



TỶ SỐ CẢN GIÃN DỌC LÊN CỘT KHI CHÁY CỤC BỘ TRONG KHUNG BÊ TÔNG CỐT THÉP

Nguyễn Trường Thắng¹, Nguyễn Thanh Tùng²

Tóm tắt: Bài báo này khảo sát hiện tượng cột trong kết cấu khung bê tông cốt thép toàn khối bị cản giãn nở nhiệt dọc trục khi cháy cục bộ thông qua tỷ số cản giãn dọc α_r . Các phép phân tích lý thuyết được tiến hành trên kết cấu khung bê tông cốt thép, với các kịch bản cháy cục bộ có thể xảy ra tại một số vị trí cột khác nhau trên mặt bằng công trình như cột trong, cột biên và cột góc. Các thông số ảnh hưởng đến tỷ số α_r được xác định từ các công thức giải tích đơn giản. Thông qua một số thí dụ tính toán, dải giá trị của tỷ số cản giãn dọc lên cột được xác định nằm trong khoảng từ 0,01 đến 0,06. Dải giá trị này có ý nghĩa thực tế trong việc nghiên cứu sự làm việc của cột khi bị cháy cục bộ trong kết cấu khung bê tông cốt thép toàn khối.

Từ khóa: Cột; kết cấu; bê tông cốt thép; cháy; tỷ số cản giãn dọc.

Summary: This paper investigates the axial restraint ratio (α_r) exerted onto a column in reinforced concrete framed structures when it is subjected to local fire. Analytical analysis is conducted on prototype reinforced concrete frames, in which the heated column is at different layout positions such as interior, exterior, and corner columns. Simplified and practical analytical equations are derived to determine parameters having significant effect on axial restraint ratio. Four worked examples are carried out to provide the numerical values of axial restraint ratios to be 0,01 to 0,06. These values are practical and useful for studying the behaviour of reinforced concrete columns subjected to fire.

Keywords: Column; structure; reinforced concrete; fire; axial restraint ratio.

Nhận ngày 20/8/2015, chỉnh sửa ngày 10/9/2015, chấp nhận đăng 07/01/2016



1. Giới thiệu

Khi xảy ra cháy tại một khu vực cục bộ nào đó trong kết cấu khung bê tông cốt thép (BTCT) toàn khối, các cấu kiện dầm hoặc cột tại khu vực đó sẽ chịu tác động của nhiệt độ cao trong khi các cấu kiện khác không bị nung nóng trực tiếp. Do thường được liên kết cứng tại nút với các cấu kiện xung quanh có nhiệt độ thấp hơn, sự giãn nở nhiệt dọc trục của dầm hay cột đó sẽ bị cản trở. Mức độ cản trở là khác nhau đối với các cấu kiện tại các vị trí khác nhau trong khung. Một số nghiên cứu bằng phương pháp số và được kiểm chứng bằng thực nghiệm [1,2] cho thấy tác động cản trở giãn nở nhiệt trong khung là có lợi đối với khả năng chịu lực của dầm BTCT tại nhiệt độ cao. Tuy nhiên, cấu kiện cột có thể bị ảnh hưởng bất lợi trong trường hợp này do vừa bị suy giảm cường độ và độ cứng ở nhiệt độ cao vừa phải chịu thêm lực dọc phát sinh do bị cản trở giãn nở nhiệt dọc trục và do đó có thể bị phá hoại sớm hơn theo điều kiện cường độ hoặc theo điều kiện ổn định. Trong việc phân tích khả năng chịu lực của cột BTCT tại nhiệt độ cao, sự cản giãn nở nhiệt dọc trục có thể được biểu diễn bằng một đại lượng không thứ nguyên là tỷ số α_r giữa độ cứng cản dọc trục K_r và độ cứng dọc trục của cột K_c , được gọi tắt là tỷ số cản giãn dọc $\alpha_r = K_r/K_c$. Một số nghiên cứu trước đây [3,4] đã chỉ ra rằng trong kết cấu khung thép, tỷ số cản giãn dọc lên cột có giá trị thay đổi từ 0,01 đến 0,35. Tuy nhiên, có ít nghiên cứu xác định rõ ràng dải giá trị cho tỷ số cản giãn dọc của cột trong khung BTCT.

Trong bài báo này, tỷ số cản giãn dọc lên cột khi xảy ra cháy cục bộ trong kết cấu khung BTCT toàn khối được nghiên cứu bằng phương pháp lý thuyết. Các công thức đơn giản và thực hành cho cột trong, cột biên và

¹TS, Khoa Xây dựng Dân dụng và Công nghiệp, Trường Đại học Xây dựng. E-mail: thangcee@gmail.com.

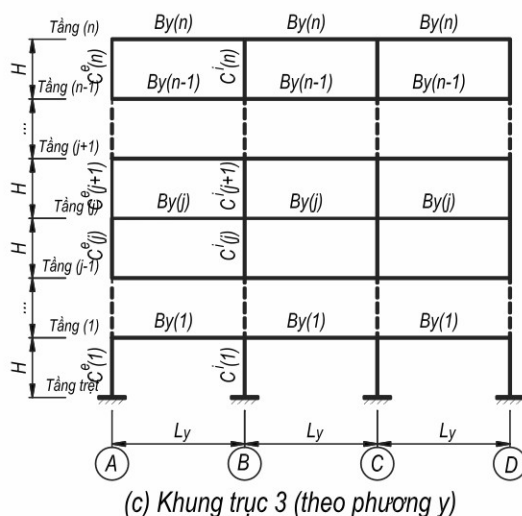
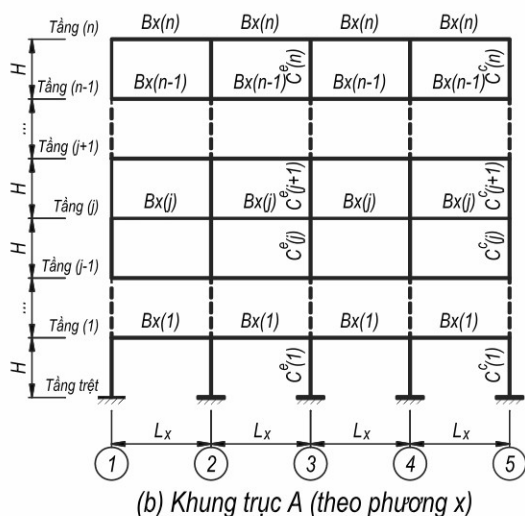
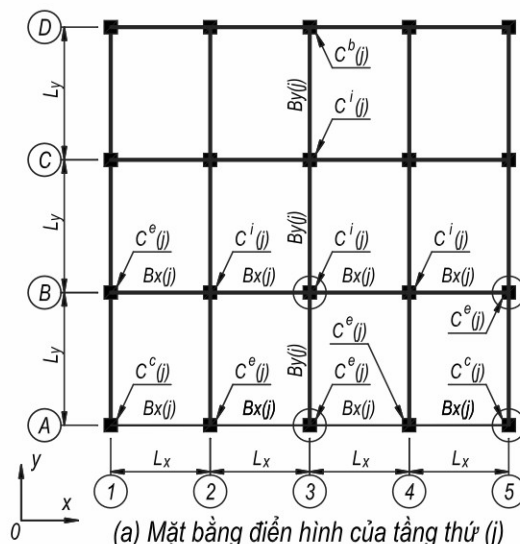
²ThS, Học viện Cán bộ quản lý xây dựng và đô thị.

cột góc được giới thiệu và áp dụng vào một số thí dụ thực tế để thu được dải giá trị cho tỷ số cản giãn dọc cho cột BTCT. Đây là thông số cần thiết để xác định lực dọc phát sinh do cản nhiệt dọc trục và có vai trò quan trọng trong việc phân tích khả năng chịu lực của cột BTCT tại nhiệt độ cao.



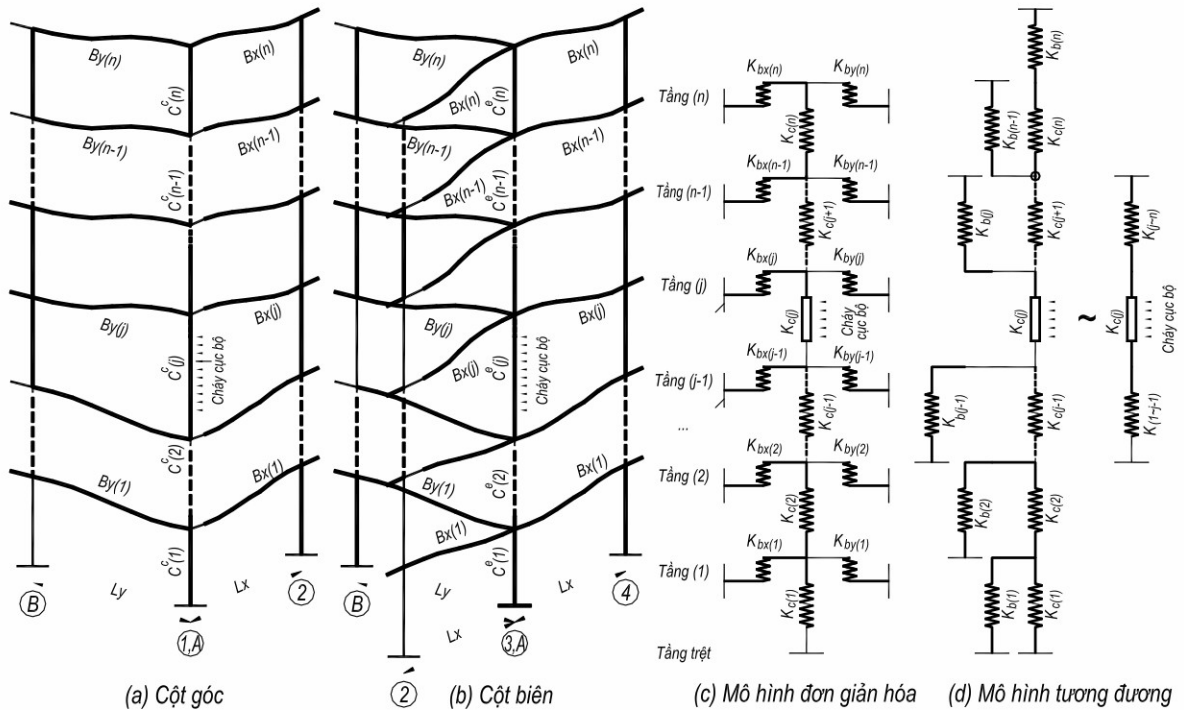
2. Phân tích giải tích

Hình 1(a) biểu diễn mặt bằng của tầng điển hình thứ (j) trong công trình khung BTCT toàn khối. Các dầm khung theo các phương x và y của mặt bằng được ký hiệu lần lượt là $Bx(j)$ và $By(j)$, có bốn và ba nhịp đều nhau tương ứng là L_x và L_y . Có ba loại cột cơ bản trên mặt bằng công trình. Các cột đỡ tầng thứ (j) và được đặt tại các vị trí bên trong, trên biên và tại góc được ký hiệu tương ứng là $C^i(j)$, $C^e(j)$ và $C^c(j)$. Các khung đứng điển hình theo trục A và trục 3 được lần lượt thể hiện trên các Hình 1(b) và 1(c), với giả thiết là công trình có n tầng và chiều cao H của các tầng là đều nhau.



Hình 1. Công trình khung bê tông cốt thép điển hình

Khi xảy ra cháy cục bộ gần một cột nào đó đỡ tầng thứ (j) , chỉ có cột này bị đốt nóng và có xu hướng giãn nở dọc trục theo phương đứng. Sự giãn nở của cột này sẽ tạo ra những lực đứng tác dụng lên đầu mút của các dầm liên kết tại nút khung của các tầng phía trên và phía dưới. Với các cột ở vị trí góc và biên, hiện tượng này được biểu diễn tương ứng trong các Hình 2(a) và 2(b).



Hình 2. Cột đỡ tầng thứ (j) bị cản giãn dọc khi xảy ra cháy cục bộ

Tại các tầng thứ (j) và (j-1), những dầm liên kết với cột bị nung nóng cục bộ sẽ bị uốn với những chuyển vị đứng khác nhau tại hai đầu, do cột đỡ đầu còn lại của dầm không bị giãn nở nhiệt. Như vậy cột khảo sát sẽ không được tự do giãn dài dọc trục mà bị những dầm liên kết với nó cản trở giãn nở nhiệt theo phương đứng thông qua độ cứng chống uốn K_b của từng dầm, được xác định theo công thức quen thuộc $K_b = 12E_b I_b / L^3$, trong đó E_b là mô đun đàn hồi của vật liệu, I_b là mô men quán tính của tiết diện ngang của dầm và L là nhịp dầm. Tổng độ cứng $K_{b(j)}$ mà các dầm của tầng thứ (j) ngăn cản cột giãn nở nhiệt dọc trục được xác định như sau:

$$K_{b(j)} = K_{bx(j)} + K_{by(j)} = n_x \times \frac{12E_b I_{bx(j)}}{L_x^3} + n_y \times \frac{12E_b I_{by(j)}}{L_y^3} \quad (1)$$

trong đó $K_{bx(j)}$ và $K_{by(j)}$ tương ứng là độ cứng chống uốn của các dầm lân cận trên tầng thứ (j) theo phương x và phương y; n_x và n_y là số lượng nhịp dầm theo phương x và phương y liên kết với cột khảo sát và phụ thuộc vào vị trí của cột đó. Đối với cột trong, $n_x = n_y = 2$. Đối với cột biên dọc theo trục A và trục D, $n_x = 2$ và $n_y = 1$. Đối với cột biên dọc theo trục 1 và trục 5, $n_x = 1$ và $n_y = 2$. Đối với cột góc, $n_x = n_y = 1$ (Hình 1(a)).

Yếu tố thứ hai tham gia ngăn cản giãn nở nhiệt dọc trục là các cột phía trên và phía dưới của cột khảo sát với độ cứng dọc trục của các cột đó. Các dầm tại các tầng khác liên kết trực tiếp với các cột này là yếu tố thứ ba đóng góp vào việc ngăn cản giãn nở nhiệt dọc trục của cột khảo sát thông qua độ cứng chống uốn của chúng (Hình 2(a,b)).

Hiện tượng trên được biểu diễn bằng mô hình đơn giản hóa (Hình 2(c)) và mô hình tương đương (Hình 2(d)). Các mô hình này được xây dựng dựa trên các giả thiết sau: (i) Chỉ cột khảo sát bị cháy cục bộ trong khi các dầm và cột khác trong khung đều ở nhiệt độ thường; (ii) Bỏ qua ảnh hưởng của biến dạng xoay của nút khung tới chuyển vị dọc trục của cột; (iii) Bỏ qua ảnh hưởng của sàn; và (iv) Cột bị cháy cục bộ với nhiệt độ phân bố đều trên bốn mặt.

Từ mô hình tương đương (Hình 2(d)), tổng độ cứng K_{tot} mà các cấu kiện trong khung BTCT tác động lên cột khảo sát bị cháy cục bộ tại tầng bất kỳ thứ (j) có thể được xác định như sau:

$$\frac{1}{K_{tot}} = \frac{1}{K_{1 \sim (j-1)}} + \frac{1}{K_{j \sim n}} \quad (2)$$

trong đó $K_{1 \sim (j-1)}$ và $K_{j \sim n}$ tương ứng là độ cứng tổng hợp của các cấu kiện từ tầng trệt đến tầng thứ $(j-1)$ và từ tầng thứ $(j-1)$ đến tầng mái. Các đại lượng này được xác định như sau (Hình 2(d)):

$$K_{1 \sim (j-1)} = K_{b(j-1)} + \frac{1}{\frac{1}{K_{c(j-1)}} + \frac{1}{K_{b(j-2)} + \frac{1}{\frac{1}{K_{c(j-2)}} + \frac{1}{K_{b(j-3)} + \frac{1}{\dots + \frac{1}{K_{b(2)} + \frac{1}{\frac{1}{K_{c(2)}} + \frac{1}{K_{b(1)} + K_{c(1)}}}}}}}}}} \quad (3)$$

$$K_{j \sim n} = K_{b(j)} + \frac{1}{\frac{1}{K_{c(j)}} + \frac{1}{K_{b(j+1)} + \frac{1}{\frac{1}{K_{c(j+1)}} + \frac{1}{K_{b(j+2)} + \frac{1}{\dots + \frac{1}{K_{b(n-1)} + \frac{1}{\frac{1}{K_{c(n)}} + \frac{1}{K_{b(n)}}}}}}}}}} \quad (4)$$

Trên thực tế, thường xảy ra cháy nổ tại khu vực để xe ở tầng dưới cùng của công trình và có thể dẫn tới cột đỡ tầng 1 bị cháy cục bộ. Trong trường hợp này, độ cứng tổng hợp K_{tot} chính là đại lượng $K_{1 \sim n}$ và có thể được xác định bằng cách thay đại lượng $j=1$ vào biểu thức (4).

Nếu giả thiết rằng: (i) Công trình có số tầng là vô hạn về mặt lý thuyết ($n=\infty$); (ii) Tất cả dầm tại các tầng là giống nhau với tổng độ cứng của từng tầng là $K_{b(i)}=K_b$; và (iii) Cột có tiết diện không đổi tại tất cả các tầng với độ cứng dọc trục $K_{c(i)}=K_c$, biểu thức (4) có thể được đơn giản hóa để xác định cận trên của độ cứng tổng thể $K_{r(\infty)}$ như trong biểu thức (5).

$$K_{r(\infty)} = K_b + \frac{1}{\frac{1}{K_c} + \frac{1}{K_{r(\infty)}}} \Rightarrow K_{r(\infty)} = \frac{K_b + \sqrt{K_b^2 + 4K_b K_c}}{2} \quad (5)$$

Nếu trên mặt bằng công trình (Hình 1(a)), các dầm theo hai phương x và y đều có nhịp bằng nhau ($L_x=L_y=L$) và có cùng độ cứng $E_b I_b$, thay các giá trị n_x và n_y áp dụng cho cột ở các vị trí khác nhau trong biểu thức (1) vào biểu thức (5), có thể xác định được tỷ số cản giãn dọc của kết cấu khung lên cột trong, cột biên và cột giữa tương ứng trong các biểu thức (6), (7) và (8).

$$\alpha_{r(\infty)}^i = \frac{K_{r(\infty)}^i}{K_c} = \frac{4\bar{K}_b + \sqrt{16\bar{K}_b^2 + 16\bar{K}_b K_c}}{2K_c} = 2,0 \times \left(n_{bc} + \sqrt{n_{bc}^2 + n_{bc}} \right) \quad (6)$$

$$\alpha_{r(\infty)}^e = \frac{K_{r(\infty)}^e}{K_c} = \frac{3\bar{K}_b + \sqrt{9\bar{K}_b^2 + 12\bar{K}_b K_c}}{2K_c} = 1,5 \times \left(n_{bc} + \sqrt{n_{bc}^2 + \frac{4}{3}n_{bc}} \right) \quad (7)$$

$$\alpha_{r(\infty)}^c = \frac{K_{r(\infty)}^c}{K_c} = \frac{2\bar{K}_b + \sqrt{4\bar{K}_b^2 + 8\bar{K}_b K_c}}{2K_c} = 1,0 \times \left(n_{bc} + \sqrt{n_{bc}^2 + 2n_{bc}} \right) \quad (8)$$

trong đó tỷ lệ độ cứng n_{bc} là tỷ số giữa độ cứng uốn $\bar{K}_b$ của một dầm và độ cứng dọc trục K_c của cột khảo sát và được xác định trong biểu thức (9), trong đó E_c và A_c lần lượt là mô đun đàn hồi và diện tích tiết diện ngang của cột.

$$n_{bc} = \frac{\bar{K}_b}{K_c} = \left(\frac{12E_b I_b}{L^3} \right) / \left(\frac{E_c A_c}{H} \right) = \left(\frac{12E_b I_b}{L^3} \right) \times \left(\frac{H}{E_c A_c} \right) \quad (9)$$

Đối với cấu kiện BTCT, đại lượng n_{bc} được khai triển cho dầm và cột có tiết diện ngang tương ứng là $(b_b x h_b)$ và $(b_c x h_c)$. Độ cứng uốn của dầm được xác định như sau:

$$\bar{K}_b = \frac{12E_b I_b}{L^3} = \frac{12 \times \frac{0,4E_c}{1+\beta_d} \times \frac{b_b h_b^3}{12}}{L^3} = \frac{0,4E_c b_b h_b^3}{(1+\beta_d)L^3} \quad (10)$$

Để đơn giản hóa, giả thiết cả dầm và cột đều có hệ số suy giảm độ cứng do ảnh hưởng của nứt của bê tông là 0,4 và có cùng đại lượng $(1+\beta_d)$ do ảnh hưởng của từ biến tới biến dạng [5].

Đối với cột có vị trí bên trong chịu nén lệch tâm bé và phần lớn tiết diện chịu nén, có thể bỏ qua ảnh hưởng của nứt. Độ cứng dọc trục của cột được xác định theo biểu thức (11).

$$K_c = \frac{E_c b_c h_c}{(1+\beta_d)H} \quad (11)$$

Khi đó đại lượng n_{bc}^i cho cột trong là:

$$n_{bc}^i = \frac{\bar{K}_b}{K_c} = 0,4 \left(\frac{b_b}{b_c} \right) \left(\frac{H}{h_c} \right) \left(\frac{h_b}{L} \right)^3 \quad (12)$$

Trên thực tế, cột biên thường chịu nén lệch tâm phẳng và cột góc chịu nén lệch tâm xiên. Nếu kể tới ảnh hưởng của nứt, độ cứng dọc trục của các cột này được xác định bằng cách nhân hệ số 0,4 với từ số trong biểu thức (11). Khi đó đại lượng n_{bc} cho cột biên và cột góc là:

$$n_{bc}^e = n_{bc}^c = \frac{\bar{K}_b}{K_c} = \left(\frac{b_b}{b_c} \right) \left(\frac{H}{h_c} \right) \left(\frac{h_b}{L} \right)^3 \quad (13)$$

Các biểu thức (12) và (13) cho thấy tỷ lệ độ cứng n_{bc} không những phụ thuộc vào vị trí của cột khảo sát mà còn tỷ lệ thuận với tỷ số giữa bề rộng dầm và bề rộng cột (b_b/b_c) và tỷ số giữa chiều cao tầng và chiều cao tiết diện cột (H/h_c) và tỷ lệ nghịch với lập phương của tỷ số giữa nhịp và chiều cao của dầm lân cận (L/h_b). Một số thí dụ sẽ được trình bày trong mục 3 nhằm xác định dải giá trị thực tế của tỷ lệ độ cứng n_{bc} cũng như của tỷ số cần giản dọc α_r .



3. Thí dụ tính toán

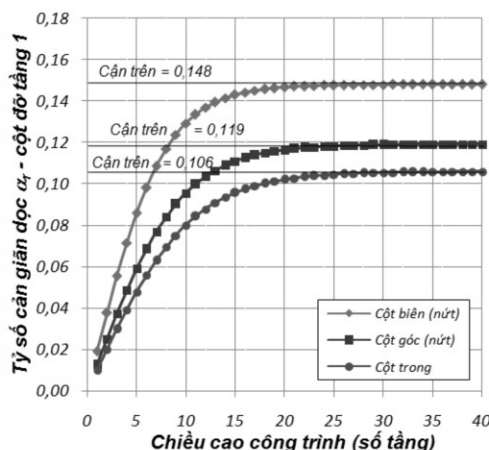
3.1 Thí dụ số 1

Xét một công trình khung BTCT toàn khối nhiều tầng có mặt bằng như trên Hình 1(a). Chiều cao tầng điển hình là $H=3,3m$. Nhịp dầm theo cả hai phương là bằng nhau $L_x=L_y=L=6,0m$. Dầm và cột điển hình có tiết diện lần lượt là 300×500 và $300mm \times 300mm$. Tỷ số độ cứng giữa dầm và cột n_{bc} được xác định tại các vị trí cột khác nhau trên mặt bằng. Với cột trong chủ yếu chịu nén và không có khe nứt, dựa vào biểu thức (12) tính được $n_{bc}=2,546 \times 10^{-3}$. Cột biên và cột góc lần lượt chịu nén lệch tâm phẳng và lệch tâm xiên. Nếu các cột này có khe nứt, dựa vào biểu thức (13) có $n_{bc}=6,366 \times 10^{-3}$. Nếu cột biên và cột góc không có khe nứt, tỷ số độ cứng của chúng là $n_{bc}=2,546 \times 10^{-3}$. Giả thiết công trình có số tầng lớn vô hạn, giá trị cận trên của tỷ số cần giản dọc được xác định như trong Mục 2 với kết quả trình bày trong Bảng 1.

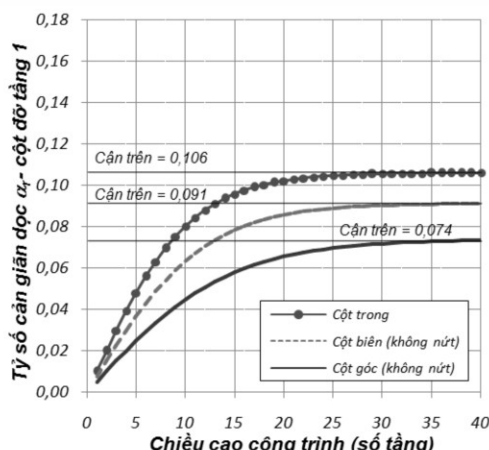
Bảng 1. Thí dụ số 1 - Giá trị cận trên của tỷ số cần giản dọc α_r

		Cột trong	Cột biên	Cột góc
	Chịu tải	Nén lệch tâm bé	Nén lệch tâm phẳng	Nén lệch tâm xiên
Cột biên và cột góc có khe nứt	n_{bc}	$n_{bc}^i = 2,546 \times 10^{-3}$	$n_{bc}^e = 6,366 \times 10^{-3}$	$n_{bc}^c = 6,366 \times 10^{-3}$
	Cận trên	$\alpha_{r(\infty)}^i = 0,106$	$\alpha_{r(\infty)}^e = 0,148$	$\alpha_{r(\infty)}^c = 0,119$
Cột biên và cột góc không khe nứt	n_{bc}	$n_{bc}^i = 2,546 \times 10^{-3}$	$n_{bc}^e = 6,366 \times 10^{-3}$	$n_{bc}^c = 6,366 \times 10^{-3}$
	Cận trên	$\alpha_{r(\infty)}^i = 0,106$	$\alpha_{r(\infty)}^e = 0,091$	$\alpha_{r(\infty)}^c = 0,074$
	Biểu thức	(6)	(7)	(8)

Thay đổi chiều cao công trình từ 1 đến 40 tầng, sử dụng biểu thức (4) để xác định tỷ số cần giản dọc cho các cột đỡ tầng 1 ($j=1$). Kết quả trong các trường hợp có xét tới và không xét tới nứt cho cột biên và cột góc được trình bày tương ứng trên các Hình 3(a) và 3(b).



(a) Có xét tới nứt cho cột biên và cột góc



(b) Không xét tới nứt cho cột biên và cột góc

Hình 3. Thí dụ số 1 - Tỷ số cân giãn dọc lên cột tầng 1

Biểu đồ trên Hình 3 cho thấy khi chiều cao công trình tăng từ 1 tới 10 tầng, giá trị của tỷ số cân giãn dọc α_r lên các cột đỡ tầng 1 tăng khá nhanh. Khi số tầng tăng từ 10 đến 25, tốc độ tăng của α_r giảm dần. Với công trình cao 25 tầng trở lên, tỷ số α_r tiệm cận dần tới giá trị cận trên tính toán trong Bảng 1. Có thể nhận thấy trên Hình 3(b) rằng khi không xét tới ảnh hưởng của nứt với cột biên và cột góc, tỷ số α_r tăng dần theo thứ tự cột góc, cột biên và cột trong. Tuy nhiên, nếu xét đến ảnh hưởng của nứt trong cột biên và cột góc, tỷ số α_r của các cột này sẽ cao hơn của cột trong là cột không xét tới nứt (Hình 3(a)).

3.2 Thí dụ số 2

Để khảo sát các yếu tố ảnh hưởng tới tỷ số cân giãn dọc, trong thí dụ này các tham số tiết diện dầm và chiều cao tầng được thay đổi so với Thí dụ 1 (Bảng 2).

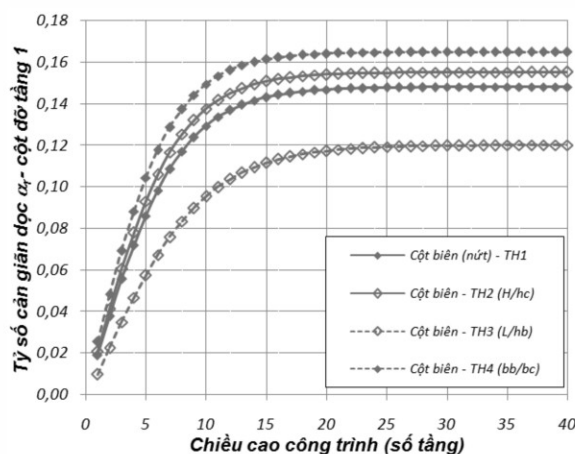
Bảng 2. Thí dụ số 2 - Các tham số ảnh hưởng tới tỷ số cân giãn dọc (đơn vị chiều dài: m)

Trường hợp	H	$b_c x h_c$	H/h_c	L	$b_b x h_b$	L/h_b	b_b/b_c
TH1	3,3	0,3x0,3	11	6,0	0,3x0,5	12	1.0
TH2	3,6	0,3x0,3	12	6,0	0,3x0,5	12	1.0
TH3	3,3	0,3x0,3	11	6,0	0,3x0,4	15	1.0
TH4	3,3	0,3x0,3	11	6,0	0,4x0,5	12	1.3

Bảng 2 cho thấy trường hợp TH1 đã được tính toán trong Thí dụ số 1, các trường hợp TH2, TH3, và TH4 chỉ khác TH1 lần lượt ở tỷ số giữa chiều cao tầng và chiều cao tiết diện cột (H/h_c), tỷ số giữa nhịp và chiều cao dầm lân cận (L/h_b) và tỷ số giữa bề rộng dầm và bề rộng cột (b_b/b_c).

Giả thiết có xét tới nứt cho cột khảo sát là cột biên đỡ tầng 1. Tỷ số cân giãn dọc α_r cho công trình có chiều cao thay đổi từ 1 đến 40 tầng được tính toán theo biểu thức (4). Kết quả được trình bày trong Hình 4.

Từ các biểu đồ trên Hình 4, có thể thấy rằng tỷ số cân giãn dọc α_r tăng khi: (i) Tăng tỷ số giữa chiều cao tầng và chiều cao tiết diện cột (H/h_c) (so sánh giữa TH2 và TH1); và (ii) Tăng tỷ số giữa bề rộng dầm và bề rộng cột (b_b/b_c) (so sánh giữa TH4 và TH1). Đặc biệt, tỷ số cân giãn dọc giảm đáng kể



Hình 4. Thí dụ số 2

khi tăng tỷ số giữa nhịp và chiều cao dầm lân cận (L/h_c) (so sánh giữa TH3 và TH1). Như vậy, ảnh hưởng của các tỷ số H/h_c , b_c/b_c và L/h_c đối với bản thân tỷ số cản giãn dọc α_r cũng tương tự như đối với tỷ lệ độ cứng n_{bc} và với cận trên của tỷ số α_r được thể hiện trong các biểu thức (6), (7) và (8).

Ngoài ra, có thể thấy trên Hình 4 rằng nếu tiết diện của cột không đổi trên suốt chiều cao công trình, tỷ số cản giãn dọc của cột biên đỡ tầng 1 có thể đạt tới giá trị lớn nhất là 0,165.

3.3 Thí dụ số 3

Trong thí dụ này, các thông số nhịp dầm, tiết diện dầm và cột được lựa chọn phù hợp với chiều cao của công trình (số tầng n), trong khi đó chiều cao mỗi tầng được giữ nguyên là 3,6m, tương tự với trường hợp TH2 của Thí dụ số 2. Các thông số trên được biểu diễn trong Bảng 3.

Bảng 3. Thí dụ số 3 - Các tham số ảnh hưởng tới tỷ số cản giãn dọc (đơn vị chiều dài: m)

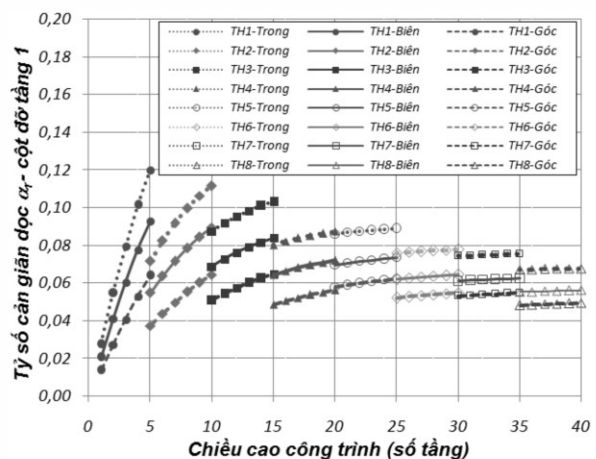
Trường hợp	n (số tầng)	$b_c \times h_c$	H/h_c	L	$b_c \times h_b$	L/h_b	b_b/b_c
TH1	1÷5	0,3x0,3	12,0	6,0	0,3x0,5	12,0	1,00
TH2	5÷10	0,4x0,4	9,0	6,0	0,3x0,5	12,0	0,75
TH3	10÷15	0,5x0,5	7,2	7,5	0,4x0,6	12,5	0,80
TH4	15÷20	0,6x0,6	6,0	7,5	0,4x0,6	12,5	0,67
TH5	20÷25	0,7x0,7	5,1	9,0	0,5x0,75	12,0	0,71
TH6	25÷30	0,8x0,8	4,5	9,0	0,5x0,75	12,0	0,63
TH7	30÷35	0,9x0,9	4,0	12,0	0,6x1,0	12,0	0,67
TH8	35÷40	1,0x1,0	3,6	12,0	0,6x1,0	12,0	0,60

Bảng 3 cho thấy trường hợp TH1 của Thí dụ số 3 chính là TH2 của Thí dụ số 2. Để mô phỏng công trình trên thực tế, từ TH2 tới TH8, tiết diện cột được tăng dần cùng với số tầng cũng như nhịp dầm. Do chiều cao tầng H không đổi, tỷ số H/h_c giảm dần, trong khi đó tỷ số L/h_b được giữ ở khoảng 12 và tỷ số b_b/b_c thay đổi từ 0,6 tới 1,0 đối với TH2 tới TH8. Các cột đỡ tầng 1 có vị trí khác nhau trên mặt bằng đều được khảo sát trong thí dụ này. Ảnh hưởng của nứt được xét tới cho cột biên và cột góc. Kết quả tính toán tỷ số cản giãn dọc theo biểu thức (4) được trình bày trong Hình 5.

Từ các biểu đồ trên Hình 5 có thể thấy rằng giá trị cận trên của tỷ số cản giãn dọc α_r giảm khi tăng số tầng (n) của công trình. Với cột tầng 1 được thiết kế cho nhà cao từ 1 tới 5 tầng, tỷ số α_r có giá trị từ 0,01 đến 0,12. Với cột tầng 1 được thiết kế cho nhà cao từ 10 tới 15 tầng, α_r có giá trị từ 0,05 đến 0,10. Với cột trong, α_r có giá trị từ 0,03 đến 0,12. Với cột biên và cột góc, α_r có giá trị lần lượt là từ 0,02 đến 0,09 và từ 0,015 đến 0,07.

3.4 Thí dụ số 4

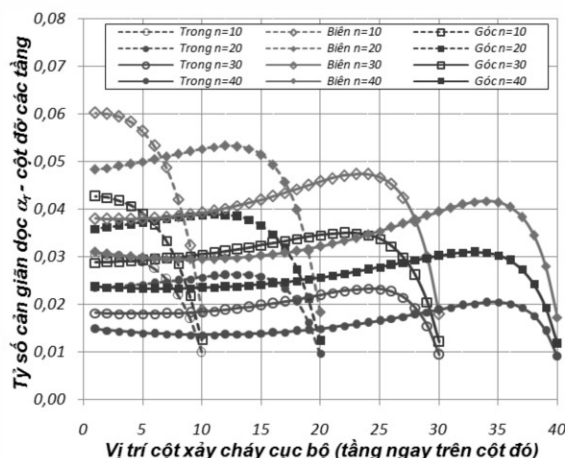
Trong cả ba thí dụ nêu trên, tiết diện cột là không đổi tại tất cả các tầng của công trình. Trên thực tế, tiết diện cột thường được thiết kế giảm dần khi lên các tầng phía trên của nhà nhiều tầng. Thí dụ này khảo sát bốn công trình cao 10, 20, 30 và 40 tầng. Cột đỡ tầng 1 đến tầng 5 của bốn công trình này có tiết diện lần lượt là $b_c \times h_c = 400 \times 400$, 600×600 , 800×800 và $1000 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm}$. Tiết diện cột được giảm đều 100mm mỗi cạnh khi lên mỗi 5 tầng phía trên. Ví dụ đối với công trình cao 40 tầng, tiết diện từ tầng 6 đến tầng 10 là $900 \text{ mm} \times 900 \text{ mm}$, từ tầng 11 đến tầng 15 là $800 \text{ mm} \times 800 \text{ mm}$... Cả bốn công trình đều có nhịp dầm điển hình là $L_x = L_y = 6 \text{ m}$, tiết diện dầm $b_b \times h_b = 300 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$ và chiều cao tầng $H = 3,3 \text{ m}$. Ảnh hưởng của nứt được xét tới cho cột biên và cột góc.



Hình 5. Thí dụ số 3

Kết quả tính toán tỷ số cản giãn dọc cho cột ở tầng thứ (j) bất kỳ trong một số kịch bản cháy cục bộ theo các biểu thức (2), (3) và (4) được trình bày trên Hình 6. Ví dụ, nếu xảy cháy cục bộ tại cột đỡ tầng thứ 25 của công trình cao 30 tầng, tỷ số cản giãn dọc cho các cột trong, cột biên và cột góc lần lượt là 0,023, 0,047 và 0,034. Tương tự, nếu xảy cháy cục bộ tại cột đỡ tầng 1 của công trình cao 10 tầng, tỷ số cản giãn dọc cho các cột trong, cột biên và cột góc lần lượt là 0,030, 0,06 và 0,042 (Hình 6).

Một số nhận xét cho trường hợp cột có tiết diện thay đổi khi lên các tầng trên được rút ra từ Hình 6 như sau: (i) Tỷ số cản giãn dọc nói chung tăng cùng với chiều cao công trình (số tầng n); và (ii) Đối với các công trình khảo sát có chiều cao 10, 20, 30 và 40 tầng, tỷ số cản giãn dọc đạt giá trị lớn nhất tương ứng tại cột đỡ các tầng thứ 1, 13, 24 và 35.



Hình 6. Thí dụ số 4



4. Kết luận

Bài báo này sử dụng các phép phân tích lý thuyết để nghiên cứu về hiện tượng cản giãn nở nhiệt dọc trục mà các cấu kiện trong kết cấu khung BTCT toàn khối tác động lên một cột bị cháy cục bộ. Bốn thí dụ tính toán được tiến hành nhằm xác định dải giá trị thực tế của tỷ số cản giãn dọc α_r . Một số nhận xét đã được rút ra, cụ thể như sau:

(1) Sự cản giãn nở nhiệt dọc trục phụ thuộc vào vị trí của cột trong công trình. Nếu không xét tới ảnh hưởng của nứt trong bê tông, cột phía trong chủ yếu chịu nén lệch tâm bé và có tỷ số cản giãn dọc lớn hơn so với cột biên chịu nén lệch tâm phẳng và cột góc chịu nén lệch tâm xiên. Nếu kể tới ảnh hưởng của nứt, giá trị của tỷ số cản giãn dọc của cột biên và cột góc tăng đáng kể;

(2) Các thông số có ảnh hưởng đồng biến tới tỷ số cản giãn dọc là: lập phương của tỷ số giữa chiều cao dầm và nhịp của dầm lân cận (h_v/L), tỷ số giữa chiều cao tầng và chiều cao tiết diện cột (H/h_c) và tỷ số giữa bề rộng dầm và bề rộng cột (b_v/b_c);

(3) Khi cột có tiết diện không đổi trên suốt chiều cao công trình, giá trị cận trên của tỷ số cản giãn dọc có thể được xác định theo các biểu thức (6), (7) và (8). Các thí dụ số 1, 2 và 3 cho thấy giá trị của tỷ số cản giãn dọc có thể lên tới 0,165;

(4) Khi cột có tiết diện thay đổi theo chiều cao công trình, giá trị tỷ số cản giãn dọc có thể được xác định theo các biểu thức (2), (3) và (4). Thí dụ số 4 cho thấy dải giá trị thực tế của tỷ số cản giãn dọc nằm trong khoảng từ 0,01 đến 0,06.

Tỷ số cản giãn dọc là thông số cần thiết để tiến hành các nghiên cứu tiếp theo về lực dọc phát sinh do cản nhiệt dọc trục và có vai trò quan trọng trong việc phân tích sự làm việc của cột BTCT tại nhiệt độ cao. Bên cạnh đó, cần khảo sát thêm về ảnh hưởng của nứt và từ biến trong bê tông tới tỷ số cản giãn dọc α_r .

Tài liệu tham khảo

1. Dwaikat M.B., Kodur V.K.R. (2007), "A Numerical Approach for Modeling the Fire Induced Restraint Effects in Reinforced Concrete Beams", *Fire Safety Journal*, 43(4), 291-307.
2. Lin T.D., Gustaferoo A.H., and Abrams M.S. (1981), "Fire Endurance of Continuous Reinforced Concrete Beams", *PCA R&D Bulletin RD072/01B*.
3. Steel Construction Institute (1991), *Structural Fire Engineering Investigation of Broadgate Phase 8 Fire*, Steel Construction Industry Forum, Fire Engineering Group.
4. Shepherd P.G and Burgess I.W. (2011), "On the Buckling of Axially Restrained Columns in Fire", *Engineering Structures*, 33, 2832-2838.
5. MacGregor J.G., Wight J.K. (2005), *Reinforced Concrete. Mechanics and Design*, Prentice-Hall, Fourth Edition (Volume 1).