

TCVN X260:202x

Xuất bản lần 1

Tên theo đăng ký:

**THIẾT KẾ KẾT CẤU THÉP
TẠO HÌNH NGUỘI**

Tên đề nghị chính xác hóa:

**THIẾT KẾ KẾT CẤU THÉP
THÀNH MỎNG TẠO HÌNH NGUỘI**

Design of cold formed thin-walled steel structures

DRAFT

Mục lục

Trang

Lời nói đầu	5
Lời giới thiệu.....	7
1 Phạm vi áp dụng	9
2 Tài liệu viện dẫn.....	9
3 Thuật ngữ và định nghĩa	10
4 Ký hiệu và chữ viết tắt.....	16
4.1 Ký hiệu	16
4.2 Chữ viết tắt.....	21
5 Yêu cầu chung	21
5.1 Yêu cầu cơ bản đối với kết cấu	21
5.2 Yêu cầu cơ bản đối với tính toán	22
5.3 Xét đến hệ số độ tin cậy về tải trọng và cường độ của vật liệu	23
5.4 Xét đến công năng sử dụng và điều kiện làm việc của kết cấu.....	24
5.5 Xét đến sự không hoàn hảo ban đầu của các cấu kiện khung chịu lực.....	25
5.6 Hình dạng tiết diện ngang của cấu kiện kết cấu thép làm từ thanh định hình thành mỏng.....	25
6 Vật liệu cho kết cấu và liên kết.....	27
7 Tính toán thanh định hình thành mỏng có xét đến sự mất ổn định cục bộ.....	29
7.1 Yêu cầu cơ bản đối với tiết diện thanh định hình	29
7.2 Tính toán kết cấu thanh định hình thành mỏng.....	32
7.3 Tính toán thanh định hình thành mỏng có xét đến sự làm việc sau tới hạn của tấm chịu nén.....	35
7.4 Tấm sóng hình thang có sườn cứng trung gian	47
7.5 Tấm có lỗ và thanh định hình giảm nhiệt	55
8 Trạng thái giới hạn nhóm thứ nhất.....	58
8.1 Quy định chung về tính toán	58
8.2 Tính toán độ bền và ổn định cấu kiện tiết diện đặc chịu kéo đúng tâm, chịu nén đúng tâm ...	59
8.3 Tính toán độ bền và ổn định cấu kiện tiết diện rỗng chịu kéo đúng tâm, nén đúng tâm	65
8.4 Tính toán độ bền và ổn định cấu kiện chịu uốn tiết diện đặc.....	70
8.5 Tính toán cấu kiện tiết diện đặc khi có tác dụng của lực dọc kết hợp uốn	73
8.6 Tính toán cấu kiện tiết diện rỗng khi có tác dụng của lực dọc kết hợp uốn	75

8.7	Tính toán độ bền khi có tác dụng của lực cắt.....	77
8.8	Tính toán cấu kiện khi có tác dụng của lực dọc, lực cắt và mô men uốn.....	79
8.9	Tính toán mất ổn định của bụng do tải trọng cục bộ.....	79
8.10	Tính toán độ bền khi có xoắn.....	85
9	Thanh định hình máng được liên kết bằng tấm sóng.....	86
9.1	Quy định chung.....	86
9.2	Khả năng chịu lực khi chịu mô men uốn.....	87
10	Trạng thái giới hạn nhóm thứ hai.....	89
11	Tính toán liên kết.....	90
11.1	Tính toán khả năng chịu lực của cấu kiện trong liên kết bằng chi tiết lắp siết.....	90
11.2	Yêu cầu đối với việc bố trí chi tiết lắp siết trong liên kết.....	97
11.3	Yêu cầu đối với thiết kế liên kết hàn dùng hàn điểm tiếp xúc.....	98
11.4	Yêu cầu đối với thiết kế liên kết hàn dùng đường hàn góc.....	100
11.5	Yêu cầu đối với thiết kế liên kết hàn dùng hàn điểm hồ quang.....	101
12	Yêu cầu đối với tính toán kết cấu bằng phần mềm chuyên dụng.....	104
13	Yêu cầu về đảm bảo khả năng chống ăn mòn.....	104
	Phụ lục A (tham khảo) Vật liệu dùng cho kết cấu thép và liên kết.....	106
	Phụ lục B (quy định) Yêu cầu đối với thiết kế và tính toán một số loại kết cấu.....	109
	Phụ lục C (quy định) Xác định chiều rộng hữu hiệu của sườn cứng chịu nén.....	135
	Phụ lục D (quy định) Hệ số để tính toán ổn định các cấu kiện chịu nén đúng tâm.....	142
	Phụ lục E (tham khảo) Xác định mô men tới hạn khi mất ổn định dạng uốn phẳng trong giai đoạn đàn hồi.....	143
	Phụ lục F (tham khảo) Hệ số tương tác k_{ij} xét đến tác dụng đồng thời của các lực trong công thức tương tác cho tiết diện nhay với biến dạng xoắn và không nhay với biến dạng xoắn.....	146
	Phụ lục G (tham khảo) Tính chất cơ học của một số loại thép tấm mỏng của nước ngoài....	150
	Phụ lục H (tham khảo) Xác định thời hạn sử dụng của hệ mạ kẽm.....	163
	Thư mục tài liệu tham khảo.....	165
	Tổng hợp các sửa đổi chính.....	3

Lời nói đầu

TCVN X260:202x được xây dựng trên cơ sở tham khảo SP 260.1325800:2023.

TCVN X260:202x do Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội biên soạn, Bộ Xây dựng đề nghị, Ủy ban Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng Quốc gia thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

DRAFT

Lời giới thiệu

Cơ sở tham khảo chính để xây dựng TCVN X260:202x là tiêu chuẩn của Liên bang Nga SP 260.1325800:2023 *Cold-formed thin-walled steel profile and galvanized corrugated plate constructions. Design rules* (Kết cấu thép thành mỏng làm bằng thép tạo hình nguội mạ kẽm và tấm sóng – Quy tắc thiết kế), trong đó có một số nội dung hài hòa với tiêu chuẩn châu Âu (EN 1993-1-3) và Hoa Kỳ (AISI S100-16). Tiêu chuẩn của Liên bang Nga SP 260.1325800:2023 đã và đang được cập nhật trong các phần mềm tính toán chuyên dụng, mà các phần mềm này cũng được phổ biến tại Việt Nam.

Trong TCVN X260:202x có nhiều điểm mới đáng được quan tâm chú ý, trong đó có mở rộng phạm vi áp dụng so với TCVN 5575:2024, đó là áp dụng cho thép tấm cán nguội mạ kẽm có chiều dày từ 0,35 mm đến 4,0 mm, cũng như cập nhật các tiêu chuẩn quốc gia về thép kết cấu cán nguội, vật liệu hàn, thi công và nghiệm thu, v.v.

Ngoài ra, TCVN X260:202x có cập nhật các tiêu chuẩn nước ngoài về thép kết cấu cán nguội tương đương hoặc gần tương đương với thép kết cấu theo các tiêu chuẩn quốc gia của Việt Nam giúp cho việc lựa chọn vật liệu cho kết cấu và liên kết được thuận tiện hơn trong thực hành thiết kế.

TCVN X260:202x có cập nhật, sửa đổi và bổ sung so với SP 260.1325800:2023 như sau:

- Bổ sung một số thuật ngữ (Điều 3);
- Lược bỏ một số quy định liên quan đến yêu cầu đối với vật liệu và kết cấu ở nhiệt độ đến âm 65 °C (về độ dai va đập, thử nghiệm độ dai va đập, kết cấu ở nhiệt độ dưới âm 45 °C);
- Lược bỏ quy định yêu cầu về an toàn cháy và khả năng chịu lửa, vì nội dung này có trong QCVN 06/2022-BXD;
- Sửa đổi giá trị hệ số độ tin cậy của thép cán nguội (Bảng 4);
- Sửa đổi quy định về chiều dày tối thiểu đối với tấm sóng, $t_{cor} \geq 0,35$ mm (trong 6.2);
- Bổ sung một số Phụ lục (Phụ lục A, Phụ lục G và Phụ lục H);
- Bổ sung công thức xác định độ cứng chống cắt S đối với tấm nhiều lớp, công thức xác định độ cứng $C_{D,B}$ đối với thanh định hình máng và tấm nhiều lớp mà chúng được liên kết với cánh trên xà gồ (trong Phụ lục B);
- Sửa đổi một số ký hiệu, giá trị hoặc công thức tính.

DRAFT

Thiết kế kết cấu thép thành mỏng tạo hình nguội

Design of cold formed thin-walled steel structures

1 Phạm vi áp dụng

1.1 Tiêu chuẩn này quy định các yêu cầu cơ bản để tính toán và thiết kế các kết cấu làm bằng thép tấm mỏng mạ kẽm tạo hình nguội và tấm sóng, làm việc ở nhiệt độ thiết kế không cao hơn dương 100°C và không thấp hơn âm 65°C.

1.2 Tiêu chuẩn này không áp dụng cho kết cấu nhà và công trình:

- chịu tải trọng từ cầu trục và cần trục treo;
- các kết cấu chịu tải trọng động từ thiết bị hoặc chịu mỏi;
- các kết cấu làm bằng cấu kiện có mặt cắt rỗng tạo hình nguội hình tròn, hình chữ nhật hoặc hình vuông [7], bao gồm hai hoặc nhiều thanh được liên kết liên tục với nhau dọc theo toàn bộ chiều dài của cấu kiện (sử dụng liên kết hàn hoặc liên kết mặt bích) trong điều kiện nhà máy.

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các sửa đổi, bổ sung (nếu có).

TCVN 257-1:2007 (ISO 6508-1:2005), *Vật liệu kim loại – Thử độ cứng Rockwell – Phần 1: Phương pháp thử (thang A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T)*;

TCVN 1916:1995, *Bu lông, vít, vít cấy và đai ốc – Yêu cầu kỹ thuật*;

TCVN 2737:2023, *Tải trọng và tác động*;

TCVN 5575:2024, *Thiết kế kết cấu thép*;

TCVN 6525:2018 (ISO 4998:2014), *Thép cacbon tấm mỏng chất lượng kết cấu mạ kẽm và hợp kim kẽm – sắt nhúng nóng liên tục*;

TCVN 7665:2007 (ISO 1460:1992), *Lớp phủ kim loại – Lớp phủ kẽm nhúng nóng trên vật liệu chứa sắt – Xác định khối lượng lớp mạ trên đơn vị diện tích*;

TCVN 8633-1:2010 (ISO 13385-1:2007), *Đặc tính hình học của sản phẩm (GPS) – Dụng cụ đo kích thước – Phần 1: Thước cặp – Kết cấu và yêu cầu về đo lường*;

TCVN 9379:2012, *Kết cấu xây dựng và nền – Nguyên tắc cơ bản về tính toán*;

TCVN 12002:2020, *Kết cấu thép xây dựng – Chế tạo và kiểm tra chất lượng*;

TCVN 10353:2014 (ISO 16163:2012), *Thép lá mạ nhúng nóng liên tục – Dung sai kích thước và hình dạng*;

TCVN 10539:2014 (ISO/IEC 12207:2008), *Kỹ thuật hệ thống và phần mềm – Các quá trình vòng đời phần mềm*;

TCVN 10866:2015 (ISO 4014:2011), *Bu lông đầu sáu cạnh – Sản phẩm cấp A và cấp B*;

TCVN 10869:2015 (ISO 4017:2011), *Vít đầu sáu cạnh – Sản phẩm cấp A và cấp B*;

TCVN 10870:2015 (ISO 4018:2011), *Vít đầu sáu cạnh – Sản phẩm cấp C*;

TCVN 12251:2020, *Bảo vệ chống ăn mòn cho kết cấu xây dựng*;

TCVN 12705-2:2021 (ISO 12944-2:2017), *Sơn và Vecni - Bảo vệ chống ăn mòn kết cấu thép - Phần 2: Phân loại môi trường*;

TCVN 12705-6:2019 (ISO 12944-6:2018), *Sơn và Vecni – Bảo vệ chống ăn mòn kết cấu thép bằng các hệ sơn phủ – Phần 6: Các phương pháp thử trong phòng thí nghiệm*;

TCVN 13027:2022, *Thép tấm và thép băng phủ hợp kim 55 % nhôm – kẽm và hợp kim 52 % nhôm – kẽm – magie nhúng nóng liên tục*;

TCVN 13194, *Kết cấu thép – Lắp dựng và nghiệm thu*;

ISO 1478:1999, *Tapping screws thread (Vít tự ren có ren)*;

ISO 1479:2011, *Hexagon head self tapping screws (Vít tự khoan có đầu lục giác)*;

ISO 2702:2011, *Heat – treated steel tapping screws – Mechanical properties (Vít tự khoan có đầu xử lý nhiệt – Đặc tính cơ học)*;

ISO 4032:2023, *Fasteners – Hexagon regular nuts (style 1) – Product grades A and B (Chi tiết lắp siết – Đai ốc sáu cạnh thông thường (kiểu 1) – Sản phẩm cấp chính xác A và B)*;

ISO 7049:2011, *Cross – recessed pan head tapping screws (Vít tự khoan đầu chôm cầu chữ thập)*;

ISO 8765:2022, *Hexagon head bolts with metric fine pitch thread – Product grades A and B (Bulông đầu lục giác với ren hệ mét bước nhỏ)*;

ISO/IEC 14764:2022, *Software Engineering – Software Life Cycle Processes – Maintenance (Công nghệ thông tin – Quy trình vòng đời phần mềm – Bảo trì)*;

ISO 15480:2019, *Fasteners – Hexagon washer head drilling screws with tapping screw thread (Chi tiết lắp siết – Vít đầu tự khoan vòng đệm hình lục giác có ren tự ren)*;

ISO 15977:2002, *Open end blind rivets with break pull mandrel and protruding head – AIA/St (Đinh tán chìm có đầu mở với lõi bị kéo vỡ và đầu nhô – AIA/St)*;

ISO 15979:2002, *Open end blind rivets with break pull mandrel and protruding head – St/St (Đinh tán chìm có đầu mở với lõi bị kéo vỡ và đầu nhô – St/St)*;

ISO 15980:2002, *Open end blind rivets with break pull mandrel and countersunk head (Đinh tán chìm có đầu mở với lõi bị kéo vỡ và đầu chìm – St/St)*.

3 Thuật ngữ và định nghĩa

Trong tiêu chuẩn này sử dụng các thuật ngữ và định nghĩa theo TCVN 2737:2023, TCVN 5575:2024 và các thuật ngữ, định nghĩa sau:

3.1**Bi mô men uốn-xoắn** (bending-torsional bimoment)

Tích mô men của một cặp lực với cánh tay đòn của một cặp lực.

3.2**Chiều dày danh định** (nominal thickness)

Quy định chiều dày trung bình, bao gồm chiều dày của lớp mạ kẽm và lớp phủ kim loại khác sau khi cán và được xác định bởi nhà cung cấp thép (không bao gồm chiều dày lớp phủ hữu cơ).

3.3**Chiều dày tính toán** (design thickness)

Chiều dày của tấm thép dùng trong tính toán.

3.4**Chiều dày lõi thép** (steel core thickness)

Chiều dày danh định trừ lớp mạ kẽm và lớp phủ kim loại khác.

3.5**Chiều dài khai triển** (developed length)

Chiều dài được đo dọc theo đường trung bình của các phần tử tấm hoặc tiết diện ngang, bao gồm chiều dài của bất kỳ phần uốn cong hoặc sườn cứng nào.

3.6**Chiều rộng hữu hiệu** (effective width)

Chiều rộng của phần tử tiết diện, bị giảm do mất ổn định cục bộ bởi tác động của ứng suất pháp hoặc ứng suất tiếp hoặc do tác động đồng thời của chúng.

3.7**Chi tiết lắp siết** (fastener)

Phần tử liên kết: đinh tán chìm, chốt đạn, vít tự ren/vít tự khoan, bu lông.

3.8**Chốt đạn** (cartridge – fired pins)

Chi tiết lắp siết giống như đinh, xuyên vào phần tử được liên kết ở tốc độ cao bằng súng có thiết kế đặc biệt.

3.9**Diện tích hữu hiệu** (effective area)

Diện tích tiết diện được xác định bởi chiều rộng hoặc chiều dày của tiết diện cấu kiện, bị giảm do mất ổn định cục bộ bởi tác động của ứng suất pháp hoặc ứng suất tiếp hoặc do tác động đồng thời của chúng.

3.10

Độ bền lâu (durability)

Khả năng của công trình xây dựng bảo toàn được tính chất độ bền, vật lý và các tính chất khác đã được quy định trong thiết kế và đảm bảo cho công trình xây dựng sử dụng bình thường trong suốt thời gian sử dụng theo thiết kế.

[TCVN 5574:2018, 3.1.14]

3.11

Độ mảnh quy ước của tấm (relative slenderness of a plate)

Thông số đặc trưng cho khả năng tấm mất ổn định cục bộ ở một mức ứng suất nén tiêu chuẩn nhất định, sự phân bố của chúng trên chiều rộng của tấm và kiểu ngàm dọc theo các cạnh dọc của tấm.

3.12

Độ mảnh quy ước của sườn cứng (relative slenderness of a stiffener)

Thông số đặc trưng cho khả năng sườn cứng mất ổn định cục bộ ở một mức nhất định của ứng suất nén tiêu chuẩn và kiểu ngàm.

3.13

Độ tin cậy (của kết cấu xây dựng) (reliability (of a building structures))

Khả năng của một kết cấu xây dựng thực hiện được các chức năng cần thiết trong suốt thời gian sử dụng theo thiết kế của chúng.

3.14

Đinh tán chìm (blind rivet)

Chi tiết lắp siết cơ khí mà việc thiết lập liên kết bằng cách rút thanh trục trong thân ống và làm biến dạng dẻo thân ống; để lắp đặt chi tiết lắp siết chỉ cần tiếp cận một bên của phần tử được liên kết.

CHÚ THÍCH: “Đinh tán chìm” còn gọi là “đinh rút”.

3.15

Gối tựa (support)

Nút kết cấu mà qua đó cấu kiện có khả năng truyền lực tới móng hoặc cấu kiện kết cấu khác.

3.16

Hệ ngẫu lực (bicouple of forces)

Một hệ gồm hai ngẫu lực song song, bằng nhau và ngược chiều, xuất hiện trong điều kiện xoắn kiểm chế thanh định hình thành móng và dẫn đến sự xuất hiện ứng suất pháp trong tiết diện khi bị xoắn kiểm chế.

3.17

Hệ thống thiết kế tự động (computer-aided design system)

Một hệ thống kết hợp các phương tiện kỹ thuật, toán học và phần mềm, các thông số và đặc trưng của chúng mà được lựa chọn có kể đến đặc điểm của nhiệm vụ thiết kế và xây dựng.

3.18**Hiệu ứng tấm cứng** (diaphragm effect)

Sự làm việc của tấm sóng và thanh định hình máng chịu trượt trong mặt phẳng của nó, ảnh hưởng đến độ cứng, tính bất biến về không gian và độ bền của khung.

3.19**Kết cấu thép thành mỏng tạo hình nguội** (cold formed thin-walled steel structures – CFS structures)

Kết cấu được thiết kế và chế tạo từ thanh định hình tạo hình nguội mạ kẽm và tấm sóng có chiều dày các phần tử không quá 4 mm.

3.20**Mất ổn định tiết diện ngang** (cross-sectional instability)

Sự mất ổn định mà trong đó tiết diện ngang nguyên không chịu bất kỳ sự dịch chuyển hoặc xoay nào; sự mất ổn định tiết diện ngang thường được phân thành dạng mất ổn định cục bộ và dạng mất ổn định méo.

3.21**Mất ổn định cục bộ** (local buckling)

Sự mất ổn định tiết diện ngang mà trong đó các tấm thành phần chỉ chịu biến dạng uốn cong tấm ngoài mặt phẳng và các góc của tiết diện ngang vẫn giữ nguyên vị trí ban đầu.

3.22**Mất ổn định méo** (distortional buckling)

Sự mất ổn định tiết diện ngang mà trong đó một số tấm thành phần chịu dịch chuyển trong mặt phẳng, ngoài các dịch chuyển ngoài mặt phẳng do uốn cong tấm; trong trường hợp cụ thể của các tiết diện chữ C hoặc chữ Z có mép gấp, mất ổn định méo có thể được hiểu là mất ổn định uốn - xoắn của cụm mép gấp - cánh xung quanh chỗ nối cánh - bụng.

CHÚ THÍCH: “Mất ổn định méo” còn gọi là “mất ổn định hình dạng tiết diện”, liên quan đến sự thay đổi hình dạng tiết diện ngang (потери устойчивости формы сечения).

3.23**Mất ổn định tổng thể** (global buckling)

Sự mất ổn định được đặc trưng bởi sự dịch chuyển và/hoặc xoay của tiết diện ngang với sự thay đổi tối thiểu về hình dạng của nó (tức là, không bao gồm sự mất ổn định tiết diện ngang); các dạng mất ổn định tổng thể bao gồm dạng mất ổn định uốn, xoắn, uốn - xoắn và xoắn ngang.

3.24**Mạ kẽm** (galvanizing)

Lớp phủ kẽm để bảo vệ chống ăn mòn.

3.25**Ngàm** (restraint)

Sự cố định một cấu kiện hoặc một phần của nó để chống lại các chuyển vị thẳng hoặc chuyển vị góc hoặc biến dạng do xoắn hoặc biến dạng do vênh của tiết diện, làm tăng ổn định tương tự như một gối tựa cứng.

3.26

Ngàm một phần (partial restraint)

Sự ngàm một cấu kiện hoặc một phần của nó để chống lại các chuyển vị thẳng và biến dạng góc hoặc các biến dạng do xoắn hoặc biến dạng do vênh của tiết diện, tương tự như một gối đỡ đàn hồi làm tăng ổn định, nhưng ở mức độ thấp hơn so với ngàm cứng.

3.27

Phần tử được liên kết (connected element)

Bất kỳ cấu kiện hoặc tấm nào được nối với cấu kiện hoặc tấm khác.

3.28

Phần tử được gia cường (stiffened element)

Phần tử chịu nén có sườn cứng trung gian hoặc sườn cứng mép.

3.29

Phần tử không được gia cường (unstiffened element)

Phần tử chịu nén bên trong hoặc bên ngoài không có sườn cứng.

3.30

Sự làm việc sau tới hạn (post-critical behavior)

Bảo toàn khả năng chịu lực của tiết diện chịu nén hoặc nén cục bộ của thanh định hình thành mỏng sau khi mất ổn định cục bộ các bộ phận chịu nén của tiết diện ngang thanh định hình.

3.31

Sườn cứng mép (edge stiffener)

Sườn cứng dọc có được bằng cách gấp mép của phần tử tấm với mục đích tăng khả năng chống lại sự mất ổn định của tiết diện ngang.

CHÚ THÍCH: Các sườn cứng mép điển hình được nêu trên Hình 4.

3.32

Sườn cứng trung gian (intermediate stiffener)

Sườn cứng dọc bao gồm nhiều lần uốn cong bên trong một phần tử tấm với mục đích tăng khả năng chống lại sự mất ổn định của tiết diện ngang.

CHÚ THÍCH: Các sườn cứng trung gian điển hình được nêu trên Hình 4.

3.33

Tạo hình nguội (cold-forming)

Quá trình tạo hình kim loại được thực hiện ở gần nhiệt độ phòng mà không cần cấp nhiệt bổ sung.

3.34**Tạo hình cuộn** (roll-forming)

Quá trình tạo hình kim loại liên quan đến việc uốn liên tục tấm mỏng thép để tạo thành tiết diện ngang bằng cách cho qua bộ con lăn liên tiếp.

3.35**Tấm cán mỏng** (rolled sheet)

Sản phẩm cán có chiều dày dưới 4 mm.

3.36**Tấm sóng** (sheeting)

Cấu kiện kết cấu có chiều cao nhỏ hơn nhiều so với chiều rộng và chiều dài của nó, thường được sử dụng làm lớp phủ hoặc mái hoặc sàn.

CHÚ THÍCH: Ví dụ về hình dạng tiết diện ngang điển hình của tấm sóng được nêu trên Hình 3. Tiết diện ngang của tấm sóng có thể không được gia cường hoặc kết hợp các sườn cứng dọc ở các bụng, các cánh hoặc cả hai.

3.37**Tấm nhiều lớp** (sandwich panel)

Hệ ốp hoặc hệ lợp bao gồm lõi điển hình có khối lượng thể tích thấp, được liên kết với hai lớp bọc ngoài.

3.38**Tính toán lặp** (iteration)

Tính toán tuần tự các tham số tiết diện ngang của thanh định hình, dựa trên việc sử dụng kết quả của giai đoạn tính toán trước đó, cho đến khi kết quả của hai giai đoạn tính toán cuối cùng hội tụ hoàn toàn hoặc gần đúng.

3.39**Tổ chức thiết kế chuyên ngành** (specialized design organization)

Là tổ chức có kinh nghiệm tích cực trong việc thực hiện các dự án nhà và công trình bằng kết cấu thép thành mỏng tạo hình nguội.

3.40**Thanh định hình máng** (liner tray)

Tấm sóng định hình có các mép gấp lớn, được thiết kế để liên kết các thanh định hình với nhau, tạo thành các sườn đỡ dọc theo nhịp và các sườn đỡ trung gian nằm theo hướng vuông góc với nhịp.

CHÚ THÍCH: Tạo khung hộp cho việc lắp dựng từng tấm nhiều lớp.

3.41**Thanh định hình giảm nhiệt** (thermo profile)

Thanh định hình tạo hình nguội mà ở bụng của nó có các khe rãnh bố trí so le để đảm bảo giảm tổn thất nhiệt qua bụng thanh.

3.42

Thanh định hình tạo hình nguội (cold-formed profile)

Thanh nhận được bằng cách tạo hình thép tấm cán ở trạng thái nguội trên các bộ phận tạo hình cuộn.

3.43

Thanh chống võng (anti-sag bar)

Bộ phận đảm bảo khả năng cố định theo phương ngang cho cánh tự do của cấu kiện.

3.44

Thiết kế có kể đến tấm cứng (stressed-skin design)

Phương pháp thiết kế cho phép kể đến hiệu ứng tấm cứng đóng góp vào độ cứng và độ bền của kết cấu.

3.45

Trễ cắt (shear leg)

Hiện tượng phân bố không đều của ứng suất pháp trên cánh các cấu kiện chịu uốn, xảy ra do sự tham gia tiếp theo của các thớ ở xa bụng nhất trong quá trình truyền lực pháp tuyến từ bụng sang cánh do biến dạng trượt tại các điểm liên kết của chúng.

3.46

Uốn cong (bend)

Vùng chuyển tiếp được bo tròn giữa các phần tử tấm phẳng.

3.47

Vật liệu cơ bản (basic material)

Vật liệu thép tấm mỏng phẳng dùng cho các tiết diện tạo hình nguội và tấm sóng định hình.

3.48

Vít tự khoan (self-drilling self-tapping screw, self-drilling screw)

Vít có đầu khoan, khoan lỗ và tạo ren trong ở một thao tác duy nhất khi vít được xuyên vào vật liệu.

CHÚ THÍCH: “Vít tự khoan” còn được gọi là “Vít tự ren, tự khoan”.

3.49

Vít tự ren (self-tapping screw)

Vít tạo ren trong ở lỗ khoan trước khi vít được xuyên vào vật liệu.

CHÚ THÍCH: Để đơn giản hóa, trong tài liệu này sử dụng thuật ngữ “vít tự ren” hoặc “vít”.

4 Ký hiệu và chữ viết tắt

4.1 Ký hiệu

Trong tiêu chuẩn này sử dụng các ký hiệu sau:

4.1.1 Các đặc trưng hình học

A_0	diện tích tiết diện ngang của thanh đã mất ổn định cục bộ, $A_{ef} = A - A_0$, mm ²
A_b	diện tích tiết diện ngang nguyên của bu lông, mm ²
A_{bn}	diện tích tiết diện ngang thực của bu lông, mm ²
A_c	diện tích tiết diện ngang chịu nén, mm ²
A_{ef}	diện tích tiết diện ngang hữu hiệu, mm ²
A_f	diện tích tiết diện bản cánh, mm ²
A_g	tổng diện tích tiết diện ngang, mm ²
A_{gn}	diện tích tiết diện ngang thực, bao gồm cả giảm A_g , mm ²
A_{red}	diện tích tiết diện ngang hữu hiệu (giảm) của các phần chịu nén riêng biệt, mm ²
A_s	diện tích phần tính toán ban đầu của sườn cứng, mm ²
A_{sa}	diện tích tiết diện tính toán ban đầu của sườn cứng bụng dạng sóng gần nhất với cánh chịu nén, mm ²
A_{sb}	diện tích của phần tính toán ban đầu của sườn cứng bụng dạng sóng phần thứ hai từ cánh nén, mm ²
$A_{s,red}$	diện tích tiết diện ngang hữu hiệu của sườn cứng, mm ²
A_w	diện tích tiết diện bản bụng, mm ²
C_θ	độ cứng của lò xo cong quy ước liên kết tám khối xoay, N·mm/rad
C_D	tổng độ cứng của lò xo góc, N·mm/mm
C_{100}	hệ số xoay, N·mm/mm
D	độ cứng trụ của tám, Nmm
I_t	mô men quán tính của tiết diện ngang nguyên khi xoắn tự do, mm ⁴
I_w	mô men quán tính quạt của tiết diện ngang nguyên, mm ⁶
I_{ef}	mô men quán tính của tiết diện ngang hữu hiệu, mm ⁴
I_g	mô men quán tính của tiết diện ngang nguyên, mm ⁴
I_w	mô men quán tính của tiết diện bụng, mm ⁴
K	độ cứng lò xo thẳng đàn hồi nằm ngang, N/mm/mm
K_1	độ cứng lò xo đàn hồi mềm, N/mm/mm
L	nhịp, chiều dài không được liên kết của dầm, mm
L_a	khoảng cách giữa các thanh chống võng, mm
L_{fy}	chiều dài tính toán của cánh tự do, mm
S	độ cứng chống cắt, N

S_v	độ cứng chống cắt của tấm cứng, N/mm
W_{ef}	mô men chống uốn của tiết diện đàn hồi hữu hiệu, mm ³
a_{pur}	bước xà gồ, mm
b	tổng chiều rộng của tấm cứng chống cắt, mm
b_{ef}	chiều rộng tính toán (hữu hiệu) của cánh, bụng, sườn chịu nén, mm
b_p	chiều rộng lý thuyết của tấm, mm
b_u	chiều rộng của thanh định hình máng, mm
b_r	tổng chiều rộng phần nhô của sườn, bản cánh, mm
b_{roof}	chiều rộng của mái dọc theo hướng dốc, mm
b_s	chiều rộng của sườn cứng, được đo dọc theo chu vi của nó, mm
b_R	chiều rộng sóng của tấm sàn, mm
c_{ef}	chiều rộng hữu hiệu, mm
d	đường kính danh định của chốt, mm
d_b	đường kính bu lông (đường kính ngoài của thân bu lông), mm
d_w	đường kính của vòng đệm hoặc đầu vít, mm
e_s	khoảng cách giữa các chi tiết lắp siết, mm
f	độ võng (độ vòng) hoặc chuyển vị của cấu kiện kết cấu
f_u	độ võng (độ vòng) hoặc chuyển vị giới hạn của cấu kiện kết cấu
h	chiều cao tiết diện, mm
h_{ef}	chiều cao tính toán (hữu hiệu) của bản bụng chịu nén, mm
h_w	chiều cao bản bụng, là khoảng cách giữa các đường trung tâm của cánh, mm
r	bán kính uốn bên trong của tiết diện ngang thanh định hình, mm
r_m	bán kính uốn của tấm, mm
r_j	bán kính trong của phần tử cong thứ j, mm
g_r	bán kính uốn giảm của tấm, mm
t	chiều dày tính toán của tấm thép, không bao gồm lớp phủ kim loại và lớp phủ hữu cơ, mm
t_{cor}	chiều dày lõi thép của tấm, không bao gồm lớp phủ kẽm và kim loại khác, mm
t_{eq}	chiều dày tương đương của một cánh rộng của thanh định hình máng, mm
t_f	chiều dày bản cánh, mm
t_g	dung sai âm cho chiều dày phôi tấm, %
$t_{m,p}$	chiều dày của lớp phủ kim loại, mm

t_{nom}	chiều dày danh định của tấm sau khi tạo hình nguội, bao gồm lớp phủ kẽm và kim loại khác, nhưng không bao gồm lớp phủ hữu cơ, mm
t_{red}	chiều dày giảm, mm
t_{sup}	chiều dày cấu kiện cơ sở mà vít được cố định vào (kim loại cơ bản), mm
t_w	chiều dày tính toán của bản bụng, mm

4.1.2 Các đặc trưng vật liệu

E	mô đun đàn hồi, MPa
E_C	mô đun đàn hồi của vật liệu lõi, MPa
f_n	cường độ tiêu chuẩn của thép, MPa
f_{cb}	cường độ chịu ép mặt tính toán của liên kết một bu lông, MPa
f_{vb}	cường độ chịu cắt tính toán của liên kết một bu lông, MPa
f_{tb}	cường độ chịu kéo tính toán của liên kết một bu lông, MPa
f_{cc}	cường độ chịu ép mặt tính toán trong ổ trục khi tiếp xúc chặt, MPa
f_v	cường độ chịu trượt tính toán của thép, MPa
f_{ud}	cường độ chịu kéo, nén, uốn tính toán của thép theo giới hạn bền, MPa
f_u	cường độ tiêu chuẩn của thép theo giới hạn bền, lấy bằng giá trị ứng suất nhỏ nhất σ_u theo các tiêu chuẩn sản phẩm, MPa
$f_{u,sup}$	cường độ tiêu chuẩn của thép chi tiết lắp siết theo giới hạn bền, MPa
f_{yd}	cường độ chịu kéo, nén, uốn tính toán của thép theo giới hạn chảy, MPa
f_y	giới hạn chảy của thép, lấy bằng giá trị giới hạn chảy theo tiêu chuẩn sản phẩm, MPa
G	mô đun trượt, MPa

4.1.3 Các đặc trưng về lực, mô men, ứng suất

F_θ	khả năng chịu lực tính toán của chi tiết lắp siết theo một trong các điều kiện làm việc của liên kết, được xác định theo tiêu chuẩn sản phẩm hoặc kết quả thử nghiệm, N
$F_{\theta n}$	khả năng chịu lực tiêu chuẩn của chi tiết lắp siết theo một trong các điều kiện làm việc của liên kết, được xác định theo tiêu chuẩn sản phẩm hoặc kết quả thử nghiệm, N
F_0	khả năng chịu lực tính toán của vít tự ren khi kéo nhỏ khỏi phần đế, N
F_b	khả năng chịu lực tính toán của chi tiết lắp siết theo điều kiện ép mặt của các cấu kiện liên kết, N
F_n	khả năng chịu lực tính toán của cấu kiện liên kết khi chịu kéo có kể đến sự giảm yếu do các lỗ của chi tiết lắp siết, N
F_p	khả năng chịu lực tính toán của chi tiết lắp siết khi phân tách các cấu kiện được liên kết qua phần đầu của chốt cứng, N
F_t	khả năng chịu lực tính toán của chi tiết lắp siết chịu kéo, N

F_v	khả năng chịu lực tính toán của chi tiết lắp siết chịu trượt, N
F_{vn}	khả năng chịu lực tiêu chuẩn của liên kết chịu trượt, được xác định theo tiêu chuẩn sản phẩm hoặc kết quả thử nghiệm, N
M	mô men, mô men uốn, Nmm
ΔM	mô men uốn bổ sung trong tiết diện do sự dịch chuyển của trọng tâm khi mất ổn định cục bộ của phần tiết diện chịu nén, Nmm
M_p	mô men uốn trên gối tựa trung gian, Nmm
M_R	mô men uốn giới hạn, Nmm
M_{cr}	mô men tới hạn do sự mất ổn định dạng uốn phẳng ở giai đoạn đàn hồi, N·mm
N	lực, lực dọc, N
N_{cr}	lực mất ổn định tới hạn ở giai đoạn đàn hồi, N
P	giá trị tính toán của tải trọng
P_n	giá trị tiêu chuẩn của tải trọng, được xác định theo TCVN 2737:2023
V	lực cắt, lực trượt, N
V_{fic}	lực cắt quy ước đối với các cấu kiện được liên kết, N
V_r	phản lực gối tựa hoặc tải trọng cục bộ trên bụng thanh định hình, N
V_s	lực cắt quy ước tác dụng lên hệ bản giằng nằm trong một mặt phẳng, N
V_w	khả năng chịu lực của bản bụng thanh định hình do tác động của lực ngang, N
$V_{w,p}$	khả năng chịu lực của bản bụng thanh định hình dưới tác động ngang cục bộ, N
σ_{com}	ứng suất thực trong tiết diện, MPa
$\sigma_{com,s}$	ứng suất thực dọc theo trục trung tâm của sườn cứng, MPa
σ_{cr}	ứng suất mất ổn định tới hạn của tấm, MPa
$\sigma_{cr,s}$	ứng suất mất ổn định tới hạn đàn hồi của sườn cứng theo loại thanh chịu nén, MPa
σ_{max}	ứng suất pháp lớn nhất trong các cấu kiện kết cấu do tổ hợp tải trọng tính toán bất lợi, MPa
τ_{max}	ứng suất tiếp lớn nhất trong các cấu kiện kết cấu do tổ hợp tải trọng tính toán bất lợi, MPa

4.1.4 Các thông số

F	hệ số lực tính toán lớn nhất trong cấu kiện do tổ hợp bất lợi của tải trọng và tác động
k_y, k_w	hệ số chiều dài tính toán
k_α	hệ số độ cứng, N/mm
k_R	hệ số hiệu chỉnh
k_d	hệ số
k_g	hệ số

m	số phần tử phẳng (tấm)
n	số phần tử cong (góc uốn)
ρ	số lượng chi tiết lắp siết
ε	hệ số, kể đến ảnh hưởng của mác thép
$\bar{\lambda}_T$	độ mảnh quy ước khi mất ổn định dạng xoắn hoặc dạng uốn-xoắn
$\bar{\lambda}_d$	độ mảnh quy ước của sườn cứng
$\bar{\lambda}_p$	độ mảnh quy ước của tấm
$\bar{\lambda}_w$	độ mảnh quy ước của bản bụng thanh định hình
γ_b	hệ số điều kiện làm việc của liên kết bu lông
γ_c	hệ số điều kiện làm việc
γ_f	hệ số độ tin cậy về tải trọng
γ_m	hệ số độ tin cậy về vật liệu
γ_{m2}	hệ số độ tin cậy của liên kết bằng đinh tán chìm, vít tự ren hoặc chốt đạn
γ_n	hệ số độ tin cậy theo tầm quan trọng của công trình
δ	chuyển vị cục bộ trong tiết diện thanh định hình
ρ	hệ số giảm tương ứng với độ mảnh quy ước của tấm $\bar{\lambda}_p$ dựa trên ứng suất mất ổn định trong giai đoạn đàn hồi
χ_d	hệ số giảm khả năng chịu lực do mất ổn định méo
χ_{LT}	hệ số giảm do mất ổn định dạng uốn phẳng
φ	hệ số ổn định khi nén đúng tâm, góc giữa hai phần tử phẳng

4.2 Chữ viết tắt

Trong tiêu chuẩn này sử dụng chữ viết tắt sau:

CFS	Thép thành mỏng tạo hình nguội (Cold Formed Thin-walled Steel)
PUR	Bọt xốp Polystyrene dạng cứng (rigid polyurethane foam)
PIR	Bọt xốp Polyisocyanurate (polyisocyanurate foam)
XPS	Bọt xốp Polystyrene đùn ép (extruded polystyrene foam)
EPS	Polystyrene trương nở (expanded polystyrene)

5 Yêu cầu chung

5.1 Yêu cầu cơ bản đối với kết cấu

5.1.1 Khi thiết kế kết cấu thép định hình thành mỏng tạo hình nguội, phải phù hợp với các yêu cầu của tiêu chuẩn này và tiêu chuẩn TCVN 9379:2012, cũng như 4.1 trong TCVN 5575:2024.

5.1.2 Đối với nhà có khung làm bằng các cấu kiện CFS, phải có sự kiểm soát độc lập về giải pháp thiết kế của tổ chức thiết kế chuyên ngành nếu có một hoặc các tiêu chí sau:

- trong nhà một tầng, các cột khung chịu lực làm bằng cấu kiện CFS và có chiều dài trên 15 m;
- trong nhà nhiều tầng, các cột khung chịu lực được làm bằng cấu kiện CFS trong khi số tầng của nhà vượt quá 4 tầng;
- giàn mái hoặc sàn được làm bằng cấu kiện CFS có nhịp hoặc một trong các nhịp vượt quá 24 m.

5.1.3 Khi thiết kế kết cấu thép định hình thành mỏng tạo hình nguội, cần dự kiến biện pháp bảo vệ chống cháy để đảm bảo an toàn cháy và khả năng chịu lửa cho kết cấu nhà theo yêu cầu của [3].

5.1.4 Khi thiết kế các cấu kiện CFS, cần kể đến các yêu cầu về chế tạo kết cấu nêu trên TCVN 12002:2020 và về lắp dựng kết cấu nêu trong TCVN 13194.

5.1.5 Tính toán độ chính xác của các thông số hình học của nhà, công trình và các cấu kiện của chúng được thực hiện theo yêu cầu của tiêu chuẩn kỹ thuật có liên quan khi thiết lập hồ sơ thiết kế và hồ sơ biện pháp thi công cho công trình xây dựng.

5.1.6 Giải pháp thiết kế để đảm bảo lắp dựng hoàn chỉnh các kết cấu phải dựa trên số liệu tính toán chính xác các thông số hình học. Dung sai trong chế tạo nêu trong TCVN 12002:2020 và được lựa chọn trong quá trình thiết kế dựa trên tính toán chính xác.

5.1.7 Giới hạn sai lệch của các thông số hình học của kết cấu, cấu kiện kết cấu, sản phẩm, cụm lắp ráp phải được ghi rõ trong hồ sơ thiết kế và hồ sơ biện pháp thi công, trong tiêu chuẩn sản phẩm hoặc chỉ dẫn kỹ thuật đối với kết cấu của một loại kết cấu cụ thể phù hợp với đặc tính sử dụng yêu cầu.

5.1.8 Khi thiết kế các cấu kiện CFS, cần kể đến khả năng chống xoắn hạn chế của các cấu kiện có thành mỏng.

Các cấu kiện chịu xoắn phải được cố định chắc chắn và không được sử dụng các nút làm hạn chế đáng kể khả năng tự do vênh của tiết diện ngang.

5.1.9 Khi thiết kế khung làm bằng các cấu kiện CFS, cần chú ý đến hệ giằng của chúng và phải phù hợp với các yêu cầu nêu tại 15.4 trong TCVN 5575:2024.

5.1.10 Khi thiết kế kết cấu nhà chịu tác động động đất, cần thỏa mãn thêm các yêu cầu nêu trong các tiêu chuẩn tương ứng mà trong đó phản ánh các đặc thù về sự làm việc của kết cấu này.

5.1.11 Cho phép sử dụng cấu kiện thành mỏng tạo hình nguội mạ kẽm cùng với các cấu kiện cán nóng và tổ hợp hàn trong khung.

5.2 Yêu cầu cơ bản đối với tính toán

5.2.1 Khi tính toán kết cấu làm bằng thép thành mỏng tạo hình nguội mạ kẽm, phải phù hợp với các yêu cầu nêu trong TCVN 5575:2024 (từ 4.2.1 đến 4.2.6) và trong tiêu chuẩn này. Tính toán kết cấu thép phải được thực hiện theo phương pháp trạng thái giới hạn hoặc trên cơ sở dữ liệu từ các nghiên cứu thực nghiệm đã có.

5.2.2 Khi tính toán khả năng chịu lực của kết cấu, cần xét đến các thông số đặc trưng cho khả năng chịu lực của tiết diện ngang thanh định hình bởi ngoại lực và phụ thuộc vào trạng thái ứng suất – biến dạng của chúng. Dựa vào trạng thái ứng suất – biến dạng, các cấu kiện CFS có thể được xếp vào loại đặc biệt (loại 4 của trạng thái ứng suất – biến dạng), trong đó ở giai đoạn đàn hồi xảy ra sự mất ổn định cục bộ ở các phần chịu nén của tiết diện. Trong trường hợp này, ứng suất ở tất cả các phần của tiết diện vẫn nằm trong phạm vi $|\sigma| < f_{yd}$, tức là toàn bộ tiết diện làm việc ở giai đoạn đàn hồi.

Cần lưu ý rằng, với khả năng mất ổn định cục bộ của một phần vùng chịu nén của tiết diện, khả năng chịu lực của thanh định hình sẽ giảm. Tuy nhiên, các cấu kiện CFS vẫn làm việc do sự phân phối lại ứng suất từ các phần đã mất ổn định sang các phần ổn định của tiết diện thanh định hình và tính chất đàn hồi về sự làm việc của chúng vẫn nguyên vẹn. Việc giảm khả năng chịu lực của thanh định hình được kể đến bằng cách giảm tiết diện.

5.2.3 Khi tính toán kết cấu thép định hình thành mỏng tạo hình nguội, cần xét đến các đặc điểm về đặc tính và ứng xử của các thanh định hình này dưới tác động của tải trọng:

- sớm mất ổn định cục bộ;
- biến dạng hình dạng tiết diện ngang dưới tác động của tải trọng;
- ảnh hưởng của góc uốn đến đặc trưng hình học của tiết diện ngang;
- mất ổn định dạng xoắn hoặc mất ổn định dạng uốn-xoắn;
- cánh bị ép mặt và bị cong vênh (коробление/warping).

5.2.4 Do khả năng chịu xoắn thấp của thanh định hình thành mỏng, cấu kiện CFS cần phù hợp với các yêu cầu nêu trong 5.1.8.

Nếu có hiện tượng xoắn trong các thanh định hình CFS thì ảnh hưởng của chúng cần được kể đến theo 8.10.

5.2.5 Cần đặc biệt chú ý đến việc thiết kế và tính toán các bộ phận liên kết (tấm đệm, bản nối, thanh góc đỡ v.v.) trong các nút của kết cấu CFS. Cần đảm bảo khả năng chịu lực của chúng đối với các lực tác động trong nút, đồng thời phải kể đến tính chất làm việc thực của chúng khi xây dựng sơ đồ tính toán.

5.2.6 Khi thiết kế các nút không có bản đệm dùng vít tự ren và đinh tán chìm, cần kể đến ảnh hưởng của độ lệch tâm có thể có trong nút và liên kết, vì các thanh định hình thành mỏng dễ bị ảnh hưởng bởi ứng suất bổ sung do mô men uốn cục bộ.

5.2.7 Khi xác định khả năng chịu lực của cấu kiện chịu uốn làm bằng các cấu kiện CFS, không xét đến ảnh hưởng của trễ cắt.

5.3 Xét đến hệ số độ tin cậy về tải trọng và cường độ của vật liệu

5.3.1 Khi tính toán kết cấu và liên kết làm bằng thanh định hình tạo hình nguội mạ kẽm thành mỏng, cần kể đến các hệ số độ tin cậy về tải trọng γ_f và về vật liệu γ_m , cũng như các hệ số điều kiện làm việc γ_c và hệ số độ tin cậy về tầm quan trọng của công trình (bộ phận công trình) γ_n .

5.3.2 Để đảm bảo độ tin cậy của kết cấu chịu lực cần sử dụng các giá trị tiêu chuẩn và tính toán của tải trọng và cường độ của vật liệu. Giá trị tính toán của tải trọng P và cường độ tính toán của thép f_{yd} được xác định có xét đến hệ số độ tin cậy về tải trọng γ_f và về vật liệu γ_m theo công thức:

$$P = P_n \cdot \gamma_f \quad (1)$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_m \quad (2)$$

trong đó:

P_n và f_y là giá trị tiêu chuẩn của tải trọng và giới hạn chảy của thép, được xác định theo TCVN 2737:2023, TCVN 5575:2024.

5.4 Xét đến công năng sử dụng và điều kiện làm việc của kết cấu

5.4.1 Để kể đến đặc điểm làm việc của cấu kiện kết cấu, sử dụng hệ số điều kiện làm việc γ_c nhân với cường độ tính toán của thép. Giá trị của hệ số này được xác định theo yêu cầu của TCVN 5575:2024. Đối với các cấu kiện CFS, giá trị γ_c được nêu trong Bảng 1.

Bảng 1 – Hệ số điều kiện làm việc γ_c

Cấu kiện kết cấu	Giá trị γ_c
1. Dầm, xà gồ làm bằng thanh định hình đơn từ tiết diện chữ C, Z và Σ có mép gấp đơn và mép gấp đôi	0,95
2. Cột và trụ làm bằng thanh định hình ghép đôi từ tiết diện chữ C và Σ với chiều dày bụng thanh định hình, mm a) $t \leq 2,0$ b) $2,0 < t \leq 3,0$ c) $3,0 < t \leq 4,0$	0,8 0,9 0,95
Cột và trụ làm bằng thanh định hình đơn từ tiết diện chữ C và Σ với chiều dày bụng thanh định hình, mm a) $t \leq 1,5$ b) $1,5 < t \leq 3,0$ c) $3,0 < t \leq 4,0$	0,75 0,8 0,9
3. Cột và trụ chịu nén và chịu nén lệch tâm làm bằng thanh định hình ghép đôi từ chữ C với cánh không có mép gấp	0,75
4. Các cấu kiện chịu kéo (thanh căng, thanh neo, dây neo và dây treo) khi tính toán độ bền theo tiết diện không bị giảm yếu	0,9
5. Các cấu kiện chịu nén của giàn làm bằng thanh định hình ghép đôi từ tiết diện chữ C và Σ	0,9
6. Xà gồ tiết diện không đối xứng	0,9
7. Cấu kiện chữ T chịu nén của kết cấu lưới thanh làm bằng thanh góc ghép đôi với cánh không có mép gấp khi tính toán ổn định	0,75

Bảng 1 (kết thúc)

Cấu kiện kết cấu	Giá trị γ_c
8. Cấu kiện chịu nén làm bằng thanh góc đơn với cánh không có mép gấp	0,7
9. Cố định các thanh giằng, thanh chống, tấm sàn cứng, bản giằng, cố định cánh của thanh chịu nén và thanh chịu nén lệch tâm ngoài mặt phẳng tác động của mô men uốn	0,85
10. Ổn định của bụng dầm và xà gồ không được gia cường chịu tác động của phản lực gối tựa hoặc tải trọng cục bộ tác động lên cánh	0,85
CHÚ THÍCH: Các hệ số điều kiện làm việc $\gamma_c < 1$ trong tính toán không được lấy đồng thời.	

5.4.2 Để kể đến mức độ tầm quan trọng của công trình, kể cả việc sử dụng kết cấu thép thanh định hình thành mỏng, khi thiết kế sử dụng hệ số độ tin cậy về tầm quan trọng của công trình γ_n , giá trị tối thiểu của hệ số này được quy định trong TCVN 2737:2023.

5.4.3 Cấp hậu quả của công trình được quy định tại Phụ lục A trong [2] và được xác định trong nhiệm vụ thiết kế xây dựng, giá trị hệ số tầm quan trọng theo cấp hậu quả của công trình do người thiết kế đặt ra theo thỏa thuận với khách hàng trong nhiệm vụ thiết kế xây dựng, nhưng không thấp hơn các giá trị nêu trong TCVN 2737:2023.

5.4.4 Giá trị γ_c đối với kết cấu thép cán nóng phải lấy theo TCVN 5575:2024.

5.5 Xét đến sự không hoàn hảo ban đầu của các cấu kiện khung chịu lực

5.5.1 Trong hồ sơ thiết kế cần quy định độ chính xác trong chế tạo kết cấu, đây là một trong những dữ liệu ban đầu trong quá trình phát triển công nghệ chế tạo và lắp dựng kết cấu. Tùy thuộc vào độ chính xác và kích thước danh định của kết cấu theo TCVN 12002:2020, lựa chọn được giá trị lớn nhất cho phép của độ cong cục bộ tương đối của kết cấu.

5.5.2 Cần lưu ý rằng, không hoàn hảo cục bộ của hình dạng tiết diện được xét đến trong các công thức xác định khả năng chịu lực của cấu kiện về ổn định. Các sai lệch cục bộ tương đối ban đầu của hình dạng tiết diện (không hoàn hảo của hình dạng tiết diện) khi mất ổn định dạng phẳng e_0/L được cho trong Bảng 2.

Bảng 2 – Giá trị tính toán của sự không hoàn hảo độ cong cục bộ tương đối ban đầu e_0/L

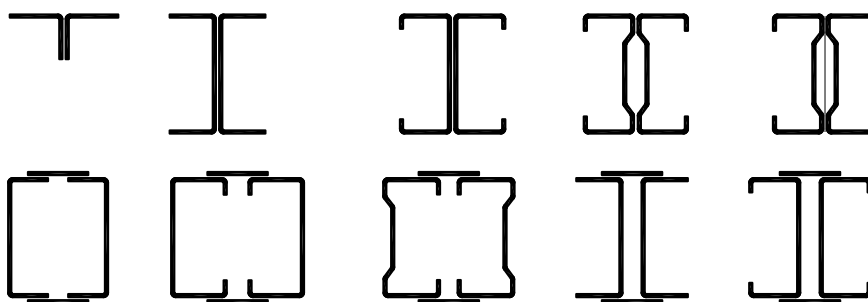
Độ cong cục bộ tương đối trong tính toán đàn hồi	Giá trị giới hạn cho phép của độ cong cục bộ tương đối ban đầu đối với các loại tiết diện theo Bảng 13		
	a	b	c
e_0/L	1/300	1/250	1/200

5.6 Hình dạng tiết diện ngang của cấu kiện kết cấu thép làm từ thanh định hình thành mỏng

5.6.1 Ví dụ về các tiết diện ngang được sử dụng phổ biến nhất của thép thành mỏng tạo hình nguội mạ kẽm đáp ứng các yêu cầu của tiêu chuẩn này được nêu trên Hình 1.



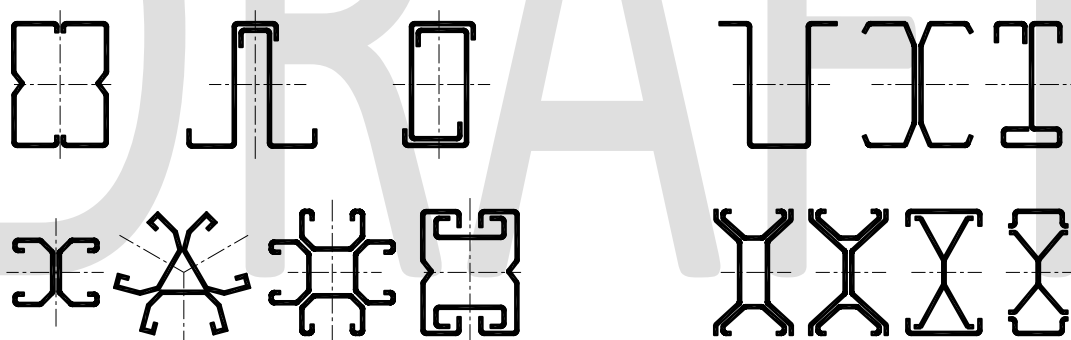
a) Tiết diện đơn, hở



b) Tiết diện tổ hợp, hở và kín

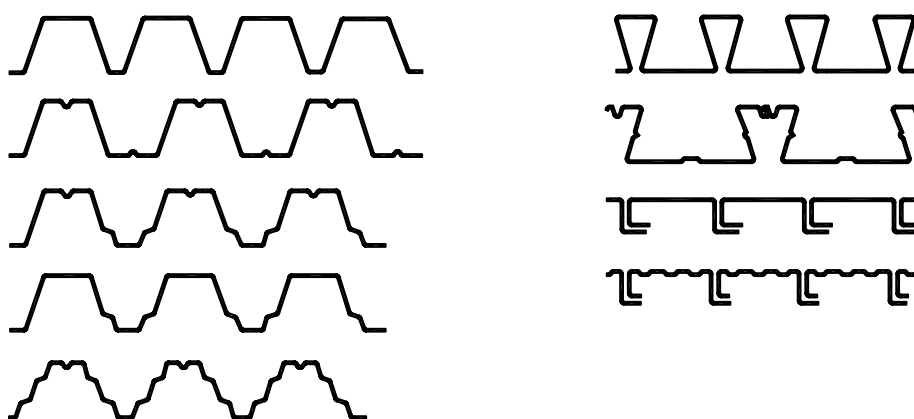
Hình 1 – Các dạng tiết diện thanh định hình chịu lực và tiết diện tổ hợp điển hình của cấu kiện kết cấu thép thành mỏng tạo hình nguội mạ kẽm

Ít được sử dụng hơn là các thanh định hình tổ hợp từ các tiết diện hở và tiết diện kín, được làm từ các thanh định hình riêng biệt, liên kết với nhau bằng chi tiết lắp siết hoặc hàn với một bước nhất định, nêu trên Hình 2.



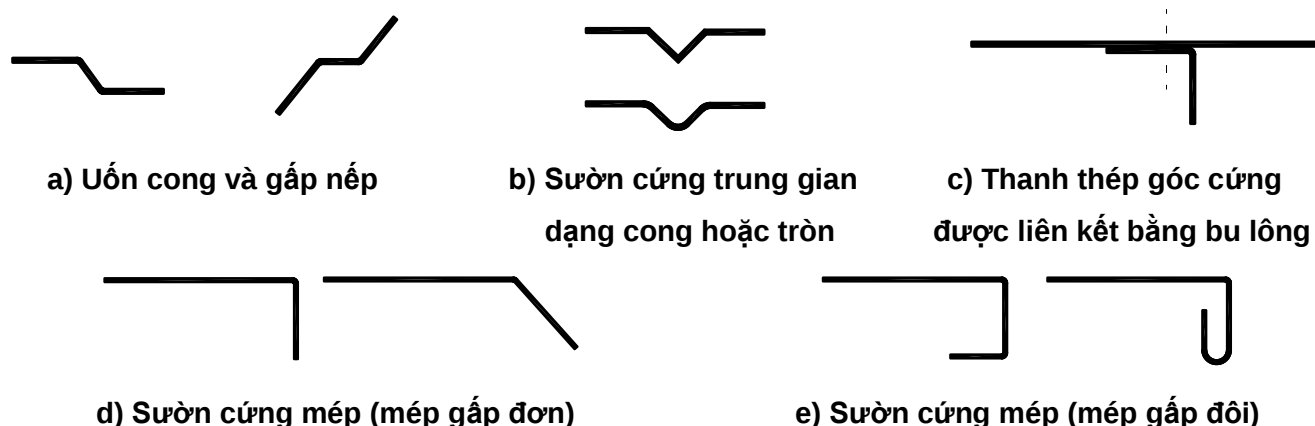
Hình 2 – Tiết diện tổ hợp hở và kín của cấu kiện kết cấu thép thành mỏng tạo hình nguội

Đối với các kết cấu bao che và tấm sàn, cần sử dụng các tấm sóng và thanh định hình máng, nêu trên Hình 3.



Hình 3 – Hình dạng tiết diện của tấm sóng và thanh định hình máng

5.6.2 Các cấu kiện dạng tấm phải được gia cường bằng các sườn cứng dọc. Dạng sườn cứng dọc điển hình của các tấm và thanh định hình tạo hình nguội có thể là sườn cứng mép hoặc sườn cứng trung gian, được nêu trên Hình 4.



Hình 4 – Các dạng sườn cứng điển hình của tấm và thanh định hình tạo hình nguội

6 Vật liệu cho kết cấu và liên kết

6.1 Khi thiết kế khung làm bằng CFS có sử dụng các cấu kiện thép cán nóng, phải phù hợp với yêu cầu của Điều 6 trong TCVN 5575:2024.

6.2 Thanh định hình bằng thép tạo hình nguội mạ kẽm phải được làm bằng tấm cán nguội theo TCVN 6525:2018 (ISO 4998:2014), có chiều dày từ 1,0 đến 4,0 mm, các dung sai kích thước phù hợp với Bảng 1 đến Bảng 8 trong TCVN 10353:2014 (ISO 16163:2012), lớp mạ kẽm nhỏ nhất là 275, các mức thép 220, 250, 280, 320, 350, 380 và 550.

- Để chế tạo các thanh định hình máng, cần sử dụng thép có chiều dày 0,75 mm trở lên; đối với các thanh định hình dạng sóng (tấm sóng) – chiều dày từ 0,35 mm trở lên.
- Để chế tạo các thanh định hình sử dụng cho kết cấu tường liên kết với khung, cần sử dụng thép có chiều dày 0,75 mm trở lên.
- Để chế tạo các thanh định hình sử dụng cho các cấu kiện kết cấu không chịu lực, cần sử dụng thép có chiều dày 0,6 mm trở lên với lớp mạ kẽm dưới 275, phù hợp với yêu cầu của Điều 13.

Chỉ được phép sử dụng các tấm cán thông thường và tăng độ chính xác nếu dung sai âm cho chiều dày phôi tấm được tính đến theo 7.1.5. Khi sử dụng các sản phẩm cán có độ chính xác cao về chiều dày, dung sai âm cho chiều dày phôi tấm có thể không được kể đến.

6.3 Khi sử dụng thép tấm có lớp phủ nhôm – kẽm, cũng như các lớp phủ nhôm – kẽm và nhôm – kẽm – magiê, các lớp phủ phải có khả năng chống ăn mòn cần thiết.

CHÚ THÍCH: Xem thêm TCVN 11374:2016 (ISO 9364:2011), TCVN 13027:2022 để có thông tin về các lớp phủ.

6.4 Để tăng cường hơn khả năng bảo vệ chống ăn mòn, nên sử dụng các thanh định hình tạo hình nguội và tấm sóng làm bằng thép mạ kẽm nhúng nóng cán nguội có lớp phủ polymer theo tiêu chuẩn sản phẩm thích hợp.

6.5 Cường độ tính toán của thanh định hình tạo hình nguội và tấm sóng đối với các trạng thái ứng suất khác nhau được xác định bằng cách sử dụng các công thức trong Bảng 3.

Các cường độ tiêu chuẩn f_y và f_u được lấy theo TCVN 6525:2018 (ISO 4998:2014) và Bảng 5.

Các giá trị hệ số độ tin cậy của thép cán nguội được lấy theo Bảng 4.

Bảng 3 – Cường độ tính toán của thép cán nguội

Trạng thái ứng suất	Công thức tính các cường độ tính toán
1. Kéo, nén, uốn	$f_{yd} = f_y / \gamma_m$
2. Trượt ¹⁾	$f_v = 0,58 f_y / \gamma_m$
3. Ép mặt ổ trục khi tiếp xúc chặt	$f_{cc} = 0,5 f_u / \gamma_m$
¹⁾ Khả năng chịu trượt tính toán có xét đến mất ổn định của bụng thanh được xác định theo công thức trong Bảng 16.	

Bảng 4 – Hệ số độ tin cậy của thép cán nguội

Điều kiện kiểm soát	Giá trị γ_m
1. Đối với thép cán nguội phù hợp với các yêu cầu của tiêu chuẩn này	
a) Có giới hạn chảy không quá 350 MPa	1,05
b) Có giới hạn chảy từ 350 MPa trở lên	1,1
2. Đối với thép cán nguội được cung cấp theo các tiêu chuẩn nước ngoài	1,1

Cường độ tiêu chuẩn và cường độ tính toán khi chịu kéo, nén và uốn, cũng như độ giãn dài tương đối nhỏ nhất của thép tấm mỏng mạ kẽm được nêu tại Bảng 5. Ngoài ra, thông tin về tính chất cơ học của một số loại thép tấm mỏng khác được nêu tại Bảng A.1 đến Bảng A.3 (trong Phụ lục A), cũng như một số loại thép tấm mỏng của nước ngoài được nêu tại Phụ lục G.

Bảng 5 – Cường độ tiêu chuẩn và cường độ tính toán, độ giãn dài của thép tấm cán nguội

Tiêu chuẩn	Mác thép	Chiều dày tiết diện, mm	Cường độ tiêu chuẩn, MPa		Cường độ tính toán, MPa			Độ giãn dài tương đối nhỏ nhất, %
			f_y	f_u	f_{yd}	f_v	f_{cc}	
TCVN 6525:2018 (ISO 4998:2014)	220	$\geq 0,25; \leq 5$	220	310	210	120	145	18
	250	$\geq 0,25; \leq 5$	250	360	230	135	170	16
	280	$\geq 0,25; \leq 5$	280	380	265	155	180	14
	320	$\geq 0,25; \leq 5$	320	430	305	175	205	12
	350	$\geq 0,25; \leq 5$	350	450	315	185	205	10
	380	$\geq 0,25; \leq 5$	380	540	345	200	245	10
	550	$\geq 0,25; \leq 5$	550	570	500	290	255	—
CHÚ THÍCH: Giá trị các cường độ tính toán f_{yd} , f_v , f_{cc} được tính theo các công thức trong Bảng 3, làm tròn đến 5 MPa.								

6.6 Đối với các bộ phận phụ trợ (bản mã, bộ phận liên kết, bản đế, v.v.) cần sử dụng mác thép từ S275 trở lên theo TCVN 9986-2:2013 (ISO 630-2:2011).

6.7 Các liên kết của các cấu kiện kết cấu thanh định hình thép thành mỏng được thực hiện bằng bu lông, vít tự ren và vít tự khoan, đinh tán chìm, chốt đạn, với các liên kết hàn.

6.8 Các điều kiện kỹ thuật chung của chi tiết lắp siết và phụ kiện của chúng:

- Vít tự ren và vít tự khoan phù hợp với quy định trong TCVN 10869:2015 (ISO 4017:2011), TCVN 10870:2015 (ISO 4018:2011), ISO 1478, ISO 1479, ISO 2702, ISO 7049, ISO 15480, ISO 15481.
- Đinh tán chìm phù hợp với quy định trong ISO 15977, ISO 15979, ISO 15980.
- Bu lông và chốt phù hợp với quy định trong TCVN 1916:1995, TCVN 10866:2015 (ISO 4014:2011), ISO 4017, ISO 898-1.

CHÚ THÍCH: Các điều kiện kỹ thuật đối với chốt đạn phù hợp với tiêu chuẩn sản phẩm tương ứng.

- Đai ốc phù hợp với quy định trong TCVN 1916:1995, ISO 4032, ISO 4034.

6.9 Các giá trị tiêu chuẩn về khả năng chịu lực của vít tự ren, vít tự khoan, đinh tán chìm và chốt đạn chịu cắt và xé (kéo) của thân chi tiết lắp siết được lấy theo quy định có liên quan. Tính toán khả năng chịu lực của các liên kết bằng chi tiết lắp siết được thực hiện theo 11.1.

6.10 Yêu cầu đối với liên kết hàn và vật liệu hàn cần tương ứng với 14.1 trong TCVN 5575:2024 và 11.3 – 11.5. Khi lựa chọn que hàn, cần tính đến giá trị đặc trưng cơ học của kim loại đường hàn phải bằng hoặc cao hơn đối với kim loại cơ bản.

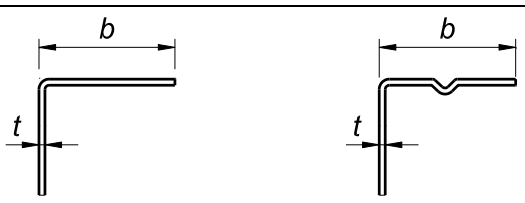
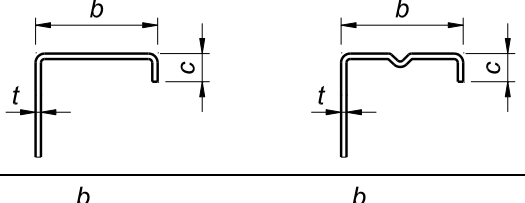
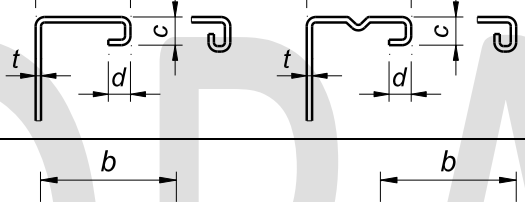
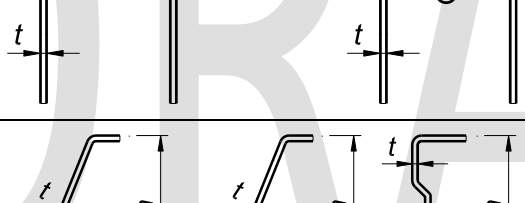
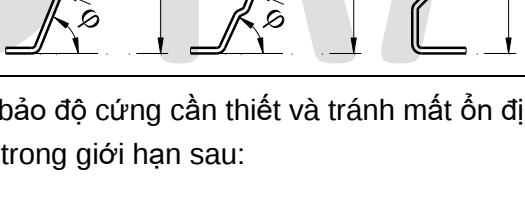
CHÚ THÍCH: Các đường hàn cần được thực hiện trong điều kiện nhà máy với việc bảo vệ tiếp theo đối với khu vực mối hàn khỏi tác động ăn mòn.

7 Tính toán thanh định hình thành mỏng có xét đến sự mất ổn định cục bộ

7.1 Yêu cầu cơ bản đối với tiết diện thanh định hình

7.1.1 Mục này đưa ra các yêu cầu chung cho các tiết diện thanh định hình thành mỏng được tạo thành bởi các tấm có và không có mép gấp dọc và sườn cứng trung gian. Các yêu cầu về thiết kế và tính toán một số loại kết cấu nhất định được nêu trong Phụ lục B. Các yêu cầu của tiêu chuẩn này không áp dụng cho các tiết diện ngang có tỉ số giữa chiều rộng và chiều cao với chiều dày của chúng vượt quá giới hạn nêu trong Bảng 6.

Bảng 6 – Giá trị lớn nhất của tỉ số giữa chiều rộng và chiều cao với chiều dày của các phần tử tiết diện ngang

Các phần tử tiết diện ngang	Giá trị lớn nhất
	$b/t \leq 50$
	$b/t \leq 60$ $c/t \leq 50$
	$b/t \leq 90$ $c/t \leq 60$ $d/t \leq 50$
	$b/t \leq 300$
	$h/t \leq 300$ $h/t \leq 300 \sin \varphi$ $45^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ$

7.1.2 Để đảm bảo độ cứng cần thiết và tránh mất ổn định sớm của sườn cứng, kích thước của sườn cứng phải nằm trong giới hạn sau:

$$0,2 \leq c/b \leq 0,5 \quad (3)$$

$$0,1 \leq d/b \leq 0,25 \quad (4)$$

trong đó:

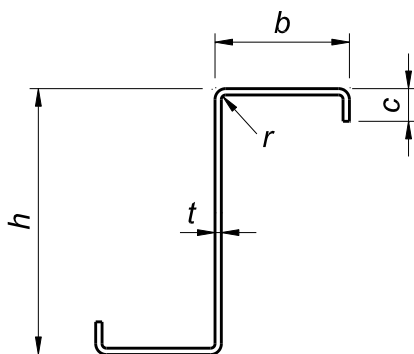
b, c, d là các kích thước, theo Bảng 6.

Nếu $c/b < 0,2$ hoặc $d/b \leq 0,1$ thì không kể đến đoạn uốn cong ($c = 0$ hoặc $d = 0$).

CHÚ THÍCH 1: Nếu các đặc trưng hình học của tiết diện ngang hữu hiệu được xác định bằng thử nghiệm hoặc tính toán thì những giới hạn này không được kể đến.

CHÚ THÍCH 2: Kích thước uốn cong c được đo vuông góc với cánh, ngay cả khi nó được đặt ở một góc khác so với cánh.

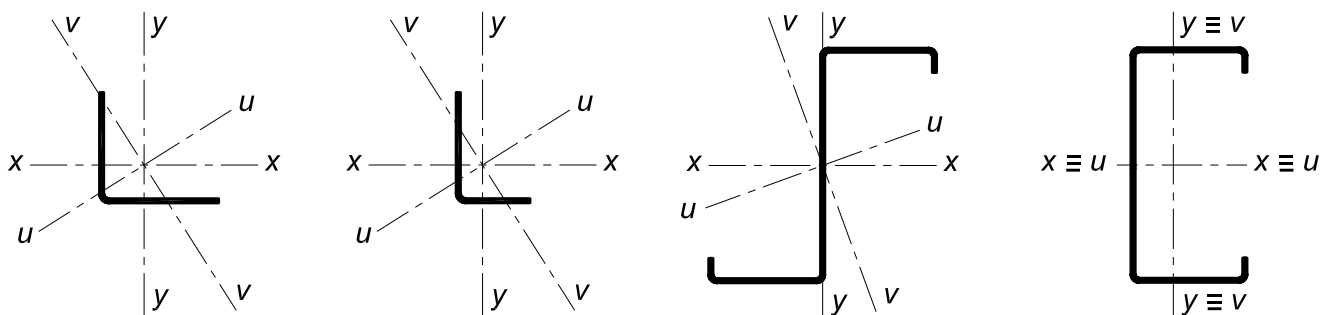
7.1.3 Kích thước tổng thể của các cấu kiện tạo hình nguội (chiều rộng b , chiều cao h , bán kính uốn bên trong r và các kích thước khác) cần đo dọc theo bề mặt tiết diện (xem Bảng 6 và Hình 5).



Hình 5 – Ví dụ về ký hiệu kích thước tiết diện chữ Z

7.1.4 Việc thiết kế kết cấu chịu lực của nhà và công trình sử dụng kết cấu thép thành mỏng được thực hiện theo các yêu cầu ở điều 5.

Trong tính toán, cần sử dụng các ký hiệu sau đây cho các trục trong tiết diện của cấu kiện thanh định hình, như nêu trên Hình 6. Đối với các tấm sóng và thanh định hình máng, sử dụng các ký hiệu trục sau: x-x là trục song song với mặt phẳng của tấm; y-y là trục vuông góc với mặt phẳng của tấm.



Hình 6 – Ký hiệu các trục

7.1.5 Chiều dày tính toán t phải được kể đến chiều dày t_{cor} của thép đã điều chỉnh, trong trường hợp này:

$$t = t_{cor} \quad - \text{với dung sai giới hạn } t_g \leq 5\% \text{ chiều dày tấm} \quad (5)$$

$$t = t_{cor} \cdot \frac{100 - t_g}{95} \quad - \text{với dung sai giới hạn } t_g > 5\% \text{ chiều dày tấm} \quad (6)$$

trong đó:

$$t_{cor} = t_{nom} - t_{m.p} \quad (7)$$

t_g dung sai âm cho chiều dày phôi tấm, %;

t_{nom} chiều dày danh định của thép tấm sau khi tạo hình nguội;

$t_{m.p}$ là chiều dày của lớp phủ kim loại.

CHÚ THÍCH: Đối với lớp mạ kẽm thông dụng Z275, $t_{m.p} = 0,04$ mm.

7.1.6 Chiều dày tấm phải nằm trong giới hạn:

$$0,6 \text{ mm} \leq t_{cor} \leq 4 \text{ mm} - \text{để chế tạo các thanh định hình, bản tấp và mối nối.}$$

Có thể sử dụng vật liệu có chiều dày lớn hơn hoặc nhỏ hơn với điều kiện khả năng chịu lực của cấu kiện được xác định bằng tính toán, dựa trên các thử nghiệm.

7.2 Tính toán kết cấu thanh định hình thành mỏng

7.2.1 Trong kết cấu kim loại thành mỏng, cho phép mất ổn định cục bộ của các phần tử chịu nén tạo nên tiết diện ngang của cấu kiện kết cấu (ví dụ, bụng và cánh của tiết diện chữ C hoặc thanh định hình chữ I), với điều kiện đảm bảo khả năng chịu lực tổng thể của cấu kiện kết cấu.

7.2.2 Sự mất ổn định cục bộ của phần tử được kể đến khi tính toán bằng cách giảm các đặc trưng hình học của tiết diện ngang: diện tích tiết diện ngang (A_{ef}), mô men chống uốn (W_{ef}) và mô men quán tính (I_{ef}). Phương pháp xác định các đặc trưng giảm được nêu trong 7.3.

7.2.3 Đối với từng loại cấu kiện kết cấu, cần kiểm tra khả năng chịu lực có xét đến đặc trưng giảm đối với trạng thái giới hạn nhóm thứ nhất và nhóm thứ hai. Việc kiểm tra khả năng chịu lực của tiết diện cấu kiện chịu nén trong dạng tổng quát được thực hiện theo công thức:

$$\frac{\gamma_m F}{\gamma_c \cdot f_y \cdot G_{ef}} \leq 1 \quad (8)$$

trong đó:

F là hệ số lực tính toán lớn nhất trong cấu kiện do tổ hợp bất lợi của các tải trọng và tác động;

G_{ef} là tham số hình học giảm của tiết diện ngang thanh đối với tổ hợp tải trọng và tác động.

CHÚ THÍCH: Khi tính hệ số lực F cần xét đến γ_m là hệ số độ tin cậy theo tầm quan trọng của nhà và công trình.

Việc kiểm tra trạng thái giới hạn nhóm thứ hai cần được thực hiện dựa trên giá trị tiêu chuẩn của tải trọng tác động lên kết cấu, có kể đến việc giảm tiết diện theo công thức:

$$f \leq f_u \quad (9)$$

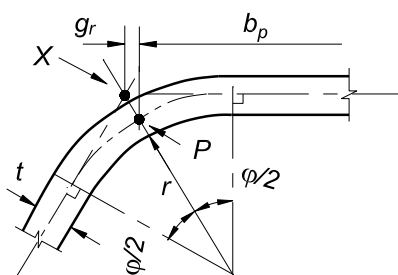
trong đó:

f là độ võng (độ võng) hoặc chuyển vị của cấu kiện kết cấu;

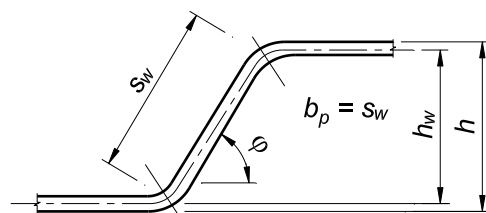
f_u là độ võng (độ võng) hoặc chuyển vị giới hạn của cấu kiện kết cấu, lấy theo TCVN 2737:2023 (Phụ lục G).

7.2.4 Khi xác định các đặc trưng hình học của tiết diện thanh định hình, cần ưu tiên sử dụng phương pháp gần đúng mà không kể đến bán kính uốn bên trong ở các góc của tiết diện. Cho phép bỏ qua ảnh hưởng của bán kính uốn bên trong đến khả năng chịu lực của tiết diện nếu bán kính uốn bên trong $r \leq 5t$ và $r \leq 0,10b_p$. Trong trường hợp này, có thể coi tiết diện ngang bao gồm các phần tử phẳng được nối với nhau ở góc (theo Hình 7, lấy b_p cho tất cả các phần tử phẳng, kể cả các phần tử phẳng chịu kéo). Khi xác định đặc trưng độ cứng của tiết diện ngang cần xét đến ảnh hưởng của góc uốn.

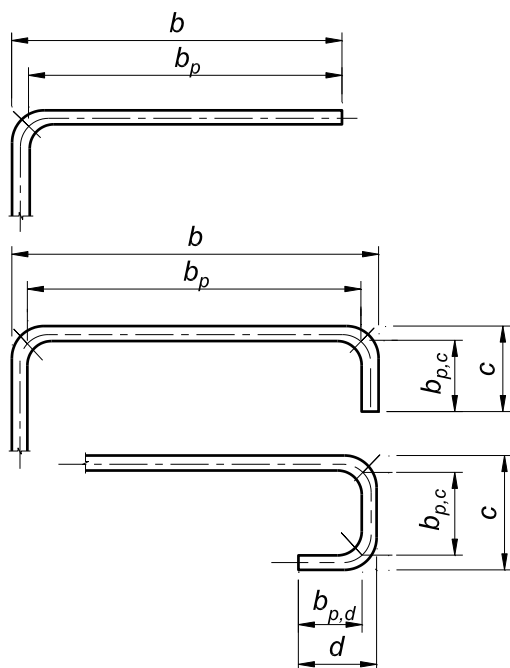
7.2.5 Kích thước chiều rộng lý thuyết b_p và chiều cao h_w của tiết diện ngang thanh định hình có kể đến các góc uốn, phải được đo từ điểm giữa của các phần tử góc liền kề, như trong Hình 7.



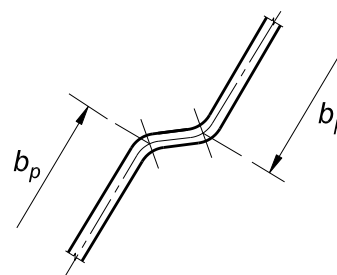
a) Điểm giữa của góc uốn hoặc điểm uốn cong



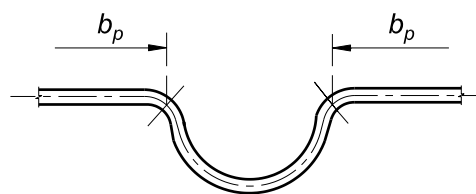
b) Chiều rộng lý thuyết b_p đối với phần phẳng của bụng (b_p là chiều cao nghiêng s_w)



c) Chiều rộng lý thuyết b_p đối với phần phẳng của cánh



d) Chiều rộng lý thuyết b_p của phần phẳng liền kề với sườn cứng ở bụng



e) Chiều rộng lý thuyết b_p của phần phẳng liền kề với sườn cứng ở cánh

CHÚ DẪN:

X là giao điểm của các đường trung bình của phần phẳng

P là giao điểm của đường phân giác của góc φ với đường trung bình của tiết diện ngang

g_r là bán kính uốn giảm của tấm, được tính theo công thức:

$$g_r \leq r_m \left[\tan\left(\frac{\varphi}{2}\right) - \sin\left(\frac{\varphi}{2}\right) \right]$$

trong đó:

$$r_m = r + \frac{t}{2} \quad \text{là bán kính uốn của tấm, xác định theo Hình 7 a).}$$

Hình 7 – Chiều rộng lý thuyết b_p của tiết diện ngang phẳng liền kề với góc

7.2.6 Có thể kể đến ảnh hưởng của vùng uốn đến các đặc trưng hình học của tiết diện bằng cách giảm các giá trị tính toán của chúng đối với tiết diện tương tự có các điểm giao nhau ở góc (xem Hình 8), sử dụng các công thức gần đúng sau:

$$A_g \approx A_{g,sh} (1 - \delta) \quad (10)$$

$$I_g \approx I_{g,sh} (1 - 2\delta) \quad (11)$$

$$I_{\omega} \approx I_{\omega,sh} (1 - 4\delta) \quad (12)$$

$$\delta = 0,43 \cdot \frac{\sum_{j=1}^n r_j \frac{\varphi_j}{90^\circ}}{\sum_{i=1}^m b_{p,i}} \quad (13)$$

trong đó:

A_g là tổng diện tích tiết diện ngang;

$A_{g,sh}$ là giá trị A_g đối với tiết diện có góc nhọn;

$b_{p,i}$ là chiều rộng lý thuyết của phần tử phẳng thứ i trong tiết diện có các góc nhọn;

I_g là mô men quán tính của tiết diện ngang nguyên;

$I_{g,sh}$ là giá trị I_g đối với tiết diện có góc nhọn;

I_{ω} là mô men quán tính quạt của tiết diện ngang nguyên;

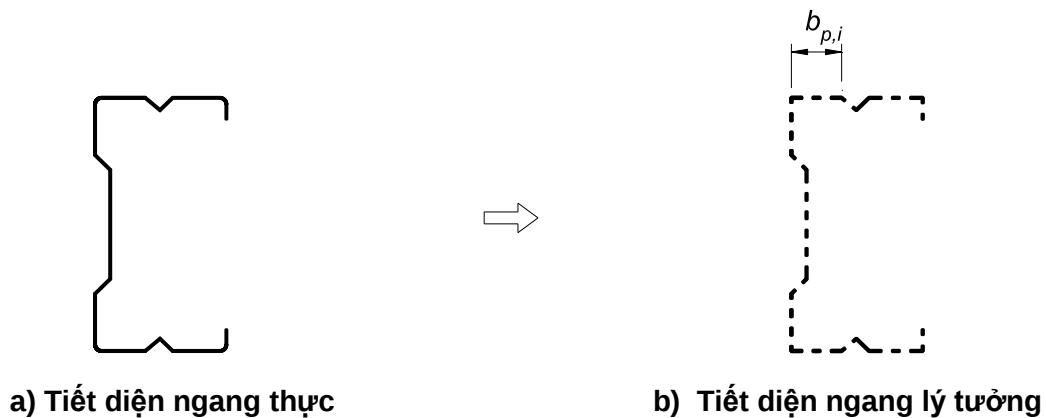
$I_{\omega,sh}$ là giá trị I_{ω} đối với tiết diện có góc nhọn;

φ là góc giữa hai phần tử phẳng;

m là số phần tử phẳng (tám);

n là số phần tử cong (góc uốn);

r_j là bán kính uốn bên trong của phần tử cong thứ j .



Hình 8 – Giả định gần đúng cho góc uốn

7.2.7 Các giá trị giảm, xác định theo các công thức từ (10) đến (13), cũng cho phép sử dụng để tính toán các đặc trưng của tiết diện ngang hữu hiệu A_{ef} , $I_{ef,x}$, $I_{ef,y}$ nếu chiều rộng lý thuyết của các phần tử phẳng được đo từ giao điểm của các đường trung bình của chúng.

7.2.8 Nếu bán kính uốn bên trong $r > 0,04t E/f_y$ thì khả năng chịu lực của tiết diện ngang của thanh định hình phải được xác định bằng thử nghiệm.

7.3 Tính toán thanh định hình thành mỏng có xét đến sự làm việc sau tới hạn của tấm chịu nén

7.3.1 Phương pháp xác định đặc trưng hình học quy đổi của tiết diện ngang cầu kiện

7.3.1.1 Khi xác định khả năng chịu lực và độ cứng của cầu kiện tạo hình ngui cần xét đến ảnh hưởng của sự mất ổn định cục bộ và ổn định hình dạng của phần tiết diện ngang chịu nén.

Diện tích tiết diện ngang giảm của cầu kiện kết cấu thành mỏng (tấm) A_{red} sau khi mất ổn định cục bộ được xác định theo công thức:

$$A_{red} = \rho \cdot A \quad (14)$$

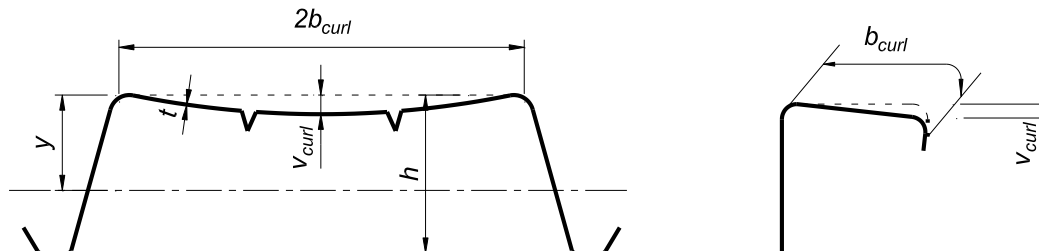
7.3.1.2 Không kể đến ảnh hưởng của độ cong cánh rộng chịu nén đến khả năng chịu lực nếu độ cong tối đa nhỏ hơn 5% chiều cao tiết diện ngang của thanh định hình. Nếu độ cong lớn hơn thì cần kể đến việc giảm khả năng chịu lực, chẳng hạn như bằng cách giảm phần vượn cánh rộng hoặc có kể đến khả năng bị uốn cong của bụng.

Đối với các tiết diện ngang của thanh định hình và tấm sóng, ảnh hưởng của độ cong cánh rộng không cần kể đến nếu thỏa mãn điều kiện $b/t \leq 250h/b$ (xem Hình 9).

CHÚ THÍCH 1: Độ cong cánh rộng được đặc trưng bởi độ cong bên trong hướng về trục trung hòa và có thể xảy ra, ví dụ, ở các cánh rộng của phần chịu uốn hoặc trong các dầm cong mà cánh nằm trong vùng chịu nén của tiết diện ngang.

CHÚ THÍCH 2: Kể đến ảnh hưởng của độ cong cánh rộng đối với các thanh định hình máng được nêu trong 9.2.2.

7.3.1.3 Ví dụ về độ cong cánh chịu nén và chịu kéo của thanh định hình khi có và không có sườn cứng, thẳng trước khi tác dụng tải trọng, được nêu trên Hình 9.



Hình 9 – Ví dụ về độ cong cánh của thanh định hình thẳng trước khi tác dụng tải trọng

7.3.1.4 Độ cong cánh chịu nén (biến dạng uốn hướng vào trong của cánh về phía trục trung hòa) v_{curl} được tính theo các công thức (15), (16). Tính toán này có thể áp dụng cho các cánh chịu nén và chịu kéo khi có và không có sườn cứng dọc, nhưng không áp dụng cho các cánh có các sườn cứng ngang đặt gần nhau.

$$v_{curl} = 2 \frac{\sigma_a^2}{E^2} \frac{b_s^4}{t^2 y} \quad (15)$$

Đối với dầm cong:

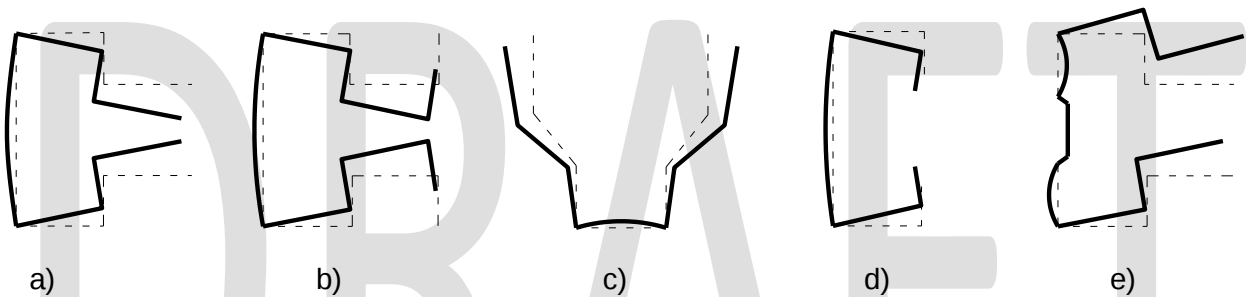
$$v_{curl} = 2 \frac{\sigma_a^2}{E} \frac{b_s^4}{t^2 r} \quad (16)$$

trong đó:

- b_s là một nửa khoảng cách giữa bụng tiết diện hộp và tiết diện mũ hoặc phần vượn của bản cánh;
- E là mô đun đàn hồi (Young's);
- r là bán kính cong của dầm cong;
- t là chiều dày cánh;
- y là khoảng cách từ cánh đang xét đến trục trung hòa;
- σ_a là ứng suất trong bản cánh, tính toán cho tiết diện ngang nguyên.

CHÚ THÍCH: Nếu ứng suất σ_a được tính cho tiết diện ngang hữu hiệu thì chúng được xác định bằng cách nhân ứng suất trong tiết diện ngang hữu hiệu với tỉ số giữa diện tích hữu hiệu của cánh và tổng diện tích cánh.

7.3.1.5 Khi xác định khả năng chịu lực và độ cứng của thanh định hình tạo hình nguội, cần kể đến ảnh hưởng của sự mất ổn định cục bộ và mất ổn định méo, như minh họa cho các trường hợp trong Hình 10.



Hình 10 – Ví dụ về mất ổn định méo

7.3.1.6 Phải xét đến ảnh hưởng của mất ổn định méo trong các trường hợp đã nêu trên Hình 10 a) đến Hình 10 e). Trong các trường hợp này, ảnh hưởng của mất ổn định méo được đánh giá thông qua các tính toán ổn định tuyến tính hoặc phi tuyến bằng phương pháp số hoặc bằng thử nghiệm các thanh trụ ngắn. Phương pháp tính toán tuyến tính đơn giản được nêu trong 7.3.2 và 7.3.3.

7.3.1.7 Với chiều dày không đổi của phần tử được giảm, việc giảm được thực hiện bằng cách thay đổi chiều rộng tấm $b_{ef} = \rho b$ hoặc chiều dày tấm $t_{ef} = \rho t$.

Đối với các tấm chịu nén phẳng, nằm ở các cạnh dọc (ví dụ, bụng dầm chữ I hoặc cánh và bụng tiết diện chữ C), hệ số giảm được xác định theo công thức (17), (18):

$$\rho = 1,0 \quad \text{khi} \quad \bar{\lambda}_p \leq 0,673 \quad (17)$$

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,055(3 + \psi)}{\bar{\lambda}_p^2} \leq 1,0 \quad \text{khi} \quad \bar{\lambda}_p > 0,673 \quad (18)$$

trong đó: $(3 + \psi) \geq 0$.

Đối với các tấm phẳng, nằm theo một cạnh dọc, hệ số giảm ρ được xác định theo công thức (19), (20):

$$\rho = 1,0 \quad \text{khi} \quad \bar{\lambda}_p \leq 0,748 \quad (19)$$

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,188}{\bar{\lambda}_p^2} \leq 1,0 \quad \text{khi} \quad \bar{\lambda}_p > 0,748 \quad (20)$$

trong đó:

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{f_{yd}}{\sigma_{cr}}} \quad (21)$$

Đối với các tấm chịu nén phẳng, ngàm dọc theo hai cạnh dọc (ví dụ: bụng và cánh của tiết diện hình chữ C) hoặc ngàm dọc theo một cạnh (ví dụ: cánh của chữ U hoặc chữ L), hệ số giảm được xác định tùy thuộc vào ứng suất tới hạn mất ổn định của tấm σ_{cr} :

$$\sigma_{cr} = k_\sigma \frac{\pi^2 E t^2}{12(1-\nu^2)b^2} \quad (22)$$

trong đó:

- k_σ là hệ số, phụ thuộc vào các điều kiện biên và tính chất ứng suất trong tấm (cho trong Bảng 7 và Bảng 8);
- b là chiều rộng của tấm, lấy bằng chiều rộng lý thuyết tương ứng (b_p , $b_{p,c}$, $b_{p,d}$ hoặc s_w – xem Hình 7);
- t là chiều dày tính toán của tấm, lấy theo 7.1.5;
- ν là hệ số Poát xông (đối với thép $\nu = 0,3$).

Đối với tấm thép, công thức tính $\bar{\lambda}_p$ được rút gọn về dạng:

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{f_{yd}}{\sigma_{cr}}} = \frac{b}{28,4 t \varepsilon \sqrt{k_\sigma}} \quad (23)$$

trong đó:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_{yd}}} \quad (\text{đơn vị của } f_{yd} \text{ là MPa}) \quad (24)$$

Đối với cấu kiện chịu uốn, khi điều kiện $\sigma_{extension} = \sigma_{max} = f_{yd}$ và $\sigma_{com} < f_{yd}$ (giả thiết ứng suất lớn nhất ở thớ biên chịu kéo lấy bằng cường độ tính toán, còn ứng suất lớn nhất ở thớ biên chịu nén nhỏ hơn cường độ tính toán), hệ số giảm ρ cho phép xác định theo (17) – (20) khi thay $\bar{\lambda}_p$ bằng $\bar{\lambda}_{p,c}$, xác định theo công thức (27). Trong trường hợp này, tiết diện ngang hữu hiệu của tiết diện đang xét phải được xác định bằng phương pháp lặp, trong đó tỷ lệ ứng suất trong tiết diện được xác định theo từng giai đoạn đối với tiết diện ngang hữu hiệu thu được ở lần lặp trước. Các lần lặp lại bắt đầu với tiết diện nguyên của thanh định hình và kết thúc khi các đặc trưng hình học của tiết diện hữu hiệu ở lần lặp trước và lần lặp tiếp theo khác nhau một chút (trong khoảng 1% – 2%).

7.3.1.8 Để thay thế cho phương pháp theo 7.3.1.7, cho phép sử dụng các công thức sau để xác định diện tích hữu hiệu ở mức ứng suất nén dưới cường độ tính toán:

- đối với tấm phẳng trung gian chịu nén có ngàm hai phía:

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_{p,c} - 0,055 \cdot (3 + \psi)}{\bar{\lambda}_{p,c}^2} + 0,18 \cdot \frac{\bar{\lambda}_p - \bar{\lambda}_{p,c}}{\bar{\lambda}_p - 0,6} \leq 1,0 \quad (25)$$

– đối với tấm phẳng vươn chịu nén có ngàm một phía (tấm vươn):

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_{p,c} - 0,188}{\bar{\lambda}_{p,c}^2} + 0,18 \cdot \frac{\bar{\lambda}_p - \bar{\lambda}_{p,c}}{\bar{\lambda}_p - 0,6} \leq 1,0 \quad (26)$$

trong đó:

$$\bar{\lambda}_{p,c} = \sqrt{\frac{\sigma_{com}}{\sigma_{cr}}} \quad (27)$$

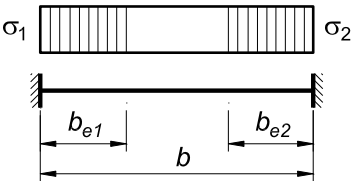
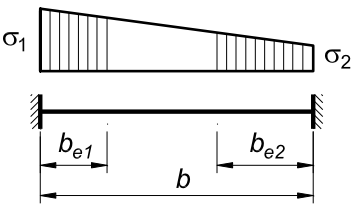
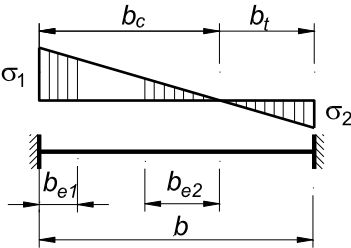
σ_{com} là ứng suất nén thực tại tiết diện giảm của tấm do tải trọng (lấy giá trị lớn nhất của ứng suất nén trong tấm);

ψ là tỉ số giữa ứng suất nhỏ hơn và ứng suất lớn hơn, nén được coi là dương (xem Bảng 7 và Bảng 8).

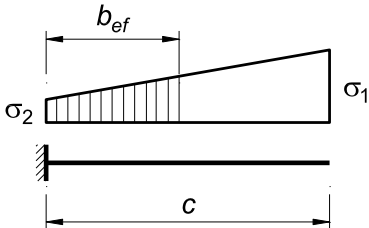
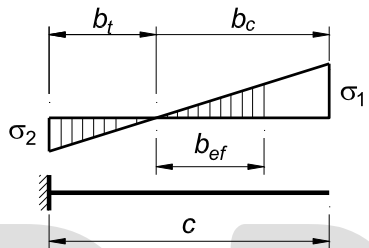
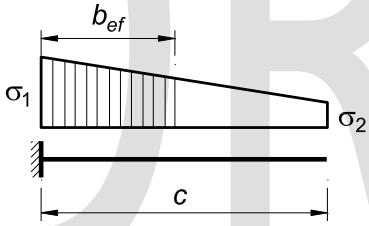
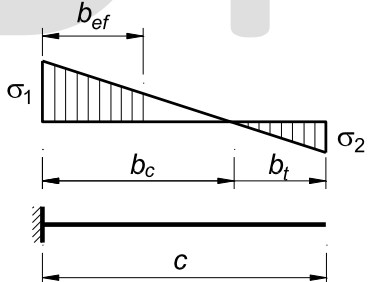
Khi sử dụng phương pháp này, tiết diện ngang hữu hiệu của thanh định hình đang xét phải được xác định bằng phương pháp lặp, trong đó các giá trị ứng suất tại các điểm tiết diện ngang được xác định theo từng giai đoạn đối với tiết diện ngang hữu hiệu tính được ở lần lặp trước. Lần lặp lại bắt đầu với tiết diện nguyên thanh định hình và kết thúc khi các đặc trưng hình học của tiết diện hữu hiệu ở lần lặp trước và lần lặp tiếp theo khác nhau một chút (trong khoảng 1% – 2%).

7.3.1.9 Để xác định các đặc trưng hình học của tiết diện ngang hữu hiệu (A_{ef} , I_{ef} , W_{ef}) cần thiết biết chiều rộng hữu hiệu b_{ef} và hệ số k_{σ} , xác định theo công thức cho trong Bảng 7 và Bảng 8.

Bảng 7 – Giá trị hệ số k_σ đối với tấm có hai cạnh được ngàm

Phân bố ứng suất (nén là dương)				Chiều rộng hữu hiệu b_{ef}		
				$\psi = 1$ $b_{ef} = \rho b$ $b_{e1} = 0,5b_{ef} \quad b_{e2} = 0,5b_{ef}$		
				$0 < \psi < 1$ $b_{ef} = \rho b$ $b_{e1} = \frac{2}{5 - \psi} b_{ef} \quad b_{e2} = b_{ef} - b_{e1}$		
				$\psi < 0$ $b_{ef} = \rho b_c = \frac{\rho b}{1 - \psi}$ $b_{e1} = 0,4b_{ef} \quad b_{e2} = 0,6b_{ef}$		
$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$ ¹⁾	1	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$	- 1	$-1 > \psi > -3$
Hệ số k_σ	4,0	$\frac{8,2}{1,05 + \psi}$	7,81	$7,81 - 6,29\psi + 9,78\psi^2$	23,9	$5,98(1 - \psi)^2$
¹⁾ $\psi = \sigma_2 / \sigma_1$ là tỉ số giữa ứng suất nhỏ hơn và ứng suất lớn hơn (có xét đến dấu) theo biểu đồ ứng suất nêu trên các hình trong Bảng 7 và Bảng 8 (nén được coi là dương).						

Bảng 8 – Giá trị hệ số k_σ đối với tấm có một cạnh được ngàm

Phân bố ứng suất (nén là dương)			Chiều rộng hữu hiệu b_{ef}		
			$1 > \psi > 0$ $b_{ef} = \rho c$		
			$\psi < 0$ $b_{ef} = \rho b_c = \frac{\rho c}{1 - \psi}$		
$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$ ¹⁾	1	0	-1	$-1 > \psi > -3$	
Hệ số k_σ	0,43	0,57	0,85	$0,57 - 0,21\psi + 0,07\psi^2$	
			$1 > \psi > 0$ $b_{ef} = \rho c$		
			$\psi < 0$ $b_{ef} = \rho b_c$		
$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$ ¹⁾	1	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$	-1
Hệ số k_σ	0,43	$\frac{0,58}{\psi + 0,34}$	1,70	$1,7 - 5,0\psi + 17,1\psi^2$	23,8

¹⁾ $\psi = \sigma_2 / \sigma_1$ là tỉ số giữa ứng suất nhỏ hơn và ứng suất lớn hơn (có xét đến dấu) theo biểu đồ ứng suất nêu trên các hình trong Bảng 8 và Bảng 7 (nén được coi là dương).

7.3.2 Tấm được gia cường bằng các sườn cứng dọc

7.3.2.1 Để tăng độ cứng và khả năng chịu lực của các tấm tạo nên tiết diện ngang của thanh định hình, chúng được gia cường bằng các sườn cứng trung gian và sườn cứng mép (xem Hình 11).

7.3.2.2 Độ cứng của lò xo đàn hồi mềm tác dụng lên tấm bởi các sườn cứng phải được kể đến bằng cách tác dụng tải trọng đơn vị tuyến tính u , như nêu trên Hình 11. Độ cứng của lò xo K trên một đơn vị chiều dài được tính theo công thức:

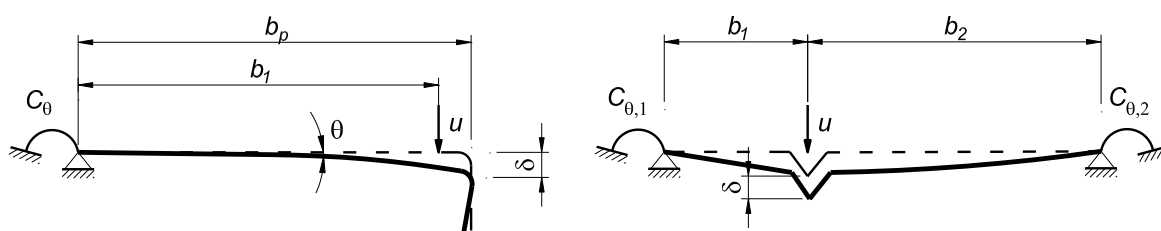
$$K = \frac{u}{\delta} \quad (28)$$

trong đó:

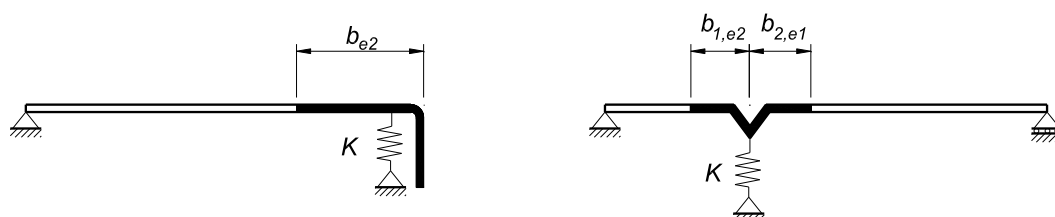
δ là chuyển vị của sườn cứng do tải trọng đơn vị u tác dụng lên trọng tâm b_1 của phần hữu hiệu của tiết diện ngang của sườn cứng trên một đơn vị chiều dài thanh định hình.

Đối với sườn cứng mép, chuyển vị δ được xác định theo công thức

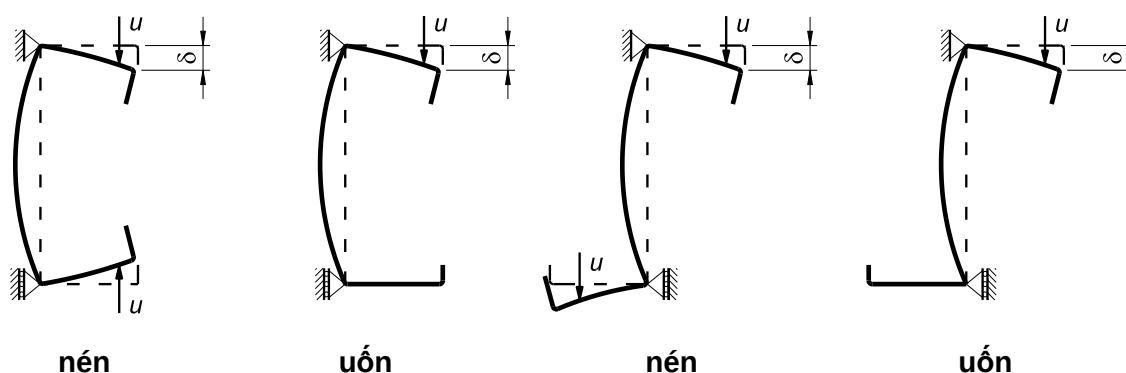
$$\delta = \theta b_p + \frac{u b_p^3}{3} \cdot \frac{12(1-\nu^2)}{Et^3} \quad (29)$$



a) Sơ đồ thực



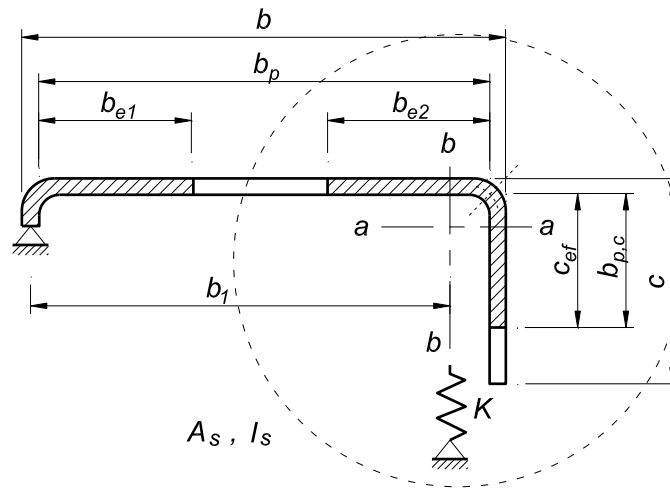
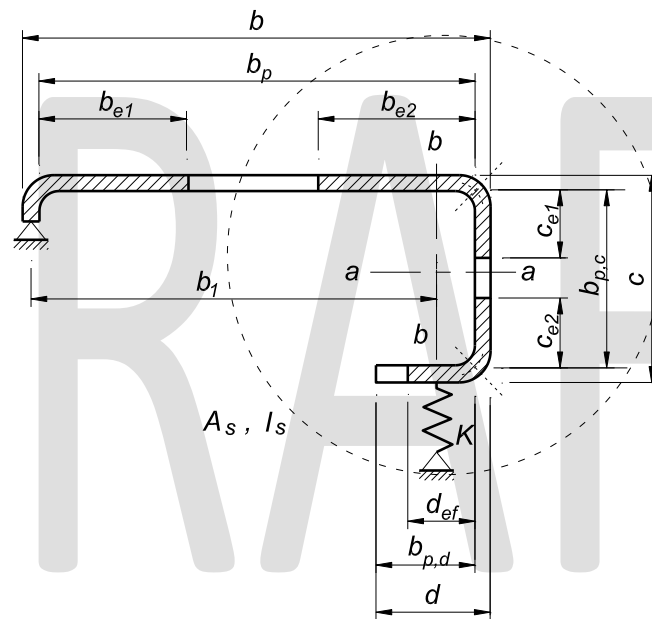
b) Sơ đồ tương đương



c) Xác định δ cho tiết diện chữ C và chữ Z

Hình 11 – Sơ đồ xác định độ cứng của lò xo

7.3.2.3 Tiết diện ngang của đoạn mép gấp bao gồm các sườn cứng đứng và các sườn cứng ngang c và d như trong Hình 12 cộng với phần hữu hiệu liên kết b_{e2} của phần phẳng của tấm gia cường b_p .

a) Với mép gấp đơn ($b/t \leq 60$)b) Với mép gấp đôi ($b/t \leq 90$)**Hình 12 – Sườn cứng mép**

7.3.2.4 Tính toán sườn cứng mép của cánh tiết diện thanh chữ C và chữ Z và các tiết diện tương tự, bao gồm bản bụng và cánh trên và cánh dưới, phải bắt đầu bằng việc xác định chiều rộng hữu hiệu của cánh chịu nén với các sườn cứng ở dạng mép gấp, các thông số c và d được xác định theo 7.3.1.

Tiết diện ngang hữu hiệu ban đầu của cánh chịu nén được xác định theo giả thiết rằng độ cứng do mép gấp tác dụng lên cánh $K = \infty$ và ứng suất bằng f_{yd} .

7.3.2.5 Các giá trị ban đầu của chiều rộng hữu hiệu b_{e1} và b_{e2} nêu trên Hình 11, Hình 12 được xác định theo 7.3.1.7 hoặc 7.3.1.8 với giả thiết phần tử phẳng b_p được đỡ ở hai phía.

7.3.2.6 Giá trị ban đầu của chiều rộng hữu hiệu c_{ef} , nêu trên Hình 12, được xác định như sau:

1) đối với mép gấp đơn

$$c_{ef} = \rho b_{p,c} \quad (30)$$

trong đó:

ρ được xác định có kể đến hệ số mất ổn định k_σ :

$$k_\sigma = 0,5 \quad \text{khi } \frac{b_{p,c}}{b_p} \leq 0,35 \quad (31)$$

$$k_\sigma = 0,5 + 0,83 \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{b_{p,c}}{b_p} - 0,35\right)^2} \quad \text{khi } 0,35 \leq \frac{b_{p,c}}{b_p} \leq 0,6 \quad (32)$$

2) đối với mép gấp đôi

$$c_{ef} = \rho b_{p,c}$$

trong đó:

ρ được xác định theo 7.3.1.7 hoặc 7.3.1.8 có kể đến hệ số mất ổn định k_σ , như đối với tấm có gối tựa trên hai cạnh;

$$d_{ef} = \rho b_{p,d} \quad (33)$$

trong đó:

ρ được xác định theo 7.3.1.7 hoặc 7.3.1.8 có kể đến hệ số mất ổn định k_σ , như đối với tấm được ngàm trên một cạnh.

Diện tích tiết diện ngang tính toán ban đầu A_s của sườn cứng mép được xác định theo công thức:

$$A_s = t(b_{e2} + c_{ef}) \quad (34)$$

$$A_s = t(b_{e2} + c_{e1} + c_{e2} + d_{ef}) \quad (35)$$

Khi cần thiết (xem 7.2.4 – 7.2.6) kể đến việc làm tròn.

7.3.2.7 Hệ số giảm χ_d đối với mất ổn định méo (mất ổn định dạng phẳng của sườn cứng) được xác định phụ thuộc vào giá trị $\sigma_{cr,s}$. Ứng suất mất ổn định tới hạn của mép gấp ở giai đoạn đàn hồi $\sigma_{cr,s}$ được xác định theo công thức:

$$\sigma_{cr,s} = \frac{2 \cdot \sqrt{K_1 E I_s}}{A_s} \quad (36)$$

trong đó:

K_1 là độ cứng của lò xo đàn hồi mềm;

I_s là mô men quán tính của tiết diện tính toán ban đầu của sườn cứng mép đối với trục a–a (bao gồm các phần ổn định liền kề của tấm) – Hình 12;

A_s là diện tích tiết diện tính toán ban đầu của sườn cứng mép (bao gồm các phần ổn định liền kề của tấm) – Hình 12.

7.3.2.8 Đối với sườn cứng mép, độ cứng của lò xo K_1 đối với cánh chịu nén được tính theo công thức:

$$K_1 = \frac{E \cdot t^3}{4(1-\nu^2)} \cdot \frac{1}{b_1^2 h_w + b_1^3 + 0,5 b_1 \cdot b_2 \cdot h_w \cdot k_f} \quad (37)$$

trong đó:

- b_1 là khoảng cách từ trục trung tâm của bụng đến trọng tâm tiết diện tính toán ban đầu của mép gấp (bao gồm phần ổn định b_{e2} của bản cánh) trên bản cánh 1 (xem Hình 12);
- b_2 là khoảng cách từ trục trung tâm của bụng đến trọng tâm tiết diện tính toán ban đầu của mép gấp (bao gồm phần ổn định của bản cánh) trên bản cánh 2;
- h_w là chiều cao bụng giữa các đường trung tuyến của các cánh;
- k_f là hệ số, được lấy như sau:

$k_f = 0$ – khi cánh 2 chịu kéo (tức là đối với một cấu kiện chịu uốn quanh trục x-x);

$k_f = 1$ – khi tiết diện đối xứng chịu nén;

$k_f = A_{s2}/A_{s1}$ – khi cánh 2 chịu nén (đối với tiết diện không đối xứng chịu nén);

A_{s1} và A_{s2} lần lượt là diện tích tiết diện tính toán ban đầu của các sườn cứng mép đối với cánh 1 và cánh 2 (Hình 12).

CHÚ THÍCH: Cánh 1 được lấy là cánh để xác định độ cứng của lò xo đàn hồi mềm K_1 .

Đối với sườn cứng trung gian, chuyển vị δ được xác định theo công thức:

$$\delta = \frac{u b_1^2 b_2^2}{3(b_1 + b_2)} \cdot \frac{12(1-\nu^2)}{E t^3} \quad (38)$$

7.3.2.9 Hệ số giảm khả năng chịu lực χ_d do mất ổn định dạng phẳng của sườn cứng cần được xác định có xét đến độ mảnh quy ước $\bar{\lambda}_d$ theo công thức:

$$\chi_d = 1,0 \quad \text{khi } \bar{\lambda}_d \leq 0,65 \quad (39)$$

$$\chi_d = 1,47 - 0,723 \bar{\lambda}_d \quad \text{khi } 0,65 < \bar{\lambda}_d < 1,38 \quad (40)$$

$$\chi_d = \frac{0,66}{\bar{\lambda}_d} \quad \text{khi } \bar{\lambda}_d \geq 1,38 \quad (41)$$

trong đó:

$$\bar{\lambda}_d = \sqrt{\frac{f_{yd}}{\sigma_{cr,s}}} \quad (42)$$

$\sigma_{cr,s}$ là ứng suất mất ổn định tới hạn trong giai đoạn đàn hồi đối với các sườn cứng mép và sườn cứng trung gian, được xác định theo 7.3.2.7 hoặc 7.3.3.5 tương ứng.

Ứng suất tới hạn của sườn cứng cho phép xác định dựa trên tính toán ổn định bậc nhất trong giai đoạn đàn hồi bằng việc sử dụng tính toán số.

7.3.2.10 Diện tích hữu hiệu của sườn cứng $A_{s,red}$, có kể đến mất ổn định dạng phẳng, được xác định theo công thức:

$$A_{s,red} = \chi_d A_s \cdot \sqrt{\frac{f_{yd}}{\sigma_{com,s}}} \leq A_s \quad (43)$$

trong đó:

$\sigma_{com,s}$ là ứng suất nén dọc theo trục trọng tâm của sườn cứng, tính cho tiết diện ngang hữu hiệu.

7.3.2.11 Khi xác định các đặc trưng hình học của tiết diện ngang hữu hiệu, diện tích hữu hiệu giảm $A_{s,red}$ phải được xác định có kể đến chiều dày giảm t_{red} cho tất cả các phần tử có trong A_s .

Trong trường hợp này, chiều dày giảm t_{red} được xác định theo công thức:

$$t_{red} = t \cdot \frac{A_{s,red}}{A_s} \quad (44)$$

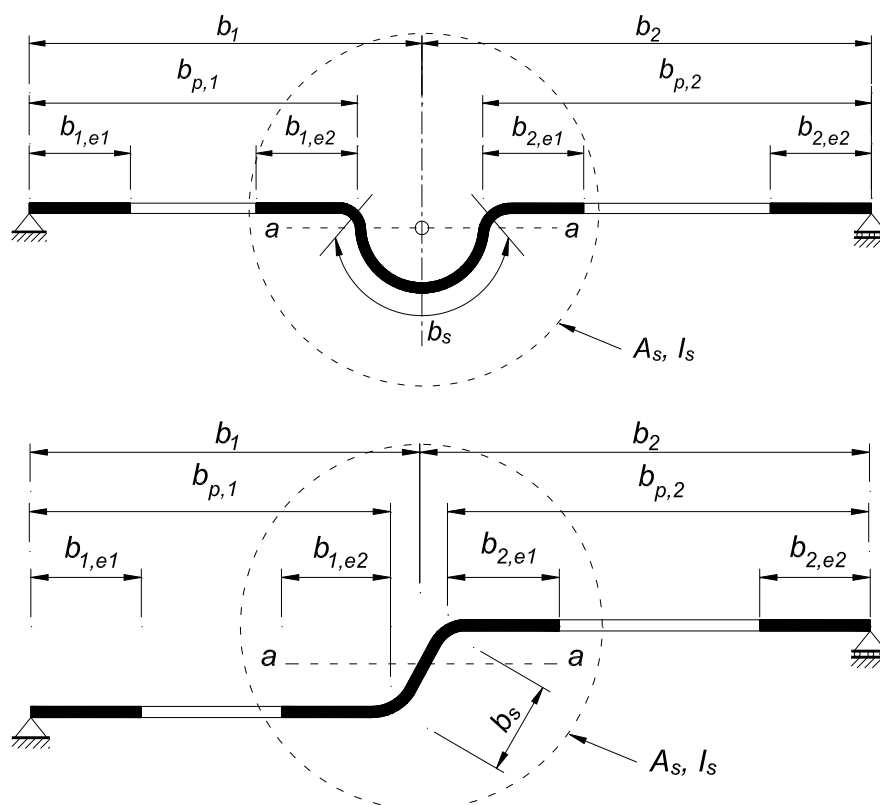
$$t_{red} = \chi_d \cdot t \quad \text{khi } \sigma_{com,s} = f_{yd} \quad (45)$$

$$t_{red} = \chi_d \cdot t \cdot \sqrt{\frac{f_{yd}}{\sigma_{com,s}}} \leq t \quad \text{khi } \sigma_{com,s} < f_{yd} \quad (46)$$

7.3.2.12 Trình tự tính toán bản cánh thanh định hình thành mỏng có sườn cứng dạng mép gấp được cho trong Phụ lục C.

7.3.3 Tấm chịu nén có sườn cứng trung gian

7.3.3.1 Các sườn cứng trung gian được lắp đặt trong các tấm, ngàm theo hai cạnh dọc. Tiết diện ngang của sườn cứng trung gian bao gồm bản thân sườn cứng và các tiết diện liền kề của các phần hữu hiệu ($b_{1,e2}$ và $b_{2,e1}$) của các tấm $b_{p,1}$ và $b_{p,2}$, được nêu trên Hình 13.



Hình 13 – Các sườn cứng trung gian

7.3.3.2 Khi tính toán sườn cứng trung gian, tiết diện tính toán ban đầu của sườn cứng được xác định bằng cách sử dụng chiều rộng hữu hiệu của các tấm liền kề với nó, được xác định có kể đến thực tế là sườn cứng tạo ra ngàm hoàn toàn $K = \infty$ và ứng suất trong đó bằng f_{yd} .

7.3.3.3 Các giá trị ban đầu của chiều rộng hữu hiệu $b_{1,e2}$ và $b_{2,e1}$ nêu trên Hình 13 cần được xác định với giả định rằng các phần tử phẳng $b_{p,1}$ và $b_{p,2}$ được đỡ ở hai phía (xem Bảng 7).

7.3.3.4 Diện tích tiết diện ngang tính toán ban đầu của sườn cứng trung gian được xác định theo công thức:

$$A_s = t \cdot (b_{1,e2} + b_{2,e1} + b_s) \quad (47)$$

trong đó:

b_s là chiều rộng của sườn cứng, được đo dọc theo chu vi của nó (Hình 13).

CHÚ THÍCH: Nếu cần thiết (xem 7.2.4 – 7.2.6) kể đến việc làm tròn.

7.3.3.5 Ứng suất mất ổn định tới hạn của sườn cứng trung gian $\sigma_{cr,s}$ được xác định theo công thức:

$$\sigma_{cr,s} = \frac{2 \cdot \sqrt{KEI_s}}{A_s} \quad (48)$$

trong đó:

K là độ cứng của lò xo đàn hồi mềm;

I_s là mô men quán tính của tiết diện tính toán ban đầu của sườn cứng trung gian đối với trục $a-a$ (bao gồm các phần ổn định liền kề của tấm) – Hình 13;

A_s là diện tích tiết diện tính toán ban đầu của sườn cứng trung gian (bao gồm các phần ổn định liền kề của tấm) – Hình 13.

Đối với sườn cứng trung gian, giá trị hệ số K được tính theo công thức:

$$K = \frac{(b_1 + b_2) E \cdot t^3}{4b_1^2 b_2^2 (1 - \nu^2)} \quad (49)$$

Ứng suất mất ổn định tới hạn của sườn cứng $\sigma_{cr,s}$ cho phép xác định dựa trên tính toán ổn định bậc nhất trong giai đoạn đàn hồi bằng việc sử dụng tính toán số.

7.3.3.6 Hệ số giảm khả năng chịu lực χ_d do mất ổn định méo (mất ổn định dạng phẳng của sườn cứng trung gian) được xác định phụ thuộc vào giá trị $\sigma_{cr,s}$ (xem 7.3.2.9).

7.3.3.7 Diện tích hữu hiệu của sườn cứng $A_{s,red}$ do mất ổn định méo (mất ổn định dạng phẳng của sườn cứng) được xác định theo 7.3.2.10 và công thức (43).

7.3.3.8 Khi xác định các đặc trưng hình học của tiết diện ngang hữu hiệu của sườn cứng trung gian, diện tích hữu hiệu $A_{s,red}$ cần được xác định có kể đến chiều dày giảm cần thiết cho tất cả các phần tử có trong A_s theo 7.3.2.11 và các công thức (44) – (46).

7.3.3.9 Trình tự tính toán sườn cứng trung gian của thanh định hình thành mỏng được cho trong Phụ lục C.

7.4 Tấm sóng hình thang có sườn cứng trung gian

7.4.1 Khái quát chung

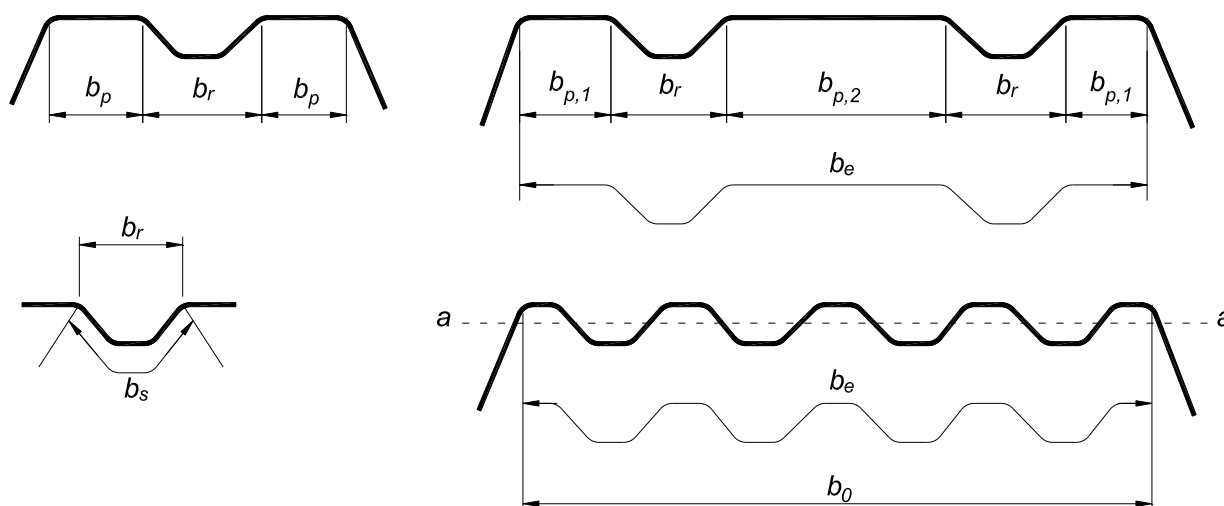
Các yêu cầu của mục này áp dụng cho các tấm sóng hình thang với cánh và bụng có các sườn cứng trung gian.

7.4.2 Cánh có sườn cứng trung gian

7.4.2.1 Các sườn cứng dạng rãnh hình bán nguyệt hoặc hình tam giác bao gồm bản thân sườn cứng và các phần ổn định liền kề với nó b_{ef} ($b_{1,ef}$, $b_{2,ef}$) của phần phẳng của cánh b_p ($b_{p,1}$, $b_{p,2}$) như nêu trong Bảng 9 và Hình 14.

Bảng 9 – Kích thước của các đoạn phẳng ổn định của cánh nằm trong sườn cứng

Tiết diện ngang	Với một sườn cứng	Với hai sườn cứng
Để xác định diện tích của sườn cứng A_s		
Để xác định mô men quán tính của sườn cứng I_s		



Hình 14 – Cánh chịu nén có một, hai hoặc nhiều sườn cứng

7.4.2.2 Với một sườn cứng ở giữa của cánh dạng sóng, ứng suất mất ổn định tới hạn $\sigma_{cr,s}$ trong giai đoạn đàn hồi được xác định theo công thức:

$$\sigma_{cr,s} = \frac{4,2E}{A_s} \cdot \sqrt{\frac{I_s t^3}{4b_p^2(2b_p + 3b_s)}} \quad (50)$$

trong đó:

b_p là chiều rộng lý thuyết của phần tử phẳng, được nêu trên Hình 14;

b_s là chiều rộng của sườn cứng, đo dọc theo chu vi của nó (Hình 14);

A_s, I_s là diện tích tiết diện ngang và mô men quán tính của tiết diện sườn cứng tương ứng với Bảng 9.

7.4.2.3 Với hai sườn cứng đặt đối xứng nhau, ứng suất mất ổn định tới hạn $\sigma_{cr,s}$ trong giới hạn đàn hồi được xác định theo công thức:

$$\sigma_{cr,s} = \frac{4,2E}{A_s} \cdot \sqrt{\frac{I_s t^3}{8b_1^2(3b_e - 4b_1)}} \quad (51)$$

trong đó:

$$b_e = 2b_{p,1} + 2b_{p,2} + 2b_s \quad (52)$$

$$b_1 = b_{p,1} + 0,5b_r \quad (53)$$

$b_{p,1}$ là chiều rộng lý thuyết của phần tử phẳng biên (Hình 14);

$b_{p,2}$ là chiều rộng lý thuyết của phần tử phẳng giữa (Hình 14);

b_r là tổng chiều rộng của sườn cứng (Hình 14);

A_s, I_s là diện tích tiết diện ngang và mô men quán tính của tiết diện sườn cứng tương ứng với Bảng 9.

7.4.2.4 Đối với nhiều sườn cứng trên một cánh (ba hoặc nhiều hơn, giống nhau), diện tích hữu hiệu của toàn bộ cánh A_{ef} được tính theo công thức:

$$A_{ef} = \rho \cdot b_e \cdot t \quad (54)$$

trong đó:

ρ là hệ số giảm tương ứng với độ mảnh quy ước $\bar{\lambda}_p$, tính theo ứng suất mất ổn định tới hạn $\sigma_{cr,s}$ trong giai đoạn đàn hồi, được xác định theo công thức:

$$\sigma_{cr,s} = 1,8E \cdot \sqrt{\frac{I_s t^3}{b_0^2 b_e^3}} + 3,6 \cdot \frac{Et^2}{b_0^2} \quad (55)$$

trong đó:

I_s là tổng mô men quán tính của các sườn cứng đối với trục trung tâm a-a mà không kể đến số hạng $bt^3/12$;

b_0 là chiều rộng của bản cánh trong hình chiếu (Hình 14);

b_e là chiều rộng khai triển của cánh (Hình 14).

CHÚ THÍCH 1: Giá trị của hệ số ρ được xác định theo 7.3.1.7 và các công thức (17) – (20) hoặc theo 7.3.1.8 và các công thức (25) – (26) khi $\psi = 1$.

CHÚ THÍCH 2: Giá trị độ mảnh quy ước $\bar{\lambda}_p$ được xác định theo công thức (21) hoặc (27), khi đó thay cho σ_{cr} lấy $\sigma_{cr,s}$ được xác định theo các công thức (50) – (51) hoặc (55).

7.4.2.5 Độ mảnh quy ước $\bar{\lambda}_d$ và hệ số giảm khả năng chịu lực do mất ổn định dạng phẳng của sườn cứng χ_d được xác định theo các công thức từ (39) đến (42).

7.4.2.6 Nếu các phần chịu nén của tiết diện ngang bản bụng không được gia cường bằng sườn cứng, thì giá trị hệ số giảm χ_d đối với các sườn cứng của bản cánh chịu nén phải được xác định bằng $\sigma_{cr,s}$ xác định theo 7.4.2.2 đến 7.4.2.4 và phương pháp nêu trong 7.3.2.9.

Khi gia cường các phần chịu nén của bụng bằng sườn cứng, giá trị hệ số giảm χ_d đối với cánh phải được xác định theo phương pháp nêu trong 7.3.2.9, có kể đến ứng suất tới hạn điều chỉnh $\sigma_{cr,mod}$, được xác định theo 7.4.4.1.

7.4.2.7 Diện tích hữu hiệu của sườn cứng bản cánh $A_{s,red}$ được xác định theo công thức (43).

Khi xác định các đặc trưng hình học của tiết diện hữu hiệu, diện tích hữu hiệu của các sườn cứng bản cánh $A_{s,red}$ phải được xác định có kể đến chiều dày giảm t_{red} đối với tất cả các phần tử có trong A_s . Chiều dày giảm của sườn cứng t_{red} được xác định theo các công thức (44) – (46).

7.4.3 Phần bụng sóng có không quá hai sườn cứng

7.4.3.1 Tiết diện ngang hữu hiệu của bụng nêu trên Hình 15, bao gồm:

- a) dải có chiều rộng $s_{ef,1}$ liền kề với cánh chịu nén;
- b) diện tích hữu hiệu $A_{s,red}$ của từng sườn cứng trên bản bụng khi số lượng của chúng không quá hai;
- c) dải có chiều rộng $s_{ef,n}$ liền kề với trục trung tâm của tiết diện hữu hiệu;
- d) phần chịu kéo của bản bụng.

7.4.3.2 Diện tích tiết diện tính toán ban đầu của sườn cứng được xác định như sau:

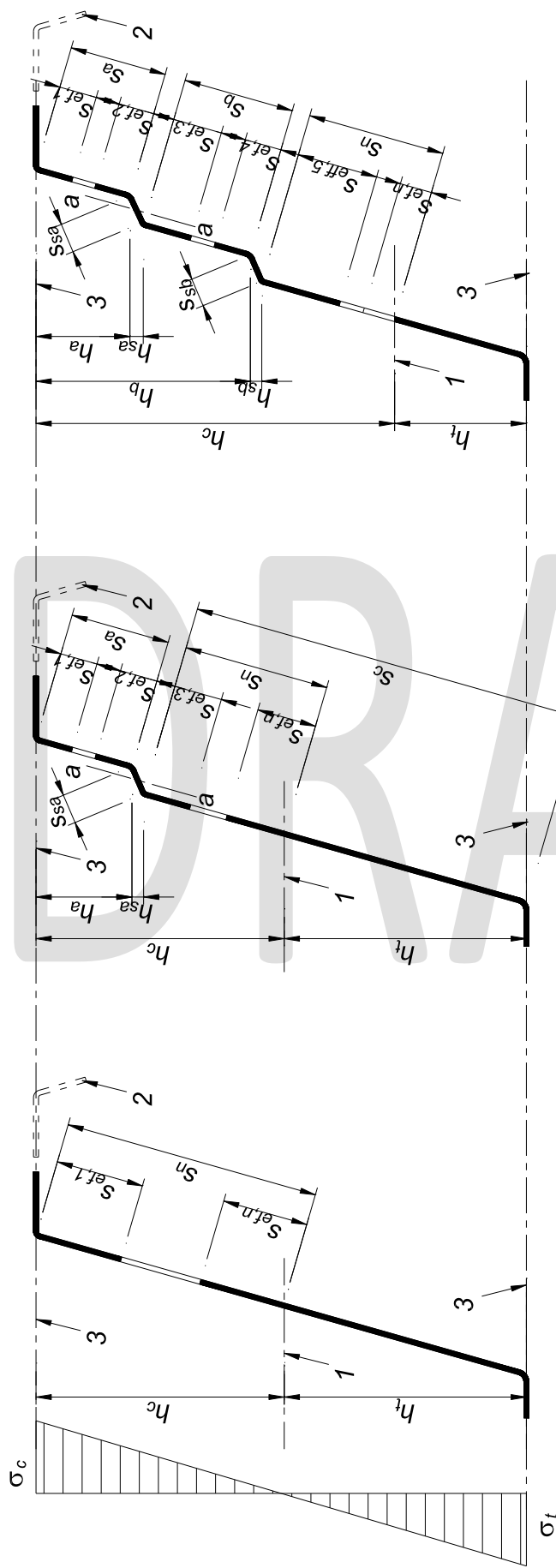
– đối với một sườn cứng hoặc đối với sườn cứng gần nhất với bản cánh chịu nén:

$$A_{sa} = t \cdot (s_{ef,2} + s_{ef,3} + s_{sa}) \quad (56)$$

– đối với hai sườn cứng:

$$A_{sb} = t \cdot (s_{ef,4} + s_{ef,5} + s_{sb}) \quad (57)$$

trong đó: các kích thước $s_{ef,1}$, ..., $s_{ef,n}$, s_{sa} và s_{sb} được nêu trên Hình 15.



a) Tiết diện của tấm sóng
với bụng không có sườn cứng

b) Tiết diện của tấm sóng với bụng
có một sườn cứng trong vùng chịu nén

c) Tiết diện của tấm sóng với bụng
có hai sườn cứng trong vùng chịu nén

CHÚ DẪN:

- 1 Vị trí ban đầu của trục trung hòa trong tiết diện tấm sóng với tiết diện hữu hiệu của cánh và tổng diện tích của bụng
- 2 Phần tiết diện ngang hữu hiệu của cánh chịu nén có sườn cứng trung gian
- 3 Trục trung tâm của cánh

Hình 15 – Tiết diện ngang hữu hiệu của bản bụng tấm sóng

7.4.3.3 Vị trí ban đầu của trục trung hòa hữu hiệu cần được xác định bằng cách sử dụng tiết diện hữu hiệu của cánh chịu nén nằm ngang và tổng tiết diện ngang của bản bụng.

7.4.3.4 Xác định chiều rộng cơ sở của các phần bụng phẳng và bụng sóng nên bắt đầu bằng cách xác định chiều rộng lý thuyết $s_w(b_p)$, s_a , s_b , s_n của các phần tử bụng phẳng theo 7.3 và 7.11.

Chiều rộng bụng hữu hiệu ban đầu $s_{ef,0}$ được xác định theo công thức:

$$s_{ef,0} = 0,76 \cdot t \cdot \sqrt{\frac{E}{\sigma_{com}}} \quad (58)$$

trong đó:

σ_{com} là ứng suất trong bản cánh chịu nén tính cho tiết diện ngang hữu hiệu (cho phép lấy bằng f_{yd}).

7.4.3.5 Các kích thước từ $s_{ef,1}$ đến $s_{ef,n}$ được xác định theo các công thức:

$$s_{ef,1} = s_{ef,0} \quad (59)$$

$$s_{ef,2} = \left(1 + \frac{0,5h_a}{h_c}\right) s_{ef,0} \quad (60)$$

$$s_{ef,3} = \left[1 + \frac{0,5(h_a + h_{sa})}{h_c}\right] s_{ef,0} \quad (61)$$

$$s_{ef,4} = \left(1 + \frac{0,5h_b}{h_c}\right) s_{ef,0} \quad (62)$$

$$s_{ef,5} = \left[1 + \frac{0,5(h_b + h_{sb})}{h_c}\right] s_{ef,0} \quad (63)$$

$$s_{ef,n} = 1,5s_{ef,0} \quad (64)$$

trong đó:

h_c là khoảng cách từ trục trung hòa hữu hiệu đến đường tâm của cánh chịu nén (xem Hình 15);

h_a , h_b , h_{sa} và h_{sb} là các kích thước, nêu trên Hình 15.

7.4.3.6 Các kích thước $s_{ef,1}$, ..., $s_{ef,n}$ ban đầu phải được xác định bằng các công thức (59) – (64), sau đó, nếu phần tử phẳng đang xét là ổn định ($\sigma_{com} < \sigma_{cr}$) thì cần điều chỉnh có kể đến kể đến các quy định sau:

- đối với bụng không có sườn cứng, nếu $s_{ef,1} + s_{ef,n} \geq s_n$ và toàn bộ bụng ổn định thì diện tích hữu hiệu của bụng bao gồm:

$$s_{ef,1} = 0,4s_n \quad (65)$$

$$s_{ef,n} = 0,6s_n \quad (66)$$

- đối với bụng được gia cường bằng sườn cứng, nếu $s_{ef,1} + s_{ef,2} \geq s_a$ và một phần bụng ổn định thì diện tích hữu hiệu của bụng bao gồm:

$$s_{ef,1} = s_a \frac{1}{2 + \frac{0,5h_a}{h_c}} \quad (67)$$

$$s_{ef,2} = s_a \frac{1 + \frac{0,5h_a}{h_c}}{2 + \frac{0,5h_a}{h_c}} \quad (68)$$

- đối với bụng có một sườn cứng, khi $s_{ef,3} + s_{ef,n} \geq s_n$ và một phần bụng s_n ổn định thì diện tích hữu hiệu của bụng bao gồm:

$$s_{ef,3} = s_n \frac{1 + \frac{0,5(h_a + h_{sa})}{h_c}}{2,5 + \frac{0,5(h_a + h_{sa})}{h_c}} \quad (69)$$

$$s_{ef,n} = s_n \frac{1,5}{2,5 + \frac{0,5(h_a + h_{sa})}{h_c}} \quad (70)$$

- đối với bụng có hai sườn cứng:

nếu $s_{ef,3} + s_{ef,4} \geq s_b$ và phần bụng s_b ổn định thì diện tích hữu hiệu của bụng bao gồm:

$$s_{ef,3} = s_b \frac{1 + \frac{0,5(h_a + h_{sa})}{h_c}}{2,0 + \frac{0,5(h_a + h_{sa} + h_b)}{h_c}} \quad (71)$$

$$s_{ef,4} = s_b \frac{1 + \frac{0,5h_b}{h_c}}{2,0 + \frac{0,5(h_a + h_{sa} + h_b)}{h_c}} \quad (72)$$

nếu $s_{ef,5} + s_{ef,n} \geq s_n$ và phần bụng s_n ổn định thì diện tích hữu hiệu của bụng bao gồm:

$$s_{ef,5} = s_n \frac{1 + \frac{0,5(h_b + h_{sb})}{h_c}}{2,5 + \frac{0,5(h_b + h_{sb})}{h_c}} \quad (73)$$

$$s_{ef,n} = s_n \frac{1,5}{2,5 + \frac{0,5(h_b + h_{sb})}{h_c}} \quad (74)$$

7.4.3.7 Đối với sườn cứng đơn hoặc sườn cứng gần nhất với cánh chịu nén, trong bụng có hai sườn cứng, ứng suất mất ổn định tới hạn $\sigma_{cr,sa}$ trong giai đoạn đàn hồi được tính theo công thức:

$$\sigma_{cr,sa} = \frac{1,05E \cdot \sqrt{I_s t^3 s_1}}{A_{sa} s_2 (s_1 - s_2)} \quad (75)$$

trong đó: s_1 và s_2 được tính theo công thức:

– đối với sườn cứng đơn:

$$s_1 = 0,9(s_a + s_{sa} + s_c) \quad (76)$$

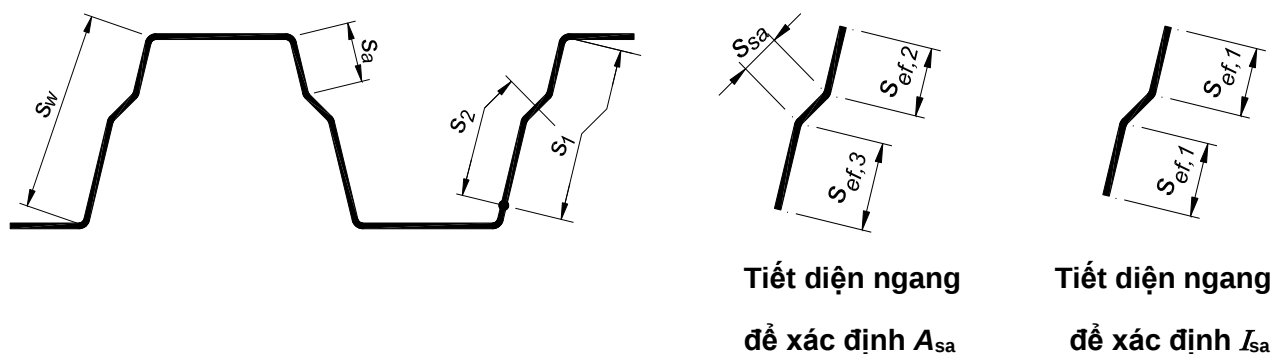
– đối với sườn cứng gần nhất với cánh chịu nén, trong bụng có hai sườn cứng:

$$s_1 = s_a + s_{sa} + s_{sb} + 0,5(s_{sb} + s_c) \quad (77)$$

$$s_2 = s_1 - s_a - 0,5s_{sa} \quad (78)$$

ở đây: s_c là kích thước nêu trên Hình 15;

7.4.3.8 Diện tích tiết diện ngang A_{sa} và mô men quán tính I_{sa} của sườn cứng bụng được xác định theo Hình 16.



Hình 16 – Sườn cứng bụng của tấm sóng hình thang

7.4.3.9 Độ mảnh quy ước $\bar{\lambda}_d$ và hệ số giảm khả năng chịu lực do mất ổn định dạng phẳng của sườn cứng χ_d được xác định theo các công thức (39) – (42).

7.4.3.10 Nếu tiết diện ngang của cánh chịu nén không được gia cường bằng sườn cứng, thì các giá trị hệ số giảm χ_d đối với sườn cứng bụng phải được xác định bằng cách sử dụng $\sigma_{cr,sa}$ và phương pháp nêu trong 7.3.2.9.

Khi cánh chịu nén được gia cường bằng sườn cứng, giá trị của hệ số giảm χ_d phải được xác định theo phương pháp nêu trong 7.3.2.9, có kể đến ứng suất tới hạn điều chỉnh $\sigma_{cr,mod}$ được xác định theo 7.4.4.1.

7.4.3.11 Khi xác định các đặc trưng hình học của tiết diện hữu hiệu, diện tích hữu hiệu của sườn cứng đơn trên bản bụng hoặc sườn cứng gần nhất với bản cánh chịu nén $A_{sa,red}$ được xác định theo công thức:

$$A_{sa,red} = \chi_d A_{sa} \cdot \sqrt{\frac{f_{yd}}{\sigma_{com} \left(1 - \frac{h_a + 0,5h_{sa}}{h_c}\right)}} \quad \text{nhưng } A_{sa,red} \leq A_{sa} \quad (79)$$

7.4.3.12 Khi xác định các đặc trưng hình học của tiết diện hữu hiệu, diện tích hữu hiệu $A_{sa,red}$ cần được xác định có kể đến chiều dày giảm t_{red} cho tất cả các phần tử có trong A_{sa} .

Chiều dày giảm t_{red} được xác định theo các công thức:

$$t_{red} = \chi_d t \cdot \sqrt{\frac{1}{1 - \frac{h_a + 0,5h_{sa}}{h_c}}} \leq t \quad (\text{khi } \sigma_{com} = f_{yd}) \quad (80)$$

$$t_{red} = \chi_d t \cdot \sqrt{\frac{f_{yd}}{\sigma_{com} \left(1 - \frac{h_a + 0,5h_{sa}}{h_c}\right)}} \leq t \quad (\text{khi } \sigma_{com} < f_{yd}) \quad (81)$$

trong đó:

σ_{com} là ứng suất trong bản cánh chịu nén, tính cho tiết diện ngang hữu hiệu (cho phép lấy bằng f_{yd}).

7.4.3.13 Đối với bụng có hai sườn cứng, diện tích hữu hiệu $A_{sb,red}$ của sườn cứng thứ hai cần lấy bằng A_{sb} .

7.4.4 Tầm sóng có sườn cứng trên cánh và bụng

7.4.4.1 Đối với các tấm sóng có sườn cứng trung gian trên bản cánh và bản bụng (Hình 17), sự tương tác giữa mất ổn định méo (mất ổn định dạng phẳng của sườn cứng trên bản cánh và bản bụng) cần được kể đến bằng cách sử dụng giá trị điều chỉnh của ứng suất tới hạn $\sigma_{cr,mod}$ đối với cả hai loại sườn cứng trong giai đoạn làm việc đàn hồi, được xác định theo công thức:

$$\sigma_{cr,mod} = \frac{\sigma_{cr,s}}{\sqrt[4]{1 + \left(\beta_s \frac{\sigma_{cr,s}}{\sigma_{cr,sa}}\right)^4}} \quad (82)$$

trong đó:

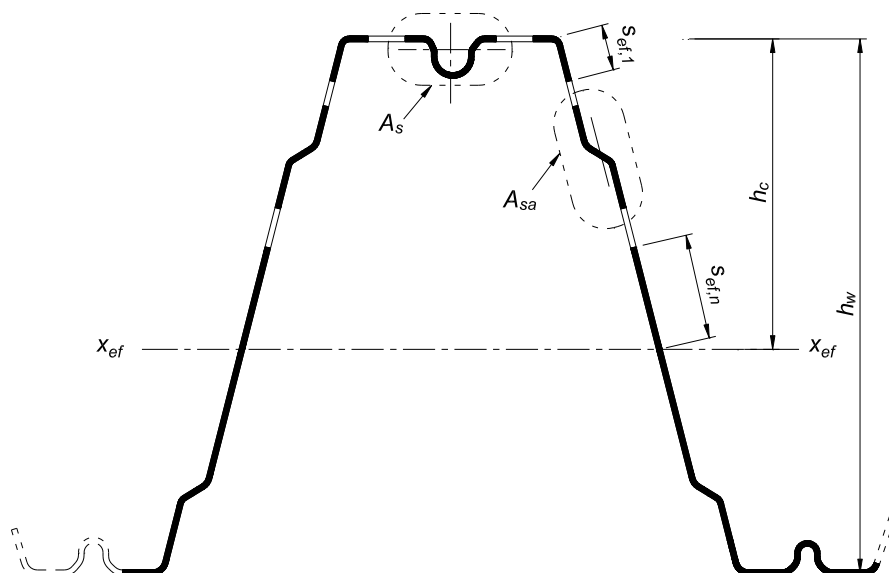
$\sigma_{cr,s}$ là ứng suất tới hạn trong giai đoạn đàn hồi đối với sườn cứng trung gian của cánh, lấy theo 7.4.2.2 cho cánh có một sườn cứng, theo 7.4.2.3 cho cánh có hai sườn cứng;

$\sigma_{cr,sa}$ là ứng suất tới hạn trong giai đoạn đàn hồi đối với sườn cứng đơn của bản bụng hoặc sườn cứng gần nhất với cánh chịu nén trong bản bụng có hai sườn cứng (xem 7.4.3.7);

$\beta_s = 1$ – đối với thanh định hình chịu nén đúng tâm.

Đối với thanh định hình chịu uốn, β_s được xác định theo công thức:

$$\beta_s = 1 - \frac{h_a + 0,5h_{sa}}{h_c} \quad (83)$$



Hình 17 – Tấm sóng hình thang có sườn cứng trên cánh và bụng

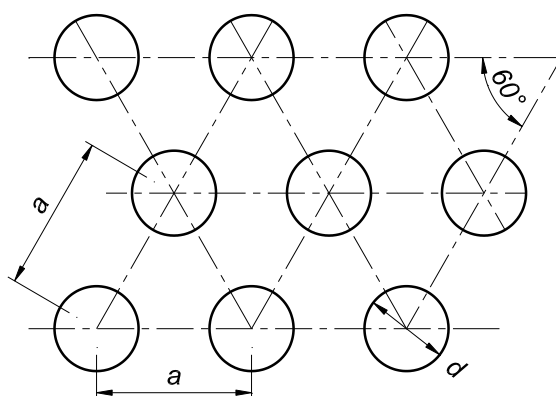
7.4.4.2 Khi tính toán các thanh định hình dạng sóng, cho phép tính hệ số χ_d của sườn cứng trên cánh và bụng bằng cách sử dụng $\sigma_{cr,s}$ thay cho $\sigma_{cr,mod}$. Đối với các thanh định hình dạng sóng khác, sự làm việc chịu uốn có sườn cứng trên cánh và bụng, cho phép tính hệ số χ_d sử dụng $\sigma_{cr,s}$ thay cho $\sigma_{cr,mod}$, nếu thỏa mãn điều kiện $\sigma_{cr,s} < \sigma_{cr,sa}$.

7.5 Tấm có lỗ và thanh định hình giảm nhiệt

7.5.1 Tính toán tấm có lỗ

7.5.1.1 Tấm có lỗ với các lỗ tròn bố trí theo hình tam giác đều như trên Hình 18, có thể được tính toán như tấm không có lỗ bằng cách sử dụng chiều dày hữu hiệu cho dưới đây.

CHÚ THÍCH: Phương pháp tính toán các đặc trưng hình học của tấm có lỗ đã có dự trữ khả năng chịu lực. Ngoài ra, khả năng chịu lực của tấm có lỗ cho phép xác định từ kết quả thử nghiệm.



Hình 18 – Bố trí các lỗ trên tấm có lỗ

7.5.1.2 Với điều kiện $0,2 \leq d/a \leq 0,9$, đặc trưng hình học của tiết diện ngang nguyên được tính toán với việc thay t bằng $t_{a,ef}$, tính theo công thức:

$$t_{a,ef} = 1,18 \cdot t \left(1 - \frac{d}{0,9a} \right) \quad (84)$$

trong đó:

a là khoảng cách giữa tâm các lỗ (xem Hình 18);

d là đường kính lỗ (xem Hình 18).

7.5.1.3 Với điều kiện $0,2 \leq d/a \leq 0,9$, đặc trưng hình học của tiết diện ngang hữu hiệu được tính toán theo 7.3 với việc thay t bằng $t_{b,ef}$, tính theo công thức:

$$t_{b,ef} = t \cdot \sqrt[3]{1,18 \left(1 - \frac{d}{a}\right)} \quad (85)$$

7.5.1.4 Khả năng chịu lực của một bản bụng chịu tác động của lực ngang cục bộ được tính toán theo 8.9 với việc thay t bằng $t_{c,ef}$, tính theo công thức:

$$t_{c,ef} = t \cdot \sqrt[3]{1 - \left(\frac{d}{a}\right)^2 \frac{S_{per}}{S_w}} \quad (86)$$

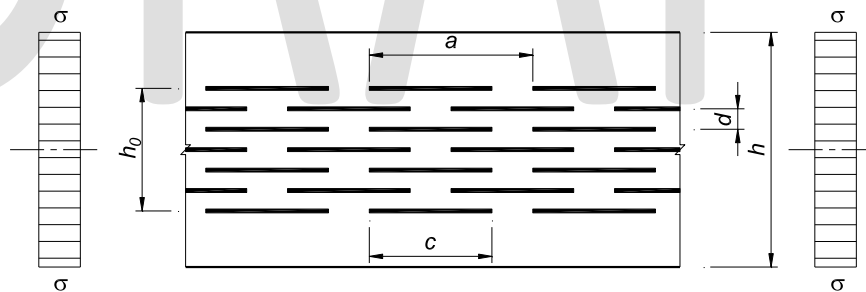
trong đó:

S_{per} là chiều cao nghiêng của phần bụng có lỗ;

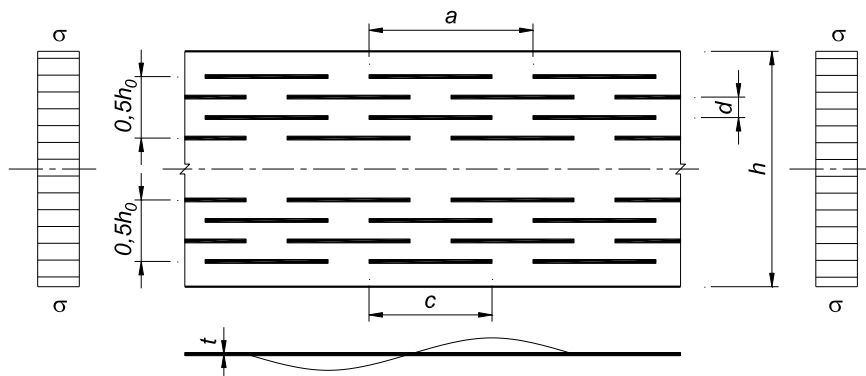
S_w là tổng chiều cao nghiêng của bụng.

7.5.2 Tính toán thanh định hình giảm nhiệt

7.5.2.1 Thanh định hình giảm nhiệt thành mỏng tạo hình nguội (chữ U, Σ , C và chữ Z) có các rãnh thủng ở bụng (Hình 19) phải được tính toán có kể đến ảnh hưởng của các khe rãnh đến ứng suất mất ổn định tới hạn σ_{cr} của các tấm có rãnh thủng.



a) Tấm có một hàng rãnh thủng



b) Tấm có hai hàng rãnh thủng giống nhau

Hình 19 – Các thông số rãnh thủng của thanh định hình giảm nhiệt

Phương pháp tính toán dưới đây cho phép sử dụng cho các tấm có kích thước và vị trí của các khe rãnh thỏa mãn điều kiện:

$$\frac{a}{h} < 0,907 + 0,832\left(\frac{c}{a}\right) - 8,84\left(\frac{d}{a}\right) + 0,944\left(\frac{h_0}{h}\right) \quad (87)$$

trong đó: a, c, d, h, h_0 là các kích thước nêu trên Hình 19.

7.5.2.2 Trong trường hợp tổng quát đối với bụng hoặc cánh (xem Hình 19) dạng tấm có rãnh thủng (щелевая перфорация/slot perforation) và phân bố ứng suất không đều trên chiều rộng, ứng suất mất ổn định tới hạn trong giai đoạn đàn hồi có thể được xác định theo công thức:

$$\sigma_{cr} = k_{\sigma} \frac{\pi^2 D}{h^2 t} = k_{\sigma} \frac{\pi^2 E t^2}{12(1-\nu^2) h^2} \quad (88)$$

trong đó:

$$k_{\sigma} = \frac{8(1 + \sqrt{k_2} + k_2\nu - \nu)}{\sqrt{(1+\psi)^2 + 0,112(1-\psi)^2} + (1+\psi)} \quad (89)$$

$$k_2 = \frac{kh}{kh_1 + h_0} \quad (90)$$

$$k = 24(1-\nu)\beta \frac{d^2}{ac} \quad (91)$$

- D là độ cứng trụ của tấm;
- a là bước của các rãnh lỗ dọc theo chiều dài của tấm;
- c là chiều dài của một rãnh lỗ;
- d là bước của các rãnh lỗ (щелевое отверстие/slot hole) theo phương chiều rộng tấm;
- h là chiều rộng lý thuyết của tấm, xác định theo 7.2.5;
- h_0 là chiều rộng của phần tấm có khe rãnh (просечек/rouletting);
- h_1 là tổng chiều rộng của các phần tấm không có khe rãnh, $h_1 = h - h_0$;
- ν là hệ số Poisson ($\nu = 0,3$);
- ψ là tỉ số giữa ứng suất nhỏ hơn và ứng suất lớn hơn (có kể đến dấu, khi nén được coi là dương);
- β là hệ số, xác định theo Bảng 10.

Bảng 10 – Giá trị hệ số β

a/d	2,5	3,0	4,0	6,0	8,0	10,0	∞
β	0,249	0,263	0,281	0,299	0,307	0,313	0,333

7.5.2.3 Độ mảnh quy ước của tấm $\bar{\lambda}_p$ được xác định theo công thức (21) phụ thuộc vào ứng suất tới hạn σ_{cr} , tính theo công thức (88). Tiếp theo, tìm hệ số giảm ρ theo 7.3.1.7 hoặc 7.3.1.8 và xác định chiều rộng hữu hiệu theo Bảng 7 và Bảng 8.

7.5.2.4 Tiết diện ngang hữu hiệu của sườn cứng mép (nếu có) của thanh định hình giảm nhiệt trên bụng được thực hiện theo 7.3.2 với việc thay K_1 bằng $K_{1,t}$, được xác định theo công thức:

$$K_{1,t} = k_2 \cdot K_1 \quad (92)$$

trong đó:

K_1 là độ cứng của lò xo đàn hồi mềm, xác định theo công thức (37);

k_2 là hệ số, xác định theo công thức (90).

7.5.2.5 Khả năng chịu lực của tiết diện ngang thanh định hình giảm nhiệt do tác dụng của lực ngang và dưới tác dụng đồng thời của lực dọc, lực ngang và mô men uốn được thực hiện theo 8.7 và 8.8 với việc thay V_w bằng $V_{w,term}$, được xác định theo công thức:

$$V_{w,term} = V_w \left(1 - \frac{c}{a} \right) \left(2\sqrt{3} \frac{d}{a-c} \right) \quad (93)$$

trong đó:

$$\left(2\sqrt{3} \frac{d}{a-c} \right) \leq 1;$$

V_w là khả năng chịu lực của tiết diện ngang đặc (không có khe rãnh) do tác dụng của lực ngang, được xác định theo 8.7.1 và công thức (135).

7.5.2.6 Tính toán chịu ép mặt và mất ổn định của bụng có rãnh thùng của thanh định hình giảm nhiệt chịu tác dụng của phản lực gối tựa hoặc lực ngang cục bộ khác tác động lên cánh được thực hiện theo 8.9 với việc thay t bằng t_{ef} , được xác định theo công thức:

$$t_{ef} = \sqrt[3]{k_2} \cdot t \quad (94)$$

trong đó:

k_2 là hệ số, xác định theo công thức (90);

t là chiều dày tính toán của bụng.

8 Trạng thái giới hạn nhóm thứ nhất

8.1 Quy định chung về tính toán

8.1.1 Khi xác định khả năng chịu lực của tiết diện ngang, thay vì tính toán độ bền theo trạng thái giới hạn trong khi thiết kế, cho phép sử dụng kết quả nghiên cứu thực nghiệm.

CHÚ THÍCH 1: Nên sử dụng kết quả nghiên cứu thực nghiệm để đánh giá khả năng chịu lực của các tiết diện có tỉ số b_p/t tương đối cao (ngoài phạm vi các giá trị nêu trong Bảng 6) khi cong bụng hoặc khi kể đến ảnh hưởng của trễ cắt, cũng như các trường hợp quy định trong 7.1.6 và 7.2.8.

CHÚ THÍCH 2: “Cong bụng” là hiện tượng cong cục bộ bản bụng ở vị trí lân cận tải trọng tập trung hoặc phản lực gối tựa.

8.1.2 Khi thực hiện tính toán, cần xét đến ảnh hưởng của mất ổn định cục bộ của các phần tử bằng cách sử dụng các đặc trưng hình học của tiết diện hữu hiệu, được xác định theo 7.3.

8.2 Tính toán độ bền và ổn định cấu kiện tiết diện đặc chịu kéo đúng tâm, chịu nén đúng tâm

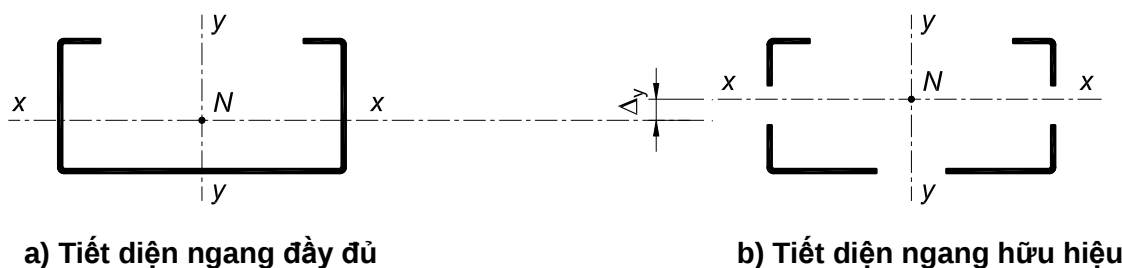
8.2.1 Khả năng chịu lực tính toán theo độ bền của tiết diện ngang chịu kéo dọc trục N được tính theo công thức:

$$\frac{N}{A_{g,n} f_{yd} \gamma_c} \leq 1 \quad (95)$$

8.2.2 Nếu diện tích thực hữu hiệu $A_{ef,n}$ của thanh định hình nhỏ hơn tổng diện tích tiết diện ngang thực $A_{g,n}$, thì độ bền của các thanh chịu nén đúng tâm được tính theo công thức:

$$\frac{N}{A_{ef,n} f_{yd} \gamma_c} \leq 1 \quad (96)$$

8.2.3 Nếu trọng tâm của tiết diện ngang hữu hiệu không trùng với trọng tâm của tiết diện nguyên, thì cần phải kể đến mô men uốn do dịch chuyển của các trục trung tâm $x-x$ và $y-y$ so với vị trí trục tác dụng của lực (xem Hình 20).



CHÚ DẪN:

N – Lực dọc

Hình 20 – Tiết diện ngang hữu hiệu khi chịu nén

Các mô men uốn bổ sung ΔM_x và ΔM_y do dịch chuyển của các trục trung tâm được xác định theo công thức:

$$\Delta M_x = N \cdot \Delta y \quad (97)$$

$$\Delta M_y = N \cdot \Delta x \quad (98)$$

trong đó:

Δy và Δx – là độ dịch chuyển của các trục trung tâm $x-x$ và $y-y$ so với trục tác dụng của lực dọc trục.

Cho phép bỏ qua độ lệch tâm trong các trường hợp sau:

- khi độ lệch tâm nhỏ hơn 1,5% kích thước tiết diện theo hướng lệch tâm;
- khi kể đến độ lệch tâm sẽ dẫn đến kết quả thuận lợi hơn khi xác định ứng suất.

8.2.4 Tính toán độ bền của tiết diện tại các vị trí liên kết các cấu kiện chịu kéo làm bằng thép góc đơn được liên kết theo một cánh bằng bu lông hoặc các chi tiết lắp siết khác và của thép góc đơn chịu kéo làm bằng thép có giới hạn chảy đến 380 MPa được liên kết theo một cánh bằng bu lông bố trí một hàng

theo trục nằm khoảng ở cách không nhỏ hơn $0,5b$ (với b là chiều rộng cánh thép góc) tính từ sống thép góc và không nhỏ hơn $1,2d$ (với d là đường kính lỗ bu lông có kể đến sai số dương) tính từ mép thép góc, cần thực hiện theo công thức:

$$\frac{N}{A_{ef,n} f_{ud}} \cdot \frac{\gamma_u}{\gamma_{c1}} \leq 1 \quad (99)$$

trong đó:

$$\gamma_{c1} = \left(\frac{\alpha_1 A_{n1}}{A_{ef,n}} + \alpha_2 \right) \beta;$$

ở đây:

$A_{ef,n}$ là diện tích tiết diện thực của thép góc;

A_{n1} là diện tích phần tiết diện (nằm giữa mép lỗ bu lông và mép thép góc) của cánh được liên kết của thép góc;

$\alpha_1, \alpha_2, \beta$ là các hệ số, lấy theo Bảng 11;

γ_u là hệ số tin cậy, đối với cấu kiện được tính toán độ bền có sử dụng cường độ tính toán theo giới hạn bền f_{ud} , $\gamma_u = 1,3$.

Bảng 11 – Các hệ số α_1, α_2 , và β

Hệ số	Giá trị $\alpha_1, \alpha_2, \beta$					
	khi dùng một bu lông và khoảng cách a bằng			khi $a \geq 1,5d$ và $s \geq 2d$ với số lượng bu lông trong một hàng bằng		
	$1,35d$	$1,5d$	$2d$	2	3	4
α_1	1,70	1,70	1,70	1,77	1,45	1,17
α_2	0,05	0,05	0,05	0,19	0,36	0,47
β	0,65	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0
Các ký hiệu trong Bảng 11: a là khoảng cách đo dọc phương lực tác dụng tính từ mép cấu kiện đến tâm lỗ bu lông gần nhất; s là khoảng cách đo dọc phương lực tác dụng giữa tâm các lỗ bu lông.						

8.2.5 Các nhánh của thanh tổ hợp có chiều dài tính toán bằng khoảng cách giữa các bản giằng, phải được kiểm tra các mất ổn định dạng phẳng (uốn dọc), mất ổn định dạng xoắn và mất ổn định dạng uốn–xoắn.

8.2.6 Tính toán tiết diện tổ hợp từ các thanh định hình chữ L, chữ C và chữ Σ ghép sát bụng hoặc thông qua các bản đệm cần được thực hiện như thanh tiết diện bụng đặc với điều kiện chiều dài các đoạn giữa các đường hàn liên kết hoặc giữa các tâm của các bu lông ngoài cùng không vượt quá $30i$ – đối với cấu kiện chịu nén và không vượt quá $70i$ – đối với cấu kiện chịu kéo. Ngoài ra, trong trường hợp này các nhánh của cấu kiện tổ hợp chịu nén phải được kiểm tra các mất ổn định dạng phẳng, mất ổn định dạng xoắn hoặc mất ổn định dạng uốn–xoắn chịu lực nén đúng tâm. Nếu có thêm mô men uốn $\Delta M_{x(y)}$ trong tiết diện của nhánh phát sinh do sự dịch chuyển của trọng tâm tiết diện giảm thì các nhánh

cần được kiểm tra việc có hay không sự mất ổn định khi nén kết hợp uốn theo 8.5.4 và 8.5.5. Chiều dài tính toán của nhánh phải được lấy bằng khoảng cách giữa các bản đệm hoặc nút của hệ thanh giằng.

8.2.7 Các thanh chống làm giảm chiều dài tính toán của cấu kiện chịu nén, cần được tính toán chịu lực cắt quy ước V_{fic} trong cấu kiện chịu nén chính theo công thức:

$$V_{fic} = \gamma_c \cdot 7,15 \cdot 10^{-6} \left(2330 - \frac{E}{f_{yd}} \right) \frac{N}{\varphi} \quad (100)$$

trong đó:

N là tổng lực nén dọc trong cấu kiện chịu nén tiết diện rỗng;

φ là hệ số ổn định khi nén đúng tâm.

8.2.8 Tính toán ổn định của cấu kiện tiết diện đặc chịu nén đúng tâm cần thực hiện theo công thức:

$$\frac{N}{\varphi A_{ef} f_{yd} \gamma_c} \leq 1 \quad (101)$$

trong đó:

φ là hệ số ổn định khi nén đúng tâm đối với dạng uốn tương ứng, phụ thuộc vào độ mảnh quy ước của cấu kiện CFS (tiết diện loại 4, trạng thái ứng suất – biến dạng).

Đối với cấu kiện chịu nén đúng tâm có tiết diện ngang không đổi, giá trị $\varphi \leq 1,0$ với độ mảnh quy ước tương ứng $\bar{\lambda} \geq 0,191$ được tính theo công thức:

$$\varphi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \quad (102)$$

trong đó:

$$\phi = 0,5 \cdot \left[1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] \quad (103)$$

ở đây: α là hệ số, có kể đến sự không hoàn hảo ban đầu lấy theo Bảng 12.

**Bảng 12 – Giá trị các hệ số kể đến sự không hoàn hảo ban đầu
đối với đường cong mất ổn định khi nén đúng tâm**

Đường cong mất ổn định	a	b	c
Hệ số α	0,21	0,34	0,49

Độ mảnh quy ước $\bar{\lambda}$ khi mất ổn định dạng phẳng dưới tác dụng nén đúng tâm (uốn dọc) được tính theo công thức:

$$\bar{\lambda} = \frac{L_{ef}}{\pi \cdot i} \cdot \sqrt{\frac{A_{ef} f_{yd}}{E A_g}} \quad (104)$$

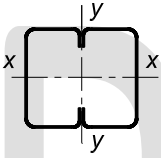
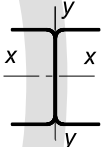
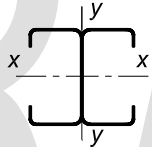
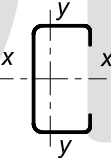
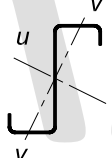
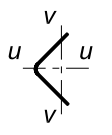
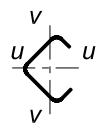
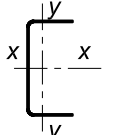
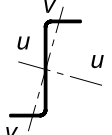
trong đó:

- L_{ef} là chiều dài tính toán của thanh;
- i là bán kính quán tính của tiết diện nguyên;
- A_{ef} là diện tích tiết diện ngang hữu hiệu;
- A_g là diện tích tiết diện ngang nguyên.

Trong trường hợp mất ổn định dạng phẳng (uốn dọc), các giá trị tương ứng của hệ số ổn định khi nén đúng tâm φ được cho trong Bảng D.1 của Phụ lục D, phụ thuộc vào $\bar{\lambda}\pi$, trong đó $\bar{\lambda}$ được xác định theo công thức (104). Loại tiết diện ngang được lấy theo Bảng 13.

Khi $\bar{\lambda}\pi$ nhỏ hơn hoặc bằng 0,6 thì lấy $\varphi = 1,0$ đối với các loại tiết diện a, b và c.

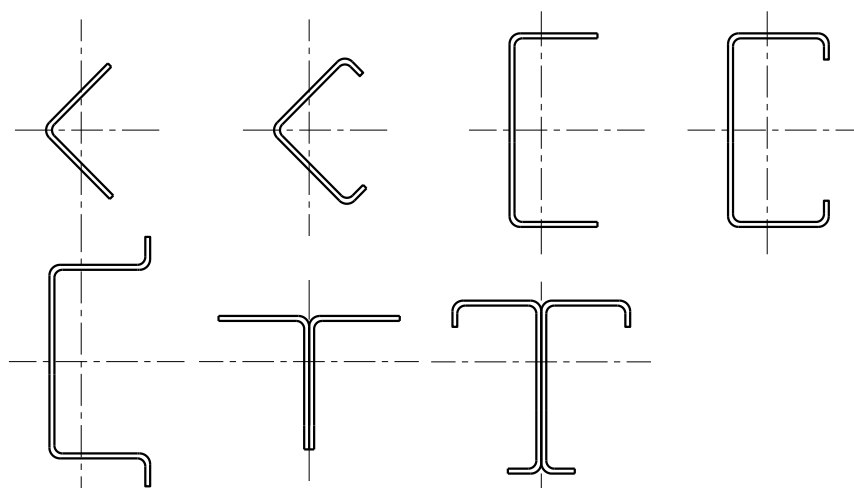
Bảng 13 – Đường cong mất ổn định cho các loại tiết diện ngang khác nhau

Loại tiết diện ngang	Mất ổn định so với trục	Đường cong mất ổn định
	Bất kì	b
 	$x-x$ $y-y$	a b
 	Bất kì	b
    hoặc tiết diện ngang khác	Bất kì	c

8.2.9 Đối với các cấu kiện có tiết diện không đối xứng, cần kể đến mô men uốn bổ sung $\Delta M_{x(y)}$ do độ lệch tâm của trục trung tâm của tiết diện hữu hiệu (xem Hình 20), và tác dụng đồng thời của lực dọc trục và mô men uốn cần lấy theo 8.5.4 và 8.5.5.

8.2.10 Đối với các cấu kiện có tiết diện ngang hở phản đối xứng (ví dụ, chữ Z), ngoài việc kiểm tra cấu kiện ổn định uốn dọc, cần được kiểm tra mất ổn định dạng xoắn:

- các tiết diện hở có một trục đối xứng (xem Hình 21) cần được kiểm tra mất ổn định dạng uốn–xoắn;
- các tiết diện hở có hình dạng tiết diện ngang không đối xứng cần được kiểm tra mất ổn định dạng xoắn hoặc mất ổn định dạng uốn–xoắn, có thể nhỏ hơn khả năng chịu lực của cấu kiện đối với mất ổn định dạng phẳng.



Hình 21 – Tiết diện ngang dễ bị mất ổn định dạng uốn–xoắn

8.2.11 Khả năng chịu lực tính toán theo điều kiện mất ổn định dạng xoắn hoặc dạng uốn–xoắn cần xác định tương ứng với 8.2.8, 8.2.12 – 8.2.16 theo công thức (101), trong đó hệ số ổn định khi nén đúng tâm φ được xác định phụ thuộc vào độ mảnh quy ước $\bar{\lambda}_T$ đối với mất ổn định dạng xoắn hoặc dạng uốn–xoắn, được xác định theo công thức (105).

8.2.12 Độ mảnh quy ước $\bar{\lambda}_T$ đối với mất ổn định dạng xoắn hoặc dạng uốn–xoắn được tính theo công thức:

$$\bar{\lambda}_T = \sqrt{\frac{A_{ef} f_{yd}}{N_{cr}}} \quad (105)$$

trong đó:

$N_{cr} = N_{cr,T}$ đối với mất ổn định dạng xoắn;

$N_{cr} = N_{cr,TF}$ đối với mất ổn định dạng uốn–xoắn.

Trong trường hợp mất ổn định dạng xoắn hoặc dạng uốn–xoắn, các giá trị tương ứng của hệ số ổn định khi nén đúng tâm φ xác định từ Bảng C.1 trong Phụ lục C, phụ thuộc vào $\pi \bar{\lambda}_T$, trong đó $\bar{\lambda}_T$ được xác định theo công thức (105). Loại tiết diện được lấy theo Bảng 13.

8.2.13 Lực tới hạn $N_{cr,T}$ đối với mất ổn định dạng xoắn ở giai đoạn đàn hồi của thanh đỡ tự do được tính theo công thức:

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \left(GI_t + \frac{\pi^2 EI_\omega}{L_T^2} \right) \quad (106)$$

trong đó:

$$i_0^2 = i_x^2 + i_y^2 + x_0^2 + y_0^2;$$

G là mô đun trượt;

I_t là mô men quán tính của tiết diện nguyên khi xoắn tự do;

I_{ω} là mô men quán tính quạt của tiết diện nguyên;

i_y là bán kính quán tính của tiết diện nguyên đối với trục $y-y$;

i_x là bán kính quán tính của tiết diện nguyên đối với trục $x-x$;

L_T là chiều dài tính toán của cầu kiện theo mắt ổn định dạng xoắn (xem 8.2.16);

x_0, y_0 là tọa độ tâm cắt đối với trọng tâm của tiết diện ngang nguyên.

8.2.14 Đối với tiết diện ngang đối xứng qua trục $x-x$ ($y_0 = 0$), lực tới hạn trong giai đoạn đàn hồi $N_{cr,TF}$ đối với mắt ổn định dạng uốn–xoắn được tính theo công thức:

$$N_{cr,TF} = \frac{N_{cr,x}}{2\beta} \left(1 + \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,x}} - \sqrt{\left(1 - \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,x}} \right)^2 + 4 \left(\frac{x_0}{i_0} \right)^2 \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,x}}} \right) \quad (107)$$

trong đó:

$$\beta = 1 - \left(\frac{x_0}{i_0} \right)^2;$$

$N_{cr,x}$ là lực tới hạn của mắt ổn định dạng phẳng (uốn dọc) đối với tiết diện nguyên quanh trục $x-x$ theo Euler, được xác định theo công thức:

$$N_{cr,x} = \frac{\pi^2 E I_{g,x}}{L_{ef}^2} \quad (108)$$

ở đây:

$I_{g,x}$ là mô men quán tính của tiết diện nguyên nguyên đối với trục $x-x$;

L_{ef} là chiều dài tính toán của thanh.

8.2.15 Đối với tiết diện có hai trục đối xứng ($y_0 = x_0 = 0$), lực tới hạn $N_{cr,TF}$ đối với mắt ổn định dạng uốn–xoắn trong giai đoạn đàn hồi được tính theo công thức:

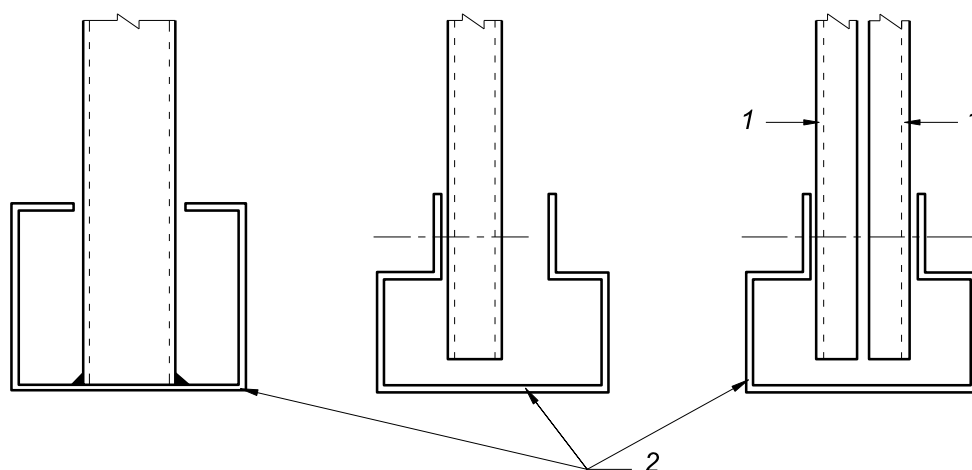
$$N_{cr,TF} = N_{cr,T} \quad (109)$$

8.2.16 Chiều dài tính toán L_{ef} của cầu kiện theo mắt ổn định dạng xoắn hoặc dạng uốn–xoắn cần được xác định có kể đến mức độ ngàm chống xoắn và chống vênh ở mỗi đầu của cầu kiện có chiều dài L_T .

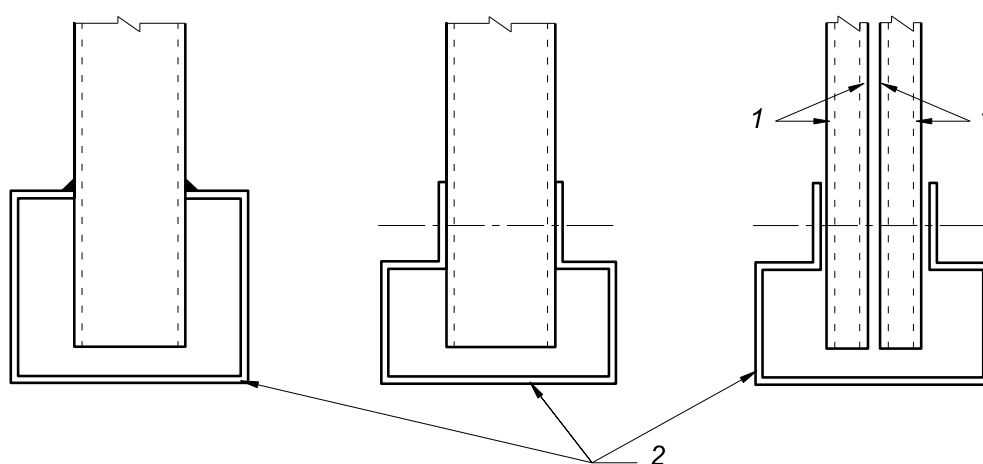
Phụ thuộc vào loại liên kết ở các đầu của cầu kiện, lấy giá trị L_{ef}/L_T bằng:

1,0 – đối với liên kết có khả năng ngàm một phần chống xoắn và chống vênh (xem Hình 22a);

0,7 – đối với liên kết có khả năng ngàm đáng kể chống xoắn và chống vênh (xem Hình 22b).



a) Các liên kết có khả năng ngàm một phần chống xoắn và chống vênh



b) Các liên kết có khả năng ngàm đáng kể chống xoắn và chống vênh

(các tiết diện kín hoặc các tiết diện có bu lông xuyên qua hai bản bụng của cấu kiện)

CHÚ DẪN:

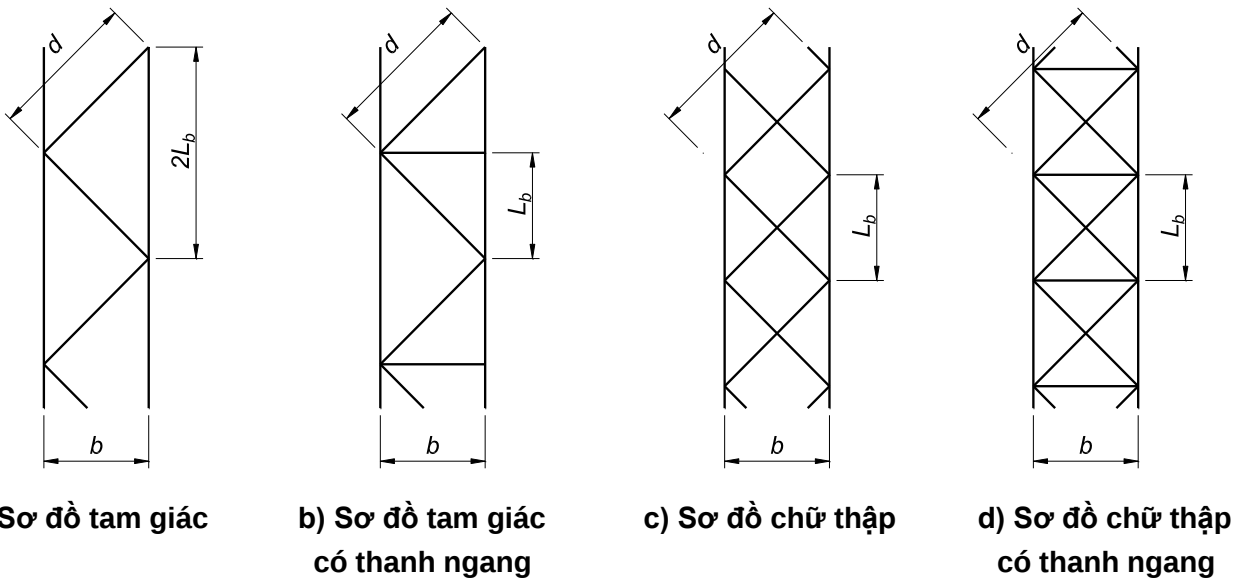
- 1 Bụng
- 2 Tiết diện cột, trụ đang xét

Hình 22 – Ngàm chống xoắn và chống vênh

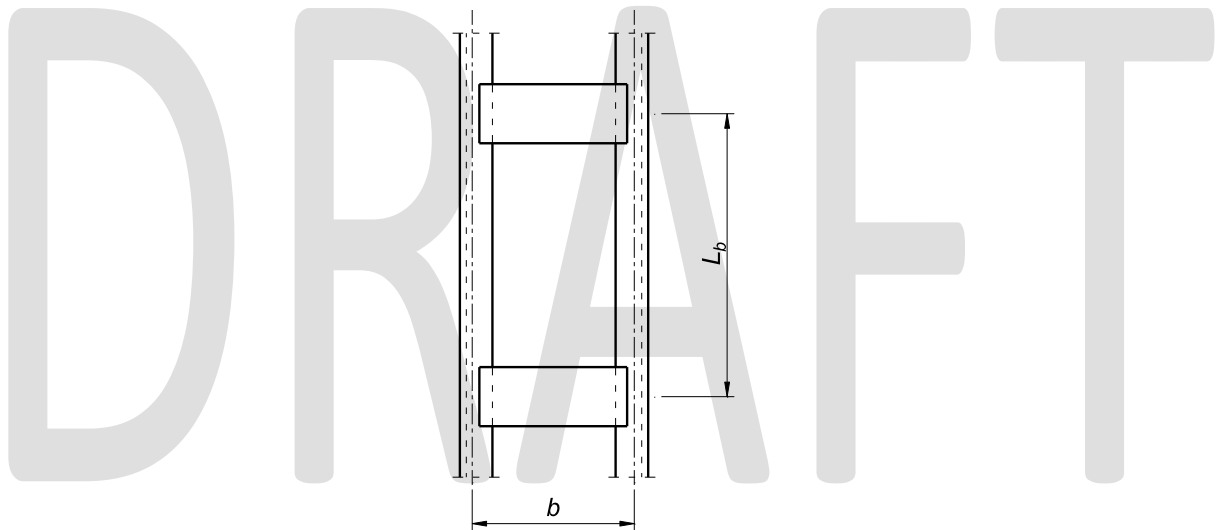
8.2.17 Độ mảnh quy ước của nhánh $\bar{\lambda}$, được xác định tương ứng với 8.2.8, trong đoạn giữa các nút liên kết hệ thanh bụng, không được lớn hơn 0,73 và không được lớn hơn độ mảnh quy đổi quy ước của toàn bộ cấu kiện.

8.3 Tính toán độ bền và ổn định cấu kiện tiết diện rỗng chịu kéo đúng tâm, nén đúng tâm

8.3.1 Tính toán độ bền các cấu kiện tiết diện rỗng chịu kéo đúng tâm, nén đúng tâm (xem Hình 23 và Hình 24) cần thực hiện theo công thức (95) và (96), trong đó A_g và A_{ef} là tổng diện tích và diện tích hữu hiệu của tất cả các thanh làm việc có trong cấu kiện lưới.



Hình 23 – Các sơ đồ hệ thanh bụng của cấu kiện tiết diện rỗng



Hình 24 – Cấu kiện tiết diện rỗng có bản giằng

8.3.2 Khi kiểm tra ổn định của các cấu kiện tiết diện rỗng chịu nén đúng tâm có bản giằng hoặc thanh giằng liên kết, phải tính toán cả cấu kiện tổng thể và các nhánh riêng biệt của nó.

8.3.3 Tính toán ổn định của toàn bộ các cấu kiện tiết diện rỗng chịu nén, các nhánh của chúng được liên kết với nhau bằng bản giằng hoặc thanh giằng, phải thực hiện theo công thức (101). Trong trường hợp này, hệ số φ so với trục tự do (vuông góc với bản giằng và thanh giằng) cần được xác định theo 8.2.8 đối với đường cong mất ổn định b (Bảng 12). Thay vì độ mảnh quy ước $\bar{\lambda}$ được xác định theo công thức (104), lấy giá trị độ mảnh quy đổi quy ước $\bar{\lambda}_{ef}$ được xác định theo 8.3.5. Trong trường hợp này, số khoang trong cấu kiện tiết diện rỗng không nhỏ hơn 6.

8.3.4 Ổn định của các nhánh riêng biệt phải được kiểm tra cả đối với mất ổn định dạng phẳng theo 8.2.8 và đối với mất ổn định dạng xoắn và dạng uốn–xoắn theo 8.2.11. Cũng cần kể đến sự xuất hiện của các mô men uốn bổ sung $\Delta M_{x,(y)}$ gây bởi sự dịch chuyển của các trục trung tâm $x-x$ và $y-y$ so với lực dọc trục theo 8.2.9, cũng như các mô men uốn cục bộ gây bởi sự lệch trục của hệ thanh bụng.

8.3.5 Độ mảnh quy đổi quy ước $\bar{\lambda}_{ef}$ đối với tiết diện rỗng có hai nhánh (Hình 25a) được tính theo công thức (110), (111):

– đối với liên kết bằng bản giằng

$$\bar{\lambda}_{ef} = \sqrt{\bar{\lambda}_y^2 + 0,82(1+n)\bar{\lambda}_{b1}^2} \quad (110)$$

trong đó: $n = \frac{I_{b1}b}{I_s L_b}$;

– đối với liên kết bằng thanh giằng

$$\bar{\lambda}_{ef} = \sqrt{\bar{\lambda}_y^2 + \alpha \frac{A_{ef} f_{yd}}{A_{d1} \pi^2 E}} \quad (111)$$

trong đó: $\alpha = 10 \frac{d^3}{b^2 L_b}$;

Độ mảnh quy đổi quy ước $\bar{\lambda}_{ef}$ đối với các tiết diện rỗng có bốn nhánh (Hình 25b) được tính theo công thức (112), (113):

– đối với liên kết bằng bản giằng

$$\bar{\lambda}_{ef} = \sqrt{\bar{\lambda}_{max}^2 + 0,82(1+n_1)\bar{\lambda}_{b1}^2 + (1+n_2)\bar{\lambda}_{b2}^2} \quad (112)$$

trong đó $n_1 = \frac{I_{b1}b_1}{I_{s1}L_b}$; $n_2 = \frac{I_{b2}b_2}{I_{s2}L_b}$;

– đối với liên kết bằng thanh giằng

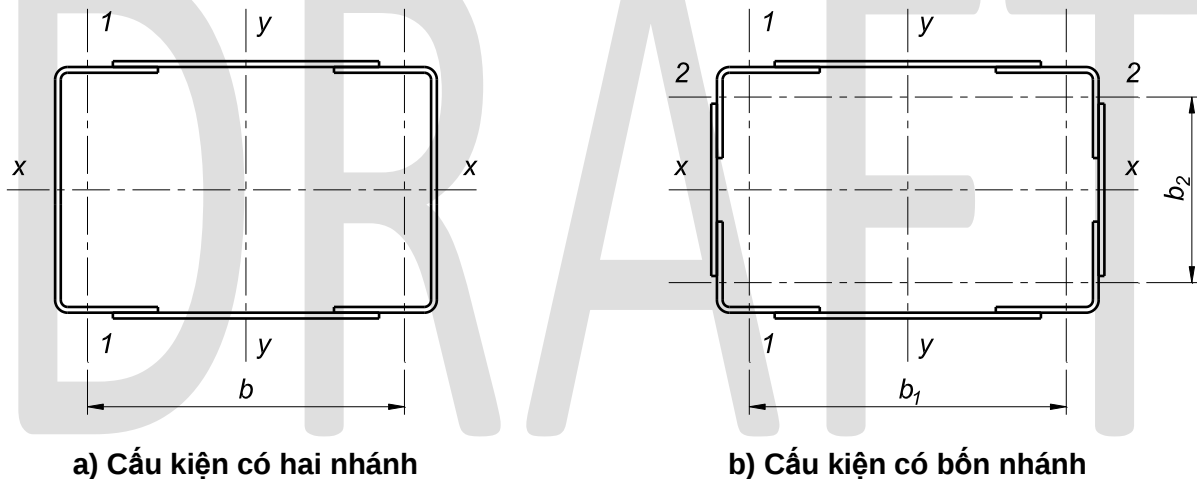
$$\bar{\lambda}_{ef} = \sqrt{\bar{\lambda}_{max}^2 + \left(\alpha_1 + \alpha_2 \frac{A_{d1}}{A_{d2}} \right) \frac{A_{ef} f_{yd}}{A_{d1} \pi^2 E}} \quad (113)$$

trong đó $\alpha_1 = 10 \frac{d_1^3}{b_1^2 L_b}$; $\alpha_2 = 10 \frac{d_2^3}{b_2^2 L_b}$;

ở đây:

- A_{ef} là diện tích tiết diện hữu hiệu của toàn bộ cấu kiện tiết diện rỗng;
- A_{d1}, A_{d2} là diện tích tiết diện nguyên của các thanh xiên trong hệ thanh bụng (với hệ thanh bụng chữ thập – là diện tích tiết diện của hai thanh xiên) nằm tương ứng trong các mặt phẳng song song với trục $x-x$ và $y-y$;
- I_{b1} là mô men quán tính của tiết diện nguyên nhánh đối với trục của nó, song song với trục $y-y$;
- I_{b2} là mô men quán tính của tiết diện nguyên nhánh đối với trục của nó, song song với trục $x-x$;
- I_s là mô men quán tính của tiết diện một bản giằng trong mặt phẳng có độ cứng lớn nhất;

- I_{s1}, I_{s2} là mô men quán tính của các tiết diện bản giằng tương ứng nằm song song với các trục $x - x$ và $y - y$ trong mặt phẳng có độ cứng lớn nhất;
- b (b_1, b_2) là khoảng cách giữa các trục của các nhánh (xem Hình 25);
- L_b, d là các kích thước, được xác định theo Hình 23;
- $\bar{\lambda}_{b1}$ là độ mảnh quy ước của nhánh đối với trục của nó, song song với trục $y - y$, xác định theo công thức (104);
- $\bar{\lambda}_{b2}$ là độ mảnh quy ước của nhánh đối với trục của nó, song song với trục $x - x$, xác định theo công thức (104);
- $\bar{\lambda}_y$ là độ mảnh quy ước của toàn bộ cấu kiện tiết diện rỗng đối với trục $y - y$ (xem Hình 25), được xác định theo công thức (104);
- $\bar{\lambda}_{max}$ là độ mảnh quy ước lớn nhất của toàn bộ cấu kiện tiết diện rỗng đối với trục $x - x$ hoặc $y - y$, được xác định theo công thức (104).



Hình 25 – Sơ đồ tiết diện ngang của cấu kiện tiết diện rỗng

8.3.6 Trong cấu kiện tiết diện rỗng có bản giằng, độ mảnh quy ước của từng nhánh riêng biệt $\bar{\lambda}_{b1}$, $\bar{\lambda}_{b2}$ trên đoạn giữa các đường hàn hoặc giữa các bu lông ngoài cùng giữ các bản giằng không được nhỏ hơn 0,37.

8.3.7 Trong cấu kiện tiết diện rỗng có thanh giằng, độ mảnh quy ước của từng nhánh riêng biệt giữa các nút của hệ thanh giằng không được lớn hơn 0,73 và không được lớn hơn độ mảnh quy đổi quy ước $\bar{\lambda}_{ef}$ của toàn bộ cấu kiện.

8.3.8 Tính toán liên kết bản giằng và cấu kiện thanh giằng của cấu kiện tiết diện rỗng chịu nén cần thực hiện với lực cắt quy ước V_{fic} , giả định không đổi dọc theo toàn bộ chiều dài thanh và được xác định theo công thức (100), trong đó:

- N là tổng lực dọc tác dụng lên cấu kiện tiết diện rỗng;
- φ là hệ số ổn định khi nén đúng tâm, được lấy khi tính toán cấu kiện tiết diện rỗng trong mặt phẳng các bản giằng hoặc thanh giằng.

8.3.9 Lực cắt quy ước V_{fic} được phân phối đều cho các thanh giằng (hoặc các bản giằng) nằm trong mặt phẳng vuông góc với trục đang tính toán ổn định.

8.3.10 Tính toán bản giằng và các liên kết của chúng (Hình 23e) cần được thực hiện như tính toán các thanh của giàn không có thanh xiên chịu tác dụng đồng thời của lực cắt trong một bản giằng F_s và mô men uốn một bản giằng M_s trong mặt phẳng bản giằng, các giá trị F_s và M_s được xác định theo các công thức:

$$F_s = \frac{V_s L_b}{b} \quad (114)$$

$$M_s = \frac{V_s L_b}{2} \quad (115)$$

trong đó:

V_s là lực cắt quy ước tác dụng lên một bản giằng của một mặt.

8.3.11 Tính toán các cấu kiện thanh giằng liên kết các nhánh thanh tổ hợp được thực hiện như tính toán các thanh bụng của giàn phẳng. Khi tính toán các thanh xiên của hệ thanh bụng (Hình 23a – c), lực N_d trong thanh xiên được xác định theo công thức:

$$N_d = \alpha_d \frac{V_s d}{b} \quad (116)$$

trong đó:

α_d là hệ số, lấy bằng:

1,0 – đối với hệ thanh bụng theo Hình 23a, b;

0,5 – đối với hệ thanh bụng theo Hình 23c;

V_s là lực cắt quy ước tác dụng lên một mặt phẳng hệ thanh bụng;

b, d là các kích thước, theo Hình 23.

Khi tính toán các thanh xiên của hệ thanh bụng chữ thập có thanh ngang (Hình 23d) thì cần kể đến nội lực bổ sung N_{ad} , xuất hiện trong mỗi thanh xiên do các nhánh cùng bị nén đồng thời và được xác định theo công thức:

$$N_{ad} = \alpha_{ad} \frac{N_b A_d}{A_b} \quad (117)$$

trong đó:

$$\alpha_{ad} = \frac{d L_b^2}{2b^3 + d^3};$$

A_b, A_d lần lượt là tổng diện tích tiết diện của một nhánh, một thanh xiên;

N_b là lực trong một nhánh của cấu kiện.

8.3.12 Tính toán các thanh dùm để giảm chiều dài tính toán của cấu kiện chịu nén, cần được thực hiện tương ứng với 8.2.7.

8.4 Tính toán độ bền và ổn định cấu kiện chịu uốn tiết diện đặc

8.4.1 Tính toán độ bền tiết diện ngang khi có tác dụng của mô men uốn đối với một trong các mặt phẳng chính $M_{x(y)}$ cần thực hiện như sau:

– khi mô men chống uốn của tiết diện hữu hiệu $W_{ef,x(y),min}$ nhỏ hơn mô men chống uốn của tiết diện nguyên đàn hồi $W_{g,x(y),min}$, tính toán cần được thực hiện theo công thức:

$$\frac{M_{x(y)}}{W_{ef,x(y),min} f_{yd} \gamma_c} \leq 1 \quad (118)$$

– khi mô men chống uốn của tiết diện hữu hiệu $W_{ef,x(y),min}$ bằng mô men chống uốn của tiết diện nguyên đàn hồi $W_{g,x(y),min}$, tính toán cần được thực hiện theo công thức:

$$\frac{M_{x(y)}}{W_{g,x(y),min} f_{yd} \gamma_c} \leq 1 \quad (119)$$

Tính toán độ bền cấu kiện tiết diện đặc khi uốn trong hai mặt phẳng chính cần thực hiện theo công thức:

$$\frac{M_x}{W_{ef,x} f_{yd} \gamma_c} + \frac{M_y}{W_{ef,y} f_{yd} \gamma_c} \leq 1 \quad (120)$$

trong đó:

$W_{ef,x(y)}$ là mô men chống uốn của tiết diện hữu hiệu đối với trục $x-x$ hoặc $y-y$, tính cho điểm tiết diện tương ứng.

Trong công thức (120), cần xét đến dấu của ứng suất do mô men uốn M_x và M_y gây ra tại các điểm tương ứng của tiết diện ngang để tìm ứng suất lớn nhất trong tiết diện.

Công thức (118) – (120) được áp dụng nếu đáp ứng các điều kiện sau:

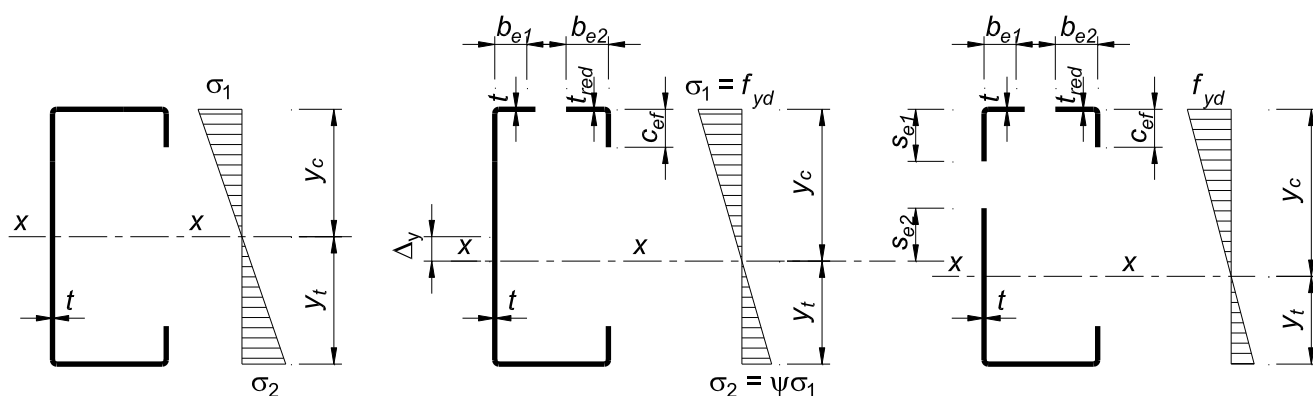
- mô men uốn chỉ tác dụng đối với các trục chính của tiết diện ngang;
- cấu kiện kết cấu không bị xoắn tự do hoặc không bị xoắn kiểm chế hoặc được liên kết chắc chắn dọc theo chiều dài của cấu kiện khỏi bị xoắn và ảnh hưởng của bi mô men uốn-xoắn B ; cấu kiện kết cấu không bị mất ổn định dạng xoắn, uốn–xoắn hoặc mất ổn định dạng uốn phẳng;
- góc φ giữa bụng và cánh của thanh định hình lớn hơn 60° .

CHÚ THÍCH: Khi có mô men xoắn hoặc bi mô men uốn-xoắn tác động lên tiết diện của cấu kiện và không có liên kết chống xoắn đáng tin cậy thì việc tính toán độ bền của tiết diện ngang phải được thực hiện theo 8.10.

8.4.2 Mô men chống uốn hữu hiệu $W_{ef,x(y)}$ khi cấu kiện chịu uốn trong hai mặt phẳng chính cho phép xác định riêng biệt, tức là dựa trên cơ sở tiết diện ngang hữu hiệu chỉ tương ứng với uốn quanh trục chính đó khi mà tính toán mô men chống uốn.

Cho phép tính mô men chống uốn $W_{ef,x(y)}$ cho cùng một tiết diện hữu hiệu có tính đến sự phân bố ứng suất thực tế trong các cấu kiện của nó ở trạng thái ứng suất đa thông số.

CHÚ THÍCH: Khi tính W_{ef} , tỉ số $\psi = \sigma_2 / \sigma_1$ dùng để xác định tiết diện hữu hiệu của bụng cần được tính bằng tiết diện bao gồm diện tích hữu hiệu của bản cánh chịu nén và tổng diện tích của bản bụng (xem Hình 26).



a) Tiết diện ngang đầy đủ của thanh định hình b) Tiết diện thanh định hình với diện tích hữu hiệu của cánh nhưng với toàn bộ diện tích của bụng c) Tiết diện ngang hữu hiệu để xác định W_{ef}

Hình 26 – Tiết diện ngang hữu hiệu (khi $\sigma_{com} = f_{yd}$) để xác định mô men uốn tới hạn

8.4.3 Tính toán ổn định dạng uốn phẳng cho dầm có tiết diện không đổi, không có liên kết trong mặt phẳng tác dụng của mô men uốn, cần thực hiện theo công thức:

$$\frac{M_x}{\chi_{LT} W_{ef,x} f_{yd} \gamma_c} \leq 1 \quad (121)$$

trong đó:

χ_{LT} là hệ số giảm khi mất ổn định dạng uốn phẳng;

$W_{ef,x}$ là mô men chống uốn của tiết diện ngang hữu hiệu, được tính cho biên chịu nén lớn nhất.

CHÚ THÍCH: Khi xác định $W_{ef,x}$ không kể đến các lỗ ở đầu dầm.

8.4.4 Đối với các cấu kiện chịu uốn có tiết diện ngang không đổi, giá trị $\chi_{LT} \leq 1,0$ khi độ mảnh quy ước tương ứng $\bar{\lambda}_{LT}$, được tính theo công thức:

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \quad (122)$$

trong đó:

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right] \quad (123)$$

ở đây: α_{LT} là hệ số, có kể đến sự không hoàn hảo ban đầu, được lấy theo Bảng 14 (trong trường hợp này, các đường cong mất ổn định phải được lấy theo Bảng 13).

**Bảng 14 – Giá trị hệ số xét đến sự không hoàn hảo ban đầu
đối với đường cong mất ổn định dạng uốn phẳng**

Đường cong mất ổn định	a	b	c
Hệ số α_{LT}	0,21	0,34	0,49

Độ mảnh quy ước khi mất ổn định dạng uốn phẳng được tính theo công thức:

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{ef,x} f_{yd}}{M_{cr}}} \quad (124)$$

trong đó:

M_{cr} là mô men tới hạn khi mất ổn định dạng uốn phẳng trong giai đoạn đàn hồi. Xác định M_{cr} đối với tiết diện có hai trục đối xứng và có một trục đối xứng (khi uốn trong mặt phẳng đối xứng) được nêu tại Phụ lục E. Xác định M_{cr} đối với xà gồ tiết diện chữ C và chữ Z được nêu trong Phụ lục B.

Giá trị χ_{LT} phụ thuộc vào $\pi \bar{\lambda}_{LT}$, trong đó $\bar{\lambda}_{LT}$ được xác định theo công thức (124), được xác định theo Bảng D.1 trong Phụ lục D.

8.4.5 Khi xác định M_{cr} , phải kể đến các đặc trưng hình học của toàn bộ tiết diện ngang nguyên và các điều kiện tải trọng, sự phân bố mô men thực tế và liên kết ngoài mặt phẳng tác dụng của mô men uốn.

Để kể đến sự thay đổi mô men uốn trong dầm giữa các cấu kiện liên kết ngang, hệ số giảm χ_{LT} có thể được điều chỉnh theo các công thức (125), (126):

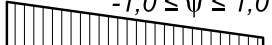
$$\chi_{LT,m} = \frac{\chi_{LT}}{f_m} \leq 1 \quad (125)$$

$$f_m = 1 - 0,5(1 - k_c) \left[1 - 2,0(\bar{\lambda}_{LT} - 0,8)^2 \right] \leq 1 \quad (126)$$

trong đó:

k_c là hệ số hiệu chỉnh, được lấy theo Bảng 15.

Bảng 15 – Giá trị hệ số hiệu chỉnh, k_c

Biểu đồ mô men uốn	k_c
$\psi = +1,0$ 	1,0
$-1,0 \leq \psi \leq 1,0$ 	$\frac{1}{1,33 - 0,33\psi}$
	0,94
	0,90
	0,91
	0,86
	0,77
	0,82

8.4.6 Ngàm cánh chịu nén trong mặt phẳng nằm ngang cần được thiết kế chịu lực cắt thực tế hoặc lực cắt quy ước. Trong trường hợp này, lực cắt quy ước được xác định theo 8.4.5 trong TCVN 5575:2024.

8.5 Tính toán cấu kiện tiết diện đặc khi có tác dụng của lực dọc kết hợp uốn

8.5.1 Khi tác dụng đồng thời mô men uốn và lực nén dọc, và không có lực cắt, cần phải đảm bảo điều kiện độ bền sau:

$$\frac{N}{A_{ef}f_{yd}\gamma_c} + \frac{M_x + \Delta M_x}{W_{ef,x}f_{yd}\gamma_c} + \frac{M_y + \Delta M_y}{W_{ef,y}f_{yd}\gamma_c} \leq 1 \quad (127)$$

trong đó:

- A_{ef} là diện tích tiết diện ngang hữu hiệu khi chịu nén đúng tâm;
- $W_{ef,x(y)}$ là mô men chống uốn của tiết diện ngang hữu hiệu đối với trục $x-x$ hoặc $y-y$, tính cho điểm tiết diện tương ứng;
- $\Delta M_{x(y)}$ mô men uốn bổ sung do dịch chuyển (khi giảm tiết diện) của trục trung tâm $x-x$ và $y-y$ so với vị trí trục của lực tác dụng, xem 8.2.3.

Trong công thức (127), cần xét đến dấu của ứng suất do lực dọc N và mô men uốn M_x và M_y gây ra tại các điểm tương ứng của tiết diện ngang, để tìm ứng suất lớn nhất trong tiết diện.

Nếu khi tác dụng nén kết hợp uốn, tất cả các phần của tiết diện ngang đều ở trạng thái nén, thì mô men chống uốn $W_{ef,x(y)}$, cũng như diện tích A_{ef} , phải được xác định từ tác dụng nén đúng tâm.

Cho phép tính diện tích A_{ef} và mô men chống uốn $W_{ef,x(y)}$ đối với cùng một tiết diện hữu hiệu có kể đến sự phân bố ứng suất thực tế trong các cấu kiện của nó ở trạng thái ứng suất phức tạp.

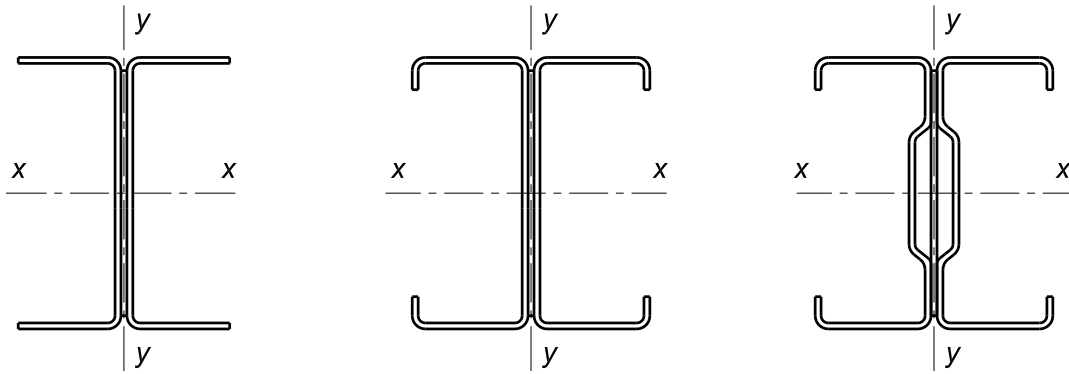
Công thức (127) được áp dụng nếu đáp ứng các điều kiện sau:

- a) mô men uốn chỉ tác dụng đối với các trục chính của tiết diện ngang;
- b) cấu kiện kết cấu không bị xoắn tự do hoặc bị xoắn kiểm chế hoặc được liên kết chắc chắn dọc theo chiều dài của nó khỏi bị xoắn và ảnh hưởng của bị mô men uốn–xoắn B ;
- c) góc φ giữa bụng và cánh định hình lớn hơn 60° .

CHÚ THÍCH 1: Các giá trị N , $M_{x(y)}$ và $\Delta M_{x(y)}$ cần được lấy cho tổ hợp tải trọng bất lợi nhất gây ra ứng suất pháp lớn nhất trong tiết diện.

CHÚ THÍCH 2: Khi mô men xoắn hoặc bị mô men uốn–xoắn tác động lên tiết diện cấu kiện và không có liên kết đáng tin cậy chống xoắn thì việc tính toán độ bền của tiết diện ngang cần được thực hiện theo 8.10.

8.5.2 Khi kiểm tra ổn định của cấu kiện tiết diện tổ hợp chịu nén lệch tâm có các nhánh được liên kết trực tiếp với nhau bằng bản bụng hoặc qua tấm đệm (Hình 27), cần thực hiện tính toán toàn bộ thanh và các nhánh riêng biệt của nó. Khi các nhánh liên tục nối với nhau dọc theo chiều dài cấu kiện thì không cần thiết phải kiểm tra ổn định của từng nhánh riêng biệt.



Hình 27 – Tiết diện đặc của cầu kiện cột và trụ

8.5.3 Việc kiểm tra ổn định của cầu kiện chịu nén lệch tâm (hoặc nén uốn) có một hoặc hai trục đối xứng, với điều kiện không có xoắn kiểm chế, cần được thực hiện theo quy định tại 8.5.4 và 8.5.5, trong đó có kể đến sự không hoàn hảo ban đầu nêu trong 5.5 của tiêu chuẩn này. Việc kiểm tra được thực hiện có kể đến chiều dài tính toán tương ứng của cầu kiện.

Khi đó, cần phải phân biệt:

- các cầu kiện không bị biến dạng xoắn, ví dụ, các tiết diện kín hoặc các tiết diện có liên kết chống xoắn;
- các cầu kiện bị biến dạng xoắn, ví dụ các cầu kiện có tiết diện ngang hở và không có liên kết chống xoắn.

8.5.4 Đối với cầu kiện chịu nén lệch tâm (hoặc nén uốn) tiết diện không đối xứng có một hoặc hai trục đối xứng cần đảm bảo các điều kiện ổn định tổng quát sau:

$$\frac{N}{\varphi_x A_{ef} f_{yd} \gamma_c} + k_{xx} \frac{M_x + \Delta M_x}{\chi_{LT} W_{ef,x} f_{yd} \gamma_c} + k_{xy} \frac{M_y + \Delta M_y}{W_{ef,y} f_{yd} \gamma_c} \leq 1 \quad (128)$$

$$\frac{N}{\varphi_y A_{ef} f_{yd} \gamma_c} + k_{yx} \frac{M_x + \Delta M_x}{\chi_{LT} W_{ef,x} f_{yd} \gamma_c} + k_{yy} \frac{M_y + \Delta M_y}{W_{ef,y} f_{yd} \gamma_c} \leq 1 \quad (129)$$

trong đó:

N, M_x, M_y lần lượt là các giá trị tính toán của lực nén và mô men uốn lớn nhất đối với trục x-x và y-y (đối với cầu kiện có một trục đối xứng, M_x là mô men uốn trong mặt phẳng đối xứng của tiết diện) ;

$\Delta M_x, \Delta M_y$ là mô men uốn bổ sung do sự dịch chuyển (khi giảm tiết diện) của trục trung tâm x-x và y-y so với vị trí trục tác dụng của lực, xem 8.2.3;

$W_{ef,x(y)}$ là mô men chống uốn của tiết diện ngang hữu hiệu đối với trục x – x hoặc y – y, tính cho thứ chịu nén nhiều nhất;

φ_x và φ_y là các hệ số giảm đối với mất ổn định dạng phẳng dưới tác dụng nén đúng tâm;

χ_{LT} là hệ số giảm khi kiểm tra ổn định dạng uốn phẳng, được xác định theo 8.4.4. Đối với các cầu kiện không nhạy với biến dạng xoắn thì $\chi_{LT} = 1,0$;

$k_{xx}, k_{xy}, k_{yx}, k_{yy}$ là các hệ số tương tác (xem Phụ lục F).

8.5.5 Cho phép sử dụng công thức đơn giản để kiểm tra ổn định của cấu kiện chịu nén uốn, trong đó mặt phẳng tác dụng của mô men uốn M_x trùng với mặt phẳng đối xứng của tiết diện:

$$\left(\frac{N}{\varphi A_{ef} f_{yd} \gamma_c} \right)^{0,8} + \left(\frac{M_x + \Delta M_x}{\chi_{LT} W_{ef,x} f_{yd} \gamma_c} \right)^{0,8} \leq 1 \quad (130)$$

trong đó:

φ là hệ số ổn định khi nén đúng tâm, được lấy giá trị nhỏ nhất trong các giá trị tương ứng với mất ổn định dạng phẳng, mất ổn định dạng xoắn hoặc mất ổn định dạng uốn–xoắn, xem 8.2.8 – 8.2.17;

χ_{LT} là hệ số giảm khi kiểm tra ổn định dạng uốn phẳng, xem 8.4.4. Đối với các cấu kiện không nhạy với biến dạng xoắn thì $\chi_{LT} = 1,0$;

8.5.6 Trong các công thức (128)–(130), cho phép xác định các đặc trưng hình học hữu hiệu một cách riêng biệt (từ tác dụng của hệ số lực tương ứng). Nếu chịu tác dụng nén kết hợp uốn, tất cả các phần của tiết diện ngang đều ở trạng thái nén, thì mô men chống uốn $W_{ef,x(y)}$, cũng như diện tích A_{ef} cần được xác định từ tác dụng nén đúng tâm.

Cũng cho phép tính diện tích A_{ef} và mô men chống uốn $W_{ef,x(y)}$ cho cùng một tiết diện hữu hiệu có kể đến sự phân bố ứng suất thực trong các cấu kiện của nó ở trạng thái ứng suất phức tạp.

8.6 Tính toán cấu kiện tiết diện rỗng khi có tác dụng của lực dọc kết hợp uốn

8.6.1 Tính toán độ bền của cấu kiện tiết diện rỗng chịu tác dụng đồng thời của mô men uốn và lực dọc, và không có lực cắt, cần thực hiện theo công thức (127). Nếu có lực cắt thì ảnh hưởng của lực cắt phải được kể đến theo 8.8.

8.6.2 Khi kiểm tra ổn định của cấu kiện tiết diện rỗng chịu nén lệch tâm (hoặc nén uốn) với bản giằng hoặc thanh giằng, cần tính toán cho toàn bộ cấu kiện, cũng như từng nhánh riêng biệt.

8.6.3 Tính toán toàn bộ cấu kiện đối với trục tự do ($y - y$), khi các bản giằng hoặc các thanh giằng nằm trong các mặt phẳng song song với mặt phẳng tác dụng của mô men uốn, được thực hiện theo công thức (130). Trong trường hợp này, hệ số φ được xác định theo 8.2.8 đối với đường cong mất ổn định b (Bảng 12), trong đó thay độ mảnh quy ước $\bar{\lambda}$ được xác định theo công thức (104) bằng giá trị độ mảnh quy đổi quy ước $\bar{\lambda}_{ef}$ được xác định theo 8.3.5. Hệ số χ_{LT} được xác định theo 8.4.4 đối với đường cong mất ổn định b (Bảng 14). Trong cấu kiện tiết diện rỗng có số khoang không nhỏ hơn 6.

8.6.4 Tính toán các nhánh riêng biệt của cấu kiện tiết diện rỗng được thực hiện có xét đến các yêu cầu ở 8.3.4, 8.3.6 và 8.3.7.

8.6.5 Khi tính toán các nhánh riêng biệt của cấu kiện tiết diện rỗng có thanh giằng, lực dọc trong từng nhánh được xác định có kể đến lực bổ sung N_{ad} do mô men uốn gây ra. Giá trị của lực này được tính theo các công thức:

- khi cấu kiện chịu uốn trong mặt phẳng vuông góc với trục $y-y$, đối với cấu kiện có hai nhánh (Hình 25a):

$$N_{ad} = \frac{M_y}{b} \quad (131)$$

- khi cấu kiện chịu uốn trong mặt phẳng vuông góc với trục $y-y$, đối với cấu kiện có bốn nhánh (Hình 25b):

$$N_{ad} = 0,5 \frac{M_y}{b_1} \quad (132)$$

- khi cấu kiện chịu uốn trong mặt phẳng vuông góc với trục $x-x$, đối với cấu kiện có bốn nhánh (Hình 25b):

$$N_{ad} = 0,5 \frac{M_x}{b_2} \quad (133)$$

trong đó:

b, b_1, b_2 là các kích thước nêu trên Hình 25.

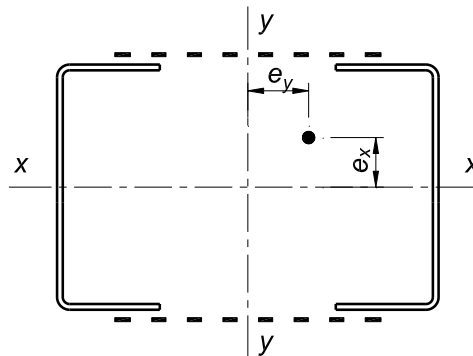
Khi cấu kiện tiết diện rỗng có bốn nhánh chịu uốn trong hai mặt phẳng, lực bổ sung N_{ad} được xác định theo công thức:

$$N_{ad} = 0,5 \left(\frac{M_y}{b_1} + \frac{M_x}{b_2} \right) \quad (134)$$

8.6.6 Khi tính toán các nhánh riêng biệt của cấu kiện tiết diện rỗng có bản giằng, cần kể thêm lực bổ sung N_{ad} do mô men uốn M và sự uốn cục bộ của các nhánh do lực cắt thực tế hoặc quy ước (như trong các thanh cánh của giàn không có thanh xiên).

8.6.7 Tính toán ổn định của cấu kiện tiết diện rỗng có hai nhánh đặc đối xứng đối với trục $x-x$, có thanh giằng trong hai mặt phẳng song song, chịu nén uốn trong cả hai mặt phẳng chính, cần được thực hiện như sau:

- Đối với cấu kiện tổng thể: trong mặt phẳng song song với các mặt phẳng thanh giằng: theo yêu cầu ở 8.6.3, lấy độ lệch tâm của tác dụng tải trọng so với trục $x-x$ của tiết diện rỗng $e_x = 0$ (Hình 28);



Hình 28 – Tiết diện rỗng của cấu kiện chịu nén uốn theo cả hai mặt phẳng chính

- Đối với các nhánh riêng biệt: như đối với các cấu kiện chịu nén lệch tâm theo 8.5.4 và 8.5.5. Trong trường hợp này, lực dọc trong từng nhánh được xác định có kể đến lực bổ sung do mô men uốn M_y (xem 8.6.5), còn mô men uốn M_x được phân phối giữa các nhánh bằng $M_{xb} = N_b e_x$. Nếu mô men uốn M_x tác dụng trong mặt phẳng của một trong các nhánh, thì coi như mô men này được truyền

toàn bộ vào nhánh này. Khi tính toán các nhánh trong mặt phẳng thanh giằng, chiều dài tính toán của nhánh được xác định bằng khoảng cách lớn nhất giữa các nút của hệ thanh giằng; khi tính toán các nhánh ngoài mặt phẳng thanh giằng, chiều dài tính toán của nhánh được xác định như đối với các trụ có tiết diện không đổi, phụ thuộc vào điều kiện ngàm các đầu của chúng theo 10.3.1 trong TCVN 5575:2024.

8.6.8 Tính toán các bản giằng hoặc thanh giằng của cấu kiện tiết diện rỗng chịu nén lệch tâm (hoặc nén uốn) được thực hiện theo 8.3.10 và 8.3.11 chịu lực cắt có giá trị bằng giá trị lớn hơn trong hai giá trị sau:

- Lực cắt thực tế V đã được xác định khi tính toán cấu kiện như tính toán thanh của giàn không thanh xiên;
- Hoặc lực cắt quy ước V_{fic} đã được tính theo các yêu cầu trong 8.3.8 và 8.3.9.

Trong trường hợp, khi lực cắt thực tế lớn hơn lực cắt quy ước thì cần liên kết các nhánh của cấu kiện tiết diện rỗng chịu nén lệch tâm bằng các thanh giằng.

8.6.9 Tính toán các thanh dùm để giảm chiều dài tính toán của các cấu kiện chịu nén lệch tâm phải được thực hiện theo 8.2.7.

8.7 Tính toán độ bền khi có tác dụng của lực cắt

8.7.1 Tính toán kết cấu dầm chịu lực cắt được thực hiện tại các vùng của các gối tựa ngoài cùng và các vùng phía trên của các gối tựa trung gian (trong các hệ dầm liên tục, trong đó lực cắt có ảnh hưởng đáng kể đến khả năng chịu lực của bụng dầm, đặc biệt trong khu vực của các gối tựa trung gian, nơi lực cắt lớn nhất đồng thời với mô men uốn đáng kể và trong một số trường hợp riêng biệt còn có lực dọc).

Khả năng chịu lực V_w của tiết diện ngang do tác dụng của lực cắt được tính theo công thức:

$$V_w = \frac{\gamma_c h_w t f_v}{\sin \alpha} \quad (135)$$

trong đó:

- f_v là cường độ chịu trượt tính toán, có kể đến sự mất ổn định của bản bụng, cho trong Bảng 16;
- h_w là chiều cao bụng giữa các mặt phẳng trung tuyến của bản cánh;
- α là góc nghiêng của bụng so với cánh.

Bảng 16 – Cường độ chịu trượt tính toán f_v

Độ mảnh quy ước của bụng	Bụng không có sườn cứng trên gối tựa	Bụng có sườn cứng trên gối tựa ¹⁾
$\bar{\lambda}_w \leq 0,83$	$0,58f_{yd}$	$0,58f_{yd}$

Bảng 16 (kết thúc)

Độ mảnh quy ước của bụng	Bụng không có sườn cứng trên gối tựa	Bụng có sườn cứng trên gối tựa ¹⁾
$0,83 < \bar{\lambda}_w < 1,40$	$0,48f_{yd} / \bar{\lambda}_w$	$0,48f_{yd} / \bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1,40$	$0,67f_{yd} / \bar{\lambda}_w^2$	$0,48f_{yd} / \bar{\lambda}_w$

¹⁾ Các cấu kiện tăng cứng trên gối tựa, chẳng hạn như các sườn cứng được lắp đặt để ngăn ngừa cong bụng và được thiết kế để chịu phản lực gối tựa.

8.7.2 Độ mảnh quy ước của bụng $\bar{\lambda}_w$ được tính theo công thức:

– đối với bụng không có sườn cứng dọc:

$$\bar{\lambda}_w = 0,346 \frac{s_w}{t} \sqrt{\frac{f_{yd}}{E}} \quad (136)$$

– đối với bụng có sườn cứng dọc:

$$\bar{\lambda}_w = 0,346 \frac{s_d}{t} \sqrt{\frac{5,34f_{yd}}{k_t E}} \quad \text{nhưng } \bar{\lambda}_w \geq 0,346 \frac{s_p}{t} \sqrt{\frac{f_{yd}}{E}} \quad (137)$$

trong đó:

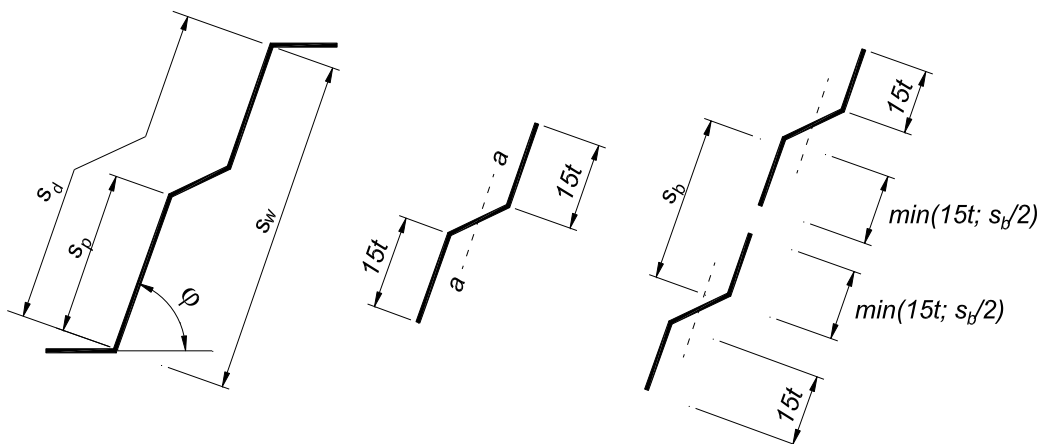
$$k_t = 5,34 + \frac{2,10}{t} \cdot \sqrt[3]{\frac{\sum I_s}{s_d}} \quad (138)$$

I_s là mô men quán tính của tiết diện sườn cứng dọc riêng biệt, được xác định tương ứng với trục a-a đi qua trọng tâm của tiết diện sườn, song song với mặt phẳng bụng (xem Hình 29);

s_d là tổng chiều cao nghiêng của bụng (khi có độ dốc), bao gồm chu vi của sườn cứng dọc theo đường tâm (xem Hình 29);

s_w là chiều cao nghiêng của bụng (xem Hình 29);

s_p là chiều cao nghiêng lớn nhất của phần bụng phẳng (xem Hình 29).

**Hình 29 – Bụng có sườn cứng dọc**

8.7.3 Cho phép không kiểm tra ổn định do trượt (lực cắt) đối với bụng không có sườn cứng với tỉ số:

$$\frac{h_w}{t} < \frac{72}{\eta} \cdot \varepsilon \quad (139)$$

trong đó:

h_w là chiều cao bụng thẳng đứng (đối với bụng nghiêng, lấy $h_w = s_w$);

η là hệ số, được xác định như sau:

$\eta = 1,20$ – đối với thép có giới hạn chảy đến 450 MPa;

$\eta = 1,0$ – đối với thép có giới hạn chảy cao hơn;

ε được xác định theo công thức (24).

8.8 Tính toán cấu kiện khi có tác dụng của lực dọc, lực cắt và mô men uốn

Đối với tiết diện ngang khi chịu tác dụng đồng thời của lực dọc trục N , mô men uốn M và lực cắt V (khi $V \leq 0,5V_w$ không xét đến ảnh hưởng của lực cắt, trong đó V_w – xem 8.7).

Khi $V > 0,5V_w$, tác dụng đồng thời của lực dọc trục N , mô men uốn M và lực cắt V thì giá trị khả năng chịu lực tính toán của tiết diện ngang cần được xác định theo 8.5 với giá trị cường độ tính toán f_{yd} giảm, xác định theo công thức:

$$(1 - \rho_Q) f_{yd} \quad (140)$$

trong đó:

$$\rho_Q = \left(\frac{2V}{V_w} - 1 \right)^2 \quad (141)$$

8.9 Tính toán mất ổn định của bụng do tải trọng cục bộ

8.9.1 Tính toán ép mặt và mất ổn định của bụng thanh định hình chịu tác dụng của phản lực gối tựa hoặc lực cắt cục bộ khác tác dụng lên bản cánh phải dựa trên giá trị tải trọng cục bộ lên bụng V_r , và phải thỏa mãn điều kiện:

$$V_r \leq V_{w,p} \quad (142)$$

trong đó:

$V_{w,p}$ là khả năng chịu lực của bụng khi chịu tác động ngang cục bộ.

8.9.2 Tiết diện ngang có một bản bụng không có sườn cứng (xem Hình 10) phải đảm bảo các tiêu chí sau:

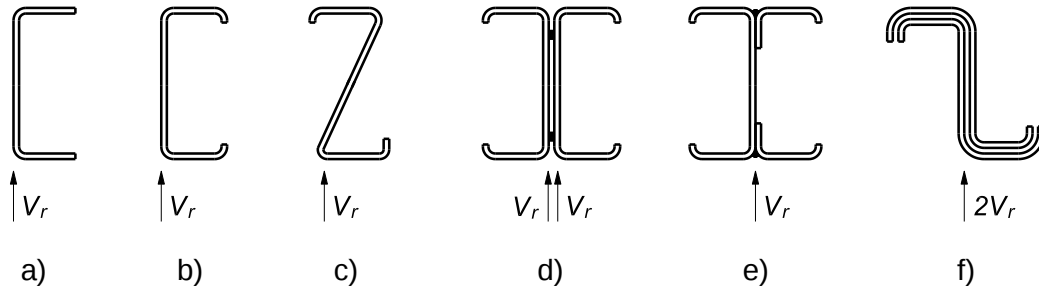
$$h_w/t \leq 220; \quad r/t \leq 6; \quad 45^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ$$

trong đó:

h_w là chiều cao bụng giữa các mặt phẳng trung tuyến của bản cánh;

r là bán kính uốn bên trong của góc uốn;

φ là góc nghiêng của bụng so với cánh, tính bằng độ ($^{\circ}$).



CHÚ DẪN:

- a) Chữ U, cánh không mép gấp
- b) Chữ C, cánh có mép gấp
- c) Chữ Z, cánh có mép gấp
- d) Chữ I tổ hợp từ hai chữ C, cánh có mép gấp
- e) Chữ I tổ hợp từ các chữ C, cánh có mép gấp
- f) Chữ Z tổ hợp từ hai chữ Z lồng vào nhau, cánh có mép gấp (sự liên kết giữa hai bản bụng tại đầu đoạn chông)

Hình 10 – Ví dụ về các tiết diện có một bản bụng

8.9.3 Khả năng chịu lực trên một bản bụng phẳng chịu tác động ngang cục bộ $V_{w,p}$ dưới dạng phản lực gối tựa hoặc tải trọng cục bộ, được tính theo công thức:

$$V_{w,p} = \gamma_c C t^2 f_{yd} \sin \varphi \left(1 - C_r \sqrt{\frac{r}{t}} \right) \cdot \left(1 + C_b \sqrt{\frac{b}{t}} \right) \cdot \left(1 - C_h \sqrt{\frac{h}{t}} \right) \quad (143)$$

trong đó:

- C là hệ số, xác định từ Bảng 17 đến Bảng 21;
- t là chiều dày bản bụng;
- φ là góc giữa mặt phẳng bụng và mặt phẳng gối tựa;
- r là bán kính uốn bên trong của góc uốn;
- C_r là hệ số, xét đến độ mảnh của bụng, xác định từ Bảng 17 đến Bảng 21;
- b là chiều dài của phần gối tựa hoặc của tải trọng phân bố cục bộ;
- C_b là hệ số, có kể đến chiều dài tác dụng của tải trọng cục bộ lên gối tựa hoặc trong nhịp, xác định từ Bảng 17 đến Bảng 21;
- h là chiều cao phần bụng phẳng của thanh định hình;
- C_h là hệ số, kể đến chiều cao bụng, xác định từ Bảng 17 đến Bảng 21.

CHÚ THÍCH:

1. Đối với các cấu kiện kết cấu gồm từ hai bản bụng trở lên, giá trị $V_{w,p}$ được tính cho từng tiết diện bản bụng và cộng lại;
2. Điểm đặt cuối của phản lực gối tựa hoặc tải trọng cục bộ từ mép tự do của cấu kiện phải nhỏ hơn hoặc bằng $1,5h_w$;
3. Điểm đặt của hai tải trọng cục bộ ngược chiều nhau tác dụng lên hai cánh của cấu kiện phải nhỏ hơn hoặc bằng $1,5h_w$;
4. Điểm đặt của hai tải trọng cục bộ ngược chiều nhau tác dụng lên một cánh của cấu kiện phải bằng hoặc lớn hơn $1,5h_w$.

**Bảng 17 – Cấu kiện tổ hợp từ hai thanh định hình chữ U, chữ C và chữ Σ,
được nối bằng bản bụng**

Cấu tạo gối tựa và các cánh		Phản lực gối tựa hoặc tải trọng cục bộ		C	C_r	C_b	C_h	Hạn chế
Ngàm trên gối	Cánh có mép gấp	Trên một cánh	Cuối	10	0,14	0,28	0,001	$r/t \leq 5$
			Trung gian	20	0,15	0,05	0,003	$r/t \leq 5$
Không ngàm trên gối	Cánh có mép gấp	Trên một cánh	Cuối	10	0,14	0,28	0,001	$r/t \leq 5$
			Trung gian	20,5	0,17	0,11	0,001	$r/t \leq 3$
		Trên hai cánh	Cuối	15,5	0,09	0,08	0,04	$r/t \leq 3$
			Trung gian	36	0,14	0,08	0,04	
	Cánh không mép gấp	Trên một cánh	Cuối	10	0,14	0,28	0,001	$r/t \leq 5$
			Trung gian	20,5	0,17	0,11	0,001	$r/t \leq 3$

CHÚ THÍCH:

- Các giá trị hệ số có giá trị đúng đối với các tỉ số $b/t \leq 210$; $b/h \leq 1,0$; $h/t \leq 220$.
- Hệ số C cho dầm chữ I tổ hợp nhận được bằng cách liên kết các bản bụng trực tiếp với nhau hoặc bằng tấm đệm.
- Khoảng cách giữa các trục tấm đệm của cấu kiện chịu uốn không được quá $30i$.

Bảng 18 – Cấu kiện từ một thanh định hình chữ U và chữ C

Cấu tạo gối tựa và các cánh		Phản lực gối tựa hoặc tải trọng cục bộ		C	C_r	C_b	C_h	Hạn chế
Ngàm trên gối	Cánh có mép gấp	Trên một cánh	Cuối	4	0,14	0,35	0,02	$r/t \leq 9$
			Trung gian	13	0,23	0,14	0,01	$r/t \leq 5$
		Trên hai cánh	Cuối	7,5	0,08	0,12	0,048	$r/t \leq 12$
			Trung gian	20	0,10	0,08	0,031	$r/t \leq 12$
Không ngàm trên gối	Cánh có mép gấp	Trên một cánh	Cuối	4	0,14	0,35	0,02	$r/t \leq 5$
			Trung gian	13	0,23	0,14	0,01	
		Trên hai cánh	Cuối	13	0,32	0,05	0,04	$r/t \leq 3$
			Trung gian	24	0,52	0,15	0,001	
	Cánh không mép gấp	Trên một cánh	Cuối	4	0,40	0,60	0,03	$r/t \leq 2$
			Trung gian	13	0,32	0,10	0,01	$r/t \leq 1$
		Trên hai cánh	Cuối	2	0,11	0,37	0,01	$r/t \leq 1$
			Trung gian	13	0,47	0,25	0,04	

CHÚ THÍCH: Các giá trị hệ số có giá trị đúng đối với các tỉ số $b/t \leq 210$; $b/h \leq 2,0$; $h/t \leq 220$.

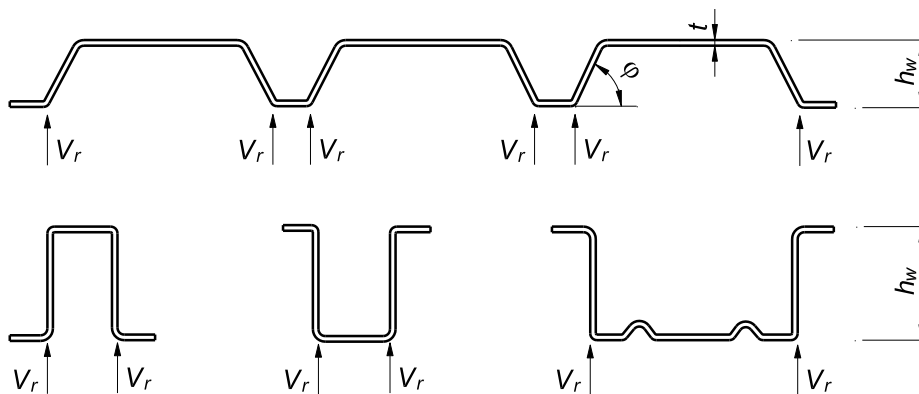
Bảng 19 – Cấu kiện từ một thanh hình chữ Z

Cấu tạo gối tựa và các cánh		Phản lực gối tựa hoặc tải trọng cục bộ		C	C _r	C _b	C _h	Hạn chế
Ngàm trên gối	Cánh có mép gấp	Trên một cánh	Cuối	4	0,14	0,35	0,02	$r/t \leq 9$
			Trung gian	13	0,23	0,14	0,01	$r/t \leq 5$
		Trên hai cánh	Cuối	9	0,05	0,16	0,052	$r/t \leq 12$
			Trung gian	24	0,07	0,07	0,04	$r/t \leq 12$
Không ngàm trên gối	Cánh có mép gấp	Trên một cánh	Cuối	5	0,09	0,02	0,001	$r/t \leq 5$
			Trung gian	13	0,23	0,14	0,01	
		Trên hai cánh	Cuối	13	0,32	0,05	0,04	$r/t \leq 3$
			Trung gian	24	0,52	0,15	0,001	
	Cánh không mép gấp	Trên một cánh	Cuối	4	0,40	0,60	0,03	$r/t \leq 2$
			Trung gian	13	0,32	0,10	0,01	$r/t \leq 1$
		Trên hai cánh	Cuối	2	0,11	0,37	0,01	$r/t \leq 1$
			Trung gian	13	0,47	0,25	0,04	
CHÚ THÍCH: Các giá trị hệ số có giá trị đúng đối với các tỉ số $b/t \leq 210$; $b/h \leq 2,0$; $h/t \leq 220$.								

8.9.4 Tiết diện ngang có từ hai bản bụng trở lên, kể cả tấm sóng (xem Hình 31), không có sườn cứng phải đảm bảo các tiêu chí sau:

- khoảng cách từ vùng chịu tải trọng đến mép tự do ít nhất là 40 mm;
- kích thước tiết diện ngang phải thỏa mãn các tỉ số sau:

$$h_w/t \leq 220; r/t \leq 10; 45^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ$$

**Hình 31 – Ví dụ về các tiết diện có hai bản bụng trở lên**

8.9.5 Khả năng chịu lực trên một bản bụng phẳng của thanh định hình dạng tấm sóng (tấm sàn định hình), thanh định hình máng và thanh định hình mũ $V_{w,p}$ chịu tác động ngang cục bộ dưới dạng phản

lực gối tựa hoặc tải trọng cục bộ, được xác định theo công thức (143). Giá trị của các hệ số C , C_r , C_b , C_h cho trong Bảng 20 – đối với tấm sàn định hình có nhiều bản bụng và cho trong Bảng 21 – đối với thanh định hình máng đơn và thanh định hình mũ.

Bảng 20 – Tấm sàn định hình có nhiều bản bụng

Cấu tạo gối tựa và các cánh		Phản lực gối tựa hoặc tải trọng cục bộ	C	C_r	C_b	C_h	Hạn chế
Ngàm trên gối	Trên một cánh	Cuối	3	0,08	0,70	0,055	$r/t \leq 7$
		Trung gian	8	0,10	0,17	0,004	$r/t \leq 10$
	Trên hai cánh	Cuối	9	0,12	0,14	0,04	$r/t \leq 10$
		Trung gian	10	0,11	0,21	0,02	
Không ngàm trên gối	Trên một cánh	Cuối	3	0,08	0,70	0,055	$r/t \leq 7$
		Trung gian	8	0,10	0,17	0,004	
	Trên hai cánh	Cuối	6	0,16	0,17	0,05	$r/t \leq 5$
		Trung gian	17	0,10	0,10	0,046	–

Bảng 21 – Cấu kiện từ thanh định hình máng đơn và thanh định hình mũ

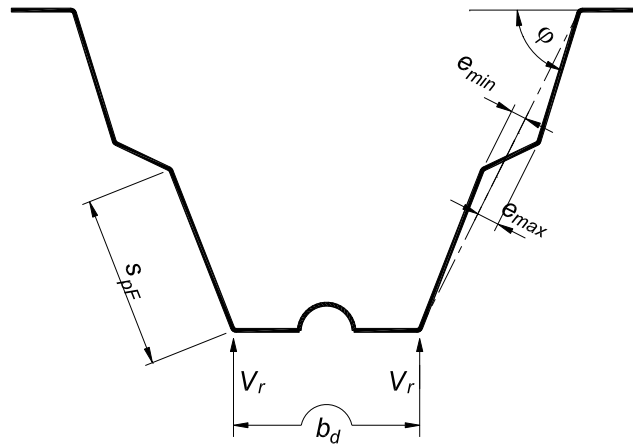
Cấu tạo gối tựa và các cánh		Phản lực gối tựa hoặc tải trọng cục bộ		C	C _r	C _b	C _h	Hạn chế
Ngàm trên gối	Cánh có mép gấp	Trên một cánh	Cuối	4	0,25	0,68	0,04	r/t ≤ 5
			Trung gian	17	0,13	0,13	0,04	r/t ≤ 10
		Trên hai cánh	Cuối	9	0,10	0,07	0,03	r/t ≤ 10
			Trung gian	10	0,14	0,22	0,02	r/t ≤ 4
Không ngàm trên gối	Cánh có mép gấp	Trên một cánh	Cuối	4	0,25	0,68	0,04	r/t ≤ 4
			Trung gian	17	0,13	0,134	0,04	

8.9.6 Khả năng chịu lực của bản bụng được gia cường bằng sườn cứng dọc chịu tác động ngang cục bộ được xác định theo 8.9.7, đối với tiết diện ngang có các sườn cứng dọc được hình thành bằng cách uốn cong bản bụng theo các hướng ngược nhau so với đường nối các điểm giao của bụng và cánh (Hình 32) sao cho thỏa mãn điều kiện:

$$2 < \frac{e_{max}}{t} < 12 \quad (144)$$

trong đó:

e_{max} là độ lệch tâm lớn hơn của các điểm uốn bản bụng so với đường thẳng nối hai đầu bản bụng (xem Hình 32).



Hình 32 – Bản bụng có sườn cứng dọc

8.9.7 Đối với những phần bản bụng được gia cường bằng các sườn cứng dọc thỏa mãn điều kiện (144), khả năng chịu lực của bản bụng chịu tác động ngang cục bộ được xác định bằng cách nhân các giá trị tương ứng của nó đối với bản bụng tương tự không có sườn cứng, cho ở 8.9.3 hoặc 8.9.5, với hệ số $k_{a,s}$ được xác định theo công thức:

$$k_{a,s} = 1,45 - 0,05 \cdot \frac{e_{max}}{t} \quad \text{nhưng } k_{a,s} \leq 0,95 + 35000t^2 \cdot \frac{e_{min}}{S_{pF}b_d^2} \quad (145)$$

trong đó:

b_d là chiều rộng khai triển của cánh chịu tải trọng (xem Hình 32);

e_{min} là độ lệch tâm nhỏ hơn của các điểm uốn bản bụng so với đường thẳng nối hai đầu bản bụng (xem Hình 32);

S_{pF} là chiều cao nghiêng của phần bản bụng phẳng gần nhất với cánh chịu tải trọng (xem Hình 32).

8.9.8 Tiết diện ngang chịu tác động đồng thời của mô men uốn M_p và tải trọng cục bộ hoặc phản lực gối tựa V_r phải thỏa mãn các điều kiện:

$$\frac{M_p}{M_R} \leq 1 \quad (146)$$

$$\frac{V_r}{V_{w,p}} \leq 1 \quad (147)$$

$$\frac{M_p}{M_R} + \frac{V_r}{V_{w,p}} \leq 1,25 \quad (148)$$

trong đó:

M_p là mô men uốn trong tiết diện thanh định hình tại gối tựa trung gian;

M_R là mô men uốn giới hạn của tiết diện, được xác định theo công thức $M_R = f_{yd} \gamma_c \cdot W_{ef,x,min}$;

V_r là phản lực gối tựa hoặc tải trọng cục bộ lên một bản bụng của thanh định hình;

$V_{w,p}$ là khả năng chịu lực của bản bụng dưới tác động ngang cục bộ, xem 8.9.3.

8.9.9 Trong công thức (148), lấy giá trị mô men uốn M_p ứng với điểm mép của gối tựa.

8.10 Tính toán độ bền khi có xoắn

8.10.1 Nếu tải trọng tác dụng có độ lệch tâm so với tâm cắt của tiết diện ngang, thì phải xét đến ảnh hưởng của xoắn.

8.10.2 Khi xác định ảnh hưởng của mô men xoắn, vị trí trục trung tâm và tâm uốn được lấy trên tiết diện ngang nguyên.

8.10.3 Ứng suất pháp do lực dọc trục N và các mô men uốn M_x , M_y phải được xác định bằng cách sử dụng các tiết diện ngang hữu hiệu tương ứng, được xác định ở 7.3. Ứng suất tiếp do lực cắt, xoắn tự do, ứng suất pháp và ứng suất tiếp do xoắn kiểm chế được xác định bằng cách sử dụng các đặc trưng hình học của tiết diện nguyên.

8.10.4 Tại các tiết diện ngang chịu xoắn phải đảm bảo các điều kiện sau:

$$\sigma_t \leq f_{yd} \gamma_c \quad (149)$$

$$\tau_t \leq f_v \gamma_c \quad (150)$$

$$\sqrt{\sigma_t^2 + 3\tau_t^2} \leq 1,1 f_{yd} \gamma_c \quad (151)$$

trong đó:

σ_t là tổng ứng suất pháp tính toán cho tiết diện ngang hữu hiệu tương ứng đang xét;

τ_t là tổng ứng suất tiếp tính toán cho tiết diện ngang nguyên.

Tổng ứng suất pháp σ_t và tổng ứng suất tiếp τ_t được tính theo các công thức:

$$\sigma_t = \sigma_N + \sigma_{Mx} + \sigma_{My} + \sigma_w \quad (152)$$

$$\tau_t = \tau_{Vx} + \tau_{Vy} + \tau_{tor} + \tau_w \quad (153)$$

trong đó:

σ_N là ứng suất pháp do lực dọc trục N (được xác định cho tiết diện ngang hữu hiệu);

σ_{Mx} là ứng suất pháp do mô men uốn M_x (được xác định cho tiết diện ngang hữu hiệu);

σ_{My} là ứng suất pháp do mô men uốn M_y (được xác định cho tiết diện ngang hữu hiệu);

σ_w là ứng suất pháp do xoắn vênh (được xác định cho tiết diện ngang nguyên);

τ_{Vx} là ứng suất tiếp do lực cắt V_x (được xác định cho tiết diện ngang nguyên);

τ_{Vy} là ứng suất tiếp do lực cắt V_y (được xác định cho tiết diện ngang nguyên);

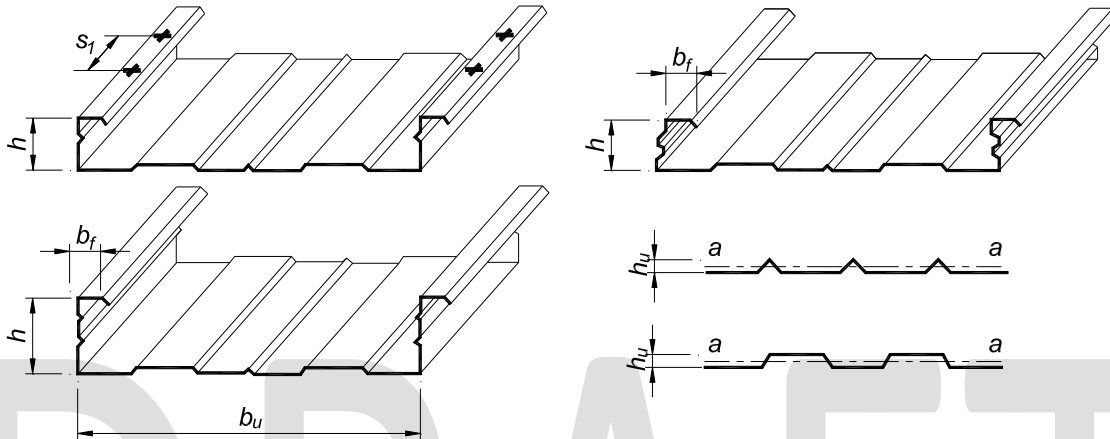
τ_{tor} là ứng suất tiếp do xoắn tự do (được xác định cho tiết diện ngang nguyên);

τ_w là ứng suất tiếp do xoắn vênh (được xác định cho tiết diện ngang nguyên).

9 Thanh định hình máng được liên kết bằng tấm sóng

9.1 Quy định chung

9.1.1 Thanh định hình máng là thanh định hình lớn có dạng máng chữ U với bản bụng uốn cong, như trên Hình 33. Những chỗ uốn cong hẹp của bản bụng phải được cố định ngoài mặt phẳng bằng tấm sóng được liên kết vào máng.



Hình 33 – Hình dạng điển hình của thanh định hình máng

9.1.2 Khả năng chịu lực của bản bụng thanh định hình máng khi chịu cắt và chịu tải trọng ngang cục bộ được xác định tương ứng với 8.7 và 8.9, nhưng có kể đến giá trị M_c .

Mô men giới hạn M_c cho thanh định hình máng được xác định theo 9.1.3 và 9.2.1, có kể đến các yêu cầu sau:

- kích thước hình học tương ứng với phạm vi nêu trong Bảng 22;
- chiều cao sóng trên cánh rộng h_u không vượt quá $h/8$, trong đó h là tổng chiều cao của thanh định hình máng.

CHÚ THÍCH: Nếu các thông số tiết diện của thanh định hình tính toán khác với yêu cầu nêu trên, thì khả năng chịu lực của tiết diện đó được xác định bằng thử nghiệm.

Bảng 22 – Các thông số giới hạn của thanh định hình máng

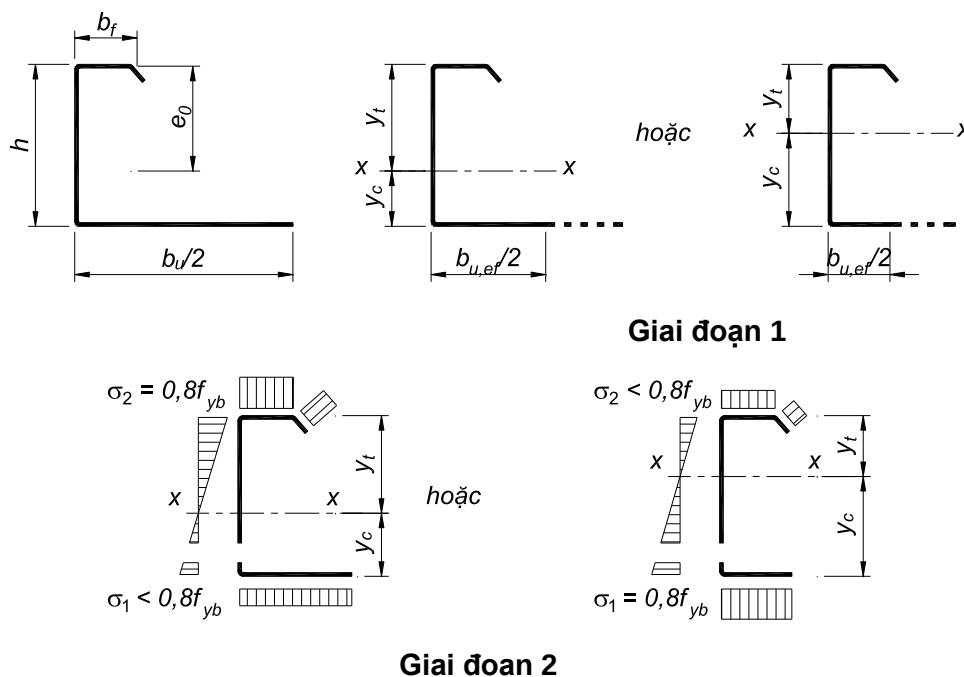
Tên tham số	Giá trị tham số giới hạn
Chiều dày tấm	$0,75 \text{ mm} \leq t_{nom} \leq 1,5 \text{ mm}$
Chiều rộng uốn bản bụng	$30 \text{ mm} \leq b_f \leq 60 \text{ mm}$
Chiều cao bản bụng	$60 \text{ mm} \leq h \leq 200 \text{ mm}$
Chiều rộng cánh	$300 \text{ mm} \leq b_u \leq 600 \text{ mm}$
Mô men quán tính trên một đơn vị chiều rộng	$I_a/b_u \leq 10 \text{ mm}^4/\text{mm}$
Khoảng cách giữa các chi tiết lắp siết cố định cánh hẹp	$s_1 \leq 1000 \text{ mm}$

9.1.3 Ngoài ra, mô men giới hạn được chịu bởi thanh định hình máng từ tải trọng sử dụng bên ngoài cho phép xác định bằng thử nghiệm. Trong trường hợp này, thiết bị thử nghiệm không được tạo ra tải trọng cục bộ trên tiết diện cấu kiện của thanh định hình máng và đặc biệt là trên bản bụng.

9.2 Khả năng chịu lực khi chịu mô men uốn

9.2.1 Cánh rộng của tiết diện chịu nén

9.2.1.1 Mô men giới hạn có thể được chịu bởi thanh định hình hình máng có cánh rộng chịu nén, được xác định có kể đến khả năng mất ổn định cục bộ các bộ phận thanh định hình hình máng chịu nén, sử dụng quy trình từng bước được nêu trên Hình 34.



Hình 34 – Xác định mô men giới hạn khi cánh rộng chịu nén

– Giai đoạn 1. Xác định diện tích hữu hiệu của tất cả các phần chịu nén của tiết diện ngang, dựa trên tỉ số ứng suất $\psi = \sigma_2 / \sigma_1$, nhận được bằng cách sử dụng chiều rộng hữu hiệu của bản cánh chịu nén, nhưng với toàn bộ diện tích bản bụng.

Sự có mặt của các nếp gấp nhỏ trên bản bụng không được kể đến và bụng được coi là phẳng;

– Giai đoạn 2. Tìm trọng tâm tiết diện ngang hữu hiệu và xác định mô men giới hạn M_c theo công thức:

$$M_c = 0,8W_{ef,min}f_{yd} \quad (154)$$

trong đó:

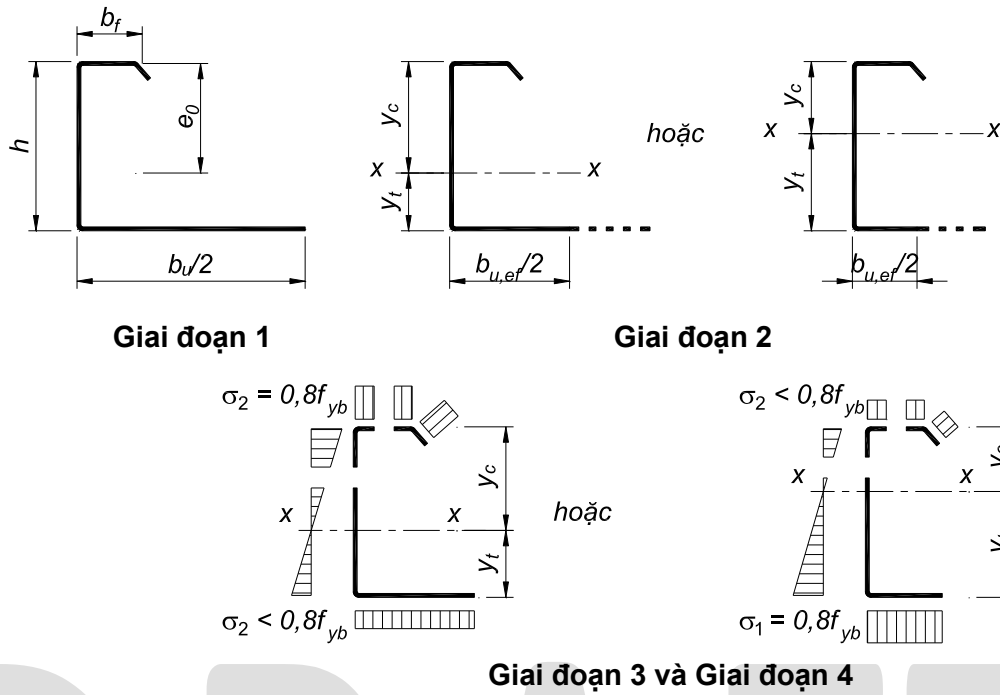
$$W_{ef,min} = \frac{I_{x,ef}}{y_c} \quad \text{nhưng} \quad W_{ef,min} \leq \frac{I_{x,ef}}{y_t} \quad (155)$$

9.2.2 Cánh rộng của tiết diện chịu kéo

9.2.2.1 Mô men giới hạn đối với thanh định hình hình máng có cánh rộng chịu kéo được xác định bằng cách sử dụng quy trình từng bước như trong Hình 35.

Khi xác định các tham số tiết diện ngang của thanh định hình hình máng có xét đến uốn, cánh rộng chịu kéo sẽ uốn về phía trục trung hòa của tiết diện:

– Giai đoạn 1. Xác định trọng tâm của tiết diện ngang nguyên;



Hình 35 – Xác định mô men giới hạn khi cánh rộng chịu kéo

– Giai đoạn 2. Xác định chiều rộng hữu hiệu của bản cánh rộng chịu kéo $b_{u,ef}$ có xét đến độ cong cánh có thể có của bản cánh, theo công thức:

$$b_{u,ef} = \frac{53,3 \cdot 10^{10} \cdot e_0^2 t_{eq}^3}{h L b_u^3} \quad (156)$$

trong đó:

b_u là tổng chiều rộng của cánh rộng (xem Hình 33);

e_0 là khoảng cách từ trục trung tâm của tiết diện ngang nguyên đến trục trung tâm của bản cánh hẹp (xem Hình 35);

h là tổng chiều cao của thanh định hình máng;

L là nhịp của thanh định hình máng;

t_{eq} là chiều dày tương đương của cánh rộng, được xác định theo công thức:

$$t_{eq} = \sqrt[3]{\frac{12 I_a}{b_u}} \quad (157)$$

trong đó:

I_a là mô men quán tính riêng của tiết diện bản cánh rộng (xem Hình 33).

– Giai đoạn 3. Xác định diện tích hữu hiệu của tất cả các bộ phận chịu nén, dựa trên tỉ số ứng suất $\psi = \sigma_2 / \sigma_1$, nhận được bằng cách sử dụng chiều rộng hữu hiệu của các cánh, nhưng với toàn bộ diện tích của các bản bụng;

– Giai đoạn 4. Tìm trọng tâm của tiết diện ngang hữu hiệu và xác định khả năng chịu lực M_b từ điều kiện mất ổn định dạng uốn phẳng, sử dụng các công thức sau:

$$M_b = 0,8\beta_b W_{ef} f_{yd} \quad \text{nhưng} \quad M_b \leq 0,8W_{ef,t} f_{yd} \quad (158)$$

trong đó:

$$W_{ef} = \frac{I_{ef,x}}{y_c} \quad \text{và} \quad W_{ef} = \frac{I_{ef,x}}{y_t} \quad (159)$$

β_b là hệ số hiệu chỉnh, được lấy:

$$\beta_b = 1 \quad \text{khi } s_1 \leq 300 \text{ mm};$$

$$\beta_b = 1,15 - s_1/2000 \quad \text{khi } 300 \text{ mm} \leq s_1 \leq 1000 \text{ mm};$$

s_1 là khoảng cách (bước) giữa các chi tiết lắp siết liên kết tẩm sóng vào các cánh hẹp của thanh định hình và không liên kết cánh hẹp ngoài mặt phẳng (xem Hình 33).

9.2.2.2 Độ cong cánh rộng không được kể đến khi xác định độ võng.

9.2.2.3 Để đơn giản hóa các tính toán thực hành, cho phép xác định mô men uốn được chịu bởi thanh định hình máng có cánh rộng không có sườn cứng bằng cách lấy gần đúng diện tích tiết diện ngang hữu hiệu của cánh rộng chịu kéo bằng diện tích tiết diện ngang của hai cánh hẹp chịu nén.

9.2.3 Mô men quán tính để xác định độ võng

Tiết diện ngang hữu hiệu để xác định độ võng được tính theo 9.2.1 và 9.2.2 nhưng thay f_{yd} bằng $f_{yd}/1,50$.

10 Trạng thái giới hạn nhóm thứ hai

10.1 Các quy tắc tính toán trạng thái giới hạn nhóm thứ hai về độ võng và chuyển vị của các cấu kiện kết cấu nêu trong TCVN 2737:2023 cũng được áp dụng cho kết cấu thép làm bằng thanh định hình thành mỏng tạo hình nguội.

10.2 Khi tính toán thanh định hình tạo hình nguội ở trạng thái giới hạn nhóm thứ hai, cần sử dụng các đặc trưng hình học của tiết diện ngang hữu hiệu, có kể đến việc giảm phần chịu nén của tiết diện nhận được ở 7.3 và 7.4 (I_{ef}). Độ võng được xác định với giả thiết sự làm việc đàn hồi của thép.

10.3 Thay cho 10.2 khi xác định độ võng dùng I_{ef} , cho phép lấy mô men quán tính I_f tính toán bằng phép nội suy tiết diện ngang nguyên và tiết diện ngang hữu hiệu theo công thức:

$$I_f = I_g - \frac{\sigma_g}{\sigma} (I_g - I_{ef}) \quad (160)$$

trong đó:

I_g là mô men quán tính của tiết diện ngang nguyên;

σ_g là ứng suất nén lớn nhất do uốn (tính theo giá trị tuyệt đối), khi tính toán theo trạng thái giới hạn nhóm thứ hai, tính trên tiết diện ngang nguyên;

σ là ứng suất lớn nhất (lớn nhất về giá trị tuyệt đối) trên tiết diện ngang hữu hiệu trong phạm vi chiều dài tính toán đang xét;

I_{ef} là mô men quán tính của tiết diện ngang hữu hiệu có kể đến sự mất ổn định cục bộ, tính ở ứng suất lớn nhất $\sigma \geq \sigma_g$.

10.4 Mô men quán tính của tiết diện hữu hiệu I_{ef} (hoặc I_f) lấy thay đổi dọc theo nhịp. Cho phép lấy giá trị không đổi của mô men quán tính, nhận được từ mô men uốn tuyệt đối lớn nhất trong nhịp do giá trị tiêu chuẩn của tải trọng.

11 Tính toán liên kết

11.1 Tính toán khả năng chịu lực của cấu kiện trong liên kết bằng chi tiết lắp siết

11.1.1 Trong liên kết các kết cấu làm bằng thanh định hình thành mỏng tạo hình nguội, sử dụng các loại liên kết sau:

- bằng bu lông cấp chính xác B có vòng đệm dưới đầu bu lông và đai ốc;
- bằng vít tự ren được lắp vào lỗ khoan trước có đường kính nhỏ hơn 0,5–0,8 mm so với đường kính ren của thân vít;
- bằng vít tự khoan (vít tự ren, tự khoan) được lắp đặt không có lỗ khoan trước;
- bằng đinh tán chìm có thân bằng thép;
- bằng chốt đạn được lắp đặt bằng thiết bị chuyên dụng để liên kết các cấu kiện CFS có chiều dày tối thiểu 3 mm.

11.1.2 Khả năng chịu lực của liên kết sử dụng đinh tán chìm, vít tự ren và chốt đạn được xác định có kể đến dữ liệu cho trong ISO 15979, ISO 15980, tài liệu [67], hoặc trường hợp không có dữ liệu cho trong tiêu chuẩn thì dựa trên kết quả thử nghiệm. Trong trường hợp này, khả năng chịu lực của một chi tiết lắp siết được xác định theo công thức:

$$F_{\theta} = \frac{F_{\theta n}}{\gamma_{m2}} \quad (161)$$

trong đó:

$F_{\theta n}$ là khả năng chịu lực tiêu chuẩn của chi tiết lắp siết đối với một trong các điều kiện làm việc của liên kết, nhận được từ kết quả thử nghiệm hoặc cho trong tiêu chuẩn sản phẩm;

γ_{m2} là hệ số độ tin cậy của liên kết, được lấy theo 11.1.15.

CHÚ THÍCH 1: Các thử nghiệm cơ học đối với chốt đạn có thể tham khảo tài liệu EAD 330153-00-0602 [42].

CHÚ THÍCH 2: Các thử nghiệm cơ học đối với đinh tán chìm phù hợp với ISO 14589:2000 [53].

11.1.3 Khả năng chịu lực tính toán của đinh tán chìm trong liên kết chịu trượt, được xác định từ các điều kiện sau:

- từ điều kiện ép mặt của các cấu kiện được liên kết, khả năng chịu lực tính toán của một đinh tán chìm được xác định bởi các công thức:

$$F_b = \frac{\alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{m2}} \quad (162)$$

nhưng

$$F_b = \frac{\alpha \cdot f_u \cdot e_1 \cdot t}{1,2 \cdot \gamma_{m2}} \quad (163)$$

trong đó:

- α là hệ số, xác định theo Bảng 23;
- f_u là cường độ chịu kéo, nén, uốn tính toán theo giới hạn bền của thép làm cầu kiện được liên kết, lấy theo Bảng 5;
- d là đường kính đinh tán chìm;
- t là chiều dày của cầu kiện mỏng hơn được liên kết;
- e_1 là khoảng cách từ mép cầu kiện đến tâm lỗ (xem Hình 36);

Bảng 23 – Giá trị hệ số α

Tên của chi tiết lắp siết	Công thức để xác định hệ số α
1. Đinh tán chìm	khi $t = t_1$ $\alpha = 3,6\sqrt{t/d} \leq 2,1$
	khi $t_1 \geq 2,5t$ $\alpha = 2,1$
	khi $t < t_1 < 2,5t$ α – theo nội suy tuyến tính
2. Vít tự ren	khi $t = t_1$ $\alpha = 3,2\sqrt{t/d} \leq 2,1$
	khi $t_1 \geq 2,5t$ và $t < 1,0$ mm $\alpha = 3,2\sqrt{t/d} \leq 2,1$
	khi $t_1 \geq 2,5t$ và $t \geq 1,0$ mm $\alpha = 2,1$
	khi $t < t_1 < 2,5t$ α – theo nội suy tuyến tính
3. Chốt đạn	$\alpha = 3,2\sqrt{t/d} \leq 2,1$
Các ký hiệu được sử dụng trong Bảng 23: t là chiều dày của cầu kiện mỏng nhất được liên kết; t_1 là chiều dày của cầu kiện dày nhất được liên kết.	

- từ điều kiện độ bền chịu kéo của các cầu kiện được liên kết, có kể đến giảm yếu do các lỗ đinh tán chìm, khả năng chịu lực tính toán của liên kết đinh tán chìm được xác định theo công thức:

$$F_n = \frac{A_{net} \cdot f_y}{\gamma_{m2}} \quad (164)$$

trong đó:

A_{net} là diện tích tiết diện thực của cầu kiện mỏng nhất được liên kết.

- từ điều kiện cắt thân đinh tán chìm, khả năng chịu lực tính toán của một đinh tán chìm được xác định theo công thức:

$$F_v = \frac{F_{vn}}{\gamma_{m2}} \quad (165)$$

trong đó:

F_{vn} là khả năng chịu lực tiêu chuẩn khi cắt của đinh tán chìm, được cho trong Phụ lục A.4 hoặc Phụ lục A.5.

11.1.4 Khả năng chịu lực tính toán của đỉnh tán chìm trong các liên kết làm việc chịu kéo cần được xác định:

- có kể đến kéo thân đỉnh tán chìm F_t theo công thức (161) có kể đến giá trị khả năng chịu lực tiêu chuẩn khi kéo của đỉnh tán chìm cho trong Phụ lục A.4 hoặc Phụ lục A.5;
- có kể đến khả năng chống kéo xuyên của cấu kiện mỏng hơn được liên kết F_p , theo kết quả thử nghiệm, tương ứng với 11.1.2.

11.1.5 Khả năng chịu lực tính toán của vít tự ren, vít tự khoan trong liên kết làm việc chịu trượt, được xác định từ các điều kiện sau:

- từ điều kiện ép mặt của các cấu kiện liên kết, khả năng chịu lực tính toán của một vít F_b được xác định theo công thức (162), trong đó d là đường kính danh định của vít;
- từ điều kiện độ bền chịu kéo của các cấu kiện liên kết, có kể đến sự giảm yếu do các lỗ của vít tự ren, khả năng chịu lực tính toán của liên kết F_n được xác định theo công thức (164);
- từ điều kiện cắt thân vít, khả năng chịu lực cắt tính toán của một vít F_v được xác định theo công thức (165), trong đó F_{vn} là khả năng chịu lực tiêu chuẩn khi cắt của vít tự ren, cho trong Phụ lục A.7.

11.1.6 Khả năng chịu lực tính toán của vít tự ren, vít tự khoan trong liên kết làm việc chịu kéo được xác định từ các điều kiện sau:

- từ điều kiện độ bền của cấu kiện được liên kết chống kéo xuyên qua vòng đệm, khả năng chịu lực tính toán của một vít dưới tác dụng của tải trọng tĩnh được xác định theo công thức:

$$F_p = \frac{d_w \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{m2}} \quad (166)$$

- từ điều kiện độ bền của cấu kiện liên kết chống kéo xuyên qua vòng đệm, khả năng chịu lực tính toán của một vít dưới tác dụng của tải trọng gió tổ hợp với tải trọng thường xuyên và không tổ hợp với tải trọng thường xuyên được xác định theo công thức:

$$F_p = \frac{0,5 \cdot d_w \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{m2}} \quad (167)$$

trong đó:

d_w là đường kính của vòng đệm hoặc đầu vít, cho trong Phụ lục A.6;

t là chiều dày của cấu kiện chống kéo xuyên qua vòng đệm;

- từ điều kiện vít chống kéo nhỏ khỏi cấu kiện đế (vật liệu cơ bản), khả năng chịu lực tính toán của một vít được xác định theo công thức:

$$F_0 = \frac{0,45 \cdot d \cdot t_{sup} \cdot f_{u,sup}}{\gamma_{m2}} \quad \text{khi} \quad \frac{t_{sup}}{s} < 1 \quad (168)$$

hoặc

$$F_0 = \frac{0,65 \cdot d \cdot t_{sup} \cdot f_{u,sup}}{\gamma_{m2}} \quad \text{khi} \quad \frac{t_{sup}}{s} \geq 1 \quad (169)$$

trong đó:

- t_{sup} là chiều dày của cấu kiện đế (vật liệu cơ bản) mà vít được liên kết vào;
- d là đường kính danh định của vít;
- $f_{u,sup}$ là cường độ tiêu chuẩn theo giới hạn bền của thép làm vít;
- s là bước ren của vít, cho trong Phụ lục A.6.

- khả năng chịu lực tính toán của một vít tự ren trong điều kiện thân vít chịu kéo F_t được xác định theo công thức (161) có kể đến giá trị tiêu chuẩn của tải trọng phá hoại khi kéo vít, cho trong Phụ lục A.7.

11.1.7 Trong các liên kết bằng chốt đạn, cường độ tiêu chuẩn theo giới hạn bền kéo của thép chốt đạn phải đạt tối thiểu 2000 MPa với độ cứng Rockwell tối thiểu là 55.

CHÚ THÍCH: Độ cứng Rockwell được xác định theo TCVN 257-1:2007 (ISO 6508-1:2005).

11.1.8 Khả năng chịu lực tính toán của chốt đạn trong liên kết làm việc chịu trượt, được xác định từ các điều kiện sau:

- từ điều kiện ép mặt của các cấu kiện liên kết, khả năng chịu lực tính toán của một chốt đạn được xác định theo công thức:

$$F_b = \frac{3,2 \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{m2}} \quad (170)$$

trong đó:

- d là đường kính danh định của chốt đạn;
- t là chiều dày phần mỏng hơn của các cấu kiện được liên kết;

- từ điều kiện độ bền chịu kéo của các cấu kiện liên kết, có kể đến sự giảm yếu do các lỗ chốt đạn, khả năng chịu lực tính toán của liên kết F_n được xác định theo công thức (164);
- từ điều kiện cắt thân chốt đạn, khả năng chịu lực cắt tính toán của một chốt đạn F_v được xác định theo công thức (165), trong đó F_{vm} là khả năng chịu lực cắt của chốt đạn, được xác định theo kết quả thử nghiệm (xem 11.1.2).

11.1.9 Khả năng chịu lực tính toán của chốt đạn trong liên kết làm việc chịu kéo, được xác định từ các điều kiện sau:

- từ điều kiện độ bền của cấu kiện liên kết chống kéo xuyên đầu chốt đạn, khả năng chịu lực của một chốt đạn F_p được xác định:

a) theo công thức (166) – khi chịu tác dụng của tải trọng thường xuyên;

b) theo công thức (167) – khi chịu tác dụng của tải trọng gió tổ hợp với tải trọng thường xuyên và không tổ hợp với tải trọng thường xuyên,

trong đó:

- d_w là đường kính của đầu chốt đạn;

- từ điều kiện chống kéo nhổ một chốt đạn ra khỏi cấu kiện đế, khả năng chịu lực tính toán F_o cũng như khả năng chịu kéo của thân chốt đạn F_t được xác định theo kết quả thử nghiệm (xem 11.1.2).

11.1.10 Số lượng chốt đạn cần thiết khi tác dụng lực N vào liên kết đi qua trọng tâm của liên kết, được xác định theo công thức:

- khi lực N gây trượt liên kết:

$$n_c \geq \frac{N}{F_{min}} \quad (171)$$

trong đó:

F_{min} là giá trị nhỏ hơn trong số các giá trị F_b hoặc F_v được tính theo 11.1.8;

- khi lực N gây kéo trong liên kết:

$$n_p \geq \frac{N}{F_{min}} \cdot \alpha_1 \quad (172)$$

trong đó:

F_{min} là giá trị nhỏ nhất của các giá trị F_p , F_o hoặc F_t tính theo 11.1.9;

$\alpha_1 = 1,1$ là hệ số, xét đến tác động nhiều lần của tải trọng.

11.1.11 Khả năng chịu lực của liên kết một bu lông được xác định phụ thuộc vào loại trạng thái ứng suất theo các công thức:

$$\text{– Khi cắt:} \quad F_v = f_{vb} \cdot A_b \cdot n_v \cdot \gamma_b \cdot \gamma_c \quad (173)$$

$$\text{– Khi ép mặt:} \quad F_c = f_{cb} \cdot d_b \cdot \sum t \cdot \gamma_b \cdot \gamma_c \quad (174)$$

$$\text{– Khi kéo:} \quad F_t = f_{tb} \cdot A_{bn} \cdot \gamma_c \quad (175)$$

trong đó:

f_{vb} , f_{tb} là cường độ chịu cắt, chịu kéo tính toán của liên kết một bu lông, được xác định theo Bảng D.5 trong TCVN 5575:2024;

f_{cb} là cường độ chịu ép mặt tính toán của liên kết một bu lông, xác định theo Bảng 24 (đối với trường hợp ép mặt các cấu kiện làm bằng thép mạ kẽm) hoặc Bảng D.6 trong TCVN 5575:2024 (đối với trường hợp ép mặt các bản mã và các cấu kiện khác không mạ kẽm);

A_b , A_{bn} lần lượt là diện tích tiết diện nguyên và diện tích tiết diện phần ren của bu lông, cho trong Phụ lục A.7;

n_v là số lượng mặt cắt tính toán của một bu lông;

d_b là đường kính bu lông (đường kính ngoài của thân bu lông), cho trong Phụ lục A.8;

$\sum t$ là tổng chiều dày nhỏ nhất của các cấu kiện được liên kết (các bản thép) cùng trượt về một phía;

γ_b là hệ số điều kiện làm việc của liên kết bu lông, được xác định theo Bảng 44 trong TCVN 5575:2024;

γ_c là hệ số điều kiện làm việc, được xác định theo Bảng 1.

**Bảng 24 – Cường độ chịu ép mặt tính toán f_{cb}
của các cấu kiện được liên kết bằng bu lông**

Đơn vị tính bằng megapascal (MPa)

Giới hạn bền kéo của thép làm cấu kiện được liên kết f_u	Giá trị f_{cb} của các cấu kiện được liên kết bằng bu lông cấp chính xác	
	A	B
310	470	400
360	550	460
380	580	490
430	655	550
450	655	550
540	785	660
570	830	700
CHÚ THÍCH: Các giá trị của cường độ tính toán nêu trong bảng này được tính bằng công thức ở Bảng 5 trong TCVN 5575:2024 (với $f_{ud} = f_u / \gamma_m$, trong đó: γ_m được lấy theo 6.4) và được làm tròn đến 5 MPa.		

11.1.12 Khi liên kết bu lông chịu tác dụng của lực N đi qua trọng tâm liên kết, lực này được coi là phân phối đều lên các bu lông. Trong trường hợp này, số lượng bu lông n_f trong liên kết được xác định theo công thức:

$$n_f \geq \frac{N}{F_{min}} \quad (176)$$

trong đó:

F_{min} là giá trị nhỏ nhất trong các giá trị F_v , F_c hoặc F_t đã tính được theo các yêu cầu trong 11.1.11.

11.1.13 Khi liên kết bu lông chịu tác dụng của mô men gây trượt các cấu kiện được liên kết thì lực phân phối cho các bu lông tỷ lệ với khoảng cách từ trọng tâm của liên kết đến bu lông đang xét.

Lực trong bu lông chịu lực lớn nhất $N_{b,max}$ không được vượt quá giá trị nhỏ hơn trong hai giá trị F_v và F_c đã tính được theo các yêu cầu trong 11.1.11.

11.1.14 Khi liên kết chịu tác dụng đồng thời của các lực trượt N_v và kéo N_t , với điều kiện N_v và N_t được xác định bằng tính toán, chi tiết lắp siết chịu ứng suất lớn nhất phải được kiểm tra theo công thức:

$$\sqrt{\left(\frac{N_t}{F_t}\right)^2 + \left(\frac{N_v}{F_v}\right)^2} \leq 1 \quad (177)$$

Trong trường hợp này, phải kiểm tra khả năng chịu lực bổ sung của chi tiết lắp siết bằng việc đồng thời ép mặt và kéo nhỏ phần mỏng nhất trong số các cấu kiện được liên kết từ dưới đầu chi tiết lắp siết theo công thức:

$$\sqrt{\left(\frac{N_t}{F_p}\right)^2 + \left(\frac{N_v}{F_b}\right)^2} \leq 1 \quad (178)$$

11.1.15 Các giá trị của hệ số γ_{m2} đối với các liên kết bằng vít tự ren, đinh tán chìm và chốt đạn phụ thuộc vào đặc trưng làm việc của chúng, được cho trong Bảng 25.

Bảng 25 – Hệ số độ tin cậy của liên kết bằng vít tự ren, đinh tán chìm và chốt đạn

Đặc trưng làm việc của liên kết		γ_{m2}		
		Vít tự ren	Đinh tán chìm	Chốt đạn
1. Liên kết với chi tiết lắp siết làm việc chịu trượt				
Ép mặt các cấu kiện được liên kết	$0,5\text{ mm} \leq t \leq 0,7\text{ mm}$	1,6	1,5	1,25
	$0,7\text{ mm} < t \leq 2,0\text{ mm}$	1,45		
Kéo các cấu kiện được liên kết theo tiết diện thực		1,1	1,1	
2. Liên kết với chi tiết lắp siết làm việc chịu kéo				
Chống kéo xuyên cấu kiện thông qua vòng đệm		1,2	1,25	1,25
Chống kéo nhỏ chi tiết lắp siết ra khỏi cấu kiện		1,1	—	
CHÚ THÍCH: Trong tất cả các trường hợp làm việc của liên kết khác, cũng như khi khả năng chịu lực tiêu chuẩn của chi tiết lắp siết được xác định dựa trên kết quả thử nghiệm (xem 11.1.2), giá trị $\gamma_{m2} = 1,25$.				

11.1.16 Khi sử dụng các liên kết bằng vít tự ren, vít tự khoan, đinh tán chìm và chốt đạn phải đảm bảo các điều kiện áp dụng nêu trong Bảng 26.

Bảng 26 – Điều kiện áp dụng của các loại liên kết bằng chi tiết lắp siết

Loại liên kết bằng chi tiết lắp siết	Đặc trưng làm việc của liên kết	Điều kiện sử dụng của chi tiết lắp siết trong liên kết	Phạm vi áp dụng liên kết
Liên kết bằng vít tự ren và vít tự khoan	Trượt	$F_v \geq 1,2F_b$	$3,0 \text{ mm} \leq d \leq 8,0 \text{ mm}$ $f_u \leq 550 \text{ MPa}$
	Kéo	$F_t \geq 1,2F_p$; $F_t \geq 1,2F_0$	$3,0 \text{ mm} \leq d \leq 8,0 \text{ mm}$ $0,5 \text{ mm} \leq t \leq 1,5 \text{ mm}$ $t_1 \geq 0,9 \text{ mm}$ $f_u \leq 550 \text{ MPa}$
Liên kết bằng đinh tán chìm	Trượt	$F_v \geq 1,2F_b$	$2,6 \text{ mm} \leq d \leq 6,4 \text{ mm}$ $f_u \leq 550 \text{ MPa}$
	Kéo	$F_t \geq 1,2F_p$	
Liên kết bằng chốt đạn	Trượt	$F_v \geq 1,5F_b$	$3,0 \text{ mm} \leq d \leq 8,0 \text{ mm}$ Khi $d = 3,7 \text{ mm}$, $t_{sup} \geq 4,0 \text{ mm}$ Khi $d = 4,5 \text{ mm}$, $t_{sup} \geq 6,0 \text{ mm}$ Khi $d = 5,2 \text{ mm}$, $t_{sup} \geq 8,0 \text{ mm}$ $f_u \leq 550 \text{ MPa}$

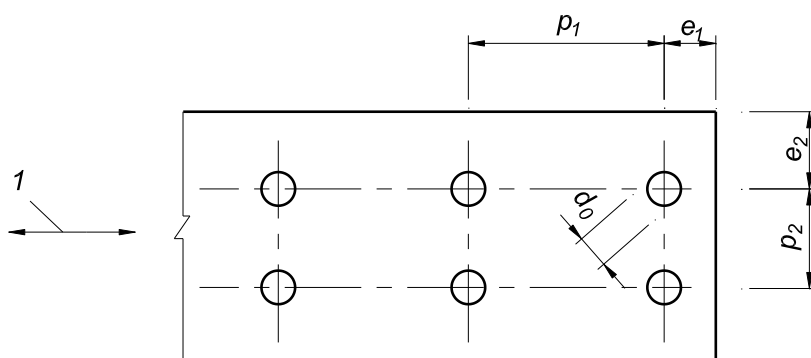
Bảng 26 (kết thúc)

Loại liên kết bằng chi tiết lắp siết	Đặc trưng làm việc của liên kết	Điều kiện sử dụng của chi tiết lắp siết trong liên kết	Phạm vi áp dụng liên kết
Liên kết bằng chốt đạ	Kéo	$F_t \geq 1,2F_p$; $F_t \geq 1,2F_0$	$3,0 \text{ mm} \leq d \leq 8,0 \text{ mm}$ Khi $d = 3,7 \text{ mm}$, $t_{sup} \geq 4,0 \text{ mm}$ Khi $d = 4,5 \text{ mm}$, $t_{sup} \geq 6,0 \text{ mm}$ Khi $d = 5,2 \text{ mm}$, $t_{sup} \geq 8,0 \text{ mm}$ $0,5 \text{ mm} \leq t \leq 1,5 \text{ mm}$ $t_1 \geq 6,0 \text{ mm}$ $f_u \leq 550 \text{ MPa}$
Các ký hiệu được lấy trong Bảng 26: t là chiều dày của cấu kiện mỏng nhất được liên kết; t_1 là chiều dày của cấu kiện dày nhất được liên kết; d là đường kính danh định của chi tiết lắp siết; t_{sup} là chiều dày của phần đế mà chi tiết lắp siết được liên kết vào (vít hoặc chốt đạ); f_u là cường độ tiêu chuẩn theo giới hạn bền của thép làm các cấu kiện liên kết.			
CHÚ THÍCH 1: Chi tiết lắp siết cho phép sử dụng trong nhiều ứng dụng khác khi khả năng chịu lực của chúng được xác định bằng kết quả thử nghiệm; CHÚ THÍCH 2: Có thể chấp nhận đầu đinh tán chìm/đầu vít được đặt phía trên phần tử mỏng hơn của các cấu kiện được liên kết.			

11.1.17 Thời hạn sử dụng theo thiết kế dự kiến của chi tiết lắp siết không được nhỏ hơn thời hạn sử dụng theo thiết kế của các kết cấu chịu lực khung. Việc xác định thời hạn sử dụng theo thiết kế được thực hiện trên cơ sở dữ liệu thử nghiệm hoặc thử nghiệm tại hiện trường theo các tài liệu kỹ thuật liên quan.

11.2 Yêu cầu đối với việc bố trí chi tiết lắp siết trong liên kết

11.2.1 Khoảng cách tối thiểu cho phép giữa các chi tiết lắp siết và từ trục của chúng đến các mép cấu kiện được liên kết nêu trên Hình 36 và được lấy theo Bảng 27.



CHÚ DẪN:

1 Hướng truyền tải trọng

Hình 36 – Bố trí chi tiết lắp siết trong liên kết

**Bảng 27 – Khoảng cách tối thiểu cho phép giữa các chi tiết lắp siết
và từ trục của chúng đến các mép cấu kiện được liên kết**

Đơn vị tính bằng milimét (mm)

Kích thước theo Hình 36	Loại chi tiết lắp siết			
	đỉnh tán chìm $2,6 \leq d \leq 6,4$	vít tự ren $3,0 \leq d \leq 8,0$	chốt đạn $2,6 \leq d \leq 6,4$	bu lông (tối thiểu M6 ¹⁾)
e_1	$1,5d_0$ ²⁾	$3,0d$	$4,5d$	$2,0d_0$ (khi $t > 2,0$) $3,0d_0$ (khi $t \leq 2,0$)
e_2	$1,5d_0$	$1,5d$	$4,5d$	$1,5d_0$
p_1	$3,0d_0$	$3,0d$	$4,5d$	$2,5d_0$
p_2	$3,0d_0$	$3,0d$	$4,5 d$	$2,5d_0$

¹⁾ Theo TCVN 10866:2015 (ISO 4014:2011) hoặc ISO 8765;
²⁾ d_0 là đường kính lỗ cho đỉnh tán chìm hoặc bu lông.

11.2.2 Đường kính lỗ để bắt vít phải phù hợp với yêu cầu theo tiêu chuẩn sản phẩm tương ứng. Các quy định này phải dựa trên các tiêu chí sau:

- mô men siết phải lớn hơn mô men xoắn yêu cầu để cắt tạo ren trong cấu kiện được liên kết;
- mô men siết phải nhỏ hơn mô men gây ra cắt của ren hoặc đầu chi tiết lắp siết;
- mô men siết phải nhỏ hơn 2/3 mô men cắt đầu chi tiết lắp siết;
- đầu chìm của đỉnh tán chìm, cũng như đầu của vít tự ren và chốt đạn, phải được đặt phía trên tấm mỏng hơn của các tấm được liên kết;
- các quy tắc tính toán đỉnh tán chìm nêu trên chỉ được áp dụng trong trường hợp đường kính lỗ vượt quá đường kính đỉnh tán chìm không quá 0,1 mm.

11.3 Yêu cầu đối với thiết kế liên kết hàn dùng hàn điểm tiếp xúc

11.3.1 Hàn điểm, thực hiện bằng phương pháp tiếp xúc hoặc xuyên thấu, được sử dụng cho thép cán hoặc thép mạ kẽm có chiều dày đến 4,0 mm, với điều kiện tấm mỏng hơn được liên kết có chiều dày không quá 3,0 mm.

11.3.2 Khả năng chịu lực tính toán của điểm hàn được tính theo công thức dưới đây.

- Khả năng chịu lực khi ép mặt và xé F_{tb} được tính theo công thức:

$$\text{khi } t \leq t_1 \leq 2,5t \quad F_{tb} = \frac{2,7\sqrt{td_s f_u}}{\gamma_{m2}} \quad (179)$$

khi $t_1 > 2,5t$ F_{tb} lấy bằng giá trị nhỏ nhất trong các giá trị sau:

$$F_{tb} = \frac{2,7\sqrt{td_s f_u}}{\gamma_{m2}} \quad (180)$$

$$F_{tb} = \frac{0,7d_s^2 f_u}{\gamma_{m2}} \quad (181)$$

$$F_{tb} = \frac{3,1td_s f_u}{\gamma_{m2}} \quad (182)$$

trong đó:

t là chiều dày của cấu kiện hoặc tấm mỏng nhất được liên kết, mm;

t_1 là chiều dày của cấu kiện hoặc tấm dày nhất được liên kết;

d_s là đường kính trong của điểm hàn, bằng:

$0,5t + 5 \text{ mm}$ – khi hàn xuyên thấu;

$5\sqrt{t}$ – khi hàn điện trở;

γ_{m2} là hệ số độ tin cậy của liên kết (xem 11.3.3).

– Khả năng chịu lực của đầu cấu kiện khi xé F_e được tính theo công thức:

$$F_e = 1,4te_1 \frac{f_u}{\gamma_{m2}} \quad (183)$$

– Khả năng chịu lực của liên kết theo tiết diện thực F_n được tính theo công thức (164).

– Khả năng chịu lực khi cắt F_v được tính theo công thức:

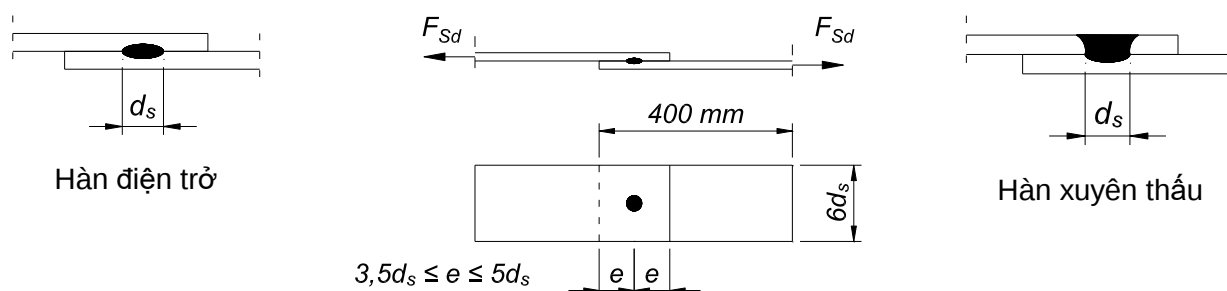
$$F_v = \frac{\pi d_s^2}{4} \frac{f_u}{\gamma_{m2}} \quad (184)$$

CHÚ THÍCH: Trong liên kết cần đáp ứng các điều kiện sau: $F_v \geq 1,25F_{tb}$ hoặc $F_v \geq 1,25F_e$ hoặc $\sum F_v \geq 1,25F_n$

Vị trí của các điểm hàn trong liên kết cũng được lấy như trong Hình 36, trong đó: $2d_s \leq e_1 \leq 6d_s$; $3d_s \leq p_1 \leq 8d_s$; $e_2 \leq 4d_s$; $3d_s \leq p_2 \leq 6d_s$.

11.3.3 Khi xác định khả năng chịu lực của điểm hàn theo 11.3.2, hệ số tin cậy của liên kết được lấy $\gamma_{m2} = 1,25$.

11.3.4 Kích thước d_s của mỗi hàn điểm cần được kiểm tra bằng thử nghiệm chịu cắt, sử dụng mẫu ghép chồng một bản nói như nêu trên Hình 37. Chiều dày cấu kiện mẫu được liên kết phải bằng chiều dày thực tế trong từng trường hợp cụ thể.



Hình 37 – Mẫu thử nghiệm chịu cắt điểm hàn

CHÚ THÍCH: Thử nghiệm chịu cắt điểm hàn có thể tham khảo ISO 14273:2016 [52].

11.4 Yêu cầu đối với thiết kế liên kết hàn dùng đường hàn góc

11.4.1 Cần áp dụng các yêu cầu của mục này khi thiết kế liên kết hàn ghép chồng bằng phương pháp hàn hồ quang với vật liệu cơ bản có chiều dày không quá 4,0 mm. Đối với vật liệu cơ bản có chiều dày lớn hơn, khả năng chịu lực của đường hàn phải được xác định theo TCVN 5575:2024.

11.4.2 Kích thước của đường hàn phải được lựa chọn sao cho độ bền của liên kết được xác định bởi chiều dày của cấu kiện hoặc tấm được liên kết chứ không phải bởi đường hàn. Yêu cầu này được đáp ứng nếu tiết diện ngang của đường hàn không nhỏ hơn chiều dày nhỏ nhất của cấu kiện hoặc tấm được liên kết.

11.4.3 Khả năng chịu lực tính toán F_w của đường hàn góc được xác định như sau:

– đối với đường hàn góc cạnh:

$$\text{khi } L_{w,s} \leq b \quad F_w = t L_{w,s} \left(0,9 - \frac{0,45 L_{w,s}}{b} \right) \frac{f_u}{\gamma_{m2}} \quad (185)$$

$$\text{khi } L_{w,s} > b \quad F_w = 0,45 t b \frac{f_u}{\gamma_{m2}} \quad (186)$$

– đối với đường hàn góc đầu:

$$\text{khi } L_{w,e} \leq b \quad F_w = t L_{w,e} \left(1 - \frac{0,3 L_{w,e}}{b} \right) \frac{f_u}{\gamma_{m2}} \quad (187)$$

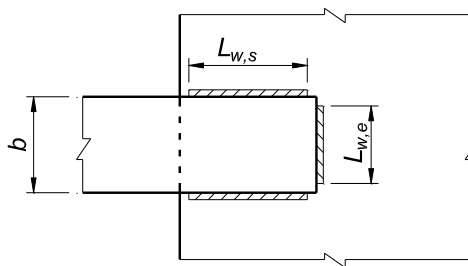
trong đó:

b là chiều rộng của cấu kiện hoặc tấm được liên kết (Hình 38);

$L_{w,s}$ là chiều dài tính toán của đường hàn góc cạnh (Hình 38);

$L_{w,e}$ là chiều dài tính toán của đường hàn góc đầu (Hình 38);

γ_{m2} là hệ số tin cậy của liên kết, lấy bằng $\gamma_{m2} = 1,25$ đối với liên kết dùng đường hàn góc.



Hình 38 – Liên kết bằng đường hàn góc

11.4.4 Nếu sử dụng kết hợp đường hàn góc đầu và đường hàn góc cạnh trong một liên kết, thì tổng khả năng chịu lực của liên kết hàn phải được xác định bằng tổng khả năng chịu lực của các đường hàn góc đầu và góc cạnh. Trong trường hợp này, cần kể đến vị trí trọng tâm và sự phân bố lực tương ứng.

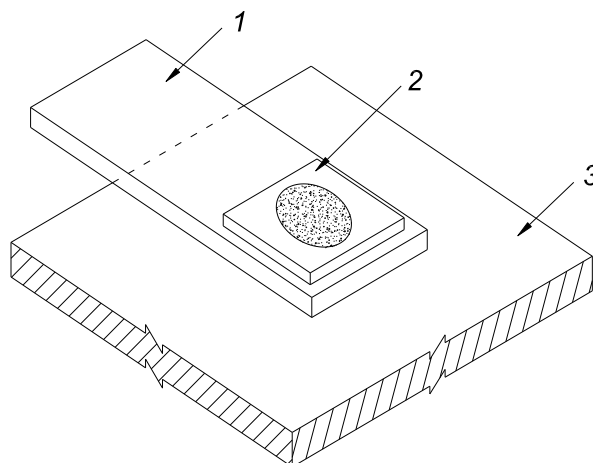
11.4.5 Không cho phép trong các liên kết tính toán dùng đường hàn góc có chiều dài tính toán nhỏ hơn $8t$ (với t là chiều dày mỏng hơn của cấu kiện được liên kết).

11.5 Yêu cầu đối với thiết kế liên kết hàn dùng hàn điểm hồ quang

11.5.1 Hàn điểm hồ quang chỉ được sử dụng cho các liên kết làm việc chịu trượt, và không được sử dụng để liên kết các cấu kiện hoặc tấm có tổng chiều dày Σt vượt quá 4 mm.

11.5.2 Hàn điểm hồ quang phải có đường kính trong d_s ít nhất là 10 mm.

11.5.3 Nếu chiều dày của các cấu kiện hoặc tấm được liên kết nhỏ hơn 0,7 mm, thì cần sử dụng vòng đệm hàn (xem Hình 39).



CHÚ DẪN:

- 1 Cấu kiện hoặc tấm được liên kết
- 2 Vòng đệm hàn
- 3 Cấu kiện chịu lực

Hình 39 – Hàn điểm hồ quang có vòng đệm hàn

11.5.4 Khoảng cách tối thiểu e_{min} từ tâm của điểm hàn hồ quang tròn đến mép gần nhất của điểm hàn liên kết hoặc đến điểm cuối của cấu kiện được liên kết dọc theo lực cắt được tính bằng công thức:

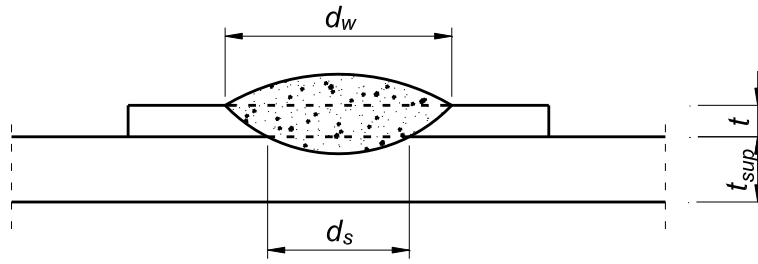
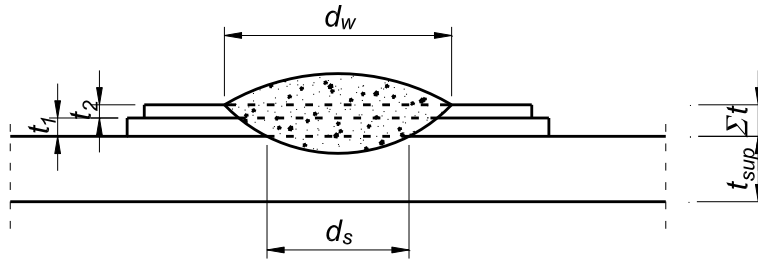
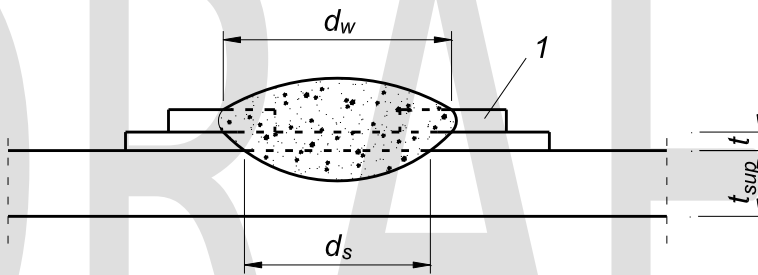
$$e_{min} = 1,8 \cdot \frac{F_w}{t f_u / \gamma_{m2}} \quad \text{khi } \frac{f_u}{f_y} < 1,15 \quad (188)$$

$$e_{min} = 2,1 \cdot \frac{F_w}{t f_u / \gamma_{m2}} \quad \text{khi } \frac{f_u}{f_y} \geq 1,15 \quad (189)$$

trong đó:

γ_{m2} là hệ số độ tin cậy của liên kết, lấy bằng $\gamma_{m2} = 1,25$ đối với các liên kết sử dụng hàn điểm hồ quang.

11.5.5 Khoảng cách tối thiểu từ tâm của điểm hàn hồ quang hình tròn đến mép theo bất kỳ phương lực nào của cấu kiện được liên kết vào phải ít nhất là $1,5d_w$, trong đó d_w là đường kính biểu kiến của điểm hàn (xem Hình 40).

a – liên kết một tấm ($\sum t = t$)b – liên kết hai tấm ($\sum t = t_1 + t_2$)

c – liên kết một tấm có vòng đệm hàn

CHÚ DẪN:

1 Vòng đệm hàn

Hình 40 – Hàn điểm hồ quang

11.5.6 Khoảng cách thông thủy tối thiểu giữa điểm hàn hình ô van và mép tấm theo bất kỳ phương nào của lực không được nhỏ hơn $1,0d_w$.

11.5.7 Khả năng chịu cắt tính toán F_w của điểm hàn tròn được xác định theo công thức:

$$F_w = (\pi/4) \cdot d_s^2 \cdot f_{wf} \quad (190)$$

trong đó:

f_{wf} là cường độ chịu kéo tính toán của kim loại hàn, lấy theo Bảng C.1 trong TCVN 5575:2024;

d_s là đường kính trong của điểm hàn, tính theo công thức:

$$d_s = 0,7d_w - 1,5\sum t \text{ nhưng } d_s \geq 0,55d_w \quad (191)$$

trong đó:

d_w là đường kính biểu kiến của điểm hàn hồ quang (xem Hình 40).

F_w không được lớn hơn giá trị được xác định từ các điều kiện sau:

$$\text{nếu } \frac{d_p}{\sum t} \leq 18 \cdot \left(\frac{420}{f_u} \right)^{0,5} \quad \text{thì} \quad F_w = 1,5 d_p \sum t \cdot \frac{f_u}{\gamma_{m2}} \quad (192)$$

$$\text{nếu } 18 \cdot \left(\frac{420}{f_u} \right)^{0,5} < \frac{d_p}{\sum t} < 30 \cdot \left(\frac{420}{f_u} \right)^{0,5} \quad \text{thì} \quad F_w = 27 \cdot \left(\frac{420}{f_u} \right)^{0,5} (\sum t)^2 \frac{f_u}{\gamma_{m2}} \quad (193)$$

$$\text{nếu } \frac{d_p}{\sum t} \geq 30 \cdot \left(\frac{420}{f_u} \right)^{0,5} \quad \text{thì} \quad F_w = 0,9 d_p \sum t \cdot \frac{f_u}{\gamma_{m2}} \quad (194)$$

trong đó:

d_p là đường kính ngoài hữu hiệu của điểm hàn, được xác định như sau:

- đối với liên kết một tấm hoặc một cấu kiện có chiều dày t :

$$d_p = d_w - t \quad (195)$$

- đối với liên kết nhiều tấm hoặc nhiều cấu kiện có tổng chiều dày $\sum t$:

$$d_p = d_w - 2 \sum t \quad (196)$$

11.5.8 Khả năng chịu cắt tính toán F_w của điểm hàn hình ô van được xác định theo công thức:

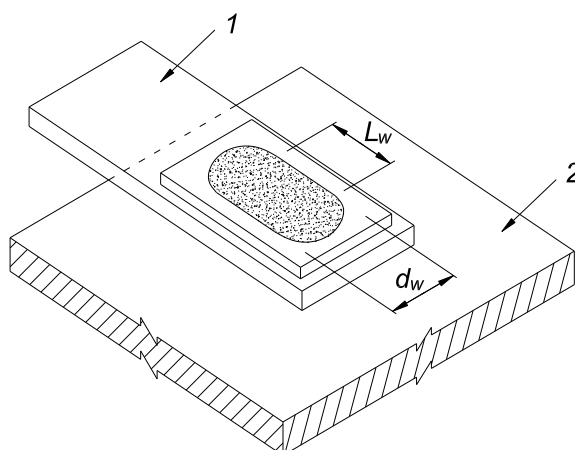
$$F_w = \left[\left(\pi/4 \right) d_s^2 + L_w d_s \right] f_{wf} \quad (197)$$

nhưng F_w không được lớn hơn giá trị tính theo công thức:

$$F_w = (0,5 L_w + 1,67 d_p) \sum t \cdot \frac{f_u}{\gamma_{m2}} \quad (198)$$

trong đó:

L_w là chiều dài của điểm hàn hình ô van (xem Hình 41).



CHÚ DẪN:

- 1 Cấu kiện hoặc tấm được liên kết
- 2 Cấu kiện chịu lực

Hình 41 – Điểm hàn hình ô van

12 Yêu cầu đối với tính toán kết cấu bằng phần mềm chuyên dụng

12.1 Việc tính toán kết cấu bằng phần mềm chuyên dụng được thực hiện dựa trên mô hình tính toán kết cấu phù hợp với trạng thái giới hạn đang xét.

12.2 Mô hình tính toán kết cấu và các giả thiết cơ bản cho tính toán cần phản ánh được ứng xử của kết cấu tại trạng thái giới hạn, tương ứng với độ chính xác thích hợp, và phản ánh được loại ứng xử được dự đoán trước của tiết diện, của cấu kiện, của liên kết và của gối tựa.

12.3 Chỉ có thể thực hiện các tính toán kết cấu thép tạo hình nguội với sự hỗ trợ của phần mềm chuyên dụng sau khi có kiểm chứng kết quả tính toán từ phần mềm chuyên dụng.

13 Yêu cầu về đảm bảo khả năng chống ăn mòn

13.1 Các yêu cầu của mục này áp dụng cho việc thiết kế bảo vệ chống ăn mòn cho kết cấu xây dựng bằng thép thành mỏng được làm bằng thanh định hình tạo hình nguội và tấm sóng. Việc thiết kế bảo vệ chống ăn mòn cho các kết cấu xây dựng bằng thép mạ kẽm thành mỏng tạo hình nguội phải được thực hiện phù hợp với TCVN 12251:2020.

Mục này quy định các yêu cầu kỹ thuật về bảo vệ chống ăn mòn cho kết cấu và công trình xây dựng khi tiếp xúc với môi trường xâm thực khí với nhiệt độ từ âm 65°C đến dương 100°C.

13.2 Việc thiết kế xây dựng mới và cải tạo các nhà và công trình sử dụng kết cấu bằng thép mạ kẽm thành mỏng tạo hình nguội phải được thực hiện có kể đến kinh nghiệm sử dụng của các dự án xây dựng tương tự. Trong trường hợp này, cần phải phân tích trạng thái ăn mòn của các kết cấu và lớp phủ bảo vệ, có kể đến loại và mức độ xâm thực của môi trường.

13.3 Khi thiết kế bảo vệ chống ăn mòn cho công trình xây dựng mới, số liệu ban đầu là:

- 1) thông tin về thời gian kết cấu tiếp xúc với độ ẩm cao (thời gian ướt), phù hợp với TCVN 12705-2:2021 (ISO 12944-2:2017);
- 2) đặc điểm của môi trường xâm thực khí (khí, sol khí): loại và nồng độ của khí xâm thực, sự xuất hiện của sol khí muối và bụi, nhiệt độ và độ ẩm của không khí trong các nhà (công trình) và bên ngoài, có kể đến hướng gió chủ đạo, cũng như có kể đến những thay đổi có thể có về đặc điểm của môi trường trong quá trình sử dụng các công trình xây dựng;
- 3) tác động cơ học, nhiệt và sinh học đến kết cấu công trình.

13.4 Khi thiết kế bảo vệ chống ăn mòn cho các nhà và công trình cải tạo bằng cách sử dụng các kết cấu bằng thép mạ kẽm thành mỏng tạo hình nguội, số liệu ban đầu là trạng thái thực tế của các kết cấu nhà kèm theo phân tích nguyên nhân hư hỏng.

13.5 Kết cấu của các nhà và công trình phải có thể tiếp cận được để chẩn đoán định kỳ (giám sát trực tiếp hoặc từ xa), sửa chữa hoặc thay thế các kết cấu bị hư hỏng. Nếu không thể đáp ứng các yêu cầu này thì ban đầu các kết cấu phải được bảo vệ khỏi bị ăn mòn trong toàn bộ thời gian sử dụng.

13.6 Không cho phép thiết kế kết cấu thép của các nhà và công trình có mức độ quan trọng của công trình cao và trung bình, dễ bị ảnh hưởng bởi tác động xâm thực ở mức độ trung bình và mạnh trong quá trình sử dụng.

CHÚ THÍCH: Mức độ tác động xâm thực của môi trường, tham khảo TCVN 12041:2017 [8].

13.7 Không cho phép thiết kế kết cấu thép làm bằng thép S355 và S390 cho nhà và công trình nằm trong môi trường hơi xâm thực có chứa sulfur dioxide (SO_2) hoặc hydro sulfua (H_2S) của các nhóm khí B.

13.8 Khi thiết kế kết cấu làm bằng các kim loại khác nhau sử dụng trong môi trường khắc nghiệt, cần đưa ra các biện pháp ngăn chặn sự ăn mòn tiếp xúc ở vùng tiếp xúc của các kim loại khác nhau.

13.9 Các tính toán, giải pháp thiết kế và thi công kỹ thuật nhiệt phải ngăn chặn sự đóng băng của các kết cấu nhà được sưởi và ngăn chặn ngưng tụ trên bề mặt của chúng.

13.10 Hình dạng kết cấu và giải pháp thiết kế nhà và công trình phải loại trừ sự hình thành các vùng thông gió kém và các khu vực có thể tích tụ khí, hơi, bụi và hơi ẩm có hại cho kết cấu nhà.

13.11 Thời hạn sử dụng của lớp phủ kẽm bảo vệ trên các kết cấu bao che, tùy thuộc vào điều kiện sử dụng với các loại mức độ ăn mòn khác nhau, được xác định theo Bảng H.1. Khi xác định thời hạn sử dụng của lớp phủ kẽm bảo vệ trên các kết cấu chịu lực, mức độ ăn mòn của môi trường được lấy cao hơn một bậc.

CHÚ THÍCH: TCVN 12251:2020 sử dụng thuật ngữ “*niên hạn sử dụng*”.

13.12 Thời hạn sử dụng của lớp phủ bảo vệ trên các kết cấu chịu lực và bao che làm bằng thép tấm mạ kẽm có sơn bổ sung và lớp phủ vecni phải được quy định chung phù hợp với thời hạn sử dụng của lớp phủ sơn và vecni theo Bảng U.8 trong TCVN 12251:2020 và thời hạn sử dụng của hệ mạ kẽm theo Bảng H.1.

13.13 Việc lựa chọn các loại vật liệu và chiều dày lớp sơn phủ bảo vệ và sơn trang trí để bảo vệ bổ sung chống ăn mòn cho tấm thép mạ kẽm phải được thực hiện có kể đến thời hạn sử dụng của lớp sơn phủ trong các điều kiện sử dụng cụ thể.

13.14 Thời hạn sử dụng dự kiến của lớp phủ phải được quy định dựa trên kết quả thử nghiệm nhanh về khí hậu của các mẫu lớp phủ được sản xuất theo yêu cầu của TCVN 12251:2020. Thử nghiệm lớp phủ được thực hiện theo TCVN 12705-6:2019 (ISO 12944-6:2018).

13.15 Việc bảo vệ các liên kết hàn phải được thực hiện bằng sơn hoặc vecni hoặc lớp phủ kim loại theo TCVN 12251:2020.

Phụ lục A

(tham khảo)

Vật liệu dùng cho kết cấu thép và liên kết**A.1 Vật liệu dùng cho kết cấu thép****Bảng A.1 – Tính chất cơ học của thép cacbon tấm mỏng chất lượng thương mại và chất lượng dập vuốt mạ kẽm và hợp kim kẽm – sắt nhúng nóng liên tục**

Tiêu chuẩn ¹⁾	Ký hiệu	Chiều dày tiết diện, mm	Giới hạn chảy lớn nhất, MPa	Giới hạn bền kéo lớn nhất, MPa	Độ giãn dài tương đối nhỏ nhất, %
TCVN 10355:2018 (ISO 3575:2016)	02	$\geq 0,25; \leq 5$	300	430	23
	03	$\geq 0,25; \leq 5$	260	410	25
	04	$\geq 0,25; \leq 5$	220	410	28
	05	$\geq 0,25; \leq 5$	200	350	36
CHÚ THÍCH: Để có thêm thông tin đầy đủ, xem trong các tiêu chuẩn sản phẩm tương ứng.					

Bảng A.2 – Tính chất cơ học của thép cacbon tấm mỏng cán nguội chất lượng kết cấu

Tiêu chuẩn ¹⁾	Ký hiệu	Chiều dày tiết diện, mm	Giới hạn chảy nhỏ nhất, MPa	Giới hạn bền kéo nhỏ nhất, MPa	Độ giãn dài tương đối nhỏ nhất, %
TCVN 6524:2018 (ISO 4997:2015)	CR220	$\geq 0,36; \leq 3$	220	300	20
	CR250	$\geq 0,36; \leq 3$	250	330	18
	CR320	$\geq 0,36; \leq 3$	320	400	14
CHÚ THÍCH: Để có thêm thông tin đầy đủ, xem trong các tiêu chuẩn sản phẩm tương ứng.					

Bảng A.3 – Tính chất cơ học của thép cacbon tấm mỏng cán nguội chất lượng thương mại và chất lượng dập vuốt

Tiêu chuẩn ¹⁾	Ký hiệu	Chiều dày tiết diện, mm	Giới hạn chảy lớn nhất, MPa	Giới hạn bền kéo lớn nhất, MPa	Độ giãn dài tương đối nhỏ nhất, %
TCVN 7858:2018 (ISO 3574:2012)	CR1	$\geq 0,36; \leq 4$	280	410	28
	CR2	$\geq 0,36; \leq 4$	240	370	31
	CR3	$\geq 0,36; \leq 4$	220	350	35
	CR4	$\geq 0,36; \leq 4$	210	350	37
	CR5	$\geq 0,36; \leq 4$	190	350	38
CHÚ THÍCH: Để có thêm thông tin đầy đủ, xem trong các tiêu chuẩn sản phẩm tương ứng.					

A.2 Vật liệu dùng cho liên kết

A.2.1 Đinh tán chìm

Giá trị khả năng chịu lực tiêu chuẩn khi cắt, khi kéo và lực kéo đứt trực của đinh tán chìm có trục nhôm được nêu trong Bảng A.4, có trục thép được nêu trong Bảng A.5.

Bảng A.4 – Tính chất cơ học của đinh tán chìm có trục nhôm (theo ISO 15977)

Đường kính danh định d , mm	Cấp L		Cấp H		Lực kéo đứt trực, N
	Khi cắt F_{vn} , N	Khi kéo F_{tn} , N	Khi cắt F_{vn} , N	Khi kéo F_{tn} , N	
	nhỏ nhất	nhỏ nhất	nhỏ nhất	nhỏ nhất	
2,4	250	350	350	550	2 000
3,0	400	550	550	850	3 000
3,2	500	700	750	1 100	3 500
4,0	850	1 200	1 250	1 800	5 000
4,8	1 200	1 700	1 850	2 600	6 500
5,0	1 400	2 000	2 150	3 100	6 500
6,0	2 100	3 000	3 200	4 600	9 000
6,4	2 200	3 150	3 400	4 850	11 000
Cấp L – Cấp cường độ thấp (Low strength grade); Cấp H – Cấp cường độ cao (High strength grade)					
CHÚ THÍCH: Thực hiện thử nghiệm đinh tán chìm theo ISO 14589 [53].					

Bảng A.5 – Tính chất cơ học của đinh tán chìm có trục thép (theo ISO 15979, ISO 15980)

Đường kính danh định d , mm	Khi cắt F_{vn} , N	Khi kéo F_{tn} , N	Lực kéo đứt trực, N
	nhỏ nhất	nhỏ nhất	lớn nhất
2,4	650	700	2 000
3,0	950	1 100	3 200
3,2	1 100	1 200	4 000
4,0	1 700	2 200	5 800
4,8	2 900	3 100	7 500
5,0	3 100	4 000	8 000
6,0	4 300	4 800	12 500
6,4	4 900	5 700	13 000
CHÚ THÍCH: Thực hiện thử nghiệm đinh tán chìm theo ISO 14589 [53].			

A.2.2 Vít tự khoan

Thông số hình học cơ bản của vít tự khoan được nêu trong Bảng A.6.

Bảng A.6 – Thông số hình học cơ bản của vít tự khoan (theo ГОСТ P 59905-2021) [67]

Đường kính danh định d mm	Đường kính vòng đệm (hoặc đầu vít) d_w mm	Bước ren s mm
4,2	8,4	1,41
4,8	10,0	1,59
5,5	11,0	1,81
6,3	12,0	1,06
7,0	12,0	1,81
CHÚ THÍCH: Để có thêm thông tin đầy đủ, xem trong tiêu chuẩn ГОСТ P 59905-2021.		

Giá trị khả năng chịu lực tiêu chuẩn khi cắt của vít và giá trị tiêu chuẩn của tải trọng phá hoại khi kéo của vít được nêu trong Bảng A.7.

Bảng A.7 – Tính chất cơ học của vít tự khoan (theo ГОСТ P 59905-2021) [67]

Đường kính danh định d mm	Khi cắt F_{vn} , N	Khi kéo F_{tn} , N
	nhỏ nhất	nhỏ nhất
4,2	3 000	5 100
4,8	4 400	8 200
5,5	6 600	9 000
6,3	10 600	14 100
7,0	12 300	16 000
CHÚ THÍCH: Thực hiện thử nghiệm vít phù hợp với ГОСТ P 59905-2021.		

A.2.3 Bu lông

Thông số đường kính, bước ren, diện tích tiết diện ngang của bu lông được xác định theo Bảng A.8.

Bảng A.8 – Diện tích tiết diện bu lông

Đường kính d_b , mm	4	5	6	7	8	10	12	14	16
Bước ren p , mm	0,7	0,8	1,0	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,0
A_b , mm ²	8,78	14,2	20,1	28,9	36,6	58,0	84,3	115	157
A_{bn} , mm ²	12,6	19,6	28,3	38,5	50,2	78,5	113,0	153,9	201,0

Phụ lục B (quy định)

Yêu cầu đối với thiết kế và tính toán một số loại kết cấu

B.1 Yêu cầu đối với xà gồ và các kết cấu dầm tương tự

B.1.1 Các yêu cầu nêu trong mục này áp dụng cho xà gồ và dầm chữ Z, chữ C, chữ Σ mà tiết diện ngang có:

$h/t < 160, c/t \leq 20$ – đối với trường hợp mép gấp đơn;

$d/t \leq 20$ – đối với trường hợp mép gấp đôi.

CHÚ THÍCH: Các thông số h, t, c và d được thể hiện trên các hình ở Bảng 6.

B.1.2 Các yêu cầu của mục này áp dụng cho xà gồ một nhịp và nhiều nhịp liên tục được liên kết theo phương ngoài mặt phẳng uốn.

B.1.3 Các yêu cầu của mục này cũng áp dụng cho các cấu kiện tạo hình nguội được sử dụng làm khung đầu hồi nhà, dầm sàn và các loại dầm tương tự khác được liên kết với tấm sàn.

B.1.4 Liên kết liên tục hoàn toàn ngoài mặt phẳng uốn có thể được tạo bằng tấm sàn thép có sóng hình thang hoặc thanh định hình máng liên kết liên tục với cánh xà gồ thông qua các cánh phía dưới của tấm sàn. Xà gồ được liên kết với tấm sàn có sóng hình thang cho phép coi là liên kết theo phương ngoài mặt phẳng nếu thỏa mãn yêu cầu B.1.5. Trong các trường hợp khác (ví dụ, khi cố định tấm sàn qua các cánh trên bằng bản đệm dạng yên ngựa), mức độ ngàm được xác định bằng thử nghiệm.

B.1.5 Nếu tấm sàn có sóng hình thang, thanh định hình máng hoặc tấm nhiều lớp được liên kết với xà gồ và thỏa mãn điều kiện tính theo công thức (B.1), thì xà gồ có thể coi là được liên kết trong mặt phẳng của tấm sàn, thanh định hình máng hoặc tấm nhiều lớp:

$$S \geq \left(EI_{\omega} \cdot \frac{\pi^2}{L^2} + GI_t + EI_y \cdot \frac{\pi^2}{L^2} \cdot 0,25h^2 \right) \frac{70}{h^2} \quad (\text{B.1})$$

trong đó:

- S là độ cứng chống cắt được cung cấp bởi tấm sàn có sóng hình thang (xem B.1.9), thanh định hình máng (xem B.4.5.4) hoặc tấm nhiều lớp (xem B.1.11) đối với cấu kiện đang xét;
- I_{ω} là mô men quán tính quạt của tiết diện ngang nguyên xà gồ;
- I_t là mô men quán tính của tiết diện ngang nguyên xà gồ khi xoắn tự do;
- I_y là mô men quán tính của tiết diện ngang nguyên xà gồ đối với trục $y-y$;
- L là nhịp xà gồ;
- h là chiều cao tiết diện ngang xà gồ.

CHÚ THÍCH: Cho phép sử dụng công thức (B.1) để đánh giá ổn định của cánh dầm ngoài mặt phẳng trong tổ hợp với các loại sàn khác nhau (không được xem xét trong B.1.9 và B.4.5.4), với điều kiện giá trị độ cứng chống cắt S được xác định bằng tính toán dựa trên kết quả nghiên cứu thực nghiệm.

B.1.6 Xà gồ đặt trên các gối tựa phải có bộ phận chống xoắn và chống chuyển vị ngang tại gối tựa. Ảnh hưởng của các lực trong mặt phẳng của tấm sàn truyền tới các gối tựa xà gồ phải được xét đến khi tính toán các bộ phận đỡ.

B.1.7 Việc liên kết xà gồ với tấm sàn có thể cho phép ngàm một phần xà gồ để chống xoắn. Sự ngàm một phần chống xoắn có thể được biểu diễn dưới dạng lò xo góc với độ cứng C_D . Ứng suất trong cánh tự do không liên kết trực tiếp với tấm sàn cũng phải được tính toán có kể đến ảnh hưởng của uốn và xoắn trong mặt phẳng, kể cả uốn ngoài mặt phẳng do méo của tiết diện ngang gây ra.

B.1.8 Nếu cánh tự do của xà gồ một nhịp chịu nén do tải trọng hướng lên, thì trong tính toán cần kể đến sự tăng ứng suất do xoắn và do uốn (distortion/изгиба).

B.1.9 Độ cứng chống cắt của tấm sàn có sóng hình thang, với điều kiện tấm sàn được liên kết với xà gồ trong từng sóng, cũng như với điều kiện liên kết cấu kiện tấm sàn với nhau trong từng sóng theo dạng chồng lên nhau, được xác định dựa trên thực nghiệm hoặc sử dụng công thức sau:

$$S = 1000\sqrt{t^3} \left(50 + 10 \cdot \sqrt[3]{b_{roof}} \right) \frac{a_{pur}}{h_w} \quad (\text{đơn vị tính bằng N}) \quad (\text{B.2})$$

trong đó:

- t là chiều dày tính toán của tấm sàn, mm;
- b_{roof} là chiều rộng của mái dọc theo hướng dốc, mm;
- a_{pur} là bước xà gồ, mm (xem Hình B.4);
- h_w là chiều cao sóng của tấm sàn, mm.

CHÚ THÍCH: Tất cả các kích thước được tính bằng milimét.

Nếu tấm sàn định hình được liên kết vào xà gồ nhưng cách một sóng, thì lấy $0,2S$ thay cho S .

B.1.10 Độ cứng chống cắt S của tấm cứng làm bằng thanh định hình máng được xác định dựa trên thực nghiệm hoặc theo B.4.5.3.

B.1.11 Độ cứng chống cắt S của tấm nhiều lớp liên kết với cấu kiện sử dụng ít nhất một cặp và nhiều nhất là 4 cặp chi tiết lắp siết, được tính theo công thức (B.3):

$$S = \frac{k_v}{2b_{sw}} \sum_{k=1}^{n_k} c_k^2 \quad (\text{B.3})$$

trong đó:

- k_v là độ cứng chống cắt của chi tiết lắp siết, xác định theo Bảng B.1;
- b_{sw} là chiều rộng tấm nhiều lớp;
- c_k là khoảng cách giữa hai chi tiết lắp siết của cặp thứ k ;
- n_k là số cặp chi tiết lắp siết trên mỗi tấm và gối đỡ.

Các tấm nhiều lớp phải được đặt vuông góc với cấu kiện.

CHÚ THÍCH: Thông tin bổ sung về độ cứng chống cắt S của tấm nhiều lớp (ví dụ: liên quan đến khoảng cách cạnh của các liên kết) được cho trong tài liệu [44].

Bảng B.1 – Độ cứng chống cắt k_v của chi tiết lắp siết

Đơn vị tính bằng kilôniutơn trên mét (kN/mm)

Chiều dày danh định của tấm mặt trong, mm	Mác thép ^{a)}		
	220	280	≥ 320
0,40	1,6	1,9	2,0
0,50	2,0	2,3	2,5
0,63	2,4	2,9	3,1
0,75	2,8	3,3	3,6
a) Mác thép theo TCVN 6525:2018 (ISO 4998:2014).			
CHÚ THÍCH: Cho phép nội suy tuyến tính đối với mác thép và chiều dày danh định của tấm mặt trong.			

Bảng B.1 được áp dụng trong phạm vi sau:

- Đường kính danh định của chi tiết lắp siết: $5,5 \text{ mm} \leq d \leq 8,0 \text{ mm}$
- Tổng chiều dày của tấm: $D \geq 40 \text{ mm}$
- Chiều dày danh định của tấm mặt trong: $0,40 \text{ mm} \leq t_{F2} \leq 1,00 \text{ mm}$
- Chiều dày danh định của kết cấu đỡ: $1,50 \text{ mm} \leq t_{supp}$

Ảnh hưởng của vật liệu lõi đến giá trị k_v có thể được bỏ qua.**B.2 Tính toán gần đúng xà gồ và kết cấu dầm tương tự khi không có lực dọc trục N****B.2.1** Xà gồ tiết diện chữ C, chữ Z và chữ Σ có hoặc không có các sườn cứng dọc trên bụng hoặc cánh, được tính toán nếu thỏa mãn các điều kiện sau:

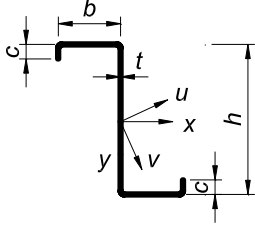
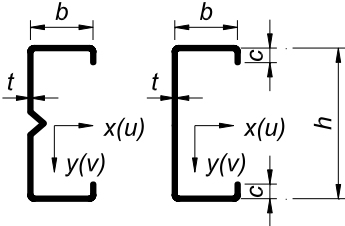
- kích thước tiết diện ngang nằm trong giới hạn quy định nêu trong Bảng B.2;
- xà gồ được liên kết liên tục ngoài mặt phẳng bằng tấm sàn có sóng hình thang, phải đáp ứng yêu cầu theo bất đẳng thức (B.1);
- xà gồ được liên kết chống xoay bằng tấm sàn định hình có sóng hình thang và đáp ứng các điều kiện cho trong Bảng B.2;
- xà gồ chịu tải trọng phân bố đều dọc theo chiều dài, xà gồ liên tục có nhịp bằng nhau và chịu tải trọng đều trên từng đoạn (xem sơ đồ trong Bảng B.4 và Bảng B.5).

Phương pháp này không được sử dụng:

- đối với hệ sử dụng các cấu kiện thanh làm giằng cho cánh trên của xà gồ;
- đối với xà gồ liên tục, tính liên tục của xà gồ được đảm bảo bằng các liên kết chồng hoặc liên kết trên bản tấp;
- nếu lực dọc trục tác dụng N .

CHÚ THÍCH: Phương pháp này cho phép sử dụng để tính toán xà gồ liên tục có các mối nối chồng và mối nối trên bản tấp, với điều kiện các mối nối nằm trong vùng mô men uốn bằng không. Nếu các điều kiện khác nêu trong B.2.1 không được đáp ứng thì phải sử dụng phương pháp tính toán nêu trong B.3, tuân theo các điều kiện của B.3.2.4.

Bảng B.2 – Hạn chế trong trường hợp sử dụng phương pháp tính gần đúng

Xà gồ	Chiều dày t, mm	b/t	h/t	h/b	c/t	b/c	L/h
	$\geq 1,2$	≤ 55	≤ 160	$\leq 3,43$	≤ 20	$\leq 4,0$	≥ 15
	$\geq 1,2$	≤ 55	≤ 160	$\leq 3,43$	≤ 20	$\leq 4,0$	≥ 15

B.2.2 Giá trị tính toán của mô men uốn M phải thỏa mãn điều kiện sau:

$$\frac{M}{M_{LT,p}} \leq 1 \quad (\text{B.4})$$

trong đó:

$$M_{LT,p} = f_{yd} \gamma_c \cdot W_{ef,x} \cdot \frac{\chi_{LT}}{k_d} \quad (\text{B.5})$$

χ_{LT} là hệ số, kể đến sự mất ổn định dạng uốn phẳng cùng với xoắn, được xác định theo 8.4.4, trong đó α_{LT} được thay thế bằng $\alpha_{LT,ef}$, được tính theo công thức (B.6). Trong các trường hợp nêu ở B.2.3, χ_{LT} được lấy bằng 1,0;

$W_{ef,x}$ là mô men chống uốn của tiết diện ngang hữu hiệu đối với trục $x-x$;

k_d là hệ số, kể đến phần xà gồ không được liên kết, được xác định theo công thức (B.7) và Bảng B.3.

$$\alpha_{LT,ef} = \alpha_{LT} \sqrt{\frac{W_{g,x}}{W_{ef,x}}} \quad (\text{B.6})$$

trong đó:

α_{LT} là hệ số kể đến sự không hoàn hảo ban đầu, xác định theo Bảng 14;

$W_{g,x}$ là mô men chống uốn của tiết diện ngang nguyên đối với trục $x-x$;

$$k_d = \left(a_1 - a_2 \frac{L}{h} \right) \geq 1,0 \quad (\text{B.7})$$

trong đó:

a_1, a_2 là các hệ số, được lấy theo Bảng B.3;

L là nhịp xà gồ;

h là tổng chiều cao xà gồ.

Bảng B.3 – Giá trị các hệ số a_1, a_2

Sơ đồ tĩnh học, hướng đặt tải trọng	Xà gồ chữ Z		Xà gồ chữ C		Xà gồ chữ Σ	
	a_1	a_2	a_1	a_2	a_1	a_2
1. Dầm một nhịp, tải trọng hướng xuống (ép xuống)	1,0	0	1,1	0,002	1,1	0,002
2. Dầm một nhịp, tải trọng hướng lên (nâng lên)	1,3	0	3,5	0,050	1,9	0,020
3. Dầm liên tục, tải trọng hướng xuống (ép xuống)	1,0	0	1,6	0,020	1,6	0,020
4. Dầm liên tục, tải trọng hướng lên (nâng lên)	1,4	0,01	2,7	0,040	1,0	0

B.2.3 Hệ số giảm do mất ổn định χ_{LT} lấy bằng 1,0, nếu xà gồ một nhịp làm việc chịu tác dụng của tải trọng hướng xuống (ép xuống) và cánh trên của xà gồ được liên kết dọc theo toàn bộ chiều dài (thỏa mãn bất đẳng thức (B.1)), hoặc trong các trường hợp khác, nếu thỏa mãn điều kiện (B.8):

$$C_D \geq \frac{M_{g,u}^2}{EI_{g,v}} \cdot k_g \quad (\text{B.8})$$

trong đó:

$M_{g,u}$ là mô men uốn trên tiết diện ngang nguyên quanh trục chính $u-u$ trong giới hạn đàn hồi (xem hình trong Bảng B.2):

$$M_{g,u} = W_{g,u} f_{yd} \quad (\text{B.9})$$

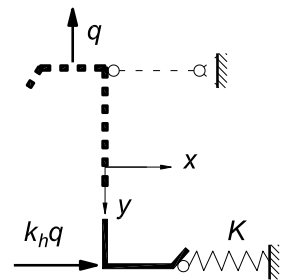
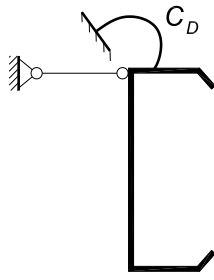
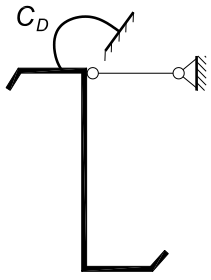
ở đây:

$I_{g,v}$ là mô men quán tính của tiết diện ngang nguyên đối với trục phụ $v-v$ (xem hình trong Bảng B.2);

k_g là hệ số, có kể đến sơ đồ tĩnh học của xà gồ (Bảng B.4);

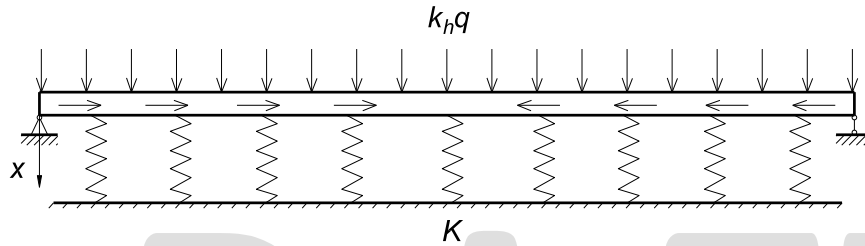
C_D là tổng độ cứng của lò xo góc do tấm sàn tạo ra ở cánh trên của xà gồ (xem Hình B.1), được xác định theo công thức (B.12).

CHÚ THÍCH: Đối với tiết diện chữ C và chữ Z của xà gồ có cánh bằng nhau $I_v = I_y$, $W_u = W_x$ và $M_u = M_x$.



a) Mô hình xà gỗ có cánh trên được liên kết bằng lò xo góc có độ cứng C_D do sàn cung cấp

b) Thay thế lò xo góc có độ cứng C_D bằng lò xo thẳng có độ cứng K



c) Cánh tự do của xà gỗ, được mô hình hóa dưới dạng dầm trên nền đàn hồi. Mô hình thể hiện ảnh hưởng của xoắn và uốn ngoài mặt phẳng (bao gồm cả méo của tiết diện ngang) đối với xà gỗ một nhịp chịu tải trọng hướng lên

Hình B.1 – Mô hình xà gỗ, liên kết tám sàn

Bảng B.4 – Giá trị của hệ số k_9

Sơ đồ tĩnh học	Giá trị của hệ số k_9 khi tác dụng tải trọng	
	hướng xuống (ép xuống)	hướng lên (nâng lên)
	— 1)	0,210
	0,07	0,029
	0,15	0,066
	0,10	0,053

1) nếu xà gỗ một nhịp làm việc chịu tải trọng hướng xuống (tải trọng ép xuống), và bản cánh trên của xà gỗ được liên kết dọc theo toàn bộ chiều dài, thì $\chi_{LT} = 1,0$ (tương ứng với B.2.3).

B.2.4 Đối với các trường hợp không xét ở B.2.3 thì hệ số χ_{LT} được tính theo 8.4.4, phụ thuộc vào độ mảnh quy ước $\bar{\lambda}_{LT}$, được xác định theo công thức (124). Trong trường hợp này, mô men tới hạn khi mất ổn định dạng uốn phẳng trong giai đoạn đàn hồi M_{cr} được tính theo công thức:

$$M_{cr} = \frac{k}{L^*} \cdot \sqrt{GI_t^* EI_v} \quad (B.10)$$

trong đó:

- L^* là chiều dài phần chịu nén của cánh tự do (được lấy bằng khoảng cách giữa các điểm không của biểu đồ mô men hoặc các điểm mà cánh dưới được liên kết bằng chi tiết lắp siết);
- k là hệ số, kể đến sự mất ổn định dạng uốn phẳng cùng với xoắn, được xác định theo Bảng B.5;
- I_t^* là mô men quán tính giả định khi xoắn tự do, có kể đến sự ngàm chống xoắn do tấm sàn tạo ra:

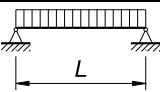
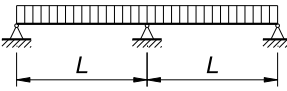
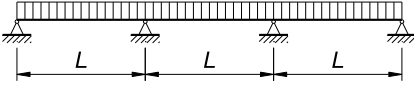
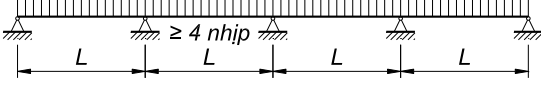
$$I_t^* = I_t + C_D \cdot \frac{L^2}{\pi^2 G} \quad (\text{B.11})$$

ở đây:

I_t là mô men quán tính khi xoắn tự do đối với tiết diện ngang nguyên xà gồ.

CHÚ THÍCH: Thiên về an toàn khả năng chịu lực, cho phép lấy $I_t^* = I_t$, không kể đến ảnh hưởng của C_D .

**Bảng B.5 – Hệ số k mất ổn định dạng uốn phẳng cùng với xoắn
đối với xà gồ có cánh trên ngàm ngang khi xoắn**

Sơ đồ tĩnh học	Giá trị hệ số k khi tác dụng tải trọng	
	hướng xuống (ép xuống)	hướng lên (nâng lên)
	— ¹⁾	10,3
	17,7	27,7
	12,2	18,3
	14,6	20,5
¹⁾ nếu xà gồ một nhịp làm việc chịu tải trọng hướng xuống (ép xuống) và cánh trên của xà gồ được liên kết dọc theo toàn bộ chiều dài, thì $\chi_{LT} = 1,0$ (tương ứng với B.2.3)		

Tổng độ cứng của lò xo góc C_D do tấm sàn, thanh định hình máng hoặc tấm nhiều lớp đặt lên cánh trên của xà gồ (xem Hình B.1), được tính theo công thức:

$$C_D = \frac{1}{\frac{1}{C_{D,A}} + \frac{1}{C_{D,B}} + \frac{1}{C_{D,C}}} \quad (\text{B.12})$$

trong đó:

$C_{D,A}$ là độ cứng của lò xo góc, tạo bởi liên kết giữa tấm sàn, thanh định hình máng hoặc tấm nhiều lớp và xà gồ, được xác định theo B.2.5 hoặc B.2.6;

$C_{D,B}$ là độ cứng của lò xo góc, do méo của tiết diện ngang xà gồ, được xác định theo B.2.10 – nếu cánh tự do chịu nén. Nếu cánh chịu nén liên kết với tấm sàn thì $C_{D,B} = \infty$;

$C_{D,C}$ là độ cứng của lò xo góc, tương ứng với độ cứng uốn của tấm sàn, thanh định hình máng hoặc tấm nhiều lớp, xác định theo B.2.11.

B.2.5 Giả định rằng, liên kết tấm sàn với xà gồ được đặt ở giữa cánh, giá trị $C_{D,A}$ đối với tấm sàn thép có sóng hình thang liên kết với cánh trên của xà gồ, được xác định như sau:

$$C_{D,A} = C_{100} k_{ba} k_t k_{bR} k_A k_{bT} \quad (B.13)$$

trong đó:

$k_{ba} = (b_a/100)^2$	khi $b_a < 125$ mm;
$k_{ba} = 1,25(b_a/100)$	khi $125 \text{ mm} \leq b_a < 200$ mm;
$k_t = (t_{nom}/0,75)^{1,1}$	khi $t_{nom} \geq 0,75$ mm, vị trí thuận lợi (xem B.2.7);
$k_t = (t_{nom}/0,75)^{1,5}$	khi $t_{nom} \geq 0,75$ mm, vị trí bất lợi;
$k_t = (t_{nom}/0,75)^{1,5}$	khi $t_{nom} < 0,75$ mm;
$k_{bR} = 1,0$	khi $b_R \leq 185$ mm;
$k_{bR} = 185/b_R$	khi $b_R > 185$ mm;

– đối với tải trọng hướng xuống (ép xuống):

$k_A = 1,0 + (A - 1,0) \cdot 0,08$	khi $t_{nom} = 0,75$ mm, vị trí thuận lợi;
$k_A = 1,0 + (A - 1,0) \cdot 0,16$	khi $t_{nom} = 0,75$ mm, vị trí bất lợi;
$k_A = 1,0 + (A - 1,0) \cdot 0,095$	khi $t_{nom} = 1,00$ mm, vị trí thuận lợi;
$k_A = 1,0 + (A - 1,0) \cdot 0,095$	khi $t_{nom} = 1,00$ mm, vị trí bất lợi;

trong đó:

- A là tải trọng do tấm sàn truyền lên dầm, $A \leq 12$ kN/m;
- b_a là chiều rộng cánh xà gồ, mm;
- b_R là chiều rộng sóng của tấm sàn, mm;
- C_{100} là hệ số xoay, lấy theo Bảng B.6, và bằng $C_{D,A}$ khi $b_a = 100$ mm;
- t_{nom} là chiều dày danh định của tấm sàn.

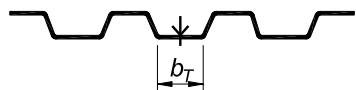
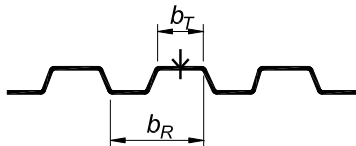
Giá trị của các hệ số khi chiều dày $1,0 \text{ mm} > t_{nom} > 0,75 \text{ mm}$ cần được xác định bằng phép nội suy tuyến tính:

- khi $t_{nom} < 0,75$ mm – công thức (B.13) không hợp lệ;
- khi $t_{nom} > 1,0$ mm – lấy $t = 1,0$ mm.

– đối với tải trọng hướng lên (ví dụ, gió hút):

$$k_A = 1,0$$

Bảng B.6 – Hệ số xoay C_{100} đối với tấm sàn thép có sóng hình thang

Vị trí tấm sàn		Tấm sàn được liên kết qua cánh		Bước của chi tiết lắp siết		Đường kính vòng đệm, mm	C_{100}	$b_{T,max}$
thuận lợi	bất lợi	dưới	trên	trong mỗi sóng $e = b_R$	cách một sóng $e = 2b_R$		kN·m/m	mm
1. Đối với tải trọng hướng xuống								
✓		✓		✓		22	5,2	40
✓		✓			✓	22	3,1	40
	✓		✓	✓		K_a	10,0	40
	✓		✓		✓	K_a	5,2	40
	✓	✓		✓		22	3,1	120
	✓	✓			✓	22	2,0	120
2. Đối với tải trọng hướng lên								
✓		✓		✓		16	2,6	40
✓		✓			✓	16	1,7	40
 Bản đệm dạng yên ngựa				- Liên kết qua cánh dưới (máng của tấm sàn)				
								
				- Liên kết qua cánh trên (đỉnh của tấm sàn)				
								
Các ký hiệu được sử dụng trong Bảng B.6.								
b_R là chiều rộng sóng;								
b_T là chiều rộng cánh của tấm sàn tại điểm liên kết vào xà gồ;								
K_a nên sử dụng bản đệm dạng yên ngựa (vòng đệm) bằng thép có $t_w \geq 0,75$ mm;								
✓ là kết hợp các điều kiện về vị trí của tấm sàn, ngàm và bước liên kết.								
CHÚ THÍCH: Các giá trị trong bảng này áp dụng cho liên kết tấm sàn bằng vít tự ren có đường kính $\varnothing = 6,3$ mm; chiều dày vòng đệm thép $t_w \geq 1,0$ mm.								

$$k_{bT} = \sqrt{\frac{b_{T,max}}{b_T}} \text{ nếu } b_T > b_{T,max}, \text{ còn không } k_{bT} = 1,0 \quad (B.14)$$

trong đó:

b_T là chiều rộng cánh của tấm sàn được liên kết vào xà gồ;

$b_{T,max}$ lấy theo Bảng B.6.

CHÚ THÍCH: Đối với tấm sàn nhôm hợp kim có sóng hình thang, giá trị $C_{D,A}$ có thể tham khảo tài liệu [32], 11.4.2.3.

B.2.6 Để thay thế cho B.2.5, $C_{D,A}$ (đơn vị tính bằng N·m/m/rad) có thể được lấy bằng:

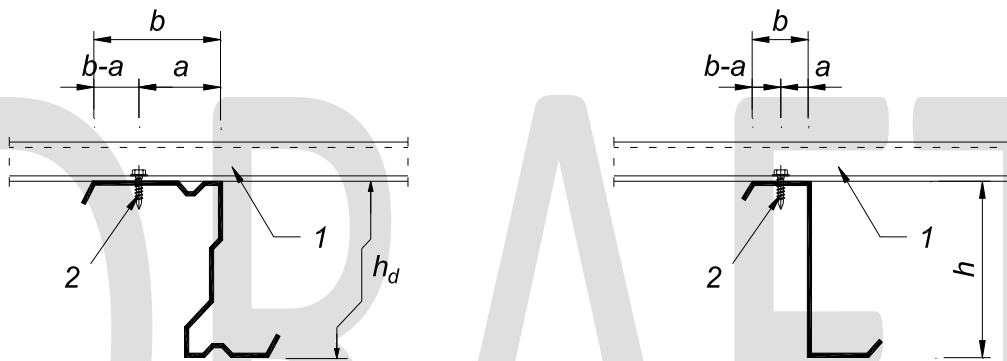
$$C_{D,A} = 130p \quad (\text{B.15})$$

trong đó:

p là số lượng chi tiết lắp siết của tấm sàn với xà gồ trên 1 m chiều dài xà gồ (trong mỗi sóng của tấm sàn, không nhiều hơn một chi tiết lắp siết).

Công thức (B.14) được áp dụng nếu đáp ứng các điều kiện sau:

- chiều rộng b_T cánh của tấm sàn tại điểm liên kết vào xà gồ không được vượt quá 120 mm;
- chiều dày danh định t_{nom} của tấm sàn không nhỏ hơn 0,65 mm;
- khoảng cách a hoặc $b - a$ (tùy theo chiều xoay) giữa tâm của chi tiết lắp siết và tâm xoay của xà gồ ít nhất là 25 mm (xem Hình B.2).



CHÚ DẪN:

- 1 Tấm sàn
2 Chi tiết lắp siết (vít)

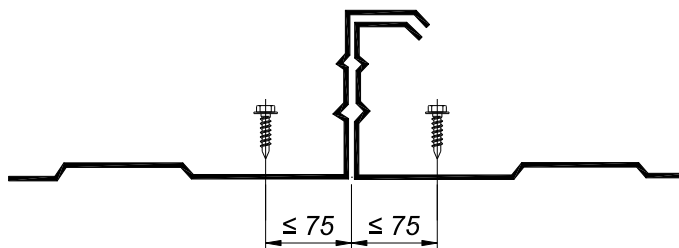
Hình B.2 – Xà gồ và tấm sàn liên kết

B.2.7 Vị trí tấm sàn theo Bảng B.6 được coi là thuận lợi nếu cánh hẹp đặt trên xà gồ và bất lợi nếu cánh rộng đặt trên xà gồ.

B.2.8 Giá trị $C_{D,A}$ đối với thanh định hình hình máng liên kết với cánh trên xà gồ

Đối với thanh định hình hình máng bằng thép có $t_{nom} \geq 0,75$ mm và $b_u \leq 600$ mm, có thể lấy giá trị độ cứng lò xo góc $C_{D,A} = 1,7$ kN·m/m nếu chưa tiến hành phân tích chính xác hơn. Thanh định hình máng phải được liên kết bằng ít nhất hai chi tiết lắp siết trên mỗi tấm và trên mỗi gối đỡ, với khoảng cách ≤ 75 mm giữa chi tiết lắp siết và bụng, như minh họa trong Hình B.3

CHÚ THÍCH: Quy định này cũng áp dụng cho các tấm có lỗ, theo 7.5.1.



Hình B.3 – Liên kết thanh định hình máng và xà gồ

B.2.9 Giá trị $C_{D,A}$ đối với tấm nhiều lớp liên kết với cánh trên xà gồ, được lấy như sau:

- Đối với tải trọng hướng lên, sử dụng độ cứng lò xo góc $C_{D,A}$ dựa trên thử nghiệm có kể đến vết lõm trên chi tiết lắp siết và khả năng xuất hiện khe hở giữa cánh trên của cấu kiện và mặt trong của tấm nhiều lớp.

CHÚ THÍCH: Thử nghiệm để xác định $C_{D,A}$ thực hiện theo tài liệu kỹ thuật có liên quan, có thể theo tài liệu [44].

- Đối với tải trọng hướng xuống, độ cứng lò xo góc $C_{D,A}$ xác định như sau:

+ Khi cấu kiện đối xứng qua trục yếu, có thể lấy theo công thức:

$$C_{D,A} = 0,75k_{c1}E_{C,t,\theta}b_a^2 \quad (\text{B.16})$$

+ Khi cấu kiện có tiết diện chữ Σ , Z, U hoặc C, có thể lấy theo công thức:

$$C_{D,A} = 0,75k_{c2}E_{C,t,\theta} \quad (\text{B.17})$$

trong đó:

$$E_{C,t,\theta} = \frac{E_C}{1 + \varphi_{\theta,t}} \cdot \sqrt{k_1^3} \quad (\text{B.18})$$

E_C là mô đun đàn hồi của vật liệu lõi, xem Bảng B.8;

k_1 là hệ số, lấy theo công thức (B.19);

b_a là chiều rộng của cánh cấu kiện;

k_{c1}, k_{c2} là các hệ số, cho trong Bảng B.7.

Các tham số còn lại và phạm vi áp dụng các công thức (B.16) đến (B.18) được cho trong Bảng B.8.

Bảng B.7 – Giá trị các hệ số k_{c1} và k_{c2}

Vật liệu lõi	Hình dạng của mặt ngoài (ở đầu của chi tiết lắp siết)	k_{c1} —	k_{c2} mm ²
PUR/PIR và XPS/EPS	được tạo sóng ^{a)}	0,180	648
	được tạo sóng không đáng kể/phẳng	0,142	511
Bông khoáng	được tạo sóng ^{a)}	0,089	320
	được tạo sóng không đáng kể/phẳng	0,048	173
^{a)} Chiều dày của tấm định hình ≥ 30 mm.			
CHÚ THÍCH: Bề mặt được tạo sóng bởi cán hoặc đập, kích thước của sóng không quá 5 mm xem là được tạo sóng không đáng kể.			

$$k_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{E_{Ct,+80^\circ\text{C}}}{E_{Ct,+20^\circ\text{C}}}\right)^2} \quad (\text{B.19})$$

trong đó:

$E_{Ct,+20^\circ\text{C}}$ là mô đun đàn hồi kéo ngang tiêu chuẩn của tấm ở 20 °C;

$E_{Ct,+80^\circ\text{C}}$ là mô đun đàn hồi kéo ngang tiêu chuẩn của tấm ở 80 °C;

Trong tất cả các trường hợp khác, lấy $k_1 = 1,0$.

CHÚ THÍCH: Hệ số k_1 kể đến sự suy giảm ứng suất nhão gây bởi nhiệt độ cao, xem thêm trong tài liệu [41], A.5.5.5.

**Bảng B.8 – Các tham số bổ sung và phạm vi áp dụng
của công thức (B.16) đến (B.18) và Bảng B.7**

Các tham số phụ thuộc vào thời gian gia tải (t)	
– Vật liệu lõi là PUR/PIR và XPS/EPS, $t = 2\,000$ giờ	$\varphi_{0,2\,000} = 1,29$
– Vật liệu lõi là PUR/PIR và XPS/EPS, $t = 100\,000$ giờ	$\varphi_{0,100\,000} = 1,83^a$
– Vật liệu lõi là bông khoáng, $t = 2\,000$ giờ	$\varphi_{0,2\,000} = 1,35$
– Vật liệu lõi là bông khoáng, $t = 100\,000$ giờ	$\varphi_{0,100\,000} = 2,31^a$
Các tham số bổ sung và phạm vi áp dụng	
Chiều rộng bản cánh b_a (mm) đối xứng qua trục yếu	$60\text{ mm} \leq b_a \leq 180\text{ mm}$
Chiều rộng bản cánh b_a (mm) của tiết diện chữ Σ , Z, U hoặc C	$60\text{ mm} \leq b_a \leq 80\text{ mm}$
Mô đun đàn hồi của vật liệu lõi E_C , có thể lấy là giá trị trung bình của mô đun nén E_{Cc} và mô đun kéo E_{Ct} , $E_C = 0,5 \cdot (E_{Cc} + E_{Ct})$ (MPa)	$2,0\text{ MPa} \leq E_C \leq 8,0\text{ MPa}$
Chiều dày tấm t_{cor} của cả hai mặt của tấm	$0,38\text{ mm} \leq t_{cor} \leq 0,71\text{ mm}$
Giá trị cường độ chịu nén tiêu chuẩn f_{Cc} của:	
– Vật liệu lõi là PUR/PIR và XPS/EPS	$f_{Cc} \geq 0,08\text{ MPa}$
– Vật liệu lõi là bông khoáng	$f_{Cc} \geq 0,05\text{ MPa}$
Giá trị cường độ chịu kéo tiêu chuẩn f_{Ct} của vật liệu lõi	$f_{Ct} \geq 0,06\text{ MPa}$
Đường kính của vòng đệm d_w	$d_w \geq 16\text{ mm}$
CHÚ THÍCH: Các tham số b_a , E_C và t_{cor} nếu có giá trị cao hơn thì áp dụng quy trình tính toán, nhưng các giá trị này phải được giảm xuống đến giới hạn trên tương ứng của phạm vi áp dụng. Nếu có giá trị thấp hơn thì phải thực hiện thử nghiệm theo tài liệu [41].	
^{a)} Các giá trị đưa ra cho khoảng thời gian gia tải $t = 100\,000$ giờ, cũng có thể được áp dụng cho khoảng thời gian dài hơn.	

B.2.10 Giá trị $C_{D,B}$ được xác định theo công thức:

$$C_{D,B} = \frac{Et^3}{4(1-\nu^2)(h_d + b_{mod})} \quad (\text{B.20})$$

trong đó:

b_{mod} được xác định như sau:

$b_{mod} = a$ – đối với trường hợp khi chịu tác dụng của tải trọng, xà gồ có xu hướng bị xoắn làm cho bụng xà gồ ép vào tấm sàn;

$b_{mod} = 2a + b$ – đối với trường hợp khi chịu tác dụng của tải trọng, xà gồ có xu hướng bị xoắn làm cho mép cánh (mép gấp) xà gồ ép vào tấm sàn;

a là khoảng cách từ chi tiết lắp siết cố định tấm sàn vào xà gồ tới bụng của nó (Hình B.2);

b là chiều rộng cánh xà gồ được liên kết với tấm sàn;

h_d là chiều cao khai triển của bụng xà gồ;

t là chiều dày xà gồ.

CHÚ THÍCH: Nếu tải trọng tác dụng lên xà gồ hướng xuống, thì được coi như tác dụng lên bụng xà gồ. Nếu tải trọng hướng lên, thì được coi như tác dụng tại điểm mà tấm sàn liên kết vào cánh xà gồ. Khi xác định hướng xoắn của xà gồ, cần xét đến độ lệch tâm của tải trọng tác dụng so với tâm cắt của tiết diện xà gồ.

B.2.11 Độ cứng $C_{D,C}$ tương ứng với độ cứng uốn của tấm sàn, thanh định hình máng hoặc tấm nhiều lớp, được xác định theo công thức:

$$C_{D,C} = \frac{kEI_{ef}}{a_{pur}} \quad (B.21)$$

trong đó:

I_{ef} là mô men quán tính của tiết diện hữu hiệu của tấm sàn, thanh định hình máng hoặc tấm nhiều lớp có chiều rộng đơn vị;

k là hệ số, được lấy như sau:

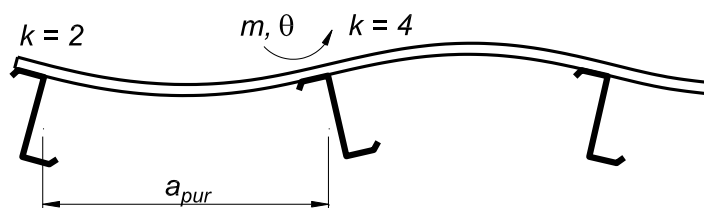
$k = 2$ – đối với xà gồ biên, trường hợp theo Hình B.4 a);

$k = 3$ – đối với xà gồ biên, trường hợp theo Hình B.4 b);

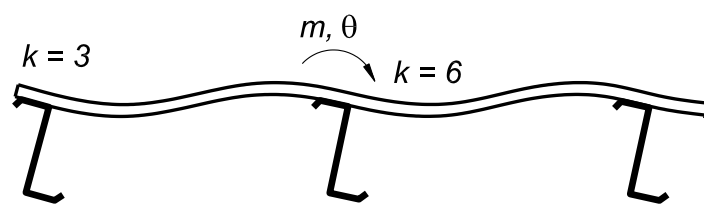
$k = 4$ – đối với xà gồ giữa, trường hợp theo Hình B.4 a);

$k = 6$ – đối với xà gồ giữa, trường hợp theo Hình B.4 b);

a_{pur} là bước xà gồ.



a – Khi xà gồ giữa và xà gồ biên xoay ngược chiều



b – Khi xà gồ giữa và xà gồ biên xoay cùng chiều

CHÚ DẪN:

m là mô men uốn tác dụng trên một đơn vị tấm sàn, thanh định hình máng hoặc tấm nhiều lớp

θ là kết quả góc xoay đo được

Hình B.4 – Mô hình để xác định $C_{D,C}$

B.2.12 Cần lấy giá trị mô men quán tính không đổi của tiết diện hữu hiệu của tấm sàn I_{ef} , nhận được dựa trên giá trị mô men uốn tuyệt đối lớn nhất trong nhịp do giá trị tiêu chuẩn của tải trọng gây ra.

B.2.13 Nếu xét đến ảnh hưởng do méo của tiết diện ngang xà gồ $C_{D,B}$, thì trong công thức (B.12) cho phép không kể đến $C_{D,C}$, vì tổng độ cứng của lò xo góc C_D phụ thuộc chủ yếu vào giá trị của $C_{D,A}$ và $C_{D,B}$.

B.2.14 Độ võng cần được xác định dựa trên giả thiết sự làm việc đàn hồi của thép.

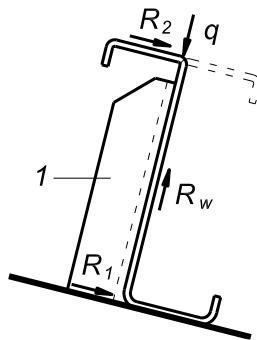
B.2.15 Chi tiết lắp siết liên kết tấm sàn vào xà gồ phải được kiểm tra chịu tác động đồng thời của lực cắt $q_s \cdot e$ tác dụng trong mặt phẳng của cánh xà gồ và lực kéo $q_t \cdot e$, trong đó q_s và q_t được tính theo Bảng B.9, e là bước của các liên kết tấm sàn vào xà gồ. Lực cắt từ tấm sàn đóng vai trò như một tấm cứng, hướng dọc theo xà gồ, được cộng thêm vào lực tác dụng lên xà gồ q_s về mặt hình học.

Bảng B.9 – Lực cắt và lực kéo lên các chi tiết lắp siết cố định dọc xà gồ

Xà gồ	Hướng đặt tải trọng	Lực cắt trên một đơn vị chiều dài q_s	Lực kéo trên một đơn vị chiều dài q_t
1. Chữ Z	hướng xuống (ép xuống)	$(1+\xi)k_h q$ có thể lấy bằng 0	0
	hướng lên (nâng lên)	$(1+\xi)k_h q$	$\left \xi k_h q \frac{h}{a} \right + q$ với $a \equiv \frac{b}{2}$
2. Chữ C	hướng xuống (ép xuống)	$(1-\xi)k_h q$	$\xi k_h q \frac{h}{a}$
	hướng lên (nâng lên)	$(1-\xi)k_h q$	$\xi k_h q \frac{h}{b-a} + q$

Hệ số ξ có thể được lấy là $\xi = 0,67 \cdot \zeta$, trong đó ζ được xác định theo B.2.16.

B.2.16 Chi tiết lắp siết liên kết xà gồ vào gối tựa phải được kiểm tra chịu tác động của phản lực R_w trong mặt phẳng bụng và các phản lực ngang R_1 và R_2 trong mặt phẳng của các cánh (Hình B.5). Các lực R_1 và R_2 được xác định bằng cách sử dụng công thức cho trong Bảng B.10. Nếu R_1 dương, thì không có lực kéo trong liên kết của chi tiết lắp siết. R_2 được truyền từ tấm sàn tới cánh trên của xà gồ rồi đến kết cấu xà (dầm chính) thông qua cấu kiện liên kết (bộ phận gối tựa). Đối với mái dốc, thành phần dọc cũng phải cộng thêm vào lực R_2 . Phản lực lên các gối tựa trung gian của xà gồ liên tục được giả định là lớn hơn 2,2 lần so với các giá trị cho trong Bảng B.10.



CHÚ DẪN:

1 Bộ phận gối tựa

Hình B.5 – Phản lực trên gối tựa

CHÚ THÍCH: Đối với mái dốc, tải trọng ngang tác động lên xà gồ được coi là thành phần của tải trọng thẳng đứng hướng vuông góc với mặt phẳng mái và song song với mặt phẳng này.

Bảng B.10 – Phản lực trên gối tựa của xà gồ một nhịp

Xà gồ và hướng đặt tải trọng	Phản lực trên cánh dưới R_1	Phản lực trên cánh trên R_2
1. Chữ Z, hướng xuống	$(1-\varsigma)k_h \frac{qL}{2}$	$(1+\varsigma)k_h \frac{qL}{2}$
2. Chữ Z, hướng lên	$-(1-\varsigma)k_h \frac{qL}{2}$	$-(1+\varsigma)k_h \frac{qL}{2}$
3. Chữ C, hướng xuống	$(1-\varsigma)k_h \frac{qL}{2}$	$-(1-\varsigma)k_h \frac{qL}{2}$
4. Chữ C, hướng lên	$-(1-\varsigma)k_h \frac{qL}{2}$	$(1-\varsigma)k_h \frac{qL}{2}$

Hệ số ς có thể được lấy là $\varsigma = 1 - \sqrt[3]{k_R^2}$, trong đó k_R là hệ số hiệu chỉnh, được xác định theo B.2.17.

B.2.17 Hệ số hiệu chỉnh k_R đối với điểm đang xét và các điều kiện biên tương ứng của xà gồ liên tục nhiều nhịp được xác định theo công thức:

– đối với gối tựa trung gian thứ nhất:

$$k_R = \frac{1 + 0,0314R}{1 + 0,396R} \quad (\text{B.22})$$

– đối với các gối tựa trung gian khác:

$$k_R = \frac{1 + 0,0178R}{1 + 0,191R} \quad (\text{B.23})$$

trong đó:

$$R = \frac{KL_a^4}{\pi^4 EI_{fy}} \quad (\text{B.24})$$

ở đây:

I_{fy} là mô men quán tính của tiết diện ngang nguyên của cánh tự do cùng với chiều cao phần bụng liên kết khi uốn đối với trục $y-y$. Chiều cao phần bụng liên kết lấy bằng:

0,2h – đối với thanh định hình chữ Z và thanh định hình chữ C;

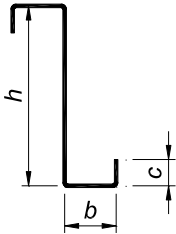
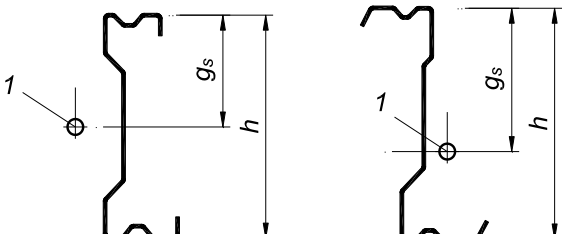
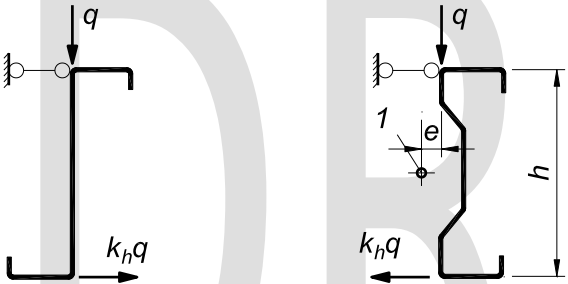
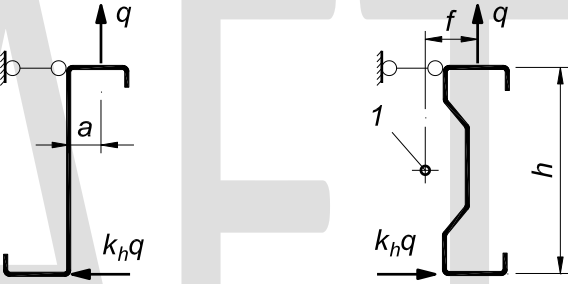
0,17h – đối với thanh định hình chữ Σ ;

K là độ cứng của lò xo thẳng nằm ngang, xác định theo B.2.19;

L_a là khoảng cách giữa các thanh chống văng, và khi không có thanh chống văng thì lấy là nhịp L của xà gồ.

B.2.18 Giá trị tải trọng ngang tương đương $k_h q$ được xác định thông qua hệ số k_h , theo công thức trong Bảng B.11.

Bảng B.11 – Chuyển đổi lực xoắn và uốn ngoài mặt phẳng sang tải trọng ngang tương đương $k_h q$

Hệ số cho tải trọng ngang tác dụng lên cánh tự do k_{h0} (k_{h0} tương ứng với tải trọng đặt vào tâm cắt)	
 $k_{h0} = \frac{h \cdot t \cdot (b^2 + 2cb - 2c^2 b/h)}{4I_x}$ a – Tiết diện chữ Z đối xứng điển hình	 $k_{h0} = \frac{I_{xy}}{I_x} \cdot \frac{g_s}{h}$ b – Tiết diện chữ Z, chữ C hoặc chữ Σ
Hệ số tải trọng ngang tương đương k_h	
 $k_h = k_{h0}$ a – Tải trọng hướng xuống	 $k_h = k_{h0} - \frac{a}{h}$ b – Tải trọng hướng lên
CHÚ DẪN: 1 Tâm cắt. g_s là khoảng cách từ cánh chịu tải trọng đến tâm cắt (đo theo hướng y-y); a_s là khoảng cách từ tải trọng q đến tâm cắt (đo theo hướng x-x); I là mô men quán tính của tiết diện ngang quanh trục x-x hoặc y-y.	
¹⁾ Nếu tâm cắt nằm bên phải tải trọng q thì tải trọng ngang tương đương $k_h q$ tác động theo hướng ngược lại; ²⁾ Nếu $a_s/h > k_{h0}$, thì tải trọng $k_h q$ tác động theo hướng ngược lại; ³⁾ Giá trị a_s bị giới hạn bởi vị trí của tải trọng q giữa các mép của cánh trên.	

B.2.19 Độ cứng của lò xo thẳng nằm ngang K (xem Hình B.1) trên một đơn vị chiều dài được xác định theo công thức:

$$K = \frac{C_D}{h^2} \quad (\text{B.25})$$

trong đó:

C_D là tổng độ cứng của lò xo góc do tấm sàn tạo ra ở cánh trên của xà gồ, được xác định theo công thức (B.12);

h là tổng chiều cao xà gồ (Hình B.2).

B.3 Tính toán xà gồ và các kết cấu dầm tương tự được liên kết bởi tấm sàn, có thể có lực dọc trục N

B.3.1 Khả năng chịu lực theo độ bền

B.3.1.1 Khả năng chịu lực của tiết diện ngang xà gồ chịu tác dụng đồng thời của lực dọc trục và tải trọng ngang được xác định bằng tổng các ứng suất:

- do mô men uốn M_x ;
- do lực dọc trục N ;
- do tải trọng ngang tương đương q_h tác động lên cánh tự do và gây ra xoắn và uốn ngoài mặt phẳng, xem B.2.16 và B.3.1.3.
- đối với xà gồ liên tục, cũng phải được kiểm tra chịu tác động đồng thời của mô men uốn và lực cắt và lực dọc theo 8.8.

B.3.1.2 Nếu có lực dọc trục N trong xà gồ thì phải đảm bảo điều kiện độ bền sau:

- đối với cánh được cố định, phải thỏa mãn điều kiện (127), có dạng:

$$\frac{N}{A_{ef} f_{yd} \gamma_c} + \frac{M_x + \Delta M_x}{W_{ef,x} f_{yd} \gamma_c} \leq 1 \quad (\text{B.26})$$

trong đó:

A_{ef} là diện tích tiết diện ngang hữu hiệu khi chịu nén đều;

$W_{ef,x}$ là mô men chống uốn của tiết diện ngang hữu hiệu đối với trục $x-x$, tính cho bản cánh được liên kết;

ΔM_x là mô men uốn bổ sung do dịch chuyển của trục trung tâm $x-x$ so với vị trí trục của lực tác dụng, xem 8.2.3.

- đối với cánh tự do:

$$\frac{N}{A_{ef} f_{yd} \gamma_c} + \frac{M_x + \Delta M_x}{W_{ef,x} f_{yd} \gamma_c} + \frac{M_{fy}}{W_{fy} f_{yd} \gamma_c} \leq 1 \quad (\text{B.27})$$

trong đó:

M_{fy} là mô men uốn trong cánh tự do (xác định bởi (B.29)), do tải trọng ngang tương đương q_h gây ra, xác định bởi (B.28);

W_{fy} là mô men chống uốn đàn hồi của tiết diện nguyên của cánh tự do cùng với phần tiết diện bụng liền kề có chiều cao khi uốn đối với trục $y-y$. Chiều cao phần tiết diện bụng liền kề lấy bằng:

0,2 h – đối với thanh định hình chữ Z và thanh định hình chữ C;

0,17 h – đối với thanh định hình chữ Σ .

B.3.1.3 Tải trọng ngang q_h trên cánh tự do, tương đương với tác động xoắn và uốn ngoài mặt phẳng, được lấy bằng:

$$q_h = k_h q \quad (\text{B.28})$$

trong đó:

k_h là hệ số, được xác định theo công thức trong Bảng B.11;

B.3.1.4 Mô men uốn trong cánh tự do M_{fy} , gây ra bởi tải trọng ngang tương đương q_h , được xác định theo công thức (B.29) (ngoại trừ dầm có cánh tự do chịu kéo, trong đó, do ảnh hưởng có lợi của độ cong cánh và hiệu ứng biến dạng của sơ đồ hình học, mô men uốn M_{fy} có thể lấy bằng 0), theo công thức:

$$M_{fy} = k_R M_{0,fy} \quad (\text{B.29})$$

trong đó:

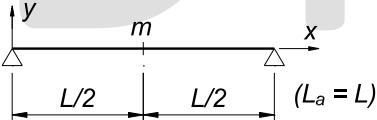
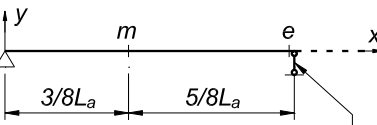
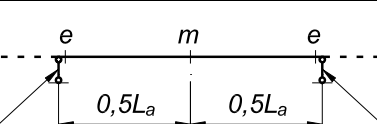
$M_{0,fy}$ là mô men uốn ban đầu ở cánh tự do không kể đến gối tựa đàn hồi;

k_R là hệ số hiệu chỉnh đối với gối tựa đàn hồi hữu hiệu.

B.3.1.5 Mô men uốn ban đầu trong cánh tự do $M_{0,fy}$ được xác định theo Bảng B.12 đối với các điểm tới hạn trong nhịp, trên các gối tựa, tại các điểm có thanh chống văng và giữa các điểm có thanh chống văng. Phạm vi áp dụng của Bảng B.12 được giới hạn bởi bất đẳng thức $R \leq 40$.

Hệ số hiệu chỉnh k_R đối với điểm đang xét và các điều kiện biên tương ứng được xác định theo Bảng B.12 (hoặc sử dụng lý thuyết tính toán dầm trên nền đàn hồi theo Winkler) sử dụng giá trị hệ số R cho gối tựa đàn hồi, được xác định theo công thức (B.24).

Bảng B.12 – Giá trị mô men uốn ban đầu $M_{0,fy}$ và hệ số hiệu chỉnh k_R

Sơ đồ tính toán xà gồ	Điểm	Mô men uốn ban đầu $M_{0,fy}$	Hệ số hiệu chỉnh k_R
	m	$\frac{1}{8} q_h L_a^2$	$k_R = \frac{1 - 0,0225R}{1 + 1,013R}$
 Thanh chống văng hoặc gối tựa	m	$\frac{9}{128} q_h L_a^2$	$k_R = \frac{1 - 0,0141R}{1 + 0,416R}$
	e	$-\frac{1}{8} q_h L_a^2$	$k_R = \frac{1 + 0,0314R}{1 + 0,396R}$
 Thanh chống văng hoặc gối tựa	m	$\frac{1}{24} q_h L_a^2$	$k_R = \frac{1 - 0,0125R}{1 + 0,198R}$
	e	$-\frac{1}{12} q_h L_a^2$	$k_R = \frac{1 + 0,0178R}{1 + 0,191R}$

B.3.2 Khả năng chịu lực theo ổn định

B.3.2.1 Xà gồ có tiết diện chữ C, chữ Z và chữ Σ có hoặc không có các sườn cứng bổ sung trên bụng hoặc cánh được tính toán để đảm bảo các điều kiện ổn định sau:

– ổn định của cánh tự do chịu nén, theo B.3.2.2;

- ổn định của bụng chịu tác động của phản lực gối tựa, theo 8.9.1;
- ổn định của bụng chịu tác động đồng thời của phản lực gối tựa và mô men uốn lên các gối tựa trung gian trong xà gồ liên tục, theo 8.9.8;
- khi có lực nén dọc trục N , khi đó hệ số ổn định khi uốn dọc đối với trục chính nhỏ hơn hệ số ổn định khi kiểm tra ổn định của cánh ngoài mặt phẳng (xem B.3.2.2), ví dụ, trong trường hợp có nhiều liên kết ngoài mặt phẳng thì cần thực hiện kiểm tra mất ổn định dạng phẳng (uốn dọc), theo 8.2.8.

B.3.2.2 Nếu cánh tự do chịu nén thì khả năng chịu lực theo ổn định của nó có thể được kiểm tra bằng biểu thức:

$$\frac{1}{\chi_{fy} f_{yd} \gamma_c} \left(\frac{M_x + \Delta M_x}{W_{ef,x}} + \frac{N}{A_{ef}} \right) + \frac{M_{fy}}{W_{fy} f_{yd} \gamma_c} \leq 1 \quad (\text{B.30})$$

trong đó:

χ_{fy} là hệ số ổn định đối với dạng uốn phẳng (mất ổn định dạng phẳng của cánh tự do), được xác định bởi biểu thức (B.31):

$$\chi_{fy} = \frac{1}{\phi_{fy} + \sqrt{\phi_{fy}^2 - 0,75 \bar{\lambda}_{fy}^2}} \leq \min \left(1; \frac{1}{\bar{\lambda}_{fy}^2} \right) \quad (\text{B.31})$$

trong đó:

$$\phi_{fy} = 0,5 \cdot \left[1 + 0,34 (\bar{\lambda}_{fy} - 0,4) + 0,75 \bar{\lambda}_{fy}^2 \right] \quad (\text{B.32})$$

ở đây:

$\bar{\lambda}_{fy}$ là độ mảnh quy ước khi kiểm tra cánh tự do về ổn định, được xác định theo công thức (B.33)

$$\bar{\lambda}_{fy} = \frac{L_{fy}}{\pi \cdot i_{fy}} \cdot \sqrt{\frac{f_{yd}}{E}} \quad (\text{B.33})$$

trong đó:

L_{fy} là chiều dài tính toán của cánh tự do, được xác định theo B.3.2.3 và B.3.2.4;

i_{fy} là bán kính quán tính của tiết diện ngang nguyên của cánh tự do cùng với phần tiết diện bụng liền kề có chiều cao khi uốn đối với trục $y-y$. Chiều cao phần tiết diện bụng liền kề, lấy bằng:

0,2h – đối với thanh định hình chữ Z và chữ C;

0,17h – đối với thanh định hình chữ Σ .

B.3.2.3 Đối với tải trọng hướng xuống (ép xuống) hoặc hướng lên (nâng lên) khi $0 \leq R \leq 200$, chiều dài tính toán của cánh tự do trong kiểm tra ổn định khi ứng suất nén thay đổi dọc theo chiều dài L (xem Hình B.6 và Hình B.7) được xác định như sau:

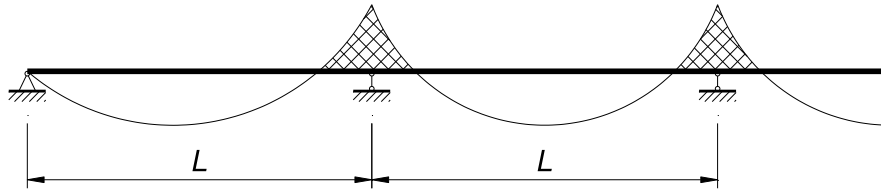
$$L_{fy} = \eta_1 L_a \left(1 + \eta_2 R^{\eta_3} \right)^{\eta_4} \quad (\text{B.34})$$

trong đó:

L_a là khoảng cách giữa các điểm có thanh chống văng, còn khi không có thanh chống văng thì là nhịp L của xà gồ;

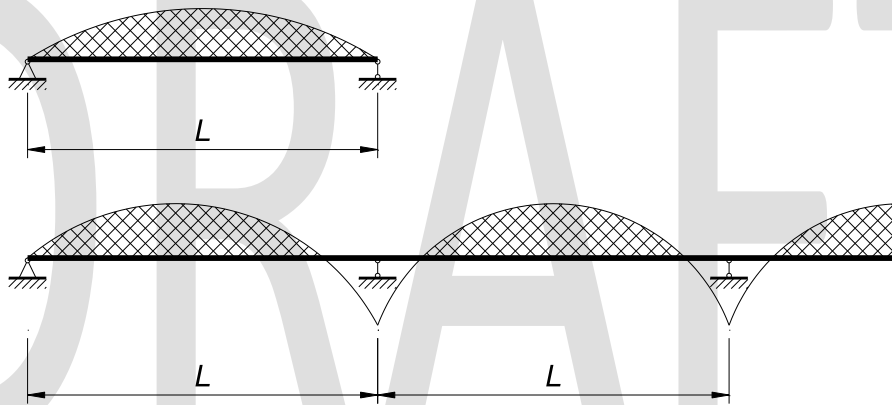
R là hệ số, xác định theo công thức (B.24);

$\eta_1 - \eta_4$ là các hệ số, cho trong Bảng B.13 và Bảng B.14, cũng như B.3.2.5.



CHÚ THÍCH: Vùng nén của cánh tự do được gạch chéo

Hình B.6 – Sự thay đổi ứng suất nén trong cánh tự do chịu tác dụng của tải trọng hướng xuống (ép xuống)



CHÚ THÍCH: Vùng nén của cánh tự do được gạch chéo

Hình B.7 – Sự thay đổi ứng suất nén ở cánh tự do chịu tác dụng của tải trọng hướng lên (nâng lên)

Bảng B.13 – Hệ số η_i cho số thanh chống văng là 0, 1, 2, 3, 4 và tải trọng hướng xuống (ép xuống)

Vị trí	Số thanh chống văng	η_1	η_2	η_3	η_4
Nhịp biên	0	0,414	1,72	1,110	- 0,178
Nhịp trung gian		0,657	8,17	2,220	- 0,107
Nhịp biên	1	0,515	1,26	0,868	- 0,242
Nhịp trung gian		0,596	2,33	1,150	- 0,192
Nhịp biên và nhịp trung gian	2	0,596	2,33	1,150	- 0,192
Nhịp biên và nhịp trung gian	3 và 4	0,694	5,45	1,270	- 0,168

**Bảng B.14 – Hệ số η_i cho số thanh chống văng là 0, 1, 2, 3, 4
và tải trọng hướng lên (nâng lên)**

Vị trí	Số thanh chống văng	η_1	η_2	η_3	η_4
Một nhịp	0	0,694	5,450	1,270	- 0,168
Nhịp biên		0,515	1,260	0,868	- 0,242
Nhịp trung gian		0,306	0,232	0,742	- 0,279
Một nhịp và nhịp biên	1	0,800	6,750	1,490	- 0,155
Nhịp trung gian		0,515	1,260	0,868	- 0,242
Một nhịp	2	0,902	8,550	2,180	- 0,111
Nhịp biên và nhịp trung gian		0,800	6,750	1,490	- 0,155
Một nhịp và nhịp biên	3 và 4	0,902	8,550	2,180	- 0,111
Nhịp trung gian		0,800	6,750	1,490	- 0,155

B.3.2.4 Dữ liệu trong Bảng B.13 và Bảng B.14 chỉ được áp dụng:

- khi không có lực nén dọc N (khi có lực nén dọc thì các hệ số $\eta_1 - \eta_4$ được xác định theo B.3.2.5);
- đối với xà gồ không liên tục, chịu tải trọng đều dọc theo chiều dài và các xà gồ liên tục có các nhịp bằng nhau và chịu tải trọng đều trên từng đoạn;
- đối với xà gồ không có mối nối chồng lên nhau hoặc mối nối trên bản táp;
- đối với xà gồ có cánh tự do được cố định (nếu có), bố trí cách nhau một khoảng bằng nhau.

CHÚ THÍCH: Do chuyển vị xoay trong mối nối chồng hoặc mối nối trên bản táp, mô men uốn trong nhịp có thể lớn hơn nhiều so với khi không xoay, điều này dẫn đến tăng chiều dài tính toán trong nhịp. Trong trường hợp này, việc tính toán cần thực hiện có kể đến các yêu cầu của B.3.2.5.

B.3.2.5 Nếu trong xà gồ có lực nén dọc N , đồng thời nếu xà gồ không thỏa mãn điều kiện cho ở B.3.2.4 thì lấy hệ số từ η_1 đến η_4 :

- đối với tải trọng hướng xuống: $\eta_1 = 0,75$; $\eta_2 = \eta_3 = \eta_4 = 0$;
- đối với tải trọng hướng lên: $\eta_1 = 0,95$; $\eta_2 = \eta_3 = \eta_4 = 0$.

B.4 Thiết kế nhà có kê đến tám cứng làm bằng các tấm sàn định hình

B.4.1 Khái quát chung

B.4.1.1 Trong mục này xem xét sự tương tác giữa các cấu kiện kết cấu và tấm sàn làm việc đồng thời như một phần của kết cấu liên hợp. Các yêu cầu của mục này chỉ áp dụng cho các tấm cứng chế tạo bằng thép.

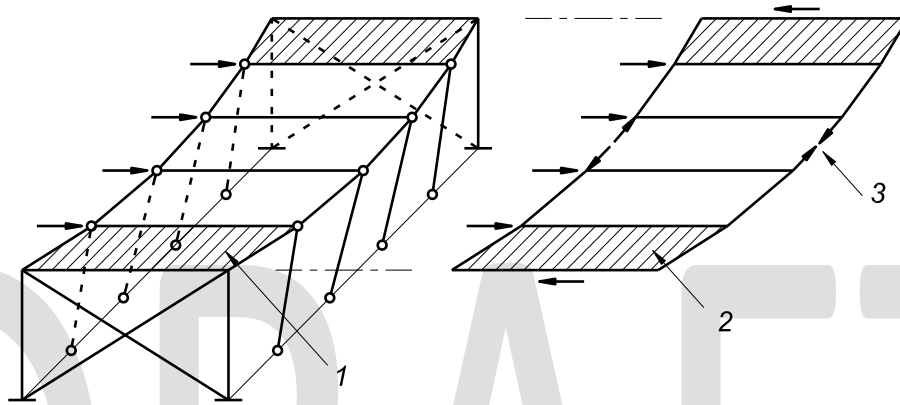
B.4.1.2 Tấm sàn định hình được sử dụng làm tấm cứng trong các mái hoặc sàn. Trong các tường bao che, các thanh định hình máng được sử dụng làm tấm cứng.

CHÚ THÍCH: Thông tin bổ sung về quy trình kiểm tra tấm cứng có thể tham khảo tài liệu [43].

B.4.2 Sự làm việc của tấm cứng

B.4.2.1 Trong tính toán cần kể đến các tấm cứng từ tấm mái, tấm sàn hoặc tấm tường bao che làm tăng độ cứng và độ bền tổng thể của khung nhờ độ cứng và độ bền cắt của chúng.

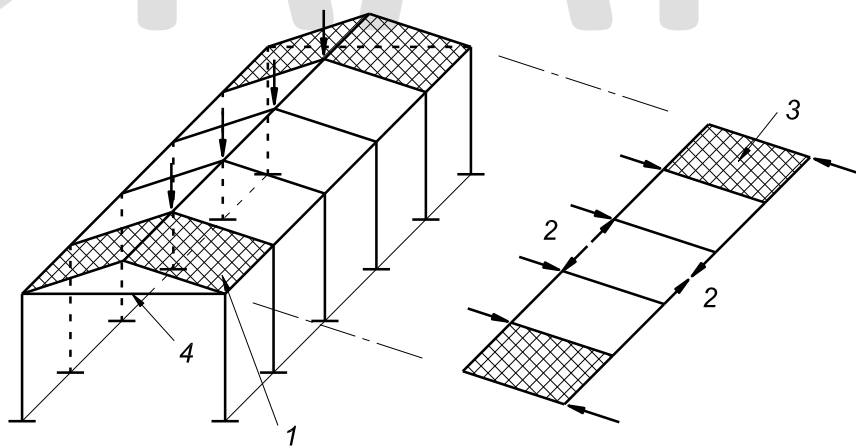
B.4.2.2 Mái và sàn được coi là tường – dầm nằm dọc theo toàn bộ chiều dài của nhà, chịu các tải trọng ngang trong mặt phẳng của chúng và truyền chúng đến các khung đầu nhà hoặc các khung giằng trung gian. Tấm sàn kim loại được coi như một tường – dầm, chịu tải trọng ngang gây trượt trong mặt phẳng của nó, và các cấu kiện biên được coi là cánh dầm, chịu lực kéo và lực nén dọc trục (xem Hình B.8 và Hình B.9).



CHÚ DẪN:

- 1 Tấm sàn
- 2 Vùng chịu trượt của tấm sàn
- 3 Lực trong cánh của các cấu kiện biên

Hình B.8 – Sự làm việc của tấm cứng trong các nhà có mái bằng



CHÚ DẪN:

- 1 Tấm sàn
- 2 Lực trong cánh của các cấu kiện biên
- 3 Vùng chịu cắt của tấm sàn
- 4 Thanh căng cần thiết để chịu lực từ tấm sàn mái

Hình B.9 – Sự làm việc của tấm cứng trong các nhà có mái dốc hai phía

B.4.3 Điều kiện sử dụng tấm sàn làm tấm cứng

B.4.3.1 Việc sử dụng tấm sàn làm tấm cứng là một phần cấu tạo của khung chịu lực, chỉ có thể thực hiện được trong các điều kiện sau:

- tấm sàn, ngoài việc đảm bảo chức năng chính của nó còn phải có đủ độ cứng chống cắt để ngăn cản sự chuyển dịch của các kết cấu trong mặt phẳng của tấm sàn;
- tấm cứng phải có các cấu kiện biên dọc có tác dụng tiếp nhận lực ở các cánh phát sinh khi tấm cứng làm việc;
- lực từ các tấm cứng của mái và sàn được truyền tới móng thông qua các khung giằng, các tấm cứng khác hoặc các phương pháp khác ngăn khung chuyển dịch;
- khả năng chịu lực của các liên kết phải tương ứng với các lực truyền từ tấm cứng đến khung thép chính và kết hợp tấm sàn với các cấu kiện biên để làm cánh;
- tấm sàn được coi là một phần kết cấu không thể thiếu của khung, không thể tách rời nếu không có sự hiệu chỉnh thích hợp;
- trong thiết kế, bao gồm cả tính toán và bản vẽ, phải lưu ý rằng nhà được thiết kế có kể đến sự làm việc của tấm cứng;
- đối với tấm sàn có các sóng được định hướng dọc theo mái, các lực trong cánh phát sinh trong quá trình tấm cứng làm việc được chịu bởi chính tấm sàn.
- độ cứng chống cắt không phụ thuộc vào hướng tác dụng của lực trượt (dọc hoặc ngang các sóng);
- tải trọng ngang không ảnh hưởng đến độ cứng chống cắt của tấm sàn.

B.4.3.2 Tính toán có xét đến sự làm việc của tấm cứng thẳng đứng được sử dụng chủ yếu cho các nhà thấp hoặc cho sàn và mặt dựng của các nhà khung cao tầng.

B.4.3.3 Các tấm cứng được sử dụng để chịu tải trọng gió, tuyết và các tải trọng khác truyền trực tiếp qua tấm sàn. Chúng cũng được sử dụng để chịu tải trọng di động nhỏ, chẳng hạn như lực hãm từ cần trục treo sức nâng nhẹ hoặc tời một đường ray. Các tấm cứng không được sử dụng để chịu tải trọng ngoài dài hạn, chẳng hạn như tải trọng từ thiết bị và cầu trục.

B.4.4 Tấm cứng làm bằng tấm sàn định hình thép

B.4.4.1 Trong các tấm cứng làm bằng tấm sàn định hình (Hình B.9), cả hai đầu của tấm sàn phải được ngàm vào các bộ phận gối tựa bằng vít tự ren, chốt đạn, hàn, bu lông hoặc các loại liên kết khác. Các liên kết phải làm việc bình thường và không bị kéo hoặc cắt đến mức phá hoại tấm sàn. Tất cả các loại liên kết phải được lắp đặt trực tiếp qua tấm sàn vào bộ phận gối tựa, ví dụ, thông qua các sóng của các tấm sàn định hình, trừ khi có các biện pháp đảm bảo truyền lực hiệu quả được xác định bằng tính toán.

B.4.4.2 Nếu tấm sàn định hình (có sóng hình thang) được liên kết với cánh dầm chịu nén và thỏa mãn điều kiện của bất đẳng thức (B.1), thì cho phép coi dầm được liên kết liên tục chống lại chuyển vị ngang trong mặt phẳng của tấm sàn:

Nếu tấm sàn định hình được liên kết vào dầm cách một sóng, thì độ cứng chống cắt cần lấy bằng $0,2S$.

CHÚ THÍCH: Cho phép sử dụng bất đẳng thức (B.1) để xác định ổn định ngang của cánh dầm được liên kết với các loại sàn khác chứ không chỉ với tấm sàn định hình có sóng hình thang, với điều kiện là các liên kết của chúng được minh chứng bằng các tính toán thích hợp.

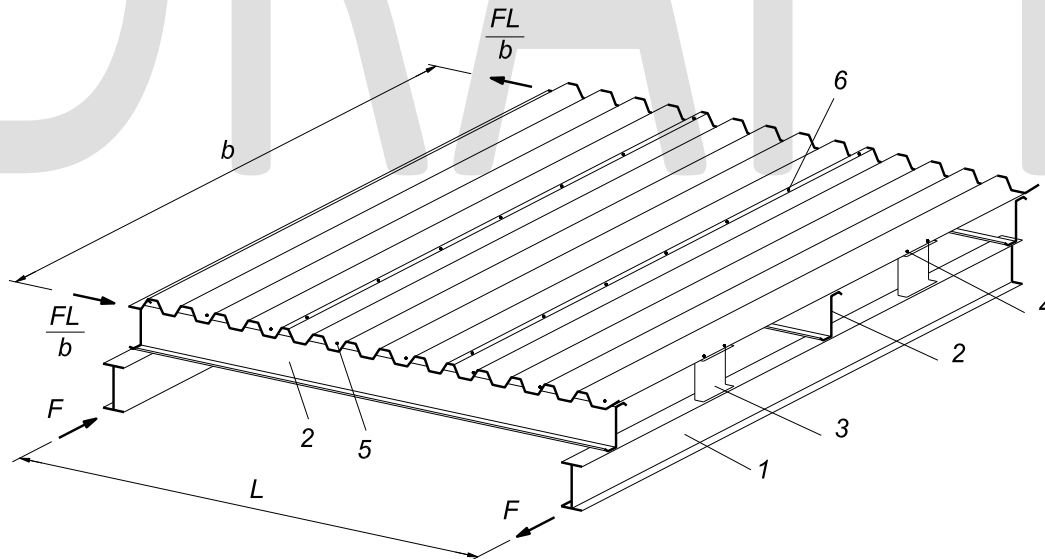
B.4.4.3 Các mối nối dọc giữa các tấm liên kề phải được thực hiện bằng đinh tán chìm, vít tự ren, hàn điểm hoặc các loại liên kết khác làm việc tốt và không bị kéo ra hoặc bị cắt đến mức phá hoại tấm sàn. Khoảng cách của các liên kết như vậy không được vượt quá 500 mm.

B.4.4.4 Khoảng cách từ tất cả các loại liên kết đến mép và đầu của tấm sàn phải đủ để ngăn ngừa mép tấm sàn bị xé rách sớm.

B.4.4.5 Cho phép tạo các lỗ mở nhỏ có vị trí ngẫu nhiên mà không cần tính toán, được bố trí với tổng diện tích không quá 3% diện tích được bao phủ, với điều kiện duy trì tổng số liên kết tính toán. Các lỗ mở chiếm diện tích lên tới 15% diện tích bao phủ (diện tích bề mặt của tấm cứng được kể đến trong tính toán) được bố trí theo tính toán chi tiết. Những khu vực có lỗ mở lớn nên được chia thành những khu vực nhỏ hơn, mỗi khu vực đóng vai trò như một tấm cứng.

B.4.4.6 Khả năng chịu trượt của tấm cứng được xác định bằng giá trị nhỏ nhất của độ bền giới hạn của các mối nối dọc hoặc các liên kết tấm sàn trên các gối tựa song song với các sóng, hoặc đối với các tấm cứng chỉ được ngàm vào các cấu kiện biên dọc, các liên kết tấm sàn ở hai đầu, Hình B.10. Khả năng chịu trượt tính toán của tấm cứng phải vượt quá mức tối thiểu này ít nhất:

- bằng 40%, trong trường hợp phá hoại các liên kết của tấm sàn với xà gồ do tác động đồng thời của lực trượt và lực do gió bốc;
- bằng 25%, đối với bất kỳ dạng phá hoại khác.



CHÚ DẪN:

- | | | | |
|---|-----------------|---|--------------------------------------|
| 1 | Xà (dầm) | 4 | Liên kết tấm sàn với giằng chống cắt |
| 2 | Xà gồ | 5 | Liên kết tấm sàn vào xà gồ |
| 3 | Giằng chống cắt | 6 | Liên kết các tấm sàn với nhau |

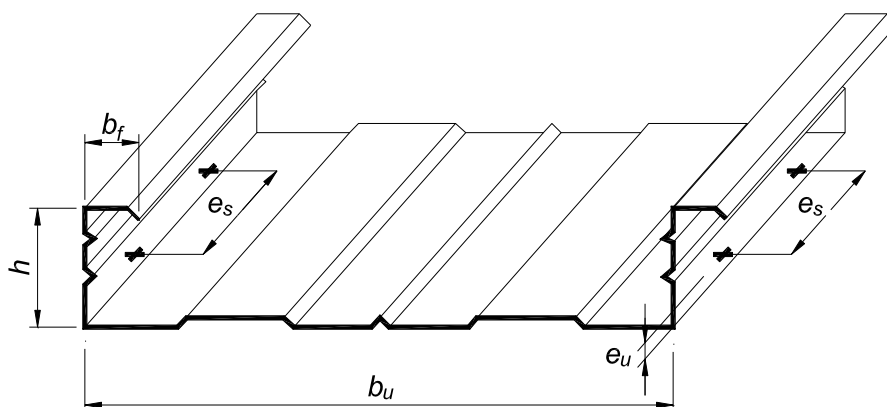
Hình B.10 – Cấu tạo khoang riêng lẻ

B.4.4.7 Tất cả các tấm sàn tạo thành tấm cứng, trước đó phải được thiết kế sơ bộ chịu uốn. Để loại trừ sự giảm khả năng chịu uốn của tấm sàn khi đồng thời làm việc như một tấm cứng, cần xét đến ứng suất trong tấm sàn khi làm việc như một tấm cứng, không được vượt quá $0,25 f_y/\gamma_m$.

B.4.5 Tấm cứng làm bằng thanh định hình máng

B.4.5.1 Thanh định hình máng được sử dụng để tạo thành tấm cứng, phải có cánh rộng để tăng độ cứng.

B.4.5.2 Thanh định hình máng trong các tấm cứng phải được liên kết với nhau theo các biên dọc (xuyên bụng) bằng chi tiết lắp siết (thường sử dụng đinh tán chìm) với bước liên kết $e_s \leq 300$ mm, nằm ở khoảng cách $e_u \leq 30$ mm tính từ cánh rộng (Hình B.11).



Hình B.11 – Vị trí của các chi tiết lắp siết của mối nối

B.4.5.3 Đối với thanh định hình máng bằng thép, độ cứng chống cắt S được xác định theo công thức:

$$S = S_v a_p \quad (\text{B.35})$$

trong đó:

S_v là độ cứng của tấm cứng được làm bằng thanh định hình máng trên một đơn vị chiều dài, được xác định theo B.4.5.4;

a_p là bước của cấu kiện mà thanh định hình máng liên kết vào (nhịp của thanh định hình máng).

B.4.5.4 Độ cứng của tấm cứng làm bằng thanh định hình máng trên một đơn vị chiều dài được xác định theo công thức:

$$S_v = \frac{k_\alpha L_d b_u}{e_s (b - b_u)} \quad (\text{B.36})$$

trong đó:

L_d là tổng chiều dài của tấm cứng chống cắt (dọc theo nhịp của thanh định hình máng);

b là tổng chiều rộng của tấm cứng chống cắt ($b = \Sigma b_u$);

b_u là chiều rộng của thanh định hình máng (xem Hình B.11);

e_s là khoảng cách giữa các chi tiết lắp siết theo hướng của nhịp (xem Hình B.11);

k_α là hệ số độ cứng (xem B.4.5.5).

B.4.5.5 Hệ số độ cứng k_α được xác định dựa trên kết quả thử nghiệm. Trong trường hợp không có thử nghiệm theo kích thước thực, giá trị k_α được lấy thiên về an toàn bằng 2000 N/mm.

B.4.5.6 Lực trượt T_v do giá trị tính toán của tải trọng ở trạng thái giới hạn không được vượt quá giá trị $T_{v,R}$ xác định theo công thức:

$$T_{v,R} = 8,43 \cdot E \cdot \sqrt[4]{I_a \left(\frac{t}{b_u} \right)^9} \quad (\text{B.37})$$

trong đó:

I_a là mô men quán tính của cánh rộng đối với trục của chính nó a – a (xem Hình 33);

b_u là chiều rộng của thanh định hình máng (xem Hình B.11).

B.4.5.7 Lực trượt T_v do giá trị tiêu chuẩn của tải trọng gây ra không được vượt quá giá trị $T_{v,C}$ tính theo công thức:

$$T_{v,C} = \frac{S_v}{750} \quad (\text{B.38})$$

trong đó:

S_v là độ cứng chống cắt của tấm cứng trên một đơn vị chiều dài, tính theo công thức (B.36).

Phụ lục C

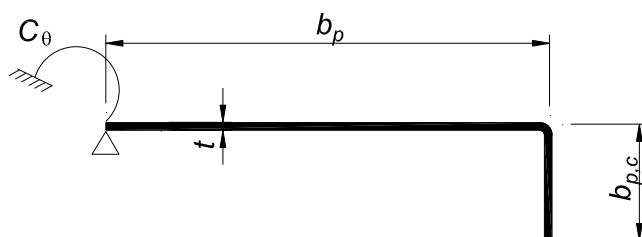
(quy định)

Xác định chiều rộng hữu hiệu của sườn cứng chịu nén

C.1 Quy trình xác định chiều rộng hữu hiệu của cánh chịu nén có mép gấp

C.1.1 Tính toán mép gấp đơn để gia cường cánh được thực hiện theo từng giai đoạn.

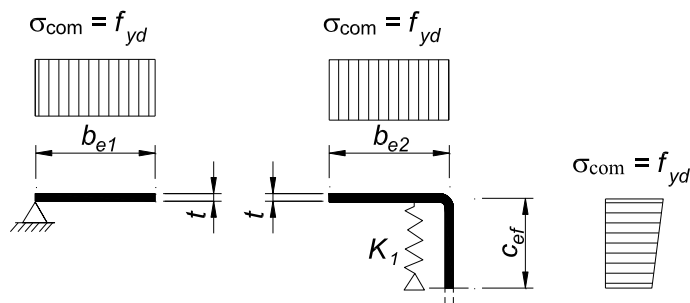
Hình C.1 thể hiện toàn bộ tiết diện nguyên của cánh chịu nén với chiều rộng lý thuyết b_p và chiều rộng lý thuyết của mép gấp đơn $b_{p,c}$.



Hình C.1 – Tiết diện cánh chịu nén với các điều kiện biên

C.1.2 Giai đoạn thứ nhất

Xác định các thông số chính của tiết diện ngang hữu hiệu ban đầu của cánh có sườn cứng mép (xem Hình C.2).



Tiết diện ngang hữu hiệu ban đầu của cánh chịu nén có sườn cứng khi

$K = \infty$ và ứng suất pháp $\sigma_{com} = f_{yd}$

Hình C.2 – Giai đoạn thứ nhất

Đối với cánh chịu nén b_p , phần ổn định b_{e1} và b_{e2} được xác định theo Bảng 7 và 7.3.1.7 hoặc 7.3.1.8, sử dụng các công thức (17) – (18) hoặc (25) như đối với tấm có gối tựa hai bên. Giả sử điều kiện gia cường tấm cứng tuyệt đối ($K = \infty$), và mức ứng suất nén pháp tuyến trong cánh lấy như sau:

- khi xác định mức giảm theo yêu cầu nêu ở 7.3.1.7, các công thức trong Bảng 7 lấy $\sigma_1 = f_{yd}$;
- khi xác định mức giảm của tiết diện bằng phương pháp thay thế theo 7.3.1.8, trong các công thức của Bảng 7, σ_1 được lấy bằng ứng suất nén lớn nhất trong tấm tương ứng với lần lặp xác định.

Tiếp theo, tính giá trị c_{ef} của mép gấp đơn của cánh theo công thức (30):

$$c_{ef} = \rho b_{p,c}$$

Khi xác định hệ số giảm ρ của mép gấp bản cánh (tấm có chiều rộng $b_{p,c}$) theo các công thức (19) – (20) hoặc (26), giá trị hệ số trạng thái ứng suất k_σ được xác định theo các công thức (31) và (32):

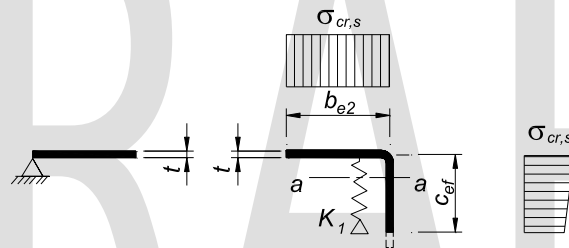
$$k_\sigma = 0,5 \quad \text{khi} \quad \frac{b_{p,c}}{b_p} \leq 0,35$$

$$k_\sigma = 0,5 + 0,83 \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{b_{p,c}}{b_p} - 0,35\right)^2} \quad \text{khi} \quad 0,35 \leq \frac{b_{p,c}}{b_p} \leq 0,60$$

Sau đó xác định diện tích A_s và mô men quán tính I_s (đối với trục a–a) của tiết diện tính toán ban đầu của sườn cứng mép (xem Hình 12 và Hình C.2).

C.1.3 Giai đoạn thứ hai

Xác định ứng suất mất ổn định tới hạn của tiết diện tính toán ban đầu của sườn cứng mép, bao gồm các phần b_{e2} và c_{ef} có tổng chiều dày t , giả định rằng phần mép gấp mất ổn định tổng thể như một thanh chịu nén đúng tâm (xem Hình C.3).



Ứng suất mất ổn định tới hạn $\sigma_{cr,s}$ của sườn cứng mép, nhận được ở giai đoạn thứ nhất

Hình C.3 – Giai đoạn thứ hai

Ứng suất mất ổn định tới hạn đàn hồi được xác định theo công thức (36):

$$\sigma_{cr,s} = \frac{2 \cdot \sqrt{K_1 E I_s}}{A_s}$$

trong đó:

K_1 là độ cứng của lò xo đàn hồi mềm;

I_s là mô men quán tính của tiết diện tính toán ban đầu của sườn cứng mép đối với trục a–a;

A_s là diện tích tiết diện tính toán ban đầu của sườn cứng mép, được lấy từ giai đoạn thứ nhất (xem Hình 12 và Hình C.2).

Tiếp theo, xác định hệ số giảm khả năng chịu lực χ_d (xem Hình C.4) do mất ổn định méo (mất ổn định dạng phẳng của sườn cứng mép) có kể đến độ mảnh quy ước $\bar{\lambda}_d$ theo 7.3.2.9 và các công thức (39) – (42).

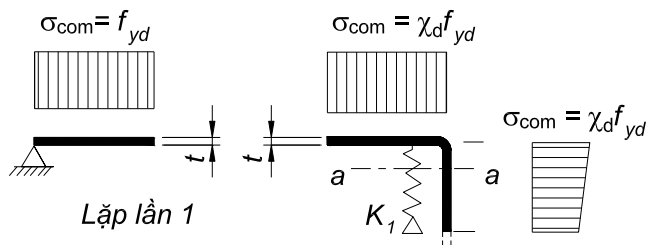
$$\chi_d = 1,0 \quad \text{khi} \quad \bar{\lambda}_d \leq 0,65$$

$$\chi_d = 1,47 - 0,723 \bar{\lambda}_d \quad \text{khi} \quad 0,65 < \bar{\lambda}_d < 1,38$$

$$\chi_d = \frac{0,66}{\lambda_d}$$

$$\text{khi } \bar{\lambda}_d \geq 1,38$$

$$\text{trong đó: } \bar{\lambda}_d = \sqrt{\frac{f_{yd}}{\sigma_{cr,s}}}$$



Độ bền giảm $\chi_d f_{yd}$ cho tiết diện tính toán ban đầu của sườn cứng có diện tích A_s

Hình C.4 – Giai đoạn thứ hai

C.1.4 Giai đoạn thứ ba

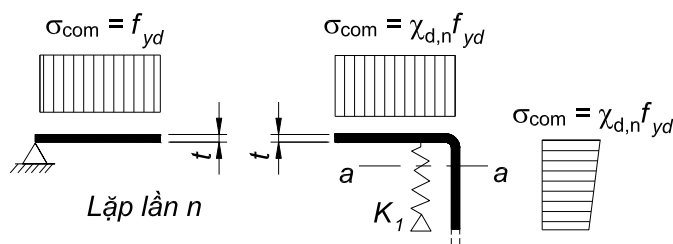
Giai đoạn thứ ba là tùy chọn và bao gồm việc chính xác hoá giá trị χ_d , khi đó ứng suất trong sườn cứng được lấy bằng $\chi_d f_{yd}$ và khi các giá trị ρ thay đổi.

Việc lặp lại bắt đầu với giá trị sửa đổi của ρ nhận được theo 7.3.1.7, nhưng thay vì $\bar{\lambda}_p$, cần lấy $\bar{\lambda}_{p,red}$, được xác định theo công thức:

$$\bar{\lambda}_{p,red} = \bar{\lambda}_p \sqrt{\chi_d} \quad (C.1)$$

Trong công thức (C.1), giá trị $\bar{\lambda}_p$ được lấy từ lần lặp thứ nhất và giá trị χ_d lấy từ lần lặp trước đó. Trong trường hợp này, kích thước phần ổn định của tấm chịu nén liền kề với sườn cứng (b_{e2} và c_{ef}) trong mỗi lần lặp được xác định dựa trên các giá trị tổng của b_p và c , còn chiều dày không thay đổi và được lấy bằng t (xem Hình C.5).

Việc lặp lại được thực hiện cho đến khi đáp ứng điều kiện sau: $\chi_{d,n} \approx \chi_{d,(n-1)}$, nhưng $\chi_{d,n} \leq \chi_{d,(n-1)}$.



Độ bền giảm $\chi_{d,n} f_{yd}$ đối với chính xác hoá tiết diện tính toán của sườn cứng có diện tích $A_{s,n}$ tại lần lặp n

Hình C.5 – Giai đoạn thứ ba

C.1.5 Giai đoạn thứ tư

Xác định diện tích hữu hiệu của sườn cứng.

Diện tích hữu hiệu của sườn cứng mép (xem Hình C.6) được tính theo 7.3.2.10 và công thức (43):

$$A_{s,red} = \chi_d A_s \sqrt{\frac{f_{yd}}{\sigma_{com,s}}} \leq A_s$$

Khi xác định các đặc trưng hình học của tiết diện ngang hữu hiệu, diện tích hữu hiệu $A_{s,red}$ được xác định có kể đến chiều dày giảm t_{red} cho tất cả các số hạng có trong A_s . Giá trị t_{red} được tính theo 7.3.2.11 và bằng các công thức (44) – (46):

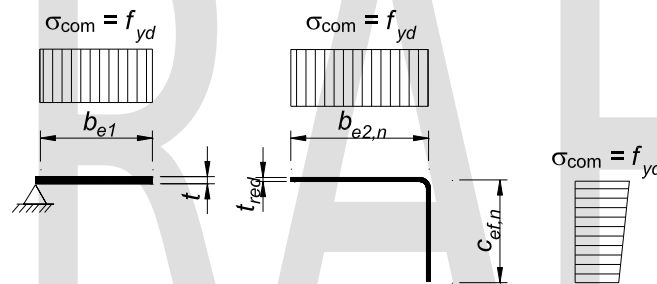
$$t_{red} = t \cdot \frac{A_{s,red}}{A_s}$$

$$t_{red} = \chi_d \cdot t \quad \text{khi} \quad \sigma_{com,s} = f_{yd}$$

$$t_{red} = \chi_d \cdot t \cdot \sqrt{\frac{f_{yd}}{\sigma_{com,s}}} \leq t \quad \text{khi} \quad \sigma_{com,s} < f_{yd}$$

trong đó:

$\sigma_{com,s}$ là ứng suất nén dọc theo trục trung tâm của sườn cứng, tính cho tiết diện ngang hữu hiệu.



Tiết diện ngang hữu hiệu cuối cùng của cánh chịu nén có sườn cứng mép

Hình C.6 – Giai đoạn thứ tư

C.2 Quy trình xác định chiều rộng hữu hiệu của cánh chịu nén có sườn cứng trung gian

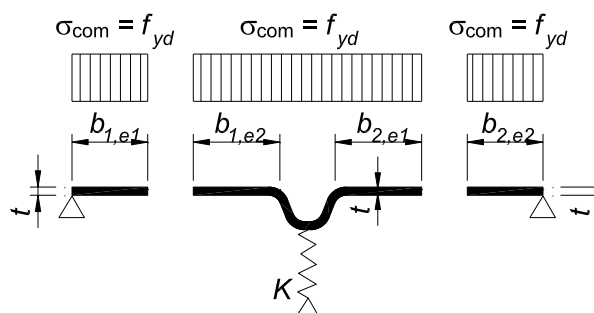
C.2.1 Tính toán sườn cứng trung gian gia cường tấm chịu nén được thực hiện theo từng giai đoạn.

C.2.2 Giai đoạn thứ nhất

Xác định tiết diện ngang hữu hiệu ban đầu của tấm có sườn cứng trung gian (xem Hình C.7). Theo Bảng 7 và 7.3.1.7 hoặc 7.3.1.8, cũng như các công thức (17) – (18) hoặc (25), xác định các giá trị $b_{1,e1}$, $b_{1,e2}$ và $b_{2,e1}$, $b_{2,e2}$. Giả sử cấu kiện gia cường cứng tấm ($K = \infty$), và mức ứng suất nén pháp tuyến trong tấm lấy như sau:

- khi xác định mức giảm, tương ứng với 7.3.1.7, các công thức trong Bảng 7 lấy $\sigma_1 = f_{yd}$;
- khi xác định mức giảm trong tiết diện bằng phương pháp thay thế, quy định ở 7.3.1.8, trong các công thức của Bảng 7, σ_1 được lấy bằng ứng suất nén lớn nhất trong tấm tương ứng với một lần lặp xác định.

Tiếp theo, xác định diện tích A_s và mô men quán tính I_s (đối với trục $a-a$) của tiết diện tính toán ban đầu của sườn cứng trung gian (xem Hình 13 và Hình C.7).



Tiết diện ngang hữu hiệu ban đầu của tấm chịu nén có sườn cứng trung gian

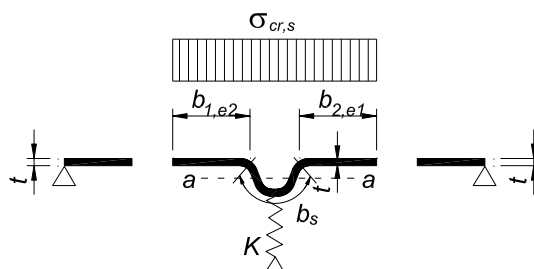
khi $K = \infty$ và ứng suất pháp $\sigma_{com} = f_{yd}$

Hình C.7 – Giai đoạn thứ nhất

C.2.3 Giai đoạn thứ hai

Xác định ứng suất mất ổn định tới hạn của tiết diện tính toán ban đầu của sườn cứng trung gian, bao gồm các phần $b_{1,e2}$, $b_{2,e1}$ và b_s có chiều dày ban đầu t (xem Hình C.8), với giả định rằng phần sườn cứng trung gian mất ổn định tổng thể như một thanh chịu nén đúng tâm.

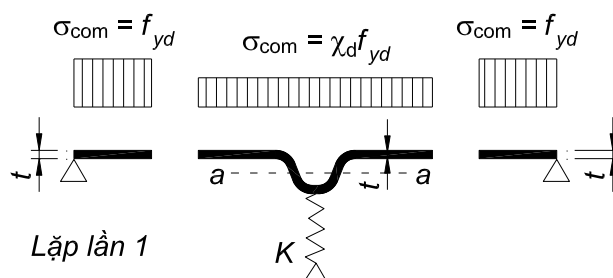
Ứng suất mất ổn định tới hạn đàn hồi được xác định theo 7.3.3.5 và công thức (48).



Ứng suất mất ổn định tới hạn $\sigma_{cr,s}$

Hình C.8 – Giai đoạn thứ hai

Tiếp theo, xác định hệ số giảm khả năng chịu lực χ_d (xem Hình C.9) do mất ổn định méo (mất ổn định dạng phẳng của sườn cứng trung gian) có kể đến độ mảnh quy ước $\bar{\lambda}_d$ theo 7.3.2.9 và các công thức (39) – (42).



Lặp lần 1

Độ bền giảm $\chi_d f_{yd}$ cho tiết diện tính toán ban đầu của sườn cứng có diện tích A_s

Hình C.9 – Giai đoạn thứ hai

DRAFT

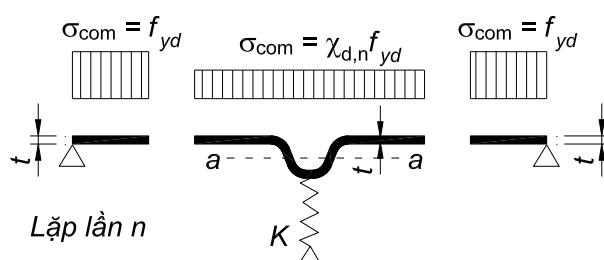
C.2.4 Giai đoạn thứ ba

Giai đoạn thứ ba là tùy chọn và bao gồm việc chính xác hoá giá trị χ_d , trong đó ứng suất trong sườn cứng được lấy bằng $\chi_d f_{yd}$ và khi các giá trị ρ thay đổi.

Việc lặp bắt đầu với giá trị sửa đổi của ρ nhận được theo 7.3.1.7, nhưng thay vì $\bar{\lambda}_\rho$, cần lấy $\bar{\lambda}_{\rho,red}$, được xác định theo công thức (C.1).

Trong công thức (C.1), giá trị $\bar{\lambda}_\rho$ được lấy từ lần lặp thứ nhất và giá trị của χ_d từ lần lặp trước đó. Trong trường hợp này, kích thước phần ổn định của tấm chịu nén liền kề với sườn cứng ($b_{1,e2}$ và $b_{2,e1}$) trong mỗi lần lặp được xác định dựa trên các giá trị tổng của b_{p1} và b_{p2} , còn chiều dày không thay đổi và được lấy bằng t (xem Hình C.10).

Việc lặp lại được thực hiện cho đến khi đáp ứng điều kiện sau: $\chi_{d,n} \approx \chi_{d,(n-1)}$, nhưng $\chi_{d,n} \leq \chi_{d,(n-1)}$.



Độ bền giảm $\chi_{d,n} f_{yd}$ đối với chính xác hoá tiết diện tính toán của sườn cứng có diện tích $A_{s,n}$ tại lần lặp n

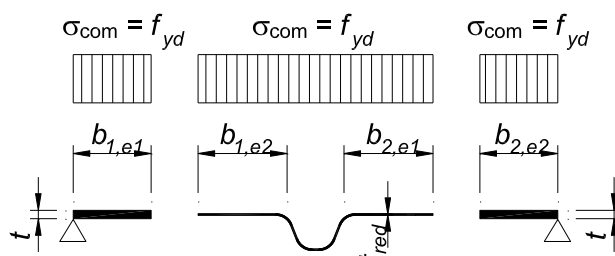
Hình C.10 – Giai đoạn thứ ba

C.2.5 Giai đoạn thứ tư

Xác định diện tích hữu hiệu của sườn cứng.

Diện tích hữu hiệu của sườn cứng trung gian (xem Hình C.11) được tính theo 7.3.2.10 và công thức (43).

Khi xác định các đặc trưng hình học của tiết diện ngang hữu hiệu, diện tích hữu hiệu $A_{s,red}$ được xác định có kể đến chiều dày giảm t_{red} cho tất cả các số hạng có trong A_s . Giá trị t_{red} được tính theo 7.3.2.11 và các công thức (44) – (46).



Tiết diện ngang hữu hiệu cuối cùng của tấm chịu nén có sườn cứng trung gian

Hình C.11 – Giai đoạn thứ tư

Phụ lục D
(quy định)

Hệ số để tính toán ổn định các cấu kiện chịu nén đúng tâm

Bảng D.1 – Hệ số ổn định khi nén đúng tâm φ

Độ mảnh quy ước $\bar{\lambda} \cdot \pi$	Giá trị φ đối với loại tiết diện			Độ mảnh quy ước $\bar{\lambda} \cdot \pi$	Giá trị φ đối với loại tiết diện		
	a	b	c		a	b	c
0,6	1,000	1,000	1,000	5,4	0,293	0,273	0,253
0,8	0,988	0,980	0,972	5,6	0,275	0,256	0,238
1,0	0,973	0,957	0,940	5,8	0,258	0,241	0,225
1,2	0,957	0,933	0,907	6,0	0,242	0,227	0,212
1,4	0,940	0,907	0,873	6,2	0,228	0,214	0,201
1,6	0,921	0,880	0,838	6,4	0,215	0,203	0,190
1,8	0,900	0,850	0,801	6,6	0,203	0,192	0,180
2,0	0,875	0,818	0,763	6,8	0,192	0,182	0,171
2,2	0,847	0,783	0,724	7,0	0,182	0,172	0,162
2,4	0,815	0,746	0,685	7,2	0,173	0,164	0,155
2,6	0,779	0,707	0,645	7,4	0,164	0,156	0,147
2,8	0,739	0,667	0,605	7,6	0,156	0,148	0,140
3,0	0,697	0,626	0,566	7,8	0,149	0,141	0,134
3,2	0,652	0,585	0,529	8,0	0,142	0,135	0,128
3,4	0,608	0,546	0,493	8,5	0,126	0,121	0,115
3,6	0,565	0,508	0,460	9,0	0,113	0,108	0,103
3,8	0,524	0,473	0,429	9,5	0,102	0,098	0,094
4,0	0,485	0,440	0,400	10,0	0,092	0,089	0,085
4,2	0,450	0,409	0,373	10,5	0,084	0,081	0,078
4,4	0,417	0,381	0,349	11,0	0,077	0,074	0,071
4,6	0,388	0,355	0,326	11,5	0,070	0,068	0,066
4,8	0,361	0,332	0,305	12,0	0,065	0,063	0,061
5,0	0,336	0,310	0,286	12,5	0,060	0,058	0,056
5,2	0,314	0,291	0,269	13,0	0,056	0,054	0,052
				14,0	0,048	0,047	0,045

CHÚ THÍCH: Giá trị của φ được tính theo công thức (102) trong 8.2.8 ứng với giá trị của $\pi = 3,14$.

Phụ lục E

(tham khảo)

**Xác định mô men tới hạn khi mất ổn định dạng uốn phẳng
trong giai đoạn đàn hồi**

Đối với các tiết diện mà mặt phẳng tác dụng của mô men uốn trùng với mặt phẳng đối xứng, tùy thuộc vào sơ đồ tính toán và sơ đồ tác dụng của tải trọng, mô men tới hạn khi mất ổn định dạng uốn phẳng trong giai đoạn đàn hồi được tính theo công thức:

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 E I_{g,y}}{(k_y L)^2} \left[\sqrt{\left(\frac{k_y}{k_w} \right)^2 \frac{I_\omega}{I_{g,y}} + \frac{(k_y L)^2 G I_t}{\pi^2 E I_{g,y}}} + (C_2 y_g - C_3 y_j)^2 - (C_2 y_g - C_3 y_j) \right] \quad (E.1)$$

trong đó:

- I_t là mô men quán tính của tiết diện nguyên khi xoắn tự do;
- I_ω là mô men quán tính quạt của tiết diện nguyên;
- $I_{g,y}$ là mô men quán tính của tiết diện nguyên theo phương ngoài mặt phẳng tác dụng của mô men uốn;
- L là chiều dài không được liên kết của dầm;
- C_1, C_2, C_3 là các hệ số, phụ thuộc vào dạng tải trọng tác dụng và điều kiện ngàm dầm vào các gối tựa khớp, được nêu trong Bảng E.1 và Bảng E.2, các phương án ngàm khác có thể có bằng cách sử dụng các hệ số k_y và k_w ;
- k_y, k_w là các hệ số chiều dài tính toán, tùy theo điều kiện ngàm tiết diện đầu. Hệ số k_y phụ thuộc vào chuyển động xoay của các tiết diện cuối so với trục yếu $y-y$, còn hệ số k_w đặc trưng cho giới hạn vênh của tiết diện. Các hệ số nằm trong khoảng từ 0,5 đến 1,0 (bằng 0,5 khi biến dạng giới hạn; bằng 1,0 khi biến dạng tự do). Trong trường hợp biến dạng tự do ở một đầu dầm và bị giới hạn ở đầu kia thì giá trị các hệ số lấy bằng 0,7. Để dự trữ khả năng chịu lực, cho phép lấy các giá trị $k_y = k_w = 1,0$;
- y_g là khoảng cách giữa điểm đặt tải trọng và tọa độ tâm xoắn, $y_g = y_a - y_s$;
- y_a và y_s là tọa độ điểm đặt tải trọng và tọa độ tâm xoắn. Tọa độ là dương nếu điểm đặt nằm trong phần chịu nén của tiết diện, và âm – nằm trong phần chịu kéo của tiết diện;
- y_j là tham số, phản ánh mức độ không đối xứng của tiết diện ngang đối với trục $x-x$, bằng 0 đối với tiết diện dầm đối xứng qua cả hai trục. Tham số này là dương, nếu khi uốn, ứng suất là nén trong cánh có mô men quán tính lớn nhất đối với trục $y-y$.

$$y_j = 0,8\psi_f \frac{h_c}{2} \quad \text{khi } \psi_f \geq 0 \quad (E.2)$$

$$y_j = \psi_f \frac{h_c}{2} \quad \text{khi } \psi_f < 0 \quad (E.3)$$

trong đó:

$$\psi_f = \frac{I_{fc} - I_{ft}}{I_{fc} + I_{ft}}$$

(E.4)

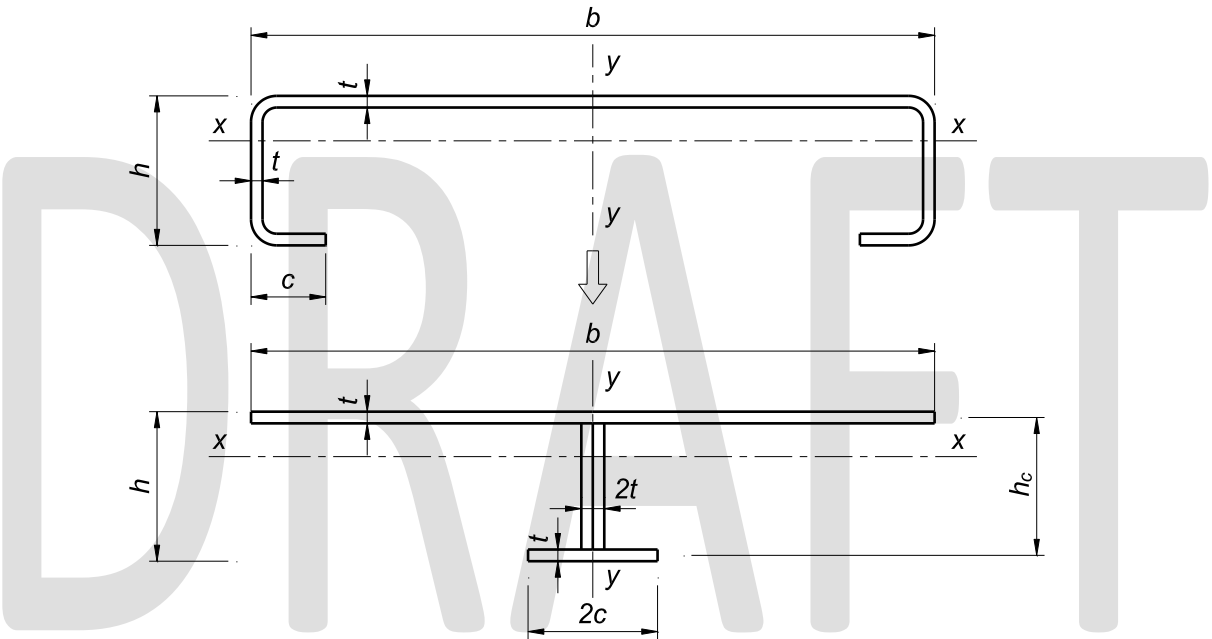
ở đây:

- I_{fc}

là mô men quán tính đối với trục $y - y$ của cánh chịu nén của dầm chữ I tương đương quy ước khi uốn đối với trục $x - x$ (xem Hình E.1);
- I_{ft}

là mô men quán tính đối với trục $y - y$ của cánh chịu kéo của dầm chữ I tương đương quy ước khi uốn đối với trục $x - x$ (xem Hình E.1);
- h_c

là khoảng cách giữa trọng tâm các cánh dầm chữ I tương đương quy ước (xem Hình E.1);

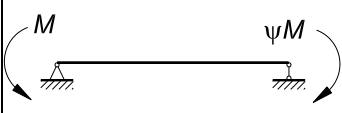
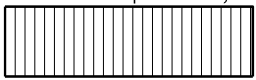
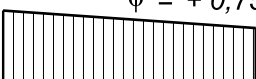
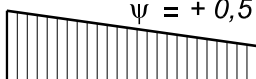
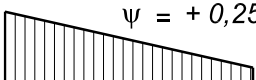
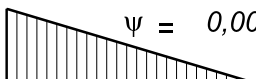
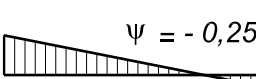
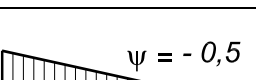
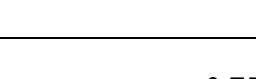


Hình E.1 – Biểu diễn quy ước của tiết diện có một trục đối xứng dưới dạng dầm chữ I để xác định tham số y_j

Bảng E.1 – Các hệ số C_1 , C_2 và C_3 đối với dầm có tải trọng gây uốn

Tải trọng và điều kiện biên	Biểu đồ mô men uốn	k_y	C_1	C_2	C_3
		1,0 0,5	1,127 0,970	0,454 0,360	0,525 0,478
		1,0 0,5	1,348 1,050	0,590 0,480	0,411 0,338
		1,0 0,5	1,040 0,950	0,420 0,310	0,562 0,539

Bảng E.2 – Hệ số C_1 và C_3 đối với dầm có mô men uốn tác dụng lên gối tựa

Tải trọng và điều kiện biên	Biểu đồ mô men uốn	k_y	C_1	C_3	
				$\psi_f \leq 0$	$\psi_f > 0$
	$\psi = +1,00$ 	1,0 0,5	1,00 1,05	1,000 1,019	
	$\psi = +0,75$ 	1,0 0,5	1,14 1,19	1,000 1,017	
	$\psi = +0,5$ 	1,0 0,5	1,31 1,37	1,000 1,000	
	$\psi = +0,25$ 	1,0 0,5	1,52 1,60	1,000 1,000	
	$\psi = 0,00$ 	1,0 0,5	1,77 1,86	1,000 1,000	
	$\psi = -0,25$ 	1,0 0,5	2,06 2,15	1,000 1,000	0,850 0,650
	$\psi = -0,5$ 	1,0 0,5	2,35 2,42	1,000 0,950	1,3 - 1,2 ψ_f 0,77 - ψ_f
	$\psi = -0,75$ 	1,0 0,5	2,60 2,45	1,000 0,850	0,55 - ψ_f 0,35 - ψ_f
	$\psi = -1,0$ 	1,0 0,5	2,60 2,45	- ψ_f 0,125 - 0,7 ψ_f	- ψ_f - 0,125 - 0,7 ψ_f

CHÚ THÍCH:

Đối với dầm có mô men uốn tác dụng lên gối tựa $C_2 y_g = 0$;
$$\psi_f = \frac{I_{fc} - I_{ft}}{I_{fc} + I_{ft}}, \text{ trong đó: } I_{fc} \text{ và } I_{ft} \text{ là mô men quán tính của bản cánh chịu nén và chịu kéo đối với trục yếu } y-y.$$

Khi $\frac{\pi}{k_w L} \cdot \sqrt{\frac{EI_w}{GI_T}} \leq 1,0$, C_1 phải chia cho 1,05, nhưng không nhỏ hơn 1,0.

Phụ lục F

(tham khảo)

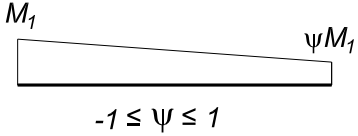
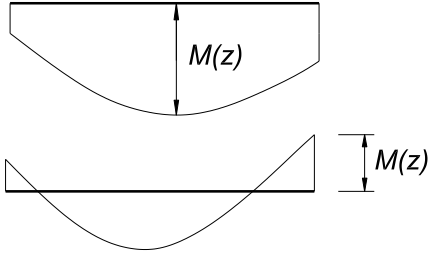
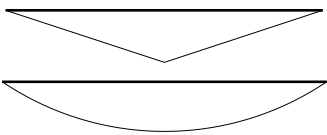
Hệ số tương tác k_{ij} xét đến tác dụng đồng thời của các lực trong công thức tương tác cho tiết diện nhậy với biến dạng xoắn và không nhậy với biến dạng xoắn

F.1 Phương pháp 1

Bảng F.1 – Hệ số tương tác k_{ij}

Hệ số tương tác	Đặc trưng đàn hồi của tiết diện ngang loại 4	Các ký hiệu phụ
k_{xx}	$C_{m,x} C_{m,LT} \frac{\mu_x}{1 - \frac{N}{N_{cr,x}}}$	$\mu_x = \frac{1 - \frac{N}{N_{cr,x}}}{1 - \varphi_x \frac{N}{N_{cr,x}}}; \quad \mu_y = \frac{1 - \frac{N}{N_{cr,y}}}{1 - \varphi_y \frac{N}{N_{cr,y}}}$ $a_{LT} = 1 - \frac{I_t}{I_{g,x}}$
k_{xy}	$C_{m,y} \frac{\mu_x}{1 - \frac{N}{N_{cr,y}}}$	$C_{m,x} = C_{m,x,0} + (1 - C_{m,x,0}) \frac{a_{LT} \cdot \sqrt{\varepsilon_x}}{1 + a_{LT} \cdot \sqrt{\varepsilon_x}}$ $C_{m,y} = C_{m,y,0}; \quad \varepsilon_x = \frac{M_x}{N} \cdot \frac{A_{ef}}{W_{eff,x}}$ $C_{m,LT} = C_{m,x}^2 \frac{a_{LT}}{\sqrt{\left(1 - \frac{N}{N_{cr,y}}\right) \left(1 - \frac{N}{N_{cr,T}}\right)}} \geq 1$
k_{yx}	$C_{m,x} C_{m,LT} \frac{\mu_y}{1 - \frac{N}{N_{cr,x}}}$	trong đó:
k_{yy}	$C_{m,y} \frac{\mu_y}{1 - \frac{N}{N_{cr,y}}}$	$N_{cr,x}$ là lực tới hạn của mất ổn định dạng phẳng theo Euler đối với trục x-x trong giai đoạn đàn hồi cho tiết diện nguyên; $N_{cr,y}$ là lực tới hạn của mất ổn định dạng phẳng theo Euler đối với trục y-y trong giai đoạn đàn hồi cho tiết diện nguyên; $N_{cr,T}$ là lực tới hạn đối với mất ổn định dạng xoắn trong giai đoạn đàn hồi; I_t là mô men quán tính của tiết diện ngang nguyên khi xoắn tự do; $I_{g,x}$ là mô men quán tính đối với trục x-x.
CHÚ THÍCH: Hệ số $C_{m,i,0}$ được cho trong Bảng F.2.		

Bảng F.2 – Hệ số $C_{m,i,0}$ (trong Bảng F.1) để chuyển đổi sang biểu đồ mô men uốn chữ nhật tương đương

Biểu đồ mô men uốn	$C_{m,i,0}$
 $-1 \leq \psi \leq 1$	$C_{m,i,0} = 0,79 + 0,21\psi_i + 0,36(\psi_i - 0,33) \frac{N}{N_{cr,i}}$
	$C_{m,i,0} = 1 + \left(\frac{\pi^2 E I_i f_z }{L^2 M_i(z) } - 1 \right) \frac{N}{N_{cr,i}}$ trong đó: $M_i(z)$ là mô men uốn lớn nhất trong M_x hoặc M_y; f_z là độ võng lớn nhất của cấu kiện dọc theo chiều dài của nó
	$C_{m,i,0} = 1 - 0,18 \frac{N}{N_{cr,i}}$ $C_{m,i,0} = 1 + 0,03 \frac{N}{N_{cr,i}}$

F.2 Phương pháp 2

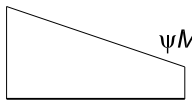
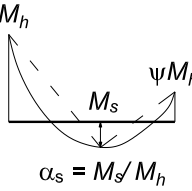
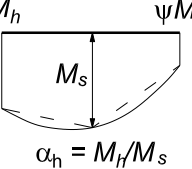
Bảng F.3 – Hệ số tương tác k_{ij} cho tiết diện không nhạy với biến dạng xoắn

Hệ số tương tác	Dạng tiết diện	Đặc trưng đàn hồi của tiết diện ngang của cấu kiện CFS
k_{xx}	chữ I, hộp chữ nhật	$C_{m,x} \left(1 + 0,6 \bar{\lambda}_x \frac{N}{\varphi_x A_{ef} f_{yd}} \right) \leq C_{m,x} \left(1 + 0,6 \frac{N}{\varphi_x A_{ef} f_{yd}} \right)$
k_{xy}		k_{xx}
k_{yx}		$0,8k_{xx}$
k_{yy}		$C_{m,y} \left(1 + 0,6 \bar{\lambda}_y \frac{N}{\varphi_y A_{ef} f_{yd}} \right) \leq C_{m,y} \left(1 + 0,6 \frac{N}{\varphi_y A_{ef} f_{yd}} \right)$
CHÚ THÍCH: Hệ số C_m được cho trong Bảng F.5.		

Bảng F.4 – Hệ số tương tác k_{ij} cho tiết diện nhạy với biến dạng xoắn

Hệ số tương tác	Đặc trưng đàn hồi của tiết diện ngang của cấu kiện CFS
k_{xx}	k_{xx} lấy từ Bảng F.3
k_{xy}	k_{xy} lấy từ Bảng F.3
k_{yx}	$\left[1 - \frac{0,05 \bar{\lambda}_y}{(C_{m,LT} - 0,25)} \frac{N}{\varphi_y A_{ef} f_{yd}} \right] \geq \left[1 - \frac{0,05}{(C_{m,LT} - 0,25)} \frac{N}{\varphi_y A_{ef} f_{yd}} \right]$
k_{yy}	k_{yy} lấy từ Bảng F.3
CHÚ THÍCH: Hệ số C_m được cho trong Bảng F.5.	

Bảng F.5 – Hệ số C_m (trong Bảng F.3 và Bảng F.4) để chuyển đổi sang biểu đồ mô men uốn chữ nhật tương đương

Biểu đồ mô men uốn	Giới hạn		$C_{m,x}$, $C_{m,y}$ và $C_{m,LT}$	
			Tải trọng phân bố	Tải trọng tập trung
	$-1 \leq \psi \leq 1$		$0,6 + 0,4\psi \geq 0,4$	
 $\alpha_s = M_s/M_h$	$0 \leq \alpha_s \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,2 + 0,8\alpha_s \geq 0,4$	$0,2 + 0,8\alpha_s \geq 0,4$
	$-1 \leq \alpha_s < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,1 - 0,8\alpha_s \geq 0,4$	$-0,8\alpha_s \geq 0,4$
		$-1 \leq \psi < 0$	$0,1(1 - \psi) - 0,8\alpha_s \geq 0,4$	$0,2(-\psi) - 0,8\alpha_s \geq 0,4$
 $\alpha_h = M_h/M_s$	$0 \leq \alpha_h \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,95 + 0,05\alpha_h$	$0,90 + 0,10\alpha_h$
	$-1 \leq \alpha_h < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,95 + 0,05\alpha_h$	$0,90 + 0,10\alpha_h$
		$-1 \leq \psi < 0$	$0,95 + 0,05\alpha_h(1 + 2\psi)$	$0,90 + 0,10\alpha_h(1 + 2\psi)$
CHÚ THÍCH 1: Đối với cấu kiện bị mất ổn định dạng uốn, các hệ số C_m cần lấy tương ứng $C_{m,x} = 0,9$ hoặc $C_{m,y} = 0,9$.				
CHÚ THÍCH 2: $C_{m,x}$, $C_{m,y}$ và $C_{m,LT}$ cần được xác định theo biểu đồ mô men uốn giữa các điểm liên kết tương ứng, bằng cách sau:				
Hệ số C_m	Trục uốn	Hướng liên kết		
$C_{m,x}$	$x - x$	$y - y$		
$C_{m,y}$	$y - y$	$x - x$		
$C_{m,LT}$	$x - x$	$x - x$		

Bảng F.6 – Giá trị lớn nhất của hệ số tương tác

Hệ số tương tác	Tiết diện của cấu kiện CFS
k_{xx}	$1,6 C_{m,x}$
k_{xy}	$1,6 C_{m,y}$
k_{yx}	1,0
k_{yy}	$1,6 C_{m,y}$

Phụ lục G

(tham khảo)

Tính chất cơ học của một số loại thép tấm mỏng của nước ngoài**Bảng G.1 – Tính chất cơ học của thép theo tiêu chuẩn Úc**

Tiêu chuẩn ¹⁾	Ký hiệu	Chiều dày tiết diện, mm	Giới hạn chảy, MPa	Giới hạn bền kéo, MPa	Độ giãn dài tương đối, %
		nhỏ nhất	nhỏ nhất	nhỏ nhất	nhỏ nhất
1	2	3	4	5	6
AS 1397:2021	G250	≤ 5	250	320	22
	G300	≤ 5	300	340	18
	G350	≤ 5	350	420	14
	G450	≤ 5	450	480	9
	G500	≤ 5	500	520	7
	G550	≤ 5	550	550	2
AS/NZS 1594:2002	HA1	≤ 8	200	300	–
	HA3	≤ 8	200	300	32
	HA4N	≤ 8	170	280	34
	HA200	≤ 8	200	300	22
	HA250, HU250	≤ 8	250	350	20
	HA250/1	≤ 8	250	350	26
	HA300, HU300	≤ 8	300	400	18
	HA300, HU300	≤ 8	300	430	18
	HW350	≤ 8	350	430	16
	HW350	≤ 8	340	450	–
	HA400	≤ 8	380	460	14
	XF300	≤ 8	300	440	26
	XF400	≤ 8	380	460	23
	XF500	≤ 8	480	570	16

Bảng G.1 (kết thúc)

1	2	3	4	5	6
AS/NZS 1595:1998	CA220	–	210	340	28
	CA260	–	250	350	25
	CW300	–	300	450	20
	CA350	–	350	430	22
	CA500	–	500	510	7
AS/NZS 3678:2016	200	≤ 8	200	300	24
	250, 250L15	≤ 8	280	410	22
	300, 300L15	≤ 8	320	430	22
	350, 350L15	≤ 8	360	450	20
	400, 400L15	≤ 8	400	480	18
	450, 450L15	≤ 8	450	520	16
	WR350, WR350/L0	≤ 8	340	450	20
¹⁾ Đây là các tiêu chuẩn về vật liệu thép được viện dẫn từ AS/NZS 4600–2018 [26].					
CHÚ THÍCH: Để có thêm thông tin đầy đủ, xem trong các tiêu chuẩn sản phẩm tương ứng.					

Bảng G.2 – Tính chất cơ học của thép theo tiêu chuẩn Hoa Kỳ

Tiêu chuẩn ¹⁾	Ký hiệu	Chiều dày tiết diện, mm	Giới hạn chảy, MPa	Giới hạn bền kéo, MPa	Độ giãn dài tương đối, %
		nhỏ nhất	nhỏ nhất	nhỏ nhất	nhỏ nhất
1	2	3	4	5	6
ASTM A36/A36M – 12	Grade 250	–	250	400–500	20
ASTM A242/A242M – 24	Grade 345	≤ 20	345	480	21
ASTM A283/A283M – 18	Grade C	–	205	380–515	25
	Grade D	–	230	415–550	23
ASTM A529/A529M – 14	Grade 345	≤ 25	345	450–690	21
	Grade 380	≤ 25	380	485–690	20
ASTM A572/A572M – 18	Grade 290	–	290	415	24
	Grade 345	–	345	450	21
	Grade 380	–	380	485	20
	Grade 415	–	415	520	18
	Grade 450	–	450	550	17
ASTM A36/A36M – 12	Grade 250	–	250	400–500	20
ASTM A242/A242M – 24	Grade 345	≤ 20	345	480	21
ASTM A283/A283M – 18	Grade C	–	205	380–515	25
	Grade D	–	230	415–550	23
ASTM A529/A529M – 14	Grade 345	≤ 25	345	450–690	21
	Grade 380	≤ 25	380	485–690	20
ASTM A572/A572M – 18	Grade 290	–	290	415	24
	Grade 345	–	345	450	21
	Grade 380	–	380	485	20
	Grade 415	–	415	520	18
	Grade 450	–	450	550	17
ASTM A588/A588M – 15	Grade 345	≤ 100	345	485	21
ASTM A606/A606M – 23	Grade 50	≤ 6	310	450	22
ASTM A653/A653M – 15	Grade 230	–	230	310	20
	Grade 255	–	255	360	18
	Grade 275	–	275	380	16

Bảng G.2 (tiếp tục)

1	2	3	4	5	6
ASTM A653/A653M – 15	Grade 340 Class 1	–	340	450	12
	Grade 340 Class 2	–	340	–	12
	Grade 340 Class 3	–	340	480	12
	Grade 340 Class 4	–	340	410	12
	Grade 380	–	380	480	11
	Grade 410	–	410	480	10
	Grade 480	–	480	550	9
	Grade 550, Class 1	–	550	570	–
	Grade 550, Class 2	–	550	570	–
	Grade 550, Class 3	–			
ASTM A792/A792M – 23	Grade 230	–	230	310	20
	Grade 255	–	255	360	18
	Grade 275	–	275	380	16
	Grade 340	–	340	450	12
	Grade 340	–	340	–	12
	Grade 340	–	340	–	12
	Grade 340	–	340	410	12
	Grade 550	–	550	570	–
	Grade 550	–	550	570	–
ASTM A875/A875M – 23	Grade 230	–	230	310	20
	Grade 255	–	255	360	18
	Grade 275	–	275	380	16
	Grade 340, Class 1	–	340	450	12
	Grade 340, Class 2	–	340	–	12
	Grade 340, Class 3	–	340	480	12
	Grade 340, Class 4	–	340	410	12
	Grade 380	–	380	480	11
	Grade 410	–	410	480	10
	Grade 480	–	480	550	9
	Grade 550, Class 1	–	550	570	–
	Grade 550, Class 2	–	550	570	–

Bảng G.2 (tiếp tục)

1	2	3	4	5	6
ASTM A875/A875M – 23	Grade 550, Class 3	–	550	570	3
ASTM A1003/A1003M – 15	ST550H	–	550	620	10
	ST480H	–	480	550	10
	ST410H	–	410	480	10
	ST340H	–	380	480	10
	ST340H	–	340	450	10
	ST275H	–	275	380	10
	ST255H	–	255	360	10
	ST230H	–	230	310	10
	ST550L	–	550	–	3
	ST480L	–	480	–	3
	ST410L	–	410	–	3
	ST380L	–	380	–	3
	ST340L	–	340	–	3
	ST275L	–	275	–	3
	ST255L	–	255	–	3
	ST230L	–	230	–	3
ASTM A1008/A1008M–23	Grade 170, SS	–	170	290	26
	Grade 205, SS	–	205	310	24
	Grade 230, SS	–	230	330	22
	Grade 275, SS	–	275	360	20
	Grade 310, SS	–	310	410	20
	Grade 340, SS	–	340	450	18
	Grade 410, SS	–	410	520	12
	Grade 480, SS	–	480	585	6
	Grade 550, SS	–	550	565	–
ASTM A1011/A1011M–17	Grade 205, SS	–	205	340	21
	Grade 230, SS	–	230	360	18
	Grade 250, Type 1, SS	–	250	365	17
	Grade 250, Type 2, SS	–	250	400–550	16
	Grade 275, SS	–	275	380	15

Bảng G.2 (kết thúc)

1	2	3	4	5	6
	Grade 310, Type 1, SS	–	310	410	13
	Grade 310, Type 2, SS	–	310	410	14
	Grade 340, SS	–	340	450	11
	Grade 380, SS	–	380	480	9
	Grade 410, SS	–	410	520	8
	Grade 480, SS	–	480	585	7
	Grade 550, SS	–	550	620	6
ASTM A1039/A1039M – 20	Grade 205, SS	$\geq 0,7; \leq 2$	205	340	21
	Grade 230, SS	$\geq 0,7; \leq 2$	230	360	18
	Grade 250, Type 1, SS	$\geq 0,7; \leq 2$	250	365	17
	Grade 250, Type 2, SS	$\geq 0,7; \leq 2$	250	400–550	16
	Grade 275, SS	$\geq 0,7; \leq 2$	275	380	15
	Grade 305, SS	$\geq 0,7; \leq 2$	305	450	13
	Grade 340, SS	$\geq 0,7; \leq 2$	340	450	11
	Grade 380, SS	$\geq 0,7; \leq 2$	380	480	9
	Grade 410, SS	$\geq 0,7; \leq 2$	410	480	8
	Grade 480, SS	$\geq 0,7; \leq 2$	480	550	7
	Grade 550, SS	$\geq 0,7; \leq 2$	550	320	6
ASTM A1063/A1063M–17	Grade 230, SS	≤ 2	230	310	20
	Grade 255, SS	≤ 2	255	360	18
	Grade 275, SS	≤ 2	275	380	15
	Grade 305, SS	≤ 2	305	410	13
	Grade 345, SS	≤ 2	340	450	11
	Grade 380, SS	≤ 2	380	480	9
	Grade 410, SS	≤ 2	410	480	8
	Grade 480, SS	≤ 2	480	550	7
	Grade 550, Class 1, SS	≤ 2	550	620	6
	Grade 550, Class 2, SS	≤ 2	550	570	–
¹⁾ Đây là các tiêu chuẩn về vật liệu thép được viện dẫn từ AISI S100-16 [9].					
CHÚ THÍCH: Để có thêm thông tin đầy đủ, xem trong các tiêu chuẩn sản phẩm tương ứng.					

Bảng G.3 – Tính chất cơ học của thép theo tiêu chuẩn Trung Quốc

Tiêu chuẩn ¹⁾	Ký hiệu	Chiều dày tiết diện, mm	Giới hạn chảy, MPa	Giới hạn bền kéo, MPa	Độ giãn dài tương đối, %
		nhỏ nhất	nhỏ nhất	nhỏ nhất	nhỏ nhất
GB/T 700–2006	Q235A Q235B Q235C Q235D	≤ 16	235	370–500	26
GB/T 1591–2018	Q355B Q355C Q355D	≤ 16	355	470–630	20
¹⁾ Đây là các tiêu chuẩn về vật liệu thép được viện dẫn từ GB 50018:2002 [42].					
CHÚ THÍCH: Để có thêm thông tin đầy đủ, xem trong các tiêu chuẩn sản phẩm tương ứng.					

Bảng G.4 – Tính chất cơ học của thép theo tiêu chuẩn châu Âu

Tiêu chuẩn ¹⁾	Ký hiệu	Chiều dày tiết diện, mm	Giới hạn chảy, MPa	Giới hạn bền kéo, MPa	Độ giãn dài tương đối, %
		nhỏ nhất	nhỏ nhất	nhỏ nhất	nhỏ nhất
1	2	3	4	5	6
ISO 4997:2015	CR 220	$\geq 0,36; \leq 3$	220	300	20
	CR 250	$\geq 0,36; \leq 3$	250	330	18
	CR 320	$\geq 0,36; \leq 3$	320	400	14
EN 10326:2004	S220GD+Z	$\geq 0,35; \leq 3$	220	300	20
	S250GD+Z	$\geq 0,35; \leq 3$	250	330	19
	S280GD+Z	$\geq 0,35; \leq 3$	280	360	18
	S320GD+Z	$\geq 0,35; \leq 3$	320	390	17
	S350GD+Z	$\geq 0,35; \leq 3$	350	420	16
	S550GD+Z	$\geq 0,35; \leq 3$	550	560	–
EN 10149-2:2013	S315 MC	$\geq 1,5; \leq 20$	315	390	20
	S355 MC	$\geq 1,5; \leq 20$	355	430	19
	S420 MC	$\geq 1,5; \leq 20$	420	480	16
	S460 MC	$\geq 1,5; \leq 20$	460	520	14
	S500 MC	$\geq 1,5; \leq 20$	500	550	12
	S550 MC	$\geq 1,5; \leq 20$	550	600	12
	S600 MC	$\geq 1,5; \leq 20$	600	650	11
	S650 MC	$\geq 1,5; \leq 20$	650	700	10
	S700 MC	$\geq 1,5; \leq 20$	700	750	10
EN 10149-3:2013	S260 NC	$\geq 1,5; \leq 20$	260	370	24
	S315 NC	$\geq 1,5; \leq 20$	315	430	22
	S355 NC	$\geq 1,5; \leq 20$	355	470	20
	S420 NC	$\geq 1,5; \leq 20$	420	530	18
EN 10268:2006	H240LA	≤ 3	240	340	27
	H280LA	≤ 3	280	370	24
	H320LA	≤ 3	320	400	22
	H360LA	≤ 3	360	430	20
	H400LA	≤ 3	400	460	18

Bảng G.4 (kết thúc)

1	2	3	4	5	6
EN 10292:2007	H260LAD	≤ 3	240	340	26
	H300LAD	≤ 3	280	370	23
	H340LAD	≤ 3	320	400	21
	H380LAD	≤ 3	360	430	19
	H420LAD	≤ 3	400	460	17
EN 10326:2004	S220GD+ZA	$\geq 0,35; \leq 3$	220	360	20
	S250GD+ZA	$\geq 0,35; \leq 3$	250	330	19
	S280GD+ZA	$\geq 0,35; \leq 3$	280	360	18
	S320GD+ZA	$\geq 0,35; \leq 3$	320	390	17
	S350GD+ZA	$\geq 0,35; \leq 3$	350	420	16
EN 10326:2004	S220GD+AZ	$\geq 0,35; \leq 3$	220	300	20
	S250GD+AZ	$\geq 0,35; \leq 3$	250	330	19
	S280GD+AZ	$\geq 0,35; \leq 3$	280	360	18
	S320GD+AZ	$\geq 0,35; \leq 3$	320	390	17
	S350GD+AZ	$\geq 0,35; \leq 3$	350	420	16
EN 10327:2004	DX51D+Z	$\geq 0,35; \leq 3$	140	270	22
	DX52D+Z	$\geq 0,35; \leq 3$	140	270	26
	DX53D+Z	$\geq 0,35; \leq 3$	140	270	30
1) Đây là các tiêu chuẩn về vật liệu thép được viện dẫn từ EN 1993-1-3 [32].					
CHÚ THÍCH: Để có thêm thông tin đầy đủ, xem trong các tiêu chuẩn sản phẩm tương ứng.					

Bảng G.5 – Tính chất cơ học của thép theo tiêu chuẩn Nhật Bản

Tiêu chuẩn ¹⁾	Ký hiệu	Chiều dày tiết diện, mm	Giới hạn chảy, MPa	Giới hạn bền kéo, MPa	Độ giãn dài tương đối, %
		nhỏ nhất	nhỏ nhất	nhỏ nhất	nhỏ nhất
JIS G 3302:2019	SGH400	$\geq 1,6; \leq 6$	295	400	18
	SGH490	$\geq 1,6; \leq 6$	365	490	16
	SGC400	$\geq 0,25; \leq 3,2$	295	400	18
	SGC490	$\geq 0,25; \leq 3,2$	365	490	16
JIS G 3317:2019	SZAC400	$\geq 0,25; \leq 2,3$	295	400	18
	SZAC490	$\geq 0,25; \leq 2,3$	365	490	16
	SZAH400	$\geq 1,6; \leq 4,5$	295	400	18
	SZAH490	$\geq 1,6; \leq 4,5$	365	490	16
JIS G 3321:2019	SGLH400	$\geq 1,6; \leq 2,3$	295	400	18
	SGLH490	$\geq 1,6; \leq 2,3$	365	490	16
	SGLC400	$\geq 0,25; \leq 2,3$	295	400	16
	SGLC490	$\geq 0,25; \leq 2,3$	365	490	12
JIS G 3323:2019	SGMH400	$\geq 1,6; \leq 9,0$	295	400	20
	SGMH490	$\geq 1,6; \leq 9,0$	365	490	16
	SGMC400	$\geq 0,25; \leq 3,2$	295	400	18
	SGMC490	$\geq 0,25; \leq 3,2$	365	490	16
¹⁾ Đây là các tiêu chuẩn về vật liệu thép được viện dẫn từ MDCR 0007-2015 [62].					
CHÚ THÍCH: Để có thêm thông tin đầy đủ, xem trong các tiêu chuẩn sản phẩm tương ứng.					

Bảng G.6 – Tính chất cơ học của thép theo tiêu chuẩn Hàn Quốc

Tiêu chuẩn	Ký hiệu	Chiều dày tiết diện, mm	Giới hạn chảy, MPa	Giới hạn bền kéo, MPa	Độ giãn dài tương đối, %
		nhỏ nhất	nhỏ nhất	nhỏ nhất	nhỏ nhất
KS D 3506:2022	SGCD1	$\geq 0,4; \leq 2,3$	–	270	34
	SGCD2		–	270	36
	SGCD3	$\geq 0,6; \leq 2,3$	–	270	38
	SGC245Y	$\geq 0,25; \leq 3,2$	245	340	20
	SGC295Y		295	400	18
	SGC335Y		335	440	18
	SGC365Y		365	490	16
	SGC560Y	$\geq 0,25; \leq 2,0$	560	570	–
KS D 3512:2007	CR1	$\geq 0,36; \leq 4,0$	280	410	27
	CR2	$\geq 0,36; \leq 4,0$	240	370	30
	CR3	$\geq 0,36; \leq 4,0$	220	350	34
	CR4	$\geq 0,36; \leq 4,0$	210	350	36
	CR5	$\geq 0,36; \leq 4,0$	190	350	38
KS D ISO 4997:2013	CR 220	$\geq 0,36; \leq 3$	220	300	20
	CR 250	$\geq 0,36; \leq 3$	250	330	18
	CR 320	$\geq 0,36; \leq 3$	320	400	14
CHÚ THÍCH: Để có thêm thông tin đầy đủ, xem trong các tiêu chuẩn sản phẩm tương ứng.					

Bảng G.7 – Tính chất cơ học của thép theo tiêu chuẩn Liên bang Nga

Tiêu chuẩn ¹⁾	Ký hiệu	Chiều dày tiết diện, mm	Giới hạn chảy, MPa	Giới hạn bền kéo, MPa	Độ giãn dài tương đối, %
		nhỏ nhất	nhỏ nhất	nhỏ nhất	nhỏ nhất
ГОСТ 14918:2020	220	$\geq 1; \leq 4$	220	300	20
	250	$\geq 1; \leq 4$	250	330	19
	280	$\geq 1; \leq 4$	280	360	18
	320	$\geq 1; \leq 4$	320	390	17
	350	$\geq 1; \leq 4$	350	420	16
	390	$\geq 1; \leq 4$	390	450	15
	420	$\geq 1; \leq 4$	420	480	14
	450	$\geq 1; \leq 4$	450	510	13
¹⁾ Đây là tiêu chuẩn về vật liệu thép được viện dẫn từ СП 260.1325800:2023 [64].					
CHÚ THÍCH: Để có thêm thông tin đầy đủ, xem trong các tiêu chuẩn sản phẩm tương ứng.					

Bảng G.8 – Sự tương ứng của các loại thép mạ kẽm theo một số tiêu chuẩn

ГОСТ 14918-2020 [65]	EN 10346:2015 [40]	ISO 3575:2016 [49]	ISO 4998:2014 [51]	TCVN 10355:2018 (ISO 3575:2016)	TCVN 6525:2018 (ISO 4998:2014)
01	–	01	–	01	–
02	DX51D	–	–	–	–
03	DX52D	02	–	02	–
04	DX53D	03	–	03	–
05	DX54D	04	–	04	–
06	DX56D	05	–	05	–
07	DX57D	–	–	–	–
220	S220GD	–	220	–	220
250	S250GD	–	250	–	250
280	S280GD	–	280	–	280
320	S320GD	–	320	–	320
350	S350GD	–	350	–	350
–	–	–	380	–	380
390	S390GD	–	–	–	–
420	S420GD	–	–	–	–
450	S450GD	–	–	–	–
–	S550GD	–	550	–	550

Phụ lục H
(tham khảo)

Xác định thời hạn sử dụng của hệ mạ kẽm

**Bảng H.1 – Thời hạn sử dụng trước lần sửa chữa đầu tiên của hệ mạ kẽm
phụ thuộc vào loại mức độ ăn mòn khí quyển [63]**

Phương pháp phủ	Chiều dày lớp phủ trung bình tối thiểu, μm	Loại mức độ ăn mòn khí quyển (theo TCVN 12705-2:2021 (ISO 12944-2:2017)), thời hạn sử dụng tối thiểu/tối đa, năm				
		C2	C3	C4	C5	CX
		Thấp	Trung bình	Cao	Rất cao	Cực đoan
Mạ kẽm nhúng nóng (thép kết cấu)	45	64/>100	21/64	11/21	5/11	2/5
	60	86/>100	29/86	14/29	7/14	2,4/7
	85	>100/>100	40/>100	20/40	10/20	3/10
	120	>100/>100	57/>100	28/57	14/28	5/14
	140	>100/>100	67/>100	33/67	17/33	6/17
	200	>100/>100	95/>100	48/95	24/48	8/24
Mạ kẽm nhúng nóng liên tục (thép tấm cán mỏng)	7 (100) ¹⁾	10/70	3/10	1,7/3	0,8/1,7	0,3/0,8
	10 (140) ¹⁾	14/100	5/14	2,4/5	1,2/2,4	0,4/1,2
	12 (180) ¹⁾	17/>100	6/17	3/6	1,4/3	0,5/1,4
	19 (275) ¹⁾	27/>100	9/27	4,5/9	2,3/4,5	0,8/2,3
	24 (350) ¹⁾	34/>100	11/34	6/11	3/6	1/3
	31 (450) ¹⁾	44/>100	15/44	7/15	4/7	1,2/4
Mạ kẽm nhúng nóng (thép ống)	42 (600) ¹⁾	60/>100	20/60	10/20	5/10	2/5
	55	79/>100	26/79	13/26	7/13	2/7
Mạ kẽm khuếch tán nhiệt	15	21/>100	7/21	4/7	2/4	1/2
	30	43/>100	14/43	7/14	4/7	2/4
	45	65/>100	21/65	11/21	6/11	3/6
	60	86/>100	28/86	14/28	8/14	4/8
Mạ kẽm điện phân	5	7/50	2,4/7	1,2/2	0,6/1,2	0,2/0,6
	25	36/>100	12/36	6/12	3/6	1/3
Ốp mặt	8	11/80	4/11	2/4	1/2	0/1
	25	36/>100	12/36	6/12	3/6	1/3

Bảng H.1 (kết thúc)

¹⁾ Trong ngoặc áp dụng cho loại mạ kẽm theo TCVN 6525:2018 (ISO 4998:2014).

CHÚ THÍCH 1: Giá trị thời hạn sử dụng trong hầu hết các trường hợp được làm tròn thành số nguyên. Tính toán thời hạn sử dụng tối thiểu và tối đa trước lần sửa chữa đầu tiên, ví dụ: lớp phủ kẽm 85 µm, loại mức độ ăn mòn C4 (độ suy giảm chiều dày đối với kẽm từ 2,1 đến 4,2 µm mỗi năm, theo Bảng 1 trong TCVN 12705-2:2021 (ISO 12944-2:2017)) cho độ bền dự kiến là $85/2,1 = 40,746$ năm (làm tròn thành 40 năm) và $85/4,2 = 20,238$ năm (làm tròn thành 20 năm). Thời hạn trung bình $(20 + 40)/2 = 30$ năm.

CHÚ THÍCH 2: Số liệu trình bày trong bảng cho phép người thiết kế chọn thời hạn sử dụng của lớp phủ bảo vệ trước lần sửa chữa đầu tiên, tùy thuộc vào phương pháp phủ và loại mức độ ăn mòn. Khi tính toán thời hạn sử dụng của lớp phủ kẽm, nên lấy thời hạn sử dụng tối thiểu được tính toán dựa trên loại mức độ ăn mòn tối đa được thiết lập cho một loại mức độ ăn mòn nhất định.

CHÚ THÍCH 3: Bảng này có thể được áp dụng cho bất kỳ lớp phủ kẽm nào để xác định thời hạn sử dụng trước lần sửa chữa đầu tiên.

CHÚ THÍCH 4: Các sản phẩm mạ kẽm nhúng nóng và bán thành phẩm được làm từ vật liệu mỏng, vít và các sản phẩm phủ quay (spin-coated products) khác, thường có chiều dày lớp phủ trung gian. Do thời hạn sử dụng của tất cả các lớp phủ kẽm xấp xỉ tỷ lệ với chiều dày hoặc khối lượng của lớp mạ kẽm hiện tại, vì vậy có thể dễ dàng đánh giá hiệu quả tương đối của các chiều dày trung gian đó.

DRAFT

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] QCVN 02:2022/BXD, Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về Số liệu điều kiện tự nhiên dùng trong xây dựng
- [2] QCVN 03:2022/BXD, Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về Phân cấp công trình phục vụ thiết kế xây dựng
- [3] QCVN 06:2022/BXD, Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về An toàn cháy cho nhà và công trình; Sửa đổi 1:2023 QCVN 06:2022/BXD
- [4] TCVN 6524:2018 (ISO 4997:2015), Thép cacbon tấm mỏng cán nguội chất lượng kết cấu
- [5] TCVN 7858:2018 (ISO 3574:2012), Thép cacbon tấm mỏng cán nguội chất lượng thương mại và chất lượng dập vuốt
- [6] TCVN 10355:2018 (ISO 3575:2016), Thép cacbon tấm mỏng chất lượng thương mại và chất lượng dập vuốt mạ kẽm và hợp kim kẽm – sắt nhúng nóng liên tục
- [7] TCVN 11227-2:2015 (ISO 10799-2:2011), Thép kết cấu hàn, mặt cắt rộng tạo hình nguội từ thép không hợp kim và thép hạt mịn – Phần 2: Kích thước và đặc tính mặt cắt
- [8] TCVN 12041:2017, Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép - Yêu cầu chung về thiết kế độ bền lâu và tuổi thọ trong môi trường xâm thực
- [9] AISI S100-16 (2016), Design of Cold-Formed Steel Structural Members (Thiết kế cấu kiện kết cấu thép tạo hình nguội)
- [10] ASTM A36/A36M-12, Carbon Structural Steel (Thép cacbon dùng cho kết cấu)
- [11] ASTM A242-24, High-Strength Low-Alloy Structural Steel (Thép kết cấu hợp kim thấp cường độ cao)
- [12] ASTM A283/A283M-18, Standard Specification for Low and Intermediate Tensile Strength Carbon Steel Plates (Đặc điểm kỹ thuật tiêu chuẩn cho tấm thép cacbon cường độ kéo thấp và trung bình)
- [13] ASTM A529-14, High-Strength Carbon-Manganese Steel of Structural Quality (Thép cacbon-mangan cường độ cao có chất lượng kết cấu)
- [14] ASTM A572-18, High-Strength Low-Alloy Columbium-Vanadium Structural Steel (Thép kết cấu columbium-vanadi hợp kim thấp cường độ cao)
- [15] ASTM A588-15, High-Strength Low-Alloy Structural Steel, up to 50 ksi [345 MPa] Minimum Yield Point, with Atmospheric Corrosion Resistance (Thép kết cấu hợp kim thấp cường độ cao, lên tới 50 ksi [345 MPa] Điểm chảy tối thiểu, có khả năng chống ăn mòn trong khí quyển)
- [16] ASTM A606-23, Steel, Sheet and Strip, High-Strength, Low-Alloy, Hot-Rolled and Cold-Rolled, with Improved Atmospheric Corrosion Resistance (Thép, tấm và dải, cường độ cao, hợp kim thấp, cán nóng và cán nguội, với khả năng chống ăn mòn khí quyển được cải thiện)
- [17] ASTM A653-15, Steel Sheet, Zinc-Coated (Galvanized) or Zinc-Iron Alloy-Coated (Galvannealed) by the Hot-Dip Process (Thép tấm, mạ kẽm (Mạ kẽm) hoặc mạ hợp kim sắt-kẽm (Mạ kẽm) theo quy trình nhúng nóng)
- [18] ASTM A792-23, Steel Sheet, 55 % Aluminum-Zinc Alloy-Coated by the Hot-Dip Process (Thép tấm, hợp kim nhôm-kẽm 55 % được phủ bằng quy trình nhúng nóng)

- [19] ASTM A875-23, *Steel Sheet, Zinc-5 % Aluminum Alloy-Coated by the Hot-Dip Process* (Thép tấm, hợp kim nhôm kẽm-5 % được phủ bằng quy trình nhúng nóng)
- [20] ASTM A1003-15, *Steel Sheet, Carbon, Metallic- and Nonmetallic-Coated for Cold-Formed Framing Members* (Thép tấm, Carbon, phủ kim loại và phi kim loại cho các bộ phận khung định hình nguội)
- [21] ASTM A1008-23, *Steel, Sheet, Cold-Rolled, Carbon, Structural, High-Strength Low-Alloy, High-Strength Low-Alloy with Improved Formability, Solution Hardened, and Bake Hardenable* (Thép, tấm, cán nguội, cacbon, kết cấu, hợp kim thấp cường độ cao, hợp kim thấp cường độ cao với khả năng định dạng được cải thiện, làm cứng dung dịch và có thể nung cứng)
- [22] ASTM A1011-17, *Steel, Sheet and Strip, Hot-Rolled, Carbon, Structural, High-Strength Low-Alloy, High-Strength Low-Alloy with Improved Formability, and Ultra-High Strength* (Thép, tấm và dải, cán nóng, cacbon, kết cấu, hợp kim thấp cường độ cao, hợp kim thấp cường độ cao với khả năng tạo hình được cải thiện và cường độ siêu cao)
- [23] ASTM A1039-20, *Steel, Sheet, Hot Rolled, Carbon, Commercial and Structural, Produced by the Twin-Roll Casting Process* (Thép, Tấm, Cán Nóng, Carbon, Thương mại và Kết cấu, được sản xuất bằng quy trình đúc hai cuộn)
- [24] ASTM A1063-17, *Steel Sheet, Twin-Roll Cast, Zinc-Coated (Galvanized) by the Hot-Dip Process* (Thép tấm, đúc đôi, mạ kẽm (mạ kẽm) theo quy trình nhúng nóng)
- [25] AS 1397:2021, *Continuous hot-dip metallic coated steel sheet and strip – Coatings of zinc and zinc alloyed with aluminium and magnesium* (Tấm và dải thép phủ kim loại nhúng nóng liên tục – Lớp phủ kẽm và kẽm hợp kim với nhôm và magie)
- [26] AS/NZS 4600-2018 (2018), *Cold-formed steel structures* (Kết cấu thép tạo hình nguội)
- [27] AS/NZS 1594:2002, *Hot-rolled steel flat products* (Sản phẩm thép tấm phẳng cán nóng)
- [28] AS/NZS 1595:1998, *Cold-rolled, unalloyed, steel sheet and strip* (Thép tấm và dải cán nguội, không hợp kim)
- [29] AS/NZS 3678:2016, *Structural steel – Hot-rolled plates, floorplates and slabs* (Thép kết cấu – Tấm, tấm sàn và tấm cán nóng)
- [30] Boissonade N, Greiner R, Jaspart JP, Lindner J (2006), *Rules for Member Stability in EN 1993-1-1; Background documentation and design guidelines* (Quy tắc đối với ổn định của cấu kiện trong EN 1993-1-1; Tài liệu cơ bản và hướng dẫn thiết kế)
- [31] BS EN 1993-1-1:2022, *Design of steel structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings* (Thiết kế kết cấu thép – Phần 1-1. Quy định chung và quy định cho nhà)
- [32] BS EN 1993-1-3:2024, *Design of steel structures – Part 1-3: Cold-formed members and sheeting* (Thiết kế kết cấu thép – Phần 1-3. Cấu kiện và tấm tạo hình nguội)
- [33] BS EN 1993-1-5:2024, *Design of steel structures – Part 1-5: Plated structural elements*. (Thiết kế kết cấu thép – Phần 1-5: Cấu kiện kết cấu làm từ tấm)
- [34] EN 10149-2:2013, *Hot rolled flat products made of high yield strength steels for cold forming – Part 2: Technical delivery conditions for thermomechanically rolled steels* (Sản phẩm dẹt cán nóng làm bằng thép cường độ chảy cao để tạo hình nguội – Phần 2: Điều kiện cung cấp kỹ thuật đối với thép cán cơ nhiệt)

- [35] EN 10149-3:2013, *Hot rolled flat products made of high yield strength steels for cold forming – Part 3: Technical delivery conditions for normalized or normalized rolled steels* (Sản phẩm dẹt cán nóng làm bằng thép cường độ chảy cao để tạo hình nguội – Phần 3: Điều kiện cung cấp kỹ thuật đối với thép cán thường hóa hoặc thép cán thường hóa)
- [36] EN 10268:2006, *Cold rolled steel flat products with high yield strength for cold forming – Technical delivery conditions* (Sản phẩm thép dẹt cán nguội có giới hạn chảy cao dùng cho tạo hình nguội – Điều kiện giao hàng kỹ thuật)
- [37] EN 10292:2007, *Continuously hot-dip coated strip and sheet of steels with high yield strength for cold forming – Technical delivery conditions* (Dải và tấm thép được phủ nhúng nóng liên tục có cường độ chảy cao để tạo hình nguội – Điều kiện giao hàng kỹ thuật)
- [38] EN 10326:2004, *Continuously hot-dip coated strip and sheet of structural steels – Technical delivery conditions* (Dải và tấm thép kết cấu được phủ nhúng nóng liên tục – Điều kiện giao hàng kỹ thuật)
- [39] EN 10327:2004, *Continuously hot-dip coated strip and sheet of low carbon steels for cold forming – Technical delivery conditions* (Dải và tấm được phủ nhúng nóng liên tục bằng thép cacbon thấp để tạo hình nguội – Điều kiện giao hàng kỹ thuật)
- [40] EN 10346:2015, *Continuously hot-dip coated steel flat products for cold forming – Technical delivery conditions* (Sản phẩm thép tấm được phủ nhúng nóng liên tục để tạo hình nguội – Điều kiện giao hàng kỹ thuật)
- [41] EN 14509:2013, *Self-supporting double skin metal faced insulating panels – Factory made products – Specifications* (Tấm cách nhiệt hai lớp kim loại tự chịu lực – Sản phẩm sản xuất tại nhà máy – Chỉ dẫn kỹ thuật)
- [42] EAD 330153-00-0602, *Cartridge fired pin for connections of thin gauge steel members and sheeting, European Assessment document* (Chốt đạn cho các liên kết của các cấu kiện thép thành mỏng và tấm, tài liệu đánh giá của châu Âu)
- [43] ECCS Publication No. 88 (1995), *European recommendations for the application of metal sheeting acting as a diaphragm* (Khuyến nghị của châu Âu về ứng dụng tấm kim loại đóng vai trò là tấm cứng)
- [44] ECCS Publication 135/CIB Publication 379 (2014), *European Recommendations on the Stabilization of Steel Structures by Sandwich Panels* (Khuyến nghị của châu Âu về Ổn định kết cấu thép bằng tấm nhiều lớp).
- [45] GB 50018:2002, *Technical code of cold-formed thin-wall steel structures* (Tiêu chuẩn kỹ thuật về kết cấu thép thành mỏng tạo hình nguội)
- [46] GB/T 700-2006, *Carbon structural steels* (Thép kết cấu các bon)
- [47] GB/T 1591:2018, *High strength low alloy structural steels* (Thép kết cấu hợp kim thấp cường độ cao)
- [48] ISO 3574:2015, *Cold-reduced carbon steel sheet of commercial and drawing qualities* (Thép cacbon tấm mỏng cán nguội chất lượng thương mại và chất lượng dập vuốt)
- [49] ISO 3575:2016, *Continuous hot-dip zinc-coated carbon steel sheet of commercial and drawing qualities* (Tấm thép cacbon mạ kẽm nhúng nóng liên tục có chất lượng thương mại và chất lượng dập vuốt)

- [50] ISO 4997:2015, *Cold-reduced carbon steel sheet of structural quality* (Thép cacbon tấm mỏng cán nguội chất lượng kết cấu)
- [51] ISO 4998:2014, *Continuous hot-dip zinc-coated and zinc-iron alloy-coated carbon steel sheet of structural quality* (Thép tấm cacbon mạ kẽm và hợp kim kẽm nhúng nóng liên tục có chất lượng kết cấu)
- [52] ISO 14273:2016, *Resistance welding – Destructive testing of welds – Specimen dimensions and procedure for tensile shear testing resistance spot and embossed projection welds* (Hàn điện trở – Kiểm tra phá hủy mối hàn – Kích thước mẫu và quy trình thử cắt kéo mối hàn điểm điện trở và mối hàn gờ nổi điện trở)
- [53] ISO 14589:2000, *Blind rivets – Mechanical testing* (Đinh tán chìm – Thử nghiệm cơ học)
- [54] KS D 3506:2022, *Hot-dip zinc-coated steel sheets and coils* (Thép tấm và cuộn mạ kẽm nhúng nóng)
- [55] KS D 3512:2007, *Cold-reduced carbon steel sheets and strip* (Tấm và dải thép cacbon cán nguội)
- [56] KS D ISO 4997:2013, *Cold-reduced steel sheet of structural quality* (Thép tấm cán nguội chất lượng kết cấu)
- [57] JIS G 3141:2011, *Cold-reduced carbon steel sheet and strip* (Tấm và dải thép cacbon cán nguội)
- [58] JIS G 3302:2019, *Hot-dip zinc-coated steel sheet and strip* (Tấm và dải thép mạ kẽm nhúng nóng)
- [59] JIS G 3317:2019, *Hot-dip zinc-5 % aluminium alloy-coated steel sheet and strip* (Thép tấm và dải thép mạ hợp kim nhôm kẽm-5% nhúng nóng)
- [60] JIS G 3321:2019, *Hot-dip 55 % aluminium-zinc alloy-coated steel sheet and strip* (Thép tấm và dải thép mạ hợp kim nhôm-kẽm 55% nhúng nóng)
- [61] JIS G 3323:2019, *Tấm thép mạ hợp kim kẽm-nhôm-magiê nhúng nóng và dải thép (Hot-dip zinc-aluminium-magnesium alloy-coated steel sheet and strip)*
- [62] MDCR 0007-2015, *Japan Iron and Steel Federation product regulations, Zinc - Coated Light Gauge Steels for Building Structure, Japan Iron and Steel Federation* (Quy định về sản phẩm của Liên đoàn Sắt thép Nhật Bản, Thép nhẹ tráng kẽm cho kết cấu nhà, Liên đoàn Sắt thép Nhật Bản)
- [63] СП 28.13330.2017, «СНП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии» (с изменениями № 1, № 2, № 3) (Bảo vệ kết cấu xây dựng khỏi bị ăn mòn)
- [64] СП 260.1325800.2023, *Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутых оцинкованных профилей и гофрированных листов* (Kết cấu thép thành mỏng làm bằng thép tạo hình nguội mạ kẽm và tấm sóng)
- [65] ГОСТ 14918-2020, *Прокат листовой горячеоцинкованный. Технические условия* (Tấm kim loại mạ kẽm nhúng nóng. Điều kiện kỹ thuật)
- [66] ГОСТ 9.039-74, *Единая система защиты от коррозии и старения. Коррозионная агрессивность атмосферы* (Hệ thống thống nhất bảo vệ chống ăn mòn và lão hóa. Tính ăn mòn của khí quyển)
- [67] ГОСТ Р 59905-2021, *Винты самосверлящие для стальных строительных конструкций. Общие технические условия* (Vít tự khoan cho kết cấu thép xây dựng. Điều kiện kỹ thuật chung)

Tổng hợp các sửa đổi chính

Stt	SP 260.1325800.2023	TCVN X260:202x	Cơ sở
1	Mục 6.2 0,6 mm	Mục 6.2 0,35 mm	Theo EN 1993-1-3:2024, mục 5.2.4
2	Mục 7.5.1.2, 7.5.1.3 $0,2 \leq a/d \leq 0,9$	Mục 7.5.1.2, 7.5.1.3 $0,2 \leq d/a \leq 0,9$	Theo EN 1993-1-3:2024, mục 11.3.2
3	Mục B.2.5 $k_{ba} = 1,25(b_a/100)^2$	Mục B.2.5 $k_{ba} = 1,25(b_a/100)$	Theo EN 1993-1-3:2024, mục 11.4.2.2
4	Bảng B.9 Hướng lên, $(1+\xi)\left(k_h - \frac{a}{h}\right)q$ Hướng lên, $(1-\xi)\left(k_h - \frac{a}{h}\right)q$	Bảng B.9 Hướng lên, $(1+\xi)k_h q$ Hướng lên, $(1-\xi)k_h q$	Theo EN 1993-1-3:2024, Bảng 11.6
5	Bảng B.10 (điểm 3 và điểm 4) $(1-\varsigma)k_h \frac{qL}{2}$; $-(1-\varsigma)k_h \frac{qL}{2}$	Bảng B.10 (điểm 3 và điểm 4) $-(1-\varsigma)k_h \frac{qL}{2}$; $(1-\varsigma)k_h \frac{qL}{2}$	Theo EN 1993-1-3:2024, Bảng 11.7
6	Mục B.2.15 và B.2.16 $\xi = \sqrt[3]{\varsigma}$; $\varsigma = \sqrt[3]{k_R}$	Mục B.2.15 và B.2.16 $\xi = 0,67 \cdot \varsigma$; $\varsigma = 1 - \sqrt[3]{k_R^2}$	Theo BS EN 1993-1-3:2024, công thức (11.21) và (11.22)
7	Bảng B.11 $k_h = k_{h0} - \frac{f}{h}$; $k_{h0} = \frac{I_{fy}}{I_x} \cdot \frac{g_s}{h}$	Bảng B.11 $k_{h0} = \frac{I_{xy}}{I_x} \cdot \frac{g_s}{h}$; $k_h = k_{h0} + \frac{f}{h}$	Theo EN 1993-1-3:2024, Bảng 11.2
8	Phụ lục D	Phụ lục D	Thay thế
9	Bảng E.1 0,438; 0,630	Bảng E.1 0,478; 0,590	New design rules in EN 1991-1-1 for member stability, Bảng 64 (tr 232)
10	Bảng E.2 0,77 ψ_f 0,55 ψ_f 0,33 ψ_f	Bảng E.2 0,77 - ψ_f 0,55 - ψ_f 0,35 - ψ_f	New design rules in EN 1991-1-1 for member stability, Bảng 63 (tr 232)

Stt	SP 260.1325800.2023	TCVN X260:202x	Cơ sở
	0,125 - 0,7 ψ_1	- 0,125 - 0,7 ψ_1	
11	Bảng F.2 $C_{m,i,0} = 1 - 0,03 \frac{N}{N_{cr,i}}$	Bảng F.2 $C_{m,i,0} = 1 + 0,03 \frac{N}{N_{cr,i}}$	New design rules in EN 1991-1-1 for member stability, Bảng 26 (tr 106)
12	Bảng F.5 $0,1(1 - \alpha_s) - 0,8\alpha_s \geq 0,4$ $0,2(-\alpha_s) - 0,8\alpha_s \geq 0,4$ $0,90 - 0,10\alpha_h (1 + 2\psi)$	Bảng F.5 $0,1(1 - \psi) - 0,8\alpha_s \geq 0,4$ $0,2(-\psi) - 0,8\alpha_s \geq 0,4$ $0,90 + 0,10\alpha_h (1 + 2\psi)$	New design rules in EN 1991-1-1 for member stability, Bảng 34 (tr 127)