

NGHIÊN CỨU TÍNH TOÁN ĐỘ BỀN MỖI KẾT CẤU THÉP CỬA VAN PHẪNG KÉO ĐỨNG NHỊP LỚN

Trần Xuân Hải¹, Vũ Hoàng Hưng²

Tóm tắt: Cửa van phẳng kéo đứng nhịp lớn được tổ hợp từ thép liên kết hàn trong xưởng và ngoài hiện trường. Khi trong các mối hàn tồn tại các khuyết tật là vị trí tập trung ứng suất thì khả năng có phá hoại mỏi ở đường hàn là cao mà không cần tích lũy số chu trình ứng suất lớn. Do đó việc xem xét tính toán độ bền mỏi cho cửa van phẳng kéo đứng nhịp lớn làm việc hai chiều là cần thiết. Bài báo thông qua tính toán độ bền mỏi cho đại diện một vị trí nguy hiểm của cửa van để làm cơ sở xem xét đánh giá sự an toàn của cửa van có xét đến phá hoại mỏi.

Từ khóa: Cửa van phẳng kéo đứng nhịp lớn, Độ bền mỏi, Khuyết tật đường hàn.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

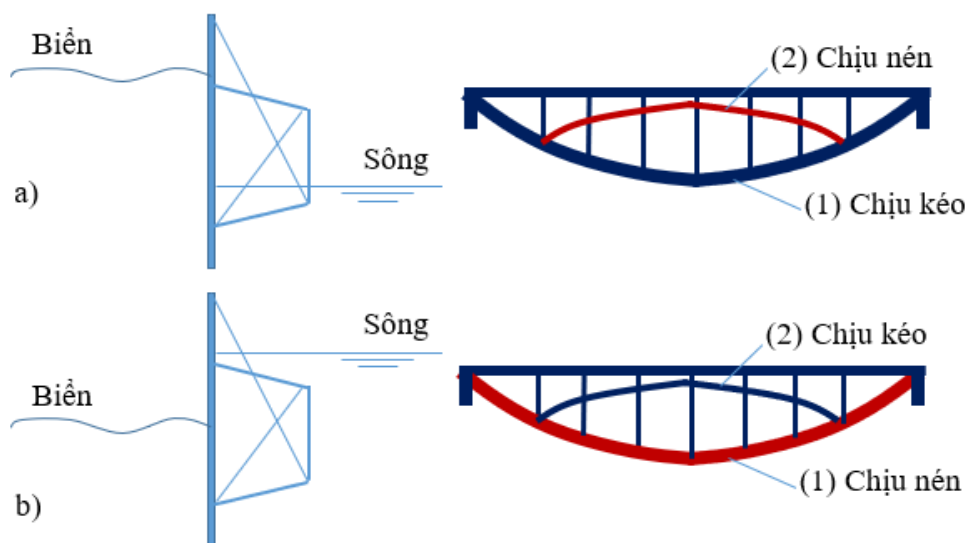
Mỏi là cả một quá trình suy thoái dần khả năng làm việc của vật liệu và cấu kiện kết cấu. Quá trình phá hoại mỏi xảy ra khi cấu kiện kết cấu chịu ứng suất thay đổi bắt đầu từ những vết nứt rất nhỏ (vết nứt vi mô) sinh ra từ vùng cực bộ kết cấu chịu ứng suất tương đối lớn. Khi số chu trình làm việc của cấu kiện kết cấu tăng lên thì các vết nứt này cũng mở rộng dần, cấu kiện kết cấu ngày càng bị yếu và cuối cùng xảy ra đứt gãy dẫn đến phá hoại tổng thể kết cấu. Nhân tố ảnh hưởng đến phá hoại mỏi chủ yếu có số chu trình tải trọng; phạm vi ứng suất của mỗi một chu trình tải trọng; ứng suất trung bình của mỗi một chu trình tải trọng và hiện tượng tập trung ứng suất.

Trong tiêu chuẩn kỹ thuật thiết kế cửa van không nêu yêu cầu về phân tích và tính toán độ bền mỏi. Có thể với thực tiễn đã được tổng kết cho đến nay, với việc sử dụng các hệ số an toàn khi kiểm toán và thi công đảm bảo chất lượng thì hiện tượng phá hoại mỏi không xảy ra nếu số lượng chu trình thay đổi ứng suất là không

lớn. Tuy nhiên ứng suất trong kết cấu thép cửa van khi vận hành phụ thuộc chủ yếu vào áp lực nước tác dụng lên cửa van. Khi cửa van vận hành trong điều kiện làm việc hai chiều, áp lực nước thay đổi liên tục về độ lớn và chiều dẫn tới ứng suất trong các bộ phận cửa van cũng thay đổi đặc biệt tại các vị trí liên kết hàn giữa các thanh giàn (Hình 1). Vì vậy với chu trình thay đổi ứng suất không lớn cửa van vẫn có thể bị phá hoại mỏi nếu đường hàn tại hiện trường tồn tại các khuyết tật. Do đó đối với kết cấu cửa van làm việc hai chiều vùng cửa sông thì độ bền của cửa van có thể bị suy giảm bởi mỏi. Hơn nữa, cho đến nay chưa có công trình nào nghiên cứu về vấn đề này cho cửa van. Về mặt lý thuyết, đối với cửa van nhịp lớn làm việc trong điều kiện mực nước thượng, hạ lưu thay đổi liên tục thì việc tính toán mỏi là một yếu tố cần được quan tâm tính toán. Bài báo dựa trên kết cấu cửa van phẳng kéo đứng nhịp lớn làm việc hai chiều, tiến hành phân tích tính toán tìm ra sơ bộ vị trí nguy hiểm của các nút giàn và nghiên cứu tính toán độ mỏi cho một đại diện vị trí nút giàn để làm cơ sở cho việc tính toán độ bền mỏi toàn bộ cửa van.

¹ Nghiên cứu sinh Trường Đại học Thủy lợi

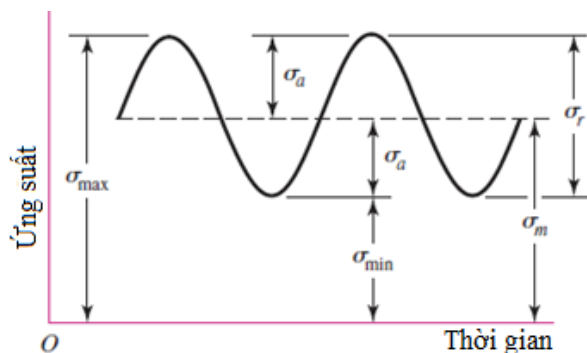
² Khoa Công trình, Trường Đại học Thủy lợi



Hình 1. Sự thay đổi ứng suất của giàn chính từ kéo – nén và nén - kéo

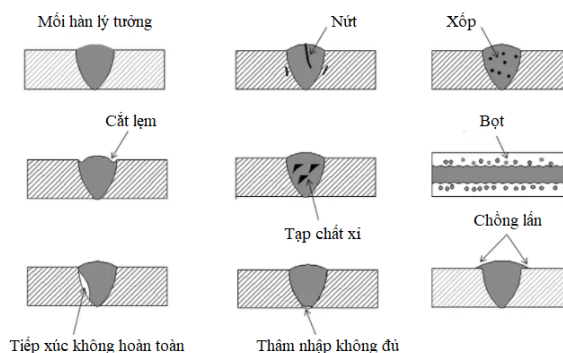
2. PHÁ HOẠI MÔI KẾT CẤU THÉP CỬA VAN

Đối với kết cấu thép mà đặc biệt là liên kết hàn kết cấu thép, ngoài việc xem xét độ bền dưới tác dụng của tĩnh tải cần xem xét về độ bền mỏi khi tải trọng gây ra ứng suất biến đổi lặp đi lặp lại theo thời gian. Các yếu tố cần xem xét khi tính toán độ bền mỏi là các đặc tính của chu trình ứng suất như ứng suất cực đại σ_{\max} , ứng suất cực tiểu σ_{\min} , ứng suất trung bình σ_m , biên độ ứng suất σ_a , hệ số bất đối xứng của chu trình và số lượng chu trình ứng suất tác động lên kết cấu. Hình 2 thể hiện các đặc trưng của chu trình ứng suất (Đ.V.Hứa, 2012, 2014).



Hình 2. Các đặc trưng của chu trình ứng suất

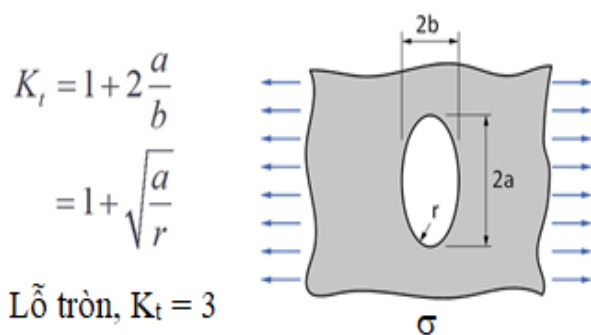
Đối với đường hàn chịu ứng suất tĩnh cao (ứng suất tĩnh bằng ứng suất trung bình của chu trình ứng suất) cộng với các khuyết tật đường hàn thì khả năng có phá hoại mỏi ở đường hàn là cao mà không cần tích lũy số chu trình ứng suất lớn. Các khuyết tật đường hàn rất đa dạng, việc kiểm tra đường hàn là để xử lý lại đường hàn hoặc loại bỏ sản phẩm lỗi. Một số dạng khuyết tật hàn có thể trực tiếp làm phát sinh và phát triển vết nứt mỏi khi đường hàn đó chịu ứng suất biến đổi theo thời gian (Hình 3).



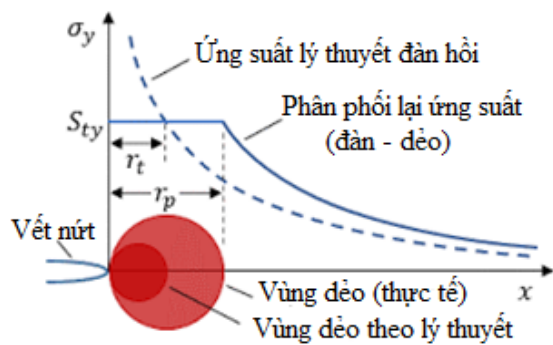
Hình 3. Một số dạng khuyết tật đường hàn

Sự phá hoại mỏi bắt đầu từ các chỗ có khuyết tật hàn gây tập trung ứng suất. Tùy vào

hình dạng và loại khuyết tật, ứng suất tập trung thường lớn hơn nhiều lần ứng suất ở khu vực không có sự tập trung ứng suất (Hình 4). Khi kết cấu chịu tải trọng tĩnh vùng có ứng suất tập trung lớn hơn giới hạn chảy của vật liệu sẽ bị chảy dẻo và ứng suất trong khu vực đó được phân phối lại. Nếu hiện tượng chảy dẻo chỉ xảy ra cục bộ một phần trên mặt cắt thì kết cấu vẫn chịu được lực mà không bị phá hoại (Hình). Tuy nhiên, dưới tác dụng của ứng suất biến đổi vùng chảy dẻo sẽ phát sinh vết nứt hoặc đầu vết nứt tiếp tục phát triển sau mỗi chu kỳ ứng suất. Khi vết nứt phát triển đủ lớn thì mặt cắt sẽ bị phá hoại đột ngột (Eerik Pecker, 1997).



Hình 4. Hệ số tập trung ứng suất



Hình 5. Vùng phá hoại dẻo tại vị trí có tập trung ứng suất

3. TÍNH TOÁN ĐỘ BỀN MỖI CỦA VAN PHẪNG KÉO ĐỨNG NHỊP LỚN

3.1. Đặc tính mỏi của vật liệu chế tạo cửa van

Tiến hành khảo sát mỏi của cửa van phẳng kéo đứng có kích thước 40×9 m được làm từ tổ hợp thép liên kết hàn. Trong quá trình khảo sát coi mỗi hàn là lý tưởng để loại trừ yếu tố mỏi do tác động của khuyết tật đường hàn mà chỉ tập trung kiểm tra mỏi do tải trọng gây ra, không xét đến ứng suất dư và trường ứng suất nhiệt khi hàn, đường hàn và các cấu kiện thép ở trạng thái nhiệt độ bình thường 30°C . Giả thiết thuộc tính vật liệu thép và vật liệu hàn ở nhiệt độ 30°C cho ở Bảng 1. Bảng tham số đường cong phá hoại S-N của vật liệu cho ở Bảng 2 (LUO, 2007; ZHU, 2008).

Bảng 1. Bảng tham số vật liệu

Vật liệu	Mô đun đàn hồi /Pa	Cường độ giới hạn /Pa	Mô đun biến dạng cắt /Pa	Khối lượng riêng kg/m^3	Hệ số Poisson	Hệ số truyền nhiệt $\text{w/m}^\circ\text{C}$	Hệ số dẫn dài $1/^\circ\text{C}$	Tỷ lệ nhiệt dung $\text{J/kg}^\circ\text{C}$
Thép	$2,06 \times 10^{11}$	$1,4 \times 10^9$	$2,06 \times 10^{10}$	7800	0,3	16,3	$1,06 \times 10^{-5}$	502
Hàn	$1,02 \times 10^{11}$	$0,8 \times 10^9$	$1,02 \times 10^{10}$	4850	0,3	7,44	$9,36 \times 10^{-6}$	544

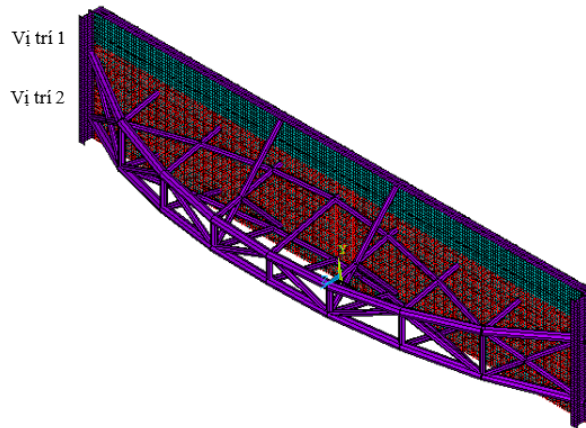
Bảng 2. Bảng tham số đường cong phá hoại S-N của vật liệu

N	1×10^2	2×10^2	5×10^2	1×10^3	$1,5 \times 10^3$	2×10^3
S/MPa	150	120	110	100	95	90
N	1×10^4	1×10^5	1×10^6	2×10^6	3×10^6	5×10^6
S/MPa	85	80	75	70	65	60
N	6×10^6	7×10^6	8×10^6	9×10^6	1×10^7	$1,2 \times 10^7$
S/MPa	55	50	45	40	35	30

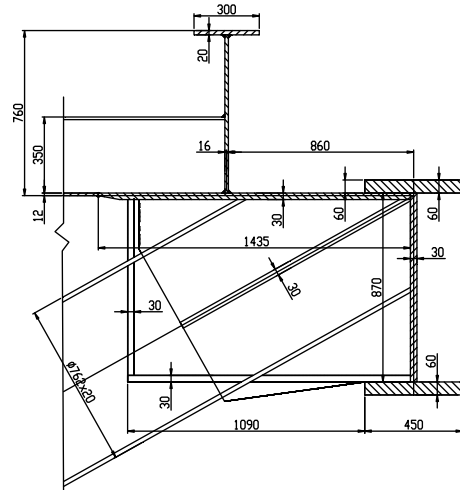
3.2. Mô hình tính toán

Tính toán được thực hiện trên mô hình 3D cho ở Hình 6a để xác định giá trị lực dọc trong thanh giàn tại các vị trí xem xét đến sự phá hoại mỏi. Do vị trí chân giàn dưới có nội lực lớn hơn vị trí chân giàn trên, nên trong tính toán mỏi chỉ xem xét cho

vị trí chân giàn dưới (vị trí 2). Cấu tạo và kích thước nút chân giàn được cho ở Hình 6b. Tiến hành xây dựng mô hình nút giao giữa thanh cánh hạ giàn chính dưới, dầm biên, dầm đứng và dầm phụ dọc. Hình 7 thể hiện mô hình tính toán và điều kiện biên của nút giàn vị trí 2.

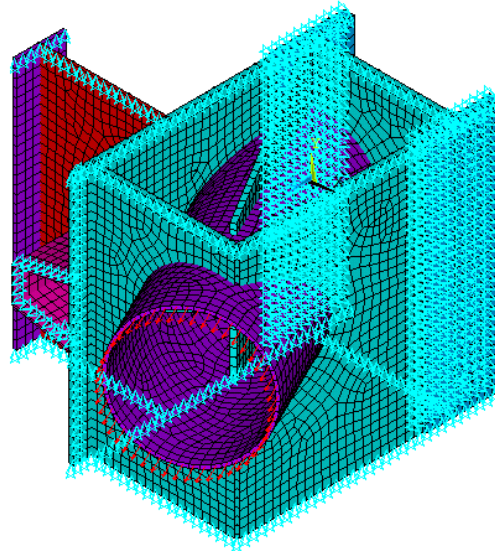
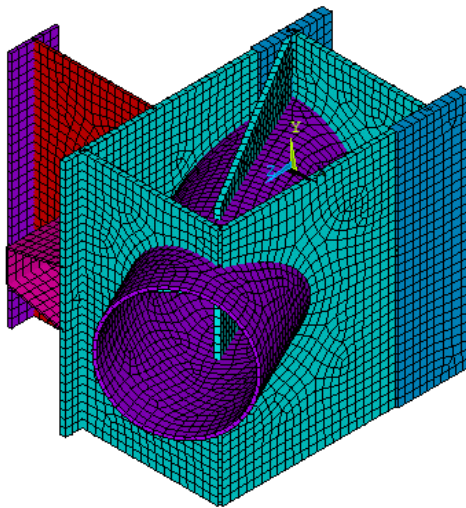


Hình 6a



Hình 6b

Hình 6. Vị trí xem xét đến sự phá hoại môi và cấu tạo chi tiết chân giò

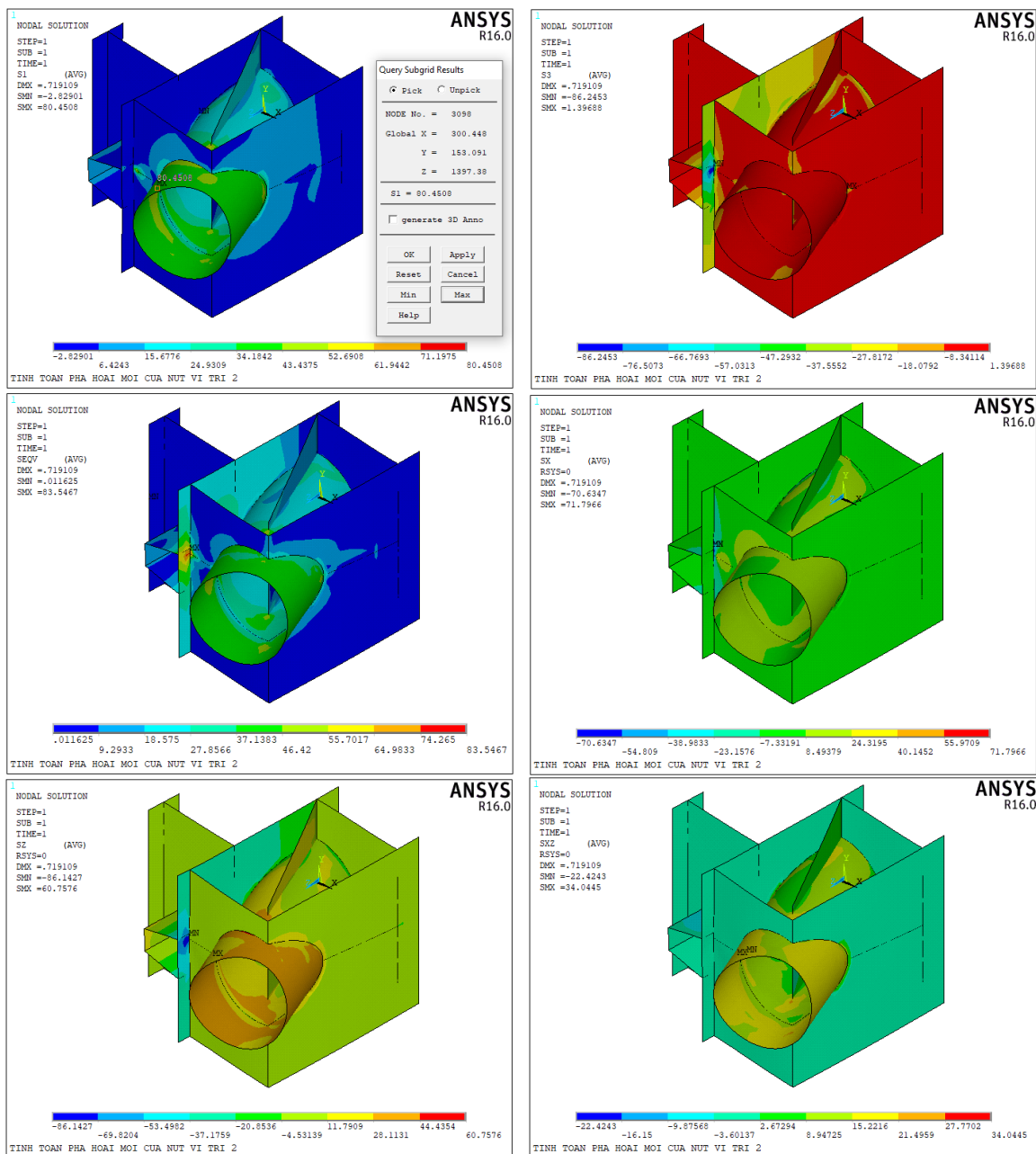


Hình 7. Mô hình tính toán và điều kiện biên của nút giàn vị trí 2

3.3. Kết quả tính toán

Tính toán mỗi được thực hiện khi thanh cánh hạ giàn chính chịu lực dọc trong tổ hợp cơ bản N = 1938 kN với chu trình lặp lại 1×10^5 lần. Lực dọc trong thanh cánh hạ giàn chính ứng với tổ hợp đặc biệt N = 2786 kN với chu trình lặp lại $\times 10^2$ lần. Kết quả tính toán phổ ứng suất tại nút giàn vị trí 2

theo các phương được cho ở Hình. Kết quả tính toán ứng suất mỗi tại vị trí nút 3098 được cho ở Bảng 3. Theo kết quả tính toán mỗi từ phần mềm ANSYS được hệ số sử dụng mỗi tích lũy bằng 0,01119. Hay với chu trình giả thiết, nút liên kết giàn không bị phá hoại mỗi. Nút bị phá hoại khi số chu trình đạt $8,956 \times 10^6$ lần.



Hình 8. Kết quả tính toán phổ ứng suất theo các phương tại nút giàn vị trí 2

Bảng 3. Kết quả tính toán ứng suất mỗi tại vị trí nút 3098

SX(kN/m ²)	SY(kN/m ²)	SZ(kN/m ²)	SXY(kN/m ²)	SYZ(kN/m ²)	SXZ(kN/m ²)
19096	5097	60758	3256	5961	34045

4. KẾT LUẬN

Trong tính toán kết cấu cửa van làm việc hai chiều cho vùng cửa sông, áp lực nước thay đổi liên tục về độ lớn và chiều dẫn tới ứng suất trong các bộ phận cửa van cũng thay đổi đặc biệt tại các vị trí liên kết hàn giữa các thanh giàn. Khi chu trình thay đổi ứng suất không lớn của van vẫn có

thể bị phá hoại mỗi nếu đường hàn tại hiện trường tồn tại các khuyết tật. Việc tính toán độ bền mỏi cho cửa van thép phẳng kéo đứng nhịp lớn là một yếu tố cần được quan tâm nghiên cứu tính toán. Thông qua kết quả tính toán độ bền mỏi đại diện tại một nút liên kết chân giàn chính với dầm biên của cửa van phẳng nhịp lớn cho thấy không bị phá

hoại mỗi khi chu trình lặp lại của tải trọng $1,001 \times 10^5$ lần. Vị trí chân giàn dưới có thể coi là vị trí nguy hiểm nhất của cửa van. Tuy nhiên để khẳng định sự an toàn của cửa van có xét đến phá

hoại môi, cần thiết phải xem xét đầy đủ cho tất cả các nút giàn và xem xét tính toán mỏi cho nút giàn có kể đến chất lượng đường hàn bị khuyết tật, kém chất lượng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Đỗ Văn Hứa, Khúc Hồng Vân (2012), “*Tính toán kết cấu cửa van theo độ bền mỏi và một số giải pháp tăng khả năng chịu mỏi*,” Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường, 39, tr. 87-93.
- Đỗ Văn Hứa, Vũ Hoàng Hưng (2014), *Cửa van và thiết bị đóng mở*, Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật.
- Trần Xuân Hải, Vũ Hoàng Hưng. “*Nghiên cứu tối ưu kết cấu hệ giàn ống thép cửa van phẳng kéo đứng làm việc hai chiều*,” Tạp chí KHKT Thủy lợi & Môi trường, số 70, pp. 103-110, tháng 9 năm 2020.
- Viện Thủy điện và Năng lượng tái tạo (2021), *Báo cáo nguyên nhân hư hỏng ống AL và giải pháp xử lý – Nhà máy thủy điện A Lưới*.
- Boris Fuštar, Ivan Lukačević and Darko Dujmović (2018), *Review of Fatigue Assessment Methods for Welded Steel Structures*, Advances in Civil Engineering.
- Eerik Peekar (1997), *Extended Numerical Modeling of Fatigue Behavior*, Chapter 2 - Background fatigue theory, EPFL Thesis 1617.
- LUO Yao-zhi, ZHU Shi-zhe, CHEN Xi (2007), “*Cyclic behavior test of a new double-arch steel gate*”, Journal of Zhejiang University SCIENCE A, vol. 8, pp. 1731-1739.
- ShiZhe Zhu, Xi Cheng (2008), “*Test and analyses of a new double-arch steel gate under cyclic loading*”, Journal of Constructional Steel Research, vol. 64, p. 454–464.

Abstract:

ANALYSIS ON FATIGUE FAILURE OF LARGE SPAN VERTICAL LIFT GATE

The large span vertical lift gate is completed base on welds which conect each steel structural member in both the factory and the fieldwork. If the welds contain some defects under the stress concentration, fatigue failure in the welding line is possibility happened without a large number of pressure cycle. Therefore, anlysis on fatigue failure of large span vertical lift gate working in two direction is nessesary. This paper has indicated one of a dangerous join of gate by FEM modal to consider the fatigue failure. In addition, research has pointed these certain types of weld defects can directly develop fatigue cracking.

Keywords: Large span vertical lift gate, Fatigue failure, Welding defects.

Ngày nhận bài: 25/02/2022

Ngày chấp nhận đăng: 16/3/2022