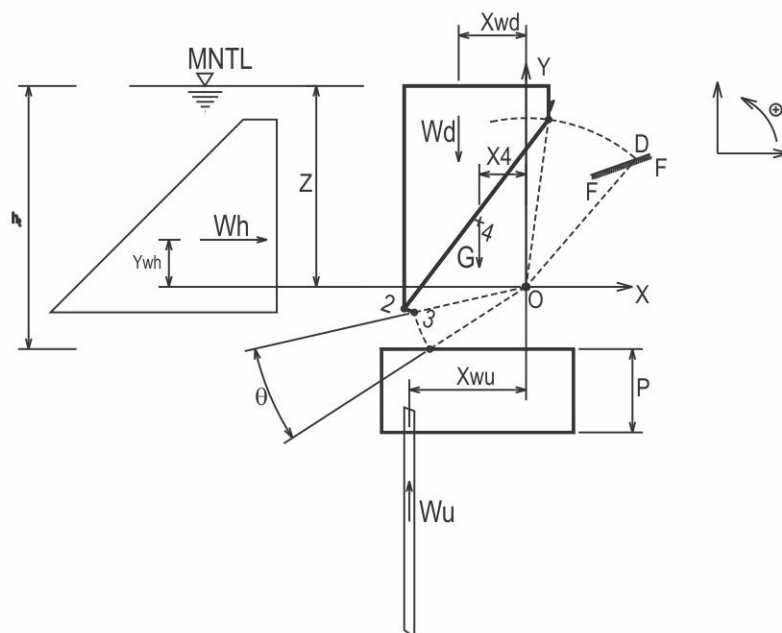
$$X_i(\theta) = R_i \cdot \cos(\beta_i + \theta) \quad (2)$$

$$Y_i(\theta) = R_i \cdot \sin(\beta_i + \theta), (i=1,2,3,4)$$

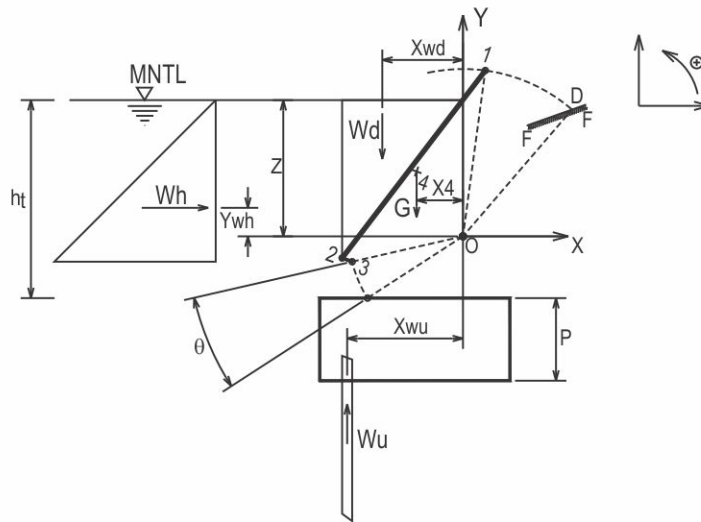
3.3 Xác định các lực tác dụng lên cửa van ứng với góc mở

Sơ đồ tính toán: tính toán cho 1m dài cửa van, trọng lượng phần quay của cửa van được tính với trọng lượng đơn vị $G = G_{\text{toàn bộ}}/B_{\text{van}}$ (T/m), áp lực nước được tính cho 1m chiều dài van.

Một số quy ước sau đây được sử dụng để xác định các lực tác dụng lên cửa van ứng với góc mở nào đó. Hệ đơn vị sử dụng trong tính toán: Lực là tấn (T), độ dài là mét (m); Các thông số định vị cửa van như trong mục 3.1; Và sơ đồ tác dụng của các lực và quy ước về dấu như trong hình 4 và hình 5.



Hình 4. Sơ đồ lực tác dụng khi cửa van quay, MNTL cao hơn điểm 1



Hình 5. Sơ đồ lược tác dụng khi cửa van quay, MNTL thấp hơn điểm 1

a) Trọng lượng bản thân cửa van G (T/m)

Trọng lượng bản thân cửa van tính với tất cả các bộ phận thuộc phần quay cửa van, bao gồm:

- Mặt cửa van bằng bê tông cốt thép, các mép xung quanh được bo bởi thép hình.
- Dầm đỡ mặt cửa van, có tác dụng truyền tải trọng tác dụng vào cửa van lên 2 bánh xe trụ đỡ (thông thường mỗi van được cấu tạo 2 dầm).
- Thanh thép hình nằm ở mặt sau dầm đỡ, tiếp xúc trực tiếp với bánh xe trụ đỡ.

Do tính toán với sơ đồ phẳng cho nên tổng trọng lượng cửa van được chia cho chiều rộng 1 mô đun cửa van: $G = G_{\text{toàn bộ}}/B_{\text{van}}$ (T/m).

Cánh tay đòn tới tâm quay: $X_4(\theta) = R_4 \cdot \cos(\beta_i + \theta)$ (3)

Mô men đối với tâm quay: $M_G(\theta) = G.R^4.Cos(\beta_i + \theta)$ (4)

b) Áp lực thủy tĩnh phương ngang tác dụng lên 1m dài mặt van W_h (T/m)

* Giá trị lực (W_h) và cánh tay đòn tới tâm quay (Y_w)

+ Nếu $Z \geq Y_1(\theta)$, biểu đồ áp lực thủy tĩnh có dạng hình thang (hình 4):

$$\begin{aligned} W_h &= -\gamma_n \left[Z - \frac{Y_1(\theta) + Y_3(\theta)}{2} \right] [Y_1(\theta) - Y_3(\theta)] \\ &= -\gamma_n \left[Z - \frac{R_1 \sin(\beta_1 + \theta) + R_3 \sin(\beta_3 + \theta)}{2} \right] [R_1 \sin(\beta_1 + \theta) - R_3 \sin(\beta_3 + \theta)] \end{aligned} \quad (5)$$

$$Y_{Wh} = Y_3(\theta) + \frac{3Z - Y_1(\theta) - Y_3(\theta)}{2Z - Y_1(\theta) - Y_3(\theta)} \cdot \frac{Y_1(\theta) - Y_3(\theta)}{3} = R_3 \sin(\beta_3 + \theta) + \frac{3Z - 2R_1 \sin(\beta_1 + \theta) - R_3 \sin(\beta_3 + \theta)}{2Z - R_1 \sin(\beta_1 + \theta) - R_3 \sin(\beta_3 + \theta)} \cdot \frac{R_1 \sin(\beta_1 + \theta) - R_3 \sin(\beta_3 + \theta)}{3} \quad (6)$$

+ Nếu $Z < Y_1(\theta)$, biểu đồ áp lực thủy tĩnh có dạng hình tam giác (hình 5):

$$W_h = -\gamma_n \frac{[Z - Y_3(\theta)]^2}{2} = -\gamma_n \frac{[Z - R_3 \sin(\beta_3 + \theta)]^2}{2} \quad (7)$$

$$Y_{wh} = Y_3(\theta) + \frac{Z - Y_3(\theta)}{3} = R_3 \sin(\beta_3 + \theta) + \frac{Z - R_3 \sin(\beta_3 + \theta)}{3} \quad (8)$$

* Mô men đối với tâm quay $M_{wh}(\theta) = W_h \cdot Y_{wh}$ (9)

c) Trọng lượng nước trên 1m dài cửa van W_d (T/m)

* Giá trị lực và cánh tay đòn tới tâm quay

+ Nếu $Z \geq Y_1(\theta)$, biểu đồ trọng lượng nước có dạng hình thang (hình 4):

$$W_d = \gamma_n \left[Z - \frac{Y_1(\theta) + Y_2(\theta)}{2} \right] [X_1(\theta) - X_2(\theta)]$$

$$= \gamma_n \left[Z - \frac{R_1 \sin(\beta_1 + \theta) + R_2 \sin(\beta_2 + \theta)}{2} \right] [R_1 \cos(\beta_1 + \theta) - R_2 \cos(\beta_2 + \theta)]$$
 (10)

$$X_{wd} = X_2(\theta) + \frac{3Z - 2Y_1(\theta) - Y_2(\theta)}{2Z - Y_1(\theta) - Y_2(\theta)} \cdot \frac{X_1(\theta) - X_2(\theta)}{3}$$

$$= R_2 \cos(\beta_2 + \theta) + \frac{3Z - 2R_1 \sin(\beta_1 + \theta) - R_2 \sin(\beta_2 + \theta)}{2Z - R_1 \sin(\beta_1 + \theta) - R_2 \sin(\beta_2 + \theta)} \cdot \frac{R_1 \cos(\beta_1 + \theta) - R_2 \cos(\beta_2 + \theta)}{3}$$
 (11)

+ Nếu $Z < Y_1(\theta)$, biểu đồ trọng lượng nước có dạng hình tam giác (hình 5):

$$W_d = \frac{1}{2} \gamma_n \frac{[Z - Y_1(\theta)][Z - Y_2(\theta)]}{Y_2(\theta) - Y_1(\theta)} [X_1(\theta) - X_2(\theta)]$$

$$= \frac{1}{2} \gamma_n \frac{[Z - R_1 \sin(\beta_1 + \theta)][Z - R_2 \sin(\beta_2 + \theta)]}{R_2 \sin(\beta_2 + \theta) - R_1 \sin(\beta_1 + \theta)} [R_1 \cos(\beta_1 + \theta) - R_2 \cos(\beta_2 + \theta)]$$
 (12)

$$X_{wd} = X_2(\theta) + \frac{1}{3} \cdot \frac{(Z - Y_1(\theta)) \cdot (X_1(\theta) - X_2(\theta))}{Y_2(\theta) - Y_1(\theta)}$$

$$= R_2 \cos(\beta_2 + \theta) + \frac{1}{3} \cdot \frac{(Z - R_1 \sin(\beta_1 + \theta)) \cdot (R_1 \cos(\beta_1 + \theta) - R_2 \cos(\beta_2 + \theta))}{R_2 \sin(\beta_2 + \theta) - R_1 \sin(\beta_1 + \theta)}$$
 (13)

* Mô men đối với tâm quay $M_{wd}(\theta) = W_d \cdot X_{wd}$ (14)

d) Áp lực đẩy ngược dưới đáy cửa van (W_u)

* Giá trị lực và cánh tay đòn tới tâm quay

+ Khi $\theta = 0$: áp lực đẩy ngược dưới đáy cửa van tính như sau:

$$W_u = \frac{1}{2} \gamma_n (Z - Y_{02}) \cdot (X_{03} - X_{02})$$
 (15)

$$X_{wu} = X_{02} + \frac{X_{03} - X_{02}}{3} = \frac{X_{03} + 2X_{02}}{3}$$
 (16)

+ Khi $\theta > 0$: áp lực đẩy ngược xác định theo công thức:

$$W_u = \gamma_n \left[Z - \frac{Y_2(\theta) + Y_3(\theta)}{2} \right] [X_3(\theta) - X_2(\theta)]$$

$$= \gamma_n \left[Z - \frac{R_2 \sin(\beta_2 + \theta) + R_3 \sin(\beta_3 + \theta)}{2} \right] [R_3 \cos(\beta_3 + \theta) - R_2 \cos(\beta_2 + \theta)]$$
 (17)

$$X_{wu} = X_2(\theta) + \frac{3Z - 2Y_2(\theta) - Y_3(\theta)}{2Z + Y_2(\theta) + Y_3(\theta)} \cdot \frac{X_3(\theta) - X_2(\theta)}{3} = R_2 \cos(\beta_2 + \theta) +$$

$$+ \frac{3Z - 2R_2 \sin(\beta_2 + \theta) - R_3 \sin(\beta_3 + \theta)}{2Z - R_2 \sin(\beta_2 + \theta) - R_3 \sin(\beta_3 + \theta)} \cdot \frac{R_3 \cos(\beta_3 + \theta) - R_2 \cos(\beta_2 + \theta)}{3}$$
 (18)

* Mô men đối với tâm quay $M_{wu}(\theta) = W_u \cdot X_{wu}$ (19)

3.4 Xây dựng lý thuyết giải bài toán cân bằng cửa van

a) Quan hệ giữa trạng thái cửa van với tổng mô men M_0

Trạng thái của cửa van phụ thuộc M_0 (tổng mô men của tất cả các lực đối với tâm O) được quy ước như sau:

Bảng 4. Quy ước về trạng thái của cửa van theo M_0

Tổng mô men	Điều kiện	Trạng thái cửa van
M_0	" = 0 "	Cân bằng ($M_d=M_m$)
	" > 0 "	Lật về phía Thượng lưu, xu hướng đóng cửa van ($M_d>M_m$)
	" < 0 "	Lật về phía Hạ lưu, xu hướng mở cửa van ($M_d<M_m$)

b) Phương trình cân bằng tổng quát

$$M_0 = G.X_4 + W_d.X_{wd} + W_h.Y_{wh} + W_u.Y_{wu} = 0 \quad (20)$$

$$\text{Hay: } M_d - M_m = 0; \quad M_d = G.X_4 + W_d.X_{wd}; \quad M_m = -W_h.Y_{wh} - W_u.Y_{wu}$$

trong đó M_d và M_m theo thứ tự là tổng mô men gây đóng và mở cửa van; các lực và cánh tay đòn được xác định từ các công thức (5) đến (18).

Ở dạng tổng quát phương trình (20) có ít nhất là 3 ẩn số là: Các thông số định vị ban đầu cửa van và trọng lượng bản thân cửa van; Mức nước thượng lưu; Và góc mở θ .

Như vậy, để giải được phương trình cân bằng cần phải giới hạn điều kiện biên để đưa phương trình chỉ còn 1 ẩn số. Các bài toán giới hạn điều kiện biên có thể là: Giả thiết cấu tạo cửa van, góc quay θ ; Tìm MNTL; Giả thiết cấu tạo cửa van, MNTL; Tìm góc quay θ ; Và không chế MNTL, góc mở θ ; thử dần kích thước cửa van để xác định trọng lượng G.

4. Viết chương trình và kiểm tra chương trình

Chương trình tính toán cân bằng cửa van lật tự động được đặt tên "CVLTĐ2011"

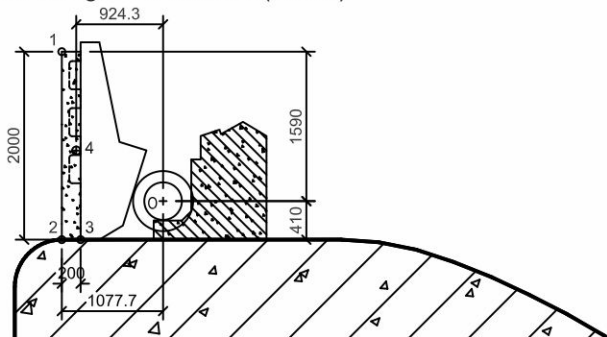
Từ phần lý thuyết được xây dựng ở trên, đã lập chương trình tính toán để giải các bài toán cân bằng cửa van.

Số liệu đầu vào bao gồm: kích thước hình học cửa van, trọng lượng cửa van; MNDBT; tùy thuộc từng bài toán cụ thể sẽ nhập thêm các giá trị MNTL hoặc góc quay θ .

Các bài toán và kết quả tính toán: Xác định toạ độ các điểm định vị khi góc quay cửa van thay đổi; Tính toán các tải trọng, cánh tay đòn, mô men đối với tâm O; Xác định MNBDM; Xác định góc mở lớn nhất để cửa van tự đóng khi MNTL hạ xuống MNDBT; Và lập đường quan hệ M_0 phụ thuộc góc quay θ khi MNTL thay đổi.

Ngoài ra, chương trình còn cho phép khảo sát nhiều trường hợp để có thể tối ưu các thông số: hình dạng và khối lượng cửa van, góc mở tối đa, hoặc các thông số liên quan tới bài toán điều tiết lũ.

Chương trình được áp dụng vào tính toán cho một thí dụ cụ thể với Công trình thủy điện Suối Tráng, huyện Cao Phong, tỉnh Hòa Bình (hình 6).



Hình 6. Sơ đồ hình học mặt cắt ngang cửa van

- Thông số hình học mặt cắt ngang như hình vẽ với $B_{\text{van}} = 6\text{m}$;

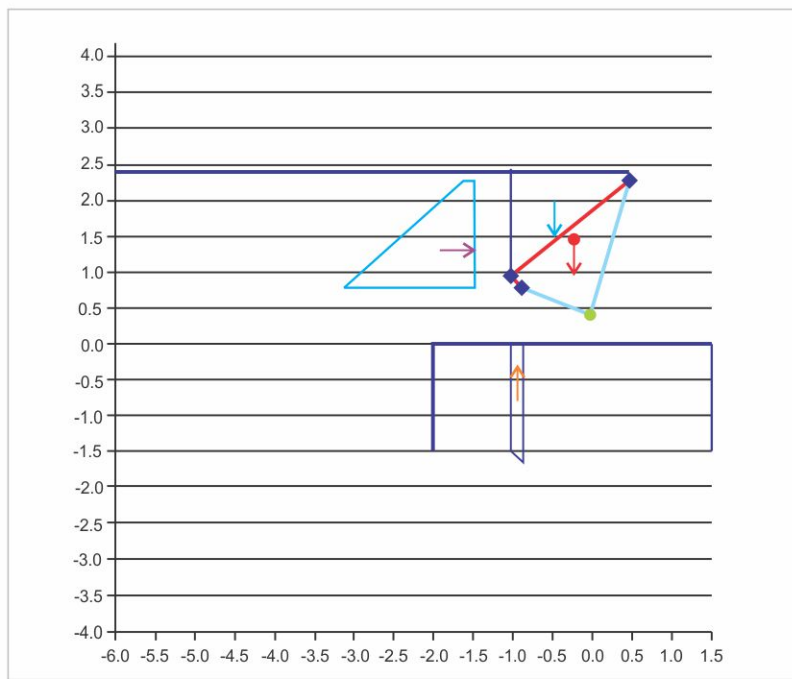
- Tổng trọng lượng cửa van (phần quay): $G_{\text{toàn bộ}} = 8.66$ Tấn, trọng lượng xét trên 1m diện tràn $G = 1.443 \text{ T/m}$.

Minh họa kết quả tính toán xác định tọa độ các điểm, lực tác dụng, cánh tay đòn, mô men, trạng thái cân bằng cửa van từ chương trình:

Bảng 5. Kết quả tính toán từ chương trình đối với công trình Suối Tráng

TT	MNTL	Z	θ	X1	Y1	X2	Y2	X3	Y3	X4	Y4
1	2.00	1.590	48.45	0.475	1.861	-1.022	0.535	-0.889	0.385	-0.223	1.061
2	2.50	2.093	0.00	-1.078	1.590	-1.078	-0.410	-0.878	-0.410	-0.942	0.537
3	2.30	1.890	10.00	-0.786	1.753	-1.133	-0.217	-0.936	-0.251	-0.834	0.693
4	2.70	2.290	30.00	-0.139	1.916	-1.139	0.184	-0.965	0.084	-0.547	0.936

TT	G	X_G	W_h	Y_{wh}	W_d	X_{wd}	W_u	X_{wu}	M_O	TT cân bằng
1	-1.443	-0.223	-0.726	0.787	-0.628	-0.625	0.150	-0.954	0.000	Cân bằng
2	-1.443	-0.942	-3.007	0.368	0.000	-1.078	0.250	-1.011	0.000	Cân bằng
3	-1.443	-0.834	-2.283	0.457	-0.390	-1.010	0.418	-1.034	0.122	Lật về TL
4	-1.443	-0.547	-2.363	0.783	-1.240	-0.755	0.373	-1.051	-0.518	Lật về HL



Hình 7. Sơ đồ tải trọng từ chương trình tính toán



5. Kết luận

Nội dung nghiên cứu này là mới ở nước ta, kết quả nghiên cứu đảm bảo tính lô gic và tính khoa học, tuy nhiên còn một số vấn đề chưa được nghiên cứu chi tiết, bài toán cân bằng động cửa van cũng còn phải tiếp tục nghiên cứu.

Các vấn đề cần tiếp tục nghiên cứu: Tính toán khả năng tháo và điều kiện cân bằng trong điều kiện thủy động; Xét đến ảnh hưởng của mực nước hạ lưu đến van; Nghiên cứu về vật liệu chế tạo van; Xây dựng mô hình thí nghiệm thủy lực; Và xây dựng kế hoạch sản xuất thử.

Tài liệu tham khảo

1. Viện KH&CN Công trình thủy, (8/2009). *Thiết kế kỹ thuật - bản vẽ thi công công trình thủy điện Suối Tráng, huyện Cao Phong, tỉnh Hòa Bình*,
2. Viện KH&CN Công trình thủy, (10/2010). *Thiết kế kỹ thuật - bản vẽ thi công công trình thủy điện Tà Lơi 2 - huyện Bát Xát, tỉnh Lào Cai*.
3. Vũ Hoàng Hưng, *Cửa van sập tự động không chế thủy lực*, trường ĐH thủy lợi Hà Nội
4. M. Leite Ribeiro, "Le Barrage de St-Marc - Etude sur modèle des esvacuateurs de crue", *Tạp chí EDF - Electricité de France*.
5. Xavier Litrico, Gilles Belaud, Jean-Pierre Baume, and José Ribot-Bruno, (5/2005). "Hydraulic Modeling of an Automatic Upstream Water-Level Control Gate", *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*.
6. Charles M. Burt, Member, ASCE, Russdon Angold, Mike Lehmkuhl, and Stuart Styles, Member, "Flap Gate Design for Automatic Upstream Canal Water Level Control", ASCE.