

Một số vấn đề khi thiết kế kết cấu tạo hình nguội theo EN 1993-1-3

Some problems when designing cold formed structures according to EN 1993-1-3

> PGS.TS NGUYỄN HỒNG SƠN

Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội; Email: nguyenhongsondhtk@gmail.com

TÓM TẮT

Bài báo trình bày một số quy định về cấp kết cấu, vật liệu thép và vật tư hàn, tính toán xoắn đối với cấu kiện tạo hình nguội tiết diện hở theo EN 1993-1-3, cũng như Phụ lục quốc gia của một số nước. Từ đó làm cơ sở khoa học khi xây dựng Tiêu chuẩn quốc gia cũng như Hướng dẫn thiết kế dành cho Việt Nam đối với kết cấu tạo hình nguội theo EN 1993-1-3. Theo đó, mục đích bài báo nghiên cứu để làm rõ việc chuyển đổi một số vật liệu thép và vật liệu liên kết quy định ở tài liệu viện dẫn của EN 1993-1-3, làm rõ công thức tính toán xoắn đối với cấu kiện tạo hình nguội tiết diện hở phù hợp với các Tiêu chuẩn khác của Việt Nam hiện hành.

Từ khóa: Cấu kiện tạo hình nguội; EN 1993-1-3.

ABSTRACT

The article presents some rules on structural classes, steel materials and welding supplies, and torsional moment for open section cold formed members according to EN 1993-1-3, as well as the National Annex of a country in Europe and Asian. From there, it serves as a scientific basis when developing National Standards as well as Design Guidelines for Vietnam for cold-formed structures according to EN 1993-1-3. Accordingly, the purpose of the study is to clarify the conversion of some steel materials and connection materials specified in the reference document of EN 1993-1-3, clarifying the torsion moment formula for structural members. Cold formed open section in accordance with other current Vietnamese Standards.

Keywords: Cold formed members, EN 1993-1-3.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cấu kiện thanh tạo hình nguội được sử dụng khá phổ biến hiện nay, ví dụ như: xà gồ mái, xà gồ tường hoặc các cấu kiện cột và dầm của các kết cấu xây dựng chịu tải trọng nhỏ và nhịp nhỏ. Tiêu chuẩn thiết kế của Việt Nam đối với loại kết cấu này chưa có, các kỹ sư thường sử dụng tiêu chuẩn Mỹ (AISI S100-16), châu Âu (EN 1993-1-3) hoặc Úc (AS/NZS 4600-2018) v.v. Theo đó, việc nghiên cứu các

tiêu chuẩn nước ngoài trong số đó là tiêu chuẩn châu Âu và biên soạn tiêu chuẩn Việt Nam, cũng như biên soạn các tài liệu kỹ thuật chuyên ngành đi kèm (chẳng hạn: Chỉ dẫn thiết kế hoặc Hướng dẫn thiết kế v.v.) là cần thiết. Đặc biệt các tài liệu liên quan, ví dụ như: Phụ lục quốc gia của các nước, các tiêu chuẩn về vật liệu sử dụng cho kết cấu tạo hình nguội (vật liệu thép, vật liệu liên kết) để biên soạn tài liệu Hướng dẫn thiết kế kết cấu thép tạo hình nguội. Khi biên soạn tài liệu Hướng dẫn thiết kế kết cấu tạo hình nguội áp dụng cho Việt Nam, dựa trên cơ sở tiêu chuẩn châu Âu, còn gặp nhiều vấn đề bỏ ngỏ bởi sự khác nhau giữa hai hệ thống tiêu chuẩn (các tiêu chuẩn của Việt Nam hiện hành dành cho nhà và công trình đa phần dựa vào tiêu chuẩn Nga), cụ thể có các vấn đề sau: (1) Cấp kết cấu; (2) Vật liệu sử dụng; (3) Tính toán cấu kiện (trong đó có tính toán xoắn cấu kiện); (4) Phụ lục quốc gia v.v.

Theo đó, các vấn đề kể trên sẽ được đề cập ở bài báo này và cách giải quyết cụ thể từng vấn đề như ở dưới đây.

2. MỘT SỐ VẤN ĐỀ KHI THIẾT KẾ CẤU KIỆN TẠO HÌNH NGUỘI

2.1 Cấp kết cấu

Tiêu chuẩn châu Âu quy định cấp kết cấu, liên quan đến hậu quả phá hoại của kết cấu (ký hiệu CC1, CC2, CC3) và được quy định trong Bảng B1 của Phụ lục B trong EN 1990, vấn đề này cũng tương đồng với Phụ lục A trong QCVN 03:2022/BXD (ký hiệu là C1, C2, C3). Bên cạnh đó, tại mục 2(6) trong EN 1993-1-3 còn quy định cấp kết cấu khi thiết kế tiết diện, theo đó có các cấp kết cấu sau:

- Cấp kết cấu I: Kết cấu mà cấu kiện và tấm tạo hình nguội của nó được thiết kế theo điều kiện đảm bảo được độ bền và ổn định công trình về tổng thể;

- Cấp kết cấu II: Kết cấu mà cấu kiện và tấm tạo hình nguội của nó được thiết kế theo điều kiện đảm bảo được độ bền và ổn định của các cấu kiện riêng lẻ;

- Cấp kết cấu III: Kết cấu mà cấu kiện và tấm tạo hình nguội của nó được dùng chỉ để truyền tải trọng lên khung chịu lực.

Trong các giai đoạn xây dựng khác nhau có thể xem xét các cấp kết cấu khác nhau. Ngoài ra, còn có các yêu cầu đối với thi công các tấm (xem trong EN 1090).

2.2 Vật liệu sử dụng

a) Vật liệu thép

Vật liệu thép quy định trong EN 1993-1-3 theo các tiêu chuẩn: EN 10025 (Phần 2, Phần 3, Phần 4), ngoài ra còn cho phép sử dụng thép theo các tiêu chuẩn ISO 4997, EN 10326, EN 10149 (Phần 2, Phần 3), EN 10268, EN 10292, EN 10326, EN 10327, EN 508-1.

Giải thích các ký hiệu: EN 10025-2 - thép kết cấu, sau đó là ba chữ số biểu thị giới hạn dẻo quy ước (tính bằng MPa hoặc N/mm²), EN 10025-3 và EN 10025-4 có ký hiệu N hoặc M liên quan đến điều kiện cung cấp, N - thường hóa, M - cơ học; NL hoặc ML - biểu thị giá

trị năng lượng va đập nhỏ nhất ở nhiệt độ tối thiểu -50°C, trường hợp không có chữ L, biểu thị nhiệt độ tham chiếu lấy là -20°C. ISO 4997 có ký hiệu CR - cán nguội, sau đó là ba chữ số biểu thị giới hạn chảy nhỏ nhất (tính bằng MPa hoặc N/mm²). EN 10326 có ký hiệu S - thép kết cấu, sau đó là ba chữ số biểu thị giới hạn dẻo quy ước (tính bằng MPa hoặc N/mm²), ký hiệu GD - mạ kẽm nhúng nóng, các ký hiệu lớp phủ nhúng nóng: Z - kẽm, ZA - kẽm - hợp kim nhôm, AZ - hợp kim nhôm - kẽm. EN 10149-2 và EN 10149-3 có ký hiệu S - thép kết cấu, sau đó là ba chữ số biểu thị giới hạn chảy nhỏ nhất (tính bằng MPa hoặc N/mm²), ký hiệu MC - cán cơ nhiệt. EN 10268 và EN 10292 có ký hiệu H - tấm phẳng có độ bền cao để tạo hình nguội; LA - hợp kim thấp, LAD - hợp kim thấp dành cho lớp mạ nhúng nóng. EN 10327 có các ký hiệu DX51D - uốn và gia công định hình; DX52D - chất lượng dập vượt thông thường; DX53D - chất lượng dập vượt.

Thấy rằng, các mác thép theo EN 10025 (Phần 2, Phần 3, Phần 4) như ở Bảng 1 hoàn toàn tương đồng với TCVN 9986 (Phần 1, Phần 3). Các sản phẩm thép khác (Bảng 2), có ISO 4997 đã được chuyển dịch thành TCVN 6524, ngoại trừ các EN 10326, EN 10149-2, EN 10149-3, EN 10268, EN 10292, EN 10326, EN 10327.

Bảng 1. Thép tấm cán nóng

Theo tiêu chuẩn châu Âu		Theo tiêu chuẩn Việt Nam	
Tiêu chuẩn	Mác thép	Tiêu chuẩn	Mác thép
EN 10025-2	S235	TCVN 9986-1	S235
	S275		S275
	S355		S355
EN 10025-3	S275N	TCVN 9986-3	S275N
	S355N		S355N
	S420N		S420N
	S460N		S460N
	S275NL		-
	S355NL		-
	S420NL		-
	S460NL		-
EN 10025-4	S275M	TCVN 9986-3	S275M
	S355M		S355M
	S420M		S420M
	S460M		S460M
	S275ML		-
	S355ML		-
	S420ML		-
	S460ML		-

Bảng 2. Sản phẩm thép khác

Theo tiêu chuẩn châu Âu		Theo tiêu chuẩn Việt Nam	
Tiêu chuẩn	Mác thép	Tiêu chuẩn	Mác thép
ISO 4997	CR220	TCVN 6524	CR220
	CR250		CR250
	CR320		CR320
EN 10326	S220GD+Z	-	-
	S250GD+Z		-
	S280GD+Z		-
	S320GD+Z		-
	S350GD+Z		-
EN 10149-2	S315MC	-	-
	S355MC		-
	S420MC		-
	S460MC		-
	S500MC		-
	S550MC		-
	S600MC		-

EN 10149-3	S650MC	-	-
	S700MC		-
	S260 NC		-
	S315 NC		-
EN 10268	S355 NC	-	-
	S420 NC		-
	H260LAD		-
	H300LAD		-
EN 10292	H340LAD	-	-
	H380LAD		-
	H420LAD		-
	S220GD+ZA		-
EN 10326	S250GD+ZA	-	-
	S280GD+ZA		-
	S320GD+ZA		-
	S350GD+ZA		-
	S220GD+AZ		-
EN 10327	S250GD+AZ	-	-
	S280GD+AZ		-
	S320GD+AZ		-
	S350GD+AZ		-
EN 10327	DX51D+Z	-	-
	DX52D+Z		-
	DX53D+Z		-

b) Vật liệu liên kết

Vật liệu liên kết trong các chi tiết lắp siết được quy định trong EN ISO 1478, EN ISO 1479, EN ISO 2702, EN ISO 7079, ISO 10684.

Bảng 3. Vật liệu liên kết

Theo tiêu chuẩn châu Âu		Theo tiêu chuẩn Việt Nam	
Tiêu chuẩn	Bộ phận	Tiêu chuẩn	Bộ phận
EN ISO 1478	Vít	ISO 1478	Vít
EN ISO 1479	Vít	ISO 1479	Vít
EN ISO 2702	Vít	ISO 2702	Vít
EN ISO 7079	Vít	ISO 7079	Vít
ISO 10684	Lớp phủ	ISO 10684	Lớp phủ

EN 1993-1-3 không quy định đối với bu lông, đinh rút. Các chi tiết lắp siết xem các EN 15973 → EN 15976 (Đinh rút đầu kín với trục gá kéo và đầu nhỏ), EN 15977 → EN 15984 (Đinh rút đầu mở với trục gá kéo và đầu chìm), EN 16582 → EN 16585 (Đinh rút đầu mở với trục gá kéo và đầu nhỏ), EN ISO 898-1 (Đặc tính cơ học của chốt làm bằng thép các bon và thép hợp kim. Bu lông, vít và đinh tán), EN 4014 → EN 4018 (Bu lông đầu sáu cạnh, Vít đầu sáu cạnh).

Thấy rằng, vật liệu vít và lớp phủ phù hợp hoàn toàn với các ISO.

2.3 Thông tin bổ sung

Ngoài các tiêu chuẩn EN 1993-1-1, EN 1993-1-3, EN 1993-1-5. Để tính toán cấu kiện tạo hình nguội còn phải có các tài liệu "Thông tin bổ sung, không mâu thuẫn - NCCI", là thông tin hỗ trợ việc sử dụng tiêu chuẩn châu Âu với hướng dẫn hữu ích không được cho trong nội dung chính của Tiêu chuẩn châu Âu. Tài liệu dưới đây được cho bởi Hiệp hội Thép xây dựng của Anh - BCSCA đối với các nhóm tính toán về tiết diện và liên kết dành cho thanh tạo hình nguội.

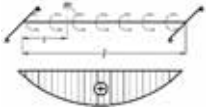
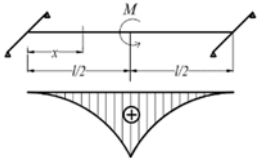
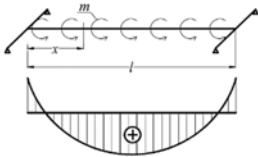
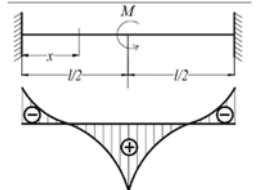
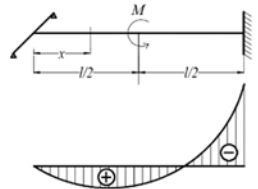
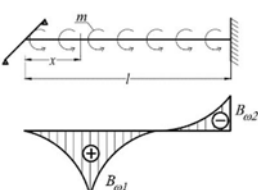
- Tính toán các đặc trưng tiết diện: SX022a-EN-EU và SX023a-EN-EU;
- Thiết kế tiết diện tạo hình nguội: SX024a-EN-EU, SX026a-EN-EU và SX027a-EN-EU;
- Thiết kế liên kết cấu kiện tạo hình nguội: SX025a-EN-EU, SX028a-EN-EU.

Bảng 4. Đặc trưng xoắn của một số tiết diện ngang thông thường

Tiết diện	Hằng số vênh I_w	Hằng số xoắn I_t	e cho tâm cắt	Giá trị tọa độ quạt ω
	$\frac{I_w b_w^2}{4}$ hoặc $\frac{b_w^2 b_f^3 t}{24}$	$\frac{2b_f t^3 + b_w t^3}{3}$ hoặc nếu $t_w = t_r$ $\frac{t^3}{3}(2b_f + b_w)$	0	
	$\frac{b_w^2 b_f^3 t}{12} \left[\begin{matrix} 2 + \frac{3b_f}{b_w} \\ 1 + \frac{6b_f}{b_w} \end{matrix} \right]$	$\frac{t^3}{3}(2b_f + b_w)$	$\frac{3b_f^2}{6b_f + b_w}$	
	$\frac{b_f^2 t}{6} (4a^3 + 3b_w^2 a + 6b_w a^3 + b_f b_w^2) - I_y e^2$	$\frac{t^3}{3}(2b_f + 2a + b_w)$	$\frac{b_f b_w^2}{I_y} a t \cdot \left[\frac{1}{2} + \frac{b_f}{4a} - \frac{2a^2}{3b_w^2} \right]$	
	$\frac{b_f^2 t}{12(2b_f + b_w + 2a)} \cdot [b_w^2 (b_f^2 + 2b_f b_w + 4b_f a + 6b_w a) + 4a^2 (3b_f b_w + 3b_w^2 + 4b_f a + 2b_w a + a^2)]$	$\frac{t^3}{3}(2b_f + 2a + b_w)$	0	
	$\frac{b_f^3 b_w^2 t b_f + 2b_w}{12(2b_f + b_w)}$	$\frac{t^3}{3}(2b_f + b_w)$	0	
	$\frac{t^3}{36}(b_f^3 + b_w^3)$	$\frac{t^3}{3}(b_f + b_w)$	0	Không liên quan

Bảng 5. Sự thay đổi bi môment đối với các điều kiện biên thông thường

Điều kiện tải trọng	Phương trình bi môment	Giá trị tối đa	
	$B_\omega = -Ml \frac{\sinh k(l-x)}{kl \cdot \cosh kl}$	x = 0	$B_\omega = Mlb$
	$B_\omega = -\frac{m}{k^2 \cdot \cosh kl} \cdot [kl \cdot \sinh kl (l-x) - \cosh kl + \cosh kx]$	x = 0	$B_\omega = ml^2 c$

Điều kiện tải trọng	Phương trình bi môment	Giá trị tối đa	
	$B_{\omega} = \frac{m}{k^2} \cdot \left[1 - \frac{\cosh k \left(\frac{l}{2} - x \right)}{\cosh \frac{kl}{2}} \right]$	$x = \frac{l}{2}$	$B_{\omega} = m^2 p$
	$B_{\omega} = \frac{M}{2k} \cdot \frac{\sinh kx}{\cosh \frac{kl}{2}}$	$x = \frac{l}{2}$	$B_{\omega} = \frac{Ml}{2} f$
	$B_{\omega} = \frac{m}{k^2} \cdot \left[1 - \frac{kl \cdot \cosh k \left(\frac{l}{2} - x \right)}{2 \cdot \sinh \frac{kl}{2}} \right]$	$\left. \begin{matrix} x = 0 \\ x = l \end{matrix} \right\}$ $x = \frac{l}{2}$	$B_{\omega} = m^2 g$ $B_{\omega} = m^2 j$
	$B_{\omega} = \frac{M}{2k} \cdot \frac{\cosh kx - \cosh k \left(\frac{l}{2} - x \right)}{\sinh \frac{kl}{2}}$	$x = 0 \quad x = \frac{l}{2}$ $x = l$	$B_{\omega} = \frac{Ml}{2} n$
	$B_{\omega} = \frac{m}{k^2} \cdot \left[1 - \cosh kx + \frac{1 + kl \cdot \sinh kl - \cosh kl - \frac{k^2 l^2}{2} \cdot \sinh kx}{kl \cdot \cosh kl - \sinh kl} \right]$	$x = l$	$B_{\omega} = \frac{ml}{2} w$
	$B_{\omega 1} = \frac{M}{k} \cdot \frac{1}{kl \cdot \sinh kl - \sinh kl} \cdot \left(kl \cdot \cosh \frac{kl}{2} - \sinh \frac{kl}{2} - \frac{kl}{2} \right) \cdot \sinh kx$ $B_{\omega 2} = \frac{M}{k} \cdot \left[\frac{\sinh kx}{kl \cdot \cosh kl - \sinh kl} \cdot \left(kl \cdot \cosh \frac{kl}{2} - \sinh \frac{kl}{2} - \frac{kl}{2} \right) - \sinh k \left(x - \frac{l}{2} \right) \right]$	$x = \frac{l}{2}$ $x = l$	$B_{\omega} = \frac{Ml}{2} v$ $B_{\omega} = \frac{Ml}{2} u$
$b = \frac{\tanh kl}{kl}; c = \frac{kl \cdot \sinh kl - \cosh kl + 1}{k^2 l^2 \cosh kl}; p = \frac{\cosh \frac{kl}{2} - 1}{k^2 l^2 \cosh \frac{kl}{2}}; f = \frac{\cosh kl - 1}{kl \cdot \sinh kl}$ $g = \frac{kl (\cosh kl + 1) - \sinh kl}{k^2 l^2 \sinh kl}; j = \frac{\sinh kl - kl \cdot \cosh \frac{kl}{2}}{k^2 l^2 \sinh kl}; n = \frac{\sinh kl - 2 \sinh \frac{kl}{2}}{kl (\cosh kl - 1)}$ $v = \frac{kl \cdot \sinh kl - \cosh kl + 1 - kl \cdot \sinh \frac{kl}{2}}{kl (kl \cdot \cosh kl - \sinh kl)}; w = \frac{kl \cdot \sinh kl - 2 \cosh kl + 2}{kl (kl \cdot \cosh kl - \sinh kl)}; u = \frac{\sinh kl - 2 \sinh \frac{kl}{2}}{kl \cdot \cosh kl - \sinh kl}$			

2.4 Bi mô men

Trong các tiết diện thép thành mỏng, vai trò của xoắn được đề cao hơn so với các tiết diện thép định hình cán nóng. Có ba lý do tại sao có vấn đề này là như sau (Davies, 1991):

(1) Hầu hết các cấu kiện tạo hình nguội có tiết diện hở và thường có tâm cắt nằm bên ngoài mặt cắt. Điều đó dẫn đến việc khó đạt được việc đặt tải trọng tác dụng đi qua tâm cắt và trên thực tế, các dầm từ thanh tạo hình nguội phải chịu lực xoắn, do đó xoắn của mặt cắt xảy ra nếu nó không được kiểm chế chống lại lực xoắn;

(2) Đối với mặt cắt hở, hằng số xoắn I_t liên quan trực tiếp đến khả năng chống xoắn, tỷ lệ với chiều dày vật liệu theo lũy thừa ba. Điều này dẫn đến việc các tiết diện cán nguội thành mỏng có khả năng chống xoắn kém hơn so với các tiết diện cán nóng thông thường;

(3) Khi xoắn bị kiểm chế, ví dụ tại các gối tựa, ứng suất dọc xuất hiện có thể có cùng độ lớn với ứng suất uốn và cần được tính đến. Do đó, tiết diện được thiết kế để chịu ứng suất đồng thời khi uốn có thể có ứng suất vượt quá khi chỉ tính đến lực xoắn hạn chế.

Do đó, khả năng chịu tải có thể bị giảm đáng kể do lực xoắn, nên tránh sự xuất hiện mô men xoắn trong kết cấu xây dựng. Tuy nhiên, trong thực tế, dầm thép tạo hình nguội thường nhận tải trọng thông qua các cấu kiện mà chúng đỡ và do đó, chúng tạo khả năng kiểm chế xoắn. Trong nhiều ứng dụng thường gặp (ví dụ: xà gỗ, dầm sàn v.v.), tải trọng và kiểm chế xoắn luôn liên tục và ở một mức độ nào đó tự cân bằng để giảm đáng kể xu hướng xoắn.

Trong thiết kế, sự xuất hiện đồng thời của ứng suất do lực dọc trục, mô men uốn và mô men xoắn phải duy trì dưới giới hạn của ứng suất chảy. Ngoài ra, sự đồng thời của ứng suất cắt phải được xem xét.

Lý thuyết cơ bản về lực xoắn thường được gọi là lý thuyết của St. Venant. Liên quan đến chúng là hằng số xoắn I_t , hằng số vênh I_w , trọng tâm cắt e và giá trị tọa độ quạt ω (các giá trị ghi ở Bảng 1), biến thiên giá trị bi mô men với các điều kiện biên thông thường (ghi ở Bảng 2).

Tóm lại, khi tải trọng được đặt lệch tâm so với tâm cắt của tiết diện ngang thì phải tính đến ảnh hưởng của lực xoắn. Trong chừng mực có thể, cần tránh hoặc giảm mô men xoắn bằng các kiểm chế vì chúng làm giảm đáng kể khả năng chịu tải, đặc biệt trong trường hợp các tiết diện hở.

Khi xác định ảnh hưởng của mô men xoắn, trục trung tâm, tâm cắt và tâm quay phải được coi là các trục của tiết diện ngang.

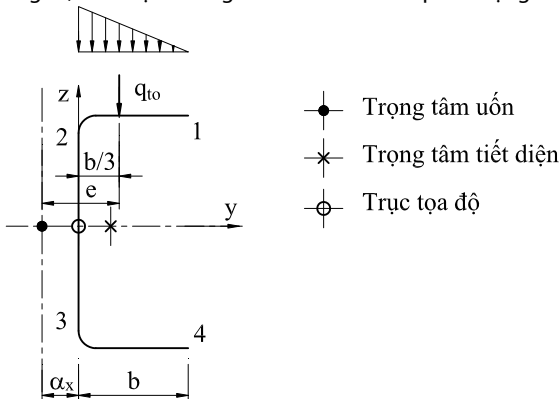
Minh họa cách xác định ảnh hưởng xoắn đối với thanh tạo hình nguội tiết diện chữ C với chiều dày 1,5 mm. Tiết diện có các đặc trưng hình học: diện tích tiết diện ngang, $A = 3,640 \text{ cm}^2$; mô men quán tính khi xoắn tự do, $I_t = 0,0273 \text{ cm}^4$; mô men quán tính quạt, $I_w = 316,92 \text{ cm}^6$.

Đặc trưng uốn - xoắn là hằng số vật lý của tiết diện ngang và công thức biểu diễn là:

$$k = \sqrt{\frac{GI_t}{EI_w}} = 0,005764 \text{ cm}^{-1},$$

trong đó: $G = 79000 \text{ MPa}$ là mô đun trượt của thép; $E = 206000 \text{ MPa}$ là mô đun đàn hồi của thép.

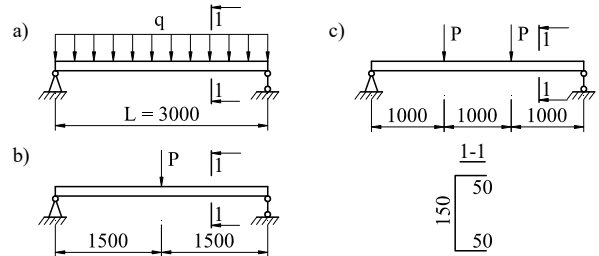
Đa số các trường hợp tải trọng đặt trên cánh sẽ phân bố không đều, theo quy luật tam giác. Khi đó véc tơ tổng tải trọng sẽ đi qua trọng tâm biểu đồ tải trọng, nằm tại điểm giao các đường trung tuyến của tam giác, tức là tại khoảng cách $b/3$ tính từ mép của bụng.



Hình 1. Sơ đồ đặt tải trọng lên thanh

Như ở Hình 1, toàn bộ độ lệch tâm đặt tải trọng sẽ được cộng từ độ lệch tâm do sự không trùng khớp trọng tâm và tâm uốn của tiết diện ngang α_x (y_b là tọa độ tâm uốn theo trục y) và độ lệch tâm trực tiếp đặt tải trọng:

$$e = \alpha_x + \frac{b}{3} = 1,682 + \frac{5}{3} = 3,35 \text{ cm}.$$



Hình 2. Sơ đồ dầm với các phương án tải trọng

Bài toán 1: Khảo sát dầm một nhịp gối tựa do chịu tải trọng phân bố (Hình 2a).

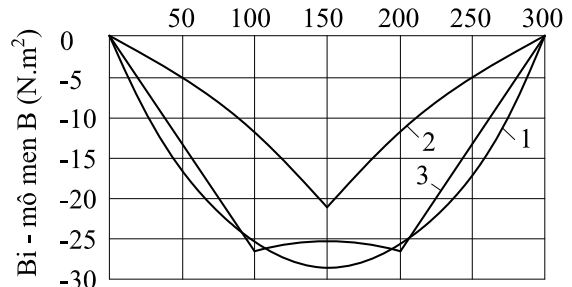
Bi mô men sẽ phân bố theo chiều dài dầm theo quy luật:

$$B_{\omega} = \frac{qe}{k^2} \left(1 - \frac{\text{ch} \frac{k(L-2x)}{2}}{\text{ch} \frac{kL}{2}} \right)$$

Biểu đồ của bi mô men (Hình 3, đường 1) có hình dáng giống với biểu đồ của mô men uốn.

Bi mô men lớn nhất bằng:

$$B_{\omega} = \frac{qe}{k^2} \left(1 - \frac{1}{\text{ch} \frac{kL}{2}} \right) = \frac{0,01 \times 3,35}{0,005764^2} \left(1 - \frac{1}{1,398} \right) = 287,06 \text{ kNcm}^2$$



Tọa độ dầm X (cm)

1 - Chịu tải trọng phân bố đều; 2 - Chịu một tải trọng tập trung;

3 - Chịu hai tải trọng tập trung

Hình 3. Biểu đồ bi mô men trong dầm tựa khớp ở hai đầu chịu các phương án tải trọng

Bài toán 2: Khảo sát dầm một nhịp gối tựa do chịu một tải trọng tập trung (Hình 2b).

Bi mô men sẽ phân bố theo chiều dài dầm theo quy luật:

$$B_{\omega} = \frac{Pe}{k} \frac{\text{sh}(kx)\text{sh} \frac{kL}{2}}{\text{sh}(kL)}, \text{ khi } 0 \leq x \leq \frac{L}{2}.$$

$$B_{\omega} = \frac{Pe}{k} \frac{\text{sh}(k(L-x))\text{sh} \frac{kL}{2}}{\text{sh}(kL)}, \text{ khi } \frac{L}{2} < x \leq L$$

Biểu đồ bi mô men được trình bày trên Hình 3 (đường 2). Bi mô men lớn nhất bằng:

$$B_{\omega} = \frac{Pe}{k} \frac{\text{sh}^2 \frac{kL}{2}}{\text{sh}(kL)} = \frac{1 \times 3,35}{0,005764} \frac{0,976^2}{2,7829} = 202,87 \text{ kN.cm}^2 = 20,287 \text{ N.m}^2$$

Bài toán 3: Khảo sát dầm một nhịp gối tự do chịu hai tải trọng tập trung - uốn "thuần túy" và vênh "thuần túy" (Hình 2c).

Phân bố bi mô men theo chiều dài dầm được biểu thị bằng các quan hệ sau:

$$B_{\omega} = \frac{Pe}{k} \frac{\text{sh}(kx)}{\text{sh}(kL)} \left(\text{sh} \frac{2KL}{3} + \text{sh} \frac{KL}{3} \right), \text{ khi } 0 \leq x \leq \frac{L}{3}.$$

$$B_{\omega} = \frac{Pe}{k} \frac{\text{sh} \frac{KL}{3}}{\text{sh}(kL)} (\text{sh}(k(L-x)) + \text{sh}(kx)), \text{ khi } \frac{L}{3} < x \leq \frac{2L}{3}.$$

$$B_{\omega} = \frac{Pe}{k} \frac{\text{sh}(K(L-x))}{\text{sh}(kL)} \left(\text{sh} \frac{2KL}{3} + \text{sh} \frac{KL}{3} \right), \text{ khi } \frac{2L}{3} < x \leq L$$

Sau khi thay thế, bi mô men lớn nhất bằng:

$$B_{\omega} = \frac{Pe}{k} \frac{\text{sh}^2 \frac{KL}{2}}{\text{sh}(kL)} \left(\text{sh} \frac{KL}{3} + \text{sh} \frac{2KL}{3} \right) = 26,377 \text{ kNm}^2$$

Biểu đồ bi mô men được trình bày trên Hình 3 (đường 3).

3. PHỤ LỰC QUỐC GIA

Trong EN 1993-1-3, có một số thông số do quốc gia quyết định (National determined parameter – NDP). Các thông số này nằm rải rác trong các Điều ở phần chính văn của Tiêu chuẩn. Việc nghiên cứu và đối chiếu các thông số quốc gia của các nước khác nhau được thực hiện dựa trên Phụ lục quốc gia (PLQG) của một số nước như: Anh, Pháp, Đức, Phần Lan, Đan Mạch, Singapore, v.v. Trong các nước kể trên, các quốc gia Anh, Pháp, Đức có đóng góp chính cho việc biên soạn bộ tiêu chuẩn Eurocodes. Còn một số nước Xlovackia, Slovenia, Romania cũng xây dựng tiêu chuẩn dựa trên các tiêu chuẩn của Liên xô cũ/Nga, giống với Việt Nam. Ngoài ra, các nước Singapore, Malaysia có đặc thù khí hậu tương đối giống Việt Nam.

2.1 Thông số quốc gia trong các tiểu mục của EN 1993-1-3

Sau đây thống kê sơ bộ các NDP trong các tiểu mục của chính văn trong EN 1993-1-3.

- NA.2.2 Hệ số an toàn riêng, γ_M [EN 1993-1-3, 2(3)]. Sử dụng các giá trị được đề xuất. Các giá trị khuyến nghị cho nhà: $\gamma_{M0} = 1,00$; $\gamma_{M1} = 1,00$; $\gamma_{M2} = 1,25$.

- NA.2.3 Hệ số an toàn riêng, $\gamma_{M,ser}$ [EN 1993-1-3, 2(5)]. Sử dụng các giá trị được đề xuất. $\gamma_{M,ser} = 1,00$.

NA.2.4 Giá trị danh nghĩa của giới hạn chảy f_{yk} và giới hạn bền kéo tới hạn f_u [EN 1993-1-3, 3.1(3) Ghi chú 1 và Ghi chú 2]. Ghi chú 1: sử dụng giá trị được đề xuất. Ghi chú 2: bên cạnh các vật liệu thép và các loại được liệt kê trong Bảng 3.1b của EN 1993-1-3, các vật liệu thép khác cũng có thể được sử dụng, với điều kiện là đặc tính cơ học của chúng đáp ứng các yêu cầu hoặc được chỉ định theo các nguyên tắc của các tiêu chuẩn được liệt kê trong bảng 3.1b của EN 1993-1-3.

- NA.2.5 Chiều dày của thép lõi [EN 1993-1-3, 3.2.4(1)]. Giới hạn cho phép của thép cơ bản t_{cor} để thiết kế bằng tính toán theo EN 1993-1-3 như sau: - Đối với tấm và cấu kiện: $0,35 \text{ mm} \leq t_{cor} \leq 15 \text{ mm}$; - Đối với liên kết: $0,35 \text{ mm} \leq t_{cor} \leq 4 \text{ mm}$.

- NA.2.6 Khiếm khuyết (không hoàn hảo) vồng ban đầu [EN 1993-1-3, 5.3(4)]. Sử dụng các giá trị được đề xuất.

- NA.2.7 Hệ số riêng cho chốt cơ khí, γ_{M2r} [EN 1993-1-3, 8.3(5)]. Hệ số an toàn riêng, γ_{M2r} , cho chốt cơ khí tương ứng nên được lấy như sau: Cấp 4.6: $\gamma_{M2r} = 1,5$. Các cấp khác: $\gamma_{M2r} = 1,25$.

- NA.2.8 Khả năng chịu lực thiết kế của đỉnh tán chìm [EN 1993-1-3, 8.3(13)]. Khả năng chịu cắt của đỉnh tán chìm cần được lấy từ thí nghiệm. Trong trường hợp các giá trị độ bền đặc trưng được cung cấp bởi nhà sản xuất, chúng cần được sử dụng cùng với giá trị γ_{M2} được đề xuất của nhà sản xuất.

- NA.2.9 Khả năng chịu lực thiết kế của vít tự khoan [EN 1993-1-3, 8.3(13)]. Khả năng chịu cắt, khả năng chống kéo tuột và khả năng chịu kéo của vít tự khoan cần được lấy từ thí nghiệm. Trong trường hợp giá trị các cường độ đặc trưng được cung cấp bởi nhà sản xuất, chúng cần được sử dụng cùng với giá trị γ_{M2} được đề xuất của nhà sản xuất.

- NA.2.10 Đồ bền thiết kế của chốt đoạn [EN 1993-1-3, 8.3(13)]. Khả năng chịu cắt, khả năng chống kéo tuột và chống kéo của chốt đoạn cần được xác định bằng cách thử nghiệm. Trong trường hợp các giá trị cường độ đặc trưng được cung cấp bởi nhà sản xuất, chúng cần được kết hợp sử dụng cùng với giá trị γ_{M2} được đề xuất của nhà sản xuất.

- NA.2.11 Khả năng chịu lực thiết kế của bu lông [EN 1993-1-3, 8.3(13)]. Khả năng chống kéo xuyên của bu lông chịu kéo cần được xác định bằng cách thí nghiệm. Khả năng chịu lực đặc trưng được cung cấp bởi nhà sản xuất, chúng cần được sử dụng cùng với giá trị γ_{M2} được đề xuất của nhà sản xuất.

- NA.2.12 Hệ số riêng cho mỗi hàn điểm, γ_{M2} [EN 1993-1-3, 8.4(5)]. Đối với mỗi hàn điểm chịu cắt, sử dụng $\gamma_{M2} = 1,25$. Mỗi hàn điểm không nên được sử dụng trong chịu kéo.

- NA.2.13 Hệ số riêng cho mỗi hàn chồng, γ_{M2} [EN 1993-1-3, 8.5.1(4)]. Sử dụng giá trị được đề xuất.

- NA.2.14 Thiết kế được hỗ trợ bởi thí nghiệm [EN 1993-1-3, 9(2)]. Thí nghiệm cần được thực hiện theo các nguyên tắc được đưa ra trong A.2 đến A.5 của EN 1993-1-3. Việc đánh giá kết quả thí nghiệm để đưa ra các giá trị đặc trưng hoặc thiết kế có thể được thực hiện theo các phương pháp được đưa ra trong A.6 của EN 1993-1-3. Ngoài ra, các phương pháp trong Phụ lục D của EN 1990 có thể được sử dụng.

- NA.2.15 Dầm được ngâm bởi các tấm [EN 1993-1-3, 10.1.1(1)]. Sử dụng các thí nghiệm được mô tả trong Phụ lục A của EN 1993-1-3.

- NA.2.16 Mặt ổn định của bản cánh tự do [EN 1993-1-3, 10.1.4.2(1)]. Hệ số giảm mất ổn định xoắn-ngang, χ_{LT} , cần được lấy theo EN 1993-1-1, 6.3.2.2 sử dụng đường cong mất ổn định b.

- NA.2.17 Quy trình thí nghiệm [EN 1993-1-3, A1(1)]. Ghi chú 2: Thí nghiệm nên được thực hiện theo các nguyên tắc được đưa ra trong A.2 đến A.5 của EN 1993-1-3. Việc đánh giá kết quả thử nghiệm để đưa ra các giá trị đặc trưng hoặc thiết kế có thể được thực hiện theo các phương pháp được đưa ra trong A.6 của EN 1993-1-3. Các phương pháp trong Phụ lục D của EN 1990 có thể được sử dụng để thay thế. Ghi chú 3: Kết quả thử nghiệm sẵn có có thể được chuyển đổi thành các giá trị Eurocode tương đương với điều kiện các quy trình kiểm tra ban đầu tuân thủ các nguyên tắc được đưa ra trong EN 1993-1-3 và các sắp xếp thử nghiệm không khác biệt đáng kể so với các khuyến nghị của A.2 đến A.5 của EN 1993-1-3. Các giá trị thiết kế hoặc đặc trưng tương đương Eurocode có thể thu được bằng cách phân tích lại dữ liệu thử nghiệm thô ban đầu theo các khuyến nghị của A.6 của EN 1993-1-3 hoặc Phụ lục D của EN 1990, hoặc bằng cách phân tích lại các giá trị đặc trưng hoặc thiết kế ban đầu.

- NA.2.18 Hệ số riêng cho kết quả thí nghiệm, γ_M [EN 1993-1-3, A6.4(4)]. Các giá trị được đưa ra trong Phụ lục quốc gia này để thiết kế theo tính toán có thể được sử dụng. Lựa chọn các giá trị của γ_M do việc sử dụng phụ lục D của EN 1990 có thể được sử dụng.

- NA.2.19 Hạn chế về việc sử dụng "Thiết kế đơn giản cho xà gồ" [EN 1993-1-3, E(1)]. Quy trình được đưa ra trong Phụ lục E của EN 1993-1-3 không được sử dụng. Thông tin về một phương pháp thay thế được đưa ra trong NA.4.

- NA.3 Quyết định định về tình trạng phụ lục tham khảo
NA.3.1 Phụ lục B EN 1993-1-3 Phụ lục B có thể được sử dụng.

- NA.3.2 Phụ lục C. EN 1993-1-3 Phụ lục C có thể được sử dụng.

- NA.3.3 Phụ lục D. EN 1993-1-3 Phụ lục D có thể được sử dụng.

- NA.3.4 Phụ lục E. EN 1993-1-3 Phụ lục E có thể được sử dụng

2.2 Lựa chọn thông số quốc gia trong Phụ lục quốc gia của một số nước

Lựa chọn trong PLQG (NA - National Annex) của một số nước có thể được chia thành 03 nhóm:

Nhóm 1: Các nước có Phụ lục quốc gia, gồm:

- Đức (DIN EN 1993-1-3 / NA: 2010-12), các hệ số an toàn được thiết lập như sau $\gamma_{M0} = 1,10$, $\gamma_{M1} = 1,10$, $\gamma_{M2} = 1,25$. Giới hạn lõi thép cấu kiện được thiết lập như sau: $0,45 \text{ mm} \leq t_{cor} \leq 3,0 \text{ mm}$.

- Hà Lan (NEN-EN 1993-1-3: 2006 / NB: 2011),

Giới hạn lõi thép cấu kiện được thiết lập như sau: Minimal = 0,95 mm, Maximal = 8,00 mm

- Xlo-va-ki-a (STN EN 1993-1-3 / NA: 2010), Các hệ số an toàn được thiết lập như sau: $\gamma_{M0} = 1,00$, $\gamma_{M1} = 1,10$, $\gamma_{M2} = 1,25$.

- Anh (BS EN 1993-1-3 / NA: 2009), Giới hạn lõi thép cấu kiện được thiết lập như sau: $0,35 \text{ mm} \leq t_{cor} \leq 15,0 \text{ mm}$. Khi chọn "phương pháp BS-EN NA của Anh", giá trị của Chi, LT được xác định bằng cách sử dụng Trường hợp chung cho LTB, tức là EN 1993-1-1 điều 6.3.2.2.

- Romania (SR EN 1993-1-3: 2007 / NB: 2008), Các hệ số an toàn được thiết lập như sau: $\gamma_{M0} = 1,00$, $\gamma_{M1} = 1,10$, $\gamma_{M2} = 1,25$

- Singapore (SS EN 1993-1-3: 2010) quy định giới hạn lõi thép cấu kiện được thiết lập như sau: $0,35 \text{ mm} \leq t_{cor} \leq 15,0 \text{ mm}$. Khi chọn "phương pháp SS-EN NA của Singapore", giá trị của Chi, LT được xác định bằng cách sử dụng Trường hợp chung cho LTB, tức là EN 1993-1-1 điều 6.3.2.2.

- Na Uy (NS-EN 1993-1-3: 2006 / NA: 2009). Các hệ số an toàn được thiết lập như sau: $\gamma_{M0} = 1,05$, $\gamma_{M1} = 1,05$, $\gamma_{M2} = 1,25$.

Nhóm 2: Các nước sử dụng Phụ lục quốc gia mặc định theo EN, gồm:

- Cộng hòa Séc (CSN EN 1993-1-3 / Z1: 2010-03),

- Pháp (NF EN 1993-1-3 / NA: 2007-10),

- Áo (ÖNORM B 1993-1-3: 2007),

- Bỉ (NBN EN 1993-1-3 ANB: 2011),

- Phần Lan (SFS EN 1993-1-3 NA),

- Ailen (I.S. EN 1993-1-3 / NA: 2006),

- Ba Lan (PN-EN 1993-1-3: 2008),

- Hy Lạp (ΣΕΠ ΕΛΟΤ 1493-1-3: 2009),

- Luxembourg (EN1993-1-3: 2006 / AN-LU: 2011),

Nhóm 3: Nhóm các nước không có Phụ lục quốc gia, gồm:

- Malaysia và Slovenia.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Qua các nội dung nghiên cứu trong bài báo này, kết quả đạt được như sau:

- Đã làm rõ được một số vấn đề khi thiết kế kết cấu tạo hình nguội theo EN 1993-1-3, có thể áp dụng để thiết kế kết cấu tạo hình nguội khi sử dụng các Tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN) hiện hành, cụ thể về: vật liệu thép và vật tư hàn, cũng như phù hợp với hệ thống tiêu chuẩn ISO.

- Thực hành tính toán bi mô men đối với dầm tựa khớp hai đầu chịu tải trọng phân bố đều hoặc tải trọng tập trung (một tải trọng tập trung hoặc hai tải trọng tập trung). Qua ví dụ số thấy rằng, đã làm rõ việc tính toán bi mô men đối với cấu kiện thành mỏng tiết diện hở, có thể áp dụng đối với một số trường hợp khác nhau về hình thức tiết diện và điều kiện liên kết ở hai đầu.

- Kiến nghị làm rõ các công thức tính toán mất ổn định đối với dầm chịu uốn được kiểm chế tại các điểm không liên tục, cũng như xây dựng các sơ đồ khối tính toán cấu kiện cơ bản và mối nối đối với kết cấu tạo hình nguội.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia QCVN 03:2022/BXD, Phân cấp công trình phục vụ thiết kế xây dựng.

[2] Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 9986-1:2013 (ISO 630-1:2011) về Thép kết cấu - Phần 1: Điều kiện kỹ thuật chung khi cung cấp sản phẩm thép cán nóng.

[3] Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 9986-2:2013 (ISO 5264-2:2011) về Thép kết cấu - Phần 2: Điều kiện kỹ thuật khi cung cấp thép kết cấu thông dụng.

[4] Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 9986-3:2014 (ISO 630-3:2012) về Thép kết cấu - Phần 3: Điều kiện kỹ thuật khi cung cấp thép kết cấu hạt mịn.

[5] Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 6524:2018 (ISO 4997:2015) về Thép cacbon tấm mỏng cán nguội chất lượng kết cấu.

[6] Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 7858:2018 (ISO 3574:2012), Thép các bon tấm mỏng cán nguội chất lượng thương mại và chất lượng dập vuốt.

[7] Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 8595:2011 (ISO 13887:2004), Thép lá cán nguội có giới hạn chảy cao với tính năng tạo hình tốt.

[8] Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 10865-4:2015 (ISO 3506-4), Cơ tính của các chi tiết lắp xiết bằng thép không gỉ chịu ăn mòn - Phần 4: Vít tự cắt ren.

[9] Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 11244-12:2018, Đặc tính kỹ thuật và chấp nhận các quy trình hàn vật liệu kim loại - Hàn điểm, hàn đường và hàn gờ nổi.

[10] Dan Dubina, Raffaele Landolfo, Viorel Ungureanu (2012), Design of Cold-formed Steel Structures: Eurocode 3: Design of Steel Structures. Part 1-3: Design of cold-formed Steel Structures. European Convention for Constructional Steelwork.

[11] Veljkovic Milan, Simões Da Vilva Luís, Simões Rui, (2015), Eurocodes: Background & Applications. Design of Steel Building. Worked examples, JRC Scientific and Policy Report, Publications Office of the European Union.

[12] Eurocode 0: Basic of Structural Design.

[13] Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-3: General rules - Supplementary rules for cold-formed members and sheeting.

[14] Phụ lục Quốc gia của các nước (Anh, Séc, Đức, Pháp, Hà Lan, Áo, Bỉ, Phần Lan và một số nước khác).