

HỆ THỐNG QUAN TRẮC CÔNG TRÌNH CẦU NHỊP LỚN

Nguyễn Danh Thắng⁽¹⁾, Hồ Thu Hiền⁽¹⁾, Trần Nguyễn Nhật Nam⁽¹⁾

⁽¹⁾ Trường Đại học Bách Khoa (VNU-HCM)

Ngày nhận 29/12/2016; Chấp nhận đăng 29/01/2017; Email: ndthang@hcmut.edu.vn

Tóm tắt

Với sự phát triển vượt bậc của khoa học kỹ thuật, số lượng cầu nhịp lớn trên thế giới được xây dựng ngày càng nhiều. Do vai trò đặc biệt quan trọng của chúng, cộng với giá thành xây dựng rất đắt đỏ, các cầu này cần thiết phải được duy tu, bảo dưỡng thường xuyên và kịp thời. Quá trình này thường gặp nhiều khó khăn do nhiều lý do như vị trí xây dựng khắc nghiệt (thường bắc qua cửa biển hoặc sông lớn), số chi tiết nhiều, cấu tạo phức tạp, chi phí lớn... Chính vì vậy, việc phát triển hệ thống quan trắc công trình cho cầu nhịp lớn là rất cần thiết với mục tiêu tiết kiệm chi phí duy tu bảo dưỡng và vận hành cầu, cũng như đảm bảo an toàn giao thông cho các công trình này. Bài báo này nhằm giới thiệu về hệ thống quan trắc cầu nhịp lớn trên thế giới và Việt Nam cũng như vai trò quan trọng của nó trong quá trình thiết kế, thi công, khai thác cầu.

Từ khóa: quan trắc cầu, cầu nhịp lớn, duy tu bảo dưỡng

Abstract

STRUCTURAL HEALTH MONITORING SYSTEM FOR LONG-SPAN BRIDGE

With the rapid development of science and technology, the number of large span bridge is increasing to meet the needs of growing traffic. Due to the extremely important role and very expensive cost of them, these bridges need to be maintained frequently. However, this process is often difficult because of their specific conditions. Therefore, the development of monitoring systems for large span bridges are essential for cost savings for maintenance, operation and traffic safety for these bridges. This paper aims to introduce a monitoring system for large-span bridges in the world and Vietnam as well as its important role in the process of design, construction and operation of the bridge.

1. Tổng quan về quan trắc cầu nhịp lớn

1.1. Giới thiệu về hệ thống quan trắc cầu

Hệ thống quan trắc sức khỏe kết cấu công trình (Structure Health Monitoring System) nói chung là quá trình xác định hư hỏng, xuống cấp của kết cấu công trình xây dựng. Hư hỏng được định nghĩa là những thay đổi trong vật liệu, tính chất hình học của hệ thống, bao gồm thay đổi điều kiện biên và sự liên kết trong hệ thống. Hư hỏng ảnh hưởng tới khả năng làm việc hiện tại và tương lai của kết cấu. Quá trình xác định hư hỏng thường được chia thành 4 mức [1]: Phát hiện hư hỏng (xác định sự tồn tại của hư hỏng trên kết cấu), vị trí hư hỏng, loại hư hỏng, đánh giá mức độ hư hỏng.

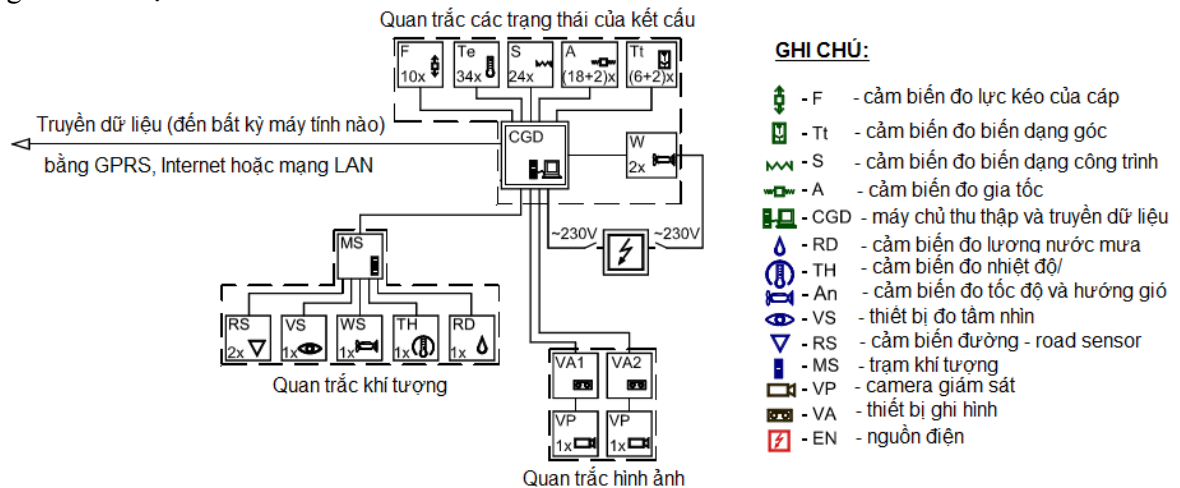
Một hệ thống quan trắc cầu tổng thể thường bao gồm các thành phần: (1) Hệ thống quan trắc trạng thái kết cấu (ứng suất, độ võng); (2) Hệ thống quan trắc khí tượng (nhiệt độ, độ ẩm, hướng và tốc độ gió...); (3) Hệ thống giám sát hình ảnh (camera giám sát giao thông, vận hành cầu); (4) Hệ thống quan trắc 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) như hình 1.

So với việc thử tải cầu cũng như các phương pháp truyền thống khác thì quan trắc cầu có nhiều ưu điểm như:

- Cung cấp thời gian thực trong giám sát, phân tích và liên tục nhằm phát hiện sự bất thường trong khả năng chịu lực hoặc hư hỏng mà không làm tổn hại đến kết cấu cũng như khả năng khai thác của cầu trong suốt thời gian vận hành của công trình.

- Có thể theo dõi và ghi lại các ứng xử của kết cấu trong trường hợp đặc biệt (như bão lũ, thiên tai hoặc sự cố tai nạn nghiêm trọng) mà các phương pháp truyền thống khác không thể giám sát được.



Hình 1. Cấu trúc của hệ thống quan trắc cầu và các thiết bị đi kèm [2]

1.2. Sự cần thiết của hệ thống quan trắc cầu.

Việc phát hiện hư hỏng của công trình cầu trước khi có những dấu hiệu cụ thể xảy ra là một trong những vấn đề đang thu hút sự quan tâm của rất nhiều nhà nghiên cứu và kỹ sư cầu. Cùng với sự phát triển của khoa học kỹ thuật, các phần mềm tính toán, mô phỏng được phát triển mạnh mẽ nhưng những kết quả tính toán lý thuyết nhận được chỉ là sự tương đối gần với ứng xử thực tế của công trình. Trong quá trình thiết kế, việc đặt ra các giả thuyết nhằm đơn giản hóa mô hình tính toán dẫn đến bài toán phân tích và tính toán không thể phản ánh hết trạng thái hoạt động và ứng xử của công trình trong điều kiện hoạt động bình thường cũng như trong điều kiện khai thác. Một cách khác, có sự chênh lệch khá lớn giữa mô phỏng trong thiết kế và thực tế. Để xác định sự sai khác này, 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 các thiết bị quan trắc tại các vị trí hợp lý của công trình cầu nhằm đo lường liên tục các tham số ảnh hưởng đến của công trình như ngoại lực (gió, động đất, tải trọng xe...) và ứng xử của công trình cầu (dao động, chuyển vị, ứng suất...). Những dữ liệu thu thập được sẽ là căn cứ cho việc kiểm tra quá

trình phân tích và tính toán công trình. Bên cạnh đó, hệ thống quan trắc cầu còn nhằm các mục đích khác như duy tu, bảo dưỡng công trình và quản lý giao thông trên cầu.

Một cách tổng quát, hệ thống quan trắc cầu được xây dựng nhằm mục đích: hỗ trợ thiết kế (cung cấp dữ liệu về dao động cầu nhằm phục vụ cho các giả thiết đầu vào của thiết kế, đặc biệt là gió mạnh và động đất, cung cấp dữ liệu cho việc phát triển các thiết kế phù hợp hơn, phát triển hệ thống quan trắc tin cậy), duy tu, bảo dưỡng công trình (cung cấp dữ liệu để phân tích và đánh giá dao động của cầu, cung cấp dữ liệu cho việc đánh giá hư hại và suy giảm tuổi thọ công trình), quản lý giao thông (cung cấp dữ liệu để điều chỉnh mức độ điều khiển giao thông an toàn trong điều kiện có gió to hoặc động đất, cung cấp dữ liệu cho việc lưu thông trước khi động đất truyền đến hoặc có bão).

Do vai trò đặc biệt quan trọng và giá thành xây dựng rất đắt đỏ, các cầu nhịp lớn thường phải kiểm tra thường xuyên để đảm bảo chúng vẫn an toàn. Quá trình kiểm tra này thường tốn rất nhiều thời gian và chi phí, nhưng đôi khi vẫn không thể kiểm soát được tất cả các nguy cơ hư hỏng xảy ra với công trình cầu. Việc xây dựng và phát triển hệ thống quan trắc cầu tự động là điều mà các nước phát triển như Mỹ, Nhật, châu Âu đã và đang làm nhằm tiết kiệm chi phí duy tu bảo dưỡng và vận hành cầu, cũng như đảm bảo an toàn giao thông cho các công trình này.

2. Một số phương pháp phát hiện hư hỏng

Phát hiện hư hỏng của kết cấu có thể làm tăng độ an toàn và giảm chi phí bảo trì. Mục đích của phát hiện hư hỏng là để xác định thiệt hại càng sớm càng tốt. Do đó, khá nhiều phương pháp đã đề xuất để xác định, phân vùng và đánh giá hư hỏng của kết cấu. Để phát hiện hư hỏng trong kết cấu, một số phương pháp cơ bản đã được phát triển bởi các nhà nghiên cứu dưới đây.

2.1. Phương pháp thay đổi tần số

Phương pháp này dựa trên nguyên lý thay đổi về thuộc tính của kết cấu do hư hỏng sẽ dẫn đến sự thay đổi tần số dao động riêng. Hư hỏng trong kết cấu có thể xác định được bằng cách so sánh tần số trước và sau khi xảy ra hư hỏng. Cawley và Adams [3] là một trong những người tiên phong đề xuất phương pháp này và sau đó được nhiều nhà nghiên cứu khác phát triển thêm [4, 5]. Mặc dù phương pháp này có ưu điểm là đơn giản và cần rất ít cảm biến, tần số dao động riêng lại thay đổi rất nhỏ, do đó dẫn đến tính chính xác không cao. Để khắc phục nhược điểm này, một số nhà nghiên cứu khác đã phát triển theo hướng xác định tần số dao động cục bộ và đã thu được nhiều tín hiệu khả quan cho việc phát hiện hư hỏng [6].

2.2. Phương pháp thay đổi mode dao động

Một phương pháp khác để xác định và khoanh vùng hư hỏng là so sánh sự khác biệt mode dao động trước và sau khi hư hỏng [7, 8, 9]. Do dựa vào các sơ đồ số nên phương pháp này có thể có một số sai sót tương đối lớn khi so sánh với những thay đổi khác. đồng thời cũng không cho thấy độ chính xác cao cho những cấu trúc phức tạp (số bậc tự do cao).

2.3. Phương pháp Phương trình tần số dao động (Frequency response function - FRF)

Một số nhà nghiên cứu đã sử dụng thông tin FRF cho hệ thống nhận dạng và phát hiện hư hỏng. Wang và cộng sự [10] sử dụng dữ liệu thu được từ FRF trước và sau hư hỏng để phát triển thuật toán nhận dạng cấu trúc dựa trên nhiễu phi tuyến và cường độ. Phương pháp này xác định một vector hư hỏng để chỉ ra cả vị trí và mức độ hư hỏng. Phương pháp này sau đó được nhiều nhà nghiên cứu khác phát triển và thu được nhiều kết quả đáng khích lệ [11, 12, 13].

2.4. Phương pháp năng lượng biến dạng

Phương pháp năng lượng biến dạng cũng được đề xuất để phát hiện hư hỏng. Năm 1992, Stubbs và cộng sự [14] đã đưa ra chỉ số hư hỏng, được xác định là tỉ số năng lượng biến dạng giữa hai giai đoạn hư hỏng và chưa hư hỏng, để phát hiện hư hỏng. Sau đó, Park và cộng sự [15] đã sử dụng mô hình phần tử hữu hạn để phân tích chỉ số hư hỏng và so sánh với kết quả khảo sát hư hỏng cầu. Bên cạnh đó, S. Liberatore và G.P.Carman [16] phát triển việc phân tích phổ mật độ sử dụng những thay đổi cả về tần số và hình dạng mode dao động để phát hiện hư hỏng.

3. Hệ thống quan trắc cầu nhịp lớn trên thế giới

3.1. Lịch sử phát triển

Theo Wenzel [1], lịch sử phát triển trong lĩnh vực quan trắc kết cấu và cầu bao gồm các giai đoạn sau:

- Thế kỷ 19: Phát triển của động lực học của kết cấu
- 1920-1945: Thực hiện các thí nghiệm giản đơn các kết cấu thường gặp
- 1965-1975: Phát triển các phương pháp phần tử hữu hạn tuyến tính
- 1970-1980: Phát triển của phương pháp dao động
- 1975-1990: Bổ sung của phương pháp phần tử hữu hạn tuyến tính
- 1990-2000: Bổ sung của phương pháp phần tử hữu hạn phi tuyến
- 1992-1995: Bổ sung các phương pháp dao động xung quanh
- 1993-1996: Giới thiệu công nghệ máy tính đo dữ liệu
- Từ 1994: Áp dụng phương pháp đo dao động
- Từ 1995: Áp dụng phương pháp thu nhận kết quả quan trắc “quan trắc thông minh”
- Từ 1996: Thương mại hóa các kết quả đo

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 trong suốt quá trình hoạt động và khai thác của cầu. 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, mặc dù chi phí cho hệ thống quan trắc không hề nhỏ, khoảng 10,000 Euro cho 100m cầu.

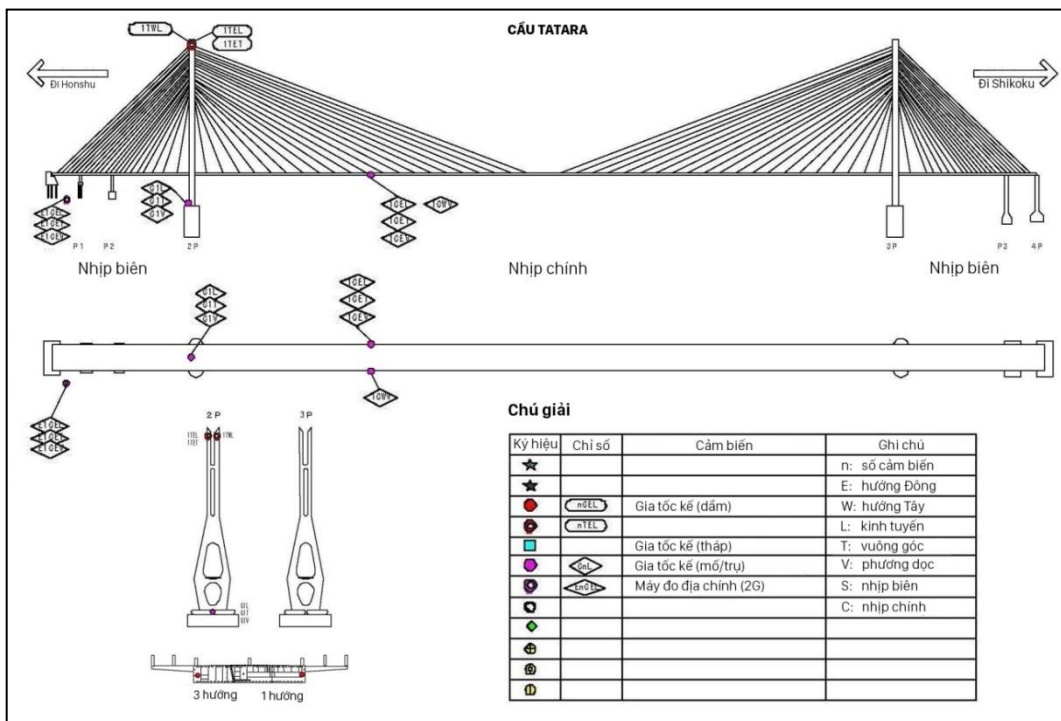
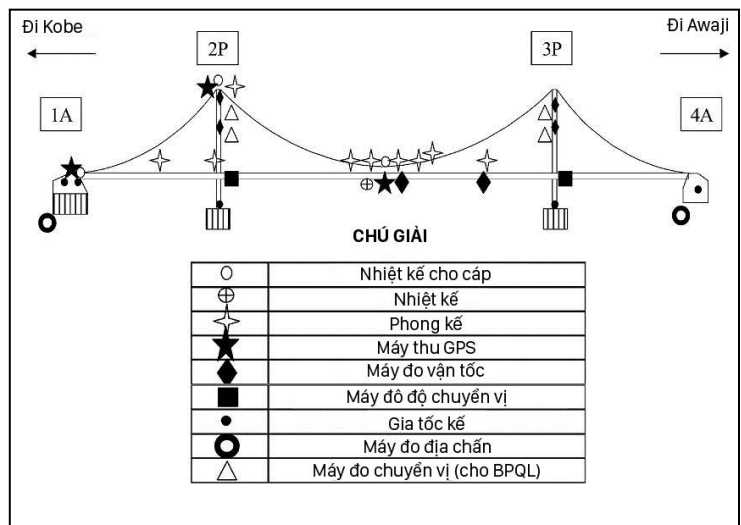
3.2. Một số hệ thống quan trắc đã áp dụng trên thế giới

Cầu Akashi Kaikyo (Nhật Bản): Cầu dây võng Akashi Kaikyo hiện đang giữ kỷ lục thế giới về chiều dài nhịp (1991m), được khánh thành vào ngày 05 tháng 4 năm 1998. Mặc dù cây cầu được xây dựng trong môi trường tự nhiên khắc nghiệt tại cửa biển, thời gian khai thác của cầu phải đảm bảo hơn 100 năm vì vai trò quan trọng của nó và chi phí xây dựng rất đắt (khoảng 500 tỷ Yên Nhật, tương đương với 3,6 tỷ USD). Do đó, tuổi thọ, độ bền và độ an toàn của cầu Akashi Kaikyo cần sự nghiên cứu rất kỹ lưỡng. Để làm được điều này, một hệ thống quan trắc phức tạp được thiết lập cho toàn bộ cầu với độ chính xác khá cao (hình 2). Dữ liệu được truyền về cơ quan quản lý cầu, cung cấp các thông tin liên quan đến ngoại lực tác động lên cầu (gió và động đất) lẫn ứng xử của cầu (chuyên vị, dao động...), làm cơ sở cho các nghiên cứu và phân tích của cầu.

Cầu Tatara (Nhật Bản): Cầu Tatara nổi đảo Ikuchi và Oumishima của Nhật, là cây cầu dây văng dài nhất thế giới tại thời điểm hoàn thành (tháng 4 năm 1999) với nhịp chính dài và 1,480m tổng chiều dài. Tương tự như cầu Akashi Kaikyo, cầu Tatara được lắp đặt nhiều cảm biến cho công tác giám quan trắc nhưng với số lượng ít hơn (hình 3).

Cầu Tsingma (Hong Kong): Cầu Tsing Ma (khánh thành ngày 27/04/1997) là cây cầu treo có nhịp lớn thứ bảy thế giới (1.377m), được thiết kế cho cả giao thông đường sắt lẫn đường bộ. Cầu có hai tầng: tầng trên có sáu làn xe cao tốc, tầng dưới gồm 2 làn tàu hỏa và 2 làn đơn dành cho việc bảo dưỡng. Hệ thống cảm biến sử dụng cho quan trắc gồm: máy đo gia tốc, máy đo biến dạng, phong kế, cảm biến nhiệt, hệ thống cân động (hình 4). Hệ thống này tiến hành đo tất cả mọi thứ, từ nhiệt độ mặt đường nhựa, biến dạng trong các phần tử cho tới tốc độ gió, độ võng và bất kỳ những chuyển động nào của hệ mặt cầu và tháp. Với hơn 350 cảm biến, các ứng xử của cầu được ghi nhận suốt 24 giờ một ngày, bảy ngày một tuần và hệ thống cảnh báo sớm cho cầu, cũng như cung cấp các thông tin cần thiết giúp Sở Giao thông Hồng Kông để theo dõi chính xác các điều kiện làm việc nói chung của cầu.

Hình 2. Hệ thống quan trắc của cầu Akashi Kaikyo

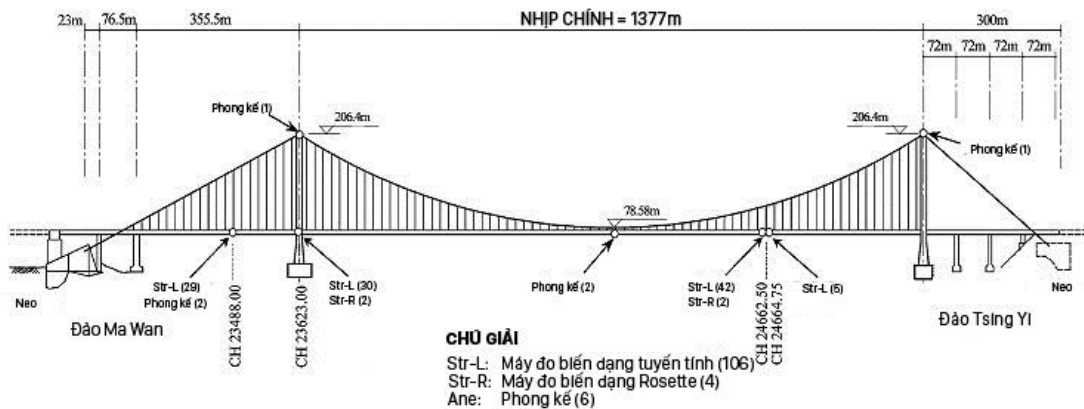


Hình 3. Hệ thống quan trắc cầu Tataru

4. Hệ thống quan trắc tại Việt Nam

4.1. Một số hư hỏng cầu nhịp lớn tại Việt Nam

Cùng với sự phát triển mạnh mẽ của khoa học – kỹ thuật và nhu cầu về giao thông – vận tải, rất nhiều công trình cầu nhịp lớn đã và đang được xây dựng tại Việt Nam vì tính kinh tế và thẩm mỹ của chúng như Mỹ Thuận, Bãi Cháy, Cần Thơ, Rạch Miễu.... Sau một thời gian dài đưa vào khai thác, do cầu ngày càng bị lão hóa và lưu lượng xe ngày càng tăng nên bất kỳ bộ phận nào của công trình cũng đều có thể bị hư hỏng hoặc xuống cấp. Mặc dù các công trình cầu này được thiết kế với tuổi thọ hơn 100 năm vì chi phí thiết kế, xây dựng rất cao, cũng như tầm quan trọng của chúng trong hệ thống hạ tầng giao thông của khu vực, công tác duy tu bảo dưỡng cầu nhịp lớn ở Việt Nam vẫn chưa nhận được sự quan tâm đúng mức, dẫn đến phát sinh nhiều khó khăn trong việc phát hiện cũng như sửa chữa những hư hỏng của công trình. Hậu quả là rất nhiều cầu treo bị hư hỏng và xuống cấp như cầu Thuận Phước, Cầu Bính, Cầu Mỹ Thuận ... Vì thế, khả năng chịu tải và tuổi thọ công trình sẽ bị ảnh hưởng đáng kể, ảnh hưởng lớn đến việc đảm bảo an toàn giao thông cũng như việc khai thác cầu hiệu quả.



Hình 4. Hệ thống cảm biến của cầu Tsing Ma

Cầu Thuận Phước: Là cầu dây văng hiện đại đầu tiên và duy nhất tại Việt Nam (tính đến 2016), được thiết kế và xây dựng bởi các công ty trong nước với chiều dài nhịp chính dài 405m, bản mặt cầu Thuận Phước (Đà Nẵng) được thiết kế và thi công theo dạng bản trực hướng kín với tấm thép dày 12mm, bên trên được phủ 41mm bê tông nhựa Epoxy với chi phí cao gấp bốn lần so với sử dụng bê tông asphalt thông thường. Tuy nhiên, chỉ sau 1 năm khai thác, bản mặt cầu Thuận Phước đã bắt đầu bị biến dạng. Vào mùa nắng nóng năm 2013, tình hình càng trở nên trầm trọng hơn với việc mặt cầu bị hư hỏng nặng trên diện rộng như Hình 5. Trong năm 2013, ba cuộc kiểm tra hiện trường đã được tiến hành bởi Công ty CP Tư vấn và Đầu tư Xây dựng ECC phối hợp cùng Sở Giao thông Vận tải TP. Đà Nẵng. Kết quả cho thấy có 4400/8973,5 m² diện tích bản mặt cầu cần phải sửa chữa. Kết quả kiểm tra cũng cho thấy nguyên nhân chính của hư hỏng mặt cầu là các phương tiện lưu thông chở quá tải, nhiệt độ tăng cao trong hộp thép vào mùa hè và mức độ biến dạng chênh lệch của hai lớp bản mặt cầu [17].

Cầu Bãi Cháy: là cầu nối hai bờ sông Cửa Lục (Hạ Long) là loại cầu dây văng một mặt phẳng dây với nhịp chính dài 435m, dầm hộp bê tông cốt thép dự ứng lực, đóng vai trò quan trọng cho sự phát triển của tam giác kinh tế phía Bắc Hà Nội - Hải Phòng - Quảng Ninh. Tuy nhiên, sau gần 8 năm đưa vào khai thác (từ cuối năm 2006), mặt cầu Bãi Cháy đã xuất hiện

nhiều vết hằn lún bánh xe, với độ sâu từ 5-10cm và kéo dài hàng trăm mét (Hình 6), với nguyên nhân chủ yếu là do xe quá tải, ảnh hưởng lớn đến an toàn giao thông của cầu.

4.2. Hệ thống quan trắc đã áp dụng tại Việt Nam

Nhằm đáp ứng nhu cầu thực tiễn của công tác duy tu, bảo dưỡng cầu, nhất là cầu nhịp lớn tại Việt Nam, hệ thống quan trắc cầu đã từng bước được áp dụng tại Việt Nam, đặc biệt sau khi Bộ GTVT ban hành Thông tư 52/2013/TT-BGTVT quy định về quản lý, khai thác và bảo trì công trình đường bộ, trong đó yêu cầu các công trình cầu có nhịp dài hơn 150m hoặc trụ cầu cao hơn 50m phải được lắp đặt hệ thống quan trắc [18].

Đến cuối năm 2013, đã có 7 hệ thống quan trắc được lắp đặt tại cầu Rạch Miễu, Cần Thơ, Bãi Cháy, Bình, Rào 2, Trần Thị Lý, Nhật Tân, cung cấp cho các đơn vị quản lý cầu những dữ liệu quan trọng trong công tác duy tu, bảo dưỡng công trình cầu [19].



Hình 5. Hư hỏng của bản mặt cầu Thuận Phước Hình 6. Hư hỏng mặt đường trên cầu Bãi Cháy

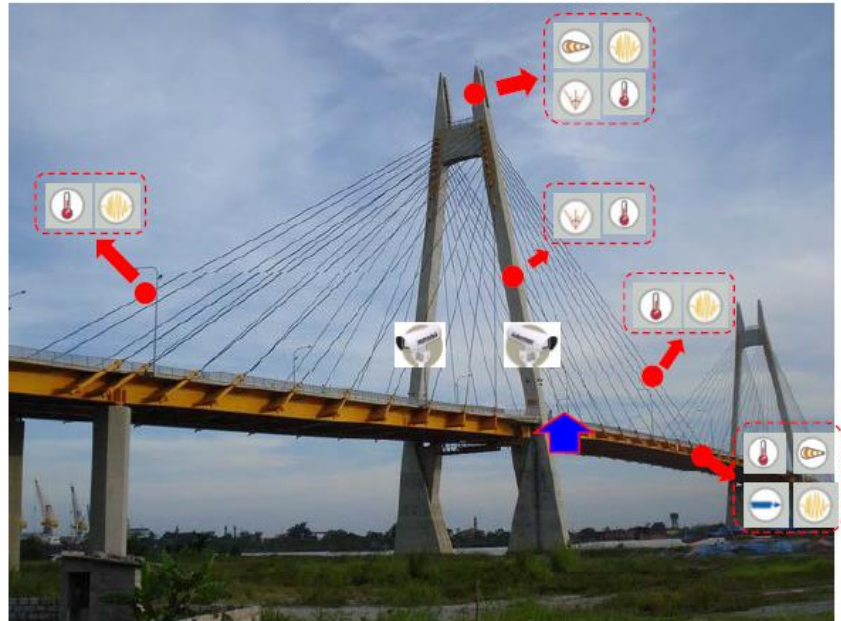
Cầu Bình (Hải Phòng): Bắc qua sông Cấm ở Thành phố Hải Phòng, Cầu Bình có chiều dài 1.280 m, rộng 22,5 m, cho bốn làn xe cơ giới và hai làn xe thô sơ, chiều cao thông thuyền 25 m cho phép tàu 3.000 tấn qua lại, kết cấu dầm thép bê tông liên hợp, liên tục 17 nhịp, hai tháp cầu bằng bê tông cốt thép có chiều cao tới 101,6 m với 80 bó cáp bố trí thành hai mặt. Vào tháng 7/2010, cầu bị hư hỏng nghiêm trọng do bị tàu vận tải va vào. Sau đó, cầu đã được sửa chữa để phục hồi khả năng chịu tải. Năm 2013, cầu được lắp đặt hệ thống quan trắc, thiết kế bởi công ty VITEC, sau đó là công ty Chodai, để theo dõi dao động của cầu (Hình 7 và Bảng 1). Hiện tại, hệ thống này được quản lý bởi PMU Hải Phòng và các dữ liệu được phân tích bởi các chuyên gia của trường ĐH. Giao thông Vận tải Hà Nội. Đến năm 2014, hệ thống sensor được đánh giá vẫn hoạt động tốt mặc dù công tác quản lý vẫn còn nhiều khó khăn do thiếu chi phí.

Bảng 1. Các thiết bị quan trắc cầu Bình

Thiết bị quan trắc	Số lượng
Thiết bị đo gió	1
Khí tượng	1
Camera giao thông	2
Đo nhiệt độ và biến dạng cho dầm chủ	1
Đo động cho dầm chủ	1
Đo động cho dây văng	2
Đo nhiệt độ cho dây văng	1
Trạm quản lý	1

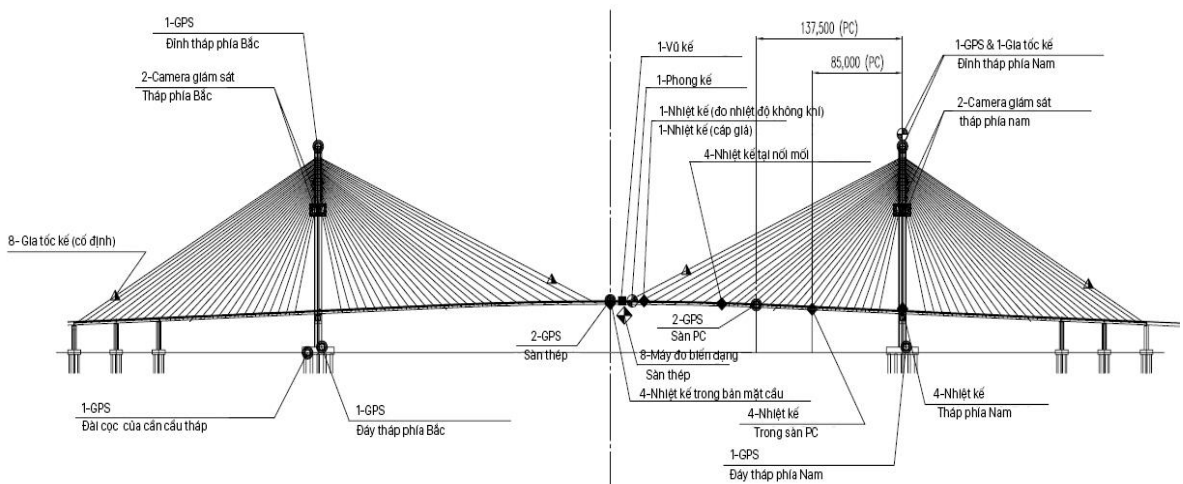
Hệ thống quan trắc của cầu bao gồm các thiết bị đo, sensor, các trạm GPS, các camera (Bảng 2) cho phép thu thập các số liệu về tình trạng làm việc của kết cấu thân cầu, các số liệu chuyên vị, số liệu về điều kiện khí hậu (tốc độ gió, nhiệt độ, lượng mưa) và hiện trạng giao thông trên cầu... Mặc dù được quản lý bởi Tổng cục Đường bộ VN nhưng hệ thống này không có bất cứ báo cáo nào cho bộ GTVT sau 2 năm. Ngoài ra, việc phân tích dữ liệu cũng chưa được thực hiện hoàn chỉnh do thiếu chuyên gia [19].

-  Thiết bị đo vận tốc và hướng gió
-  Chuyển vị kế
-  Nhiệt kế
-  Quan trắc dao động cho dây văng, dầm
-  Máy đo độ nghiêng cho tháp cầu
-  Camera giao thông
-  Trạm quan trắc khí tượng
-  Phòng quản lý



Hình 7. Hệ thống quan trắc cầu Bình

Cầu Cần Thơ: là cầu dây văng có nhịp chính dài nhất Đông Nam Á (550m) tại thời điểm khánh thành (tháng 4/2010), nối thành phố Cần Thơ và tỉnh Vĩnh Long với tổng mức đầu tư khoảng 342.6 triệu USD. Năm 2012, cầu được lắp đặt hệ thống quan trắc (Hình 8) do công ty CHODAI thiết kế, NNT Data thi công và Tổng cục đường bộ quản lý nhằm mục đích tăng cường khả năng khai thác cầu.



Hình 8. Hệ thống quan trắc cầu Cần Thơ

Bảng 2. Hệ thống đo lường SHMS cầu Cần Thơ

Thiết bị đo	Đại lượng đo	Vị trí	Nos
Nhiệt kế	Nhiệt độ không khí	Giữa cầu	1
	Nhiệt độ sàn thép	Giữa cầu	4
	Nhiệt độ dầm DUL	Dầm DUL	4
	Nhiệt độ tháp phía Nam	Tháp phía Nam	4
	Nhiệt độ tại MC mỗi nôi	Nhip phía Nam	4
	Nhiệt độ cáp già	Giữa cầu	1
Phong kế	Vận tốc		1
	Hướng gió		1
Vũ lượng kế	Lượng mưa	Giữa cầu	1
GPS	Độ biến dạng ở những vị trí khác nhau	Đỉnh mỗi tháp	2
		Đáy mỗi tháp	2
		Giữa cầu	2
		Dầm DUL	2
		Cạnh tháp phía Bắc	1
Camera giám sát	Hiện trạng cầu	Cả 2 tháp	4
Gia tốc kế (di động)	Đặc trưng rung động	Phân tán	3
Máy đo biến dạng	Biến dạng dầm thép	Giữa dầm thép	8
Gia tốc kế (cố định)	Rung động cảm ứng	Cáp dài nhất	8

Cầu Rạch Miễu: là cây cầu dây văng hiện đại đầu tiên do Việt Nam tự đầu tư, thiết kế và xây dựng. Với nhịp chính dài 270m, cầu Rạch Miễu đóng vai trò rất quan trọng trong việc kết nối các tỉnh duyên hải miền Tây với TP. Hồ Chí Minh, giảm tải cho quốc lộ 1A. Để đảm bảo cho việc khai thác cầu được thuận lợi, một hệ thống quan trắc cũng đã được lắp đặt cho cầu, trong đó các thông số liên quan đến biến dạng và dao động của cầu (bảng 3) sẽ được cập nhập thường xuyên, cung cấp cho chủ đầu tư những thông tin liên quan đến tình hình thực tế của cầu.

Bảng 3. Thống kê hệ thống quan trắc cầu Rạch Miễu

Danh mục BHM	Số lượng
Đo độ nghiêng tháp cầu	1
Đo thời tiết và biến dạng của tháp và dầm chủ	28
Đo lực căng cáp	28
Thiết bị đo gió	1
Đo động cho dầm chủ	2
Đo động cho cáp treo	4
Thiết bị liên kết	1
Trạm quan trắc	1

4.3. Khó khăn và giải pháp cho hệ thống quan trắc cầu tại Việt Nam

Hiện nay, hệ thống quan trắc cầu ở Việt Nam vẫn còn gặp nhiều thách thức như:

- Việt Nam chưa có tiêu chuẩn hay hướng dẫn chính thức về mục đích, phương pháp thiết kế, phân tích dữ liệu trong lĩnh vực quan trắc cầu.
- Hệ thống quan trắc của các cầu được thiết kế và lắp đặt bởi nhiều công ty và nhà thầu với các thiết bị khác nhau về số lượng, chất lượng lẫn giá cả (thường khá đắt).
- Công tác bảo trì và thay thế thiết bị của hệ thống thường gặp khó khăn.

- Việc xử lý dữ liệu còn gặp nhiều khó khăn do thiếu các chuyên gia lẫn phần mềm chuyên dụng, dẫn đến việc không tận dụng được các trang thiết bị hiện có.

Để khắc phục các nhược điểm trên, một số giải pháp cần sớm được thực hiện như:

- Ban hành quy định cụ thể về hệ thống quan trắc cầu.
- Phải có mục tiêu rõ ràng khi thiết kế hệ thống quan trắc cầu, trong đó cần xác định rõ các vị trí cần thiết để lắp đặt cảm biến phù hợp để giảm chi phí cho hệ thống.
- Lựa chọn các cảm biến, trang thiết bị kỹ thuật phù hợp, cộng với phần mềm xử lý dữ liệu đi kèm tin cậy và có tuổi thọ cao.
- Dữ liệu thu thập được từ hệ thống quan trắc phải được xử lý và phân tích hợp lý để áp dụng kết quả vào công tác bảo dưỡng cầu.

5. Kết luận

- Hệ thống quan trắc cầu rất phức tạp và khá đắt, chúng vẫn chứng tỏ được tính ưu việt của mình so với các phương pháp kiểm định cầu thông thường, đặc biệt là đối với các công trình cầu nhịp lớn. Thông qua việc đo đạc các thông số liên quan đến ngoại lực lẫn dao động của cầu, hệ thống quan trắc sẽ cung cấp các thông tin cần thiết và hữu ích cho các bên liên quan trong việc thiết kế, duy tu bảo dưỡng và quản lý giao thông trên cầu.

- Công tác quan trắc cầu vẫn đang từng bước khẳng định tầm quan trọng trong quá trình thiết kế, thi công và khai thác cầu. Vì vậy việc triển khai và áp dụng các lý thuyết tính toán phù hợp, các kỹ thuật tiên tiến vào công tác quan trắc cầu là hết sức cần thiết và cấp bách, đặc biệt là trong điều kiện Việt Nam hiện nay.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Helmut Wenzel, *Health monitoring of bridges*. Third Edition, John Wiley & Sons, Ltd, 2009.
- [2] Pipinato, Alessio. "Innovative bridge design handbook _ construction, rehabilitation and maintenance". Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier (2015)
- [3] P. Cawley and R. D. Adams. "The location of defects in structural from measurements of natural frequencies". *Journal of Strain Analysis*, Vol. 14 No. 2, pp. 49 - 57, 1979.
- [4] A. Morassi. "Identification of a crack in a rod based on changes in a pair of natural frequencies". *Journal of Sound and Vibration* 242 (4), pp. 577–596, 2001.
- [5] C.R. Farrar, W.E. Baker, T.M. Bell, K.M. Cone, T.W. Darling, T.A. Duffey, A. Eklund, A. Migliori. "Dynamic characterization and damage detection in the I-40 bridge over the Rio Grande". Los Alamos National Laboratory Report LA-12767-MS, 1994.
- [6] Nguyen Danh Thang, Hitoshi Yamada, Hiroshi Katsuchi and Eiichi Sasaki. "Damage detection of a long-span bridge by wind-induced response". IABSE-IASS Symposium London 2011, London, United Kingdom, 2011.
- [7] W.M. West. "Illustration of the use of modal assurance criterion to detect structural changes in an orbiter test specimen". *Proceedings of the Air Force Conference on Aircraft Structural Integrity*, pp. 1–6, 1984.
- [8] J.-H. Kim, H.-S. Jeon, C.-W. Lee. "Application of the modal assurance criteria for detecting and locating structural faults". *Proceedings of the 10th International Modal Analysis Conference*, San Diego, CA, pp. 536–540, 1992

- [9] A.K. Pandey, M. Biswas, M.M. Samman. “Damage detection from changes in curvature mode shapes”. *Journal of Sound and Vibration* 145 (2), 321–332, 1991.
- [10] Wang, Z., Lin, R.M. and Lim, M.K. “Structural damage detection using measured FRF data”. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 147, pp. 187 – 197, 1997.
- [11] Thyagarajan, S.K., Schulz, M.J., and Pai, P.F. “Detecting structural damage using frequency response function”. *Journal of Sound and Vibration*, 210(1), pp. 162 – 170, 1998.
- [12] Sampaio, R.P.C., Maia, N.M.M., Silva, J.M.M. “Damage detection using the frequency-response-function curvature method”. *Journal of Sound and Vibration*, 226, pp. 1029 – 1042, 1999.
- [13] Marvala, T. “Damage identification using committee of neural networks”. *Journal of Engineerin Meachanics*, 126(1), pp. 43 – 50, 2000.
- [14] N. Stubbs, J.-T. Kim, K. Topole. “An efficient and robust algorithm for damage localization in offshore platforms”. *Proceedings of the ASCE 10th Structures Congress*, pp. 543–546, 1992.
- [15] S. Park, N. Stubbs, R. Bolton, S. Choi, C. Sikorsky. “Field verification of the damage index method in a concrete box-girder bridge via visual inspection”. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering* 16 (1), pp.58–70, 2001.
- [16] S. Liberatore, G. P. Carman. “Power spectral density analysis for damage identification and location”. *Journal of Sound and Vibration* 274, pp. 761 – 776, 2004.
- [17] Công ty CP Tư vấn và đầu tư xây dựng ECC (2013). Báo cáo công tác sửa chữa lớp phủ mặt cầu Thuận Phước.
- [18] Bộ Giao Thông Vận Tải Việt Nam. Thông tư 52/2013/TT-BGTVT quy định về quản lý, khai thác và bảo trì công trình đường bộ. 2013
- [19] Tô Nam Toàn. Current status of bridge health monitoring in Vietnam. *Bridge Health Monitoring Technology JSCE – HCMUT Joint Seminar*. Ho Chi Minh City, Vietnam, 2014.