

Tính toán cấu kiện chịu nén đúng tâm theo tiêu chuẩn thiết kế kết cấu thép TCVN 5575:2023

Design of axial compression element according to steel structures design standard TCVN 5575:2023

Nguyễn Hồng Sơn, Võ Thanh Lương

Tóm tắt

Bài báo này giới thiệu việc tính toán ổn định tổng thể đối với cấu kiện chịu nén đúng tâm và việc kiểm tra ổn định cục bộ tiết diện đối với các hình thức tiết diện khác nhau, ví dụ như: tiết diện đặc (chữ H, C, ống tròn hoặc chữ nhật) và tiết diện chữ thập (bao gồm cả tiết diện định hình và tổ hợp). Đồng thời, trình bày cách chọn tiết diện cột tối ưu về trọng lượng theo Tiêu chuẩn thiết kế kết cấu thép TCVN 5575:2023. Thực hiện ví dụ số đối với cột thép chịu nén đúng tâm tiết diện chữ H tổ hợp hàn, từ việc lựa chọn đến kiểm tra tiết diện theo điều kiện ổn định cục bộ và tổng thể, nhằm làm sáng tỏ các bước tính toán cấu kiện chịu nén đúng tâm theo Tiêu chuẩn thiết kế kết cấu thép TCVN 5575:2023.

Từ khóa: cấu kiện chịu nén đúng tâm, lựa chọn tiết diện tối ưu

Abstract

This paper introduces the design of the global buckling for the axial compression member and the local buckling check of the section for different cross-section forms, for example: solid section (H, C section, hollow or rectangular sections) and cross sections (including profiles and combinations). At the same time, how to choose the optimal column cross-section in terms of weight according to the Steel structure design standard TCVN 5575:2023. Numerical examples for a steel column in axial compression for the welded H-section, from selection to checking the section under local and global stability conditions, to clarify the structural design steps axial compressive member according to the steel structure design standard TCVN 5575:2023.

Key words: axial compression, optimize cross section

PGS.TS. Nguyễn Hồng Sơn

Đại học Kiến trúc Hà Nội

Email: nguyenhongsondhkt@gmail.com

Tel: 0913514110

PGS.TS. Võ Thanh Lương

Học viện Kỹ thuật Quân sự

Email: luong.vothanh@gmail.com

Tel: 0913217722

Ngày nhận bài: 14/3/2022

Ngày sửa bài: 9/5/2022

Ngày duyệt đăng: 15/3/2024

1. Đặt vấn đề

Cấu kiện thép chịu nén đúng tâm có mặt ở nhiều công trình dân dụng và công nghiệp, chúng có thể là cấu kiện cột hoặc các thanh chịu nén trong giàn. Thấy rằng, hình thức tiết diện của chúng rất đa dạng, có thể là đặc, rỗng hoặc chữ thập. Tiết diện cũng có thể được cấu tạo từ thanh định hình chữ L, U, I hoặc H hoặc tổ hợp từ các thanh định hình với nhau hoặc từ các tấm thép. Với các cấu kiện được tổ hợp từ các tấm thép là phổ biến hơn cả bởi tính vạm vỡ của chúng. Bài toán thiết kế cấu kiện chịu nén đúng tâm, sao cho đáp ứng yêu cầu về độ bền, ổn định cũng như có được tiết diện hợp lý để trọng lượng cấu kiện nhỏ nhất cũng là vấn đề đáng quan tâm.

Gần đây, tiêu chuẩn thiết kế kết cấu thép mới của Việt Nam TCVN 5575:2023 thay thế tiêu chuẩn hiện hành TCVN 5575:2012. Tiêu chuẩn TCVN 5575:2023 được biên soạn dựa trên Tiêu chuẩn cùng tên của Liên bang Nga SP 16.13330.2017, có cập nhật bản sửa đổi 1 và 2 của các năm 2018 và 2019, ngoài ra còn bổ sung nhiều nội dung của SP 294.1325800.2017 và SP 43.13330.2012.

Theo đó, bài báo này sẽ giới thiệu chi tiết việc tính toán cấu kiện tiết diện đặc chịu nén đúng tâm theo điều kiện ổn định tổng thể của cột và ổn định cục bộ của các phần tử tiết diện, các quy định thiết kế được đề cập trong TCVN 5575:2023, và giới thiệu cách lựa chọn tiết diện tối ưu được đề cập trong tài liệu SP 294.1325800.2017, mà cũng có trong bản dự thảo Hướng dẫn thiết kế kết cấu thép theo TCVN 5575:2023.

2. Tính toán cấu kiện tiết diện đặc chịu nén đúng tâm theo điều kiện ổn định

2.1. Tính toán ổn định tổng thể

Tính toán ổn định cấu kiện tiết diện đặc chịu nén đúng tâm với lực dọc N và thỏa mãn các yêu cầu theo TCVN 5575:2023, được thực hiện theo công thức:

$$\frac{N}{\varphi A f_y \gamma_c} \leq 1 \quad (1)$$

trong đó:

φ là hệ số ổn định khi nén đúng tâm, khi $\bar{\lambda} \geq 0,6$ thì φ được tính theo công thức:

$$\varphi = \frac{0,5 \left(\delta - \sqrt{\delta^2 - 39,48 \bar{\lambda}^2} \right)}{\bar{\lambda}^2} \quad (2)$$

với δ được tính theo công thức:

$$\delta = 9,87 \left(1 - \alpha + \beta \bar{\lambda} \right) + \bar{\lambda}^2 \quad (3)$$

trong đó:

$\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{f_y / E}$ là độ mảnh quy ước của thanh;

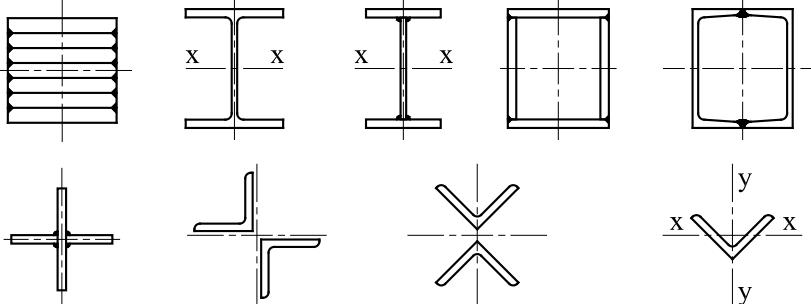
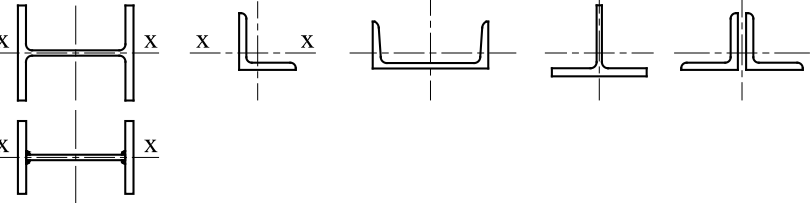
α và β là các hệ số, lấy theo Bảng 1 phụ thuộc vào loại tiết diện.

Giá trị hệ số φ tính được theo công thức (1) lấy không lớn hơn $7,6 / \bar{\lambda}^2$ khi độ mảnh quy ước lớn hơn 3,8; 4,4 và 5,8 đối với lần lượt các loại tiết diện a, b và c.

Khi $\bar{\lambda} < 0,6$ thì lấy $\varphi = 1$ đối với các loại tiết diện a và b.

Giá trị hệ số φ tính được theo công thức (1) được ghi trong Bảng D.1 (Phụ lục D) của TCVN 5575:2023.

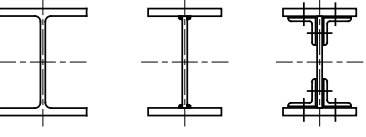
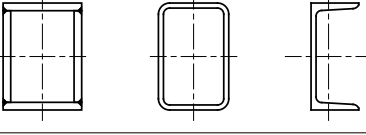
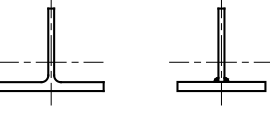
Bảng 1. Các hệ số α và β [1]

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

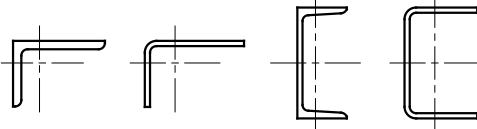
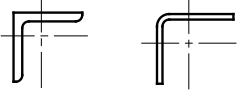
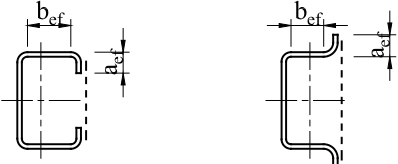
CHÚ THÍCH 1: Giá trị các hệ số đối với thép chữ I cán có chiều cao lớn hơn 500 mm khi tính toán ổn định trong mặt phẳng bản bụng được lấy theo tiết diện loại a.

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 (2); trong các tiết diện còn lại các hệ số không phụ thuộc vào mặt phẳng tính toán.

Bảng 2. Độ mảnh quy ước giới hạn của bản bụng, $\bar{\lambda}_{uw}$ [1]

Tiết diện	Độ mảnh quy ước của cấu kiện, $\bar{\lambda}$	Độ mảnh quy ước giới hạn của bản bụng, $\bar{\lambda}_{uw}$
	$\leq 2,0$	$1,30 + 0,15\bar{\lambda}^2$
	$> 2,0$	$1,20 + 0,35\bar{\lambda} \leq 2,3$
	$\leq 1,0$	1,2
	$> 1,0$	$0,85 + 0,19\bar{\lambda} \leq 1,6$
—	$\leq 0,8$	1,0
	$> 0,8$	$0,85 + 0,19\bar{\lambda} \leq 1,6$
	$\geq 0,8; \leq 4,0$	$(0,40 + 0,07\bar{\lambda})(1 + 0,25\sqrt{2 - b_f/h_{ef}})$

Bảng 3. Độ mảnh quy ước giới hạn của phần vượn bản cánh, $\bar{\lambda}_{uf}$ [1]

Tiết diện	Giá trị $\bar{\lambda}_{uf}$ khi $0,8 \leq \bar{\lambda} \leq 4$
	$0,36 + 0,10\bar{\lambda}$
	$0,43 + 0,08\bar{\lambda}$
	$0,40 + 0,07\bar{\lambda}$
	$0,85 + 0,19\bar{\lambda}$

2.2. Tính toán ổn định cục bộ bản bụng và bản cánh cấu kiện tiết diện đặc chịu nén đúng tâm

(1) Đối với bản bụng

Khi kiểm tra ổn định cục bộ bản bụng, chiều cao tính toán hef cần được lấy theo Hình 1:

- Bằng toàn bộ chiều cao bản bụng: trong cấu kiện hàn;
- Bằng khoảng cách giữa các mép gần trục cấu kiện nhất của thép góc ghép cánh: trong cấu kiện có liên kết ma sát cánh với bụng;
- Bằng khoảng cách giữa các điểm bắt đầu uốn cong bên trong: trong thép cán định hình;
- Bằng khoảng cách giữa các mép của các đoạn uốn cong: trong thép uốn định hình.

Ổn định cục bộ bản bụng của cấu kiện chịu nén đúng tâm tiết diện đặc được coi là đảm bảo nếu độ mảnh quy ước của bản bụng $\bar{\lambda}_w = (h_{ef}/t_w)\sqrt{f_{yd}/E}$ không vượt quá giá trị độ mảnh quy ước giới hạn $\bar{\lambda}_{uw}$ được xác định theo các công thức trong Bảng 2. Bản bụng mảnh hơn được phép sử dụng nếu khẳng định được ổn định của chúng (bằng lý thuyết hoặc thực nghiệm).

Trong bản bụng chỉ được tăng cường bằng các sườn cứng ngang, chiều rộng phần vượn của các sườn cứng ngang không được nhỏ hơn $(h_{ef}/30 + 40)$ mm - đối với sườn cặp đôi đối xứng, không nhỏ hơn $(h_{ef}/20 + 50)$ mm - đối với sườn một bên; chiều dày sườn tr không được nhỏ hơn $2b_r\sqrt{f_{yd}/E}$. Khi tăng cường bản bụng bằng các sườn cứng ngang ở một bên thì các thép góc đơn cần được hàn mép với bản bụng.

(2) Đối với bản cánh

Khi kiểm tra ổn định bản cánh thì chiều rộng tính toán bef của phần vượn bản cánh cần được lấy bằng khoảng cách:

- Trong các cấu kiện hàn: từ biên của bản bụng đến mép của bản cánh;
- Trong các cấu kiện có liên kết ma sát các bản cánh: từ trục bu lông ngoài cùng trong bản cánh đến mép của bản cánh;

- Trong các thép cán định hình: từ điểm bắt đầu uốn cong phía trong của cánh đến mép của bản cánh;

- Trong các thép uốn định hình: từ điểm cuối đoạn cong của bản bụng đến mép của bản cánh.

Ổn định bản cánh của cấu kiện chịu nén đúng tâm tiết diện đặc được coi là đảm bảo nếu độ mảnh quy ước của phần vượn cánh $\bar{\lambda}_r = (b_{ef}/t_r)\sqrt{f_{yd}/E}$ không vượt quá các giá trị độ mảnh quy ước giới hạn của phần vượn cánh $\bar{\lambda}_{ur}$, xác định theo các công thức trong Bảng 3, trong đó khi giá trị $\bar{\lambda} < 0,8$ hoặc $\bar{\lambda} > 4$ thì lấy giá trị $\bar{\lambda} = 0,8$ hoặc $\bar{\lambda} = 4$ tương ứng.

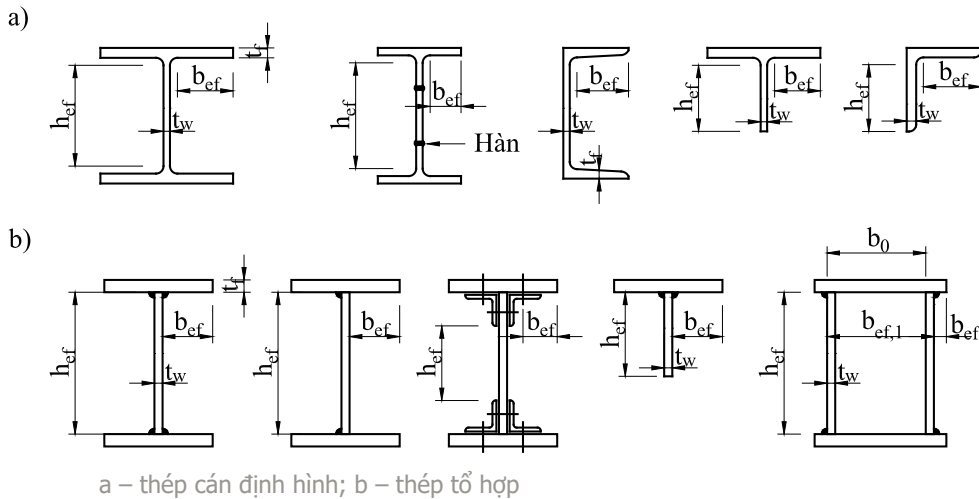
Khi chọn tiết diện các cấu kiện chịu nén đúng tâm theo độ mảnh giới hạn thì các giá trị độ mảnh quy ước giới hạn của bản bụng $\bar{\lambda}_{uw}$ và phần vượn bản cánh $\bar{\lambda}_{ur}$ (hoặc bản cánh $\bar{\lambda}_{ur,1}$), xác định được theo các Bảng 2 và Bảng 3 tương ứng, cần được tăng lên bằng cách nhân chúng với hệ số $\sqrt{\phi A f_{yd}/N}$, nhưng không lớn hơn 1,25 lần.

Nhận xét:

Các yêu cầu về kiểm tra ổn định tổng thể cấu kiện chịu nén đúng tâm được quy định trong TCVN 5575:2023 trên cơ sở tính toán thanh chịu nén lệch tâm kể đến ảnh hưởng hình dạng tiết diện, độ cong ban đầu của trục, độ lệch tâm ngẫu nhiên của lực nén, cũng như phần tử liên kết (đối với thanh rỗng) [4].

Độ võng ngang ban đầu hoặc độ lệch tâm ngẫu nhiên được lấy phù hợp với các sai lệch cho phép được quy định trong TCVN 12002:2000 (Kết cấu thép xây dựng – Chế tạo và kiểm tra chất lượng) và TCVN 13194 (Kết cấu thép – Lắp dựng và nghiệm thu).

Trong lời giải của bài toán được thiết lập đã khảo sát thanh chịu nén lệch tâm, sơ đồ như trên Hình 2,a. Khi đó lời giải được thực hiện với giả thiết chuyển vị nhỏ theo sơ đồ biến dạng kể đến biến dạng dẻo, còn giá trị của khả năng chịu lực tính toán được lấy bằng giá trị của lực nén Nu, mà cấu kiện chịu được (Hình 2,b). Dạng uốn cong của trục được lấy theo nửa sóng hình sin.



Hình 1. Kích thước tính toán của bản bụng, phần vượn cánh, bản cánh [1]

Trong TCVN 5575:2023, phương pháp tính toán thực hành cấu kiện chịu nén đúng tâm được dẫn ra với việc sử dụng hệ số ổn định khi nén đúng tâm φ được tính kể đến sự phụ thuộc vào độ mảnh quy ước $\lambda = \lambda \sqrt{f_{yd}}/E$ và được lấy bằng $\varphi = N_u/(A f_{yf})$.

Khi tính các giá trị của hệ số φ cho các dạng khác nhau của tiết diện ngang (a, b, và c) phù hợp với bảng TCVN 5575:2023, không hoàn hảo ban đầu e_b được lấy theo công thức:

$$e_b = \frac{i}{20} + \frac{L}{750} \quad (4)$$

trong đó:

i - bán kính quán tính tiết diện đối với mặt phẳng tương ứng;

L - chiều dài hình học của cấu kiện.

Số liệu của sự không hoàn hảo có đặc tính ngẫu nhiên và tuân theo các quy luật thống kê, vì vậy giá trị của không hoàn hảo ban đầu cần lấy trên cơ sở các nghiên cứu thống kê đại lượng sai lệch ngẫu nhiên, nhận được từ các số liệu thực nghiệm. Trong công thức (4) số hạng thứ nhất tính đến sự định tâm không đúng, còn số hạng thứ hai - độ võng ngang ban đầu của trụ (độ cong).

Khi chuẩn hóa hệ số φ lực tới hạn của thanh đàn hồi lý

tương theo phương pháp O'le. Giá trị cuối cùng của hệ số φ được lấy bằng giá trị nhỏ nhất từ hai giá trị: được tính với không hoàn hảo ban đầu và theo phương pháp O'le với việc đưa vào hệ số độ tin cậy $\gamma_e = 1,3$ ($\varphi = N_e/(A f_{yf} \gamma_e) = \pi^2/(1,3 \lambda^2)$) để hạn chế độ võng ngang của thanh chịu nén khi độ mảnh tương đối lớn, khi ảnh hưởng của không hoàn hảo ban đầu, được xác định theo công thức (4) trở thành không tồn tại.

Nhận được bằng cách như thế các giá trị của hệ số φ cho các dạng khác nhau của tiết diện ngang (a, b và c) đã được xấp xỉ nhờ công thức (7) của TCVN 5575:2023, trên cơ sở này thành lập Bảng D.1 (Phụ lục D) trong TCVN 5575:2023.

3. Chọn tiết diện tối ưu cho cột chữ H chịu nén đúng tâm [4]

3.1. Giai đoạn thứ nhất - tính toán sơ bộ

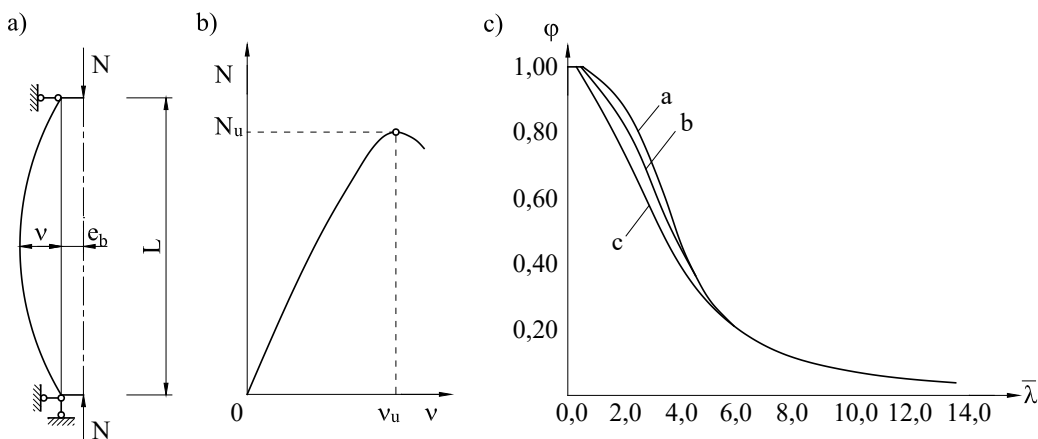
Tính giá trị tham số của số liệu ban đầu B_y :

$$B_y = \frac{N}{f_{yd} \gamma_c} \frac{E}{f_{yf}} L_{yef}^{-2} \text{ khi } B_y > 5(1+0,26\zeta^2) \sqrt{\frac{f_{yd}}{E}},$$

trong đó

$$\zeta = \frac{L_{xef}}{2L_{yef}} \text{ cho giá trị ban đầu ta lấy } \bar{\lambda} = 1.$$

Tiếp theo tính:



a - sơ đồ tính; b - đường cong của trạng thái cân bằng; c - đồ thị của hệ số φ cho các dạng tiết diện a, b, c

Hình 2. Tính toán thanh chịu nén [4]

$$\lambda_w = \bar{\lambda}_{uw} \sqrt{\frac{E}{f_{yd}}}, \lambda_f = \bar{\lambda}_{uf} \sqrt{\frac{E}{f_{yd}}} = (0,36 + 0,1\bar{\lambda}) \sqrt{\frac{E}{f_{yd}}},$$

$$[\zeta] = \frac{1}{\sqrt{3+u}} \frac{L_{x\text{ef}}}{L_{y\text{ef}}}, u = \frac{0,5\lambda_f}{\lambda_w} \zeta^2, C_y = \frac{\lambda_f}{24(1+u)^2},$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{1}{\sqrt{\Delta+0,07}}, \bar{\lambda}_y = \frac{1}{\sqrt{\Delta+0,07}}, A = \frac{N}{f_{yd}\gamma_c} (1+0,07/\Delta).$$

Tiến hành tới khi $\bar{\lambda}_y \approx \bar{\lambda}$.

Các số liệu tính toán theo lựa chọn trực tiếp tiết diện tối ưu của cấu kiện chịu nén đúng tâm được dẫn ra trong dạng bảng.

3.2. Giai đoạn thứ hai - tổ hợp tiết diện

$$b = i_y \sqrt{12(1+u)}; b = i_y \sqrt{12(1+u)}; h = b [\xi];$$

$$t_w = \frac{h}{\lambda_w}; t_f = \frac{b - t_w}{\lambda_f}.$$

3.3. Giai đoạn thứ ba - kiểm tra lời giải

a) Kiểm tra ổn định tổng thể theo công thức (1).

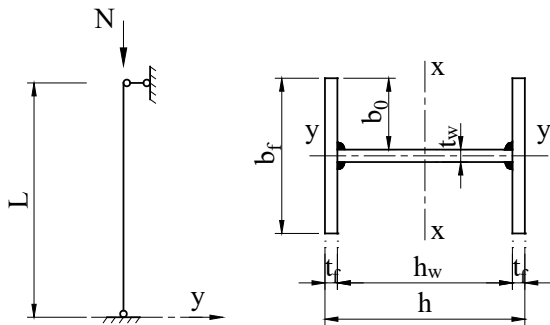
b) Kiểm tra ổn định cục bộ theo các điều kiện:

$$\bar{\lambda}_f \leq \bar{\lambda}_{uf}, \bar{\lambda}_f \leq \bar{\lambda}_{uf}.$$

4. Ví dụ tính toán

4.1. Số liệu tính toán

Yêu cầu xác định tiết diện chữ H tổ hợp tối ưu với các số liệu ban đầu sau (Hình 3): Lực nén đúng tâm $N = 2000$ kN; chiều dài tính toán theo phương y-y và x-x lần lượt $L_{y\text{ef}} = 400$ cm; $L_{x\text{ef}} = 3L_{y\text{ef}}$. Các bản làm từ thép mác S235B theo TCVN 9986-2:2013 ($f_{yd} = 224$ MPa khi chiều dày tấm cán 4 ÷ 16 mm); $E/f_{yd} = 938$; $v = \sqrt{E/f_{yd}} = 30,6$; $\gamma_c = 1,0$.



Hình 3. Sơ đồ tính cột, tiết diện cột

4.2. Tính toán tối ưu cột tiết diện chữ I chịu nén đúng tâm

(1) Giai đoạn thứ nhất - tính toán sơ bộ

Tính giá trị tham số của số liệu ban đầu B_y :

$$B_y = 2000 \times 10 \times 938 / (224 \times 4002) = 0,523.$$

Bởi vì khi đó:

$$B_y > 5(1+0,26\zeta^2) \sqrt{f_{yd}/E} =$$

$$= 5(1+0,26 \times 1,52)2/30,6 = 0,41,$$

trong đó $\zeta = \frac{L_{x\text{ef}}}{2L_{y\text{ef}}} = 1,5$ cho giá trị ban đầu ta lấy $\lambda_w = 1$.

Tiếp theo tính: $\lambda_w, \lambda_f, [\zeta], u, C_y, \Delta, \bar{\lambda}_y, A$.

Tiến hành tới khi $\bar{\lambda}_y \approx \bar{\lambda}$.

Các số liệu tính toán theo lựa chọn trực tiếp tiết diện tối ưu của cấu kiện chịu nén đúng tâm được dẫn ra trong Bảng 4.

Bảng 4. Kết quả tính theo các bước

Bước xấp xỉ	$\bar{\lambda}$	λ_w	λ_f	$[\zeta]$	u	C_y	Δ	$\bar{\lambda}_y$	A , cm ²
Thứ nhất	1,0	44,4	28,2	1,50	0,71	0,400	0,209	1,89	119
Thứ hai	1,78	54,3	32,9	1,55	0,73	0,457	0,239	1,80	115

Trong kết quả tiến hành bước xấp xỉ thứ hai (tối ưu) $\bar{\lambda}_y \approx \bar{\lambda}$ ($\bar{\lambda}_y$ tính theo công thức mục 3.1). Khi đó độ mảnh quy ước $\bar{\lambda}_y$ giảm từ 1,89 đến 1,80, điều đó dẫn đến giảm diện tích tiết diện ngang $\approx 3,4$ %.

(2) Giai đoạn thứ hai - tổ hợp tiết diện

$$i_y = \frac{b}{\sqrt{12(1+u)}} = b / 4,56$$

$$i_y = \frac{L_{y\text{ef}}}{\lambda_y} \sqrt{\frac{f_{yd}}{E}} = \frac{400}{1,80 \times 30,6} = 7,26 \text{ cm}$$

Khi đó:

$$b = 4,56 \times 7,26 = 33,1 \text{ cm};$$

$$h = b [\xi] = 33,1 \times 1,55 = 51,3 \text{ cm}.$$

Ta lấy $b = 33,0$ cm; $h = 51,0$ cm, khi đó

$$t_f = \frac{b - t_w}{\lambda_f} = \frac{33 - 1,0}{32,9} = 0,97 \text{ cm};$$

$$t_f = \frac{b - t_w}{\lambda_f} = \frac{33 - 1,0}{32,9} = 0,97 \text{ cm};$$

Ta lấy $t_w = 1,0$ cm, $t_f = 1,0$ cm.

Như vậy, nhận được tiết diện chữ I tổ hợp: 2(-330×10) mm + (-510×10) mm.

(3) Giai đoạn thứ ba - kiểm tra lời giải

a) Kiểm tra ổn định tổng thể

$$A = 2 \times 33 \times 1,0 + 51 \times 1,0 = 117 \text{ cm}^2;$$

$$i_x = \sqrt{\frac{33 \times 1,0 \times 52^2}{2} + \frac{1,0 \times 51^3}{12}} = 21,8 \text{ cm};$$

$$\bar{\lambda} = \frac{1200}{21,8 \times 30,6} = 1,80$$

$$i_y = \sqrt{\frac{1,0 \times 33^3}{6 \times 117}} = 7,15 \text{ cm};$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{400}{7,15 \times 30,6} = 1,83$$

Hệ số ổn định xác định với việc sử dụng các số liệu của Bảng D.1: $\varphi_x = 0,855$ (dạng tiết diện b); $\varphi_y = 0,774$ (dạng tiết diện c). Khi đó:

Theo phương x

$$\frac{2000 \times 10}{0,855 \times 117 \times 224 \times 1} = 0,89 < 1.$$

Theo phương y

$$\frac{2000 \times 10}{0,774 \times 117 \times 224 \times 1} = 0,98 < 1.$$

Ổn định tổng thể được đảm bảo.

b) Kiểm tra ổn định cục bộ

- Kiểm tra ổn định bản bụng

Tính $\bar{\lambda}_w, \bar{\lambda}_{uw}$:

$$\bar{\lambda}_w = (h_{ef}/t_w) \sqrt{f_{yd}/E} = \frac{51}{1,0 \times 30,6} = 1,67$$

$$\bar{\lambda}_{uw} = 1,30 + 0,15 \bar{\lambda}^2$$

$$= 1,3 + 0,15 \times 1,80^2 = 1,79$$

(do $\bar{\lambda} = 1,80 < 2$).

Như vậy ổn định bản bụng đảm bảo do

$$\bar{\lambda}_w = 1,67 < \bar{\lambda}_{uw} = 1,79$$

Tuy nhiên, do ổn định tổng thể theo phương x còn dự trữ khá lớn (tới 11%) nên có thể giảm bớt chiều cao bản bụng. Khi đó, chọn tổ hợp: $(-490 \times 10) \text{ mm} + 2 \times (-330 \times 10) \text{ mm}$. Lúc đó có: $A = 115 \text{ cm}^2$; $\bar{\lambda} = 1,86$; $\bar{\lambda}_y = 1,81$; $\varphi_x = 0,847$ (dạng tiết diện b); $\varphi_y = 0,777$ (dạng tiết diện c). Khi đó:

- Theo phương x

$$\frac{2000 \times 10}{0,847 \times 115 \times 224 \times 1} = 0,92 < 1$$

- Theo phương y

$$\frac{2000 \times 10}{0,777 \times 115 \times 224 \times 1} = 0,999 < 1$$

Ổn định tổng thể được đảm bảo.

- Kiểm tra ổn định bản bụng

$$\bar{\lambda}_w = \frac{49}{1,0 \times 30,6} = 1,60$$

$$\bar{\lambda}_{uw} = 1,30 + 0,15 \bar{\lambda}^2$$

$$= 1,3 + 0,15 \times 1,86^2 = 1,82$$

(do $\bar{\lambda} = 1,86 < 2$).

Như vậy ổn định bản bụng đảm bảo do

$$\bar{\lambda}_w = 1,60 < \bar{\lambda}_{uw} = 1,82$$

Kiểm tra ổn định bản cánh

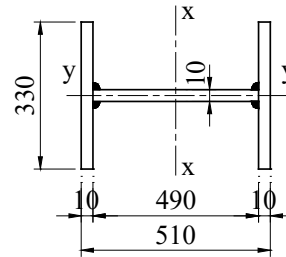
$$\bar{\lambda}_f = (b_{ef}/t_f) \sqrt{f_{yd}/E} = \frac{33 - 1,0}{2 \times 1,0 \times 30,6} = 0,52$$

$$\bar{\lambda}_{uf} = 0,36 + 0,1 \bar{\lambda} = 0,36 + 0,1 \times 1,86 = 0,55$$

Như vậy ổn định bản bụng đảm bảo do

$$\bar{\lambda}_f = 0,52 < \bar{\lambda}_{uf} = 0,55$$

Cuối cùng chọn tổ hợp: $2 \times (-330 \times 10) \text{ mm} + (-490 \times 10) \text{ mm}$ (Hình 4).



Hình 4. Tiết diện cột

5. Kết luận và kiến nghị

- Việc tính toán cấu kiện chịu nén đúng tâm, điều kiện ổn định cũng đã xét đến ảnh hưởng của hình dạng tiết diện cũng như phương trục chính đến sự làm việc của cấu kiện. Theo đó, cách tính toán đề cập trong TCVN 5575:2023 sẽ chính xác hơn so với cách tính trong TCVN 5575:2012, và cũng đã tiếp cận được các tiêu chuẩn thiết kế kết cấu thép tiên tiến khác, ví dụ tiêu chuẩn châu Âu EN 1993-1-1.

- Tiêu chuẩn Thiết kế kết cấu thép của Việt Nam TCVN 5575:2023 có nhiều điểm mới so với TCVN 5575:2012, và nội dung của chúng đề cập khá rộng. Chính vì thế, cần có những nghiên cứu sâu hơn nữa đối với tiêu chuẩn này trong thời gian tới nhằm hiểu đúng và khai thác hết các nội dung đề cập trong tiêu chuẩn này./.

Tài liệu tham khảo

1. Tiêu chuẩn Việt Nam (2023), TCVN 5575:2023 - Thiết kế kết cấu thép.
2. SP 16.13330.2017, Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81* (с Поправкой, с Изменениями N 1, 2) (Kết cấu thép – Phiên bản cập nhật của SniP II-23-81 (với đính chính, sửa đổi 1, 2).
3. SP 43.13330.2012, Сооружения промышленных предприятий. Актуализированная редакция СНиП 2.09.03-85 (с Изменениями N 1, 2) (Các công trình xí nghiệp công nghiệp – Phiên bản cập nhật của SniP 2.09.03-85 (với các sửa đổi 1, 2).
4. SP 294.1325800.2017, Конструкции стальные. Правила проектирования (с Изменением N 1, N 2) (Kết cấu thép – Quy tắc thiết kế (với các sửa đổi 1, 2).