

ẢNH HƯỞNG CỦA VIỆC SUY GIẢM TIẾT DIỆN CÁP TREO ĐẾN NỘI LỰC VÀ BIẾN DẠNG CỦA CẦU DÂY VĂNG 3 NHỊP DƯỚI TÁC DỤNG CỦA HOẠT TẢI XE HL-93

Võ Đình Mùi⁽¹⁾, Nguyễn Đặng Minh Nguyên⁽¹⁾,
Hồ Thu Hiền⁽¹⁾, Nguyễn Danh Thắng⁽¹⁾

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

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

Tóm tắt

Một trong những vấn đề thường gặp ở cầu dây văng là sự hư hỏng cáp dây văng do ăn mòn từ môi trường, do các tai nạn va chạm trực tiếp hoặc gián tiếp tác động vào dây văng hay sự mất mát lực căng dây văng trong quá trình khai thác. Các hư hỏng từ những nguyên nhân trên thường dẫn đến sự suy giảm tiết diện từ đó làm giảm khả năng chịu tải của dây văng và tuổi thọ của công trình bị ảnh hưởng nghiêm trọng, có thể dẫn đến nguy cơ sụp đổ trong quá trình khai thác sử dụng. Bài báo này đi sâu vào phân tích ảnh hưởng của sự suy giảm tiết diện cáp treo đến nội lực và biến dạng của cầu dây văng 3 nhịp dưới tác dụng của hoạt tải xe HL-93.

Từ khóa: cầu dây văng, suy giảm tiết diện, hư hỏng cầu

Abstract

THE EFFECT OF THE LOSS OF HANGER'S AREA ON INTERNAL FORCE AND DEFORMATION OF THREE-SPAN CABLE-STAYED BRIDGE UNDER HL-93 LOADING

One of the common problems of cable-stayed bridge is cable deterioration, which may be caused by surroundings corrosion, vehicle collision or the loss of cable tension force. Following this problem, the cable's cross area could be reduced in size and affect directly to bridge's stability and bearing capacity or even leading to the collapse of construction. This paper study on this problem and focuses on the effect of the loss of hanger's area on internal force and defomation of three-span cable-stayed bridge under HL-93 loading.

1. Giới thiệu

Cầu dây văng hiện đại ngày càng được xây dựng nhiều trên thế giới nói chung và Việt Nam nói riêng do có kết cấu phù hợp, tính kinh tế, tính thẩm mỹ cao cùng với chiều dài nhịp lớn, giúp mở ra nhiều giải pháp kiến trúc phù hợp. Tại Việt Nam, do điều kiện đất nước còn nhiều khó khăn nên công nghệ xây dựng và thi công cầu vẫn còn khoảng cách khá xa so với thế giới nhưng chúng ta cũng đã thiết kế và thi công một số cầu dây văng như cầu Mỹ Thuận, Bãi Cháy, Rạch Miễu, Phú Mỹ, Cần Thơ...

Trong cầu dây văng, dây văng đóng vai trò rất quan trọng để đỡ các hệ dầm nên phải được thiết kế với cường độ, sức kháng mỏi và tuổi thọ cao. Vấn đề thi công và điều kiện bảo

dưỡng cho dây phải đặc biệt chú ý. Dao động của dây văng là một hiện tượng khó có thể dự đoán do bị ảnh hưởng của rất nhiều yếu tố gây ra như: hoạt tải xe, gió... thường gặp rất nhiều khó khăn trong việc duy tu, bảo dưỡng, phát hiện hư hỏng do có số bậc tự do lớn, được cấu thành bởi nhiều loại vật liệu và nhiều chi tiết khác nhau. Chính vì vậy vấn đề ngăn chặn các rủi ro gây ra hư hỏng hệ dây cáp dẫn đến nguy cơ sập cầu trong quá trình khai thác, cũng như vấn đề đảm bảo tuổi thọ dự kiến của hệ dây văng sao cho tương ứng với tuổi thọ thiết kế của cầu vẫn là những vấn đề luôn được chú ý đặc biệt [1, 2].

Ở nước ta, số lượng cũng như chất lượng các nghiên cứu về cầu dây văng còn nhiều hạn chế. Phần lớn các cầu dây văng hiện tại mới được xây dựng chưa có nhiều nghiên cứu các hư hỏng cũng như nguyên nhân gây ra hư hỏng đó [3, 4], nhất là việc nghiên cứu sâu ảnh hưởng của việc suy giảm tiết diện dây văng đến khả năng chịu tải và biến dạng của cầu ở các trường hợp cụ thể. Việc nghiên cứu ảnh hưởng của việc suy giảm tiết diện cáp treo đến nội lực và biến dạng của cầu treo dây văng là một trong những vấn đề rất cần thiết và cấp bách để cung cấp thêm các kiến thức chuyên sâu cho việc thiết kế công trình cầu dây văng cũng như công tác duy tu, sửa chữa các hư hỏng, nâng cao tuổi thọ của công trình và đảm bảo an toàn cho người tham gia giao thông.

2. Một số dạng hư hỏng thường gặp của cáp treo cầu dây văng

Sau một thời gian sử dụng, hệ thống cáp treo cầu mặc dù đã được trang bị nhiều lớp bảo vệ nhưng vẫn có thể xuất hiện các hư hỏng, xuống cấp do các tác động cơ học, hoá học từ môi trường bên ngoài như:

- Các tác động hoá học làm ăn mòn cáp treo cầu dây văng (hình 1) là một trong những nguyên nhân gây ra hư hỏng hàng đầu cho cầu treo vì điều kiện xây dựng đặc thù của loại cầu vượt nhịp lớn này thông thường là ở gần biển hoặc các con sông lớn nơi có nồng độ muối và độ ẩm không khí cao. Các tác động này gồm: (1) Sự ăn mòn hoá học xảy ra từ bên ngoài do các lớp bảo vệ bị hư hỏng tạo điều kiện cho muối và nước xâm nhập vào (tỷ lệ ăn mòn của dây văng tăng lên rất cao khi độ ẩm môi trường xung quanh lớn) (hình 2); (2) Sự ăn mòn xảy ra từ bên trong bó cáp do các khuyết tật của vữa ống gen để lại các lỗ rỗng. (Dưới điều kiện nhiệt độ thích hợp, hơi nước trong các lỗ rỗng sẽ ngưng tụ và tiếp xúc trực tiếp với cáp dây văng và gây ăn mòn. Dạng ăn mòn này thường khó phát hiện do không có các dấu hiệu cụ thể bên ngoài. Theo thời gian, sự hư hại sẽ lớn dần và thậm chí có thể dẫn đến đứt cáp nếu không phát hiện và sửa chữa kịp thời).

- Các tác động cơ học như va chạm của các phương tiện lưu thông trên cầu hay dưới cầu (hình 3). Các hư hỏng do nguyên nhân này thường mang tính ngẫu nhiên làm cho ứng suất trong dây văng tăng đột ngột vượt quá giá trị cho phép gây đứt cáp.



Hình 1. Hư hỏng dây văng do ăn mòn

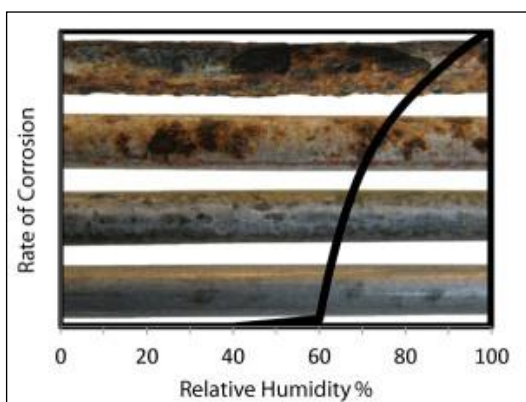
Khi cáp dây văng bị ăn mòn hoặc đứt sẽ làm giảm độ ổn định kết cấu của cầu, dẫn đến khả năng chịu tải của cầu bị ảnh hưởng như: tăng độ võng, ứng suất trong dầm tăng, xuất hiện các vết nứt trong bê tông,... Tuy nhiên ứng với mỗi trường hợp đứt cáp thì nội lực và biến dạng của cầu sẽ thay đổi khác nhau.

3. Ảnh hưởng của suy giảm tiết diện dây văng đến nội lực và biến dạng của cầu dây văng

3.1. Cơ sở lý thuyết

Do tác động từ môi trường, cáp dây văng có khả năng bị ăn mòn ảnh hưởng đến nội lực và biến dạng của cầu. Khi tiết diện cáp dây văng ban đầu A_{ps} giảm đi một lượng ΔA_{ps} , với lực căng trong cáp ban đầu F_1 không đổi, ứng suất trong cáp sẽ tăng lên $\Delta\sigma_{ps}$, đồng thời ứng suất nén trong bê tông ban đầu σ_{c1} cũng mất mát đi một lượng $\Delta\sigma_c$ tương ứng với sự suy giảm tiết diện ΔA_{ps} này. Như vậy, sự gia tăng ứng suất trong cáp được xác định theo công thức sau [5]:

$$\Delta\sigma_{ps} = \frac{F_1}{A_{ps} - \Delta A_{ps}} - \frac{F_1}{A_{ps}} = F_1 \frac{\Delta A_{ps}}{A_{ps} - \Delta A_{ps}} \quad (1)$$



Hình 2. Tác dụng của độ ẩm đến ăn mòn cốt thép



Hình 3. Hư hỏng dây văng do va chạm tàu ở cầu Bình (Hải Phòng)

Ứng suất nén trong bê tông sau khi có sự mất mát tiết diện cáp được xác định như sau:

$$\sigma_{c2} = -\sigma_c + \Delta\sigma_c = -\sigma_c + \frac{\Delta\sigma_{ps} \Delta A_{ps}}{A_c} \quad (2)$$

Các giới hạn cho phép của nội lực và chuyển vị được cho theo các công thức sau [6]:

- Chuyển vị cho phép:

$$\delta = \frac{L}{1000} \quad (3)$$

Trong đó: δ : chuyển vị cho phép (m); L : chiều dài của cầu (m);

- Ứng suất nén cho phép:

$$f_c = 0,45 f'_c \quad (4)$$

Trong đó: f_c : giới hạn ứng suất nén (MPa); f'_c : cường độ chịu nén danh định bê tông (MPa)

- Ứng suất tiếp cho phép:

$$\tau = 0,5 \sqrt{f'_c} \quad (5)$$

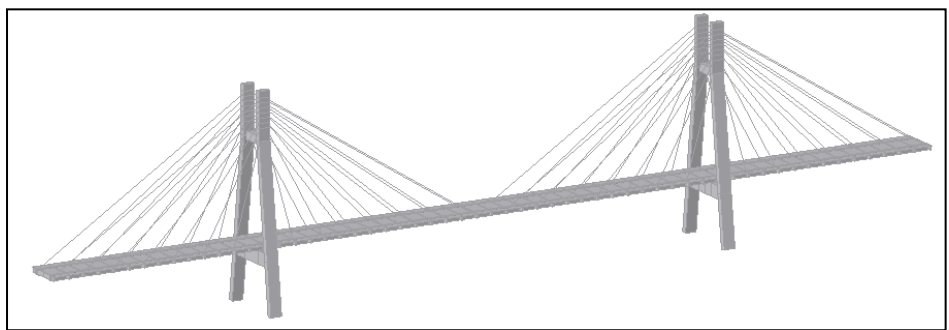
Trong đó: τ : ứng suất tiếp cho phép (MPa); f'_c : cường độ chịu nén danh định bê tông (MPa).

- Điều kiện đặt ra là ứng suất trong cáp dây văng nhỏ hơn giới hạn chảy của cáp, nghĩa là chỉ xét cáp làm việc trong giai đoạn đàn hồi như thiết kế ban đầu.

3.2. Mô hình cầu dây văng bằng MIDAS/Civil

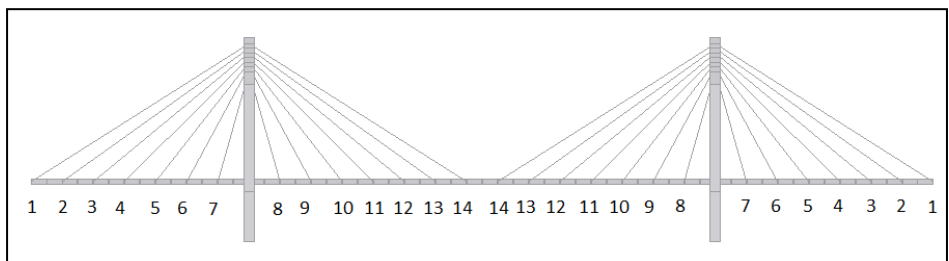
Cầu dây văng 3 nhịp có thông số với nhịp chính dài 150m và 2 nhịp biên dài 70m được mô hình hoá và phân tích bằng phần mềm MIDAS/Civil 2011. Trong đó, cáp treo sử dụng là loại tao 7 sợi (cáp 250), đường kính danh định là 15.24mm, 20 tao/bó (diện tích là 0.002787m²). Bên cạnh đó, hoạt tải được sử dụng là hoạt tải xe HL-93 theo tiêu chuẩn thiết kế cầu 22 TCN-272-05 (hình 4 và hình 5), gây ra chuyển vị lớn nhất tại dầm cầu là 0.274m tại giữa cầu (hình 6).

Hình 4. Mô hình 3D cầu bằng MIDAS/Civil 2011

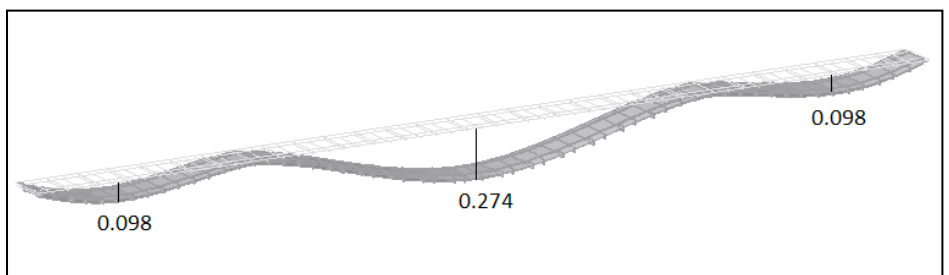


Mô hình cầu được sử dụng có tổng cộng 14 đôi cáp. Mỗi đôi cáp lần lượt được giả thiết bị mất 5%, 10%, 20%, 40%, 80% và 100% tiết diện do ăn mòn để phân tích ảnh hưởng của chúng đến nội lực và biến dạng của cầu.

Hình 5. Sơ đồ các dây văng trong cầu



Hình 6. Chuyển vị lớn nhất của dầm dưới tác dụng của hoạt tải

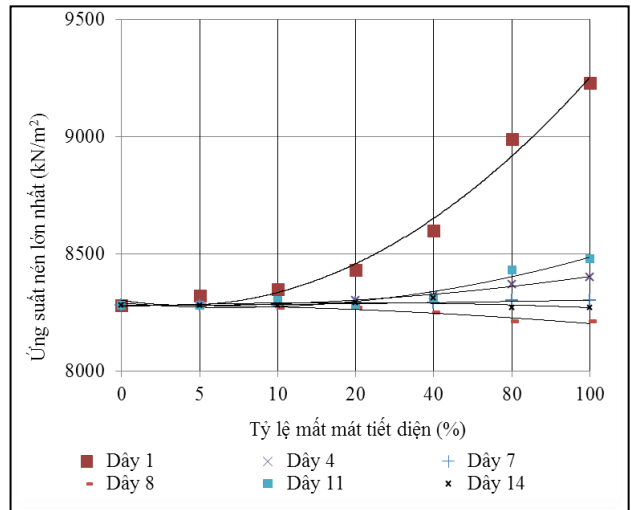


3.3. Ảnh hưởng của suy giảm tiết diện cáp treo đến nội lực và biến dạng của cầu

Dựa vào phần mềm MIDAS/Civil, nội lực và chuyển vị của cầu sẽ được ghi nhận và phân tích gồm: ứng suất nén lớn nhất, ứng suất tiếp lớn nhất của bê tông dầm và chuyển vị lớn nhất tại giữa nhịp cầu. Kết quả phân tích cho thấy: (1) Ứng suất nén lớn nhất trong dầm bê tông cốt thép thay đổi không đáng kể khi một cặp dây văng bất kỳ bị ăn mòn (hình 7). (2) Phần lớn các

cáp dây văng bị hư hỏng sẽ không gây ảnh hưởng đáng kể lên ứng suất tiếp lẫn chuyển vị của dầm cầu, ngoại trừ cáp dây cáp ngoài cùng của cầu (dây 1) bị mất mát tiết diện (hình 8 và hình 9). Do đó cần phải chú ý đặc biệt đến cáp dây cáp ngoài cùng trong quá trình thiết kế lẫn khai thác.

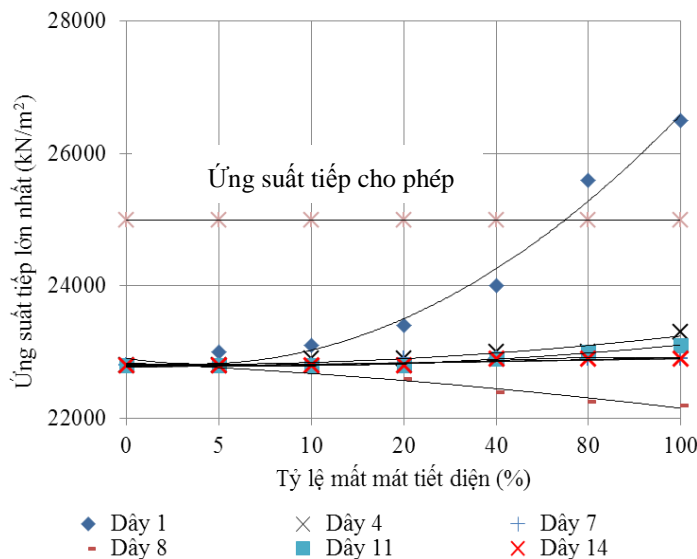
Hình 7. Quan hệ giữa ứng suất nén lớn nhất trong bê tông dầm chính và mất mát diện tích của các cặp cáp treo



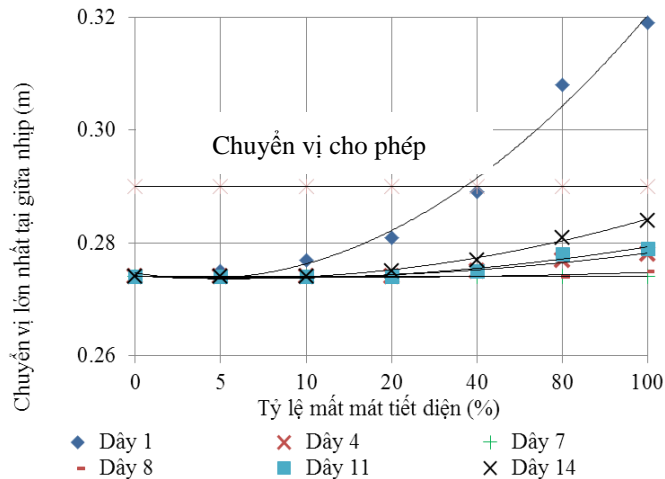
4. Kết luận

- Trường hợp mất mát tiết diện nguy hiểm nhất là đối với các dây gần mô (dây 1, 2). Sự gia tăng ứng suất và chuyển vị ở các dây này tăng nhanh, đột biến và có thể dẫn đến sập cầu. Các dây còn lại mặc dù có thay đổi nhưng không đáng kể.

- Sự ăn mòn cáp dây văng diễn ra từ từ và ở giai đoạn đầu thường có rất ít biểu hiện ra bên ngoài để nhận biết do nội lực và chuyển vị của cầu thay đổi rất ít. Khi sự ăn mòn đạt đến trường hợp tiết diện cáp dây văng mất khoảng 40% thì nội lực và chuyển vị của cầu thay đổi nhanh hơn, các ảnh hưởng đến kết cấu rõ rệt hơn. Do đó, khi phát hiện hư hỏng, dây văng cần nhanh chóng được sửa chữa để tránh gây ra các ảnh hưởng nặng nề đến kết cấu chung của cầu.



Hình 8. Quan hệ giữa ứng suất tiếp lớn nhất trong bê tông dầm chính và mất mát diện tích của các cặp cáp treo



Hình 9. Quan hệ giữa chuyển vị lớn nhất của dầm chính cầu và mất mát diện tích của các cặp cáp treo

- Để có kết quả mang tính tổng quát hơn, ta cần tiến hành nghiên cứu thêm nhiều trường hợp mất mát ứng suất hơn như tổ hợp mất mát của 2 hay nhiều hơn các dây cùng mất mát đồng thời với sự suy giảm tiết diện khác nhau ở mỗi dây, cũng như nghiên cứu nhiều dạng kết cấu nhịp khác nhau.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Gu M, Xu YL, Chen LZ, Xiang HF (1999), *Fatigue life estimation of steel girder of Yangpu cable-stayed bridge due to buffeting*. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 80 pp. 6384 – 400.
- [2] O. Sorensen, M.L. Bloomstine, P.G. Buckland (2010), *Replacement of suspension bridge suspenders and main cables*. Proceeding of the Firth International Conference on Bridge maintenance, Safety and Management, Philadelphia, Pennsylvania, USA.
- [3] Nguyễn Danh Thắng, Hồ Thu Hiền (2015), *Ảnh hưởng của sự ăn mòn tiết diện cáp treo đến dao động của cầu dây văng dưới tác dụng của gió*, Tạp chí Xây dựng, trang 36-39.
- [4] Nguyen Danh Thang, Ho Thu Hien (2016), *Typical damage of long-span bridges in Viet Nam and reasonable maintenance concept*, EASEC-14 The Fourteenth East Asia – Pacific Conference on Structural Engineering and Construction, pp.559-560.
- [5] Phạm Ngọc Hưng, Nguyễn Danh Thắng, Hồ Thu Hiền (2015), *Ảnh hưởng của mất mát ứng suất cáp dự ứng lực ngoài đến khả năng chịu tải của cầu dầm hộp bê tông cốt thép đúc sẵn*. Tạp chí Xây dựng, trang 32-35.
- [6] Bộ Giao Thông Vận tải (2005), *Tiêu chuẩn Thiết kế Cầu 22TCN 272-05*.

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại Học Bách Khoa – Đại học Quốc Gia thành Phố Hồ Chí Minh (Đề tài mã số SVCQ-2015-KTXD-68).