

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC DÂN LẬP HẢI PHÒNG**

NGUYỄN DUY LINH
KHÓA 2 (2014-2016). LỚP CAO HỌC KHÓA 2

**TÍNH TOÁN ỔN ĐỊNH THANH TẠO HÌNH NGUỘI
THEO TIÊU CHUẨN ÚC**

**Chuyên ngành: KỸ THUẬT XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH
DÂN DỤNG VÀ CÔNG NGHIỆP
MÃ SỐ: 60.58.02.08**

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

Người hướng dẫn khoa học:

TS. Đỗ Trọng Quang

Hải Phòng, tháng 4 năm 2017

LỜI CẢM ƠN

Kết cấu thép thanh tạo hình nguội là loại kết cấu bắt đầu được sử dụng nhiều ở nước ta hiện nay. Từ những sản phẩm và cấu kiện thông dụng như khung mái, tấm tường, xà gồ, dầm sàn, đến nay có nhiều dạng kết cấu hoàn chỉnh như nhà một tầng, khung nhà nhiều tầng, hệ thống mái,...Nước ta có nhiều xưởng cán nguội làm ra sản phẩm và đang xây dựng một số nhà máy sản xuất cuộn thép tấm mỏng là nguyên liệu của kết cấu thanh tạo hình nguội. Có thể nói kết cấu thép thanh tạo hình nguội là một xu hướng phát triển của kết cấu thép ở nước ta trong những năm tới.

Tuy nhiên lý thuyết tính toán thiết kế loại kết cấu này ở nước ta vẫn còn khá khiêm tốn, nước ta vẫn chưa có Tiêu chuẩn thiết kế chung cho loại kết cấu này. Việc sử dụng Tiêu chuẩn Việt Nam đối với thép cán nóng TCVN 5575-2012 là hoàn toàn không phù hợp.

Thấy rõ được vai trò của việc kiểm tra, tính toán chất lượng cấu kiện thanh tạo hình nguội, và được sự quan tâm, tạo điều kiện của các thầy cô trong Khoa Xây Dựng-Trường Đại Học Dân Lập Hải Phòng, đặc biệt là sự quan tâm chỉ bảo hướng dẫn tận tình của TS. Đỗ Trọng Quang cùng với những cố gắng, em đã được giao nhận, hoàn thành bản Luận văn về Tính toán ổn định thanh tạo hình nguội theo Tiêu Chuẩn Úc AS 4600.

Do đây là lần đầu tiên, được thực hiện một đồ án nghiên cứu, với những kiến thức, khả năng và hiểu biết còn hạn hẹp, bên cạnh đó cũng gặp không ít khó khăn. Vì vậy không tránh khỏi những sai sót, và nhiều vấn đề tìm hiểu còn hạn chế rất mong các thầy cô nêu ý kiến góp ý để em có thể hiểu, tiếp thu thêm kiến thức giúp bản Luận Văn hoàn thiện hơn.

Một lần nữa, em xin chân thành cảm ơn các thầy cô trong Khoa Xây Dựng Trường Đại Học Dân Lập Hải Phòng, đặc biệt là thầy giáo Ts. Đỗ Trọng Quang đã tạo điều kiện, tận tình chỉ bảo, hướng dẫn trực tiếp, giúp em hoàn thành bản Luận văn về "Tính toán ổn định thanh tạo hình nguội theo tiêu chuẩn Úc".

EM XIN CHÂN THÀNH CẢM ƠN!

Học viên thực hiện:

NGUYỄN DUY LINH

LỜI CAM ĐOAN

Tên tôi là: Nguyễn Duy Linh.

Sinh ngày: 13/6/1984

Nơi sinh: thành phố Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh.

Nơi công tác: UBND huyện Hoàn Bô, tỉnh Quảng Ninh.

Tôi xin cam đoan Luận văn tốt nghiệp Cao học ngành Kỹ thuật xây dựng công trình dân dụng và công nghiệp với đề tài: “Tính toán ổn định thanh tạo hình ngội theo tiêu chuẩn Úc” là Luận văn do cá nhân tôi thực hiện và là công trình nghiên cứu của riêng tôi. Các số liệu, kết quả nêu trong Luận văn là trung thực và chưa từng được công bố trong bất cứ công trình nào khác.

Hải Phòng, ngày 20 tháng 4 năm 2017

Người cam đoan

Nguyễn Duy Linh

MỤC LỤC

| | |
|---|----|
| MỞ ĐẦU | 7 |
| CHƯƠNG I: TỔNG QUAN | 8 |
| 1. Khái niệm kết cấu thanh tạo hình nguội. | 8 |
| 2. Đặc điểm và phạm vi áp dụng..... | 9 |
| 3. Ưu khuyết điểm của kết cấu thép thanh tạo hình nguội..... | 10 |
| 3.1. Ưu điểm..... | 10 |
| 4. Các dạng cấu kiện tạo hình nguội. | 11 |
| 5. Chế tạo và sử dụng thanh tạo hình nguội..... | 13 |
| 5.1. Chế tạo..... | 13 |
| 5.2. Vật liệu, liên kết: | 18 |
| 5.3. Sử dụng thép thanh tạo hình nguội: | 19 |
| CHƯƠNG II CƠ SỞ TÍNH TOÁN CẤU KIỆN THANH TẠO HÌNH NGUỘI. | 22 |
| I. THIẾT KẾ THEO TRẠNG THÁI GIỚI HẠN CỦA AS 4600..... | 22 |
| II. MỘT SỐ ĐỊNH NGHĨA VỀ CẤU KIỆN THANH THÀNH MỎNG | 22 |
| 1. Phần tử (element) | 22 |
| 2. Phần tử phẳng..... | 23 |
| 3. Góc uốn (bend)..... | 23 |
| 4. Phần tử cong (arched element)..... | 23 |
| 5. Phần tử nén được tăng cứng (stiffened compression element)..... | 23 |
| 6. Phần tử nén không được tăng cứng (unstiffened compression element)..... | 24 |
| 7. Phần tử nén được tăng cứng nhiều lần (multiple stiffened compression element):..... | 24 |
| 8. Sườn (stiffener): | 25 |
| 9. Bề rộng phẳng b (flat width): | 25 |
| 10. Bề dày (thickness): | 25 |
| 11. Bề rộng hữu hiệu: | 25 |
| III. SỰ TĂNG CƯỜNG ĐỘ CỦA THÉP UỐN NGUỘI:..... | 26 |
| IV. PHƯƠNG PHÁP ĐƯỜNG TRUNG BÌNH ĐỂ TÍNH ĐẶC TRƯNG TIẾT DIỆN: | 27 |
| V. BỀ RỘNG HỮU HIỆU CỦA CẤU KIỆN: | 29 |
| 1. Sự mất ổn định cục bộ của tấm chịu nén. | 29 |

| | |
|---|-----------|
| 2. Tấm được tăng cứng chịu nén đều..... | 30 |
| 3. Phần tử được tăng cứng chịu ứng suất biến đổi tuyến tính..... | 32 |
| 4. Phần tử không được tăng cứng..... | 33 |
| 5. Phần tử chịu nén đều, có một sườn bên. | 33 |
| VI. TÍNH TOÁN CẤU KIỆN CHỊU UỐN. | 37 |
| 1. Tính toán về bền..... | 37 |
| 2. Tính toán khả năng chịu mômen danh nghĩa của tiết diện M_S | 37 |
| 3. Tính độ võng. | 38 |
| VII. TÍNH TOÁN CƯỜNG ĐỘ CHỊU OẢN BIÊN DO UỐN – XOẮN. | 39 |
| 1. Sự oản bên do uốn- xoắn..... | 39 |
| 2. Tính cường độ oản uốn – xoắn theo AS 4600. | 41 |
| VIII. MỘT SỐ BÀI TOÁN KIỂM TRA ĐỐI VỚI THANH THÀNH MỎNG TIẾT DIỆN CHỮ C. | 47 |
| CHƯƠNG III..... | 62 |
| ÁP DỤNG KIỂM TRA ĐỐI THANH THÀNH MỎNG TẠO HÌNH NGUỘI MẤT ỔN ĐỊNH (OẢN) DO XOẮN HỌC UỐN XOẮN (CỘT)..... | 62 |
| 1. Một số khái niệm:..... | 62 |
| 2. Cơ sở lý thuyết bài toán ổn định xoắn hoặc uốn xoắn đối với cột..... | 62 |
| 2.1. Đối với tiết diện không đối xứng (tâm uốn không trùng trọng tâm cột): | 64 |
| 2.2. Đối với tiết diện có 1 trục đối xứng | 65 |
| 2.3. Đối với tiết diện có 2 trục đối xứng | 66 |
| 2.4. Kiểm tra ổn định (oản) uốn xoắn cấu kiện thành mỏng theo tiêu chuẩn AS4600 (Úc) | 66 |
| 2.5. Áp dụng kiểm tra ổn định do xoắn và uốn xoắn cột thép tiết diện chữ I, cánh rộng (HFB) | 68 |
| CHƯƠNG IV | 70 |
| KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ..... | 70 |
| 1. Kết luận. | 70 |
| 2. Kiến nghị..... | 70 |
| TÀI LIỆU THAM KHẢO..... | 72 |

DANH MỤC CÁC HÌNH, CÁC BẢNG

| | | |
|------------|---|----|
| Hình 1.1 | Kết cấu một thanh tạo hình nguội | 8 |
| Hình 1.2 | Bề dày của thanh tạo hình nguội..... | 9 |
| Hình 1.3. | Các loại tiết diện uốn nguội | 11 |
| Hình 1.4. | Sự làm việc của cấu kiện thành mỏng..... | 12 |
| Hình 1.5. | Nhà xưởng làm hoàn toàn bằng cấu kiện thành mỏng tạo hình nguội | 12 |
| Hình 1.6. | Máy dập mép..... | 14 |
| Hình 1.7. | Máy ép khuôn..... | 15 |
| Hình 1.8. | Máy cán trục lăn..... | 17 |
| Hình 1.9. | Sơ đồ liên kết hàn chập áp lực sử dụng nguồn điện. | 19 |
| Hình 1.10. | Sơ đồ liên kết bu lông | 19 |
| Hình 2.1: | Góc uốn | 23 |
| Hình 2.2: | Các loại phần tử | 23 |
| Hình 2.3: | Phần tử nén được tăng cứng..... | 24 |
| Hình 2.4: | Phần tử nén không được tăng cứng..... | 24 |
| Hình 2.5: | Phần tử được tăng cứng nhiều lần..... | 24 |
| Hình 2.6: | Sườn biên | 25 |
| Hình 2.7: | Sườn trung gian..... | 25 |
| Bảng 4.1: | Các đặc trưng tiết diện của các phần tử đường trung bình hay gấp... | 27 |
| Hình 2.8. | Mất ổn định của tấm chịu nén..... | 29 |
| Hình 2.9: | Sự phân bố ứng suất sau tới hạn | 30 |
| Hình 3.10: | Phần tử được tăng cứng chịu nén đều..... | 32 |
| Hình 2.11: | Phần tử được tăng cứng và sườn biên..... | 34 |
| Hình 2.12: | Biểu đồ phân bố ứng suất trên phần tử thuộc trường hợp 1 | 35 |
| Hình 2.13: | Biểu đồ phân bố ứng suất trên phần tử thuộc trường hợp 2 | 36 |
| Hình 2.14: | Các dạng tiết diện chịu uốn..... | 38 |
| Hình 2.15: | Sự oằn bên uốn xoắn..... | 39 |
| Hình 2.16: | Momen tới hạn của cấu kiện oằn-uốn xoắn..... | 42 |
| Hình 2.18: | Kích thước hình học thép C 200 | 48 |

MỞ ĐẦU

1. Lý do chọn đề tài:

Hiện nay, thép thanh tạo hình nguội đang được sử dụng rộng rãi tại nhiều công trình dân dụng, công nghiệp ở Việt Nam. Nhiều doanh nghiệp sản xuất kết cấu thép như Jamin steel, BHP, Bluscope Lysaght hay Vinapipe... đã dần chuyển giao công nghệ từ nước ngoài và sản xuất có hiệu quả các dạng kết cấu thép thanh. Mặt khác, 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. 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... Tuy vậy, nước ta hiện vẫn chưa có tiêu chuẩn thiết kế riêng cho loại kết cấu này. Việc sử dụng tiêu chuẩn Việt Nam đối với thép cán nóng TCVN 5575-1991 là hoàn toàn không phù hợp.

Đối với cấu kiện thép thành mỏng, điều quan trọng là phải tính toán kiểm tra ổn định trong đó, mất ổn định do xoắn hoặc uốn xoắn là phức tạp và đặc trưng nhất... Đường lối chung để giải quyết đó là giải các phương trình vi phân theo lý thuyết ổn định của Timoshenko và Vlasov nhằm xác định các giá trị lực tới hạn cho các trường hợp phá hoại mất ổn định do xoắn hoặc uốn xoắn. Đồng thời để có thể áp dụng trong thực tế, người thiết kế cần lựa chọn tiêu chuẩn tính toán phù hợp. Luận văn này nghiên cứu và sử dụng tiêu chuẩn thiết kế kết cấu thép tạo hình nguội AS/NZS 4600-1996 (Úc) (viết gọn là AS4600). Điều này khá phù hợp với thực tế sản xuất kết cấu thép của rất nhiều công ty liên doanh với Úc đang hoạt động ở nước ta.

Để góp phần vào sự phát triển và phổ biến lý thuyết tính toán thanh tạo hình nguội tạo hình nguội tại Việt Nam, được sự hướng dẫn tận tình của Tiến sỹ Đỗ Trọng Quang tôi đã nghiên cứu đề tài: “Tính toán ổn định thanh tạo hình nguội theo tiêu chuẩn Úc”.

2. Phương pháp nghiên cứu:

- Nghiên cứu cơ sở tính toán cấu kiện thanh.
- Tính toán ổn định thanh tạo hình nguội theo AS 4600 và so sánh theo cách tính toán độ bền của Việt Nam.

3. Ý nghĩa đề tài:

Đề tài mang ý nghĩa thực tiễn cao, giúp học viên có cơ hội nghiên cứu, tìm hiểu và tính toán loại kết cấu mới. Tạo điều kiện cho học viên hiểu biết thêm và ứng dụng kiến thức vào trong thực tế.

CHƯƠNG I: TỔNG QUAN

KHÁI QUÁT TÌNH HÌNH CHẾ TẠO VÀ SỬ DỤNG KẾT CẤU THANH TẠO HÌNH NGUỘI TRONG XÂY DỰNG

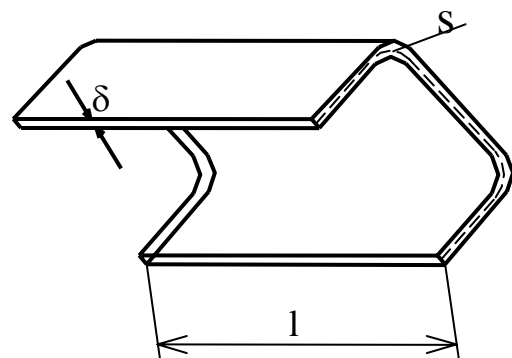
1. Khái niệm kết cấu thanh tạo hình nguội.

Kết cấu thanh tạo hình nguội là một dạng thanh theo định nghĩa trước đây, tức là nó cũng là một vật thể có kích thước theo một phương lớn hơn rất nhiều so với kích thước theo hai phương kia. Thế nhưng kích thước theo một phương trong hai phương còn lại rất nhỏ. Và thường chu vi của nó là hở, chúng ta sẽ rõ điều này khi đi vào nội dung nghiên cứu. Và kết cấu thanh tạo hình nguội có thể xem là một kết cấu đặc biệt. Kết cấu này cũng thường gặp trong ngành cơ khí, xây dựng, đặc biệt được ứng dụng trong kết cấu máy bay, tàu thủy, toa xe... Vì vậy chúng tôi cho rằng việc giới thiệu những vấn đề cơ bản của tính toán của kết cấu thanh tạo hình nguội dưới đây là cần thiết.

Ở hình 1.1 biểu diễn một thanh tạo hình nguội, thanh này có bề dày δ rất bé so với chu tuyến S (đường trung bình của mặt cắt ngang) và S này lại rất bé so với chiều dài l của thanh. Loại kết cấu thanh tạo hình nguội này có ưu việt ở

chỗ là trọng lượng nhỏ nhưng chịu lực lớn cho nên nó được sử dụng trong kết cấu máy bay, tàu thủy, ô tô, tàu hỏa, một số công trình xây dựng và cầu....

Tính toán về kết cấu thanh tạo hình nguội cũng là một chuyên đề lớn đã được một số nhà bác học như Timôsenko, Vlasôp... nghiên cứu. Đặc biệt Vlasôp không những nghiên cứu về tính toán độ bền mà còn nghiên cứu về ổn định, về dao động của các kết cấu thanh tạo hình nguội, vì đôi khi người ta còn gọi là lý thuyết của Vlasôp chúng ta làm quen với một số định nghĩa sau:



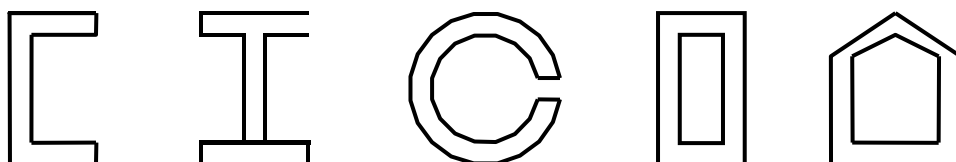
Hình 1.1

Kết cấu một thanh tạo hình nguội

- Mặt cách đều hai mặt bên của một thanh được gọi là mặt trung gian. Giao tuyến của mặt trung gian với mặt cắt ngang gọi là đường trung gian. Hình dáng của đường trung gian còn được gọi là chu tuyến của mặt cắt ngang.

- Thanh có mặt cắt ngang hở thì chu tuyến của nó là một đường hở và thanh có mặt cắt ngang là kín thì chu tuyến của nó là một đường kín.

- Bề dày δ của thanh cũng có thể không đổi hoặc thay đổi (xem hình 1.2).



Hình 1.2 Bề dày của thanh tạo hình nguội

2. Đặc điểm và phạm vi áp dụng.

Đây là một loại kết cấu thép nhẹ đã được sử dụng từ hàng chục năm ở các nước, mới được áp dụng ở Việt Nam thời gian gần đây. Kết cấu thép nhẹ khác biệt với kết cấu thép thông dụng ở những điểm cơ bản sau :

- Sử dụng các thanh thép tạo hình nguội từ các tấm thép rất mỏng (tới 1,0 mm trở lên);

- Sử dụng các loại tiết diện không có trong kết cấu thông thường như tiết diện kín, tiết diện vuông, tiết diện tròn ;

- Sử dụng các phương pháp liên kết không dùng đinh trong kết cấu thường.

Đặc điểm quan trọng nhất là sử dụng các thanh thép tạo hình nguội từ các tấm thép mỏng, sau này ta sẽ gọi là thanh thành mỏng hoặc thép hình uốn nguội. Bên cạnh các loại thép hình cán nóng thông thường, hiện nay các nước đã chế tạo rộng rãi thép hình uốn nguội. Việc sử dụng thanh thành mỏng tạo ra một cách tiếp cận khác của kết cấu thép trong mọi giai đoạn xây dựng: thiết kế, chế tạo, dựng lắp. Đó là các giải pháp kỹ thuật mới trong lĩnh vực vật liệu và công nghệ ban đầu được sử dụng trong các lĩnh vực cơ khí, hàng không, ô tô, nay mang áp dụng vào kết cấu xây dựng khiến có thể tạo nên loại kết cấu mới trọng lượng giảm nhẹ.

- Kết cấu thanh tạo hình nguội khác biệt với kết cấu thép thông dụng ở những điểm sau:

+ Sử dụng các thanh thép tạo hình nguội từ các tấm thép rất mỏng (0,3 đến 4mm)

+ Sử dụng các loại tiết diện không có trong kết cấu thông thường như tiết diện Z, C, tiết diện kín, tiết diện vuông, tiết diện tròn.

+ Sử dụng các phương pháp liên kết không dùng trong kết cấu thường.

+ Đặc điểm quan trọng nhất là sử dụng các thanh thép tạo hình nguội từ các tấm thép thành mỏng, ta sẽ gọi là thanh tạo hình nguội hoặc thép hình uốn nguội.

+ Các phần tử của cấu kiện thành mỏng đều là các tấm mỏng. Sau khi ứng suất đạt tới giá trị tới hạn, tấm bị oằn nhưng không bị phá hủy, vẫn còn khả năng chịu thêm lực. tải trọng đặt thêm vào sẽ gây ra sự phân bố lại ứng suất và cấu kiện vẫn chịu được tải trọng. Hiện tượng này gọi là sự làm việc sau tới hạn và được áp dụng nhiều cho cấu kiện thành mỏng.

- Đặc điểm làm việc của thanh tạo hình nguội tạo hình nguội:

+ Thanh tiết diện hở: khi làm việc tiết diện không phẳng, không tuân theo giả thiết tiết diện phẳng, mặt cắt ngang bị vênh. Khi chịu xoắn, phát sinh ứng suất phụ τ, σ .

+ Thanh tiết diện kín: làm việc như các thanh thông thường.

3. Ưu khuyết điểm của kết cấu thép thanh tạo hình nguội:

3.1. Ưu điểm:

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

- Dụng lắp nhanh, giảm thời gian chế tạo và lắp ráp.

- 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, bốt che lấp diện tích kính lấy sáng.

3.2. Khuyết điểm:

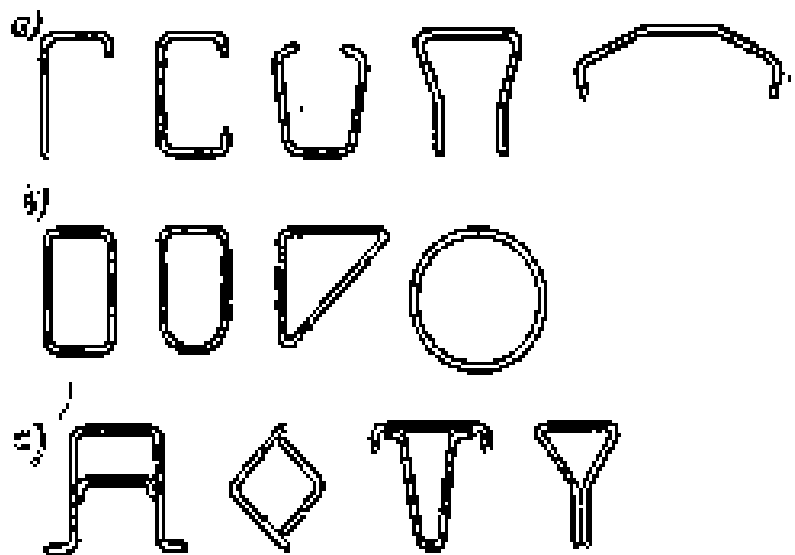
- Giá thành thép uốn nguội cao hơn thép cán nóng.

- Chi phí phòng nghỉ cao hơn, vì bề mặt của tiết diện thép lớn hơn, cần nhiều diện tích phủ.

- 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 chọn tự do nên không có bảng tính toán sẵn.

4. Các dạng cấu kiện tạo hình nguội.

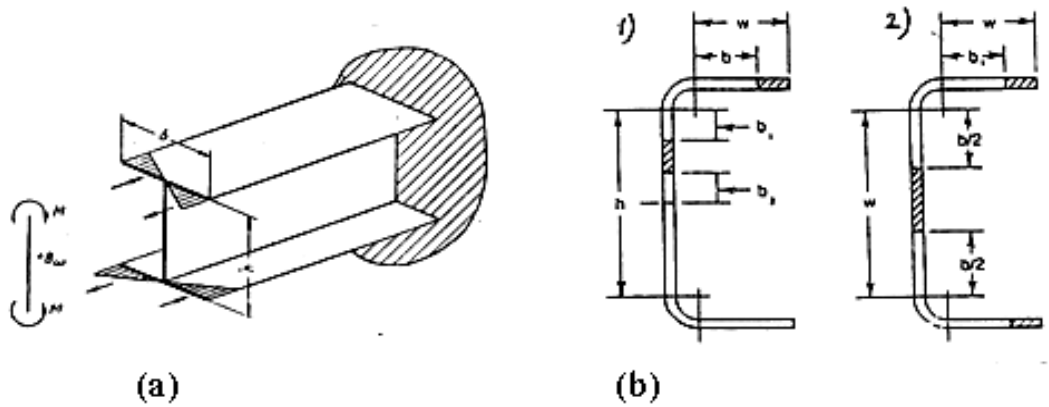
Bằng cách gập nguội, có thể tạo từ tấm thép mỏng tiết diện hình bất kì. Tiết diện được chia ra loại hở như chữ C, chữ L, chữ U và loại kín như ống, hộp. Hàn các tiết diện đơn với nhau có thể tạo nên tiết diện phức hợp. Bề dày của thành tiết diện là không đổi, trừ một số chỗ có thể là bề dày gấp đôi do gập bản thép lại. Cấu kiện dạng thanh dùng làm kết cấu chịu lực chính như cột, khung hoặc cấu kiện phụ như xà gồ, dầm tường. Cấu kiện dạng tấm dùng để làm panen mái hay tường. Kích thước các tiết diện uốn nguội được tiêu chuẩn hoá tại một số nước sử dụng nhiều.



Hình 1.3. Các loại tiết diện uốn nguội: a – Tiết diện hở; b – Tiết diện kín;
c – tiết diện phức hợp.

Xà gồ, dầm tường thường có tiết diện chữ C hoặc chữ Z. Tiết diện chữ Z thuận tiện cho việc xếp để chuyên chở. Tiết diện chữ Z cũng dễ lồng lên nhau để tăng thành tiết diện kép chịu được mômen lớn tại gối tựa của dầm liên tục. Cấu kiện thành mỏng tạo hình nguội là loại cấu kiện đặc biệt, việc tính toán hết sức phức tạp. Khi một cấu kiện thành mỏng chịu uốn hay xoắn, thường xuất hiện những ứng suất và biến dạng gây nên sự vênh của tiết diện, do một đại lượng lực tên là bimômen (Hình 1.4a). Ngoài ra, do thành mỏng, cấu kiện rất dễ mất ổn

định cục bộ tại cánh và bụng; một số bộ phận của cánh và bụng không làm việc, không được xét trong tính toán, phần còn chịu lực được gọi là tiết diện hữu hiệu và nhiệm vụ tính toán là xác định tiết diện hữu hiệu này (hình 1.4b). Nước ta chưa có quy phạm tính toán thanh thành mỏng, và thực tế rất ít kết cấu thành mỏng đã được tự thiết kế trong nước.



Hình 1.4. Sự làm việc của cấu kiện thành mỏng

a) Tiết diện bị vênh do bị mômen; b) tiết diện huux hiệu: 1- dầm; 2 - cột.

Cấu kiện thành mỏng cũng có thể dùng để làm kết cấu chính của nhà có nhịp đến 20m, số tầng 2 đến 3 tầng. Hình 1.5. thể hiện một nhà xưởng làm hoàn toàn bằng cấu kiện thành mỏng tạo hình ngưỡi đang được dựng lắp ở Việt Nam.



Hình 1.5. Nhà xưởng làm hoàn toàn bằng cấu kiện thành mỏng tạo hình ngưỡi

5. Chế tạo và sử dụng thanh tạo hình nguội:

5.1. Chế tạo.

Do đặc điểm của thanh tạo hình nguội nhẹ mà khả năng chịu lực lớn, tiết kiệm vật liệu, do vậy nhiều nước có nền công nghiệp và kỹ thuật phát triển đã nghiên cứu việc chế tạo từ vài năm trước đây ví dụ như Liên Xô (cũ), Phần Lan, Bungari, Úc, Mỹ, v v... với nhiều kiểu máy móc tạo ra nhiều hình dạng tiết diện cho phép áp dụng rộng rãi vào nhiều ngành.

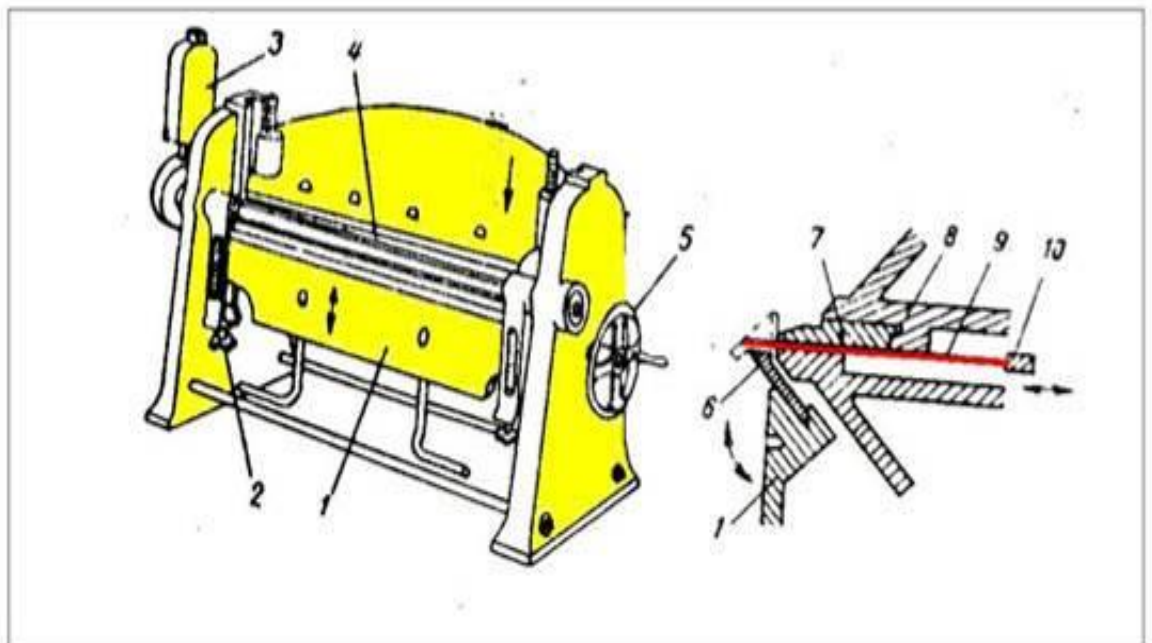
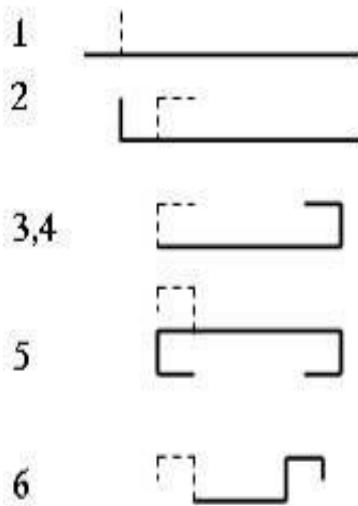
Nguyên vật liệu để tạo thành thanh tạo hình nguội là thép tấm. Máy móc chủ yếu để tạo nên thành thành mỏng là máy dập hoặc máy cán thép (cán nóng hoặc cán nguội) Qui trình dập hoặc cán được thực hiện làm nhiều bước vì tiết diện thành thường có nhiều góc và mỗi góc lại có hình dáng khác nhau.

Dùng phương pháp gia công nguội, có thể làm được cấu kiện thành mỏng mà không thể dùng phương pháp cán nóng; cấu kiện này có bề mặt nhẵn, có thể quét ngay sơn bảo vệ lên ; cường độ thép được tăng lên.

Sau đây ta xem xét cấu tạo của các máy móc và qui trình để tạo ra một số loại tiết diện, sơ đồ máy cán nguội thép tấm và các bước để tạo được hình dạng tiết diện:

a) Máy gấp mép:

Thân máy gồm hai thớt, thớt dưới gắn thước tạo hình bên dưới, thớt trên cố định gắn thước tạo hình bên trên và kẹp chặt bản thép. Thớt dưới đi lên, gấp mép và tạo góc cho bản thép. Thay đổi thước tạo hình thì tạo được các hình dạng khác nhau. Phải nhiều động tác mới tạo được hình hoàn chỉnh, ví dụ, hình máng sau đây cần 6 động tác.



Hình 1.6. Máy dập mép. 1–dầm gập đặt dưới. 2–vít chỉnh thước gập. 3–đối trọng. 4–Dầm tạo hình. 5- Bánh xe di chuyển dầm để ép bản thép. 6- Thước tạo hình dưới. 7- Thước tạo hình trên. 8- Dầm ép. 9- Bản thép. 10 – Bộ chặn.

* Cách chế tạo này có nhược điểm sau:

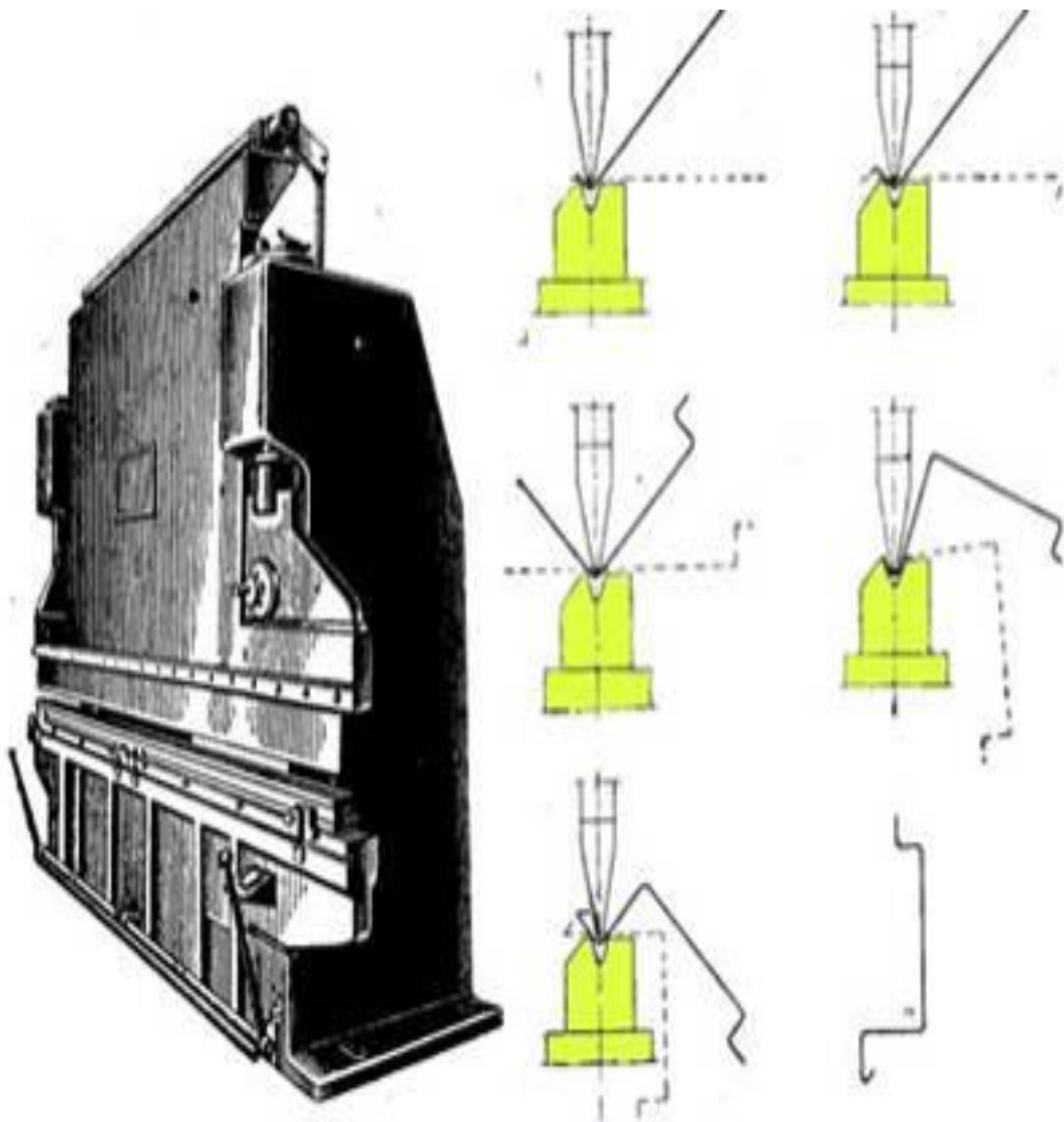
- Năng suất thấp, nhiều thao tác;
- Độ chính xác kém;
- Chỉ gập được bản thép dày không quá 3,0mm, chiều dài không quá 6,0 m.

- Đồng thời giá thiết bị rẻ, dễ có. Có thể đạt được nhiều hình dạng bằng việc thay đổi dễ dàng thước tạo hình. Công nghệ này thích hợp với việc sản xuất theo quy mô nhỏ, nhiều loại hình khác nhau.

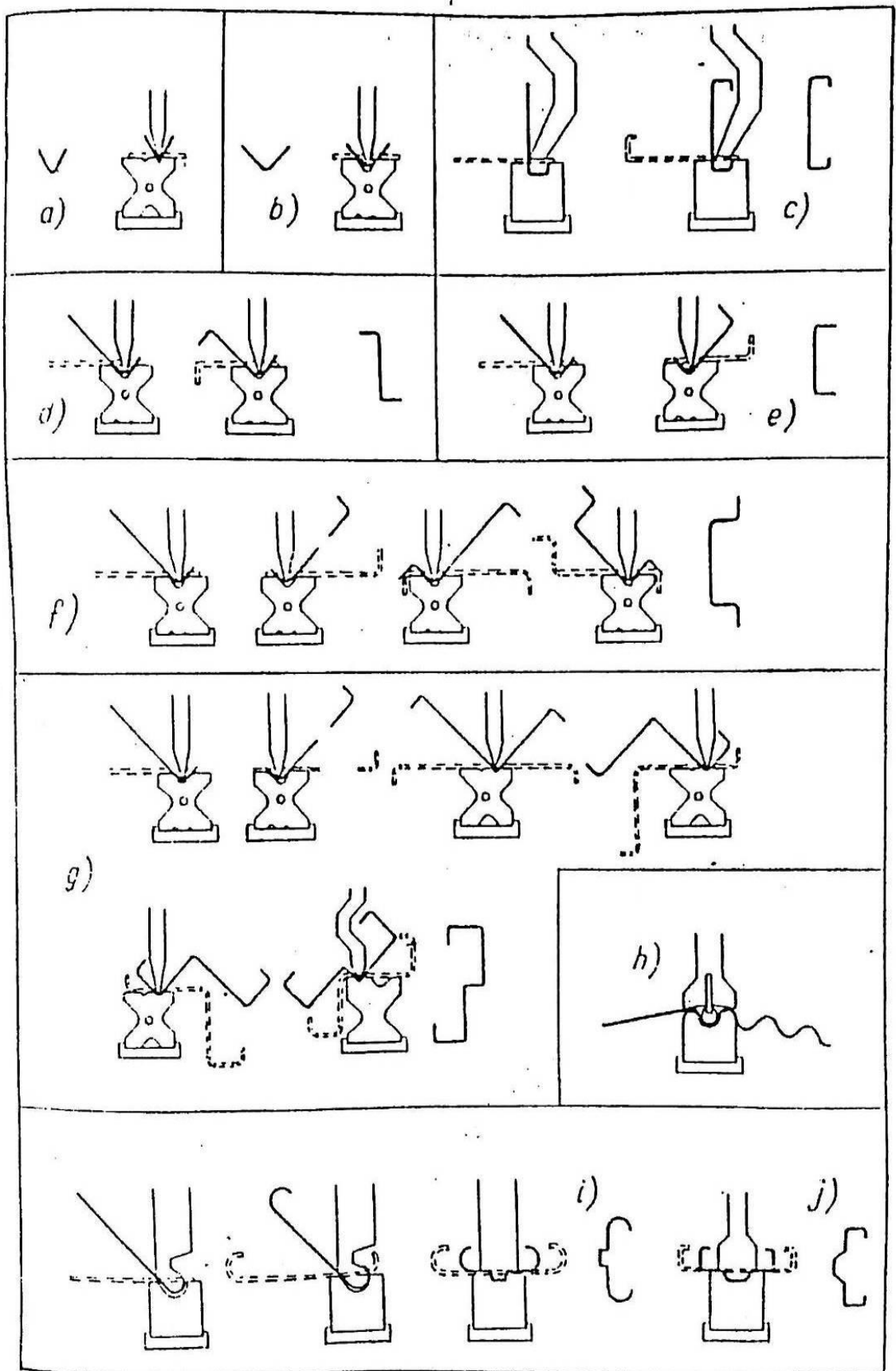
b) Máy ép khuôn : máy dùng cho dây chuyền sản xuất hàng loạt nhỏ. Máy gồm có thân máy, bàn máy, dầm ép. Khuôn cối tạo hình đặt trên bàn máy. Dầm ép ở bên trên đi xuống, có gắn chày tạo hình. Lực ép từ 40 đến 150 tấn, ép trên toàn bộ chiều dài thanh (Hình 1.7).

Phương pháp này có thể tạo được thanh dài tới 6 m, rộng 250 - 500mm, dày tới 16 mm. Bằng cách di chuyển dải thép theo chiều dài, có thể làm được thanh dài tới 12 m, tất nhiên với các sai lệch về kích thước tiết diện, về độ phẳng của mặt. Để tạo được một tiết diện, cũng phải nhiều nguyên công : mỗi lần ép chỉ tạo được một góc. Do đó năng suất thấp, khó cơ giới hoá toàn bộ.

Ưu điểm của phương pháp : thay thế các khuôn tạo hình giá rẻ, có thể tạo được nhiều hình dạng. Có lợi khi sản xuất hàng loạt nhỏ, đặc biệt hay được dùng để chế tạo các cấu kiện không điển hình.



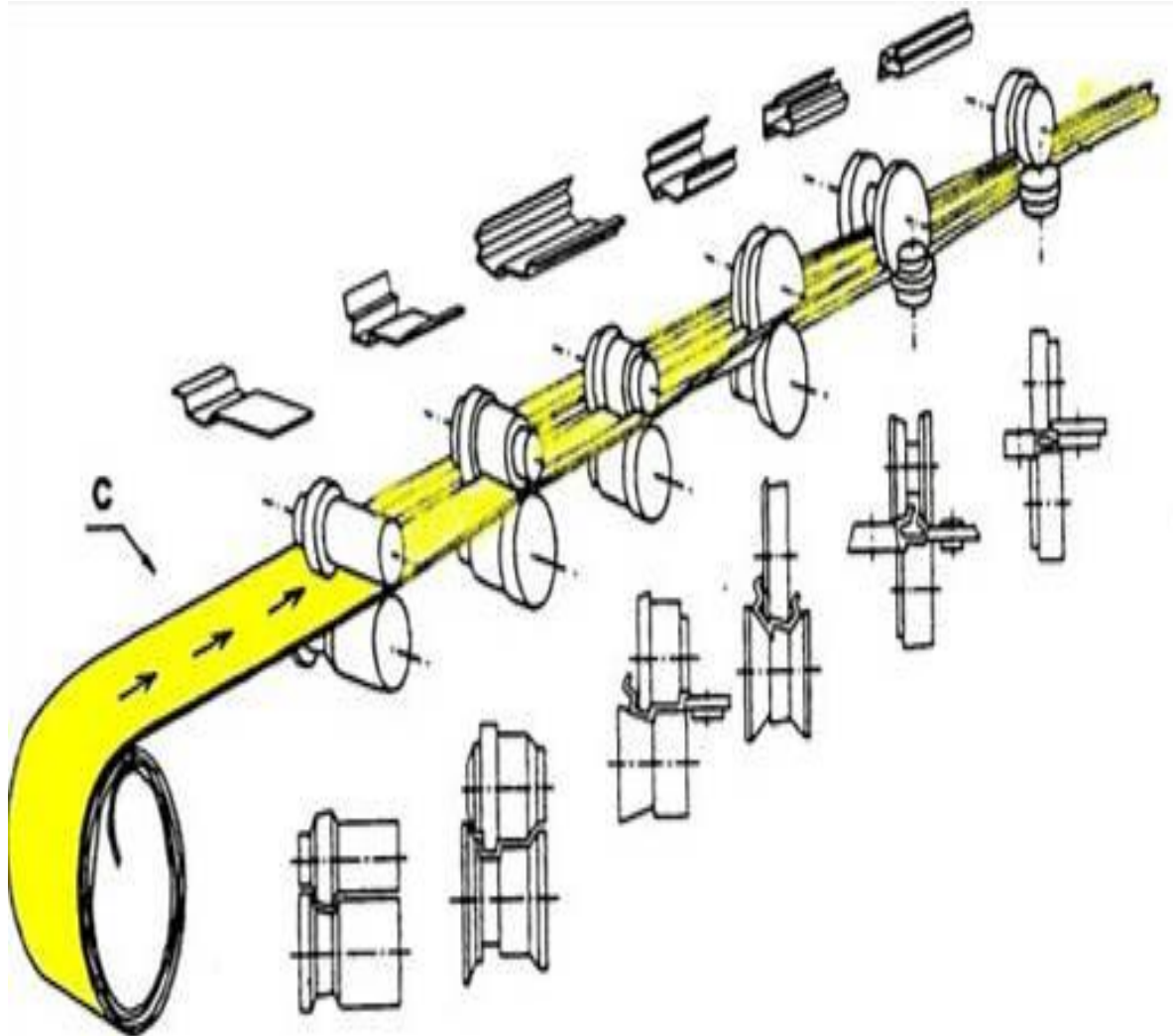
Hình 1.7. Máy ép khuôn.



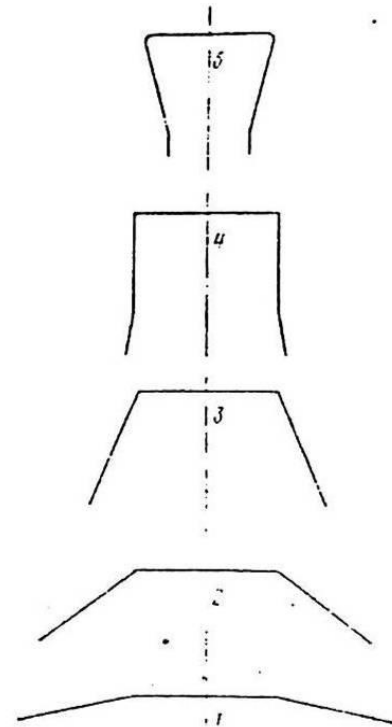
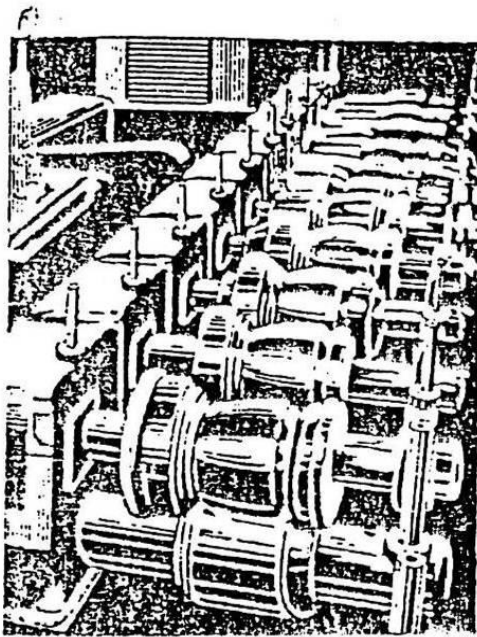
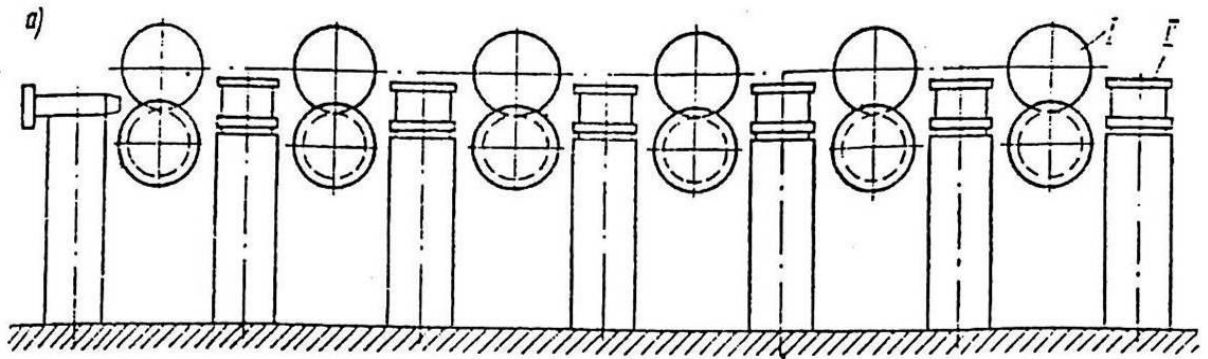
Các nguyên công để tạo nên một số loại tiết diện khác

c) Máy cán trục lăn. Đây là loại máy năng suất cao nhất, dùng ở các nhà máy luyện kim, nhà máy sản xuất hàng loạt lớn. Máy gồm một dãy các trục cán, có hình dạng khác nhau (hình 1.8). Dải thép đi qua các trục cán, dần dần được thay đổi hình dạng. Có thể cán được dải thép dày 0,3 đến 18 mm, rộng 20 đến 2000 mm. Tốc độ cán 10 đến 30 m/phút.

Loại máy có năng suất cao, sử dụng ít nhân công, mỗi năm có thể sản xuất hàng triệu mét cấu kiện. Tuy nhiên mỗi bộ trục cán chỉ dùng cho một loại tiết diện, muốn đổi tiết diện phải thay đổi trục cán, do đó giá thành cao. Hiện nay ở Việt Nam, bên cạnh các máy cán lớn của các công ty nước ngoài, nhiều công ty nhỏ trong nước cũng đã có nhiều máy cán, sản xuất hàng loạt tiết diện thành mỏng, ống có mối hàn để sử dụng trong xây dựng.



Hình 1.8. Máy cán trục lăn.



Sơ đồ máy cán thép nhiều trục và qui trình cán để tạo nên tiết diện thành mỏng từ thép tấm

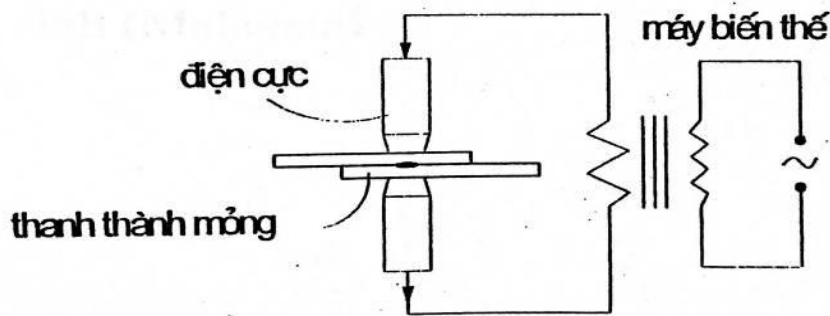
5.2. Vật liệu, liên kết:

Vật liệu: thanh tạo hình nguội thường được chế tạo từ thép tấm. Cũng có một số loại do yêu cầu về sử dụng hoặc cấu tạo, có thể được đúc trực tiếp ví dụ như ống nước chịu áp lực, dầm tiết diện chữ I, v v...

Liên kết: thanh tạo hình nguội có thể sử dụng các loại liên kết:

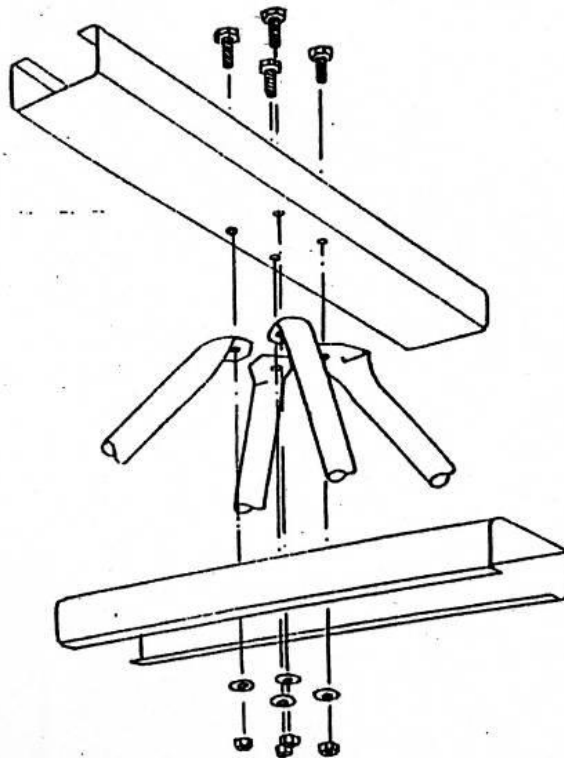
- Bắt vít: bắt vít tám mái vào xà gồ sử dụng bằng súng bắn vít, v v...
- Bu lông, đinh tán.
- Hàn hồ quang: hàn đôi đầu, hàn góc.

- Ngoài ra do đặc điểm mỏng thành nên có thể sử dụng liên kết hàn chập áp lực sử dụng nguồn điện với sơ đồ như sau (hình 1.9)



Hình 1.9. Sơ đồ liên kết hàn chập áp lực sử dụng nguồn điện.

Ví dụ về sơ đồ liên kết bu lông:



Hình 1.10. Sơ đồ liên kết bu lông

5.3. Sử dụng thép thành tạo hình nguội:

Sử dụng thép thành tạo hình nguội, đặc biệt là thanh mỏng đang ngày càng giảm trọng lượng kết cấu, tiết kiệm vật liệu nhưng không hẳn có nghĩa là kinh tế hơn. Không thể lấy tiêu chí tiết kiệm vật liệu làm tiêu chí duy nhất. Tiết diện thanh thép uốn nguội đắt hơn thép cán nguội (có thể tới 30%) vì phải dùng thép

tấm mỏng cán nóng và gia công uốn nguội. Để sử dụng hợp lý thép uốn nguội cần xét các yếu tố sau:

- Việc sản xuất thanh tạo hình nguội được thực hiện với số lượng lớn, được dùng lặp lại cho nhiều kết cấu. Dùng loại tiết diện được sản xuất với số lượng lớn rẻ hơn nhiều so với loại tiết diện được đặt làm riêng lẻ số lượng lớn.

- Giảm trọng lượng kết cấu thường làm tăng giá thành chế tạo. Giảm giá thành chế tạo bằng cách dùng dây chuyền và thiết bị hiện đại, cơ giới hóa cao.

- Kết cấu nhẹ được lắp ráp nhanh và dễ dàng. Các cấu kiện điển hình có thể được vận chuyển và lưu kho ở dạng rất gọn, tiện cho bốc xếp và lắp dựng.

- Các hãng sản xuất thanh tạo hình nguội hiện nay đều cố gắng tiêu chuẩn hóa và điển hình hóa cao độ các loại tiết diện. Một tiết diện thành mỏng có thể được áp dụng cho nhiều loại nhà có công dụng khác nhau và sơ đồ kết cấu khác nhau. Việc tiêu chuẩn hóa các cấu kiện nhẹ sẽ cho phép: giảm sự đa dạng của tiết diện, nên tăng số lượng sản xuất hàng loạt, nghiên cứu những nút liên kết thống nhất, giảm công chế tạo và lắp dựng.

Cùng với sự phát triển về chế tạo, vật liệu và liên kết, kết cấu thanh tạo hình nguội cũng được nghiên cứu để ứng dụng vào trong xây dựng. Rất nhiều loại công trình trên thế giới sử dụng kết cấu thành mỏng đã được xây dựng từ trước đến nay ví dụ như:

- Kết cấu khung vòm nhịp lớn sử dụng để làm xưởng sản xuất.

- Kết cấu vỏ trụ thép sử dụng làm nhà để hoặc sửa chữa máy bay.

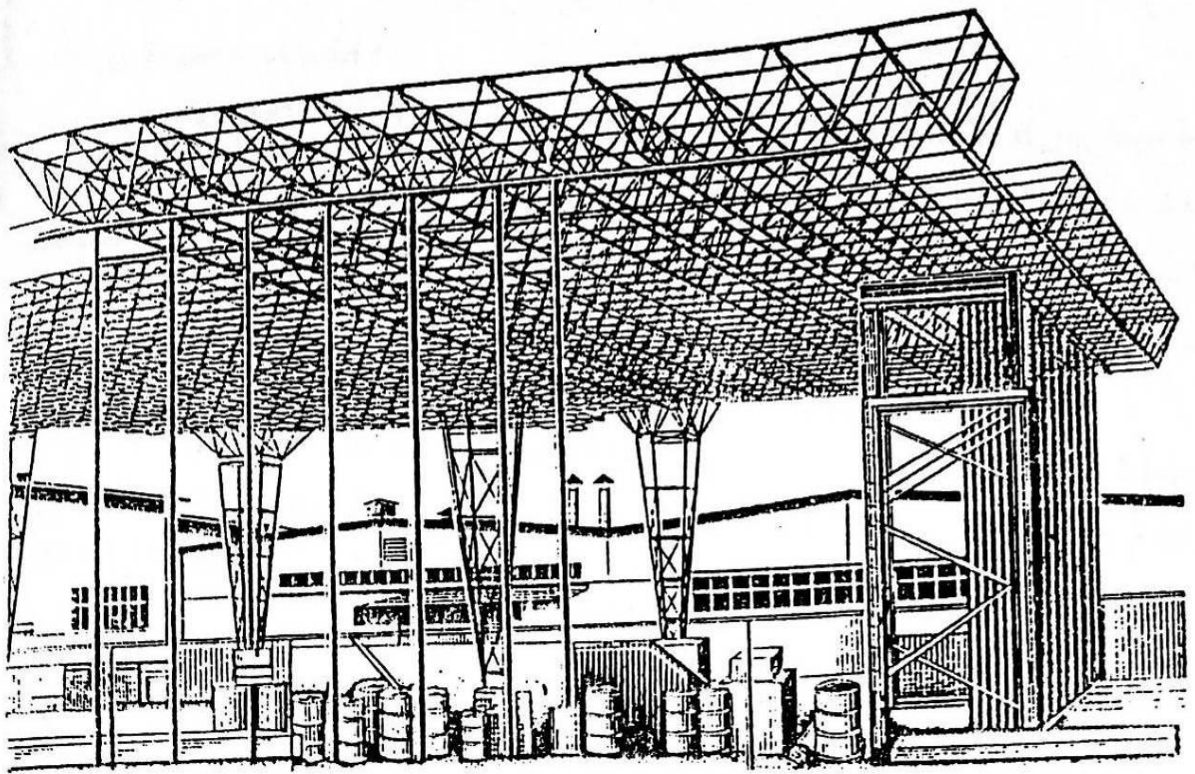
- Kết cấu dàn không gian nhịp lớn đã được sử dụng để làm nhà thi đấu trong các trường phổ thông.

- Sân vận động Châu Á (Pathumthani)

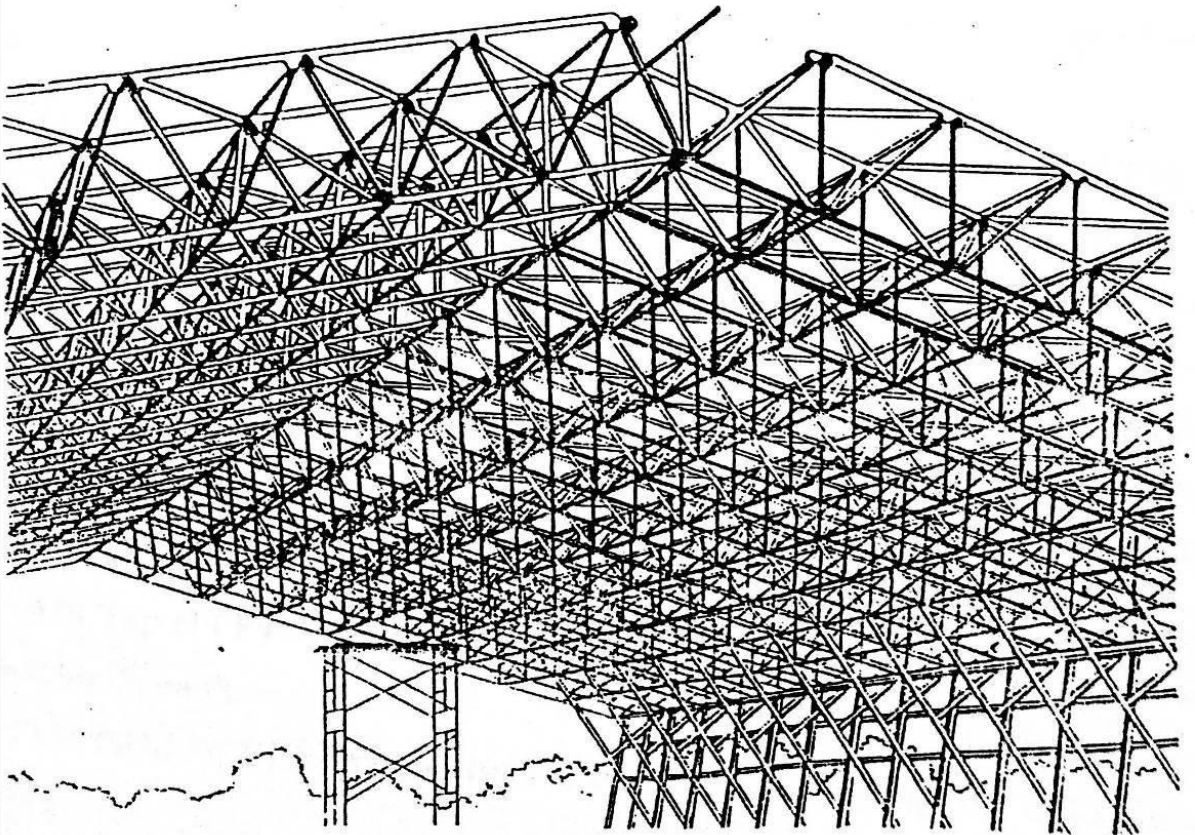
- Thư viện đại học Sunshine Coast (Úc)

- Nhà máy Thai Pure (Coke)

- Tháp Song Sinh (Malaysia)



Kết cấu dàn không gian cho các nhà máy công nghiệp.



Dàn không gian (mạng tinh thể) áp dụng đối với nhà thi đấu thể thao trong trường phổ thông trung học ở Mỹ

CHƯƠNG II

CƠ SỞ TÍNH TOÁN CẤU KIỆN THANH TẠO HÌNH NGUỘI.

I. THIẾT KẾ THEO TRẠNG THÁI GIỚI HẠN CỦA AS 4600.

Thiết kế theo trạng thái giới hạn là phương pháp thiết kế nhằm kiểm tra theo các điều kiện giới hạn ứng với tải trọng tương ứng. Hai điều kiện giới hạn cần kiểm tra là trạng thái giới hạn về chịu lực và trạng thái giới hạn về sử dụng. Trạng thái giới hạn về chịu lực là các trạng thái của sự an toàn không bị phá hủy của kết cấu như bị vượt khả năng mang tải, bị chảy dẻo, bị sập gãy, bị lật đổ, bị trượt, bị phá hoại môi, vv... Trạng thái giới hạn về sử dụng là các trạng thái mà sự đối xử của kết cấu là không đạt yêu cầu sử dụng như biến dạng lớn quá, bị rung, bị ăn mòn nhiều.

* Nguyên tắc cơ bản:

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

$$S^* = \phi \cdot R_u$$

Trong đó:

S^* = tác dụng của tải trọng thiết kế

ϕ = hệ số khả năng chịu lực

R_u : khả năng chịu lực danh nghĩa của cấu kiện hay của liên kết.

Tác dụng của tải trọng thiết kế S^* được xác định bằng phân tích kết cấu chịu tác động của tải trọng thiết kế tức là tổ hợp các tải trọng danh nghĩa tác động lên công trình có nhân thêm hệ số tải trọng tương ứng.

Khả năng chịu lực danh nghĩa R_u của cấu kiện hay của liên kết là cường độ danh nghĩa được xác định theo đặc trưng của vật liệu, kích thước danh nghĩa của cấu kiện.

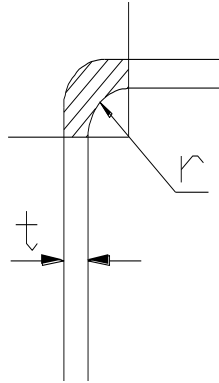
Hệ số khả năng chịu lực ϕ là hệ số được nhân với khả năng chịu lực danh nghĩa R_u để xét vấn đề cường độ thực tế của cấu kiện có thể bị giảm đi do các biến động của đặc trưng vật liệu, của kích thước và việc chế tạo cũng như sự không chắc chắn của các phương pháp tính toán. Các giá trị ϕ được cho trong bảng 6 của AS 4600.

II. MỘT SỐ ĐỊNH NGHĨA VỀ CẤU KIỆN THANH THÀNH MỎNG

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

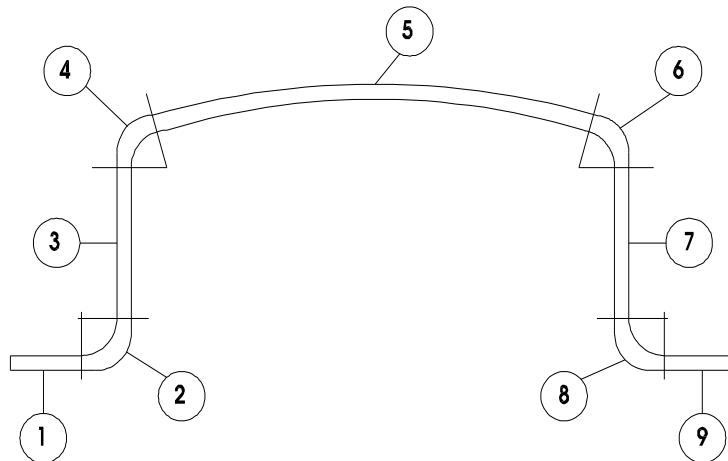
2. Phần tử phẳng (flat element): là phần tử nằm trong mặt phẳng, không có uốn, không có mép.

3. Góc uốn (bend): có hình cung tròn, tỉ lệ bán kính trong trên bề dày nhỏ hơn hay bằng 8.



Hình 2.1: Góc uốn

4. 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.



Hình 2.2: Các loại phần tử

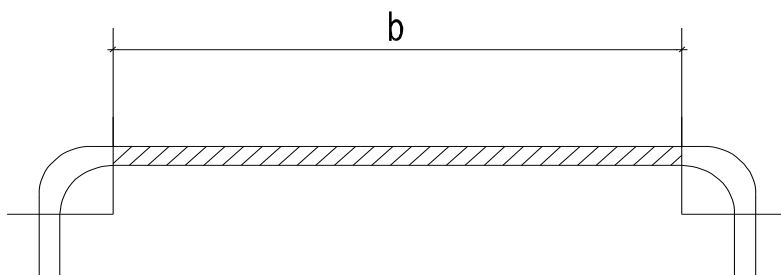
Phần tử 1,3,7,9 là phần tử phẳng

Phần tử 2,4,6,8 là góc uốn

Phần tử 5 là phần tử cong

5. Phần tử nén được tăng cứng (stiffened compression element):

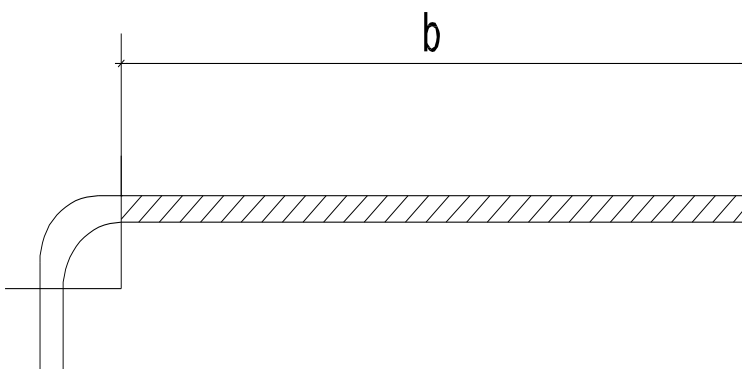
Phần tử phẳng có hai cạnh song song với chiều nội lực là được tăng cứng bằng sườn hay bằng phần tử khác. Ví dụ bản cánh của tiết diện chữ C.



Hình 2.3: Phần tử nén được tăng cứng

6. Phần tử nén không được tăng cứng (unstiffened compression element):

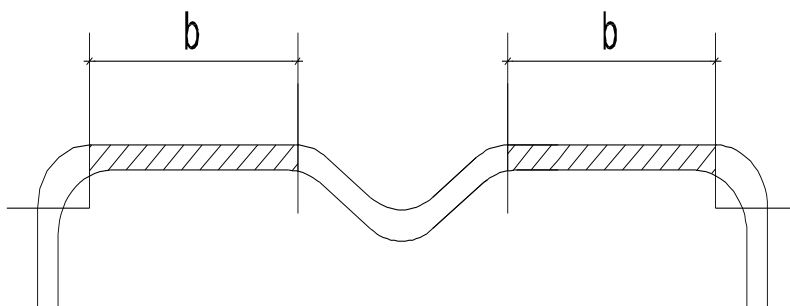
Phần tử phẳng chỉ có 1 cạnh song song với chiều nội lực là được tăng cứng bằng sườn hay bằng phần tử khác.



Hình 2.4: Phần tử nén không được tăng cứng

7. Phần tử nén được tăng cứng nhiều lần (multiple stiffened compression element):

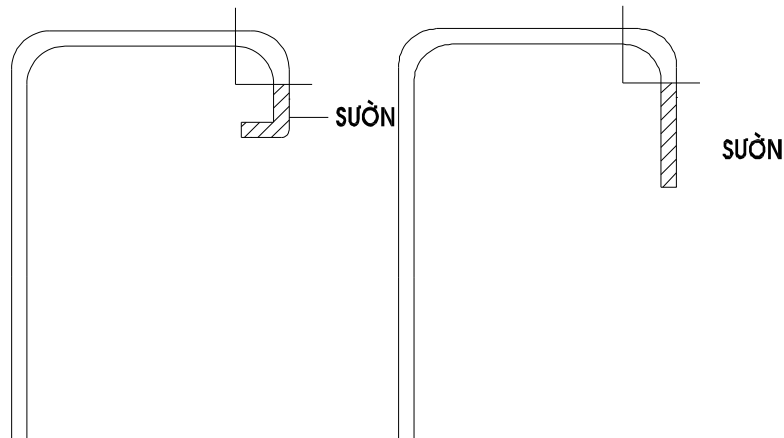
Phần tử nén ở giữa hai bản bụng hoặc giữa bản bụng và một mép cứng và được tăng cứng bằng các sườn trung gian song song với chiều nội lực. Mỗi phần tử nằm giữa các sườn được gọi là phần tử con.



Hình 2.5: Phần tử được tăng cứng nhiều lần

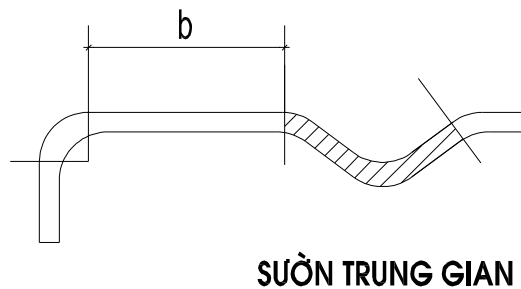
8. Sườn (stiffener):

-Sườn biên(*edge stiffener*): Phần tử được tạo hình tại mép phần tử phẳng.



Hình 2.6: Sườn biên

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



Hình 2.7: Sườn trung gian

9. Bề rộng phẳng b (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 (bu lông hay hàn).

10. Bề dày (thickness):

Bề dày của tấm kim loại góc, không kể lớp phủ bảo vệ. Khi cán nguội, bề dày thực tế có giảm đi 1% đến 2% nhưng sẽ bỏ qua không xét trong tính toán.

11. Bề rộng hữu hiệu:

Khi tỉ số bề rộng phẳng và bề dày b/t của phần tử nén quá lớn, một bộ phận bản mất ổn định. Bản phẳng khi đó được 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 ứng suất nén đạt giới hạn chảy. Trong tính toán các đặc trưng của tiết diện, sẽ dùng bề rộng b_e .

III. SỰ TĂNG CƯỜNG ĐỘ CỦA THÉP UỐN NGUỘI:

Khi bị gia công nguội, thép có hiện tượng cứng nguội: tăng giới hạn chảy, tăng giới hạn bền, giảm độ giãn. Khi uốn nguội thép, thép bị làm cứng nguội nhiều lần, cả ứng suất chảy và ứng suất bền đều tăng. Sự tăng cường độ này diễn ra không đều trên tiết diện, tùy thuộc vào dụng cụ uốn nguội. Khi dùng máy cán, biến dạng trên toàn bộ tiết diện, dù không đều. Khi dùng máy gập, chỉ có ở các góc là thay đổi nhiều nhất.

Cường độ thép sau khi gia công nguội được phép tăng lên đối với cấu kiện chịu kéo hoặc cấu kiện chịu nén hay uốn mà các bộ phận được ổn định cục bộ.

Trong tính toán thay ứng suất f_y bởi ứng suất chảy trung bình của toàn tiết diện f_{ya}

Gọi ứng suất chảy trung bình vì tiết diện gồm các phần phẳng và phần góc uốn, phần phẳng thì ứng suất chảy coi như không đổi, còn phần góc uốn thì ứng suất chảy được tăng lên và phụ thuộc góc uốn. Ứng suất chảy trung bình được tính bằng công thức:

$$f_{ya} = C f_{yc} + (1 + C) f_{yf} \quad 3-1, [AS 1.5.1.3(1)]$$

Trong đó f_{ya} là ứng suất chảy thiết kế trung bình của thép trong toàn tiết diện cấu kiện nén hoặc trong toàn bộ tiết diện cánh nén của cấu kiện uốn.

C = đối với cấu kiện nén, là tỉ số các góc uốn trên diện tích của toàn tiết diện. Đối với cấu kiện uốn, là tỉ số của các góc uốn của cánh tính toán trên toàn bộ diện tích của cánh tính toán.

f_{yc} là ứng suất chảy của góc uốn, bằng:

$$f_{yc} = \frac{B_c \cdot f_{yv}}{(r_i / t)^m} \quad 3-2, [AS 1.5.1.3(2)]$$

B_c và m là hằng số, bằng :

$$B_c = 3,69 \left(\frac{f_{uv}}{f_{yv}} \right) - 0,819 \left(\frac{f_{uv}}{f_{yv}} \right)^2 - 1,79 \quad 3-3, [AS 1.5.1.3(3)]$$

$$m = 0,192 \left(\frac{f_{uv}}{f_{yv}} \right) - 0,068$$

3-4, [AS 1.5.1.3(4)]

f_{yv}, f_{uv} là giới hạn chảy và giới hạn bền của thép nguyên chưa gia công nguội.

f_{yf} là giới hạn chảy của phần phẳng của tiết diện, lấy bằng f_{yv} .

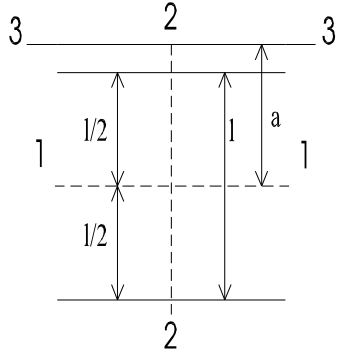
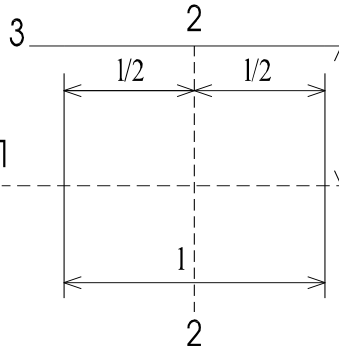
Phạm vi áp dụng các công thức trên:

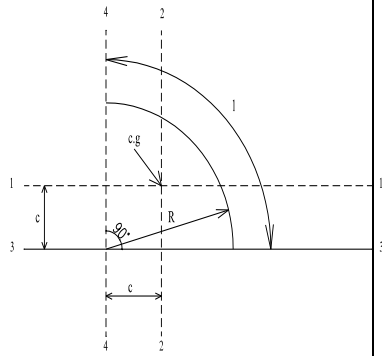
$f_{uv} / f_{yv} \geq 1,2, r_i / t \leq 7$ và góc uốn cong $\theta < 120^\circ$.

IV. PHƯƠNG PHÁP ĐƯỜNG TRUNG BÌNH ĐỂ TÍNH ĐẶC TRƯNG TIẾT DIỆN:

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

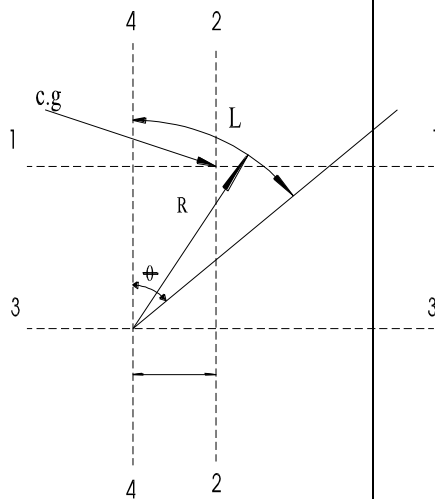
Bảng 4.1: Các đặc trưng tiết diện của các phần tử đường trung bình hay gấp

| | |
|---|--|
|  | <ul style="list-style-type: none"> • $I_1 = \frac{l^3}{12}; I_2 = 0$ • $I_3 = la^2 + \frac{l^3}{12} = l \left(a^2 + \frac{l^2}{12} \right)$ |
|  | <ul style="list-style-type: none"> • $I_1 = 0; I_2 = \frac{l^3}{12}$ • $I_3 = la^2$ |



Trường hợp 1:
 $\theta_1 = 0 \quad \theta_2 = 90^\circ$

- $l = 1,57R, c = 0,637R$
- $I_1 = I_2 = 0,149R^3$
- $I_{12} = -0,137R^3$
- $I_3 = I_4 = 0,785R^3$
- $I_{34} = 0,5R^3$



Trường hợp 2:
 $\theta_1 = 0 \quad \theta_2 = \theta$

- $l = \theta R$
- $c_1 = \frac{R \sin \theta}{\theta}$
- $c_2 = \frac{R(1 - \cos \theta)}{\theta}$
- $I_1 = \left[\frac{\theta + \sin \theta \cos \theta}{2} - \frac{\sin^2 \theta}{\theta} \right] R^3$
- $I_2 = \left[\frac{\theta + \sin \theta \cos \theta}{2} - \frac{(1 - \cos \theta)^2}{\theta} \right] R^3$
- $I_{12} = \left[\frac{\sin^2 \theta}{2} - \frac{\sin \theta (\cos \theta - 1)}{\theta} \right] R^3$
- $I_3 = \left[\frac{\theta + \sin \theta \cos \theta}{2} \right] R^3, I_4 = \left[\frac{\theta - \sin \theta \cos \theta}{2} \right] R^3$

| | |
|--|---|
| | $\bullet I_{34} = \left[\frac{\sin^2 \theta}{2} \right] R^3$ |
|--|---|

V. BỀ RỘNG HỮU HIỆU CỦA CẤU KIỆN:

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

Các phần tử của cấu kiện thành mỏng đều là các tấm mỏng, khi chịu nén thường có thể bị mất ổn định cục bộ tức là bị vênh sóng ra ngoài mặt phẳng của tấm. Giả sử xét một tấm chữ nhật cạnh $a \times b$ chịu ứng suất nén đều. Giá trị của ứng suất nén tới hạn tức là ứng suất gây oằn tấm đã được xác định bởi công trình nghiên cứu kinh điển như của Timoshenko, Bleich... và được viết dưới dạng:

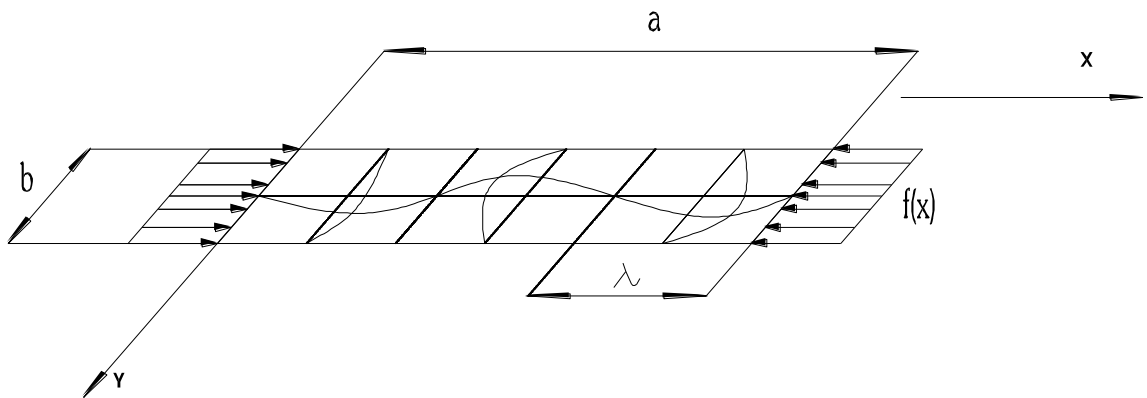
$$f_{cr} = \frac{k\pi^2 E}{12(1-\mu^2)(b/t)^2} \quad 3-5$$

Trong đó : E = mô đun đàn hồi của thép

k: hệ số tùy thuộc điều kiện gối tựa của tấm và trạng thái ứng suất.

t = hệ dày tấm

μ = hệ số poisson



Hình 2.8. Mất ổn định của tấm chịu nén

Sau khi ứng suất đạt giá trị tới hạn, tấm bị oằn nhưng không bị phá hủy vẫn còn khả năng chịu thêm lực. Tải trọng đặt thêm vào sẽ gây ra sự phân bố lại ứng suất và cấu kiện vẫn chịu được tải trọng. Hiện tượng này gọi là sự làm việc tới hạn và được áp dụng nhiều cho cấu kiện thành mỏng.

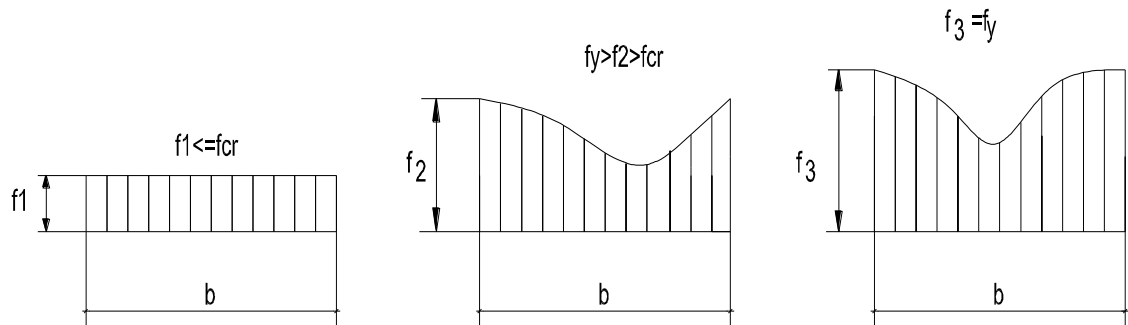
Sự phân bố lại ứng suất phụ thuộc vào sơ đồ tăng cứng của phần tử cấu kiện. giả sử xét phần tử được tăng cứng, chịu ứng suất nén phân bố đều. Sau khi ứng suất nén đạt giá trị tới hạn f_{cr} , tấm bị oằn, phần ứng suất ở giữa chuyển sang hai cạnh và có giá trị lớn hơn f_{cr} . Sự tăng ứng suất tại hai biên sẽ tiếp tục cho đến khi đạt đến giá trị ứng suất chảy f_y và tấm bị phá hủy. Tấm bị oằn có thể chuyển đổi thành một tấm có bề rộng nhỏ hơn là b_e . Sao cho ứng suất tới hạn của tấm là bằng f_y . Từ phương trình (3-5) ta được phương trình (3-6) như sau:

$$f_y = \frac{k\pi^2 E}{12(1-\mu^2)(b_e/t)^2} \quad (3-6)$$

Chia phương trình (3-5) cho (3-6) ta được phương trình (3-7):

$$\frac{b_e}{b} = \sqrt{\frac{f_{cr}}{f_y}} \quad (3-7)$$

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



Hình 2.9: Sự phân bố ứng suất sau tới hạn

2. 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 chế tạo. Do đó phương trình (3-7) cần điều chỉnh lại để xét các yếu tố nêu trên. Qua nhiều thí nghiệm, công thức (3-7) được viết dưới dạng:

$$\frac{b_e}{b} = \sqrt{\frac{f_{cr}}{f_y}} \left(1 - 0,22 \sqrt{\frac{f_{cr}}{f_y}} \right) \quad (3-8)$$

Phương trình này cũng áp dụng cho trường hợp ứng suất nhỏ hơn ứng suất chảy.

Thay ứng suất chảy f_y bằng ứng suất thiết kế f^* ta được phương trình để tính hữu hiệu.

$$\frac{b_e}{b} = \sqrt{\frac{f_{cr}}{f^*}} \left(1 - 0,22 \sqrt{\frac{f_{cr}}{f^*}} \right) \quad (3-9)$$

f^* là ứng suất thiết kế tức là ứng suất gây bởi tải trọng có hệ số trên tiết diện hữu hiệu.

Quy phạm AS 4600 viết lại công thức (3-9) dưới dạng:

$$b_e = \rho b \quad (3-10), [AS 2.2.1.2.(2)]$$

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

$$\rho = \sqrt{\frac{f_{cr}}{f^*}} \left(1 - 0,22 \sqrt{\frac{f_{cr}}{f^*}} \right)$$

$$\rho = \left(\frac{1 - \frac{0,22}{\lambda}}{\lambda} \right) \quad (3-11), [AS 2.2.1.2.(3)]$$

Trong đó:

$$\lambda = \sqrt{\frac{f^*}{f_{cr}}} = \sqrt{\frac{\frac{f^*}{k \pi^2 E}}{12(1 - \mu^2)(b/t)^2}}$$

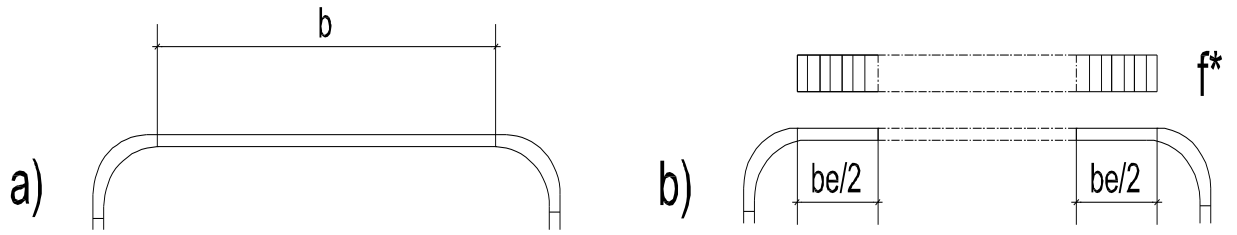
$$\lambda = \frac{1,052}{\sqrt{k}} \left(\frac{b}{t} \right) \sqrt{\frac{f^*}{E}} \quad (3-12), [AS 2.2.1.2.(4)]$$

Trong đó:

Hệ số k bằng 4 đối với phần tử được tăng cứng theo hai cạnh dọc

Mô đun đàn hồi E như trên đã nói được lấy bằng 200 000 MPa hay 20000 KN/cm²

Khi $\lambda \leq 0,673$, $\rho = 1$ nghĩa là $b_e = b$.



Hình 3.10: Phần tử được tăng cứng chịu nén đều

a) Phần tử thực; b) Phần tử hữu hiệu

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

Phần tử này ví dụ là bụng dầm chịu uốn hoặc nén. Ứng suất pháp có thể nén và kéo hoặc nén toàn bộ. Ứng suất tới hạn trong trường hợp uốn đơn vẫn theo công thức (3-5) trong đó hệ số k của tấm dài là 23,9 khi tựa khớp và 41,8 khi tựa ngàm. Thực tế thì phức tạp hơn nhiều vì gối tựa của tấm là ngàm đàn hồi và ngoài ra k còn phụ thuộc vào sự phân bố của ứng suất nén. Các công thức của quy phạm đều dựa chủ yếu vào thực nghiệm.

Xét 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:

$$b_{e1} = \frac{b_e}{3 - \psi} \quad 3-13, [AS 2.2.3.2(1)]$$

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

$$b_{e2} = b_{e2}/2 \quad \text{khi } \psi \leq -0,236 \quad 3-14, [AS 2.2.3.2(2)]$$

$$\text{và} \quad b_{e2} = b_e - b_{e1} \quad \text{khi } \psi > -0,236 \quad 3-15, [AS 2.2.3.2(3)]$$

Trong đó ψ thể hiện sự phân bố ứng suất:

$$\psi = \frac{\psi_2^*}{\psi_1^*} \quad 3-16, [AS 2.2.3.2(5)]$$

Với f_1^* và f_2^* là ứng suất của bản bụng được tính với diện tích hữu hiệu f_1^* là nén (dấu+), f_2^* là kéo (dấu -) hoặc nén. Khi cả hai đều là nén thì f_1^* lớn hơn hay bằng f_2^* . b_e được tính theo công thức (3-10), (3-11), và (3-12) trong đó f^* được thay bằng f_1^* và hệ số k được tính bằng công thức:

$$k = 4 + 2(1 - \Psi)^3 + 2(1 - \psi) \quad 3-17, [AS 2.2.3.2(4)]$$

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

4. Phần tử không được tăng cứng

Khi phần tử này chịu nén đều, nó làm việc như một tấm dầm tựa ba cạnh còn một cạnh dài tự do, ứng suất tới hạn vẫn được tính theo công thức (3-5) nhưng hệ số k là 0,43. Trạng thái sau tới hạn phần mép sau bị oằn, ứng suất phân phối lại lớn nhất ở phía có tựa. Bề rộng hữu hiệu cũng được tính theo các công thức (3-10), (3-11) và (3-12), nhưng $k=0,43$.

Khi phần tử chịu ứng suất phân bố tuyến tính, sự có mặt ứng suất kéo sẽ làm tăng độ ổn định của phần tử và bề rộng hữu hiệu tăng lên. Phụ lục F của quy phạm AS 4600 cho các công thức để xác định bề rộng hữu hiệu đối với trường hợp này. 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.

5. Phần tử chịu nén đều, có một sườn bên.

Sườn bên có nhiệm vụ tạo gối tựa cho phần tử, làm phần tử trở thành phần tử được tăng cứng, do đó tăng ứng suất tới hạn. Nếu sườn bên không đủ cứng thì chưa làm được nhiệm vụ gối tựa cho phần tử, điều này làm khả năng ổn định, giảm bề rộng hữu hiệu. Sườn bên có thể là:

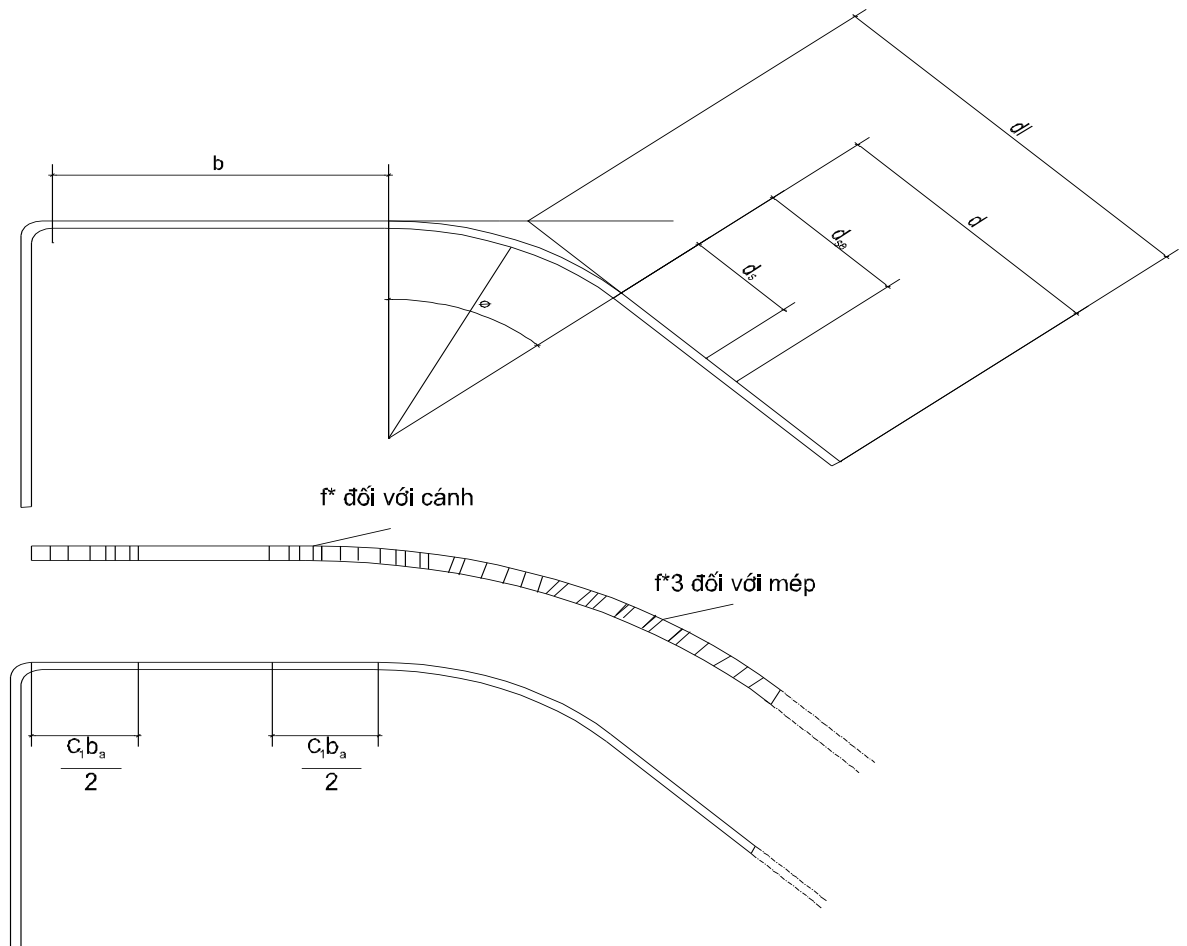
- Sườn bên đơn giản chỉ có một góc uốn và một mép thẳng.
- Sườn bên hình uốn được tạo thành những hình cong kín để tăng độ cứng.

Tùy theo độ mảnh của phần tử có thể gặp ba trường hợp:

- Trường hợp một phần tử luôn luôn là hữu hiệu hoàn toàn dù không có sườn bên
- Trường hợp hai phần tử sẽ là hữu hiệu hoàn toàn nếu sườn bên đủ độ cứng và bản thân mép của sườn bên không quá dài.
- Trường hợp ba phần tử không thể là hữu hiệu hoàn toàn dù cho sườn bên có cứng chừng nào.

Ba trường hợp này được quy phạm AS 4600 thể hiện bằng các công thức tính như sau:

Xét phần tử được tăng cứng và có sườn bên có kích thước như ở hình 2.11:



Hình 2.11: Phần tử được tăng cứng và sờn biên

• Trường hợp 1 khi $b/t < s/3$

Với S là hệ số độ mảnh

$$S = 1,28 \sqrt{\frac{E}{f^*}} \quad 3-18, [AS 2.4.1(3)]$$

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

Không cần có sờn biên nghĩa là: $I_a = 0$

I_a là độ cứng cần thiết của sờn biên để nó có thể trở thành gối tựa cho phần tử.

Đối với đoạn mép do có đầu tự do nên cũng có thể mất ổn định cục bộ và cần thiết xác định bề rộng hữu hiệu của nó

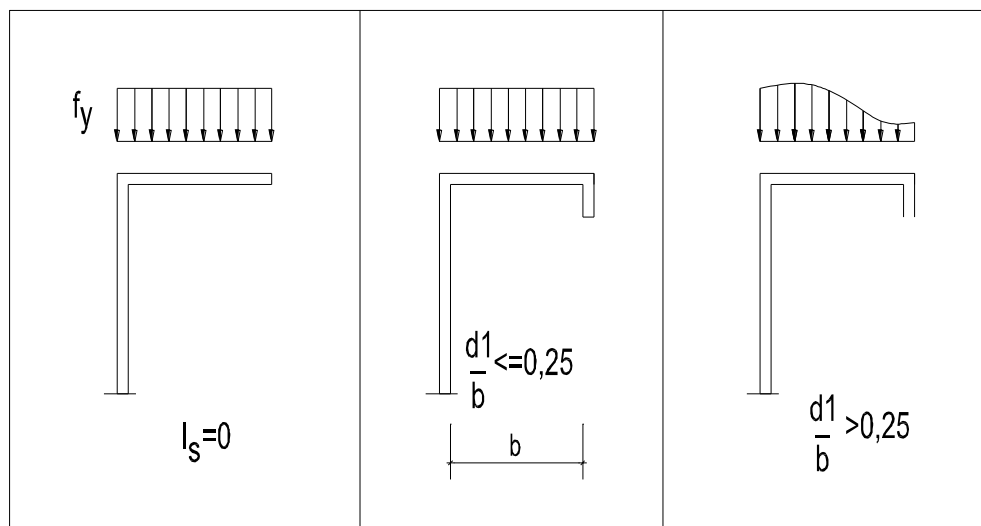
$$d_{se} = pd$$

Với p được xác định theo công thức (3-11), (3-12) trong đó hệ số $k=0,43$

Vì sườn biên đủ cứng nên toàn bộ chiều dài d_{se} sẽ được dùng để tính toán đặc trưng hình học của toàn bộ tiết diện: $d_s = d_{se}$

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

Biểu đồ phân bố ứng suất trên phần tử có dạng như hình sau:



Hình 2.12: Biểu đồ phân bố ứng suất trên phần tử thuộc trường hợp 1

• Trường hợp 2 khi $S/3 < b/t < S$

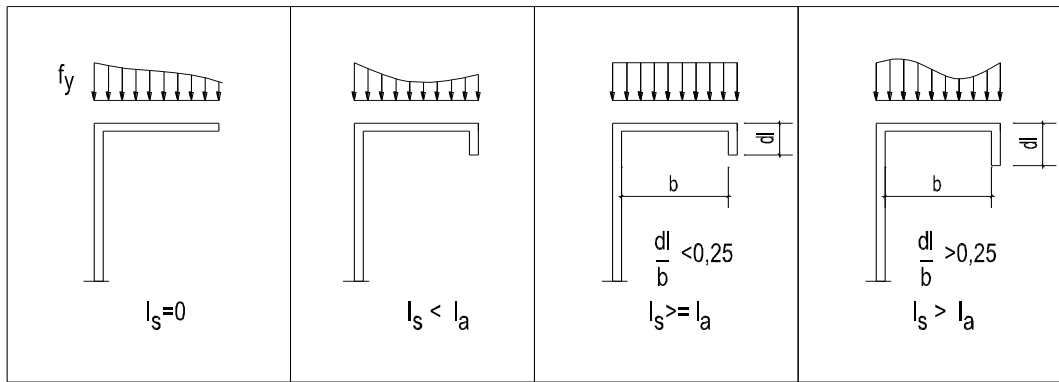
Sườn bên phải có độ cứng I_a để trở thành gối tựa cho phần tử, để phần tử làm việc như phần tử được tăng cứng. Độ cứng yêu cầu:

$$\frac{I_a}{t^4} = 399 \left[\frac{\left(\frac{b}{t}\right)}{s} - \sqrt{\frac{k_{II}}{4}} \right] \quad (3-19), [AS 2.4.3.2(4)]$$

Mômen quán tính của bản thân sườn đối với trục trọng tâm của nó song song với phần tử (với trường hợp ở hình 12)

$$I_s = \frac{d^3 t \sin^2 \varphi}{12} \quad (3-20), [AS 2.4.1(2)]$$

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 và 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 (hình 2.13).



Hình 2.13: Biểu đồ phân bố ứng suất trên phần tử thuộc trường hợp 2

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

$$b_e = \rho b$$

ρ được tính với hệ số k như sau:

$$k = C_2^n(k_a - k_{II}) + K_I \quad 3-21, [AS 2.4.3(7)]$$

với $C_2 = I_s/I_a \leq 1$

$$k_{II} = 0,43$$

$$n = 0,5$$

$$k_a = 5,25 - 5(d_f/b) \leq 4,0 \text{ (khi } 140^\circ \geq \theta \geq 40^\circ \text{ và } d_f/b \leq 0,8)$$

b_e được phân bố sang hai bên theo các bề rộng $C_1 b_e/2$ và $C_2 b_e/2$ với

$$C_1 = 2 - C_2$$

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

$$d_s = C_2 d_{se} \leq d_{se}$$

• Trường hợp 3 khi $b/t > S$

Phần tử không thể hữu hiệu hoàn toàn, không phụ thuộc độ cứng sườn biên

Độ cứng yêu cầu đối với sườn biên:

$$\frac{I_a}{t^4} = \left[\frac{115 \left(\frac{b}{h} \right)}{s} \right] + 5 \quad 3-22, [AS 2.4.3.2(11)]$$

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.

VI. TÍNH TOÁN CẤU KIỆN CHỊU UỐN.

1. Tính toán về bền

Công thức chung tính về bền và ổn định của cấu kiện chịu uốn là.

$$M^* \leq \phi_b M_s \quad 3-23$$

$$M^* \leq \phi_b M_b \quad 3-24$$

Trong đó:

M^* = mômen uốn tính toán gây bởi tổ hợp tải trọng đã có các hệ số tải trọng tương ứng.

M_s = khả năng chịu mô men danh nghĩa của tiết diện khi tính toán về bền

M_b = khả năng chịu mô men danh nghĩa của cấu kiện khi tính toán về ổn định

ϕ_b = hệ số độ chịu lực khi uốn, bằng 0,95 với tiết diện tính toán về bền có cánh được tăng cứng, bằng 0,9 đối với tiết diện tính toán về bền có cánh không được tăng cứng và đối với cấu kiện tính toán về ổn định.

2. Tính toán khả năng chịu mômen danh nghĩa của tiết diện M_s .

Khả năng chịu mômen danh nghĩa của tiết diện M_s được tính theo 2 cách:

- Cách 1: dựa trên sự bắt đầu chảy dẻo của tiết diện hữu hiệu
- Cách 2: dựa trên khả năng dự trữ khi làm việc dẻo của cấu kiện

Ta đi xét cách 1 thông dụng hơn dù không tiết kiệm bằng cách 2.

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

$$M_s = Z_e f_y \quad 3-25, [AS 3.3.3.2]$$

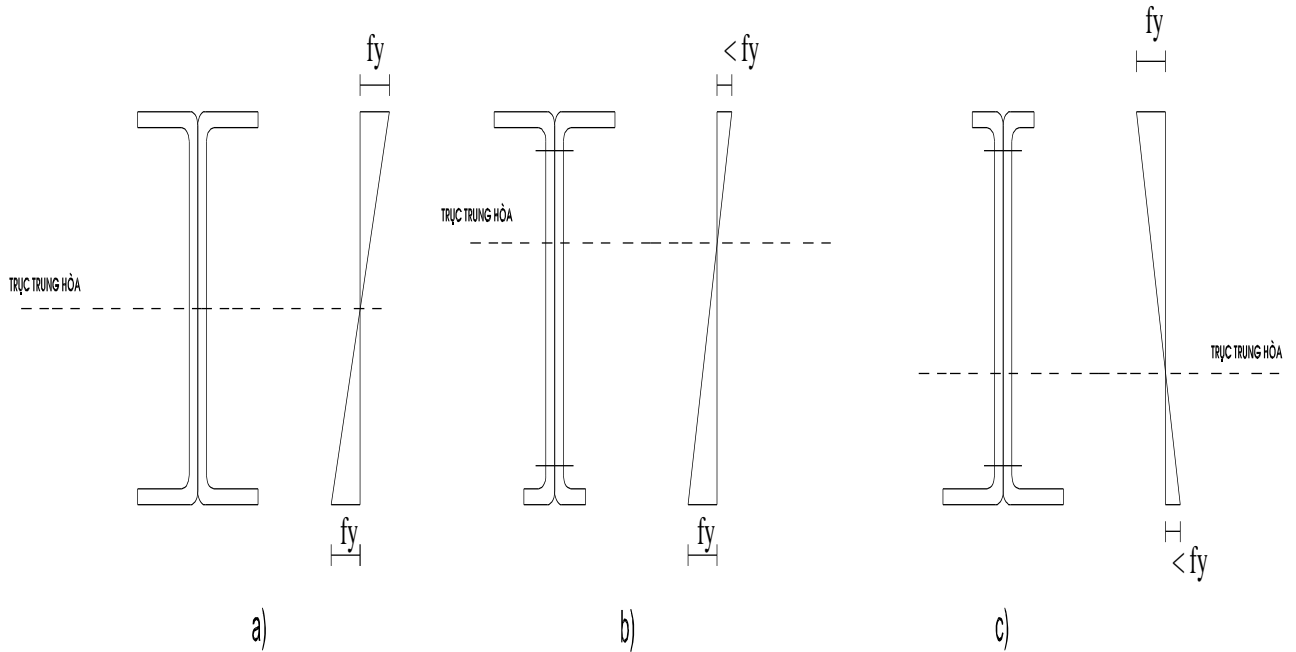
Trong đó:

Z_e = mô đun chống uốn của tiết diện hữu hiệu tính đối với thớ biên chịu nén hoặc chịu kéo ở ứng suất chảy f_y

f_y = Ứng suất chảy của thép.

Tùy theo loại tiết diện sự chảy dẻo có thể xảy ra đồng thời tại các thớ biên trên và dưới (hình 2.14a), hoặc các thớ biên chịu kéo trước (hình 2.14b), hoặc

các thớ biên chịu nén trước (hình 2.14c). Với các trường hợp a và c ứng suất nén tối đa là f_y có thể dùng $f^* = f_y$ để tính toán bề rộng hữu hiệu của cánh nén. với trường hợp b ứng suất nén lớn nhất khó xác định vì chưa biết diện tích hữu hiệu, khi đó thường phải tính lặp nhiều lần.



Hình 2.14: Các dạng tiết diện chịu uốn

3. Tính độ võng.

Để tính độ võng của cấu kiện chịu uốn , cần tính mômen quán tính I_e tiết diện hữu hiệu với ứng suất làm việc. Rõ ràng là I_e thay đổi dọc chiều dài dầm nhưng có thể coi như không đổi để tính độ võng. Sai số chỉ vài phần trăm và thiên về an toàn. Bề rộng hữu hiệu của các phần tử vẫn theo công thức như trên. Nhưng với ứng suất f^* lấy là f_a^* trong đó f_a^* là ứng suất thiết kế của phần tử đang xét được tính theo tiết diện hữu hiệu với tải trọng dùng xác định độ võng.

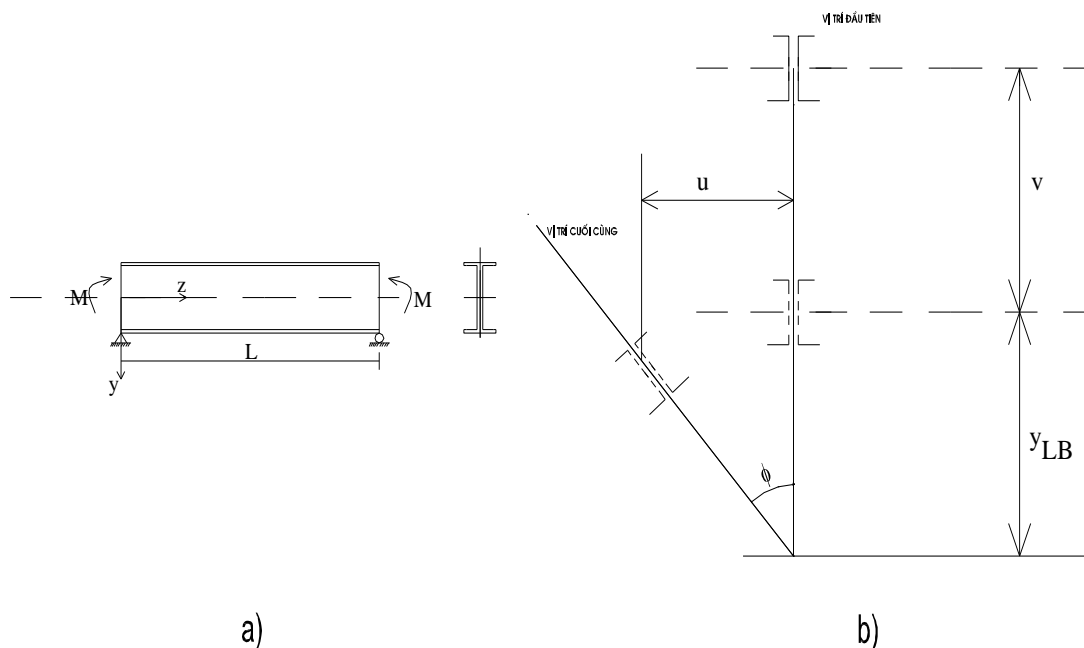
Trình tự tính toán như sau:

- * giả thiết một ứng suất thiết kế f_a^* tùy theo mômen tính độ võng.
- * Tính đặc trưng và môđun chống uốn 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 lặp cho đến khi kết quả hội tụ.
- * Tính võng theo mô men quán tính của tiết diện hữu hiệu.

VII. TÍNH TOÁN CƯỜNG ĐỘ CHỊU OẢN BIÊN DO UỐN – XOẮN.

1. Sự oản bên do uốn- xoắn.

Khi dầm không được giằng giữ đầy đủ theo phương bên, dầm có thể bị mất ổn định tổng thể. Ngoài độ võng theo phương thẳng đứng dầm còn có chuyển vị ngang và xoay tiết diện. Lý thuyết chung về sự oản bên uốn – xoắn đã được nghiên cứu từ đầu thế kỷ XX sau đó được mở rộng cho các cấu kiện thành mỏng tạo hình nguội. Giá trị của mômen tới hạn tức là mômen gây mất ổn định tổng thể được nhiều tác giả tìm ra đối với nhiều tiết diện dầm khác nhau. Đối với dạng tiết diện dạng chữ I hay chữ T có một trục đối xứng x-x và chịu uốn quanh trục y-y vuông góc với bụng, mômen oản có thể được viết dưới dạng sau:



Hình 2.15: Sự oản bên uốn xoắn

$$M_o = \frac{\pi \sqrt{EI_x GJ}}{C_m l} \left[\frac{\pi \delta}{2} + \sqrt{\left(\frac{\pi \delta}{2} \right)^2 + \left(1 + \frac{\pi^2 EI_w}{GJ l^2} \right)} \right] \quad 3-26$$

Trong đó:

E = môđun đàn hồi của thép : E = 20000 KN/cm²

G = môđun đàn hồi trượt của thép G = 8000 KN/cm²

I_y = mô men quán tính của tiết diện đối với trục y

J = mômen quán tính xoắn của tiết diện, đối với cấu kiện thành mỏng có thể tính bằng:

$$J = \frac{\Sigma bt^3}{3} = \frac{w_f t^3}{3} \quad 3-27$$

Với dấu tổng lấy cho mọi phần tử của tiết diện hoặc có thể tính theo bề rộng của tấm phẳng trước khi cán nguội.

I_w = hằng số vênh của tiết diện được tính theo công thức:

$$I_w = \int w_0^2 t ds \quad 3-28$$

Với W_0 là tọa độ quạt của các điểm của tiết diện đối với trục O.

Đối với những tiết diện thường gặp có thể dùng các công thức tính sẵn cho ở phụ lục E của tiêu chuẩn Úc AS 4600

l = chiều dài của các điểm giằng.

δ = hệ số tính bằng:

$$\delta = \frac{\pm \beta_y}{l} \sqrt{\frac{EI_x}{GJ}} \quad 3-29$$

Giá trị δ là dương khi cánh lớn chịu nén, là không khi tiết diện đối xứng, là âm khi cánh lớn chịu kéo.

β là thông số đối xứng đơn của tiết diện :

$$\beta = \frac{\left| \int_A (y^2 x + x^3) dA \right|}{I_x} - 2x_0 \quad 3-30$$

Trong đó x_0 là tọa độ của tâm uốn của tiết diện

Phụ lục E của tiêu chuẩn Úc AS 4600 cho giá trị β của một số tiết diện thường gặp.

Đối với dầm có hai trục đối xứng $\delta = 0$ và phương trình (3-26) rút gọn thành:

$$M_o = \frac{\pi \sqrt{EI_x GJ}}{C_m l} \sqrt{1 + \frac{\pi^2 EI_w}{GJ l^2}} \quad 3-31$$

Các công thức này áp dụng cho trường hợp mất ổn định đàn hồi, lúc này ứng suất tới hạn f^{cr} có dạng hàm hypebol đối với l . Khi mất ổn định ngoài giới hạn đàn hồi thì thường giả thiết ứng suất tới hạn có dạng hàm hypebol đối với l .

Đường parabol có một đoạn nằm ngang để giá trị lớn nhất của f^{cr} không vượt quá f^y .

2. Tính cường độ oằn uốn – xoắn theo AS 4600.

Khả năng chịu mômen danh nghĩa của cấu kiện M_b của các đoạn không được giằng, có thể tiết diện đối xứng đơn, đối xứng kép, đối xứng qua tâm. Khi làm việc chịu oằn uốn theo công thức sau:

$$M_b = Z_c \left(\frac{M_c}{Z_f} \right) \quad 3-32, [AS 3.3.3.2(1)]$$

Trong đó:

Z_c = môđun chống uốn của tiết diện hữu hiệu tính tại ứng suất thớ biên là M_c/Z_f

Z_f = mômen chống uốn của tiết diện toàn bộ tính đối với thớ biên nén

M_c = mômen tới hạn.

Công thức này đã xét đến sự mất ổn định cục bộ của 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 tỷ số thể hiện mối quan hệ giữa ứng suất tới hạn và ứng suất chảy.

$$\lambda_b = \sqrt{\frac{M_y}{M_0}} \quad 3-33, [AS 3.3.3.2(5)]$$

Trong đó : $M_y = Z_f f_y$, 3-34, [AS 3.3.3.2(6)]

M_y là mômen chảy ở thớ biên nén của tiết diện toàn bộ .

M_0 là mômen oằn đàn hồi.

λ_b chia M_c làm 3 vùng : vùng ổn định đàn hồi, M_c được tính theo M_y theo quy luật hypecbol bậc 2, vùng ổn định ngoài đàn hồi. M_c được tính theo quy luật hypecbol bậc 2 giả định và vùng chảy M_c lấy bằng M_y . Cụ thể như sau:

Khi $\lambda_b \leq 0,06$

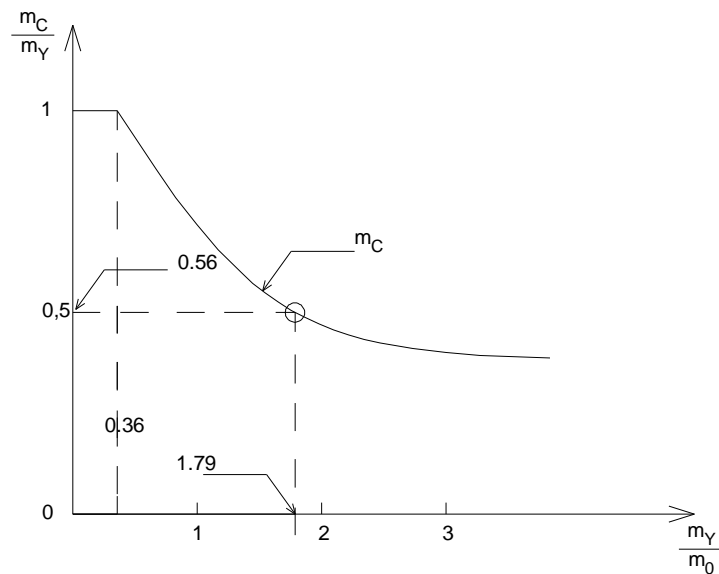
$$M_c = M_y \quad 3-35, [AS 3.3.3.2(2)]$$

Khi $0,60 < \lambda_b < 1,336$

$$M_c = 1,11M_y \left[1 - \left(\frac{10\lambda_b^2}{36} \right) \right] \quad 3-36, [\text{AS } 3.3.3.2(3)]$$

Khi $\lambda_b \geq 1,336$

$$M_c = M_y \left(\frac{1}{\lambda_b^2} \right) \quad 3-37, [\text{AS } 3.3.3.2(4)]$$



Hình 2.16: Momen tới hạn của cấu kiện oằn-uốn xoắn

Có thể giải thích các công thức này một cách đơn giản như sau:

Trong vùng đàn hồi, M_c lấy bằng M_0 . Giá trị tối đa của M_0 là khi ứng suất thứ biên đạt giới hạn tỷ lệ f_p quy ước lấy là $0,56f_y$, tức là giá trị tối đa của M_0 để còn ổn định đàn hồi là $M_0 = 0,56 M_y$.

$$\lambda_b = \sqrt{\frac{M_y}{M_0}} = \sqrt{1/0,56} = 1,336 \quad 3-38$$

Và lúc đó
$$M_c = M_y \left(\frac{1}{\lambda_b^2} \right) = M_0 \quad 3-39$$

Khi $M_0 \geq 0,56M_y$, ra ngoài vùng đàn hồi, giá trị của mô men oằn ngoài đàn hồi được giả thiết là đường parapol có dạng:

$$M_c = 1,11M_y \left(1 - \frac{10M_y}{36M_0} \right) \quad 3-40$$

Gí trị lớn nhất của M_C là M_y khi:

$$1,11M_y \left(1 - \frac{10M_y}{36M_0} \right) = M_y \quad 3-41$$

hay

$$M_0 = 2,78 M_y \text{ ứng với } \lambda_b = \sqrt{1/2,78} = 0,6$$

Đó đó các công thức (3-35), (3-36), (3-37) của AS 4600 có thể viết lại như sau

$$\text{Khi } M_0 \geq 2,78M_y \quad M_C = M_Y \quad 3-42$$

$$\text{Khi } 2,78M_y > M_0 > 0,56M_y \quad M_c = 1,11M_y \left(1 - \frac{10M_y}{36M_0} \right) \quad 3-43$$

$$\text{Khi } M_0 \leq 0,56M_y \quad M_C = M_0 \quad 3-44$$

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

Đối với tiết diện đối xứng đơn, trục đối xứng là trục x và có chiều sao cho tâm uốn có 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.

$$M_0 = C_b A r_{01} \sqrt{f_{oy} f_{oz}} \quad 3-45, [AS3.3.3.2(7)]$$

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

$$M_0 = \frac{C_s A f_{ox} \left[(B_y / 2) + C_s \sqrt{(B_y / 2)^2 + r_{01}^2 (f_{oz} / f_{ox})} \right]}{C_m} \quad 3-46, [AS 3.3.3.2(8)]$$

Trong hai công thức (3-45) và (3-46):

C_s = hệ số bằng 1 nếu mômen gây nén cho phía tâm uốn, -1 nếu mômen gây kéo cho phía tâm uốn so với trọng tâm tiết diện.

A = diện tích tiết diện toàn bộ

r_{ol} = bán kính quán tính cực của tiết diện đối với tâm uốn.

$$r_{ol} = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_o^2 + y_o^2} \quad 3-47, [AS 3.3.3.2(9)]$$

Với r_x, r_y lần lượt là bán kính quán tính của tiết diện đối với trục x và trục y

$$f_{ox} = \frac{\pi^2 E}{(l_{ex} / r_x)^2} \quad 3-48, [AS 3.3.3.2(10)]$$

Là ứng suất oằn đàn hồi của cấu kiện nén đúng tâm khi uốn dọc đối với trục x

$$f_{oy} = \frac{\pi^2 E}{(l_{ey} / r_y)^2} \quad 3-49, [AS 3.3.3.2(11)]$$

Là ứng suất oằn đàn hồi của cấu kiện nén đúng tâm khi uốn dọc đối với trục y

$$f_{oz} = \frac{GJ}{Ar_{ol}^2} \left(1 + \frac{\pi^2 E l_w}{GJ l_{ez}^2} \right) \quad 3-50, [AS 3.3.3.2(12)]$$

Là ứng suất oằn đàn hồi của cấu kiện nén đúng tâm khi mất ổn định do xoắn.

Các giá trị l_{ex}, l_{ey}, l_{ez} trong 3 công thức lần lượt là chiều dài tính toán khi oằn quanh trục x, trục y và xoắn.

Trong các công thức (3-45), (3-46) có đại lượng C_b, C_m là đã tính đến sự biến đổi của mô men dọc chiều dài đoạn cấu kiện không giằng.

C_b tính bằng công thức:

$$C_b = \frac{12,5M_{max}}{2,5M_{max} + 3M_3 + 4M_4 + 3M_5} \quad 3-51, [AS 3.3.3.2(13)]$$

Trong đó:

M_{\max} = giá trị tuyệt đối của mômen lớn nhất trên đoạn không giằng

M_{\max} = giá trị tuyệt đối của mômen ở điểm phân tư của đoạn không giằng

M_{\max} = giá trị tuyệt đối của mômen ở điểm giữa của đoạn không giằng

M_{\max} = giá trị tuyệt đối của mômen ở điểm ba phần tư của đoạn không giằng

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

C_m là hệ số mômen hai đầu không bằng nhau

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \quad 3-52, [AS 3.3.3.2(14)]$$

M_1 là mômen nhỏ và M_2 là mômen lớn ở hai đầu của đoạn không giằng. Tỷ số M_1/M_2 là dương nếu là uốn hình chữ S, là âm nếu là uốn cong một chiều. Khi mômen uốn ở một điểm bất kỳ ở đoạn giữa xửa đoạn không giằng mà lớn hơn mômen hai đầu thì $C_m = 1$

Phần bổ sung của AS4600 có cho hai công thức gần đúng để tính M_o đối với tiết diện chữ I và chữ Z:

Tiết diện chữ I:

$$M_o = \frac{\pi^2 EC_b dI_{yc}}{l^2} \quad 3-53, [AS C3.3.3.2(4)]$$

Tiết diện chữ Z:

$$M_o = \frac{\pi^2 EC_b dI_{yc}}{2l^2} \quad 3-54, [AS 3.3.3.2(16)]$$

Trong đó :

l_{yc} là mômen quán tính của phần nén của tiết diện đối với trục trọng tâm của tiết diện song song với bụng , lấy toàn bộ tiết diện không giảm.

l là chiều dài đoạn không giằng của cấu kiện.

Tiết diện chữ Z có 2 ở mẫu số để xét việc I_{yc} được tính với trục chính nghiêng.

Các công thức tính M_0 của AS 4600 đều suy từ công thức lý thuyết (3-26),(3-31), chỉ có cách viết là có đưa thêm các ứng suất tới hạn f_{ox}, f_{oy}, f_{oz} .

VIII. MỘT SỐ BÀI TOÁN KIỂM TRA ĐỐI VỚI THANH THÀNH MỎNG TIẾT DIỆN CHỮ C.

1. BÀI TOÁN 1:

Tính giới hạn chảy trung bình của cánh dầm (hình), được tăng lên do gia công nguội.

Thép số hiệu C140 có $f_{yv} = 25KN/cm^2$ và $f_{uv} = 32KN/cm^2$.

1. Kiểm tra điều kiện áp dụng các công thức của AS 4600 :

Giả thiết cánh được ổn định cục bộ

$$\frac{f_{uv}}{f_{yv}} = 32 / 25 = 1,28 > 1,2$$

$$r_i / t = 4 / 2 = 2 < 7$$

Và góc uốn cong $\theta = 90^\circ < 120^\circ$.

2. Tính f_{yc}

$$f_{yc} = \frac{B_c \cdot f_{yv}}{(r_i / t)^m}$$

Với

$$B_c = 3,69 \cdot 1,28 - 0,819(1,28)^2 - 1,79 = 1,519$$

$$m = 0,912 \cdot 1,28 - 0,068 = 0,178$$

$$f_{yc} = \frac{1,519 \cdot 25}{2^{0,178}} = 33,57 KN/cm^2$$

3. Tính f_{ya}

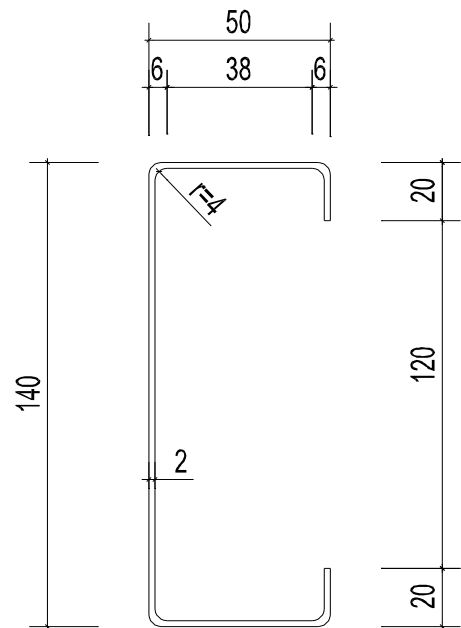
Diện tích một góc

$$(\pi / 4)(6^2 - 4^2) = 15,7(mm^2)$$

C = diện tích hai góc/diện tích cánh = $(2 \cdot 15,7) / (2 \cdot 15,7 + 2 \cdot 38) = 0,293$

$$f_{ya} = C \cdot f_{yc} + (1 - C) \cdot f_{yf} = 0,293 \cdot 33,57 + (1 - 0,293) \cdot 25 = 27,5(Kn/cm^2)$$

Kết luận 1: Giới hạn chảy trung bình của cánh dầm đã tăng cao được $2,5/25=10\%$.

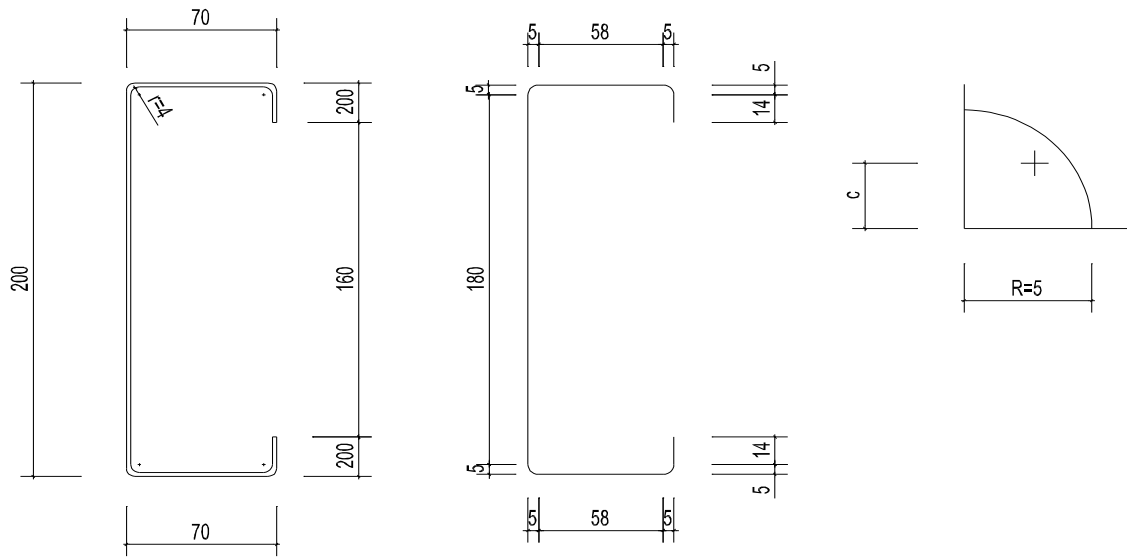


Hình 2.17.

Kích thước hình học thép C140

2. BÀI TOÁN 2:

Thép C 200 có các đặc trưng hình học như sau:



Hình 2.18: Kích thước hình học thép C 200

- Chiều cao tiết diện:

$$h = 200 \text{ mm}$$

- Bề rộng tiết diện

$$b = 70 \text{ mm}$$

- Chiều dài cánh

$$a = 20 \text{ mm}$$

- Bề dày tiết diện

$$t = 2 \text{ mm}$$

- Bán kính cong

$$r = 4 \text{ mm}$$

- Ứng suất chảy của thép

$$f = 34 \text{ kN/cm}^2 = 34.000.000 \text{ daN/m}^2$$

- Momen quán tính của tiết diện với trục x-x:

$$I_x = 440,04 \text{ cm}^4$$

- Momen quán tính của tiết diện với trục y-y:

$$I_y = 75,88 \text{ cm}^4$$

- Môđun kháng uốn của tiết diện với trục x-x:

$$W_x = 44 \text{ cm}^3$$

- Môđun kháng uốn của tiết diện với trục y-y:

$$W_y = 9,35 \text{ cm}^3$$

- Độ nghiêng đầu dàn $\alpha = 15^\circ$

- Bước dàn $B = 6 \text{ m}$

- Hệ số tin cậy $\gamma_c = 1$.

- So sánh khả năng chịu lực của xà gồ chữ C giữa TCVN 5575-2012 và tiêu chuẩn Úc AS 4600 theo cách tính toán độ bền.

A. Kiểm tra bền.

1. Tiêu chuẩn Việt Nam

$$\sigma_x + \sigma_y \leq f \cdot \gamma_c \quad (\gamma_c = 1)$$

$$\Leftrightarrow \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \leq f \cdot \gamma_c$$

$$\text{Với } M_x = \frac{q \cos \alpha \cdot B^2}{8}$$

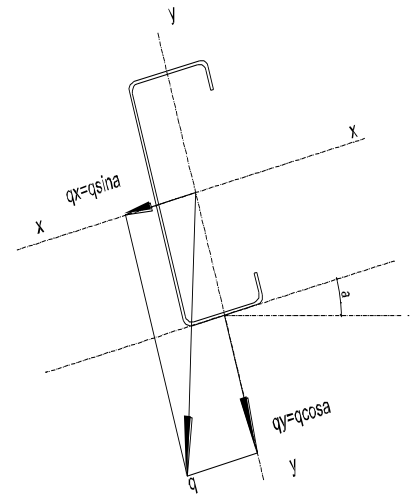
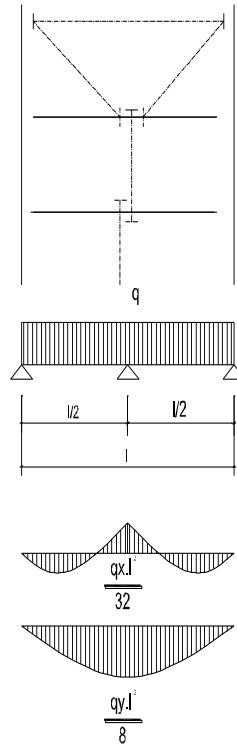
$$M_y = \frac{q \sin \alpha \cdot B^2}{32}$$

Do đó ta có:

$$\frac{q \cos \alpha \cdot B^2}{8W_x} + \frac{q \sin \alpha \cdot B^2}{32W_y} \leq f \cdot \gamma_c$$

$$\Leftrightarrow qB^2 \left(\frac{\cos \alpha}{8W_x} + \frac{\sin \alpha}{32W_y} \right) \leq f \gamma_c$$

$$\Leftrightarrow q \leq \frac{f \cdot \gamma_c}{B^2 \cdot \left(\frac{\cos \alpha}{8W_x} + \frac{\sin \alpha}{32W_y} \right)}$$



Với điều kiện bài toán:

$$f = 34 \text{ KN/cm}^2 = 34.000.000 \text{ daN/m}^2$$

$$W_x = 44 \text{ cm}^3 = 4,4 \cdot 10^{-5} \text{ (m}^3\text{)}$$

$$W_y = 9,35 \text{ cm}^3 = 9,35 \cdot 10^{-6} \text{ (m}^3\text{)}$$

Do đó:

$$\Leftrightarrow q \leq \frac{34000000}{6^2 \cdot \left(\frac{\cos 15^\circ}{8 \cdot 4,4 \cdot 10^{-5}} + \frac{\sin 15^\circ}{32 \cdot 9,35 \cdot 10^{-6}} \right)}$$

$$\Leftrightarrow q \leq 261,63 \text{ (daN / m)} = 2,6163 \text{ (daN / cm)}$$

(1)

2. Tiêu chuẩn Úc AS 4600:

1/ Xác định các kích thước hình học.

- Bề rộng phẳng của cánh

$$b = 70 - 2(4+2) = 58 \text{ (mm)}; \frac{b}{t} = \frac{58}{2} = 29$$

- Bề rộng phẳng của bụng

$$b = 200 - 2(4+2) = 188 \text{ (mm)}; \frac{b}{t} = 94 < 200$$

$$\text{Góc cong:} \quad L = 1,57R = 1,57 \cdot 5 = 8 \text{ (mm)}$$

$$c = 0,637R = 0,637 \cdot 5 = 3,2 \text{ (mm)}$$

$$I_1 = 0,149R^3 = 18,6 \text{ (mm}^3\text{)} \text{ (đối với trục bản thân 1-1)}$$

2/ Bề rộng hữu hiệu của cánh nén.

$$\text{Hệ số} \quad S = 1,28 \sqrt{\frac{E}{f}} = 1,28 \cdot \sqrt{\frac{20000}{34}} = 31,05 > \frac{b}{t} = 29 \text{ (mm)}$$

Ta thấy: $S/3 < b/t < S$ bài toán thuộc trường hợp 2. Do đó ta cần xác định độ cứng I_a của sườn theo công thức (4-15).

Độ cứng của sườn.

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

Với $k_u = 0,43$

$$\Rightarrow \frac{I_a}{t^4} = 399 \left[\frac{\left(\frac{b}{t}\right)}{S} - \sqrt{\frac{k_u}{4}} \right]^3 = 399 \left[\frac{\left(\frac{58}{2}\right)}{31,05} - \sqrt{\frac{0,43}{4}} \right]^3 = 88,84$$

$$\Rightarrow I_a = 88,84 \cdot t^4 = 88,84 \cdot 2^4 = 1421,5 \text{ (mm}^4\text{)}.$$

Sườn có $d_t = 20 \text{ (mm)}$, $d = 20 - (4 + 2) = 14 \text{ (mm)}$

$$I_s = \frac{d^3 \cdot t}{12} = \frac{14^3 \cdot 2}{12} = 457,33 \text{ mm}^4$$

Do $I_s < I_a$, sườn không đủ cứng nên bản thân sườn không phát huy được đầy đủ. Khi tính toán đặc trưng hình học cho toàn tiết diện, chỉ được dùng 1 phần là

$$d_s = C_2 \cdot d_{se}$$

*) Tính bề rộng hữu hiệu b_e của cánh nén

$$d_1 / b = \frac{20}{58} = 0,34 < 0,8, \text{ nên dùng được các công thức đã cho của } k_a$$

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

$$C_2 = \frac{I_s}{I_a} = \frac{457,33}{1421,5} = 0,322$$

$$k_a = 5,25 - 5(0,34) = 3,55 < 4$$

$$k_u = 0,5$$

Vậy:

$$k = 0,322^{0,5} (3,55 - 0,43) + 0,43 = 2,2$$

$$\lambda = \frac{1,052}{\sqrt{k}} \cdot \frac{b}{t} \cdot \sqrt{\frac{f}{E}} = \frac{1,052}{\sqrt{2,2}} \cdot \frac{58}{2} \cdot \sqrt{\frac{34}{20000}} = 0,848$$

$$\lambda = 0,848 > 0,673$$

$$\rho = \frac{1 - \frac{0,22}{0,848}}{0,848} = 0,874$$

Bề rộng hữu hiệu $b_e = 0,874 \cdot 58 = 51$ (mm).

3/ Bề rộng hữu hiệu của đoạn mép sườn

Giả thiết về an toàn ứng suất tính toán của đoạn mép sườn là $f^* = f_y$

$$\lambda = \frac{1,052}{\sqrt{0,43}} \cdot \left(\frac{14}{2}\right) \cdot \sqrt{\frac{34}{20000}} = 0,463 < 0,673$$

$$p = 1$$

$$d_{se} = d = 14(\text{mm})$$

Do $I_s < I_a$ nên không dùng được toàn bộ d_{se} để tính toán đặc trưng hình học của toàn tiết diện và chỉ được dùng

$$ds = C_2 d_{se} = 4,5 \text{ (mm)}$$

4/ Tìm trọng tâm tiết diện hữu hiệu:

Giả thiết bụng là hữu hiệu hoàn toàn tính toán momen tĩnh của tiết diện với tim cánh dưới, dùng phương pháp đường trung bình:

| Phần tử | L | y | Ly | Ly ² | Io bản thân |
|-------------|--------------|-------|--------------|---------------------------|----------------------------|
| Cánh trên | 51 | 198 | 10098 | 19994 04 | 0 |
| 2 góc trên | 8x2 | 196,8 | 3149 | 61968 4 | 18,6 x 2 |
| Mép trên | 4,5 | 190,8 | 859 | 16382 1 | 8 |
| Bụng | 188 | 99 | 18612 | 18425 88 | 55372 3 |
| 2 góc dưới | 8 x 2 | 1,8 | 29 | 52 | 18,6 x 2 |
| Mép dưới | 14 | 14 | 196 | 2744 | 229 |
| Cánh dưới | 58 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Tổng | 347,5 | | 32943 | 46282 93 | 55402 6,5 |

Tọa độ trọng tâm

$$y_0 = \frac{Ly}{L} = \frac{32493}{347,5} = 94,8$$

Khoảng cách từ trục trọng tâm đến biên trên:

$h_0 = 199 - 94,8 = 104,2 \text{ (mm)} > d/2 = 100 \text{ mm}$. Sự chảy bắt đầu ở thể biên trên chịu nén.

5) Tìm bề rộng hữu hiệu của bản bụng.

Tính các ứng suất ở biên của bụng:

$$f_1^* = \frac{104,2 - 6}{104,2} \cdot f = 32,04 (\text{KN} / \text{cm}^2)$$

$$f_2^* = \frac{94,8 - 5}{104,2} \cdot f = 29,3 (\text{KN} / \text{cm}^2)$$

$$\psi = \frac{f_2^*}{f_1^*} = -0,912 < -0,236$$

$$k = 4 + (1,912)^3 + 2 \cdot (1,912) = 21,8$$

$$\lambda = \frac{1,052}{\sqrt{21,8}} \left(\frac{188}{2} \right) \cdot \sqrt{\frac{32,04}{20000}} = 0,847 > 0,673$$

$$\Rightarrow p = \frac{1 - \frac{0,22}{0,847}}{0,847} = 0,874$$

$$b_e = 0,874 \cdot 188 = 164 (\text{mm})$$

$$b_{e1} = \frac{b_e}{3 - \psi} = \frac{164}{3 + 0,912} = 42 (\text{mm})$$

$$b_{e2} = \frac{b_e}{2} = \frac{164}{2} = 82 (\text{mm})$$

Tổng các bề rộng hữu hiệu $b_{e1} + b_{e2} = 82 + 42 = 124 (\text{mm}) > h_o = 104,2 (\text{mm})$.

Vậy bụng là hữu hiệu hoàn toàn đúng với giả thiết.

6) Tính môđun chống uốn của tiết diện hữu hiệu:

Mômen quán tính của tiết diện ($t=1$)

$$I = \Sigma Ly^2 + I_0 - \Sigma L = 4628293 + 554026,5 - 94,8^2 \cdot 347,5 = 2059323 \text{ mm}^3$$

(I_0 là mômen quán tính của mỗi phần tử với trục bản thân của nó).

Mômen quán tính thật của tiết diện hữu hiệu:

$$I = 2059323 \times 2 = 4118646 (\text{mm}^4)$$

Môđun chống uốn của tiết diện hữu hiệu:

$$Z_e = 4118646 / 104,2 = 39526,4 \text{ mm}^3 = 39,5264 \text{ m}^3$$

Mômen uốn tính toán mà tiết diện chịu được.

$$M_s = 39,5264 \times 34 = 1343,9 \text{ kNcm}$$

$$M^* = 0,95 \times 1343,9 = 1276,7 \text{ kNcm}$$

($\phi = 0,95$ vì tính toán theo bền và cánh nén là được tăng cứng).

7) Tải trọng mà tiết diện chịu được:

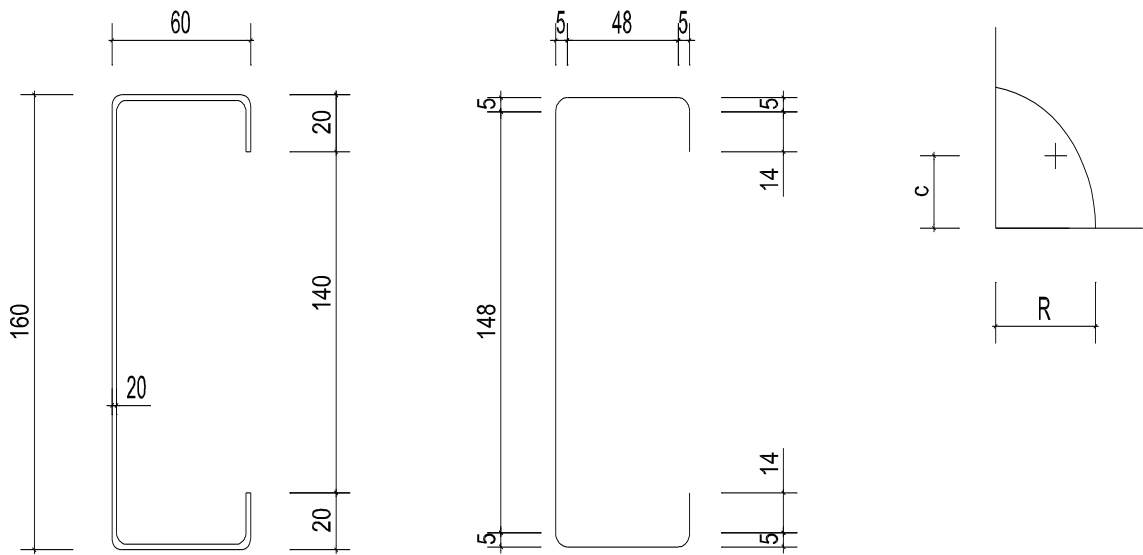
$$q = \frac{M \cdot 8}{B^2} = \frac{1276,7.8}{600^2 \cdot \cos 15^\circ} = 0,0294(\text{KN} / \text{cm}) = 2,94(\text{daN} / \text{cm}) \quad (2)$$

Kết luận 2:

Bài toán cho kết quả, tính toán theo AS 4600 khả năng chịu lực của xà gồ chữ C lớn hơn 12,37% so với cách tính toán theo Tiêu chuẩn Việt Nam.

BÀI TOÁN 3:

Thép C 160 có các đặc trưng hình học như sau:



Hình 2.19: Kích thước hình học thép C 160

- Chiều cao tiết diện:
 $h = 160 \text{ mm}$
- Bề rộng tiết diện
 $b = 60 \text{ mm}$
- Chiều dài cánh
 $a = 20 \text{ mm}$
- Bề dày tiết diện
 $t = 2 \text{ mm}$
- Bán kính cong
 $r = 4 \text{ mm}$
- Ứng suất chảy của thép
 $f = 34 \text{ kN/cm}^2$
- Độ nghiêng đầu dầm $\alpha = 15^\circ$
- Bước dầm $B = 6 \text{ m}$
- Hệ số tin cậy $\gamma_c = 1$.
- Momen quán tính của tiết diện với trục x-x:
 $I_x = 236,59 \text{ cm}^4$
- Momen quán tính của tiết diện với trục y-y:
 $I_y = 50,83 \text{ cm}^4$
- Môđun kháng uốn của tiết diện với trục x-x:
 $W_x = 29,57 \text{ cm}^3$
- Môđun kháng uốn của tiết diện với trục y-y:
 $W_y = 7,23 \text{ cm}^3$

- So sánh khả năng chịu lực của xà gồ chữ C giữa TCVN 5575-2012 và tiêu chuẩn Úc AS 4600 theo cách tính toán độ bền.

A. Kiểm tra bền.

1. Tiêu chuẩn Việt Nam

$$\sigma_x + \sigma_y \leq f \cdot \gamma_c \quad (\gamma_c = 1)$$

$$\Leftrightarrow \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \leq f \cdot \gamma_c$$

$$\text{Với } M_x = \frac{q \cos \alpha \cdot B^2}{8}$$

$$M_y = \frac{q \sin \alpha \cdot B^2}{32}$$

Do đó ta có:

$$\frac{q \cos \alpha \cdot B^2}{8W_x} + \frac{q \sin \alpha \cdot B^2}{32W_y} \leq f \cdot \gamma_c$$

$$\Leftrightarrow qB^2 \left(\frac{\cos \alpha}{8W_x} + \frac{\sin \alpha}{32W_y} \right) \leq f \gamma_c$$

$$\Leftrightarrow q \leq \frac{f \cdot \gamma_c}{B^2 \cdot \left(\frac{\cos \alpha}{8W_x} + \frac{\sin \alpha}{32W_y} \right)}$$

Với điều kiện bài toán:

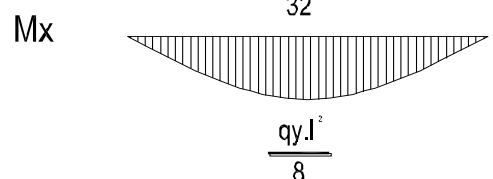
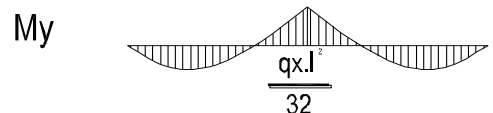
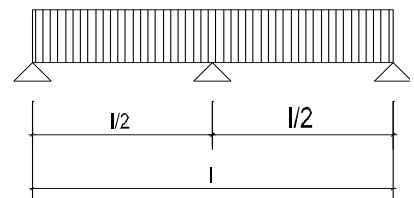
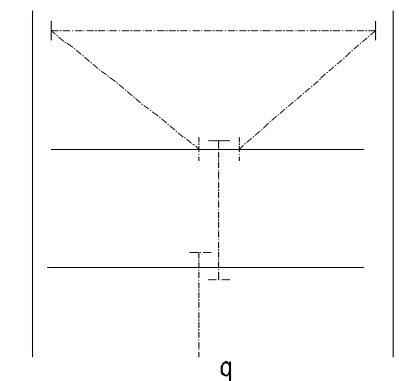
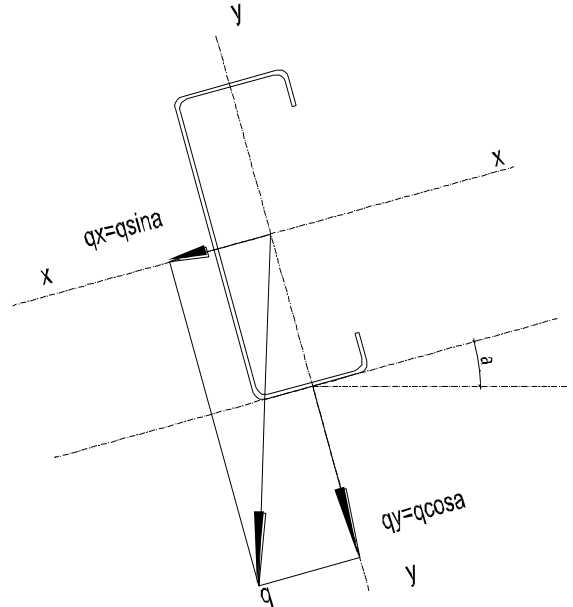
$$f = 34 \text{ KN/cm}^2 = 34.000.000 \text{ daN/m}^2$$

$$W_x = 29,57 \text{ cm}^3 = 2,957 \cdot 10^{-5} \text{ (m}^3\text{)}$$

$$W_y = 7,23 \text{ cm}^3 = 7,23 \cdot 10^{-6} \text{ (m}^3\text{)}$$

Do đó:

$$\Leftrightarrow q \leq \frac{34000000}{6^2 \cdot \left(\frac{\cos 15^\circ}{8 \cdot 2,957 \cdot 10^{-5}} + \frac{\sin 15^\circ}{32 \cdot 7,23 \cdot 10^{-6}} \right)}$$



$$\Leftrightarrow q \leq 181,5(\text{daN} / \text{m}) = 1,815(\text{daN} / \text{cm}) \quad (3)$$

2. Tiêu chuẩn Úc AS 4600:

1/ Xác định các kích thước hình học.

-Bề rộng phẳng của cánh

$$b = 60 - 2(4+2) = 48 \text{ (mm)}; \quad \frac{b}{t} = \frac{48}{2} = 24$$

-Bề rộng phẳng của bụng

$$b = 160 - 2(4+2) = 148 \text{ (mm)}; \quad \frac{b}{t} = 74 < 160$$

$$\text{Góc cong} \quad L = 1,57.R = 1,57 \cdot 5 = 8 \text{ (mm)}$$

$$c = 0,637.R = 0,637 \cdot 5 = 3,2 \text{ (mm)}$$

$$I_1 = 0,149R^3 = 18,6 \text{ (mm}^3\text{)} \text{ (đối với trục bản thân 1-1)}$$

2/ Bề rộng hữu hiệu của cánh nén.

$$\text{Hệ số} \quad S = 1,28 \sqrt{\frac{E}{f}} = 1,28 \cdot \sqrt{\frac{20000}{34}} = 31,05 > \frac{b}{t} = 24 \text{ (mm)}$$

Ta thấy: $S/3 < b/t < S$ bài toán thuộc trường hợp 2. Do đó ta cần xác định độ cứng I_a của sườn theo công thức (4-15).

Độ cứng của sườn.

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

Với $k_u = 0,43$

$$\Rightarrow \frac{I_a}{t^4} = 399 \left[\frac{\left(\frac{b}{t}\right)}{S} - \sqrt{\frac{k_u}{4}} \right]^3 = 399 \left[\frac{\left(\frac{48}{2}\right)}{31,05} - \sqrt{\frac{0,43}{4}} \right]^3 = 35,2$$

$$\Rightarrow I_a = 88,84 \cdot t^4 = 35,2 \cdot 2^4 = 563,2 \text{ (mm}^4\text{)}.$$

Sườn có $d_t = 20 \text{ (mm)}$, $d = 20 - (4 + 2) = 14 \text{ (mm)}$

$$I_s = \frac{d^3 \cdot t}{12} = \frac{14^3 \cdot 2}{12} = 457,33 \text{ mm}^4$$

Do $I_s < I_a$, sườn không đủ cứng nên bản thân sườn không phát huy được đầy đủ. Khi tính toán đặc trưng hình học cho toàn tiết diện, chỉ được dùng 1 phần là

$$d_s = C_2 \cdot d_{se}$$

*) Tính bề rộng hữu hiệu b_e của cánh nén

$$d_1 / b = \frac{20}{48} = 0,416 < 0,8, \text{ nên dùng được các công thức đã cho của } k_a$$

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

$$C_2 = \frac{I_s}{I_a} = \frac{457,33}{563,3} = 0,812 < 1$$

$$k_a = 5,25 - 5(0,416) = 3,17 < 4$$

$$k_u = 0,43$$

$$n = 0,5$$

Vậy:

$$k = 0,812^{0,5} (3,17 - 0,43) + 0,43 = 2,9$$

$$\lambda = \frac{1,052}{\sqrt{k}} \cdot \frac{b}{t} \cdot \sqrt{\frac{f}{E}} = \frac{1,052}{\sqrt{2,9}} \cdot \frac{48}{2} \cdot \sqrt{\frac{34}{20000}} = 0,611$$

$$\lambda = 0,611 < 0,673$$

$$\Rightarrow p = 1, b_e = b.$$

Bề rộng hữu hiệu $b_e = b = 48$ (mm).

3/ Bề rộng hữu hiệu của đoạn mép sườn

Giả thiết về an toàn ứng suất tính toán của đoạn mép sườn là $f^* = f_y$

$$\lambda = \frac{1,052}{\sqrt{0,43}} \cdot \left(\frac{14}{2} \right) \cdot \sqrt{\frac{34}{20000}} = 0,463 < 0,673$$

$$p = 1$$

$$d_{se} = d = 14(\text{mm})$$

Do $I_s < I_a$ nên không dùng được toàn bộ d_{se} để tính toán đặc trưng hình học của toàn tiết diện và chỉ được dùng

$$d_s = C_2 d_{se} = 0,812 \cdot 14 = 11,4 \text{ (mm)}$$

4/ Tìm trọng tâm tiết diện hữu hiệu:

Giả thiết bụng là hữu hiệu hoàn toàn, tính toán mômen tĩnh của tiết diện với tim cánh dưới, dùng phương pháp đường trung bình:

| Phần tử | L | y | L_y | L_y^2 | I_o bản thân |
|-------------|--------------|-------|--------------|----------------|----------------|
| Cánh trên | 48 | 158 | 7584 | 1198272 | 0 |
| 2 góc trên | 8x2 | 156,8 | 2508,8 | 393380 | 18,6 x 2 |
| Mép trên | 11,4 | 145,3 | 1656,42 | 240677,8 | 123,5 |
| Bụng | 148 | 79 | 11692 | 923668 | 270150 |
| 2 góc dưới | 8 x 2 | 1,8 | 29 | 52 | 18,6 x 2 |
| Mép dưới | 14 | 14 | 196 | 2744 | 229 |
| Cánh dưới | 48 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Tổng | 301,4 | | 23666 | 2758794 | 270577 |

$$\text{Tọa độ trọng tâm } y_0 = \frac{L_y}{L} = \frac{23666}{301,4} = 78,5 \text{ mm}$$

Khoảng cách từ trục trọng tâm đến biên trên:

$h_0 = 159 - 78,5 = 80,5 \text{ (mm)} > d/2 = 80 \text{ mm}$. Sự chảy bắt đầu ở thê biên trên chịu nén.

5) Tìm bề rộng hữu hiệu của bản bụng.

Tính các ứng suất ở biên của bụng:

$$f_1^* = \frac{80,5 - 6}{80,5} \cdot f = 31,47 (\text{KN} / \text{cm}^2)$$

$$f_2^* = \frac{78,5 - 5}{80,5} \cdot f = 31,04 (\text{KN} / \text{cm}^2)$$

$$\psi = \frac{f_2^*}{f_1^*} = -0,986 < -0,236$$

$$k = 4 + (1,986)^3 + 2 \cdot (1,986) = 15,8$$

$$\lambda = \frac{1,052}{\sqrt{15,8}} \left(\frac{148}{2} \right) \cdot \sqrt{\frac{31,47}{20000}} = 0,777 > 0,673$$

$$\Rightarrow p = \frac{1 - \frac{0,22}{0,777}}{0,777} = 0,922$$

$$b_e = 0,922 \cdot 148 = 136 (\text{mm})$$

$$b_{e1} = \frac{b_e}{3 - \psi} = \frac{136}{3 + 0,986} = 34,5 (\text{mm})$$

$$b_{e2} = \frac{b_e}{2} = \frac{136}{2} = 68 (\text{mm})$$

Tổng các bề rộng hữu hiệu $b_{e1} + b_{e2} = 34,5 + 68 = 102,5 (\text{mm}) > h_o = 80,5 (\text{mm})$.

Vậy bụng là hữu hiệu hoàn toàn đúng với giả thiết.

6) Tính môđun chống uốn của tiết diện hữu hiệu:

Momen quán tính của tiết diện ($t=1$)

$$I = \Sigma Ly^2 + I_0 - y_0^2 \Sigma L = 2758794 + 270577 - 78,5^2 \cdot 301,4 = 1172069 \text{ mm}^3$$

(I_0 là momen quán tính của mỗi phần tử với trục bản thân của nó).

Momen quán tính thật của tiết diện hữu hiệu:

$$I = 1172069 \cdot 2 = 2344138 (\text{mm}^4)$$

Môđun chống uốn của tiết diện hữu hiệu:

$$Z_e = 2344138 / 80,5 = 29120 \text{ mm}^3 = 29,12 \text{ m}^3$$

Momen uốn tính toán mà tiết diện chịu được

$$M_s = 29,12 \times 34 = 990,08 \text{ kNcm}$$

$$M^* = 0,95 \times 990,08 = 940,576 \text{ kNcm}$$

($\phi = 0,95$ vì tính toán theo bên và cánh nén là được tăng cứng).

7) Tải trọng mà tiết diện chịu được:

$$q = \frac{M \cdot 8}{B^2} = \frac{940,576.8}{600^2 \cdot \cos 15^\circ} = 0,0216(\text{KN} / \text{cm}) = 2,16(\text{daN} / \text{m}) \quad (4)$$

Kết luận 3:

Bài toán cho kết quả, tính toán theo AS 4600 khả năng chịu lực của xà gồ chữ C lớn hơn 18,64% so với tính toán theo Tiêu chuẩn Việt Nam.

CHƯƠNG III.

ÁP DỤNG KIỂM TRA ĐỐI THANH THÀNH MỎNG TẠO HÌNH NGUỘI MẶT ỔN ĐỊNH (OẢN) DO XOẢN HỌC UỐN XOẢN (CỘT).

1. Một số khái niệm:

Ổn định thép thành mỏng phức tạp hơn nhiều so với thép cán nóng thông thường, bao gồm:

a. Sự mất ổn định của cột do uốn dọc:

Tiết diện xoay quanh trục đối xứng yếu (thường là y-y) không kèm theo xoắn thường xảy ra ở tiết diện có 2 trục đối xứng gọi là tiết diện đối xứng kép (Chữ I, hình hộp, hình ống...)

b. Sự mất ổn định khi cột bị xoắn quanh tâm xoắn tiết diện:

Tiết diện xoay quanh tâm xoắn không kèm theo uốn. Thường chỉ xảy ra với cấu kiện ngắn, độ cứng chống xoắn nhỏ (chữ I, chữ thập, chữ C...)

c. Sự mất ổn định khi cột chịu uốn và xoắn kết hợp:

Cột vừa bị uốn theo 2 phương trong mặt phẳng tiết diện x-x và y-y đồng thời lại chịu xoắn đối với trục dọc z-z. Thường xảy ra ở các tiết diện có 1 trục đối xứng gọi là tiết diện đối xứng đơn (thép góc, thép máng, tiết diện chữ T, chữ I cánh không đều nhau...) hoặc tiết diện không có trục đối xứng nào.

Ngoài ra, nhất thiết phải kiểm tra ổn định cục bộ của các phân tố cánh và bụng của tiết diện cột. Trong đó, sự mất ổn định cột do xoắn hoặc uốn xoắn là phức tạp nhất bởi vì sự méo mó mặt cắt ngang trong trạng thái mất ổn định dẫn đến cột không chỉ có biến dạng dọc do uốn mà còn có biến dạng dọc do xoắn. Ứng suất và biến dạng dọc phụ thêm này phụ thuộc vào các đặc trưng hình học của tiết diện thành mỏng và khá lớn nên không thể bỏ qua trong tính toán, thiết kế.

2. Cơ sở lý thuyết bài toán ổn định xoắn hoặc uốn xoắn đối với cột.

Gọi x_0, y_0 là tọa độ tâm uốn O và ω_0 là tọa độ quạt điểm M (x,y) trên tiết diện. Theo Vlasov, hệ phương trình vi phân ổn định ở trạng thái giới hạn của cấu kiện thành mỏng có dạng tổng quát như sau:

$$EI_x u^{IV} + P v'' - P x_0 \theta'' = 0$$

$$EI_y u^{IV} + P u'' + P y_0 \theta'' = 0$$

$$EI_{\omega}\theta^{IV} + (Pr^2_0 - GJ) - Py_0u'' - Px_0v'' = 0$$

Trong đó:

P: Lực nén trong cột. u, v và góc xoay ϕ là các c.vị, đạo hàm lấy theo trục z

I_x, I_y : Mômen kháng uốn của tiết diện hữu hiệu theo phương x-x và y-y

$$I_{\omega}: \text{Hằng số vênh của tiết diện: } I_{\omega} = \int \omega_0^2 . t . ds \quad (3-55)$$

$$J: \text{Mômen quán tính xoắn tiết diện: } J = \sum \frac{b . t^3}{3} \quad (3-56)$$

E, G: Môđun đàn hồi; Môđun đàn hồi trượt của thép

r_0 : Bán kính quán tính cực của tiết diện đối với tâm uốn O (x_0, y_0)

$$r_0 = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2} \quad (3-57)$$

Giả sử thanh 2 đầu liên kết khớp, điều kiện biên có dạng: $u=0, v=0, \theta=0$ tại $z=0$ và $z=L$. Vì mômen uốn = 0 nên $u''=0, v''=0, \theta''=0$. Nghiệm của hệ phương trình vi phân có dạng:

$$u = A \sin(n\pi z/L); v = B \sin(n\pi z/L); \theta = C \sin(n\pi z/L) \quad (3-58)$$

Trong đó:

A, B, C: Các hệ số không đổi. Để có lực tới hạn nhỏ nhất lấy $n=1$.

L: Chiều dài hình học của cột.

Đặt $\lambda = n\pi/L$. Thay các nghiệm vào hệ phương trình ổn định và đơn giản thừa số chung $\lambda^2 \sin \lambda z$, ta được hệ phương trình đại số xác định A, B, C:

$$(EI_y \lambda^2 - P)A - y_0 PC = 0$$

$$(EI_x \lambda^2 - P)A - x_0 PC = 0$$

$$(EI_{\omega} - (r_0^2 P - GJ))C - y_0 PA + x_0 PB = 0$$

$$\text{Đặt: } P_x = EI_x \lambda^2 = \frac{\pi^2 E . I_x}{l_{ox}^2} \quad (3-59)$$

$$P_y = EI_y \lambda^2 = \frac{\pi^2 E . I_y}{l_{oy}^2} \quad (3-60)$$

$$P_z = (EI_{\omega} \lambda^2 + GJ) / r_0 = \left(\frac{\pi^2 EI_{\omega}}{l_{oz}^2} + GJ \right) \frac{1}{r_0} \quad (3-61)$$

Trong đó:

l_{ox}, l_{oy}, l_{oz} : Chiều dài tính toán của cột khi uốn quanh trục x-x, y-y và xoắn quanh trục z-z.

Để các hệ số A,B,C khác 0 thì định thức của hệ phải = 0. Ta có:

$$\begin{vmatrix} (P_y - P) & 0 & -y_0 P \\ 0 & (P_x - P) & x_0 P \\ -y_0 P & x_0 P & (P_z - P)r_0^2 \end{vmatrix} = 0$$

2.1. Đối với tiết diện không đối xứng (tâm uốn không trùng trọng tâm cột):

Khai triển định thức ta được phương trình:

$$(-r_0^2 + y_0^2 + x_0^2)P^3 + [(P_\omega + P_x + P_y)r_0^2 - y_0^2 P_x - x_0^2 P_y]P^2 - r_0^2(P_x P_y + P_y P_\omega + P_x P_\omega)P + P_x P_y P_\omega r_0^2 = 0 \quad (3-62)$$

Lực tới hạn $P = \min$ của 3 nghiệm phương trình đặc trưng (P_1, P_2, P_3)

Xét hàm $f(P) =$ Vế trái của phương trình. Giả sử $P_x < P_y$ điều này luôn có thể có được khi chọn hệ trục Oxy hợp lý.

- Khi P rất nhỏ, dấu của $f(P)$ cùng dấu số hạng tự do (bỏ qua các giá trị rất nhỏ của các số hạng bậc cao) do đó $f(P) > 0$. Khi $P = P_x$ ta có $f(P_x) = -x_0^2 P_x^2 (P_y - P_x) < 0$. Vậy khi $0 < P \leq P_x$: Hàm $f(P)$ đổi dấu do đó trong khoảng $(0, P_x]$ phương trình có nghiệm nhỏ nhất là $P_1: P_1 < P_x \leq P_y$.

- Khi $P = P_y$ ta có $f(P_y) = -y_0^2 P_y^2 (P_x - P_y) > 0$. Vậy khi $P_x < P \leq P_y$: Hàm $f(P)$ đổi dấu nên do đó trong khoảng $(P_x, P_y]$ phương trình có nghiệm thứ 2 là $P_2: P_x < P_2 \leq P_y$.

- Khi $P = P_z$ có 2 trường hợp: Nếu $P_z < P_x$ thì $f(P_z) < 0$ do đó trong khoảng (P_z, P_x) hàm $f(P)$ không đổi dấu nên nghiệm P_3 nằm ngoài khoảng (P_z, P_x) . Nếu $P_z > P_y$ thì $f(P_z) > 0$ do đó trong khoảng (P_y, P_z) hàm $f(P)$ không đổi dấu nên nghiệm P_3 nằm ngoài khoảng (P_y, P_z) . Kết hợp các kết quả trên, ta có:

$$P_1 < P_z < P_x < P_2 < P_y < P_3$$

$$P_1 < P_x < P_2 < P_y < P_z < P_3$$

Nhận xét:

Sự mất ổn định dạng uốn (Euler) với các giá trị lực tới hạn P_x, P_y không thể xảy ra khi chịu nén đúng tâm vì $f(P_x) \neq 0, f(P_y) \neq 0$. Trường hợp này sẽ xảy ra sự mất ổn định theo dạng xoắn uốn với các giá trị lực tới hạn P_1, P_2, P_3 là 3 nghiệm

thực của phương trình đặc trưng (3-61). Lực tới hạn là giá trị nhỏ nhất trong 3 giá trị P_1, P_2, P_3 và phải nhỏ hơn lực tới hạn Euler (P_x, P_y) do có thêm biến dạng uốn và biến dạng xoắn.

2.2. Đối với tiết diện có 1 trục đối xứng (đối xứng đơn: tiết diện chữ C, thép góc L...).

Khai triển định thức $y_0 = 0$, phương trình đặc trưng như sau:

$$(P - P_y)[(P - P_x)(P - P_z)r_0^2 - P^2 x_0^2] = 0 \quad (3-62)$$

$$\text{Giải ra ta được 1 nghiệm: } P_1 = P_y = \frac{\pi^2 E I_y}{l_{oy}^2}; \quad (3-63)$$

$$2 \text{ nghiệm còn lại là: } P_2 = \frac{1}{2\beta} \left[(P_x + P_z) + \sqrt{(P_x + P_z)^2 - 4\beta P_x P_z} \right]; \quad (3-64)$$

$$P_3 = \frac{1}{2\beta} \left[(P_x + P_z) - \sqrt{(P_x + P_z)^2 - 4\beta P_x P_z} \right] \quad (3-65)$$

$$\text{Trong đó: } \beta = 1 - \left(\frac{x_0}{r_0} \right)^2$$

Nhận xét:

Rõ ràng là P_1 là lực tới hạn uốn dọc Euler; P_2, P_3 là lực tới hạn uốn xoắn. Lực tới hạn $P = \min(P_y, P_3)$ vì rõ ràng $P_3 < P_2$. Vấn đề đặt ra là với hình dạng, kích thước tiết diện như thế nào thì lực tới hạn uốn xoắn nhỏ hơn lực tới hạn uốn dọc Euler? Cho $P_3 \leq P_y$ (3-65) và thay P_x, P_y, P_ω theo (3-59), (3-60), (3-61) vào bất phương trình (3-65), coi tiết diện có độ cứng chống xoắn GJ khá nhỏ bỏ qua, rồi biến đổi, ta được kết quả:

$$\text{- Nếu } x_0 < \sqrt{\left(1 - \frac{I_y}{I_x}\right) \left(\frac{I_\omega}{I_y} - \frac{I_x + I_y}{A}\right)} \quad (3-66)$$

thì lực tới hạn là lực uốn dọc Euler $P = P_y$ và không phụ thuộc chiều dài cột. Do đó, có thể chế tạo tiết diện sao cho tránh được khả năng mất ổn định do uốn xoắn.

$$\text{- Nếu } x_0 > \sqrt{\left(1 - \frac{I_y}{I_x}\right) \left(\frac{I_\omega}{I_y} - \frac{I_x + I_y}{A}\right)} \quad (3-67)$$

thì lực tới hạn là lực xoắn uốn $P = P_3$ và cũng không phụ thuộc chiều dài của cột.

Trường hợp độ cứng chống xoắn GJ không thể bỏ qua, lực tới hạn sẽ phụ thuộc chiều dài của cột. Giải bất phương trình (3-63) ẩn số L, ta được:

$$L_{cr} = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{G}} \cdot \sqrt{\frac{I_y r_0^2 - I_\omega^2}{J} + \frac{I_y^2 x_0^2}{(I_x - I_y)J}} \quad (3-68)$$

Để phân ranh giới giữa mất ổn định uốn dọc khi $P_y < P_3$ hoặc xảy ra mất ổn định uốn xoắn khi $P_y > P_3$.

- Nếu $L > L_{cr}$ thì lực tới hạn $P = P_y$: Cột sẽ bị mất ổn định (oằn) do uốn dọc.

- Nếu $L < L_{cr}$ thì lực tới hạn $P = P_\omega$: Cột sẽ bị mất ổn định (oằn) do uốn xoắn.

2.3. Đối với tiết diện có 2 trục đối xứng (đối xứng kép: chữ I, chữ thập, hình hộp, hình ống...), tâm uốn trùng với trọng tâm tiết diện: $x_0 = y_0 = 0$. Ta được:

$$\begin{vmatrix} (P_y - P) & 0 & 0 \\ 0 & (P_x - P) & 0 \\ 0 & 0 & (P_\omega - P)r_0^2 \end{vmatrix} = 0$$

suy ra:

$$\text{Phương trình đặc trưng: } (P_y - P)(P_x - P)(P_\omega - P) \cdot r_0^2 = 0 \quad (3-69)$$

có 3 nghiệm $P_1 = P_x$, $P_2 = P_y$, $P_3 = P_\omega$.

Các giá trị P_1 và P_2 chính là các lực tới hạn uốn dọc Euler của cấu kiện chịu nén đúng tâm thanh thành mỏng tiết diện có 2 trục đối xứng. Giá trị P_3 liên quan tới sự xoắn của cấu kiện thành mỏng và sự vênh mặt cắt ngang đó là lực tới hạn uốn xoắn. Lực tới hạn của cột: $P = \min(P_x, P_y, P_\omega)$

$$\text{Thay } x_0 = 0 \text{ vào (3-68) ta được: } L_{cr} = \pi \cdot \sqrt{\frac{EI_y}{GJ}} \cdot \sqrt{r_0^2 - \frac{I_\omega}{I_y}} \quad (3-70)$$

- Nếu $L > L_{cr}$ thì lực tới hạn $P = P_y$: Cột sẽ bị mất ổn định (oằn) do uốn dọc.

- Nếu $L < L_{cr}$ thì lực tới hạn $P = P_\omega$: Cột sẽ bị mất ổn định (oằn) do uốn xoắn.

2.4. Kiểm tra ổn định (oằn) uốn xoắn cấu kiện thành mỏng theo tiêu chuẩn AS4600 (Úc)

Dựa trên cơ sở lý thuyết chung nêu trên, tiêu chuẩn AS 4600 quy định tính toán ổn định cho cấu kiện chịu nén về xoắn hoặc uốn xoắn tương tự như ổn định

của cấu kiện chịu uốn dọc chỉ khác công thức tính ứng suất tới hạn dọc được tính như sau:

- Đối với tiết diện có 1 trục đối xứng x-x (đối xứng đơn) hoặc 2 trục đối xứng (đối xứng kép).

Từ kết quả (3-63),(3-64),(3-65), ta có ứng suất tới hạn uốn xoắn như sau:

$$f_{oc} = \min (f_{oy}, f_{oz}) \quad (3-71)$$

$$f_{oy} = \frac{\pi^2 \cdot E}{(l_{oy}/r_y)^2} \quad (3-72) \text{ theo 3.4.2 - AS4600}$$

$$f_{oc} = \frac{1}{2\beta} \left[(f_{ox} + f_{oz}) - \sqrt{(f_{ox} + f_{oz})^2 - 4\beta f_{ox} f_{oz}} \right] \quad (3-73) \text{ theo 3.4.3 - AS4600}$$

Trong đó:

$$f_{ox} = \frac{\pi^2 \cdot E}{(l_{ox}/r_x)^2} \quad \text{và} \quad f_{oz} = \left(\frac{\pi^2 EI_{\omega}}{l_{oz}^2} + GJ \right) \frac{1}{A \cdot r_0^2} \quad (3-74) \text{ theo 3.3.3.2 - AS4600}$$

- Đối với tiết diện có 1 tâm đối xứng (Tiết diện chữ Z) ứng suất tới hạn uốn xoắn như sau:

$$f_{oc} = \min (f_{oy}, f_{oz}) \quad (3-75)$$

$$f_{oy} = \frac{\pi^2 \cdot E}{(l_{oy}/r_y)^2} \quad (3-72) \text{ theo 3.4.2 - AS4600}$$

$$f_{oz} = \left(\frac{\pi^2 EI_{\omega}}{l_{oz}^2} + GJ \right) \frac{1}{A \cdot r_0^2} \quad (3-74) \text{ theo 3.3.3.2-AS4600}$$

- Đối với tiết diện không có trục đối xứng nào: ứng suất tới hạn uốn xoắn là nghiệm nhỏ nhất của phương trình đặc trưng ổn định (3-62).

Trình tự tính toán kiểm tra ổn định uốn xoắn của cấu kiện thép thành mỏng theo AS4600 như sau:

- Xác định các đặc trưng hình học: $I_x, I_y, I_{\omega}, A, A_e, r_x, r_y, r_0$ và tọa độ tâm uốn của tiết diện (x_0, y_0)

- Xác định chiều dài tính toán của cấu kiện: l_{ox}, l_{oy}, l_{oz}

- Tính toán ứng suất oằn do uốn dọc f_{oy} theo (3-72)

- Tính ứng suất oằn do xoắn f_{oc} theo (3-73)

- Tính toán độ mảnh tiết diện λ_c : $\lambda_c = \sqrt{\frac{f_y}{f_{oc}}}$ (3-76) theo 3.4.1 - AS4600 (5)

- Tính lực tới hạn danh nghĩa f_n theo 2 trường hợp sau:

+ $\lambda_c \leq 1,5$: $f_n = (0,658 \lambda_c^2) f_y$ (3-77) theo 3.4.1-AS4600 (3)

+ $\lambda_c > 1,5$: $f_n = (0,877/\lambda_c^2) f_y$ (3-78) theo 3.4.1-AS4600 (4)

- Tính khả năng chịu nén danh nghĩa của cột:

$$N_c = A_e \cdot f_n \quad (3-79) \text{ theo 3.4.1-AS4600 (2)}$$

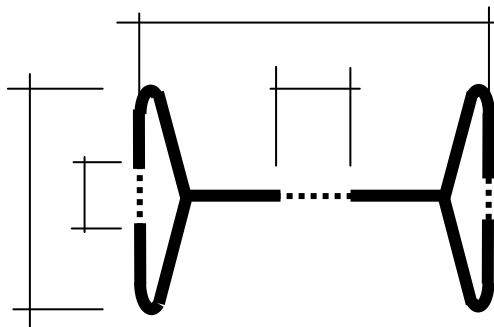
A_e : Diện tích tiết diện hữu hiệu khi chịu nén

- Kiểm tra điều kiện ổn định: $N < \phi_c \cdot N_c$ (3-80)

ϕ_c : Hệ số điều kiện làm việc khi chịu nén trung tâm $\phi_c = 0,85$

2.5. Áp dụng kiểm tra ổn định do xoắn và uốn xoắn cột thép tiết diện chữ I, cánh rộng (HFB)

Ví dụ tính toán: Kiểm tra ổn định uốn xoắn cho cột thép thành mỏng tiết diện HFB định hình số hiệu 25090HFB28 theo công nghệ Úc. Lực nén tính toán trong cột là: 180kN. Các đặc trưng hình học như sau: $l_{ox}=l_{oy}=l_{oz}=3,5m$; $A=16,15cm^2$; $A_e=13,09cm^2$; $I_x=1550cm^4$; $I_y=81,2cm^4$; $I_w=9110cm^4$; $J=43,8cm$;



$r_x=9,78cm$; $r_y=9,79cm$. Vật liệu thép có giới hạn chảy là $f_y=3400daN/cm^2$. Do tiết diện HFB đối xứng kép nên $x_o=y_o=0$.

- Tính toán ứng suất oằn do uốn dọc:

$$f_{oy} = \frac{\pi^2 \cdot E}{(l_{oy}/r_y)^2} = (3,14^2 \cdot 2 \cdot 10^6) / (350/9,79)^2 =$$

$$15430daN/cm^2$$

- Tính ứng suất oằn do xoắn f_{oz} :

$$f_{oz} = \left(\frac{\pi^2 EI_w}{l_{oz}^2} + GJ \right) \frac{1}{Ar_o^2} = \left(\frac{3,14^2 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 9110}{350 \cdot 350} + 800000 \cdot 43,8 \right) \cdot \frac{1}{16,15 \cdot 13,84 \cdot 13,84} =$$

$$11801,02daN/cm^2$$

Suy ra: $f_{oc} = \min(f_{oy}, f_{oz}) = 11801,02daN/cm^2$

- Bán kính quán tính cực đối với tâm uốn O (0,0):

$$r_o = \sqrt{r_x^2 + r_y^2} = \sqrt{9,78^2 + 9,79^2} = 13,84cm$$

- Tính toán độ mảnh tiết diện λ_c : $\lambda_c = \sqrt{\frac{f_y}{f_{oc}}} = \sqrt{\frac{15430}{11801,02}} = 1,14 < 1,5$

- Tính lực tới hạn danh nghĩa: $\lambda_c < 1,5$ nên $f_n = (0,658^{\lambda_c^2})f_y = (0,658^{1,14^2}) \cdot 3400 = 3372,222 \text{ daN/cm}^2$

- Tính lực nén lớn nhất: $N = \phi_c \cdot N_c = 0,85 \cdot A_e \cdot f_n = 0,85 \cdot 13,09 \cdot 3372,222 = 37521 \text{ daN} = 375,2 \text{ kN} > 180 \text{ kN}$.

Vậy: Cột tiết diện 25090HFB28 đảm bảo điều kiện ổn định khi chịu lực nén 180kN.

CHƯƠNG IV

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Kết luận.

Từ những kết quả tính toán dựa theo hai tiêu chuẩn: Tiêu chuẩn TCVN 5575-2012 và Tiêu chuẩn Úc AS 4600, chúng ta có thể so sánh, kết luận khả năng chịu lực của tiết diện và lựa chọn phương pháp tối ưu nhất trong tính toán, kiểm tra, áp dụng vào thực tế.

- Khi được uốn nguội, cường độ của thép được tăng lên so với cường độ ban đầu và được gọi là hiện tượng cứng nguội.

- Tính theo Tiêu chuẩn Úc AS 4600, thanh tạo hình nguội chữ C có khả năng chịu lực lớn hơn so với phương pháp kiểm tra bền của TCVN 5575-2012.

- Sự mất ổn định theo dạng uốn xoắn kết hợp là dạng phá hoại đặc trưng thường gặp đối với cấu kiện thép thành mỏng. Tùy theo hình dạng tiết diện (đối xứng đơn, đối xứng kép hay bất kỳ) mà xác định được giá trị lực tới hạn từ đó xác định ứng suất tới hạn để kiểm tra bài toán ổn định tổng thể.

- Việc cấu tạo tiết diện sao cho có tọa độ tâm uốn (x_o, y_o) hợp lý cũng như lựa chọn chiều dài tính toán cấu kiện phù hợp (L) sẽ có tác dụng quan trọng để hạn chế mất ổn định do uốn xoắn.

- Tính toán thanh tạo hình nguội theo Tiêu chuẩn AS 4600 phức tạp hơn so với cách tính toán của tiêu chuẩn Việt Nam. Tuy nhiên phương pháp này có ưu điểm là sát với khả năng thực tế của tiết diện thực đồng thời đã giải quyết khá đầy đủ bài toán ổn định theo phương pháp trạng thái giới hạn, vì vậy ta có thể tính toán và chọn được tiết diện tối ưu và sử dụng để tính toán kiểm tra ổn định cấu kiện thép thành mỏng trong điều kiện thực tế chưa có tiêu chuẩn Việt Nam về tính toán kết cấu thép thành mỏng.

2. KIẾN NGHỊ:

Trong Luận văn về tính toán thanh tạo hình nguội theo tiêu chuẩn Úc AS 4600, đã đạt được những mục tiêu đề ra. Tuy nhiên đây là lần đầu tiên được thực hiện một luận văn Thạc sĩ, trong quá trình nghiên cứu còn gặp nhiều những khó khăn về phương pháp nghiên cứu, kiến thức hiểu biết, khả năng thực hành còn rất hạn chế, tài liệu tham khảo ít, đa phần là tiếng Anh. Vì vậy, những tìm hiểu mới chỉ dừng lại ở việc nghiên cứu, tính toán và so sánh với Tiêu chuẩn Việt Nam, với những mục tiêu đã đạt được, bên cạnh đó còn nhiều những vấn đề cần tìm hiểu và khai thác sâu, triệt để hơn. Với những khó khăn hạn chế trong thời

gian nghiên cứu, tìm hiểu tính toán thanh tạo hình nguội dựa theo tiêu chuẩn Úc AS 4600, em có một số kiến nghị rất mong thầy cô trong khoa tạo điều kiện:

- Trong thời gian sắp tới rất mong khoa tạo điều kiện cho học viên, sinh viên những năm sau có điều kiện được tham gia tìm hiểu, khai thác sâu hơn về Tiêu chuẩn AS 4600 với các loại kết cấu đa dạng hơn.

- Tiếp tục triển khai đi sâu vào nghiên cứu phân tích kết quả thí nghiệm tính toán.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. GS-TS. Đoàn Định Kiến.
Thiết kế kết cấu thép thành mỏng tạo hình nguội - NXB Xây Dựng năm 2015.
2. Ths. Hoàng Văn Quang, Ths. Trần Mạnh Dũng, Ths. Nguyễn Quốc Cường
Thiết kế khung thép nhà công nghiệp. - NXB Khoa học và kỹ thuật 2010.
3. Tiêu chuẩn XĐVN 5575-2012, Kết cấu thép, tiêu chuẩn thiết kế kết cấu thép.
4. Tiêu chuẩn thiết kế thép thành mỏng AS 4600.
5. Trusbuild.com.vn
6. <http://www.bluescopesteel.com.au/>
7. Huỳnh Minh Sơn, Phạm Văn Hội,
Nghiên cứu ứng dụng cấu kiện tiết diện HFB, Kỷ yếu Hội thảo Khoa học Kết cấu thép trong Xây dựng, Hà Nội, 12/2004.
8. Huỳnh Minh Sơn.
Tính toán dầm thép cánh rỗng HFB theo tiêu chuẩn thiết kế của Úc, Tạp chí Khoa học Công nghệ ĐHQĐN số 2/6-2004.
9. Australia/New Zealand Standard, Cold-formed Steel Structure, AS/NZS 4600:1996.
10. Dempsey,
R.I, Hollow Flange Beam Member Design Manual, Palmer Tube Technologies, 1993.
11. Hancock, Gregory.
Design of cold-formed Steel structures (to Australian/New Zealand Standard AS/NZS:4600), Australian Institute of Steel Construction 1998.