

ẢNH HƯỞNG CỦA ÁP LỰC DÒNG CHẢY ĐẾN DAO ĐỘNG CỦA VAN HÌNH CUNG

Đào Văn Hưng¹

Tóm tắt: *Áp lực dòng chảy dưới đáy cửa van (hay còn gọi là áp lực mạch động dòng chảy) là một trong những nhân tố gây ra dao động cửa van hình cung. Bài báo này dựa trên phương pháp phần tử hữu hạn tính toán dao động cửa van hình cung chịu tác dụng của áp lực dòng chảy từ đó đánh giá được mức độ ảnh hưởng của áp lực dòng chảy đến ứng xử động kết cấu cửa van. Thông qua kết quả tính toán cho thấy với cửa van nhỏ ảnh hưởng của áp lực dòng chảy đến dao động cửa van là không nhiều, trong thiết kế có thể bỏ qua ảnh hưởng này. Tuy nhiên với các cửa van lớn nằm dưới sâu cần phải được xem xét để nâng cao độ an toàn của cửa van khi vận hành.*

Từ khóa: Áp lực dòng chảy, cửa van hình cung, dao động, phương pháp phần tử hữu hạn

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cửa van hình cung là một kết cấu không gian phức tạp chịu tác dụng của nhiều loại tải trọng bao gồm cả tải trọng tĩnh và tải trọng động. Tải trọng động tác dụng lên cửa van hình cung chủ yếu có tải trọng động đất, mạch động lưu tốc khi đóng mở cửa van, va chạm của các vật trôi nổi, ma sát giữa cửa van và gối bản lề trong quá trình đóng mở (Đỗ Văn Hứa, Vũ Hoàng Hưng, 2014). Các nghiên cứu, tính toán trước đây chủ yếu xem xét ảnh hưởng của tải trọng động đất đến sự làm việc của cửa van hình cung (EM 1110-2-2701, 2000; EM 1110-2-6051, 2003). Tuy nhiên vấn đề dao động cửa van do tác dụng của áp lực mạch động lưu tốc dưới đáy cửa van trong quá trình đóng mở cửa van hình cung chưa được nghiên cứu nhiều. Có thể nói dao động cửa van là bất lợi vì vậy cần thiết phải tiến hành nghiên cứu ảnh hưởng của áp lực mạch động đến dao động cửa van để có giải pháp giảm thiểu và ngăn ngừa hoặc nếu ảnh hưởng không lớn có thể bỏ qua trong tính toán thiết kế.

2. LÝ THUYẾT CƠ BẢN PHÂN TÍCH DAO ĐỘNG CỦA VAN

2.1 Tải trọng động tác dụng lên cửa van

Trong nghiên cứu này, tải trọng động tác dụng lên cửa van là áp lực mạch động dòng

chảy trong quá trình đóng và mở cửa van và được coi là tải trọng ngẫu nhiên. Đây là một loại tải trọng không xác định, tức là giá trị tải trọng tại một thời điểm nào đó trong tương lai không thể xác định được cụ thể.

2.2. Phương trình vi phân dao động của cửa van

Khi tiến hành phân tích động đối với cửa van, cần giải phương trình vi phân dao động:

$$[M]\{\ddot{X}(t)\} + [C]\{\dot{X}(t)\} + [K]\{X(t)\} = \{P(t)\}$$

trong đó: $[M]$, $[C]$, $[K]$ lần lượt là ma trận khối lượng, ma trận cản và ma trận độ cứng của cửa van, chúng đều là ma trận bậc n ; $\{X(t)\}$, $\{\dot{X}(t)\}$, $\{\ddot{X}(t)\}$ và $\{P(t)\}$ lần lượt là véc tơ chuyển vị, véc tơ vận tốc, véc tơ gia tốc và véc tơ tải trọng động, chúng đều là hàm của thời gian t (Dương Văn Thứ, 2010).

2.3. Đặc tính động của kết cấu cửa van

Các tham số tần số dao động riêng, dạng dao động và lực cản,... của kết cấu cửa van gọi chung là tham số đặc tính động của cửa van.

Tham số đặc tính động của cửa van là một trong những yếu tố quan trọng của phân tích động cửa van, đặc biệt là tần số dao động riêng của cửa van, đây là một trong những điều kiện phát sinh cộng hưởng của cửa van. Để ngăn ngừa cửa van xuất hiện cộng hưởng cần biết tần số dao động riêng của cửa van. Tần số dao động

¹ Trường Đại học Thủy lợi.

riêng của cửa van có liên quan với khối lượng của kết cấu cửa van (quán tính) và độ cứng (tính hồi phục), nhưng không liên quan đến yếu tố tải trọng biên.

2.4. Ứng xử động của kết cấu cửa van

Ứng xử động của kết cấu cửa van là vấn đề chính trong phân tích dao động cửa van. Nếu tải trọng động tác dụng lên cửa van là tải trọng xác định, chỉ cần giải phương trình vi phân ở trên để xác định ứng xử động của kết cấu cửa van. Với kết cấu đơn giản có thể giải chính xác phương trình dưới dạng giải tích, tuy nhiên với kết cấu phức tạp để thu được kết quả tốt có thể trợ giúp bằng phương pháp tích phân số thực hiện trên máy tính. Tuy nhiên áp lực mạch động dòng chảy là tải trọng ngẫu nhiên dẫn đến dao động của kết cấu cửa van là dao động ngẫu nhiên.

Hiện nay có rất nhiều phương pháp tính toán dao động ngẫu nhiên của cửa van, nhưng cuối cùng hầu như đều quy về vấn đề độ tin cậy kết cấu, chuyển từ phương pháp tất định sang phương pháp thiết kế tần suất. Lý thuyết dao động ngẫu nhiên ổn định tuyến tính hiện nay đã khá hoàn thiện, vấn đề không ổn định phi tuyến đang phát triển, đề an toàn thông thường lấy vấn đề không ổn định phi tuyến chuyển thành vấn đề ổn định tuyến tính. Ví dụ điển hình như động đất là quá trình ngẫu nhiên không ổn định, nhưng nếu chỉ xem xét giai đoạn mạnh của động đất có thể đơn giản coi chuyển động của mặt đất khi động đất là một quá trình vận động ổn định. Vì vậy, ứng xử động đất của kết cấu sau một giai đoạn quá độ được xem là một quá trình ngẫu nhiên ổn định, điều này không những tạo điều kiện cho việc nghiên cứu vấn đề dao động ngẫu nhiên của kết cấu mà còn ứng xử động lớn nhất của kết cấu thường xuất hiện ở giai đoạn cường độ động đất mạnh khi quan tâm kháng chấn công trình. Tương tự vấn đề ứng xử dao động ngẫu nhiên cửa van dưới tác dụng của áp lực nước mạch động cũng có thể lấy giai đoạn dao động mạnh của nó để nghiên cứu, dao động ngẫu nhiên của cửa van có thể xem là một quá trình ngẫu nhiên ổn định, vấn đề có thể được giải quyết.

3. PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN DAO ĐỘNG CỬA VAN

Hiện nay có hai phương pháp tính toán dao động cửa van: một là phương pháp thí nghiệm để xác định tham số đặc tính động của dao động cửa van (tham số dao động) như tần số dao động tự do (tần số riêng), dạng dao động chính và lực cản cùng với ứng xử động của hiệu ứng dao động cửa van, từ đó xác định điều kiện cộng hưởng của cửa van, ảnh hưởng của cản đối với hiệu ứng dao động, giảm đến mức tối đa dao động cửa van, cùng với việc đánh giá cường độ, độ cứng và tính ổn định của cửa van thỏa mãn yêu cầu hay không; hai là phương pháp phần tử hữu hạn, dùng kết quả tính toán lý thuyết để hướng dẫn thí nghiệm kiểm tra đo đạc dao động cửa van và hiệu chỉnh kết quả thí nghiệm. Nói cách khác phân tích động cửa van theo phương pháp phần tử hữu hạn xem là kiểm nghiệm đo đạc thực tế cửa van hoặc bổ sung và kiểm chứng thí nghiệm động của mô hình. Phân tích động cửa van theo phương pháp phần tử hữu hạn có thể giải quyết tốt một vài vấn đề trong kiểm nghiệm đo đạc thực tế không thể làm được như bố trí điểm quan trắc trên công trình, điều kiện hạn chế của môi trường, cùng với một vài vấn đề không thể tiến hành quan trắc thực tế.

3.1. Phương pháp phần tử hữu hạn phân tích dao động cửa van

Phân tích động theo phương pháp phần tử hữu hạn cơ bản tuân theo nguyên tắc chung phân tích động như dưới đây:

(1) Phân tích dao động tự do: Tính toán tần số dao động riêng và dạng dao động chính của dao động tự do dưới điều kiện ban đầu của kết cấu cửa van.

(2) Phân tích ứng xử động: Tính toán gia tốc dao động, ứng suất động và chuyển vị động kết cấu cửa van do dao động cường bức dưới tác dụng của tải trọng động.

Ứng dụng phương pháp phần tử hữu hạn không thể tách rời phần mềm và máy tính, cùng với sự phát triển và hoàn thiện lý thuyết phương pháp phần tử hữu hạn, hiện nay đã có nhiều phần mềm phân tích kết cấu được sử dụng, nổi

bật như ANSYS, SAP2000 của Mỹ, dung lượng các chương trình này lớn, công năng mạnh, nhiều vấn đề về công trình đều có thể giải quyết, đồng thời đã được kiểm nghiệm qua thực tiễn công trình.

3.2. Mô hình tính toán động cửa van cung bằng phương pháp phần tử hữu hạn

Hình dạng hình học, điều kiện ràng buộc và tính chất vật liệu của kết cấu cửa van hình cung bằng thép trong thực tế khá phức tạp, nếu hoàn toàn theo trường hợp thực tế của nó để tiến hành phân tích cơ học là rất khó, thường dựa vào đặc điểm hình học, vật lý, ràng buộc, tải trọng, chịu lực... của kết cấu cửa van hình cung để tiến hành giả thiết và đơn giản hóa từ đó thu được một mô hình cơ học có thể dùng lý thuyết để tính toán. Lợi dụng ưu thế của phương pháp phần tử hữu hạn có thể giải bài toán cơ học phức tạp thành việc tương đối dễ dàng.

Kết cấu cửa van thép thông thường được cấu

tạo từ bản mặt, dầm chính, dầm phụ dọc và ngang, bánh xe và vật chắn nước..., nếu là cửa van cung ngoài các thành phần cấu tạo trên dầm chính được gổì lên càng van ở hai đầu, đầu càng van được gắn cố định lên trụ pin thông qua gổì bản lề. Dầm chính và càng van tạo thành khung chính. Giữa hai càng van được nối với nhau thông qua các thanh tạo thành hệ giàn. Tính toán phần tử hữu hạn động cửa van thép có thể lựa chọn phần tử bản, phần tử dầm, phần tử thanh giàn liên kết không gian với nhau tạo thành mô hình phần tử hữu hạn.

4. PHÂN TÍCH DAO ĐỘNG CỬA VAN HÌNH CUNG CHỊU TÁC DỤNG CỦA ÁP LỰC MẠCH ĐỘNG

4.1. Giới thiệu công trình

Một cửa van cung dưới sâu trong công trình thủy điện được làm bằng thép Các bon CT3. Tính năng của vật liệu thép được cho ở bảng 1 dưới đây.

Bảng 1. Các thông số tính năng cơ lý của vật liệu thép

Loại thép	Giới hạn đàn hồi σ_y daN/cm ²	Cường độ giới hạn σ_b daN/cm ²	Tỷ suất giãn dài δ %	Modun đàn hồi E daN/cm ²	Hệ số μ	Khối lượng riêng ρ kg/m ³
CT3	2140	3720	27	$2,1 \times 10^6$	0,3	7800

Cửa van được tạo thành từ các thép bản, thép hình liên kết với nhau bằng hàn, đây là một hệ kết cấu không gian gồm các cấu kiện thành mỏng điển hình; chiều dày thiết kế của bản mặt là 12mm; chiều dày dầm chính ngang, dầm phụ ngang, dầm dọc và dầm biên là 10mm; chiều dày càng van là 14mm. Bản mặt được liên kết với dầm chính, dầm phụ, dầm dọc và dầm biên. Hai phần càng van có dạng mặt cắt ngang chữ I. Mô hình kết cấu cửa van được cho ở hình 1.

Ứng dụng phần mềm ANSYS phân tích tĩnh và phân tích động kết cấu cửa van theo sơ đồ không gian ba chiều để xác định quy luật phân bố ứng suất, đặc trưng biến hình kết cấu cửa van, đồng thời đánh giá tính năng an toàn của kết cấu (Vũ Hoàng Hưng và nnk, 2011).

4.2. Mô hình phần tử hữu hạn

Kết cấu dưới tác dụng của áp lực nước

thượng lưu sẽ phát sinh tổ hợp biến hình uốn, xoắn, cắt, kéo nén, bởi vì đây là một thể tổ hợp kết cấu bản, vỏ, thanh. Trong kết cấu chủ yếu được tạo thành từ phần tử bản vỏ thép.

Tính toán kết cấu cửa van theo nguyên tắc dưới đây:

- Kết cấu cửa van ở trên là kết cấu đối xứng chịu tải trọng đối xứng, nên thiết lập mô hình một nửa kết cấu.

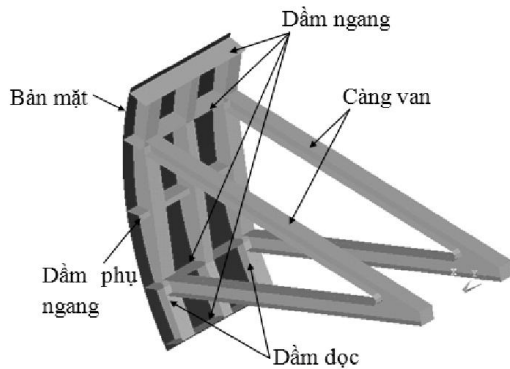
- Chiều dày bản mặt ở phía trên và dưới lấy theo chiều dày bình quân.

Mô hình sử dụng lưới phần tử vỏ 4 nút SHELL63, tổng số điểm nút trong mô hình là 3304, tổng số phần tử là 3122. Hình 2 thể hiện mô hình phần tử hữu hạn kết cấu cửa van hình cung. Trục X trong toạ độ Đề các hướng theo phương dòng chảy, trục Y hướng thẳng đứng, trục Z hướng theo phương dầm chính ngang.

4.3. Trường hợp tính toán

Tính toán với 4 trường hợp:

- Trường hợp 1: Cửa van đóng, MNDBT.
- Trường hợp 2: Cửa van đóng, MNLTK.



Hình 1. Mô hình hình học cửa van cung

4.4. Tải trọng tính toán

Tải trọng tác dụng lên cửa van chủ yếu có trọng lượng bản thân cửa van, áp lực thủy tĩnh, khối lượng nước tăng thêm và áp lực mạch động dòng chảy dưới đáy cửa van.

Tải trọng động tác dụng lên cửa van là áp lực mạch động của khối nước, áp lực nước mạch động được xác định từ thực nghiệm mô hình. Kết quả thực nghiệm thu được phổ giá trị áp lực mạch động khối nước ứng với mực nước thượng lưu là MNDBT với các độ mở khác nhau tại các cao trình khác nhau là khác nhau. Để thuận tiện cho việc tính toán giả thiết phổ áp lực mạch động khối nước của cửa van tại các cao trình là giống nhau. Do không có kết quả đo đạc thực tế, phổ giá trị áp lực mạch động của điểm quan trắc trên bản mặt khi độ mở 0,2m và 0,4m cho ở

- Trường hợp 3: Cửa van mở, MNDBT, độ mở 0,2m.

- Trường hợp 4: Cửa van mở, MNDBT, độ mở 0,4m.



Hình 2. Mô hình PTHH cửa van cung

hình 3 và hình 4 được lấy từ công trình tương tự (Chen Ou Liu và nnk, 2008).

4.5. Kết quả tính toán

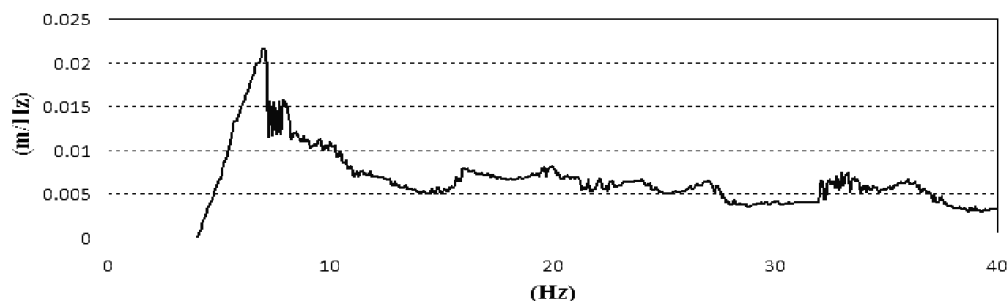
4.5.1 Kết quả phân tích tần

* Trường hợp 1: Mực nước thượng lưu là MNDBT, cửa van ở trạng thái đóng.

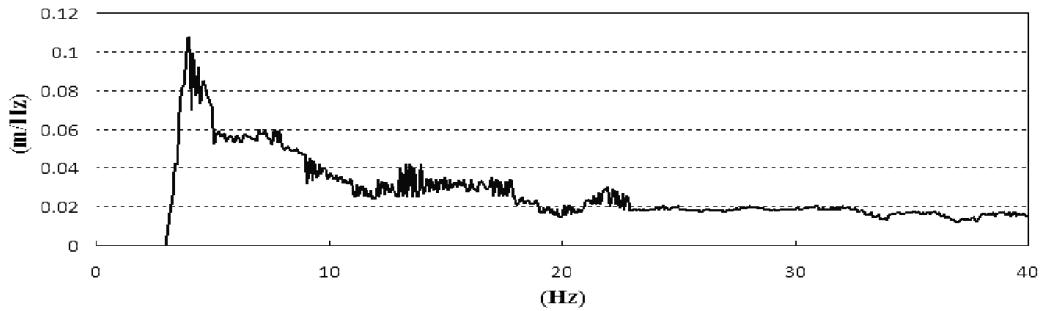
Ứng suất Von Mises lớn nhất $\sigma_{\max} = 1885,87 \text{ daN/cm}^2$, phát sinh nơi tiếp giáp giữa bản mặt và đoạn dưới của dầm dọc, chuyển vị tổng lớn nhất $U_{\max} = 7,392 \text{ mm}$, phát sinh ở ô bản mặt phía dưới cửa van. Ứng suất lớn nhất của các bộ phận kết cấu cửa van được tổng hợp ở bảng 2.

* Trường hợp 2: Mực nước thượng lưu là MNLTK, cửa van ở trạng thái đóng

Tổng hợp kết quả tính toán ứng suất và chuyển vị của các bộ phận ở bảng 2.



Hình 3. Phổ áp lực mạch động ứng với độ mở cửa van 0,2m



Hình 4. Phổ áp lực mạch động ứng với độ mở của van 0,4m

Bảng 2. Tổng hợp kết quả tính toán ứng suất và chuyển vị

TT	Bộ phận	Ứng suất Von Mises SEQV (daN/cm ²)		Chuyển vị tổng USUM (mm)	
		TH1	TH2	TH1	TH2
1	Tổng thể	1885,87	2095,65	7,392	8,121
2	Càng van	1041,92	1143,33	3,648	3,933
3	Hệ dầm	1784,47	1981,8	5,542	6,013
4	Bản mặt	1885,87	2095,65	7,392	8,121

* *Đánh giá kết quả phân tích tĩnh*

- *Đánh giá cường độ*

Căn cứ vào tính toán phân tích phần tử hữu hạn kết cấu cửa van ở phần trước, tiến hành đánh giá theo điều kiện cường độ, kết quả tính toán ở bảng 3, có thể nhận thấy mọi cấu kiện đều thỏa mãn yêu cầu cường độ, kết cấu là an toàn.

- *Đánh giá độ cứng*

Đối với cấu kiện chịu uốn, căn cứ vào kết quả tính toán độ võng tiến hành đánh giá độ cứng. Căn cứ quy định trong Quy phạm thiết kế kết cấu thép, tỷ số giữa độ võng lớn nhất của dầm ngang chính cửa van công tác và chiều dài không được vượt quá 1/600.

Chiều dài càng van là 6,37m, độ võng cho phép 10,6mm, mà độ võng của càng van tính toán là 3,933mm, thỏa mãn yêu cầu.

Chiều dài dầm dọc là 5,2m, độ võng cho phép 8,7mm, độ võng tính toán dầm dọc là 6,013mm, cũng thỏa mãn yêu cầu độ cứng.

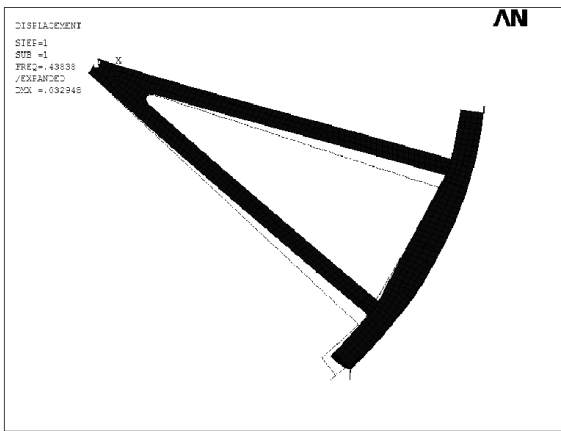
4.5.2 Kết quả phân tích động

* *Tần số dao động của kết cấu*

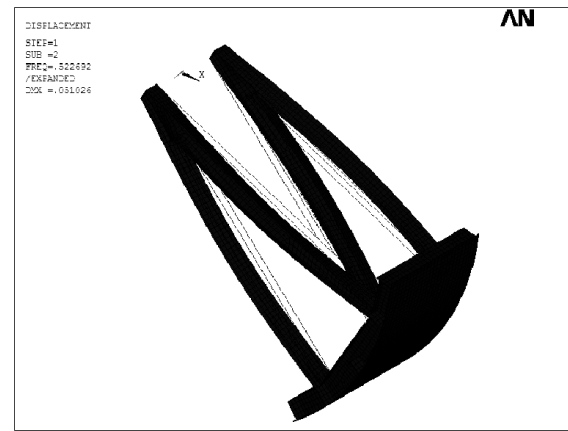
Để phân tích động kết cấu cửa van cần phải tiến hành tính toán tần số dao động của kết cấu ứng với các trường hợp dao động tự do và dao động khi chịu tác dụng của áp lực nước thượng lưu. Kết quả tính toán tần số dao động được cho dưới dạng bảng ứng với 10 bước dao động cho ở bảng 4.

Bảng 3. Đánh giá cường độ các cấu kiện chính

Cấu kiện	Ứng suất lớn nhất MPa	Khả năng của vật liệu MPa		Tiêu chuẩn đánh giá	Kết luận
	σ_{max}	$[\sigma]$	$[\tau]$		
Bản mặt	2095,65	1822	1045	$\sigma_{max} \leq 1,1\alpha[\sigma]$	An toàn
Dầm	1981,8 470,84	1822		$\sigma \leq [\sigma]; \tau \leq [\tau]; \sigma_{max} \leq 1,1[\sigma]$	An toàn
Càng van	1143,33 600,75	1733		$\sigma \leq [\sigma]; \tau \leq [\tau]; \sigma_{max} \leq 1,1[\sigma]$	An toàn



Hình 5. Dạng dao động thứ nhất



Hình 6. Dạng dao động thứ hai

Bảng 4. Tổng hợp tần số dao động ứng với các trường hợp

Bước dao động	Cửa van đóng			Cửa van mở khi MNDBT	
	Không nước	MNLTK	MNDBT	Mở 0,2m	Mở 0,4m
1	0,43838	0,15927	0,16945	0,48419	0,51211
2	0,52269	0,41394	0,44348	0,52119	0,52311
3	0,61586	0,47018	0,50386	0,52477	0,53932
4	0,78331	0,52265	0,52269	0,57838	0,56450
5	0,79652	0,52783	0,56550	0,61584	0,61576
6	1,2943	0,57501	0,61524	0,63781	0,62588
7	1,4105	0,61581	0,61650	0,76731	0,73594
8	1,5836	0,62436	0,66880	0,78329	0,77104
9	1,6384	0,69585	0,74197	0,79648	0,78330
10	2,0548	0,70449	0,75491	0,79979	0,79652

Từ kết quả tính toán ở bảng 4 có thể thấy:

- Do tăng thêm khối lượng nước, tần số dao động tự do của cửa van khi có nước nhỏ hơn khi không có nước.
- Cột nước thượng lưu giảm thấp, tần số dao động tự do của cửa van tăng lên.
- Khi độ mở cửa van tăng lên, tần số dao động tự do của cửa van tăng lên.
- Đặc điểm dao động tự do của cửa van ở bước thứ nhất, xi lanh đóng mở bị giãn, cửa van xoay, không biến hình.

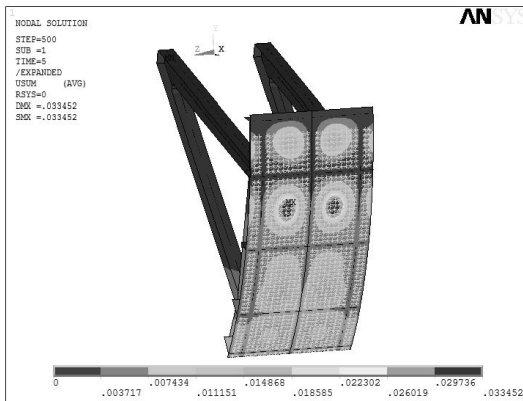
* *Tính toán ứng xử động của van hình cung*

Ứng suất động cửa van = Ứng suất tĩnh cửa van + Ứng suất mạch động

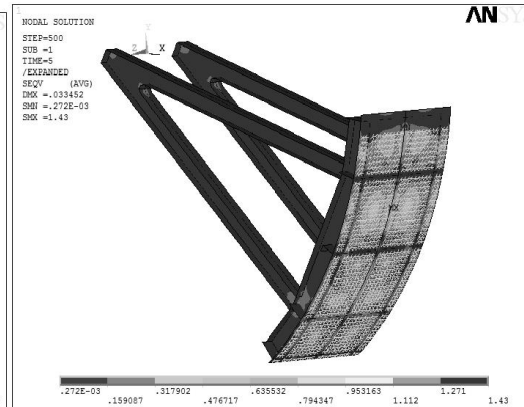
Theo lý thuyết phổ hưởng ứng đã tính toán hưởng ứng động cửa van khi độ mở cửa van 0,2m và 0,4m ứng với mực nước thượng lưu là MNDBT và sử dụng phương pháp tổ hợp dao động SRSS. Kết quả tính toán ứng với các trường hợp được cho ở bảng 5. Hình 7 và hình 8 thể hiện ứng suất mạch động Mises của tổng thể cửa van khi độ mở 0,2m; Hình 9 và hình 10 thể hiện ứng suất mạch động Mises của tổng thể cửa van khi độ mở 0,4m.

Bảng 5. Tổng hợp kết quả tính toán ứng suất và chuyển vị

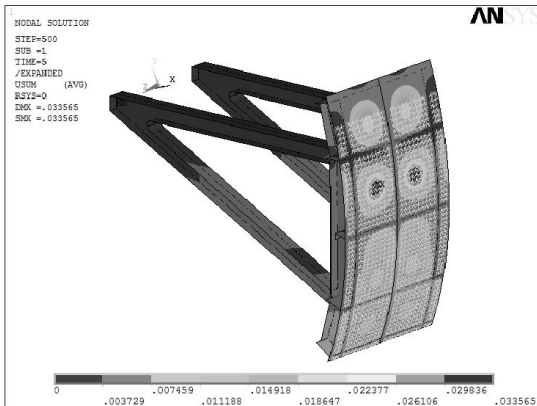
TT	Bộ phận	Ứng suất Von Mises SEQV (daN/cm ²)		Chuyển vị tổng USUM (mm)	
		Độ mở 0,2m	Độ mở 0,4m	Độ mở 0,2m	Độ mở 0,4m
1	Tổng thể	14,3	15,4	0,033452	0,033565
2	Càng van	3,91	3,86	0,005151	0,005936
3	Hệ dầm	5,96	7,44	0,013832	0,014348
4	Bản mặt	14,3	15,4	0,033452	0,033565



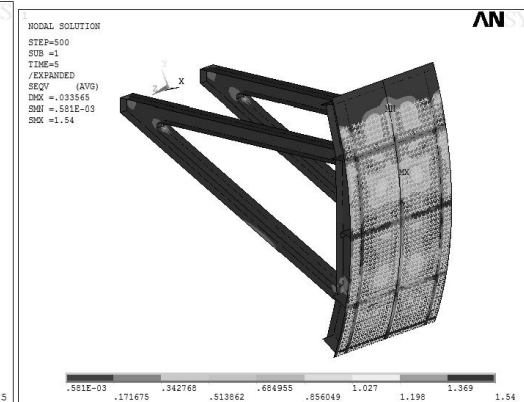
Hình 7. Chuyển vị tổng cửa van mở 0,2m



Hình 8. Ứng suất Mises cửa van mở 0,2m



Hình 9. Chuyển vị tổng cửa van mở 0,4m



Hình 10. Ứng suất Mises cửa van mở 0,4m

Từ bảng 5 và hình 7 đến hình 10 có thể thấy rằng ứng suất mạch động cửa van rất nhỏ, giá trị ứng suất mạch động lớn nhất phát sinh ở trên bản mặt. Ứng suất Von Mises lớn nhất của bản mặt khi cửa van mở 0,2m là 14,3 daN/cm². Ứng suất Von Mises lớn nhất của bản mặt khi cửa van mở 0,4m là 15,4 daN/cm². Ứng suất mạch động bản mặt khi độ mở cửa van 0,2m/Ứng suất tổng = 14,3/(1885,87 + 14,3) = 0,75%; ứng suất mạch động bản mặt khi độ mở cửa van 0,4m/Ứng suất

tổng = 15,4/(1885,87 + 15,4) = 0,81%. Tức là ứng suất mạch động chiếm tỉ lệ rất nhỏ so với ứng suất tổng. Ngoài bản mặt, ứng suất Von Mises của các cấu kiện khác cũng rất nhỏ.

4. KẾT LUẬN

Thông qua kết quả tính toán động kết cấu cửa van cung theo phương pháp phần tử hữu hạn đã cho thấy:

- Do ảnh hưởng khối lượng tăng thêm của khối nước, tần số dao động riêng của cửa van

khi có nước nhỏ hơn khi không có nước; khi cột nước xuống thấp tần số dao động riêng của cửa van tăng lên; khi độ mở cửa van tăng lên, tần số dao động riêng của cửa van cũng tăng lên. Đặc điểm dao động tự do của cửa van ở bước thứ nhất, xi lanh đóng mở bị giãn, cửa van xoay, không biến hình.

- Ứng suất mạch động chiếm tỉ lệ rất nhỏ so với ứng suất tổng. Ngoài bản mặt, ứng suất Von Mises của các cấu kiện khác cũng rất nhỏ vì vậy trong tính toán có thể bỏ qua ứng suất mạch động. Tuy nhiên đối với các cửa van lớn dưới sâu cần phải nghiên cứu xem xét đến yếu tố này để đảm bảo cửa van làm việc được an toàn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Dương Văn Thứ, (2010). *Động Lực học Công trình*. Nxb Khoa học tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội.
- Đỗ Văn Hứa và Vũ Hoàng Hưng, (2014). *Cửa van và thiết bị đóng mở trong công trình thủy lợi thủy điện*. Nxb Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- Vũ Hoàng Hưng và nnk. ANSYS, (2011). *Phân tích kết cấu công trình thủy lợi thủy điện*. Nxb Xây dựng, Hà Nội.
- EM 1110-2-2701, (2000). “*Thiết kế cửa van hình cung trong đập tràn - Kỹ thuật và thiết kế*” (Design of Spillway Tainter Gates - Engineering and Design). (Tiếng Anh)
- EM 1110-2-6051, (2003). “*Phân tích động lịch sử - thời gian kết cấu bê tông thủy công*” (Time-History Dynamic Analysis of Concrete Hydraulic Structures). (Tiếng Anh)
- Chen Ou Liu và nnk, (2008). *Lý thuyết và thực tiễn kiểm tra cửa van thép thủy công*. Nhà xuất bản Đại học Vũ Hán. (Tiếng Trung)

Abstract:

EFFECTS OF WATER FLOW PRESSURE ON FLUCTUATION OF TAINTER GATES

The dynamic pressure of water flow under the gate is one of the reasons causing the fluctuation of tainter gates. This study seeks to employ the Finite Element Method to analyze the fluctuation of tainter gates caused by flow pressure, and thereby to evaluate the effects of the pressure on the dynamic behaviour of gate structures. The results show that water flow pressure has a slight effect on the fluctuation of the small gates, and it could be ignored in designing calculation. In the case of larger-span and deep gates, however, the impacts of flow pressure should be taken into account in design to improve the safety factor of the gate in operation.

Keywords: water flow pressure, tainter gate, fluctuation, finite element method

BBT nhận bài: 27/02/2017

Phản biện xong: 14/3/2017