

NGHIÊN CỨU HỆ SỐ ĐỘNG LỰC TRONG CẦU VÒM ỐNG THÉP NHỒI BÊ TÔNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP SỐ CHỊU TÁC DỤNG CỦA TẢI DI ĐỘNG

● TRẦN VĂN KHÁNH - NGUYỄN THANH TÂM

TÓM TẮT:

Bài nghiên cứu trình bày một số kết quả phân tích hệ số động lực (HSĐL) của lực cắt, lực dọc và mômen trong cầu vòm ống thép nhồi bê tông (ÔTNBT) do tải trọng xe di động gây ra. Kết quả cho thấy HSĐL của lực cắt, lực dọc và mômen của cầu vòm ÔTNBT ứng với tốc độ xe chạy qua cầu đến phạm vi khai thác đa số đều lớn hơn HSĐL đang được áp dụng tại Việt Nam là 1.25 theo tiêu chuẩn 22TCN-272-05. Do vậy, việc sử dụng chung một HSĐL theo các qui trình thiết kế cầu cần lưu ý thêm. Kết quả nghiên cứu là tài liệu tham khảo giúp cho các kỹ sư có thêm thông tin để phân tích thiết kế cầu an toàn và phù hợp với yêu cầu khai thác trong thực tế.

Từ khóa: cầu vòm ống thép nhồi bê tông, tải trọng di động, hệ số động lực.

1. Đặt vấn đề

Hiện nay, việc xây dựng cầu qua các sông rộng và sâu, có nhu cầu lưu thông đường thủy lớn và điều kiện địa chất phức tạp đang đòi hỏi phải sử dụng các loại nhịp khẩu độ lớn hàng trăm mét. Với khẩu độ nhịp lớn như vậy, một số cấu kiện chịu lực nén chính như vòm chính của cầu vòm, thanh mạ cong trong cầu giàn, hệ móng cọc của kết cấu trụ, thân trụ cần có khả năng chịu lực cao và độ cứng lớn. Trong trường hợp này kích thước mặt cắt ngang của các cấu kiện sẽ rất lớn, dẫn đến tăng chi phí xây dựng cũng như tăng độ phức tạp trong quá trình vận chuyển, thi công. Vì vậy, kết cấu ÔTNBT đã được nghiên cứu phát triển để khắc phục các nhược điểm trên.

Kết cấu ÔTNBT đã đáp ứng được yêu cầu về chịu lực cao, độ cứng lớn, và giảm được trọng lượng bản thân cấu kiện. Cầu vòm ÔTNBT đã được xây dựng tại Liên Xô từ những năm 1930 với 2 cầu khẩu độ 140m qua sông Ixet và 101m qua sông Neva. Từ năm 1990 đến nay, cầu vòm

ÔTNBT đã được phát triển mạnh mẽ ở Trung Quốc, với nhiều loại hình kết cấu nhịp vòm chạy trên, chạy dưới, chạy giữa, kết cấu có hoặc không có thanh căng. Với các tiết diện tổ hợp từ 3 ống thép trở lên, cầu vòm ÔTNBT có thể vượt nhịp lên tới 360m.

Hiện nay, các nước khác trên thế giới còn sử dụng kết cấu ÔTNBT trong lĩnh vực xây dựng. Tại Việt Nam cũng đã xây dựng xong 3 cầu vòm ÔTNBT trên đường Nguyễn Văn Linh - TP. Hồ Chí Minh do tư vấn nước ngoài thiết kế. Trong những năm gần đây, cùng với sự phát triển của khoa học và công nghệ, việc xây dựng các cây cầu nhịp lớn ngày càng được hoàn thiện và triển khai ứng dụng rộng rãi, kết cấu cầu vòm thép được nghiên cứu ứng dụng công nghệ thi công tiên tiến, hiện đại nhằm đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật cũng như nhu cầu khai thác, sử dụng cao của con người.

Hiệu ứng động lực học trong kết cấu tăng lên rất nhanh khi tần số của các tác nhân kích động ở trong khoảng xấp xỉ hoặc là bội số của tần số dao động

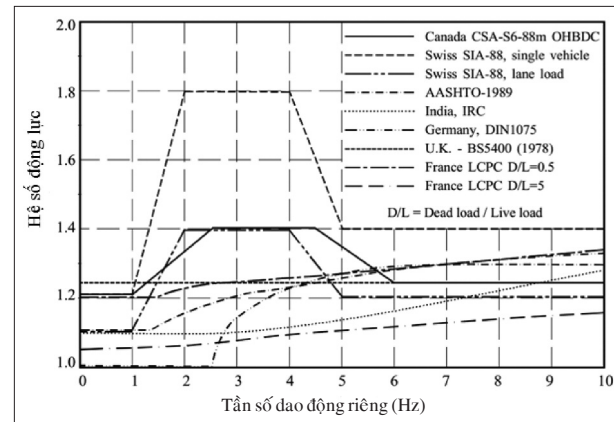
riêng của kết cấu. Điều này có ý nghĩa thực tế rất lớn và đã được đưa vào trong các quy trình thiết kế cầu của các nước để tránh việc thiết kế và xây dựng các công trình có tần số dao động riêng trùng hoặc là bội số so với tần số dao động của một trong những tác nhân kích. Xu thế phát triển, hệ thống giao thông của các nước trên thế giới và Việt Nam ngày càng hiện đại, số lượng các phương tiện tham gia giao thông càng tăng nhanh, đa dạng, phức tạp, nhiều chủng loại, khối lượng vận tải và tốc độ di chuyển ngày càng cao, tác động của chúng lên các công trình cầu ngày càng phức tạp, gây bất lợi cho các công trình cầu.

Bên cạnh đó, hầu hết các quy trình thiết kế cầu đều có quy định mức độ ảnh hưởng của tải trọng xe di động đến kết cấu cầu thông qua HSDL, tuy nhiên vẫn có sự chưa thống nhất về việc áp dụng cho tất cả các loại kết cấu cầu. Cho nên, tiêu chuẩn thiết kế công trình cầu của các quốc gia trên thế giới có những quy định khác nhau về việc xác định HSDL (1+IM). Phương pháp xác định HSDL dựa vào tần số dao động riêng của kết cấu trong tiêu chuẩn thiết kế cầu của một số quốc gia Canada, Pháp, Anh (1978), Đức, Mỹ (1989), Thụy Sĩ [9].

Qua đó ta thấy, HSDL của kết cấu của các tiêu chuẩn có sự khác nhau, giá trị HSDL phụ thuộc vào tần số dao động riêng của kết cấu cũng như loại tải trọng. HSDL lớn nhất xác định được theo tiêu chuẩn của Thụy Sĩ là 1.80 ứng với trường hợp xe tải đơn và tần số dao động riêng của kết cấu từ 2Hz đến 4Hz. Ngoài ra, nghiên cứu cho rằng khi xác định HSDL theo tần số dao động riêng của kết cấu cầu sẽ cho kết quả hợp lý hơn vì đã xem xét được cả chiều dài, độ cứng, cũng như điều kiện liên kết của kết cấu.

HSDL trong các tiêu chuẩn của các nước trên thế giới và Việt Nam hiện có sự khác biệt rất lớn, cũng là nguyên nhân gây nhiều tranh cãi và khó áp dụng trong thiết kế, thi công và quản lý khai thác. Chính vì vậy, lĩnh vực nghiên cứu động lực học đã thu hút được sự chú ý của các nhà chuyên môn, các nhà khoa học trên thế giới từ nhiều năm qua. Đặc biệt trong những năm gần đây, với sự trợ giúp của máy tính điện tử và các thiết bị thí nghiệm hiện đại, ngày càng nhiều công trình nghiên cứu có quy mô lớn, mô hình nghiên cứu gần với thực tế hơn, kết quả phân tích chính xác hơn, độ tin cậy cao hơn đã và đang được thực hiện trên thế giới và trong nước [3-5].

Hình 1: Biểu đồ xác định HSDL theo tần số dao động riêng



Trong phạm vi của bài báo, tác giả sẽ tập trung nghiên cứu ứng dụng mô hình tương tác động lực học giữa tải trọng di động và kết cấu cầu vòm ÔTNBT. Trong mô hình kết cấu cầu được xét đến khối lượng phân bố. Phần tử dầm khi chịu uốn được phân tích theo mô hình Euler - Bernoulli. Mô hình tải trọng di động được nghiên cứu là mô hình 2 khối lượng.

Đây là mô hình tải trọng rất phù hợp với các loại xe ô tô trong thực tế. Mô hình này xét được sự ảnh hưởng khối lượng của thân xe kể cả hàng truyền xuống trục xe, khối lượng của trục xe, độ cứng và độ giảm chấn của nhíp xe và lớp xe vào chiều dài kết cấu nhịp.

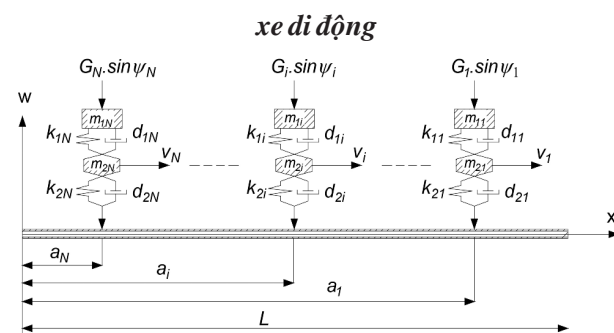
2. Cơ sở lý thuyết và mô hình tính toán

2.1. Cơ sở lý thuyết

Xét phần tử dầm chịu tác dụng của N tải trọng di động, mô hình 2 khối lượng như trên (Hình 2) với điều kiện các tải trọng không va đập vào nhau và không tách rời khỏi dầm:

Trong đó, cấu trúc của tải trọng thứ i tương ứng

Hình 2: Mô hình tương tác giữa phần tử dầm và tải trọng di động



với trục xe thứ i được mô tả như sau: $G_i \sin \psi_i = G_i \sin(\Omega_i t + \alpha_i)$ là lực kích thích điều hoà do khối lượng lệch tâm của động cơ quay với vận tốc góc Ω , truyền xuống trục xe thứ i , với α_i là góc pha ban đầu.

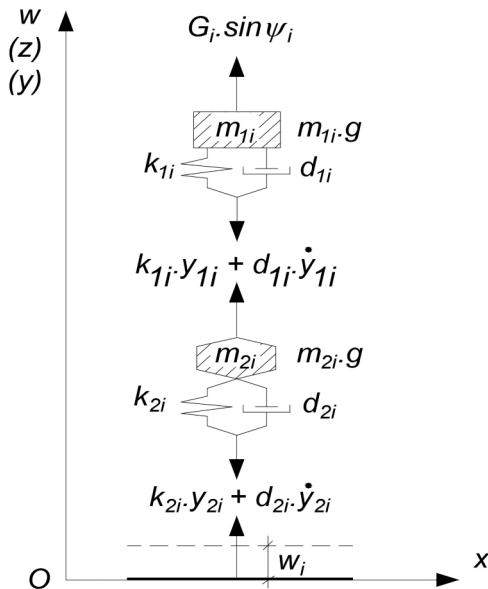
Với: m_{1i} là khối lượng của thân xe, kể cả hàng hoá truyền xuống trục xe thứ i ; m_{2i} là khối lượng của trục xe thứ i ; k_{1i} , d_{1i} là độ cứng và độ giảm chấn của nhíp xe; K_{2i} , d_{2i} là độ cứng và độ giảm chấn của lốp xe; L là chiều dài của phân tử dầm; a_i là toạ độ của trục xe thứ i tại thời điểm đang xét với tốc độ di động chuyển đều: $a_i = v_i(t - t_i)$; với $t \geq t_i$ (1)

v_i là vận tốc của tải trọng thứ i ; t_i là thời điểm tải trọng thứ i bắt đầu vào phần tử dầm; t : là thời điểm đang xét.

2.2. Phương trình dao động của tải trọng di động

Cấu trúc của tải trọng di động thứ i được tách ra như Hình 3.

Hình 3: Cấu trúc của tải trọng di động thứ i



Quy ước chiều dương của tải trọng và w , y , z hướng lên trên.

y_{1i} và y_{2i} : Chuyển vị tương đối giữa khối lượng m_{1i} so với m_{2i} và khối lượng m_{2i} so với phần tử dầm tại thời điểm đang xét theo phương thẳng đứng.

$w_i = w(x, t) - a_i$ là độ võng của phần tử dầm tại vị trí của tải trọng thứ i ở thời điểm đang xét.

Gọi z_{1i} và z_{2i} là toạ độ tuyệt đối của khối lượng m_{1i} và m_{2i} theo phương thẳng đứng:

$$\left. \begin{aligned} z_{1i} &= y_{1i} + y_{2i} + w \\ z_{2i} &= y_{2i} + w \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Áp dụng nguyên lý D'alambert viết phương trình cân bằng cho khối lượng m_{1i} và m_{2i} :

$$\left. \begin{aligned} -m_{1i} \ddot{z}_{1i} - k_{1i} y_{1i} - d_{1i} \dot{y}_{1i} - m_{1i} g + G_i \sin \psi_i &= 0 \\ -m_{2i} \ddot{z}_{2i} - k_{2i} y_{2i} - d_{2i} \dot{y}_{2i} + k_{1i} y_{1i} + d_{1i} \dot{y}_{1i} - m_{2i} g &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Kết hợp (2.2) và (2.3) và biến đổi ta được phương trình dao động của tải trọng thứ i :

$$\left. \begin{aligned} -m_{1i} \ddot{z}_{1i} + d_{1i} \dot{z}_{1i} + k_{1i} z_{1i} - d_{1i} \dot{z}_{2i} &= G_i \sin \psi_i - m_{1i} g \\ -m_{2i} \ddot{z}_{2i} + (d_{1i} + d_{2i}) \dot{z}_{2i} &+ (k_{1i} + k_{2i}) z_{2i} - d_{1i} \dot{z}_{1i} - k_{1i} z_{1i} \\ &= -m_{2i} g + d_{2i} \dot{w}_i + k_{2i} w_i \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Trên Hình 2.2:

$F_i = k_{2i} y_{2i} + d_{2i} \dot{y}_{2i}$ kết hợp với (2.3) ta được:

$$F_i = G_i \sin \psi_i - (m_{1i} + m_{2i}) g - m_{1i} \ddot{z}_{1i} - m_{2i} \ddot{z}_{2i} \quad (5)$$

Viết lại dưới dạng phân bố và thêm hàm tín hiệu điều khiển logic [13]

$$\xi_i(t) = \begin{cases} 1 & \text{khi } t_i \geq t \geq t_i + T_i \\ 0 & \text{khi } t < t_i \text{ và } t > t_i + T_i \end{cases}; \quad T_i = \frac{L}{v_i}$$

Ta được:

$$p_i(x, z, t) = \xi_i(t) [G_i \sin \psi_i - (m_{1i} + m_{2i}) g - m_{1i} \ddot{z}_{1i} - m_{2i} \ddot{z}_{2i}] \delta(x - a_i) \quad (6)$$

Trong đó, $\delta(x - a_i)$ là hàm Delta - Dirac.

2.3. Phương trình dao động uốn của phần tử dầm chịu tải trọng di động

Theo [8], Phương trình dao động uốn của phần tử dầm với tiết diện không đổi chịu tải trọng phân bố $p(x, z, t)$ có xét đến ảnh hưởng của ma sát trong và ma sát ngoài như sau: (CT 7)

Phương trình vi phân dao động dọc của phần tử có xét đến hệ số ma sát: (CT 8)

Lưu ý tới (3) và (5), ta có phương trình dao động uốn và dao động dọc của phần tử dầm chịu tải trọng di động như sau: (CT 9)

Trong đó: EI_d là độ cứng dọc trục của phần tử dầm; u , w là chuyển vị của phần tử dầm tại tiết diện đang xét theo phương ox và oy ; $q(x)$ là lực phân bố trên phần tử dầm theo phương ox .

2.4. Phương trình vi phân dao động uốn của toàn hệ thống

Để ứng dụng vào phân tích dao động cầu vòm ÔTNBT, ta rời rạc kết cấu biên trên của vòm thành các phần tử thanh cơ bản, các thanh treo đứng thành các phần tử thanh chịu kéo cơ bản có xét độ cứng chống uốn, kết cấu biên dưới vòm thành các phần

$$EJ_d \cdot \left(\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + \theta \cdot \frac{\partial^5 w}{\partial x^4 \partial t} \right) + \rho F_d \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + \beta \cdot \frac{\partial w}{\partial t} = p(x, z, t) \quad (7)$$

$$EF_d \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \rho F_d \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + \beta \cdot \frac{\partial u}{\partial t} = q(x) \quad (8)$$

$$\left. \begin{aligned} EJ_d \cdot \left(\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + \theta \cdot \frac{\partial^5 w}{\partial x^4 \partial t} \right) + \rho F_d \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + \beta \cdot \frac{\partial w}{\partial t} &= p(x, z, t) \\ EF_d \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \rho F_d \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + \beta \cdot \frac{\partial u}{\partial t} &= q(x) \\ p(x, z, t) &= \sum_{i=1}^N \xi_i(t) \cdot [G_i \sin \Psi_i - (m_{1i} + m_{2i}) \cdot g - m_{1i} \cdot \ddot{z}_{1i} - m_{2i} \cdot \ddot{z}_{2i}] \cdot \delta(x - a_i) \\ m_{1i} \cdot \ddot{z}_{1i} + d_{1i} \cdot \dot{z}_{1i} + k_{1i} \cdot z_{1i} - d_{1i} \cdot \dot{z}_{2i} - k_{1i} \cdot z_{2i} &= G_i \cdot \sin \Psi_i - m_{1i} \cdot g \\ m_{2i} \cdot \ddot{z}_{2i} + (d_{2i} + d_{1i}) \cdot \dot{z}_{2i} + (k_{2i} + k_{1i}) \cdot z_{2i} - d_{1i} \cdot \dot{z}_{1i} - k_{1i} \cdot z_{1i} &= -m_{2i} \cdot g + d_{2i} \cdot \dot{w}_i + k_{2i} \cdot w_i \\ (i &= 1 \div N) \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

tử dầm tương tác với tải trọng xe di động.

Áp dụng thuật toán của phương pháp phần tử hữu hạn để xây dựng hệ phương trình vi phân dao động cho toàn hệ:

$$[M] \cdot \{\ddot{U}\} + [C] \cdot \{\dot{U}\} + [K] \cdot \{U\} = \{F\}$$

Trong đó: [M], [C], [K] lần lượt là ma trận khối lượng, ma trận cản, ma trận độ cứng của toàn hệ thống theo mô hình tương tác động lực học giữa CVOT và tải trọng di động. $\{\ddot{U}\}$, $\{\dot{U}\}$, $\{U\}$, $\{F\}$: lần lượt là vectơ gia tốc, vận tốc, chuyển vị, lực tương đương mở rộng cho toàn hệ thống theo mô hình tương tác động lực học giữa CVOT và tải trọng di động.

3. Ứng dụng chương trình tính toán, phân tích xác định hệ số động lực trong cầu vòm ống thép nhồi bê tông dưới tác dụng của tải trọng di động

Tiến hành phân tích dao động của cầu Cầu Đồng Điền bắc qua sông Kinh nằm trên đường trục Bắc-Nam (tuyến kết nối đại lộ Nguyễn Văn Linh với KCN Hiệp Phước) với tải trọng xe Howo tương ứng với các tốc độ khác nhau.

Quy mô công trình: Xây dựng cầu theo quy mô vĩnh cửu, kết cấu nhịp chính là kết cấu cầu vòm ống

thép chạy dưới dài 75m, kết cấu nhịp dẫn là dầm BTCT UST mặt cắt chữ I.

Khổ cầu: $B = 0,25 + 1,5 + 16 + 0,35 = 18,10\text{m}$

Khổ thông thuyền: $B \cdot H = 40 \times 6\text{m}$.

Hoạt tải HL93 + Đoàn người $3 \times 10^{-3}\text{MPa}$.

Sơ đồ nhịp cầu Đồng Điền 2: $5 \times 33 + 75 + 5 \times 33$

Các thông số cơ bản của tải trọng xe: Từ số liệu thiết kế cầu Đồng Điền, tính toán được các thông số sử dụng để đưa vào bài toán phân tích dao động như sau:

Mô đun đàn hồi bê tông: $E = 3\,303\,769,24\text{ T/m}^2$;

Mô đun đàn hồi thép: $E = 20\,000\,000\text{ T/m}^2$

Hệ số ma sát trong: $\theta = 0,027$;

Hệ số ma sát ngoài: $\beta = 0,01$;

Hệ số ma sát giữa bánh xe với mặt cầu: $\tau = 0,25$

* Loại xe được áp dụng để đưa các thông số vào chương trình phần mềm KC05 phân tích là xe Howo (Trung Quốc) 3 trục, tải trọng 25T,

Lực kích thích điều hòa: $P = 0$

Khối lượng của thùng xe và hàng hóa: $m = 25\text{ T}$

Khối lượng của trục xe thứ nhất: $m_1 = 0,025\text{ T}$

Khối lượng của trục xe thứ hai và thứ ba $m_{2,3} = 0,087\text{ T}$

Khoảng cách giữa các trục xe: Khoảng cách trục xe thứ nhất đến trục xe thứ hai: $b_1 = 3,425\text{m}$; Khoảng cách trục xe thứ nhất đến trục xe thứ ba: $b_2 = 4,775\text{ m}$

Độ cứng của nhíp xe thứ nhất: $ks_1 = 120\text{ T/m}$

Độ cứng của nhíp xe thứ hai và ba $ks_2 = 260\text{ T/m}$

Độ giảm chấn của nhíp xe thứ nhất:

$$ds_1 = 0,73\text{ Ts/m}$$

Độ giảm chấn của nhíp xe thứ hai và ba:

$$ds_2 = 0,4\text{ Ts/m}$$

Độ cứng của lớp xe thứ nhất: $kt_1 = 240\text{ T/m}$

Độ cứng của lớp xe thứ hai và ba: $kt_2 = 380\text{ T/m}$

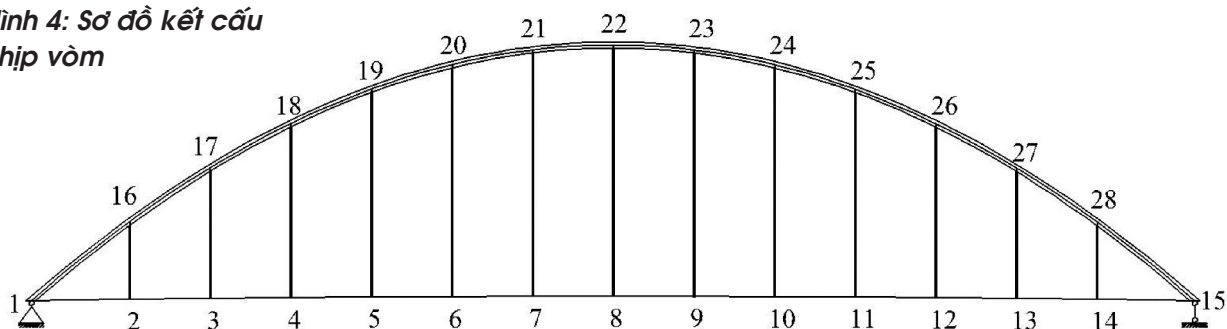
Độ giảm chấn của lớp xe thứ nhất:

$$dt_1 = 0,4\text{ Ts/m}$$

Độ giảm chấn của lớp xe thứ hai và ba:

$$dt_2 = 0,8\text{ Ts/m}$$

Hình 4: Sơ đồ kết cấu nhịp vòm



Từ các thông số đã xác định, nhập vào chương trình KC05. Kết quả phân tích dao động nhịp vòm cầu Đồng Điện dưới tác dụng của tải trọng xe Howo tương ứng với các tốc độ khác nhau. Theo phân tích KC05 đường cong thang là chuyển vị tĩnh, đường cong gợn sóng là chuyển vị động. Dao động được xét tại mỗi nút gồm 3 thành phần là dao động dọc trục (U_x), dao động thẳng đứng (U_y) và dao động của chuyển vị xoay (U_z) được thể hiện. Khi xe qua cầu với vận tốc 5m/s theo kết quả phân tích từ chương trình KC05 (Hình 5).

4. Kết quả và thảo luận

Kết quả phân tích xác định HSDL của chuyển vị trong nhịp vòm cầu Đồng Điện dưới tác dụng của tải trọng xe Howo tương ứng với các tốc độ khác nhau được thể hiện qua HSDL của chuyển vị ngang (U_x) được thể hiện trong hình 6 đến hình 9.

Kết quả phân tích xác định HSDL của chuyển vị trong nhịp vòm cầu Đồng Điện dưới tác dụng của tải trọng xe Howo tương ứng với các tốc độ khác nhau được thể hiện qua HSDL của chuyển vị thẳng đứng (U_y) được thể hiện trong hình 10 đến hình 13.

Kết quả phân tích xác định HSDL của chuyển vị xoay trong nhịp vòm cầu Đồng Điện dưới tác dụng của tải trọng xe Howo tương ứng với các tốc độ khác nhau được thể hiện qua HSDL của chuyển vị xoay (U_z) được thể hiện trong Hình 14 đến Hình 17.

5. Kết luận

Bài báo đã ứng dụng chương trình KC05 do PGS.TS Nguyễn Xuân Toàn để mô hình và xác

định HSDL kết cấu cầu vòm ÔTNBT dưới tác dụng của tải trọng di động. Trong phạm vi khảo sát tốc độ xe chạy trên cầu tăng từ 1(m/s) đến 20(m/s), các kết quả cho thấy HSDL của chuyển vị đứng, lực cắt và mô men có sự biến đổi và theo xu hướng tăng dần. Khi tốc độ tải trọng di động giảm dần tới 0, HSDL giảm dần và hội tụ tới 1, điều này cho thấy kết quả phân tích trên chương trình KC05 phù hợp với tính toán lý thuyết.

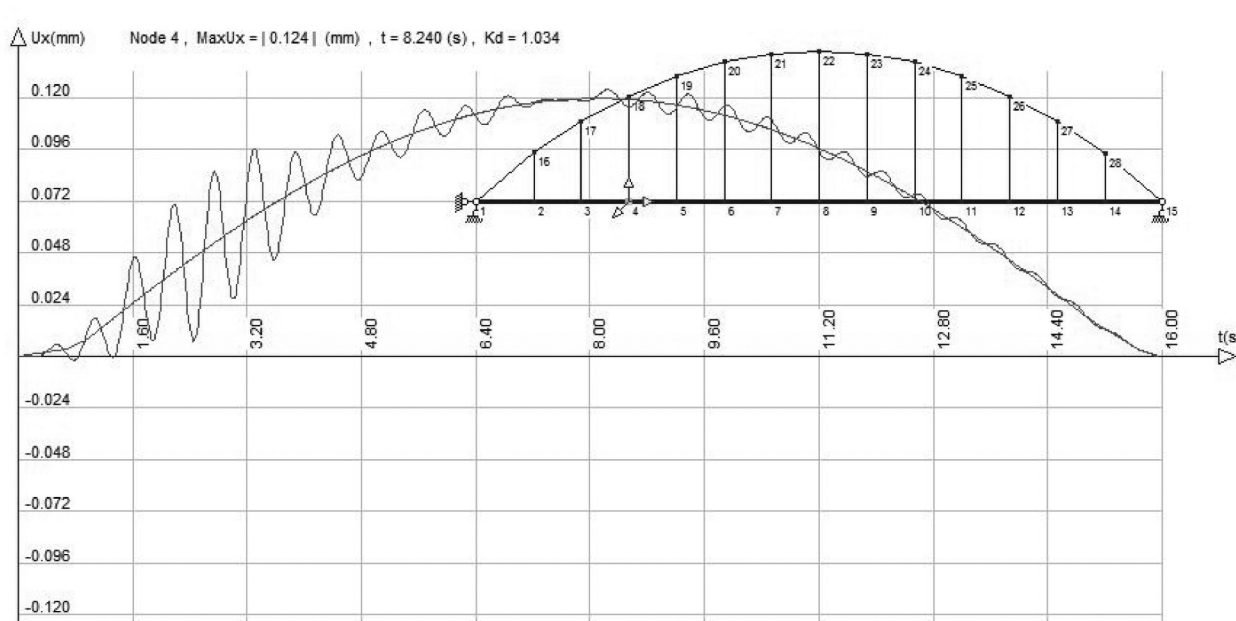
Qua kết quả phân tích cho thấy tốc độ xe chạy có ảnh hưởng rất lớn đến dao động của cầu giàn thép. Đặc biệt khi tốc độ xe chạy càng cao thì HSDL càng tăng, trong phạm vi khảo sát ta thấy:

- Trên các biểu đồ từ Hình 6 đến Hình 17 thể hiện sự biến đổi của chuyển vị tĩnh và chuyển vị động, ta thấy chuyển vị động có xu hướng biến động xung quanh chuyển vị tĩnh và khi tải trọng di động đi ra khỏi cầu, dao động có xu hướng tắt dần và hội tụ về chuyển vị tĩnh.

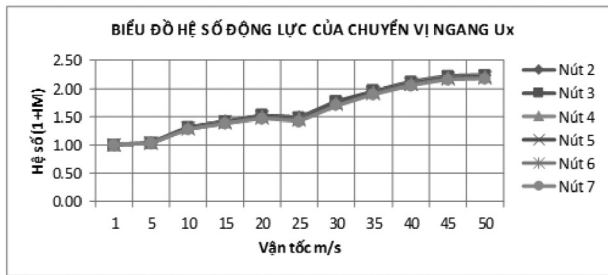
- HSDL của chuyển vị tại các vị trí khác nhau theo các phương khác nhau có kết quả khác nhau khi tốc độ tải trọng di động thay đổi.

Trong phạm vi khảo sát phân tích, khi tốc độ tải trọng di động tăng, HSDL cũng tăng theo; HSDL lớn nhất phổ biến trong khoảng vận tốc xe chạy $v = 45 \div 50 \text{ m/s}$ ($v = 162 \div 180 \text{ km/h}$). Đối với giá trị của chuyển vị ngang đạt cực trị $(1+M)_{\max} = 2,24$ tại vận tốc $V = 50 \text{ (m/s)}$, chuyển vị đứng đạt cực trị $(1+M)_{\max} = 2,09$ tại vận tốc $V = 50 \text{ (m/s)}$, chuyển vị xoay đạt cực trị $(1+\mu)_{\max} = 2,24$ tại vận tốc $V =$

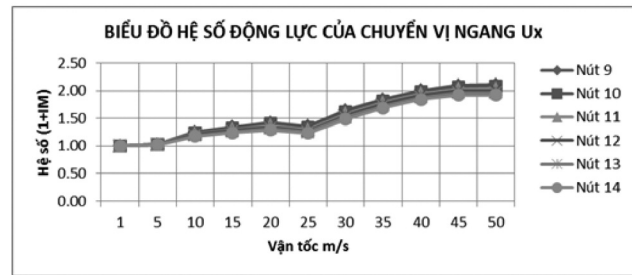
Hình 5: Biểu đồ chuyển vị động U_x tại nút số 4



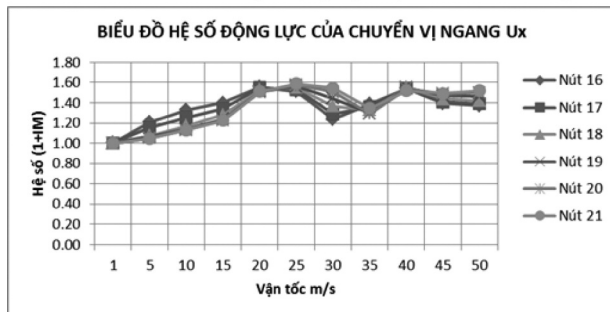
Hình 6: Biểu đồ thể HSDL của chuyển vị ngang U_x (từ nút 2 đến nút 7)



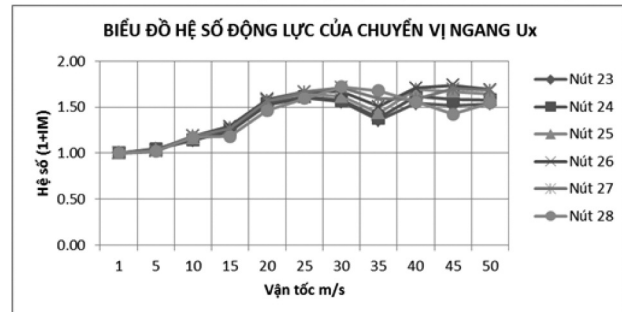
Hình 7: Biểu đồ HSDL của chuyển vị ngang U_x (từ nút 9 đến nút 14)



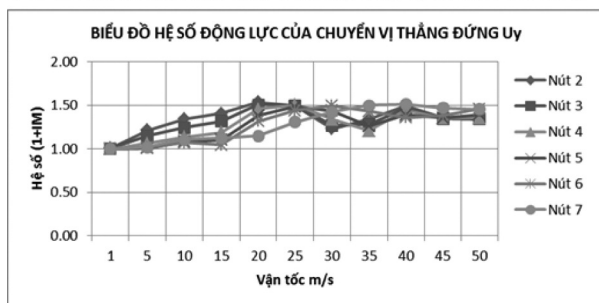
Hình 8: Biểu đồ HSDL của chuyển vị ngang U_x (từ nút 16 đến nút 21)



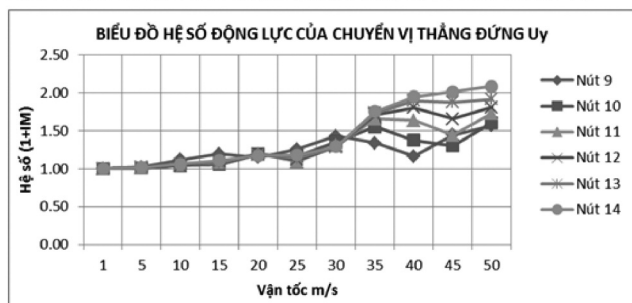
Hình 9: Biểu đồ HSDL của chuyển vị ngang U_x (từ nút 23 đến nút 28)



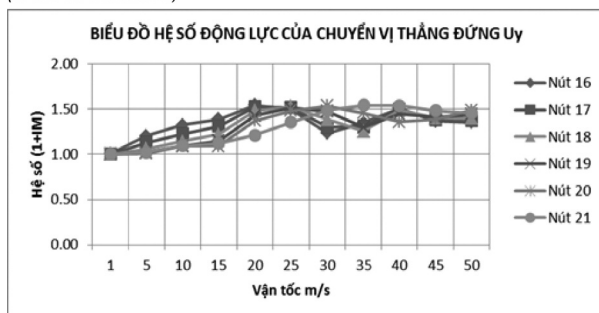
Hình 10: Biểu đồ HSDL của chuyển vị thẳng đứng U_y (từ nút 2 đến nút 7)



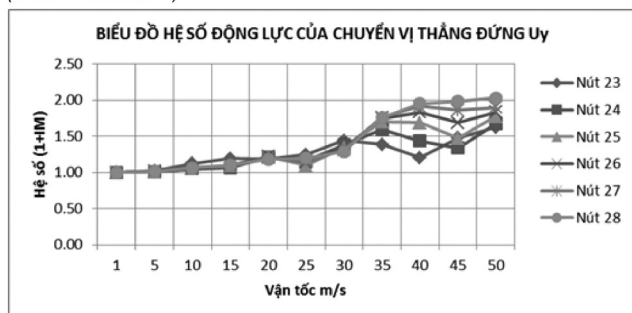
Hình 11: Biểu đồ HSDL của chuyển vị thẳng đứng U_y (từ nút 9 đến nút 14)



Hình 12: Biểu đồ HSDL của chuyển vị thẳng đứng U_y (từ nút 16 đến nút 21)



Hình 13: Biểu đồ HSDL của chuyển vị thẳng đứng U_y (từ nút 23 đến nút 28)



50 (m/s); sau đó có xu hướng giảm mặc dù tốc độ tải trọng di động tiếp tục tăng.

- Xét đến vận tốc khai thác cho phép $v_{kt} = 22\text{m/s}$ (80km/h) thì HSDL lớn nhất trong phạm vi là 1,79. HSDL này lớn hơn HSDL đã dùng trong thiết kế là 43%.

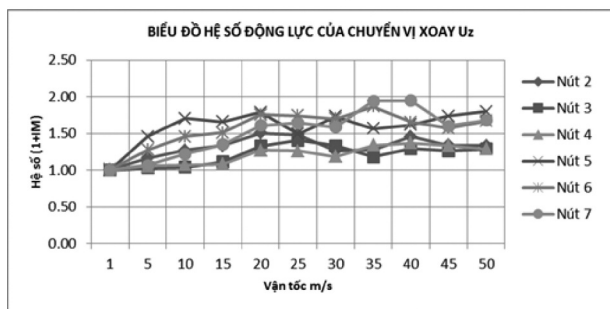
- Trên thực tế các xe ô tô vẫn chạy với vận tốc cao rất cao, thường là từ 90km/h đến 130km/h (ứng

với từ 25 đến 35m/s), thì theo khảo sát này HSDL có thể đạt tới 2.04.

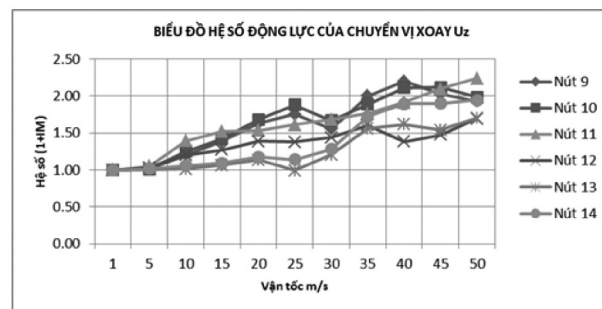
- Khi tốc độ tải trọng di động giảm dần đến 0, HSDL giảm và dần hội tụ đến 1, kết quả phân tích động tiệm cận với kết quả phân tích tĩnh. Điều này cho thấy kết quả phân tích trên chương trình KC05 phù hợp với lý thuyết tính toán.

Kết quả phân tích HSDL cho thấy với tốc độ xe

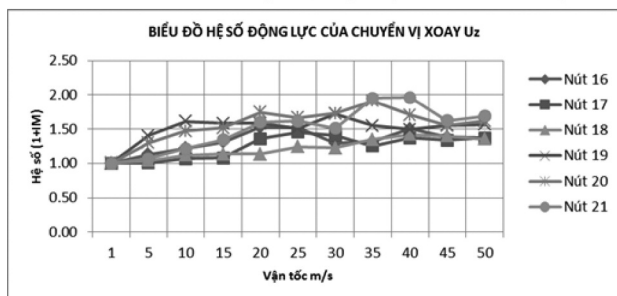
Hình 14: Biểu đồ HSDL của chuyển vị xoay Uz (từ nút 2 đến nút 7)



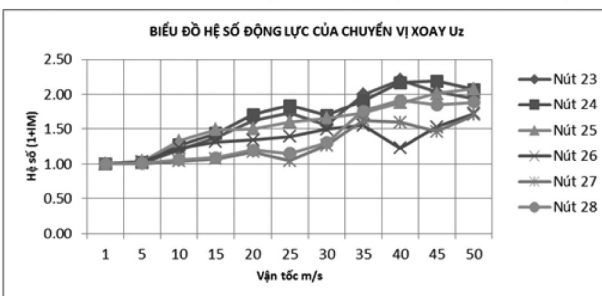
Hình 15: Biểu đồ HSDL của chuyển vị xoay Uz (từ nút 9 đến nút 14)



Hình 16: Biểu đồ HSDL của chuyển vị xoay Uz (từ nút 16 đến nút 21)



Hình 17: Biểu đồ HSDL của chuyển vị xoay Uz (từ nút 23 đến nút 28)



chạy qua cầu tăng từ 1m/s đến 50m/s đa số đều lớn hơn HSDL đang được áp dụng tại Việt Nam là 1.25 theo tiêu chuẩn 22TCN-272-05.

Qua kết quả nghiên cứu trong bài báo, tác giả xin tóm tắt về nội dung như sau:

- Chương trình tính toán có thể trợ giúp cho các kỹ sư và các nhà khoa học phân tích bằng mô hình trên máy tính điện tử sẽ cho kết quả nhanh và có nhiều phương án được xem xét cùng lúc vì vậy giảm được rủi ro và chi phí. Trong trường hợp cần kiểm định các cầu cũ cũng có thể phân tích để dự báo và lên phương án kiểm định sát với yêu cầu thực tế hơn, giảm được thời gian và chi phí do đặc kiểm định tại hiện trường.

- Trong bài báo đã đưa ra kết quả phân tích

HSDL của chuyển vị, lực cắt và mômen trong cầu vòm ÔTNBT do tác dụng của tải trọng di động gây ra bằng phương pháp số. Trong phạm vi nghiên cứu cho thấy tốc độ xe chạy có ảnh hưởng rất lớn đến dao động của cầu vòm ÔTNBT. Theo các giả thuyết tính toán gần đúng hiện đang được áp dụng trong quy trình thiết kế cầu hiện nay của Việt Nam và một số nước khác, HSDL của toàn bộ kết cấu nhịp lấy cùng một giá trị để phân tích thiết kế $(1+IM) = 1.25$ sẽ không còn phù hợp. Do vậy, việc sử dụng chung một HSDL trong các qui trình thiết kế cầu cũng cần phải lưu ý. Kết quả nghiên cứu là tài liệu tham khảo cho các kỹ sư có thêm thông tin để phân tích thiết kế cầu an toàn và phù hợp với yêu cầu khai thác trong thực tế ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. Chu Thanh Bình, Lê Ngọc Thạch. "Nguyên cứu một số vấn đề dao động uốn của dầm theo quan điểm ngẫu nhiên". TTCT. Hội nghị Khoa học Toàn Quốc về Cơ học vật rắn biến dạng lần thứ 8, NXB. Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội, tr. 14-22. 2006.
2. Đỗ Anh Cường, Tạ Hữu Vinh. "Tương tác giữa kết cấu hệ thanh và tải trọng xe di động". TTCT. Hội nghị Khoa học Toàn Quốc về Cơ học vật rắn biến dạng lần thứ 7, NXB. Đại học Quốc gia Hà Nội, tr. 92-101. 2004.
3. Nguyễn Xuân Toản. "Dao động uốn của phần tử dầm dưới tác dụng của tải trọng di động - mô hình một khối lượng". Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng, số 2(14), tr. 14-19. 2006.
4. Tạ Hữu Vinh. Nghiên cứu dao động của kết cấu hệ thanh chịu tải trọng di động bằng phương pháp số. Luận án TS. Kỹ thuật, Hà Nội. 2005.

5. Hoàng Quang Luận, Hoàng Hà, “Phân tích kết quả thử nghiệm tải trọng động ở một số dạng cầu dầm trên đường ô tô”, *Tạp chí Giao thông Vận tải*, số 11. 1997.
6. Tiêu chuẩn kỹ thuật công trình Giao Thông. *Tiêu chuẩn thiết kế cầu 22TCN-272-05*, NXB. Giao Thông Vận Tải, Hà Nội. 2005.
7. Bộ Giao thông Vận tải. *Tiêu chuẩn thiết kế cầu đường bộ 11823: 2017*, NXB Giao thông Vận tải, Hà Nội. 2017.
8. Timoshenko, S. P. “On the forced vibration of bridges.” *Philosophical Magazine*, 6(43), pp.1018-1019. 1922.
9. Paultre, P., Chaallal, O., Proulx, J. “Bridge dynamics and Dynamic Amplification Factors - a Review of Analytical and Experimental Findings”, *Canadian J. of Civil Eng.*, 19(2), p. 260-278. 1992. [21]
10. Trần Khôi Nguyên, (2017). *Phân tích xác định hệ số động lực trong cầu vòm ống thép nhồi bê tông dưới tác dụng của tải trọng di động*, Luận văn cao học Trường đại học Bách Khoa Đà Nẵng

Ngày nhận bài: 11/2/2023

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 11/3/2023

Ngày chấp nhận đăng bài: 27/3/2023

Thông tin tác giả:

1. TRẦN VĂN KHÁNH

2. NGUYỄN THANH TÂM

Bộ môn Xây dựng, Khoa Kỹ thuật và Công nghệ - Trường Đại học Trà Vinh

A STUDY ON THE DYNAMIC COEFFICIENTS OF CUTTING FORCE, STEM FORCE AND MOMENT IN CONCRETE-FILLED STEEL PIPE ARCH BRIDGE CAUSED BY MOVING LOADED VEHICLES

● TRAN VAN KHANH¹

● NGUYEN THANH TAM¹

¹Department of Construction, Faculty of Engineering and Technology,
Tra Vinh University

ABSTRACT:

This study presents some analytical results about dynamic coefficients of cutting force, stem force and moment in concrete-filled steel pipe arch bridge caused by moving loaded vehicles. These results show that the dynamic coefficients of cutting force, stem force and moment of concrete-filled steel pipe arch bridge corresponds to the speed of vehicles running across the bridge and these dynamic coefficients are 1.25 times greater than the standards of 22TCN-272-05. As a result, it is important to use a common set of dynamic coefficient standards for the bridge design process. These results are expected to serve as a reference for engineers to analyze or design bridge safely.

Keywords: concrete-filled steel pipe arch bridge, mobile load; dynamic coefficient of displacement.