

Hệ số uốn dọc của cấu kiện tiết diện đặc chịu nén đúng tâm theo tiêu chuẩn thiết kế kết cấu thép tcvn 5575:20xx

Buckling factor of uniform members in axial compression with solid cross sections according to TCVN 5575:20xx

Nguyễn Thanh Tùng

Tóm tắt

Bài báo trình bày cách xác định hệ số uốn dọc (hệ số ổn định) theo tiêu chuẩn thiết kế kết cấu thép TCVN 5575:2012 và theo dự thảo tiêu chuẩn thiết kế kết cấu thép TCVN 5575:20xx của Việt Nam, trên cơ sở đó so sánh giá trị của chúng cho một số hình thức tiết diện cột chịu nén đúng tâm và đưa ra bảng tra và đồ thị quan hệ giữa độ mảnh tương đối và hệ số ổn định sử dụng trong tính toán thực hành, cũng như đưa ra một số lưu ý khi tính toán giá trị hệ số ổn định theo tiêu chuẩn TCVN 5575:20xx.

Từ khóa: hệ số ổn định (hệ số uốn dọc), cột chịu nén đúng tâm

Abstract

The paper presents how to determine the buckling factor according to the steel structure design standard TCVN 5575:2012 and according to the draft steel structure design standard TCVN 5575:20xx of Vietnam, based on comparison with their values for some forms of column cross-sections which are subjected to axial compression and provides tables and graphs of the relationship between non-dimensional slenderness and the buckling factor used in practical calculations, as well as give some notes when calculating the buckling factor value according to the standard TCVN 5575:20xx.

Key words: buckling factor, axial compression

1. Mở đầu

Kết cấu thép được sử dụng rộng rãi trong các công trình xây dựng dân dụng và công nghiệp, trong số đó có các cấu kiện chịu nén đúng tâm, ví dụ cột chịu nén hai đầu khớp hoặc các thanh chịu nén trong giàn. Hình thức tiết diện cấu kiện đặc cũng khá đa dạng, gồm tiết diện hở (tiết diện chữ H hoặc chữ thập) và tiết diện kín (ống hoặc hộp).

Hiện nay, các Kỹ sư trong nước sử dụng Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5575:2012 và Hướng dẫn thiết kế kết cấu thép theo TCXDVN 338:2005 (nay TCXDVN 338:2005 đã được chuyển dịch thành TCVN 5575:2012) trong công tác Thiết kế và thẩm tra đối với kết cấu thép. Các tài liệu này ban hành trên cơ sở Tiêu chuẩn thiết kế Kết cấu thép của Nga (Liên xô cũ) СНИП II-23-81* và Chỉ dẫn thiết kế Kết cấu thép theo СНИП II-23-81*, và ở Nga cũng đã ban hành phiên bản cập nhật SP 16.13330.2017 và SP 294.1325800.2017 về thiết kế kết cấu thép, nội dung có nhiều điểm mới so với các phiên bản trước đây.

Gần đây, Viện Khoa học công nghệ xây dựng đã xây dựng dự thảo Tiêu chuẩn thiết kế Kết cấu thép TCVN 5575:20xx dựa theo Tiêu chuẩn thiết kế Kết cấu thép của Nga (SP 16.13330.2017 và SP 294.1325800.2017) và cập nhật thêm 02 bản sửa đổi SP 16.13330.2017 ban hành vào các năm 2018 và 2019. Thông qua các bản sửa đổi cho thấy rằng, tiêu chuẩn của Nga cũng luôn được cập nhật, bổ sung các nội dung nhằm mở rộng đối tượng và chính xác hóa một số nội dung so với phiên bản tiêu chuẩn ban đầu.

Thấy rằng, tiêu chuẩn TCVN 5575:20xx (hiện nay ở dạng bản thảo, đang làm các thủ tục pháp lý để ban hành, thay thế cho TCVN 5575:2012) có nhiều điểm mới và thậm chí còn khác biệt so với TCVN 5575:2012 hiện hành, ví dụ như các quy định về lựa chọn vật liệu thép (theo phá hoại tách lớp), vật liệu bu lông (loại bu lông và cường độ tính toán), cũng như về tính toán các cấu kiện cơ bản, ví dụ như phân loại tiết diện, tính toán cấu kiện chịu nén đúng tâm (hệ số ổn định), tính toán cấu kiện chịu uốn (dầm hai loại vật liệu), tính toán cấu kiện chịu nén - uốn đồng thời (chiều dài tính toán thanh), tính toán thanh giàn thép ống và liên kết nút liên kết giàn thép ống, tính toán gia cường kết cấu thép và nhiều nội dung thay đổi, bổ sung khác.

Các điểm mới và khác biệt khá nhiều, nhưng trong nội dung bài báo này chỉ đề cập đến một vấn đề nhỏ và rất cơ bản đó là việc xác định hệ số uốn dọc (theo TCVN 5575:2012), còn gọi là hệ số ổn định (theo TCVN 5575:20xx) dùng để khi tính toán cấu kiện tiết diện đặc chịu nén đúng tâm.

2. Tính toán hệ số ổn định

2.1. Hình thức tiết diện

Như đã biết, hình thức tiết diện cột rất đa dạng, dưới đây liệt kê một số loại điển hình và cách cấu tạo cột (xem Hình 1).

Tiết diện đơn giản nhất của cột là loại tiết diện kín (Hình 1a), chúng có cấu tạo dạng ống tròn (vành khuyên) hoặc hộp chữ nhật hoặc hộp vuông. Tiết diện định hình có trong TCVN 11228-2:2015, là các thép kết cấu rỗng được gia công nóng hoàn thiện từ thép không hợp kim và thép hạt mịn.

Các tiết diện đặc được ghép từ thép tấm dài phẳng cũng được sử dụng cho các cột nhà nhiều tầng hoặc cho các thanh giàn nặng. Các tiết diện cũng được tổ hợp từ các tấm để tạo thành tiết diện chữ I, hộp hoặc tổ hợp từ các thép định hình C (còn gọi là chữ U theo TCVN 7571-15:2019). Tiết diện phổ biến hơn cả là các chữ H định hình có trong tiêu chuẩn TCVN 7571-16:2017, hoặc tiết diện chữ H tổ hợp, cũng có thể là chữ thập được ghép từ các dải thép hoặc thép hình chữ L theo tiêu chuẩn TCVN 7571-1:2019 dùng cho các thanh giàn thường cũng như giàn nhẹ (Hình 1b).

Các tiết diện trên cũng có thể có phương chịu lực khác nhau (Hình 1c), tiết diện cũng có dạng chữ T theo tiêu chuẩn TCVN 7751-21:2019 được dùng cho các thanh cánh của giàn một thép góc.

ThS. Nguyễn Thanh Tùng

Bộ môn Kết cấu Thép Gỗ

Khoa Xây dựng

Email: nguyenthantungb@gmail.com

Ngày nhận bài: 21/5/2021

Ngày sửa bài: 28/5/2021

Ngày duyệt đăng: 22/5/2023

Theo phương x (loại tiết diện b):

$$\delta_x = 9,87 \times (1 - 0,04 + 0,09 \times 0,946) + 0,9462 = 11,21$$

$$\varphi_x = 0,5 \times \frac{11,21 - \sqrt{11,21^2 - 39,48 \times 0,946^2}}{0,946^2} = 0,953$$

Theo phương y (loại tiết diện c):

$$\delta_y = 9,87(1 - 0,04 + 0,14 \times 1,147) + 1,1472 = 12,376$$

$$\varphi_y = 0,5 \times \frac{12,376 - \sqrt{12,376^2 - 39,48 \times 1,147^2}}{1,147^2} = 0,88$$

$$\varphi_{\min} = y = 0,88 < 0,953 = \varphi_x$$

$$\text{Vậy } \frac{N}{\varphi f_{yd} A} = \frac{3500}{0,88 \times 23 \times 218,7} = 0,79$$

3.2. So sánh hệ số ổn định của các hình thức tiết diện tính theo TCVN 5575:20xx so với TCVN 5575:2012

Trên cơ sở lý thuyết tính toán như đã nêu ở mục 2 và việc tính toán như ở mục 3.1, ta lấy ví dụ minh họa cho cột đặc chịu nén đúng tâm với vật liệu có $f_{yd} = f = 21 \text{ kN/cm}^2$ và mô đun đàn hồi $E = 2,1 \times 10^5 \text{ kN/cm}^2$.

Các giá trị của hệ số ổn định (hệ số uốn dọc) φ đối với tiết diện a, b và c theo TCVN 5575:20xx và theo TCVN 5575:2012 được thể hiện trong Bảng PL2, các giá trị chênh lệch của hệ số này theo các tiêu chuẩn cũng được ghi ở bảng này. Kết quả cho thấy, với giá trị độ mảnh $\lambda = 60 \div 100$, tương ứng với $\bar{\lambda} = 1,89 \div 3,16$, chênh lệch các giá trị φ là 13,43% đối với loại tiết diện a, là 3,43% đối với tiết diện loại b, là 10,82% đối với loại tiết diện c. Như vậy, với loại tiết diện b cho hệ số φ tương đồng giữa tiêu chuẩn TCVN 5575:2012 và TCVN 5575:20xx, các loại tiết diện a và c cho kết quả

chênh lệch nhau khá lớn có giá trị lên đến trên 10%.

Đồng thời, thể hiện biểu đồ quan hệ độ mảnh quy ước và hệ số ổn định (hệ số uốn dọc) đối với các hình thức tiết diện theo TCVN 5575:20xx và theo TCVN 5575:2012, kết quả như ở Hình PL1. Qua kết quả cũng thấy rằng, đường cong đối với loại tiết diện b tính theo TCVN 5575:20xx khá tương đồng với đường cong của tiết diện khi tính theo TCVN 5575:2012. Đường cong đối với loại tiết diện a tính theo TCVN 5575:20xx nằm phía trên đường cong tính theo TCVN 5575:2012, và ngược lại đường cong đối với loại tiết diện c tính theo TCVN 5575:20xx nằm phía dưới đường cong tính theo TCVN 5575:2012.

Đối với các cột ngắn, có độ mảnh λ nhỏ (ứng với $\bar{\lambda} < 0,6$), tức là hệ số uốn dọc (hệ số ổn định) chênh lệch không nhiều (nhỏ hơn 3%) khi tính theo các tiêu chuẩn TCVN 5575:2012 và TCVN 5575:20xx.

Kết luận và kiến nghị:

Trên cơ sở các nội dung đã trình bày, nội dung bài báo đã đạt được một số kết quả sau:

- Đã trình bày việc tính toán hệ số ổn định (hệ số uốn dọc) theo tiêu chuẩn TCVN 5575:20xx và TCVN 5575:2012. Việc tính toán hệ số này theo hai tiêu chuẩn tuy có xuất phát về lý thuyết như nhau nhưng lại cho kết quả có sự chênh lệch nhất định.

- Đã làm rõ được chênh lệch giữa các tính hệ số ổn định theo cả hai tiêu chuẩn, cũng như sự tương đồng giữa hai tiêu chuẩn, minh họa được kết quả chênh lệch.

- Đồng thời, thiết lập được bảng tra và đường cong quan hệ độ mảnh quy ước và hệ số ổn định (hệ số uốn dọc) để các kỹ sư thuận tiện sử dụng trong tính toán thực hành./.

Bảng PL1. Bảng tra hệ số α và β

Loại tiết diện		Giá trị	
Ký hiệu	Hình dạng	α	β
a		0,03	0,06
b		0,04	0,09
c		0,04	0,14

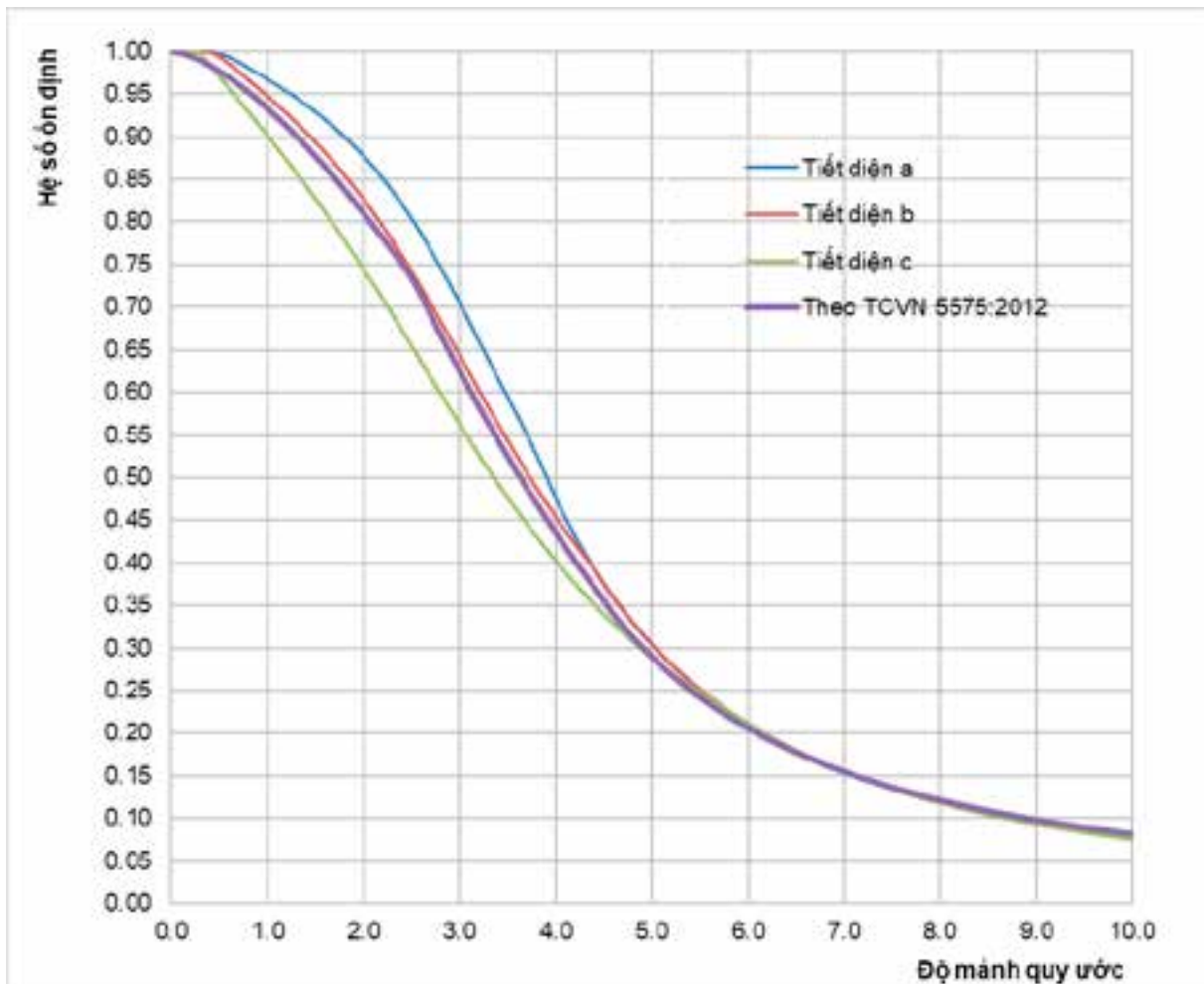
CHÚ THÍCH 1: Giá trị các hệ số đối với thép chữ I cán có chiều cao lớn hơn 500 mm khi tính toán ổn định trong mặt phẳng bản bụng được lấy theo tiết diện loại a.

CHÚ THÍCH 2: Trên các hình trong bảng này các trục x-x và y-y được ký hiệu tại các tiết diện mà vuông góc với chúng là mặt phẳng tính toán để xác định φ theo công thức (6); trong các tiết diện còn lại các hệ số không phụ thuộc vào mặt phẳng tính toán.

Bảng PL2. Hệ số ổn định khi nén đúng tâm φ

Độ mảnh quy ước $\bar{\lambda}$	Theo TCVN 5575:2012	Theo TCVN 5575:20xx, đối với loại tiết diện			Chênh lệch (%), đối với loại tiết diện		
		a	b	c	a	b	c
0,00	1,000	1,000	1,000	1,000	0,00	0,00	0,00
0,01	0,998	1,000	1,000	1,000	-0,21	-0,21	-0,21
0,20	0,994	1,000	1,000	1,000	-0,61	-0,61	-0,61
0,30	0,989	1,000	1,000	0,998	-1,12	-1,12	-0,92
0,40	0,983	1,000	1,000	0,984	-1,74	-1,74	-0,11
0,60	0,969	0,994	0,986	0,956	-2,60	-1,76	1,26
0,80	0,952	0,981	0,967	0,929	-3,09	-1,60	2,40
1,00	0,933	0,968	0,948	0,901	-3,78	-1,61	3,40
1,20	0,911	0,953	0,927	0,872	-4,63	-1,73	4,30
1,40	0,888	0,938	0,905	0,842	-5,58	-1,90	5,18
1,60	0,863	0,920	0,881	0,811	-6,58	-2,06	6,07
1,80	0,837	0,900	0,855	0,778	-7,56	-2,14	7,01
2,00	0,809	0,877	0,826	0,744	-8,44	-2,10	8,02
2,20	0,780	0,851	0,794	0,709	-9,13	-1,87	9,11
2,40	0,749	0,821	0,760	0,672	-9,53	-1,42	10,24
2,50	0,733	0,804	0,741	0,654	-9,59	-1,11	10,82
2,60	0,712	0,786	0,723	0,635	-10,36	-1,49	10,74
2,80	0,667	0,747	0,683	0,598	-11,97	-2,45	10,26
3,00	0,624	0,704	0,643	0,562	-12,97	-3,07	9,88
3,20	0,582	0,660	0,602	0,527	-13,43	-3,43	9,55
3,40	0,542	0,616	0,562	0,493	-13,52	-3,65	9,19
3,60	0,504	0,572	0,524	0,460	-13,43	-3,83	8,75
3,80	0,468	0,526	0,487	0,430	-12,42	-4,09	8,17
4,00	0,434	0,475	0,453	0,402	-9,52	-4,50	7,41
4,20	0,401	0,431	0,422	0,375	-7,44	-5,15	6,41
4,40	0,370	0,393	0,393	0,351	-6,08	-6,08	5,15
4,50	0,355	0,375	0,375	0,340	-5,65	-5,65	4,42
4,60	0,338	0,359	0,359	0,329	-6,22	-6,22	2,83
4,80	0,312	0,330	0,330	0,308	-5,76	-5,76	1,27
5,00	0,289	0,304	0,304	0,289	-5,30	-5,30	-0,08
5,20	0,268	0,281	0,281	0,271	-4,84	-4,84	-1,26
5,40	0,250	0,261	0,261	0,255	-4,39	-4,39	-2,28
5,60	0,233	0,242	0,242	0,241	-3,93	-3,93	-3,16
5,80	0,218	0,226	0,226	0,226	-3,47	-3,47	-3,47
6,00	0,205	0,211	0,211	0,211	-3,01	-3,01	-3,01
6,20	0,193	0,198	0,198	0,198	-2,55	-2,55	-2,55
6,40	0,182	0,186	0,186	0,186	-2,10	-2,10	-2,10
6,60	0,172	0,174	0,174	0,174	-1,64	-1,64	-1,64
6,80	0,162	0,164	0,164	0,164	-1,18	-1,18	-1,18
7,00	0,154	0,155	0,155	0,155	-0,72	-0,72	-0,72
7,20	0,146	0,147	0,147	0,147	-0,27	-0,27	-0,27
7,40	0,139	0,139	0,139	0,139	0,19	0,19	0,19
7,60	0,132	0,132	0,132	0,132	0,65	0,65	0,65
7,80	0,126	0,125	0,125	0,125	1,11	1,11	1,11
8,00	0,121	0,119	0,119	0,119	1,57	1,57	1,57

Độ mảnh quy ước $\bar{\lambda}$	Theo TCVN 5575:2012	Theo TCVN 5575:20xx, đối với loại tiết diện			Chênh lệch (%), đối với loại tiết diện		
		a	b	c	a	b	c
8,50	0,108	0,105	0,105	0,105	2,71	2,71	2,71
9,00	0,098	0,094	0,094	0,094	3,86	3,86	3,86
9,50	0,089	0,084	0,084	0,084	5,00	5,00	5,00
10,00	0,081	0,076	0,076	0,076	6,14	6,14	6,14



Hình PL1. Quan hệ giữa độ mảnh quy ước và hệ số ổn định

Tài liệu tham khảo

1. TCVN 5575:2012 (2012). Kết cấu thép – Tiêu chuẩn thiết kế. Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
2. TCVN 5575:20xx (20xx). Kết cấu thép – Tiêu chuẩn thiết kế (dự thảo).
3. Phạm Văn Hội, Nguyễn Quang Viên và nnk (2010), “Kết cấu thép – Cấu kiện cơ bản”, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
4. Tiêu chuẩn Việt Nam (2019), TCVN 7571-15:2019 Thép hình cán nóng – Phần 15: Thép chữ I - Kích thước và đặc tính mặt cắt (thay thế TCVN 7571-15:2006).
5. Tiêu chuẩn Việt Nam (2017), TCVN 7571-16:2017 Thép hình cán nóng – Phần 16: Thép chữ H (chấp nhận ISO 657-16).
6. Tiêu chuẩn Việt Nam (2015), TCVN 11228-2:2015 Thép kết cấu rỗng được gia công nóng hoàn thiện từ thép không hợp kim và thép hạt mịn - Phần 2: Kích thước và đặc tính mặt cắt (chấp nhận ISO 12633-2:2011).
7. СП 16.13330.2017 (2017) “Стальные конструкции”, Актуализированная редакция СНиП II-23-81*, Москва.
8. СП 294.1325800.2017 (2017). Свод правил. Конструкции стальные. Правила проектирования. Москва.
9. Горев В.В., Уваров Б.Ю., Филиппов В.В., Белый Б.И., и др. (2004), Металлические конструкции, Том 1. Конструкции зданий, Издательство: Высшая школа.