

# HỆ THỐNG QUAN TRẮC LÂU DÀI CÔNG TRÌNH CẦU LỚN

TS. Lương Minh Chính

Bộ môn Công trình giao thông, Khoa Công trình, Trường Đại học Thủy lợi, email: chinglm@wru.edu.vn

## 1. GIỚI THIỆU

Hệ thống quan trắc công trình cầu SHMS bắt đầu được đưa vào ứng dụng và phát triển trên thế giới trong những năm gần đây. Phần lớn các công trình cầu lớn trên thế giới đều được lắp đặt những hệ thống quan trắc khác nhau nhằm liên tục theo dõi và thu thập các dữ liệu (các đại lượng vật lý) trong suốt quá trình hoạt động và khai thác của cầu. Mỹ, Nhật và ở châu Âu là những nơi mà các hệ thống quan trắc được đưa vào ứng dụng rộng rãi và rất hiệu quả. Bài viết giới thiệu một cái nhìn tổng thể về hệ thống và thiết bị của SHMS cũng như đưa ra sự cần thiết của một hệ thống SHMS đối với những công trình cầu lớn ở Việt Nam như cầu dây văng, phục vụ cho công tác quản lý khai thác vận hành và bảo trì các công trình cầu. Dựa trên những tài liệu và kết quả nghiên cứu bài viết nhằm đưa ra những hướng đi cho việc thiết kế, xây dựng và đào tạo đội ngũ chuyên gia có đủ trình độ và khả năng trong lĩnh vực quan trắc công trình.

## 2. NỘI DUNG

### 2.1. Tổng quát chung

Trong thiết kế các công trình xây dựng nói chung và các công trình cầu nói riêng, việc đặt ra những giả thuyết nhằm đơn giản hóa mô hình tính toán lý thuyết sẽ dẫn đến việc bài toán phân tích và tính toán không thể phản ánh hết các trạng thái hoạt động và ứng xử của công trình trong điều kiện hoạt động bình thường hoặc trong quá trình khai thác. Mặc dù rất nhiều phương pháp tính toán cũng như phần mềm tính toán được phát triển nhanh chóng trong thời gian qua, chẳng hạn như việc ứng dụng các mô hình tính toán ba chiều (với các yếu tố bề mặt phi tuyến), nhưng những kết quả tính toán lý thuyết nhận được vẫn chỉ là sự tương đối gần với ứng xử thực tế của công trình.

Một trong những biện pháp mang lại nhiều triển vọng để đánh giá quá trình làm việc và khai thác

của các công trình cầu là lắp đặt trên một số cấu kiện hoặc bộ phận kết cấu cầu các thiết bị quan trắc, các cảm biến chuyển vị hay các cảm biến đo lường liên tục các đại lượng vật lý của công trình: từ các trạng thái biến dạng đến các trạng thái ứng suất trong các thành phần kết cấu của cầu.

Hệ thống quan trắc công trình cầu SHMS bắt đầu được đưa vào ứng dụng và phát triển trên thế giới trong những năm gần đây. Phần lớn các công trình cầu lớn trên thế giới đều được lắp đặt những hệ thống quan trắc khác nhau nhằm liên tục theo dõi và thu thập các dữ liệu (các đại lượng vật lý) trong suốt quá trình hoạt động và khai thác của cầu. Ở Mỹ, Nhật và châu Âu là những nơi mà các hệ thống quan trắc được đưa vào ứng dụng rộng rãi và rất hiệu quả. Ở Việt Nam cầu Cần Thơ là một trong những cây cầu lớn của Việt Nam được lắp đặt hệ thống quan trắc BRIMOS của công ty NTT Data (Nhật Bản).

### 2.2. Quan trắc công trình cầu

Một công trình cầu lớn thông thường là một công trình có kết cấu phức tạp, nhịp lớn – điều này dẫn đến sự ảnh hưởng của biến đổi nhiệt là rất lớn, đặc biệt trong điều kiện khí hậu Việt Nam khi nhiệt độ tại một số vùng trong mùa hè có thể đạt ngưỡng 40°C, ngoài ra sự ảnh hưởng của gió (nhất là đối với các cầu dây văng, dây văng có trụ tháp cao) cũng là rất đáng kể. Vì thế việc thiết lập một hệ thống quan trắc tổng thể để đo đạc cũng như thu thập các dữ liệu, các đại lượng vật lý là hết sức cần thiết.

Để làm được điều đó hệ thống quan trắc tổng thể cần phải bao gồm các thành phần sau:

- hệ thống quan trắc trạng thái kết cấu (ứng suất, độ võng);
- hệ thống quan trắc khí tượng (nhiệt độ, độ ẩm, hướng và tốc độ gió...);
- hệ thống giám sát hình ảnh (camera giám sát giao thông, vận hành cầu);
- hệ thống quan trắc chuyển vị và biến dạng.

Các thông tin dữ liệu thu thập được từ các thiết bị quan trắc và các cảm biến sẽ được ghi lại bởi máy chủ lắp đặt trên cầu rồi được chuyển đến trung tâm lưu trữ bằng mạng Internet hoặc GSM (GPRS).

### 2.3. Hệ thống quan trắc trạng thái kết cấu

Một trong những nhiệm vụ của hệ thống quan trắc SHMS là hỗ trợ các kỹ sư và chuyên gia theo dõi trạng thái kết cấu của công trình tại thời gian thực trong suốt quá trình vận hành và khai thác bình thường của công trình, đồng thời đánh giá những trạng thái đặc biệt như dưới sự tác động của một cơn gió lốc, ảnh hưởng của xe quá tải, quá khổ hay tai nạn giao thông trên cầu. Vì thế việc lựa chọn các điểm (vị trí) lắp đặt các thiết bị quan trắc cùng với việc lựa chọn các đại lượng cần quan trắc và đo đạc ở những vị trí đó cần được tính toán và phân tích kỹ lưỡng đồng thời phải xem xét sự tác động và ảnh hưởng tới công trình bởi nhiều mô hình tính toán cũng như tổ hợp tải trọng khác nhau. Khi các giá trị quan trắc của các đại lượng vật lý vượt quá ngưỡng cho phép thì hệ thống sẽ báo động cho đơn vị quản lý và bảo trì công trình bằng email thông qua mạng Internet hoặc bằng tin nhắn thông qua mạng di động.

### 2.4. Hệ thống quan trắc khí tượng

Hệ thống quan trắc khí tượng có chức năng cung cấp các dữ liệu về khí tượng và thời tiết trong khu vực công trình, thông báo các chỉ số nhiệt độ bản mặt cầu, lượng nước mưa để điều chỉnh tốc độ thông xe cùng với lưu lượng xe nhằm đảm bảo an toàn giao thông trên cầu. Các thành phần chính của hệ thống quan trắc khí tượng bao gồm nhiệt kế, phong kế, máy đo lượng mưa, cảm biến mặt đường, đo nhiệt độ mặt đường, đánh giá độ ẩm của mặt đường và trạm khí tượng với thiết bị truyền phát dữ liệu qua cáp.

### 2.5. Hệ thống quan trắc hình ảnh (giám sát bằng hình ảnh)

Chức năng của hệ thống quan trắc hình ảnh là một hệ thống camera giám sát, chuyển các hình ảnh ghi lại tại công trình và chuyển đến Trung tâm vận hành và lưu trữ dữ liệu. Công tác giám sát bằng hình ảnh cho phép điều tiết giao thông trên cầu được hiệu quả hơn, đồng thời xác định những sai phạm và tai nạn trong giao thông trên cầu để kịp thời đưa ra những phương pháp xử lý hữu hiệu. Hệ thống quan trắc hình ảnh bao gồm các camera giám sát có độ phân giải cao cho phép giám sát cả ngày lẫn đêm trong mọi điều kiện thời tiết, camera theo dõi mực nước, thiết bị thu ghi và lưu trữ hình ảnh giám sát.

### 2.6. Hệ thống quan trắc biến dạng và chuyển vị (quan trắc địa tin học - geomatic)

Địa tin học (geomatic) là khoa học sử dụng và phát triển trên cơ sở hạ tầng của khoa học thông tin để giải quyết các vấn đề về địa lý, khoa học Trái Đất và liên quan đến các nhánh của kỹ thuật. Địa tin học kết hợp việc phân tích và mô hình hóa không gian, xây dựng cơ sở dữ liệu không gian, thiết kế hệ thống thông tin, tương tác giữa con người-máy tính và các công nghệ mạng. Sự khác biệt lớn nhất của quan trắc địa toán với quan trắc thông thường đó là cho phép chúng ta đánh giá các quá trình biến đổi động của cả công trình đồng thời xác định các hiệu ứng của hiện tượng đó. Nhờ đó ta có sự kiểm soát tổng thể đối với cả công trình với khả năng phân tích và mô phỏng các hiện tượng xảy ra.

## 3. KẾT QUẢ

Hệ thống quan trắc được thiết kế riêng biệt cho mỗi công trình cầu dựa trên các đặc điểm kết cấu của từng công trình, tình hình tài chính cũng yêu cầu của chủ đầu tư. Hệ thống quan trắc cầu phải có độ bền cao, phải đảm bảo độ chính xác cao trong suốt thời gian hoạt động.

Giá thành của toàn hệ thống quan trắc là không lớn so với tổng chi phí xây dựng cầu, chiếm khoảng 0,3% đến 1,5% tổng giá trị đầu tư công trình cầu tùy thuộc vào mức độ phức tạp của hệ thống quan trắc. Công tác quản lý và vận hành hệ thống quan trắc cũng không phải là chi phí lớn so với tổng chi phí duy tu và bảo dưỡng công trình, nhưng hệ thống quan trắc lại yêu cầu rất cao về nhân sự cũng như kinh nghiệm của chuyên gia quản lý.

Ưu điểm lớn nhất của hệ thống quan trắc công trình cầu là giám sát liên tục các hoạt động cũng như biến đổi của kết cấu nhằm vận hành và khai thác công trình được hiệu quả và an toàn hơn. Dựa trên cơ sở phân tích và đánh giá các dữ liệu quan trắc chúng ta đưa ra được những quyết định đúng đắn cho việc duy tu bảo dưỡng công trình cầu.

Những kết quả quan trắc cho phép chúng ta đánh giá được sự đúng đắn của các giả thuyết đưa ra trong quá trình thiết kế và thi công. Việc quan trắc thường xuyên công trình cho phép chúng ta kiểm soát được hoạt động của công trình dưới sự ảnh hưởng của các tổ hợp tải trọng khác nhau, giúp cho các chuyên gia xác định được quá trình lão hóa của các kết cấu để có biện pháp phòng tránh, nâng cao tuổi thọ của công trình cầu.

## 4. KẾT LUẬN

Hệ thống quan trắc công trình cầu là một hệ thống phức tạp, kết hợp bởi nhiều thành phần từ

quan trắc kết cấu công trình, quan trắc khí tượng, quan trắc hình ảnh tới quan trắc địa tin học. Đề tích hợp tất cả các thành phần đó thành một hệ thống hoàn chỉnh đảm bảo cung cấp các số liệu chính xác phục vụ cho công tác quản lý, vận hành và khai thác công trình một cách hiệu quả với giá thành thấp đồng thời nâng cao tuổi thọ của công trình cần phải có sự hợp tác của các chuyên gia từ nhiều ngành, có hiểu biết sâu và rộng về các vấn đề liên quan đến công trình. Công tác quan trắc giữ vai trò quan trọng trong quá trình xây dựng, thi công và vận hành; nó cho phép kiểm chứng các điều kiện giả thiết đặt ra khi thiết kế và có thể tác động đến giá thành thi công của công trình. Vì vậy việc triển khai và áp dụng các phương pháp hiện đại, các kỹ thuật tiên tiến để quan trắc công trình cầu phục vụ cho thi công, nghiên cứu và quản lý khai thác công trình hiệu quả và an toàn là hết sức cần thiết và cấp bách.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Akira TAKAUE: “Real time structural health monitoring system for a long span cable stayed bridge – Can Tho Bridge”. Chodai, Co., Ltd., Japan (email: takaue-a@nifty.com).2012.
- [2]. Biliszczyk J., Barcik W., Toczkiwicz R.: Projekt techniczny systemu monitoringu elektronicznego konstrukcji mostu przez Wisłę w Puławach. Instytut Inżynierii Lądowej Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, październik 2008.
- [3]. Biliszczyk J., Hildebrand M., Barcik W., Hawryszuk P.: System obserwacji ciągłej mostu podwieszonoego przez Wisłę w Płocku. „Inżynieria i Budownictwo”, nr 7-8/2006.
- [4]. Biliszczyk J., Sieńko R.: System monitorowania mostu w Puławach. „Mosty, materiały i technologie”. 2007.
- [5]. Leica Geosystem TruStory - Automated Deformation Monitoring Apollo Bridge, Bratislava, Slovakia.
- [6]. Roger W. Lockhart: Bridge Structural Monitoring System - Distributed Synchronous Ethernet Data Acquisition System Satisfy Demanding I35W St. Anthony Falls Bridge Health Measurements. DATAQ Instruments.
- [7]. Sieńko R.: Systemy monitorowania obiektów mostowych, „Materiały Budowlane”, nr 4/2008.
- [8]. Zhishen Wu, Koichi Yokoyama: Sensors and bridge monitoring system. Department of Urban and Civil Engineering, Ibaraki University, Japan.2006.
- [9]. Żółtowski K., Malinowski M., Hildebrand M.: Monitoring mostów podwieszonych. „Mosty”, nr 3/2009.
- [10]. Żółtowski K.: Współczesne możliwości analizy statycznej i dynamicznej mostów stalowych. Mosty stalowe. Projektowanie, technologie budowy, utrzymanie. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2008.