



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 37544198 - Fax: 04 38361197

ĐÁNH GIÁ ĐỘ TIN CẬY KẾT CẤU KHUNG THÉP CÓ LIÊN KẾT NỬA CỨNG VỚI THAM SỐ ĐẦU VÀO KHÔNG CHẮC CHẴN DẠNG KHOẢNG

TS. LÊ CÔNG DUY, KS. VÕ XUÂN TÂN

Trường Đại học Duy Tân

Tóm tắt: Trong bài báo này nhóm tác giả trình bày một ứng dụng đánh giá độ tin cậy của kết cấu khung phẳng bằng thép có liên kết nửa cứng chịu tải trọng tĩnh trong trường hợp xét đến tính không chắc chắn của một số tham số đầu vào dưới dạng số khoảng là độ cứng của liên kết giữa dầm và cột, tải trọng tác dụng và đặc trưng vật liệu.

1. Đặt vấn đề

Trong quá trình khảo sát, thiết kế, thi công và sử dụng các công trình xây dựng, có nhiều đại lượng có tính chất không chắc chắn tác động đến chúng. Các tham số và mô hình kết cấu của công trình xây dựng thường được thiết lập dựa vào mặt bằng, bản vẽ, việc đo đạc, quan sát, kinh nghiệm, hiểu biết chuyên gia, quy chuẩn và tiêu chuẩn. Nói chung, thông tin chắc chắn thường gắn với các giả thiết và mô hình tính toán căn cứ vào các quy chuẩn, tiêu chuẩn được công nhận. Tính không chắc chắn có thể do lỗi của con người và thiết bị, do việc sử dụng và bảo trì công trình, do sự ước lượng của chuyên gia, và do việc thiếu thông tin. Thực tế cho thấy ngành kỹ thuật thường liên quan đến tính không chắc chắn, tính không chắc chắn luôn tồn tại cả bên trong kết cấu lẫn các yếu tố tác động từ bên ngoài. Chẳng hạn như khi tính toán kết cấu thì nút khung, về vị trí là giao điểm của dầm và cột, về liên kết, nút khung trong sơ đồ tính có thể là khớp hoặc hàn (hay ngàm lý tưởng). Ta gọi k_{φ} là độ cứng của nút và có thể gán cho k_{φ} hai giá trị: 0 ứng với khớp và 1 ứng với hàn. Thực tế qua các khảo sát k_{φ} có thể nhận những giá trị trung gian trong

khoảng $[0, 1]$ tùy theo độ cứng của dầm, cột và cấu tạo liên kết giữa chúng với nhau. Qua phân tích ta thấy k_{φ} có giá trị từ $0 \rightarrow \infty$ phụ thuộc vào cấu tạo liên kết giữa dầm và cột nên nút khung có thể là khớp, hàn hay ngàm đàn hồi, vì vậy có thể biểu diễn các mức cứng của nút dưới dạng các số khoảng. Hay là khi tính toán kết cấu thì tải trọng, cơ tính vật liệu E, đặc trưng tiết diện được xem là các yếu tố có tính không chắc chắn. Các yếu tố này có thể là đại lượng ngẫu nhiên, đại lượng khoảng hay là đại lượng mờ. Trong phạm vi nghiên cứu của bài viết, xem các yếu tố tác động đến kết cấu là các đại lượng có tính không chắc chắn được biểu diễn dưới dạng các số khoảng, khoảng giá trị của các biến đầu vào được tham khảo dựa trên các tài liệu trong và ngoài nước.

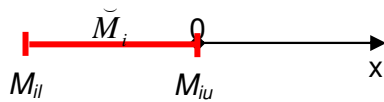
Từ phân tích trên cho thấy, việc phân tích trạng thái kết cấu có tham số đầu vào không chắc chắn dưới dạng số khoảng là thật sự cần thiết. Nghiên cứu các phương pháp tính toán xác định nội lực kết cấu có tham số đầu vào không chắc chắn dạng khoảng trên cơ sở sử dụng lý thuyết khoảng là một vấn đề đang được quan tâm của các nhà khoa học trên thế giới cũng như ở Việt Nam. Việc ứng dụng lý thuyết khoảng vào ngành kỹ thuật xây dựng để đánh giá độ tin cậy cho kết cấu nói chung và kết cấu thép có liên kết nửa cứng nói riêng là một vấn đề đang được quan tâm nghiên cứu ở Việt Nam.

Ngành xây dựng trong những năm gần đây, các nhà nghiên cứu trong và ngoài nước đã công

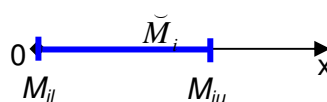
bổ nhiều bài báo liên quan đến bài toán đánh giá độ tin cậy của kết cấu theo các quan điểm ngẫu nhiên, mờ và khoảng [2-4] và [6-10]. Với nhiều quan điểm và mô hình đánh giá độ tin cậy khác nhau, trong bài báo này nhóm tác giả áp dụng một quan điểm tính toán đánh giá độ tin cậy của kết cấu theo lý thuyết khoảng đã được trình bày trong [3] để đánh giá độ tin cậy cho kết cấu khung thép có liên kết nửa cứng (liên kết đàn hồi) với các biến đầu vào là độ cứng liên kết giữa dầm và cột, tải trọng tác dụng và đặc trưng vật liệu là các tham số không chắc chắn dạng số khoảng. Công thức đánh giá khá đơn giản nhưng vẫn phản ánh được tính chất không chắc chắn dạng khoảng của các tham số đầu vào ảnh hưởng đến bài toán kết cấu.

2. Công thức đánh giá

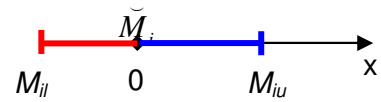
Công thức đánh giá với tên gọi "Công thức tỷ số khoảng" đã được trình bày chi tiết trong [3]. Công thức được thiết lập trong trường hợp các tham số ảnh hưởng đến bài toán đánh giá là các tham số khoảng, được thiết lập dựa trên cơ sở so sánh tập trạng thái của kết cấu \tilde{Q} với tập khả năng của kết cấu \tilde{R} . Độ tin cậy khoảng của phần tử kết cấu được xác định bằng cách xét tập $\tilde{M}_i = \tilde{R}_i - \tilde{Q}_i$ là tập khoảng an toàn, vì \tilde{R}_i và \tilde{Q}_i là các tập số khoảng nên tập \tilde{M}_i cũng là một tập số khoảng có khoảng giá trị $\tilde{M}_i = [M_{il}, M_{iu}]$. Tùy thuộc vào khoảng giá trị của các tập số khoảng \tilde{R}_i và \tilde{Q}_i có thể xảy ra ba trường hợp như trên hình 1.



Hình 1a.



Hình 1b.



Hình 1c.

Hình 1. Các trường hợp tập khoảng an toàn \tilde{M}_i

trong đó:

- $M_{il} = \min(R_{iu} - Q_{iu}, R_{iu} - Q_{il}, R_{il} - Q_{iu}, R_{il} - Q_{il})$.
- $M_{iu} = \max(R_{iu} - Q_{iu}, R_{iu} - Q_{il}, R_{il} - Q_{iu}, R_{il} - Q_{il})$.

Trên hình 1a số khoảng của tập \tilde{M}_i nằm hoàn toàn phía bên trái trục tung nên độ không tin cậy của nó là $P_f=1$ hay độ tin cậy $P_f=0$

Trên hình 1b số khoảng của tập \tilde{M}_i nằm hoàn toàn phía bên phải trục tung nên độ không tin cậy của nó là $P_f=0$ hay độ tin cậy $P_f=1$

Trường hợp tổng quát như hình 1c, số khoảng của tập \tilde{M}_i có một phần bên trái và một phần bên phải trục tung, độ không tin cậy của kết cấu được xác định bằng xác suất xuất hiện phần phân bố bên trái điểm 0 của khoảng an toàn \tilde{M}_i :

$$\text{Prob}(\tilde{M}_i < 0) = P_f = \frac{0 - M_{il}}{M_{iu} - M_{il}} = \frac{|M_{il}|}{M_{iu} - M_{il}} \quad (1)$$

Theo định nghĩa, thì độ tin cậy P_s của phần tử chính bằng xác suất không hỏng của phần tử được tính theo công thức:

$$\text{Prob}(\tilde{M}_i > 0) = P_s = \frac{M_{iu} - 0}{M_{iu} - M_{il}} = \frac{M_{iu}}{M_{iu} - M_{il}} \quad (2)$$

Ta thấy: $P_f + P_s = 1$ như trong định nghĩa độ tin cậy theo mô hình ngẫu nhiên.

Sau khi xác định được độ tin cậy các phần của hệ kết cấu ta có thể xác định độ tin cậy của hệ kết cấu dựa trên định nghĩa về sự phá hoại cụ thể, xây dựng mô hình tính độ tin cậy theo các sơ đồ điện hoặc xác định độ tin cậy của hệ kết cấu theo khoảng như công thức sau:

$$\prod_{i=1}^n P_s^i \leq P_s \leq \min(P_s^1, P_s^2, \dots, P_s^n) = P_s^i \min \quad (3)$$

3. Ứng dụng đánh giá độ tin cậy cho kết cấu khung thép liên kết đàn hồi

3.1 Đặt bài toán

Cho kết cấu khung phẳng bằng thép có liên kết đàn hồi, dầm và cột có tiết diện chữ I.27a chịu tải trọng phân bố đều dạng số khoảng. Sơ đồ hệ khung được thể hiện như hình 2. Hãy phân tích

KẾT CẤU – CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG

nội lực và đánh giá độ tin cậy cho kết cấu khung với số liệu đầu vào dạng khoảng như bên dưới.

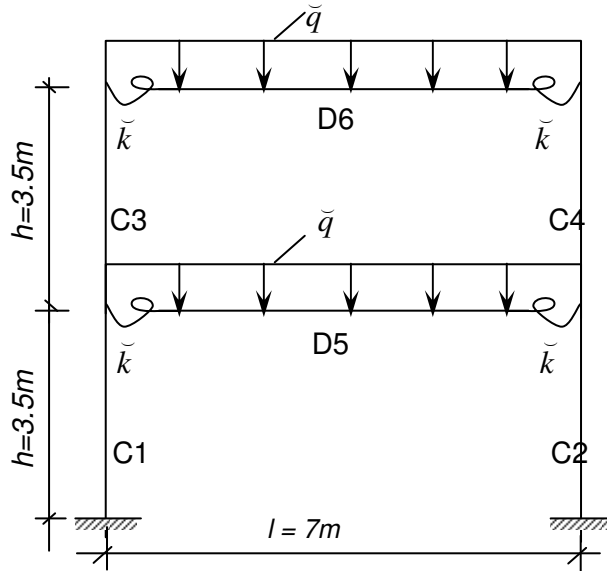
$\check{q} = (q^L, q^U) = (0.225, 0.275)$ kN/cm: Tải trọng phân bố khoảng.

$\check{k} = (k^L, k^U) = (495600, 991200)$ (kNcm/rad): Độ cứng của liên kết đàn hồi.

$\check{E} = (E^L, E^U) = (18, 22)10^3$ kN/cm²: Mô đun vật liệu thép dạng khoảng.

I.27a: $J = 5500$ cm⁴; $W = 407$ cm³; $A = 43.2$ cm²; $\check{i} = \check{E} J/h$

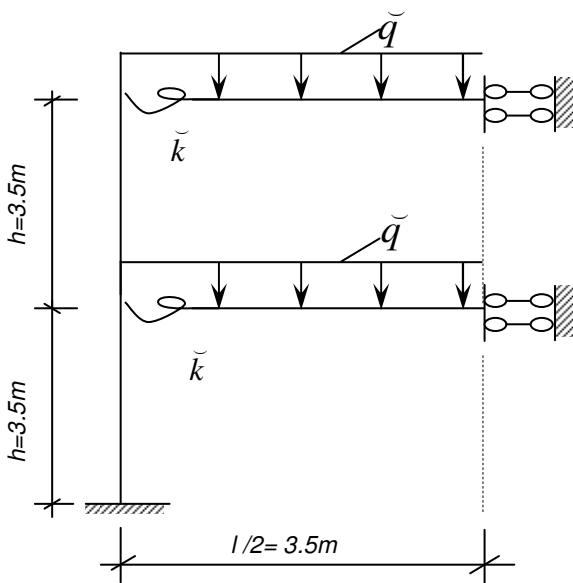
$[\check{\sigma}] = [18.9, 23.1]$ (kN/cm²): Ứng suất cho phép dạng khoảng của kết cấu.



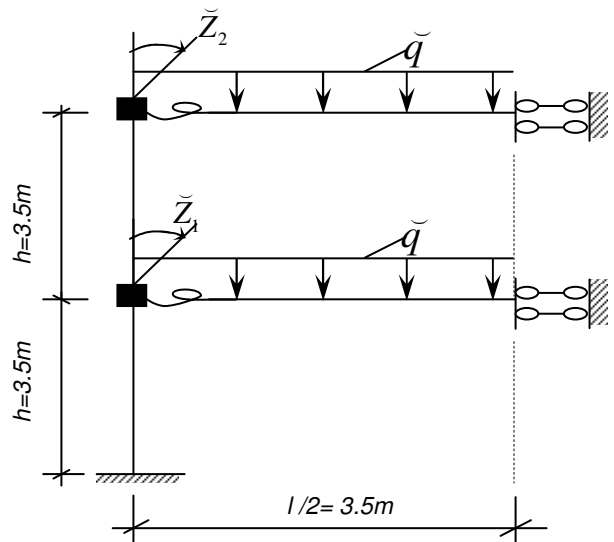
Hình 2. Sơ đồ kết cấu khung thép liên kết đàn hồi

3.2 Xác định nội lực cho kết cấu khung

Từ sơ đồ ta nhận thấy hệ đối xứng chịu tải trọng đối xứng, để đơn giản ta tính toán nội lực cho nửa hệ hình 3. Dùng phương pháp chuyển vị, bỏ qua ảnh hưởng biến dạng đàn hồi dọc trục và biến dạng trượt, xác định được hệ cơ bản hình 4.



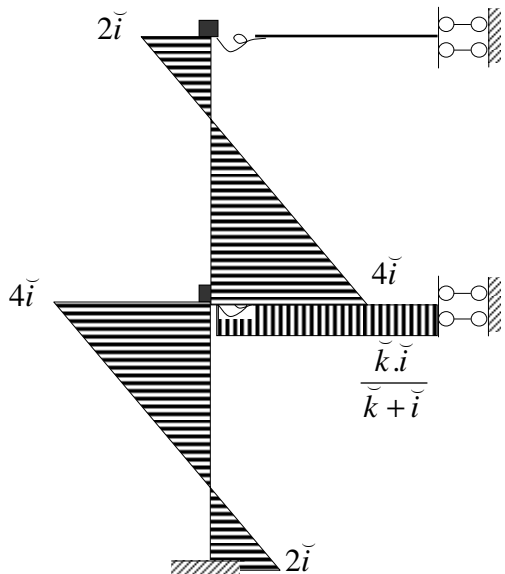
Hình 3. Sơ đồ tính 1/2 hệ kết cấu



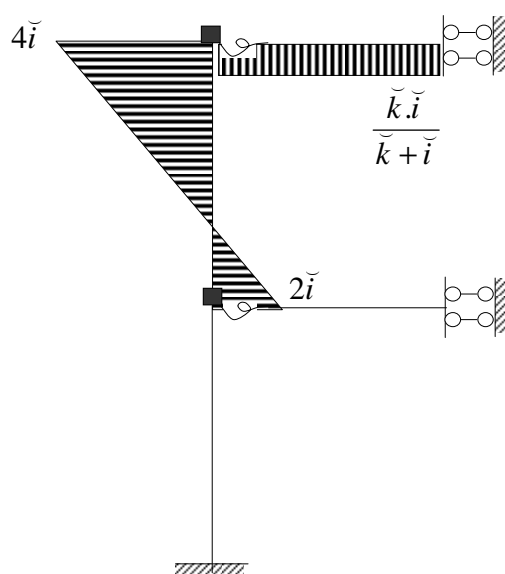
Hình 4. Hệ cơ bản 1/2 hệ kết cấu

KẾT CẤU – CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG

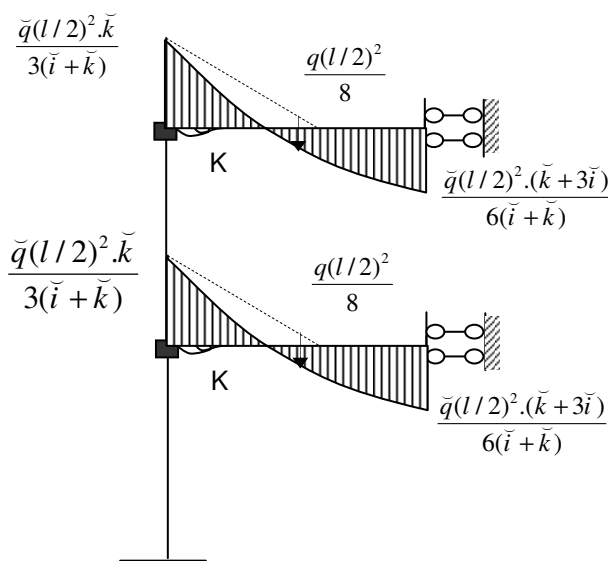
Sử dụng bảng phần tử mẫu được xây dựng trong [1] để xác định các biểu đồ mô men đơn vị do các chuyển vị cưỡng bức khi bằng đơn vị gây ra trên hệ cơ bản và biểu đồ mô men do tải trọng tác dụng trên hệ cơ bản như hình 5a, b, c.



Hình 5a. Biểu đồ (\overline{M}_1)



Hình 5b. Biểu đồ (\overline{M}_2)



Hình 5c. Biểu đồ (M_0^P)

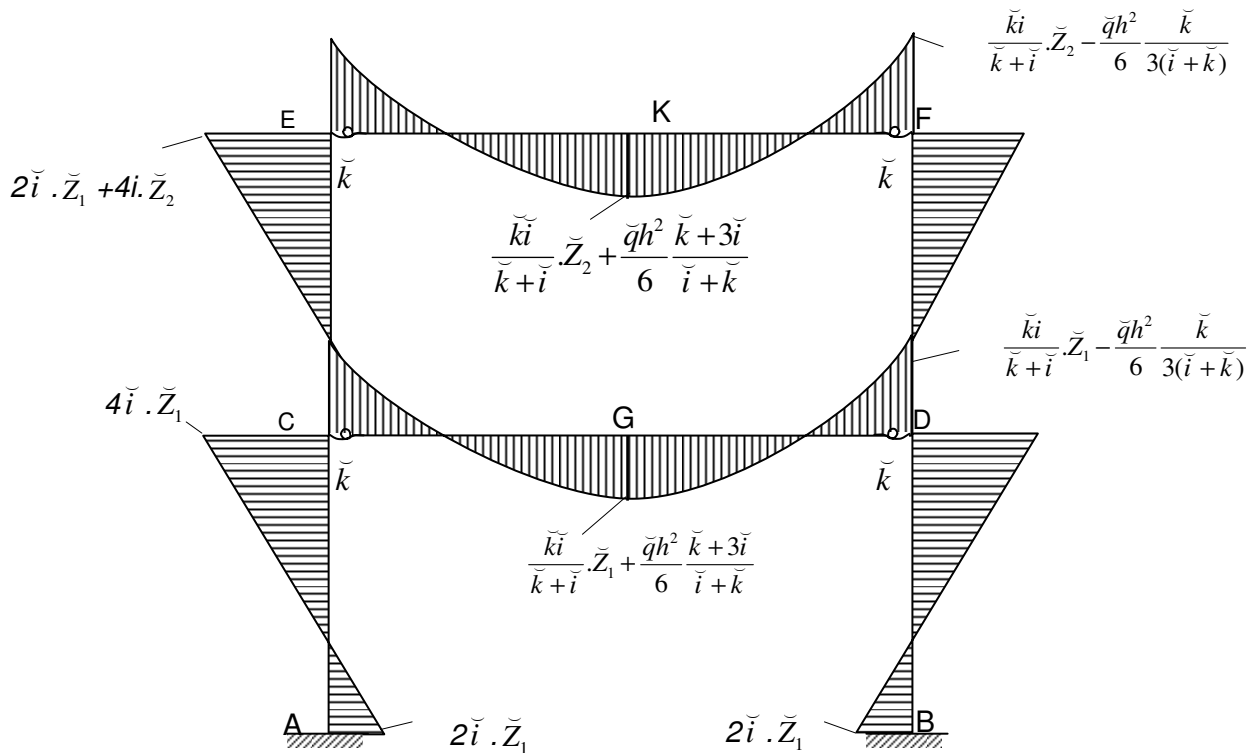
Hệ phương trình chính tắc:

$$\begin{bmatrix} \tilde{r}_{11} & \tilde{r}_{12} \\ \tilde{r}_{21} & \tilde{r}_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} \tilde{z}_1 \\ \tilde{z}_2 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \tilde{R}_{1P}^* \\ \tilde{R}_{2P}^* \end{Bmatrix} \quad (4)$$

Giải hệ phương trình (4) ta có: $\tilde{Z}_1 = \frac{\tilde{q}h^2(3\tilde{k}^2 + 2\tilde{k}\tilde{i})}{3(41\tilde{k}^2\tilde{i} + 68\tilde{k}\tilde{i}^2 + 28\tilde{i}^3)}$; $\tilde{Z}_2 = \frac{\tilde{q}h^2(7\tilde{k}^2 + 6\tilde{k}\tilde{i})}{3(41\tilde{k}^2\tilde{i} + 68\tilde{k}\tilde{i}^2 + 28\tilde{i}^3)}$;

Từ công thức: $(M) = (\overline{M}_1) \cdot \tilde{Z}_1 + (\overline{M}_2) \cdot \tilde{Z}_2 + (M_P^O)$

Ta có biểu đồ mô men cho toàn hệ như hình 6:



Hình 6. Dạng biểu đồ mô men của toàn hệ

Từ biểu đồ mô men, xác định được lực dọc và lực cắt của hệ kết cấu theo phương pháp tính của cơ học kết cấu. Kết quả nội lực là hàm số phụ thuộc vào các đại lượng \bar{k} , \bar{E} , \bar{q} , là các đại lượng khoảng. Dùng thuật toán *tối ưu khoảng* [5] kết hợp với phần mềm Maple 13 để tối ưu xác định các giá trị nội lực khoảng cho các phần tử kết cấu và cho hệ kết cấu, từ đó áp dụng công thức "Tỷ số khoảng" đánh giá độ tin cậy cho kết cấu đang khảo sát.

3.3 Đánh giá độ tin cậy cho kết cấu theo công thức "Tỷ số khoảng"

3.3.1 Xác định nội lực các phần tử dầm cột của hệ kết cấu

Từ kết quả tính toán, lấy kết quả nội lực cho các phần tử dầm, cột của kết cấu khung đang xét. Để đánh giá độ tin cậy cho kết cấu theo điều kiện bền thì đối với phần tử dầm cần xác định giá trị mô men lớn nhất trong dầm, còn đối với phần tử cột cần xác định đồng thời giá trị mô men và lực dọc ở tiết diện chân cột của mỗi tầng. Kết quả nội lực của từng phần tử kết cấu khung được thể hiện như trong bảng 1 và 2

Bảng 1. Kết quả nội lực của phần tử cột khung

Phần tử	Nội lực chân cột dạng khoảng	
	Mômen \bar{M} (kN.cm)	Lực dọc \bar{N} (kN)
Cột 1	[1582.620 , 2558.587]	[157.5 , 192.5]
Cột 2	[1582.620 , 2558.587]	[157.5 , 192.5]
Cột 3	[4819.000 , 7521.967]	[78.75 , 96.25]
Cột 4	[4819.000 , 7521.967]	[78.75 , 96.25]

Trong bảng trên, giá trị lực dọc phần tử cột được thể hiện giá trị dương để dễ tính toán độ tin cậy, tuy nhiên các cột đều chịu nén (theo quy ước là giá trị âm).

Bảng 2. Kết quả nội lực của phần tử dầm khung

Phần tử	Mômen lớn nhất trong dầm \bar{M} (kN.cm). 10^3
Dầm 5	[7040.651 , 10513.757]
Dầm 6	[7626.914 , 10953.860]

KẾT CẤU – CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG

Trong bảng trên, giá trị mômen được thể hiện giá trị dương để dễ tính toán, tất cả mômen này đều làm căng thớ dưới của dầm (mômen tại giữa nhịp).

3.3.2 Đánh giá độ tin cậy của hệ kết cấu

Để đánh giá độ tin cậy của hệ kết cấu, cần tính độ tin cậy của từng phần tử kết cấu theo công thức "Tỷ số khoảng" và sau đó tính toán độ tin cậy cho toàn bộ kết cấu theo công thức (3).

Độ tin cậy của phần tử dầm theo điều kiện bền [1]:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W} \leq f \cdot \gamma_c = [\sigma] \quad \text{hay} \quad Q_d \leq R_d \quad (5)$$

với: $Q_d = \sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W}$: Trạng thái chịu lực của phần tử dầm.

$R_d = [\sigma]$: Khả năng chịu lực của phần tử dầm.

Độ tin cậy của phần tử cột theo điều kiện bền:

$$\sigma_{\max} = \frac{N}{A} + \frac{M_{\max}}{W} \leq f \cdot \gamma_c = [\sigma] \quad \text{hay} \quad Q_c \leq R_c \quad (6)$$

với: $Q_c = \frac{N}{A} + \frac{M_{\max}}{W}$: Trạng thái chịu lực của phần tử cột.

$R_c = [\sigma]$: Khả năng chịu lực của phần tử cột

Khi các tham số đầu vào dạng số khoảng, điều kiện bền của phần tử dầm, cột có dạng như dưới:

$$\bar{Q}_d \leq \bar{R}_d \quad (7)$$

$$\bar{Q}_c \leq \bar{R}_c \quad (8)$$

Kết quả tính độ tin cậy của phần tử hệ theo công thức "Tỷ số khoảng" như trong bảng 3 và 4.

Bảng 3. Kết quả tính độ tin cậy phần cột kết cấu

Phần tử	Khả năng tiết diện \bar{R}_{ci} (kN/cm ²)	Trạng thái tiết diện \bar{Q}_{ci} (kN/cm ²)	Độ tin cậy theo "Tỷ số khoảng"
Cột 1	[18.9, 23.1]	[7.543, 10.742]	1.000000
Cột 2	[18.9, 23.1]	[7.543, 10.742]	1.000000
Cột 3	[18.9, 23.1]	[13.663, 20.707]	0.839292
Cột 4	[18.9, 23.1]	[13.663, 20.707]	0.839292

Bảng 4. Kết quả tính độ tin cậy phần tử dầm kết cấu

Phần tử	Khả năng tiết diện \bar{R}_{di} (kN/cm ²)	Trạng thái tiết diện \bar{Q}_{di} (kN/cm ²)	Độ tin cậy theo "Tỷ số khoảng"
Dầm 5	[18.9, 23.1]	[17.299, 25.832]	0.455624
Dầm 6	[18.9, 23.1]	[18.739, 26.914]	0.352404

Độ tin cậy của hệ kết cấu được tính theo công thức $\prod_{i=1}^6 P_s^i = \leq P_s \leq \min(P_s^1, P_s^2, \dots, P_s^6) = P_s^i \min$

Vậy độ tin cậy khoảng của hệ kết cấu: $0.113103 \leq P_s \leq 0.352404$

3.3.3 Khảo sát độ tin cậy của hệ kết cấu khi tăng tiết diện dầm

Từ kết quả đánh giá độ tin cậy của hệ kết cấu, xét thấy phần tử dầm có độ tin cậy bé do tiết diện

dầm nhỏ, làm cho độ tin cậy của cả hệ kết cấu cũng bé. Để tăng độ tin cậy của hệ kết cấu, trong phần này khảo sát độ tin cậy của hệ khi tăng dần tiết diện dầm trong trường hợp vẫn giữ nguyên tiết diện cột I.27a có các thông số:

$J = 5500 \text{ cm}^4$; $W = 407 \text{ cm}^3$; $A = 43.2 \text{ cm}^2$; $\bar{i} = \bar{E} \text{ J/h}$.

Tiết diện dầm được khảo sát gồm: I.27a; I.30; I.30a; I.33; I.36; với các thông số như bảng 5:

Bảng 5. Các thông số đặc trưng tiết diện dầm

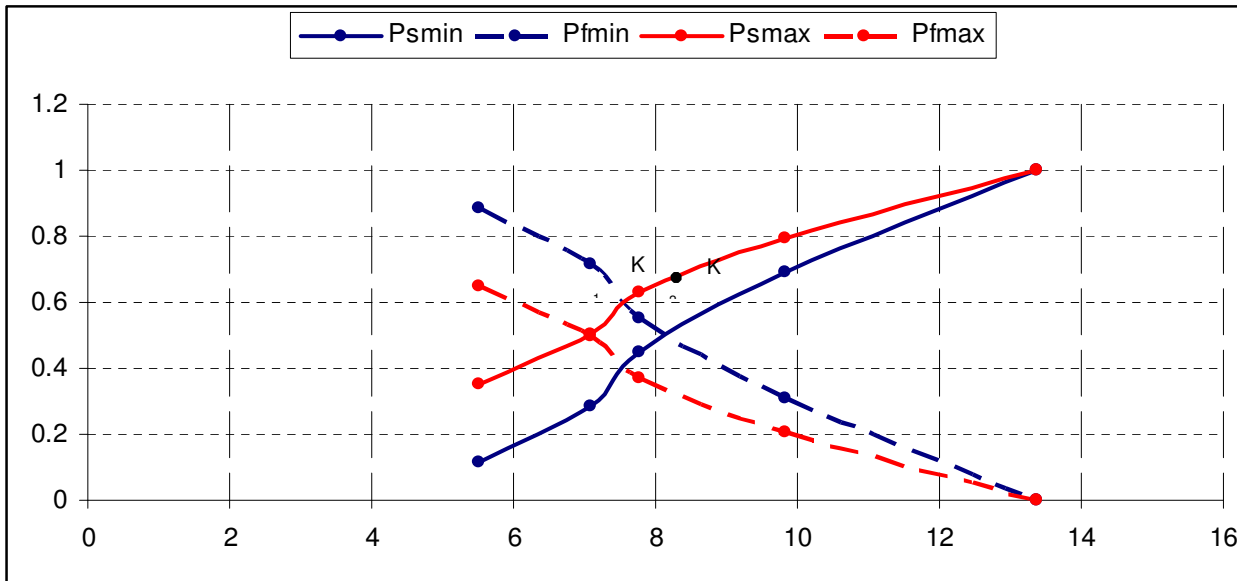
Số hiệu thép	Các thông số đặc trưng tiết diện			
	J_d (cm ⁴)	W (cm ³)	A (cm ²)	Độ cứng quy đổi $i_d = \bar{E} \cdot J_d/h$
I.27a	5500	407	43,2	15,714 \bar{E}
I.30	7080	472	46,5	20,234 \bar{E}

KẾT CẤU – CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG

I.30a	7780	518	49,9	22,229 \bar{E}
I.33	9840	597	53,8	28,114 \bar{E}
I.36	13380	743	61,4	38,229 \bar{E}

Tương ứng với từng tiết diện dầm, tiến hành tính toán nội lực của kết cấu khung thép liên kết đàn hồi đang khảo sát theo các bước trong mục 3.2, từ đó đánh giá độ tin cậy cho kết cấu theo

các bước trong mục 3.3. Toàn bộ quá trình tính toán được lập trong phần mềm Maple 13 cho ra kết quả độ tin cậy của hệ kết cấu tương ứng với các số hiệu thép khảo sát trong bảng 6 và hình 7.



Hình 7. Mối quan hệ giữa đặc trưng tiết diện dầm và độ tin cậy hệ kết cấu

Bảng 6. Kết quả độ tin cậy hệ kết cấu theo tiết diện dầm

Tiết diện dầm	Độ tin cậy hệ		Độ không tin cậy hệ	
	$P_s min$	$P_s max$	$P_f min$	$P_f max$
I.27a -(J=5500)	0.113103	0.352404	0.8869	0.6476
I.30 -(J=7080)	0.286040	0.500886	0.71396	0.49911
I.30a -(J=7780)	0.449196	0.628672	0.5508	0.37133
I.33 -(J=9840)	0.688095	0.793970	0.31191	0.20603
I.36 -(J=13380)	1.000000	1.000000	0	0

Đồ thị trên hình 7 cho thấy xu hướng độ tin cậy của hệ kết cấu tăng dần khi đặc trưng tiết diện dầm tăng dần đồng thời độ không tin cậy của hệ kết cấu giảm dần theo đúng quy luật của lý thuyết độ tin cậy. Điểm giao nhau của đường thể hiện độ tin cậy và đường thể hiện độ không tin cậy chính là điểm xác suất hỏng 50% và xác suất an toàn là 50%.

Dựa vào đồ thị ta thấy tại vị trí tiết diện dầm I.36(J=13380 cm⁴) có độ tin cậy của hệ kết cấu: $P_s min = P_s max = 1$ và độ không tin cậy $P_f min$

$= P_f max = 0$, đó chính là vị trí tối ưu của tiết diện cần chọn cho hệ kết cấu.

4. Kết luận

Bài báo trình bày một ứng dụng tính toán phân tích xác định trạng thái nội lực của hệ kết cấu khung thép có liên kết đàn hồi theo phương pháp chuyển vị kết hợp thuật toán tối ưu khoảng để xác định giá trị nội lực của hệ kết cấu dưới dạng khoảng khi các tham số tải trọng, liên kết đàn hồi và của đặc trưng vật liệu là các số khoảng. Từ kết quả tính toán độ tin cậy của kết

cấu có thể đề xuất biện pháp nâng cao độ tin cậy của kết cấu ví dụ như khảo sát độ tin cậy theo sự tăng dần của tiết diện kết cấu từ đó chọn tiết diện hợp lý cho kết cấu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Vũ Quốc Anh (2012), Tính toán và thiết kế khung thép có liên kết đàn hồi, *Nhà xuất bản Xây dựng*.
- [2]. Nguyễn Xuân Chính (2000), Phương pháp đánh giá độ tin cậy của khung bê tông cốt thép theo tiêu chuẩn Việt Nam, *Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Hà Nội*.
- [3]. Lê Công Duy, Một cách đánh giá độ tin cậy khoảng của kết cấu dàn phẳng, *Tạp chí Xây dựng, Bộ Xây dựng, số 01/2015*.
- [4]. Phan Văn Khôi (2001), Cơ sở đánh giá độ tin cậy, *Nhà xuất bản KH & KT, Hà Nội*.
- [5]. Lê Công Duy, Đặng Hồng Long (2014), Một thuật toán giải phương trình cơ bản của phương pháp phần tử hữu hạn có tham số khoảng, *Tạp chí KHCN Xây dựng – Viện KHCN Xây dựng, số 3*.
- [6]. Lê Xuân Huỳnh, Lê Công Duy (2012), Độ tin cậy của kết cấu khung có tham số đầu vào dạng số mờ, *Tuyển tập công trình Hội nghị cơ học toàn quốc lần thứ IX, Hà Nội, tháng 12*.
- [7]. Nguyễn Văn Phó, Nguyễn Đình Tân (2005), *Một phương pháp tính độ tin cậy của công trình có biến mờ tham gia*, Tạp chí KHCN Xây dựng, số 3.
- [8]. Bend Moller, Wolfgang Graf, Michael Beer (2003), Safety Assessment of Structure in View of Fuzzy Randomness. Institute of Structural Analsis, *Dresden University of Technology, Dresden Germany*.
- [9]. Kwan-Ling-Lai (1990), Fuzzy Based Structural Reliability Assessment, *Structure Dept. China Engineering Consultants, Inc, Taipei*.
- [10]. Zhiping Qiu, Di Yang, Isaac Elishakoff (2008), Probabilitisc interval reliability of structural systems, *International Journal of Solids and Structures 45-2008, pp.2850-2860*.

Ngày nhận bài: 23/03/2016.

Ngày nhận bài sửa lần cuối: 29/6/2016.