

ẢNH HƯỞNG CỦA ĂN MÒN DẦM THÉP ĐẾN KHẢ NĂNG CHỊU LỰC CỦA CẦU THÉP – BÊ TÔNG CỐT THÉP LIÊN HỢP GIẢN ĐƠN DƯỚI TÁC DỤNG CỦA HOẠT TẢI XE

Hồ Sĩ Vị⁽¹⁾, Nguyễn Danh Thắng⁽¹⁾, Hồ Thu Hiền⁽¹⁾

⁽¹⁾ Trường Đại học Bách Khoa (VU-HCM)

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

Tóm tắt

Hiện nay rất nhiều cầu thép đã và đang được xây dựng tại Việt Nam nhằm đáp ứng nhu cầu vận tải ngày càng tăng cao. Trong số đó, không ít cầu nằm ở các vùng ven biển chịu sự ăn mòn mãnh liệt dưới tác dụng của môi trường, nhiệt độ... Chính vì vậy, việc nghiên cứu ảnh hưởng ăn mòn của dầm thép đến khả năng chịu lực của cầu thép là vô cùng quan trọng và cấp bách nhằm mục đích đánh giá sự tác động của việc suy giảm tiết diện dầm do ăn mòn đến khả năng làm việc của cầu. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm làm rõ vấn đề trên thông qua việc phân tích mô hình phần tử hữu hạn của cầu bằng phần mềm MIDAS/Civil 2011. Kết quả thu được có thể được sử dụng để dự đoán được xu hướng và mức độ suy giảm khả năng chịu lực của dầm thép dưới tác dụng của ăn mòn, từ đó đề ra các biện pháp duy tu, bảo dưỡng nâng cao tuổi thọ của công trình cầu thép.

Từ khóa: ăn mòn, dầm thép, chịu lực, tiết diện, hoạt tải

Abstract

EFFECTS OF CORROSION OF STEEL GIRDER ON BEARING CAPACITY OF COMPOSITE STEEL BRIDGE UNDER VEHICLES LOADING

Currently a lot of steel bridges have been built in Vietnam in order to meet transport demand increasing. Among them, many bridges are located in coastal area where subject to intensive corrosion under the influence of the environment, temperature,... Therefore, the study of influence of corrosion of steel girder to the bearing capacity of these bridges is extremely important and urgent to assess the health of these bridges. This study was conducted to solve this problem through the finite element model of the bridge by MIDAS/Civil 2011 software. The results can be used to predict the trend and deterioration level of bearing capacity of corrosive steel girder, and propose some solutions for bridge's maintenance.

1. Giới thiệu

Với những ưu điểm như: tối đa hóa tiến độ thi công, có độ cứng lớn, độ bền cao, trọng lượng bản thân nhẹ, độ võng nhỏ, khả năng vượt nhịp lớn, kết cấu thép được sử dụng rộng rãi trong ngành xây dựng nói chung và công trình cầu nói riêng. Vật liệu thép lại có nhược điểm rất lớn là dễ bị ăn mòn, phá hủy bởi tác động của môi trường, nhiệt độ... làm giảm tuổi thọ của công trình (hình 1). Đã có một số nghiên cứu trong và ngoài nước nhằm đánh giá sự tác động của ăn mòn lên các loại kết cấu thép nói chung như: ăn mòn cốt thép và ảnh hưởng của nó tới

ứng xử của kết cấu bê tông cốt thép [1], mô hình hóa quá trình ăn mòn cốt thép trong bê tông của kết cấu nhịp cầu [2], ăn mòn và phá hủy vật liệu kim loại trong môi trường khí quyển nhiệt đới Việt Nam [3]... Tuy nhiên nghiên cứu về tác động của ăn mòn trong cầu dầm thép liên hợp bản bê tông cốt thép vẫn chưa được coi trọng đúng mức.

Ăn mòn kim loại là hiện tượng phá hủy bề mặt dần dần của các vật liệu kim loại do tác dụng hóa học hoặc tác dụng điện hóa giữa kim loại với môi trường bên ngoài. Bản chất kim loại, sự kết hợp nhiệt độ và độ ẩm của môi trường, mức độ ô nhiễm không khí và hàm lượng muối trong khí quyển là những yếu tố quyết định đến tốc độ ăn mòn của kim loại. Việt Nam nằm trong khu vực khí hậu nhiệt đới gió mùa, mưa nhiều và giáp biển làm quá trình ăn mòn diễn ra rất nhanh. Vì vậy việc nghiên cứu sự tác động của ăn mòn đến kết cấu thép là hết sức cần thiết và cấp bách để đảm bảo lưu thông an toàn cho các phương tiện giao thông vận tải.



Hình 1. Dầm chủ Cầu Long Biên (Hà Nội) bị hư hỏng do ăn mòn

2. Cơ sở lý thuyết

2.1. Ứng suất của dầm chịu uốn

Ứng suất trong dầm cầu thép liên hợp bản bê tông cốt thép được xác định như gồm [4]:

- Ứng suất tiếp tại một điểm bất kỳ cách trục trung hòa một đoạn là x được xác định theo công thức:

$$\tau_{zy} = \frac{Q_y S_x^c}{I_x b^c} \quad (1)$$

Trong đó: Q_y : Lực cắt tại tiết diện tính ứng suất (kN); S_x^c : Diện tích tiết diện ở dưới mức y mà tại đó có ứng suất pháp τ_{zy} tác động (m^2); I_x : Mô men quán tính đối với trục x (m^4); b^c : Bề rộng tiết diện tại điểm đang xét (m).

- Ứng suất pháp của dầm chịu uốn:

$$\sigma_z = \frac{M_x}{I_x} y \quad (2)$$

Trong đó: M_x : Mô men uốn theo phương dọc cầu (kN.m); I_x : Mô men quán tính đối với trục x (m^4); y : Khoảng cách từ trục trung hòa đến điểm tính ứng suất.

- Ứng suất cực đại trong dầm (theo thuyết bền ứng suất tiếp cực đại):

$$f_f = \sqrt{\sigma_z^2 + 4\tau_{zy}^2} \quad (3)$$

Đối với mặt cắt liên hợp thép – bê tông cốt thép, dầm cầu được xem là đủ khả năng chịu lực khi [5]:

$$f_f \leq 0.95R_b R_h F_{yf} \quad (4)$$

Trong đó: f_f : Ứng suất bản cánh do tải trọng khai thác gây ra (MPa); R_b : Hệ số truyền tải trọng, với $R_b=1$ [5]; R_h : Hệ số lai, với $R_h=1$ [5]; F_{yf} : Cường độ chảy nhỏ nhất quy định của bản cánh (MPa).

Khi ngoại lực tác dụng không đổi, theo (1) và (2) thì ứng suất trong dầm sẽ tăng, nếu tiếp tục bị suy giảm tiết diện đến một thời điểm nào đó, ứng suất lớn nhất trong dầm f_f sẽ vượt quá giới hạn cho phép, bất phương trình (4) không còn thỏa mãn. Dầm không đủ khả năng chịu lực.

2.2. Chuyển vị của dầm chịu uốn

Phương trình đường đàn hồi để xác định chuyển vị của dầm là [4]:

$$y = \int \left(\int -\frac{M_x}{EI_x} dz + C \right) dz + D \quad (5)$$

Độ võng của dầm phải thỏa mãn điều kiện sau đây [5]:

$$y \leq \Delta_{cp} = \frac{L}{800} \quad (6)$$

Trong đó: y : Độ võng do hoạt tải (mm); L : Chiều dài nhịp tính toán (mm).

Theo phương trình (5), khi ngoại lực tác dụng không đổi, tiết diện dầm bị suy giảm thì chuyển vị trong dầm sẽ tăng lên. Đến thời điểm nhất định, bất phương trình (6) sẽ không còn thỏa mãn. Dầm không thể đáp ứng điều kiện làm việc bình thường theo tiêu chuẩn quy định (chuyển vị vượt quá giới hạn cho phép).

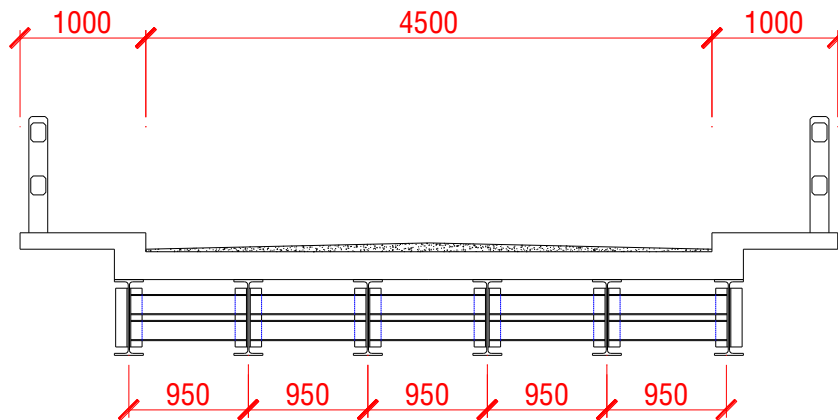
3. Mô hình hóa và tiến hành phân tích

Để thuận tiện cho việc nghiên cứu, cầu Bà Tiếng (hình 2) được lựa chọn để phân tích với các thông số cơ bản như hình 3. Cầu Bà Tiếng có kết cấu dầm thép giản đơn liên hợp bản bê tông cốt thép, được xây dựng và đưa vào khai thác năm 1993. Vị trí: nằm trên đường Hồ Ngọc Lâm (quận Bình Tân, TP. Hồ Chí Minh). Khổ cầu: 4.5m + 2 lề bộ hành x 1m = 6.5m. Chiều dài cầu: 24m gồm 2 nhịp, kết cấu dầm thép giản đơn liên hợp bản bê tông cốt thép. Tải trọng khai thác hiện hữu: 13 tấn. Mặt cắt ngang cầu: 6 dầm thép; lan can, lề bộ hành bằng bê tông cốt thép đổ tại chỗ.

Kết quả khảo sát cho thấy quá trình ăn mòn đã và đang diễn ra cho dù các dầm đã được sơn chống gỉ. Ăn mòn diễn ra mạnh mẽ ở những khu vực khuất của dầm, cụ thể vị trí gần mố, trên trụ (đoạn dầm cách mố, trụ khoảng 1÷2 m) (hình 4). Do đây là những vị trí khuất, độ ẩm lớn, nước mưa thường xuyên đọng, thường dễ bị bỏ sót trong quá trình kiểm tra, sửa chữa nên nên tốc độ ăn mòn tại những vị trí này thường nhanh hơn nhiều so với những vị trí khác trên dầm.



Hình 2. Kết cấu dầm thép cầu Bà Tiếng



Hình 3. Mặt cắt ngang cầu Bà Tiếng

Hình 4. Vị trí ăn mòn dầm cầu Bà Tiếng (nặng nhất tại vị trí gần mố)



Dựa trên kết quả khảo sát thực tế hiện trạng, tốc độ ăn mòn dầm thép tại vị trí hai đầu dầm thường lớn hơn nhiều so với giữa dầm, do đó trong quá trình mô hình sẽ giả tại đầu dầm của tất cả các dầm bị suy giảm nhanh hơn so với giữa dầm (hình 4). Phần mềm MIDAS/Civil được sử dụng để mô hình hóa cầu Bà Tiếng với các thông số (hình 5):

- Vật liệu thép dầm: giới hạn chảy $f_y=345$ MPa, mô đun đàn hồi $E_s=2.10^5$ MPa, trọng lượng riêng $\gamma_s = 78.5kN/m^3$.

- Vật liệu Bê tông bản mặt cầu: cường độ chịu nén ở tuổi 28 ngày $f'_c=28$ MPa, mô đun đàn hồi $E_c=26752$ MPa, trọng lượng riêng $\gamma_c = 24kN/m^3$.

- Hệ số Poisson: 0.3, hệ số giãn nở nhiệt $1,17.10^{-5}$ 1/độ.

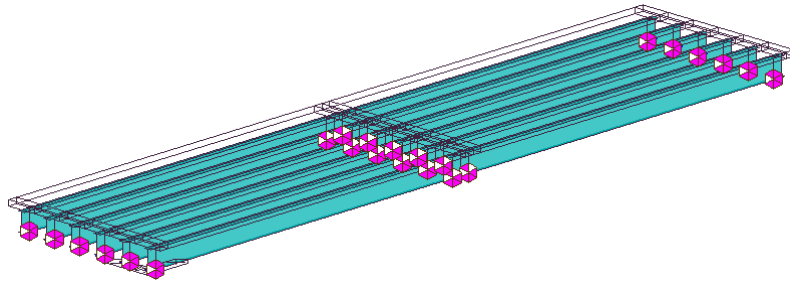
Cầu được thiết kế theo tiêu chuẩn 22TCN 18-79 và tải trọng hiện hữu khai thác là 13 T nên để phù hợp với thực tế, hoạt tải xe dùng trong mô hình hóa kết cấu bằng MIDAS/Civil ta vẫn sử dụng theo Tiêu chuẩn AASHTO-LRFD, tuy nhiên đối với tải trọng xe ta thay bằng xe 2 trục có tải trọng 13 T, khoảng cách hai trục là 4m được dùng trong công tác kiểm định cầu.

4. Kết quả phân tích

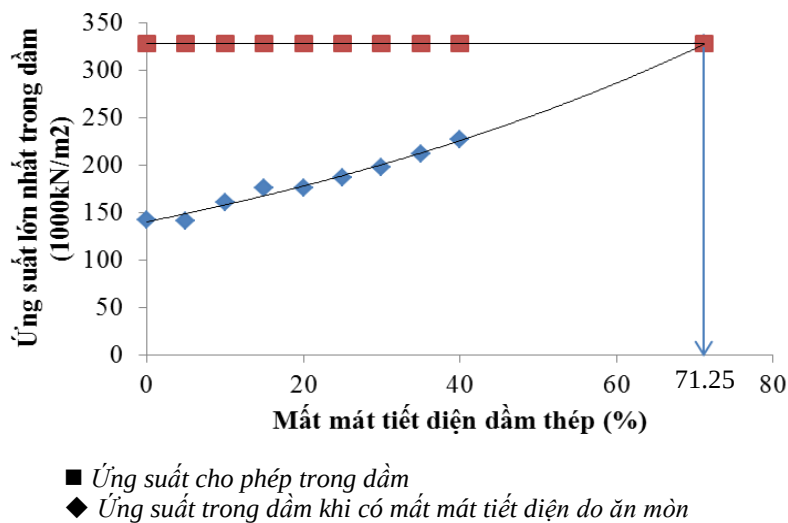
4.1. Ứng suất

Dựa vào kết quả phân tích từ MIDAS/ Civil, khi diện tích tiết diện các dầm bị suy giảm do ăn mòn thì khả năng chịu lực của dầm cũng giảm theo do ứng suất của dầm tăng

lên. Tuy nhiên, khi tiết diện suy giảm thì ứng suất trong các dầm tăng không đáng kể. Để đạt tới giới hạn ứng suất thì tiết diện các dầm phải bị ăn mòn **71.25%** (hình 6).



Hình 5. Mô hình hóa kết cấu cầu Bà Tiếng trong Midas Civil 2011



Hình 6. Ảnh hưởng của suy giảm tiết diện đến ứng suất lớn nhất trong dầm

4.2. Chuyển vị

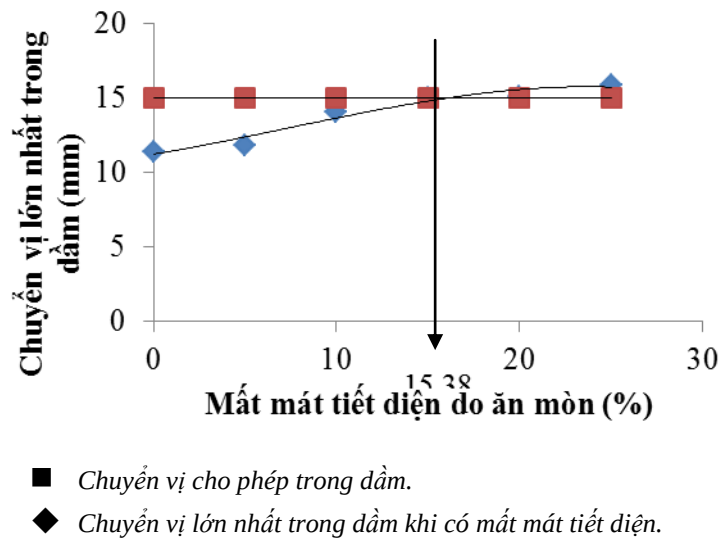
Tương tự như ứng suất, khi tiết diện các dầm bị suy giảm do ăn mòn thì chuyển vị thẳng đứng trong dầm cũng tăng lên. Tuy nhiên, chuyển vị lại nhanh chóng vượt qua giới hạn cho phép khi tiết diện dầm bị suy giảm đi **15.38%** (hình 7).

5. Kết luận

- Kết quả phân tích sự ảnh hưởng của suy giảm tiết diện do ăn mòn dưới tác dụng của hoạt tải xe đến khả năng chịu lực của dầm đã đánh giá được chi tiết tác hại của ăn mòn đối với dầm thép. Sự ăn mòn theo thời gian sẽ làm giảm khả năng chịu lực của dầm, giảm tuổi thọ của công trình. Nếu quá trình ăn mòn dầm thép diễn ra liên tục trong thời gian dài thì dầm sẽ không còn đủ đáp ứng điều kiện làm việc bình thường của hệ kết cấu (chuyển vị đạt tới giới hạn cho phép) trước khi đạt đến trạng thái giới hạn về cường độ (ứng suất đạt đến giá trị cho phép).

- Để nâng cao tuổi thọ công trình cầu dầm thép, chúng ta cần phải có kế hoạch duy tu sửa chữa định kì, đặc biệt đối với các công trình cầu cũ, đã đưa vào sử dụng nhiều năm. Tập trung kiểm tra tại những vị trí có tốc độ ăn mòn nhanh như đầu dầm tại mố, tại trụ hoặc tại những vị trí hay đọng nước, tụ rác thải... nhằm kịp thời phát hiện các dấu hiệu ăn mòn,

tiến hành các biện pháp nạo, sơn chống gỉ bảo vệ kết cấu. Quá trình sơn cầu, vệ sinh toàn cầu phải được tiến hành định kỳ, thường xuyên để hạn chế những thiệt hại do ăn mòn lên kết cấu cầu.



Hình 7. Ảnh hưởng của suy giảm tiết diện do ăn mòn đến chuyển vị lớn nhất trong dầm

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Vũ Ngọc Anh (2014), *Ăn mòn cốt thép và ảnh hưởng của nó tới ứng xử của kết cấu bê tông cốt thép*, Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội.
- [2] Đỗ Minh Hiếu (2011), *Mô hình hóa quá trình ăn mòn cốt thép trong bê tông của kết cấu nhịp cầu*, Trường MADI – Moscow – Liên Bang Nga.
- [3] Lê Thị Hồng Liên (2012), *Ăn mòn và phá hủy vật liệu kim loại trong môi trường khí quyển nhiệt đới Việt Nam*, Tạp chí Khoa học và Công nghệ 50(6).
- [4] Đỗ Kiến Quốc, Nguyễn Thị Hiền Lương, Bùi Công Thành, Lê Hoàng Tuấn, Trần Tấn Quốc (2012), *Giáo trình Sức bền vật liệu*, NXB Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh.
- [5] Bộ Giao thông Vận tải (2007), *Tiêu chuẩn thiết kế cầu 272-05*, NXB Giao thông Vận tải.
- [6] Nguyễn Thành Lộc (2013), *Ăn mòn và bảo vệ vật liệu kim loại*, Trường Đại học Bách Khoa (VNU-HCM).

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại Học Bách Khoa – Đại học Quốc Gia Thành phố Hồ Chí Minh.