

CÔNG NGHỆ KIỂM SOÁT MẠCH ĐỘNG DÒNG CHẢY KHI VẬN HÀNH CỐNG VÀO MÙA LŨ, ÁP DỤNG VỚI CỐNG QUÁ ĐÊ XÃ PHÚC THỌ

Nguyễn Phương Dung¹, Nguyễn Ngọc Thắng¹

Tóm tắt: Ảnh hưởng của hiện tượng mạch động dòng chảy nói chung đối với các công trình tháo lũ quy mô lớn đã được quan tâm tìm hiểu trong nhiều báo cáo, nghiên cứu một cách tương đối chi tiết. Tuy nhiên những ảnh hưởng bất lợi của sự dao động dòng chảy đối với quá trình vận hành của các cống qua đê chưa được đề cập nhiều. Thực tế vận hành cho thấy có rất nhiều tác động tiêu cực của mạch động dòng chảy ảnh hưởng tới kết cấu cống và hệ thống đê như hiện tượng mất ổn định cục bộ của bê tông năng hoặc sập sau, đẩy nổi hoặc sạt mái kênh hạ lưu hoặc một phần thân đê, Để đảm bảo an toàn cho cống và đê khi vận hành vào mùa lũ, những tác nhân có hại do hiện tượng mạch động dòng chảy lên công trình cần được giảm thiểu và sẽ được kiểm chứng trong nghiên cứu này. Hiện tượng mạch động ở cống qua đê được mô phỏng bằng mô hình toán sử dụng phần mềm FLOW3D. Những dạng mạch động có khả năng ảnh hưởng đến quá trình vận hành của cống qua đê được thảo luận cụ thể trong nghiên cứu. Đồng thời, những vị trí cống và đê có nhiều khả năng chịu tác động tiêu cực do ảnh hưởng của hiện tượng mạch động dòng chảy được chỉ ra trong bài viết này. Bên cạnh đó, các biện pháp công trình và phi công trình nhằm giảm hiện tượng mạch động sau cửa van của cống qua đê xã Phúc Thọ cũng được tìm hiểu và đánh giá. Trên cơ sở đó đề xuất các biện pháp giảm mạch động cho cống đang vận hành mà không can thiệp vào kết cấu của nó được.

Từ khóa: Mạch động dòng chảy, cống qua đê, bê tông năng, Flow3D, giải pháp giảm mạch động.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việt Nam có khoảng 1490 cống trên địa bàn 18 tỉnh, có nhiệm vụ điều tiết nước (tiêu, cấp nước) phục vụ các mục đích dân sinh (*Hệ thống giám sát thiên tai Việt Nam, 2023*). Cống qua đê được coi là một bộ phận của tuyến đê và việc vận hành các cống này có ý nghĩa đặc biệt trong nhiệm vụ đảm bảo an toàn chống lũ. Hàng năm các cống qua đê đều được rà soát đánh giá trước, trong và sau mùa lũ. Các vấn đề xung quanh bài toán đảm bảo an toàn cho cống liên quan tới vấn đề thấm ở đáy và mang cống; hư hỏng các kết cấu của cống (cửa van, khớp nối, các bộ phận phục vụ cho quá trình vận hành, ...); trượt lở mái bờ kênh hoặc mái đê gần cống;

mạch động dòng chảy, Trong các vấn đề kể trên, mạch động dòng chảy tuy ít để lại sự cố trực tiếp nhưng nó lại là nguyên nhân dẫn đến sự thiếu trơn tru, chính xác của quá trình vận hành cống, đặc biệt vào mùa lũ (*Viện Thủy Công, 2015*) (*Nguyễn Phương Dung, 2017*).

Mạch động được hiểu là sự dao động của giá trị các thông số dòng chảy (lưu tốc, áp lực, độ sâu...) xung quanh giá trị trung bình thời gian (*Nguyễn Chiến, 2015*). Có thể biểu diễn giá trị tức thời của các thông số dòng chảy qua trị số trung bình thời gian và giá trị mạch động của chúng. Sự biến thiên mạch động ở cống sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến giá trị lưu lượng cần điều tiết qua cống, hoặc áp suất thay đổi lớn ở khu vực bê sẽ trực tiếp ảnh hưởng đến chất lượng bê tông công trình; vận tốc biến thiên sẽ dẫn đến

¹ Khoa Công trình, Trường Đại học Thủy lợi

xói cục bộ; khi vận hành công với cửa van mở một phần, thường kèm theo mức độ rung động và tiếng ồn lớn. Trong nghiên cứu này sẽ đưa ra các thông số tính toán mạch động lưu tốc, áp lực và dao động mực nước khi vận hành công với tổ hợp mực nước đã từng xảy ra sự cố công trên tuyến đê Vân Cốc năm 2016-2017.

Khi nói đến mạch động dòng chảy, các tài liệu nghiên cứu thường tập trung vào dòng chảy lưu tốc cao trên các tràn tháo lũ lớn. Vì chênh lệch cột nước thượng lưu và hạ lưu khá lớn tại các đầu mỗi công trình thủy nên vấn đề mạch động tại ở đây đã được đề cập tương đối nhiều, do đó các biện pháp và công nghệ giảm mạch động cũng đã được đề xuất. Đối với công qua đê lại tồn tại vấn đề khác: hiện tượng mạch động có xảy ra nhưng không ảnh hưởng trực tiếp hoặc không gây hậu quả ngay lập tức đối với công trình. Theo thời gian thì mức độ ảnh hưởng của mạch động càng tăng và gây khó khăn trong quá trình điều tiết chính xác cũng như giảm độ an toàn đối với công trình (Nguyễn Phương Dung, 2017). Ngoài ra, trong nhiệm vụ quan trắc lưu lượng điều tiết và tự động hóa quá trình vận hành thì nhiệm vụ vận hành chính xác cũng đặt ra những yêu cầu đối với việc kiểm soát mạch động dòng chảy. Nghiên cứu trong bài viết này hướng tới phân tích mạch động dòng chảy ở công qua đê và các biện pháp công nghệ có thể áp dụng ở Việt Nam để giảm thiểu tác hại của nó, từ đó kiểm soát hiệu quả mạch động, đảm bảo vận hành an toàn cho công, đặc biệt vào mùa lũ.

Về phạm vi nghiên cứu mạch động dòng chảy, nghiên cứu sẽ tập trung khảo sát sự biến thiên mạch động áp lực, lưu tốc theo chiều dài bề tiêu năng; dao động mực nước ở vị trí cuối bề chuyển tiếp ra kênh hạ lưu. Công trình được khảo sát là công hai tầng nằm trên tuyến đê Vân Cốc, địa phận xã Phúc Thọ, Hà Nội.

2. CƠ SỞ NGHIÊN CỨU MẠCH ĐỘNG DÒNG CHẢY SAU CÔNG VÀ CÔNG NGHỆ GIẢM MẠCH ĐỘNG

2.1. Mạch động

Công thức chung biểu diễn mạch động áp suất dòng chảy theo thời gian (Nguyễn Chiến, 2015): $p = \bar{p} + p'$ (1)

trong đó: p - trị số tức thời của áp suất tại điểm đang xét trong dòng chảy; \bar{p} - trị số trung bình thời gian của p ; p' - mạch động áp suất. Trị số p' có thể là dương, âm hoặc bằng không. Tương tự đối với lưu tốc và cột nước, đều có giá trị tức thời, giá trị trung bình và mạch động dòng chảy.

2.2. Cơ sở lý thuyết của mô hình toán

Trong nghiên cứu này sẽ sử dụng phương pháp thể tích hữu hạn để tính toán và kiểm tra mạch động dòng chảy ('Flow 3D', 2023). Từ số liệu đã thu thập được về sự cố của công qua đê xã Phúc Thọ trong quá khứ, nghiên cứu đã thực hiện mô phỏng bằng mô hình toán dòng chảy qua công và tính toán mạch động áp lực dòng chảy. Kết quả tính toán được sử dụng để đánh giá mức độ ảnh hưởng của mạch động đến ổn định và an toàn công trình khi vận hành. Cơ sở lý thuyết cho việc mô phỏng bằng phần mềm Flow3D được giải thích trong các tài liệu chuyên môn và được ứng dụng ở nhiều nghiên cứu có độ tin cậy cao. Trong nghiên cứu này sẽ ứng dụng phần mềm và so sánh, kiểm định giá trị lưu lượng qua công với kết quả tính toán từ lý thuyết cơ học chất lỏng – công thức (2). Qua đó sẽ trích xuất kết quả áp lực thay đổi theo thời gian và kiểm tra mạch động áp lực cho công qua đê xã Phúc Thọ.

$$Q = \varphi_c \cdot \varepsilon \cdot \omega_e \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot Z} \quad (2)$$

trong đó: φ_c là hệ số vận tốc tại mặt cắt co hẹp; ε là hệ số co hẹp đứng; ω_e là diện tích của lỗ; Z là cột nước tác dụng.

Mô hình Flow-3D sử dụng phương trình Navier-Stoke làm phương trình chủ đạo. Phương trình này là sự kết hợp của hai phương trình bảo toàn khối lượng và động lượng. Phương trình bảo toàn chỉ có thể giải được bằng toán học trong một số bài toán dòng chảy có điều kiện đơn giản. Trong thực tế, dòng chảy trong tự nhiên

nói chung và các công trình thủy lợi nói riêng là dòng chảy rối, đặc biệt là dòng chảy qua đập tràn hoặc cống. Để giải được hệ phương trình Navier Stoke trong trường hợp dòng chảy rối qua cống trong thân đê các tác giả sử dụng lần lượt hai phương pháp: (1) Phương pháp trung bình hóa Reynolds (RANS) và (2) Phương pháp mô phỏng dòng chảy, Large Eddy Simulation (LES). Để đánh giá mạch động khi sử dụng Flow3D, sử dụng RANS để có được lời giải sơ bộ về trường phân bố áp lực trung bình trong miền tính toán. Tiếp đó, phương pháp LES sẽ được áp dụng với việc thêm vào thành phần nhớt gia tăng ở gần biên cứng (ν_{sgs}, τ_{sgs}). Phương trình bảo toàn khối lượng và động lượng khi sử dụng LES có dạng như ở (3,4).

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial \rho U_j}{\partial x_j} = 0 \quad (3)$$

$$\frac{\partial (\rho U_i)}{\partial t} + \frac{\partial (\rho U_i U_j)}{\partial x_j} = -\frac{\partial P}{\partial x_i} + \frac{\partial (\tau_{ij} + \tau_{sgs})}{\partial x_j} \quad (4)$$

trong đó: ứng suất Reynolds được hiểu bao gồm cả thành phần trung bình và mạch động được biểu diễn thông qua τ_{sgs} . Diễn giải chi tiết τ_{sgs} được cho ở công thức (5, 6):

$$\tau_{sgs} = 2\rho\nu_{sgs}S^*_{ij} - \frac{2}{3}\rho k_{sgs}\delta_{ij} \quad (5)$$

$$S^*_{ij} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i} - \frac{1}{3}\frac{\partial U_k}{\partial x_k}\delta_{ij}\right) \quad (6)$$

trong đó: S^*_{ij} đặc trưng cho mức độ thay đổi của ứng suất cắt gia tăng khi thay đổi độ nhớt ở gần biên cứng (ν_{sgs}). Kết quả kiểm tra mạch động sử dụng Flow-3D sẽ được trình bày chi tiết ở phần sau.

2.3. Các biện pháp giảm mạch động đã được áp dụng

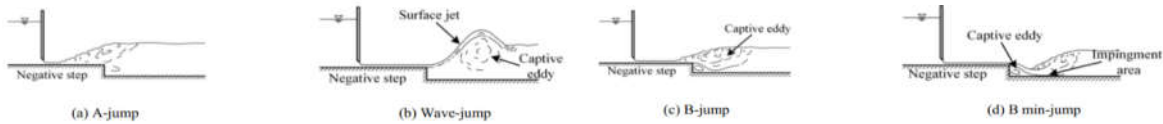
Trên thế giới, nhiều nghiên cứu đã chỉ ra các biện pháp công trình hoặc biện pháp phi công trình, công nghệ để giảm mạch động, từ đó giảm thiểu các tác động tiêu cực của dòng chảy tới công trình.

2.3.1. Tối ưu hóa các chế độ mở cống để giảm thiểu rung động

Dòng chảy ngập dưới cửa van được ứng dụng để tiêu tán năng lượng ở đập tràn nhà máy thủy điện quy mô lớn Xiangjiaba, Trung Quốc (Yong Peng, 2018). Phương án tiêu năng được dùng là dòng chảy phân tán 2 tầng và nước nhảy ngập. Vì lưu lượng xả rất lớn nên áp lực thay đổi trên mặt tràn và thúc vào tường bên tràn và kênh hạ lưu là rất lớn. Ngoài các phương án thiết kế giảm mạch động khác thì việc vận hành cửa van hợp lý cũng mang lại hiệu quả giảm mạch động dòng chảy. Các thí nghiệm mô hình trên đập tràn thủy điện Xiangjiaba, Trung Quốc đã được tiến hành và công bố năm 2018 cho thấy việc vận hành hợp lý các cửa van có thể giảm được mạch động tới 50% cho cùng một cấp lưu lượng. Nghiên cứu đã trình bày phân tích định lượng ảnh hưởng của tỷ lệ xả lên áp suất dao động. Nó cũng nghiên cứu ảnh hưởng của các chế độ mở cửa van khác nhau. Các diễn biến của mô hình dòng chảy được kích hoạt bởi mỗi chế độ mở cửa van khác nhau được xem xét, theo đó các cách thức vận hành tối ưu để giảm thiểu rung động được khuyến nghị. Đây cũng là công nghệ giảm áp lực mạch động sẽ được nghiên cứu trong bài viết này.

2.3.2. Tạo bậc thụt để giảm năng lượng thừa

Để giảm động năng dư thừa của dòng chảy ở hạ lưu, cần có bề tiêu năng hoặc các kết cấu tương tự (Guibing HUANG, 2021). Hình thức bề tiêu năng sẽ tiêu tán năng lượng bằng cách tạo ra nước nhảy trong phạm vi bể. Thông thường, tỷ lệ tiêu tán năng lượng của nó có thể lên tới 70%-85% (Nguyễn Chiến, 2015). Ngoài ra, hình thức tiêu năng bằng bể còn có ưu điểm là tạo ra dòng chảy hạ lưu dao động yếu. Tuy nhiên, tốc độ dòng chảy và áp suất dao động của bề tiêu năng rất cao, có thể gây ra các vấn đề khí thực phá hỏng bề mặt bê tông. Ngoài ra, sự thay đổi áp lực lên đáy bể có thể dẫn đến mất ổn định lật hoặc đẩy nổi cho bể. Do đó, các nhà thiết kế đã đề xuất giải pháp làm bậc thụt (hình 1).



Hình 1. Nước nhảy tại bậc thụt

Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng một bề tiêu năng với bậc thụt có thể cải thiện các đặc tính của nước nhảy và đảm bảo rằng nước nhảy sẽ diễn ra ở vị trí thích hợp. Bên cạnh đó, do sự tồn tại của một độ dày nhất định của ‘Đệm nước’, bề tiêu năng-bậc thụt có vận tốc đáy thấp hơn so với bề tiêu năng tiêu chuẩn, giúp bảo vệ đáy bể. Qua nghiên cứu áp suất dao động của nó trên đáy bể bằng các thử nghiệm mô hình thủy lực, cường độ và tần số chi phối của áp suất dao động của bề tiêu năng có bậc thụt đã được phân tích. Ảnh hưởng của các thông số hình học (độ sâu bước và góc tới) đến các đặc tính áp suất dao động được thảo luận rõ ràng. Các công trình tiêu năng sau công ở Việt Nam thường đã áp dụng biện pháp này.

2.3.3. Đặt các thiết bị tiêu năng phụ trước, trong và sau bề tiêu năng để phân bố lại dòng chảy và giảm năng lượng thừa

Một phương pháp cũng thường xuyên được áp dụng là đặt thêm các thiết bị tiêu năng phụ tại bề tiêu năng hoặc sau bề tiêu năng nhằm phân phối lại dòng chảy và giảm tối đa năng lượng thừa của dòng chảy sau khi qua cửa van điều tiết (O. Fecarotta, 2016).

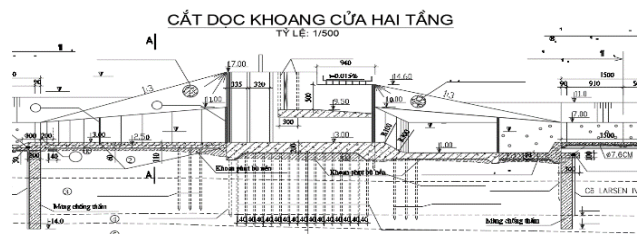
Những phương pháp giảm mạch động kể trên đã phát huy tác dụng và giảm được động năng thừa của dòng chảy cũng như mạch động. Tuy vậy vấn đề mạch động sau công cần có nhiều nghiên cứu hơn nữa để khẳng định mức độ hiệu quả cũng như đề ra quy trình tối ưu với từng loại công. Phương án tối ưu chế độ mở khi đó vừa là phương pháp dễ triển khai, vừa giảm được chi phí sửa chữa bổ sung trong điều kiện vận hành ở Việt Nam. Tuy nhiên để áp dụng các phương pháp giảm mạch động của tràn xả lũ cho công qua đê thì cần có những mô phỏng để khẳng định về mặt lý thuyết. Hơn nữa, trong

nghiên cứu này sẽ tập trung vào các biện pháp phi công trình hơn là can thiệp vào kết cấu của công. Do đó, quy trình vận hành công thay đổi để giảm mạch động là mục đích mà báo cáo này hướng tới.

3. KẾT QUẢ ÁP DỤNG TÍNH TOÁN CHO CÔNG QUA ĐÊ XÃ PHÚC THỌ

3.1. Thông số tính toán

Giới thiệu chung: Công qua đê xã Phúc Thọ là công trình cấp I, được xây dựng và đưa vào khai thác năm 2006, công nằm trên đê phân lũ Vân Cốc, Hà Nội. Công hở 2 tầng, gồm 3 khoang: 2 khoang lấy nước và 1 khoang thông thuyền. Toàn bộ thân công là 1 đơn nguyên, bằng BTCT M200. Hai cửa khoang lấy nước bố trí ở phía tả có kết cấu 2 tầng, mỗi tầng bố trí 2 cửa phẳng kích thước (6x5)m (hình 2). Hai khoang này được vận hành thường xuyên và có nhiệm vụ điều tiết nước qua công kể cả trong mùa lũ, lưu lượng lớn nhất qua công vào mùa lũ là 70m³/s (Nguyễn Ngọc Thắng, 2019). Sự cố công qua đê xã Phúc Thọ năm 2016, 2017 được ghi nhận với nhiều mạch đùn, mạch sủi xuất hiện cả thượng lưu và hạ lưu công. Trong trường hợp này sẽ cần khẳng định mạch động có ảnh hưởng như thế nào đến ổn định, độ bền của bề tiêu năng và các kết cấu sau nó.



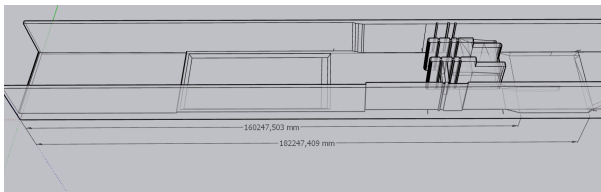
Hình 2. Cắt dọc công qua đê xã Phúc Thọ

Trường hợp tính toán được mô phỏng trong nghiên cứu này là tổ hợp mực nước cực đoạn của công qua đê xã Phúc Thọ khi vận hành và gặp sự

cổ (MNTL: +10,85; MNHL: +5,10; cột nước trong kênh hạ lưu là 2,1m) và lưu lượng đạt $Q_{max}=70m^3/s$. Lưu ý rằng MNLTK của cống ở cao trình +13,10. Do đó, tổ hợp mực nước được mô phỏng ở đây chưa phải là tổ hợp cực đoan nhất.

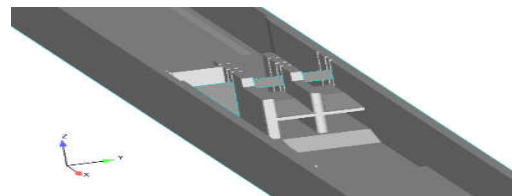
Mô hình và điều kiện giải bài toán

Mô hình cống có tổng chiều dài trên 182m, phạm vi bề tiêu năng có tọa độ trong phạm vi {161-182} – hình 3. Khoảng âu thuyền được xác định là đóng khi vận hành vào mùa lũ. Mở 2 khoang tầng 2 của cống. Độ mở cống a sẽ được



Hình 3. Phạm vi tọa độ của bề tiêu năng của cống qua đê

tính toán căn cứ vào lưu lượng cần tháo qua cống (hình 4). Vùng chia lưới, kích thước lưới đã được thực hiện để có sai số cho phép. Lưới thể tích tại khu vực cửa van đến vị trí đầu nước nhảy được chia mịn nhất, có tỷ lệ bằng 1/10 bề rộng khe van (0,1m); phía trước và phía sau kích thước lưới tăng lên gấp đôi. Vùng lưới được thiết lập từ trước cửa vào cống 15m, thân cống, bề tiêu năng và sau bề tiêu năng 30m. Phạm vi lấy kết quả mạch động ở vị trí của bề tiêu năng – có tọa độ {161-182}.



Hình 4. Mô phỏng độ mở cống trong tính toán mạch động

Điều kiện biên áp lực nước được mô phỏng ở thượng lưu và hạ lưu cống là: MNTL: +10,85; MNHL: +5,10; cột nước trong kênh hạ lưu là 2,1m. Phía tiếp giáp với tường bên và đáy là biên cứng. Phía trên cống được mô tả là biên tự do. Cột nước ban đầu cũng được lấy như các giá trị trên. Bài toán được thực hiện với cột nước ổn định.

Kiểm định mô hình

Độ mở cống a thay đổi từ 0,5-1,1m, mở đều cả 2 cửa van. Kết quả kiểm định lưu lượng từ mô hình và công thức (2) cho thấy ứng với các độ mở cửa van khác nhau thì sai số lưu lượng là chấp nhận được (bảng 1). Khi bài toán đã chạy ổn định, kết quả mạch động được khai thác, thời gian lấy kết quả là 35s (hình 5).

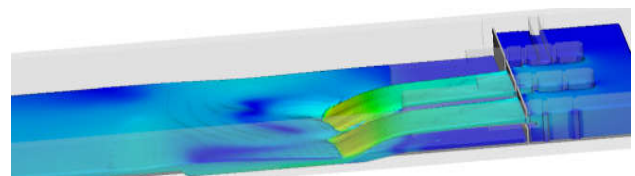
Bảng 1. Tổng hợp kết quả tính toán lưu lượng

TH	TH1 (a= 1,1m)	TH2 (a=0,9m)	TH3 (a= 0,7m)	TH4 (a= 0,5 m)
Q (m ³ /s) theo (2)	91,00	74,12	57,38	40,80
Q (m ³ /s) mô hình	95,68	77,65	60,29	44,03
So sánh Q	4,89%	4,55%	4,82%	7,34%

3.2. Kết quả tính toán mạch động

Như đã khẳng định, giá trị mạch động được khai thác gồm mạch động áp lực, mạch động vận tốc và dao động mực nước, dao động năng lượng tiêu tán (Turbulent dissipation) dọc theo chiều dài bề tiêu năng. Việc trích xuất mạch động đa dạng như vậy sẽ có ý nghĩa trong việc sử dụng các giá trị trong đánh giá ổn định

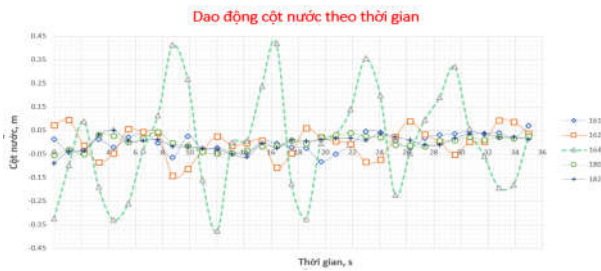
hoặc độ bền của kết cấu bê.



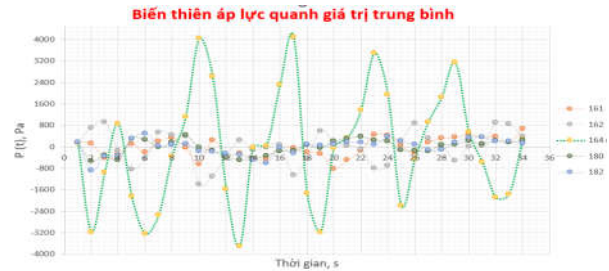
Hình 5. Kết quả mô phỏng dòng chảy ở cống với tổ hợp mực nước cực đoan năm 2017

Dao động mực nước trong bể được đánh giá theo 3 mặt cắt dọc đại diện, tọa độ các mặt cắt dọc đại diện này đi qua cả 2 khoang tháo nước

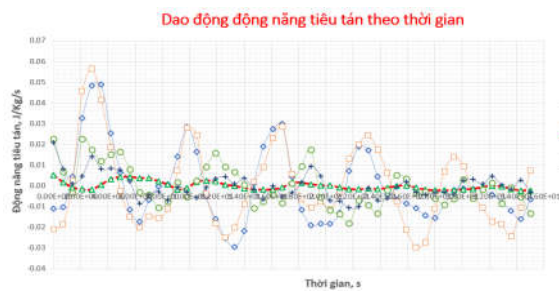
của cống. Giá trị mạch động tại các mặt cắt đại diện này được tổng hợp và thể hiện ở các hình 6- hình 9.



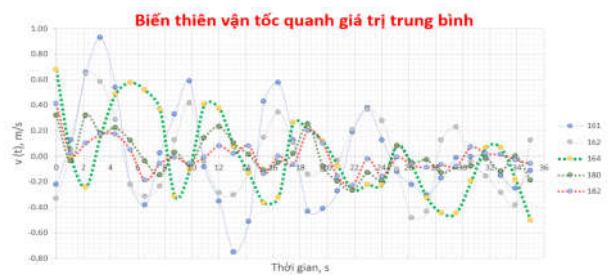
Hình 6. Biến thiên cột nước quanh giá trị trung bình



Hình 7. Biến thiên áp suất quanh giá trị trung bình



Hình 8. Sự thay đổi năng lượng tiêu tán



Hình 9. Biến thiên vận tốc quanh giá trị trung bình

Ở các biểu đồ trên hình 6, hình 7, biến thiên cột nước và mạch động áp suất tại vị trí đầu nước nhảy là rất rõ nét về trị số so với những vị trí còn lại trong bể. Mạch động sau đó giảm dần, ở vị trí cuối bể (tọa độ 180, 182) có mức độ biến thiên không lớn: dao động áp lực chỉ bằng 12-20% so với vị trí đầu nước nhảy (tọa độ 164); dao động cột nước đạt xấp xỉ 25%. Với mạch động lưu tốc và biến thiên năng lượng tiêu tán, các giá trị này tuy có giảm nhưng mức độ biến động vẫn khá lớn trong phạm vi bể tiêu năng: lưu tốc thay đổi ở các vị trí khác nhau so với giá trị lớn nhất là trên 55%; năng lượng tiêu tán thay đổi trung bình 51% trên phạm vi chiều dài bể. Ở khía cạnh tích cực, bể tiêu năng đã làm tốt nhiệm vụ giảm năng lượng thừa của dòng chảy, tuy nhiên mạch động lưu tốc và biến thiên năng lượng tiêu tán vẫn còn thay đổi khá mạnh kể cả ở cuối bể.

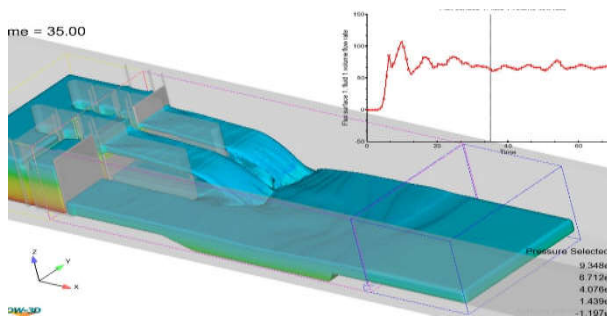
Biểu đồ hình 8 và hình 9 còn cho thấy giá trị mạch động lớn nhất không phải ở đầu nước

nhảy như các biểu đồ mạch động áp suất và biến thiên cột nước.

Từ những quan sát về mạch động ở cống qua đê xã Phúc Thọ, có thể dẫn đến các yêu cầu kiểm tra như sau: 1. Với mạch động áp suất và dao động cột nước, các thành phần này được dùng để kiểm tra ổn định cho bể tiêu năng; 2. Thành phần mạch động lưu tốc còn biến đổi mạnh sau bể được sử dụng để kiểm tra độ bền cho vật liệu gia cố kênh sau bể; 3. Các thành phần mạch động được sử dụng để kiểm tra ổn định cho bản đáy sâu sau của cống. Ở nghiên cứu này, mạch động áp lực từ biểu đồ mạch động áp suất đã được áp dụng trong kiểm tra ổn định lật và đẩy nổi cho bản đáy bể tiêu năng. Sự chênh lệch áp lực tại vị trí đầu bể và cuối bể sẽ dẫn đến việc hình thành mô-men lật bản đáy, hoặc giảm tải trọng lên bản đáy cống – dẫn đến mất ổn định đẩy nổi của cống. Cống qua đê xã Phúc Thọ với chiều dày bản đáy ở vị trí chân khay dày 2,05m, các vị trí khác là 1,2m. Khi

cổng được kiểm tra ổn định với tổ hợp mực nước đã nêu cho kết quả hệ số ổn định chống lật là thỏa mãn. Ở nội dung kiểm tra ổn định đầy nổi của cống qua đê xã Phúc Thọ, từ số liệu mô phỏng cũng cho thấy hệ số ổn định chống đầy nổi là thỏa mãn yêu cầu (dù chưa xét tới ảnh hưởng của hệ cọc và màn chống thấm - nếu có xét tới các kết cấu này thì hệ số ổn định còn lớn hơn). Các tổ hợp mực nước cực đoan khác cũng cần kiểm tra tương tự do cống có nhiệm vụ vận hành trong mùa lũ.

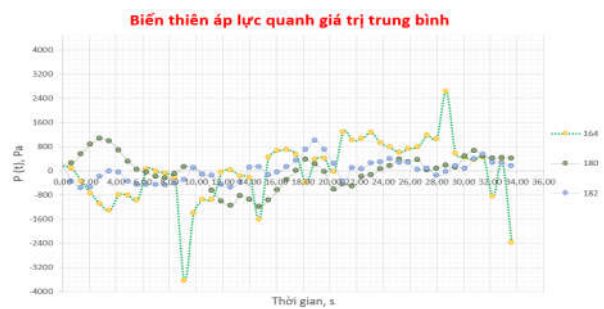
Ngoài việc kiểm tra mạch động khi cống mở đều 2 cửa van, nghiên cứu cũng thực hiện khảo sát mạch động khi mở không đều 2 cửa van điều tiết cống. Đây là phương pháp phi công trình nhằm giảm tác động của mạch động dòng chảy tới việc vận hành của công trình, cũng đồng thời đảm bảo an toàn cho cống và



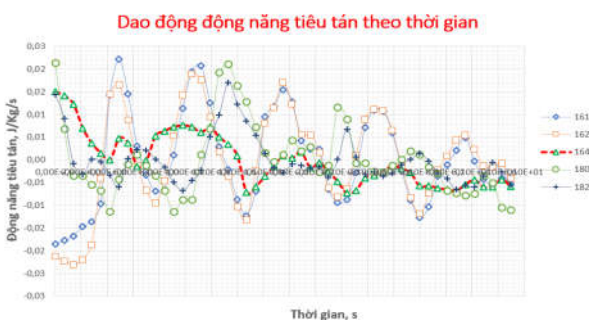
Hình 10. Kết quả mô phỏng khi cửa cống mở không đều

đê. Nghiên cứu đã đề xuất mở van giữa cống với khẩu độ $a=1,0\text{m}$; van ngoài cùng với khẩu độ $a=0,7\text{m}$. Cột nước được mô phỏng tương tự trường hợp trên. Lý do của đề xuất này là dựa trên yêu cầu đảm bảo lưu lượng cống qua đê mà vẫn giảm được mạch động dòng chảy sau cửa van. Hình 10 cho thấy hình ảnh mô phỏng dòng chảy ổn định qua cống khi mở không đều cửa van.

Các kết quả về sự thay đổi áp suất được thể hiện trên Hình 11. Theo biểu đồ này trị số mạch động giảm khi so sánh với biểu đồ Hình 7 và Hình 11 – khi xét trị số áp suất thay đổi quanh giá trị trung bình thì áp suất giảm. Dù giảm về trị số nhưng quy luật biến thiên của mạch động lại phức tạp hơn, tùy thuộc và tần số thay đổi mạch động – phụ thuộc vào độ mở cửa van và tỷ lệ lưu lượng qua từng cửa van.



Hình 11. Biến thiên áp suất quanh giá trị trung bình khi cửa van mở không đều



Hình 12. Sự thay đổi năng lượng tiêu tán quanh giá trị trung bình khi cửa van mở không đều

Kết quả này cho thấy sự thay đổi rõ ràng của mạch động dòng chảy sau van nhưng cũng kéo theo một số vấn đề khác. Cụ thể, với biểu đồ năng lượng tiêu tán (hình 12) thì tần số dao động năng lượng không cho thấy quy luật rõ

ràng như khi cửa van mở đều (hình 8). Khi đó, trị số mạch động năng lượng tiêu hao còn biến thiên phức tạp cả về không gian và thời gian. Tương tự đối với mạch động lưu tốc và dao động cột nước, trị số thay đổi giảm so với

trường hợp cửa van mở đều nhưng sự thay đổi ở các vị trí khác nhau có tần số khác nhau.

Một điểm ưu thế nữa của phương pháp thay đổi chế độ mở là khả năng giảm mạch động mà không cần các biện pháp công trình hoặc can thiệp vào kết cấu của công.

4. KẾT LUẬN VÀ TRAO ĐỔI

Nghiên cứu đã cho thấy việc thay đổi quy trình vận hành cửa van có thể dẫn đến những thay đổi của quá trình dòng chảy rồi phía sau công trình, tiềm ẩn những bất lợi đối với sự ổn định của công trình trong quá trình vận hành. Hướng đến nhiệm vụ giảm tác động tiêu cực của mạch động dòng chảy đến các kết cấu của bể tiêu năng hoặc kênh dẫn hạ lưu, các cửa van có thể được mở lệch để giảm trị số mạch động, cũng là tăng ổn định lật hoặc đẩy nổi cho bể tiêu năng. Ngoài ra, việc giảm trị số mạch động còn có ảnh hưởng đối với khu vực sân sau và kênh dẫn hạ lưu: mạch động lưu tốc giảm đồng nghĩa với việc giảm khả năng xói mái bờ kênh; trị số

mạch động áp lực giảm dẫn đến tăng ổn định bản đáy sân sau và kênh hạ lưu; mực nước trong kênh dao động nhỏ có thể giúp lấy nước vào các kênh nhánh ổn định hơn,

Ở một khía cạnh khác, việc thay đổi độ mở cửa van ở khu vực nghiên cứu cho thấy sự lệch tần số dao động của áp suất, lưu tốc, mực nước, năng lượng của dòng chảy. Đánh giá sự thay đổi này theo từng cấp lưu lượng và các tỷ lệ lưu lượng khác nhau cần được tiến hành không chỉ trên mô hình toán mà qua các quan trắc thực tế khi vận hành công trình, đặc biệt là vận hành công vào mùa lũ.

Phương án can thiệp vào chế độ vận hành công thay vì thay đổi kết cấu công để giảm tác động có hại của mạch động đến công qua đề được nhận định là khả thi trong điều kiện sửa chữa và khai thác công còn nhiều hạn chế. Tuy vậy, những nghiên cứu chi tiết về mức độ thay đổi mạch động ở mỗi công cần được kiểm chứng cả trên mô hình toán và quan trắc thực tế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Hệ thống giám sát thiên tai Việt Nam (2023)*. <http://vndms.dmc.gov.vn/> (Accessed: 28 February 2023).
- Viện Thủy Công (2015) *Nghiên cứu đánh giá các sự cố đê, cống dưới đê và đề xuất giải pháp xử lý*. HyCI.
- Nguyễn Phương Dung (2017) *Thí nghiệm xác định ảnh hưởng của áp lực thủy động tới độ dày bản đáy bể tiêu năng và sân sau ở công trình tháo*. TLU.
- Nguyễn Chiến (2015) *Tính toán thủy lực công trình tháo nước*. NXB Xây dựng.
- Nguyễn Ngọc Thắng (2019) *Đề cương Đề tài cấp Bộ 'Nghiên cứu đánh giá nguyên nhân, các biện pháp đã áp dụng và đề xuất giải pháp xử lý sự cố cống dưới đê đảm bảo an toàn chống lũ'*.
- 'Flow 3D' (2023). (User's Manual).
- Yong Peng (2018) '*Experimental Optimization of Gate-Opening Modes to Minimize Near-Field Vibrations in Hydropower Stations*', *Water*, 10(1435). Available at: <https://doi.org/doi:10.3390/w10101435>.
- Guibing HUANG (2021) '*Pressure Fluctuations Characteristics of the Stilling Basin with a Negative Step*', *Hydraulic and Civil Engineering Technology VI* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/doi:10.3233/ATDE210196>.
- O. Fecarotta (2016) *Experimental results on the physical model of an USBR type II stilling basin*. Taylor & Francis Group.

Abstract:
**TECHNOLOGY FOR CONTROLLING THE FLOW FLUCTUATION DURING
OPERATION OF SLUICE IN FLOOD SEASON, APPLIED TO SLUICE
IN PHUC THO COMMUNE**

The flow fluctuation has been studied in quite extensively for large-scale flood control works, however, this issue has been less addressed for culverts through levee. The operational experience has shown that there are many negative impacts of flow dynamics on the culvert structure and levee system such as the uplift instability, the local surface erosion of the stilling basin or the downstream channel, collapsing of part of the levee system, etc. According to the requirement of sluice and levee safety during flood season, the task of reducing fluctuation needs to be performed. The article not only pointed out the types of fluctuation that need to pay attention behind the operation gate, but also specified the locations where the sluice and levee could be destructively affected by the fluctuation. In addition, structural and non-structural countermeasures reducing negative impacts of fluctuation are also mentioned. Research has proposed measures to reduce flow dynamics for operating culverts without interfering with their structure.

Keywords: Fluctuation, sluice, stilling basin.

Ngày nhận bài: 02/3/2023

Ngày chấp nhận đăng: 28/3/2023