

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG**

NGUYỄN NGỌC PHÚ

**XÁC ĐỊNH TIẾT DIỆN HỢP LÝ THANH
THÀNH MỎNG CHỊU UỐN THEO
QUY PHẠM AS/NZS 4600-2005**

**Chuyên ngành: Kỹ thuật xây dựng công trình dân dụng và công nghiệp
Mã số: 60.58.02.08**

TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

Đà Nẵng - Năm 2015

Công trình được hoàn thành tại
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG

Người hướng dẫn khoa học: GS.TS. PHẠM VĂN HỘI

Phản biện 1: PGS.TS. NGUYỄN QUANG VIÊN

Phản biện 2: TS. HUỖNH MINH SƠN

Luận văn được bảo vệ trước Hội đồng chấm Luận văn tốt nghiệp thạc sĩ Kỹ thuật chuyên ngành kỹ thuật xây dựng công trình dân dụng và công nghiệp họp tại Đại học Đà Nẵng vào ngày 22 tháng 8 năm 2015.

Có thể tìm hiểu luận văn tại:

- Trung tâm Thông tin - Học liệu, Đại học Đà Nẵng

MỞ ĐẦU

1. Tên đề tài

Xác định tiết diện hợp lý thanh thành mỏng chịu uốn theo quy phạm AS/NZS 4600-2005.

2. Tính cấp thiết của đề tài

- Các cấu kiện thanh thành mỏng ngày càng được sử dụng rộng rãi trong thực tiễn xây dựng trong kết cấu tường, sàn, mái, dàn,... nhờ có nhiều ưu điểm mà nổi bật là nhẹ, dễ chế tạo, đa dụng và do đó nếu được sử dụng một cách hợp lý sẽ mang lại hiệu quả kinh tế cao. Các sản phẩm thép thành mỏng rất đa dạng từ những cấu kiện rời rạc như xà gồ, dầm tường, dầm sàn, kết cấu bao che (vách ngăn, tấm tường, tấm mái) cho đến các kết cấu hoàn chỉnh như khung nhà 1 tầng, khung nhà công nghiệp, nhà công cộng ... Nhiều doanh nghiệp sản xuất kết cấu thép như Zamil Steel, Bluescope Lysaght, Vinapipe, BHP... đã dần dần chuyển giao công nghệ từ nước ngoài và sản xuất có hiệu quả các dạng kết cấu thép thành mỏng.

- Hiện nay, cấu kiện thanh thành mỏng chịu uốn là một trong những cấu kiện thường gặp của kết cấu thanh thành mỏng như sườn tường, dầm, xà gồ.... Việc đi tìm phương pháp xác định tiết diện hợp lý đối với loại cấu kiện này sẽ giúp tìm ra những tiết diện phù hợp về khả năng chịu uốn, tiết kiệm vật liệu và phù hợp trong sản xuất, chế tạo.

3. Mục đích nghiên cứu

Xác định phương pháp, lý thuyết tính toán thanh thành mỏng chịu uốn theo quy phạm AS/NZS 4600-2005.

- Phân tích lý thuyết tính toán thanh thành mỏng chịu uốn theo quy phạm AS/NZS 4600-2005 để đưa ra phương pháp tìm tiết diện hợp lý.

- Thực hiện một số ví dụ tính toán để chứng minh, làm rõ cách xác định tiết diện hợp lý thanh thành mỏng chịu uốn theo quy phạm

AS/NZS 4600-2005.

- Trên cơ sở phân tích những kết quả có được trong quá trình tính toán, đưa ra những nhận xét và khuyến nghị khi chọn tiết diện thanh thành mỏng chịu uốn.

4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

- Đối tượng nghiên cứu: nghiên cứu phương pháp tính toán của một số cấu kiện thanh thành mỏng chịu uốn theo quy phạm AS/NZS 4600-2005.

- Phạm vi nghiên cứu: Luận văn chỉ nghiên cứu tiết diện thường gặp của thanh thành mỏng là tiết diện chữ C có sườn biên chịu uốn bởi lực phân bố đều (đảm bảo cấu kiện chịu lực cắt) và làm việc như một dầm đơn giản.

5. Bố cục luận văn

Ngoài phần mở đầu, kết luận và kiến nghị, nội dung luận văn được trình bày gồm có 3 chương:

Phần Mở đầu

- **Chương 1:** Tổng quan về thanh thành mỏng tạo hình nguội

- **Chương 2:** Phương pháp tính toán thanh thành mỏng chịu uốn

- **Chương 3:** Một số trường hợp cụ thể tính toán xác định tiết diện hợp lý thanh thành mỏng chịu uốn.

Kết luận và kiến nghị.

CHƯƠNG 1

TỔNG QUAN VỀ THANH THÀNH MỎNG

TẠO HÌNH NGUỘI

1.1. KHÁI NIỆM VỀ THANH THÀNH MỎNG

- Thanh thành mỏng là kết cấu thép nhẹ. Kết cấu thép nhẹ bao gồm các hệ thống kết cấu xây dựng bằng thép có trọng lượng nhẹ hơn kết cấu thép thông dụng.

Phân biệt hai phạm vi sử dụng chính của thanh thành mỏng:

Nhóm 1: Nhóm các chi tiết và bộ phận kiến trúc.

Nhóm 2: Nhóm các bộ phận kết cấu chịu lực.

1.2. ƯU NHƯỢC ĐIỂM CỦA THANH THÀNH MỎNG

So với kết cấu thép thông thường, kết cấu bằng thanh thành mỏng có một loạt các ưu và khuyết điểm sau:

1.2.1 Ưu điểm

- Giảm lượng thép từ 25-50%; về lí thuyết có thể giảm nhiều hơn nữa nhưng sẽ kèm theo khó khăn tốn kém về chế tạo, và không còn kinh tế nữa.

- Dựng lắp nhanh, ví dụ 30% đối với mái nhà; đối với cấu kiện có các thanh và nút thống nhất hóa như dàn mái không gian còn nhanh hơn nhiều nữa.

- Hình dạng tiết diện được chọn tự do, đa dạng theo yêu cầu.

- Đặc trưng chịu lực của tiết diện là có lợi, do sự phân bố vật liệu hợp lí, nhất là khi dùng tiết diện kín.

- Dùng tiết diện kín tạo vẻ đẹp kết cấu; bớt che lấp diện tích kính lấy ánh sáng.

1.2.2 Nhược điểm

- Giá thành thép uốn nguội cao hơn thép cán nóng.

- Chi phí phòng gỉ cao hơn, vì bề mặt của tiết diện thép lớn

hơn, cần nhiều diện tích phủ bảo vệ.

- Việc vận chuyển, bốc xếp dựng lắp tuy nhanh chóng nhưng đòi hỏi những biện pháp và phương tiện riêng vì cấu kiện dễ bị hư hại.

- Việc thiết kế khó khăn hơn vì sự làm việc phức tạp của cấu kiện. Tiết diện cấu kiện được lựa chọn tự do nên không có bảng tính toán sẵn.

1.3. TÌNH HÌNH ỨNG DỤNG THÀNH THÀNH MỎNG

1.3.1 Tình hình ứng dụng trên thế giới

Việc áp dụng các cấu kiện thành mỏng tạo nguội vào kết cấu nhà đã được bắt đầu từ những năm 1940. Năm 1946 lần đầu tiên đã xuất bản “Quy định kỹ thuật về thiết kế cấu kiện thép thành mỏng tạo hình nguội” của Viện sắt và Thép Hoa Kỳ (AISI).

Một lĩnh vực rất được phát triển của kết cấu thành mỏng là lĩnh vực làm nhà ở gia đình thấp tầng. Nhà hai tầng được xây dựng hàng loạt tại nhiều địa phương ở Úc, làm hoàn toàn bằng cấu kiện thành mỏng: cột, khung, dầm, sàn kết hợp với vật liệu bao che bằng gỗ, gạch, kính.

1.3.2. Tình hình ứng dụng tại Việt Nam

Tại Việt Nam, những công trình kết cấu thành mỏng đầu tiên được xây dựng từ những năm 1970 do nước ngoài chế tạo. Tuy nhiên những cấu kiện thành mỏng do Việt Nam chế tạo chỉ xuất hiện từ mười năm gần đây. Nhiều doanh nghiệp sản xuất kết cấu thép như Zamil Steel, Bluescope Lysaght, Vinapipe, BHP... đã dần dần chuyển giao công nghệ từ nước ngoài và sản xuất có hiệu quả các dạng kết cấu thép thành mỏng.

Do những ưu việt về trọng lượng nhẹ, tính công nghệ và khả năng chịu lực cao, kết cấu thép thành mỏng tạo hình nguội (Cold-formed structure) đang trở thành một phương hướng phát triển mới trong công trình kết cấu thép ở Việt Nam trong những năm tới.

1.4. GIỚI THIỆU VỀ HỆ THỐNG CÁC QUY PHẠM TÍNH TOÁN

1.4.1. Quy phạm của Mỹ (AISI 1996)

1.4.2. Quy phạm của Anh và châu Âu

1.4.3. Quy phạm của Trung Quốc

1.4.4. Quy phạm của Úc (AS/NZS 4600)

Úc: Quy phạm của Úc là AS/NZS 4600:1996 “Cold-formed Steel structures - Kết cấu thép tạo hình nguội” là Quy phạm chung của hai nước Úc và New Zealand, thay thế cho Quy phạm cũ AS 1538-1988. Quy phạm hiện hành đang được sử dụng là Quy phạm AS/NZS 4600:2005, thay thế cho phiên bản năm 1996.

1.4.5. Lựa chọn quy phạm tính toán

Do phần lớn các kết cấu thành mỏng tạo hình nguội đã và đang xây dựng ở nước ta là sản phẩm của các Công ty Úc hoặc liên doanh như Bluescope Lysaght, v.v... và đều sử dụng Quy phạm AS/NZS 4600:2005. Do đó tác giả chọn Quy phạm AS/NZS 4600:2005 làm cơ sở tính toán cho luận văn.

1.5. VẬT LIỆU SỬ DỤNG

1.5.1. Thép

Thép dùng để chế tạo tiết diện uốn nguội có thể là loại thép cacbon thấp thông thường tương đương với CT3 (Nga), CT38, CT42 (Việt Nam), có giới hạn chảy 2200 đến 2600 daN/cm². Cũng dùng thép hợp kim thấp như tương đương với 09Mn2, 14Mn, giới hạn chảy 3400 tới 3900 daN/cm². Các thép này có độ dẫn dài cao 22 - 26 %, có thể chịu được thử nghiệm uốn gập nguội. Tuy nhiên thép dạng cuộn (coil) để chế tạo kết cấu thành mỏng thì Việt Nam chưa sản xuất được nên phải nhập ngoại hoàn toàn và mang số hiệu thép của nước sản xuất hoặc mang số hiệu của ASTM (American Society for Testing & Materials). Thông dụng nhất là thép cacbon ASTM A570 cấp 50 hoặc thép hợp kim thấp A607 hay A792, đều có giới hạn chảy 3450 daN/cm².

Ba loại thép của bảng G 450, G 500 và G 550 (con số chỉ giới

hạn chảy của thép theo N/mm^2) là loại đặc biệt có cường độ rất cao. G 450 dùng cho cấu kiện có bề dày $\geq 1,5$ mm; G 500 dùng cho cấu kiện có bề dày $>1,0$ mm nhưng $< 1,5$ mm còn G 550 dùng cho cấu kiện có bề dày $\leq 1,0$ mm. Dùng thép có cường độ cao không phải lúc nào cũng tiết kiệm được thép vì kích thước cấu kiện thành mỏng thường bị giới hạn bởi điều kiện ổn định, không tận dụng được cường độ cao.

1.5.2. Tiết diện tạo từ thép tấm mỏng

Thép được cán nóng thành tấm rất mỏng dạng cuộn là phôi để tạo hình ra cấu kiện thành mỏng. Bằng các cách gia công nguội, có thể tạo từ tấm thép mỏng ra tiết diện hình bất kì. Nhiều trường hợp, hình thức và kích thước tiết diện thép hình uốn nguội được chọn riêng lẻ cho phù hợp với nhiệm vụ của từng công trình.

- Chú ý vấn đề an toàn phòng gỉ:

+ Về hình dạng, nên dùng tiết diện hở, vì dễ tiếp cận vào phía trong, để lau chùi, sơn. Tránh tạo hình máng, dễ tích tụ bụi, ẩm. Nếu bắt buộc làm thì cần tạo độ dốc, hoặc có lỗ thoát.

+ Về bề dày tối thiểu để phòng gỉ, tham khảo các trị số sau : 1,5 mm đối với kết cấu có mái che kín ; 3 mm đối với kết cấu lộ thiên, 3,5 mm đối với kết cấu trong môi trường ăn mòn.

- Về mặt chịu lực :

+ Thanh chịu nén nên dùng tiết diện hình hộp, tiết diện có mép cứng, vì mép cứng làm tăng ổn định cục bộ, làm tăng độ cứng của tiết diện ;

+ Thanh chịu kéo: làm tiết diện gọn hơn, dùng thành dày hơn;

+ Hạn chế hàn trực tiếp thành mỏng với thành dày của cấu kiện cán khác.

1.5.3. Vấn đề phòng gỉ

Phòng gỉ cho kết cấu thép nhẹ là cực kì quan trọng, hơn nhiều so với kết cấu thường. Kết cấu thành mỏng không được bảo vệ tốt sẽ

phá hủy nhanh chóng trong thời gian ngắn.

a. Hiện tượng gỉ.

Sự gỉ của kết cấu kim loại chủ yếu là hiện tượng ăn mòn điện hoá. Trên bề mặt kim loại có những phân tử vi mô hoạt động như những điện cực. Tiếp xúc với chất điện giải là dung dịch nước của hơi nước không khí, có chứa các hợp chất, khí cacbonic. Dòng điện xuất hiện, cực dương bị tan trong chất điện phân. Thế hiệu giữa các cực càng lớn, dòng điện càng mạnh và sự ăn mòn càng nhanh.

b. Các biện pháp phòng gỉ

* Biện pháp cấu tạo khi thiết kế :

- Chọn dùng loại tiết diện chống ăn mòn cao : cao nhất là tiết diện ống, tới 2 lần so với tiết diện thép góc. Dầm tiết diện hộp chống ăn mòn tốt hơn dầm I

- Tiết diện bụng đặc chống ăn mòn tốt hơn tiết diện rỗng.

- Tận dụng áp dụng nguyên tắc tập trung vật liệu : tăng bước kết cấu lên để làm tiết diện cấu kiện lớn hơn, thành dày hơn. Đưa đến khả năng chống ăn mòn tốt hơn, giảm lượng sơn bảo vệ.

- Chọn dùng loại vật liệu chống gỉ cao, ví dụ thép hợp kim thấp.

- Tìm các giải pháp cấu tạo để cấu kiện không tích bụi, tích ẩm, ví dụ đặt nghiêng dốc, tạo các lỗ thoát nước.

- Chú ý tránh để kết cấu thép thành mỏng tiếp xúc với vật liệu xây dựng có chứa thạch cao, clorua magiê, xỉ than,... vì sẽ bị ăn mòn nhanh.

* Dùng lớp bảo vệ :

- Sơn : lớp bảo vệ rẻ nhất dễ áp dụng. Kỹ thuật dùng sơn cho kết cấu thành mỏng không khác gì so với kết cấu thép thường, gồm các việc :

- Các kết cấu thành mỏng hiện đại phần lớn là dùng biện pháp mạ. Phương pháp mạ phổ thông là mạ kẽm nhúng nóng hoặc phun

lớp kẽm phủ. Việc mạ kẽm có thể thực hiện ngay từ cuộn thép tấm mỏng hoặc thực hiện sau khi kết cấu đã hoàn thành (khó đối với cấu kiện kích thước lớn). Việc phun thực hiện lên kết cấu đã lắp xong, hình dạng kết cấu có thể tùy ý. Bên ngoài lớp mạ và lớp phun thường có thêm lớp sơn bảo vệ lớp phủ nữa.

Hiện nay, hầu hết các tấm mái, tấm tường, xà gồ, dầm tường, dàn, khung của các nhà thép thành mỏng tạo hình nguội xây dựng ở nước ta đều dùng thép mạ Zinalume. Zinalume là lớp mạ hợp kim nhôm kẽm (55% nhôm, 43,5% kẽm và 1,5% silic) được thực hiện bằng phương pháp nhúng nóng liên tục, có tuổi thọ gấp 4 lần lớp mạ kẽm thông thường. Vật liệu mang tên thép Zinalume là thép gốc như A792 theo ASTM hoặc G 300, G 550 theo AS 1397 của Úc được mạ Zinalume.

CHƯƠNG 2

PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN THANH THÀNH MỎNG CHỊU UỐN

2.1. MỘT SỐ ĐỊNH NGHĨA VỀ CẤU KIỆN THÀNH MỎN

Một số định nghĩa sau đây đối với cấu kiện thành mỏng.

- **Phần tử** (element): là một bộ phận của tiết diện hoặc của cấu kiện như bụng, cánh, mép, góc,..).

- **Phần tử phẳng** (flat element): là một phần tử nằm trong mặt phẳng, không có uốn, không có mép. Ví dụ phần bụng nằm giữa hai góc tiếp giáp với cánh là phần tử phẳng.

- **Góc uốn** (bend) : có hình cung tròn, tỉ lệ bán kính trong trên bề dày nhỏ hơn hay - bằng 8 ($r/t \leq 8$).

- **Phần tử cong** (arched element) : phần tử cong hình cung tròn hay parabol có tỉ lệ bán kính trong trên bề dày lớn hơn 8 ($r/t > 8$).

- **Phần tử nén được tăng cứng** (stiffened compression element) : phần tử phẳng có hai cạnh song song với chiều nội lực được tăng cứng bằng sườn hay bằng phần tử khác. Ví dụ bản bụng được tăng cứng ở hai cạnh trên dưới bằng hai bản cánh.

- **Phần tử nén không được tăng cứng** (unstiffened compression element): phần tử phẳng chỉ có một cạnh song song với chiều nội lực là được tăng cứng bằng sườn hay bằng phần tử khác. Ví dụ bản cánh của tiết diện chữ C.

- **Phần tử nén được tăng cứng nhiều lần** (multiple stiffened compression element): phần tử nén ở giữa hai bản bụng hoặc giữa bản bụng và một mép cứng và được tăng cứng bằng các sườn trung gian song song với chiều nội lực. Mỗi phần tử phẳng nằm giữa các sườn được gọi là phần tử con.

- **Sườn** (stiffener)

+ Sườn biên (edge stiffener) : phần tử được tạo hình tại mép của

phần tử phẳng.

+ *Sườn trung gian* (intermediate stiffener) : phần tử được tạo hình giữa các mép của phần tử nên được tăng cứng nhiều lần.

- ***Bề rộng phẳng*** (flat width) : bề rộng của phần phẳng của phần tử, không gồm các đoạn cong. Bề rộng phẳng được đo từ cuối góc cong hoặc đo từ tim của vật liên kết (bulông hay hàn).

- ***Bề dày*** (thickness) : bề dày của tấm kim loại gốc, không kể lớp phủ bảo vệ. Khi cán nguội, bề dày thực tế có giảm đi 1 ~ 2 % nhưng sẽ bỏ qua không xét trong tính toán.

- ***Bề rộng hữu hiệu*** (effective width): khi tỉ số bề rộng phẳng và bề dày b/t của phần tử nén quá lớn, một bộ phận bản bị mất ổn định. Bản phẳng khi đó được tính chuyển về bản có bề rộng b_e gọi là bề rộng hữu hiệu. Bề rộng này coi như không bị mất ổn định, có thể chịu được ứng suất nén đạt giới hạn chảy. Trong tính toán các đặc trưng hình học của tiết diện, sẽ chỉ dùng bề rộng này mà không dùng bề rộng thực b .

2.2. CƠ SỞ TÍNH TOÁN KẾT CẤU THÀNH MỎNG

Thanh thành mỏng chia làm hai loại: thanh tiết diện hở và thanh tiết diện kín. Sự làm việc của chúng khác với sự làm việc của các thanh đặc thông thường ở các điểm sau:

- Định luật tiết diện phẳng chỉ được áp dụng hạn chế với một số trường hợp tải trọng. Nói chung có sự vênh của tiết diện.

- Khi chịu xoắn sẽ xuất hiện ứng suất phụ pháp tuyến và tiếp tuyến rất đáng kể.

Thanh tiết diện kín làm việc không khác với thanh đặc bình thường. Sự phân bố ứng suất pháp tương tự; giả thiết tiết diện phẳng được nghiệm đúng; khi xoắn không có ứng suất pháp phụ thêm.

2.2.1. Đại cương về phương pháp thiết kế

a. Phương pháp ASD của Quy phạm AISI1996

b. Phương pháp LRFD của AISI 1996

c. Phương pháp thiết kế theo trạng thái giới hạn của AS 4600

Nguyên tắc cơ bản: Phương trình cơ bản của thiết kế theo trạng thái giới hạn về chịu lực là:

$$S^* \leq \Phi R_u$$

2.2.2. Phương pháp đường trung bình để tính đặc trưng hình học của tiết diện

Khi bề dày tiết diện là không đổi, có thể dùng phương pháp đường trung bình để tính các đặc trưng của tiết diện một cách gần đúng nhưng khá chính xác. Tiết diện với bề dày t được thay bằng một đường đi qua trục các phần tử, các phần tử được thay bằng các đoạn thẳng hoặc cong. Bề dày t coi như là đơn vị nên không có mặt trong các công thức tính toán. Sau khi tính toán xong, các đặc trưng hình học sẽ được nhân với t để thành trị số thực. Khi tính các đặc trưng hình học, các đại lượng bậc cao của t như t^2 , t^3 đều được bỏ qua.

2.2.3. Bề rộng hữu hiệu của cấu kiện nén

a. Định nghĩa

Bề rộng hữu hiệu (effective width): khi tỉ số bề rộng phẳng và bề dày b/t của phần tử nén quá lớn, một bộ phận bản bị mất ổn định. Bản phẳng khi đó được tính chuyển về bản có bề dày b_e gọi là bề rộng hữu hiệu. Bề rộng này coi như không bị mất ổn định, có thể chịu được ứng suất nén đạt giới hạn chảy.

b. Sự mất ổn định cục bộ của tấm chịu nén

Giá trị của ứng suất nén tới hạn tức là ứng suất gây oằn tấm đã được xác định bởi các công trình nghiên cứu kinh điển của Timoshenko, Bleich v.v. và được viết dưới dạng:

$$f_{cr} = \frac{k\pi^2 E}{12(1-\pi^2)(b/t)^2} \quad ; \quad \frac{b_e}{b} = \sqrt{\frac{f_{cr}}{f_y}}$$

Phương trình này do Von Karman đề xuất được dùng để tính bề rộng hữu hiệu của các phần tử thành mỏng.

c. Tấm được tăng cứng chịu nén đều

Cấu kiện thành mỏng thực tế có nhiều khiếm khuyết về kích thước, về chế tạo và còn ứng suất dư sau khi chế tạo. Qua nhiều thí nghiệm ta có công thức:

$$\frac{b_e}{b} = \sqrt{\frac{f_{cr}}{f_y} \left(1 - 0,22 \sqrt{\frac{f_{cr}}{f_y}} \right)}$$

Phương trình này cũng được cả cho trường hợp ứng suất nhỏ hơn ứng suất chảy.

Quy phạm AS 4600 ta có công thức dưới dạng : $b_e = \rho b$

Trong đó b là bề rộng phẳng, ρ là hệ số bề rộng hữu hiệu tính bằng:

$$\rho = \frac{\left(1 - \frac{0,22}{\lambda} \right)}{\lambda} \leq 1,0$$

λ là số hạng thể hiện độ mảnh của tấm tại ứng suất f^* được định nghĩa là :

$$\lambda = \frac{1,052}{\sqrt{k}} \left(\frac{b}{t} \right) \sqrt{\frac{f^*}{E}}$$

Hệ số k bằng 4 đối với phân tử được tăng cứng theo hai cạnh dọc. Khi $\lambda \leq 0,673$, $\rho = 1$ nghĩa là $b_e = b$.

d. Phần tử được tăng cứng chịu ứng suất biến đổi tuyến tính

Bề rộng hữu hiệu ở vùng ứng suất nén lớn được xác định bằng công thức:

$$b_{e1} = \frac{b_e}{3 - \Psi}$$

Bề rộng hữu hiệu ở vùng ứng suất nén nhỏ được xác định bằng công thức :

$$b_{e2} = b_e/2 \quad \text{khi } \Psi \leq -0,236 \quad \text{và} \quad b_{e2} = b_e - b_{e1} \quad \text{khi } \Psi \geq -0,236$$

Ψ thể hiện sự phân bố ứng suất: $\Psi = f^*_2/f^*_1$

với f^*_1 và f^*_2 là ứng suất của bản bụng được tính với tiết diện

hữu hiệu. f^*_1 là nén (dấu +), f^*_2 là kéo (dấu -) hoặc nén. Khi cả hai với f^*_1 và f^*_2 đều là nén thì với $f^*_1 \geq f^*_2$.

$$k = 4 + 2(1-\psi)^3 + 2(1-\psi)$$

Nếu $b_{e1} + b_{e2}$ lớn hơn vùng nén thì bụng là hữu hiệu hoàn toàn.

e. Phần tử không được tăng cứng

Khi phần tử này chịu nén đều hệ số k là 0,43. Trạng thái sau tới hạn, phần mép tự do bị oằn, ứng suất phân phối lại, lớn nhất ở vào phía có tựa. Bề rộng hữu hiệu b_e lấy $k = 0,43$.

Khi phần tử chịu ứng suất phân bố tuyến tính. Phụ lục F của Quy phạm AS 4600:2005 cho các công thức để xác định bề rộng hữu hiệu đối với trường hợp này. Các công thức này tính theo tỉ số ψ của các ứng suất tính trên toàn bộ tiết diện nguyên, do đó không phải tính lặp làm đơn giản nhiều.

g. Phần tử chịu nén đều, có một sườn biên

Sườn biên có thể là:

- Sườn biên đơn giản, chỉ có một góc uốn và một đoạn mép thẳng.
- Sườn biên hình uốn, được tạo thành những hình cong kín để tăng độ cứng.

1- Trường hợp 1 khi $\frac{b}{t} \leq \frac{S}{3}$

Với S là hệ số độ mảnh

$$S = 1,28 \sqrt{\frac{E}{f^*}}$$

Phần tử là hoàn toàn hữu hiệu : $b_e = b$

$$d_{se} = \rho d$$

$$d_s = d_{se}$$

d_s là chiều dài hữu hiệu chiết giảm của sườn, được dùng để tính đặc trưng hình học của toàn tiết diện cấu kiện.

2 - Trường hợp 2 khi $\frac{S}{3} < \frac{b}{t} < S$

Sườn biên phải có độ cứng I_a để có thể trở thành gối tựa cho phần tử, để phần tử làm việc như phần tử được tăng cứng. Độ cứng yêu cầu:

$$\frac{I_a}{t^4} = 399 \left[\left(\frac{b}{t} \right) \frac{1}{S} - \sqrt{\frac{k_u}{4}} \right]^3$$

Momen quán tính của bản thân sườn đối với trục trọng tâm của nó song song với phần tử

$$I = \frac{d^3 t \sin^2 \theta}{12}$$

Nếu $I_s \geq I_a$ và mép sườn không quá dài ($d_1/b \leq 0,25$) thì phần tử là hữu hiệu hoàn toàn, ngược lại khi mép sườn quá dài ($d_1/b > 0,25$) thì phần tử có thể không còn hữu hiệu hoàn toàn và ứng suất sẽ phân bố không đều.

Bề rộng hữu hiệu của phần tử vẫn tính theo công thức

$$b_e = \rho b$$

$$k = C_2^n (k_a - k_u) + k_u$$

Chiều dài của mép được dùng để tính toán cho toàn tiết diện là:

$$d_s = C_2 d_x \leq d_x$$

3 - Trường hợp 3 khi $b/t \geq S$

Độ cứng yêu cầu đối với sườn biên:

$$\frac{I_a}{t^4} = \left[\frac{115 \left(\frac{b}{h} \right)}{S} \right] + 5$$

Các đại lượng b_e , k , C_1 , C_2 , d_s được tính như đối với trường hợp 2 nhưng lấy $n=1/3$ hay 0,333.

Các trường hợp khác như phần tử có sườn trung gian, sườn

biên tạo hình, v.v... được cho trong quy phạm AS 4600.

h. Phần tử chịu nén đều, có một sườn gia cường

i. Phần tử chịu nén đều, có nhiều sườn gia cường

2.3. TÍNH TOÁN CẤU KIỆN CHỊU UỐN

2.3.1. Tính toán cấu kiện về độ bền và độ võng

a. Tính toán về bền

Công thức chung tính toán về bền và ổn định của cấu kiện chịu uốn là $M^* \leq \phi_b M_s$

$$M^* \leq \phi_b M_b$$

b. Tính khả năng chịu momen danh nghĩa của tiết diện M_s

Công thức tính khả năng chịu mômen danh nghĩa của tiết diện M_s :

$$M_s = Z_e f_y$$

c. Tính độ võng

Trình tự tính toán có thể như sau :

- Giả thiết một ứng suất thiết kế f_d^* nào đó, ví dụ từ 0,5 đến 0,66 của f_y tùy theo mômen tính độ võng ;

- Tính các đặc trưng và mô đun chống uốn S_e của tiết diện hữu hiệu ;

- Tính trở lại ứng suất $f = M/S_e$ nếu trùng với ứng suất giả thiết thì được. Nếu không thì dùng giá trị f để tính lập lại cho đến khi kết quả hội tụ.

- Tính độ võng theo mômen quán tính của tiết diện hữu hiệu.

2.3.2. Cường độ chịu oằn bên do uốn xoắn

a. Sự oằn bên do uốn - xoắn

b. Tính cường độ chịu oằn uốn - xoắn theo AS 4600

Khả năng chịu mômen danh nghĩa của cấu kiện M_b của các đoạn không được giằng, có tiết diện đối xứng đơn, đối xứng kép và đối xứng qua tâm, khi làm việc chịu oằn uốn- xoắn được tính bằng công thức :

$$M_b = Z_c \left(\frac{M_c}{Z_f} \right)$$

Công thức này đã xét đến sự mất ổn định cục bộ các các phần tử của tiết diện dầm.

M_c được tính theo các công thức dưới đây, tùy thuộc vào trị số λ_b là một tỉ số thể hiện quan hệ giữa ứng suất tới hạn và ứng suất chảy hoặc nói cách khác, quan hệ giữa mômen tới hạn đàn hồi M_0 và mômen chảy M_y ,

$$\lambda_b = \sqrt{\frac{M_y}{M_0}}$$

$$\text{Khi } \lambda_b \leq 0,60 \quad M_c = M_y$$

$$\text{Khi } 0,60 < \lambda_b < 1,336 \quad M_c = 1,11M_y \left[1 - \frac{10\lambda_b^2}{36} \right]$$

$$\text{Khi } \lambda_b \geq 1,336 \quad M_c = M_y \left(\frac{1}{\lambda_b^2} \right)$$

Để tính M_0 Quy phạm dùng quy ước hệ trục như sau :

Đối với tiết diện đối xứng đơn, trục đối xứng là trục x và co chiều sao cho tâm uốn co tọa độ x_0 là âm và $y_0 = 0$.

Đối với tiết diện đối xứng đơn uốn quanh trục đối xứng và đối với tiết diện đối xứng kép uốn quanh trục x :

$$M_0 = C_b A r_0 \sqrt{f_{oy} f_{oz}}$$

Đối với tiết diện đối xứng đơn uốn quanh trục trọng tâm vuông góc với trục đối xứng.

$$M_0 = \frac{C_s A f_{ox} \left[(\beta_y / 2 + C_s \sqrt{(\beta_y / 2)^2 + r_{oi}^2 (f_{oz} / f_{ox})}) \right]}{C_m} \quad (2-58)$$

$$C_b = \frac{12,5M_{\max}}{2,5M_{\max} + 3M_3 + 4M_4 + 3M_5}$$

C_b có thể lấy bằng 1 trong mọi trường hợp. Đối với côngxon có đầu tự do không giằng hoặc đối với cấu kiện vừa chịu nén vừa chịu uốn thì C_b lấy bằng 1.

C_m là hệ số mômen hai đầu không bằng nhau :

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)$$

Tiết diện chữ I:

$$M_o = \frac{\pi^2 EC_b dI_{yc}}{l^2} \quad (2-65)$$

Tiết diện chữ Z:

$$M_o = \frac{\pi^2 EC_b dI_{yc}}{2l^2} \quad (2-66)$$

2.3.3 Sự oằn vắn

Cấu kiện được giằng bên đầy đủ thì không bị oằn bên uốn xoắn nhưng có thể bị oằn vắn. Có hai hiện tượng oằn vắn. Một là sự oằn vắn của cánh xảy ra khi cánh nén của dầm được giằng bên nhưng cánh và mép lại có thể quay tự do quanh góc nối cánh với bụng; bụng chịu uốn và cánh có thể tịnh tiến theo phương vuông góc với bụng. Hiện tượng này xảy ra đối với cánh dưới của xà gồ chịu nén khi gió bóc, trong khi xà gồ được giằng để không oằn uốn xoắn. Một cách oằn khác, được AS gọi là oằn vắn bên, khi cánh kéo được kiểm chế, còn bụng bị uốn ngang và cánh nén hầu như không xoay AS cho các công thức sau để kiểm tra sự oằn vắn.

Khả năng chịu mômen danh nghĩa M_h của cấu kiện khi chịu oằn vắn được tính bằng:

$$M_b = Z_c \left(\frac{M_c}{Z_f} \right)$$

Mômen tới hạn M_c tính như sau:

a) Trường hợp oằn vắn của cánh, cánh và mép lại có thể quay tự do quanh góc nối cánh với bụng của tiết diện chữ C hoặc chữ Z :

$$\text{khi } \lambda_d \leq 0,674 \quad M_c = M_y$$

$$\text{khi } \lambda_d > 0,674 \quad M_c = \frac{M_y}{\lambda_d} \left(1 - \frac{0,22}{\lambda_d} \right)$$

b) Trường hợp oằn vắn bên, khi bụng bị uốn ngang và cánh nén đi chuyển sang bên, hầu như không xoay:

$$\text{khi } \lambda_d > 1,414 \quad M_c = M_y \left[1 - \left(\frac{\lambda_d}{4} \right) \right]$$

$$\text{khi } \lambda_d > 1,414 \quad M_c = M_y \left(\frac{\lambda_d}{4} \right)$$

Mod là mô men oằn vắn đàn hồi được tính bằng:

$$M_{od} = Z_f J_{od}$$

2.4. PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH TIẾT DIỆN HỢP LÝ CỦA THANH THÀNH MỎNG CHỊU UỐN THEO QUY PHẠM AS/NZS 4600-2005

- Bước 1: Với chiều dày không thay đổi t_0 (chọn trước) và chiều cao của sườn biên d_t (chọn trước) ta xác định được chiều cao bản bụng và chiều rộng bản cánh sao cho bề rộng bản cánh b_0 và chiều cao bản bụng h_0 là hữu hiệu hoàn toàn thỏa điều kiện $\lambda=0,673$. Diện tích tiết diện lúc này là A_0 . Kiểm tra các điều kiện làm việc của cấu kiện thành mỏng chịu uốn với tiết diện xác định như trên theo các điều kiện về độ bền, độ cứng và điều kiện ổn định theo quy phạm AS/NZS 4600-2005.

- Bước 2: Với chiều dày t_0 như trên, tiến hành thay đổi chiều cao bản bụng, chiều rộng bản cánh và chiều cao của sườn d_t . A_i là diện tích tiết diện sau khi thay đổi b , h và chiều cao của sườn d_t sao cho $A_i = A_0$. Kiểm tra các điều kiện làm việc của cấu kiện thành

mỏng chịu uốn với tiết diện này tương tự như bước 1.

- Bước 3: So sánh các điều kiện làm việc của cầu kiện thành mỏng chịu uốn các tiết diện A_1 với tiết diện A_0 . Tiết diện hợp lý là tiết diện thỏa mãn những yêu cầu theo thứ tự ưu tiên như sau:

* Tải trọng tác dụng ứng với trạng thái giới hạn về sử dụng và trạng thái giới hạn về chịu lực là lớn nhất.

* Khi cầu kiện đạt đến trạng thái tới hạn, cường độ tính toán xấp xỉ cường độ tới hạn (tận dụng tối đa khả năng làm việc của vật liệu).

* Khi cầu kiện đạt đến trạng thái tới hạn thì độ võng tính toán xấp xỉ độ võng giới hạn (tức là tận dụng tối đa khả năng làm việc của vật liệu).

* Khả năng làm việc của vật liệu ứng với trạng thái giới hạn về sử dụng xấp xỉ khả năng làm việc của vật liệu ứng với trạng thái giới hạn về chịu lực.

2.5. NHẬN XÉT

Kết quả nghiên cứu lý thuyết tính toán cầu kiện chịu uốn theo tiêu chuẩn AS/NZS 4600:2005, học viên rút ra một số nhận xét sau:

- Tiêu chuẩn dựa trên nguyên lý tính toán theo trạng thái giới hạn.
- Trong các điều kiện tính toán về bền, tiêu chuẩn có kể đến sự làm việc của vật liệu ở giai đoạn bắt đầu chảy dẻo và có xét đến khả năng dự trữ khi làm việc dẻo của cầu kiện.

- Điều kiện độ võng của dầm thép thành mỏng tạo hình nguội tương tự dầm thép thông thường. Tuy nhiên độ cứng của tiết diện được tính toán trên tiết diện hiệu quả.

- Các đặc trưng hình học của tiết diện được xác định bằng phương pháp đường trung bình.

- Chiều rộng hữu hiệu của phần tử được xác định bằng quy trình lặp.

- Các đặc trưng cơ học của vật liệu tương tự như vật liệu thép khác.

CHƯƠNG 3

VÍ DỤ TÍNH TOÁN

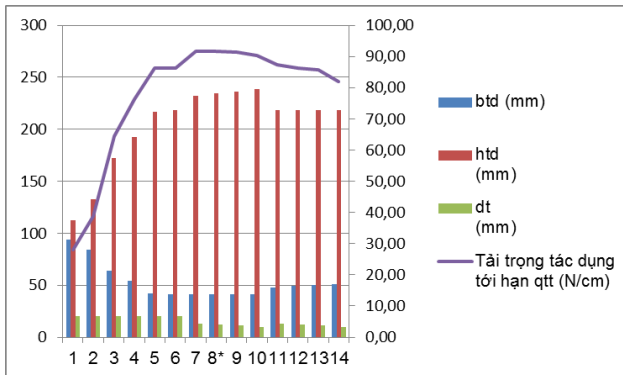
Để minh họa lý thuyết tính toán cấu kiện chịu uốn và so sánh khả năng chịu uốn của tiết diện với các kích thước khác nhau, qua đó lựa chọn được kích thước hợp lý cho tiết diện.

Trong chương này sẽ trình bày một số nội dung sau: Xét dầm đơn giản nhịp $l=3m$, chịu tải trọng phân bố đều.

3.1. BÀI TOÁN 1

+ Tính toán khả năng chịu uốn tiết diện dầm hình chữ C có sườn biên kích thước ban đầu $d_l=20mm$, chiều dày $t=2mm$ và kích thước của bản cánh, bản bụng và sườn biên thỏa mãn điều kiện $\leq 0,673$, điều kiện ổn định cục bộ và các điều kiện hạn chế theo tiêu chuẩn AS/NZS 4600:2005.

+ Khảo sát sự biến thiên khả năng chịu uốn của tiết diện chữ C có sườn biên như trên với kích thước bản bụng, bản cánh và sườn biên thay đổi (A và t không đổi).

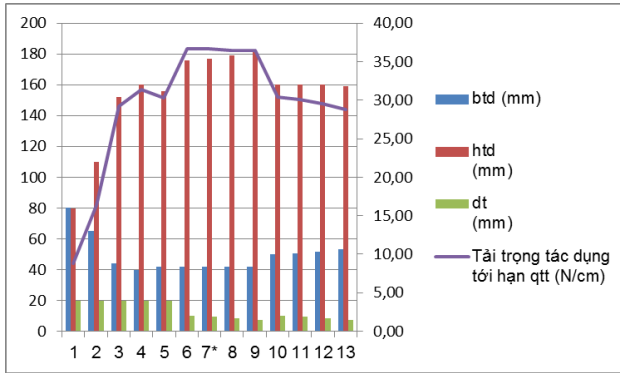


Biểu đồ biến thiên tải trọng tới hạn của tiết diện chữ C có sườn biên với $t = 1,5mm$

3.2. BÀI TOÁN 2

Tương tự như bài toán 1 với $t=1,5mm$. (Chi tiết tính toán phụ

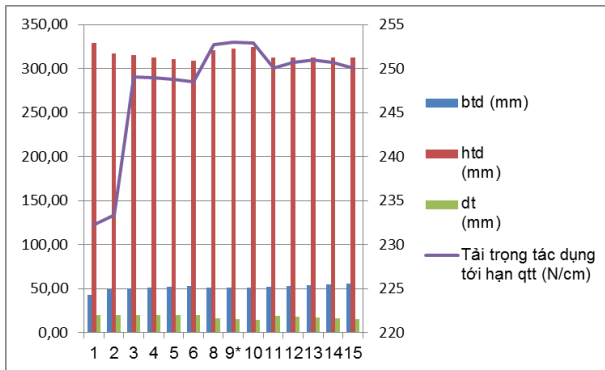
lục kèm theo)



Biểu đồ biến thiên tải trọng tới hạn của tiết diện chữ C có sườn biên với $t = 1,5\text{mm}$

3.3. BÀI TOÁN 3

Tương tự như bài toán 1 với $t=3\text{mm}$. (Chi tiết tính toán phụ lục kèm theo)



Biểu đồ biến thiên tải trọng tới hạn của tiết diện chữ C có sườn biên với $t = 3\text{mm}$

3.4. KẾT LUẬN CHƯƠNG 3

Luận văn tập trung nghiên cứu khả năng chịu uốn của dầm thép thành mỏng tạo hình nguội theo tiêu chuẩn AS/NZS 4600:2005.

Dựa trên bảng tổng hợp và biểu đồ kết quả tính toán, cho phép rút ra một số kết luận sau:

- So với kết cấu thép thông thường, kết cấu thép thanh thành mỏng tạo hình nguội có nhiều điểm khác biệt về vật liệu, cách chế tạo, lý thuyết tính toán, sự làm việc khi chịu tải trọng.

- Kết cấu thép thanh thành mỏng tạo hình nguội thì ngoài điều kiện ổn định tổng thể thì cần đặc biệt lưu ý đến các điều kiện ổn định oằn vắn và oằn bên.

- Qua khảo sát ví dụ ta rút ra một số nhận xét như sau:

* Qua khảo sát ta lựa chọn được kích thước hợp lý của tiết diện chữ C có sườn biên với độ dày lần lượt là 1,5mm; 2mm và 3mm. Cụ thể như sau:

+ Với tiết diện chữ C có sườn biên với độ dày 1,5mm :
 $btdxhtdxdt = 42 \times 177 \times 10 \text{ mm}$

+ Với tiết diện chữ C có sườn biên với độ dày 2mm :
 $btdxhtdxdt = 41 \times 235 \times 12 \text{ mm}$

+ Với tiết diện chữ C có sườn biên với độ dày 3mm :
 $btdxhtdxdt = 51 \times 323 \times 15 \text{ mm}$

* Tiết diện hợp lý có khả năng chịu lực lớn, đảm bảo sự làm việc theo các điều kiện về cường độ và điều kiện về biến dạng, tận dụng hết khả năng chịu lực của tiết diện và tiết kiệm được vật liệu.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Kết luận

- Trong phạm vi điều kiện khảo sát, đối với cấu kiện thanh thành mỏng chịu uốn thì đối với tiết diện chữ C có sườn biên, thì tỷ lệ giữa chiều rộng trên chiều cao (b/h) của tiết diện hợp lý sẽ giảm dần theo độ tăng của chiều dày tiết diện.

- Qua khảo sát, đề xuất ưu tiên tăng chiều cao tiết diện so với tăng chiều rộng để tăng cường độ tiết diện.

- Luận văn giải thích vì sao trong một số trường hợp ta lựa chọn tiết diện có kích thước không hữu hiệu hoàn toàn để thiết kế (Do nó có khả năng chịu lực cao hơn và tận dụng hết khả năng chịu lực của tiết diện và tiết kiệm được vật liệu so với tiết diện có cùng diện tích và chiều dày có kích thước hữu hiệu hoàn toàn) .

- Ứng với tiết diện chữ C có sườn biên, với chiều dày tiết diện từ 1,5mm đến 3mm thì tỷ lệ chiều rộng và chiều cao của tiết diện (b/h) nên chọn để xác định kích thước sơ bộ trong thiết kế là 0,16 đến 0,24..

- Xét trong điều kiện bài toán, đề tài giúp định hướng được hình dạng và kích thước tiết diện sơ bộ trước khi thiết kế và tính toán, sản xuất.

- Trong phạm vi khảo sát của luận văn, đối với tiết diện có chiều dày nhỏ ($t = 1,5\text{mm}$) trạng thái giới hạn về sử dụng quyết định tải trọng tới hạn của tiết diện. Đối với tiết diện có chiều dày lớn ($t=3\text{mm}$) trạng thái giới hạn về ổn định quyết định tải trọng tới hạn của tiết diện.

- Luận văn đã định hướng một phương pháp xác định kích thước và hình dạng hợp lý của tiết diện cấu kiện thanh thành mỏng chịu uốn.

2. Kiến nghị

- Trong điều kiện thực tế chưa có tiêu chuẩn Việt Nam về tính toán kết cấu thanh thành mỏng tạo hình nguội, tác giả đề xuất sử dụng tiêu chuẩn AS/NZS 4600:2005 để tính toán sự làm việc chịu uốn của dầm thép thành mỏng tạo hình nguội.

- Nghiên cứu, phát triển phương pháp xác định kích thước và hình dạng hợp lý của tiết diện cấu kiện thanh thành mỏng chịu uốn có xét đến ảnh hưởng của sườn gia cường.

- Các kết quả tính toán trong đề tài dựa trên tiêu chuẩn AS/NZS 4600:2005 với một số điều kiện giả thiết nhất định để đơn giản hóa bài toán, do vậy, kết luận đề hợp lý và sát với thực tiễn hơn thì cần nghiên cứu thêm bằng thực nghiệm và phát triển các công thức từ lý thuyết tính toán sau này.

3. Hướng phát triển đề tài

- Nghiên cứu các trường hợp chịu lực khác của cấu kiện chịu uốn như khả năng chịu cắt....

- Tính toán ổn định oằn vắn và oằn bên cho các hình dạng tiết diện chữ I, chữ Z, hình hộp và các tiết diện chưa đưa vào trong tiêu chuẩn AS/NZS 4600:2005 bằng phương pháp số học (phát triển từ lý thuyết tính toán)

- Nghiên cứu tính toán tối ưu hóa tiết diện sau khi lựa chọn được hình dạng tiết diện hợp lý.