

# THIẾT KẾ DẦM THÉP TIẾT DIỆN CHỮ I TỔ HỢP HÀN THEO TCVN 5575:2012 VÀ SP 16.13330.2017

Nguyễn Thanh Hà<sup>a,\*</sup>

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

*Nhận ngày 06/09/2019, Sửa xong 21/10/2019, Chấp nhận đăng 21/10/2019*

---

## Tóm tắt

Phần lớn các tiêu chuẩn thiết kế trong xây dựng ở Việt Nam được ban hành dựa trên cơ sở tham khảo các tiêu chuẩn của Liên Xô trước đây. Bên cạnh một số tiêu chuẩn vẫn còn hiệu lực, Liên bang Nga đã ban hành một số tiêu chuẩn mới đã có chỉnh sửa và cập nhật, một trong số đó là SP 16.13330.2017, tiêu chuẩn thiết kế kết cấu thép. Bài báo trình bày thiết kế dầm thép tổ hợp hàn có tiết diện chữ I dựa trên hai tiêu chuẩn TCVN 5575:2012 và SP 16.13330.2017 với mục đích giúp cho kỹ sư có thể áp dụng quá trình tự động hóa trong thiết kế thực tế cũng như đóng góp vào việc soát xét, hiệu đính, bổ sung TCVN 5575:2012 cho đồng bộ, phù hợp và tiệm cận với các tiêu chuẩn quốc tế trong quá trình hội nhập.

*Từ khoá:* dầm tổ hợp hàn tiết diện chữ I; phân loại tiết diện; ổn định tổng thể dầm; ổn định cục bộ bản bụng; SP 16.13330.2017.

DESIGN WELDED BUILT-UP I-SHAPED STEEL BEAM BASED ON TCVN 5575:2012 AND SP 16.13330.2017

## Abstract

Most of the construction design norms in Vietnam are issued on the basic reference of former Union of Soviet Socialist Republics standards. Besides some standards remain in validity, some new standards with modifications and updates are released, one of which is SP 16.13330.2017 - Steel Structures Design Standard. In this article, the design welded I-shape steel beam based on TCVN 5575:2012 and SP 16.13330.2017 is presented with the aimed at supporting engineer possible to apply automatization in practical design as well as the contribution of the review, modification, additional information to TCVN 5575:2012 in order to synchronize, conform and close to international standards in integration process.

*Keywords:* welded built-up I-shaped steel beam; cross section classification; lateral-torsional buckling; web local buckling; SP 16.13330.2017.

[https://doi.org/10.31814/stce.nuce2019-13\(5V\)-05](https://doi.org/10.31814/stce.nuce2019-13(5V)-05) © 2019 Trường Đại học Xây dựng (NUCE)

---

## 1. Giới thiệu

Sự tăng trưởng của nền kinh tế luôn đi cùng với nhu cầu phát triển hạ tầng và xây dựng hàng loạt các công trình công nghiệp, dân dụng, ... Kết cấu thép với những ưu điểm nổi trội đã và đang được áp dụng rộng rãi vào nhiều dạng công trình khác nhau. Do giá thành của kết cấu thép vẫn còn cao, để giảm được giá thành cần áp dụng tự động hóa ngay từ công tác thiết kế. Các công trình sử dụng kết cấu thép có vốn ngân sách đều được thiết kế dựa trên TCVN 5575:2012 [1]. Tiêu chuẩn thiết kế này so với

---

\*Tác giả chính. Địa chỉ e-mail: [hant@nuce.edu.vn](mailto:hant@nuce.edu.vn) (Hà, N. T.)

phiên bản ban hành vào năm 1991 có nội dung chủ yếu tham khảo và biên dịch từ tiêu chuẩn SNI-P-II-23-81\* của Liên Xô trước đây, đến nay phiên bản tiêu chuẩn mới nhất là SP 16.13330.2017 [2]. Một số phần mềm phân tích và thiết kế cấu kiện thuộc như SAP2000; ETABS (CSI); Robot Structural Analysis Professional (AutoDesk) hay RSTAB (Dlubal) đã tích hợp tiêu chuẩn SP 16.13330.2011 nhằm đẩy mạnh quá trình tự động hóa thiết kế.

Tháng 2/2018, Thủ tướng Chính phủ đã phê duyệt Đề án hoàn thiện hệ thống tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật xây dựng. Đã có nhiều bài báo, báo cáo tại các hội thảo, hội nghị về định hướng phát triển hệ thống tiêu chuẩn Xây dựng Việt Nam đưa ra xu hướng, kiến nghị về cập nhật TCVN 5575:2012 theo SP 16.13330.2011 trong giai đoạn trước mắt [3–5]. Gần đây, thiết kế cấu kiện cột thép có tiết diện chữ H cũng theo SP 16.13330.2011 cũng đã được tìm hiểu, phân tích và so sánh với tiêu chuẩn thiết kế Việt Nam [6].

Thiết kế dầm thép tổ hợp hàn có tiết diện chữ I đối xứng theo TCVN 5575:2012 và SP 16.13330.2017 không sử dụng các cặp sườn gia cường sẽ được trình bày trong bài báo nhằm đóng góp ý kiến về hoàn thiện “Kết cấu thép - Tiêu chuẩn thiết kế” trong việc từng bước soát xét, xây dựng hệ thống tiêu chuẩn đồng bộ, phù hợp và tiệm cận với các tiêu chuẩn kỹ thuật quốc tế cũng như giúp cho kỹ sư có thể sử dụng lợi thế phân tích và tự động thiết kế cấu kiện của các phần mềm.

## 2. Thiết kế dầm thép tổ hợp hàn tiết diện chữ I

Dầm thường là cấu kiện nằm ngang, nhận tải trọng từ sàn hoặc dầm phụ và truyền xuống cột; nội lực trong dầm chủ yếu là mômen ( $M$ ) và lực cắt ( $V$ ). Tiết diện dầm chữ I thường được sử dụng rộng rãi do có nhiều ưu điểm như sức kháng mômen lớn do có bán kính lõi lớn nhất trong các loại tiết diện, tiết diện phù hợp với tải trọng tác dụng, dễ dàng liên kết với các kết cấu khác, đáp ứng được yêu cầu về kiến trúc và có chi phí chế tạo thấp. Khi thiết kế dầm thép theo TCVN 5575:2012 và SP 16.13330.2017, cần xem xét những vấn đề sau:

### 2.1. Nguyên tắc thiết kế chung

Hai hệ thống tiêu chuẩn đều sử dụng phương pháp tính toán theo trạng thái giới hạn. Cấu kiện dầm được thiết kế sao cho không vượt quá trạng thái giới hạn về khả năng chịu lực và về độ võng hay biến dạng. Bên cạnh phương pháp tính toán, các hệ số độ tin cậy về cường độ vật liệu và tải trọng cũng như hệ số điều kiện làm việc cũng cần phải được xem xét.

- Hệ số điều kiện làm việc  $\gamma_c$ : hệ số này được đề cập trong Bảng 3 mục 5.4.2 [1] và mục 4.3.4 [2]. Khi thiết kế loại cấu kiện dầm của các công trình nói chung ở phần 1 của Bảng 1 [2], giá trị  $\gamma_c$  trong hai bảng này là tương đương.

- Hệ số độ tin cậy về cường độ  $\gamma_m$  để xác định cường độ tính toán của thép cán và thép ống được đề cập trong Bảng 4 mục 6.1.4 [1] và Bảng 3 mục 6.1 [2]. Nhìn chung, cách xác định cường độ tính toán của vật liệu và hệ số  $\gamma_m$  của hai tiêu chuẩn không có sự khác nhau.

- Hệ số độ tin cậy về tải trọng: khi tính toán kết cấu theo trạng thái giới hạn thứ nhất thì sử dụng tải trọng tính toán là tải trọng tiêu chuẩn được nhân với hệ số giống nhau là  $\gamma_Q$  hay  $\gamma_f$ , các giá trị được tham khảo trong Tiêu chuẩn Tải trọng và Tác động [7, 8].

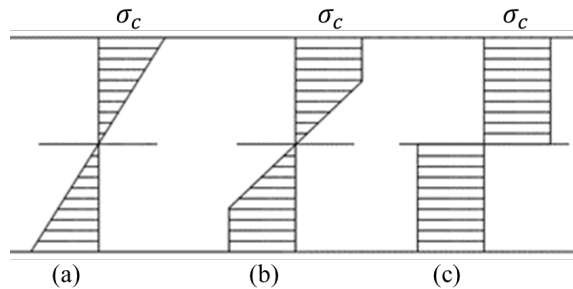
- Mục 4.2.6 của SP 16.13330.2017 đã có sự bổ sung mới hoàn toàn về việc phân loại tiết diện, sự bổ sung này có xu hướng gần giống với các tiêu chuẩn tiên tiến [9, 10]. Tuy nhiên, việc phân loại tiết diện mới chỉ dừng lại phân loại theo định tính chứ chưa đưa ra được các giá trị giới hạn cụ thể như trong [9–12]. Sự phân loại tiết diện được đề cập ở mục 8.1 [2], có 3 loại tiết diện:

+ Tiết diện loại 1 là loại mà ứng suất trên toàn bộ tiết diện đều chưa đạt đến giá trị ứng suất chảy trừ thớ ngoài cùng như ở Hình 1(a).

+ Tiết diện loại 2 là loại tiết diện có các thớ bên trong lần lượt đạt đến giá trị ứng suất chảy, vùng dẻo ăn sâu vào trong tiết diện tại Hình 1(b).

+ Tiết diện loại 3 có vùng chảy dẻo phát triển trên toàn bộ tiết diện, mọi thớ đều đạt tới giá trị ứng suất chảy, xem Hình 1(c).

- Tùy thuộc vào mục đích sử dụng và điều kiện làm việc của kết cấu mà khi tính dầm có xét đến hoặc không xét đến biến dạng dẻo theo một trong ba loại tiết diện trên. Tiết diện loại 1 được áp dụng cho tất cả các loại tải trọng và được tính toán trong miền đàn hồi; dầm có tiết diện loại 2 và 3 áp dụng khi chịu tải trọng tĩnh, được tính toán có kể đến sự phát triển của biến dạng dẻo. Một số tiêu chuẩn của các quốc gia khác cũng phân loại tiết diện dầm như Bảng 1.



Hình 1. Ứng suất pháp tương ứng với việc phân loại tiết diện theo [2]

Bảng 1. Mô tả phân loại tiết diện của cầu kiện chịu uốn theo [9, 10]

EN 1993-1-1 [9]	AISC 360-16 [10]	Đặc điểm
Loại 1	Đặc chắc/Dẻo	Có khả năng phát triển mô men bền dẻo với khả năng xoay đủ để hình thành khớp dẻo.
Loại 2	Đặc chắc	Có khả năng hình thành khớp dẻo và phát triển mô men bền dẻo, hạn chế khả năng xoay.
Loại 3	Không đặc chắc	Thớ chịu nén ngoài cùng có thể đạt đến giới hạn chảy nhưng ổn định cục bộ ngăn cản sự hình thành, phát triển khớp dẻo.
Loại 4	Mảnh	Ổn định cục bộ sẽ xảy ra trước khi ứng suất trong tiết diện đạt đến giới hạn chảy.

Như vậy trong cách tính toán dầm thì TCVN 5575:2012 chưa phân loại tiết diện, SP 16.13330.2017 và một số tiêu chuẩn khác [9, 10] cũng chia loại tiết diện nhưng cách chia loại tiết diện không giống nhau.

## 2.2. Trạng thái giới hạn thứ hai

Độ võng cho phép của kết cấu chịu uốn được cho ở Bảng 1 [1]; [2] không đề cập đến giá trị độ võng cho phép của kết cấu chịu uốn mà các giá trị này được nêu trong [8]. SP 20.13330.2016 quy định độ võng cho phép của cầu kiện dầm chịu uốn phụ thuộc nhịp dầm chi tiết hơn. Cụ thể là độ võng  $l/120$ ;  $l/150$ ;  $l/200$ ;  $l/250$  và  $l/300$  lần lượt tương ứng với nhịp dầm  $l \leq 1$  m;  $l = 3$  m;  $l = 6$  m;  $l = 24$  m và  $l \geq 36$  m.

Bên cạnh đó yêu cầu về sinh lý học, rung động của kết cấu chịu uốn cũng đã được đề cập đến trong phụ lục D.2.2 [8]. Giá trị độ võng cho phép khi có xét đến rung động được xác định theo công thức (1).

$$f_u = \frac{g \cdot (p + p_1 + q)}{30 \cdot n^2 \cdot (b \cdot p + p_1 + q)} \quad (1)$$

trong đó  $g$  là gia tốc trọng trường;  $p$  là giá trị tải trọng tiêu chuẩn do người sinh ra dao động cưỡng bức (kPa), tham khảo theo bảng D.2;  $p_1$  là giá trị tải trọng tiêu chuẩn suy giảm (kPa), tham khảo theo bảng D.2;  $q$  là giá trị tải trọng tiêu chuẩn của trọng lượng bản thân của cầu kiện và các kết cấu gối đỡ lên nó (kPa);  $n$  là tần số dao động của dầm do tải trọng đi lại của người (Hz), được xác định theo bảng D.2;  $b$  là hệ số, tham khảo theo bảng D.2;  $b = 125 \sqrt{Q/(\alpha \cdot p \cdot a \cdot l)}$ ;  $Q$  là trọng lượng 1 người, được lấy là 0,8 kN;  $\alpha$  là phụ thuộc vào sơ đồ tính cầu kiện;  $a$  và  $l$  là bước dầm và nhịp dầm.

### 2.3. Trạng thái giới hạn thứ nhất

#### a. Kiểm tra dầm theo điều kiện bền

- Kiểm tra dầm theo điều kiện bền được đề cập ở mục 7.2 [1] và mục 8 [2]. Tiết diện loại 1 được tính toán trong giai đoạn đàn hồi, ngoài ký hiệu và cách thể hiện công thức khác nhau, các bước và nội dung kiểm tra các điều kiện của [1] và [2] là tương tự nhau, xem Bảng 2.

Bảng 2. Kiểm tra dầm theo điều kiện bền trong giai đoạn đàn hồi

TCVN 5575:2012 [1]		SP 16.13330.2017 [2]	
Điều kiện	Công thức tham chiếu	Điều kiện	Công thức tham chiếu
+ Uốn	(2)	+ Uốn	(41)
+ Cắt	(3)	+ Cắt (42)	$\alpha \cdot \frac{Q \cdot S}{I \cdot t_w \cdot R_s \cdot \gamma_c} \leq 1$
+ Uốn trong hai mặt phẳng chính	(8)	+ Uốn trong hai mặt phẳng chính	(43)
+ Khi cánh trên dầm có tải trung tập trung	(4)	+ Khi cánh trên dầm có tải trung tập trung	(46)
+ Đồng thời ứng suất pháp, tiếp và cục bộ	(6)	+ Đồng thời ứng suất pháp, tiếp và cục bộ (44)	$\frac{0,87}{R_y \gamma_c} \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2} \leq 1$
		+ Hệ số $\alpha$ kể đến bản bụng dầm có giảm yếu do lỗ bu lông (45)	và $\alpha \cdot \frac{\tau_{xy}}{R_s \cdot \gamma_c} \leq 1$ $\alpha = s/(s - d)$

trong đó  $R_y, R_s$  là cường độ tính toán và cường độ chịu cắt tính toán của thép;  $d, s$  là đường kính lỗ bu lông và khoảng cách giữa các lỗ bu lông.

- Theo mục 8.2.3 [2], với dầm làm từ thép có giới hạn chảy  $R_{ym} \leq 440$  MPa,  $\tau \leq 0,9R_s$ , tiết diện loại 2 và 3, thỏa mãn các yêu cầu của ổn định tổng thể và ổn định cục bộ được phép tính toán kể đến biến dạng dẻo. Theo chỉ dẫn của mục 7.2.1.6 [1], các điều kiện cần thiết để tính toán dầm có kể đến biến dạng dẻo là như nhau ngoài trừ [1] cho phép sử dụng thép có giới hạn chảy  $f_y \leq 530$  MPa,

$\tau \leq 0,9f_v$ . Bảng 3 trình bày kiểm tra dầm đơn giản có tiết diện đặc chịu tải trọng tĩnh theo điều kiện bền có kể đến biến dạng dẻo (trừ tiết diện ở gối).

Bảng 3. Kiểm tra dầm theo điều kiện bền có kể đến biến dạng dẻo (chỉ xét đối với dầm đơn giản)

TCVN 5575:2012 [1] $f_y \leq 530 \text{ MPa}$	SP 16.13330.2017 [2] $R_{yn} \leq 440 \text{ MPa}$
+ Uốn ở một trong các mặt phẳng uốn chính (9)	+ Uốn trong mặt phẳng chính $I_x > I_y$ (50)
$\frac{M}{c_1 \cdot W_{n,\min}} \leq f \cdot \gamma_c$	$\frac{M_x}{c_x \cdot \beta \cdot W_{xn,\min} \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1$
+ Chịu uốn trong hai mặt phẳng chính và khi $\tau \leq 0,5f_v$ (10)	+ Chịu uốn trong hai mặt phẳng chính (51) khi $\tau_y = Q_y / (2 \cdot A_f) \leq 0,5 \cdot R_s$
$\frac{M_x}{c_x \cdot W_{nx,\min}} + \frac{M_y}{c_y \cdot W_{ny,\min}} \leq f \cdot \gamma_c$	$\frac{M_x}{c_x \cdot \beta \cdot W_{xn,\min} \cdot R_y \cdot \gamma_c} + \frac{M_y}{c_y \cdot W_{yn,\min} \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1$
	+ Uốn trong mặt phẳng chính $I_x > I_y$ và có bi mômen B (53)
	$\frac{M_x}{c_x \cdot \beta \cdot W_{xn,\min} \cdot R_y \cdot \gamma_c} + \frac{B}{c_\omega \cdot W_{yn,\min} \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1$

Cách kiểm tra trong các công thức (9), (10) [1] và (50), (51), (53) [2] là tương tự. Các ký hiệu, giá trị của hệ số  $c_x, c_y$  được cung cấp ở Phụ lục C [1] và Bảng E.1 Phụ lục E [2] đều có giá trị giống nhau. Có hai điểm khác của giữa hai tiêu chuẩn đó là SP 16.13330.2017 đã có bổ sung hệ số  $\beta$  xét đến ảnh hưởng của ứng suất tiếp  $\tau_x$  và tỷ lệ tiết diện cánh với bụng dầm và có kể đến ảnh hưởng của bi mômen khi dầm chịu uốn. Giá trị  $c_\omega$  phụ thuộc vào tỷ số  $\sigma_x/R_{yy}$  và được xác định theo Bảng 10a [2]. Khi tính toán dầm chịu uốn thuần túy, hệ số  $\beta$  được lấy bằng 1; giá trị của hệ số  $c_x$  và  $c_y$  được thay bằng các hệ số tương ứng  $c_{xm} = 0,5(1 + c_x)$  và  $c_{ym} = 0,5(1 + c_y)$

$$\begin{cases} \tau_x \leq 0,5 \cdot R_s \rightarrow \beta = 1 \\ 0,5 \cdot R_s < \tau_x \leq 0,9 \cdot R_s \rightarrow \beta = 1 - \frac{0,2}{A_f/A_w + 0,25} \cdot \left(\frac{\tau_x}{R_s}\right)^4 \end{cases} \quad (2)$$

Kiểm tra dầm chịu cắt tại vị trí gối dầm khi  $M_x = 0, M_y = 0$  của hai tiêu chuẩn được trình bày trong Bảng 4.

- Tính toán dầm liên tục và dầm ngàm có tiết diện chữ I không thay đổi chịu uốn quanh trục khỏe, chiều dài các nhịp lân cận khác nhau không quá 20%, chịu tải trọng tĩnh được đề cập tại mục 7.2.1.8 [1] và 8.2 (5-7) [2]. Cách tính tương tự nhau, tuy nhiên [2] yêu cầu áp dụng với tiết diện loại 2, tiết diện đối xứng.

- Với dầm có tiết diện chữ I đối xứng sử dụng vật liệu của bản cánh và bản bụng khác nhau, mục 8.2.8 [2] cho phép sử dụng tiết diện loại 2 đối với loại dầm này. Tính toán dầm theo điều kiện bền khi dầm thỏa mãn các yêu cầu của ổn định tổng thể, ổn định cục bộ, ứng suất  $\tau_x \leq 0,9R_s$  và  $\tau_y \leq 0,5R_s$  theo công thức:

Bảng 4. Kiểm tra dầm tại gối tựa khi  $M = 0$

TCVN 5575:2012 [1] $f_y \leq 530 \text{ MPa}$	SP 16.13330.2017 [2] $R_{yn} \leq 440 \text{ MPa}$
<p>+ Chịu cắt với <math>V_x</math> (11)</p> $\tau = \frac{V}{t_w \cdot h_w} \leq f_v \cdot \gamma_c$	<p>+ Chịu cắt với <math>V_x</math> (54)</p> $\alpha \cdot \frac{Q_x}{t_w \cdot h_w \cdot R_s \cdot \gamma_c} \leq 1$ <p>+ Chịu cắt với <math>V_y</math> (55)</p> $\alpha \cdot \frac{Q_y}{2 \cdot t_f \cdot b_f \cdot R_s \cdot \gamma_c} \leq 1$ <p>Giá trị <math>\alpha</math> kể đến bản bụng dầm bị giảm yếu, tham khảo Bảng 2.</p>

+ Uốn trong mặt phẳng chính (59)

$$\frac{M_x}{c_{xr} \cdot \beta_r \cdot W_{xn} \cdot R_{yw} \cdot \gamma_c} \leq 1 \quad (3)$$

+ Uốn trong hai mặt phẳng (60)

$$\frac{M_x}{c_{xr} \cdot \beta_r \cdot W_{xn} \cdot R_{yw} \cdot \gamma_c} + \frac{M_y}{1,15 \cdot W_{yn} \cdot R_{yf} \cdot \gamma_c} \leq 1 \quad (4)$$

trong đó:

$$c_{xr} = \frac{(A_f/A_w) \cdot (R_{yf}/R_{yw}) + 0,25 - 0,0833/(R_{yf}/R_{yw})^2}{(A_f/A_w) + 0,167} \quad (5)$$

$$\begin{cases} \tau_x \leq 0,5 \cdot R_s \rightarrow \beta_r = 1 \\ 0,5 \cdot R_s < \tau_x \leq 0,9 \cdot R_s \rightarrow \beta_r = 1 - \frac{0,2}{(A_f/A_w) \cdot (R_{yf}/R_{yw}) + 0,25} \cdot \left(\frac{\tau_x}{R_{sw}}\right)^4 \end{cases} \quad (6)$$

b. Kiểm tra dầm theo điều kiện ổn định tổng thể

- Kiểm tra dầm theo điều kiện ổn định tổng thể được đề cập ở mục 7.2.2 [1] và mục 8.4 [2]. Với tiết diện loại 1 tính toán trong giai đoạn đàn hồi, ngoài ký hiệu và cách thể hiện công thức khác nhau, các bước và nội dung kiểm tra các điều kiện của [1] và [2] là tương tự nhau và được trình bày ở Bảng 5. Hệ số ổn định tổng thể  $\varphi_b$  được xác định tương ứng theo Phụ lục E [1] và Phụ lục G [2].

- Điều kiện không cần kiểm tra ổn định tổng thể của dầm được nêu trong mục 7.2.2.2 [1] và 8.4.4 [2]. Phụ thuộc vào vị trí đặt tải trọng và giá trị tỷ số  $l_0/b_f$  mà không cần kiểm tra ổn định tổng thể của dầm theo Bảng 13 [1]. Mục 8.4.6 [2] trình bày kiểm tra ổn định tổng thể đối với dầm có tiết diện loại 2 và 3 theo công thức tương tự như dầm có tiết diện loại 1 hoặc không cần kiểm tra khi có điều kiện độ mảnh quy ước thỏa mãn mục 8.4.4 [2]. Trên đoạn dầm có xét đến biến dạng dẻo, độ mảnh dầm được so sánh với  $\delta \cdot \bar{\lambda}_{ub}$ , tại tiết diện không xét đến biến dạng dẻo thì độ mảnh chỉ cần so sánh với  $\bar{\lambda}_{ub}$ .

Bảng 5. Kiểm tra dầm theo điều kiện ổn định tổng thể trong giai đoạn đàn hồi

TCVN 5575:2012 [1]		SP 16.13330.2017 [2]	
Điều kiện	Công thức tham chiếu	Điều kiện	Công thức tham chiếu
+ Uốn trong mặt phẳng bản bụng	(16)	+ Uốn trong mặt phẳng bản bụng + Uốn hai phương (70)	(69)
			$\frac{M_x}{\varphi_b \cdot W_{cx} \cdot R_y \cdot \gamma_c} \pm \frac{M_y}{W_{cy} \cdot R_y \cdot \gamma_c} \pm \frac{B}{W_{c\omega} \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1$

$$\begin{aligned} \bar{\lambda}_b &\leq \delta \cdot \bar{\lambda}_{ub} \\ \bar{\lambda}_b &= (l_{ef}/b) \sqrt{R_{yf}/(M/W_c \cdot \gamma_c)} \\ \delta &= 1 - 0,6 \cdot (c_{1x} - 1)/(c_x - 1) \\ 1 \leq c_{1x} &= \max\left(\frac{M_x}{W_{xm} \cdot R_y \cdot \gamma_c}; \beta \cdot c_x\right) < c_x \end{aligned} \quad (7)$$

trong đó  $l_{ef}$  là chiều dài tính toán của cánh nén;  $b$  là bề rộng của bản cánh;  $\beta$  là hệ số, được xác định theo công thức (2).

- Khi sử dụng các thanh chống làm điểm cố kết ở cánh nén của dầm, lực tác dụng lên thanh chống  $Q_{fic}$  được đề cập đến trong mục 8.4.5 [2]. Nếu cánh nén của dầm được cố kết liên tục thì tính toán với lực phân bố quy ước  $q_{fic}$ .

$$Q_{fic} = 7,15 \cdot 10^{-6} \cdot (2330 - E/R_y) \cdot N \quad (8)$$

$$N = (A_f \cdot r + 0,25 \cdot A_w) \cdot R_{yw}; \quad r = R_{yf}/R_{yw} \geq 1 \quad (9)$$

$$q_{fic} = 3 \cdot Q_{fic}/l \quad (10)$$

trong đó  $A_f$  là diện tích của bản cánh chịu nén;  $A_w$  là diện tích của bản bụng dầm.

### c. Kiểm tra dầm theo điều kiện ổn định cục bộ

- *Kiểm tra ổn định cục bộ của bản bụng dầm*: được trình bày ở mục 7.6.1.1 [1] và mục 8.5.1 [2]. Với tiết diện loại 1, điều kiện ổn định cục bộ của bản bụng để không phải bố trí các đôi sườn được đưa ra trong Bảng 6.

Đối với dầm có tiết diện loại 2 và 3 [2] cần phải đặt sườn tại các vị trí có xét đến biến dạng dẻo với bất kỳ giá trị nào của  $\bar{\lambda}_w$ . Các tiết diện không xét đến biến dạng dẻo thì tính tương tự như dầm có tiết diện loại 1.

Mục 8.5.8 [2] có đề cập dầm có tiết diện loại 2 và 3 thỏa mãn điều kiện bền, ổn định tổng thể và không có ứng suất cục bộ, điều kiện cục bộ sẽ đảm bảo nếu thỏa mãn công thức (11):

$$\frac{M}{R_{yf} \cdot \gamma_c \cdot h_{ef}^2 \cdot t_w \cdot (r \cdot \alpha_f + \alpha)} \leq 1; \quad r = \frac{R_{yf}}{R_{yw}} \geq 1 \quad (11)$$

trong đó  $\alpha$  là hệ số, phụ thuộc vào độ mảnh của bản bụng và tỷ số ứng suất tiếp với cường độ chịu cắt. Giá trị  $\alpha$  được tra trong Bảng 18 [2].

- *Kiểm tra ổn định cục bộ của bản cánh dầm*: được trình bày ở mục 7.6.3.1 [1] và mục 8.5.18 [2]. Điều kiện ổn định cục bộ của bản cánh được đưa ra trong Bảng 7.

Bảng 6. Kiểm tra ổn định cục bộ của bản bụng dầm

TCVN 5575:2012 [1]	SP 16.13330.2017 [2]
+ Khi chịu tải trọng tĩnh, độ mảnh của bản bụng $\bar{\lambda}_w \leq 3,2$ ; + Khi chịu tải trọng động, độ mảnh của bản bụng $\bar{\lambda}_w \leq 2,2$ ;  $\bar{\lambda}_w = \frac{h_w}{t_w} \sqrt{\frac{f}{E}}$	+ Khi không có ứng suất cục bộ, bản bụng được hàn 2 bên với bản cánh $\bar{\lambda}_w \leq 3,5$ ; + Khi không có ứng suất cục bộ, bản bụng được hàn 1 bên với bản cánh $\bar{\lambda}_w \leq 3,2$ ; + Khi có ứng suất cục bộ, bản bụng được hàn 2 bên với bản cánh $\bar{\lambda}_w \leq 2,5$ ;  $\bar{\lambda}_w = \frac{h_{ef}}{t_w} \sqrt{\frac{f}{E}}$

Bảng 7. Kiểm tra ổn định cục bộ của bản cánh dầm

TCVN 5575:2012 [1]	SP 16.13330.2017 [2]
+ Trong giới hạn đàn hồi $b_0/t_f \leq 0,5 \cdot \sqrt{E/f}$  + Kể đến sự phát triển của biến dạng dẻo $b_0/t_f \leq \min(0,11 \cdot (h_w/t_w); 0,5 \cdot \sqrt{E/f})$ Khi $h_w/t_w \leq 2,7 \cdot \sqrt{f/E}$ thì $b_0/t_f = 0,3 \cdot \sqrt{E/f}$	+ Dầm có tiết diện loại 1 và dầm làm từ hai loại thép $\bar{\lambda}_f = (b_{ef}/t_f) \sqrt{R_{yf}/E} \leq 0,5 \cdot \sqrt{R_{yf}/\sigma_c}$ trong đó $\sigma_c = M/W_{xnc} \cdot \gamma_c$ + Dầm có tiết diện loại 2 và 3 có bố trí sườn gia cường cho bản bụng thỏa mãn $2,2 \leq \bar{\lambda}_w \leq 5,5$  $\bar{\lambda}_f \leq 0,5 \cdot \sqrt{R_{yf}/\sigma_c}$

### 3. Ví dụ xác định độ võng cho phép của dầm có xét đến yếu tố sinh lý học

Tính toán dầm cần kiểm tra trạng thái giới hạn 2 về điều kiện sử dụng bình thường, TCVN 5575:2012 không đề cập đến kiểm tra độ võng của dầm có xét đến yếu tố sinh lý học (dao động ảnh hưởng tới con người). Ví dụ bằng số trong phần này sẽ kiểm chứng độ võng cho phép của dầm khi tính theo [1] và [8].

Bảng 8. Số liệu tính độ võng cho phép của dầm theo SP 20.13330.2016

Gia tốc trọng trường $g$ (m/s <sup>2</sup> )	9,80	Tải trọng thường xuyên $q$ (kN/m <sup>2</sup> )	2,5
Giá trị TC do người sinh ra $p$ (kN/m <sup>2</sup> )	0,25	Giá trị tải trọng suy giảm $p_1$ (kN/m <sup>2</sup> )	0,525
Hệ số $\alpha$ phụ thuộc sơ đồ tính	1	Tần số dao động của dầm $n$ (Hz)	1,5
Trọng lượng người $Q$ (kN)	0,8	Hệ số $b$	47,14
Độ võng cho phép của dầm theo yêu cầu sinh lý học $f_u$ (mm)	32,0	Độ võng cho phép của dầm không phụ thuộc vào rung động $f_u$ (mm)	45,0

Xét dầm thép tiết diện chữ I tổ hợp hàn, nhịp  $l = 9$  m, bước dầm  $a = 2,5$  m, dầm đỡ sàn bê tông cốt thép dày 100 mm. Các giá trị tính toán được cho trong Bảng 8. Theo TCVN 5575:2012 độ võng cho phép của dầm là  $l/250$ , tương ứng với dầm nhịp 9 m thì độ võng cho phép là 36,0 mm. Như vậy ở ví dụ trên độ võng cho phép của dầm có xét đến yếu tố sinh lý học khắt khe hơn so với độ võng cho phép thông thường. So sánh giá trị độ võng cho phép của dầm thép theo [8] với [1] thì nhận thấy độ võng cho phép của dầm theo [1] nhỏ hơn, có nghĩa là dầm thép thiết kế theo hệ thống TCVN sẽ cần độ cứng lớn hơn, đồng nghĩa sẽ tốn vật liệu hơn.



#### 4. Kết luận

Tiêu chuẩn “Kết cấu thép-Tiêu chuẩn thiết kế” được dựa trên tiêu chuẩn của Liên Xô trước đây là SNiP-II-23-81\* (1982), đến nay đã có phiên bản cập nhật mới nhất là SP 16.13330.2017. Nhìn chung, nguyên tắc thiết kế dầm thép tiết diện chữ I tổ hợp hàn của [1] khá tương đồng với [2]. Sự phân loại tiết diện đã cho thấy sự thay đổi rõ nhất của tiêu chuẩn thiết kế kết cấu thép LB Nga đã có sự định hướng điều chỉnh theo hướng hội nhập với các tiêu chuẩn tiên tiến trên thế giới. Kiểm tra theo trạng thái giới hạn thứ hai, bên cạnh yêu cầu về độ võng, [2] đã có sự bổ sung thêm điều kiện về rung động của dầm. Cho phép kiểm tra dầm thép khi bản bụng và bản cánh được tổ hợp hai mác thép khác nhau. Khi kiểm tra dầm theo điều kiện bền [2] đã kể đến bản bụng dầm có giảm yếu do lỗ bu lông bằng hệ số  $\alpha$  khi kiểm tra với lực cắt và hệ số  $\beta$  khi kể đến ảnh hưởng của ứng suất tiếp đến sự hình thành của khớp dẻo. Với điều kiện ổn định tổng thể, [2] có cung cấp công thức để xác định lực tác dụng lên thanh chống ở cánh nén của dầm. Điều kiện ổn định cục bộ của bản bụng và bản cánh của hai tiêu chuẩn [1] và [2] tương đồng; với điều kiện ổn định cục bộ của bản bụng [2] đưa ra giá trị giới hạn phụ thuộc vào số lượng đường hàn liên kết bản bụng với bản cánh. Như vậy bên cạnh việc soát xét, hiệu đính, bổ sung [1] cho đồng bộ, phù hợp và tiệm cận với các tiêu chuẩn quốc tế trong quá trình hội nhập thì khi thiết kế dầm thép tổ hợp hàn có tiết diện chữ I hoàn toàn có thể sử dụng các phần mềm với mô đun thiết kế kết cấu thép dựa trên [2] để đẩy mạnh quá trình tự động hóa thiết kế.

#### Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được thực hiện với sự hỗ trợ của trường Đại học Xây dựng thông qua Đề tài Khoa học và Công nghệ cấp trường mã số 98-2019/KHXD.

#### Tài liệu tham khảo

- [1] TCVN 5575:2012. *Kết cấu thép-Tiêu chuẩn thiết kế*. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
- [2] SP 16.13330.2017. *Code of rules-steel structures revised edition SNiP II-23-81\* official edition*. Ministry of Construction, Housing and Utilities of the Russian Federation, Moscow.
- [3] Long, L. M. (2019). Định hướng các tiêu chuẩn thiết kế kết cấu bê tông và kết cấu thép. *Hội thảo khoa học toàn quốc lần thứ 31 về Định hướng phát triển hệ thống tiêu chuẩn Xây dựng Việt Nam*, 7–22.
- [4] Long, L. M. (2019). Định hướng hệ thống tiêu chuẩn quốc gia ngành xây dựng, danh mục tiêu chuẩn cốt lõi, lộ trình thực hiện. *Hội thảo định hướng hệ thống tiêu chuẩn quốc gia ngành xây dựng, Bộ Xây dựng*.
- [5] Tuấn, V. A., Hòa, N. Đ., Hiếu, N. T. (2019). Kết cấu thép - Tiêu chuẩn thiết kế TCVN 5575:2012 - Thực tế và định hướng. *Hội thảo khoa học toàn quốc lần thứ 31 về Định hướng phát triển hệ thống tiêu chuẩn Xây dựng Việt Nam*, 74–84.
- [6] Tuấn, V. A., Hòa, N. Đ. (2017). Thiết kế cột thép tổ hợp hàn có tiết diện chữ H theo TCVN 5575:2012 và SP.16.13330.2011. *Tạp chí Xây dựng*, (8):216–218.
- [7] TCVN 2737:1995. *Tải trọng và tác động-Tiêu chuẩn thiết kế*, bộ xây dựng, việt nam edition.
- [8] SP 20.13330.2016. *Code of practice-loads and actions, updated version SNiP 2.01.07-85\* official edition*. Ministry of Construction, Housing and Utilities of the Russian Federation, Moscow.
- [9] EN 1993-1-1 (2005). *Eurocode 3: Design of steel structures, part 1.1: General rules and rules for building*.
- [10] ANSI/AISC 360-16 (2016). *Specification for structural steel buildings*. American Institute of Steel Construction, Illinois.
- [11] Karpilovsky, V., et al. (2018). *SCAD office. Implementation of SNiP in computer-aided design applications*. SCAD SOFT.
- [12] SAP2000 v19. *Steel frame design manual SP 16.13330.2011*. Truy cập ngày 19/8/2019.