

XÁC ĐỊNH CHIỀU DÀI TÍNH TOÁN CỦA CỘT TRONG KHUNG THÉP NHIỀU TẦNG THEO TCVN 5575:2012 VÀ EN 1993-1-1

Nguyễn Minh Tuyên^{a,*}, Nguyễn Như Hoàng^a

^a*Khoa Xây dựng dân dụng và Công nghiệp, Trường Đại học Xây dựng, số 55 đường Giải Phóng, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 19/10/2019, Sửa xong 31/10/2019, Chấp nhận đăng 31/10/2019

Tóm tắt

Phương pháp chiều dài tính toán là phương pháp được sử dụng phổ biến để kiểm tra điều kiện ổn định của cấu kiện chịu nén. Trong đó, việc xác định chính xác chiều dài tính toán của cấu kiện giữ vai trò quan trọng và có ảnh hưởng trực tiếp tới tính chính xác của kết quả. Trong bài báo, một nghiên cứu khảo sát chiều dài tính toán của cột trong khung thép nhiều tầng theo hai tiêu chuẩn TCVN 5575:2012 và EN 1993-1-1 được triển khai. Bài báo gồm hai phần chính: phần một trình bày phương pháp xác định chiều dài tính toán theo hai tiêu chuẩn, phần hai thực hiện một ví dụ bằng số. Từ kết quả khảo sát, nghiên cứu đề xuất một số hiệu chỉnh cho tiêu chuẩn hiện hành của Việt Nam.

Từ khoá: kết cấu thép; phương pháp chiều dài tính toán; khung không có chuyển vị ngang; khung có chuyển vị ngang; khung thép nhiều tầng; TCVN 5575:2012; EN 1993-1-1.

DETERMINATION OF THE EFFECTIVE LENGTH OF STEEL COLUMNS IN MULTI-STOREY FRAMES ACCORDING TO TCVN 5575:2012 AND EN 1993-1-1

Abstract

The effective length method is a commonly used method to check the stability condition of compressive members. Particularly, the accuracy of the calculated effective length plays an important role and directly affects the final results. In this paper, a study on the effective length of steel columns according to TCVN 5575:2012 and EN 1993-1-1 is conducted. The paper consists of two main parts: the first part summarizes the procedures to determinate the effective length based on two standards; the second part implements a numerical example. From the observation of the results, the study proposes some adjustments to the current Vietnamese standard.

Keywords: steel structures; effective length method; sway frames; non-sway frames; multi-storey frames; TCVN 5575:2012; EN 1993-1-1.

[https://doi.org/10.31814/stce.nuce2019-13\(5V\)-08](https://doi.org/10.31814/stce.nuce2019-13(5V)-08) © 2019 Trường Đại học Xây dựng (NUCE)

1. Đặt vấn đề

Vật liệu thép kết cấu được sử dụng trong các công trình nhà cao và nhiều tầng do những ưu điểm vượt trội so với vật liệu bê tông như khả năng chịu lực lớn, độ tin cậy cao, trọng lượng nhẹ và giảm thiểu hóa thời gian thi công. Trong kết cấu thép, điều kiện ổn định thường là một trong những điều kiện không thể thiết kế. Một số phương pháp kiểm tra ổn định của cột đã được đề xuất và đưa vào trong các tiêu chuẩn thiết kế hiện hành như phương pháp chiều dài tính toán [1–3] hoặc phương pháp phân tích trực tiếp [2, 3]. Mặc dù nhiều phương pháp tiên tiến đã được đề xuất, phương pháp chiều dài tính toán vẫn được áp dụng nhiều nhất trong thiết kế thực tế. Vì thế hiện nay, nhiều nghiên cứu

*Tác giả chính. Địa chỉ e-mail: tuyennm@nuce.edu.vn (Tuyên, N. M.)

về phương pháp chiều dài tính toán vẫn tiếp tục được triển khai [4–6]. Trong phương pháp này, việc xác định chính xác chiều dài tính toán của cấu kiện giữ vai trò quan trọng, ảnh hưởng trực tiếp tới kết quả. Khảo sát sơ bộ nhận thấy có sự khác biệt giữa cách thức xác định chiều dài tính toán trong mỗi tiêu chuẩn. Cụ thể trong tiêu chuẩn Việt Nam, cách xác định chiều dài tính toán của cột trong khung nhiều tầng được quy định trong mục 7.5.2 [1] phụ thuộc vào đặc điểm của khung có hoặc không có chuyển vị ngang, tuy nhiên [1] không đưa ra tiêu chí cụ thể để phân loại khung. [2] đề cập đến khái niệm “braced frame” và “unbraced frame”, trong đó “braced frame” là những khung có kết cấu giằng đảm bảo độ cứng theo một số quy định cụ thể, những trường hợp còn lại được xếp vào dạng “unbraced frame”. [3] sử dụng thuật ngữ “sway frame” với tiêu chí phân loại dựa trên hệ số α_{cr} .

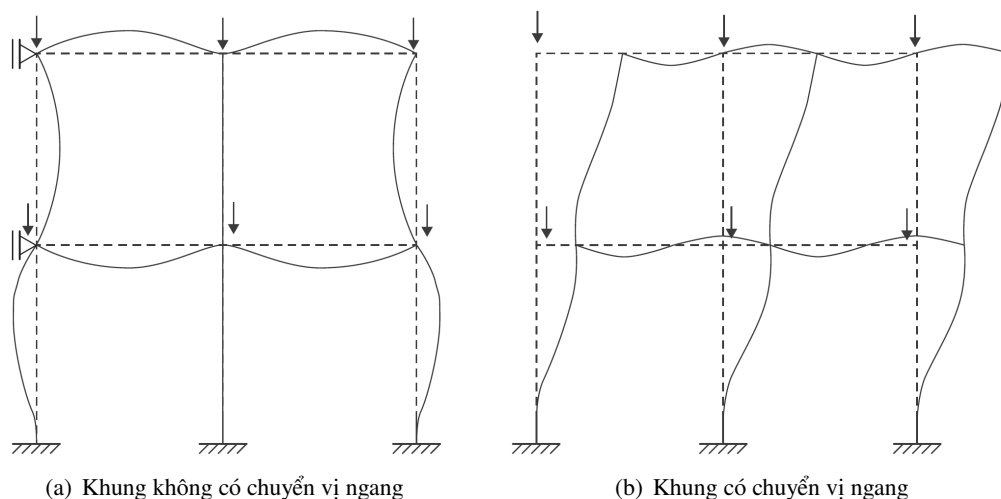
Tiêu chuẩn TCVN 5575:2012 [1] được biên soạn đã lâu và còn một số vấn đề bất cập, cần bổ sung, sửa đổi. Theo chủ trương của Đề án hoàn thiện hệ thống tiêu chuẩn, quy phạm kỹ thuật xây dựng do Thủ tướng Chính phủ phê duyệt tháng 02/2018, nhiều nghiên cứu đã được triển khai [7–9]. Bên cạnh những nghiên cứu tìm hiểu về các tiêu chuẩn tiên tiến, việc nghiên cứu những vấn đề còn tồn tại của tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành nhằm cập nhật, bổ sung cho phù hợp với tình hình chung của thế giới là cần thiết.

Mục tiêu của bài báo nhằm xác định chiều dài tính toán của cột khung nhà nhiều tầng theo hai tiêu chuẩn TCVN 5575:2012 (gọi tắt là TCVN) và EN 1993-1-1 [3] (gọi tắt là EC). Cụ thể hơn, nghiên cứu tiến hành khảo sát hệ số chiều dài tính toán của cột cho một bài toán cụ thể là một khung thép 8 tầng 3 nhịp và so sánh kết quả tính theo cả hai tiêu chuẩn trên và đề xuất một số điều chỉnh cho TCVN 5575:2012.

2. Phương pháp xác định chiều dài tính toán cột trong khung nhiều tầng

2.1. Phân loại khung

Việc phân loại khung là vô cùng quan trọng do điều này quyết định đến các giả thiết trong các bài toán giải tích khi thiết lập công thức xác định hệ số chiều dài tính toán của cột khung nhà nhiều tầng, nhiều nhịp. [1] phân chia khung thành hai loại là khung có chuyển vị ngang và khung không có chuyển vị ngang khi chịu tải trọng (Hình 1). Mục 5.2.1(4)B trong [3] đề cập tới khái niệm “sway



Hình 1. Biểu dạng của khung khi chịu tải trọng

mode failure”, được hiểu là khung sẽ được phân chia thành hai loại là “sway frame” và “non-sway frame”. Theo [10], “non-sway frame” là khung có chuyển vị tương đối giữa các tầng nhỏ. Như vậy, có thể hiểu các cặp khái niệm “khung có chuyển vị ngang” – “sway frame” và “khung không có chuyển vị ngang” – “non sway frame” là tương đương nhau về bản chất cơ học. Để thống nhất, những phần sau của bài báo chỉ sử dụng thuật ngữ “khung có chuyển vị ngang” và “khung không có chuyển vị ngang” khi phân loại khung.

Việc phân loại khung theo TCVN vẫn chỉ mang tính định tính trong khi EC có những tiêu chí định lượng cụ thể như trình bày trong Bảng 1, trong đó: α_{cr} là hệ số tăng thêm của tải trọng thiết kế gây ra bởi hiện tượng mất ổn định tổng thể trong giai đoạn đàn hồi; F_{cr} là lực tối hạn đàn hồi ứng với dạng mất ổn định tổng thể dựa trên độ cứng đàn hồi ban đầu; F_{Ed} là tải trọng tính toán tác dụng lên kết cấu. Trong thực tế, kỹ sư khi thiết kế theo TCVN thường coi khung có bố trí giằng chéo là khung không có chuyển vị ngang và khung không có giằng chéo là khung có chuyển vị ngang. Nhưng khi sử dụng tiêu chí đánh giá theo EC, có thể xảy ra trường hợp khung mặc dù có bố trí giằng chéo nhưng vẫn được xếp vào dạng khung xoay. Một ví dụ cụ thể để minh họa cho trường hợp này được trình bày trong Mục 3.

Bảng 1. Phân loại khung khi tính toán đàn hồi

Điều khoản quy định	TCVN 5575:2012	EN 1993-1-1
	Mục 7.5.2.3	Mục 5.2.1(3)
Thuật ngữ	Khung có chuyển vị ngang khi chịu tải Khung không có chuyển vị ngang khi chịu tải	Sway Frame Non-Sway Frame
Tiêu chí phân loại	Tại các nút không có liên kết chống chuyển vị ngang Các nút khung có liên kết chống chuyển vị ngang	$\alpha_{cr} = F_{cr}/F_{Ed} < 10$ $\alpha_{cr} = F_{cr}/F_{Ed} \geq 10$

2.2. Chiều dài tính toán cột khung thép nhiều tầng

Chiều dài tính toán của cột được xác định theo công thức:

$$l_0 = \mu l \tag{1}$$

trong đó μ là hệ số chiều dài tính toán; l là chiều dài hình học của cột, từng đoạn của nó hoặc chiều cao của tầng.

Cách xác định hệ số chiều dài tính toán theo TCVN được quy định tại mục 7.5.2.3 [1]. Ngược lại, EC không cung cấp công thức để xác định hệ số chiều dài tính toán của cột. Quy trình tính toán cùng bảng tra được ban hành trong tài liệu NCCI số SN008a [11]. Phương pháp trình bày trong [11] hoàn toàn giống phương pháp đã được trình bày trong Phụ lục E của [2]. Công thức cụ thể để xác định hệ số chiều dài tính toán theo TCVN và EC được tổng hợp và trình bày trong Bảng 2.

Các hệ số p và n trong TCVN được xác định theo Bảng 3, trong đó: $n_1 = (I_{b1}l_c)/(l_1I_c)$; $n_2 = (I_{b2}l_c)/(l_2I_c)$; $p_1 = (I_{i1}l_c)/(l_1I_c)$; $p_2 = (I_{i2}l_c)/(l_2I_c)$; l, l_1, l_2 là các nhịp khung; I_c, l_c là mômen quán tính và chiều dài của cột khảo sát, I_b, I_{b1}, I_{b2} là mômen quán tính của xà liên kết với đầu trên của cột; I_i, I_{i1}, I_{i2} là mômen quán tính của xà liên kết với đầu dưới cột; k là số nhịp.

Các hệ số η_1 và η_2 trong EC được xác định theo công thức sau:

$$\eta_1 = \frac{K_c + K_{c1}}{K_c + K_{c1} + K_{b11} + K_{b12}} \tag{2}$$

$$\eta_2 = \frac{K_c + K_{c2}}{K_c + K_{c2} + K_{b21} + K_{b22}} \quad (3)$$

trong đó K_c và K_{ci} là độ cứng đơn vị của cột ($= EI_c/L$); K_{bij} là độ cứng đơn vị của dầm (Hình 2). Trường hợp dầm xuất hiện lực nén dọc trục, K_{bij} được xác định theo Bảng 4, trong đó: N_b là giá trị lực nén dọc trục trong dầm, $N_{b,cr}$ là lực tối hạn của dầm khi chịu nén. Các trường hợp khác được trình bày cụ thể trong [11].



Bảng 2. Hệ số chiều dài tính toán μ của cột khung nhà nhiều tầng

	TCVN	EC
Khung không có chuyển vị ngang	$\sqrt{\frac{1 + 0,46(p + n) + 0,18pn}{1 + 0,93(p + n) + 0,71pn}}$	$0,5 + 0,14(\eta_1 + \eta_2) + 0,055(\eta_1 + \eta_2)^2$
Khung có chuyển vị ngang	Khi $n \leq 0,2$: $\frac{(p + 0,68) \sqrt{n + 0,22}}{\sqrt{0,68p(p + 0,9)(n + 0,08) + 0,1n}}$	$\sqrt{\frac{1 - 0,2(\eta_1 + \eta_2) - 0,12\eta_1\eta_2}{1 - 0,8(\eta_1 + \eta_2) + 0,6\eta_1\eta_2}}$
	Khi $n > 0,2$: $\frac{(p + 0,63) \sqrt{n + 0,28}}{\sqrt{pn(p + 0,9) + 0,1n}}$	

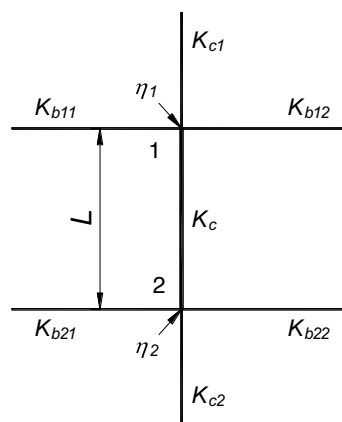
Bảng 3. Công thức xác định hệ số p và n của khung nhiều tầng nhiều nhịp

	Khung không có chuyển vị ngang	Khung có chuyển vị ngang	
		Cột biên	Cột giữa
Tầng trên cùng	$n = n_1 + n_2$ $p = 0,5(p_1 + p_2)$	$n = \frac{I_b l_c}{2I_c}$; $p = \frac{I_i l_c}{2I_c}$	$n = \frac{k(n_1 + n_2)}{k + 1}$; $p = \frac{k(p_1 + p_2)}{k + 1}$
Tầng giữa	$n = 0,5(n_1 + n_2)$ $p = 0,5(p_1 + p_2)$	$n = \frac{I_b l_c}{2I_c}$; $p = \frac{I_i l_c}{2I_c}$	$n = \frac{k(n_1 + n_2)}{k + 1}$; $p = \frac{k(p_1 + p_2)}{k + 1}$
Tầng dưới cùng	$n = 0,5(n_1 + n_2)$ $p = p_1 + p_2$	$n = \frac{I_b l_c}{2I_c}$; $p = \frac{I_i l_c}{I_c}$	$n = \frac{k(n_1 + n_2)}{k + 1}$; $p = \frac{2k(p_1 + p_2)}{k + 1}$
Trường hợp đặc biệt	đầu trên khớp, đầu dưới ngàm:		
	$p = 50; n = 0$		
	đầu trên ngàm, đầu dưới khớp:		
	$n = 50; p = 0$		

Bảng 4. Công thức xác định độ cứng đơn vị của dầm khi có lực nén dọc trục

Liên kết đầu dầm đối diện	Độ cứng đơn vị của dầm K_{bij}
Ngàm	$1,0 \frac{I_b}{L} \left(1 - 0,4 \frac{N_b}{N_{b,cr}} \right)$
Khớp	$0,75 \frac{I_b}{L} \left(1 - 1,0 \frac{N_b}{N_{b,cr}} \right)$
Xoay cùng chiều với nút đối diện 	$1,5 \frac{I_b}{L} \left(1 - 0,2 \frac{N_b}{N_{b,cr}} \right)$
Xoay bằng nhưng ngược chiều với nút đối diện 	$0,5 \frac{I_b}{L} \left(1 - 1,0 \frac{N_b}{N_{b,cr}} \right)$

Về mặt bản chất, các hệ số n và η_1 kể đến khả năng cản trở chuyển vị xoay của dầm tại nút đầu trên cột (nút 1), còn p và η_2 của nút đầu dưới cột (nút 2). Công thức xác định chiều dài tính toán trong TCVN thiết lập cho trường hợp độ cứng đơn vị của cột tại các tầng là như nhau, trong đó công thức trong EC có kể đến sự thay đổi độ cứng đơn vị tại các tầng cũng như ảnh hưởng của lực nén trong dầm, sự làm việc đồng thời của bản sàn bê tông. Bên cạnh đó, với trường hợp khung nhiều nhịp có chuyển vị ngang, TCVN có kể đến ảnh hưởng của số lượng nhịp trong khung còn EC chỉ xét đến ảnh hưởng của các dầm, cột tập trung tại nút trên và dưới của cột đang xét.



Hình 2. Các hệ số phân phối η_1 và η_2 của cột liên tục

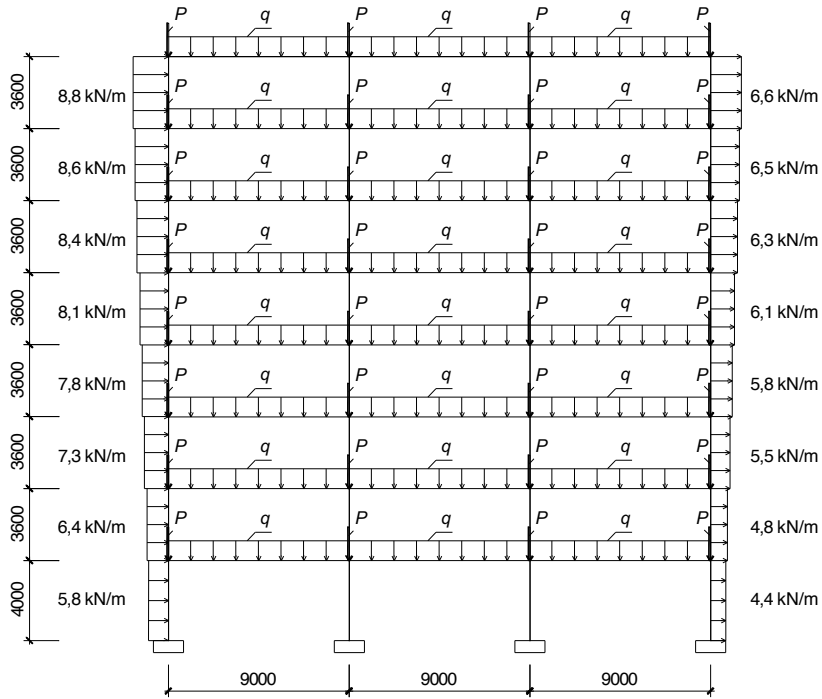
3. Ví dụ bằng số

3.1. Số liệu tính toán

Nhằm so sánh giá trị chiều dài tính toán theo TCVN và EC, một ví dụ bằng số được triển khai. Ví dụ sử dụng khung thép 8 tầng 3 nhịp với kích thước hình học và tải trọng như Hình 3. Cột có tiết diện H350×250×8×12 không thay đổi trên suốt chiều cao công trình, dầm tất cả các tầng đều có tiết diện H400×250×6×8. Tải trọng phân bố đều trên các dầm $q = 23 \text{ kN/m}$; tải trọng tập trung tại nút $P = 200 \text{ kN}$. Liên kết giữa cột và dầm là cứng, liên kết hai đầu thanh giằng là khớp. Ví dụ không xét đến sự làm việc của bản sàn bê tông. Tiến hành khảo sát năm trường hợp khung khác nhau, trong đó thay đổi một số yếu tố như liên kết chân cột, bố trí hệ giằng, tiết diện thanh giằng ... Sơ đồ của năm trường hợp khảo sát được trình bày trong Bảng 5.

3.2. Phân loại khung

TCVN không đưa ra tiêu chí cụ thể để phân loại khung. Trong nghiên cứu này, những khung có bố trí thanh giằng được coi là khung không có chuyển vị ngang, ngược lại những khung không bố trí



Hình 3. Sơ đồ khung thép 8 tầng 3 nhịp

Bảng 5. Sơ đồ của 5 trường hợp khảo sát

Trường hợp	Liên kết chân cột	Tiết diện giằng	Sơ đồ khung
Trường hợp 1	Ngàm	2 L70×6	
Trường hợp 2	Ngàm	(không sử dụng giằng)	
Trường hợp 3	Khớp	2 L70×6	
Trường hợp 4	Khớp	(không sử dụng giằng)	
Trường hợp 5	Khớp	2 L60×5	

thanh giằng coi là khung có chuyển vị ngang. Để xác định hệ số α_{cr} dùng trong phân loại khung theo EC, nghiên cứu sử dụng tính năng phân tích ổn định đàn hồi (linear buckling analysis) của phần mềm phân tích kết cấu CSI SAP2000. Giá trị “buckling factor” thu được sau khi phân tích bằng tỷ số giữa lực tối hạn và lực tác dụng [12] hay chính là hệ số α_{cr} . Kết quả phân loại năm trường hợp khung đang xét được trình bày trong Bảng 6.

Bảng 6. Kết quả phân loại khung

Trường hợp	TCVN			EC
	Bố trí giằng	Loại khung	α_{cr}	Loại khung
Trường hợp 1	Có	Không có chuyển vị ngang	16,86 > 10	Không có chuyển vị ngang
Trường hợp 2	Không	Có chuyển vị ngang	3,55 < 10	Có chuyển vị ngang
Trường hợp 3	Có	Không có chuyển vị ngang	11,56 > 10	Không có chuyển vị ngang
Trường hợp 4	Không	Có chuyển vị ngang	1,32 < 10	Có chuyển vị ngang
Trường hợp 5	Có	Không có chuyển vị ngang	9,57 < 10	Có chuyển vị ngang

Từ Bảng 6 có thể thấy việc phân loại theo TCVN và EC đa số cho kết quả thống nhất nhau. Riêng trường hợp 5, TCVN xếp trường hợp này thuộc dạng khung không có chuyển vị ngang nhưng EC lại quy định khung thuộc dạng có chuyển vị ngang.

3.3. Xác định hệ số chiều dài tính toán

Hệ số chiều dài tính toán theo TCVN và theo EC của cột biên và cột giữa theo từng tầng tương ứng với năm trường hợp được xác định dựa vào các công thức trình bày trong Bảng 2 và 3. Chi tiết tính toán được trình bày trong Phụ lục A. Giá trị hệ số chiều dài tính toán trong năm trường hợp thể hiện trong Hình 4. Chênh lệch tương đối của kết quả khi tính theo hai tiêu chuẩn được xác định bằng công thức (4) và trình bày trong Bảng 7:

$$\delta = \left| \frac{\mu_{EC} - \mu_{TCVN}}{\mu_{EC}} \right| \quad (4)$$

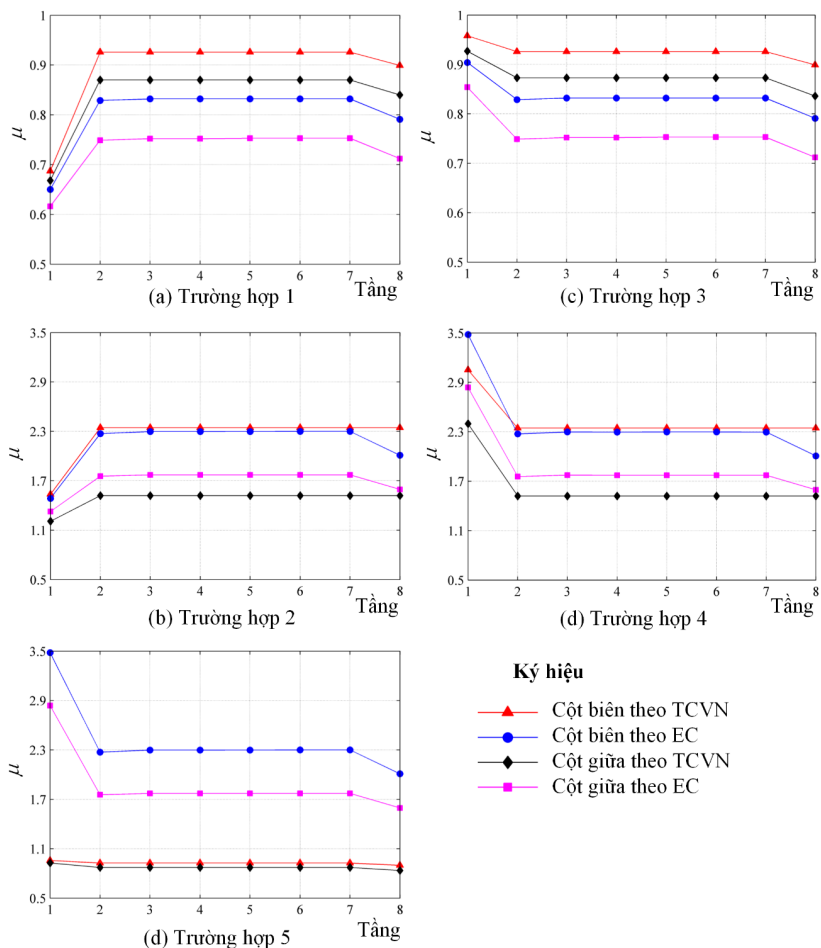
trong đó μ_{EC} và μ_{TCVN} là hệ số chiều dài tính toán của cột tương ứng theo EC và TCVN.

Bảng 7. Chênh lệch tương đối hệ số chiều dài tính toán giữa hai tiêu chuẩn

Tầng	Trường hợp 1		Trường hợp 2		Trường hợp 3		Trường hợp 4		Trường hợp 5	
	Cột biên	Cột giữa	Cột biên	Cột giữa	Cột biên	Cột giữa	Cột biên	Cột giữa	Cột biên	Cột giữa
1	6%	8%	3%	9%	6%	9%	12%	16%	72%	67%
2	12%	17%	3%	13%	12%	17%	3%	13%	59%	50%
3	11%	16%	2%	14%	11%	16%	2%	14%	60%	51%
4	11%	16%	2%	14%	11%	16%	2%	14%	60%	51%
5	11%	16%	2%	14%	11%	16%	2%	14%	60%	51%
6	11%	16%	2%	14%	11%	16%	2%	14%	60%	51%
7	11%	16%	2%	14%	11%	16%	2%	14%	60%	51%
8	14%	17%	17%	5%	14%	17%	17%	5%	55%	48%

Căn cứ trên kết quả khảo sát, một số kết luận được rút ra như sau:

- Trường hợp 1 và trường hợp 3, theo cả hai tiêu chuẩn, khung đều được xếp vào dạng khung không có chuyển vị ngang. Giá trị hệ số chiều dài tính toán trong hai trường hợp này đều có giá trị



Hình 4. Hệ số chiều dài tính toán cột theo tầng tương ứng

nhỏ hơn 1,0. Về mặt tổng thể, giá trị hệ số chiều dài tính toán khi tính theo TCVN lớn hơn kết quả thu được khi tính theo EC. Hơn nữa, sự thay đổi hệ số chiều dài tính toán theo từng tầng khá tương đồng nhau. Cụ thể, trong trường hợp 1, hệ số chiều dài tính toán của cột tầng 1 là nhỏ nhất, các tầng giữa có giá trị như nhau, tầng trên cùng có giá trị nhỏ hơn tầng giữa nhưng lớn hơn tầng 1.

- Trường hợp 2 và trường hợp 4, khung được xếp vào dạng khung có chuyển vị ngang. Giá trị hệ số chiều dài tính toán trong hai trường hợp này lớn hơn 1,0. Sự thay đổi hệ số chiều dài tính toán giữa tầng 1 và các tầng trung gian cũng tương tự như trong trường hợp 1 và 3. Sự khác biệt thể hiện ở tầng trên cùng. Nếu như theo EC, chiều dài tính toán của cột tầng trên cùng nhỏ hơn các tầng trung gian thì theo TCVN, chiều dài tính toán các tầng này là bằng nhau.

- Trong trường hợp 5, kết quả phân loại khung theo hai tiêu chuẩn không thống nhất. TCVN 5575:2012 xếp khung trong trường hợp thuộc dạng khung không có chuyển vị ngang. Theo EC, do hệ số α_{cr} có giá trị $9,57 < 10$, khung được xếp vào dạng khung có chuyển vị ngang. Điều này dẫn đến kết quả tính theo hai tiêu chuẩn có sự chênh lệch lớn. Nếu như các trường hợp khác, chênh lệch kết quả giữa hai tiêu chuẩn đều dưới 20% thì trong trường hợp 5, chênh lệch dao động từ 48% đến 72%.

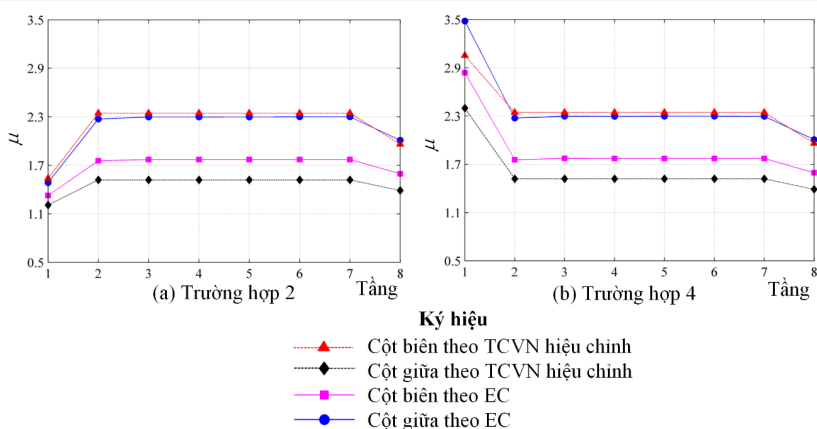
- Trong thiết kế thực tế, việc sai khác trong phân loại khung giữa hai tiêu chuẩn có thể dẫn tới kết quả thiết kế đảm bảo hoặc không đảm bảo điều kiện chịu lực. Chính vì thế, việc cần có tiêu chí rõ ràng để phân loại khung theo TCVN là cần thiết.

4. Đề xuất hiệu chỉnh Tiêu chuẩn Việt Nam

Theo Bảng 3, tồn tại sự không thống nhất trong công thức xác định giá trị n cho hai trường hợp khung có và không có chuyển vị ngang. Đối với khung không có chuyển vị ngang, giá trị hệ số n của tầng trên cùng gấp đôi giá trị hệ số n các tầng giữa và giá trị hệ số p của tầng dưới cùng gấp đôi giá trị hệ số p các tầng giữa đối với cả hai trường hợp khung không có chuyển vị ngang và khung có chuyển vị ngang. Điều này giải thích tại sao trong trường hợp 1 và 3, hệ số chiều dài tính toán cột tầng giữa lớn hơn tầng trên cùng. Đối với khung có chuyển vị ngang, công thức tính hệ số n của tầng giữa và tầng trên cùng giống nhau dẫn đến hệ số chiều dài tính toán cột tầng giữa và tầng trên cùng theo TCVN bằng nhau. Theo EC trong hai trường hợp 2 và 4, hệ số chiều dài tính toán tầng giữa vẫn lớn hơn tầng trên cùng (Hình 4(b) và 4(d)).

Bảng 8. Đề xuất hiệu chỉnh công thức trong Tiêu chuẩn Việt Nam

	Công thức gốc	Công thức hiệu chỉnh
Cột biên	$n = \frac{I_b l_c}{2I_c}$	$n = \frac{I_b l_c}{I_c}$
Cột giữa	$n = \frac{k(n_1 + n_2)}{k + 1}$	$n = \frac{2k(n_1 + n_2)}{k + 1}$



Hình 5. Hệ số chiều dài tính toán cột sau khi hiệu chỉnh

Dựa trên quan sát sự bất đồng trên, nghiên cứu đề xuất công thức hiệu chỉnh để xác định hệ số n cho tầng trên cùng trong trường hợp khung có chuyển vị ngang như trình bày trong Bảng 8. Sử dụng công thức đề xuất, xác định lại hệ số chiều dài tính toán cho hai trường hợp 2 và 4. Kết quả được thể hiện trong Hình 5. Có thể nhận thấy kết quả sau khi hiệu chỉnh khá tương đồng với kết quả tính theo EC và các trường hợp khác.

5. Kết luận và kiến nghị

Bài báo trình bày cách xác định hệ số chiều dài tính toán của cột trong khung thép nhà nhiều tầng, nhiều nhịp theo tiêu chuẩn TCVN 5575:2012 và EN 1993-1-1. Thông qua việc khảo sát hệ số chiều dài tính toán trong năm trường hợp khung cụ thể, bài báo đã đề xuất một hiệu chỉnh trong quy trình xác định chiều dài tính toán theo tiêu chuẩn Việt Nam. Kết quả của nghiên cứu là tài liệu tham khảo hữu ích cho các kỹ sư thiết kế khi xác định chiều dài tính toán của cột thép nhà nhiều tầng. Hơn thế nữa, ví dụ tính toán bằng số cũng chỉ ra việc thiếu tiêu chí phân loại khung rõ ràng ảnh hưởng lớn tới kết quả xác định hệ số chiều dài tính toán.

Trong tương lai, nghiên cứu có thể mở rộng triển khai so sánh tiêu chuẩn Việt Nam với các tiêu chuẩn khác trên thế giới như tiêu chuẩn Nga hiện hành, tiêu chuẩn Hoa Kỳ... Bên cạnh đó, việc xây dựng tiêu chí phân loại khung cũng là một vấn đề cần quan tâm nghiên cứu.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được thực hiện với sự hỗ trợ của trường Đại học Xây dựng thông qua Đề tài Khoa học và Công nghệ cấp trường mã số 95-2019/KHXD.

Tài liệu tham khảo

- [1] TCVN 5575:2012. *Kết cấu thép Tiêu chuẩn thiết kế*. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
- [2] BS 5950-1:2000. *Structural use of steelwork in building: code of practice for design – Rolled and welded section*. British Standards Institution, London.
- [3] EN 1993-1-1:2005+A1:2014. *Eurocode 3. Design of steel structures. General rules and rules for buildings*. European Committee for Standardization.
- [4] Webber, A., Orr, J. J., Shepherd, P., Crothers, K. (2015). *The effective length of columns in multi-storey frames*. *Engineering Structures*, 102:132–143.
- [5] Ćorić, S. (2016). Parametric stability analysis of steel frame structures. *Zbornik radova 4. međunarodne konferencije Savremena dostignuća u građevinarstvu*, 30:323–330.
- [6] Vũ, Q. A. (2011). *Xác định hệ số chiều dài tính toán cho cột trong khung thép có xét đến độ đàn hồi của liên kết*. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng*, (3):14–22.
- [7] Long, L. M. (2019). Định hướng các tiêu chuẩn thiết kế kết cấu bê tông và kết cấu thép. *Hội thảo khoa học toàn quốc lần thứ 31 về Định hướng phát triển hệ thống tiêu chuẩn Xây dựng Việt Nam*, 7–22.
- [8] Long, L. M. (2019). Định hướng hệ thống tiêu chuẩn quốc gia ngành xây dựng, danh mục tiêu chuẩn cốt lõi, lộ trình thực hiện. *Bộ Xây dựng-Hội thảo định hướng hệ thống tiêu chuẩn quốc gia ngành xây dựng*.
- [9] Tuấn, V. A., Hòa, N. Đ., Hiếu, N. T. (2019). Kết cấu thép - Tiêu chuẩn thiết kế TCVN 5575:2012 - Thực tế và định hướng. *Hội thảo khoa học toàn quốc lần thứ 31 về Định hướng phát triển hệ thống tiêu chuẩn Xây dựng Việt Nam*, 74–84.
- [10] <http://fgg-web.fgg.uni-lj.si/~pmoze/ESDEP/master/wg14/10800.htm>. Truy cập ngày 28/10/2019.
- [11] Oppe, M., Muller, C., Iles, C. (2005). *NCCI: buckling lengths of columns: rigorous approach SN008a-EN-EU*. Access Steel, London.
- [12] CSI Analysis Reference Manual (2017). *Tài liệu kỹ thuật*. Computers and Structures, Inc. USA.

Phụ lục A. Bảng xác định chiều dài tính toán của cột theo TCVN và EC

Trường hợp	Cột	Tiêu chuẩn	Hệ số	Tầng 1	Tầng 2	Tầng 3	Tầng 4	Tầng 5	Tầng 6	Tầng 7	Tầng 8
1	Biên	TCVN	n	0,208	0,187	0,187	0,187	0,187	0,187	0,187	0,374
			p	50	0,187	0,187	0,187	0,187	0,187	0,187	0,187
			μ	0,687	0,926	0,926	0,926	0,926	0,926	0,926	0,926
	EC	η_1	0,772	0,782	0,782	0,782	0,782	0,782	0,782	0,781	0,644
		η_2	0	0,772	0,782	0,782	0,782	0,782	0,782	0,782	0,781
		μ	0,647	0,829	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,791
Giữa	TCVN	n	0,416	0,374	0,374	0,374	0,374	0,374	0,374	0,374	0,748
		p	50	0,374	0,374	0,374	0,374	0,374	0,374	0,374	0,374
		μ	0,668	0,873	0,873	0,873	0,873	0,873	0,873	0,873	0,836
	EC	η_1	0,629	0,641	0,642	0,642	0,642	0,642	0,642	0,642	0,475
		η_2	0	0,629	0,641	0,642	0,642	0,642	0,642	0,642	0,642
		μ	0,616	0,749	0,752	0,752	0,752	0,752	0,753	0,753	0,712

Trường hợp	Cột	Tiêu chuẩn	Hệ số	Tầng 1	Tầng 2	Tầng 3	Tầng 4	Tầng 5	Tầng 6	Tầng 7	Tầng 8
2	Biên	TCVN	n	0,208	0,187	0,187	0,187	0,187	0,187	0,187	0,187
			p	50	0,187	0,187	0,187	0,187	0,187	0,187	0,187
			μ	1,537	2,345	2,345	2,345	2,345	2,345	2,345	2,345
	EC	η_1	0,772	0,781	0,781	0,781	0,781	0,781	0,781	0,781	0,642
		η_2	0	0,772	0,781	0,781	0,781	0,781	0,781	0,781	0,781
		μ	1,487	2,273	2,298	2,298	2,299	2,300	2,300	2,300	2,010
Giữa	TCVN	n	0,624	0,561	0,561	0,561	0,561	0,561	0,561	0,561	0,561
		p	50	0,561	0,561	0,561	0,561	0,561	0,561	0,561	0,561
		μ	1,208	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520
EC	η_1	0,629	0,641	0,641	0,641	0,641	0,641	0,641	0,640	0,472	
	η_2	0	0,629	0,641	0,641	0,641	0,641	0,641	0,641	0,640	
	μ	1,326	1,756	1,772	1,772	1,772	1,772	1,772	1,772	1,595	
3	Biên	TCVN	n	0,208	0,187	0,187	0,187	0,187	0,187	0,187	0,374
			p	0	0,187	0,187	0,187	0,187	0,187	0,187	0,187
			μ	0,958	0,926	0,926	0,926	0,926	0,926	0,926	0,899
	EC	η_1	0,772	0,782	0,782	0,782	0,782	0,782	0,782	0,781	0,644
		η_2	1	0,77	0,782	0,782	0,782	0,782	0,782	0,782	0,781
		μ	0,904	0,829	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,791
Giữa	TCVN	n	0,416	0,374	0,374	0,374	0,374	0,374	0,374	0,374	0,748
		p	0	0,374	0,374	0,374	0,374	0,374	0,374	0,374	0,374
		μ	0,927	0,873	0,873	0,873	0,873	0,873	0,873	0,873	0,836
EC	η_1	0,629	0,641	0,642	0,642	0,642	0,642	0,642	0,642	0,475	
	η_2	1	0,629	0,641	0,642	0,642	0,642	0,642	0,642	0,642	
	μ	0,854	0,749	0,752	0,752	0,752	0,752	0,753	0,753	0,712	
4	Biên	TCVN	n	0,208	0,187	0,187	0,187	0,187	0,187	0,187	0,187
			p	0	0,187	0,187	0,187	0,187	0,187	0,187	0,187
			μ	3,052	2,345	2,345	2,345	2,345	2,345	2,345	2,345
	EC	η_1	0,772	0,781	0,781	0,781	0,781	0,781	0,781	0,781	0,642
		η_2	1	0,772	0,781	0,781	0,781	0,781	0,781	0,781	0,781
		μ	3,482	2,273	2,298	2,298	2,299	2,300	2,300	2,300	2,010
Giữa	TCVN	n	0,624	0,561	0,561	0,561	0,561	0,561	0,561	0,561	0,561
		p	0	0,561	0,561	0,561	0,561	0,561	0,561	0,561	0,561
		μ	2,398	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520
EC	η_1	0,629	0,641	0,641	0,641	0,641	0,641	0,641	0,640	0,472	
	η_2	1	0,629	0,641	0,641	0,641	0,641	0,641	0,641	0,640	
	μ	2,839	1,756	1,772	1,772	1,772	1,772	1,772	1,772	1,595	
5	Biên	TCVN	n	0,208	0,187	0,187	0,187	0,187	0,187	0,187	0,374
			p	0	0,187	0,187	0,187	0,187	0,187	0,187	0,187
			μ	0,958	0,926	0,926	0,926	0,926	0,926	0,926	0,899
	EC	η_1	0,772	0,781	0,781	0,781	0,781	0,781	0,781	0,781	0,641
		η_2	1,00	0,770	0,781	0,781	0,781	0,781	0,781	0,781	0,781
		μ	3,482	2,274	2,298	2,297	2,298	2,298	2,298	2,297	2,007
Giữa	TCVN	n	0,416	0,374	0,374	0,374	0,374	0,374	0,374	0,374	0,748
		p	0	0,374	0,374	0,374	0,374	0,374	0,374	0,374	0,374
		μ	0,927	0,873	0,873	0,873	0,873	0,873	0,873	0,873	0,836
EC	η_1	0,629	0,641	0,640	0,641	0,641	0,641	0,640	0,641	0,472	
	η_2	1	0,629	0,641	0,640	0,641	0,641	0,641	0,640	0,641	
	μ	2,839	1,757	1,773	1,772	1,773	1,772	1,772	1,772	1,595	