

Ảnh hưởng của sườn ngang đến khả năng chịu cắt của dầm bản tổ hợp khi tính toán theo tiêu chuẩn Châu Âu EN-1993-5

Influence of transverse web stiffeners on shear buckling resistance of plate girder according to EN 1993-1-5

Nguyễn Danh Hoàng

Tóm tắt

Đối với các công trình dân dụng, cầu bằng kết cấu thép... cần vượt nhịp, khi đó hệ dầm bản tổ hợp với chiều cao lớn được sử dụng rất phổ biến. Với bản bụng có tỷ số chiều cao trên chiều dày lớn người ta thường sử dụng sườn gia cường để đảm bảo ổn định cục bộ cho chúng. Theo tiêu chuẩn châu Âu EN 1993-1-5 các dầm khi được gia cường bằng sườn ngang thì khả năng chịu cắt nhiều điểm khác so với tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành 5574-2012. Bài báo đề cập đến việc tính toán khả năng chịu cắt của dầm bản khi có và không có sườn ngang theo tiêu chuẩn châu Âu EN 1993-1-5.

Từ khóa: sườn, cắt, nén, bản bụng, kéo

Abstract

For steel structures, bridges..., plate girder systems with high heights are used very commonly. With the web, the plate has a high ratio of height to thickness, the stiffeners are used to increase the local stability of the web. According to EN 1993-1-5 when the plate girder works with the stiffeners. The shear resistance has many differences from the current Vietnamese standard. The paper mentions the calculation of shear resistance of plate girder according to EN 1993-1-5.

Key words: stiffener, shear, compress, web, tension

1. Đặt vấn đề

Dầm bản tổ hợp (sau đây gọi tắt là dầm bản) có các sườn ngang được sử dụng phổ biến. Theo tiêu chuẩn thiết kế kết cấu thép hiện hành của Việt Nam TCVN 5575-2012, việc bố trí các sườn ngang nhằm đảm bảo cho bản bụng dầm bản không bị mất ổn định cục bộ. Ngoài ra việc tính toán khả năng chịu lực của dầm không kể đến ảnh hưởng của các sườn ngang này. Về mặt cấu tạo các sườn ngang được chọn để đảm bảo ổn định cục bộ của bản thân.

Trong xu hướng hội nhập, các tiêu chuẩn thiết kế ngoài nước được sử dụng ngày càng nhiều trong đó tiêu chuẩn thiết kế châu Âu khá đầy đủ, đồng bộ cũng đang được sử dụng rất phổ biến tại Việt Nam.

Việc tính toán dầm bản theo EN 1993-1-5 có một số điểm khác biệt so với tính toán theo tiêu chuẩn 5575-2012:

- Đối với dầm bản có sườn ngang, sau khi bị mất ổn định cục bộ tiếp tục làm việc như một dàn và khi đó khả năng chịu cắt của bản bụng bao gồm 2 thành phần tham gia, đó là khả năng chịu cắt của bản bụng khi mất ổn định cục bộ và khả năng chịu cắt tạo ra từ dải bản bụng chịu kéo.

- Các sườn ngang phải được tính toán nhằm thỏa mãn yêu cầu ổn định cục bộ, cũng cần phải đảm bảo thêm các điều kiện sau:

- + Có mô men quán tính đối với trục đi qua tim bản bụng I_{st} đảm bảo để các sườn tạo ra được liên kết cứng với bản bụng ở biên các ô bản (I_{st} xác định theo 9.2.1 của EN 1993-1-5);

- + Có diện tích A_s đủ lớn để kết hợp với bản bụng chịu được lực nén xuất hiện khi làm việc do dải kéo bản bụng gây ra (A_s xác định theo 9.3.3 của EN 1993-1-5);

- + Đối với các vị trí sườn đầu dầm, ngoài việc tính toán như thanh chịu nén thuần túy có lực dọc là phản lực gối tựa. Còn phải có khả năng chịu uốn gây ra bởi ứng suất kéo xuất hiện ở bản bụng.

Tuy nhiên, bài báo sẽ chỉ đề cập đến tính toán khả năng chịu cắt của dầm bản khi kể đến sự làm việc của dải bản bụng chịu kéo. Các nội dung khác sẽ được đề cập ở các bài báo tiếp theo.

Bài báo cũng cung cấp một tài liệu tham khảo cho các kỹ sư, sinh viên khi tính toán dầm bản theo tiêu chuẩn châu Âu.

2. Tính toán khả năng chịu cắt của dầm sau khi mất ổn định cục bộ có kể đến dải bản bụng chịu kéo (tension field)

Khả năng chịu cắt của bản bụng được tính toán theo công thức sau:

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq \frac{\eta f_{yw} h_w t_w}{\sqrt{3} \gamma_{M1}} \quad (1)$$

Trong đó:

$V_{bw,Rd}$ là khả năng chịu cắt do bản bụng;

$V_{bf,Rd}$ là khả năng chịu cắt do bản cánh;

γ_{M1} là hệ số riêng khi mất ổn định cục bộ bản bụng;

f_{yw} là giới hạn chảy thép làm bản bụng;

h_w , t_w tương ứng là chiều cao, chiều dày bản bụng.

η là hệ số kể đến sự tăng khả năng chịu cắt của bản bụng mỏng, phụ thuộc vào mức thép sử dụng, theo 5.1 của EN 1993-1-5, giá trị η lấy giá trị như sau:

$\eta = 1,2$ đối với mức thép từ S235 đến S460;

ThS. Nguyễn Danh Hoàng

Giảng viên, Bộ môn kết cấu Thép-Gỗ
Khoa Xây Dựng, Đại học Kiến trúc Hà Nội,
ĐT: 0977.959.078

Email: danhoangdchau@gmail.com

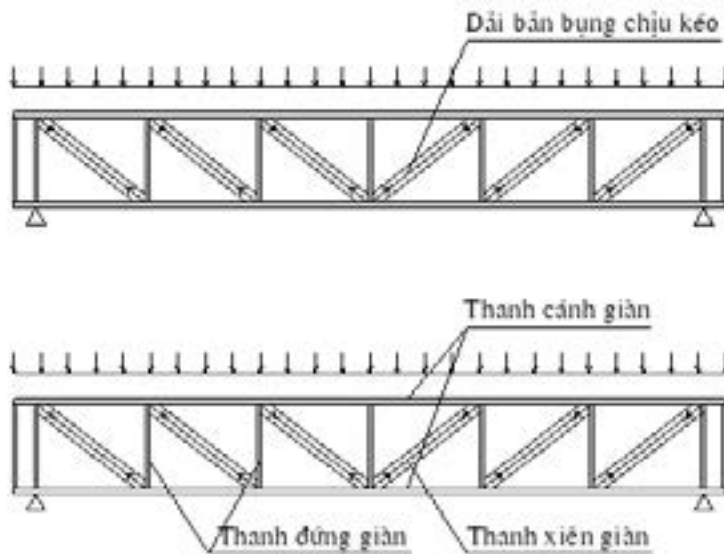
Ngày nhận bài: 15/5/2020

Ngày sửa bài: 27/5/2020

Ngày duyệt đăng: 18/11/2021



Hình 1. Hình ảnh dầm thép bản tổ hợp



Hình 2. Dải bản bụng chịu kéo trong các ô bản với sườn ngang gia cường

$\eta = 1,0$ đối với mác thép trên S460.

Công thức (1) được áp dụng khi dầm thỏa mãn điều kiện sau:

$$\frac{h_w}{t_w} > 72 \frac{\varepsilon}{\eta} \text{ đối với dầm không có sườn ngang gia cường; } \quad (2)$$

$$\frac{h_w}{t_w} > \frac{31}{\eta} \varepsilon \sqrt{k_\tau} \text{ đối với dầm có sườn ngang gia cường. } \quad (3)$$

Trong đó: giá trị ε được tính như sau:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} \quad (4)$$

k_τ trong công thức (2), (3) được tính toán phụ thuộc vào cấu tạo của dầm chỉ có sườn ngang hoặc khi có cả sườn ngang và sườn dọc, trong nội dung bài báo này chỉ đề cập đến trường hợp tính toán dầm đặt sườn ngang, k_τ lấy như sau:

$$k_\tau = 5,34 + \frac{4,00}{\alpha^2} \text{ khi } \alpha \geq 1,0; \quad (5)$$

$$k_\tau = 4,00 + \frac{5,34}{\alpha^2} \text{ khi } \alpha < 1,0 \text{ trong đó giá trị } \alpha = a/h_w. \quad (6)$$

Cấu tạo phần đầu dầm của dầm thép bản có nhiều hình thức khác nhau. Phần đầu dầm có thể có sườn không cứng (1 sườn ngang); sườn cứng (2 sườn ngang) hoặc là thép tiết diện chữ I định hình như nêu ở hình 3. Trong nội dung báo cáo sẽ đề cập đến tính toán cho trường hợp có đặt sườn ngang và sườn đầu dầm là sườn cứng.

2.1. Tính toán khả năng chịu cắt do bản bụng tham gia

Giá trị khả năng chịu cắt do bản bụng tham gia được tính toán như sau:

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w f_{yw} h_w t_w}{\sqrt{3} \gamma_{M1}} \quad (7)$$

Trong đó:

χ_w là hệ số chiết giảm khả năng chịu cắt của bản bụng mỏng khi mất ổn định cục bộ, phụ thuộc vào đại lượng $\bar{\lambda}_w$, giá trị χ_w được lấy theo bảng sau:

Giá trị $\bar{\lambda}_w$ lấy như sau:

$$\bar{\lambda}_w = \frac{h_w}{37,4 t_w \varepsilon \sqrt{k_\tau}} \quad (8)$$

2.2. Tính toán khả năng chịu cắt do bản cánh tham gia

Giá trị khả năng chịu cắt do bản cánh tham gia được tính toán như sau:

$$V_{bf,Rd} = \frac{b_f t_f^2 f_{yf}}{c \gamma_{M1}} \left(1 - \left(\frac{M_{Ed}}{M_{f,Rd}} \right)^2 \right) \quad (9)$$

Trong đó:

b_f , t_f lần lượt là chiều rộng và chiều dày bản cánh dầm, nhưng phải thỏa mãn điều kiện ổn định cục bộ, giá trị b_f không được lấy giá trị lớn hơn 15 t_f ;

M_{Ed} là giá trị mô men uốn thiết kế;

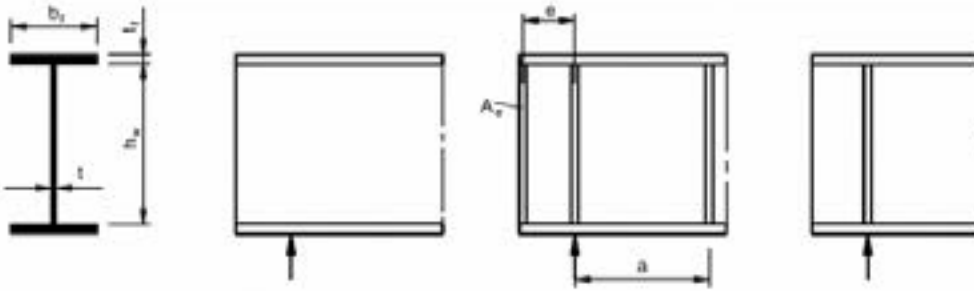
$M_{f,Rd}$ là khả năng chịu mô men uốn của các bản cánh, được lấy giá trị:

$$M_{f,Rd} = \frac{M_{f,k}}{\gamma_{M0}}, \quad M_{f,Rd} = \min \left(h_f A_{f1} \frac{f_{yf1}}{\gamma_{M0}}, h_f A_{f2} \frac{f_{yf2}}{\gamma_{M0}} \right) \quad (10)$$

A_{f1} , A_{f2} : là diện tích bản cánh trên và dưới;

γ_{M0} : là hệ số riêng khi tính toán độ bền bản cánh;

c : là khoảng cách từ sườn đến điểm điểm chảy dẻo (từ E đến H), giá trị của c được tính toán theo công thức:



Hình 3. Liên kết đầu dầm

a. Không có sườn đầu dầm, b. Sườn cứng, c. Sườn không cứng

Bảng 1. Xác định hệ số χ_w

	Sườn cứng	Sườn không cứng
$\bar{\lambda}_w < 0,83/\eta$	η	η
$0,83/\eta \leq \bar{\lambda}_w < 1,08$	$0,83/\bar{\lambda}_w$	$0,83/\bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1,08$	$1,37/(0,7 + \bar{\lambda}_w)$	$0,83/\bar{\lambda}_w$

$$c = a \left(0,25 + 1,6 \frac{M_{pl,f}}{M_{pl,w}} \right) = a \left(0,25 + 1,6 \frac{b_f t_f^2 f_{yf}}{t_w h_w^2 f_{yw}} \right) \quad (11)$$

Trong đó:

$$M_{pl,f} = \frac{b_f t_f^2 f_{yf}}{4}, \quad M_{pl,w} = \frac{t_w h_w^2 f_{yw}}{4} \quad (12)$$

Giả thiết rằng, mô men uốn thiết kế M_{Ed} chỉ được chịu bởi bản cánh, ảnh hưởng của lực dọc trong bản cánh đến khả năng chịu mô men uốn được kể đến bằng cách nhân thêm đại lượng $\left(1 - \left(\frac{M_{Ed}}{M_{f,Rd}} \right)^2 \right)$ với giá trị $V_{bf,Rd} = \frac{b_f t_f^2 f_{yf}}{c \gamma_{M1}}$.

Nếu có xuất hiện lực dọc trong dầm thì giá trị của $M_{f,Rd}$ sẽ phải giảm đi bằng cách nhân thêm $1 - \frac{N_{Ed}}{(A_{f1} + A_{f2}) f_{yf}}$ vào về phải của công thức (11).

Sau khi xác định được $V_{b,Rd}$ theo (1), dầm thỏa mãn điều kiện chịu cắt theo biểu thức sau:

$$\eta_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} \leq 1,0 \quad (13)$$

Với V_{Ed} là giá trị lực cắt thiết kế lớn nhất gây ra bởi các tổ hợp tải trọng bất lợi nhất.

3. Ví dụ tính toán

Tính toán khả năng chịu cắt của dầm có tiết diện như Hình 5 (cho ô bản đầu tiên) với trường hợp xét và không xét đến sự làm việc của dải bản bụng chịu kéo. Mác thép dầm dùng loại S235. Sườn dày 8mm, khoảng cách sườn $a=2,8m$, dầm có sườn cứng đầu dầm. Giá trị mô men thiết kế tại điểm A là $M_{Ed} = 2000 \text{ kN.m}$.

Ta tính toán được các hệ số:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1, \quad \alpha = \frac{a}{h_w} = \frac{280}{210} = 1,33 > 1$$

$$\text{Theo (5)} \quad k_\tau = 5,34 + \frac{4,00}{1,33^2} = 7,60$$

Theo (8) tính toán được

$$\bar{\lambda}_w = \frac{h_w}{37,4 t_e \sqrt{k_\tau}} = \frac{210}{37,4 \times 0,8 \times 1 \times \sqrt{7,6}} = 2,54 > 1,08$$

Do dầm thuộc loại có sườn cứng ở đầu dầm và

$$\bar{\lambda}_w = 2,54 > 1,08 \text{ nên tra Bảng 1 ta có: } \chi_w = \frac{1,37}{0,7 + 2,54} = 0,422$$

Giá trị khả năng chịu cắt do bản bụng tham gia tính theo (7):

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w f_{yw} h_w t}{\sqrt{3} \gamma_{M1}} = \frac{0,422 \times 235 \times 210 \times 0,8}{\sqrt{3} \times 1,1} = 874,64 \text{ kN}$$

Khoảng cách từ sườn đến điểm chảy dẻo trên bản cánh theo (11):

$$c = 280 \times \left(0,25 + 1,6 \times \frac{50 \times 2,2^2 \times 23,5}{0,8 \times 280^2 \times 23,5} \right) = 73,07 \text{ cm}$$

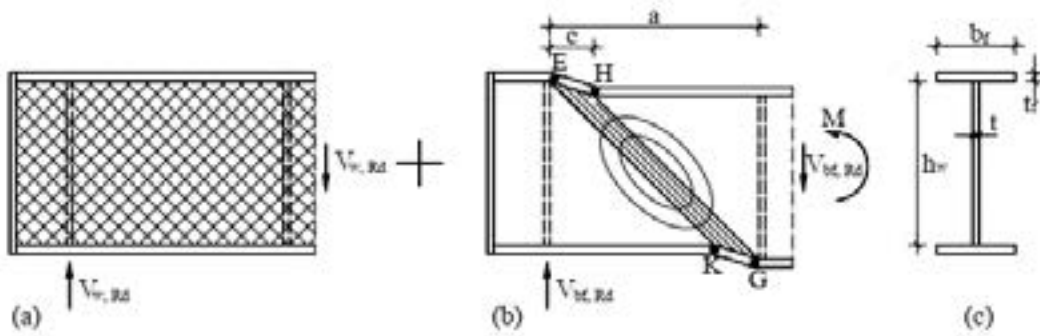
Khả năng chịu mô men uốn của bản cánh tính theo (10):

$$M_{f,Rd} = h_f A_{f1} \frac{f_{yf1}}{\gamma_{M0}} = (210 + 2,2) \times (50 \times 2,2) \times \frac{23,5}{1} = 5434,18 \text{ kN.m}$$

Theo (9) giá trị khả năng chịu cắt do bản cánh tham gia:

$$V_{bf,Rd} = \frac{b_f t_f^2 f_{yf}}{c \gamma_{M1}} \left(1 - \left(\frac{M_{Ed}}{M_{f,Rd}} \right)^2 \right) = \frac{50 \times 2,2^2 \times 23,5}{73,07 \times 1,1} \left(1 - \left(\frac{2000}{5434,18} \right)^2 \right) = 57,70 \text{ kN}$$

Tổng giá trị khả năng chịu cắt do cả bản cánh và bản bụng tính theo (1):



Hình 4. Các thành phần cánh và bụng dầm tham gia chịu lực

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq \frac{\eta f_{yw} h_w t_w}{\sqrt{3} \gamma_{M1}}$$

$$= 874,64 + 57,71 = 932,35 \text{ kN} < \frac{\eta f_{yw} h_w t_w}{\sqrt{3} \gamma_{M1}}$$

$$= \frac{1,2 \times 23,5 \times 210 \times 0,8}{\sqrt{3} \times 1,1} = 2486 \text{ kN}$$

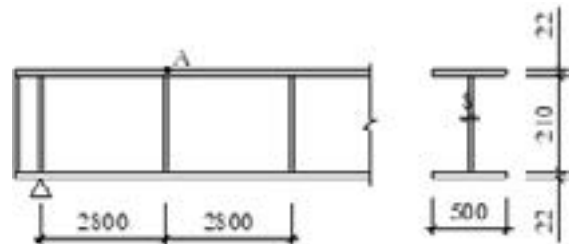
$$\text{Tỷ số } \frac{V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd}}{V_{bw,Rd}} = \frac{874,64 + 57,71}{874,64} = 1,069$$

Như vậy khả năng chịu cắt được tăng khoảng 7% khi tính toán có kể đến sự làm việc của dải bản bụng chịu kéo.

4. Kết luận

Bài báo đã trình bày cách tính toán khả năng chịu cắt của dầm thép bản tổ hợp với các sườn ngang sau khi mất ổn định cục bộ theo tiêu chuẩn châu Âu EN 1993-1-5.

Theo tiêu chuẩn châu Âu EN 1993-1-5, khả năng chịu cắt sau khi mất ổn định cục bộ bản bụng được tăng lên do có kể đến sự làm việc của dải bản bụng chịu kéo./.



Hình 5. Minh họa cho ví dụ

Tài liệu tham khảo

1. TCVN 5575:2012 Kết cấu thép – Tiêu chuẩn thiết kế
2. Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-5: Plated structural elements
3. Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings
4. Cometary and worker examples to EN 1993-1-5 'Plated structural elements'
5. Phạm Văn Hội - Nguyễn Quang Viên - Phạm Văn Tư - Lưu Văn Tường, Kết cấu thép phần Cấu kiện cơ bản, NXB Khoa học và Kỹ thuật, 2006.

Xác định các hệ số khi tính toán sức chịu tải cọc...

(tiếp theo trang 25)

Sức chịu tải của cọc theo các chỉ tiêu tính trong mục 3 được tổng hợp trong bảng 5:

Bảng 5. Thống kê sức chịu tải cọc KN khi tính toán theo các chỉ tiêu

Sức chịu tải cọc khoan nhồi (KN)	Theo vật liệu làm cọc	Theo chỉ tiêu cơ lý	Theo kết quả xuyên tiêu chuẩn SPT
	7304	7387	10243

4. Kết luận và Kiến nghị

Kết luận: Đối với cọc khoan nhồi, khi mũi cọc thường đặt vào lớp có tính nén lún nhỏ, thì việc tính toán sức chịu tải của cọc theo chỉ tiêu cơ lý của đất nền cho kết quả gần với sức chịu tải của cọc theo vật liệu, còn kết quả tính theo chỉ số xuyên tiêu chuẩn SPT thường cho kết quả lớn hơn khá nhiều 2 kết quả còn lại. Sở dĩ có hiện tượng trên là do việc sử dụng chung một hệ số độ tin cậy theo đất nền.

Kiến nghị: Cần có các nghiên cứu để đưa ra một hệ số độ tin cậy cho việc tính toán sức chịu tải của cọc khoan nhồi theo kết quả xuyên tiêu chuẩn SPT, việc này có thể bao gồm việc hiệu chỉnh giá trị xuyên tiêu chuẩn từ kết quả thí nghiệm hiện trường./.

Tài liệu tham khảo

1. TCVN 10304:2014 Móng cọc – Tiêu chuẩn thiết kế
2. TCVN 5574:2012 Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép – Tiêu chuẩn thiết kế
3. Architectural Institute of Japan (1988), Recommendations for Design of Building Foundations
4. TCVN 9351:2012 Đất xây dựng – Phương pháp thí nghiệm hiện trường – Thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn (SPT)