



BỘ XÂY DỰNG

Ministry Of Construction - MOC

VIỆN KHOA HỌC CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG

Vietnam Institute for Building Science and Technology - IBST

Add: 81 Trần Cung, Nghĩa Tân, Cầu Giấy, Hà Nội

Website: www.ibst.vn - Email: vkhcnxd@ibst.vn - Tel: 04 37544196 - Fax: 04 38361197

PHÂN TÍCH BIẾN DẠNG VÀ ĐÁNH GIÁ ĐỘ CỨNG THỰC TẾ CỦA DẦM GIẢN ĐƠN CÓ ĐỘ CỨNG CHỐNG UỐN THAY ĐỔI

TS. NGUYỄN HỮU HƯNG, KS. NGUYỄN VĂN DƯƠNG

Trường Đại học Giao thông vận tải

Tóm tắt: Khi tiến hành kiểm định và thử tải cầu thường dẫn đến việc phân tích biến dạng uốn (độ võng, góc xoay) của dầm dưới tác dụng của tải trọng tập trung. Trong tính toán, chúng ta thường hoặc sử dụng độ cứng (EI) là hằng số hoặc sử dụng độ cứng (EI) thay đổi theo quy luật cho trước. Tuy nhiên, trong thực tế độ cứng của kết cấu nhịp trên từng đoạn thường không giống nhau theo như giả thiết tính toán (với cầu dầm giản đơn đó là ảnh hưởng của dầm ngang, với các cầu dầm liên tục đó là ảnh hưởng của các vị trí tầng cứng và các hư hỏng tiềm ẩn trong kết cấu nhịp,...). Để làm rõ vấn đề này, bài báo tiến hành xây dựng phương trình độ võng và góc xoay của dầm giản đơn bằng phương pháp giải tích, với trường hợp dầm có nhiều đoạn với độ cứng chống uốn khác nhau. Thông qua ví dụ tính toán một trường hợp cụ thể, phương trình thiết lập đã được kiểm tra so sánh với kết quả tính toán bằng phương pháp phần tử hữu hạn, cho sai số lớn nhất là 1.8%. Trên cơ sở đó và từ kết quả độ võng thực tế của dầm cho trước, bài báo đưa ra phương pháp đánh giá độ cứng thực tế của dầm này.

Từ khóa: biến dạng uốn, độ cứng chịu uốn, tải trọng tập trung, phương pháp phần tử hữu hạn.

1. Giới thiệu chung

Bài toán tính độ võng, góc xoay của dầm rất gần gũi với bài toán xếp tải tĩnh trong kiểm định và thử tải cầu đã và đang được áp dụng cho các công trình cầu mới đưa vào sử dụng hay đã qua thời gian dài khai thác cần kiểm định lại. Nhưng

phần lớn các báo cáo kiểm định và thử tải [1-3], thường dừng ở so sánh kết quả đo ngoài thực tế với kết quả tính toán lý thuyết. Trong đó các số liệu như mô đun đàn hồi (E), mô men quán tính (I) lấy từ tài liệu thiết kế chứ không phải E, I thực tế của kết cấu. Hạn chế này một phần cũng là do thiếu những ngân hàng dữ liệu và thiếu những phương pháp hiện đại để đánh giá. Ngày nay, cùng với sự phát triển khoa học, các phương pháp và lý thuyết mới ra đời góp phần khai thác các số liệu một cách triệt để hơn, một trong các hướng phát triển đó là ứng dụng mạng nơ ron nhân tạo (Artificial Neural Networks) trong kỹ thuật. Ứng dụng mạng nơ ron nhân tạo trong chuẩn đoán kết cấu, xác định vị trí hư hỏng và mức độ hư hỏng của kết cấu cũng không phải là công việc ngoại lệ [4-7]. Việc áp dụng mạng nơ ron nhân tạo trong chuẩn đoán, xác định vị trí hư hỏng và mức độ hư hỏng của kết cấu đòi hỏi một ngân hàng dữ liệu về các trường hợp hư hỏng của dầm. Do đó, để đánh giá vị trí hư hỏng và mức độ hư hỏng một cách tổng quát, một số tác giả đã lựa chọn cách tiếp cận bằng cách chia dầm thành nhiều đoạn nhỏ, sau đó đi xác định độ cứng (EI) cho các đoạn dầm tương ứng, đoạn dầm nào có độ cứng (EI) giảm bất thường thì có thể coi như đoạn dầm đó bị hư hỏng và mức độ hư hỏng sẽ là hiệu của một trừ đi tỉ lệ giữa EI đoạn hỏng với EI đoạn không hỏng [6-7]. Trong các tài liệu tham khảo [4-7], các tác giả phần lớn là sử dụng kết quả phản ứng động lực học để đánh giá, kết quả phản ứng động lực học chứa đựng nhiều thông tin nhưng cũng bị ảnh hưởng

của nhiều cao, bên cạnh đó việc đo đạc ngoài thực tế và xử lý kết quả cũng cần những người am hiểu về phân tích động lực học.

Hiện nay, với sự phổ biến tính toán bằng phương pháp phần tử hữu hạn (PTHH) việc tạo ra ngân hàng dữ liệu để phục vụ công tác nói trên trở nên dễ dàng hơn. Các bài toán phức tạp được giải một cách thuận tiện hơn nhưng bên cạnh sự thuận lợi trong tính toán thì người tính toán khó thấy rõ được các thành phần cấu thành nên kết quả mà chỉ nhìn thấy con số ở kết quả. Do đó khi nhận được kết quả tính toán rất khó có những phán đoán chính xác về sự làm việc của kết cấu.

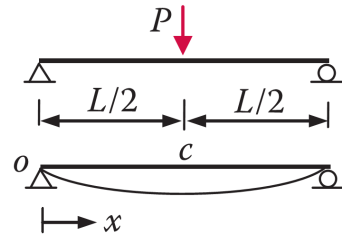
Để giải quyết các hạn chế của công việc kiểm định - thử tải tĩnh đang phải đối mặt, xét đến các điều kiện thực tế từ công tác kiểm định - thử tải tĩnh đem lại, đó là kết quả đo độ võng của dầm dưới tác dụng của tải trọng tĩnh [1-3], cho thấy việc cần thiết phải tạo ra ngân hàng dữ liệu về độ võng của dầm có độ cứng (EI) thay đổi bất kỳ. Với yêu cầu thực tế đó, bài báo tiến hành xây dựng phương trình độ võng, góc xoay của dầm có độ cứng thay đổi bất kỳ dưới tác dụng của tải trọng tĩnh bằng phương pháp giải tích. Kết quả phân tích trong bài báo bước đầu góp phần tạo cơ sở lý thuyết cho việc tính toán một ngân hàng dữ liệu đối với kết quả chuyển vị của dầm có độ cứng thay đổi bất kỳ phục vụ cho các ứng dụng xác định hư hỏng, mức độ hư hỏng và các ứng dụng khác sau này. Kết quả tính toán bằng công thức đề xuất được so sánh với kết quả tính toán bằng phương pháp phần tử hữu hạn.

2. Cơ sở lý thuyết

2.1 Trường hợp dầm có EI là không đổi

Xét trường hợp dầm giản đơn có chiều dài nhịp L, độ cứng EI, chịu tải trọng P tác dụng tại vị trí L/2 khi đó theo S. T. Mau [8] độ võng và góc xoay của dầm được xác định như sau:

$$v(x) = \iint \frac{M(x)}{EI} dx dx; \theta(x) = \int \frac{M(x)}{EI} dx \quad (1)$$



Hình 1. Tải trọng tác dụng và dạng đường cong độ võng tương ứng

Trong trường hợp dầm giản đơn, xét P tác dụng tại vị trí giữa nhịp (L/2), khi đó có được mô men (M(x)) là hàm có dạng sau:

$$M(x) = \begin{cases} \frac{P}{2} \cdot x & \text{khi } 0 \leq x \leq L/2 \\ \frac{P}{2} \cdot (L-x) & \text{khi } L/2 \leq x \leq L \end{cases} \quad (2)$$

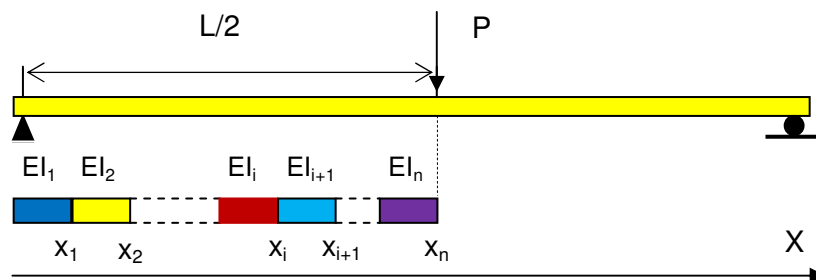
Thay (2) vào (1) thu được kết quả góc xoay và độ võng của dầm như sau:

$$\theta(x) = -\frac{P}{16EI} (L^2 - 4 \cdot x^2), \quad 0 \leq x \leq L/2 \quad (3)$$

$$v(x) = -\frac{P}{48EI} (3L^2 x - 4x^3), \quad 0 \leq x \leq L/2 \quad (4)$$

2.2 Xét trường hợp dầm có EI thay đổi

Xét một nửa dầm có n đoạn dầm với các giá trị độ cứng tương ứng là EI₁, EI₂, ..., EI_n như hình minh họa dưới đây:



Hình 2. Minh họa đoạn dầm có các độ cứng khác nhau

Khi đó theo lý thuyết ở mục 2.1, góc xoay và chuyển vị khi xét đối với đoạn dầm thứ i sẽ được viết dưới dạng sau:

$$\theta^{(i)}(x) = \frac{P}{4EI_i}x^2 + C_1^{(i)}, \quad x_{i-1} \leq x \leq x_i \quad (5)$$

$$v^{(i)}(x) = \frac{P}{12EI_i}x^3 + C_1^{(i)}x + C_2^{(i)}, \quad x_{i-1} \leq x \leq x_i \quad (6)$$

Xét điều kiện biên ta có $C_2^{(1)} = 0$; $C_1^{(n)} = -\frac{P}{4EI_n} \cdot \left(\frac{L}{2}\right)^2 = -\frac{P.L^2}{16EI_n}$ (giả sử trường hợp hư hỏng đối xứng, trường hợp không đối xứng sẽ sử dụng điều kiện biên tại hai đầu dầm, việc xây dựng sẽ tương tự).
 ở đây $C_1^{(i)}$, $C_2^{(i)}$ là hằng số tích phân thứ nhất và thứ hai của đoạn dầm thứ i hình thành từ việc lấy tích phân ở công thức (1).

Như vậy để có thể xác định chuyển vị và góc xoay của toàn bộ dầm thì cần phải xác định được các hệ số $C_1^{(i)}$, $C_2^{(i)}$ tương ứng.

Từ mối quan hệ liên tục về chuyển vị và góc xoay ta có được các phương trình sau;

$$\theta^{(i)}(x_i) = \theta^{(i+1)}(x_i) \quad \text{và} \quad v^{(i)}(x_i) = v^{(i+1)}(x_i) \quad (7)$$

thay các phương trình trên vào ta nhận được:

$$\theta^{(i)}(x_i) = \frac{P}{4EI_i}x_i^2 + C_1^{(i)} = \frac{P}{4EI_{i+1}}x_i^2 + C_1^{(i+1)} = \theta^{(i+1)}(x_i) \quad (8)$$

$$v^{(i)}(x_i) = \frac{P}{12EI_i}x_i^3 + C_1^{(i)}x_i + C_2^{(i)} = \frac{P}{12EI_{i+1}}x_i^3 + C_1^{(i+1)}x_i + C_2^{(i+1)} = v^{(i+1)}(x_i) \quad (9)$$

từ phương trình trên rút ra được mối quan hệ giữa $C_1^{(i)}$, $C_2^{(i)}$ và $C_1^{(i+1)}$, $C_2^{(i+1)}$ tương ứng:

$$C_1^{(i)} = \frac{P}{4EI_{i+1}}x_i^2 - \frac{P}{4EI_i}x_i^2 + C_1^{(i+1)} \quad \text{với} \quad C_1^{(n)} = -\frac{P.L^2}{16EI_n} \quad \text{qua đó dễ dàng xác định được } C_1^{(i)}.$$

$$C_2^{(i+1)} = \frac{P}{12EI_i}x_i^3 + C_1^{(i)}x_i - \left(\frac{P}{12EI_{i+1}}x_i^3 + C_1^{(i+1)}x_i\right) = \left(\frac{P}{6EI_{i+1}}x_i^3 - \frac{P}{6EI_i}x_i^3\right) + C_2^{(i)} \quad \text{với} \quad C_2^{(1)} = 0 \quad \text{qua đó dễ dàng}$$

xác định được $C_2^{(i)}$.

Như vậy

$$C_1^{(i)} = \sum_{j=i}^{n-1} \left(\frac{P}{4EI_{j+1}}x_j^2 - \frac{P}{4EI_j}x_j^2 \right) + \left(-\frac{P.L^2}{16EI_n} \right) \quad (10)$$

$$C_2^{(i)} = \sum_{j=2}^i \left(\frac{P}{6EI_j}x_{j-1}^3 - \frac{P}{6EI_{j-1}}x_{j-1}^3 \right) + 0 \quad (11)$$

Từ kết quả trên nhận thấy trong thành phần hệ số tích phân $C_1^{(i)}$, $C_2^{(i)}$ bằng hằng số tích phân của trường hợp EI không đổi cộng thêm các cụm tương ứng $\sum_{j=i}^{n-1} \left(\frac{P}{4EI_{j+1}}x_j^2 - \frac{P}{4EI_j}x_j^2 \right)$ và

$$\sum_{j=2}^i \left(\frac{P}{6EI_j}x_{j-1}^3 - \frac{P}{6EI_{j-1}}x_{j-1}^3 \right).$$

Từ kết quả phân tích lý thuyết cho thấy có thể sử dụng dữ liệu độ võng và góc xoay của trường hợp chịu tải tĩnh để nhận ra sự khác biệt độ cứng của các đoạn dầm. Trên cơ sở này hoàn toàn có thể xây dựng được ngân hàng dữ liệu về các trường hợp độ cứng (EI) thay đổi trong dầm làm cơ sở cho việc sử dụng mạng nơ ron nhân tạo để

đánh giá hư hỏng hay những thay đổi độ cứng (EI) trong dầm.

2.3 Cơ sở lý thuyết giải bài toán ngược (xác định độ cứng (EI) của dầm)

Trên cơ sở ngân hàng dữ liệu được tạo ra từ cơ sở lý thuyết trong mục 2.1 và 2.2, như vậy bộ

dữ liệu trong ngân hàng kết quả độ võng nào sai lệch với kết quả độ võng nhận được từ kết cấu bên ngoài (đo đạc từ thực tế) nhỏ nhất sẽ cho chúng ta thông tin về độ cứng của kết cấu tương ứng với bộ kết quả độ võng đó. Bài báo này sử dụng tiêu chí trung bình bình phương bé nhất giữa kết quả độ võng thu được từ kết cấu bên ngoài với kết quả độ võng có được trong ngân hàng độ võng (của một số trường hợp có các độ cứng (EI) xác định), sai số nhỏ nhất thu được sẽ chỉ ra trường hợp có độ cứng (EI) tương ứng.

Giả sử y_i^0 là kết quả độ võng của trường hợp thu được từ kết cấu bên ngoài tại vị trí thứ i của một dầm bất kỳ; y_i^j là kết quả độ võng của trường hợp thứ j (EI thay đổi ở trường hợp j) tại vị trí thứ i của dầm. Khi đó sai số trung bình bình phương

nhận được: $Err^{(j)} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i^0 - y_i^j)^2}$. Nếu y_i^k là

kết quả độ võng nhận được $Err^{(k)} = \min \{Err^{(j)}\}$ thì có thể dự đoán dầm đang xét có độ cứng EI thay đổi theo trường hợp k .

Kết quả số ở mục 3 sẽ chứng minh cho sự đúng đắn của phương pháp xây dựng hàm độ võng và góc xoay của dầm có nhiều độ cứng (EI) dưới tác dụng của tải trọng tĩnh và phương pháp xác định độ cứng EI của một trường hợp dầm bất kỳ.

3. Ví dụ phân tích đánh giá

3.1 Phân tích tính toán

Ví dụ tính toán đối với dầm Euler-Bernoulli giản đơn với các số liệu sau:

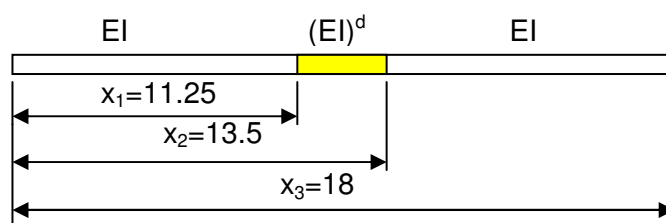
Nhịp L (m)	Diện tích A (m ²)	Mô men quán tính (m ⁴)	Trọng lượng riêng ρ (kg/m ³)	Mô đun đàn hồi E (kN/m ²)	Hệ số Poisson ν	Tỉ lệ giảm chấn ξ
36	0.0623	0.0253	7850	210*10 ⁶	0.3	0.5%

Trong trường hợp này dầm chia làm 16 đoạn mỗi đoạn dài 2.25m, giả sử giảm độ cứng (hư hỏng) tại đoạn thứ 6 và đoạn thứ 11. Công thức xác định mức độ giảm độ cứng (hư hỏng) được thể hiện như:

$$(EI)_i^d = (EI)_i (1 - \alpha^i), (0 \leq \alpha^i \leq 1, i = 1, 2, \dots, n)$$

Trong đó: n là tổng số các đoạn dầm, d chỉ số thể hiện hư hỏng, i thể hiện đoạn hư hỏng; trong ví dụ này chọn $i=6, 11$ và $\alpha^i=0.2$. Tải trọng $P=100\text{kN}$ tác dụng tại giữa nhịp.

Với kết quả trên áp dụng phương pháp đề xuất trên với các số liệu như minh họa hình 3.



Hình 3. Minh họa đoạn dầm bị hư hỏng

Đoạn dầm thứ nhất độ cứng giữ nguyên (không hỏng) dài 11.25m; $x_1=11.25\text{m}$; $EI_1=EI$.

Đoạn dầm thứ hai giảm độ cứng (bị hư hỏng) dài 2.25m; $x_2=13.5\text{m}$; $EI_2=0.8*EI$.

Đoạn dầm thứ ba độ cứng giữ nguyên (không hỏng) dài 4.5m; $x_3=L/2=18\text{m}$; $EI_3=EI$.

áp dụng công thức (10) ta nhận được kết quả như sau:

$$C_1^{(1)} = \sum_{j=1}^2 \left(\frac{P}{4EI_{j+1}} x_j^2 - \frac{P}{4EI_j} x_j^2 \right) + \left(-\frac{P.L^2}{16EI_3} \right) = -0.00159$$

$$C_1^{(2)} = \frac{P}{4EI_3} x_2^2 - \frac{P}{4EI_2} x_2^2 + \left(-\frac{P.L^2}{16EI_3} \right) = -0.001739$$

$$C_1^{(3)} = \left(-\frac{P.L^2}{16EI_3} \right) = -0.001525$$

áp dụng công thức (11) nhận được kết quả như sau:

$$C_2^{(1)} = 0$$

$$C_2^{(2)} = \frac{P}{6EI_2} x_1^3 - \frac{P}{6EI_1} x_1^3 = 0.0011166$$

$$C_2^{(3)} = \sum_{j=2}^3 \left(\frac{P}{6EI_j} x_{j-1}^3 - \frac{P}{6EI_{j-1}} x_{j-1}^3 \right) + 0 = -0.000813$$

thay vào công thức trên có phương trình độ võng đoạn dầm 1 là:

$$v^{(1)}(x) = \frac{P}{12EI_1} x^3 + C_1^{(1)}x + C_2^{(1)} = 1.56848 * 10^{-06} x^3 + (-0.00159)x + 0, 0 \leq x \leq 11.25 \tag{12}$$

phương trình độ võng đoạn dầm 2 là:

$$v^{(2)}(x) = \frac{P}{12EI_2} x^3 + C_1^{(2)}x + C_2^{(2)} = 1.9606 * 10^{-06} x^3 + (-0.001739)x + 0.0011166, 11.25 \leq x \leq 13.5 \tag{13}$$

phương trình độ võng đoạn dầm 3 là

$$v^{(3)}(x) = \frac{P}{12EI_3} x^3 + C_1^{(3)}x + C_2^{(3)} = 1.56848 * 10^{-06} x^3 + (-0.001525)x - 0.000813, 13.5 \leq x \leq 18 \tag{14}$$

Xét sự quan tâm đến chuyển vị tại giữa nhịp ($x=L/2$) khi đó quan tâm đến công thức $v^{(3)}(x)$, giá trị tăng về độ lớn khi $C_1^{(3)}$, $C_2^{(3)}$ tăng về độ lớn, từ công thức (10) và (11) ở trên có thể thấy bên cạnh sự phụ thuộc vào độ lớn tải trọng, độ cứng (EI) thì độ võng còn phụ thuộc vào vị trí hư hỏng và phạm vi hư hỏng. Công thức trên cũng cho thấy phần tử hư hỏng càng

gần giữa nhịp thì độ võng tại giữa nhịp càng lớn, phạm vi hư hỏng càng dài thì độ võng tại giữa nhịp cũng càng lớn.

3.2 So sánh với việc tính toán bằng phương pháp PTHH

Kết quả tính toán độ võng (đơn vị m) với các vị trí tiêu biểu $x_1=9m$; $x_2=13.5m$; $x_3=18m$.

Trường hợp/Vị trí	$x_1=9m$	$x_2=13.5m$	$x_3=18m$
Công thức đề xuất	-0.01383	-0.01841	-0.02006
Phương pháp PTHH	-0.01401	-0.01870	-0.02044
Sai số	-1.3%	-1.5%	-1.8%

Qua so sánh ba vị trí ở trên cho thấy công thức đề xuất bên cạnh sự rõ ràng trong phân tích còn có độ tin cậy cao. Kết quả mặc dù chỉ dừng lại phân tích tĩnh nhưng cũng có thể sử dụng chuyển vị tĩnh tại giữa nhịp để xác định tần số dao động của dạng dao động uốn thứ nhất của dầm bị hư hỏng $\omega = \sqrt{1 / m_{L/2} \cdot v(L/2)}$; $m_{L/2}$ khối

lượng quy đổi về giữa nhịp; $v(L/2)$ chuyển vị tại giữa nhịp do lực bằng đơn vị gây ra.

3.3 Xác định độ cứng (EI) của một trường hợp dầm bất kỳ

Ví dụ tính toán đối với dầm Euler-Bernoulli giản đơn với các số liệu sau:

Nhịp L (m)	Diện tích A (m ²)	Mô men quán tính (m ⁴)	Trọng lượng riêng ρ (kg/m ³)	Mô đun đàn hồi E (kN/m ²)	Hệ số Poisson ν	Tỉ lệ giảm chấn ξ
36	0.0623	0.0253	7850	$210 * 10^6$	0.3	0.5%

Trong trường hợp này dầm chia làm 16 đoạn (17 nút) mỗi đoạn dài 2.25m, giả sử độ cứng (EI) tại đoạn thứ 7 và đoạn thứ 10 bằng 0.7EI của các đoạn dầm còn lại; Tải trọng $P=100kN$ tác dụng tại

giữa nhịp. Để cho gần với thực tế, kết quả tính toán độ võng đưa vào sẽ được tính bằng phương pháp PTHH (do không có kết quả thực nghiệm)

KẾT CẤU – CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG

và kết quả đưa vào tìm sai số nhỏ nhất sẽ được lấy từ công thức đề xuất.

Kết quả tính toán độ võng bằng phương pháp PTHH:

Vị trí	Nút 1	Nút 2	Nút 3	Nút 4	Nút 5	Nút 6	Nút 7	Nút 8	Nút 9
độ võng (m)	0	-	-	-	-	-	-	-	-
		0.00394	0.00777	0.01138	0.01464	0.01746	0.01971	0.02116	0.02164

Giả thiết ngân hàng dữ liệu chỉ xét hai đoạn dầm đối xứng có EI khác so với các đoạn dầm còn lại, khi đó có các kích bản như bảng sau:

Bảng 1. Các kích bản độ cứng của dầm (xét cho nửa dầm)

Vị trí Độ cứng	Đoạn dầm 1	Đoạn dầm 2	Đoạn dầm 3	Đoạn dầm 4	Đoạn dầm 5	Đoạn dầm 6	Đoạn dầm 7	Đoạn dầm 8
EI	1							
0.5EI	2	3	4	5	6	7	8	9
0.6EI	10	11	12	13	14	15	16	17
0.7EI	18	19	20	21	22	23	24	25
0.8EI	26	27	28	29	30	31	32	33
0.9EI	34	35	36	37	38	39	40	41

2.3 thì sẽ có 41 sai số bình phương ứng với 41 kích bản trong bảng 1.

Bảng 2. Các sai số trung bình bình phương ứng với các kích bản độ cứng ở bảng 1

Vị trí Độ cứng	Đoạn dầm 1	Đoạn dầm 2	Đoạn dầm 3	Đoạn dầm 4	Đoạn dầm 5	Đoạn dầm 6	Đoạn dầm 7	Đoạn dầm 8
EI	1.460707							
0.5EI	1.428865	1.242711	0.892508	0.442234	0.420374	1.049529	1.773597	2.484852
0.6EI	1.439461	1.314591	1.075737	0.741651	0.348831	0.248335	0.696039	1.171109
0.7EI	1.447040	1.366448	1.211151	0.990831	0.717945	0.407685	0.079970	0.238196
0.8EI	1.452731	1.405588	1.314391	1.184543	1.023524	0.841408	0.652620	0.477313
0.9EI	1.457161	1.436166	1.395455	1.337438	1.265642	1.184870	1.101492	1.023046

Ghi chú: Giá trị trong bảng 2 chưa nhân thêm 10^{-3} .

Từ kết quả ở bảng 2 có thể nhận thấy giá trị nhỏ nhất rơi vào kích bản 24, trường hợp đoạn dầm 7 và 10 có độ cứng là 0.7EI, kết quả này đúng với giả thiết xây dựng trong mô hình PTHH của bài toán đưa vào. Tương tự với cách làm trên, nhóm tác giả cũng khảo sát với trường hợp hư hỏng (giảm độ cứng) tại phần tử 6 với phần tử 11 và phần tử 8 với phần tử 9 cũng thu được kết quả chính xác như trên.

Trên đây là một ví dụ đơn giản góp phần thấy rõ hơn sự cần thiết của việc thiết lập phương trình độ võng của dầm ứng với các trường hợp độ cứng khác nhau. Ví dụ trên mới chỉ làm cho 41 trường hợp, nếu với số lượng lớn hơn (gần với thực tế hơn) thì cần có hỗ trợ của mạng nơ

ron nhân tạo để giải quyết khối lượng lớn công việc.

4. Kết luận

Thông qua biến đổi giải tích của một trường hợp cụ thể bài báo đã chỉ ra được các tham số thêm vào công thức độ võng khi dầm có nhiều độ cứng (EI) khác nhau chịu tải trọng tĩnh. Qua đó cho thấy có thể sử dụng kết quả độ võng để đánh giá các phạm vi hư hỏng trong dầm giản đơn nếu có ngân hàng dữ liệu đủ lớn.

Với việc giải bài toán dầm có độ cứng thay đổi bất kỳ (vị trí và phạm vi thay đổi) bài báo góp phần cho việc phân tích chính xác hơn phản ứng của kết cấu ngoài thực tế dưới tác dụng của tải trọng tĩnh. Bài báo thông qua biến đổi giải tích

nên dễ dàng nhìn rõ xu hướng tăng giảm trong kết quả cũng như các tham số ảnh hưởng chính đến kết quả.

Kết quả phân tích bước đầu phục vụ xây dựng ngân hàng dữ liệu về chuyển vị thực tế của dầm phục vụ cho việc chuẩn đoán kết cấu, xác định độ cứng thực tế của từng đoạn kết cấu thông qua các phương pháp hiện đại, đặc biệt là phương pháp mạng nơ ron nhân tạo. Bên cạnh đó với kết quả này bước đầu hướng tới việc sử dụng hiệu quả hơn những kết quả kiểm định, thử tải tĩnh.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Trường Đại học Giao thông vận tải (2004), “Báo cáo thử tải cầu Kiên”.
- [2] Trường Đại học Giao thông vận tải (2005), “Báo cáo thử tải cầu Bình”.
- [3] Hoàng Hà, Nguyễn Hữu Hưng, Nguyễn Đức Vương, Nguyễn thị Cẩm Nhung (2006), “Một số vấn đề mới về phân tích kết cấu cầu dây văng hiện đại qua công việc thử tải cầu Bãi Cháy”, Tạp chí Giao thông vận tải, số tháng 11.
- [4] W.T. Yeung, J.W. Smith. (2005). “Damage detection in bridges using neural networks for pattern recognition of vibration signatures”, Engineering Structures 27, pp685–698.
- [5] M. Mehrjoo, N. Khaji, H. Moharrami, A. Bahreini-nejad. (2008). “Damage detection of truss bridge joints using Artificial Neural Networks”, Expert Systems with Applications 35, pp1122–1131.
- [6] Jiangpeng Shu, Ziyue Zhang, Ignacio Gonzalez, Raid Karoumi. (2013). “The application of a damage detection method using Artificial Neural Network and train-induced vibrations on a simplified railway bridge model”, Engineering Structures 52, pp408–421.
- [7] Jiangpeng Shu, Ziyue Zhang. (2012). “Damage detection on railway bridges using Artificial Neural Network and train-induced vibration”, Master of Science Thesis, Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm, Sweden.
- [8] S. T. Mau. (2012). “Introduction to Structural Analysis”, Taylor & Francis Group, LLC.

Ngày nhận bài:12/5/2016.

Ngày nhận bài sửa lần cuối:29/6/2016.