

YÊU CẦU ĐỘ BỀN ỔN ĐỊNH CỦA CỘT THÉP CHO THIẾT KẾ KẾT CẤU NHÀ NHIỀU TẦNG CHỊU ĐỘNG ĐẤT THEO TIÊU CHUẨN VIỆT NAM VÀ CHÂU ÂU

Đình Văn Thuật^{a,*}, Nguyễn Quang Huy^a, Lê Đức Hòa^a, Nguyễn Long^a

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

Nhận ngày 30/9/2024, Sửa xong 27/10/2024, Chấp nhận đăng 30/10/2024

Tóm tắt

Bài báo trình bày các kết quả tính toán thiết kế cột thép cho nhà nhiều tầng chịu tác động động đất, trong đó các tải trọng và tổ hợp tải trọng được xác định theo TCVN 9386 (tương tự với EN 1998-1) và độ bền ổn định của cột được kiểm tra theo TCVN 5575:2024 hoặc EN 1993-1-1. Kết cấu được khảo sát có hoặc không có giằng cho khung ngang nhà (ký hiệu là UBF và BF). Kết quả thu được bao gồm tải trọng động đất, nội lực thiết kế cột từ tổ hợp tải trọng động đất thiết kế, kết quả kiểm tra ổn định của cột, ổn định của bản bụng và bản cánh cột. Kết quả tính ổn định của cột cho thấy đối với trục x thì TCVN 5575:2024 cho kết quả lớn hơn theo EN 1993-1-1 từ 69,9 đến 93,3%, trong khi đối với trục y thì kết quả tính theo EN lớn hơn theo TCVN từ 9,2 đến 48,6%. Hơn nữa, TCVN 5575:2024 cho kết quả tính đối với trục y nhỏ hơn đối với trục x ; trong khi EN 1998-1 lại cho kết quả đối với trục y lớn hơn đối với trục x .

Từ khóa: nhà nhiều tầng; kết cấu thép; tiêu chuẩn thiết kế; tải trọng động đất; độ bền ổn định của cột; TCVN 9386; EN 1998-1; EN 1990; TCVN 5575:2024; EN 1993-1-1.

BUCKLING RESISTANCES OF STEEL COLUMNS REQUIRED FOR DESIGN OF MULTI-STOREY BUILDING STRUCTURES FOR SEISMIC ACTIONS ACCORDING TO EUROPEAN AND VIETNAMESE CODES

Abstract

This paper presents the calculation results to design steel multi-storey building structures subjected to seismic actions, in which the design loads and their combinations are determined in accordance with TCVN 9386 (similar to EN 1998-1) and the buckling resistances of columns are checked with TCVN 5575:2024 or EN 1993-1-1. The investigated structures were designed with or without bracing systems for the transverse frames (denoted UBF or BF). The obtained results include seismic loads, internal forces from load combination for column design, column buckling checks, column web and flange buckling. The checking results of column buckling show that for the x strong axis TCVN 5575:2024 gives larger results than those by EN 1993-1-1 from 69,9 to 93,3%, while on contrary for the y axis the results by EN are larger than those by TCVN from 9,2 to 48,6%. In addition, TCVN 5575:2024 shows that the results for the y axis for UBF are smaller than those for the x axis; whereas EN 1993-1-1 gives larger values for the y axis than those for the x axis.

Keywords: multi-storey buildings; steel structures; design codes; seismic load; column buckling resistances; TCVN 9386; EN 1998-1; EN 1990; TCVN 5575:2024; EN 1993-1-1.

[https://doi.org/10.31814/stce.huce2024-18\(4V\)-05](https://doi.org/10.31814/stce.huce2024-18(4V)-05) © 2024 Trường Đại học Xây dựng Hà Nội (ĐHXDHN)

1. Giới thiệu

Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 9386:2012 [1], với tên gọi cũ là TCXDVN 375:2006 [2], đã được biên dịch từ EN 1998-1 [3] mà là một trong 58 phần thuộc phiên bản đầu của bộ tiêu chuẩn châu

*Tác giả đại diện. Địa chỉ e-mail: thuatdv@huce.edu.vn (Thuật, Đ. V.)

Âu gồm 10 tiêu chuẩn (từ EN 1990 đến EN 1999) [4]. TCVN 9386:2012 hiện đang được Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng trực thuộc Bộ Xây dựng soát xét để cập nhật các số liệu về động đất theo QCVN 02:2022/BXD [5] cũng như điều chỉnh các giá trị hệ số tầm quan trọng của công trình theo [3] nhằm bảo đảm tính đồng bộ của tiêu chuẩn. Bản dự thảo tiêu chuẩn này hiện được đặt tên là TCVN 9386:202X [6] và dự kiến sẽ được ban hành sớm (ký hiệu 202X sẽ được điều chỉnh theo năm ban hành), sau đây được viết tắt là TCVN 9386. Trong nhiều năm qua, TCVN 9386:2012 đã được yêu cầu áp dụng rộng rãi để tính toán thiết kế kháng chấn cho nhiều loại kết cấu công trình ở Việt Nam. Tuy nhiên, trong thực tiễn việc áp dụng tiêu chuẩn này vẫn còn gặp nhiều khó khăn, chẳng hạn như cần bảo đảm đáp ứng được những yêu cầu về độ bền chịu lực của một số cấu kiện kết cấu mà dự kiến không cho phép hình thành biến dạng dẻo khi chịu tác động động đất.

Các công trình xây dựng nếu thuộc vùng không có động đất hoặc có động đất rất yếu thì không cần áp dụng các quy định cho ở TCVN 9386 (tương tự với EN 1998-1), ngược lại thì bắt buộc phải tính toán thiết kế kết cấu kháng chấn. Động đất rất yếu được định nghĩa là động đất có gia tốc nền thiết kế trên nền loại A, ký hiệu a_g , không vượt quá giá trị bằng $0,04g$ ($0,39 \text{ m/s}^2$) hoặc tích $a_g S$ không lớn hơn $0,05g$ ($0,49 \text{ m/s}^2$) trong đó S là hệ số nền (được quy định bằng 1,35 cho loại nền đất yếu mà phổ biến ở Hà Nội và TP. Hồ Chí Minh) [1, 3]. Theo QCVN 02:2022/BXD [5], những vùng có động đất rất yếu chủ yếu thuộc khu vực miền Nam, trong khi đó hầu hết các khu vực ở miền Bắc và miền Trung đều có giá trị a_g khá lớn nên việc áp dụng các quy định trong TCVN 9386 để tính toán thiết kế kết cấu chịu động đất là bắt buộc. Ví dụ, giá trị $a_g = 0,12g$ (hoặc $a_g S = 0,162g$ với $S = 1,35$) được thấy phổ biến ở nhiều khu vực đồng bằng Bắc Bộ và giá trị lớn nhất của a_g lên đến $0,22g$ ở một số vùng núi phía Bắc.

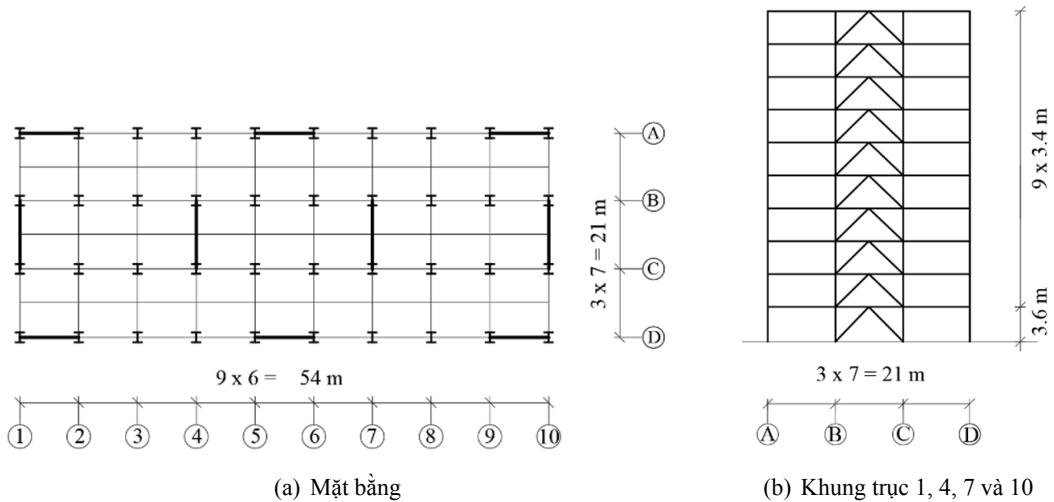
Đối với kết cấu thép, TCVN 5575:2024 [7] được biên soạn cập nhật từ tiêu chuẩn của Nga (SP 16.13330.2017 và SP 294.1325800.2017) và dự kiến sẽ có hiệu lực sử dụng từ cuối năm 2024, thay thế cho phiên bản cũ là TCVN 5575:2012. Tiêu chuẩn này (cũng giống như TCVN 5574:2018 cho kết cấu bê tông cốt thép) được sử dụng để thiết kế kết cấu công trình xây dựng ở những khu vực không có động đất hoặc có động đất rất yếu. TCVN 5575:2024 tương ứng với EN 1993-1-1 [8] cho tính toán thiết kế các cấu kiện kết cấu và EN 1993-1-8 [9] cho tính toán thiết kế các nút liên kết trong bộ tiêu chuẩn của châu Âu. Do vậy đối với những khu vực chịu tác động động đất đáng kể, TCVN 5575:2024 cần được áp dụng đồng thời với TCVN 9386, theo đó một số quy định được bổ sung cho tính toán thiết kế và cấu tạo kết cấu chịu động đất. Trong khi đó tiêu chuẩn thiết kế của Nga và của châu Âu có một số quy định khác biệt như về các hệ số độ tin cậy của tải trọng, hệ số tổ hợp tải trọng, phân cấp tiết diện, phương pháp tính toán ổn định của cấu kiện [10–12]. Do vậy, việc áp dụng đồng thời TCVN 9386 và TCVN 5575:2024 cho thiết kế kết cấu thép chịu tác động động đất cần được làm rõ để đảm bảo được mức độ an toàn.

Bài báo này trình bày các kết quả tính toán thiết kế cột thép cho nhà nhiều tầng chịu tác động động đất theo tiêu chuẩn Việt Nam gồm TCVN 9386 và TCVN 5575:2024, đồng thời so sánh với kết quả tính toán theo tiêu chuẩn châu Âu gồm EN 1998-1 và EN 1993-1-1. Các kết cấu nhà khảo sát được thiết kế có đủ độ bền chịu lực do tổ hợp tải trọng gió gây ra theo tiêu chuẩn Việt Nam [7, 10, 12]. Để thực hiện so sánh, các dữ liệu thiết kế được lấy thống nhất phù hợp với điều kiện tự nhiên của Việt Nam, bao gồm giá trị đỉnh gia tốc nền tham chiếu theo QCVN 02:2022/BXD [5] và các giá trị tiêu chuẩn của các tải trọng thường xuyên (TX), tạm thời dài hạn (TTDH) và tạm thời ngắn hạn (TTNH) được lấy theo TCVN 2737:2023 [10].

2. Mô hình kết cấu nhà

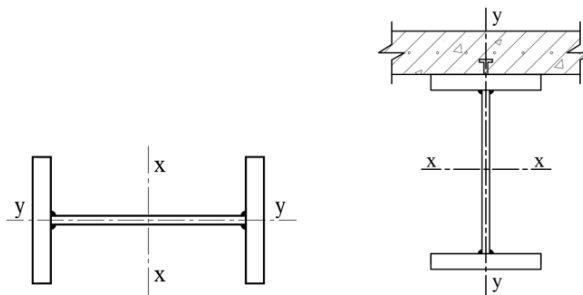
Xét một nhà trường học cao 10 tầng bằng kết cấu thép được trình bày ở Hình 1 [12]. Từ kết cấu này, có 2 sơ đồ được khảo sát gồm: trường hợp không có giằng cho khung ngang nhà (ký hiệu là UBF)

và trường hợp có giằng Λ tại nhịp giữa của khung ngang trục 1, 4, 7 và 10 (ký hiệu là BF) như chỉ ra ở Hình 1. Theo phương dọc nhà sử dụng hệ giằng Λ cho các tầng tại các khoang đầu và giữa nhà trên trục biên A và D.



Hình 1. Kết cấu nhà thép 10 tầng có giằng (BF)

Tiết diện của cột thép có hình chữ H và của dầm gồm thép chữ I và bản sàn bê tông cốt thép ở phía trên bản cánh (Hình 2). Các thanh giằng sử dụng thép ống có đường kính ngoài và chiều dày thành ống tương ứng như sau: theo phương ngang nhà sử dụng tiết diện 250 và 9 mm cho các tầng 1 đến 3, 220 và 9 mm cho các tầng 4 đến 6, và 220 và 8 mm cho các tầng 7 đến 10; theo phương dọc nhà sử dụng tiết diện 300 và 13 mm. Vật liệu thép có giới hạn chảy $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$ và mô đun đàn hồi $E = 206.000 \text{ N/mm}^2$.



Hình 2. Tiết diện cột và dầm

Bảng 1. Kích thước tiết diện cột thép (cm)

Tầng	Nhà UBF	Nhà BF	
		Trục 1, 4, 7, 10	Trục còn lại
Tầng 7 đến 10	$50 \times 22 \times 1,8 \times 1,4$	$50 \times 22 \times 1,8 \times 1,4$	$50 \times 22 \times 1,6 \times 1,2$
Tầng 4 đến 6	$55 \times 22 \times 2,0 \times 1,4$	$55 \times 22 \times 2,0 \times 1,6$	$55 \times 22 \times 1,6 \times 1,2$
Tầng 1 đến 3	$60 \times 25 \times 2,2 \times 1,6$	$60 \times 25 \times 2,4 \times 1,8$	$55 \times 22 \times 1,8 \times 1,2$

Các kích thước của tiết diện cột và dầm được lựa chọn và kiểm tra đủ để chịu các tổ hợp tải trọng có tải trọng gió được trình bày ở Bảng 1 [12]. Trong bài báo này, các kích thước này được sử dụng và kết cấu được tính toán và kiểm tra về độ bền chịu lực khi chịu tác động động đất. Tiết diện của dầm thép gồm $55 \times 22 \times 1,8 \times 1,2$ (cm) cho các tầng 1 đến 4 và $55 \times 22 \times 1,6 \times 1,2$ (cm) cho các tầng 5 đến 10, trong đó thứ tự là chiều cao tiết diện thép, chiều rộng tiết diện, chiều dày bản cánh và chiều dày bản bụng. Theo phương dọc nhà, các dầm chính và dầm phụ (ở giữa các nhịp khung ngang) đều có tiết diện $40 \times 22 \times 1,2 \times 1,0$ (cm). Trong mô hình tính toán nội lực và chuyển vị của kết cấu, các dầm thép theo phương dọc nhà cũng như các thanh giằng đều được mô hình hoá khớp ở hai đầu các thanh này; dầm thép theo phương ngang nhà được liên kết cứng với cột và tại chân cột thép ở tầng một được liên kết ngàm với phần kết cấu bê tông ở dưới.

3. Xác định tải trọng động đất và nội lực trong kết cấu

3.1. Tải trọng thường xuyên và tải trọng tạm thời

Tải trọng TX được xác định từ trọng lượng bản thân của các bộ phận nhà bao gồm kết cấu thép, bản sàn BTCT dày 12 cm, lớp vữa lót dày 2 cm cho sàn tầng 1 đến 9 và 5 cm cho sàn mái, và lớp gạch lát dày 1 cm [10]. Như vậy, tổng giá trị tiêu chuẩn của tải trọng TX phân bố đều trên từng sàn từ tầng 1 đến 9 là $3,56 \text{ kN/m}^2$ và trên mái là $4,10 \text{ kN/m}^2$. Tải trọng TX còn bao gồm trọng lượng của tường xây bằng gạch bao quanh nhà ở các tầng 2 đến 9, được lấy bằng $3,3 \text{ kN/m}^2$ với hệ số lỗ cửa lấy bằng 0,7 và của tường ở trên mái cao 0,9 m được lấy bằng $1,8 \text{ kN/m}^2$. Tải trọng TTDH được xác định từ trọng lượng của tường xây và vách ngăn trên sàn với giá trị tiêu chuẩn bằng $1,0 \text{ kN/m}^2$. Giá trị tiêu chuẩn của tải trọng TTNH đối với nhà trường học được lấy bằng $2,0 \text{ kN/m}^2$ [10].

3.2. Tải trọng động đất

Tải trọng động đất được xác định theo TCVN 9386 và QCVN 02:2022/BXD [5]. Công trình ở khu vực có giá trị đỉnh gia tốc nền tham chiếu theo phương ngang tương ứng với chu kỳ lặp 500 năm và nền loại A là $a_{gR} = 0,12g$ với gia tốc trọng trường $g = 9,80 \text{ m/s}^2$. Giá trị gia tốc thiết kế theo phương ngang trên nền loại A được xác định $a_g = \gamma_I a_{gR} = 1,411 \text{ m/s}^2$ trong đó hệ số tầm quan trọng của nhà trường học $\gamma_I = 1,2$. Nền đất xây dựng công trình thuộc loại D với hệ số nền $S_D = 1,35$ và chu kỳ phổ gia tốc $T_C = 0,8$ giây. Hệ số cản nhớt của nhà thép được lấy bằng 3% do vậy hệ số điều chỉnh $\eta = 1,118$.

Khối lượng nhà để tính chu kỳ dao động riêng của hệ kết cấu được xác định từ tổ hợp tải trọng gồm tải trọng TX, tải trọng TTDH và 0,3 tải trọng TTNH trong đó tải trọng TTNH trên mái nhà được lấy bằng không. Kết quả giá trị chu kỳ dao động riêng thứ nhất T_1 theo phương ngang nhà được chỉ ra ở Bảng 2 và theo phương dọc nhà là 1,279 và 1,287 giây tương ứng với nhà UBF và BF. Bảng 2 chỉ ra kết quả tính lực cắt đáy thiết kế F_b theo phương ngang nhà tương ứng với dạng dao động thứ nhất cho nhà UBF và BF, trong đó M là tổng khối lượng tham gia dao động của toàn nhà; S_e và S_d là phổ gia tốc đàn hồi và phổ gia tốc thiết kế tương ứng với dạng dao động thứ nhất. Hệ số điều chỉnh $\lambda = 0,85$. Hệ số ứng xử được lấy tương ứng với cấp độ dẻo trung bình là $q = 4$.

Bảng 2. Lực cắt đáy thiết kế theo phương ngang nhà ứng với dạng dao động thứ nhất

Loại nhà	M (kN)	T_1 (s)	S_e (m/s ²)	S_d (m/s ²)	F_b (kN)
UBF	7.508,932	1,558	2,734	0,684	4.395,862
BF	7.566,749	1,071	3,978	0,994	6.395,671

Kết quả tính tải trọng động đất thiết kế tương ứng với dạng dao động thứ nhất theo phương ngang nhà cho hai nhà UBF và BF được chỉ ra ở Bảng 3, trong đó w_i , s_i và F_i tương ứng là trọng lượng, dịch

chuyển ngang trung bình và tải trọng động đất tập trung tại tầng thứ i . Trong bài báo này, tải trọng động đất thiết kế chỉ xét đến thành phần tương ứng với dạng dao động thứ nhất, bỏ qua dạng bậc cao.

Bảng 3. Tải trọng động đất thiết kế theo phương ngang nhà cho UBF và BF

Tầng	h_i (m)	Nhà UBF			Nhà BF		
		w_i (kN)	s_i	F_i (kN)	w_i (kN)	s_i	F_i (kN)
10	3,400	6.698,87	0,1649	627,21	6.596,45	0,1803	1009,01
9	3,400	7.472,67	0,1599	678,70	7.471,95	0,1697	1075,97
8	3,400	7.472,66	0,1518	643,95	7.471,95	0,1555	986,00
7	3,400	7.472,66	0,1403	595,50	7.471,95	0,1382	876,43
6	3,400	7.476,35	0,1259	534,58	7.484,68	0,1182	750,95
5	3,400	7.481,61	0,1099	466,85	7.498,96	0,0981	623,97
4	3,400	7.494,24	0,0885	376,62	7.511,60	0,0754	480,70
3	3,400	7.512,93	0,0619	263,98	7.534,84	0,0514	328,53
2	3,400	7.534,05	0,0362	154,97	7.559,52	0,0301	192,84
1	3,205	7.527,16	0,0125	53,51	7.552,24	0,0111	71,27

3.3. Nội lực trong kết cấu

Trong bài báo này, tổ hợp tải trọng được sử dụng để xác định nội lực trong các cấu kiện kết cấu theo [1, 3] bao gồm: tải trọng động đất thiết kế tác dụng theo phương ngang nhà, ký hiệu F_i ở Bảng 3, và các tải trọng TX, tải trọng TTDH và 0,6 tải trọng TTNH, trong đó hệ số tổ hợp cho tải trọng TTNH được lấy bằng 0,6 cho nhà trường học [11] và các tải trọng này được lấy theo các giá trị tiêu chuẩn, không phụ thuộc vào hệ số độ tin cậy của tải trọng. Tổ hợp tải trọng này được gọi là tổ hợp tải trọng động đất trong bài báo này.

Tải trọng động đất được xác định có kể đến ảnh hưởng do lệch tâm ngẫu nhiên giữa tâm cứng và tâm khối lượng ở từng tầng khi chịu tác động động đất [1]. Ngoài ra, để đảm bảo nguyên tắc thiết kế theo khả năng với cột khỏe-dầm yếu, các giá trị nội lực thiết kế trong cột do tải trọng động đất gây ra cần được tăng lên có kể đến ảnh hưởng của các yếu tố vượt cường độ của thép và dư thừa độ bền chịu lực của kết cấu [1]. Kết cấu được phân tích theo mô hình không gian bằng chương trình Etabs [13] với giả thiết coi vật liệu làm việc đàn hồi tuyến tính, trong đó bản sàn BTCT được coi liên kết cứng với dầm thép ở dưới.

Bảng 4. Hệ số hiệu ứng bậc hai và chuyển vị ngang cho UBF

Sàn	h (m)	P_{tot} (kN)	V_{tot} (kN)	Δ (mm)	d_r (m)	θ	d_s/h (%)
10	3,400	6.574,11	815,37	102,9	0,0123	0,029	0,145
9	3,400	14.457,51	1.697,67	99,8	0,0204	0,051	0,240
8	3,400	22.412,77	2.534,81	94,7	0,0285	0,074	0,335
7	3,400	30.368,28	3.308,96	87,6	0,0360	0,097	0,423
6	3,400	38.343,91	4.003,92	78,6	0,0400	0,113	0,530
5	3,400	46.311,94	4.610,83	68,6	0,0534	0,158	0,746
4	3,400	54.293,02	5.100,43	55,2	0,0664	0,208	0,987
3	3,400	62.352,61	5.443,60	38,6	0,0640	0,216	0,960
2	3,400	70.368,89	5.645,06	22,6	0,0592	0,217	0,889
1	3,205	78.406,31	5.714,62	7,8	0,0312	0,134	0,450

Bảng 5. Hệ số hiệu ứng bậc hai và chuyển vị ngang cho BF

Sàn	h (m)	P_{tot} (kN)	V_{tot} (kN)	Δ (mm)	d_r (m)	θ	d_s/h (%)
10	3,400	6.310,35	1.311,72	79,4	0,0186	0,026	0,219
9	3,400	14.076,80	2.710,48	74,8	0,0250	0,038	0,294
8	3,400	21.973,13	3.992,28	68,5	0,0305	0,049	0,358
7	3,400	29.869,02	5.131,64	60,9	0,0352	0,060	0,415
6	3,400	37.831,18	6.107,88	52,1	0,0356	0,065	0,418
5	3,400	45.752,85	6.919,03	43,2	0,0399	0,078	0,470
4	3,400	53.778,72	7.543,94	33,2	0,0424	0,089	0,498
3	3,400	61.864,24	7.971,03	22,6	0,0376	0,086	0,442
2	3,400	69.866,74	8.221,72	13,2	0,0334	0,083	0,393
1	3,205	77.931,10	8.314,37	4,9	0,0196	0,057	0,245

Bảng 4 và 5 trình bày kết quả tính hệ số hiệu ứng bậc hai θ do lực nén dọc trục cột và chuyển vị ngang tại từng tầng cho các nhà UBF và BF, trong đó P_{tot} , V_{tot} và Δ lần lượt tại từng tầng là tổng lực đứng, tổng lực cắt và chuyển vị ngang đàn hồi được xác định tại tâm cứng của tầng xem xét từ tổ hợp tải trọng động đất; d_r và d_s là các chuyển vị tầng phi tuyến về vật liệu tương ứng với khi không và có kể đến hiệu ứng bậc hai [1].

Ảnh hưởng của hiệu ứng bậc hai cần được kể đến khi hệ số θ có giá trị lớn hơn 0,1 bằng cách nhân giá trị nội lực từ kết quả phân tích kết cấu do tổ hợp tải trọng động đất với hệ số $1/(1 - \theta)$. Kết quả cho thấy đối với nhà UBF, hệ số θ có giá trị lớn hơn 0,1 ở các tầng 1 đến 6 và nhỏ hơn 0,1 ở các tầng từ 7 đến 10. Đối với nhà BF, hệ số θ đều có giá trị nhỏ hơn 0,1. Kết quả ở Bảng 4 và 5 cũng cho thấy tỷ số d_s/h đều có giá trị nhỏ hơn mức cho phép là 1% cho cả hai nhà UBF và BF [1].

Bảng 6 minh họa kết quả nội lực trong cột tại các tầng 1, 4 và 7 của khung trục 9 cho nhà UBF. Tương tự, Bảng 7 minh họa kết quả nội lực trong cột của khung trục 7 (khung ngang có giằng) cho nhà BF. Kết quả cho thấy lực dọc N trong cột giữa tại tầng 1 của nhà BF có giá trị lớn hơn nhiều so với của nhà UBF, trong khi mô men uốn M_x của UBF lại có giá trị lớn hơn nhiều so với của BF. Như vậy, việc sử dụng hệ giằng cho các khung ngang của nhà BF đã làm thay đổi rất đáng kể giá trị mô men uốn M_x trong cột theo chiều cao nhà so với của nhà UBF. Mô men uốn trong cột đối với trục yếu y đều có giá trị rất nhỏ.

Bảng 6. Nội lực trong cột khung trục 9 cho UBF từ tổ hợp tải trọng động đất

Tầng	N (kN)		M_x (kNm)		M_y (kNm)		Q_y (kN)
	Chân	Đỉnh	Chân	Đỉnh	Chân	Đỉnh	
Cột giữa							
1	2.940,87	2.936,09	708,07	-47,11	-1,55	1,56	284,44
4	2.222,45	2.217,95	516,64	-389,93	-1,02	0,57	318,09
7	1.001,73	998,38	299,23	-222,03	0,88	-0,72	182,90
Cột biên							
1	3.042,76	3.037,97	675,47	19,72	2,92	-6,73	246,99
4	1.960,51	1.956,01	373,27	-294,88	7,28	-5,25	234,44
7	695,95	692,61	235,36	-185,11	5,90	-3,79	147,53

Bảng 7. Nội lực trong cột khung trục 7 cho BF từ tổ hợp tải trọng động đất

Tầng	N (kN)		M_x (kNm)		M_y (kNm)		Q_y (kN)
	Chân	Đỉnh	Chân	Đỉnh	Chân	Đỉnh	
Cột giữa							
1	5.742,30	5.737,73	384,67	13,26	-0,67	0,43	3,86
4	2.534,14	2.530,35	173,71	-109,99	-0,83	0,58	-20,72
7	771,49	768,26	165,17	-121,55	-0,78	0,54	-4,74
Cột biên							
1	2.755,43	2.750,86	408,48	-35,08	-1,00	-0,24	167,06
4	1.952,54	1.948,75	245,09	-166,09	-1,48	1,00	144,27
7	1.028,11	1.024,89	272,00	-201,60	-1,94	1,35	166,18

4. Kết quả tính ổn định tổng thể và cục bộ của cột

4.1. Theo TCVN 5575:2024

a. Trường hợp không sử dụng giằng cho khung ngang nhà (UBF)

Các kết quả tính toán dưới đây được minh họa cho các cột giữa và biên tại các tầng 1, 4 và 7 của nhà UBF nơi có kích thước tiết diện cột thay đổi (Bảng 1). TCVN 5575:2024 sau đây được gọi tắt là TCVN. Kích thước tiết diện của các cột giữa và biên ở mỗi tầng đều giống nhau. Bảng 8 trình bày kết quả tính hệ số chiều dài ổn định và độ mảnh của cột tại các tầng 1, 4 và 7 của khung trục 9 cho nhà UBF, trong đó x là trục hoành và y là trục yếu của tiết diện cột và chiều dài của cột được tính đến trục của dầm thép. Kết quả kiểm tra ổn định cục bộ của bản bụng cột và bản cánh cột của cột giữa và cột biên đều được thỏa mãn, theo đó so với độ mảnh quy ước giới hạn thì giá trị độ mảnh quy ước chỉ đạt khoảng 77 đến 88% đối với bản bụng và 35 đến 40% đối với bản cánh [12].

Bảng 8. Độ mảnh của cột khung trục 9 cho UBF theo TCVN

Tầng	Cột giữa				Cột biên			
	μ_x	λ_x	μ_y	λ_y	μ_x	λ_x	μ_y	λ_y
1	1,160	15,475	0,553	32,974	1,434	19,130	0,585	34,882
4	1,240	19,145	0,569	40,931	1,679	25,922	0,618	44,456
7	1,189	20,211	0,563	40,597	1,543	26,228	0,610	43,986

Bảng 9 trình bày kết quả tính ổn định tổng thể của cột, trong đó φ_{ex} và φ_{ey} lần lượt là các hệ số ổn định nén lệch tâm đối với trục x và trục y khi cột chịu lực nén N và mô men uốn M_x hoặc M_y ; φ_y là hệ số ổn định nén đúng tâm đối với trục y ; c là hệ số kể đến ảnh hưởng của mô men muốn M_x khi cột chịu lực nén N và mô men uốn M_x và được tính ổn định tổng thể đối với trục y ; N là lực nén thiết kế trong cột và $[N]$ là ký hiệu của phần mẫu số của tỷ số trong các công thức 108, 110 và 115 của [7]. Đối với các cột được khảo sát, giá trị độ lệch tâm tương đối quy đổi đối với trục y luôn nhỏ hơn giá trị độ lệch tâm tương đối đối với trục x , do vậy ổn định tổng thể của cột cần được tính theo cả ba công thức 108, 110 và 115 của [7].

Trong Bảng 9, công thức 108 được sử dụng để tính ổn định của cột đối với trục x khi chịu nén lệch tâm đối với trục x , công thức 110 để tính ổn định của cột đối với trục y khi chịu nén lệch tâm đối với trục x có kể đến ảnh hưởng của mô men uốn M_x và công thức 115 để tính ổn định của cột khi chịu

nén lệch tâm đối với cả trục x và trục y . Các kết quả được bôi đậm trong Bảng 9 thể hiện các trường hợp kết quả tính có giá trị lớn hơn 1,0, có nghĩa là cột không đủ độ bền ổn định để chịu tổ hợp tải trọng động đất. Trong số 3 trường hợp tính theo các công thức 108, 110 và 115 của [7], trường hợp tính theo công thức 108 luôn cho kết quả lớn nhất và trường hợp tính theo công thức 115 luôn cho kết quả nhỏ nhất với các giá trị đều nhỏ hơn 1,0.

Kết quả tính ổn định của cột ở Bảng 9 cho giá trị lớn nhất ở cột giữa tầng 1 là 1,239 và cột biên tầng 1 là 1,256, như vậy vượt mức cho phép là 23,9 và 25,6%. Điều này cho thấy các cột ở tầng 1 và 4 của kết cấu nhà UBF không đủ độ bền ổn định để chịu tổ hợp tải trọng động đất, mặc dù chúng đã được tính toán thiết kế để có đủ độ bền ổn định để chịu tổ hợp tải trọng gió theo tiêu chuẩn Việt Nam, theo cả ba công thức 108, 110 và 115 [12]. Như vậy có thể khẳng định rằng kết cấu nhà thép 10 tầng được khảo sát cần được tính toán thiết kế chịu tác động động đất bên cạnh việc tính toán thiết kế chịu tổ hợp tải trọng gió, đặc biệt cho các tầng ở dưới.

Bảng 9. Kết quả tính ổn định của cột khung trục 9 cho UBF theo TCVN

Tầng	Công thức 108 của [7]		Công thức 110 của [7]			Công thức 115 của [7]		
	φ_{ex}	$N/[N]$	φ_y	c	$N/[N]$	φ_{ey}	φ_{exy}	$N/[N]$
Cột giữa								
1	0,533	1,239	0,888	0,639	1,163	0,916	0,801	0,824
4	0,509	1,224	0,850	0,684	1,071	0,890	0,794	0,784
7	0,416	0,747	0,852	0,605	0,603	0,891	0,767	0,405
Cột biên								
1	0,544	1,256	0,879	0,647	1,202	0,910	0,799	0,856
4	0,539	1,019	0,832	0,726	0,910	0,747	0,679	0,810
7	0,374	0,577	0,835	0,574	0,450	0,749	0,634	0,340

b. Trường hợp có sử dụng giằng cho khung ngang nhà (BF)

Tương tự như đối với nhà UBF, Bảng 10 và 11 trình bày kết quả tính ổn định tổng thể và cục bộ cho các cột khung trục 7 (khung ngang nhà có giằng) của nhà BF. Kết quả kiểm tra ổn định của bản bụng và bản cánh cột cũng đều được thỏa mãn, theo đó so với độ mảnh quy ước giới hạn thì độ mảnh quy ước chỉ đạt khoảng 77 đến 82% đối với bản bụng và 31 đến 40% đối với bản cánh [12].

Kết quả tính ổn định của cột cho thấy tại tầng 1 các cột giữa được tính theo các công thức 108, 110 và 115 của [7] đều không đủ độ bền ổn định, trong đó công thức 110 cho kết quả lớn nhất và công thức 115 cho kết quả nhỏ nhất. Giá trị lớn nhất ở cột giữa tầng 1 là 1,539 (Bảng 11), vượt mức cho phép đến 53,9%, mặc dù chúng đã được thiết kế có đủ độ bền chịu tổ hợp tải trọng gió [12]. Các cột giữa tầng 4 và 7 và các cột biên đều có đủ độ bền ổn định.

Bảng 10. Độ mảnh của cột khung trục 7 cho BF theo TCVN

Tầng	Cột giữa				Cột biên			
	μ_x	λ_x	μ_y	λ_y	μ_x	λ_x	μ_y	λ_y
1	0,654	8,784	0,553	33,163	0,677	9,094	0,585	35,026
4	0,786	12,233	0,569	41,163	0,863	13,435	0,618	44,766
7	0,757	12,860	0,563	40,600	0,838	14,244	0,610	43,964

Bảng 11. Kết quả tính ổn định của cột giữa khung trục 7 cho BF theo TCVN

Tầng	Công thức 108 của [7]		Công thức 110 của [7]			Công thức 115 của [7]		
	φ_{ex}	$N/[N]$	φ_y	c	$N/[N]$	φ_{ey}	φ_{exy}	$N/[N]$
Cột giữa								
1	0,821	1,425	0,888	0,856	1,539	0,916	0,874	1,338
4	0,803	0,793	0,849	0,878	0,854	0,889	0,855	0,745
7	0,516	0,464	0,852	0,681	0,412	0,891	0,794	0,301
Cột biên								
1	0,657	0,854	0,879	0,741	0,862	0,910	0,831	0,675
4	0,678	0,724	0,831	0,798	0,741	0,877	0,820	0,599
7	0,457	0,698	0,835	0,633	0,603	0,880	0,768	0,415

4.2. Theo EN 1993-1-1

a. Trường hợp không sử dụng giằng cho khung ngang nhà (UBF)

Bảng 12 trình bày kết quả xác định cấp tiết diện của cột, trong đó c là chiều cao tính toán cho bản bụng hoặc của phần nhô tính toán cho bản cánh; λ_{uw} và λ_{uf} tương ứng là độ mảnh giới hạn của bản bụng và của phần nhô của bản cánh cột [8]. Kết quả cho thấy các cột từ tầng 1 đến 6 thuộc cấp tiết diện 2 và từ tầng 7 đến 10 thuộc cấp tiết diện 1. Các cấp tiết diện này là phù hợp cho kết cấu nhà được thiết kế có cấp dầm trung bình chịu tác động động đất.

Bảng 12. Xác định cấp tiết diện cột nhà UBF

Tầng	Bản bụng			Bản cánh			Cấp tiết diện
	c/t_w	λ_{uw}	Cấp bản bụng	c/t_f	λ_{uf}	Cấp bản cánh	
1 đến 3	33,25	38,0	Cấp 2	4,64	9,0	Cấp 1	Cấp 2
4 đến 6	34,71	38,0	Cấp 2	4,40	9,0	Cấp 1	Cấp 2
7 đến 10	31,43	33,0	Cấp 1	4,89	9,0	Cấp 1	Cấp 1

Dưới đây là các kết quả tính ổn định của cột khung trục 9 cho nhà UBF. EN 1993-1-1 sau đây được gọi tắt là EN. Ở Bảng 13, $\bar{\lambda}_x$ và $\bar{\lambda}_y$ là độ mảnh của cột khi chịu nén tương ứng với trục x và trục y và λ_{LT} là độ mảnh của cột khi chịu uốn quanh trục y . Ở Bảng 14, χ_x , χ_y và χ_{LT} tương ứng là các hệ số giảm độ bền ổn định của cột. Ở Bảng 15, k_{xx} , k_{xy} , k_{yx} và k_{yy} là các hệ số tương tác khi kể đến ảnh hưởng của mô men uốn M_x và M_y đối với cột; và SF_x và SF_y là các tỷ số biểu thị phần bên trái của các công thức 6.61 và 6.62 của [8] tương ứng với trục x và trục y , được gọi trong bài báo này là các kết quả tính ổn định của cột. Trường hợp cột có đủ độ bền ổn định khi các tỷ số SF_x và SF_y có giá trị nhỏ hơn hoặc bằng 1,0 hoặc kết quả tính ổn định của cột có giá trị nhỏ hơn hoặc bằng 1,0.

Trong bài báo này, các tỷ số SF_x và SF_y có thể có giá trị lớn hơn 1,0 vì mục đích để so sánh mức độ mất ổn định giữa các trường hợp kiểm tra theo TCVN và EN cho các vị trí cột giữa hoặc cột biên, ở các tầng khác nhau và cho trường hợp kết cấu có hoặc không có giằng theo phương ngang nhà (UBF hoặc BF). Kết quả tính cho thấy cột giữa và cột biên ở các tầng 1 và 2 đã không đủ độ bền ổn định với mức độ vượt quá mức cho phép khá lớn, cụ thể ở tầng 1 đến 43% cho cột giữa và 46,2% cho cột biên (Bảng 15).

Bảng 13. Độ mảnh của cột khung trục 9 cho UBF theo EN

Tầng	Cột giữa			Cột biên		
	$\bar{\lambda}_x$	$\bar{\lambda}_y$	$\bar{\lambda}_{LT}$	$\bar{\lambda}_x$	$\bar{\lambda}_y$	$\bar{\lambda}_{LT}$
1	0,165	0,351	0,400	0,204	0,371	0,421
4	0,204	0,436	0,386	0,276	0,474	0,399
7	0,215	0,432	0,381	0,279	0,468	0,393

Bảng 14. Hệ số suy giảm của cột khung trục 9 cho UBF theo EN

Tầng	ϕ_x	χ_x	ϕ_y	χ_y	ϕ_{LT}	χ_{LT}
Cột giữa						
1	0,508	1,000	0,599	0,923	0,656	0,850
4	0,521	0,999	0,653	0,878	0,645	0,861
7	0,526	0,995	0,650	0,880	0,641	0,864
Cột biên						
1	0,521	0,999	0,611	0,912	0,673	0,835
4	0,551	0,973	0,679	0,858	0,655	0,851
7	0,553	0,972	0,675	0,861	0,650	0,856

Bảng 15. Kết quả tính ổn định của cột khung trục 9 cho UBF theo EN

Tầng	k_{xx}	k_{xy}	k_{yx}	k_{yy}	SF_x	SF_y
Cột giữa						
1	0,561	0,368	0,926	0,614	1,082	1,430
4	0,401	0,284	0,804	0,473	0,912	1,313
7	0,402	0,261	0,903	0,436	0,522	0,839
Cột biên						
1	0,613	0,404	0,927	0,674	1,146	1,462
4	0,416	0,291	0,807	0,485	0,795	1,105
7	0,407	0,259	0,925	0,432	0,404	0,669

b. Trường hợp có sử dụng giằng cho khung ngang nhà (BF)

Kết quả xác định cấp tiết diện của cột khung trục 7 (khung ngang nhà có giằng) cho nhà BF được chỉ ra ở Bảng 16, theo đó cột của các tầng đều thuộc cấp tiết diện 1.

Bảng 16. Xác định cấp tiết diện cột khung trục 7 cho BF

Tầng	Bản bụng			Bản cánh			Cấp tiết diện
	c/t_w	λ_{uw}	Cấp bản bụng	c/t_f	λ_{uf}	Cấp bản cánh	
1 đến 3	29,33	33,0	Cấp 1	4,21	9,0	Cấp 1	Cấp 1
4 đến 6	30,38	33,0	Cấp 1	4,35	9,0	Cấp 1	Cấp 1
7 đến 10	31,43	33,0	Cấp 1	4,89	9,0	Cấp 1	Cấp 1

Tương tự như đối với nhà UBF, Bảng 17, 18 và 19 trình bày kết quả tính ổn định của cột khung trục 7 cho nhà BF. Kết quả tính cho giá trị lớn nhất ở cột giữa của tầng 1 là 1,561 và 1,33 tương ứng với trục x và trục y trong khi ở các tầng trên đều không vượt quá mức cho phép (Bảng 19).

Bảng 17. Độ mảnh của cột khung trục 7 cho BF theo EN

Tầng	Cột giữa			Cột biên		
	$\bar{\lambda}_x$	$\bar{\lambda}_y$	$\bar{\lambda}_{LT}$	$\bar{\lambda}_x$	$\bar{\lambda}_y$	$\bar{\lambda}_{LT}$
1	0,094	0,355	0,491	0,097	0,376	0,350
4	0,132	0,449	0,374	0,145	0,488	0,394
7	0,137	0,432	0,407	0,152	0,468	0,396

Bảng 18. Hệ số suy giảm của cột khung trục 7 cho BF theo EN

Tầng	ϕ_x	χ_x	ϕ_y	χ_y	ϕ_{LT}	χ_{LT}
Cột giữa						
1	0,486	1,000	0,601	0,921	0,649	0,857
4	0,497	1,000	0,662	0,871	0,647	0,859
7	0,499	1,000	0,650	0,880	0,641	0,864
Cột biên						
1	0,487	1,000	0,614	0,910	0,648	0,857
4	0,501	1,000	0,690	0,849	0,657	0,850
7	0,503	1,000	0,675	0,861	0,653	0,853

Bảng 19. Kết quả tính ổn định của cột khung trục 7 cho BF theo EN

Tầng	k_{xx}	k_{xy}	k_{yx}	k_{yy}	SF_x	SF_y
Cột giữa						
1	0,541	0,418	0,882	0,696	1,330	1,561
4	0,383	0,292	0,781	0,487	0,735	0,933
7	0,394	0,256	0,925	0,427	0,350	0,545
Cột biên						
1	0,535	0,370	0,930	0,616	0,761	0,981
4	0,389	0,292	0,812	0,487	0,635	0,878
7	0,394	0,268	0,890	0,447	0,509	0,814

4.3. So sánh các kết quả tính ổn định của cột theo EN 1993-1-1 và TCVN 5575:2024

a. So sánh kết quả tính ổn định của cột cho từng trục x hoặc trục y

Trong mục này, các kết quả tính ổn định tổng thể của cột ở mục 5.1 và 5.2 được so sánh cho riêng từng trục x hoặc trục y , trong đó các giá trị nội lực từ kết quả phân tích kết cấu chịu tổ hợp tải trọng động đất theo TCVN 9386 cũng giống như theo EN 1998-1 cùng được sử dụng, trong khi các kết quả tính ổn định của cột được thực hiện theo hai tiêu chuẩn khác nhau là TCVN 5575:2024 và EN 1993-1-1 (được gọi tắt dưới đây là TCVN và EN). Bảng 20 chỉ ra tỷ lệ so sánh kết quả tính ổn định

của cột theo EN (Bảng 15) với kết quả theo TCVN (Bảng 9) cho khung trục 9 của nhà UBF, trong đó các giá trị ở “trục x” được xác định bằng tỷ lệ giữa giá trị của SF_x với giá trị của $N/[N]$ theo công thức 108 của [7], các giá trị ở “trục y” thì bằng tỷ lệ giữa giá trị của SF_y với giá trị lớn hơn của $N/[N]$ theo các công thức 110 và 115 của [7] và các giá trị ở “lớn nhất” thì bằng tỷ lệ giữa giá trị lớn hơn của SF_x và SF_y với giá trị lớn nhất của $N/[N]$ theo các công thức 108, 110 và 115 của [7].

Bảng 20 cho thấy đối với trục x thì kết quả tính ổn định của cột theo EN có giá trị nhỏ hơn theo TCVN, cụ thể kết quả theo EN chỉ bằng từ 69,9 đến 87,4% đối với cột giữa và 70,1 đến 91,2% đối với cột biên. Điều này có nghĩa là khi tính ổn định của cột đối với trục x, TCVN cho kết quả thiên về an toàn nhiều hơn EN. Tuy nhiên, khi tính đối với trục y thì kết quả tính ổn định của cột theo EN lại có giá trị lớn hơn theo TCVN, cụ thể lớn hơn từ 22,6 đến 39,2% đối với cột giữa và 21,4 đến 48,6% đối với cột biên. Điều này có nghĩa là đối với trục y, EN cho kết quả tính thiên về an toàn nhiều hơn.

Hơn nữa, như đã đề cập ở trên trường hợp bất lợi nhất về ổn định của cột khi tính theo TCVN đều xảy ra đối với trục hoành x ở các tầng (Bảng 9), trong khi tính theo EN thì chỉ xảy ra đối với trục yếu y (Bảng 15). Kết quả ở cột “lớn nhất” (giữa trục x và y) trong Bảng 20 cho thấy trường hợp tính theo EN vẫn có giá trị lớn hơn theo TCVN, cụ thể là lớn hơn từ 7,2 đến 15,5% đối với cột giữa và 8,4 đến 16,5% đối với cột biên.

Bảng 20. Tỷ lệ kết quả tính ổn định của cột khung trục 9 cho UBF theo EN với TCVN

Tầng	Cột giữa			Cột biên		
	Trục x	Trục y	Lớn nhất	Trục x	Trục y	Lớn nhất
1	0,874	1,230	1,155	0,912	1,217	1,165
4	0,745	1,226	1,072	0,781	1,214	1,084
7	0,699	1,392	1,124	0,701	1,486	1,160

Tương tự với nhà UBF, Bảng 21 chỉ ra tỷ lệ kết quả tính ổn định của cột cho khung trục 7 của nhà BF, theo đó đối với trục x thì EN cho kết quả nhỏ hơn, chỉ bằng 75,5 đến 93,3% đối với cột giữa và 73 đến 89,1% đối với cột biên. Đối với trục y thì EN cho kết quả tính lớn hơn từ 22,6 đến 39,2% đối với cột giữa và 21,4 đến 48,6% đối với cột biên.

Đối với nhà BF thì trường hợp bất lợi nhất về ổn định của cột khi tính theo TCVN xảy ra đối với trục y ở các tầng 1 và 4 và đối với trục x ở tầng 7. Điều này là khác so với trường hợp nhà UBF tính theo TCVN thì chỉ xảy ra đối với trục x. Trong khi đó, trường hợp bất lợi khi tính theo EN luôn xảy ra đối với trục y (cho cả hai nhà UBF và BF). Có thể nói rằng trường hợp cột khảo sát đối với trục y cho kết quả tính theo EN lớn hơn nhiều so với theo TCVN. Kết quả so sánh ở cột “lớn nhất” trong Bảng 21 cũng chỉ ra kết quả bất lợi nhất theo EN vẫn lớn hơn theo TCVN, cụ thể là lớn hơn 1,5 đến 17,4% đối với cột giữa và 13,9 đến 18,6% đối với cột biên.

Bảng 21. Tỷ lệ kết quả tính ổn định của cột khung trục 7 cho BF theo EN với TCVN

Tầng	Cột giữa			Cột biên		
	Trục x	Trục y	Lớn nhất	Trục x	Trục y	Lớn nhất
1	0,933	1,015	1,015	0,891	1,139	1,139
4	0,927	1,092	1,092	0,878	1,186	1,186
7	0,755	1,321	1,174	0,730	1,351	1,167

b. So sánh kết quả tính ổn định của cột cho trục y và trục x

Bảng 22 chỉ ra tỷ lệ kết quả tính ổn định của cột đối với trục y với kết quả đối với trục x theo TCVN (tương ứng với Bảng 9 cho UBF và Bảng 11 cho BF) và theo EN (tương ứng với Bảng 15 cho UBF và Bảng 19 cho BF); cụ thể theo TCVN được xác định bằng tỷ lệ giữa giá trị lớn hơn của $N/[N]$ theo các công thức 110 và 115 của [7] với giá trị của $N/[N]$ theo công thức 108 của [7] (Bảng 9 và 11) và theo EN thì bằng tỷ lệ giữa giá trị của SF_y với SF_x (Bảng 15 và 19). Theo đó, các kết quả tỷ lệ này ở Bảng 22 mà nhỏ hơn 1,0 có nghĩa là ổn định tổng thể của cột được quyết định bởi kết quả tính đối với trục x , ngược lại nếu lớn hơn 1,0 có nghĩa là được quyết định bởi kết quả tính đối với trục y .

Bảng 22. Tỷ lệ kết quả tính ổn định của cột đối với trục y so với đối với trục x cho nhà UBF và BF

Tầng	Cột giữa			Cột biên		
	UBF	BF	BF/UBF	UBF	BF	BF/UBF
Theo TCVN						
1	0,939	1,080	1,150	0,957	1,009	1,055
4	0,875	1,077	1,231	0,893	1,023	1,146
7	0,807	0,889	1,102	0,780	0,864	1,107
Theo EN						
1	1,322	1,174	0,889	1,277	1,289	1,010
4	1,439	1,268	0,881	1,389	1,383	0,996
7	1,609	1,556	0,967	1,655	1,599	0,966

Kết quả tỷ lệ ở Bảng 22 cho thấy đối với nhà UBF, khi tính theo TCVN ổn định tổng thể của cột được quyết định bởi kết quả tính đối với trục x cho cả cột giữa và cột biên (tỷ lệ từ 0,78 đến 0,957), trong khi đó khi tính theo EN lại được quyết định bởi kết quả tính đối với trục y (từ 1,277 đến 1,655).

Đối với nhà BF thì ổn định của cột được quyết định bởi kết quả tính đối với trục y ở các tầng 1 và 4 (tỷ lệ từ 1,009 đến 1,08) và đối với trục x ở tầng 7 (tỷ lệ bằng 0,864 và 0,889) khi tính theo TCVN. Khi tính theo EN, ổn định của cột đều được quyết định bởi kết quả tính đối với trục y , cụ thể tỷ lệ từ 1,174 đến 1,599. Tỷ lệ này lớn hơn khá nhiều so với tỷ lệ theo TCVN.

Ngoài ra, để khảo sát sự thay đổi của kết quả so sánh giữa hai loại kết cấu có hoặc không có giằng theo phương ngang nhà, trong Bảng 22 giá trị ở cột “BF/UBF” được xác định bằng tỷ lệ giữa giá trị của nhà BF với nhà UBF, theo đó khi tính theo TCVN cho kết quả tính của nhà BF đều lớn hơn của nhà UBF, tuy nhiên khi tính theo EN lại cho kết quả của nhà BF nhỏ hơn của nhà UBF trừ cột biên ở tầng 1.

5. Kết luận

Trong bài báo này, hai sơ đồ kết cấu thép nhà 10 tầng có và không có hệ giằng cho các khung ngang nhà được sử dụng để kiểm tra độ bền ổn định của cột theo TCVN 5575:2024 và EN 1993-1-1 khi chịu tổ hợp tải trọng động đất thiết kế theo TCVN 9386 (tương tự như EN 1998-1). Các giá trị nội lực thiết kế cột được xác định có kể đến các yếu tố về độ lệch tâm ngẫu nhiên giữa tâm cứng và tâm khối lượng, vượt cường độ của thép và nguyên tắc thiết kế cột khoẽ-dầm yếu. Các kết cấu khảo sát đã được tính toán thiết kế để các cột có đủ độ bền ổn định khi chịu tổ hợp tải trọng gió [12]. Dưới đây là một số kết luận được rút ra từ kết quả tính toán thiết kế kết cấu nhà thép 10 tầng chịu tổ hợp tải trọng động đất:

- Kết quả tính ổn định của cột đối với trục khỏe x theo EN 1993-1-1 (được ký hiệu SF_x) có giá trị nhỏ hơn theo TCVN 5575:2024 (được ký hiệu $N/[N]$ đối với trục x), từ 69,9 đến 91,2% cho nhà UBF (Bảng 20) và 73 đến 93,3% cho nhà BF (Bảng 21). Điều này có nghĩa là đối với trục x thì TCVN cho kết quả thiết kế thiên về an toàn nhiều hơn.

- Kết quả tính ổn định của cột đối với trục yếu y theo EN 1993-1-1 (SF_y) có giá trị lớn hơn theo TCVN 5575:2024, từ 21,4 đến 48,6% cho nhà UBF (Bảng 20) và 9,2 đến 35,1% cho nhà BF (Bảng 21). Điều này có nghĩa là đối với trục y thì EN cho kết quả thiết kế thiên về an toàn nhiều hơn.

- Khi sử dụng TCVN 5575:2024, kết quả tính ổn định của cột đối với trục y có giá trị nhỏ hơn so với giá trị đối với trục x (bằng 78 đến 95,7%) cho nhà UBF (Bảng 22), trong khi đó lại lớn hơn (từ 0,9 đến 8%) tại các tầng 1 và 4 và nhỏ hơn (bằng 86,4 đến 88,9%) tại tầng 1 cho nhà BF.

- Đối với cả hai nhà UBF và BF, khi sử dụng EN 1993-1-1 thì kết quả tính ổn định của cột đối với trục y (SF_y) luôn có giá trị lớn hơn so với giá trị đối với trục x (SF_x), lớn hơn 17,4 đến 65,5% cho cả nhà UBF và BF (Bảng 22).

Lời cảm ơn

Nhóm tác giả chân thành cảm ơn sự hỗ trợ tài chính của Trường Đại học Xây dựng Hà Nội cho đề tài NCKHSV mã số XD 2024-07.

Tài liệu tham khảo

- [1] TCVN 9386:2012. *Thiết kế công trình chịu động đất*. Hà Nội.
- [2] TCXDVN 375:2006. *Thiết kế công trình chịu động đất*. Hà Nội.
- [3] EN 1998-1:2004-2013. *Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance, Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings*.
- [4] European Union. *Eurocodes*. Visited in 2024.
- [5] QCVN 02:2022/BXD. *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về số liệu điều kiện tự nhiên dùng trong xây dựng*.
- [6] TCVN 9386:202X. *Thiết kế kết cấu chịu động đất - Phần 1: Quy định chung, tác động động đất và định định cho nhà*. (dự thảo).
- [7] TCVN 5575:2024. *Kết cấu thép - Tiêu chuẩn thiết kế*.
- [8] EN 1993-1-1:2005-2014. *Eurocode 3 - Design of steel structures; Part 1-1: General rules and rules for buildings*.
- [9] EN 1993-1-8:2005-2010. *Eurocode 3 - Design of steel structures; Part 1-8: Design of joints*.
- [10] TCVN 2737:2023. *Tải trọng và tác động*.
- [11] EN 1990:2002-2010. *Eurocode - Basis of structural design*.
- [12] Thuật, Đ. V., Hoà, L. Đ., Huy, N. Q., Hưng, Đ. V. (2024). *Tính toán thiết kế cột thép cho nhà nhiều tầng chịu tải trọng gió theo tiêu chuẩn Việt Nam và châu Âu*. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (TCKHCN XD) - ĐHXDHN*, 18(3V).
- [13] ETABS. *Analysis and design of building systems*. Version 20.3.0.