

PHƯƠNG PHÁP THỰC NGHIỆM XÁC ĐỊNH HỆ SỐ MA SÁT CỐI QUAY CỦA VAN CUNG CÔNG TRÌNH HỒ CHỨA NƯỚC CỬA ĐẠT

Nguyễn Công Thắng¹, Nguyễn Thái Hoàng¹, Nguyễn Cảnh Thái¹

Tóm tắt: Trong quá trình vận hành, hệ số ma sát tại cối quay cửa van cung tăng lên do nhiều nguyên nhân khác nhau. Sự gia tăng hệ số ma sát này đã gây ra nhiều sự cố nghiêm trọng được ghi nhận trên thế giới cũng như tại Việt Nam. Hiện nay ở nước ta phương pháp đo đạc xác định hệ số ma sát tại cối quay chưa được nghiên cứu và đề xuất. Từ kết quả nghiên cứu trạng thái ứng suất - biến dạng trên mô hình số của phần cối động cụm cối quay cửa van cung công trình Cửa Đạt, nhóm nghiên cứu đã đề xuất phương pháp xác định hệ số ma sát tại hiện trường.

Phương pháp đề xuất được áp dụng tại hiện trường để xác định hệ số ma sát tại cụm cối quay cửa van số 4 công trình Hồ chứa nước Cửa Đạt.

Từ khóa: cối quay cửa van cung, mô hình số, hệ số ma sát, trạng thái ứng suất – biến dạng.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cửa van là một bộ phận kết cấu quan trọng liên quan đến độ an toàn và hiệu quả của công trình. Trong công trình ngăn sông lớn với mức độ yêu cầu cao, hệ thống cửa van trong quá trình khai thác, vận hành phải đáp ứng rất nhiều nhiệm vụ: giữ nước, thoát lũ, đảm bảo điều kiện giao thông thủy qua công trình...

Cửa van cung là loại cửa van có mặt cắt ngang dạng hình cung tròn, tâm cung thường trùng với tâm quay của cửa van, phần chắn nước là tổ hợp bản mặt lắp ghép, thông qua kết cấu giàn càn truyền lực lên trụ pin thông qua cối quay. Cửa van cung có khả năng chịu lực lớn, lúc nâng hạ cửa van có lợi về lực vì cửa van đóng mở quay quanh cối bản lề nên một phần trọng lượng cửa van được truyền lên trụ pin thông qua cối quay, ngoài ra nhờ bản mặt hình cung nên có thể lợi dụng sức nước để giảm lực nâng cửa van.

Thực tế vận hành các cửa van trên thế giới cũng như ở nước ta cho thấy rất nhiều hư hại của đập có liên quan đến sự cố cửa van.

Ngày 02/7/1967, một trong bốn cửa van cung với chiều cao 12m, chiều rộng 9m, nặng 32 tấn tại đập Wachi, Nhật Bản bị cuốn trôi xuống phía hạ lưu 136m. Nguyên nhân sự cố được xác định là sự

mất ổn định động do biến thiên của lực ma sát tại cối quay trong quá trình vận hành cửa van (Ishii N, et al 1999).

Ngày 17/7/1995 một sự cố nghiêm trọng xảy ra tại đập Folsom (California, Mỹ) khi cửa van cung số 3 không thể vận hành dẫn đến dòng nước với lưu lượng 1135m³/s tràn xuống hạ lưu trong thời gian hơn 7h. Sự cố trên tuy không gây ra thiệt hại nghiêm trọng nhưng 40% lượng nước dự trữ trong hồ chứa dung tích 18 dặm vuông đã bị mất. Nguyên nhân sau đó được tìm ra là do lực ma sát tại cối quay đã bị bỏ qua khi thiết kế cửa van vào giữa thập niên 50, theo thời gian do hiện tượng ăn mòn trên bề mặt trụ quay, do các tác động từ môi trường và do không được bảo trì thường xuyên nên lực ma sát này lớn dần lên đến mức gây ra phá hủy tại càn van. Sau sự cố này đã có một chương trình kiểm tra toàn diện các cửa van cung trên phạm vi toàn nước Mỹ (Todd R, 1999).

Tháng 2 năm 2008, ghi nhận một sự cố liên quan đến ma sát cối quay cửa van cung tại đập Lenthalls ở Queensland. Do lực ma sát lớn, cửa van không thể vận hành dẫn đến nước tràn qua đỉnh với cao trình lớn hơn mực nước lũ thiết kế là 1,27m (Henning Fosker, et al 2002).

Tại Na Uy cũng ghi nhận ít nhất 5 sự cố cửa van cung có liên quan đến ma sát tại cối quay (Henning Fosker, et al 2002). Các nghiên cứu

¹ Trường Đại học Thủy lợi

sau đó chỉ ra nguyên nhân là do sự thiếu hụt cũng như giảm chất lượng theo thời gian của chất bôi trơn dẫn đến sự gia tăng lực ma sát tại cối quay. Mô men uốn tại càng van do mô men cản tại gối bản lề khi kéo cửa van là nguyên nhân gây ra phá hủy càng van.

Các cửa van cung trên các công trình lớn hiện nay ở nước ta đa phần được xây dựng tương đối lâu, vấn đề duy tu bảo dưỡng còn chưa được chú trọng nhiều. Liên quan trực tiếp đến ảnh hưởng của lực ma sát tại cối quay có thể kể đến sự cố bu lông hãm trục cối quay cửa van tràn xả lũ hồ chứa nước Cửa Đạt bị đứt. Các đánh giá ban đầu về nguyên nhân đứt bu lông hãm trục cối quay cửa van xả lũ hồ chứa nước Cửa Đạt đã xác định nguyên nhân là do mô men của lực ma sát tại cối quay lớn hơn mô men giữ trục (theo Báo cáo Bộ của Hội đồng kỹ thuật đánh giá nguyên nhân đứt bu lông hãm trục cối quay cửa van tràn xả lũ công trình đầu mối hồ chứa nước Cửa Đạt ngày 13/10/2016).

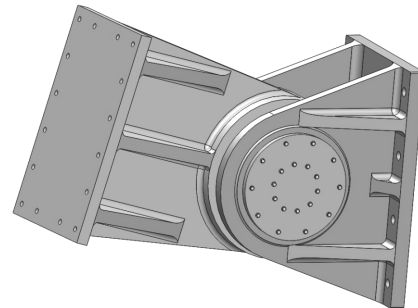
Trong nghiên cứu của mình (Henning Fosker, et al 2002), Henning Fosker và cộng sự đã chỉ ra các nguyên nhân gây ra sự gia tăng lực ma sát tại cối quay cửa van cung và đề xuất cách xác định lực ma sát này bằng cách đo biến dạng tại càng van trong quá trình vận hành cửa van. Phương pháp này tuy chỉ áp dụng cho một trường hợp cụ thể nhưng đã mở ra một hướng mới trong việc xác định ma sát tại cụm cối quay cửa van cung. Nghiên cứu trên cho thấy việc xác định lực ma sát tại cối quay bằng cách đo trạng thái ứng suất - biến dạng có tính khả thi cao và có thể tiếp tục nghiên cứu để hoàn thiện phương pháp này nhằm áp dụng cho các trường hợp khác.

Hiện nay ở nước ta, phương pháp đo hệ số ma sát của cối quay tại hiện trường vẫn chưa được nghiên cứu và đề xuất. Trong khuôn khổ bài báo này, nhóm tác giả sẽ trình bày kết quả nghiên cứu trạng thái ứng suất - biến dạng phần cối động của cụm cối quay bằng mô hình số, từ đó đưa ra phương pháp xác định hệ số ma sát tại hiện trường. Kết quả nghiên cứu trên mô hình số được áp dụng để xác định hệ số ma sát tại cụm cối quay cửa van số 4 công trình Hồ chứa nước Cửa Đạt.

2. PHƯƠNG PHÁP VÀ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

2.1. Nghiên cứu ảnh hưởng của ma sát đến trạng thái ứng suất biến dạng phần cối động trên mô hình số và đề xuất phương pháp xác định hệ số ma sát tại hiện trường

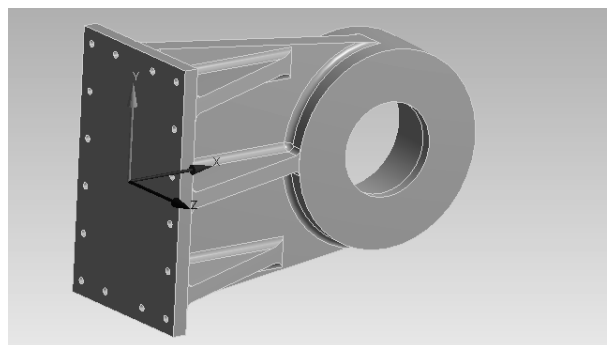
Mô hình cụm cối quay cửa van cung công trình Hồ chứa nước Cửa Đạt được thể hiện ở hình 2.1:



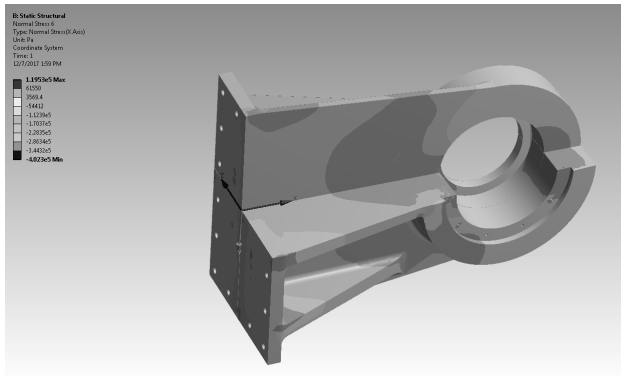
Hình 2.1. Mô hình cụm cối quay cửa van cung công trình Cửa Đạt

Trong quá trình vận hành, phần cối động chịu tác dụng của lực phân bố truyền từ càng van và mô men uốn do lực ma sát gây ra. Giá trị của thành phần mô men uốn phụ thuộc vào độ lớn của lực dọc trục và hệ số ma sát tại cối quay. Tính toán được thực hiện tại thời điểm cửa van bắt đầu chuyển động, lúc này lực ma sát đạt giá trị lớn nhất. Bài toán ứng suất - biến dạng không gian của phần cối động được giải bằng phương pháp phần tử hữu hạn (PTHH) thông qua phần mềm ANSYS.

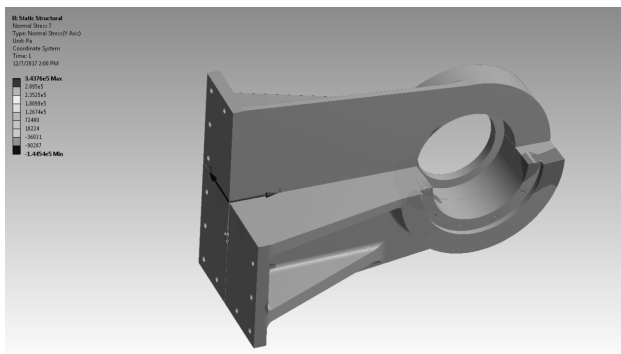
Ảnh hưởng của hệ số ma sát đến trạng thái ứng suất biến dạng của cối động được thể hiện qua 5 trường hợp tính toán với 5 giá trị hệ số ma sát k lần lượt bằng: 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5. Với hệ trục tọa độ $oxyz$ có trục x trùng với trục của phần cối động như trên hình 2.3, kết quả phân bố ứng suất pháp theo 3 phương của hệ trục tọa độ với trường hợp hệ số ma sát bằng 0,1 được thể hiện ở hình 2.3, 2.4 và 2.5:



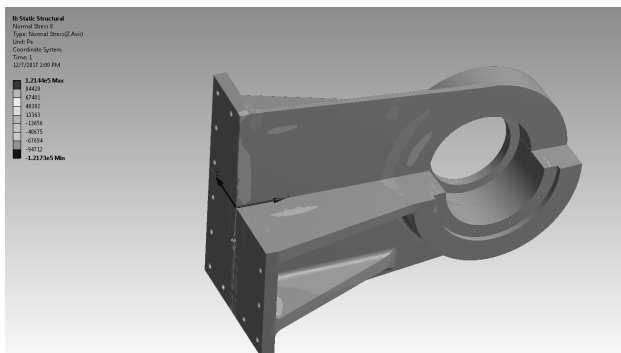
Hình 2.2. Hệ trục tọa độ oxyz



Hình 2.3. Biểu đồ phân bố ứng suất pháp σ_x , Pa



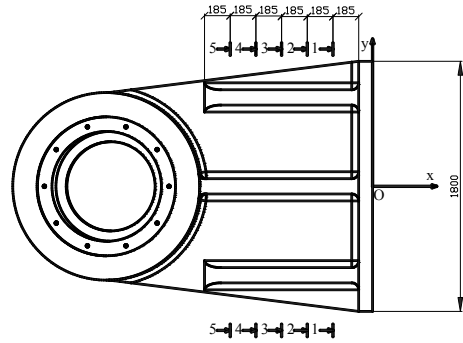
Hình 2.4. Biểu đồ phân bố ứng suất pháp σ_y , Pa



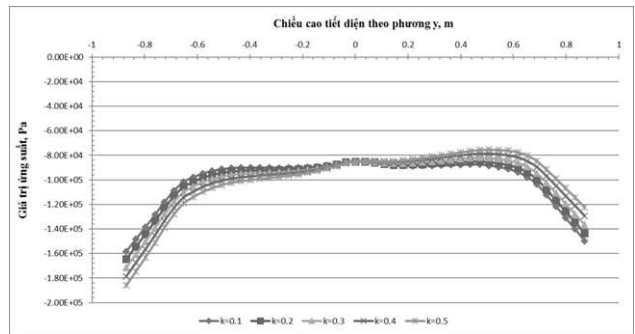
Hình 2.5. Biểu đồ phân bố ứng suất pháp σ_z , Pa

Phân bố các thành phần ứng suất pháp theo 3 phương cho thấy các thành phần ứng suất σ_y , σ_z thay đổi rất ít, tập trung tại các vị trí có sự biến thiên lớn về kích thước. Tại nhiều vị trí, các giá trị này gần bằng không.

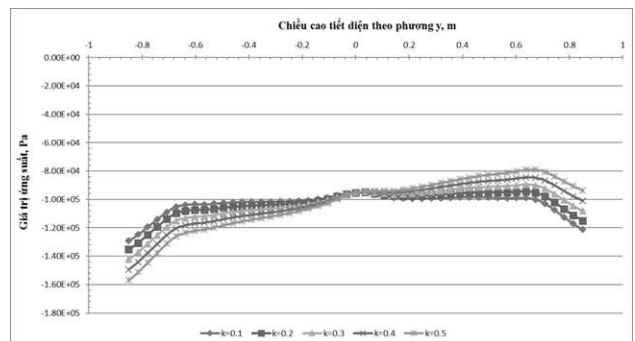
Tiến hành nghiên cứu sự phân bố thành phần ứng suất pháp σ_x tại 5 mặt cắt, vị trí các mặt cắt được thể hiện trên hình 2.6:



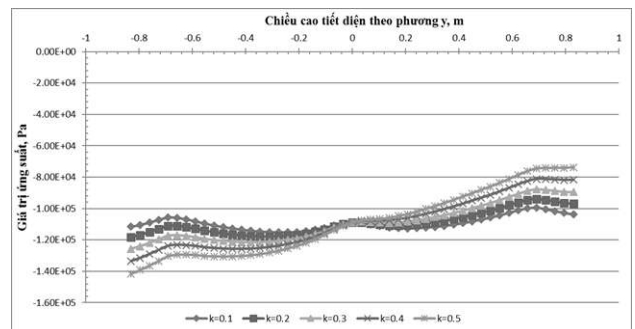
Hình 2.6. Vị trí các mặt cắt nghiên cứu



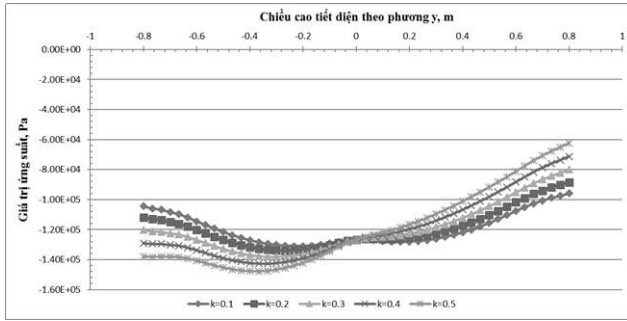
Hình 2.7. Biểu đồ phân bố của thành phần ứng suất pháp σ_x (Pa) tại mặt cắt 1-1 với 5 trường hợp hệ số ma sát



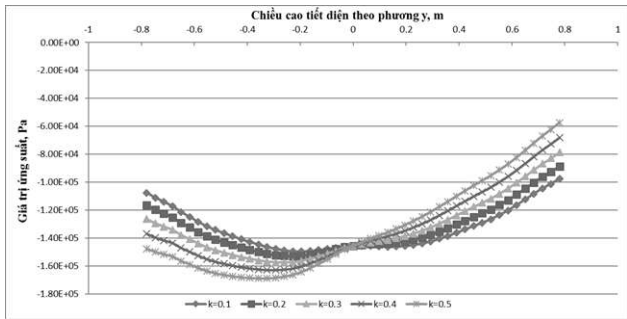
Hình 2.8. Biểu đồ phân bố của thành phần ứng suất pháp σ_x (Pa) tại mặt cắt 2-2 với 5 trường hợp hệ số ma sát.



Hình 2.9. Biểu đồ phân bố của thành phần ứng suất pháp σ_x (Pa) tại mặt cắt 3-3 với 5 trường hợp hệ số ma sát.



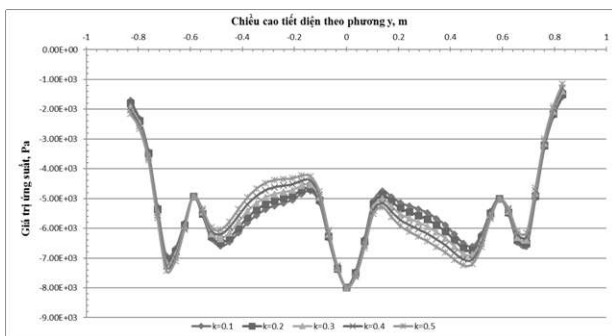
Hình 2.10. Biểu đồ phân bố của thành phần ứng suất pháp σ_x (Pa) tại mặt cắt 4-4 với 5 trường hợp hệ số ma sát



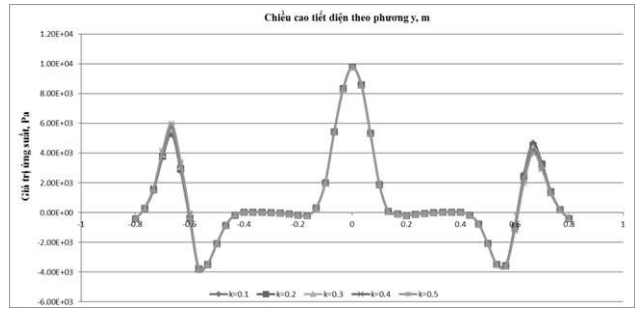
Hình 2.11. Biểu đồ phân bố của thành phần ứng suất pháp σ_x (Pa) tại mặt cắt 5-5 với 5 trường hợp hệ số ma sát

Kết quả tính toán cho thấy, các điểm ở khu vực giữa các gân trên mặt cắt 3-3 có thành phần ứng suất pháp σ_x phân bố gần theo quy luật bậc nhất. Như vậy tại mặt cắt 3-3 chỉ cần xác định ứng suất theo phương x tại 2 điểm bất kỳ chúng ta có thể xác định gần đúng phân bố ứng suất pháp σ_x tại mặt cắt này.

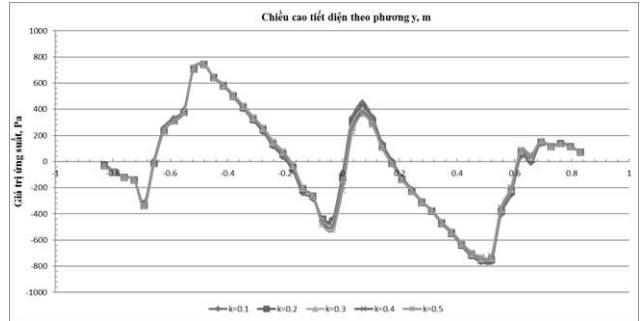
Biểu đồ phân bố các thành phần ứng suất khác tại các mặt cắt 3-3 được trình bày trên các hình 2.12 ÷ 2.14:



Hình 2.12. Biểu đồ phân bố của thành phần ứng suất pháp σ_y (Pa) tại mặt cắt 3-3 với 5 trường hợp hệ số ma sát.



Hình 2.13. Biểu đồ phân bố của thành phần ứng suất pháp σ_z (Pa) tại mặt cắt 3-3 với 5 trường hợp hệ số ma sát.

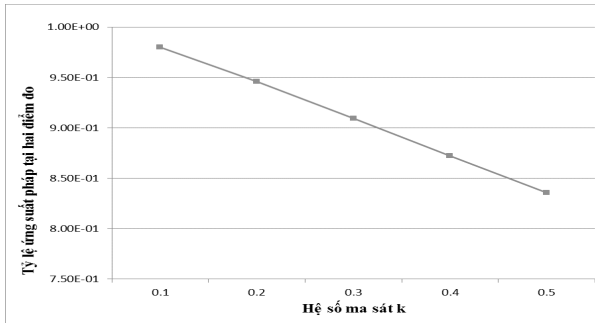


Hình 2.14. Biểu đồ phân bố của thành phần ứng suất tiếp trên mặt phẳng yz, τ_x (Pa) tại mặt cắt 3-3 với 5 trường hợp hệ số ma sát

Nhìn vào sự phân bố các thành phần ứng suất khác tại mặt cắt 3-3 chúng ta thấy tại hai điểm đối xứng với nhau qua trục y của mặt cắt 3-3 và cách trục đối xứng 0,2m có các thành phần ứng suất σ_y , σ_z và τ_x gần bằng 0, trạng thái ứng suất tại hai điểm này có thể xem như trạng thái ứng suất đơn. Vì vậy tại hai điểm này để xác định thành phần ứng suất σ_x ta chỉ cần đo biến dạng dọc theo phương x, ϵ_x .

Sử dụng kết quả trên mô hình số tỷ số giá trị ứng suất pháp σ_x tại điểm phía dưới trục đối xứng chia cho giá trị ứng suất pháp σ_x tại điểm phía trên trục đối xứng với các giá trị hệ số ma sát k khác nhau ta được biểu đồ trên hình 2.15. Dễ dàng nhận thấy tỷ số này phụ thuộc tuyến tính vào độ lớn của hệ số ma sát k.

Như vậy, tại hiện trường sau khi xác định được giá trị ứng suất pháp theo phương x, σ_x tại hai điểm trên mặt cắt 3-3 đối xứng với nhau qua trục x và cách trục đối xứng của mặt cắt 20cm, xác định tỷ lệ ứng suất tại hai điểm này và sử dụng biểu đồ thể hiện trên hình 2.15 chúng ta có thể xác định được hệ số ma sát k.



Hình 2.15. Biểu đồ thể hiện tỷ số ứng suất pháp σ_x tại hai điểm cần đo (ứng suất pháp σ_x tại điểm phía dưới trực đối xứng chia cho ứng suất pháp σ_x tại điểm phía trên) và hệ số ma sát k .

2.2 Thực nghiệm xác định hệ số ma sát tại cụm cối quay cửa van số 4 công trình Hồ chứa nước Cửa Đạt

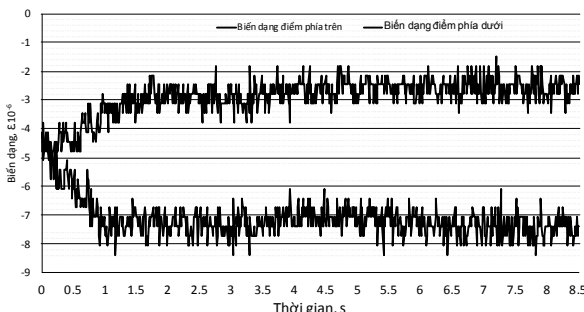
Với kết quả thu được, nhóm nghiên cứu tiến hành thực nghiệm trực tiếp tại hiện trường nhằm xác định hệ số ma sát tại cụm cối quay cửa van số 4 công trình Hồ chứa nước Cửa Đạt. Tại hiện trường nhóm nghiên cứu sử dụng các thiết bị đo với thông số kỹ thuật như sau:

- a) Máy đo biến dạng động TMR-200
 - Giá trị đo biến dạng nhỏ nhất: 1mst
 - Khoảng đo: 0-20.000mst
 - Tốc độ lấy mẫu tối thiểu: 1000Hz
 - Số kênh đo: 32

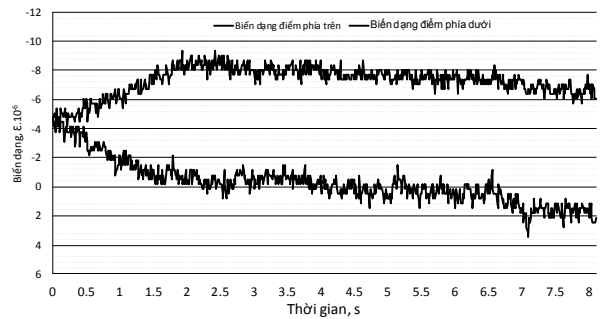
b) Đầu đo biến dạng động (tâm cảm biến điện trở Strain Gauge)

- Chung loại: dùng cho vật liệu thép, xuất xứ Nhật Bản.
- Chuẩn đo: 5-20mm
- Giá trị biến dạng lớn nhất đo được: 2000mst

Kết quả đo biến dạng tại hai vị trí được xác định trước theo mô hình số trong quá trình nâng hạ cửa van thu được từ máy đo TMR-200 được thể hiện ở hình 2.16 và 2.17:



Hình 2.16. Kết quả đo biến dạng cụm cối quay bên trái cửa van số 4



Hình 2.17. Kết quả đo biến dạng cụm cối quay bên phải cửa van số 4

Bảng 2.2. Kết quả đo biến dạng cụm cối quay cửa van số 4

	Thay đổi biến dạng tại điểm phía trên $\Delta\epsilon_1$ (mst).	Thay đổi biến dạng tại điểm phía dưới $\Delta\epsilon_2$ (mst)	Tỷ lệ $\Delta\epsilon_1 / \Delta\epsilon_2$
Cụm cối quay bên phải	4,1	4,3	0,953
Cụm cối quay bên trái	2,1	2,3	0,913

Sử dụng đồ thị Hình 2.15 ta có thể xác định được hệ số ma sát tại cụm cối quay bên phải của cửa van số 4 là 0,1, hệ số ma sát của cụm cối quay bên trái cửa van số 4 là 0,3.

3. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày quá trình nghiên cứu ảnh hưởng của ma sát đến trạng thái ứng suất biến dạng phần cối động của cụm cối quay cửa van công trình hồ chứa nước Cửa Đạt từ đó đề xuất phương pháp xác định hệ số ma sát tại hiện trường.

Kết quả đo đạc tại cửa van số 4 công trình Hồ chứa nước Cửa Đạt đã xác định được hệ số ma sát tại cụm cối quay bên phải là $k = 0,1$, hệ số ma sát tại cụm cối quay bên trái là $k = 0,3$. Sự khác nhau lớn về hệ số ma sát tại hai cụm cối quay có thể là nguyên nhân gây ra các tiếng động ghi nhận được trong quá trình vận hành cửa van số 4.

Cách tiếp cận từ mô hình số kết hợp với đo đạc trạng thái ứng suất - biến dạng để xác định lực ma

sát tại cối quay có tính khả thi cao và có thể áp dụng cho nhiều loại cửa van cung khác nhau.

LỜI CẢM ƠN: Bài báo được hoàn thành dưới sự hỗ trợ của đề tài ĐTĐL.CN-04/16,

“Nghiên cứu công nghệ phát hiện sớm nguy cơ sự cố đê sông, đập đất, đập đá, đập bê tông trọng lực và đề xuất giải pháp xử lý”. Các tác giả xin trân trọng cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Ishii N., Imaichi K. (1980), "*Dynamic Instability of Tainter-Gates*," in Practical Experiences with Flow-Induced Vibrations, Springer-Verlag, Berlin, 1980.

Henning Fosker, Halvard Bjorndal, Terje Ellefsrod, “*Strain gauge measurements of friction on radial gate bearings*”, Orkot Hydro, 2002.

Todd R. (1999), “*Spillway Tainter Gate Failure at Folsom Dam*”, Waterpower 99, pp.1-10.

Abstract:

AN EMPIRICAL METHOD FOR DETERMINING THE FRICTION COEFFICIENT AT THE TRUNNION BEARING OF CUA DAT' TAINTER GATE

The friction coefficient at the trunnion bearing increases rapidly during operation of the gate due to a variety of reasons. Many serious failures have occurred in the world as well as in Vietnam due to increased bearing friction. However, there is a lack of research in Vietnam on measurement method to examine this friction coefficient. Within this research, the authors propose an empirical method for determining the friction coefficient at the trunnion bearing by analyzing the stress and strain state simulated/obtained from the numerical model.

The proposed method is adopted for the case study of a tainter gate in Cua Dat reservoir.

Keywords: trunnion bearing of tainter gate, numerical model, friction coefficient, the stress and strain state.

Ngày nhận bài: 26/7/2019

Ngày chấp nhận đăng: 18/9/2019