

SO SÁNH SỨC KHÁNG KÉO, NÉN CỦA THANH THÉP TIẾT DIỆN HỘP THEO TIÊU CHUẨN AISC 360-16, EC 3, VÀ TCVN 5575:2012

COMPARISON OF TENSILE AND COMPRESSION STRENGTH OF STEEL SQUARE HOLLOW SECTION MEMBERS DESIGNED BY AISC 360-16, EC 3, VÀ TCVN 5575:2012

ĐOÀN NHƯ SƠN

Khoa Công trình, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

Email liên hệ: vanson.ctt@vimaru.edu.vn

Tóm tắt

Việc lựa chọn tiêu chuẩn thiết kế kết cấu thép ở Việt Nam hiện nay tùy thuộc vào chủ đầu tư, đặc biệt là với các dự án có vốn nước ngoài hay vốn tư nhân. Ở Việt Nam, ba tiêu chuẩn thường được sử dụng để thiết kế kết cấu thép gồm tiêu TCVN 5575:2012, AISC 360-16, và EC 3. Vì quy trình tính toán sức kháng (khả năng chịu lực) trong các tiêu chuẩn thiết kế khác nhau nên các sức kháng dự tính theo từng tiêu chuẩn sẽ khác nhau. Bài báo này tính toán và so sánh sức kháng kéo, nén, và ổn định khi nén của phần tử thanh dàn tiết diện hộp theo ba tiêu chuẩn. Trước hết, trình tự tính toán sức kháng theo từng tiêu chuẩn sẽ được trình bày. Sau đó, các tiết diện hộp khác nhau của nhà cung cấp SSAB được sử dụng để tính toán sức kháng theo ba tiêu chuẩn. Kết quả tính toán, so sánh sức kháng giúp có thêm hiểu biết về mức độ an toàn của các tiêu chuẩn khác nhau.

Từ khóa: Sức kháng kéo, sức kháng nén, ổn định, TCVN 5575-2012, AISC 360-16, EC 3.

Abstract

In Vietnam, the selection of the design codes for steel designs depends on the investment agencies if foreign owners or private investors invest in the projects. Three design standards are commonly adopted for steel structures, including TCVN 5575:2012, AISC 360-16, and EC 3. Because the framework to predict resistances varies for different design codes. This work evaluates and compares the resistances of truss members with hollow sections using the three abovementioned design codes. The investigations help to summarize the computing processes of strength resistances following the three standards. After that, the hollow sections provided by SSAB are employed to estimate the resistances considering three design codes. The results and comparisons provide insights into the strength resistances of the three design codes.

Keywords: Tensile resistance, compression resistance, buckling resistance, TCVN 5575:2012, AISC 360-16, EC 3.

1. Mở đầu

Việt Nam đang trong giai đoạn phát triển mạnh mẽ và thu hút được rất nhiều vốn đầu tư trực tiếp nước ngoài. Việc lựa chọn tiêu chuẩn để áp dụng cho dự án sẽ tùy thuộc nhà đầu tư. Tiêu chuẩn TCVN 5575:2012 [1] là tiêu chuẩn được Bộ Xây dựng biên soạn, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố năm 2012 và được áp dụng cho kết cấu thép ở Việt Nam. Với các nguồn vốn đến từ châu Âu hay Mỹ, các tiêu chuẩn thiết kế kết cấu thép theo chuẩn châu Âu như EC 3 [2] và tiêu chuẩn Mỹ, AISC 360-16 [3] sẽ được sử dụng. Một số nghiên cứu đã kết luận việc thiết kế theo tiêu chuẩn của Việt Nam sẽ dẫn đến kết cấu lớn hơn cho đảm chịu uốn khi so với các tiêu chuẩn Mỹ [4].

Với sự phát triển của công nghệ chế tạo thép kết cấu, các tiết diện hộp rỗng với kích thước lớn được sản xuất và sử dụng ngày càng phổ biến [5]. Kết cấu hộp rỗng có mặt cắt ngang kín nên khả năng chịu lực không gian như uốn theo hai phương hay xoắn sẽ tốt hơn với các mặt cắt hở. Ngoài ra, công nghệ hàn ngày càng phát triển cũng giúp kết cấu thép hộp rỗng được sử dụng phổ biến hơn. Các tiết diện hộp rỗng được định hình với dải kích thước rộng rãi (đường kính ống tròn hay chiều rộng tiết diện hộp và chiều dày) giúp cho việc lựa chọn mặt cắt dễ dàng hơn. Các thanh thép hộp rỗng được chế tạo sẵn ở nhà máy nên việc kiểm soát kích thước tiết diện và chất lượng thép đáng tin cậy hơn so với các tiết diện tổ hợp. Ngoài ra, các tiết diện hộp giúp kết cấu có tính thẩm mỹ cao và giúp kết cấu thanh thoát nhẹ nhàng hơn. Hiện nay ở Việt Nam các thanh thép hộp rỗng được sản xuất ở hầu hết các đơn vị cung cấp thép.

Rõ ràng là khả năng chịu lực tính toán (dự tính) sẽ phụ thuộc vào tiêu chuẩn áp dụng. Nghiên cứu so sánh sức kháng theo các tiêu chuẩn khác nhau giúp người thiết kế cũng như chủ đầu tư có thêm hiểu biết về mức độ an toàn của công trình và giúp đưa ra quyết định

tin cậy hơn. Nghiên cứu này sử dụng các tính toán lý thuyết và so sánh kết quả để đánh giá và rút ra kết luận. Trước hết, Mục 2 của nghiên cứu này trình bày cách tính toán sức kháng kéo, sức kháng nén cũng như sức kháng nén khi xét tới điều kiện ổn định theo ba tiêu chuẩn kể trên. Các tiết diện thực tế của nhà cung cấp SSAB được sử dụng để tính toán các sức kháng quan tâm cho từng tiết diện sẽ được trình bày trong Mục 3. Mục 4 tóm tắt kết quả tính toán các sức kháng quan tâm theo ba tiêu chuẩn, các sức kháng được so sánh với nhau trong mục này. Cuối cùng, các kết luận được trình bày trong Mục 5.

2. Tính toán sức kháng theo các tiêu chuẩn

Trong mục này, các công thức tính toán sức kháng kéo, nén, và ổn định thanh khi nén (sau đây gọi tắt là ổn định) theo ba tiêu chuẩn sẽ được trình bày. Cần chú ý là ba tiêu chuẩn được đề cập đến trong nghiên cứu này là ba tiêu chuẩn dùng để thiết kế kết cấu thép. Về nguyên tắc, các tiêu chuẩn về tải trọng và tác động tương ứng với các tiêu chuẩn thiết kế ở trên cũng cần được sử dụng cho tương thích. Các sức kháng này sẽ được sử dụng để kiểm tra khả năng chịu lực của cấu kiện khi so với các hiệu ứng do các tải trọng gây ra. Ví dụ như tiêu chuẩn TCVN 2737:2023 về tải trọng và tác động sẽ được sử dụng cùng với TCVN 5575:2012 trong quá trình tính toán thiết kế kết cấu thép theo hệ tiêu chuẩn của Việt Nam. Khi sử dụng tiêu chuẩn Mỹ, AISC 360-16 sẽ được sử dụng cùng với tiêu chuẩn về tải trọng ASCE/SEI 7-16 [6], [7].

Nhìn chung, các sức kháng tính toán R_t theo ba tiêu chuẩn đều có thể viết chung dạng như phương trình (1). Trong đó, A là diện tích tiết diện thanh (diện tích tiết diện nguyên hoặc tiết diện thực). f_y là giới hạn chảy của thép. E , I , r , và L_e lần lượt là mô đun đàn hồi của thép, mô men quán tính, bán kính quán tính của tiết diện, và chiều dài phần tử chịu nén. Bốn tham số này sẽ được xét đến khi tính toán ổn định thanh khi chịu nén. Trong phương trình (1), γ_M là hệ số độ tin cậy của vật liệu thép và chỉ được kể đến trong TCVN 5575:2012 và EC 3. Đối với kết cấu thép, hệ số độ tin cậy của vật liệu nhằm triệt giảm giới hạn chảy f_y của thép trong tính toán như phương trình (2).

$$R_t = f(\gamma_c, \gamma_M, A, f_y, E, I, L_e, r) \quad (1)$$

$$f = f_y / \gamma_M \quad (2)$$

Trong TCVN 5575:2012, γ_M được lấy bằng 1,1 cho mọi mức thép khi sử dụng thép nước ngoài [1], [8].

Trong EC 3, khi tính toán sức kháng kéo và nén hệ số này được ký hiệu là γ_{M0} và được lấy bằng 1,0. Khi tính toán theo điều kiện ổn định, hệ số tin cậy về vật liệu vẫn được lấy bằng 1,0 nhưng dùng ký hiệu γ_{M1} . Khi tính toán theo điều kiện bền (sử dụng diện tích tiết diện thực), hệ số độ tin cậy của vật liệu được ký hiệu là γ_{M2} và có giá trị bằng 1,25 [2]. γ_c trong phương trình (1) là hệ số kể tới điều kiện làm việc (theo TCVN 5575:2012) hay còn gọi là hệ số sức kháng (resistance factor) theo AISC 360-16. Trong EC 3, hệ số γ_c không được xét tới. Khi tính theo tiêu chuẩn Việt Nam, hệ số γ_c được quy định trong Bảng 3 của TCVN 5575:2012. Theo đó, hệ số này lấy bằng 0,9 khi tính sức kháng thanh dàn chịu nén và được lấy bằng 0,95 khi tính toán cho thanh dàn chịu kéo. Theo AISC 360-16, hệ số sức kháng được lấy chung bằng 0,9 cho cả hai ứng xử kéo và nén. Các công thức tính toán sức kháng theo ba tiêu chuẩn sẽ lần lượt được trình bày như dưới đây.

2.1. Tính toán theo TCVN 5575:2012

Theo TCVN 5575:2012, sức kháng kéo và nén đều được tính theo công thức (3). Với hệ số điều kiện làm việc đã trình bày ở trên, còn A_n là diện tích tiết diện thực.

$$R_{k,n}^{VN} = \gamma_c f A_n \quad (3)$$

Khi tính toán theo điều kiện ổn định, công thức (4) dưới đây được sử dụng.

$$R_{od}^{VN} = \gamma_c \varphi A \quad (4)$$

Trong đó, φ là hệ số uốn dọc được xác định tùy theo độ mảnh quy ước của thanh ($\bar{\lambda}$) như dưới đây.

Khi $0 < \bar{\lambda} \leq 2,5$ thì:

$$\varphi = 1 - \left(0,073 - 5,53 \frac{f}{E} \right) \bar{\lambda} \sqrt{\bar{\lambda}} \quad (5a)$$

Khi $2,5 < \bar{\lambda} \leq 4,5$ thì:

$$\varphi = 1,47 - 13 \frac{f}{E} - \left(0,371 - 27,3 \frac{f}{E} \right) \bar{\lambda} + \left(0,0275 - 5,53 \frac{f}{E} \right) \bar{\lambda}^2 \quad (5b)$$

Cuối cùng, nếu $\bar{\lambda} > 4,5$ thì:

$$\varphi = \frac{332}{(51 - \bar{\lambda}) \bar{\lambda}^2} \quad (5c)$$

Trong đó, độ mảnh quy ước $\bar{\lambda}$ được tính thông qua độ mảnh λ như công thức (6) dưới đây.

$$\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{\frac{f}{E}}; \quad \lambda = \frac{KL_e}{r} \quad (6)$$

Trong công thức (6), K là hệ số chiều dài hiệu dụng của thanh khi chịu nén và được xác định tùy theo liên kết ở hai đầu thanh. Sơ đồ tính ổn định thanh chịu nén và hệ số K sẽ được trình bày trong Hình 1 ở Mục 3 [9].

2.2. Tính toán sức kháng theo AISC 360-16

Tương tự như tiêu chuẩn Việt Nam, sức kháng kéo và nén đúng tâm theo AISC 360-16 được xác định như công thức (7) dưới đây. Chú ý là ứng suất tối hạn được lấy bằng giới hạn chảy của thép (f_y). Hệ số sức kháng γ_c được quy định bằng 0,9 cho cả hai ứng xử kéo và nén khi tính toán với tiết diện thực. Khi tính toán với tiết diện nguyên và giới hạn kéo đứt, hệ số này được lấy bằng 0,75.

$$R_{k,n}^{US} = \gamma_c f_y A_n \quad (7)$$

Khi tính toán theo điều kiện ổn định, sức kháng được xác định thông qua ứng suất tối hạn trong thép (f_{cr}) như công thức (8) dưới đây.

$$R_{od}^{US} = \gamma_c f_{cr} A_g \quad (8)$$

Với ứng suất tối hạn tùy thuộc tùy theo độ mảnh λ như công thức (9a) và (9b).

Nếu $\lambda \leq 4,71\sqrt{E/f_y}$:

$$f_{cr} = \left(0,658 \frac{f_y}{f_e} \right) f_y \quad (9a)$$

Nếu $\lambda > 4,71\sqrt{E/f_y}$:

$$f_{cr} = 0,877 f_e \quad (9b)$$

Trong đó, ứng suất tối hạn Euler (f_e) được tính theo công thức (10). Chú ý là độ mảnh λ được xác định thông qua chiều dày hiệu dụng của thanh chịu nén như công thức (6).

$$f_e = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \quad (10)$$

Công thức (8) được sử dụng khi tiết diện thanh không xuất hiện mất ổn định cục bộ (sử dụng diện tích tiết diện nguyên). Ngược lại, nếu tiết diện xuất hiện mất ổn định cục bộ, diện tích tiết diện hữu hiệu sẽ được sử dụng thay cho A_n . Trong đó, diện tích tiết diện thực hữu hiệu (A_{eff}) được tính thông qua chiều rộng hữu hiệu, là chiều rộng đã được giảm yếu đi do có hiện tượng mất ổn định cục bộ. Những tiết diện không đặc

chắc (noncompact) là những tiết diện có khả năng xuất hiện mất ổn định cục bộ, được xác định khi tỷ số giữa chiều rộng và chiều dày của tiết diện lớn hơn độ mảnh giới hạn (λ_r) như công thức (11a). Độ mảnh giới hạn được quy định trong Bảng B4.1a tùy theo tiết diện thanh. Với tiết diện chữ nhật rỗng, λ_r được tính như công thức (11b).

$$b/t \geq \lambda_r \quad (11a)$$

$$\lambda_r = 1,40 \sqrt{E/f_y} \quad (11b)$$

Chiều rộng hữu hiệu (b_e) được xác định như dưới đây (E7-2).

Nếu $b/t \leq \lambda_r \sqrt{f_y/f_{cr}}$ thì:

$$b_e = b \quad (12a)$$

Nếu $b/t > \lambda_r \sqrt{f_y/f_{cr}}$ thì:

$$b_e = b \left(1 - c_1 \sqrt{\frac{f_{el}}{f_{cr}}} \right) \sqrt{\frac{f_{el}}{f_{cr}}} \quad (12b)$$

Trong đó, f_{el} là ứng suất đàn hồi tối hạn kể đến mất ổn định cục bộ, được tính theo công thức (13). c_1 và c_2 là các hệ số hiệu chỉnh chiều rộng hữu hiệu được quy định trong Bảng E7.1. Với tiết diện hộp, c_1 và c_2 lần lượt được lấy bằng 0,20 và 1,38.

$$f_{el} = \left[c_2 \frac{\lambda_r}{(b/t)} \right]^2 f_y \quad (13)$$

2.3. Tính toán sức kháng theo EC 3

Theo tiêu chuẩn châu Âu, chỉ có các hệ số độ tin cậy về vật liệu được sử dụng mà không có hệ số về điều kiện làm việc. Sức kháng nén và kéo được xác định thông qua tiết diện nguyên A_n và giới hạn chảy f_y công thức (14):

$$R_{k,n}^{EC} = A_n f_y / \gamma_{M_0} \quad (14)$$

Sức kháng nén tính toán khi xét tới điều kiện ổn định được xác định thông qua công thức (15). Trong đó, A_{eff} là diện tích thực hữu hiệu khi mất ổn định, diện tích này được tính bằng diện tích thực nếu tiết diện được xếp vào loại (class) 1, 2, hay 3 theo quy định trong Bảng 5.2 của tiêu chuẩn tùy theo tỷ số giữa chiều rộng và chiều dày tiết diện.

$$R_{od}^{EC} = \frac{\chi A_{eff} f_y}{\gamma_{M_1}} \quad (15)$$

Trong đó, χ là hệ số mất ổn định (reduction factor) được xác định theo công thức (16).

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \quad (16)$$

Các tham số Φ và $\bar{\lambda}$ lần lượt được tính thông qua công thức (17) và (18) dưới đây, với $\lambda_1 = \pi\sqrt{E/f_y}$.

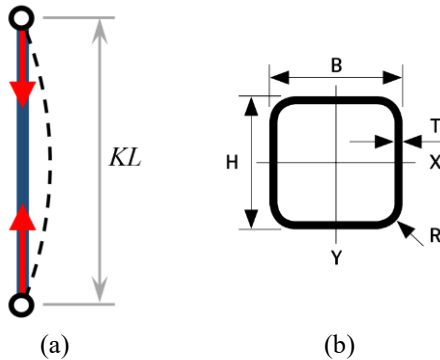
$$\Phi = 0,5 \left[1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] \quad (17)$$

$$\bar{\lambda} = \lambda \frac{\sqrt{A_{eff}/A_n}}{\lambda_1} \quad (18)$$

Hệ số α trong công thức (17) kể đến ảnh hưởng của sai số trong chế tạo (imperfection factor). Hệ số này được quy định trong Bảng 6.1 và 6.2 của tiêu chuẩn. Với các tiết diện hộp rỗng định hình nguội, hệ số α được lấy bằng 0,49.

3. Ví dụ tính toán

Trong nghiên cứu này, các tiết diện chữ nhật rỗng của nhà cung cấp SSAB Domex Tube được sử dụng để tính toán sức kháng kéo, nén của tiết diện. Sơ đồ tính ổn định thanh chịu nén trong Hình 1 (a) và mặt cắt ngang điển hình được thể hiện trong Hình 1 (b). Trong đó, B, H, T lần lượt là chiều rộng, chiều cao, và chiều dày tiết diện. R là bán kính bo góc ngoài của tiết diện.



Hình 1. Sơ đồ tính (a) sơ đồ thanh chịu nén, (b) mặt cắt ngang thanh

Với tiết diện vuông thì B và H bằng nhau. Trong nghiên cứu này, chiều rộng tiết diện từ 120mm đến 220mm và chiều dày tiết diện trong khoảng 3mm đến 12,5mm được sử dụng để tính toán sức kháng của tiết diện. Theo đó, 54 mặt cắt sẽ được tính toán. Những mặt cắt này đã được sử dụng để thiết kế các kết cấu dàn phẳng và đánh giá lại mức độ an toàn theo lý thuyết độ tin cậy trong các nghiên cứu trước [6], [7]. Trong các nghiên cứu kể trên, khả năng chịu lực kéo

và nén xét tới điều kiện ổn định đều được tính toán theo AISC 360-16.

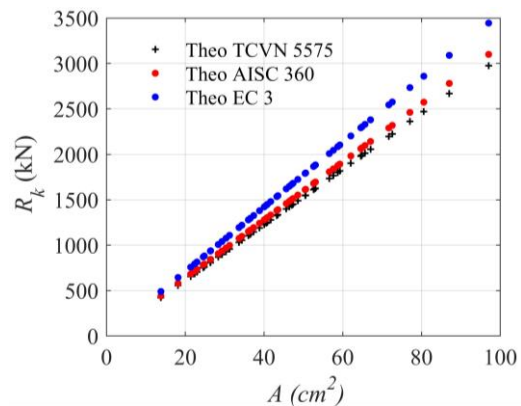
Khác với sức kháng kéo, nén của tiết diện vốn chỉ phụ thuộc vào các đặc trưng hình học của tiết diện, để tính toán sức kháng nén của thanh khi xét tới điều kiện ổn định, chiều dài hữu hiệu của thanh cũng cần phải được xét đến. Trong nghiên cứu này, 3 chiều dài hữu hiệu của thanh được tính toán lần lượt là 1m; 3m; và 5m. Kết quả tính toán các sức kháng theo các tiêu chuẩn sẽ được tổng hợp trong Mục 4.

4. Kết quả và thảo luận

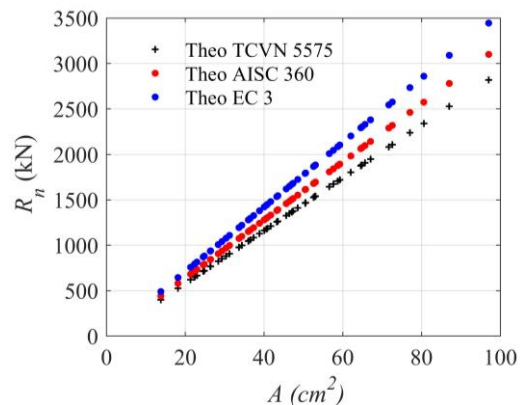
4.1. Sức kháng kéo, nén của tiết diện

Sử dụng các công thức tính sức kháng đã trình bày trong Mục 2 cho ba tiêu chuẩn, sức kháng của kéo và nén của 54 tiết diện được tính toán và thể hiện trên Hình 2 và Hình 3.

Kết quả trên Hình 2 và Hình 3 cho thấy các sức kháng kéo và nén đều tỷ lệ thuận với diện tích tiết diện. Điều này cũng có thể thấy trong công thức (3), (7), và (14). Tuy nhiên các sức kháng tính toán dự tính được cho cùng mặt cắt là khác nhau khi sử dụng các tiêu chuẩn khác nhau.



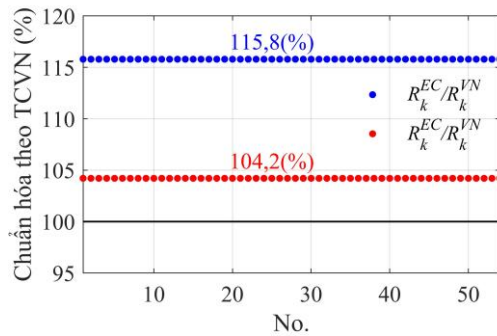
Hình 2. Sức kháng kéo theo 3 tiêu chuẩn



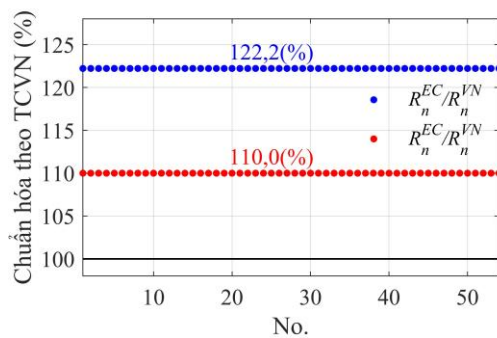
Hình 3. Sức kháng nén theo 3 tiêu chuẩn

Kết quả tính toán sức kháng kéo và nén của tiết diện trên Hình 2 và 3 cho thấy sức kháng tính toán theo tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN 5575-2012) là nhỏ nhất cho cả hai ứng xử kéo và nén. Sức kháng của tiết diện là lớn nhất khi tính toán theo tiêu chuẩn châu Âu (EC 3). Các sức kháng dự tính theo tiêu chuẩn châu Âu và Mỹ được chuẩn hóa theo sức kháng tính toán theo tiêu chuẩn Việt Nam, kết quả được ghi lại trên Hình 4 và 5. Có thể thấy rằng sức kháng kéo dự tính theo tiêu chuẩn Mỹ lớn hơn 4,2% so với tiêu chuẩn Việt Nam, sức kháng kéo tính toán theo chuẩn châu Âu là lớn nhất và lớn hơn so với tiêu chuẩn Việt Nam là 15,8%. Đặc biệt với sức kháng nén, kết quả tính theo các tiêu chuẩn Mỹ và châu Âu lớn hơn so với tiêu chuẩn Việt Nam lần lượt là 10% và 22,2%.

Có thể thấy rằng việc quy định hệ số độ tin cậy về vật liệu lớn hơn 1 theo tiêu chuẩn Việt Nam (bằng 1,1) trong khi các tiêu chuẩn khác quy định bằng 1 dẫn tới kết quả sức kháng kéo, nén dự tính được là nhỏ nhất khi sử dụng TCVN 5575: 2012.



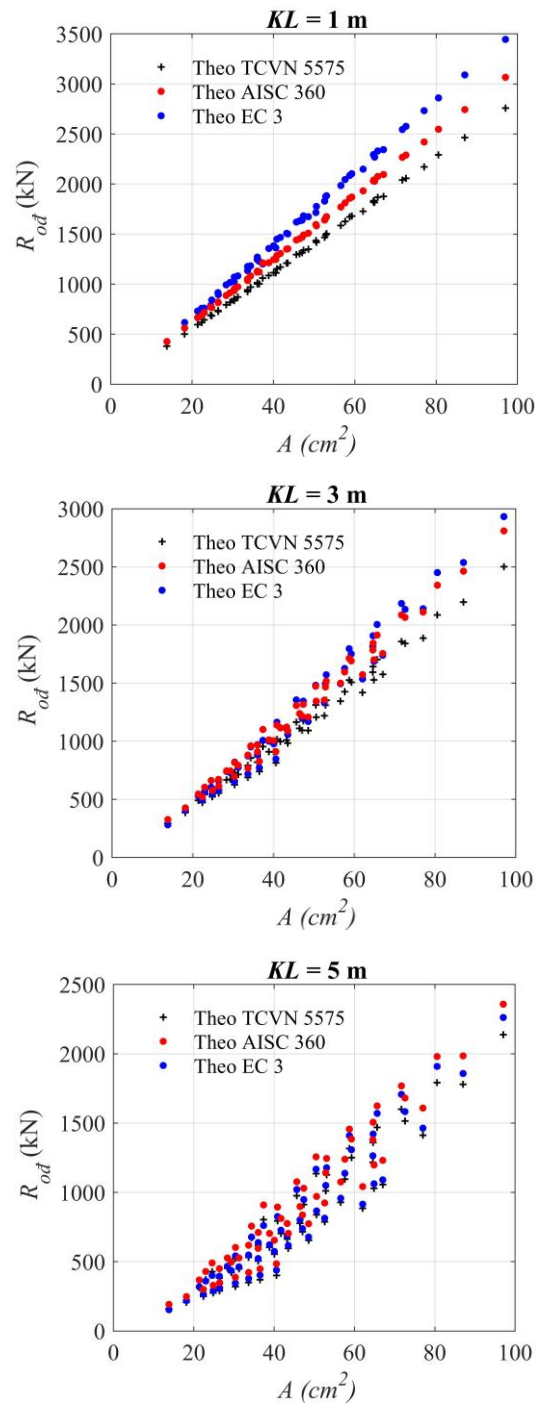
Hình 4. So sánh sức kháng kéo với TCVN



Hình 5. So sánh sức kháng nén với TCVN

4.2. Sức kháng nén của thanh khi xét ổn định

Trong phần này, sức kháng nén của phần tử thanh khi xét tới điều kiện ổn định (sức kháng nén của thanh) sẽ được trình bày. Hình 6 tổng hợp sức kháng nén khi xét điều kiện ổn định (buckling resistance) của thanh có chiều dài hiệu dụng là 1m, 3m, và 5m khi tính toán theo 3 tiêu chuẩn.



Hình 6. Sức kháng nén xét theo điều kiện ổn định

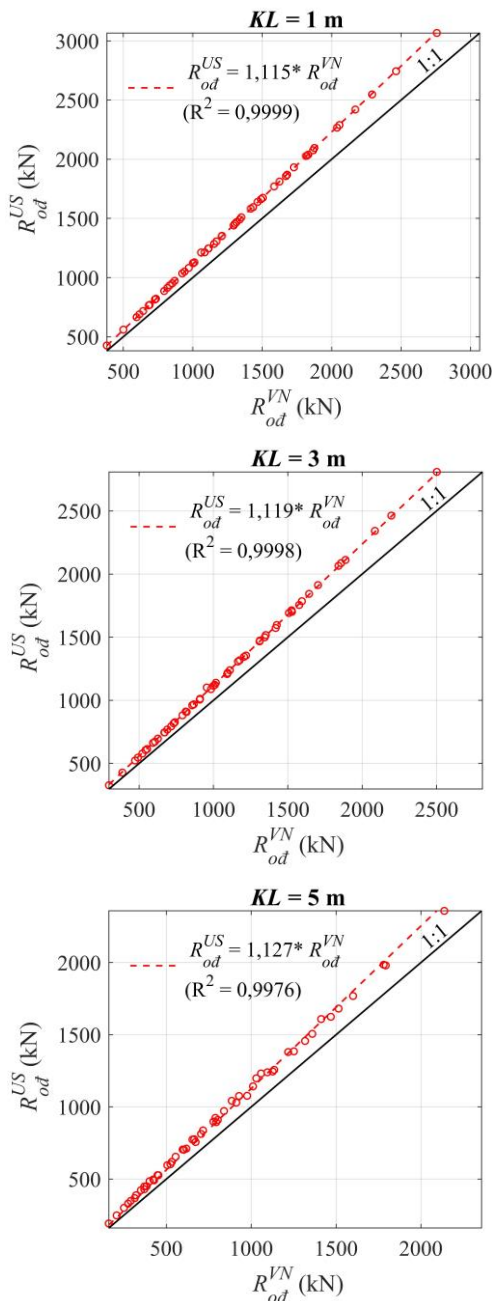
Có thể thấy rằng sức kháng nén của thanh tính toán theo tiêu chuẩn Việt Nam luôn là nhỏ nhất, trong khi sức kháng nén của thanh tính toán theo tiêu chuẩn châu Âu cũng luôn lớn nhất khi xét cho cùng tiết diện và chiều dài hiệu dụng. Ngoài ra, sức kháng của thanh chịu nén cũng giảm đi khi chiều dài thanh tăng lên (khi độ mảnh tăng).

Kết quả trên Hình 6 cũng cho thấy sức kháng nén

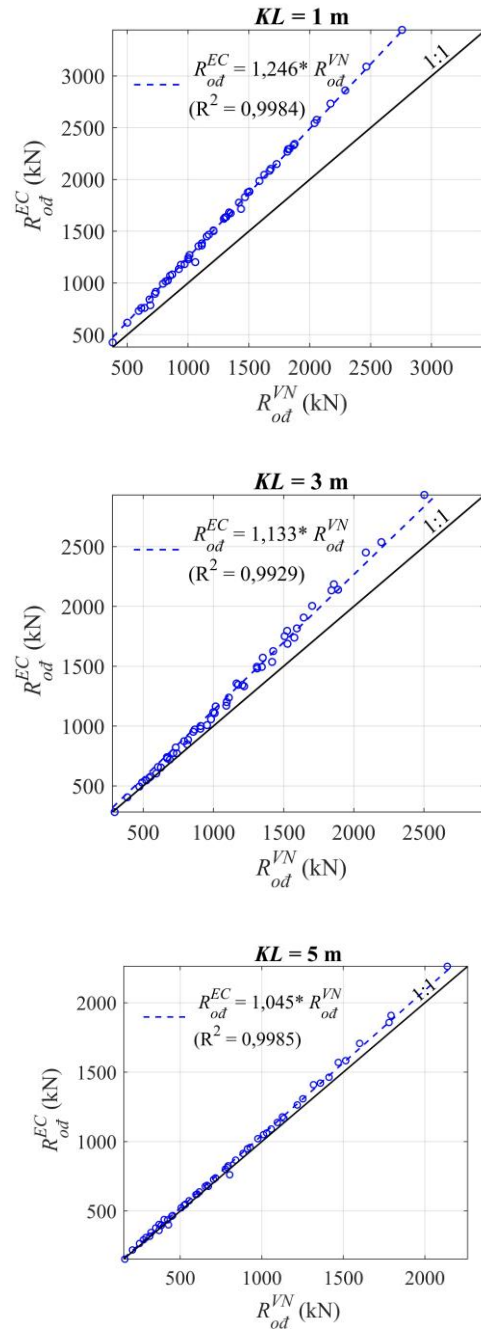
của thanh tỷ lệ bậc nhất với diện tích tiết diện khi chiều dài thanh ngắn (1m). Khi chiều dài thanh tăng lên, sức kháng thanh chịu nén không còn tỷ lệ bậc nhất với diện tích thanh. Điều này hàm ý rằng khi chiều dài thanh chịu nén lớn, để tăng sức kháng thanh chịu nén không chỉ đơn thuần tăng diện tích tiết diện giống như trường hợp thanh chịu kéo, nén thông thường mà phải xét tới bán kính quán tính của tiết diện.

Hình 7 và 8 so sánh sức kháng của thanh chịu nén dự tính được theo tiêu chuẩn Mỹ và tiêu chuẩn châu

Âu với kết quả tính được theo tiêu chuẩn Việt Nam. Kết quả trên Hình 7 cho thấy sức kháng thanh chịu nén tính toán theo tiêu chuẩn Mỹ luôn lớn hơn so với tiêu chuẩn Việt Nam khoảng 12% (xét cho cả ba chiều dài thanh được sử dụng). Trên Hình 8, kết quả tính toán theo tiêu chuẩn châu Âu cũng lớn hơn so với tính toán theo tiêu chuẩn Việt Nam. Tuy nhiên, sự chênh lệch giảm dần khi chiều dài hiệu dụng của thanh tăng lên.



Hình 7. So sánh sức kháng ổn định khi nén của thanh theo tiêu chuẩn Mỹ với tiêu chuẩn Việt Nam



Hình 8. So sánh sức kháng ổn định khi nén của thanh theo tiêu chuẩn châu Âu với tiêu chuẩn Việt Nam

5. Kết luận

Nghiên cứu này trình bày các công thức tính toán sức kháng kéo, nén của tiết diện chữ nhật rỗng và sức kháng nén của phần tử thanh chịu nén khi xét tới điều kiện ổn định. Các công thức được áp dụng cho 54 mặt cắt của nhà cung cấp SSAB. Khi tính toán sức kháng thanh chịu nén, ba chiều dài thanh được xem xét. Từ kết quả nghiên cứu này, một vài kết luận được rút ra như dưới đây.

Sức kháng kéo và nén của các tiết diện tính toán theo tiêu chuẩn Việt Nam cho kết quả nhỏ nhất. Kết quả tính toán sức kháng kéo và nén theo tiêu chuẩn châu Âu (EC 3) luôn cho kết quả lớn nhất. Về mặt định lượng, sức kháng kéo của tiết diện dự tính theo tiêu chuẩn Việt Nam lần lượt nhỏ hơn khoảng 4% và 16% khi so sánh với tiêu chuẩn Mỹ và châu Âu. Khi chịu nén, sức kháng của tiết diện tính toán theo tiêu chuẩn Việt Nam nhỏ hơn 10% so với tiêu chuẩn Mỹ và 22% so với tiêu chuẩn châu Âu. Nguyên nhân của sự khác biệt này là do tiêu chuẩn Việt Nam sử dụng hệ số độ tin cậy về vật liệu bằng 1,1 để triết giảm giới hạn chảy của thép trong khi hai tiêu chuẩn còn lại sử dụng sử dụng hệ số này bằng 1. Sự khác biệt trong sức kháng dự tính theo các tiêu chuẩn hàm ý rằng với cùng một tải trọng tác dụng (sau tổ hợp), các tiết diện chịu kéo, nén tính toán theo tiêu chuẩn Việt Nam sẽ lớn hơn so với các tính toán tiêu chuẩn châu Âu và Mỹ. Ví dụ, khi sử dụng tiêu chuẩn Việt Nam để thiết kế, diện tích tiết diện chịu kéo sẽ cần tăng khoảng 15% và tiết diện chịu nén sẽ tăng khoảng 22% khi so sánh với tiêu chuẩn châu Âu.

Kết quả tính toán sức kháng của thanh khi chịu nén với các chiều dài hiệu dụng thanh cho thấy, khi chiều dài thanh nhỏ, sức kháng nén của thanh tỷ lệ bậc nhất với diện tích thanh. Tuy nhiên, khi chiều dài thanh làm việc chịu nén tăng lên, sức kháng không còn tỷ lệ bậc nhất với diện tích thanh. Điều này cho thấy tăng diện tích thanh chưa chắc đã làm tăng sức kháng nén của cấu kiện.

Tương tự sức kháng kéo và nén của tiết diện, sức kháng của thanh khi nén tính toán theo tiêu chuẩn Việt Nam cũng cho kết quả nhỏ nhất, nghĩa là an toàn nhất trong ba tiêu chuẩn được xem xét. Khi so sánh với sức kháng dự tính theo tiêu chuẩn Mỹ, sức kháng của thanh chịu nén tính toán theo tiêu chuẩn Việt Nam nhỏ hơn khoảng 12% cho cả ba chiều dài thanh được xem xét. Ngược lại, chênh lệch sức kháng ổn định của thanh tính toán theo tiêu chuẩn châu Âu và tiêu chuẩn Việt Nam giảm dần khi chiều dài phần tử thanh tăng lên.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số: **DT23-24.81**.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bộ Khoa học và Công nghệ (2012), *TCVN 5575:2012 Kết cấu thép - Tiêu chuẩn thiết kế*. Hà Nội.
- [2] EN 1993-1-1 (2011), *Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings*, Vol.1, No.2005.
- [3] AISC 360-16 (2016), *Specification for Structural Steel Buildings, an American National Standard*, Am. Inst. Steel Constr. Chicago, p.612.
- [4] Huỳnh Minh Sơn (2004), *So sánh áp dụng tiêu chuẩn AISC/ASD (Mỹ) với tiêu chuẩn TCVN 5575 - 1991 (Việt Nam) để kiểm tra ổn định cục bộ dầm thép tổ hợp*, Đề tài khoa học cấp Trường, Trường Đại học Đà Nẵng.
- [5] J. Wardenier (2000), *Hollow Sections in Structural Applications*.
- [6] N. S. Doan (2023), *A study on the probabilistic safety assessment of the truss structure designed by the LFRD code*, J. Sci. Technol. Civ. Eng. - HUCE, Vol.17, No.1, pp.111-124
doi: 10.31814/stce.nuce.2023-17(1)-09.
- [7] Đoàn Như Sơn, Nguyễn Thiện Thành, và Nguyễn Phan Anh, *Đánh giá độ tin cậy kết cấu dầm phẳng khi thiết kế theo tiêu chuẩn AISC 360-16*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Giao thông vận tải, Vol.12, No.6, tr.38-45.
doi: [https://www.doi.org/10.55228/JTST.12\(6\).38-45](https://www.doi.org/10.55228/JTST.12(6).38-45).
- [8] Bộ Xây dựng (2010), *Hướng dẫn thiết kế kết cấu thép theo TCVN 338:2005*. NXB Xây dựng, Hà Nội.
- [9] Đoàn Định Kiên (2018), *Thiết kế kết cấu thép theo quy phạm Hoa Kỳ AISC 360-10*, 2nd ed. NXB Xây dựng, Hà Nội.

Ngày nhận bài:	02/12/2023
Ngày nhận bản sửa:	15/12/2023
Ngày duyệt đăng:	25/12/2023