

NGHIÊN CỨU CẢI TIẾN HÌNH THỨC KẾT CẤU ĐẬP BẢN LẬT TỰ ĐỘNG ÁP DỤNG CHO CÔNG TRÌNH ĐẬP DÂNG MIỀN NÚI PHÍA BẮC

Giang Thu¹, Vũ Hoàng Hưng²

Tóm tắt: Bài báo đã đề xuất một loại đập bản lật (dạng cửa van tự lật) áp dụng cho các công trình đập dâng miền núi phía Bắc. Dạng cửa van này có thể chế tạo sẵn theo từng đơn nguyên nên dễ dàng cho việc lắp đặt và thay thế. Với việc sử dụng hệ lò xo để tạo mô men chống lật nên có thể đáp ứng các mực nước khác nhau khi sử dụng lò xo có độ cứng tương đương thông qua các bảng tra và đồ thị đã được lập sẵn. Đây là ưu điểm chính của loại cửa van này.

Từ khoá: đập bản lật, đập dâng, miền núi, ANSYS

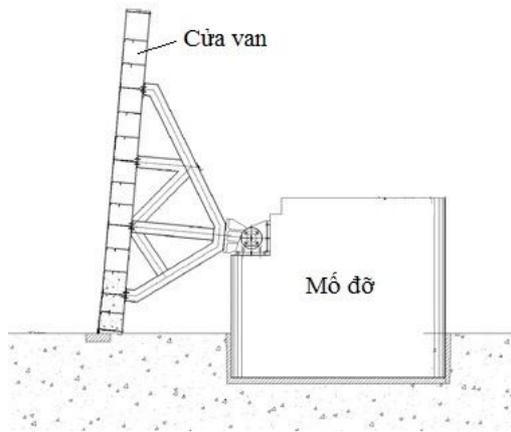
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cửa van tự lật được ứng dụng phổ biến trong các công trình thủy lợi thủy điện đặc biệt với các công trình dâng nước với cột nước không cao hoặc trong các công trình tràn sự cố. Ưu điểm nổi bật của loại hình cửa van này là có thể khống chế mực nước ở một độ cao nhất định, khi mực nước tăng cửa van tự động mở để hạ thấp mực nước và tự động đóng lại để dâng nước nhưng không cần tác động của con người hoặc máy móc thiết bị, do đó chủ động vận hành khi thời tiết cực đoan mưa lũ bất thường, hạn hán và giảm chi phí vận hành. Cửa van tự lật vận hành theo nguyên tắc khi mô men do áp lực thủy động lớn hơn mô men do trọng lượng bản thân cửa van và ma sát ở gối quay, cửa van sẽ được mở đến trạng thái cân bằng. Khi áp lực không thay đổi, góc mở cửa van cũng không thay đổi. Khi mô men do áp lực thủy động vẫn còn lớn hơn thì cửa van sẽ được mở hoàn toàn (ở trạng thái nằm ngang); khi mô men trọng lượng cửa van lớn hơn mô men áp lực thủy động với lực ma sát, cửa van sẽ đóng lại (ở trạng thái đứng) (ZHOU Jingyuan, 2007; Vũ Hoàng Hưng, 2009).

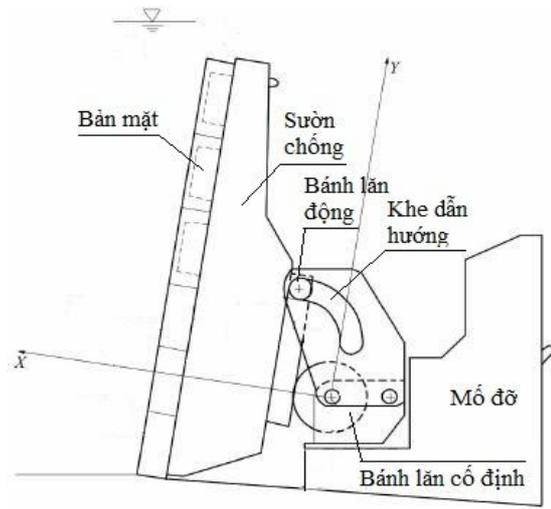
Thời kỳ đầu từ những năm 60 của thế kỷ 20 cửa van tự lật có hình thức kiểu gối đơn cố định, bộ phận gối đỡ được lắp đặt thấp hơn vị trí hợp lực của áp lực nước (Hình 1). Khi mực nước thượng lưu vượt qua đỉnh cửa với một độ cao nhất định, cửa van mở theo hướng đổ ra phía sau đến vị trí nằm ngang. Khi mực nước thượng lưu hạ đến đáy cửa, cửa van tự động quay về vị trí đóng để tiếp tục chức năng chắn nước. Qua nhiều năm loại cửa van này từng bước được cải tiến như thêm cơ cấu cản để khắc phục nhược điểm rung động khi đóng mở (DENG Xiaojun, 2012). Cho đến nay cửa van tự lật thường sử dụng hình thức bánh lăn có khe dẫn hướng (Hình 2) hoặc bánh lăn có thanh nổi (Hình 3) (HOU Shihua, 2007, 2008). Tuy nhiên trong thực tế khi cửa van ở trạng thái mở hoàn toàn, để quay lại vị trí đóng sẽ gặp nhiều khó khăn, thường sử dụng thêm hệ thống xi lanh thủy lực để đẩy cửa van về vị trí đóng đồng thời giúp ổn định trong quá trình làm việc (Hình 3). Ngoài ra khi mô men do trọng lượng bản thân càng lớn thì năng lực tích nước trước cửa van càng lớn, vì vậy cửa van thường được làm bằng bê tông do đó khá nặng nề nên khó vận chuyển lắp đặt đặc biệt là những vùng địa hình phức tạp. Vì vậy cần thiết phải nghiên cứu cải tiến vật liệu và kết cấu phù hợp khắc phục những nhược điểm này.

¹ Phòng Thí nghiệm trọng điểm Quốc gia về động lực học sóng biển - Viện KHTL Việt Nam.

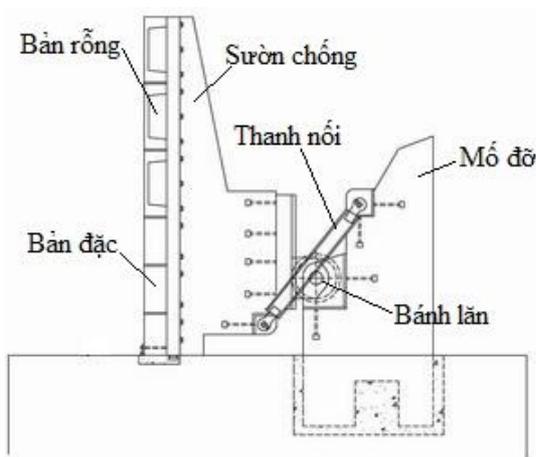
² Khoa Công trình, Trường Đại học Thủy lợi.



Hình 1. Cửa van tự lật kiểu gói đơn



Hình 2. Cửa van tự lật kiểu bánh lăn có khe dẫn hướng



Hình 3. Cửa van tự lật kiểu bánh lăn có thanh nối

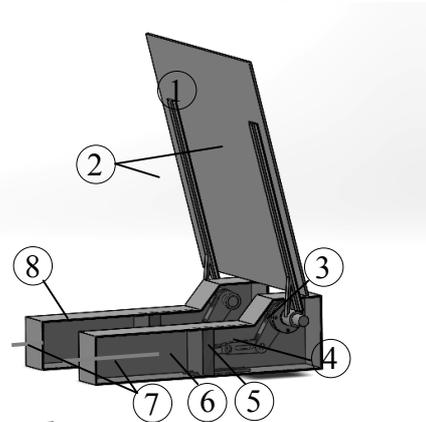
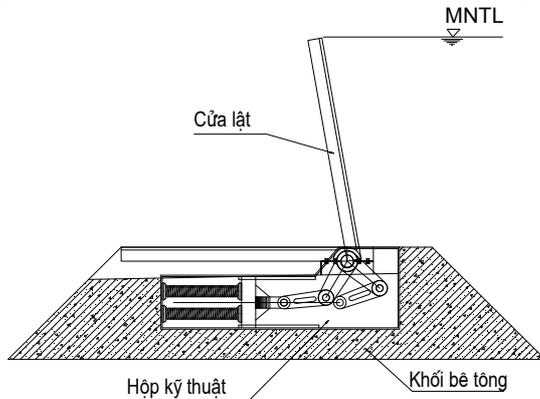
2. ĐỀ XUẤT ĐẬP BẢN LẬT TỰ ĐỘNG

2.1. Mô tả hình thức kết cấu

Để khắc phục những nhược điểm của cửa van hiện có, tác giả đã tiến hành nghiên cứu và đề xuất một loại hình cửa van mới với đặc điểm sử dụng hệ thống lò xo trục khuỷu để tạo mô men do trọng

lượng bản thân (mô men chống lật). Mô hình một cụm đập bản lật tự động được cho ở hình 4.

Cấu tạo một cụm đập bản lật tự động gồm các bộ phận: (1) Bản chắn; (2) Sườn chống; (3) Trục quay; (4) Trục khuỷu; (5) Thanh truyền; (6) Tấm trượt; (7) Lò xo; (8) Hộp kỹ thuật.



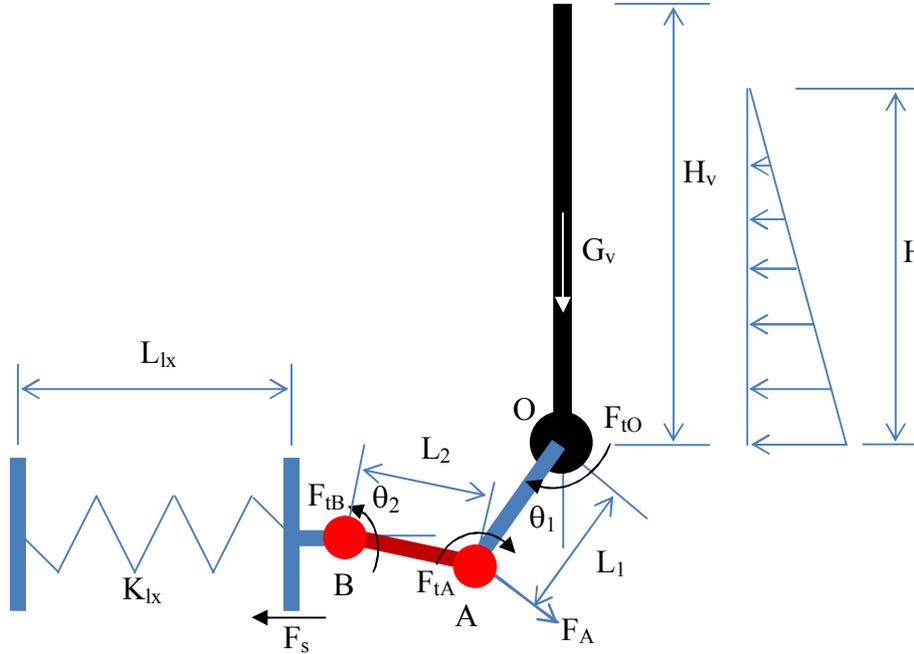
Hình 4. Mô hình đập bản lật tự động

Khi áp lực thủy động tác dụng vào bản chắn, thông qua hệ thống trục khuỷu thanh truyền tác dụng vào hệ lò xo, nhờ độ cứng của lò xo sẽ tạo ra mô men ngược với mô men do áp lực thủy động. Nếu mô men do áp lực thủy động lớn hơn mô men do lực kéo của lò xo và ma sát ở gối quay, cửa van

sẽ được mở đến trạng thái cân bằng.

2.2. Cấu tạo và các thông số cơ bản

Sơ đồ cấu tạo đập bản lật cho ở hình 5. Trục bản lề O cố định, trục bản lề B chuyển động tịnh tiến theo phương ngang, trục bản lề A chuyển động quay quanh tâm O.



Hình 5. Sơ đồ cấu tạo đập bản lật

Các ký hiệu thể hiện trên Hình 5:

L_{lx} – chiều dài lò xo (m)

K_{lx} – độ cứng của hệ lò xo (kN/m)

B – bề rộng cửa van (m)

H_v – chiều cao bản chắn cửa van (m)

G_v – trọng lượng bản chắn cửa van (kN)

e – khoảng cách từ trọng tâm bản chắn cửa van đến tâm O (m)

L_1, L_2 - chiều dài trục khuỷu và thanh truyền (m)

θ_1 – góc nghiêng trục khuỷu so với phương đứng (độ)

θ_2 – góc nghiêng của thanh truyền so với phương ngang (độ)

H - chiều cao mực nước trước cửa van (m)

F_s - lực ma sát ở tâm trượt và hộp kỹ thuật (kN)

F_{tO}, F_{tA}, F_{tB} – mô men cản do lực ma sát ở các ổ trục quay (kNm)

α – góc mở cửa van so với phương đứng (độ)

ΔL_{lx} – độ dẫn dài của hệ lò xo so với vị trí ban đầu (m)

Theo sơ đồ hình 5, quan hệ giữa độ cứng hệ lò xo với áp lực nước tác dụng vào bản mặt như sau:

- Mô men do áp lực nước tác dụng vào bản chắn đối với tâm O:

$$M_O = [(\gamma_n \times H \times H/2) \times (B/2)] \times H/3 + G_v \times e - F_{tO} \quad (\text{kNm})$$

- Lực tác dụng vào thanh AB:

$$F_A = M_O / L_1 \quad (\text{kN})$$

- Lực dọc vào thanh AB:

$$F_{AB} = F_A \cos(\theta_1 - \theta_2) \quad (\text{kN})$$

- Lực tác dụng vào lò xo tại B:

$$F_B = F_{AB} \cos \theta_2 \quad (\text{kN})$$

- Độ cứng cần thiết của hệ lò xo:

$$K_{lx} = (F_B - F_s) / \Delta L_{lx} \quad (\text{kN/m})$$

- Quan hệ giữa góc mở cửa van α và độ dẫn dài của hệ lò xo ΔL_{lx} :

$$\Delta L_{lx} \cong [(L_1 \times \alpha \times \pi / 180) \times \cos(\theta_1 - \theta_2)] \times \cos \theta_2 \quad (\text{m})$$

Ví dụ: Xác định độ cứng cần thiết của hệ lò xo cho một trường hợp kích thước cửa van $L_1 = 0,15\text{m}$; $L_2 = 0,15\text{m}$; $H = 0,3\text{m}$; $B = 1\text{m}$; $\theta_1 = 20^\circ$; $\theta_2 = 5^\circ$; $L_{lx} = 0,4\text{m}$; bỏ qua hệ số ma sát tại các ổ trục. Góc mở cho phép của cửa van $\alpha = 5^\circ$.

$$M_O = [(10 \times 0,3 \times 0,3 \times 0,5) / 2] \times (0,3/3) = 0,0225 \quad (\text{kNm});$$

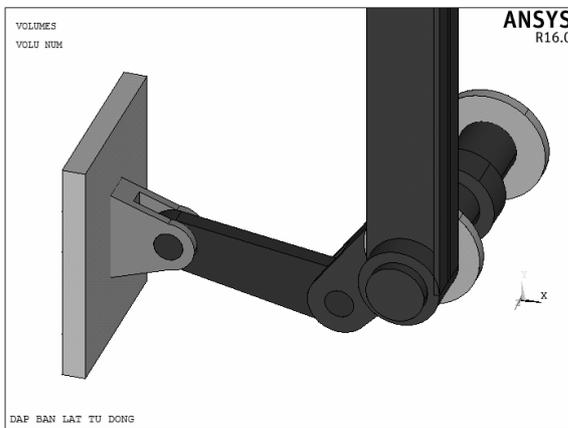
$$F_A = 0,0225 / 0,15 = 0,1500 \quad (\text{kN});$$

$F_{AB} = 0,1449 \text{ (kN)}$; $F_B = 0,1443 \text{ (kN)}$;
 $\Delta L_{lx} \cong [(0,15 \times 5 \times 3,1416/180) \times \cos(20-5)] \times \cos 5 = 0,01259 \text{ (m)}$;
 $K_{lx} = 0,1443/0,01259 = 11,456 \text{ (kN/m)}$.

2.3. Ưu, nhược điểm và khả năng áp dụng

Đập bản lật được đề xuất ở trên có ưu điểm dễ dàng tạo ra mô men chống lật bằng cách sử dụng hệ lò xo có độ cứng khác nhau để khống chế mực nước trước cửa van theo yêu cầu. Bản mặt chắn nước có thể dùng các tấm bê tông, gỗ hoặc composite lắp ghép trên sườn chống. Tuy nhiên để đập bản lật hoạt động được tốt vẫn cần phải bảo dưỡng thường xuyên các thiết bị cơ khí và bộ phận ổ trục không thường xuyên ngập nước.

3. TÍNH TOÁN CÁC THÔNG SỐ CƠ BẢN CỦA ĐẬP BẢN LẬT



Hình 6. Mô hình hình học

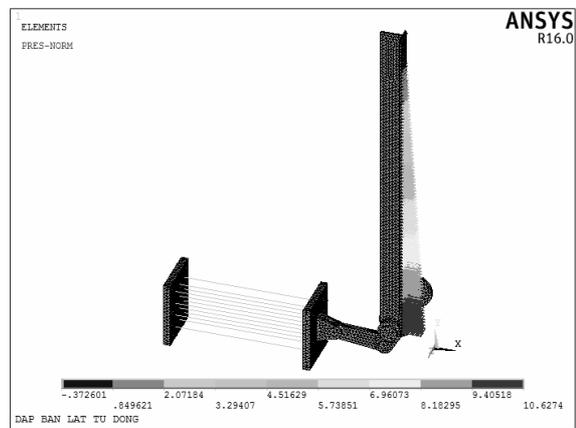
3.2. Kiểm tra độ tin cậy của mô hình

Tiến hành tính toán cho một trường hợp kích thước cửa van $L_1 = 0,15\text{m}$; $L_2 = 0,15\text{m}$; $H = 0,3\text{m}$; $B = 1\text{m}$; $\theta_1 = 20^\circ$; $\theta_2 = 5^\circ$; $L_{lx} = 0,4\text{m}$; $K_{lx} = 30 \text{ kN/m}$; giả thiết hệ số ma sát tại các ổ trục bằng 0.

Độ dẫn dài của lò xo khi chịu tác dụng của tải

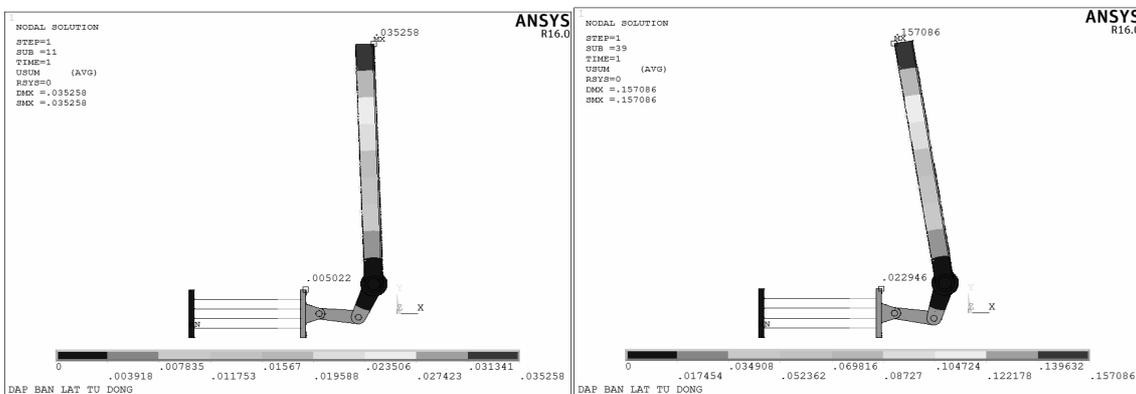
3.1. Xây dựng mô hình

Dựa trên ngôn ngữ lập trình tham số APDL trong phần mềm ANSYS, xây dựng mô hình kết cấu truyền động của đập bản lật với các tham số kích thước và tải trọng tùy ý để dễ dàng cho việc nghiên cứu và thiết kế. Do đập bản lật làm việc đối xứng nên chỉ xây dựng $\frac{1}{2}$ mô hình. Các vị trí cố định thay bằng các liên kết để giảm khối lượng mô hình tính toán nhưng vẫn đảm bảo độ chính xác. Áp lực nước tác dụng vào bản mặt được gán thông qua sườn. Các vị trí tiếp xúc tại các ổ trục được mô phỏng bằng phần tử tiếp xúc với hệ số ma sát tùy ý. Mô hình hình học tại cơ cấu truyền động cho ở hình 6. Mô hình phần tử hữu hạn hệ thống kết cấu cho ở hình 7.



Hình 7. Mô hình phần tử hữu hạn

trọng bằng $0,005022 \text{ m}$ (xem Hình 8) tương ứng với góc mở của bản mặt $\alpha = 2^\circ 01'$. Khi tính toán bằng giải tích với góc mở bản mặt tương ứng $\alpha = 2^\circ 01'$ thì độ dẫn dài của hệ lò xo bằng $0,005288 \text{ m}$ và độ cứng lò xo cần thiết $K_{lx} = 27,29 \text{ kN/m}$. Lần lượt kiểm tra với các chiều cao $H = 0,4\text{m}$ và $H = 0,5\text{m}$ được kết quả cho ở Bảng 1.



Hình 8. Chuyển vị của lò xo và đỉnh cửa khi $H = 0,3\text{m}$ và $H = 0,5\text{m}$

Bảng 1. Bảng so sánh kết quả tính toán

Tính toán	Tham số	Chiều cao cột nước H (m)		
		0,3m	0,4m	0,5m
ANSYS	Độ cứng hệ lò xo (kN/m)	30	30	30
	Độ dẫn dài của hệ lò xo (m)	0,005022	0,01174	0,022946
	Góc xoay bản mặt (độ)	2°01'	4°40'	9°00'
Giải tích	Góc xoay bản mặt (độ)	2°01'	4°40'	9°00'
	Độ dẫn dài của hệ lò xo (m)	0,005089	0,011768	0,022762
	Độ cứng hệ lò xo (kN/m)	28,35	29,07	29,35
Sai số	Độ cứng hệ lò xo (kN/m)	5,5%	3,1%	2,2%

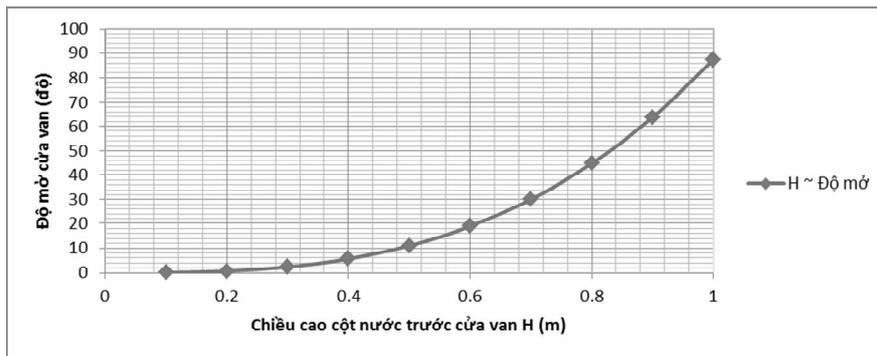
Nhận xét:

Độ cứng của hệ lò xo tính toán bằng giải tích cho kết quả xấp xỉ bằng phần mềm ANSYS. Vì vậy có thể nói mô hình tính toán lập bằng phần mềm ANSYS đảm bảo độ tin cậy.

3.3. Xác định ảnh hưởng của chiều cao cột nước trước cửa van đến độ mở cửa van

Nghiên cứu được tiến hành tính toán cho

trường hợp kích thước $L_1 = 0,15\text{m}$; $L_2 = 0,15\text{m}$; $B = 1\text{m}$; $\theta_1 = 20^\circ$; $\theta_2 = 5^\circ$; $L_{lx} = 0,4\text{m}$; $K_{lx} = 30\text{ kN/m}$; hệ số ma sát trượt giữa tấm trượt và hộp kỹ thuật $\mu_s = 0,5$; hệ số ma sát trượt tại ổ trục $\mu_t = 0,2$. Chiều cao mực nước trước cửa van thay đổi $H = 0,1 \sim 1,0\text{m}$. Kết quả đường quan hệ giữa chiều cao cột nước trước cửa van (H) và độ mở cửa van (α) được cho ở Hình 9.

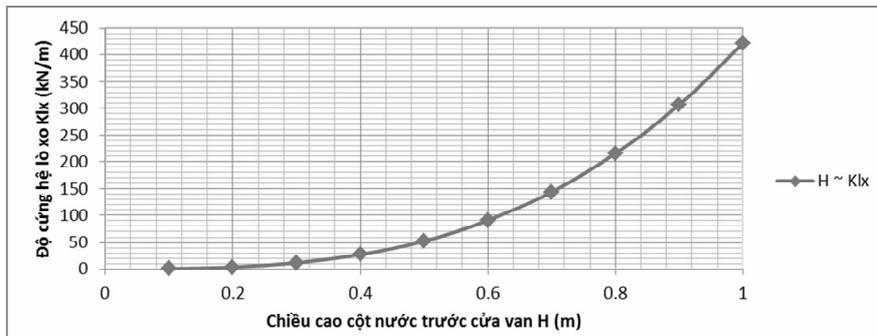


Hình 9. Quan hệ giữa chiều cao cột nước và độ mở cửa van

3.4. Xác định ảnh hưởng của chiều cao cột nước trước cửa van đến độ cứng của hệ lò xo

Nghiên cứu được tiến hành tính toán cho trường hợp kích thước $L_1 = 0,15\text{m}$; $L_2 = 0,15\text{m}$; $B = 1\text{m}$; $\theta_1 = 20^\circ$; $\theta_2 = 5^\circ$; $L_{lx} = 0,4\text{m}$; độ dẫn dài cho phép của hệ lò xo $\Delta L_{lx} = 0,0127\text{m}$ (trùng ứng với góc

mở cửa van $\alpha = 5^\circ$); hệ số ma sát trượt giữa tấm trượt và hộp kỹ thuật $\mu_s = 0,5$; hệ số ma sát trượt tại ổ trục $\mu_t = 0,2$. Chiều cao mực nước trước cửa van thay đổi $H = 0,1 \sim 1,0\text{m}$. Kết quả đường quan hệ giữa chiều cao cột nước trước cửa van (H) và độ cứng của hệ lò xo (K_{lx}) được cho ở Hình 10.



Hình 10. Quan hệ giữa chiều cao cột nước và độ cứng hệ lò xo

4. KẾT LUẬN

Đập bản lật là một kết cấu mới lần đầu tiên được đề xuất. Về nguyên tắc kết cấu này có thể tạo ra cột nước có chiều cao khác nhau tùy thuộc vào độ cứng của hệ lò xo. Tuy nhiên đây mới chỉ là đề xuất về nghiên cứu cấu tạo và các thông số

cơ bản, để hiện thực hóa ý tưởng cần có các nghiên cứu tiếp theo đặc biệt là nghiên cứu thử nghiệm trên mô hình vật lý để xác định phân bố áp lực tác dụng vào bản mặt ứng với các độ mở khác nhau và hệ số ma sát tại các ổ trục từ đó lựa chọn độ cứng của hệ lò xo phù hợp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Vũ Hoàng Hưng, *Cửa van sập tự động không chế thủy lực*, Trường Đại học Thủy Lợi.

ZHOU Jingyuan. *Study and application of hydraulic automatic flap gate*. Journal of Hydroelectric Engineering, 06-2007.

邓晓君, 焦怀金. *水力自动翻板闸门的发展历程及应用*. 北京水务, 2012年第03期.

HOU Shihua, SHEN Chang song. *Path of instantaneous center of hydro-automatic flap gate and its influences on gate's stability*. Hydro-Science and Engineering, 3, 9-2007.

侯石华, 沈长松. *连杆滚轮式水力自动翻板闸门的结构优化*. 水利水电科技进展, 2008年8月.

Abstract:

STUDY ON THE IMPROVEMENT OF STRUCTURAL SHAPE OF HYDRO-AUTOMATIC FLAP GATE UTILIZED IN SMALL-DAMS IN THE MOUNTAIN OF NORTHERN REGION

The present paper proposes a hydro-automatic flap gate utilized in small-dams in the mountain of Northern region. This gate can be manufactured for one-by-one prototype specimen available. Thus, it is easily to install and replace the gates in small-dams. For using spring system to create the moment against overturn, the gate can satisfy with different water levels when it is used the spring system with equivalent stiffness through table test available. It is the main advantages of the gate.

Keywords: hydro-automatic flap gate, small-dam, mountain, ANSYS.

Ngày nhận bài: 02/11/2017

Ngày chấp nhận đăng: 14/12/2017