

BỘ XÂY DỰNG

GIÁO TRÌNH KẾT CẤU THÉP - GỖ



NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG

BỘ XÂY DỰNG

GIÁO TRÌNH
KẾT CẤU THÉP - GỖ

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG
HÀ NỘI - 2003

GIỚI THIỆU

Môn học "Kết cấu thép - gỗ" là một trong những môn học chuyên ngành được giảng dạy trong các trường đào tạo cán bộ kỹ thuật xây dựng.

Tuy tài liệu phục vụ cho môn học này đã được các Trường Đại học Xây dựng, Đại học Kiến trúc... biên soạn, song các tài liệu đó chưa thật phù hợp với đối tượng là sinh viên các trường cao đẳng xây dựng. Vì vậy Trường Cao đẳng Xây dựng số 1 đã được Bộ Xây dựng giao tổ chức biên soạn cuốn giáo trình "Kết cấu thép - gỗ" làm tài liệu học tập cho sinh viên hệ cao đẳng chuyên ngành xây dựng dân dụng và công nghiệp, đồng thời có thể làm tài liệu tham khảo cho học sinh trung học chuyên nghiệp xây dựng dân dụng và công nghiệp.

Chủ biên giảng viên chính - Thạc sĩ Tạ Thanh Vân cùng với nhóm tác giả: Thạc sĩ Nguyễn Ngọc Thúc, Kỹ sư Trần Thị Kim Thúy, chúng tôi đã cố gắng bố trí các chương mục, nội dung sao cho vừa bảo đảm tính khoa học của môn học, vừa đơn giản, chính xác, đồng thời vừa có tính chất gợi mở cho người học... Song cũng khó tránh khỏi thiếu sót và rất mong nhận được sự góp ý của bạn đọc.

Trường Cao đẳng Xây dựng số 1 xin trân trọng cảm ơn lãnh đạo Bộ Xây dựng, Vụ Tổ chức cán bộ, các vụ chức năng của Bộ Xây dựng, Khoa Xây dựng Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội đã tạo điều kiện và giúp đỡ nhà trường để cuốn giáo trình sớm được hoàn thành.

Trường Cao đẳng Xây dựng số 1

Phần I

KẾT CẤU THÉP

Chương 1

ĐẠI CƯƠNG VỀ KẾT CẤU THÉP

1.1. ƯU ĐIỂM VÀ NHƯỢC ĐIỂM CỦA KẾT CẤU THÉP

1.1.1. Ưu điểm

1.1.1.1. Khả năng chịu lực lớn, độ tin cậy cao

- Khả năng chịu lực lớn:

Do vật liệu thép có cường độ lớn (lớn nhất trong các vật liệu xây dựng).

- Độ tin cậy cao:

+ Do cấu trúc thuần nhất của vật liệu.

+ Sự làm việc của vật liệu gần sát nhất với các giả thuyết tính toán.

1.1.1.2. Trọng lượng nhẹ

Là kết cấu nhẹ nhất trong các kết cấu chịu lực (Bê tông cốt thép, gạch đá, gỗ). Đặc điểm này được đánh giá thông qua hệ số c là tỷ lệ giữa trọng lượng riêng và cường độ tính toán của nó: $c = \gamma/R$.

Ví dụ: Thép có: $c = 37 \cdot 10^{-4} \text{ 1/m}$.

Gỗ có : $c = 5,4 \cdot 10^{-4} \text{ 1/m}$.

Bê tông : $c = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ 1/m}$.

1.1.1.3. Tính công nghiệp hóa cao

Vật liệu thép được sản xuất hoàn toàn trong nhà máy, việc chế tạo kết cấu thép cũng được làm chủ yếu trong các nhà máy chuyên ngành, hoặc dùng các loại máy móc chuyên dụng. Vì vậy kết cấu thép là loại kết cấu thích hợp nhất với điều kiện xây dựng công nghiệp hóa.

1.1.1.4. Tính cơ động trong vận chuyển, lắp ráp

Do trọng lượng nhẹ, việc vận chuyển, lắp ráp, sửa chữa, thay thế kết cấu thép dễ dàng, nhanh chóng.

1.1.1.5. Tính kín

Kết cấu thép có khả năng chống thấm cao (không thấm nước, không thấm khí), nên rất thích hợp dùng cho các công trình bể chứa chất lỏng, chất khí.

1.1.2. Nhược điểm

1.1.2.1. Dễ bị xâm thực

Thép dễ bị gỉ, nhất là trong môi trường xâm thực, không khí ẩm. Vì vậy, không nên dùng thép ở những nơi ẩm ướt, có chất ăn mòn. Thậm chí ở môi trường bình thường, kết cấu thép cũng phải luôn có một lớp bảo vệ (sơn, mạ). Do đó, chi phí cho bảo dưỡng kết cấu thép cao hơn so với kết cấu bê tông cốt thép, gạch đá.

1.1.2.2. Chịu lửa kém

Thép không cháy nhưng khi nhiệt độ tăng đến 500 - 600°C thép chuyển sang dẻo, mất khả năng chịu lực. Khi sử dụng kết cấu thép trong các công trình dễ cháy như kho chất cháy, nhà ở, nhà công cộng, thép phải được bọc bằng một lớp chịu lửa (bê tông, sơn phòng lửa).

1.2. PHẠM VI SỬ DỤNG

1.2.1. Dùng cho các công trình xây dựng dân dụng

1.2.1.1. Nhà nhịp lớn

Nhà nhịp lớn là những loại nhà có yêu cầu không gian sử dụng lớn, như: Rạp hát, nhà thi đấu thể thao, nhà triển lãm ..., các công trình này có nhịp khá lớn (30 – 40m, có thể lớn hơn 100m).

1.2.1.2. Khung nhà nhiều tầng

Đặc biệt đối với loại nhà kiểu tháp, khi số tầng lớn hơn 15 tầng thì kết cấu thép có lợi hơn so với kết cấu bê tông cốt thép.

1.2.2. Dùng cho các công trình công nghiệp

Kết cấu thép được sử dụng nhiều trong các công trình như nhà máy, nhà xưởng có nhịp lớn, bể chứa, giàn khoan...

1.2.3. Dùng cho các công trình giao thông

Kết cấu thép được dùng khi cần thi công nhanh, công trình có nhịp lớn, đặc biệt được sử dụng làm cầu treo, có thể vượt được nhịp lớn hơn 1000m.

Ngoài ra, kết cấu thép còn được dùng cho các công trình tháp cao như cột điện, tháp truyền hình ...

Tuy kết cấu thép có nhiều ưu điểm nhưng giá thành thép còn cao nên việc sử dụng kết cấu thép cần được so sánh, cân nhắc với các kết cấu khác.

1.3. YÊU CẦU ĐỐI VỚI KẾT CẤU THÉP

1.3.1. Yêu cầu về sử dụng

1.3.1.1. Yêu cầu chịu lực: Kết cấu phải đảm bảo độ bền, độ cứng, đủ sức chịu mọi tải trọng sử dụng.

1.3.1.2. Yêu cầu về tuổi thọ (Độ bền lâu): Hình dáng kết cấu phải đảm bảo thuận tiện cho việc bảo dưỡng, kiểm tra, sơn bảo vệ.

1.3.1.3. Yêu cầu mỹ quan: Yêu cầu này cũng rất quan trọng, đặc biệt với các công trình công cộng có kết cấu lộ ra ngoài.

1.3.2. Yêu cầu về kinh tế

1.3.2.1. Tiết kiệm vật liệu: Do thép có giá thành cao nên đòi hỏi người thiết kế phải chú ý đến các giải pháp để có thể sử dụng thép một cách hợp lý.

1.3.2.2. Tính công nghệ trong xây dựng: Tính công nghệ hóa được thể hiện từ việc thiết kế sao cho phù hợp với việc chế tạo ở công xưởng đến việc có thể đưa ra lắp dựng một cách nhanh chóng tại công trường.

Một phương pháp giúp đạt được những yêu cầu trên là điển hình hóa kết cấu thép (có thể điển hình hóa từng cấu kiện như xà gồ, dầm, dãn hoặc điển hình hóa một kết cấu như cột điện, khung nhà...). Phương pháp này có các ưu điểm:

- Tránh việc thiết kế lặp lại, từ đó giảm được thời gian thiết kế.
- Có thể chế tạo hàng loạt các cấu kiện, từ đó tạo điều kiện sử dụng những thiết bị chuyên dùng, tăng năng suất lao động.

Tuy vậy, khi thiết kế phải chú ý đến đặc tính riêng biệt của từng loại cấu kiện của kết cấu để tránh việc quá máy móc gây lãng phí vật liệu.

Chương 2

VẬT LIỆU THÉP XÂY DỰNG

2.1. THÉP XÂY DỰNG

2.1.1. Phân loại

Thép và gang là hợp kim đen của sắt (Fe), cacbon (C) và một lượng rất nhỏ các chất như oxy (O), photpho (P), silic (Si)...

Quá trình luyện thép như sau: Quặng sắt (Fe_2O_3 , Fe_3O_4) luyện trong lò cao, được gang (là hợp kim của sắt và cacbon với hàm lượng cacbon lớn hơn 1,7%), đưa gang vào luyện trong lò luyện thép để khử bớt cacbon ta được thép.

2.1.2. Phân loại theo thành phần hóa học của thép

- Thép cacbon: Hàm lượng cacbon dưới 1,7%, không có các thành phần hợp kim khác. Tùy theo hàm lượng cacbon chia ra:

+ Thép cacbon thấp: Lượng cacbon dưới 0,22%, đây là loại thép mềm, dẻo, dễ gia công, được sử dụng trong ngành xây dựng.

+ Thép cacbon vừa: Lượng cacbon từ 0,22% đến 0,6%.

+ Thép cacbon cao: Lượng cacbon từ 0,6 đến 1,7%.

Thép cacbon vừa và cao được sử dụng trong các ngành công nghiệp khác.

- Thép hợp kim: Thêm các thành phần kim loại khác như crôm (Cr), niken (Ni), mangan (Mn)... có tác dụng nâng cao chất lượng thép (tăng độ bền, tăng tính chống gỉ...). Tùy theo hàm lượng các kim loại khác chia ra:

+ Thép hợp kim thấp: Lượng kim loại thêm vào dưới 2,5%. Được sử dụng trong kết cấu xây dựng.

+ Thép hợp kim vừa và cao: Lượng kim loại thêm vào trên 2,5%.

1.2.2. Theo phương pháp luyện thép

- Luyện bằng lò bằng (lò Martin): Thép luyện bằng phương pháp này có chất lượng tốt do cấu trúc thuần nhất, nhưng nhược điểm của phương pháp này là năng suất thấp (thời gian luyện một mẻ từ 8 đến 12 giờ), do vậy giá thành thép cao.

- Luyện bằng lò quay (lò Bessmer, lò Thomas): Phương pháp này có năng suất cao, nhưng chất lượng không tốt do lẫn tạp chất, bọt khí (thời gian luyện một mẻ chỉ khoảng 30 phút) nên giá thành thép giảm.

Để khắc phục nhược điểm của các phương pháp trên, hiện nay người ta sử dụng lò quay tiên tiến vừa cho thép chất lượng tốt, vừa cho năng suất cao.

2.1.3. Theo phương pháp để lắng thép

- Thép sôi: Chất lượng thép không tốt do có nhiều bọt khí làm thép dễ bị phá hoại giòn, lão hóa.

- Thép tĩnh: Chất lượng thép tốt hơn do có thêm các chất khử oxy (như silic, mangan, nhôm) nhưng giá thành thép cao hơn.

- Thép nửa tĩnh: Là loại thép trung gian giữa thép tĩnh và thép sôi.

2.2. CẤU TRÚC VÀ THÀNH PHẦN HÓA HỌC CỦA THÉP

2.2.1. Cấu trúc

Thép xây dựng có cấu trúc tinh thể, do các hợp chất sau tạo thành:

- Ferit (Chiếm 99% thể tích): Là sắt nguyên chất, mềm và dẻo.

- Xementit: Là hợp chất sắt cacbua (Fe_3C), cứng và giòn.

- Peclit: Là hợp chất của ferit và xementit.

Màng peclit nằm giữa các hạt ferit quyết định sự làm việc và tính dẻo của thép. Thép càng nhiều cacbon thì màng peclit càng dày và thép càng cứng.

2.1.2. Thành phần hóa học của thép

- Thép cacbon: Ngoài sắt và cacbon, thép xây dựng còn có thêm các thành phần:

+ Mangan (Mn): Mangan có tác dụng tăng cường độ và độ dai của thép. Thông thường lượng mangan chiếm 0,4 – 0,65%, không nên lớn quá 1,5% vì như vậy thép sẽ trở nên giòn.

+ Silic (Si): Silic có tác dụng tăng cường độ của thép nhưng có nhược điểm là làm giảm khả năng chống ăn mòn và tính dễ hàn của thép. Vì vậy, nên khống chế lượng silic trong khoảng 0,12 – 0,3%.

+ Lưu huỳnh (S): Chất này làm cho thép giòn nóng nên khi ở nhiệt độ cao thép chịu tác dụng tải trọng kém, đồng thời dễ bị nứt khi hàn.

+ Phốt pho (P): Phốt pho làm cho thép giòn, giảm tính dẻo của thép.

Lưu huỳnh và phốt pho là hai tạp chất có hại, vì vậy phải đảm bảo hàm lượng của chúng theo quy định: không quá 0,07% đối với kết cấu thông thường, và không quá 0,05% đối với kết cấu quan trọng.

+ Ngoài ra còn có các chất khí nitơ (N), oxy (O) trong không khí hòa vào kim loại lỏng làm thép giòn, giảm cường độ thép, do đó cần khử hết các chất này.

- Thép hợp kim: Để tăng cường độ, tính dai, tính năng cơ học và khả năng chống gỉ của thép, người ta cho thêm các nguyên tố kim loại như đồng (Cu), crôm (Cr), niken (Ni)...

2.1.3. Số hiệu thép xây dựng

2.1.3.1. Thép cacbon thấp, cường độ thường

Thép cacbon thấp được chia làm các loại: CT.0, CT.1, CT.2, CT.3, CT.4, CT.5.

Thép CT.3 là loại thép mềm, có cường độ khá cao, có độ dẻo và độ dai xung kích, nên hợp lý khi dùng làm thép xây dựng. Thép CT.1, CT.2 là loại thép mềm, độ dẻo lớn nên trong xây dựng chỉ dùng làm thân đỉnh tán, bu lông. Thép CT.4, CT.5 rất cứng, chắc nên chủ yếu dùng trong công nghiệp đóng tàu, ít dùng trong xây dựng.

Thép cacbon thấp có giới hạn chảy: 2200 – 2500 daN/cm², giới hạn bền: 3700 – 4200 daN/cm².

2.1.3.2. Thép cường độ khá cao

Thép cường độ khá cao là thép hợp kim thấp, ký hiệu: 09Г 2С, 10Г2С1, 15ХСНД...

Ý nghĩa ký hiệu: Đầu tiên là con số chỉ phần vạn của hàm lượng cacbon, tiếp theo là tên các thành phần hợp kim: Г là mangan, С là silic, Х là crôm, Н là niken...

Thép cường độ khá cao có giới hạn chảy: 2900 – 3900 daN/cm², giới hạn bền: 4300 – 5400 daN/cm².

2.1.3.3. Thép cường độ cao

Thép cường độ cao là các loại thép hợp kim có nhiệt luyện, giới hạn chảy trên 4400 daN/cm², giới hạn bền trên 5900 daN/cm².

2.3. SỰ LÀM VIỆC CỦA THÉP CHỊU TẢI TRỌNG

2.2.1. Sự làm việc chịu kéo của thép

Những đặc trưng cơ học chủ yếu của thép như cường độ, quan hệ giữa ứng suất và biến dạng, modun đàn hồi... được xác định thông qua thí nghiệm mẫu thép chịu lực kéo.

2.2.1.1. Biểu đồ ứng suất – biến dạng khi kéo

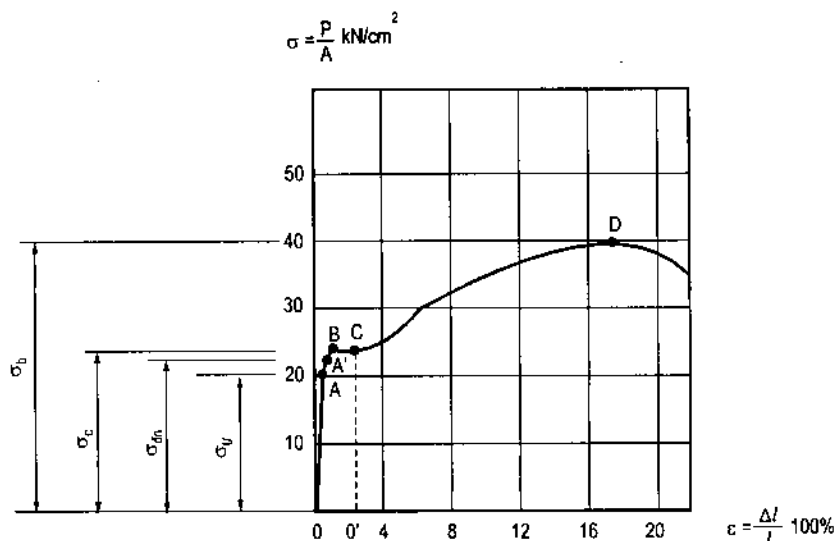
Làm thí nghiệm kéo một mẫu thép CT.3 bằng tải trọng tĩnh tăng dần, người ta vẽ được biểu đồ kéo của thép như hình 2.1. Trong đó A, l là tiết diện ban đầu và chiều dài ban đầu của mẫu.

Biểu đồ kéo của thép cacbon thấp được chia thành các giai đoạn sau:

- Đoạn OA' (Giai đoạn tỷ lệ): Ứng suất từ 0 đến khoảng 2000 daN/cm². Thực chất trong giai đoạn này chỉ có đoạn OA là đường thẳng còn đoạn AA' là đường hơi cong nhưng thép vẫn làm việc đàn hồi, vì vậy có thể dùng định luật Hooke để tính toán:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

Ứng suất tại điểm A được gọi là giới hạn tỷ lệ σ_{tl} , ứng suất tại điểm A' được gọi là giới hạn đàn hồi σ_{dh} .



Hình 2.1: Biểu đồ kéo của thép cacbon thấp.

- Đoạn A'B (Giai đoạn đàn hồi dẻo): ứng suất tăng lên đến 2400 daN/cm^2 . Trong giai đoạn này, biểu đồ là một đường cong rõ rệt, thép không còn làm việc đàn hồi nữa.
- Đoạn BC (Giai đoạn chảy dẻo): Biến dạng tăng trong khi ứng suất không đổi (biến dạng trong khoảng 0,2 – 2,5%). Đoạn BC được gọi là thêm chảy, tương ứng với nó có giới hạn chảy σ_c . Tại điểm C nếu ta bỏ tải trọng thép vẫn còn biến dạng dư OO' .
- Đoạn CD (Giai đoạn cứng cổ): Trong giai đoạn này, thép không chảy nữa và lại có thể chịu được lực nhưng biến dạng tăng nhanh và mẫu thép bị phá hoại khi ứng suất đạt đến khoảng 4000 daN/cm^2 (ứng suất tại điểm D và được gọi là giới hạn bền σ_b). Biến dạng lúc kéo đứt của mẫu thép rất lớn $\epsilon_0 = 20 - 25\%$.

2.1.1.2. Các đặc trưng cơ học chủ yếu của thép

Các đặc trưng cơ học chủ yếu của thép bao gồm: giới hạn tỷ lệ σ_{tl} , giới hạn chảy σ_c , giới hạn bền σ_b , biến dạng khi đứt ϵ_0 và moduly đàn hồi.

Như trên biểu đồ ta thấy giới hạn chảy đã chia phạm vi chịu lực của thép ra làm hai khu vực: Một khu vực hầu như là đàn hồi lý tưởng, một khu vực hầu như là dẻo lý tưởng. Giới hạn chảy vừa là giới hạn khả năng chịu lực của thép, vừa là giới hạn phạm vi tính toán theo giai đoạn đàn hồi. Chính vì vậy, quy phạm lấy nó làm mốc tính trạng thái giới hạn thứ nhất – trạng thái giới hạn theo khả năng chịu lực.

Giới hạn bền σ_b hay còn được gọi là cường độ tức thời của thép, có thể được sử dụng trong tính toán (được chia cho một hệ số an toàn) đối với các kết cấu cho phép biến dạng lớn.

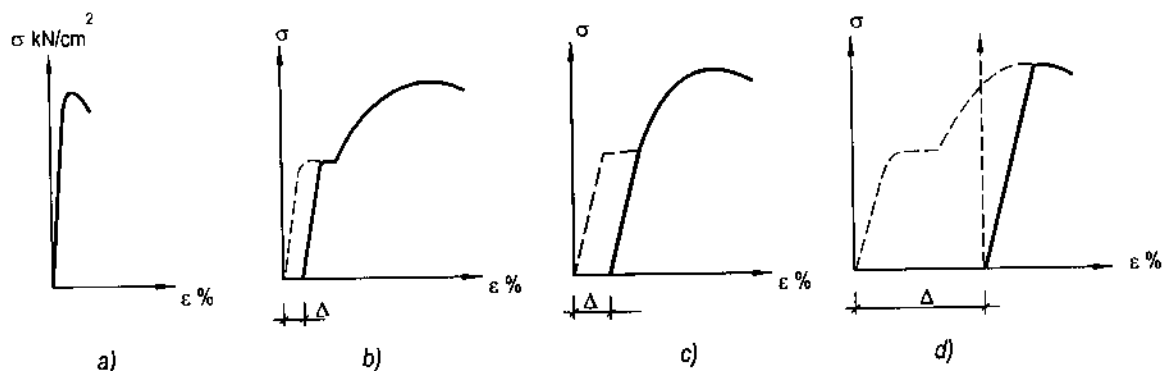
Biến dạng khi đứt ϵ_0 đặc trưng cho độ dẻo và độ dai của thép.

2.2.2. Sự phá hoại giòn của thép

Phá hoại dẻo là phá hoại với biến dạng lớn, trong khi phá hoại giòn là phá hoại ở biến dạng nhỏ, có các vết nứt. Trên thực tế, kết cấu thép không thể bị phá hoại khi thép còn làm việc ở trạng thái dẻo, mà chỉ bị phá hoại khi thép đã bị chuyển sang giòn do các nguyên nhân như: thép bị lão hóa, thép bị biến cứng, thép chịu ứng suất cục bộ...

2.2.2.1. Hiện tượng cứng nguội

Hiện tượng cứng nguội là hiện tượng thép trở nên cứng sau khi bị biến dạng dẻo ở nhiệt độ thường. Được thể hiện trên biểu đồ (hình 2.2).



Hình 2.2: Sự cứng nguội của thép.

Lúc đầu đem kéo mẫu thí nghiệm đến giai đoạn dẻo rồi bỏ tải, đường biểu diễn đồ thị trở về một đường thẳng song song với giai đoạn đàn hồi (H2.2a). Khi gia tải lần thứ hai, đường biểu diễn lại đi lên theo đường thẳng cho đến khi gặp đường cũ và sau đó trùng với đường biểu diễn cũ (H2.2b). Như vậy, thêm chảy của thép đã giảm đi, thậm chí bằng không (H2.2c). Lúc này, tuy giới hạn đàn hồi được nâng lên nhưng làm thép giòn, rất có hại cho kết cấu thép.

Ví dụ: Uốn nguội thanh thép, đục lỗ đinh...

2.2.2.2. Thép chịu tải trọng lặp

Khi kết cấu chịu tải trọng lặp đi lặp lại nhiều lần (vài triệu lần), có thể sinh ra hiện tượng mỏi của kim loại làm giảm cường độ và thay đổi tính chất cơ học của thép, làm cho thép chuyển từ vật liệu dẻo sang vật liệu giòn. Thép sẽ bị phá hoại ở ứng suất nhỏ hơn giới hạn bền.

Ví dụ: Công trình cầu khi có đoàn xe chạy qua, kết cấu bệ đỡ mô tơ...

2.2.2.3. Sự lão hóa

Cùng với thời gian, tính chất của thép thay đổi dần, làm thép trở nên giòn hơn.

2.4. QUY CÁCH THÉP CÁN DÙNG TRONG XÂY DỰNG

Các loại thép cán được quy định trong tiêu chuẩn quốc gia TCVN 1650-75 đến TCVN 1657-75.

2.3.1. Thép hình

2.3.1.1. Thép góc (hình 2.3) có hai loại:

- Thép góc đều cạnh:

Ký hiệu: $L_b \times b \times \delta$ hoặc $L_b \times \delta$ (Ví dụ: $L20 \times 20 \times 3$ hoặc $L20 \times 3$). Trong đó: b là chiều rộng cánh, δ là độ dày cánh.

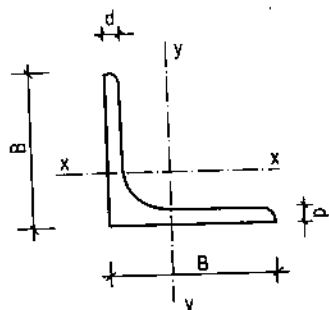
Gồm 67 loại.

- Thép góc không đều cạnh:

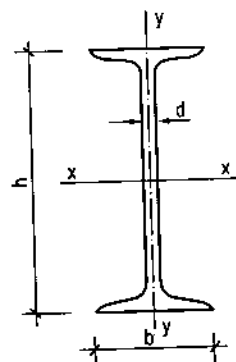
Ký hiệu: $L_{b_1} \times b_2 \times \delta$ (Ví dụ: $L25 \times 16 \times 3$). Trong đó: b_1, b_2 là chiều rộng cánh, δ là độ dày cánh.

Gồm 47 loại.

Do có ưu điểm hai mép cánh song song nhau, tiện cho việc cấu tạo liên kết, nên thép góc được dùng nhiều nhất trong kết cấu thép, đặc biệt là trong kết cấu dàn, liên kết dầm với cột hoặc được tổ hợp làm kết cấu cột...



Hình 2.3: Thép góc



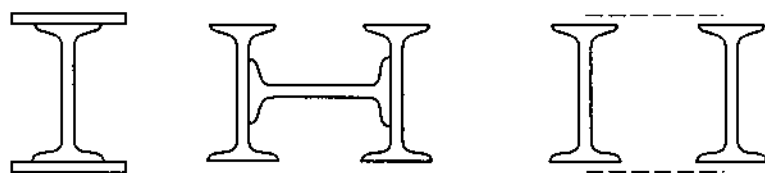
Hình 2.4: Thép chữ I

2.3.1.2. Thép chữ I (hình 2.4)

Ký hiệu: I_h (Ví dụ: $I10$). Trong đó: h là chiều cao tiết diện được lấy làm số hiệu.

Gồm 23 loại tiết diện. Từ số hiệu 18 đến 30 có thêm hai tiết diện phụ cùng chiều cao nhưng cánh rộng và dày hơn.

Thép chữ I thường được dùng làm dầm chịu uốn. Dùng một thép chữ I làm cột không hợp lý vì mômen quán tính (J) theo hai trục khác nhau nhiều. Tuy nhiên nếu muốn sử dụng thép chữ I làm cột thì có thể ghép thêm các bản thép để mở rộng cánh, hoặc ghép hai thép chữ I (hình 2.5). Ngoài ra, thép chữ I còn có một nhược điểm là cánh ngắn và độ dày cánh thay đổi nên khó liên kết.



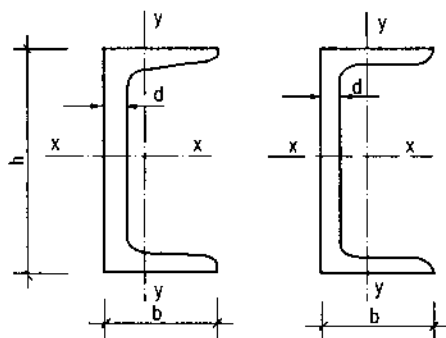
Hình 2.5: Dầm thép chữ I tổ hợp

2.3.1.3. Thép chữ [(hình 2.6)

Ký hiệu: [h (Ví dụ: [14).

Gồm 22 loại tiết diện. Từ số hiệu 14 đến 24 có thêm tiết diện phụ.

Do thép chữ [có tiết diện không đối xứng nên chịu uốn xiên tốt, và thường được sử dụng làm xà gồ. Ngoài ra, thép chữ [có mặt bụng phẳng và cánh vươn rộng nên dễ liên kết.



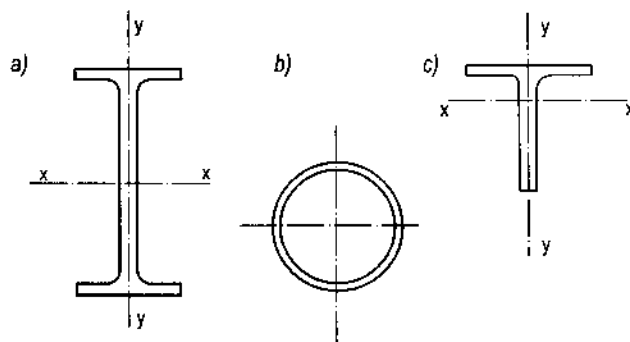
Hình 2.6: Thép chữ [

2.3.1.4. Các loại thép khác (hình 2.7):

- Thép chữ I cánh rộng: Tỷ lệ $b : h$ là 1 : 1 đến 1 : 2, kích thước tiết diện $b \times h$ từ 200×100 đến $100 \times 320\text{mm}$ (trong đó: b là chiều rộng cánh và h là chiều cao tiết diện). Loại tiết diện này có thể dùng làm dầm và cột mà không cần gia công thêm, nhờ đó giảm được công chế tạo.

- Thép ống: Kích thước $D \times \delta$ từ $42 \times 2,5$ đến $500 \times 15\text{mm}$ (trong đó: D là đường kính ngoài và δ là độ dày). Thép ống có tiết diện đối xứng, bán kính quán tính của tiết diện tương đối lớn nên chịu lực hợp lý đặc biệt được dùng cho kết cấu chịu nén. Ngoài ra, thép ống còn có ưu điểm là chống gỉ tốt.

Ngoài các loại thép trên còn có thép chữ T, thép vuông, thép tròn, thép ray...



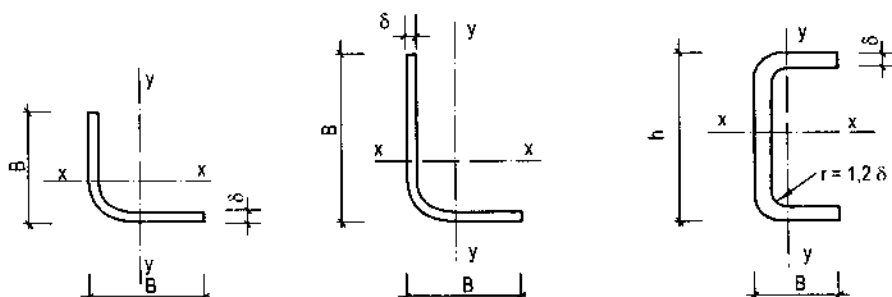
Hình 2.7: Một số loại thép hình khác

2.3. 2. Thép tấm

Thép tấm được sử dụng nhiều trong kết cấu xây dựng đặc biệt trong kết cấu bản do có thể tạo được hình dáng và kích thước bất kỳ. Có các loại như: Thép tấm dày, thép tấm mỏng, thép tấm phổ thông, thép giải, thép tấm có vân...

2.3.3. Thép hình dẹt nguội (hình 2.8)

Được dập nguội từ những thép tấm mỏng, thép giải, dày 2 – 16mm. Thép hình dẹt nguội có ưu điểm là nhẹ nhưng có nhược điểm là dễ tạo hiện tượng cứng nguội ở các góc bị uốn.



Hình 2.8: Thép hình dẹt nguội

2.5. PHƯƠNG PHÁP TÍNH KẾT CẤU THÉP THEO TRẠNG THÁI GIỚI HẠN

2.4.1. Các trạng thái giới hạn

Trạng thái giới hạn là trạng thái mà kết cấu thôi không thoả mãn những yêu cầu đề ra cho nó. Có hai loại trạng thái giới hạn:

- Trạng thái giới hạn thứ nhất: Trạng thái giới hạn về khả năng chịu lực.
- Trạng thái giới hạn thứ hai: Trạng thái giới hạn về biến dạng.

2.4.1.1. Trạng thái giới hạn thứ nhất

Trạng thái giới hạn thứ nhất là trạng thái ứng với thời điểm kết cấu không thể chịu thêm lực được nữa, vì bị phá hoại, bị mất ổn định hoặc bị hỏng do mỏi.

Ở trạng thái giới hạn này, khả năng chịu lực được kiểm tra theo công thức:

$$N \leq S$$

Trong đó:

N - Nội lực trong cấu kiện, được tính bằng công thức:

$$N = \sum P_i^c n_i \overline{N}_i \gamma_n n_c = \sum P_i \overline{N}_i \gamma_n n_c$$

$\overline{N}_i$ - Nội lực do $P_i = 1$ gây ra;

P_i^c - Tải trọng tiêu chuẩn (Tải trọng lớn nhất có thể có trong điều kiện sử dụng bình thường);

n_i - Hệ số vượt tải;

$P_i = n_i \cdot P_i^c$ - Tải trọng tính toán thứ i ;

γ_n - Hệ số an toàn về sử dụng (hệ số xét đến tầm quan trọng của công trình);

n_c - Hệ số tổ hợp (kể đến xác suất tải trọng xảy ra đồng thời).

S - Khả năng chịu lực của cấu kiện, tức là nội lực lớn nhất mà cấu kiện có thể chịu, được tính bằng công thức:

$$S = A \cdot R \cdot \gamma$$

A - Đặc trưng hình học tiết diện.

R - Cường độ tính toán vật liệu, phụ thuộc việc sử dụng giới hạn nào để tính.

Nếu sử dụng giới hạn chảy:

$$R = \frac{R_c^c}{\gamma_m} = \frac{\sigma_c}{\gamma_m}$$

Nếu sử dụng giới hạn bền:

$$R_b = \frac{R_b^c}{\gamma_m} = \frac{\sigma_b}{\gamma_m}$$

Trong đó: γ_m là hệ số an toàn vật liệu.

$\gamma_m = 1,05$ đối với thép có $\sigma_b \leq 3800 \text{ daN/cm}^2$.

$\gamma_m = 1,15$ đối với thép có $\sigma_b > 3800 \text{ daN/cm}^2$.

γ_c là hệ số điều kiện làm việc.

2.4.1.2. Trạng thái giới hạn thứ hai

Là trạng thái ứng với thời điểm kết cấu không sử dụng bình thường được nữa, do bị biến dạng, dao động...

Ở trạng thái này, độ biến dạng được kiểm tra theo công thức:

$$\Delta \leq [\Delta]$$

Trong đó:

Δ - Biến dạng (hay chuyển vị) của kết cấu do tải trọng tiêu chuẩn gây ra (Tính với tổ hợp bất lợi nhất):

$$\Delta = \sum P_i^c \cdot n_c \cdot \gamma_n \cdot \delta_i$$

δ_i là biến dạng (chuyển vị) khi $P_i^c = 1$ gây ra tại điểm đang xét.

$[\Delta]$ - Biến dạng lớn nhất cho phép để kết cấu có thể sử dụng bình thường, được lấy theo quy phạm - TCVN 5575-91.

2.4.2. Cường độ tiêu chuẩn và cường độ tính toán

2.4.2.1. Cường độ tiêu chuẩn

Cường độ tiêu chuẩn là đặc trưng cơ bản của vật liệu, được xác định do xử lý thống kê các chỉ tiêu cơ học.

$R_c^c = \sigma_c$: Đối với vật liệu làm việc trong giới hạn chảy.

$R_b^c = \sigma_b$: Đối với thép không có biến dạng chảy (thép cường độ cao), hoặc những kết cấu có thể làm việc quá giới hạn dẻo.

σ_c, σ_b tra bảng 2.1.

Bảng 2.1. Đặc trưng cơ học tiêu chuẩn của thép xây dựng

Số hiệu	Giới hạn chảy σ_c , daN/mm ²	Giới hạn bền σ_b , daN/mm ²	Độ giãn khi đứt ε_d , %	Độ dai xung kích ở 20°C, J/cm ²
BCT3 KII	22 - 24	37 - 47	24 - 27	50 - 100
BCT3 IIC	23 - 25	38 - 49	23 - 26	
BCT3 CI				
BCT3 IIC	23 - 25	38 - 50	23 - 26	
09Г2	30 - 31	45	21	60
09Г2C	29 - 35	46 - 50	21	
14Г2	33 - 34	46 - 47	21	

2.4.2.2. Cường độ tính toán

Khi cấu kiện chịu kéo, nén, uốn, cường độ tính toán được xác định bằng cách chia cường độ tiêu chuẩn cho hệ số an toàn vật liệu γ_m . Với các dạng chịu lực khác như chịu trượt, ép mặt, cường độ tính toán được xác định bằng công thức trong bảng 2.2.

Bảng 2.2. Công thức xác định cường độ tính toán

Trạng thái ứng suất	Cường độ tính toán
Kéo, nén, uốn	
theo giới hạn chảy	$R = R_c^c / \gamma_m$
theo giới hạn bền	$R = R_b^c / \gamma_m$
Trượt	$R_c = 0,58R$
Ép mặt lên đầu mút (khi tì sát)	$R_{emd} = R_b$
Ép mặt trong khớp trụ khi tiếp xúc chặt	$R_{cm} = 0,5R_b$
Ép đối kính của con lăn khi tiếp xúc tự do	$R_{cl} = 0,025R$
Kéo theo phương bề dày thép cán	$R_k = 0,5R_b$

2.4.3. Tải trọng và tổ hợp tải trọng

Được lấy theo tiêu chuẩn thiết kế TCVN 2737 : 95 “Tải trọng và tác động”.

2.4.3.1. Phân loại tải trọng

a) Tùy theo thời gian tác dụng, tải trọng được chia thành:

- Tải trọng thường xuyên: Là tải trọng không thay đổi về giá trị, vị trí, phương chiều trong suốt quá trình sử dụng công trình, ví dụ: Tải trọng bản thân của kết cấu, trọng lượng và áp lực đất đắp...

Tải trọng thường xuyên được tính bằng những tính toán giản đơn, chủ yếu bằng những công thức kinh nghiệm.

- Tải trọng tạm thời (hay còn được gọi là hoạt tải): Là tải trọng biến đổi về giá trị, vị trí, phương chiều theo thời gian xây dựng và sử dụng công trình. Tải trọng này không có mặt thường xuyên trên công trình nhưng công dụng của công trình chính là chịu những tải trọng đó. Tùy theo thời gian tác động, tải trọng tạm thời được chia ra:

+ Tải trọng tạm thời dài hạn (hay còn được gọi là hoạt tải tác dụng dài hạn): ví dụ như trọng lượng thiết bị, vách ngăn, giá sách trong thư viện, sản phẩm trong nhà kho...

+ Tải trọng tạm thời ngắn hạn (hay còn được gọi là hoạt tải tác dụng ngắn hạn): ví dụ như tải trọng gió, người sử dụng...

+ Tải trọng đặc biệt: ví dụ như tải trọng do động đất, nổ...

Tải trọng tạm thời được lấy theo quy phạm, tùy thuộc vào công dụng của từng loại công trình.

b) Tùy theo điều kiện sử dụng, tải trọng được chia thành tải trọng tiêu chuẩn và tải trọng tính toán.

- Tải trọng tiêu chuẩn: Là trị số lớn nhất có thể có của tải trọng trong điều kiện sử dụng bình thường. Trong tính toán thường được ký hiệu là: g_{tc} , p_{tc} , q_{tc} , G_{tc} , P_{tc} ...

- Tải trọng tính toán: Là tải trọng có được khi xét đến sự biến thiên của tải trọng do những sai lệch ngẫu nhiên khác với điều kiện sử dụng bình thường. Ký hiệu: g_u , p_u , q_u , G_u , P_u ...

Tải trọng tính toán được xác định bằng cách nhân tải trọng tiêu chuẩn với hệ số vượt tải n (Hệ số n được quy định trong quy phạm đối với từng loại tải trọng và trong từng điều kiện cụ thể. Ví dụ: Tải trọng gió có $n = 1,2$; trọng lượng vật liệu có $n = 1,05$ nếu ứng lực do khối lượng riêng vượt quá 50% ứng lực chung thì $n = 1,1$).

2.4.3.2. Tổ hợp tải trọng

Trên thực tế, thường không phải chỉ có một tải trọng tác dụng vào công trình mà là một tổ hợp của nhiều tải trọng tác dụng đồng thời. Tùy theo số tải trọng tác dụng, tổ hợp tải trọng được chia thành:

- Tổ hợp cơ bản: Bao gồm các tải trọng thường xuyên, hoạt tải tác dụng dài hạn, ngắn hạn. Được chia thành hai loại:

+ Tổ hợp cơ bản 1: Bao gồm tải trọng thường xuyên, hoạt tải tác dụng dài hạn, và một hoạt tải tác dụng ngắn hạn.

+ Tổ hợp cơ bản 2: Bao gồm tải trọng thường xuyên, hoạt tải tác dụng dài hạn, và mọi hoạt tải tác dụng ngắn hạn. Lúc này do xác suất xảy ra đồng thời tất cả các hoạt tải ngắn hạn đều có giá trị lớn nhất tại cùng một thời điểm là rất hiếm nên khi với tổ hợp cơ bản 2, các hoạt tải ngắn hạn được nhân với hệ số tổ hợp $n_c = 0,9$.

- Tổ hợp đặc biệt: Bao gồm tải trọng thường xuyên, hoạt tải tác dụng dài hạn, ngắn hạn, và một trong những tải trọng đặc biệt. Trong trường hợp này, các hoạt tải tác dụng ngắn hạn được nhân với $n_c = 0,8$.

Chương 3

LIÊN KẾT TRONG KẾT CẤU THÉP

Để có được một kết cấu chịu lực hoàn chỉnh, người ta phải ghép những cấu kiện riêng rẽ thông qua liên kết. Đối với kết cấu thép thì liên kết đóng một vai trò quan trọng trong quá trình làm việc của công trình. Hiện nay, trong kết cấu thép có các loại liên kết: liên kết hàn, bu lông, đinh tán, trong đó, liên kết đinh tán ít được sử dụng hơn do việc tháo lắp khó khăn.

3.1. LIÊN KẾT HÀN

3.1.1. Các phương pháp hàn trong kết cấu thép

Khái niệm: Hàn là dùng nhiệt (lửa hoặc hồ quang điện) đốt nóng cục bộ làm kim loại ở chỗ tiếp xúc chảy lỏng ra hòa lẫn vào nhau, khi nguội đông cứng lại tạo thành đường hàn.

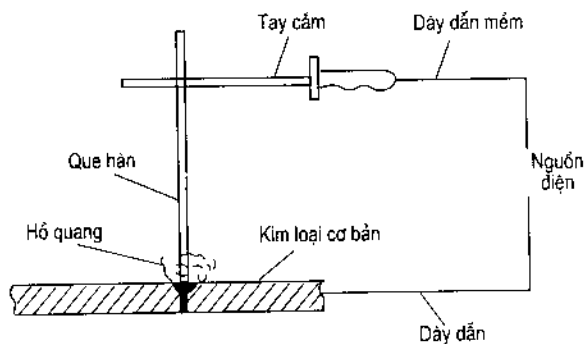
Phân loại:

- Hàn hồ quang điện: Là phương pháp hàn được dùng rất phổ biến, và được chia thành các loại: Hàn tay, hàn tự động và hàn bán tự động.

- Hàn hơi: Ít được dùng.

3.1.1.1. Hàn hồ quang điện bằng tay

a) Nguyên lý: Nối hai điện cực của nguồn điện với que hàn và kim loại cần hàn (thép cơ bản), khi hai điện cực tiếp xúc sẽ tạo nên hồ quang điện (nhiệt độ có thể lên tới hơn 2000°C) làm nóng chảy mép thép cơ bản và đầu que hàn. Kim loại lỏng hòa lẫn vào nhau, khi nguội tạo thành đường hàn. Như vậy, liên kết hàn là sự kết hợp giữa các phần tử kim loại, đường hàn có thể chịu lực tương đương thép cơ bản.



Hình 3.1: Sơ đồ hàn hồ quang điện bằng tay

b) Que hàn gồm hai phần: Lõi bằng kim loại và một lớp thuốc bọc dày 1 – 1,5mm là hỗn hợp bột đá và kim loại màu, có tác dụng:

+ Tạo lớp xỉ ngăn cản sự ảnh hưởng của không khí bên ngoài, làm kim loại chảy nguội chậm, bọt khí và tạp chất dễ thoát ra ngoài, tránh hiện tượng đường hàn bị giòn.

- + Tạo môi trường dẫn điện tốt hơn trong khu hàn, làm cho hồ quang ổn định.
- + Kim loại trong thuốc hàn có tác dụng làm tăng độ bền cho đường hàn.

- Ký hiệu:

- + Que hàn Nga: 342, 346, 342A, 346A...
- + Que hàn Việt Nam: N46, N50, N42-6B, N46-6B...

Khi chọn que hàn phải chú ý đến mức thép của kim loại cần hàn để cường độ của thép cơ bản và của mối hàn xấp xỉ nhau. Có thể chọn que hàn theo bảng 3.1.

Bảng 3.1. Chọn que hàn, dây hàn và cường độ tính toán của thép đường hàn R_{gh} trong đường hàn góc

Cường độ tức thời tiêu chuẩn của thép cơ bản, daN/cm ²	Hàn tự động Dây hàn	Hàn tay Que hàn	Cường độ tính toán chịu cắt của thép đường hàn, daN/cm ²
$R_b^c \leq 4300$	C_B 08A	342 ; 342A	1800
$4300 < R_b^c \leq 5200$	C_B 08ГA	346; 346A	2000
	C_B 10A	350; 350A	2150
$5200 < R_b^c$	C_B 10ГA	350; 350A	
	C_B 10HMA	360	
	C_B 10Г2		

Hàn tay có ưu điểm là dùng những thiết bị, dụng cụ dễ mang theo người nên thuận tiện khi sử dụng nhưng nó có một nhược điểm là chất lượng đường hàn phụ thuộc rất nhiều vào tay nghề công nhân.

3.1.1.2. Hàn hồ quang điện tự động

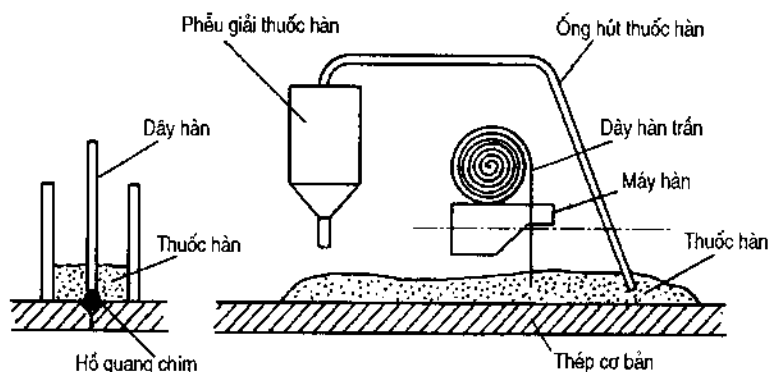
a) Nguyên lý: Trước khi hàn, rải một lớp thuốc hàn lên trên đường hàn, sau đó cắm một đầu cuộn dây hàn trần vào trong lớp thuốc hàn cho tiếp xúc với thép cơ bản, tạo hồ quang điện. Quá trình hàn được thực hiện bằng máy tự động.

b) Ưu nhược điểm của hàn tự động

Hàn tự động có nhiều ưu điểm như:

- Năng suất cao.
- Chất lượng đường hàn tốt (do rãnh chảy sâu và kim loại nguội chậm, và sử dụng máy móc nên đường hàn ít phụ thuộc tay nghề người lao động).
- An toàn và giảm bớt lao động khó nhọc cho công nhân.

Tuy vậy, hàn tự động có một nhược điểm là chỉ hàn được những đường hàn nằm thẳng hoặc tròn (ở thân bể chứa), còn những đường hàn ngược, đường hàn đứng, đường hàn gián đoạn... hàn tự động không sử dụng được.



Hình 3.2: Sơ đồ hàn hồ quang điện tự động

3.1.1.3. Hàn bán tự động

Hàn bán tự động giống hàn tự động nhưng do máy hàn được di chuyển bằng tay nên có thể hàn được ở những chỗ không tiện đặt máy tự động (ví dụ ở những chỗ chật hẹp, thẳng đứng...).

3.1.1.4. Hàn hơi

a) Nguyên lý: Ôxy và axetylen được nén ở hai bình riêng biệt, qua ống dẫn đi đến mỏ hàn, phun ra ngoài. Hỗn hợp khí cháy tạo nhiệt độ cao (đến 3200°C), làm nóng chảy kim loại cần hàn và thanh kim loại phụ (thay que hàn), khi nguội tạo thành đường hàn.

b) Ưu nhược điểm

Hàn hơi có ưu điểm là có thể thực hiện khi thiếu điện nhưng nó có nhiều nhược điểm như năng suất thấp, chất lượng đường hàn thấp... Vì vậy, phương pháp này thường được dùng để hàn những tấm kim loại mỏng hoặc để cắt thép.

3.1.1.5. Các yêu cầu chính khi hàn và phương pháp kiểm tra

a) Các yêu cầu chính khi hàn

- Trước khi hàn phải kiểm tra thép cơ bản (về quy cách, số hiệu, gia công mép bản thép, làm sạch gỉ trên bề mặt...), kiểm tra thiết bị hàn (khả năng làm việc, độ an toàn máy móc thiết bị...).

- Chọn que hàn phù hợp.

- Chọn trình tự hàn hợp lý để tránh biến hình và ứng suất hàn quá lớn.

b) Các phương pháp kiểm tra

- Kiểm tra bằng mắt: Có thể phát hiện những khuyết điểm bên ngoài, từ đó suy ra những khuyết điểm bên trong của đường hàn.

- Kiểm tra bằng phương pháp vật lý: Phương pháp này cho kết quả chính xác hơn phương pháp kiểm tra bằng mắt. Có thể chia ra các loại như điện từ, quang tuyến, siêu âm.

3.1.2. Các loại đường hàn và cường độ tính toán

3.1.2.1. Phân loại

a) Theo cấu tạo

- Đường hàn đối đầu (hình 3.3a).

- Đường hàn góc (hình 3.3b).

b) Theo công dụng

- Đường hàn chịu lực.

- Đường hàn không chịu lực (để cấu tạo).

c) Theo vị trí không gian (hình 3.4)

- Đường hàn nằm.

- Đường hàn ngang.

- Đường hàn đứng.

- Đường hàn ngược.

d) Theo địa điểm chế tạo (bảng 3.2)

- Đường hàn nhà máy.

- Đường hàn công trường.

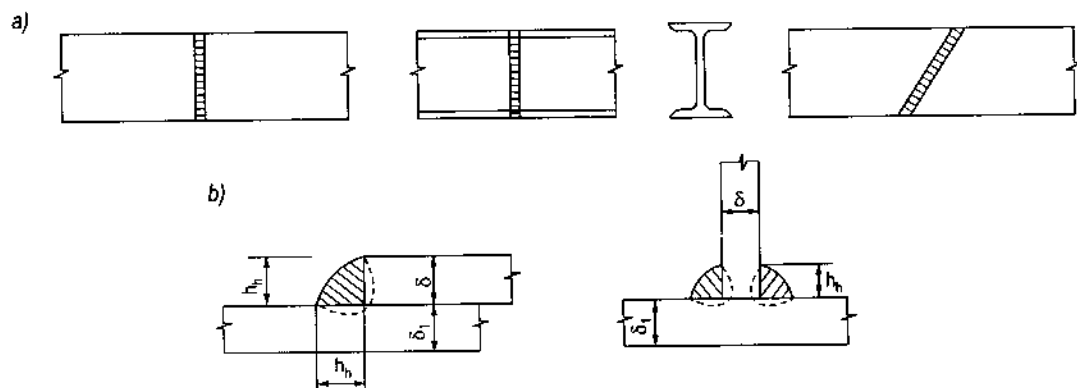
e) Theo tính liên tục của đường hàn

- Đường hàn liên tục.

- Đường hàn không liên tục: Khoảng cách lớn nhất giữa hai đường hàn phụ thuộc vào sự làm việc của cấu kiện liên kết:

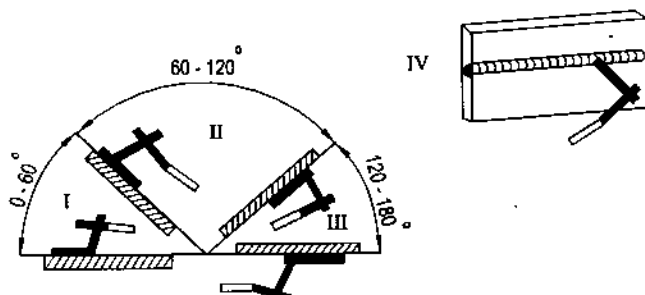
+ Với cấu kiện chịu nén: $a_{\max} \leq 15\delta_{\min}$.

+ Với cấu kiện chịu kéo hoặc các bộ phận cấu tạo: $a_{\max} \leq 30\delta_{\min}$.



Hình 3.3: Các dạng đường hàn

a) Đường hàn đối đầu, b) Đường hàn góc



Hình 3.4: Vị trí đường hàn trong không gian

Bảng 3.2. Ký hiệu các loại đường hàn

Tên gọi	Đường hàn nhà máy	Đường hàn công trường
Đường hàn đối đầu		
Đường hàn góc		
Đường hàn góc đứt đoạn		

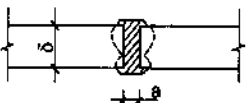
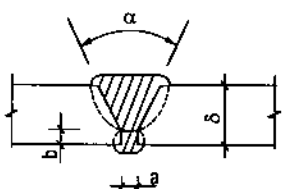
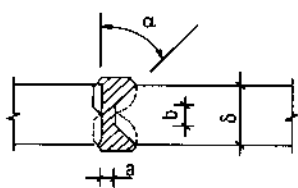
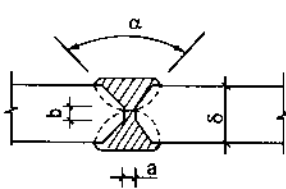
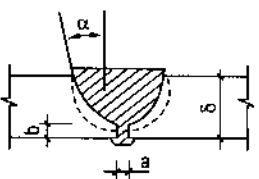
3.1.2.2. Đường hàn đối đầu và đường hàn góc:

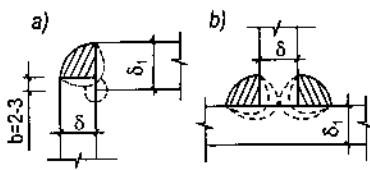
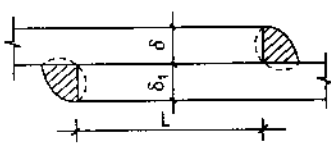
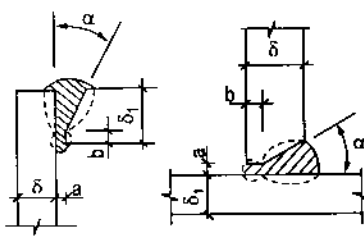
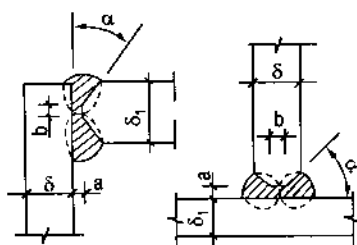
a) Đường hàn đối đầu:

- Khái niệm: Là đường hàn liên kết trực tiếp hai cấu kiện cùng nằm trong một mặt phẳng, kim loại que hàn sẽ bù đầy vào khe hàn.

Đường hàn này thường được sử dụng để liên kết thép bản, đối với những bản thép có chiều dày $\delta > 8mm$ cần gia công mép bản thép để có thể đưa que hàn xuống sâu đảm bảo chất lượng đường hàn. Hình thức gia công mép bản thép cho trong bảng 3.3.

Bảng 3.3. Các dạng gia công mép bản thép khi hàn

Dạng gia công mép	Mặt cắt $\delta, a, b, \text{mm}; \alpha, \text{độ}$	Hàn tay có hàn thêm mặt sau	Hàn tự động có hàn thêm mặt sau
1	2	3	4
1. Đường hàn đối đầu			
Không gia công mép	 δ a	2 - 8 1 - 2	2 - 20 0
Dạng chữ V	 δ a b α	3 - 50 2 2 55	14 - 24 0 6 60
Dạng chữ K	 δ a b α	12 - 60 2 1 50	20 - 30 0 6 45
Dạng chữ X	 δ a b α	12 - 60 2 2 55	20 - 60 0 6 - 8 60
Dạng chữ U	 δ a b α	15 - 100 2 2 10	24 - 100 0 6 - 8 10 - 13

1	2	3	
2. Đường hàn góc			
Không gia công mép	 δ δ_1 δ δ_1	20 - 30 a) 6 - 14 2 - 30 b) 3 - 40	
	 δ δ_1 L δ δ_1	2 - 60 1 - 20 2 - 60 — $\geq 2(\delta + \delta_1)$ 20 - 90	
Dạng chữ K	 δ δ_1 a b α δ δ_1 a b α	4 - 26 8 - 20 4 - 26 — 2 2 1 - 2 2 50 50 - 40	
	 δ δ_1 a b α δ δ_1 a b α	12 - 60 16 - 40 12 - 60 — 2 0 1 4 50 50	

- Phân loại: Có hai loại

+ Đường hàn đối đầu thẳng góc.

+ Đường hàn đối đầu xiên góc.

- Sự làm việc của đường hàn đối đầu:

Đường hàn đối đầu có tiết diện thay đổi ít, ứng suất truyền đi khá đều nên có ưu điểm truyền lực tốt, chịu tải trọng động tốt hơn so với đường hàn góc

- Cường độ tính toán của đường hàn:

Cường độ tính toán của đường hàn phụ thuộc que hàn, phương pháp kiểm tra chất lượng đường hàn và sự chịu lực.

+ Khi chịu nén: $R_{nh} = R$. (Trong đó: R_{nh} là cường độ chịu nén tính toán của đường hàn, R là cường độ tính toán của thép cơ bản).

+ Khi chịu kéo:

$R_{kh} = R$ nếu sử dụng phương pháp vật lý kiểm tra.

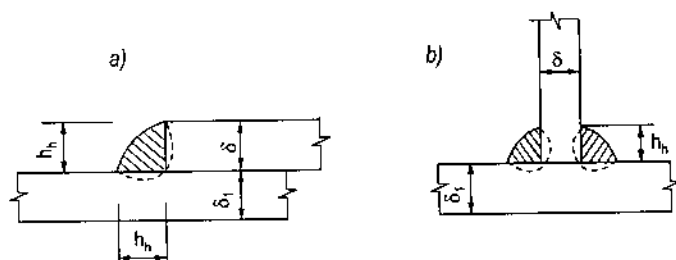
$R_{kh} = 0,85R$ nếu sử dụng phương pháp thông thường kiểm tra.

+ Khi chịu cắt: $R_{ch} = R_c$ (Trong đó: R_c là cường độ tính toán chịu cắt của thép cơ bản).

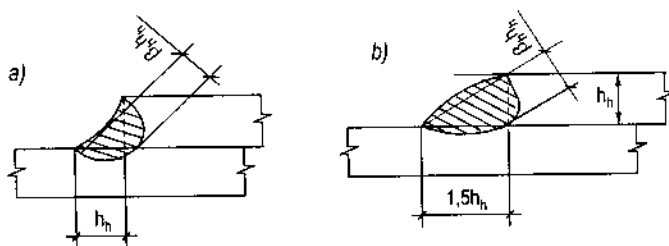
b) Đường hàn góc:

Khái niệm: Là đường hàn liên kết hai cấu kiện không nằm trên cùng một mặt phẳng.

Đường hàn nằm ở góc vuông của hai cấu kiện tạo thành. Tiết diện của đường hàn thường là tam giác vuông cân, giữa cạnh mép hơi phồng lên, cạnh góc vuông của tam giác gọi là chiều cao đường hàn (hình 3.5). Cũng có lúc người ta sử dụng đường hàn lõm hoặc đường hàn thoải (ví dụ trong kết cấu chịu tải trọng động) (hình 3.6).



Hình 3.5: Đường hàn góc



Hình 3.6: Đường hàn lõm và đường hàn thoải

- Phân loại: Có hai loại (hình 3.7):

+ Đường hàn góc cạnh: Song song với phương lực tác dụng.

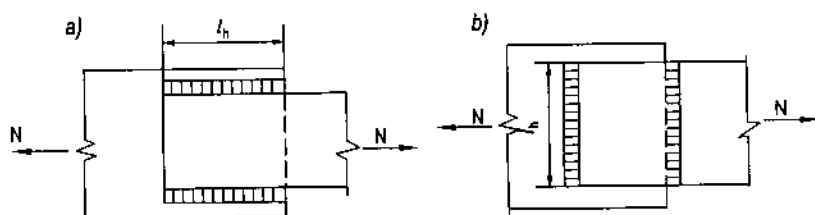
+ Đường hàn góc đầu: Vuông góc với phương lực tác dụng.

- Quy định về cấu tạo đường hàn góc:

+ Chiều cao đường hàn (h_h): $h_{min} \leq h_h \leq 1,2 \delta_{min}$

Trong đó: h_{min} – chiều cao tối thiểu của đường hàn góc, được quy định trong bảng 3.4.

δ_{min} – chiều dày của bản thép mỏng nhất trong các bản thép liên kết hay bằng chiều dày δ trong liên kết chữ T.



Hình 3.7: Các dạng đường hàn góc

Bảng 3.4. Chiều cao nhỏ nhất của đường hàn góc $h_{\min}$, mm

Phương pháp hàn	$h_{\min}$ khi chiều dày của bản thép dày nhất $\delta_{\max}$, mm						
	4 - 6	6 - 10	11 - 16	17 - 22	23 - 32	33 - 40	41 - 80
Tay	4	5	6	7	8	9	10
Tự động, nửa tự động	3	4	5	6	7	8	9

+ Chiều dài đường hàn (l_h): $l_h \geq 4 h_h$ và $l_h \geq 40$ mm.

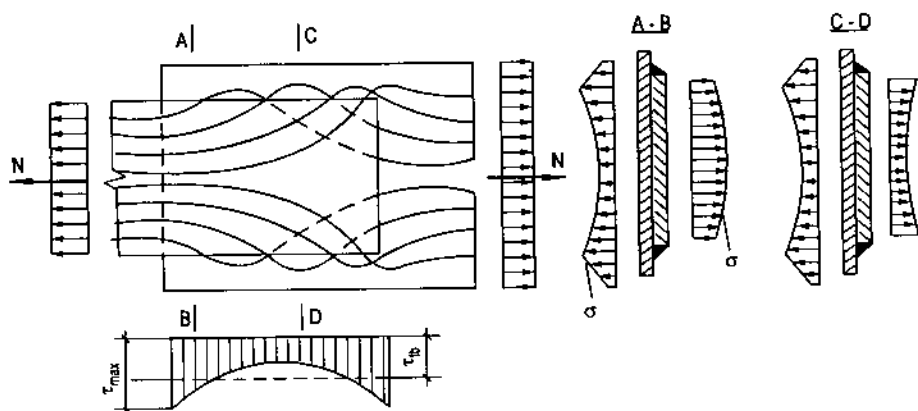
Riêng với đường hàn góc cạnh: $l_h \leq 85 \beta_h \cdot h_h$.

- Sự làm việc của đường hàn góc:

+ Đường hàn góc cạnh:

• Đường hàn góc cạnh chủ yếu chịu lực cắt theo hướng dọc của đường hàn (ngoài ra, do có lực lệch tâm gây một ít lực uốn nhưng ảnh hưởng không đáng kể nên trong tính toán không đưa vào).

• Ứng suất phân bố không đều theo chiều dài, chiều rộng của bản thép và dọc theo đường hàn. Nhưng khi tính toán coi như ứng suất phân bố đều, vì vậy đối với đường hàn góc cạnh phải khống chế chiều dài đường hàn.



Hình 3.8: Sự phân bố ứng suất trong đường hàn góc cạnh

+ Đường hàn góc đầu:

- Trên thực tế, đường hàn góc cạnh chịu cả ứng suất cắt, kéo, uốn, nhưng trong tính toán chỉ coi chúng làm việc chịu cắt.

- Ứng suất phân bố đều theo chiều rộng liên kết, nhưng ở chân đường hàn đường lực bị uốn cong và dồn ép gây ứng suất tập trung lớn.

- Sự phá hoại của đường hàn:

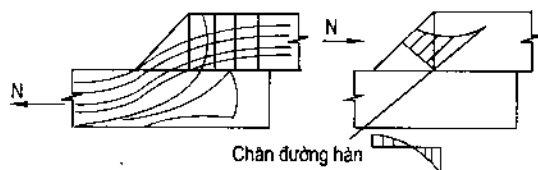
Liên kết sử dụng đường hàn góc sẽ bị phá hoại theo một trong hai tiết diện (hình 3.10):

+ Tiết diện 1: Tiết diện dọc theo kim loại đường hàn (mặt phân giác).

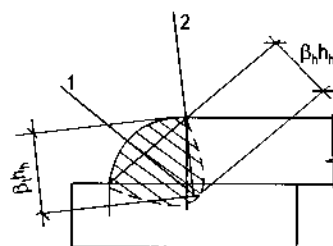
+ Tiết diện 2: Tiết diện theo biên nóng chảy của thép cơ bản.

Như vậy, tiết diện sẽ bị phá hoại theo tiết diện yếu hơn. Vì thế trong tính toán quy định phải tính đường hàn đối với cả hai tiết diện.

(β_h , β_t – hệ số chiều sâu nóng chảy của đường hàn ứng với tiết diện 1 và 2, được quy định trong bảng 3.5).



Hình 3.9: Sự phân bố ứng suất trong đường hàn góc đầu



Hình 3.10: Dạng phá hoại và tiết diện làm việc của đường hàn

Bảng 3.5. Hệ số β_h , β_t của đường hàn góc

Phương pháp hàn và đường kính dây hàn d, mm	Vị trí của đường hàn trong không gian khi hàn	Hệ số	Giá trị của β_h và β_t khi chiều cao của đường hàn h_h , mm			
			3 - 8	9 - 12	14 - 6	≥ 18
Hàn tự động khi d = 3 - 5	Nghiêng	β_h	1,1			0,7
		β_t	1,15			1,0
Hàn tự động và nửa tự động khi d = 1,4 - 2	Nằm	β_h	0,9	0,8	0,7	
		β_t	1,05	1,0		
Hàn tay nửa tự động với dây hàn đặc d = $\leq 1,4$ hoặc rỗng nhỏ thuộc hàn	Nghiêng, nằm, đứng, ngang, ngược	β_h	0,7			
		β_t	1,0			

- Cường độ tính toán của đường hàn:

Khác với đường hàn đối đầu, sự phá hoại của đường hàn góc theo hai tiết diện phụ thuộc vào đường hàn và cả thép cơ bản. Vì vậy, trong tính toán có hai cường độ chịu cắt khác nhau là cường độ tính toán chịu cắt của thép đường hàn R_{gh} (với tiết diện 1) và cường độ tính toán chịu cắt của thép cơ bản trên biên nóng chảy R_{gt} (với tiết diện 2). R_{gh} được lấy theo bảng 3.1 (phụ thuộc loại que hàn), $R_{gt} = 0,45R_b$ (R_b là cường độ tức thời tiêu chuẩn của thép cơ bản).

Đối với đường hàn góc đầu, thí nghiệm đã chứng minh tuy có cường độ lớn hơn so với đường hàn góc cạnh, nhưng lại bị phá hoại giòn rất nguy hiểm, vì vậy để an toàn đường hàn góc đầu cũng được tính toán theo hai tiết diện phá hoại và theo cường độ giống như đường hàn góc cạnh.

3.1.3. Các loại liên kết và phương pháp tính toán

- Các loại liên kết gồm có:
- Liên kết đối đầu.
 - Liên kết ghép chồng.
 - Liên kết có bản ghép.
 - Liên kết hỗn hợp.

3.1.3.1. Liên kết đối đầu

a) Cấu tạo:

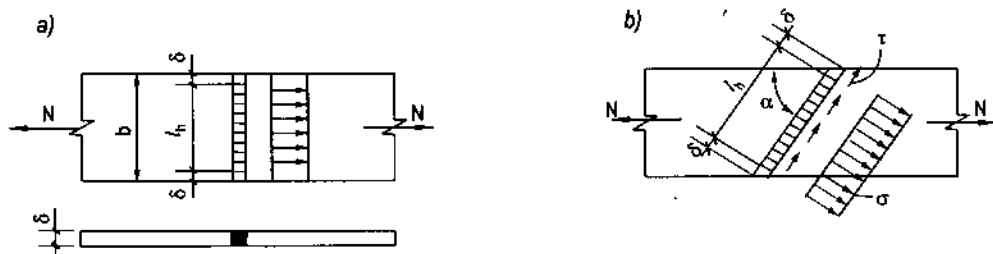
- Khái niệm: Là liên kết sử dụng đường hàn đối đầu.
- Ưu nhược điểm và phạm vi ứng dụng: Liên kết hàn đối đầu có ưu điểm là truyền lực tốt, cấu tạo đơn giản, không tốn thép làm các chi tiết nối phụ, nhưng nó cũng có một nhược điểm là phải gia công mép bản thép, vì vậy thường được sử dụng để liên kết bản thép, ít khi dùng liên kết thép hình.

b) Phân loại: Có hai loại:

- + Liên kết dùng đường hàn đối đầu thẳng góc.
- + Liên kết dùng đường hàn đối đầu xiên góc.

c) Tính toán:

Đường hàn đối đầu được xem như phần kéo dài của thép cơ bản nên cách tính toán giống như khi tính thép cơ bản.



Hình 3.11: Liên kết hàn đối đầu chịu lực trục

- Liên kết đối đầu chịu lực trực (hình 3.11):

+ Đường hàn đối đầu thẳng góc:

Công thức kiểm tra bền:

$$\sigma_h = \frac{N}{A_h} = \frac{N}{\delta l_h} \leq R_{k(n)h} \gamma$$

Trong đó:

$A_h = \delta \cdot l_h$ – Diện tích tính toán của đường hàn đối đầu.

δ - Bề dày tính toán đường hàn, được lấy bằng bề dày nhỏ nhất trong các cấu kiện liên kết.

l_h - Chiều dài tính toán của đường hàn, được xác định tùy theo cách hàn: Nếu khi hàn có dùng bản chắn tạm (để kéo dài đường hàn, sau khi hàn xong sẽ cắt phần đường hàn này đi) thì l_h bằng chiều rộng thép cơ bản, nếu khi hàn không dùng bản chắn tạm thì l_h bằng chiều dài đường hàn thực tế trừ đi 10 mm (vì xét đến chất lượng không đảm bảo ở hai đầu đường hàn), có nghĩa là:

$$l_h = b - 2\delta$$

b – Chiều dài thực tế đường hàn, cũng là chiều rộng thép cơ bản.

γ - Hệ số điều kiện làm việc.

$R_{k(n)h}$ – Cường độ tính toán của đường hàn khi chịu kéo (nén).

+ Đường hàn đối đầu xiên góc:

Khi đường hàn đối đầu thẳng góc không đủ khả năng chịu lực, có thể tăng tiết diện đường hàn (tức là tăng chiều dài đường hàn) bằng cách sử dụng đường hàn xiên. Góc nghiêng α tùy chọn nhưng không nên chọn quá bé vì như vậy thép bị cắt nhiều sẽ không tiết kiệm, và khi $\tan \alpha = 2 : 1$ thì đường hàn xiên có độ bền bằng độ bền của thép cơ bản nên không cần kiểm tra độ bền của đường hàn.

Đường hàn đối đầu xiên chịu cả hai lực: lực pháp tuyến và lực cắt. Khi tính toán sẽ tách riêng hai lực, thường khi đường hàn chịu được lực pháp tuyến thì sẽ chịu được lực cắt. Như vậy, lực dọc trục N sẽ được tách thành hai lực $N \cdot \cos \alpha$ và $N \cdot \sin \alpha$ và đường hàn được kiểm tra bền theo công thức sau:

$$\sigma_h = \frac{N \sin \alpha}{\delta l_h} \leq R_{k(n)h} \gamma$$

$$\tau_h = \frac{N \cos \alpha}{\delta l_h} \leq R_{ch} \gamma$$

Trong đó: Khi không dùng bản chắn tạm, chiều dài đường hàn xiên là:

$$l_h = \frac{b}{\sin \alpha} - 2\delta$$

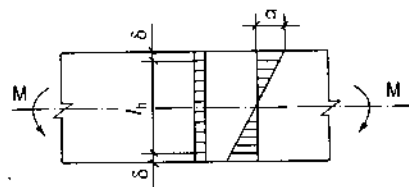
- Liên kết hàn đối đầu chịu mômen (hình 3.12):

Công thức kiểm tra bền:

$$\sigma_h = \frac{M}{W_h} \leq R_{kh}\gamma$$

Trong đó: W_h – Mômen kháng uốn của tiết diện đường hàn, được tính bằng công thức:

$$W_h = \frac{l_h^2 \delta}{6}$$



Hình 3.12: Liên kết hàn chịu mômen

Liên kết hàn đối đầu chịu mômen và lực cắt (hình 3.13):

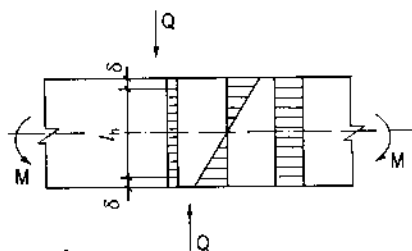
Liên kết được kiểm tra theo ứng suất tương đương σ_{td} :

$$\sigma_{td} = \sqrt{\sigma_h^2 + 3\tau_h^2} \leq 1,15R_{kh}\gamma$$

Trong đó:

$$\sigma_h = \frac{M}{W_h} = \frac{6M}{\delta l_h^2}$$

$$\tau_h = \frac{Q}{A_h} = \frac{Q}{\delta l_h}$$



Hình 3.13: Liên kết hàn chịu mômen và lực cắt

Ví dụ 3.1: Kiểm tra độ bền của đường hàn đối đầu hai bản thép có tiết diện 300 x 20mm chịu mô men uốn $M = 30\text{kNm}$ và lực cắt $Q = 300\text{kN}$. Biết hệ số điều kiện làm việc $\gamma = 1$, thép có cường độ tính toán $R = 21 \text{ kN/cm}^2$, que hàn E42, dùng phương pháp hàn tay và phương pháp kiểm tra thông thường.

Giải: Đường hàn chịu tác dụng đồng thời cả mô men và lực cắt nên được kiểm tra bền theo công thức:

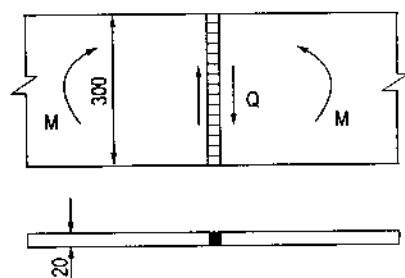
$$\sigma_{td} = \sqrt{\sigma_h^2 + \tau_h^2} \leq 1,15R_{kh}\gamma$$

Mà:

$$W_h = \frac{\delta l_h^2}{6} = \frac{2 \times (30 - 2 \times 2)^2}{6} = 225,33 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_h = \frac{M}{W_h} = \frac{3000}{225,33} = 13,31 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_h = \frac{Q}{A_h} = \frac{300}{2 \times (30 - 2 \times 2)} = 5,76 \text{ kN/cm}^2$$



Hình 3.14: Hình vẽ cho ví dụ 3.1

Vậy, ta có:

$$\sigma_{td} = \sqrt{13,31^2 + 3 \times 5,76^2} = 16,62 \text{ kN/cm}^2 < 1,15 \times 18 = 20,7 \text{ kN/cm}^2$$

Kết luận: Liên kết đủ bền.

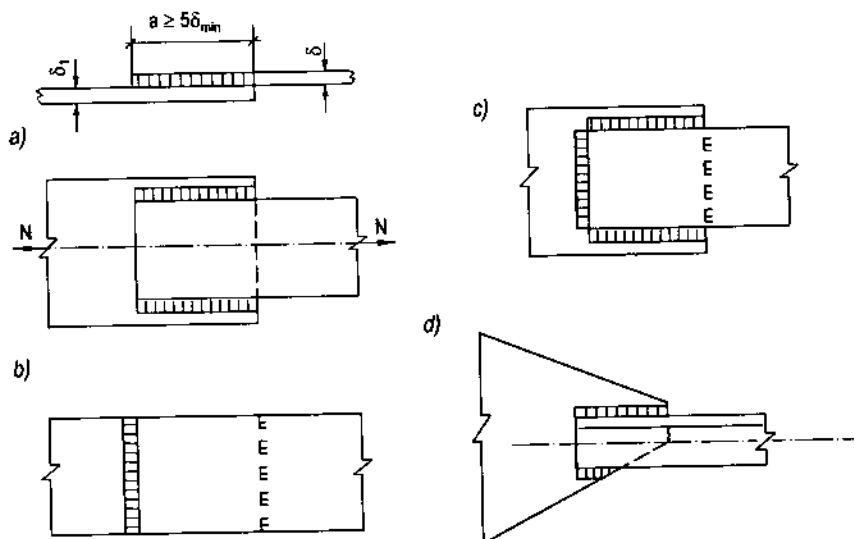
3.1.3.2. Liên kết sử dụng đường hàn góc:

a) Liên kết ghép chồng:

Cấu tạo:

+ Khái niệm: Liên kết hai cấu kiện đặt chồng lên nhau. Liên kết ghép chồng có thể sử dụng đường hàn góc đầu, góc cạnh hoặc cả hai loại đường hàn này (tuy nhiên trên thực tế ít khi sử dụng cả đường hàn góc đầu và góc cạnh do có sự tập trung ứng suất lớn).

+ Ưu nhược điểm và phạm vi sử dụng: Liên kết ghép chồng tuy không cần gia công bản thép nhưng có nhược điểm là lãng phí thép và chịu lực không tốt lắm nên ít được dùng để chịu tải trọng động, nói chung liên kết này chỉ nên dùng để liên kết các thép bản có chiều dày nhỏ ($\delta = 2 - 5 \text{ mm}$) hoặc liên kết thép hình với thép bản (hình 3.15).



Hình 3.15: Liên kết ghép chồng

- Tính toán liên kết chịu lực trục:

+ Liên kết hai thép bản:

Khi kiểm tra, độ bền của đường hàn được tính theo hai tiết diện như sau:

Tiết diện 1:
$$\frac{N}{A_{gh}} = \frac{N}{\beta_h h_h \sum l_h} \leq R_{gh} \gamma$$

Tiết diện 2:
$$\frac{N}{A_{gt}} = \frac{N}{\beta_t h_h \sum l_h} \leq R_{gt} \gamma$$

Trong đó:

h_h – Chiều cao đường hàn góc.

$\sum l_h$ – Tổng chiều dài tính toán của các đường hàn. $\sum l_h$ cũng phụ thuộc cách hàn: Nếu không dùng bản chắn tạm thì $\sum l_h$ bằng tổng chiều dài thực tế của đường hàn trừ đi 10 mm.

γ - Hệ số điều kiện làm việc của liên kết.

β_h, β_t - Hệ số chiều sâu nóng chảy của đường hàn ứng với tiết diện 1 và 2.

R_{gh}, R_{gt} - Cường độ tính toán chịu cắt quy ước của thép đường hàn và thép cơ bản trên biên.

Khi thiết kế, trước hết chọn chiều cao đường hàn theo cấu tạo (thường lấy $h_h = \delta_{\min}$), sau đó tính chiều dài đường hàn theo công thức:

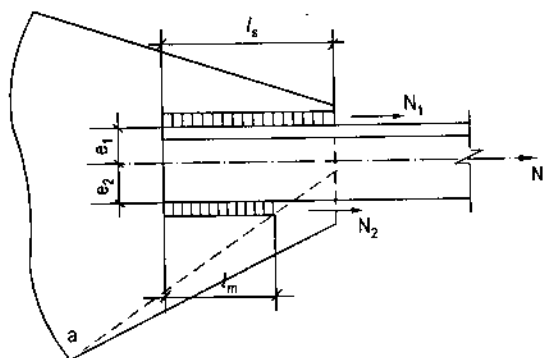
$$\sum l_h = \frac{N}{h_h (\beta R_g)_{\min} \gamma}$$

Trong đó: $(\beta R_g)_{\min}$ - giá trị nhỏ hơn trong hai giá trị $\beta_h R_{gh}$ và $\beta_t R_{gt}$.

Ngoài ra, chiều dài tính toán của đường hàn phải thoả mãn các yêu cầu cấu tạo đã nêu ở các phần trước.

+ Liên kết thép hình với thép bản:

Khi thép hình không đối xứng, ví dụ thép góc, trọng tâm thép góc không nằm giữa cánh nên lực tác dụng vào hai đường hàn không giống nhau: Đường hàn nào nằm ở gần trọng tâm thép góc hơn sẽ chịu lực nhiều hơn (Theo định luật phân lực thành những lực song song: lực tác dụng vào mỗi đường hàn sẽ tỉ lệ nghịch với khoảng cách từ trọng tâm đặt lực đến nó e_1 và e_2).



Hình 3.16: Liên kết thép góc với thép bản

Lúc này, lực dọc N được phân thành lực $N_s = kN$ (do đường hàn sống chịu) và $N_m = (1 - k)N$ (do đường hàn mép chịu). Trong đó, hệ số k được lấy theo bảng 3.4. Việc thiết kế đường hàn trong trường hợp này giống như đối với liên kết các thép bản nhưng phải chú ý tính riêng chiều dài đường hàn sống và đường hàn mép theo công thức:

$$\sum l_{hs(m)} = \frac{N_{s(m)}}{h_{hs(m)} (\beta R_g)_{\min} \gamma}$$

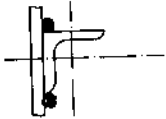
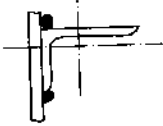
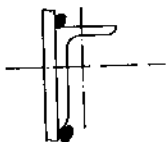
Trong đó:

$N_{s(m)}$ - Nội lực mà đường hàn sống (mép) phải chịu.

$h_{hs(m)}$ - Chiều cao đường hàn sống (mép).

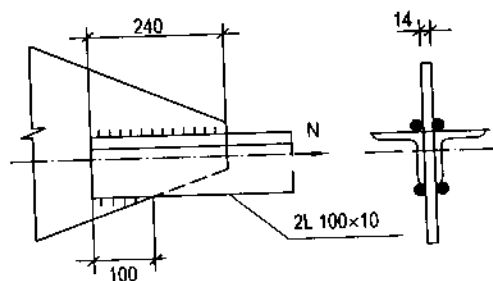
$\sum l_{hs(m)}$ - Tổng chiều dài đường hàn sống (mép).

Bảng 3.6. Hệ số phân phối nội lực N khi liên kết các thép góc với thép bản

Loại thép góc		k	1 - k
Đều cánh		0,70	0,30
Không đều cánh hàn theo cánh ngắn		0,75	0,25
Không đều cánh hàn theo cánh dài		0,60	0,40

Ví dụ 3.2:

Thiết kế liên kết hàn giữa thanh gồm 2 thép góc số hiệu L100 × 10 với bản thép có chiều dày $\delta = 14\text{mm}$ chịu lực kéo $N = 850\text{kN}$. Biết cường độ thép $R = 21\text{kN/cm}^2$, cường độ bền tiêu chuẩn $R_b^c = 34,5\text{kN/cm}^2$, dùng que hàn E42 có $R_{gh} = 18\text{ kN/cm}^2$, $R_{gt} = 15,5\text{ kN/cm}^2$, dùng phương pháp hàn tay $\beta_h = 0,7$, $\beta_t = 1$.



Hình 3.17: Hình cho ví dụ 3.2

Giải:

Chọn $h_h = 10\text{mm}$.

Tra bảng: $N_1 = 0,7N = 595\text{kN}$

$N_2 = 0,3N = 255\text{kN}$.

Chiều dài cần thiết của các đường hàn sống l_{hs} và các đường hàn mép l_{hm} được xác định theo:

$$l_{hs} \geq \frac{0,7N}{2h_h(\beta R_g)_{\min} \gamma} = \frac{595}{2 \times 1 \times 12,6 \times 1} = 23,6\text{cm}$$

$$l_{hm} \geq \frac{0,3N}{2h_h(\beta R_g)_{\min} \gamma} = \frac{255}{2 \times 1 \times 12,6 \times 1} = 10,1\text{cm}$$

Vậy, lấy $l_{hs} = 24\text{cm}$ và $l_{hm} = 11\text{cm}$.

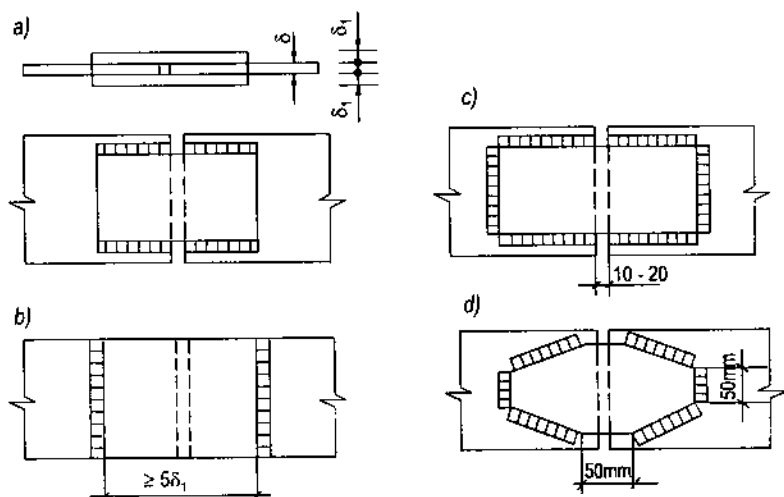
b) Liên kết có bản ghép:

- Cấu tạo:

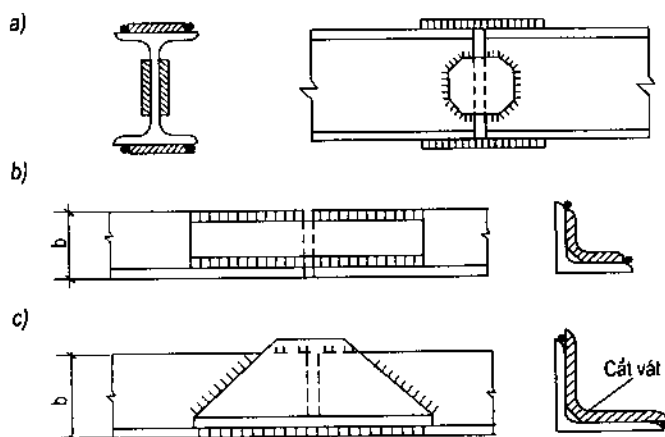
+ Khái niệm: Là loại liên kết dùng các bản ghép và đường hàn góc nối hai thanh với nhau (giữa hai thanh không có đường hàn).

+ Ưu nhược điểm và phạm vi ứng dụng: Liên kết bản ghép có ưu điểm là không phải gia công mép bản thép nhưng lại tốn thép làm bản ghép và chịu lực kém (do nội lực phải truyền qua bản ghép nên có sự lệch tâm, gây ứng suất cục bộ). Vì vậy, liên kết này ít được sử dụng để chịu tải trọng động.

Để giảm ứng suất tập trung ở các góc vuông, người ta cắt vát góc và để lại một đoạn không hàn (50 mm). Có thể sử dụng liên kết một bản ghép hoặc hai bản ghép.



Hình 3.18: Liên kết có bản ghép đối với thép tấm



Hình 3.19: Liên kết có bản ghép đối với thép hình

- Tính toán liên kết chịu lực trực:

Khi kiểm tra, ngoài việc tính toán khả năng chịu lực của đường hàn (giống trường hợp liên kết ghép chồng), còn phải kiểm tra độ bền các bản ghép theo công thức:

$$\sum A_{bg} \geq A$$

Trong đó: A_{bg} – Tổng diện tích tiết diện các bản ghép.

A – Diện tích tiết diện cấu kiện cơ bản.

Khi thiết kế, trước hết phải chọn diện tích bản ghép theo công thức trên, sau đó tính toán giống liên kết ghép chồng.

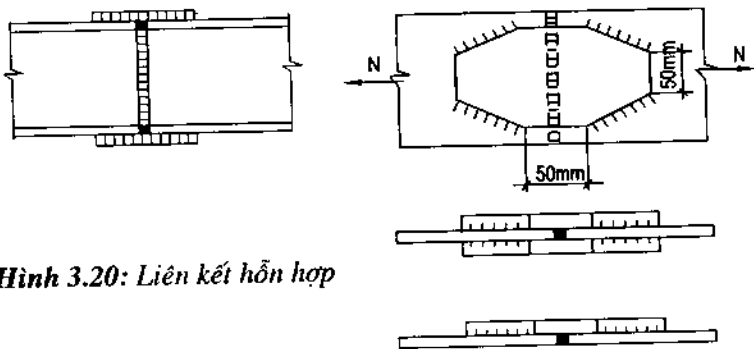
3.1.3.3. Liên kết hỗn hợp

a) Cấu tạo:

- Khái niệm: Là liên kết sử dụng cả đường hàn đối đầu và bản ghép. Ở đây, bản ghép có tác dụng gia cường cho đường hàn đối đầu.

- Ưu nhược điểm và phạm vi ứng dụng: Liên kết hỗn hợp có thể dùng cho cả thép bản và thép hình, nhưng nó có nhược điểm là tốn công chế tạo (phải gia công mép bản thép và giữa phẳng mối hàn đối đầu trước khi đặt bản ghép) và tốn thép nên ít được sử dụng.

Có thể dùng một hoặc hai bản ghép, tuy nhiên nên dùng hai bản ghép để tránh sự truyền lực lệch tâm và phải chú ý đến thứ tự hàn.



Hình 3.20: Liên kết hỗn hợp

b) Tính toán liên kết chịu lực trực:

Khi kiểm tra, điều kiện bền của liên kết được tính theo công thức sau:

$$\sigma_h = \frac{N}{A + \sum A_{bg}} \leq R_{k(n)h} \gamma$$

Trong đó: A - Diện tích tiết diện thép cơ bản.

$\sum A_{bg}$ - Tổng diện tích tiết diện các bản ghép.

3.1.3.4. Tính toán liên kết hàn với đường hàn góc chịu mômen và lực cắt (hình 3.20)

Với liên kết này ta cũng tính toán theo hai tiết diện, dùng nguyên lý cộng tác dụng ta có công thức kiểm tra:

+ Tiết diện 1:

$$\sigma_{td} = \sqrt{\sigma_{1M}^2 + \tau_{1Q}^2} = \sqrt{\left(\frac{M}{W_{gh}}\right)^2 + \left(\frac{Q}{A_{gh}}\right)^2} \leq R_{gh}\gamma$$

+ Tiết diện 2:

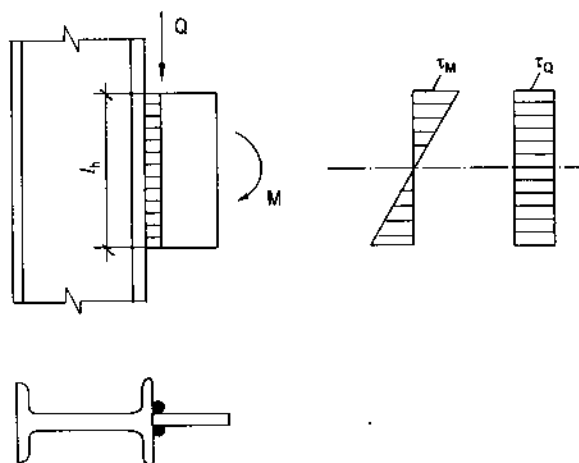
$$\sigma_{td} = \sqrt{\sigma_{2M}^2 + \tau_{2Q}^2} = \sqrt{\left(\frac{M}{W_{gt}}\right)^2 + \left(\frac{Q}{A_{gt}}\right)^2} \leq R_{gt}\gamma$$

Trong đó: W_{gh} , W_{gt} – Mômen kháng uốn của đường hàn theo tiết diện 1, 2 và được tính theo công thức:

$$W_{gh} = \frac{\beta_h h_h \sum l_h^2}{6} \quad ; \quad W_{gt} = \frac{\beta_t h_h \sum l_h^2}{6}$$

A_{gh} , A_{gt} – Diện tích tính toán của tiết diện đường hàn theo tiết diện 1, 2 và được tính theo công thức:

$$A_{gt} = \beta_t h_h \sum l_h \quad ; \quad A_{gh} = \beta_h h_h \sum l_h$$



Hình 3.21: Đường hàn góc chịu mô men và lực cắt

Ví dụ 3.3: Tính liên kết vai cột thép vào thép cột chữ I bằng các đường hàn góc. Bản thép có tiết diện $(600 \times 14)\text{mm}$, chịu lực $P = 800\text{kN}$ đặt cách mép cột một đoạn 20cm (hình 3.21). Biết thép có cường độ tính toán $R = 21 \text{ kN/cm}^2$, cường độ tức thời tiêu chuẩn $R_b^c = 34,5\text{KN/cm}^2$. Dùng que hàn 342, phương pháp hàn tay.

Giải:

Chọn $h_h = 14\text{mm}$, $l_h = 60 - 1 = 59\text{cm}$

$R_{gh} = 18\text{KN/cm}^2$, $R_{gt} = 15,5 \text{ KN/cm}^2$, $\beta_h = 0,7$, $\beta_t = 1$.

$(\beta R_g)_{\min} = \beta_h \times R_{gh} = 12,6 \text{ kN/cm}^2$ tức là tiết diện tính toán là tiết diện 1 đi qua đường hàn.

Mô men tại tiết diện hàn:

$$M = P \times l = 800 \times 20 = 16000 \text{ KNcm}$$

Ứng suất trong đường hàn do mômen gây nên:

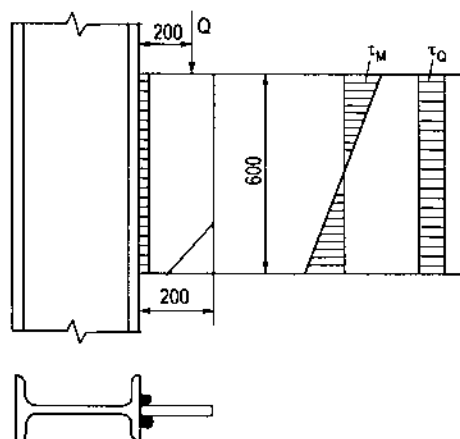
$$\tau_{IM} = \frac{M}{W_{gh}} = \frac{6M}{2\beta_h h_h l_h^2} = \frac{6 \times 16000}{2 \times 0,7 \times 1,4 \times 59^2} = 14,04 \text{ kN/cm}^2$$

Ứng suất do lực cắt gây ra ($Q = P$):

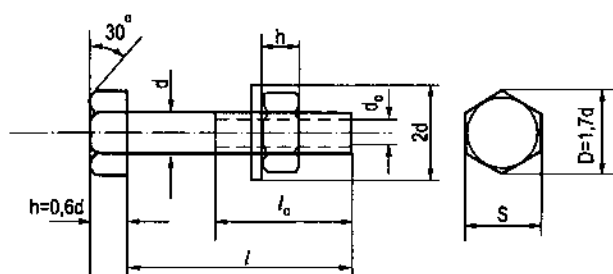
$$\tau_{IQ} = \frac{Q}{A_{gh}} = \frac{Q}{2\beta_h h_h l_h} = \frac{800}{2 \times 0,7 \times 1,4 \times 59} = 6,91 \text{ kN/cm}^2$$

Độ bền của đường hàn được kiểm tra:

$$\sigma_{td} = \sqrt{\sigma_{IM}^2 + \tau_{IQ}^2} = \sqrt{14,07^2 + 6,91^2} = 15,67 \text{ kN/cm}^2 < R_{gh} = 18 \text{ kN/cm}^2$$



Hình 3.22: Hình cho ví dụ 3.3



Hình 3.23: Cấu tạo bulông

3.2. LIÊN KẾT BULÔNG

3.2.1. Các loại bulông

3.2.1.1. Cấu tạo

- Đường kính (d): Thường từ 12 - 48mm (bulông neo đường kính tới 100mm).
- Chiều dài bulông (l): $l = 35 - 300\text{mm}$
- Chiều dài phần ren (l_o): $l_o \approx 2,5d$ (Phần thân không ren phải nhỏ hơn tổng chiều dày các bản thép liên kết 2 - 3mm).

3.2.1.2. Phương pháp gia công lỗ bulông

- Đốt lỗ (Lỗ loại C): Phương pháp này tuy có ưu điểm là cho năng suất cao nhưng có nhiều nhược điểm:

- + Bề mặt lỗ ghồ ghề.
- + Phần thép xung quanh lỗ (khoảng 2 - 3mm) bị giòn nên chịu lực kém.
- + Độ chính xác không cao (giữa các bản thép cần ghép) nên đường kính thân bulông phải làm nhỏ hơn đường kính lỗ khoảng 2 - 3mm.

- Khoan từng chồng có bản mẫu: Phương pháp này có ưu điểm độ chính xác cao, mặt lỗ phẳng nên chịu lực tốt hơn nhưng cho năng suất thấp. Đường kính lỗ chỉ cần nhỏ hơn đường kính bulông 0,3mm.

- Kết hợp đột và khoan (Lỗ loại B): Đột từng bản thép như phương pháp 1 sau đó khoan cả chồng bản thép đến đường kính thiết kế. Phương pháp này cho năng suất cao và chính xác.

3.2.1.3. Phân loại

Việc phân loại dựa trên cách sản xuất, vật liệu và tính chất làm việc của bulông. Có các loại bulông sau:

- Bulông thô và bulông thường: Được làm từ thép cacbon bằng cách rèn hoặc dập, sử dụng lỗ loại C. Do chất lượng thấp nên loại bulông này chỉ được dùng khi chúng làm việc chịu kéo hoặc định vị các cấu kiện lắp ghép.

- Bulông tinh: Được làm từ thép cacbon và thép hợp kim thấp bằng cách tiện, sử dụng lỗ loại B. Loại bulông này tuy có độ chính xác cao nhưng việc chế tạo phức tạp nên cũng ít được sử dụng.

- Bulông cường độ cao: Tuy cách sản xuất giống bulông thường (rèn hoặc dập), nhưng do được làm từ thép cường độ cao nên có khả năng chịu lực lớn. Khi xiết chặt êcu, các tấm thép ép chặt lên nhau, lực truyền từ cấu kiện này sang cấu kiện kia chủ yếu do lực ma sát giữa các cấu kiện. Hiện nay, bulông cường độ cao được sử dụng nhiều, đặc biệt trong những kết cấu chịu tải trọng động.

3.2.2. Sự làm việc của liên kết bulông

3.2.2.1. Sự làm việc chịu trượt của liên kết bulông thô, thường và bulông tinh

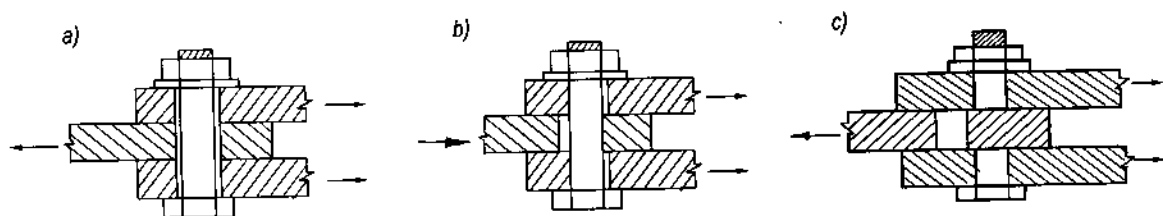
Khi siết chặt êcu, bulông chịu kéo đồng thời các bản thép bị ép chặt sẽ tạo nên lực ma sát giữa mặt tiếp xúc. Nhưng lực ma sát này không đủ lớn để thắng được lực trượt do ngoại lực gây ra và liên kết làm việc theo các giai đoạn sau:

- Giai đoạn 1: Khi lực trượt giữa các bản thép nhỏ hơn lực ma sát, bulông chỉ chịu lực kéo ban đầu (hình 3.24a).

- Giai đoạn 2: Tăng ngoại lực tác dụng, lực trượt lớn hơn lực ma sát, các bản thép bị trượt lên nhau khiến thân bulông tì sát vào thành lỗ (hình 3.24b).

- Giai đoạn 3: Lực trượt truyền qua liên kết chủ yếu bằng sự ép của thân bulông lên thành lỗ. Lúc này bulông bị uốn cong và chịu đồng thời cả cắt, uốn, kéo.

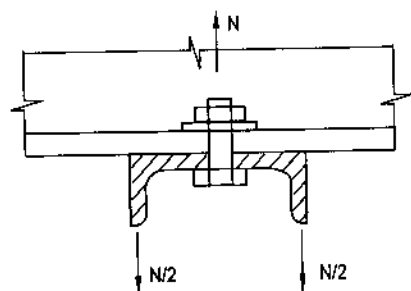
Giai đoạn 4: Lực trượt tăng, độ chặt của liên kết giảm lực ma sát yếu đi. Liên kết bị phá hoại theo hai trường hợp: do thân đinh bị cắt đứt (hình 3.24c) hoặc bản thép bị phá hoại do ép mặt lên thành lỗ.



Hình 3.24: Sự làm việc của liên kết bulông

3.2.2.2. Sự làm việc chịu trượt của liên kết bulông cường độ cao

Khác với bulông thô, thường và bulông tinh, trong liên kết bulông cường độ cao, lực ma sát giữa các bản thép hoàn toàn tiếp nhận được lực trượt do ngoại lực tác động. Bulông chỉ chịu lực kéo ban đầu (do siết ốc).



Hình 3.25: Sự làm việc chịu kéo của bulông

3.2.2.3. Sự làm việc của bulông khi chịu kéo

Bulông chịu kéo khi lực tác dụng song song thân bulông. Lúc đầu, do giữa các cấu kiện còn có lực kéo ban đầu, nếu ngoại lực N chưa đủ lớn để vượt qua trị số ấy ($N < N_0$), thì liên kết vẫn làm việc bình thường. Khi tăng lực N lên ($N \geq N_0$), bulông chịu kéo với tải trọng ngoài. Khi ứng suất trong thân bulông đạt đến cường độ tính toán chịu kéo của vật liệu làm thân bulông, liên kết bị phá hoại.

3.2.3. Khả năng làm việc của một bulông

3.2.3.1. Đối với bulông thô, thường và bulông tinh

a) Khả năng làm việc chịu cắt của một bulông:

$$[N]_{cbl} = R_{cbl} \gamma_{bl} A_{bl} n_c$$

Trong đó:

R_{cbl} - cường độ tính toán chịu cắt của vật liệu bulông, được lấy theo bảng 3.8;

γ_{bl} - hệ số điều kiện làm việc của liên kết bulông (đối với bulông thô, thường: $\gamma_{bl} = 0,9$; đối với bulông tinh: $\gamma_{bl} = 1$).

$A_{bl} = \frac{\pi d^2}{4}$ - diện tích tiết diện ngang phần không ren của thân bulông;

d - đường kính thân bulông;

n_c - số lượng mặt cắt tính toán của bulông (phụ thuộc số lượng cấu kiện liên kết).

b) Khả năng chịu ép mặt của một bulông :

$$[N]_{emb} = d(\Sigma \delta)_{min} R_{emb}$$

Trong đó:

$(\Sigma \delta)_{min}$ - tổng chiều dày nhỏ nhất của các bản thép cùng trượt về một phía;

R_{emb} - cường độ ép mặt tính toán của bulông.

c) Khả năng chịu kéo của một bulông:

$$[N]_{kbl} = A_{thbl} R_{kbl}$$

Trong đó:

A_{thbl} - diện tích thực của tiết diện thân bulông (đã trừ phần giảm yếu do ren), lấy theo bảng 3.9;

R_{kbl} - cường độ tính toán chịu kéo của vật liệu bulông, lấy theo bảng 3.8.

3.2.3.2. Đối với bulông cường độ cao

Khả năng chịu lực của một bulông:

$$[N]_{blc} = R_{kbl} A_{thbl} \gamma_{bl} \left(\frac{\mu}{\gamma_{tc}} \right) k$$

Trong đó:

R_{kbl} - cường độ chịu kéo tính toán của vật liệu bulông: $R_{kbl} = 0,7 R_b^c$ (R_b^c là cường độ tức thời tiêu chuẩn của vật liệu bulông, lấy theo bảng 3.10).

γ_{bl} - hệ số điều kiện làm việc của liên kết bulông (Khi liên kết chịu tải trọng động và khi độ sai lệch giữa đường kính bulông và đường kính lỗ lớn hơn 1mm thì $\gamma_{bl} = 0,85$; các trường hợp còn lại $\gamma_{bl} = 1$);

μ - hệ số ma sát, lấy theo bảng 3.11;

γ_{tc} - hệ số độ tin cậy của liên kết, lấy theo bảng 3.11;

k - số lượng mặt phẳng ma sát tính toán.

3.2.4. Cấu tạo của liên kết bulông

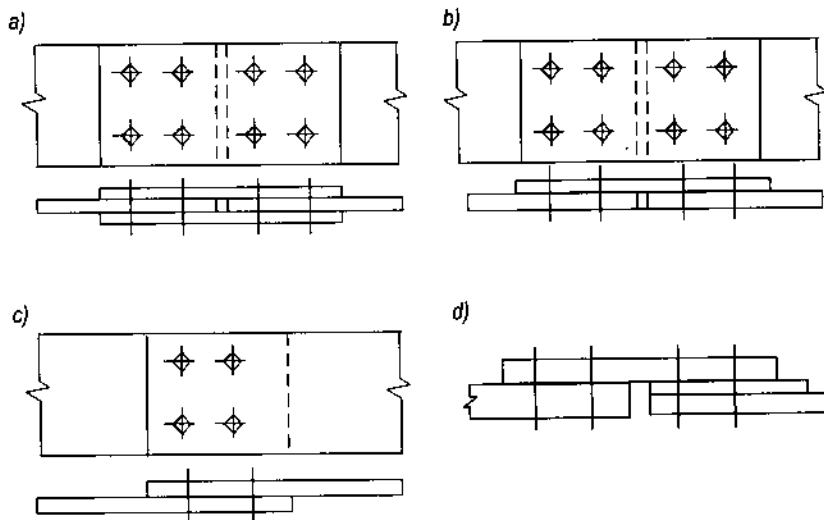
3.2.4.1. Các hình thức cấu tạo

a) Thép tấm

- Liên kết đối đầu:

+ Sử dụng 2 bản ghép (hình 3.26a). (Nếu hai bản thép có chiều dày không bằng nhau thì phải đặt thêm bản đệm - hình 3.26d).

- + Sử dụng một bản ghép (hình 3.26b).
- Liên kết ghép chồng (hình 3.26c).



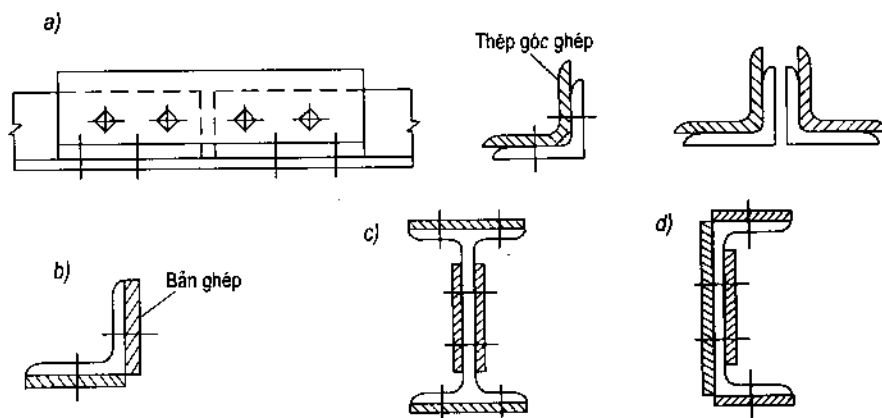
Hình 3.26: Các hình thức liên kết thép bản bằng bulông

Trong đó, hình thức liên kết đối đầu các bản thép cùng chiều dày có sử dụng hai bản ghép là hình thức tốt nhất, do sự truyền lực đối xứng không bị uốn, khả năng chịu lực của bulông cao. Các hình thức liên kết còn lại có sự truyền lực lệch tâm, chịu mômen uốn phụ, khả năng chịu lực của bulông thấp nên khi bố trí, số bulông cần tăng thêm 10% so với tính toán.

b) Thép hình

- Liên kết đối đầu:

- + Sử dụng hai bản ghép (hình 3.27c, d).
- + Sử dụng một bản ghép (hình 3.27a, b).



Hình 3.27: Các hình thức liên kết thép hình bằng bulông

- Liên kết ghép chồng:

+ Đối xứng (hình 3.27e).

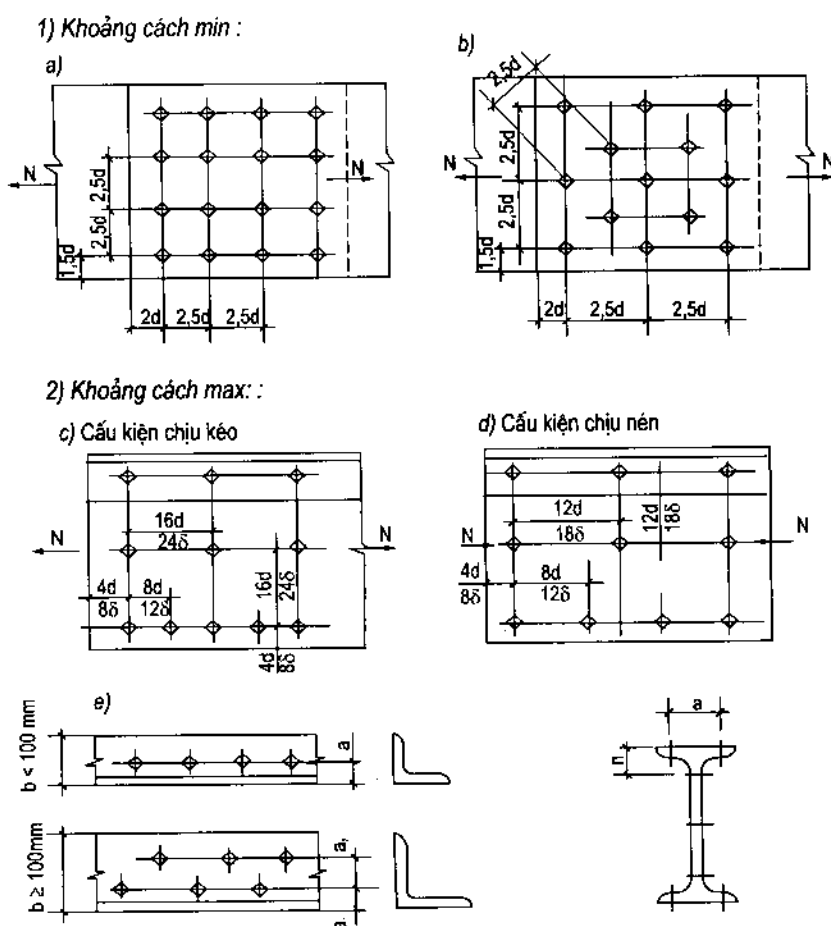
+ Không đối xứng (hình 3.27f).

Đối với liên kết thép hình, hình thức sử dụng thép góc làm bản ghép được dùng rộng rãi để đảm bảo độ cứng và chỉ liên kết ghép chồng không đối xứng với cấu kiện mềm khi bố trí mới cần tăng số bulông lên 10% so với tính toán.

3.2.4.2. Bố trí bulông

- Có hai cách bố trí: bố trí song song và bố trí so le. Trong đó cách bố trí song song đơn giản nên hay được dùng hơn.

- Quy ước: các bulông nằm trên một đường thẳng gọi là đường đinh. Các đường đinh nằm song song với phương của lực tác dụng là dãy đinh, vuông góc với phương của lực tác dụng là hàng đinh. Khoảng cách giữa hai bulông cạnh nhau trên đường đinh gọi là bước đinh.



Hình 3.28: Bố trí bulông

1. Khoảng cách min (a, b); 2. Khoảng cách max: c) Cấu kiện chịu kéo; d) Cấu kiện chịu nén.

Để tiện cho việc chế tạo, chỉ nên dùng một loại đinh trong một kết cấu (nhiều nhất là hai loại), và cố gắng làm cho các khoảng cách của đường đinh trong kết cấu thống nhất.

Khoảng cách giữa các bulông được quy định trong bảng 3.5. Đối với liên kết chịu lực nên bố trí bulông theo khoảng cách nhỏ nhất để đỡ tốn thép, với liên kết không chịu lực nên bố trí theo khoảng cách lớn nhất để đỡ tốn bulông. Riêng với thép hình khi bố trí bulông phải chú ý đến bề rộng cánh: $b < 100\text{mm}$ chỉ bố trí một dãy bulông trên cánh, $b \geq 100\text{mm}$ bố trí hai dãy.

Bảng 3.7. Quy định bố trí bulông và đinh tán

Khoảng cách giữa trọng tâm của hai bulông hay đinh tán theo phương bất kì	
a) Nhỏ nhất	
- Đối với bulông	2,5d
- Đối với đinh tán	3d
b) Lớn nhất: trong các đường đinh ở biên khi không có thép góc viền đối với các cấu kiện chịu nén và kéo (hình 2.35a, b)	8d hay 12δ
c) Lớn nhất: trong các đường đinh ở giữa và ở biên khi có thép góc viền	
- Cấu kiện chịu kéo (hình 2.35c)	16d hay 24δ
- Cấu kiện chịu nén (hình 2.35d)	12d hay 18δ
Khoảng cách từ trọng tâm bulông hay đinh tán đến biên của cấu kiện:	
a) Nhỏ nhất dọc theo lực	2d
b) Nhỏ nhất vuông góc với lực:	
- Khi mép bản thép bị cắt	1,5d
- Khi mép bản thép được cán	1,2d
c) Lớn nhất	4d hay δ
d) Nhỏ nhất: đối với bulông cường độ cao khi mép bất kì trong hướng bất kì	1,3d

Chú thích: d - đường kính lỗ bulông.

δ - chiều dày bản mỏng nhất ở ngoài.

Bảng 3.8. Cường độ tính toán chịu cắt và chịu kéo của bulông

Trạng thái ứng suất	Kí hiệu	Cường độ tính toán của bulông (daN/cm^2) từ thép độ bền lớp					
		4,6	4,8	5,6	5,8	6,6	8,8
Cắt	R_{cbl}	1500	1600	1900	2000	2300	3200
Kéo	R_{kbl}	1750	1600	2100	2000	2500	4000

Bảng 3.9. Diện tích tiết diện bulông

d, mm	16	18	20	22	24	27	30	36
A_{bl}, cm^2	2,01	2,54	3,14	3,80	4,52	5,72	7,06	10,2
A_{thbl}, cm^2	1,57	1,92	2,45	3,03	3,52	4,59	5,60	8,2
d, mm	42	48	56	64	72	80	90	100
A_{bl}, cm^2	13,8	18,1	24,6	32,2	40,7	50,3	63,6	78,5
A_{thbl}, cm^2	11,3	14,8	20,5	26,9	34,7	43,5	56,0	70,5

Bảng 3.10. Cường độ tức thời tiêu chuẩn của bulông cường độ cao

Đường kính bulông, mm	Cường độ tức thời tiêu chuẩn R_b^c (daN/cm ²) của bulông từ thép			
	40X	38XC	40XΦA	30X3MΦ
16 - 27	11000	13500	1350	15500
30	9500	—		12000

Bảng 11. Giá trị hệ số ma sát và hệ số độ tin cậy

Phương pháp gia công bề mặt cấu kiện	Hệ số μ	Hệ số γ_{tc}
Không gia công	0,25	1,20
Dùng bàn chải sắt	0,35	1,06

3.2.5. Tính toán liên kết bulông

3.2.5.1. Tính liên kết bulông khi chịu lực trục

• Bài toán thiết kế

Khi tính toán nên quyết định trước tiết diện cấu kiện, đường kính đinh, sau đó xác định số đinh cần thiết và kiểm tra lại liên kết. Các bước tính như sau:

a) Xác định nội lực

b) Chọn đường kính bulông và kích thước bản ghép

- Đường kính bulông: chọn phụ thuộc sự làm việc của kết cấu

+ Với các công trình thông thường: $d = 20 - 24\text{mm}$.

+ Với các công trình nặng: $d = 24 - 30\text{mm}$.

- Kích thước bản ghép:

+ Diện tích các bản ghép phải thỏa mãn: $\Sigma A_{bg} \geq A$

Trong đó: ΣA_{bg} - tổng diện tích tiết diện ngang của các bản ghép;

A - diện tích tiết diện của cấu kiện liên kết.

+ Chiều rộng và chiều dài bản ghép lấy theo cách bố trí bulông (nên bố trí số bulông theo hàng tối đa để truyền lực đều theo chiều ngang cấu kiện - chiều vuông góc với phương của lực).

c) Tính số lượng bulông cần thiết

- Với bulông thô, thường và bulông tinh

+ Xác định khả năng chịu lực nhỏ nhất của một bulông:

$$[N]_{\min bl} = \min([N]_{cbl}; [N]_{embl})$$

+ Xác định số lượng bulông: $n \geq \frac{N}{[N]_{\min bl} \gamma}$

- Với bulông cường độ cao: $n \geq \frac{N}{[N]_{blc} \gamma}$

d) Kiểm tra bền các bản thép (Do các bản thép bị giảm yếu tại các lỗ bulông)

$$\frac{N}{A_{th}} \leq R \gamma_b$$

Trong đó: A_{th} - diện tích tiết diện thực của cấu kiện;

γ_b - hệ số điều kiện làm việc.

A_{th} và γ_b được xác định phụ thuộc loại bulông như sau:

- Đối với bulông thô, thường và bulông tinh:

+ Diện tích tiết diện thực: $A_{th} = A_{ng} - A_{gy}$

Trong đó: A_{ng} - diện tích tiết diện nguyên của cấu kiện;

A_{gy} - diện tích giảm yếu do các lỗ bulông gây nên, được tính bằng công thức:

$$A_{gy} = m \delta d$$

với m - số bulông trên một hàng;

δ - chiều dày cấu kiện mỏng nhất;

d - đường kính bulông.

+ Hệ số γ_b phụ thuộc loại cấu kiện: với kết cấu thanh của mái và sàn $\gamma_b = 1,05$

với dầm đặc, cột và các bản nối $\gamma_b = 1,1$.

- Đối với bulông cường độ cao:

+ Diện tích tiết diện thực:

Khi cấu kiện chịu tải trọng động: tính như với bulông thô, thường và bulông tinh.

Khi cấu kiện chịu tải trọng tĩnh: $A_{th} = A_{ng}$ nếu $A_{th} \geq 0,85 A_{ng}$

Tính theo $A_{qu} = 1,18 A_{th}$ nếu $A_{th} < 0,85 A_{ng}$

+ Hệ số $\gamma_b = 1$.

e) Bố trí liên kết (theo các yêu cầu cấu tạo đã nêu).

• Bài toán kiểm tra:

a) Kiểm tra số bulông

- Đối với bulông thô, thường và bulông tinh:

$$n \geq \frac{N}{[N]_{\min bl} \gamma}$$

- Đối với bulông cường độ cao: $n \geq \frac{N}{[N]_{blc} \gamma}$

b) Kiểm tra cách bố trí liên kết.

c) Kiểm tra sự giảm yếu của cấu kiện cơ bản.

Ví dụ 3.4. Thiết kế đầu nối 2 bản thép có tiết diện $300 \times 16\text{mm}$ chịu lực kéo dọc trục $N = 500\text{kN}$ dùng bulông thô nhóm 4.8 thép cơ bản CT3.

Giải:

Chọn bulông đường kính $d = 120\text{mm}$ có $A_{bl} = 3,14\text{cm}^2$

$$R_{cbl} = 16\text{kN/cm}^2 \quad ; \quad R_{embl} = 34\text{ kN/cm}^2$$

Chọn hai bản ghép mỗi bản dày 10mm

$$\delta_{bg} = 10\text{mm}$$

Diện tích hai bản ghép:

$$2A_{bg} = 2.30.1 = 60\text{cm}^2$$

Diện tích tiết diện thép cơ bản:

$$A = 30.16 = 48\text{cm}^2$$

$$2A_{bg} = 60\text{cm}^2 > A = 48\text{cm}^2 \text{ bản ghép đủ bền.}$$

Xác định khả năng chịu cắt của một bulông

$$[N]_{cbl} = R_{cbl} \cdot \gamma_{bl} \cdot n_c = 16.0,9.3,14.2$$

$$[N]_{cbl} = 90,43\text{kN}$$

Xác định khả năng chịu ép mặt của một bulông

$$[N]_{embl} = d \cdot (\Sigma \delta)_{\min} \cdot R_{embl} = 2.1,6.34 = 108,8\text{kN}$$

Số lượng bulông cần thiết:

$$n = \frac{N}{[N]_{\min bl} \cdot \gamma} = \frac{500}{90,43.1} = 5,5 \text{ bulông}$$

(Trong đó: $\gamma = 1$, $[N]_{\min bl} = [N]_{cbl} = 90,43\text{kN}$)

Chọn $n = 8$ bulông.

Bulông được bố trí như hình vẽ.

Kiểm tra bền bản thép giảm yếu:

$$\frac{N}{A_{th}} \leq \gamma_b \cdot R$$

$$A_{th} = A_{ng} - A_{gy} = 30.1,6 - 3.2.2.1,6 = 37,44 \text{ cm}^2$$

(Lấy đường kính lỗ bulông bằng 2,2cm)

$$\gamma_b = 1,1$$

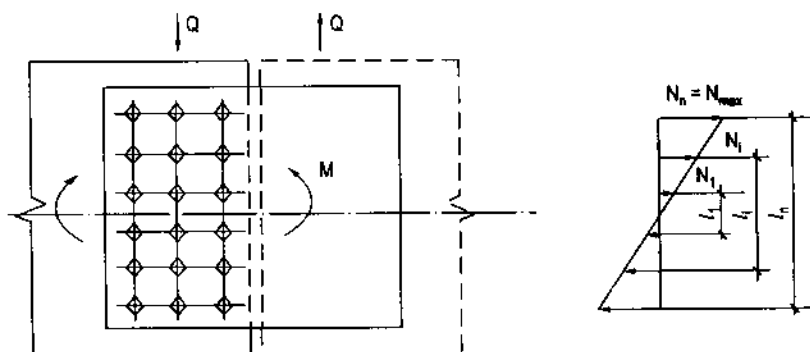
$$\frac{500}{37,44} = 13,35 \text{ kN/cm}^2 < 21.1,1 = 23,1 \text{ kN/cm}^2$$

Bản thép đủ bền.

3.2.5.2. Tính liên kết bulông chịu kéo

Trình tự tính toán giống liên kết bulông chịu lực trục, nhưng ở các công thức thay giá trị $[N]_{minbl}$ bằng $[N]_{kbl}$.

3.2.5.3. Tính liên kết bulông chịu mômen và lực cắt



Hình 3.29: Liên kết bulông chịu mômen và lực cắt

a) Liên kết chịu mômen

Tính gần đúng, có thể phân mômen thành các cặp ngẫu lực tác dụng lên những dây đỉnh nằm đối xứng nhau qua trục liên kết. Ta có:

$$M = \sum N_i l_i = N_1 l_1 + N_2 l_2 + \dots + N_i l_i + \dots + N_n l_n$$

Trong đó: N_i - lực tác dụng lên dây đỉnh thứ i ;

N_n - lực tác dụng lên dây đỉnh ngoài cùng;

l_i - cánh tay đòn của cặp ngẫu lực N_i .

Mà: $N_n = \frac{N_i l_i}{l_n}$; $N_n = N_{max}$; $l_n = l_{max}$

Vậy: $M = \frac{N_n}{l_n} (l_1^2 + l_2^2 + \dots + l_i^2 + \dots) = \frac{N_n}{l_n} \sum l_i^2$

Suy ra:

$$N_n = \frac{Ml_n}{\sum_{i=1}^n l_i^2}$$

Từ đó ta tính được lực lớn nhất tác dụng vào một bulông:

$$N_{blM} = \frac{N_n}{k} = \frac{Ml_n}{k \sum_{i=1}^n l_i^2}$$

Trong đó: k - số bulông trên một dây ở một phía của liên kết.

Điều kiện bền của liên kết:

$$N_{blM} \leq [N]_{minbl} \gamma$$

b) Liên kết chịu lực cắt

Coi mỗi bulông chịu một lực tác dụng như nhau:

$$N_{blQ} = \frac{Q}{n}$$

Trong đó: n - số bulông trên một nửa liên kết (hình 3.26).

c) Liên kết chịu mômen và lực cắt

Công thức kiểm tra bền:

$$N_{bl} = \sqrt{N_{blM}^2 + N_{blQ}^2} \leq [N]_{minbl} \gamma$$

Chương 4

DẪM THÉP

4.1. ĐẠI CƯƠNG VỀ DẪM VÀ HỆ DẪM

4.1.1. Các loại dầm

Dầm là một trong những cấu kiện cơ bản trong kết cấu xây dựng, chủ yếu chịu uốn.

a) Ưu điểm và phạm vi sử dụng

Do có ưu điểm cấu tạo đơn giản, chi phí chế tạo ít nên dầm được sử dụng rất rộng rãi từ dầm mái, dầm sàn nhà ở đến các loại dầm cầu, dầm cầu trục...

b) Phân loại

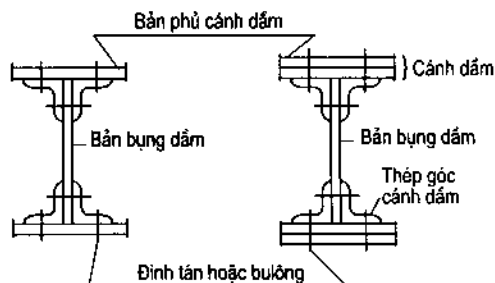
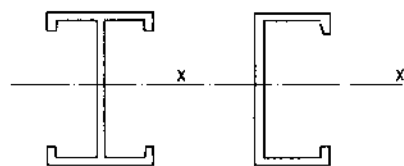
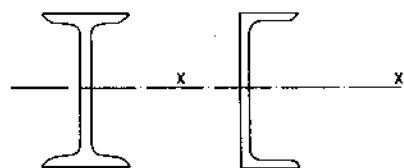
- Theo sơ đồ chịu lực, có các loại dầm sau:

- + Dầm đơn giản.
- + Dầm liên tục.
- + Dầm consol.

Theo đặc điểm cấu tạo:

+ Dầm hình: Được làm từ thép hình, thường sử dụng hai loại thép chữ I và thép chữ [. Trong đó thép chữ I có tiết diện đối xứng, có mô men chống uốn đối với trục x-x lớn nên thích hợp khi chịu uốn phẳng, thép chữ [có tiết diện không đối xứng nhưng có cánh rộng nên chịu uốn xiên hợp lý hơn.

+ Dầm tổ hợp: Được ghép từ các bản thép hoặc từ các bản thép và thép hình, có hai loại: dầm tổ hợp hàn và dầm tổ hợp bu lông (đinh tán). Trong đó, dầm hàn là dầm được ghép từ các bản thép, liên kết bằng các đường hàn góc. Dầm tổ hợp bu lông (đinh tán) là dầm được ghép từ các bản thép và các thép góc, liên kết bằng bu lông (đinh tán), có thể đặt thêm một hoặc hai bản thép đặt nằm ngang phía trên cánh dầm (được gọi là bản phủ cánh)



Hình 4.1: Các loại tiết diện dầm

dầm). Dầm tổ hợp hàn được sử dụng nhiều hơn do có ưu điểm là trọng lượng nhẹ, tiết kiệm vật liệu và công chế tạo, nhưng trong các kết cấu chịu tải trọng động thì nên sử dụng dầm tổ hợp bu lông.

Tuy dầm hình có nhiều nhược điểm như trọng lượng lớn, tốn vật liệu, nhưng nó cũng có ưu điểm nổi bật là cấu tạo đơn giản, làm giảm công chế tạo nên trên thực tế nếu dầm hình đủ khả năng chịu lực thì nên sử dụng dầm hình.

4.1.2. Hệ dầm thép

Hệ dầm thép là hệ thống các dầm chịu lực được bố trí theo một cách nhất định.

Hệ dầm có nhiệm vụ đỡ sàn và truyền tải trọng từ sàn xuống cột, tường... Có thể chia ra thành các loại dầm sau:

- Hệ dầm đơn giản.
- Hệ dầm phổ thông.
- Hệ dầm phức tạp.

a) Hệ dầm đơn giản

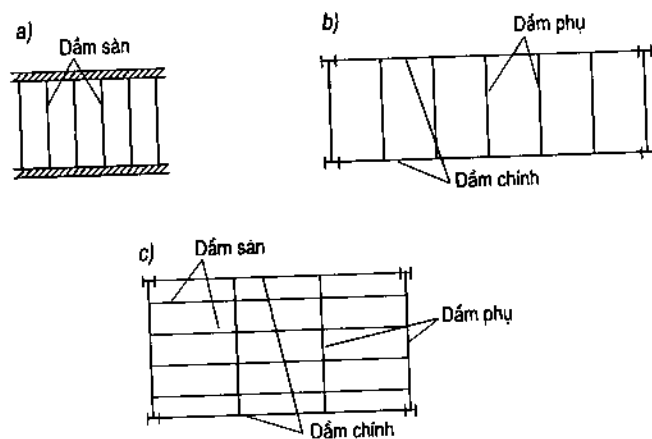
Trường hợp này, hệ dầm chỉ có dầm chính, bản sàn làm việc như bản kê hai cạnh. Chỉ nên dùng hệ dầm này khi nhịp dầm không lớn lắm.

b) Hệ dầm phổ thông

Trường hợp này có hai cách bố trí: Khi dầm phụ đặt trên dầm chính, bản sàn chỉ gối lên dầm phụ nên làm việc như bản kê hai cạnh, cách bố trí này tiện lợi nhưng chiều cao kiến trúc lớn. Khi dầm phụ và dầm chính cùng trên một mặt phẳng, bản sàn như bản kê bốn cạnh.

c) Hệ dầm phức tạp

Hệ này gồm dầm chính, dầm phụ ngang và dầm sàn, thường bản sàn gác lên dầm sàn và làm việc như bản kê hai cạnh.



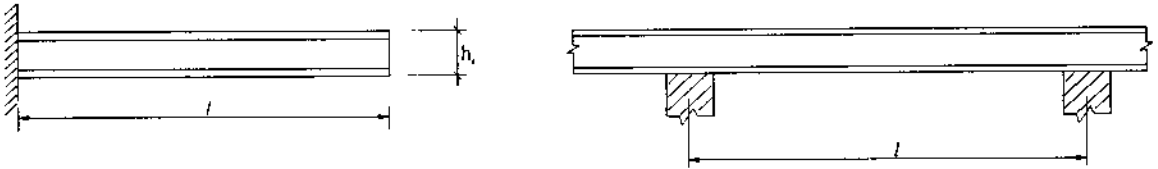
Hình 4.2: Các kiểu hệ dầm

a) Hệ dầm đơn giản, b) Hệ dầm phổ thông, c) Hệ dầm phức tạp

4.2. CÁC KÍCH THUỐC CHÍNH CỦA DẦM

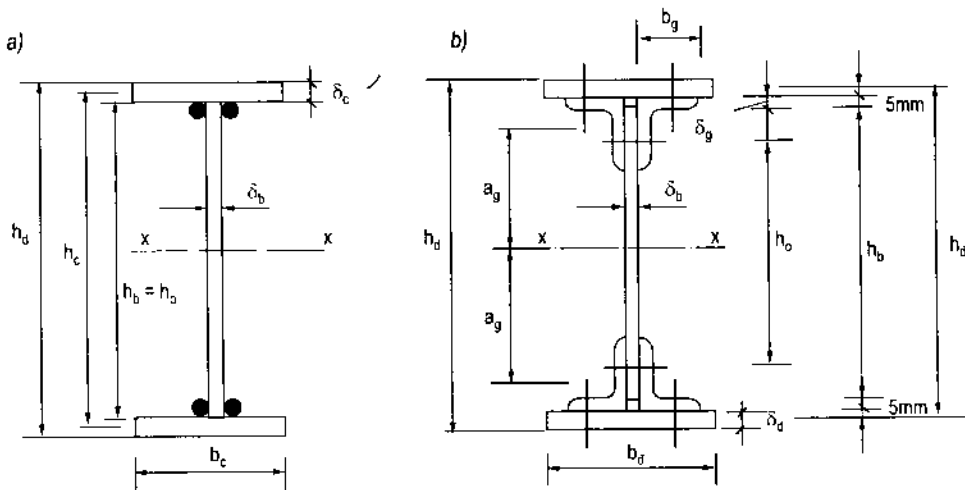
4.2.1. Nhịp dầm (Kí hiệu: l)

Nhịp dầm là khoảng cách giữa tâm các gối tựa (với dầm tựa cả hai đầu), hay khoảng cách giữa mép ngoài gối tựa đến mép đầu không có gối tựa (với dầm consol). Khoảng cách này cần thoả mãn yêu cầu về sử dụng và kinh tế.



Hình 4.3: Kích thước chính của dầm, nhịp dầm

4.2.2. Chiều cao tiết diện dầm (Ký hiệu: h_d)



Hình 4.4: Tiết diện dầm tổ hợp

Chiều cao dầm phụ thuộc độ võng, chiều cao kiến trúc, kinh tế, thể hiện qua điều kiện:

$$h_{\min} \leq h_d \leq h_{\max} \text{ và } h_d \text{ càng gần } h_{ki} \text{ càng tốt}$$

Trong đó:

$h_{\max}$ – Chiều cao lớn nhất, phụ thuộc yêu cầu kiến trúc, được khống chế từ mặt trên đến mặt dưới của sàn công tác;

$h_{\min}$ – Chiều cao nhỏ nhất, phụ thuộc điều kiện độ võng của dầm không vượt quá độ võng cho phép: $f \leq [f]$;

$$h_{\min} = \frac{5}{24} \frac{R}{E} \left[\frac{l}{f} \right] \frac{l}{n_o}$$

n_o - hệ số vượt tải trung bình, $n_o = 1,2$.

h_{kt} – Chiều cao kinh tế, là chiều cao ứng với lượng thép làm dầm ít nhất (trọng lượng dầm nhỏ nhất), được xác định dựa vào trọng lượng dầm. Ta có thể tính toán như sau:

Trọng lượng mỗi mét dài của dầm là:

$$g_d = g_b + 2g_c$$

Trong đó: g_b – Trọng lượng một mét dài của bụng dầm:

$$g_b = A_b \psi_b \rho$$

g_c – Trọng lượng một mét dài của một cánh dầm:

$$g_c = A_c \psi_c \rho$$

Mà, A_b là diện tích bụng dầm: $A_b = h_b \delta_b$

A_c là diện tích một cánh dầm: $A_c = \frac{cM}{h_c R}$

Trong đó:

$\frac{cM}{h_c}$ – Nội lực trong một cánh dầm.

ψ_b, ψ_c – Hệ số cấu tạo của cánh và bụng dầm, thể hiện trọng lượng thực tế của bụng và cánh dầm lớn hơn trọng lượng lý thuyết bao nhiêu lần.

h_b, δ_b – Chiều cao và chiều dày bản bụng dầm.

Vậy, có thể viết lại công thức tính trọng lượng dầm như sau:

$$g_d = 2 \frac{cM}{h_c R} \psi_c \rho + h_b \delta_b \psi_b \rho$$

Từ công thức trên ta có nhận xét: khi chiều cao dầm tăng, trọng lượng bản bụng dầm tăng, còn trọng lượng cánh giảm, điều này được thể hiện bằng đồ thị như hình 4.5

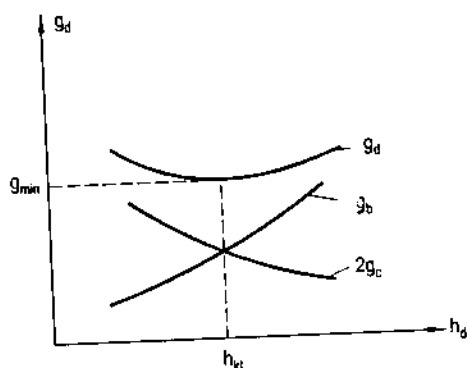
Chiều cao kinh tế của dầm sẽ được xác định như sau:

Giả định bề dày bản bụng dầm không thay đổi, đạo hàm biểu thức tính trọng lượng dầm theo chiều cao và cho nó bằng không, ta được:

$$\frac{\partial g_d}{\partial h_d} = -\frac{2cM}{h^2 R} \psi_c \rho + \delta_b \psi_b \rho = 0$$

Do đó:

$$h_{kt} = \sqrt{\frac{2c\psi_c}{\psi_b}} \sqrt{\frac{M}{R\delta_b}} = k \sqrt{\frac{W_{yc}}{\delta_b}}$$



Hình 4.5: Đồ thị quan hệ giữa trọng lượng và chiều cao dầm

với

$$k = \sqrt{\frac{2c\psi_c}{\psi_b}}$$

và thực tế lấy $k = 1,2 \rightarrow 1,15$ đối với dầm tổ hợp hàn.

$k = 1,25 \rightarrow 1,2$ đối với dầm tổ hợp bu lông hoặc đinh tán.

Chú ý:

- Bản bụng dầm càng cao và càng mỏng thì dầm càng nhẹ, nhưng đồng thời phải chú ý đến độ mảnh giới hạn của dầm, có thể tham khảo các trị số trong bảng 4.1.

- Trong thực tế có thể lấy chiều cao dầm sai khác giá trị chiều cao kinh tế tính được khoảng 20%, vì lúc này độ chênh của trọng lượng dầm rất bé, chỉ trong khoảng 4%.

Bảng 4.1. Tỷ số giữa chiều cao và chiều dày bản bụng dầm

h_d, m	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0
δ, mm	8 - 10	10 - 12	12 - 14	16 - 18	20 - 22	22 - 24
h_b/δ_b	100 - 125	125 - 150	145 - 165	165 - 185	185 - 200	210 - 230

4.3. THIẾT KẾ DẦM HÌNH

Với những dầm chịu tải trọng không lớn lắm và có tiết diện không đổi thì nên sử dụng dầm hình. Việc tính toán được thực hiện như sau:

4.3.1. Chọn tiết diện dầm

- Thông qua sơ đồ kết cấu, tải trọng tính được nội lực dầm: M, Q .
- Chọn loại thép làm dầm, từ đó tra bảng tìm được cường độ tính toán R .
- Tính mô men chống uốn yêu cầu của tiết diện dầm theo điều kiện độ bền:

$$W_{yc} = \frac{M_{max}}{\gamma R}$$

Nếu dầm thép hình chịu tải trọng tĩnh, ứng suất cắt bé và bảo đảm được độ ổn định tổng thể, thì có thể kể đến sự làm việc trong giai đoạn đàn hồi dẻo của thép. Lúc này, mô men chống uốn của tiết diện dầm sẽ được tính theo công thức:

$$W_{ct} = \frac{M_{max}}{1,15\gamma R}$$

Trong đó:

M_{max} – Mô men uốn lớn nhất trong dầm;

R – Cường độ tính toán chịu uốn của thép làm dầm;

1,15 – Hệ số xét đến sự phát triển của biến dạng dẻo của vật liệu thép.

- Chọn loại thép hình có $W_x \geq W_{yc}$ hoặc $W_x \geq W_{ct}$.

4.3.2. Kiểm tra tiết diện dầm đã chọn

4.3.2.1. Kiểm tra độ bền

a) Kiểm tra điều kiện bền chịu uốn:

- Tại tiết diện có lỗ giảm yếu: $\sigma = \frac{M}{W_{th}} \leq \gamma R$

- Tại tiết diện có mômen uốn lớn nhất:

$$\sigma = \frac{M_{max} + M_{bt}}{W_{th}} \leq \gamma R$$

Trong đó:

M – Mô men uốn tại tiết diện cần kiểm tra.

M_{max} : Mômen uốn lớn nhất.

M_{bt} : Mômen do trọng lượng bản thân dầm gây ra.

W_{th} – Mô men chống uốn thực tế của tiết diện dầm cần kiểm tra (không kể phần giảm yếu).

b) Kiểm tra điều kiện bền chịu cắt:

$$\tau = \frac{Q_{max} S_c}{I \delta_b} \leq \gamma R_c$$

Trong đó:

Q_{max} – Lực cắt lớn nhất trong dầm.

S_c – Mô men tĩnh của một nửa tiết diện dầm đối với trục trung hòa.

I – Mô men quán tính của tiết diện dầm đối với trục $x - x$.

δ_b – Chiều dày bản bụng thép hình chọn làm dầm.

R_c – Cường độ tính toán chịu cắt của thép làm dầm.

c) Kiểm tra bản bụng dầm chịu ứng suất cục bộ:

Điều kiện này chỉ cần kiểm tra khi có lực tập trung tác dụng ở cánh trên của dầm mà tại đó bản bụng không có sườn đứng gia cường (hình 4.7).

$$\sigma_{cb} = \frac{P}{\delta_b z} \leq \gamma R$$

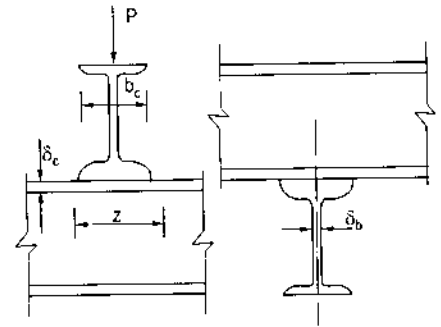
Trong đó: P – Lực tập trung.

z – Chiều dài chịu tải quy ước của bản bụng dầm, xác định bằng công thức:

$$z = b_c + 2\delta_c$$

Với δ_b, δ_c - Chiều dày bản bụng và bản cánh dầm;

b_c – Chiều dài thực tế truyền tải trọng tập trung lên dầm.



Hình 4.6: Sơ đồ xác định chiều dài quy ước chịu tải trọng cục bộ của bản bụng dầm

d) Kiểm tra độ võng của dầm: $\frac{f}{l} \leq \left[\frac{f}{l} \right]$

Trong đó:

$\frac{f}{l}$ - Độ võng tương đối của dầm do tải trọng tiêu chuẩn gây ra.

$\left[\frac{f}{l} \right]$ - Tỉ số giữa độ võng giới hạn và nhịp dầm lấy theo tiêu chuẩn thiết kế kết cấu thép

hoặc phụ lục

e) Kiểm tra ổn định tổng thể (xem ở mục 4.5).

4.4. THIẾT KẾ DẦM TỔ HỢP

Do có ưu điểm trọng lượng nhẹ, tiết kiệm vật liệu nên dầm tổ hợp được sử dụng rộng rãi khi nhịp và tải trọng lớn ($l > 12\text{m}$, $q = 2000 \text{ daN/m}$). Việc tính toán được thực hiện như sau:

4.4.1. Chọn tiết diện dầm

4.4.1.1. Xác định nội lực dầm: M , Q .

4.4.1.2. Chọn loại thép làm dầm.

4.4.1.3. Xác định mô men chống uốn yêu cầu của tiết diện: W_{yc} .

4.4.1.4. Xác định chiều cao dầm: h_d .

Chọn h_d theo những điều kiện đã nêu ở phần "Các kích thước chính của dầm".

4.4.1.5. Xác định chiều dày bản bụng dầm, thông qua điều kiện bản bụng đủ chịu lực cắt lớn nhất tác dụng lên dầm:

$$\delta_b \geq \frac{3 Q_{\max}}{2 h R_c}$$

Ngoài ra, chiều dày bản bụng dầm còn phải thỏa mãn yêu cầu cấu tạo: $\delta_b \geq 8\text{mm}$.

4.4.1.6. Xác định tiết diện cánh dầm

a) Đối với dầm hàn:

Trường hợp này chỉ sử dụng một bản thép cho mỗi cánh dầm, nên kích thước của cánh dầm chính là chiều dày và chiều rộng cánh dầm: δ_c và b_c .

Tính diện tích bản cánh:

Trước hết, ta có:

$$I_c = I_d - I_b = W_{yc} \frac{h_d}{2} - \frac{h_b^3 \delta_b}{12}$$

Trong đó: I_c – Mô men quán tính của tiết diện hai cánh dầm đối với trục trung hoà.

I_d , I_b – Mô men quán tính của tiết diện dầm và của bản bụng dầm.

$$\text{Mà} \quad I_c = 2b_c\delta_c \left(\frac{h_c}{2} \right)^2$$

$$\text{Vậy} \quad b_c\delta_c = \left(W_{yc} \frac{h_d}{2} - \frac{\delta_h h_d^3}{12} \right) \frac{2}{h_c^2}$$

Chọn chiều dày cánh: Nên lấy lớn hơn chiều dày bản bụng và nhỏ hơn 30mm, thường vào khoảng 12 – 24 mm.

Tính chiều rộng cánh theo điều kiện đảm bảo ổn định cục bộ bản cánh:

$$\frac{b_c}{\delta_c} \leq \sqrt{\frac{E}{R}}$$

Riêng với dầm có tiết diện đối xứng, nên chọn: $b_c \leq 30\delta_c$

Ngoài ra, b_c còn phải đảm bảo các yêu cầu cấu tạo:

$$b_c = (1/2 \rightarrow 1/5)h_d; \quad b_c \geq 180 \text{ mm}; \quad b_c \geq \frac{1}{10}h_d$$

b) Đối với dầm bu lông (đỉnh tán)

Trường hợp này, mỗi cánh dầm gồm hai thép góc và có thể thêm một hoặc hai bản thép (bản đáy). Vì vậy, việc xác định kích thước cánh dầm sẽ theo các bước sau:

Chọn thép góc cánh dầm: Có thể sử dụng thép góc đều cánh hoặc không đều cánh, nhưng thông thường để đơn giản nên chọn thép góc đều cánh. Thép góc cánh dầm được chọn theo yêu cầu cấu tạo:

$$b_g = (1/9 \rightarrow 1/12)h_d$$

$$\delta_g = \delta_b; \quad \delta_g = (1/10 \rightarrow 1/11)b_g.$$

Xác định tiết diện bản đáy:

$$\text{Ta có:} \quad I_d = I_d - I_b - I_g = W_{yc} \frac{h_d}{2} - \frac{h_b^3 \delta_b}{12} - 4 \left(I_g^o + a_g^2 A_g \right)$$

Trong đó:

I_g – Mô men quán tính của tiết diện một thép góc đối với trục trung hòa của dầm.

a_g – Khoảng cách từ trọng tâm thép góc đối với trục trung hoà của dầm.

A_g – Diện tích tiết diện một thép góc.

I_d – Mô men quán tính của tiết diện các bản đáy hai cánh dầm đối với trục trung hoà.

$$\text{Mà:} \quad I_d = 2n_l b_d \delta_d \left(\frac{h_d}{2} \right)^2$$

Trong đó: h_d - Khoảng cách trọng tâm các bản đáy ở hai cánh dầm, có thể lấy:

$$h_d = h_u - (12 \rightarrow 24) \text{ mm.}$$

n_l - Số lượng bản đáy ở một cánh dầm.

$$\text{Vậy} \quad b_d \delta_d = \frac{1}{n_1 h_d^2} \left[W_{yc} h_d - \frac{h_b^3}{6} - 8(I_g^o + a_g^2 A_g) \right]$$

Dựa vào các yêu cầu cấu tạo, có thể chọn $b_d > 2b_g + \delta_b$ và $a_1 \leq 15 \delta_d$ (khi cánh dầm có một bản đáy), $a_1 \leq 8\delta_d$ (khi cánh dầm có hai bản đáy) – với a_1 là khoảng cách từ mép bản đáy đến tâm đỉnh tán đầu tiên.

4.4.2. Kiểm tra tiết diện dầm đã chọn

4.4.2.1. Kiểm tra điều kiện bền

a) Kiểm tra điều kiện bền chịu uốn:

Điều kiện này được kiểm tra tại tiết diện dầm chỉ có mô men uốn tác dụng.

$$\sigma = \frac{M}{W_{th}} \leq \gamma R$$

b) Kiểm tra điều kiện bền chịu cắt:

Điều kiện này được kiểm tra tại tiết diện dầm chỉ có lực cắt tác dụng.

$$\tau = \frac{Q_{\max} S_c}{I \delta_b} \leq \gamma R_c$$

c) Kiểm tra điều kiện bền tại tiết diện dầm chịu tác dụng của cả mô men và lực cắt, lúc này cần kiểm tra theo ứng suất tương đương:

$$\sigma_{td} = \sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2} \leq 1,15R$$

$$\text{Với:} \quad \sigma_1 = \frac{M h_o}{W h_d}; \quad \tau_1 = \frac{Q S_c}{J_b \delta_b}$$

Trong đó:

M, Q – Mô men và lực cắt tại tiết diện kiểm tra.

S_c – Mô men tĩnh của một cánh dầm đối với trục trung hoà của tiết diện dầm.

h_o – Chiều cao bản bụng dầm (với dầm hàn) hoặc khoảng cách tâm hai bu lông liên kết bản bụng với thép góc hai cánh dầm (với dầm bu lông).

d) Ngoài ra, khi cánh trên dầm có lực tập trung tác dụng mà tại đó không có sườn gia cường thì cần kiểm tra ứng suất cục bộ cho bản bụng (giống trường hợp dầm hình).

4.4.2.2. Kiểm tra điều kiện độ võng

Chỉ kiểm tra điều kiện này khi thiết kế chọn $h_d < h_{\min}$. Công thức kiểm tra giống dầm hình.

4.4.2.3. Kiểm tra ổn định tổng thể dầm (trình bày ở mục 4.5).

4.4.3. Các phương pháp thay đổi tiết diện dầm theo chiều dài

Khi thiết kế, tiết diện dầm thường được chọn theo giá trị nội lực lớn nhất nên ở những vị trí khác (vị trí có nội lực nhỏ hơn) sẽ gây lãng phí vật liệu và làm tăng trọng lượng toàn

dầm. Vì vậy, đối với dầm tổ hợp có chiều dài $l \geq 10\text{m}$ nên thay đổi tiết diện dầm. Thông thường có các cách thay đổi tiết diện dầm như sau:

4.4.3.1. Thay đổi chiều cao dầm (h_d): $h_o \geq 0,4h_d$

Phương pháp này có nhược điểm là chế tạo phức tạp, có thể bản bụng không đủ chịu cắt nên thường được dùng đối với dầm đơn giản.

4.4.3.2. Thay đổi chiều dày cánh (δ_c):

Cách này thường sử dụng với dầm bu lông (đinh tán) bằng cách giảm bớt số lượng bản dấy ở cánh dầm.

4.4.3.3. Thay đổi bề rộng cánh (b_c): là phương pháp hợp lý nhất.

- Thay đổi liên tục: $b_1 \geq \frac{b_c}{2}$

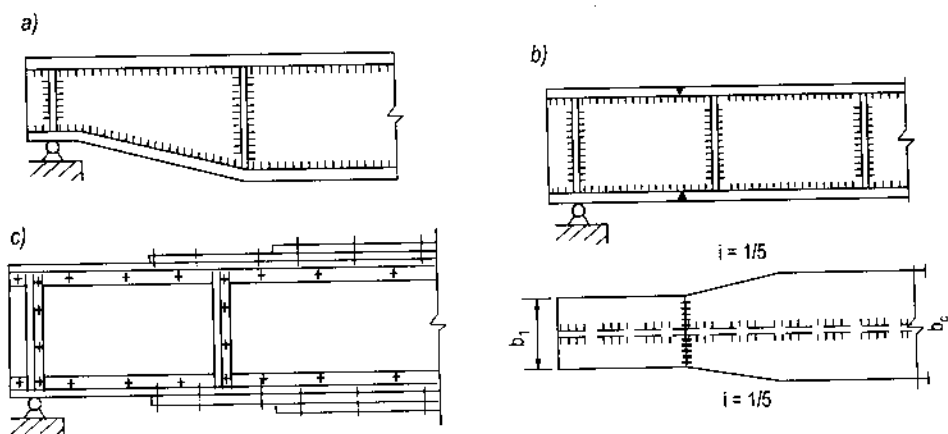
$$b_1 \geq 180\text{mm}$$

Cách này có thể tiết kiệm được 20% vật liệu nhưng ít khi sử dụng do chỗ nối ở giữa dầm là nơi chịu lực lớn.

- Thay đổi không liên tục: $b_o \geq \frac{b_c}{2}$

$$b_o \geq 180\text{mm}$$

Chỉ nên thay đổi bề rộng cánh một lần vì những lần sau sẽ không hiệu quả kinh tế. Trường hợp này có thể tiết kiệm được 10 - 12% vật liệu.



Hình 4.7: Các cách thay đổi tiết diện dầm

Ví dụ 4.1: Chọn tiết diện dầm tổ hợp dạng chữ I (liên kết hàn) chịu tải trọng phân bố đều. Nhịp dầm $L = 9\text{m}$, hai đầu gối tựa liên kết khớp, mômen uốn lớn nhất $M = 1600\text{kN.m}$, lực cắt lớn nhất $Q = 600\text{kN}$.

Hệ số điều kiện làm việc $\gamma = 1$, độ võng cho phép của dầm:

$$\left[\frac{f}{l} \right] = \frac{1}{400}$$

Chiều cao $h_{\max}$ không hạn chế dùng thép CT3 làm dầm.

1. Chọn tiết diện dầm

a) Xác định chiều cao của tiết diện dầm h_d

$$\text{- Tính: } h_{\min} = \frac{5}{24} \cdot \frac{R}{E} \left[\frac{l}{f} \right] \cdot \frac{1}{n_0} = \frac{5}{24} \cdot \frac{2,15 \cdot 10^3}{2,06 \cdot 10^6} \cdot 400 \cdot \frac{900}{1,2}$$

$$h_{\min} = 65,00 \text{ cm}, (n_0 = 1,2).$$

$$\text{- Tính: } h_{kt} = k \cdot \sqrt{\frac{W_{yc}}{\delta_b}} = 1,15 \cdot \sqrt{\frac{7442}{1}} = 86,3 \text{ cm}$$

Ở đây $k = 1,15$

$$W_{yc} = \frac{M_{\max}}{R \cdot \gamma} = \frac{160000}{21,5 \cdot 1} = 7442 \text{ cm}^3$$

$$\delta_b = 7 + \frac{3h_{\min}}{1000} = 7 + \frac{3 \cdot 65}{1000} = 8,95 \text{ mm}$$

Lấy $\delta_b = 10 \text{ mm}$.

Chọn $h_d = 90 \text{ cm} = 1000 \text{ mm}$.

Trong khi chọn chiều cao dầm ta cũng chọn được chiều dày bản bụng $\delta_b = 10 \text{ mm}$ và chọn tiếp $h_b = 860 \text{ mm}$.

Kiểm tra điều kiện bền chịu cắt và điều kiện bền ổn định cục bộ của bản bụng dầm.

Điều kiện bền chịu cắt:

$$\tau = \frac{3}{2} \cdot \frac{Q_{\max}}{h_d \cdot \delta_b} = \frac{3 \cdot 600}{2 \cdot 90 \cdot 1} = 10,0 \text{ kN/cm}^2 < R_c = 12,5 \text{ kN/cm}^2$$

Điều kiện ổn định cục bộ:

$$\delta_b = 1 \text{ cm} > \frac{h_b}{5,5} \cdot \sqrt{\frac{R}{E}} = \frac{86}{5,5} \cdot \sqrt{\frac{21,5}{2,06 \cdot 10^4}} = 0,5 \text{ cm}$$

b) Xác định kích thước của cánh dầm

$$b_c \cdot \delta_b = \left(W_{yc} \cdot \frac{h_d}{2} - \frac{h_b^3 \cdot \delta_b}{12} \right) \frac{2}{h_c^2} = \left(7442 \cdot \frac{90}{2} - \frac{86^3 \cdot 1}{12} \right) \cdot \frac{2}{88^2} = 72,8 \text{ cm}^2$$

$$\frac{b_c}{\delta_c} \leq \sqrt{\frac{E}{R}} = \sqrt{\frac{2,06 \cdot 10^4}{21,5}} = 30,9$$

Khi chọn kích thước bản bụng, chúng ta lấy $\delta_c = 20 \text{ mm}$.

Căn cứ vào các yêu cầu trên lấy $b_c = 38 \text{ cm}$.

2. Kiểm tra tiết diện dầm đã chọn

Các kích thước của tiết diện dầm được chọn đã thỏa mãn các yêu cầu về độ võng, về ổn định cục bộ của bản bụng và bản cánh. Ở đây chỉ cần kiểm tra điều kiện bền chịu uốn.

$$J_d = \frac{h_b^3 \cdot \delta_b}{12} + 2b_c \cdot \delta_c \cdot \frac{h_c^2}{4} = \frac{86^3 \cdot 1}{12} + 2 \cdot 38 \cdot 2 \cdot \frac{88^2}{4} = 347.276 \text{ cm}^4$$

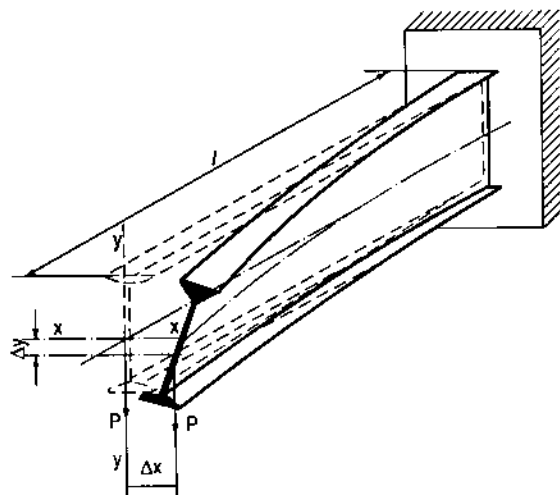
$$W_d = \frac{2J_d}{h_d} = 2 \cdot \frac{347276}{90} = 7717 \text{ cm}^3$$

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{160000}{7717} = 20,73 \text{ kN/cm}^2 < R \cdot \gamma = 21,5 \text{ kN/cm}^2$$

4.5. ỔN ĐỊNH TỔNG THỂ CỦA DẦM THÉP

4.5.1. Hiện tượng và nguyên nhân (hình 4.8)

Khi tải trọng tác dụng vào dầm đạt đến một giá trị nào đó, dầm không những bị biến dạng trong mặt phẳng uốn mà còn bị biến dạng ngoài mặt phẳng uốn. Lúc này, dầm chịu uốn và xoắn đồng thời, dầm sẽ bị vênh khỏi mặt phẳng uốn, dần dần bị phá hoại, hiện tượng đó được gọi là hiện tượng mất ổn định tổng thể.



Hình 4.8: Mất ổn định tổng thể của dầm

Nguyên nhân của việc mất ổn định tổng thể là do khi thiết kế thường tính toán chọn tiết diện dầm theo mặt phẳng mô men uốn nên độ cứng của một hướng lớn hơn nhiều so với độ cứng của hướng khác. Vì vậy, dù tải trọng được đặt đúng mặt phẳng đối xứng thì dầm cũng chỉ giữ được trong một phạm vi tải trọng nhất định, vượt quá phạm vi đó, dầm sẽ mất ổn định.

4.5.2. Tính toán

Nếu dầm thỏa mãn một trong hai điều kiện sau thì không cần kiểm tra ổn định tổng thể:

+ Khi cánh nén của dầm được liên kết chắc chắn với bản sàn thép hoặc bản sàn bê tông cốt thép.

+ Khi dầm có tỉ số: $\frac{l_0}{b_c} \leq 16$

Kiểm tra ổn định tổng thể theo công thức:

(Ở đây chỉ xét trường hợp dầm tiết diện chữ I có hai trục đối xứng)

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{\varphi_d W_{cn}} \leq 0,95R$$

Trong đó:

$M_{\max}$ – Mômen uốn lớn nhất trong dầm.

W_{cn} – Mô men chống uốn của tiết diện nguyên của dầm (không kể đến phần giảm yếu) lấy đối với cánh nén.

0,95 – Hệ số điều kiện làm việc khi kiểm tra ổn định tổng thể của dầm.

φ_d – Hệ số kể đến sự giảm khả năng chịu uốn của dầm khi xét đến điều kiện ổn định tổng thể, được tính như sau:

$$\varphi_d = \varphi_1 \quad \text{Khi } \varphi_1 \leq 0,85$$

$$\varphi_d = 0,68 + 0,21 \varphi_1 \leq 1 \quad \text{Khi } \varphi_1 > 0,85.$$

φ_1 được xác định theo công thức:

$$\varphi_1 = \psi \frac{I_y}{I_x} \left(\frac{h}{l_0} \right)^2 \frac{E}{R}$$

Trong đó: ψ - Hệ số tính theo bảng 4.2

Bảng 4.2. Hệ số ψ đối với dầm hình chữ I có hai trục đối xứng

Số lượng điểm cố kết cánh nén	Dạng tải trọng tác dụng	Vị trí đặt tải trọng	Công thức tính ψ khi hệ số α	
			$0,1 \leq \alpha \leq 40$	$40 \leq \alpha \leq 400$
1	2	3	4	5
Không có điểm cố kết	Tập trung	Cánh trên	$\psi = 1,75 + 0,09\alpha$	$\psi = 3,3 + 0,053\alpha - 4,5 \cdot 10^{-5} \alpha^2$
		Cánh dưới	$\psi' = 5,05 + 0,09\alpha$	$\psi' = 6,6 + 0,053\alpha - 4,5 \cdot 10^{-5} \alpha^2$
	Phân bố đều	Cánh trên	$\psi = 1,6 + 0,08\alpha$	$\psi = 3,15 + 0,04\alpha - 2,7 \cdot 10^{-5} \alpha^2$
		Cánh dưới	$\psi' = 3,8 + 0,08\alpha$	$\psi' = 5,33 + 0,04\alpha - 2,7 \cdot 10^{-5} \alpha^2$
Có từ hai điểm cố kết trở lên và chia nhịp dầm thành những phần bằng nhau	Bất kì	Bất kì	$\psi = 2,25 + 0,07\alpha$	$\psi = 3,6 + 0,04\alpha - 3,5 \cdot 10^{-5} \alpha^2$

1	2	3	4	5
Có một điểm cố kết ở giữa nhịp	Tập trung giữa nhịp	Bất kì	$\psi = 1,75\psi_1$	$\psi = 1,75\psi_1$
	Tập trung ở 1/4 nhịp	Cánh trên	$\psi = 1,14\psi_1$	$\psi = 1,14\psi_1$
		Cánh dưới	$\psi = 1,6\psi_1$	$\psi = 1,6\psi_1$
	Phân bố đều	Cánh trên	$\psi = 1,14\psi_1$	$\psi = 1,14\psi_1$
		Cánh dưới	$\psi = 1,3\psi_1$	$\psi = 1,3\psi_1$

Với $\alpha = 1,54 \frac{I_{xn}}{I_y} \left(\frac{l_0}{h} \right)^2$ nếu là dầm hình.

$\alpha = 8 \left(\frac{l_0 \delta_c}{h_c b_c} \right)^2 \left(1 + \frac{a \delta_b^3}{b_c \delta_c^3} \right)$ nếu là dầm tổ hợp.

Trong đó:

I_{xn} – Mô men quán tính khi xoắn của tiết diện dầm.

I_y – Mô men quán tính đối với trục y (trục vuông góc với mặt phẳng uốn của dầm).

h – Chiều cao tiết diện dầm.

l_0 – Chiều dài tính toán ngoài mặt phẳng dầm của cánh nén (khoảng cách giữa các điểm cố kết cánh nén của dầm).

h_c – Khoảng cách trọng tâm hai cánh dầm.

$a = 0,5h_c$

4.6. ỔN ĐỊNH CỤC BỘ BẢN BỤNG VÀ CÁNH DẦM TỔ HỢP

4.6.1. Bản bụng dầm

Bụng dầm tổ hợp được làm từ tấm thép mỏng, khi chịu lực có thể biến thành mặt cong hay mặt sóng, gây mất ổn định cục bộ dẫn đến phá hoại dầm. Như vậy, cần tính toán để bản bụng dầm không bị mất ổn định trước khi dầm bị phá hoại do không còn khả năng chịu lực hoặc mất ổn định tổng thể.

Phương pháp tăng cường ổn định cho bản bụng là đặt thêm các cặp sườn đứng và ngang vào bản bụng dầm (hình 4.9).

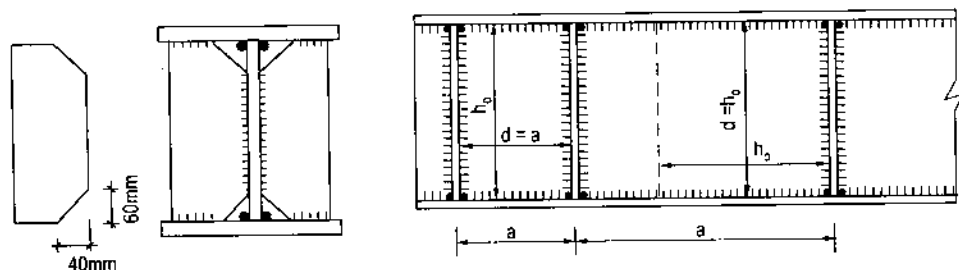
- Khi $\frac{h_0}{\delta_b} \leq 80$: Không cần gia cố thêm sườn.

- Khi $\frac{h_0}{\delta_b} > 80$: Phải đặt thêm các cặp sườn đứng, khoảng cách giữa các sườn

đứng không vượt quá $2h_0$. Kích thước sườn đứng thường lấy là: chiều rộng sườn:

$b_s \geq \frac{h_o}{30} + 40\text{mm}$; chiều dày sườn: $\delta_s \geq \frac{1}{15} b_s$; chiều cao sườn bằng khoảng cách trong giữa hai cánh dầm.

- Khi $\frac{h_o}{\delta_b} > 160$: Phải đặt thêm sườn dọc song song với cánh dầm (hình 4.9).



Hình 4.9: Gia cố sườn dầm tổ hợp.

Chú ý: Ở nơi có tải trọng tập trung nên đặt sườn chống đứng dưới lực ấy, sườn chống phải được đặt cả hai bên bản bụng và đối xứng với bản bụng.

4.6.2. Bản cánh dầm

Điều kiện:
$$\frac{b_o}{\delta_c} \leq 0,5 \sqrt{\frac{E}{R}}$$

Trong đó: b_o - Chiều rộng phân nhô ra của bản cánh.

δ_c - Chiều dày bản cánh.

4.7. CẤU TẠO VÀ TÍNH TOÁN CÁC CHI TIẾT CỦA DẦM

4.7.1. Mối nối dầm

Thông thường có hai loại:

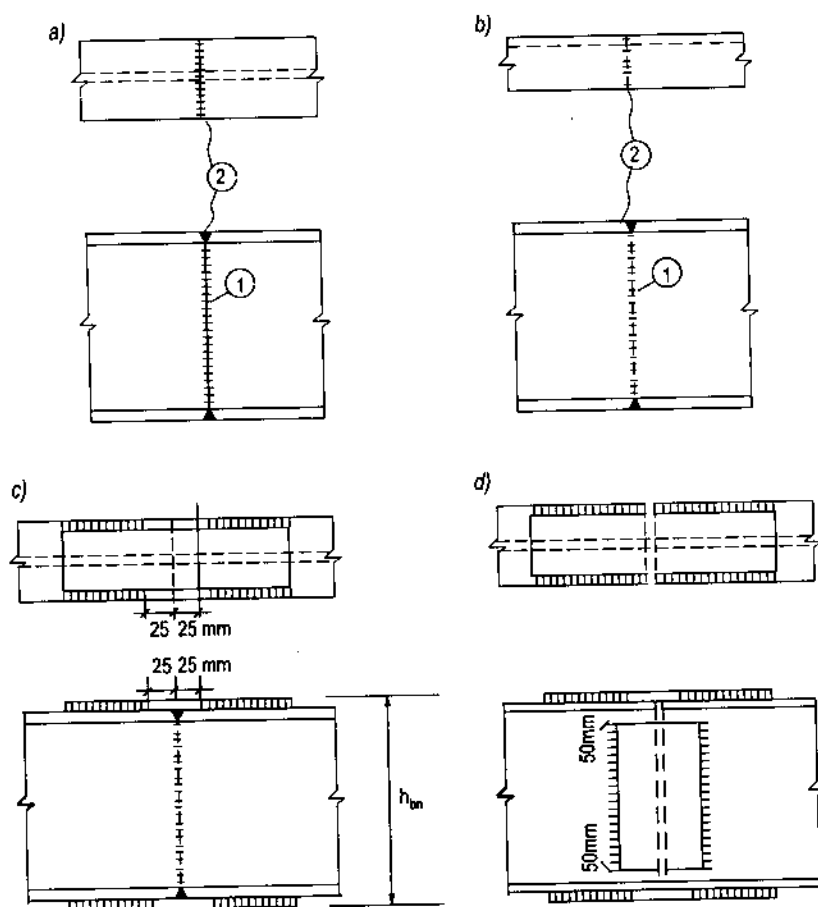
- Mối nối trong nhà máy: Mối nối này được sử dụng khi thép không đủ chiều dài, hoặc để liên kết từng bộ phận riêng lẻ thành cấu kiện (ví dụ: liên kết bản bụng và bản cánh dầm).
- Mối nối công trường: Mối nối này được sử dụng khi cấu kiện có trọng lượng quá lớn, phải chia ra thành các bộ phận để tiện cho việc chuyên chở, dựng lắp...
- Mỗi mối nối đều phải tính toán, ở đây sẽ chia thành các dạng mối nối đối với dầm hình và dầm tổ hợp.

4.7.1.1. Đối với dầm hình

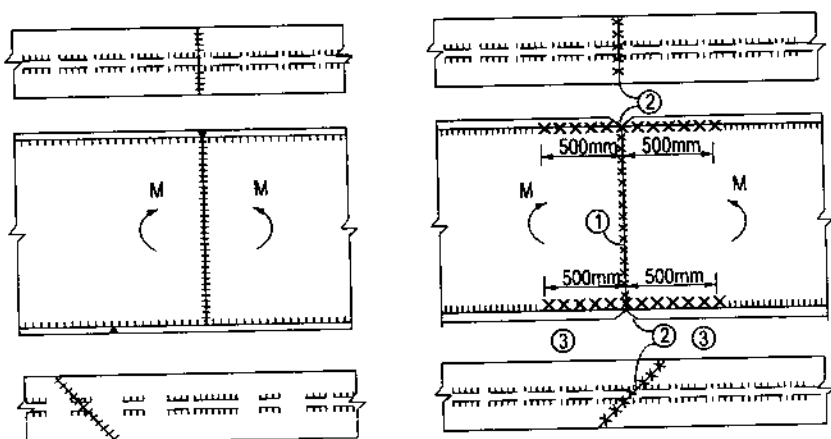
Có thể sử dụng những cách nối như hình 4.10.

Trên thực tế để tránh cấu tạo phức tạp và chịu tải trọng động kém của liên kết hàn sử dụng bản nối, nên dùng đường hàn đối đầu thẳng góc. Nếu không đủ khả năng chịu lực thì dùng đường hàn đối đầu xiên hoặc cải thiện chất lượng đường hàn bằng cách dùng que hàn loại tốt, hàn tự động hay có phương pháp kiểm tra chính xác. Nếu sử dụng phương pháp

hàn thủ công thì chỉ được phép hàn nối ở những tiết diện có: $M \leq 0,85M_{\max}$, muốn hàn ở những tiết diện có $M > 0,85M_{\max}$ thì buộc phải sử dụng liên kết có bản nối.



Hình 4.10: Nối dầm hình



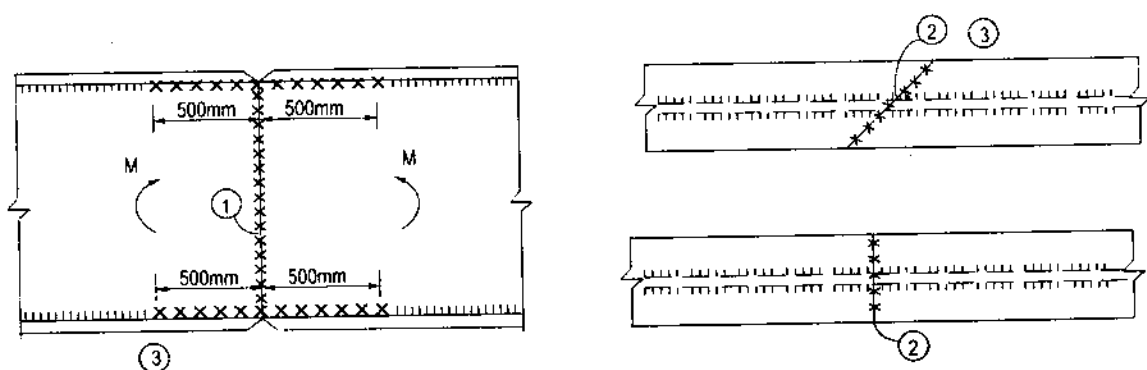
Hình 4.11: Nối dầm tổ hợp

4.7.1.2. Đối với dầm hàn (hình 4.11)

Do độ bền chịu nén của đường hàn đối đầu không nhỏ hơn độ bền của thép làm dầm nên có thể sử dụng đường hàn đối đầu nối cánh nén và bụng dầm. Với đường hàn nối cánh chịu kéo của dầm, nên sử dụng đường hàn đối đầu xiên góc $45^\circ - 60^\circ$ để tăng khả năng chịu lực của mối nối.

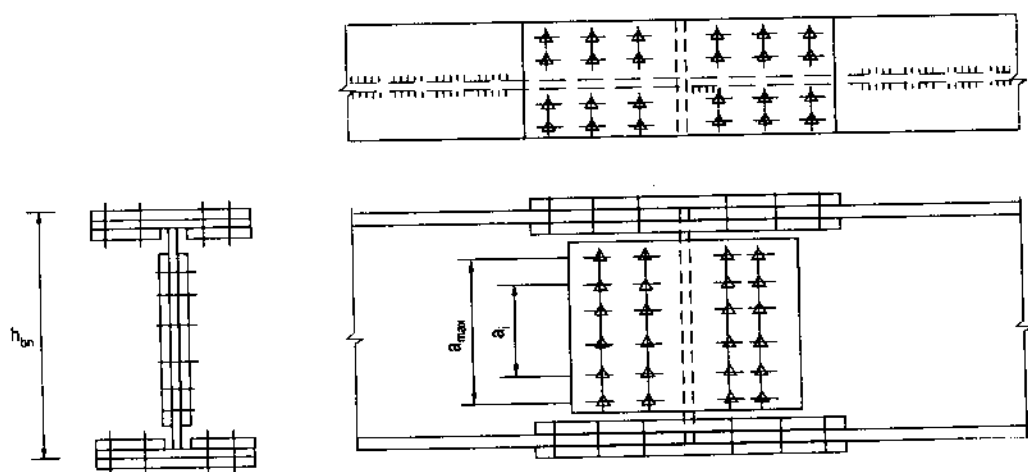
Tính toán mối nối xem các công thức ở chương liên kết.

Chú ý: Nếu sử dụng mối nối trong nhà máy thì nên bố trí các đường hàn cánh nén, cánh kéo và đường hàn nối bụng dầm ở các vị trí khác nhau để tránh phát sinh ứng suất phụ. Nếu sử dụng mối nối công trường thì nên bố trí các đường hàn này ở cùng một tiết diện để tránh các phần nhô ra sẽ gây khó khăn cho vận chuyển, lắp ráp. Lúc này, các đường hàn góc liên kết cánh và bụng dầm (đường hàn trong nhà máy) cần để lại mỗi bên một đoạn 500mm, sau đó sẽ được hàn tiếp tại công trường. Thứ tự thực hiện các đường hàn như hình 4.12.



Hình 4.12: Thứ tự thực hiện các đường hàn

4.7.1.3. Đối với mối nối dầm tổ hợp dùng bu lông (hình 4.13)



Hình 4.13: Mối nối dầm tổ hợp bằng bulông

Nối dầm bằng bu lông cường độ cao có nhiều ưu điểm so với liên kết hàn như: thi công lắp ghép đơn giản, chất lượng cao. Vì vậy, hiện nay phương pháp này được sử dụng khá phổ biến.

Mỗi nối phải tuân theo các yêu cầu cấu tạo như đối với liên kết bu lông (chương liên kết).

Tính toán mỗi nối như sau:

a) Phân phối nội lực:

- Mô men được phân phối cho mỗi nối bụng và cánh dầm theo độ cứng:

$$+ \text{Mỗi nối cánh dầm: } M_c = \frac{M I_c}{I_d}$$

$$+ \text{Mỗi nối bụng dầm: } M_b = \frac{M I_b}{I_d}$$

Lực cắt do mỗi nối bụng dầm chịu toàn bộ, khi tính toán coi như phân bố đều trên mỗi bulông.

b) Tính toán liên kết:

Mỗi nối bụng dầm:

+ Chọn đường kính bu lông (d).

+ Chọn và bố trí bu lông ở một phía mỗi nối (n).

+ Kiểm tra bền mỗi nối:

• Khi mỗi nối chỉ chịu tác dụng của mô men:

$$N_{blM} \leq [N]_{blc}$$

• Khi mỗi nối chịu tác dụng của mô men và lực cắt đồng thời:

$$\sqrt{N_{blM}^2 + N_{blQ}^2} \leq [N]_{blc}$$

Trong đó:

N_{blM} – Lực lớn nhất tác dụng lên một bu lông do mô men gây ra (Lực tác dụng lên mỗi bu lông ở hàng ngoài cùng), được xác định bằng công thức:

$$N_{blM} = \frac{M_b l_n}{k \sum l_i^2}$$

Với k – Số bu lông trên một dãy ở một phía của mỗi nối.

l_n – Khoảng cách giữa hai hàng bu lông ngoài cùng.

l_i – Khoảng cách giữa các hàng bu lông (được lấy như hình 3.28).

N_{blQ} – Lực tác dụng lên mỗi bu lông do lực cắt gây ra và được tính theo công thức:

$$N_{blQ} = \frac{Q}{n}$$

$[N]_{blc}$ - Khả năng chịu cắt của một bu lông cường độ cao (xác định theo công thức ở chương liên kết).

- Mối nối cánh dầm:

+ Chọn đường kính bu lông (d).

+ Xác định lực tác dụng lên mối nối:

$$N_c = \frac{M_c}{h_{bn}}$$

Trong đó: h_{bn} - Khoảng cách trọng tâm tiết diện các bản nối ở hai cánh dầm (hình 3.31).

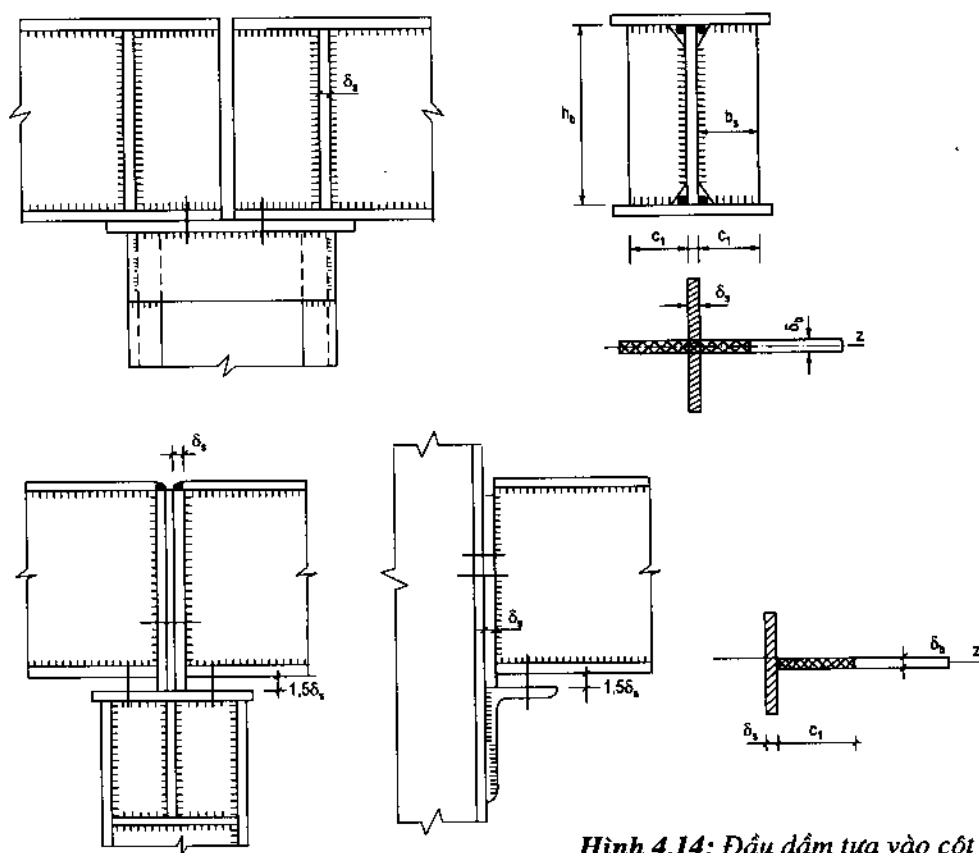
+ Xác định số lượng bu lông ở một phía mối nối cánh dầm:

$$n_c = \frac{N_c}{[N]_{blc}}$$

4.7.2. Cấu tạo và tính toán phần dầm ở gối tựa

Thông thường dầm thép được tựa lên cột thép hoặc bê tông cốt thép, gạch đá. Dưới đây sẽ trình bày trường hợp dầm tựa lên cột thép dưới hình thức liên kết khớp.

Cấu tạo đầu dầm tựa vào cột thép được giới thiệu như hình 4.14.



Hình 4.14: Đầu dầm tựa vào cột thép

Ở đầu dầm hoặc gần đầu dầm cần đặt thêm sườn gối (trừ những dầm hình, nhịp và tải trọng bé) để phản lực gối tựa truyền đúng trọng tâm. Sườn gối được hàn với bản bụng dầm, đầu dưới sườn nên nhô khỏi cánh dưới dầm một đoạn $a = 10 \rightarrow 20\text{mm}$.

Vậy việc tính toán liên kết gồm các bước:

Xác định kích thước sườn gối:

+ Diện tích sườn gối (Từ điều kiện bền và điều kiện ép mặt):

$$A_s \geq \frac{P}{\gamma R_{em}}$$

Trong đó:

R_{em} – Cường độ tính toán của thép chịu ép mặt từ đầu.

γ – Hệ số điều kiện làm việc.

+ Chiều rộng sườn gối: (Theo điều kiện ổn định cục bộ).

$$b \leq 0,5\delta_s \sqrt{\frac{E}{R}}$$

+ Chiều dày sườn gối: $\delta_s = \frac{P}{b_s \gamma R_{em}}$ và $\delta_s \geq b_s$

- Kiểm tra ổn định ngoài mặt phẳng dầm của phần dầm ở gối tựa: Phần dầm này bao gồm tiết diện sườn gối và một phần bản bụng dầm $c_1 = 0,65\delta_b \sqrt{\frac{E}{R}}$ ở mỗi phía sườn gối (phần gạch chéo trên hình vẽ). Khi tính toán, coi phần dầm này như một thanh qui ước có chiều dài bằng chiều cao bản bụng dầm, hai đầu liên kết khớp, chịu lực nén đúng tâm. Kiểm tra theo công thức:

$$\sigma = \frac{P}{\varphi A} \leq R\gamma$$

Trong đó:

φ – Hệ số uốn dọc, được tra bảng phụ lục phụ thuộc độ mảnh $\lambda = \frac{h_0}{i_z}$ (Với: i_z – bán kính

quán tính của tiết diện thanh qui ước đối với trục Z trùng với trục dọc dầm).

A – Diện tích tiết diện thanh qui ước, được xác định bằng công thức:

$$A = A_s + A_{bqu}$$

Với: $A_{bqu} = 2,0,65\delta_b^2 \sqrt{\frac{E}{R}}$ khi sườn gối bố trí gần đầu dầm.

$A_{bqu} = 0,65\delta_b^2 \sqrt{\frac{E}{R}}$ khi sườn gối bố trí ngay đầu dầm.

Chú ý: Khi sườn gối bố trí gần đầu dầm, nhưng khoảng cách từ đầu dầm đến sườn gối nhỏ hơn $0,65d_b\sqrt{\frac{E}{R}}$ thì khoảng cách này được lấy theo thực tế.

Ví dụ 4.2: Tính đường hàn liên kết cánh và bụng của dầm trong ví dụ 4.1. Dùng phương pháp hàn tay que hàn $\in 42$ có $\beta_h = 0,7$.

$$\beta_t = 1, R_{gh} = 18 \text{ kN/cm}^2, R_{gt} = 16,5 \text{ kN/cm}^2$$

$$\beta_h \cdot R_{gh} = 0,7 \cdot 18 = 12,6 \text{ kN/cm}^2, \beta_h \cdot R_{gt} = 1 \cdot 16,5 = 16,5 \text{ kN/cm}^2$$

Từ đó có: $(\beta \cdot R_g)_{\min} = \beta_h \cdot R_{gh} = 12,6 \text{ kN/cm}^2$.

Xác định chiều cao cần thiết của đường hàn

$$h_h = \frac{Q \cdot S_c}{2(\beta \cdot R_g)_{\min} \cdot I_d} = \frac{600 \cdot 3344}{2 \cdot 12,6 \cdot 347276} = 0,229 \text{ cm}$$

Trong đó: $S_c = 38 \cdot 2 \cdot \frac{88}{2} = 3344 \text{ cm}^3$; $I_d = 347276 \text{ cm}^4$.

Vì chiều dày lớn nhất của bản thép cần hàn là: $\delta_c = 20 \text{ mm}$ nên theo điều kiện cấu tạo chọn $h_b = 7 \text{ mm}$.

Ví dụ 4.3: Cấu tạo và tính toán sườn gối dầm của dầm trong ví dụ 4.1.

Dùng giải pháp sườn gối dầm đặt ngay đầu dầm.

1. Chọn kích thước tiết diện

Sườn gối: Tính
$$A_s = \frac{P}{\gamma \cdot R_{em}} = \frac{600}{1 \cdot 31} = 19,31 \text{ cm}^2$$

Theo cách cấu tạo thì ta có:
$$b_s = \frac{(b_c - \delta_b)}{2} = \frac{38 - 1}{2} = 18,5 \text{ cm}$$

Từ điều kiện đảm bảo ổn định cục bộ sườn gối

$$b_s \leq 0,5 \cdot \delta_s \cdot \sqrt{\frac{E}{R}}$$

$$18,5 \leq 0,5 \cdot \delta_s \cdot \sqrt{\frac{2,06 \cdot 10^4}{21,5}}$$

$$\delta_s \geq 1,19 \text{ cm.}$$

Theo quy cách phổ thông lấy $\delta_c = 16 \text{ mm}$.

2. Kiểm tra sườn gối đầu dầm đã chọn

Kích thước tiết diện sườn gối dầm đã chọn trên cơ sở đảm bảo điều kiện bền về ép mặt và điều kiện ổn định cục bộ nên chỉ cần kiểm tra điều kiện bền có xét đến ổn định ngoài mặt phẳng dầm của sườn gối dầm:

$$A_{bqr} = 0,65 \cdot \delta_b \cdot \sqrt{\frac{E}{R}} = 0,65 \cdot 1 \cdot \sqrt{\frac{2,06 \cdot 10^4}{21,5}} = 20,1 \text{ cm}^2$$

$$A = A_s + A_{bqr} = 38 \times 1,6 + 20,1 = 80,9 \text{ cm}^2$$

$$J_z = 1,6 \cdot \frac{38^3}{12} + 20,1 \cdot \frac{1^3}{12} = 7318 \text{ cm}^4$$

$$i_z = \sqrt{\frac{J_z}{A}} = \sqrt{\frac{7318}{80,9}} = 9,5 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{h_b}{i_z} = \frac{86}{9,5} = 9,04 \rightarrow \varphi = 0,988$$

$$\sigma = \frac{P}{\varphi \cdot A} = \frac{600}{0,988 \cdot 80,9} = 7,5 \text{ kN/cm}^2 < R \cdot \gamma = 21,5 \text{ kN/cm}^2$$

Chương 5

CỘT THÉP

5.1. KHÁI NIỆM CHUNG

5.1.1. Đặc điểm

5.1.1.1. Định nghĩa: Cột là kết cấu thẳng đứng có nhiệm vụ đỡ các kết cấu khác như dầm, dàn... và truyền tải trọng từ các kết cấu đó xuống móng.

5.1.1.2. Các bộ phận cột (hình 5.1)

- Đầu cột: Có nhiệm vụ đỡ dầm, truyền tải trọng xuống thân cột.
- Thân cột: Là bộ phận cơ bản của cột, có nhiệm vụ truyền tải trọng xuống chân cột.
- Chân cột: Có nhiệm vụ liên kết thân cột và móng, truyền và phân phối tải trọng xuống móng.

5.1.2. Các loại cột (hình 5.1)

5.1.2.1. Theo điều kiện sử dụng

- Cột nhà công nghiệp.
- Cột nhà dân dụng.
- Cột đỡ sàn công tác.

5.1.2.2. Theo cấu tạo (tiết diện cột)

- Cột đặc.
- Cột rỗng.
- Cột có tiết diện không thay đổi.
- Cột có tiết diện thay đổi (cột bậc).

5.1.2.3. Theo sơ đồ chịu lực

- Cột chịu nén đúng tâm: Chỉ chịu lực đặt đúng trọng tâm tiết diện.
- Cột chịu nén lệch tâm: Chỉ chịu lực dọc nhưng đặt ngoài trọng tâm tiết diện.
- Cột chịu nén uốn: Chịu cả lực dọc và mômen uốn.

5.1.3. Sơ đồ tính và chiều dài tính toán

5.1.3.1. Sơ đồ liên kết đầu cột và chân cột

Sơ đồ tính toán của cột phụ thuộc vào điều kiện cố định hai đầu cột, vì vậy việc xác định liên kết đầu và chân cột có ý nghĩa lớn trong cả quá trình thiết kế cột sau này.

- Liên kết đầu cột và xà ngang có thể là liên kết khớp hoặc ngàm. Liên kết khớp thường dùng cho cột nén đúng tâm, liên kết ngàm dùng cho cột hệ khung.

- Liên kết chân cột với móng cũng có hai dạng khớp hoặc ngàm. Liên kết khớp dùng cho cột nén đúng tâm hay cột nén lệch tâm nhưng có mômen bằng không, liên kết ngàm dùng cho cột nén lệch tâm và nén đúng tâm khi cần tăng độ ổn định cho cột.

Liên kết đầu cột và chân cột có thể khác nhau theo các phương.

5.1.3.2. Chiều dài tính toán

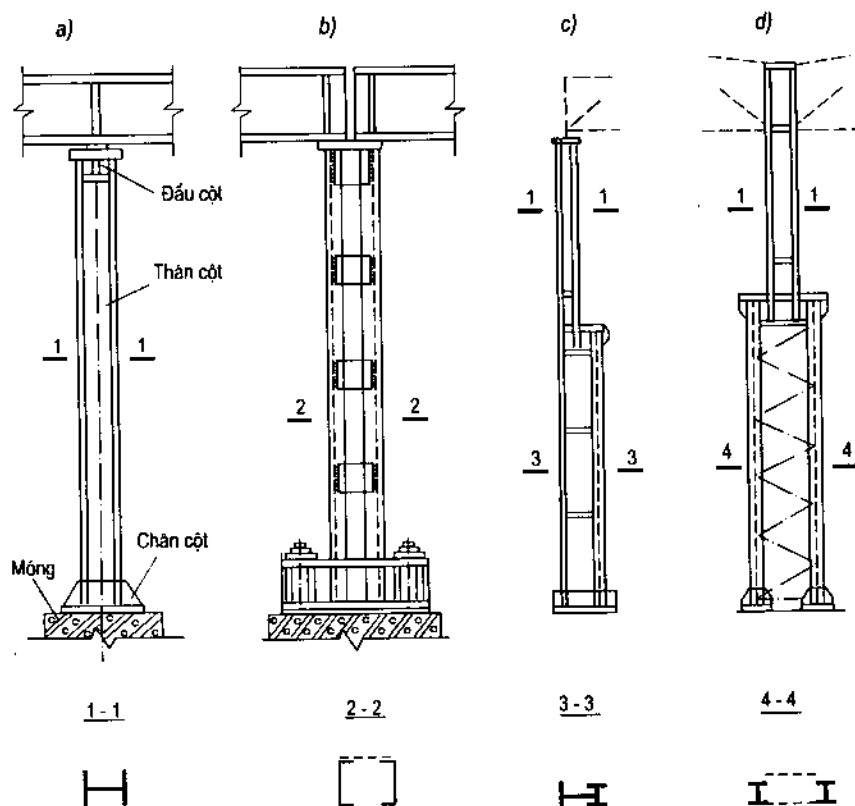
Được xác định theo công thức:

$$l_0 = \mu l$$

Trong đó: l - chiều dài hình học của cột;

μ - hệ số chiều dài tính toán (lấy theo bảng 5.1).

Cần xác định chiều dài tính toán của cột theo cả hai phương trục chính (x-x, y-y): l_x, l_y để tính toán độ mảnh của cột theo hai phương: λ_x, λ_y . Khi thiết kế, cố gắng chọn tiết diện để cột có độ ổn định tương đương cả hai phương, có nghĩa là: $\lambda_x = \lambda_y$.



Hình 5.1: Cột thép

a) Cột đặc tiết diện không đối; b) Cột rỗng tiết diện không đối;

c) Cột bậc tiết diện đặc; d) Cột bậc đoạn trên đặc đoạn dưới rỗng.

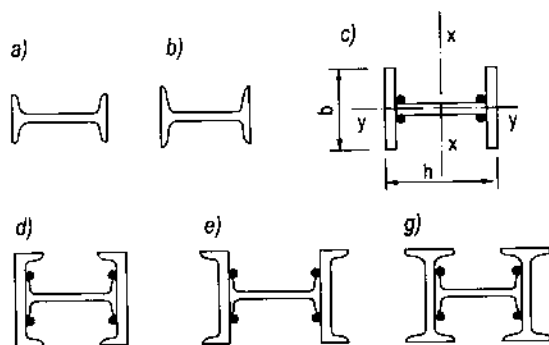
5.2. CỘT ĐẶC CHỊU NÉN ĐÚNG TÂM

5.2.1. Các loại tiết diện

Các loại tiết diện cột đặc nói chung được quy về hai dạng: tiết diện hở và tiết diện kín.

5.2.1.1. Tiết diện hở

a) Tiết diện dạng chữ I (hình 5.2)



Hình 5.2: Các dạng tiết diện chữ I của cột đặc

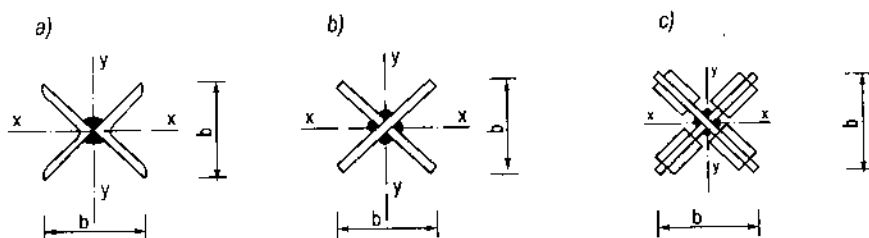
Trong cột đặc, tiết diện chữ I thường được sử dụng do có nhiều ưu điểm như hình thức đơn giản, dễ chế tạo, dễ liên kết với bộ phận cấu tạo trên. Có thể phân ra thành các dạng:

- Cột bằng thép hình (hình 5.2a): tuy có ưu điểm đơn giản, tiện lợi nhưng có bán kính quán tính theo hai phương chênh nhau quá nhiều nên không hợp lý về mặt chịu lực. Loại tiết diện này chỉ dùng đối với những cột có chiều dài tính toán trên hai phương khác nhau.

- Cột chữ I cánh rộng (hình 5.2b): tuy không thể làm cho $\lambda_x = \lambda_y$ nhưng cũng có thể đảm bảo độ cứng theo hai phương gần bằng nhau.

- Cột ghép từ ba bản thép (hình 5.2c): loại tiết diện này tiết kiệm được nhiều vật liệu nhưng tốn công chế tạo, tuy vậy hiện nay đã khắc phục được nhược điểm này khi dùng phương pháp hàn tự động nên được sử dụng nhiều hơn cả.

- Cột ghép từ ba thép hình (hình 5.2d, e): loại tiết diện này khó chế tạo nên chỉ sử dụng khi tải trọng rất lớn.



Hình 5.3: Các dạng tiết diện chữ thập của cột đặc

b) Tiết diện chữ thập (hình 5.3)

Loại tiết diện này có ưu điểm lớn nhất là độ ổn định theo hai phương như nhau, việc chế tạo cũng đơn giản, nhưng nó có nhược điểm là liên kết với các kết cấu khác không tiện lợi.

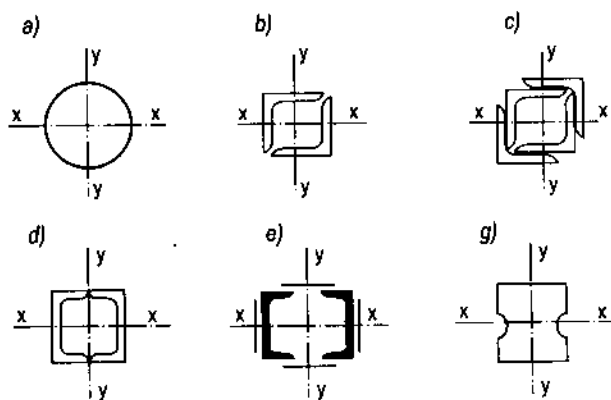
Khi tải trọng nặng phải dùng các bản thép gia cố (hình 5.3b).

5.2.1.2. Tiết diện kín (hình 5.4)

Tiết diện kín có thể sử dụng thép góc (hình 5.4b, c), thép chữ I (hình 5.4d, e) hoặc thép ống (hình 5.4a).

Loại tiết diện này đảm bảo được độ ổn định theo cả hai phương, hình thức đẹp nhưng có nhược điểm là tốn công chế tạo, khó liên kết với các kết cấu khác và mặt trong dễ bị gỉ do không được sơn.

Khi chọn tiết diện cột cần chú ý đến tải trọng, điều kiện sử dụng, liên kết, khả năng chế tạo và điều kiện kinh tế.



Hình 5.4: Các dạng yếu tố kín của cột đặc

5.2.2. Tính toán và cấu tạo thân cột

5.2.2.1. Các điều kiện kiểm tra

a) Độ bền:
$$\sigma = \frac{N}{A_{th}} \leq R\gamma$$

Trong đó: N - lực dọc tính toán;

A_{th} - diện tích tiết diện thực (đã trừ phần giảm yếu);

R - cường độ tính toán của vật liệu;

γ - hệ số điều kiện làm việc.

b) Độ ổn định tổng thể:
$$\frac{N}{\varphi_{min} A_{ng}} \leq R\gamma$$

Trong đó: φ_{min} - hệ số uốn dọc nhỏ nhất (lấy theo λ_{max} của cột);

A_{ng} - diện tích tiết diện nguyên (không trừ phần giảm yếu).

c) Độ mảnh:
$$\lambda_{max} \leq [\lambda]$$

Trong đó: λ_{max} - độ mảnh lớn nhất của cột (lấy giá trị lớn hơn trong hai trị số λ_x và λ_y);

$[\lambda]$ - độ mảnh giới hạn (tra bảng phụ lục).

d) Ổn định cục bộ

Cũng như dầm, cột được ghép từ các bản thép khi chịu lực có thể bị cong vênh ra ngoài mặt phẳng của nó. Hiện tượng này sẽ làm cho các bản thép bị phá hoại trước khi cột mất

ổn định tổng thể hoặc mất khả năng làm việc.
Vì vậy phải tính toán đảm bảo không xảy ra phá hoại cục bộ các bản thép.

- Ổn định cục bộ cho bản bụng:

$$\frac{h_0}{\delta_b} \leq \left[\frac{h_0}{\delta} \right]$$

Trong đó:

h_0 - chiều cao tính toán của bản bụng (xác định như đối với dầm);

δ_b - chiều dày bản bụng;

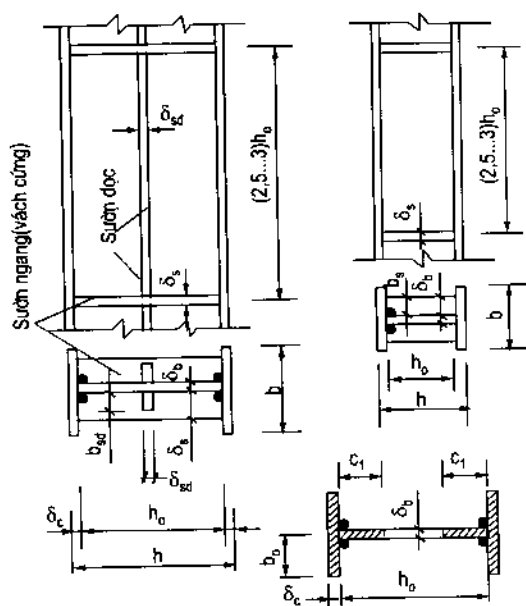
$\left[\frac{h_0}{\delta} \right]$ - độ mảnh giới hạn của bản bụng (tính theo bảng 5.2).

Nếu không thỏa mãn điều kiện này thì có thể dùng các biện pháp sau:

+ Tăng bề dày bản bụng. Phương pháp này đơn giản nhưng không kinh tế.

+ Đặt thêm các cặp sườn dọc và sườn ngang gia cường (hình 5.5).

- Sườn dọc: được đặt giữa bản bụng dầm và có kích thước $b_s \geq 10\delta_b$, $\delta_s \geq 0,75\delta_b$.
- Sườn ngang: được đặt cách nhau một đoạn $a = (2,5 - 3)h_0$ với kích thước:
 $b_s \geq h_0/30 + 40\text{mm}$: khi bố trí cặp sườn đối xứng.
 $b_s \geq h_0/24 + 50\text{mm}$: khi bố trí sườn một bên.



Hình 5.5: Bố trí sườn gia cường cho cột

Bảng 5.1. Hệ số chiều dài tính toán μ

Số thứ tự	Sơ đồ liên kết và tải trọng	μ	Số thứ tự	Sơ đồ liên kết và tải trọng	μ
1	2	3	1	2	3
1		2	3		0,7
2		1	4		0,5

1	2	3	1	2	3
5		1	7		0,725
6		2	8		1,12

Bảng 5.2. Độ mảnh giới hạn của bản bụng cột đặc nén đúng tâm

Hình thức tiết diện cột	[ho/δ], khi độ mảnh quy ước của cột	
	$\bar{\lambda} \leq 0,8$	$\bar{\lambda} > 0,8$
Chữ I	$\sqrt{E/R}$	$(0,36 + 0,8\bar{\lambda})\sqrt{E/R}$ nhưng không lớn hơn $2,9\sqrt{E/R}$
Chữ [, hình hộp chữ nhật (h_0 theo cạnh lớn)	$\sqrt{E/R}$	$(0,85 + 0,19\bar{\lambda})\sqrt{E/R}$ nhưng không lớn hơn $1,6\sqrt{E/R}$
Hình hộp vuông	$0,9\sqrt{E/R}$	$(0,76 + 0,17\bar{\lambda})\sqrt{E/R}$ nhưng không lớn hơn $1,45\sqrt{E/R}$

- Ổn định cục bộ cho bản cánh:
$$\frac{b_o}{\delta_c} \leq \left[\frac{b_o}{\delta} \right]$$

Trong đó: b_o - chiều rộng tính toán của phần bản cánh nhô ra (tính như phần dầm);

δ_c - chiều dày bản cánh;

$\left[\frac{b_o}{\delta} \right]$ - độ mảnh giới hạn của phần bản nhô ra (tính theo bảng 5.3).

**Bảng 5.3. Độ mảnh giới hạn của phần bản cánh nhô ra của cột
(đối với trường hợp cánh không viền)**

Hình thức tiết diện	$[b_o/\delta]$ khi $0,8 \leq \bar{\lambda} \leq 4$
Chữ I	$(0,36 + 0,1\bar{\lambda})\sqrt{E/R}$
Thép hình dầm (trừ tiết diện dạng chữ I) và dạng thép góc không đều cạnh	$(0,35 + 0,07\bar{\lambda})\sqrt{E/R}$
Thép hình dầm tiết diện dạng chữ I và dạng thép góc không đều cạnh (b_o theo cạnh lớn)	$(0,38 + 0,08\bar{\lambda})\sqrt{E/R}$

Chú thích: Khi $\bar{\lambda} < 0,8$ lấy $\bar{\lambda} = 0,8$ và khi $\bar{\lambda} > 4$ lấy $\bar{\lambda} = 4$.

5.2.2.2. Chọn tiết diện cột

- Xác định tiết diện yêu cầu (theo công thức ổn định tổng thể):

$$A_{yc} = \frac{N}{\phi R_y}$$

Lúc này do chưa biết trị số ϕ nên phải giả thiết trước độ mảnh, λ_{gt} có thể lấy như sau:

$\lambda_{gt} = 50 \rightarrow 70$ khi cột có $N = 2500 \rightarrow 4000 \text{ kN}$.

$\lambda_{gt} = 70 \rightarrow 100$ khi cột có $N = 1500 \rightarrow 2500 \text{ kN}$ và có chiều dài $l_0 = 5 \rightarrow 6 \text{ m}$.

Từ λ_{gt} tra bảng phụ lục tìm được ϕ rồi tính diện tích yêu cầu theo công thức trên.

- Xác định chiều cao và chiều rộng yêu cầu của tiết diện:

$$b_{yc} = \frac{l_y}{\alpha_y \lambda_{gt}} \quad \text{và} \quad h_{yc} = \frac{l_x}{\alpha_x \lambda_{gt}}$$

Trong đó: α_x, α_y - hệ số của bán kính quán tính (tra bảng 5.4).

Ngoài ra, khi chọn kích thước tiết diện dầm cần chú ý các yêu cầu cấu tạo. Ví dụ đối với cột được ghép từ ba bản thép nên chọn: $h \geq b$, thường lấy $h = (1 \rightarrow 1,15)b$; $\delta_c = 8 \rightarrow 40 \text{ mm}$; $\delta_h = 6 \rightarrow 16 \text{ mm}$.

- Kiểm tra lại tiết diện đã chọn theo các điều kiện về độ bền, độ mảnh, độ ổn định tổng thể và cục bộ.

Khi nội lực của cột không lớn lắm thì chọn tiết diện cột theo độ mảnh giới hạn cho $\lambda [\lambda]$.

Bảng 5.4. Giá trị α_x, α_y (để xác định gần đúng bán kính quán tính $i_x = \alpha_x h, i_y = \alpha_y b$)

Tiết diện				
α_x α_y	0,42 0,24	0,49 0,32	0,40 0,32	0,58 0,32
Tiết diện				
α_x α_y	0,44 0,38	0,60 0,38	0,52 0,41	0,43 0,43

5.2.2.3. Liên kết cánh và bụng cột

Liên kết giữa cánh và bụng dầm được lấy theo cấu tạo. Với cột tổ hợp hàn, đường hàn kéo dài suốt chiều dài cột và có chiều cao $h_h = 6 \rightarrow 8\text{mm}$.

Ví dụ 5.1: Xác định thân cột đặc chịu nén đúng tâm.

$N = 2800\text{kN}$, cột cao $7,2\text{m}$ liên kết ngàm với móng và khớp cố định ở đỉnh đầu cột theo mọi phương.

Thép làm cột là thép CT3 que hàn $\in 42$. Hệ số điều kiện làm việc của cột $\gamma = 1$.

1. Xác định tiết diện

Chọn tiết diện cột đối xứng dạng chữ H tổ hợp.

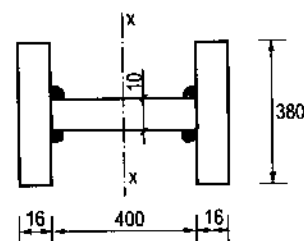
Giả thiết độ mảnh của cột là $\lambda_{gt} = 55$ dùng thép tấm có $\delta \leq 20\text{mm}$. Tra bảng $R = 21,5\text{ kN/cm}^2$. Từ λ_{gt} và R tra bảng $\varphi = 0,8407$.

Diện tích yêu cầu của tiết diện cột

$$A_{yc} = \frac{2800}{0,8407 \cdot 21,5} = 154,91\text{cm}^2$$

Bề rộng yêu cầu của tiết diện cột

$$b_{yc} = \frac{l_y}{\alpha_y \cdot \lambda_{gt}} = \frac{504}{0,24 \cdot 55} = 38\text{cm} = b$$



Trong đó: $l_y = l_x = 0,7 \cdot 720 = 504\text{cm}$, tra bảng $\alpha_y = 0,24$.

Bề cao của tiết diện cột: $h = (1 \div 1,15)b$ lấy $h = 40\text{cm}$.

Chọn tiết diện cột là:

$$\text{Bản cánh: } 2(38 \cdot 1,6) = 121,6\text{cm}^2$$

$$\text{Bản bụng: } A = 161,6\text{cm}^2$$

2. Kiểm tra tiết diện cột đã chọn

Cột có $I_x = I_y$ và với dạng tiết diện như đã chọn nên phương mảnh nhất là phương xác định theo trục Y.

$$I_y = \frac{2 \cdot 1,6 \cdot 38^3}{12} + \frac{40 \cdot 1^3}{12} = 14636\text{cm}^4$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{14636}{161,6}} = 9,5\text{cm}$$

$$\lambda_{\max} = \lambda_y = \frac{504}{9,5} = 53 < [\lambda] = 120$$

Đảm bảo yêu cầu về độ mảnh.

Từ $\lambda = 53$ và $R = 21,5\text{ kN/cm}^2$ tra bảng $\varphi = \varphi_{\min} = 0,8494$.

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_{\min} A} = \frac{2800}{0,8494 \cdot 161,6} = 20,4 \text{ kN/cm}^2 < R = 21,5 \text{ kN/cm}^2$$

Cột đảm bảo điều kiện ổn định tổng thể.

Độ mảnh quy ước của cột

$$\bar{\lambda} = 53 \sqrt{\frac{21,5}{2,06 \cdot 10^4}} = 1,712$$

Độ mảnh giới hạn của bản bụng

$$\left[\frac{h}{\sigma} \right] = (0,36 + 0,8\bar{\lambda}) \cdot \sqrt{\frac{E}{R}} = (0,36 + 0,8 \cdot 1,712) \cdot \sqrt{\frac{2,06 \cdot 10^4}{21,5}} = 53,5$$

Có $\frac{h_o}{\delta_b} = \frac{40}{1} = 40 < 53,5$ - bản bụng đảm bảo điều kiện ổn định cục bộ (không cần phải đặt sườn dọc).

$$\frac{h_o}{\delta_b} = 40 < 2,2 \cdot \sqrt{\frac{2,06 \cdot 10^4}{21,5}} = 68,1 \text{ - bản bụng không phải đặt sườn ngang.}$$

Độ mảnh giới hạn của bản cánh

$$\left[\frac{b_o}{\delta} \right] = (0,36 + 0,1\bar{\lambda}) \cdot \sqrt{\frac{E}{R}} = (0,36 + 0,1 \cdot 1,712) \cdot \sqrt{\frac{E}{R}} = 16,4$$

$$\text{Có } \frac{b_o}{\delta} = \frac{38-1}{2 \cdot 1,6} = 11,6 < 16,4 \text{ bản cánh đảm bảo điều kiện ổn định cục bộ.}$$

Liên kết bản cánh với bản bụng lấy theo cấu tạo $h_h = 6$ cả 2 bên bản bụng.

5.3. CỘT RỒNG CHỊU NÉN ĐÚNG TÂM

5.3.1. Cấu tạo thân cột

5.3.1.1. Các loại cột rồng

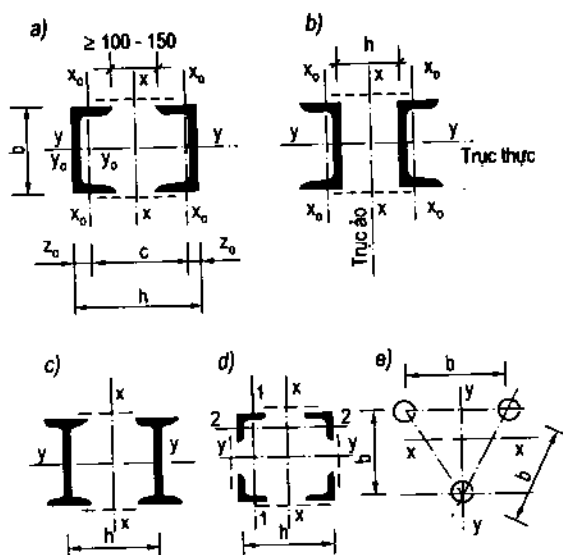
Thân cột rồng bao gồm các nhánh cột đặt cách xa nhau được liên kết với nhau thông qua hệ thanh giằng (thanh bụng, thanh nối) hay hệ bản giằng (bản nối). Có thể phân loại cột như sau:

- Theo số nhánh cột:

- + Cột hai nhánh (hình 5.6a, b, c)
- + Cột ba nhánh (hình 5.6d).
- + Cột bốn nhánh (hình 5.6e).

- Theo sự liên kết giữa các nhánh:

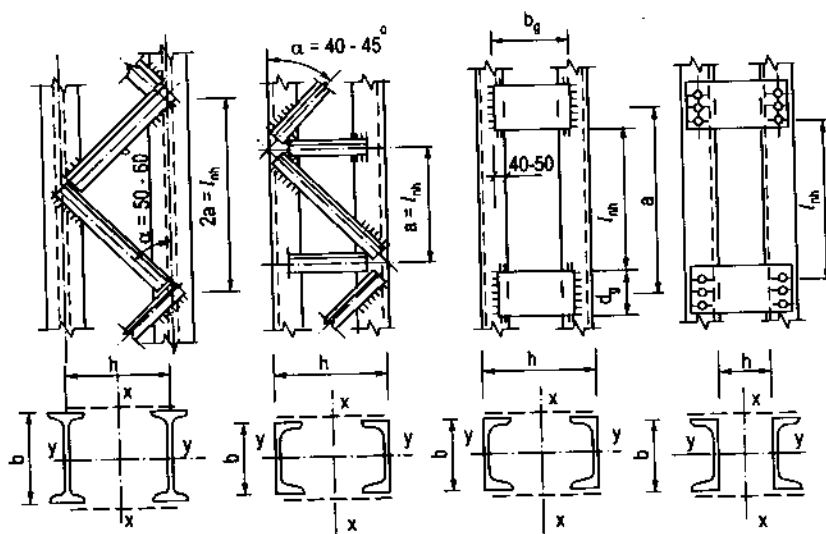
- + Cột rồng có hệ thanh giằng (hình 5.7a, b).
- + Cột rồng có hệ bản giằng (hình 5.7c, d)



Hình 5.6: Các dạng tiết diện cột rỗng

5.3.1.2. Cấu tạo thanh giằng và bản giằng

- Thanh giằng (hình 5.7a, b)



Hình 5.7: Các dạng hệ bụng rỗng của cột

Thanh bụng được cấu tạo từ các thanh thép hình, thường là một thép góc có tiết diện $L40 \times 5$. Có hai cách bố trí hệ thanh bụng:

- + Bố trí theo sơ đồ tam giác không có thanh ngang, góc nghiêng $\alpha = 50 \rightarrow 60^\circ$.
- + Bố trí theo sơ đồ tam giác có thanh ngang, góc nghiêng $\alpha = 40 \rightarrow 45^\circ$.

Trục các thanh bụng có thể hội tụ ở mép ngoài nhánh hoặc phía ngoài mép nhánh này một chút.

Hệ thanh bụng có ưu điểm chịu lực tốt nhưng khó chế tạo hơn hệ bản giằng. Vì vậy được sử dụng khi khoảng cách giữa các nhánh lớn.

- Bản giằng (hình 5.7c, d)

Bản giằng được cấu tạo từ các bản thép, thường có kích thước:

Chiều rộng: $d_{bg} = (0,5 \rightarrow 0,8)h$, với h là bề rộng mặt rộng.

Chiều dày: $\delta_{bg} = 6 \rightarrow 12\text{mm}$; $\delta_{bg} = (1/10 \rightarrow 1/30)d_{bg}$; $\delta_{bg} \geq 1/50b_{bg}$.

Chiều dài: b_{bg} phụ thuộc khoảng cách giữa các nhánh nhưng phải đảm bảo trùm lên mỗi bên nhánh cột một khoảng 40 - 50mm khi dùng liên kết hàn và đủ bố trí liên kết khi dùng liên kết đinh tán.

Hệ bản giằng tuy chế tạo đơn giản nhưng chịu lực không tốt, nhất là trong trường hợp khoảng cách giữa các nhánh lớn nên chỉ sử dụng khi cột có khoảng cách giữa các nhánh nhỏ hơn 1m.

5.3.2. Sự làm việc của cột rỗng

Do cấu tạo của thân cột rỗng gồm các nhánh được liên kết với nhau qua các thanh bụng (hoặc các bản giằng) nên ngoài các nhánh cột, trong tính toán còn phải xét đến sự làm việc của hệ thanh (hệ bản) này. Trên cơ sở đó, xét sự làm việc của cột rỗng theo hai trục (hình 5.6):

- Trục thực (trục y-y): là trục xuyên qua bụng của hai nhánh.

- Trục ảo (trục x-x): là trục nằm ở phần rỗng giữa hai nhánh.

5.3.2.1. Sự làm việc của cột rỗng đối với trục thực (y-y)

Khi cột bị uốn quanh trục thực, các thanh giằng (bản giằng) hầu như không bị biến dạng, vì vậy lúc này có thể bỏ qua sự làm việc của chúng và coi cột rỗng làm việc như cột đặc. Ta có công thức xác định độ mảnh của cột đối với trục thực:

$$\lambda_y = \frac{l_y}{i_y}$$

Trong đó: i_y - bán kính quán tính của tiết diện cột đối với trục y-y, được tính như sau:

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$

Với cột có hai nhánh như nhau, ta có: $A = 2A_{nh}$; $I_y = 2I_{yo}$, nên bán kính quán tính của tiết diện lúc này là:

$$i_y = \sqrt{\frac{I_{yo}}{A_{nh}}}$$

Trong đó: A - diện tích tiết diện cột;

A_{nh} - diện tích tiết diện một nhánh cột;

I_y - mômen quán tính của tiết diện cột đối với trục $y-y$;

I_{y_0} - mômen quán tính của tiết diện nhánh đối với trục y_0-y_0 của nó.

5.3.2.2. Sự làm việc của cột rỗng đối với trục ảo ($x-x$)

Khi cột bị uốn quanh trục ảo, lực cắt làm các thanh giằng (bản giằng) bị biến dạng, các nhánh cột bị trượt và dịch lại gần nhau, kích thước cột bị thu hẹp so với kích thước ban đầu. Do đó, mômen quán tính khi cột bị uốn dọc (I_{xt}) nhỏ hơn mômen quán tính ban đầu (I_x) và lực nén tới hạn thực tế sẽ nhỏ hơn lực nén tới hạn khi không kể đến biến dạng của hệ bụng rỗng. Lúc này, lực nén tới hạn sẽ được tính bằng công thức:

$$N_{th} = \frac{\pi^2 E I_x}{l_x^2 \left(1 + \gamma_1 \frac{\pi^2 E I}{l_x^2} \right)} = \frac{\pi^2 E A}{\lambda_x^2 \left(1 + \gamma_1 \frac{\pi^2 E A}{\lambda_x^2} \right)} = \frac{\pi^2 E A}{\mu_1^2 \lambda_x^2} = \frac{\pi^2 E A}{\lambda_{td}^2}$$

Trong đó:

μ_1 - hệ số kể đến ảnh hưởng biến dạng của hệ bụng rỗng do lực cắt đến N_{th} và độ mảnh của cột rỗng. Với μ_1 được xác định bằng công thức:

$$\mu_1 = \sqrt{1 + \gamma_1 \frac{\pi^2 E A}{\lambda_x^2}}$$

λ_{td} - độ mảnh thực của cột rỗng khi bị uốn dọc theo trục ảo (được gọi là độ mảnh tương đương);

$$\lambda_{td} = \mu_1 \lambda_x$$

λ_x - độ mảnh ban đầu của cột rỗng đối với trục ảo;

γ_1 - góc trượt của tiết diện cột do lực cắt $Q = 1$ gây ra.

5.3.2.3. Độ mảnh λ_{td} của cột rỗng hai nhánh bản giằng (hình 5.8)

Trong cột rỗng bản giằng, λ_{td} phụ thuộc tỉ số độ cứng đơn vị của các đoạn nhánh cột và bản giằng:

$$n = \frac{I_{x_0}}{a} : \frac{I_{bg}}{c}$$

Trong đó:

I_{x_0} - mômen quán tính của tiết diện nhánh đối với trục x_0-x_0 của nó (song song với trục $x-x$);

I_{bg} - mômen quán tính của bản giằng, được tính bằng công thức:

$$I_{bg} = \frac{\delta_{bg} d_{bg}^3}{12}$$

c - khoảng cách trọng tâm hai nhánh cột;

a - khoảng cách các trục của bản giằng.

- Khi $n \leq 1/5$: biến dạng của bản giằng do lực cắt rất nhỏ so với biến dạng của các nhánh cột nên có thể bỏ qua và góc trượt γ_1 được tính như sau:

$$\gamma_1 = \frac{\Delta}{l_{nh}} = \frac{1}{2} \left(\frac{l_{nh}}{2} \right)^3 \frac{1}{3EI_{xo}} \frac{2}{l_{nh}} = \frac{l_{nh}^2}{24EI_{xo}} = \frac{l_{nh}^2}{24Ei_{xo}^2 A_{nh}} = \frac{\lambda_{nh}^2}{24EA_{nh}}$$

Thay γ_1 vào công thức tính μ_1 , ta được:

$$\mu_1 = \sqrt{1 + \frac{\lambda_{nh}^2}{24EA_{nh}} \cdot \frac{\pi^2 E 2 A_{nh}}{\lambda_x^2}} = \sqrt{1 + \frac{\pi^2 \lambda_{nh}^2}{12 \lambda_x^2}} \approx \sqrt{1 + \frac{\lambda_{nh}^2}{\lambda_x^2}}$$

Từ đó ta được công thức tính λ_{td} :

$$\lambda_{td} = \sqrt{\lambda_x^2 + \lambda_{nh}^2}$$

Trong đó: λ_{nh} - độ mảnh của nhánh đối với trục x_o-x_o , được tính bằng công thức:

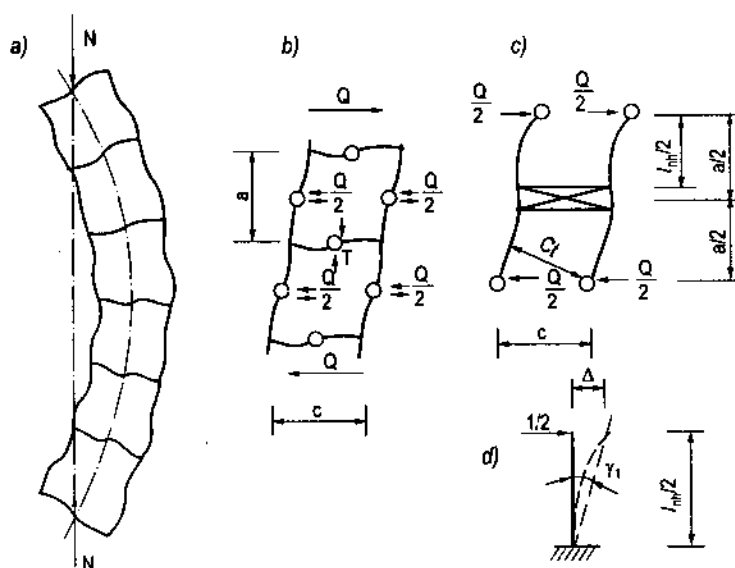
$$\lambda_{nh} = \frac{l_{nh}}{i_{xo}}$$

l_{nh} - chiều dài tính toán của nhánh (đối với trục x_o-x_o);

i_{xo} - bán kính quán tính của tiết diện nhánh tính với trục x_o-x_o .

- Khi $n > 1/5$: biến dạng của bản giằng lớn nên không thể bỏ qua, lúc này λ_{td} được tính bằng công thức:

$$\lambda_{td} = \sqrt{\lambda_x^2 + 0,82 \lambda_{nh}^2 (1 + n)}$$



Hình 5.8: Biến dạng của cột rỗng bản giằng khi uốn dọc

a) Biến dạng chung; b) Biến dạng do lực cắt.

5.3.2.4. Độ mảnh tương đương λ_{td} của cột rỗng 2 nhánh thanh giằng (hình 5.9)

Biến dạng chung của cột và biến dạng của cột do lực cắt được thể hiện trên hình vẽ. Lúc này, góc trượt γ_t được xác định theo công thức:

$$\gamma_t = \frac{\Delta}{\alpha} = \frac{\delta}{S \cos \alpha \sin \alpha}$$

Trong đó:

δ - biến dạng dọc trục của thanh bụng xiên do $Q = 1$ gây ra cho cả hai mặt rỗng, được tính bằng công thức:

$$\delta = \frac{N_b S}{EA_b}$$

với N_b - tổng lực dọc của các thanh bụng xiên ở hai mặt rỗng trên cùng một tiết diện cột,

$$N_b = \frac{Q}{\sin \alpha} = \frac{1}{\sin \alpha}.$$

Viết lại công thức tính γ_t :

$$\gamma_t = \frac{1}{EA_b \sin^2 \alpha \cos \alpha}$$

Thay γ_t vào công thức tính μ_t , ta có:

Bảng giá trị t để tính Q_{qr}

Thép có σ_b/σ_c kN/cm ²	38/32	44/29	46/33 52/40	60/45	70/60	85/75
t, daN/cm ²	20	30	40	50	60	70

$$\mu_t = \sqrt{1 + \frac{\pi^2 A}{A_b \sin^2 \alpha \cos \alpha \lambda_x^2}} = \sqrt{1 + \frac{\pi^2 A}{A_b \lambda_x^2}}$$

Trong đó:

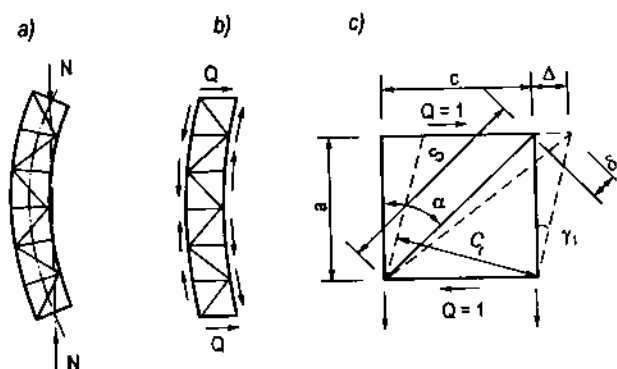
$$k = \frac{\pi^2}{\sin^2 \alpha \cos \alpha}; \text{ mà: } \sin \alpha = \frac{C}{S} \text{ và } \cos \alpha = \frac{a}{S} \text{ nên } k = \frac{\pi^2 S^3}{C^2 a};$$

A_b - tổng diện tích tiết diện của các thanh bụng xiên ở hai mặt rỗng của cột trên cùng một tiết diện;

S - chiều dài trục thanh bụng xiên;

C, a - khoảng cách giữa trục các nhánh cột và khoảng cách giữa trục các thanh giằng ngang.

α - góc nghiêng của trục thanh bụng xiên với trục nhánh cột (có thể xác định k theo bảng 5.5).



Hình 5.9: Biến dạng của cột rỗng thanh giằng khi bị uốn dọc

Bảng 5.5. Hệ số k để tính λ_{td}

α^0	30	35	40	45	50 - 60
k	45	37	31	28	26

Từ đó ta được công thức tính λ_{td} : $\lambda_{td} = \sqrt{\lambda_x^2 + k \frac{A}{A_b}}$

5.3.3. Tính toán thân cột

5.3.3.1. Các điều kiện kiểm tra :

a) Điều kiện độ bền: $\sigma = \frac{N}{A_{th}} \leq R\gamma$

b) Điều kiện độ ổn định: $\frac{N}{\varphi_{min} A_{ng}} \leq R\gamma$

c) Điều kiện độ mảnh: $\lambda_{max} \leq [\lambda]$

Trong đó: độ mảnh lớn nhất λ_{max} là giá trị lớn hơn trong hai trị số λ_y và λ_{td} .

Ngoài ra, còn phải đảm bảo điều kiện để khả năng ổn định của nhánh lớn hơn hoặc bằng khả năng ổn định tổng thể của cột:

$$\lambda_{nh} \leq \lambda_{max}$$

Nếu điều kiện này không được thỏa mãn thì phải kiểm tra ổn định tổng thể cho từng nhánh cột.

5.3.3.2. Chọn tiết diện cột rỗng hai nhánh

- Xác định diện tích yêu cầu của tiết diện nhánh:

Giả thiết trước độ mảnh theo trục thực $\lambda_{ygt} = 40 \rightarrow 90$, sau đó tính A_{nhyc} theo công thức:

$$A_{nhyc} = \frac{N}{2\varphi_y R\gamma}$$

- Xác định bán kính quán tính theo yêu cầu đối với trục thực:

$$i_{yyc} = \frac{l_y}{\lambda_{ygt}}$$

Từ đó tra bảng chọn được loại thép hình làm nhánh cột, thỏa mãn: $A_{nh} = A/2 \geq A_{nhyc}$;
 $i_y = i_{yo} \geq i_{yyc}$.

- Xác định khoảng cách trọng tâm hai nhánh (C):

+ Tính λ_{xyc} :

Do điều kiện hợp lý của tiết diện cột là độ mảnh theo hai phương tương đương nhau nên có thể tính như sau:

• Đối với cột rỗng bản giằng: Giả sử $n \leq 1/5$.

Cho $\lambda_{td} = \sqrt{\lambda_x^2 + \lambda_{nh}^2} = \lambda_y$ (với λ_{nh} được chọn trước theo điều kiện $\lambda_{nh} \leq 40$ và $\lambda_{nh} < \lambda_y$).

Ta có:
$$\lambda_{xyc} = \sqrt{\lambda_y^2 - \lambda_{nh}^2}$$

Đối với cột rỗng thanh giằng:

Cho:
$$\lambda_{td} = \sqrt{\lambda_x^2 + k \frac{A}{A_b}} = \lambda_y$$

Ta có:
$$\lambda_{xyc} = \sqrt{\lambda_y^2 - k \frac{A}{A_b}}$$

Trong đó: k - hệ số lấy theo bảng 5.5;

A_b - tổng diện tích tiết diện các thanh bụng xiên ở hai mặt rỗng trên một tiết diện cột. (Để có k và A_b phải chọn trước cách bố trí và thanh giằng theo mục 3).

+ Xác định i_{xyc} , I_{xyc} :
$$i_{xyc} = \frac{l_x}{\lambda_{xyc}} \text{ và } I_{xyc} = i_{xyc}^2 A$$

+ Xác định vị trí hai nhánh:

Có thể sử dụng một trong hai công thức sau:

$$C_{yc} = 2 \sqrt{\frac{I_{xyc} - 2I_{x0}}{A}} \text{ hoặc } h_{yc} = \frac{i_{xyc}}{\alpha_x}$$

Trong đó: I_{x0} - mômen quán tính của nhánh đối với trục bản thân x_0-x_0 ;

α_x - lấy theo bảng 5.4.

Sau khi có được vị trí các nhánh cột, kết hợp với các yêu cầu cấu tạo, chọn được khoảng cách hai nhánh, tính các giá trị: I_x , i_x , λ_x , λ_{nh} , λ_{td} , λ_{max} . Từ các giá trị tính được sẽ đi kiểm tra lại tiết diện cột theo các công thức nêu trong mục 1.

5.3.3.3. Tính toán hệ bụng rỗng

Đối với cột chịu nén đúng tâm, các thanh liên kết (thanh giằng, bản giằng) được tính toán với lực cắt khi cột bị uốn dọc. Lực cắt này được coi như không đổi theo chiều dài cột, được gọi là lực cắt quy ước và xác định bằng công thức sau:

$$Q_{qu} = 7,15 \cdot 10^{-6} \left(2330 - \frac{E}{R} \right) \frac{N}{\varphi}$$

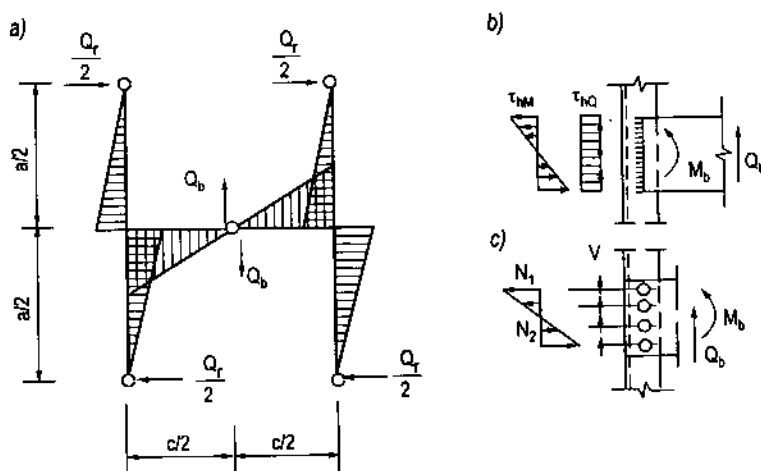
Trong đó: N - lực dọc tính toán của cột;

φ - hệ số uốn dọc của cột, được xác định theo λ_{td} .

Mỗi mặt rỗng của cột chịu một phần lực cắt quy ước, đối với cột rỗng hai nhánh, ta có:

$$Q_r = 0,5 Q_{qu}$$

- Tính toán bản giằng (hình 5.10):



Hình 5.10: Sơ đồ tính bản giằng

+ Chọn trước kích thước bản giằng theo yêu cầu cấu tạo và theo khoảng cách giữa các nhánh cột.

+ Xác định nội lực trong bản giằng:

Do tác dụng của lực cắt Q_r , trong bản giằng sinh ra mômen uốn:

$$M_{bg} = Q_r \frac{a}{2}$$

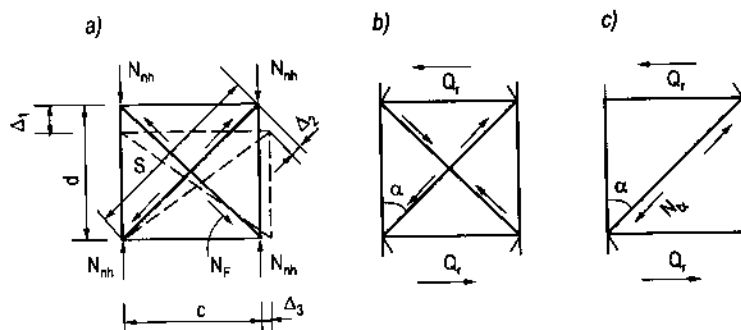
Lực cắt trong bản giằng:

$$Q_{bg} = \frac{M_{bg}}{C/2} = \frac{Q_r a}{C}$$

+ Kiểm tra:

Bản giằng sẽ được kiểm tra lại như cấu kiện chịu uốn với lực tác dụng là M_{bg} và Q_{bg} . Liên kết giữa bản giằng và nhánh cột phải được tính toán theo công thức ở chương liên kết.

- Tính toán thanh giằng (hình 5.11)



Hình 5.11: Sơ đồ tính thanh giằng

Chỉ tính với các thanh giằng xiên, các thanh giằng ngang thường lấy giống thanh giằng xiên. Các thanh giằng được tính như cấu kiện chịu nén đúng tâm với các bước như sau:

+ Xác định nội lực trong thanh giằng:

• Đối với trường hợp hệ thanh bụng không có thanh giằng ngang, nội lực dọc trong các thanh giằng xiên là:

$$N_{tx} = \frac{Q_r}{n \sin \alpha}$$

Trong đó: n - số thanh giằng xiên ở một mặt rộng trên cùng một tiết diện cột ($n = 1$ với hệ thanh giằng tam giác, $n = 2$ với hệ thanh giằng chữ thập).

• Đối với trường hợp hệ thanh bụng có thanh giằng ngang, nội lực dọc trong các thanh giằng xiên là:

$$N_{tx} = \frac{Q_r}{2 \sin \alpha} + m N_{nh} \frac{A_t}{A_{nh}}$$

Trong đó:

$N_F = m N_{nh} \frac{A_t}{A_{nh}}$ - lực dọc phụ thêm vào do trong trường hợp này, thanh giằng phải

chịu nén cùng với nhánh;

N_{nh} - lực dọc trong một nhánh cột;

$$m = \frac{S a^2}{S^3 + 2 C^3}$$

+ Chọn tiết diện thanh giằng: $A_{tyc} = \frac{N_{tx}}{\varphi R \gamma}$

Trong đó: $\varphi = 0,7 \rightarrow 0,9$;

$\gamma = 0,75$ - hệ số điều kiện làm việc.

Liên kết thanh giằng với nhánh được tính theo các công thức ở chương liên kết.

Ví dụ 5.2: Xác định thân cột rỗng bản giằng 2 nhánh chịu nén đúng tâm $N = 1300 \text{ kN}$. Cột cao 6,8m, liên kết ở chân và đầu cột là khớp cố định theo mọi phương. Thép làm cột CT3, que hàn $\in 42$. Hệ số điều kiện làm việc của cột $\gamma = 1$.

1. Xác định nhánh

Hai nhánh cột như nhau bằng thép hình dạng tiết diện như hình vẽ 5.11a.

Theo trục thực y-y giả thiết độ mảnh là $\lambda_{ygt} = 60$ nhánh là thép hình có $R = 22,5 \text{ kN/cm}^2$. Tra bảng $\lambda_{ygt} = 60$ và $R = 22,5 \text{ kN/cm}^2$ được $\varphi_y = 0,8133$.

$$A_{nhyc} = \frac{1300}{2 \cdot 0,8133 \cdot 22,5} = 35,52 \text{ cm}^2$$

$$i_{yyc} = i_{yoyc} = \frac{680}{60} = 11,33 \text{ cm}$$

Ở đây $l_x = l_y = l = 680 \text{ cm}$.

Chọn nhánh là thép hình [30 có $A_{nh} = 40,5 \text{ cm}^2$.

$$I_{yo} = 327 \text{ cm}^4;$$

$$i_{yo} = 12 \text{ cm};$$

$$i_{xo} = 2,84 \text{ cm};$$

$$Z_o = 2,52 \text{ cm}$$

Kiểm tra nhánh đã chọn

$$\lambda_y = \frac{680}{12} = 56,7 < [\lambda] = 120 \text{ cột đảm bảo}$$

yêu cầu về độ mảnh theo trục thực y-y.

Tra bảng: $\lambda_y = 56,7$ và $R = 22,15 \text{ kN/cm}^2$ được $\varphi_y = 0,8281$, ứng suất trong cột xét đến uốn dọc theo trục y-y là:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_A \cdot A} = \frac{1300}{0,8281 \cdot 2 \cdot 40,5} =$$

$$= 19,3 \text{ kN/cm}^2 < \gamma \cdot R = 22,5 \text{ kN/cm}^2$$

Cột đảm bảo ổn định theo phương trục thực y-y.

2. Xác định khoảng cách 2 nhánh

Chọn $l_{nh} = 85 \text{ cm}$ có độ mảnh của nhánh theo trục x_o là:

$$\lambda_{nh} = \frac{l_{nh}}{i_{xo}} = \frac{85}{2,84} = 29,93 < 40;$$

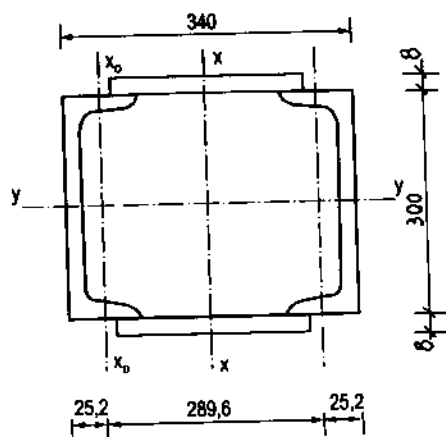
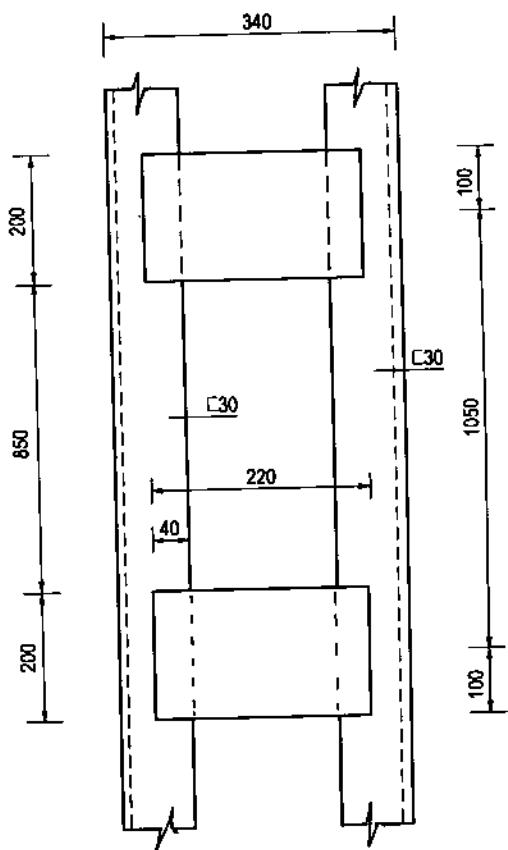
$$\lambda_y = 56,7 > \lambda_{nh};$$

$$C_{yc} = 2\sqrt{14,1^2 - 2,84^2} = 26,62 \text{ cm}$$

lấy bề cao tiết diện cột là $h = 34 \text{ cm}$ có $C = 34 - 2 \cdot 2,52 = 28,96 > C_{yc}$ đảm bảo điều kiện.

$$\lambda_{xyc} = \sqrt{56,7^2 - 29,93^2} = 48,16$$

$$i_{xyc} = \frac{l_x}{\lambda_{xyc}} = \frac{680}{48,16} = 14,1 \text{ cm}$$



Hình 5.11a

3. Kiểm tra tiết diện cột đã chọn theo trục ảo

Để tiến hành trước hết theo điều kiện cấu tạo chọn tiết diện bản giằng là $\delta_g = 8\text{mm}$, $d_g = 20\text{mm}$, khoảng cách hai tấm bản giằng là $a = l_{nh} + d_g = 85 + 20 = 105\text{cm}$.

Xác định tỉ số độ cứng đơn vị:

$$n = I_{xo} \cdot C / (I_g \cdot a) = \frac{I_{xo} \cdot C_{12}}{a \cdot \delta_g d_g^3} = \frac{372,28,96,12}{105,0,8,20^3} = 0,169 < \frac{1}{5}$$

Vậy xác định độ mảnh tương đương:

$$I_x = 2 \left(I_{xo} + C^2 \cdot \frac{A_{nh}}{4} \right) = 2 \left(327 + 28,96^2 \cdot \frac{40,5}{4} \right) = 1767,3\text{cm}^4$$

$$i_x = \sqrt{1767,3 / (2 \cdot 40,5)} = 14,76\text{cm}$$

$$\lambda_y = \frac{680}{14,76} = 46,07$$

$$\lambda_{td} = \sqrt{\lambda_x^2 + \lambda_{nh}^2} = \sqrt{40,07^2 + 29,93^2} = 54,94$$

$$\lambda_{td} = 54,94 < \lambda_y = 56,7$$

Vậy không cần kiểm tra tiếp cột đã chọn đảm bảo yêu cầu về ổn định và độ mảnh.

4. Tính toán bản giằng và liên kết

$$Q_{qu} = 7,15 \cdot 10^{-6} (2330 + 2,06 \cdot \frac{10^4}{22,5} \cdot \frac{1300}{0,8361}) = 15,72$$

Trong đó: $\varphi = 0,8361$.

$$Q_r = n_r \cdot Q_{qu} = 0,5 \cdot 15,72 = 7,86\text{kN}$$

Nội lực nguy hiểm của bản giằng xác định và cường độ tính toán của thép tấm $R = 21,5 \text{ kN/cm}^2$.

$$M_b = 7,86 \cdot \frac{105}{2} = 412,7 \text{ kN.cm}$$

$$Q_b = 7,86 \cdot \frac{105}{28,96} = 28,49 \text{ kN}$$

$$\sigma = \frac{M_b}{W_b} = \frac{412,7,6}{0,8,20^2} = 7,73 \text{ kN/cm}^2 < \gamma \cdot R = 21,5 \text{ kN/cm}^2$$

Bản giằng liên kết vào nhánh cột như hình vẽ. Mối hàn được thực hiện bằng thủ công có $\beta_t = 1$, $\beta_h = 0,7$, $R_{gt} = 16,5 \text{ kN/cm}^2$, $R_{gh} = 18 \text{ kN/cm}^2$. Vậy có $(\beta \cdot R_g)_{\min} = 0,7,18 \text{ kN/cm}^2$.

Chiều dài tính toán đường hàn:

$$l_h = 20 - 1 = 19\text{cm}$$

Chiều cao đường hàn xác định:

$$h_h \geq \frac{1}{l_h (\beta \cdot R_g)_{\min}} \cdot \sqrt{Q_b^2 + \left(\frac{6M_b}{l_b} \right)^2}$$

$$h_h \geq \frac{1}{19 \cdot 12,6} \sqrt{33^2 + \left(\frac{6 \cdot 412,7}{19} \right)^2} = 0,56 \text{ cm}$$

Vậy lấy $h_h = 7 \text{ cm}$

Ví dụ 5.3:

Như ví dụ 5.2 thay hệ bụng bản giằng thành hệ thanh bụng.

1. Xác định nhánh: xem ví dụ 5.2.
2. Xác định khoảng cách hai nhánh.

Chọn góc nghiêng của thanh bụng với nhánh là $\alpha = 45^\circ$, có $k = 28$. Chọn thanh bụng là một thép góc $L40 \times 5$ có $A_t = 3,79 \text{ cm}^2$, $i_{\min} = 0,79 \text{ cm}$. Theo công thức (4-45) và (4-36) có:

$$\lambda_{xyc} = \sqrt{\lambda_y^2 - k \frac{A}{A_b}} = \sqrt{\lambda_y^2 - k A_{nh} / A_t} = \sqrt{56,7^2 - 28 \cdot 40,5 / 3,79} = 54$$

$$i_{xyc} = l_x / \lambda_{xyc} = 680 / 54 = 12,6 \text{ cm}$$

$$c_{yc} = 2 \sqrt{12,6^2 - 2,84^2} = 24,55 \text{ cm}$$

Lấy $h = 30 \text{ cm}$, $c = 30 - 2 \cdot 2,52 = 24,96 \text{ cm} > c_{yc}$

3. Kiểm tra tiết diện cột đã chọn

$$I_x = 2(327 + 40,5 \cdot 24,96^2 / 4) = 13270 \text{ cm}^4$$

$$i_x = \sqrt{13270 / (2 \cdot 40,5)} = 12,8 \text{ cm}$$

$$\lambda_x = 680 / 12,8 = 53,1$$

$$\lambda_{td} = \sqrt{\lambda_x^2 + k A_{nh} / A_t} = \sqrt{53,1^2 + 28 \cdot 40,5 / 3,79} = 55,9$$

$$\lambda_{td} = 55,9 < \lambda_y = 56,7$$

Vậy không cần kiểm tra tiếp cột đã chọn đảm bảo yêu cầu về ổn định tổng thể và độ mảnh.

4. Tính toán thanh bụng

Như trên đã chọn $\alpha = 45^\circ$, $c = 24,96 \approx 25 \text{ cm}$, chọn sơ đồ hệ thanh bụng $l_{nh} = 50 \text{ cm}$, $\lambda_{nh} = 50 / 2,84 = 17,6 < 80$, $\lambda_{td} = 55,9 > \lambda_{nh}$, đảm bảo điều kiện đối với nhánh cột.

Chiều dài thanh bụng:

$$S = \frac{l_{nh}}{2 \cos \alpha} = \frac{50}{2 \cdot 0,707} = 35,4 \text{ cm}$$

Theo công thức (4.31) có:

$$Q_{qr} = 7,15 \cdot 10^{-6} (2330 - 2,06 \cdot 10^4 / 22,5) \frac{1550}{0,8318} = 18,24 \text{ kN}$$

Trong đó: $\varphi = 0,8318$ theo $\lambda_{td} = 55,9$ và $R = 22,5 \text{ kN/cm}^2$.

$$Q_r = 0,5 \cdot 18,24 = 9,12 \text{ kN}$$

Lực dọc trong thanh bụng là:

$$N_{tx} = Q_r / (n_t \sin \alpha) = 9,12 / 0,707 = 12,9 \text{ kN}$$

Trong đó số thanh bụng tính $n_t = 1$.

Độ mảnh lớn nhất của thanh bụng là:

$$\lambda_{tmax} = S / i_{min} = 35,4 / 0,79 = 44,8 < [\lambda] = 150$$

Theo $\lambda_{tmax} = 44,8$ và $R = 22,5 \text{ kN/cm}^2$ được $\varphi_{min} = 0,8792$.

Theo công thức với hệ điều kiện làm việc $\gamma = 0,75$ có:

$$\sigma = \frac{12,9}{0,8792 \cdot 3,79 \cdot 0,75} = 5,2 \text{ kN/cm}^2 < R = 22,5 \text{ kN/cm}^2$$

Xác định đường hàn liên kết thanh bụng vào nhánh.

Chọn chiều cao đường hàn cả sống và mép là $h_h = 4 \text{ mm}$. Với que hàn $\varnothing 42$, hàn tay, thép BCT3KII2 có $(\beta R_g)_{min} = 0,7 \cdot 18 = 21,6 \text{ kN/cm}^2$

$$\sum l_h = l_{hs} + l_{hm} = \frac{N l_x}{(\beta R_g)_{min} \cdot h_h \cdot \gamma} = \frac{12,9}{21,6 \cdot 0,4 \cdot 0,75} = 3,4 \text{ cm}$$

Lấy theo cấu tạo $l_{hs} = 4 \text{ cm}$, $l_{hm} = 4 \text{ cm}$.

Ví dụ 5.4:

Xác định cột đặc có tiết diện đối xứng chịu nén uốn $N = 100 \cdot 10^3 \text{ daN}$, $M = 37 \cdot 10^3 \text{ daN.m}$ và $Q = 15 \cdot 10^3 \text{ daN}$. Cột dài $7,5 \text{ m}$ có $I_x = 1500 \text{ cm}^4$, $I_y = 525 \text{ cm}^4$. Vật liệu làm bằng thép BCT3KII2. Hệ số điều kiện làm việc của cột $\gamma = 1$.

1. Dạng tiết diện và chiều cao h của tiết diện

Chọn tiết diện đối xứng dạng H ghép từ ba bản thép.

Chọn $h = 56 \text{ cm}$; $h/l = 56/750 = 1/13,4$ thỏa mãn điều kiện $1/15 < h/l < 1/10$.

2. Độ lệch tâm và diện tích yêu cầu

$$e = M/N = 37 \cdot 10^3 / (100 \cdot 10^3) = 0,37 \text{ m} = 37 \text{ cm}$$

Tiết diện cột có thể chọn sơ bộ theo công thức gần đúng:

$$A_{yc} = \frac{N}{R\gamma} \cdot \left[1,25 + (2,2 + 2,8) \frac{e}{h} \right] = \frac{100 \cdot 10^3}{21,5 \cdot 10^3} \left(1,25 + 2,8 \frac{37}{56} \right) = 144,2 \text{ cm}^2$$

3. Chiều rộng tiết diện b và bề dày của các bản ở δ_b, δ_c chọn $b = 36\text{cm}$, ($1/20 > b/l = 36/750 = 1/20,8 > 1/30$).

Dựa vào tỉ số gần đúng $h/\delta_b = 60 \div 120$ vào $b/\delta_c = (28 \div 35)2100/R$, ($R - \text{daN/cm}^2$ lấy $h/\delta_b = 65$ và $b/\delta_c = 28$). Có $\delta_b = 56/65 = 0,86\text{cm}$; $\delta_c = 36/28 = 1,3\text{cm}$.

Dựa vào $A_{yc} = 147,4\text{cm}^2$ chọn $\delta_b = 0,9\text{cm}$, $\delta_c = 1,4\text{cm}$. Vậy tiết diện thực chọn là:

$$\text{Bản bụng: } 53.0,9 = 47,7\text{cm}^2.$$

$$\text{Bản cánh } 2(36.1,4) = 100,8\text{cm}^2.$$

$$A = 148,5\text{cm}^2.$$

4. Kiểm tra tiết diện đã chọn

Các đặc trưng hình học của tiết diện:

$$I_x = \frac{36.55,8^3}{12} - \frac{(36 - 0,9)53^3}{12} = 85758,1\text{cm}^4$$

$$I_y = 2 \frac{1,4.36^3}{12} + \frac{53.0,9^3}{12} = 10889,6\text{cm}^4$$

$$i_x = \sqrt{\frac{85758,1}{148,5}} = 24,03\text{cm};$$

$$i_y = \sqrt{\frac{10889,6}{148,5}} = 8,56\text{cm}$$

$$W_x = 2I_x / h = 2.85758,1 / 55,8 = 3073,8\text{cm}^3.$$

Độ mảnh và độ mảnh quy ước của cột

$$\lambda_y = l_y / i_y = 525 / 8,56 = 61,33;$$

$$\bar{\lambda}_y = \lambda_y \sqrt{R/E} = 61,33 \sqrt{2150 / 2,06.10^6} = 1,981$$

$$\lambda_x = l_x / i_x = 1500 / 24,03 = 62,42 = \lambda_{\max} < \{\lambda\} = 120$$

$$\bar{\lambda}_y = 62,42 \sqrt{2150 / 2,06.10^6} = 2,016$$

Độ lệch tâm tương đối m và độ lệch tâm tính đối m_1 .

$$m = eA_{ng} / W_x = 37.148,5 / 3073,8 = 1,788$$

Với $\bar{\lambda}_x, 5$; $m < 5$ tra bảng II.4 phụ lục II.4 phụ lục II hệ số

$$\eta = 1,9 - 1,0m - 0,02(6 - m) \quad \bar{\lambda} = 19.01.1,788 - 0,02(6 - 1,788)2,016 = 1,551$$

$$m_1 = \eta m = 1,551.1,788 = 2,77$$

Cột có $A_{th} = A_{ng}$, $m_1 < 20$ - không cần kiểm tra về bền.

Kiểm tra ổn định tổng thể trong mặt phẳng uốn:

$$\bar{\lambda}_x = 2,016 \text{ và } m_1 = 2,77 \quad \text{hệ số } \varphi_{lt} = 0,330.$$

Theo (4.49) có:

$$N/(\varphi_{lt} \cdot A_{ng}) = 100000/(0,330 \cdot 148,5) = 2041 \text{ daN/cm}^2 < R_y = 2150 \text{ daN/cm}^2.$$

$$m_x = m = 1,788 < 5$$

Vậy C xác định, trong đó β và α kiểm tra ổn định tổng thể mặt ngoài mặt phẳng uốn.

Với $m_x < 5$ và

$$\lambda_y = 61,33 < \lambda_c = 3,14\sqrt{E/R} = 97,2 \text{ có } \beta = 1 \text{ và}$$

$$\alpha = 0,65 - 0,005m_x = 0,65 - 0,005 \cdot 1,788 = 0,466$$

Với $\bar{\lambda}_y = 1,981 < 2,5$ theo (4.7) có:

$$\varphi_y = 1 - \left(0,073 - 5,53 \frac{250}{2,06 \cdot 106} \right) 1,981 \sqrt{0,981} = 0,813$$

Theo (4.51) có:

$$N/(C\varphi_y \cdot A_{ng}) = 100000/(0,466 \cdot 0,813 \cdot 148,5) = 177 \text{ daN/cm}^2 < R_y = 2150 \text{ daN/cm}^2.$$

Kiểm tra ổn định cục bộ:

Với bản cánh

$$[b_o/\delta] = (0,36 + 0,1\bar{\lambda}) \sqrt{E/R}; \quad \bar{\lambda} = \bar{\lambda}_x = 2,016$$

$$[b_o/\delta] = (0,36 + 0,1 \cdot 2,016) \sqrt{2,06 \cdot 10^6 / 2150} = 17,4$$

Theo (4.11) có:

$$b_o/\delta = (36 - 0,9)/(2,1,4) = 12,5 < [b_o/\delta] = 17,4 \text{ đảm bảo ổn định cục bộ.}$$

Với bản bụng: do khả năng chịu lực của cột được xác định theo ổn định tổng thể trong mặt phẳng uốn nên độ mảnh giới hạn $[h_o/\delta]$ của bản bụng được xác định với $m = 1,788 > 1$; $\bar{\lambda} = 2,016 > 0,8$.

$$[h_o/\delta] = (0,9 + 5,2\bar{\lambda}) \sqrt{E/R} = (0,9 + 5,2 \cdot 2,016) \sqrt{2,06 \cdot 10^2 / 2150} = 59,1$$

Có $h_o/\delta_b = 53/0,9 = 58,9 < [h_o/\delta] = 59,1$, đảm bảo ổn định cục bộ, không phải đặt sườn dọc. Có $h_o/\delta_b = 58,9 < 2,2 \cdot \sqrt{E/R} = 66,6$, không phải sườn ngang.

Chương 6

DÀN THÉP

6.1. ĐẠI CƯƠNG VỀ DÀN THÉP

6.1.1. Định nghĩa

Dàn thép là một kết cấu rỗng bao gồm các thanh quy tụ và liên kết với nhau tại nút dàn thông qua một bản thép gọi là bản mã. Liên kết trong dàn thường dùng liên kết hàn, bu lông hoặc đinh tán.

6.1.2. Đặc điểm

- Dàn bao gồm các thanh cánh trên, thanh cánh dưới, và các thanh bụng.
- Dàn là kết cấu chịu uốn nhưng các thanh dàn chủ yếu chịu lực trục nên giảm trọng lượng và tiết kiệm được vật liệu hơn nhiều so với dầm thép. Đây cũng là lý do khiến dàn được sử dụng nhiều trong kết cấu thép, đặc biệt là những kết cấu cần vượt nhịp lớn.

- Trong hầu hết các trường hợp, dàn được cấu tạo thành hệ không gian nên dễ tạo được các loại hình dáng phù hợp với yêu cầu kiến trúc.

- Liên kết thường được sử dụng trong dàn là liên kết hàn, bu lông hoặc đinh tán.

6.1.3. Phân loại dàn thép

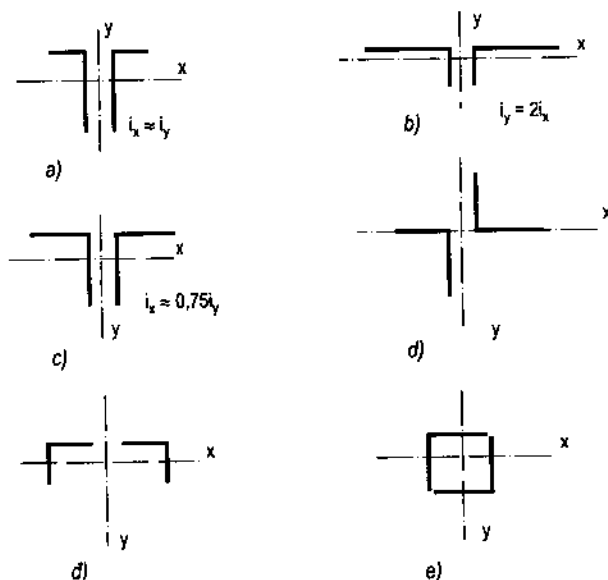
- Theo công dụng:

- + Dàn làm mái nhà: Dàn vì kèo.
- + Dàn cầu, cầu trục.
- + Tháp, trụ...

- Theo cấu tạo thanh dàn:

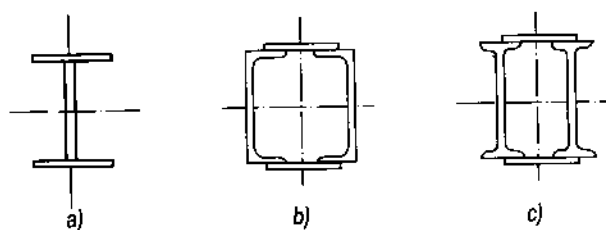
+ Dàn nhẹ: Nội lực trong các thanh nhỏ. Các thanh dàn có dạng một thép góc hoặc thép tròn.

+ Dàn thường: là loại dàn được dùng để đỡ mái panen. Nội lực trong các thanh nhỏ hơn 5000kN. Các thanh dàn có dạng hai thép góc ghép lại (hình 6.1).



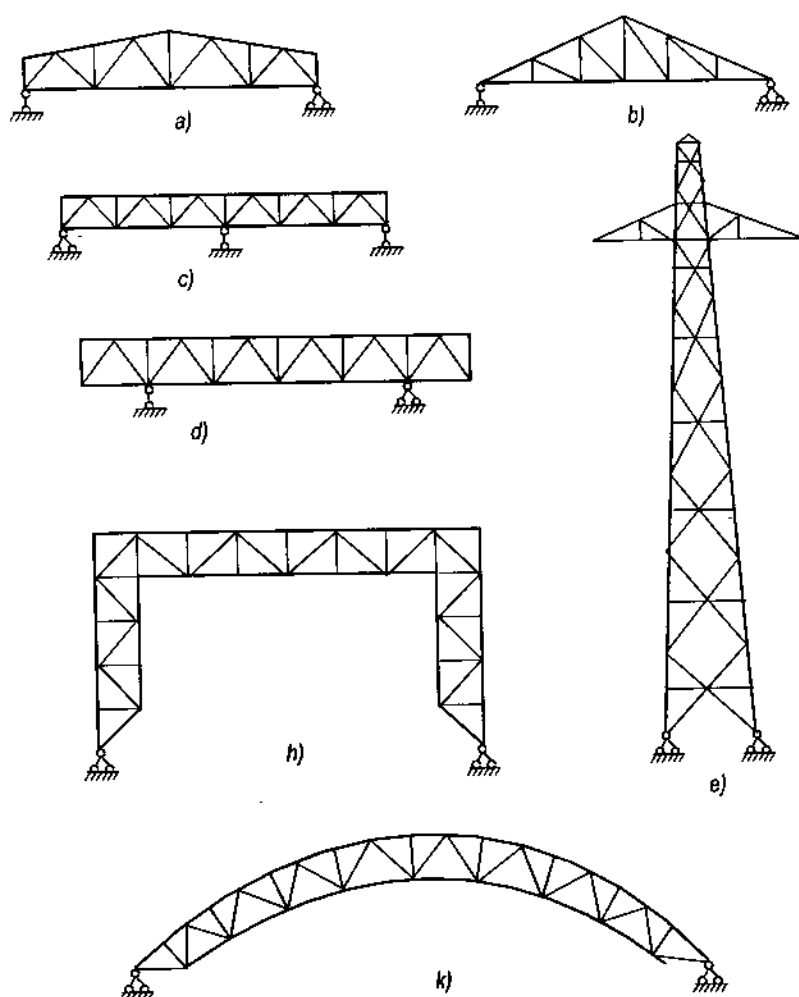
Hình 6.1: Các tiết diện thanh dàn hai thép góc

+ Dàn nặng: là loại dàn được sử dụng trong các công trình chịu tải trọng nặng. Nội lực lớn nhất trong các thanh thường lớn hơn 5000kN. Các thanh dàn có tiết diện tổ hợp (hình 6.2).



Hình 6.2: Tiết diện thanh dàn nặng.

- Theo sơ đồ kết cấu (hình 6.2):



Hình 6.3: Các loại dàn theo sơ đồ kết cấu.

+ Dàn đơn giản: Loại dàn này có ưu điểm là dễ chế tạo, dựng lắp, không chịu ảnh hưởng độ lún gối tựa và nhiệt độ nên được dùng nhiều. Tuy nhiên, nhược điểm của loại dàn này là tốn vật liệu.

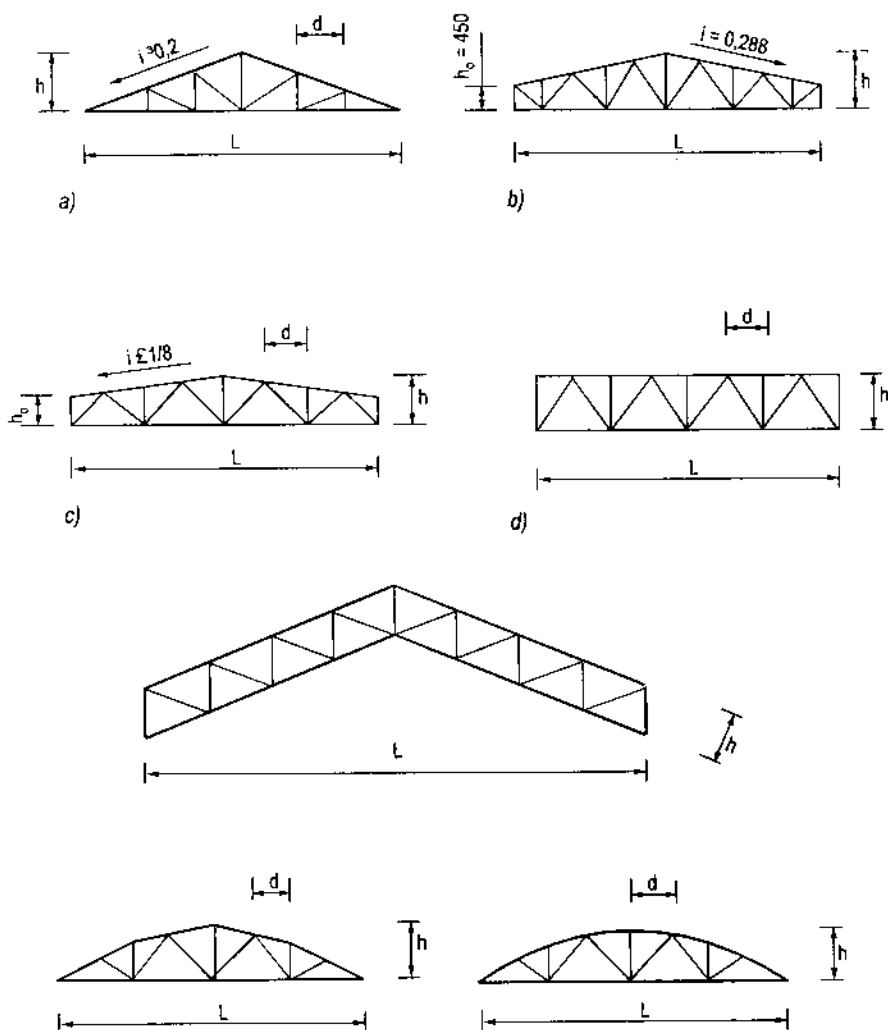
+ Dàn liên tục: Loại dàn này tiết kiệm được vật liệu hơn so với dàn đơn giản nhưng lại phức tạp trong chế tạo, dựng lắp và bị ảnh hưởng của độ lún gối tựa và nhiệt độ.

+ Dàn mút thừa: Các thanh cánh phần mút thừa có nội lực ngược dấu với thanh cánh ở phần trong nhịp.

+ Dàn kiểu tháp trụ.

+ Dàn kiểu khung.

+ Dàn kiểu vòm.



Hình 6.4: Các dạng dàn vì kèo thường dùng.

6.1.4. Hình dạng dàn

Chọn hình dạng dàn phải đảm bảo yêu cầu sử dụng, hình thức mái, yêu cầu kiến trúc, độ dốc, liên kết với các kết cấu khác... Dưới đây sẽ giới thiệu một số loại vì kèo thường được sử dụng (hình 6.4).

- Dàn tam giác: Dàn tam giác chịu lực không hợp lý (nội lực trong các thanh chênh lệch nhiều, các thanh bụng giữa dàn có chiều dài tính toán lớn nên gây lãng phí vật liệu. Dàn tam giác chỉ có thể liên kết khớp với cột nên độ cứng ngoài mặt phẳng không tốt, tuy nhiên dàn tam giác có độ dốc lớn nên thường được sử dụng khi mái công trình rất dốc ($\alpha > 20^\circ$).

- Dàn hình thang: Các thanh dàn trong trường hợp này chịu lực hợp lý hơn so với dàn tam giác. Dàn có thể liên kết khớp hoặc liên kết cứng với cột. Vì vậy, loại dàn này được dùng hợp lý khi độ dốc mái nhỏ.

- Dàn cánh song song: Loại dàn này có nhiều ưu điểm về mặt chế tạo như có thể tiêu chuẩn hoá mắt dàn và thanh bụng, hay có thể áp dụng công nghiệp hoá do các thanh có chiều dài bằng nhau và các mắt dàn giống nhau.

- Dàn đa giác và dàn cánh cung: Các thanh chịu lực hợp lý và xấp xỉ nhau nên tiết kiệm được vật liệu. Nhưng chế tạo dàn này phức tạp hơn nhiều so với các loại dàn trên.

6.1.5. Hệ thanh bụng của dàn (hình 6.5)

Khi chọn hệ thanh bụng cho dàn phải chú ý đảm bảo các yêu cầu:

- Cấu tạo nút đơn giản và có nhiều nút giống nhau.
- Tổng chiều dài thanh bụng nhỏ.
- Thanh cánh không chịu uốn cục bộ.

a) Hệ thanh bụng tam giác: Có thể không có thanh đứng để giảm bớt số mắt dàn, có thể đặt thêm thanh đứng để giảm khoảng mắt dàn (trong trường hợp mái có xà gồ mà khoảng cách xà gồ nhỏ hơn khoảng cách nút). Góc hợp lý giữa các thanh bụng và thanh cánh dưới khoảng $45^\circ - 55^\circ$. Nhược điểm của hệ thanh bụng tam giác là số mắt dàn tuy ít nhưng có nhiều loại, khó chế tạo.

b) Hệ thanh bụng xiên: Nên đặt dốc về phía giữa nhịp sẽ tiết kiệm được vật liệu hơn. Loại hệ này có ưu điểm là các thanh cùng loại có cùng loại nội lực nhưng tốn công chế tạo do có nhiều loại nút và tổng chiều dài các thanh bụng lớn.

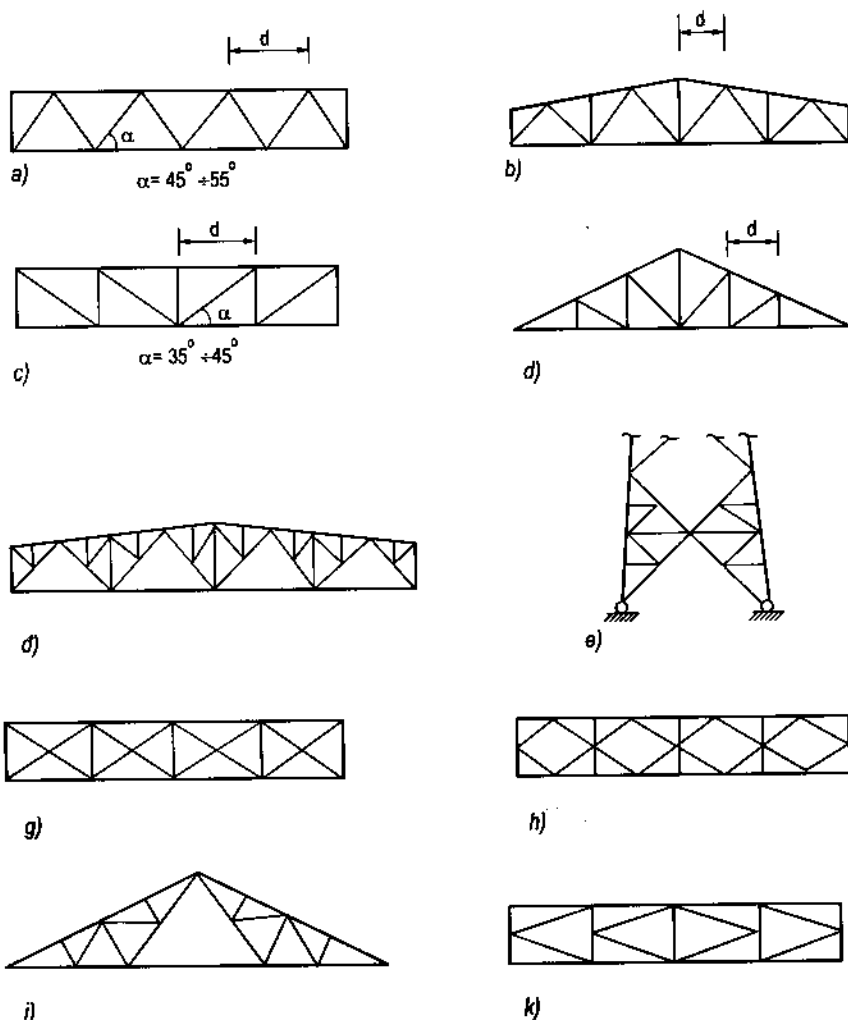
c) Hệ thanh bụng phân nhỏ: Thường được sử dụng để tránh cho thanh cánh không phải chịu uốn cục bộ, bên cạnh đó nó cũng có tác dụng làm giảm chiều dài tính toán của thanh cánh.

d) Các dạng hệ thanh bụng khác:

Hệ thanh bụng chữ thập.

Hệ thanh bụng có dạng chữ K.

Hệ thanh bụng hình thoi.



Hình 6.5: Các hình thức bố trí thanh bụng dãn.

6.1.6. Các kích thước chính của dãn

a) Nhịp dãn: Được tính theo khoảng cách giữa hai gối dãn và hình thức liên kết.

- Khi dãn kê lên đầu cột: Nhịp dãn bằng khoảng cách hai tâm gối tựa ở hai đầu dãn.
- Khi dãn liên kết cạnh bên với cột: Nhịp dãn bằng khoảng cách mép trong giữa hai cột ở hai đầu dãn.

b) Chiều cao dãn:

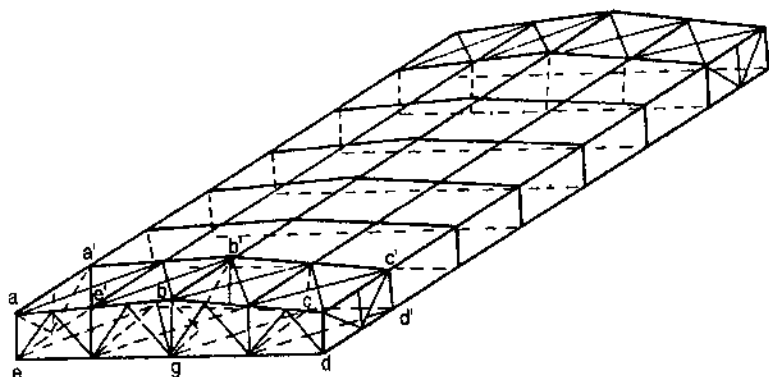
- Với dãn tam giác: Chiều cao dãn phụ thuộc độ dốc mái, được lấy trong khoảng $(1/4 - 1/3)L$.
- Với dãn hình thang và dãn có cánh song song bằng $(1/7 - 1/9)L$.

c) Khoảng cách nút dãn (khoảng mắt): Khoảng cách này phụ thuộc cách bố trí hệ thanh bụng. Khi mái có xà gồ, để tránh cho thanh cánh trên không bị uốn cục bộ, nên chọn khoảng cách nút dãn bằng khoảng cách xà gồ (thường bằng 1,5 – 3m).

d) Bước dàn: Là khoảng cách giữa các dàn trong một công trình, với vì kèo nên lấy bằng 6m.

6.1.7. Hệ giằng không gian (hình 6.6)

Đặc điểm của dàn phẳng là có độ cứng trong mặt phẳng lớn nhưng độ cứng ngoài mặt phẳng nhỏ nên dàn dễ bị mất ổn định ngoài mặt phẳng. Hệ giằng có tác dụng liên kết các dàn phẳng thành một hệ không gian để dàn làm việc tốt hơn.



Hình 6.6: Hệ giằng không gian của dàn.

Có các loại giằng:

- Hệ giằng cánh trên: Trong mặt phẳng cánh trên dàn.
- Hệ giằng cánh dưới: Trong mặt phẳng cánh dưới dàn.
- Hệ giằng đứng: Trong các mặt phẳng thanh đứng giữa dàn và hai đầu dàn.

6.2. TÍNH TOÁN DÀN

6.2.1. Các giả thiết khi tính dàn

- Trục các thanh đồng quy tại mắt dàn.
- Tất cả các tải trọng ngoài chỉ đặt tại mắt dàn.
- Các mắt dàn là khớp.

Như vậy, thanh dàn chỉ chịu nội lực kéo hoặc nén.

6.2.2. Tải trọng

- Tĩnh tải: Bao gồm trọng lượng các lớp mái.
- Hoạt tải: Bao gồm người, thiết bị sửa chữa, gió, cần trục treo (trong nhà xưởng có cần trục treo).

Tải trọng được tính toán trên đơn vị diện tích mặt bằng, sau đó được quy về thanh các lực tập trung đặt tại mắt dàn, giá trị của lực tập trung được tính bằng công thức:

$$P_i = \frac{d_t + d_p}{2} q_{ic} Bn$$

Trong đó: q_{ic} – Tải trọng tiêu chuẩn phân bố trên một đơn vị diện tích mặt bằng.

n – Hệ số vượt tải.

B – Bước dàn.

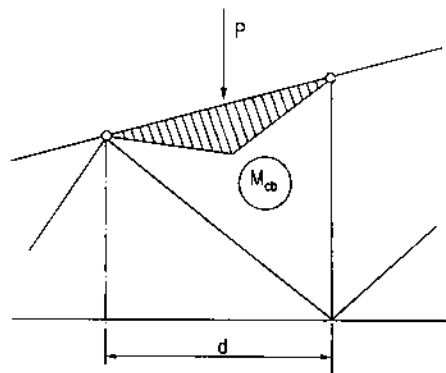
c) Nội lực

Tính nội lực trong thanh dàn thường dùng phương pháp đồ thị. Mỗi loại tải trọng nên vẽ một đồ thị tính toán riêng, sau đó tổ hợp nội lực để tìm nội lực nguy hiểm nhất. Với dàn vì kèo, cần tính cho các trường hợp tải trọng:

- Tính tải đặt cả dàn.
- Hoạt tải đặt 1/2 dàn và cả dàn.
- Gió, cần trực treo (nếu có).

Chú ý: Trong trường hợp có tải trọng tập trung đặt ngoài nút dàn, thanh cánh trên sẽ chịu thêm uốn cục bộ (hình 6.7), giá trị mô men uốn cục bộ được xác định theo công thức:

$$M_{cb} = \frac{\psi P d}{4}$$



Hình 6.7: Mô men uốn cục bộ

Trong đó:

ψ - Hệ số kể đến tính liên tục của cánh trên ($\psi = 1$ cho khoang đầu, $\psi = 0,9$ cho các khoang bên trong).

P – Lực tập trung đặt ngoài nút.

d – Khoảng cách ngang giữa hai mắt dàn.

6.2.3. Chiều dài tính toán các thanh dàn

Xác định chiều dài tính toán của các thanh nén có ý nghĩa quan trọng trong việc tính toán đảm bảo thanh nén không bị mất ổn định, còn thanh kéo chỉ cần xác định để không chế không cho độ mảnh của thanh quá lớn.

Đối với các thanh dàn, phải xác định độ mảnh theo hai phương: trong mặt phẳng uốn (l_x) và ngoài mặt phẳng uốn (l_y).

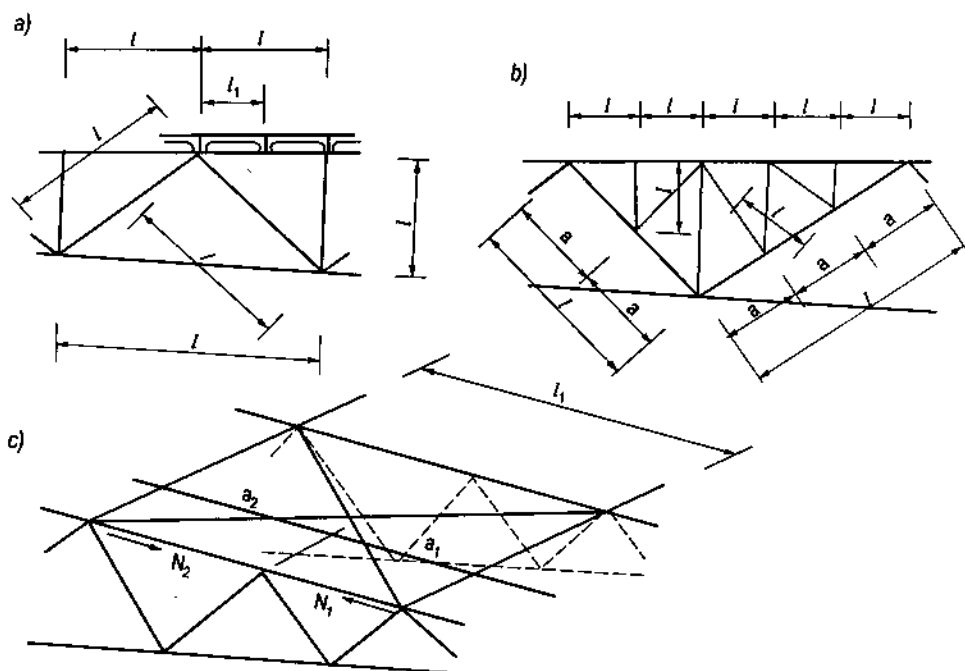
a) Chiều dài tính toán trong mặt phẳng uốn:

Giả thiết các mắt dàn đều là khớp chỉ là gần đúng. Trên thực tế, khi các thanh nén bị cong sẽ kéo theo các thanh nén khác cùng quy tụ ở mắt đó cong theo làm mắt dàn bị xoay, còn các thanh kéo bị kéo dài ra sẽ cản trở sự xoay này. Như vậy, độ cứng mỗi mắt sẽ tùy thuộc vào số thanh nén quy tụ tại mắt đó là nhiều hay ít. Có thể quy ước: Mắt có nhiều thanh nén hơn thanh kéo là khớp và mắt có nhiều thanh kéo hơn thanh nén là ngàm đàn hồi.

Có thể sử dụng bảng sau để tính chiều dài tính toán các thanh dầm:

Bảng 6.1. Chiều dài tính toán của các thanh dầm phẳng

Loại thanh	Chiều dài tính toán	
	l_x	l_y
1. Thanh cánh	l	l_1
2. Thanh bụng (trừ các thanh ở điểm 3):		
- Thanh xiên và thanh đứng ở gối truyền phản lực gối tựa (trừ thanh xiên có hệ phân nhỏ)	l	l
- Các thanh bụng còn lại (trừ thanh xiên có hệ phân nhỏ)	$0,8l$	l
- Thanh xiên có hệ phân nhỏ	a	l
- Thanh dầm phân nhỏ khi		
liên kết với thanh xiên chính chịu kéo	$0,8l$	l
liên kết với thanh xiên chính chịu nén	l	l
3. Thanh bụng (trừ thanh đứng và xiên truyền phản lực gối tựa), của dầm từ những thép góc đơn và dầm có các thanh bụng nối đối đầu vào thanh cánh (nối chữ T)	$0,9l$	l



Hình 6.8: Chiều dài tính toán các thanh dầm phẳng.

b) Chiều dài tính toán ngoài mặt phẳng:

Theo phương ngoài mặt phẳng, độ cứng của bản mã bé nên không kể vào trong tính toán. Chiều dài tính toán các thanh được xác định như sau:

- Thanh bụng: $l_y = l$

Khi dàn có hệ thanh bụng phân nhỏ, thanh bụng nén (chứa mắt dàn phân nhỏ) có hai trị số nội lực: $N_1 > N_2$ thì:

$$l_y = \left(0,75 + 0,25 \frac{N_2}{N_1} \right) l$$

- Thanh cánh: Chiều dài tính toán l_y phụ thuộc hai điểm cố kết ở ngoài mặt phẳng dàn. Nếu thanh nén có hai trị số nội lực $N_1 > N_2$, thì:

$$l_y = \left(0,75 + 0,25 \frac{N_2}{N_1} \right) l_1$$

Trong đó: l_1 – Khoảng cách giữa hai điểm cố kết.

6.2.4. Tiết diện hợp lý của các thanh dàn

Tiết diện thanh dàn thường có dạng hai thép góc ghép lại, có thể sử dụng thép góc đều cánh hoặc không đều cánh. Tiết diện thanh dàn nên chọn sao cho sự làm việc của thanh theo hai phương xấp xỉ nhau đồng thời cần đảm bảo bề rộng nhô ra của cánh đủ để liên kết với các kết cấu khác. Có thể sử dụng các dạng sau:

- Hai thép góc không đều cánh ghép cánh lớn với nhau: Được sử dụng cho thanh dàn có $l_x = l_y$.

- Hai thép góc không đều cánh ghép cánh bé với nhau: Được sử dụng cho thanh dàn có $2l_x = l_y$.

- Hai thép góc đều cánh: Được dùng cho những thanh có $l_x = 0,8l_y$.

6.2.5. Chọn tiết diện thanh dàn

Việc tính toán thanh dàn được tiến hành như đối với thanh nén, kéo đúng tâm. Ở đây cần lưu ý một số các yêu cầu cấu tạo của thanh dàn:

- Tiết diện thanh dàn nhỏ nhất là L50x5.

- Trong một dàn có nhịp $L \leq 36m$, không nên chọn quá 6 – 8 loại thép.

- Khi nhịp dàn $L \leq 24m$ thì không cần thay đổi tiết diện thanh cánh, khi $L > 24m$ thì phải thay đổi tiết diện để tiết kiệm vật liệu.

6.3. CẤU TẠO VÀ TÍNH TOÁN NÚT DÀN

Các thanh dàn quy tụ tại mắt dàn thông qua bản mã. Có thể liên kết các thanh dàn với bản mã bằng liên kết hàn hoặc bu lông. Cấu tạo nút dàn phải thoả mãn các yêu cầu sau:

- Trục các thanh dầm phải hội tụ tại tâm mắt dầm. Đối với dầm hàn thì trục này là trục đi qua trọng tâm tiết diện thanh, nếu thanh cánh thay đổi tiết diện thì là trục trung bình giữa hai trục trọng tâm của hai thanh hoặc là trục trọng tâm của thanh lớn nếu khoảng cách giữa hai trục không lớn quá 1,5% chiều cao của cánh thép góc.

- Các liên kết nối thanh dầm vào bản mã phải được tính toán và đảm bảo các yêu cầu về cấu tạo (đã nêu ở chương liên kết). Ngoài ra, khoảng cách giữa các mối hàn trong một mắt không nhỏ hơn 40 – 50mm.

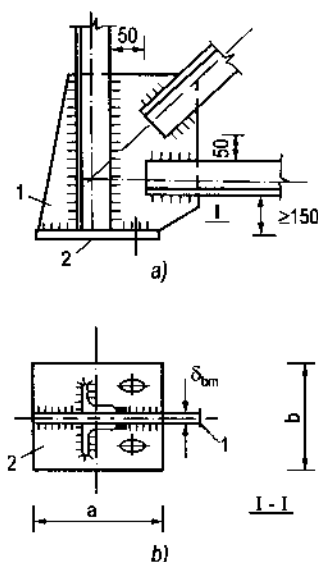
- Bản mã thường được chọn là hình chữ nhật hoặc hình thang để chế tạo đơn giản, và phải đảm bảo góc hợp bởi cạnh bản mã và trục thanh không nhỏ hơn 15° .

- Tại chỗ nối thanh cánh (khi thanh cánh phải thay đổi tiết diện) khe hở giữa các đầu mút của thanh không nhỏ hơn 50mm.

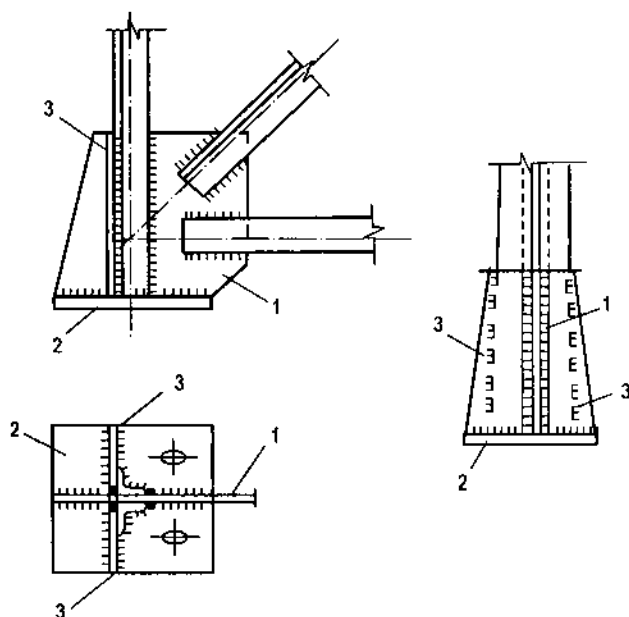
Dưới đây sẽ trình bày cấu tạo và cách tính toán một số mắt dầm cụ thể:

6.3.1. Mắt gối

a) Cấu tạo: Thông thường bao gồm một bản mã và bản đế có chiều dày $\leq 30\text{mm}$ (hình 6.9), nếu nội lực lớn yêu cầu dùng bản đế lớn hơn thì phải cấu tạo thêm đôi sườn gia cố (hình 6.10):



Hình 6.9: Mắt gối dầm



Hình 6.10: Mắt gối dầm có sườn gia cố

c) Tính toán:

Tổng chiều dài tính toán các đường hàn liên kết thanh dầm vào bản mã được xác định như sau:

- Thanh đứng:
$$\sum l_h \geq \frac{F}{\gamma_{h_h} (\beta R_g)_{\min}}$$

Trong đó: F – Phản lực đầu dầm.

l_h – Chiều dài tính toán một đường hàn (chiều dài thực tế $l = l_h + 1\text{cm}$).

Các thanh khác:

+ Đường hàn sống:
$$\sum l_{hs} \geq \frac{kN}{\gamma_{h_h} (\beta R_g)_{\min}}$$

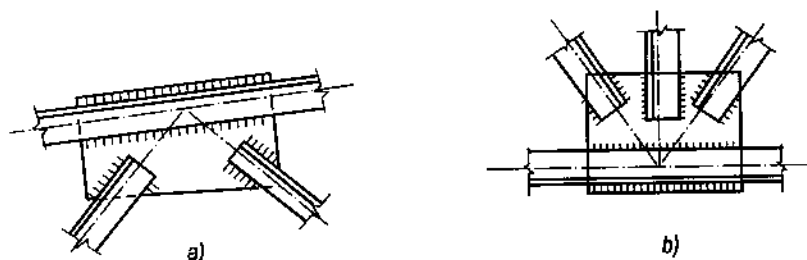
+ Đường hàn mép:
$$\sum l_{hm} \geq \frac{(1-k)N}{\gamma_{h_h} (\beta R_g)_{\min}}$$

Trong đó: N – Nội lực thanh tính toán.

γ – Hệ số điều kiện làm việc (lấy bằng 1).

6.3.2. Mất trung gian

a) Cấu tạo (hình 6.11):



Hình 6.11: Mất trung gian

b) Tính toán:

- Thanh bụng: Cũng được chia thành hai đường hàn: phía sống và phía mép thép góc.

- Thanh cánh:

Nội lực trong đường hàn sẽ là hiệu số nội lực hai thanh cánh:

$$\Delta N = N_1 - N_2$$

Nếu $\Delta N = 0$ thì nội lực trong đường hàn được lấy bằng $10\%N_1$ ($N_1 > N_2$).

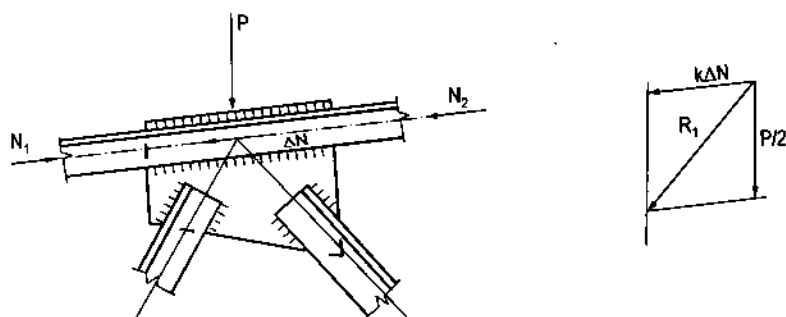
Lúc này đường hàn sống chịu lực $k.\Delta N$ và đường hàn mép chịu lực $(1-k)\Delta N$.

Chú ý: Khi tại mắt dầm có lực tập trung, thì trong tính toán phải kể thêm lực này (hình 6.11): Lực P được chia đều cho các đường hàn sống và mép chịu. Nếu độ dốc thanh cánh $\leq 1/10$, có thể xác định lực tác dụng vào mỗi đường hàn như sau:

+ Đường hàn sống:
$$R_1 = \sqrt{(k\Delta N)^2 + \left(\frac{P}{2}\right)^2}$$

+ Đường hàn mép:

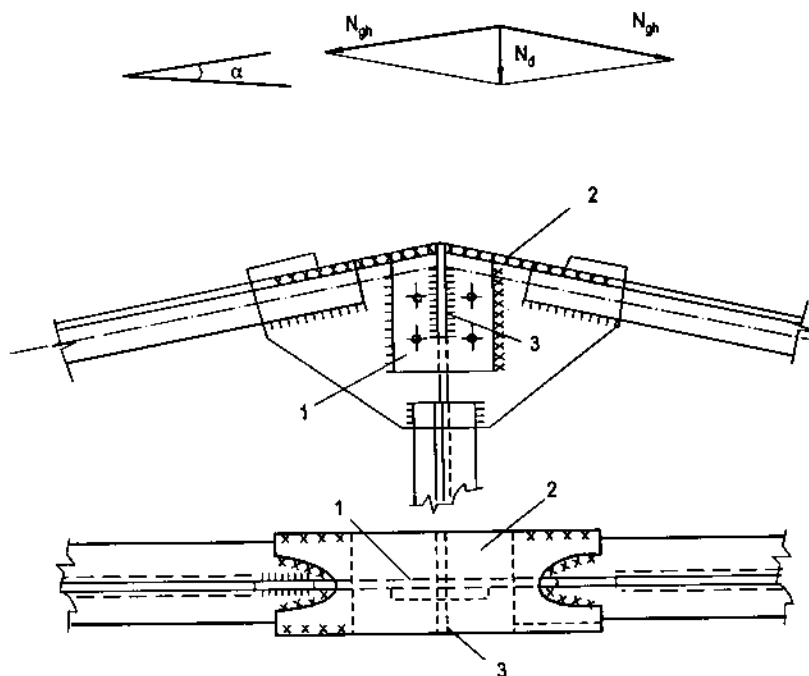
$$R_2 = \sqrt{\left[(1-k)\Delta N\right]^2 + \left(\frac{P}{2}\right)^2}$$



Hình 6.12: Mất trung gian có lực tập trung.

6.3.3. Mất đỉnh

a) Cấu tạo (hình 6.13): Ngoài bản mã nối các thanh dầm, còn có thêm bản nối để ghép các bản mã (do bản mã tại mất dầm này được tách đôi phân nửa dầm).



Hình 6.13: Mất đỉnh dầm.

c) Tính toán:

- Lực tính toán: $N_t = 1,2N$

Trong đó: N – Nội lực thanh cánh.

- Diện tích chịu lực: $A_{qu} = A_{gh} + 2b_g \cdot \delta_{bm}$

Trong đó: A_{qu} – Diện tích quy ước;

A_{gh} – Diện tích tiết diện ngang của bản thép;

b_g – Bề rộng cánh thép góc (phần cánh liên kết với bản mã);

δ_{bm} – Bề dày bản mã.

- Ứng suất ở diện tích quy ước:

$$\sigma_t = \frac{N_t}{A_{qu}} \leq \gamma R$$

- Lực tác dụng vào đường hàn liên kết bản ghép vào thanh cánh:

$$N_{gh} = \sigma_t A_{gh}$$

Từ đó xác định được chiều dài đường hàn:

$$\sum l_h \geq \frac{F}{\gamma h_h (\beta R_g)_{\min}}$$

- Lực tác dụng vào đường hàn liên kết thanh cánh và bản mã:

$$N_c = N_t - N_{gh} \geq \frac{N_t}{2}$$

- Lực tác dụng vào đường hàn liên kết sườn với bản ghép:

$$N_d = 2N_{gh} \sin \alpha$$

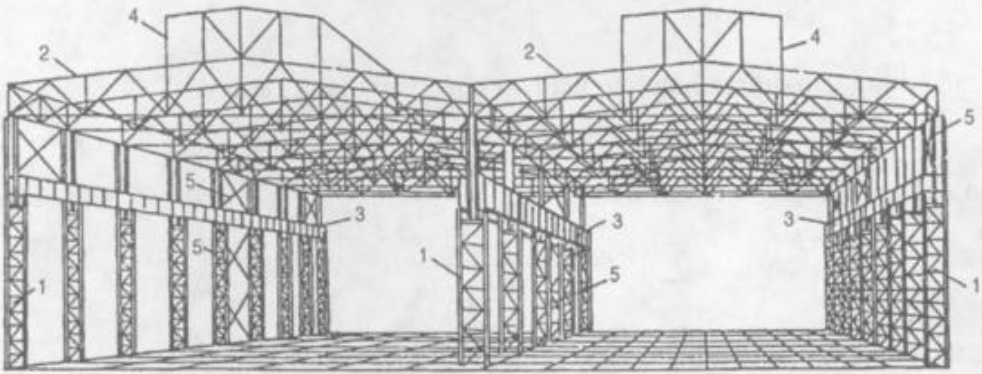
Chương 7

KẾT CẤU THÉP NHÀ CÔNG NGHIỆP MỘT TẦNG

7.1. ĐẠI CƯƠNG VỀ NHÀ CÔNG NGHIỆP BẰNG THÉP

7.1.1. Đặc điểm chung của kết cấu nhà công nghiệp 1 tầng

- Các bộ phận chính:



Hình 7.1: Khung nhà công nghiệp một tầng

- Khung ngang: Gồm hai hoặc nhiều cột và các dầm (hoặc dầm) chịu lực chính.
- Mái:
 - + Xà gỗ, panen.
 - + Cửa mái: Lấy ánh sáng và thông gió.
- Hệ giằng: Liên kết (nối liền) các khung ngang thành kết cấu không gian đảm bảo độ bền và độ ổn định của công trình.
 - + Hệ giằng mái: Gồm có hệ giằng cánh trên và hệ giằng cánh dưới.
 - + Hệ giằng cửa mái.
 - + Hệ giằng cột: Gồm có hệ giằng trên và hệ giằng dưới.
- Hệ sườn tường: Có nhiệm vụ đỡ tường và truyền tải trọng gió từ tường. Bao gồm:
 - + Cột sườn tường.
 - + Dầm tường.
- Dầm cầu chạy (dầm cầu trục).
- Phân loại:
 - Theo số nhịp, có nhà một nhịp hoặc nhiều nhịp.
 - Theo vật liệu làm khung, có:

+ Kết cấu khung liên hợp: Cột được làm bằng bê tông, vì kèo được làm bằng thép.
+ Kết cấu khung toàn thép: Cả cột và vì kèo đều được làm bằng thép, loại kết cấu này được sử dụng khi nhà cao ($H > 15\text{m}$), nhịp lớn ($L > 24\text{m}$), bước cột lớn ($B > 12\text{m}$), cầu trục nặng ($Q > 50\text{T}$).

- Theo chế độ làm việc của cầu trục:

+ Nhà có cầu trục chế độ làm việc nhẹ: Thời gian hoạt động của cầu trục chỉ khoảng 15%.
+ Nhà có cầu trục chế độ làm việc trung bình: Thời gian hoạt động của cầu trục khoảng 20%.
+ Nhà có cầu trục chế độ làm việc nặng: Thời gian hoạt động của cầu trục khoảng 40 – 60%, thường xuyên làm việc với sức nâng lớn.
+ Nhà có cầu trục chế độ làm việc rất nặng: > 60% thời gian sử dụng, Q lớn.

7.1.2. Các yêu cầu cơ bản khi thiết kế khung ngang nhà công nghiệp 1 tầng

7.1.2.1. Yêu cầu về sử dụng

- Thuận tiện trong việc lắp đặt thiết bị máy móc: Chọn phương án bố trí bước cột, đường đi cầu trục, hợp lý.

- Bảo đảm cho các thiết bị nâng cầu làm việc bình thường.

- Kết cấu bảo đảm độ bền và độ bền lâu.

Chú ý đến hiện tượng mỏi do tải trọng cầu trục gây ra đối với kết cấu và tác động của môi trường (mức độ xâm thực của môi trường ở từng vùng, từng công trình cụ thể).

Bảo đảm điều kiện thông gió, chiếu sáng cho nhà.

7.1.2.2. Yêu cầu về kinh tế

Tiết kiệm vật liệu: Chọn vật liệu hợp lý với từng loại công trình (các vật liệu khác nhau hoặc thép có số hiệu khác nhau).

Ví dụ: Những phân xưởng loại nhẹ, Q nhỏ hoặc nhà kho ($Q=0$) thì có thể sử dụng loại khung liên hợp.

- Giá thành chế tạo, xây lắp.

- Thời gian thi công.

Được quy định nhiều bởi vấn đề công nghiệp hoá khi xây dựng (mà tiêu chuẩn hoá là cơ sở).

Tiêu chuẩn hoá bao gồm: Mô đun hoá, định hình hoá, thống nhất hoá có tác dụng làm tăng năng suất, giảm thời gian thiết kế. Nhưng không nên quá lạm dụng việc thống nhất hoá, sẽ dẫn đến việc lãng phí vật liệu.

7.2. CẤU TẠO CỦA NHÀ CÔNG NGHIỆP 1 TẦNG

7.2.1. Bố trí hệ lưới cột

Bố trí hệ lưới cột là tìm kích thước hợp lý giữa các cột theo 2 phương:

Ngang nhà: khoảng cách giữa các cột được gọi là nhịp khung.

- Dọc nhà: Khoảng cách giữa các cột được gọi là bước cột.

- Việc bố trí hệ lưới cột ảnh hưởng rất nhiều đến công trình, vì vậy khi chọn hệ lưới cột phải phụ thuộc vào các yếu tố:

- Kỹ thuật (máy móc, thiết bị).
- Yêu cầu kết cấu.
- Kinh tế.

7.2.1.1. Yêu cầu về kỹ thuật

Trước khi thiết kế phải nắm được sơ đồ bố trí các thiết bị máy móc (từ các thiết bị máy móc trên nền nhà xưởng đến các thiết bị ngầm: Móng bệ máy, đường ống dẫn nước, điện, ống khói, ...). Đồng thời khi thiết kế, phải chú ý đến việc có thể thay đổi công nghệ kỹ thuật mới để chọn lưới cột cho phù hợp tránh việc phải mất nhiều chi phí tu bổ nhà xưởng mỗi khi nâng cấp dây chuyền sản xuất.

7.2.1.2. Yêu cầu về kết cấu

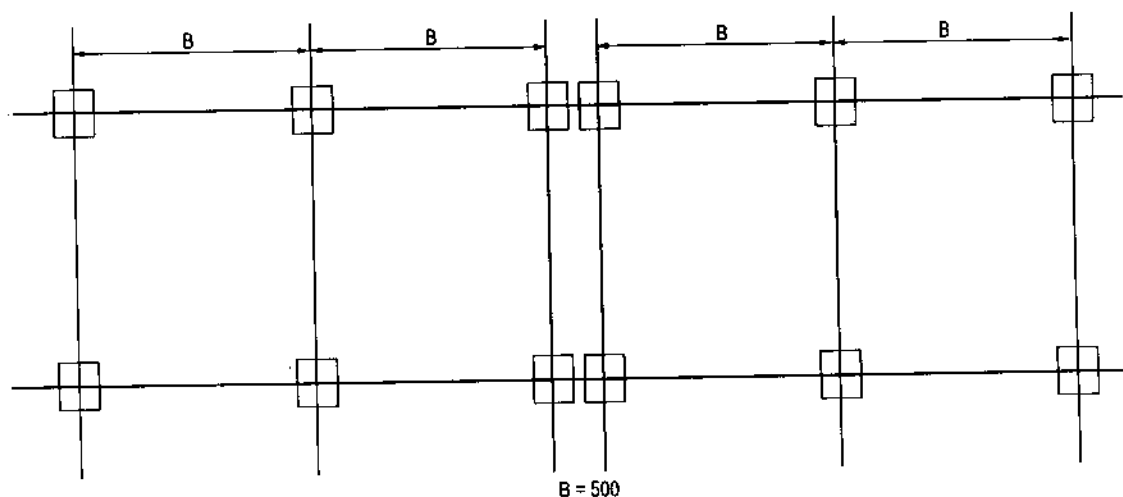
Việc chọn bố trí hệ lưới cột phải đảm bảo tạo được độ cứng cần thiết cho công trình.

- Theo phương ngang nhà: Các cột chịu lực nên bố trí trên cùng một trục tạo thành khung tăng độ cứng ngang nhà.

- Theo phương dọc nhà: Nên dùng bước cột thống nhất (theo môđun) sẽ thuận tiện trong bố trí kết cấu mái và hệ giằng.

Môđun của bước cột thường lấy bằng 6m: 6, 12, 18, 24, 30m, ...

Môđun nhịp nhà thường là 3m: 12, 15, 18, 21, 24, ... (lấy theo môđun nhịp dầm).



Hình 7.2: Cách bố trí khe nhiệt độ.

7.2.1.3. Yêu cầu kinh tế

Khi thiết kế không chỉ chú ý đến việc tiết kiệm vật liệu mà còn phải quan tâm đến việc chế tạo, thi công lắp dựng... Vì vậy phải có sự so sánh giữa các phương án để tìm ra phương án tối ưu.

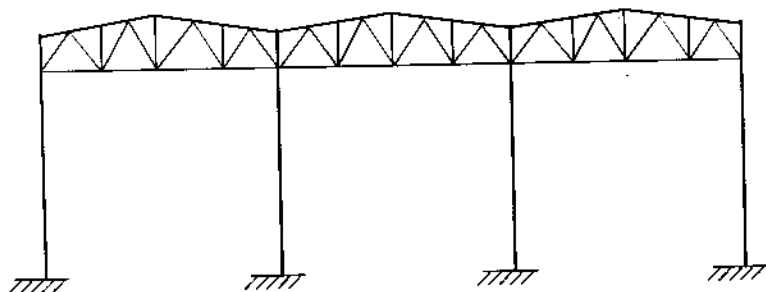
Ngoài ra do chiều dài nhà xưởng rất dài nên khi nhiệt độ biến thiên sẽ có biến hình trong kết cấu dẫn đến các bộ phận như cột, mái, tường bị phá hoại do đó phải bố trí khe nhiệt độ để chia chiều dọc nhà thành nhiều đoạn (được gọi là các đoạn nhiệt độ).

Khoảng cách giữa các khe nhiệt độ không lớn hơn 200m và được lấy là bội số của bước cột.

Ở khe nhiệt độ, trục cột lùi vào so với trục định vị 500mm.

7.2.2. Kích thước khung ngang

7.2.2.1. Sơ đồ khung ngang



Hình 7.3: Các loại sơ đồ khung ngang.

Khung ngang nhà có các dạng:

- Nhà một nhịp:

- + Sử dụng dàn vì kèo tam giác (thường được liên kết khớp với cột).
- + Sử dụng dàn vì kèo hình thang (có thể là liên kết khớp hoặc liên kết cứng với cột).
- + Có xà ngang là dầm (nên liên kết cứng với cột).

- Nhà nhiều nhịp: Xà ngang có thể liên kết khớp hoặc cứng với cột.

Liên kết giữa xà ngang và cột phải đảm bảo độ cứng ngang cho nhà. Vì vậy, với khung nhà 1 nhịp nên chọn liên kết giữa xà và cột là liên kết cứng, còn với khung nhà nhiều nhịp do đã có độ cứng ngang lớn nên chọn liên kết khớp để dễ thi công.

Chú ý: Đối với khung liên hợp, liên kết giữa vì kèo và cột chỉ có thể là liên kết khớp.

7.2.2.2. Kích thước chính của khung 1 nhịp

• Kích thước theo phương đứng:

H - chiều cao sử dụng (bằng khoảng cách từ mặt nền đến cánh dưới vì kèo), phụ thuộc yêu cầu công nghệ:

$$H = H_1 + H_2$$

H_1 - khoảng cách nhỏ nhất từ mặt nền đến cao độ mặt ray cầu trục (cho trong nhiệm vụ thiết kế).

H_2 - khoảng cách từ mặt ray đến mép dưới vì kèo: Phụ thuộc kích thước cầu trục (bảng bội của 200mm):

$$H_2 = H_c + 100\text{mm} + f$$

H_c - khoảng cách từ mặt ray đến điểm cao nhất của cầu trục (Cho trong catalo cầu trục).

100mm - khe hở an toàn giữa cầu trục và vì kèo.

f - kích thước xét đến độ võng vì kèo và việc bố trí hệ giằng thanh cánh dưới:

$$f = 200 \div 400\text{mm (phụ thuộc } L)$$

H_1 - chiều cao thực của cột trên (Khoảng cách từ vai đỡ dầm cầu trục đến mép dưới vì kèo).

$$H_1 = H_2 + H_{dc} + H_r$$

H_{dc} - chiều cao dầm cầu trục. Có thể lấy theo thiết kế có sẵn hoặc giả thiết:

$$\cong \frac{1}{8} \div \frac{1}{10} \text{ nhịp dầm}$$

H_r - chiều cao tổng cộng của ray và đệm ray (phụ thuộc loại cầu trục), thường lấy bằng 200mm.

H_d - chiều cao thực của cột dưới:

$$H_d = H - H_1 + H_3.$$

H_3 - Phần cột chôn dưới cao trình nền $\approx 600 \div 1000\text{mm}$

H_0 - Chiều cao đầu dầm (phụ thuộc chiều cao của vì kèo tại gối tựa).

• Kích thước theo phương ngang:

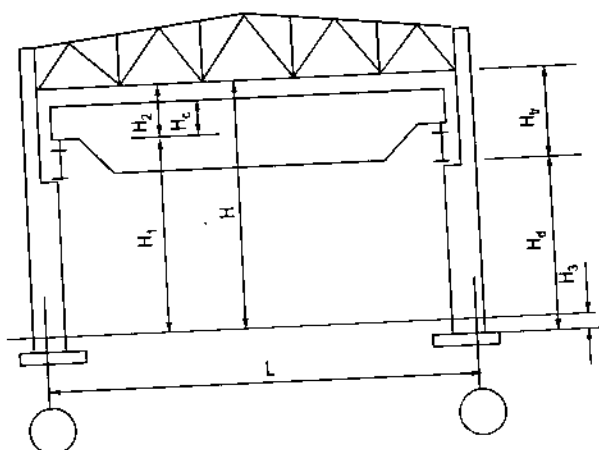
a - Khoảng cách từ mép ngoài đến trục định vị.

$$a = \begin{cases} 0: \text{Đối với nhà thấp, có cầu trục bé, } Q \leq 30T \\ 250: \text{Các trường hợp còn lại.} \\ 500 \text{ (mm): } Q > 75T \end{cases}$$

Nhà có chế độ làm việc nặng, cần bố trí lối đi ở cột trên.

h_1 - Bề rộng cột trên (chiều cao tiết diện cột)

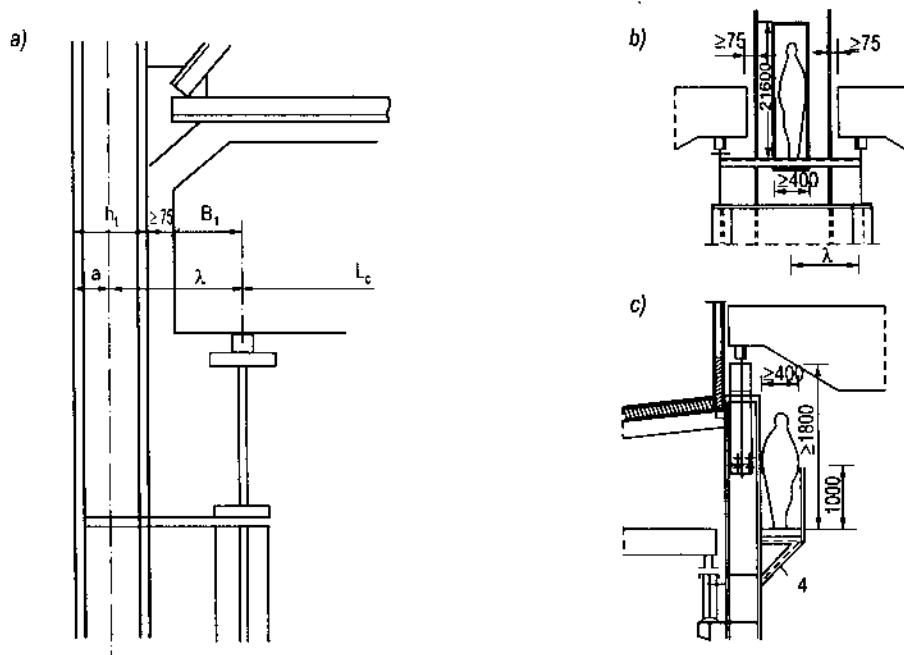
$$h_1 = \left(\frac{1}{10} \div \frac{1}{12} \right) H_1$$



Hình 7.4: Kích thước khung theo phương đứng.

Thường chọn:

$$h_t = \begin{cases} 500\text{mm} \\ 750\text{mm} \\ 1000\text{mm: Khi có lối đi qua bụng cột (kích thước lỗ } 400 \times 1000\text{mm)} \end{cases}$$



Hình 7.5: Kích thước khung theo phương ngang.

λ : Khoảng cách đảm bảo cho cần trục làm việc an toàn theo phương dọc nhà.

$$\lambda > B_1 + (h_t - a) + D$$

Trong đó: B_1 - Khoảng cách từ ray đến mép ngoài cầu trục (Theo catalo cầu trục).

D - Khe hở an toàn giữa cầu trục và cột:

$$D = 60 \div 75\text{mm}.$$

λ phụ thuộc sức trục và chế độ làm việc cầu trục.

$$\lambda = \begin{cases} 750\text{mm:} & Q < 75T. \\ 1000\text{mm:} & Q > 75T, \text{ không có lối đi ở cột trên.} \\ 1250\text{mm:} & Q > 75T \text{ và có lối đi ở cột trên.} \end{cases}$$

h_d - Bề rộng cột dưới (chiều cao tiết diện cột, phụ thuộc điều kiện độ cứng).

$$h_d \geq \begin{cases} \frac{1}{20} H : \text{Cầu trục chế độ làm việc trung bình.} \\ \frac{1}{15} H : \text{Cầu trục chế độ làm việc nặng.} \end{cases}$$

Thông thường $h_d = a + \lambda$

$$\rightarrow h_d = 750; 1000; 1250; 1500\text{mm}$$

L - Nhịp nhà (Khoảng cách giữa các trục định vị) phụ thuộc yêu cầu sử dụng và cấu trúc.

$$L = L_{ct} + 2\lambda$$

L_{ct} : Nhịp của cầu trục (Theo catalo)

$$L = \begin{cases} n.3(\text{m}) : L < 18\text{m} \\ n.6(\text{m}) : L > 18\text{m} \end{cases}$$

Chú ý: Với cột bậc: Phần cột phía trên dùng tiết diện đặc, phần dưới dùng tiết diện đặc hoặc tiết diện rỗng.

7.2.2.3. Kích thước của khung nhiều nhịp

Nhà khung nhiều nhịp có thể có chiều cao và nhịp nhà bằng hoặc khác nhau.

- Đối với nhà khung nhiều nhịp có chiều cao bằng nhau:

$$h_d = 2\lambda \quad (\lambda = \lambda_{\max})$$

- Đối với nhà khung nhiều nhịp có chiều cao khác nhau:

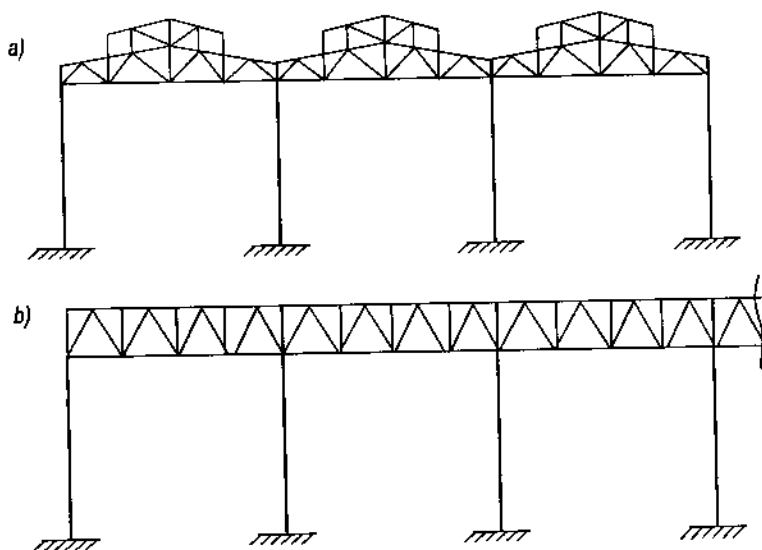
$$h_d = \lambda + \lambda'$$

Nếu 2 nhịp lân cận có tường ngăn cách thì:

$$\lambda' > a + b_1 + B_1 + D + 450\text{mm}$$

Với λ, λ' là trị số λ mỗi bên cột.

Chú ý: Đối với khung nhiều nhịp càng phải chú ý đến điều kiện thông gió, ánh sáng, thoát nước cho nhà. Từ những điều kiện này có các cách bố trí mái, cửa trời khác nhau.



Hình 7.6: Các dạng khung nhà nhiều nhịp.

Ví dụ: Bề rộng nhà không lớn lắm có thể dùng dạng dàn vì kèo hình thang, cửa mái đặt theo hướng dọc (hình 7.6a).

Bề rộng nhà lớn, nên dùng vì kèo có thanh cánh song song, cửa mái đặt theo hướng ngang (hình 7.6b).

7.2.3. Hệ giằng của nhà công nghiệp

• Tác dụng:

- Bảo đảm độ cứng không gian cho nhà.
- Chịu tác dụng của lực gió, lực hãm của xe cầu trục.
- Tăng độ ổn định tổng thể của cấu kiện.

• Phân loại:

- Hệ giằng mái: Đảm bảo sự liên kết không gian của các cấu kiện mái.
- Hệ giằng cột: Đảm bảo sự liên kết giữa các cột.

7.2.3.1. Hệ giằng mái

Bao gồm: - Hệ giằng trong mặt phẳng cánh trên (hình 7.7a).
- Hệ giằng trong mặt phẳng cánh dưới (hình 7.7b).
- Hệ giằng đứng (hình 7.7c).

• Hệ giằng trong mặt phẳng cánh trên:

Được bố trí theo phương ngang nhà tại vị trí hai đầu hồi, giữa nhà và hai bên khe nhiệt độ.

Hệ giằng trong mặt phẳng cánh trên còn có tác dụng cố định xà gỗ và đảm bảo sự ổn định của cánh trên dàn vì kèo trong mặt phẳng của mái.

Nếu đoạn nhiệt độ dài quá thì thêm hệ giằng ngang giữa nhà để khoảng cách giữa các hệ giằng $\leq 50 \div 60(m)$.

Ngoài ra, trên cánh trên dàn vì kèo, trong phạm vi đặt cửa mái không có xà gỗ thì đặt thêm thanh chống ở nóc cửa mái để đảm bảo cố định mặt dàn cánh trên.

• Hệ giằng trong mặt phẳng cánh dưới:

Gồm 2 bộ phận:

+ Hệ giằng ngang.

+ Hệ giằng dọc.

- Hệ giằng ngang: Bố trí tại các vị trí có giằng cánh trên. Có tác dụng:

+ Tăng độ cứng không gian cho nhà.

+ Chịu tải trọng ở 2 đầu hồi nhà (nên còn được gọi là dàn gió).

- Hệ giằng dọc: Bố trí dọc theo đầu cột. Có tác dụng:

+ Tăng độ cứng.

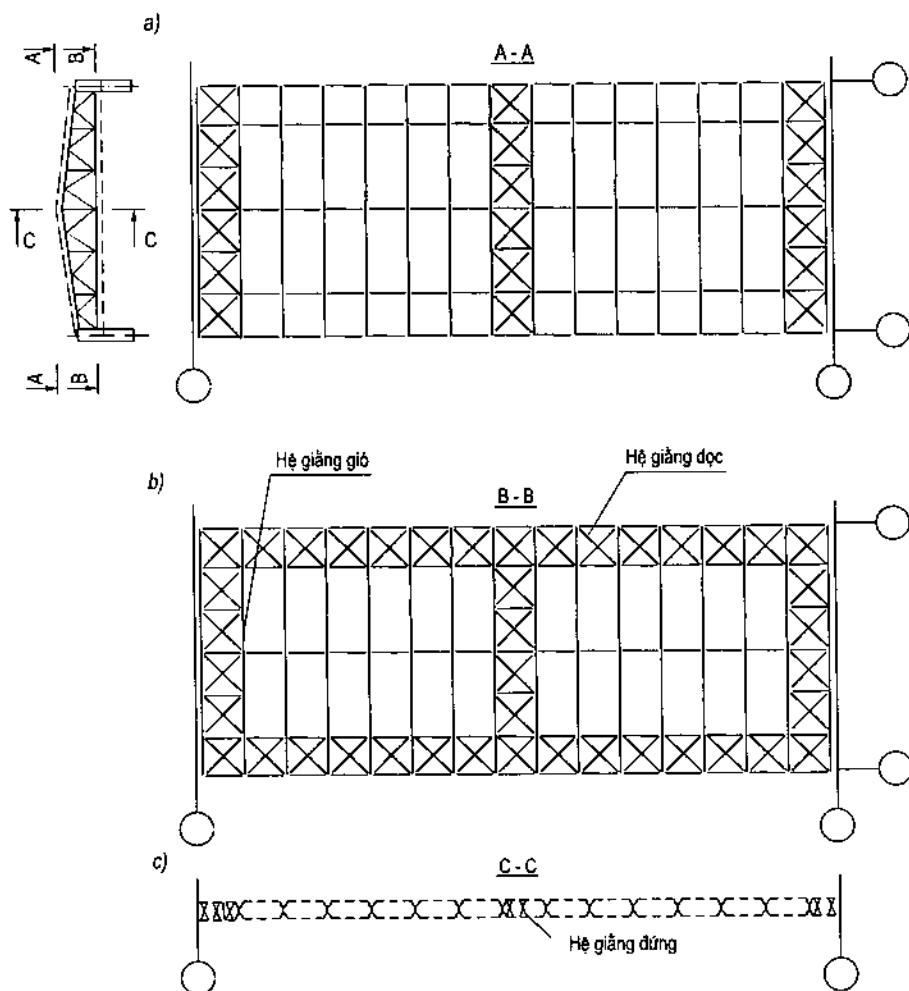
+ Phân phối lực cục bộ (lực hãm ngang của xe cầu trục) sang các khung lân cận.

(Hệ giằng dọc chỉ áp dụng cho nhà có cầu trục lớn)

Khoảng cách giữa các hệ giằng dọc:

$\leq 60\text{m}$: Đối với nhà có chế độ làm việc nặng.

$\leq 90\text{m}$: Đối với các loại nhà khác.



Hình 7.7: Hệ giằng mái nhà công nghiệp.

• Hệ giằng đứng:

Bố trí trong mặt phẳng các thanh đứng, thường ở thanh giữa dàn và 2 đầu gối tựa. Có tác dụng:

+ Tạo độ cứng.

+ Cố định các vòm kèo khi lắp ghép.

+ Khi nhà có cầu trục treo, hệ giằng đứng có tác dụng phân phối tải trọng do xe cầu trục treo tác dụng lên kết cấu mái cho các dàn vòm kèo.

Chú ý: Hệ giằng đứng không cần thiết phải đặt suốt chiều dài nhà, chỉ cần cách nhau 3 đến 4 dầm vì kèo đặt 1 hệ giằng đứng (trừ trường hợp nhà có cầu trục treo).

Khoảng cách giữa các hệ giằng đứng không lớn hơn 15m.

7.2.3.2. Hệ giằng cột

Có 2 loại: Hệ giằng cột trên và hệ giằng cột dưới.

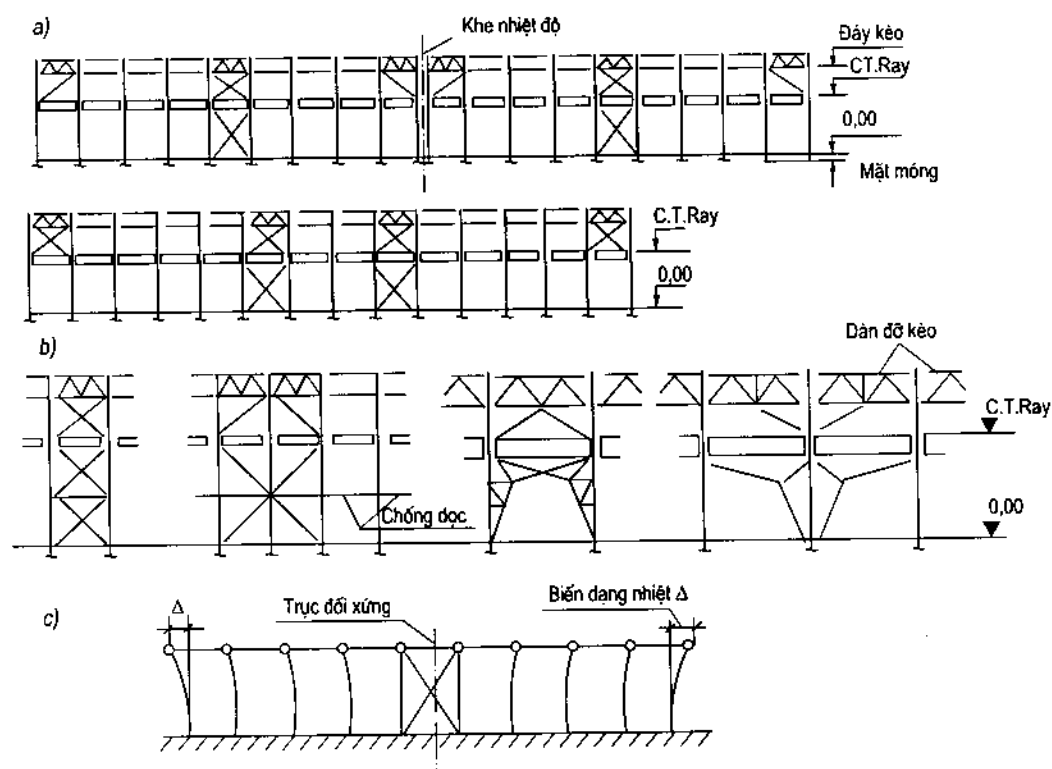
• Hệ giằng cột trên: Được bố trí từ cánh dưới dầm vì kèo đến đỉnh dầm cầu chạy, ở 2 đầu và ở giữa đoạn nhiệt độ sao cho khoảng cách từ đầu hồi đến hệ giằng gần nhất không lớn hơn 75m và khoảng cách giữa 2 hệ giằng trong đoạn nhiệt độ không lớn hơn 50m. Có tác dụng:

- + Tăng độ cứng.
- + Chịu lực gió và lực hãm dọc của cầu trục.

Chú ý: Trong nhà xưởng, nếu không có dầm đỡ kèo thì hệ giằng trên thường bố trí thành 2 tầng:

- + Tầng trên: Đặt trong phạm vi chiều cao đầu dầm.
- + Tầng dưới: Đặt trong phạm vi từ đáy dầm vì kèo đến đỉnh dầm cầu trục.

Nếu có dầm đỡ kèo, không cần đặt hệ giằng tầng trên, vì kèo đỡ kèo có tác dụng như hệ giằng.



Hình 7.8: Hệ giằng cột nhà công nghiệp.

- Hệ giằng cột dưới:

Được bố trí ở đoạn cột dưới (vai cột đến bản đế chân cột), ở giữa đoạn nhiệt độ. Có tác dụng giữ ổn định.

Khoảng cách giữa các hệ giằng cột dưới $\leq 50m$.

Chú ý:

- Với nhà có bước cột $B < 12m$, hệ giằng cột thường là chữ thập. Góc nghiêng giữa các thanh giằng với phương ngang hợp lý từ $35^\circ \div 55^\circ$ (Nếu cột cao phải dùng các thanh chống phụ).

- Với nhà có bước cột $B > 12m$ hoặc cần chứa một khoảng không gian giữa 2 cột thì có thể sử dụng hệ giằng cột kiểu chữ môn (giằng dạng khung rỗng – tính toán chịu lực phức tạp hơn).

7.2.3.3. Đặc điểm tính toán hệ giằng

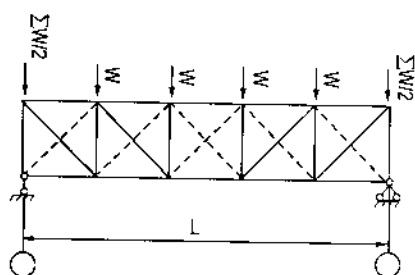
Hệ giằng mái:

Hệ giằng cánh dưới theo phương ngang nhà:

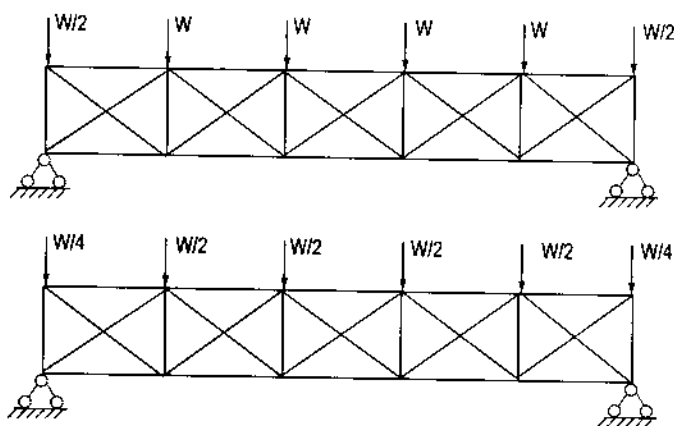
Có 2 cách tính:

+ Cách 1: Giả thiết thanh dầm chỉ chịu được lực kéo, không chịu được lực nén, tính như dầm tĩnh định.

+ Cách 2: Tác hệ giằng thành 2 hệ, mỗi hệ có 1 nửa lực gió tác dụng. Sau đó đem cộng kết quả (sử dụng phương pháp cộng tác dụng):



Hình 7.9: Sơ đồ tính dầm gió theo cách 1.



Hình 7.10: Sơ đồ tính dầm gió theo cách 2

Hệ giằng cánh dưới theo phương dọc nhà: Tính tương tự như hệ giằng cánh dưới theo phương ngang nhà nhưng sơ đồ tính là dầm liên tục gối tựa là hệ khung ngang.

Chú ý: Tiết diện của thanh giằng thường được chọn theo điều kiện thanh chịu kéo (do tính chất của tải trọng đối xứng) và thường được chọn theo điều kiện độ mảnh:

Thanh chịu kéo có $[\lambda] = 400$

Thanh chịu nén có $[\lambda] = 200$

• Hệ giằng cột:

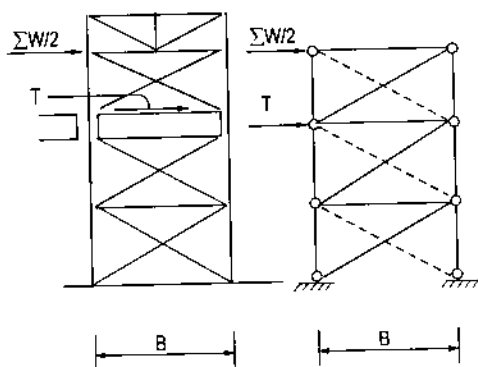
- Hệ giằng cột chịu lực gió (do đàn gió truyền vào), lực hãm dọc của cầu trục.

Khi tính cũng chỉ coi thanh chịu kéo làm việc.

$[\lambda] = 150$: Thanh chịu nén (nhà xưởng có chế độ làm việc nặng).

$[\lambda] = 200$: Thanh chịu nén (các loại nhà xưởng khác).

$[\lambda] = 300$: Thanh chịu kéo.



Hình 7.11: Sơ đồ tính hệ giằng cột.

7.3. TÍNH TOÁN KHUNG NGANG

Kết cấu nhà công nghiệp là một kết cấu không gian gồm nhiều phân tố (khung ngang, khung dọc, mái, tường...) nhưng trong đó, kết cấu chịu lực cơ bản là khung ngang phẳng.

Thực chất, tải trọng tác dụng vào 1 khung phẳng sẽ không chỉ do khung đó chịu mà sẽ được phân phối sang các khung bên cạnh, làm khung chịu lực bớt đi, nhưng để việc tính toán đơn giản và thiên về an toàn người ta tách riêng từng khung phẳng để tính.

7.3.1. Sơ đồ tính (hình 7.12)

Chọn sơ đồ tính phải chú ý đến sơ đồ làm việc thực của khung để tránh những ứng suất phụ có thể sinh ra.

Thực tính toán của các cấu kiện khung thường lấy qua trục trọng tâm tiết diện (Nếu xà ngang là dầm có tác dụng thay đổi thì lấy theo trục chiều cao trung bình; nếu là dầm thì lấy trùng trục cánh dưới).

Khi tính toán khung ngang phải giả thiết trước độ cứng của khung (theo kinh nghiệm).

$$\frac{J_1}{J_2} = 7 \div 10$$

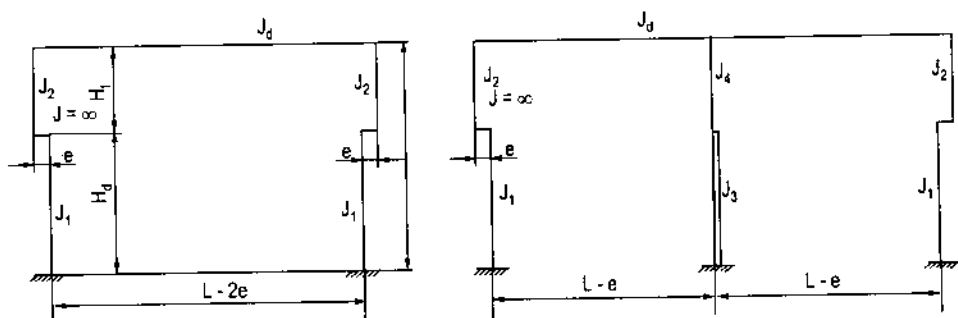
$$\frac{J_3}{J_4} = \begin{cases} 8 \div 10 & \text{khi } Q < 75T \\ 13 \div 25 & \text{khi } Q > 75T \end{cases}$$

$$\frac{J_d}{J_2} = 25 \div 40$$

$$\frac{J_3}{J_2} = \begin{cases} 10 \div 30 \\ 20 \div 60 \end{cases} \quad \text{khi} \quad \begin{aligned} B_b &= B_g \\ 2B_b &= B_g \end{aligned}$$

$$\frac{J_4}{J_2} = \begin{cases} 1,5 \div 3 \\ 2,5 \div 7 \end{cases} \quad \text{khi} \quad \begin{aligned} B_b &= B_g \\ 2B_b &= B_g \end{aligned}$$

Trong đó: B_b, B_g - kích thước bước cột biên và cột giữa theo phương dọc nhà.



Hình 7.12: Sơ đồ tính toán khung ngang

Sau đó tính nội lực và chọn tiết diện cấu kiện. Nếu kết quả $J_{giả\ thiết} \sim J_{thực} (\leq 30\%)$ thì không cần phải tính lại.

7.3.2. Tải trọng tác dụng lên khung

7.3.2.1. Tải trọng tác dụng vào xà (dàn)

Bao gồm: trọng lượng mái, trọng lượng bản thân của dàn, giằng, hoạt tải trên mái,...

Các loại tải trọng này phân bố đều trên mái, khi tính toán phải đưa về phân bố đều trên mặt bằng bằng cách chia cho $\cos \alpha$ (α - góc dốc mái).

a) Tải trọng do trọng lượng mái (g_m):

Dựa vào cấu tạo thực tế của mái để tính toán. Thông thường tính trọng lượng lớp mái, sau đó đưa vào bảng để dễ theo dõi.

Tải trọng do các lớp mái	Tải trọng tiêu chuẩn, g_m^c (daN/m ² mái)	Hệ số vượt tải (n)	Tải trọng tính toán, g_m (daN/m ² mái)
- Tấm mái $1,5 \times 6m$, $\gamma = 150 \text{ daN/m}^2$ mái	150	1,1	165
- Lớp cách nhiệt dày 12cm bằng bê tông xi, $\gamma = 500 \text{ daN/m}^3$	60	1,2	72
- Lớp ximăng lót dày 1,5cm, $\gamma = 1800 \text{ daN/m}^3$	27	1,2	32
- Hai lớp gạch lá nem dày 4cm, $\gamma = 2000 \text{ daN/m}^3$	80	1,1	88
Cộng	317		357

b) Trọng lượng bản thân của dàn và giằng (g_c): được tính theo công thức kinh nghiệm:

$$g_c = 1,2\alpha_d L \text{ (daN/m}^2\text{)}$$

Trong đó: L - nhịp dàn (m);

α_d - hệ số trọng lượng bản thân (phụ thuộc nhịp dàn và tải trọng tác dụng,
 $\alpha_d = 0,6 \div 0,9$).

1,2 - hệ số xét đến trọng lượng các thanh giằng ($\approx 20\%$ trọng lượng dàn).
Lấy hệ số vượt tải $n = 1,1$.

c) Trọng lượng cửa mái (g_{cm})

$$g_{cm} = \alpha_{cm} \cdot l_{cm} \text{ (daN/m}^2\text{mb)}$$

Trong đó: α_{cm} - hệ số trọng lượng của cửa mái, $\alpha_{cm} = 0,5$;

l_{cm} - bề rộng cửa mái. Có thể lấy $l_{cm} = 12 \div 18 \text{ daN/m}^2\text{mb}$ cửa mái.

d) Tải trọng tạm thời (p_o)

Bao gồm tải trọng của người và thiết bị, vật liệu sửa chữa mái. Tải trọng này quy định trong quy phạm tải trọng TCVN 2737 : 1995 (daN/m^2).

Ví dụ:

Mái panen $p_o = 75 \text{ daN/m}^2$

Mái fibrô ximăng, mái tôn, ... $p_o = 30 \text{ daN/m}^2$

7.3.2.2. Tải trọng tác dụng vào cột

a) Phản lực đầu cột do phản lực ở dàn truyền vào:

- Do tải trọng thường xuyên gây ra: $F = \frac{gL}{2}$ đặt trùng trục cột trên. Tải trọng này đặt lệch tâm với trục cột nên gây ra mômen lệch tâm: $m_{lt} = Fe$.

- Do tải trọng tạm thời gây ra: $F' = \frac{gL}{2}$. Tải trọng này cũng gây ra mômen lệch tâm: $m'_{lt} = F'e$.

Trong đó: g, p - tải trọng thường xuyên và tải trọng tạm thời tính toán phân bố đều trên mái tác dụng vào một khung, được xác định bằng công thức:

$$g = (g_m + g_c)nB$$

$$g = (g_m + g_c + g_{cm})nB \text{ ở phần có cửa mái}$$

Với: n - hệ số vượt tải;

B - bước cột;

g_m, g_c, g_{cm}, p_o - tải trọng tiêu chuẩn tác dụng lên mái, đã được xác định ở phần trên;

e - độ lệch tâm do lực đặt không trùng với trục cột;

L - nhịp khung.

- Trọng lượng bản thân cầu trục:

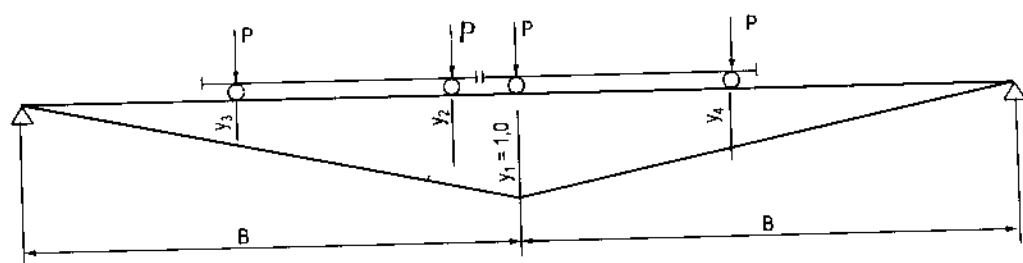
Trong công thức tính P : $P_{\min} = (Q + G)/n_o - P_{\max}$ đã kể đến G trọng lượng bản thân toàn cầu trục.

b) Tải trọng cầu trục

• Áp lực đứng: áp lực của bánh xe cầu trục truyền qua dầm cầu trục thành lực tập trung tác dụng vào vai cột. Mỗi bên cột đều chịu 1 lực đứng. Khi tính khung, phải xác định áp lực lớn nhất $D_{\max}$ và nhỏ nhất $D_{\min}$ do cầu trục tác dụng lên cột. áp lực lớn nhất $D_{\max}$ được xác định theo lý thuyết đường ảnh hưởng khi các bánh xe cầu trục di chuyển đến vị trí bất lợi nhất.

(Chế độ làm việc trung bình: 2 cầu trục, trường hợp bất lợi nhất là khi nhà có 2 cầu chạy làm việc: 2 xe con liền kề nhau, có 1 bánh xe đặt lên vai cột).

Chú ý: Tải trọng $D_{\max}$, $D_{\min}$ được xác định chỉ do 2 cầu trục hoạt động trong 1 nhịp; khi tính cho cột giữa nhà nhiều nhịp, không quá 4 cầu trục hoạt động trong 2 nhịp.



Hình 7.13: Sơ đồ xác định y_i

Từ vị trí bất lợi nhất của bánh xe trên dầm cầu trục, ta có:

$$D_{\max} = n \cdot n_c \cdot P_{\max} \sum y_i$$

$$D_{\min} = n \cdot n_c \cdot P_{\min} \sum y_i$$

Trong đó:

n - hệ số vượt tải;

n_c - hệ số tổ hợp xét đến xác suất xảy ra đồng thời tải trọng tối đa của nhiều cầu trục (được lấy theo quy phạm phụ thuộc vào sức trục, chế độ làm việc của cầu trục);

$\sum y_i$ - tổng tung độ đường ảnh hưởng phản lực gối tựa dưới các vị trí bánh xe cầu trục;

$P_{\max}$ - áp lực lớn nhất của 1 bánh xe cầu trục lên ray khi xe con mang vật nặng vào vị trí sát với cột phía đó ($P_{\max}$ được cho trong catalô cầu trục);

$P_{\min}$ - áp lực bé nhất ở phía cột bên kia

$$P_{\min} = \frac{Q + G}{n_o} - P_{\max}$$

Q - sức trục của cầu trục;

G - trọng lượng toàn bộ cầu trục;

n_o - số bánh xe ở 1 bên ray cầu trục, được lấy bằng 1/2 số bánh xe của cầu trục.

D_{max} và D_{min} đặt tại vai cầu trục $\rightarrow$ lực lệch tâm so với trục cột dưới 1 khoảng e' (Khi thiết kế thường lấy $e' = (0,45 \div 0,55)h_d$ và cột giữa: $e' = 0,5h_d$).

Vì vậy, xuất hiện mômen:

$$M_{max} = D_{max} \cdot e'$$

$$M_{min} = D_{min} \cdot e'$$

• Áp lực ngang: khi xe con nâng tải trọng đang chạy mà hãm lại, do quán tính sẽ gây ra 1 lực hãm ngang T theo chiều chuyển động. Lực hãm này do các bánh xe của cầu trục truyền qua bộ phận hãm của dầm cầu trục (dầm hãm, dàn hãm...) mà tác dụng vào cột. Lực hãm ngang được tính toán tương tự như áp lực đứng:

$$T = n \cdot n_c \cdot T_l \sum y_i$$

Trong đó:

T_l - lực ngang tiêu chuẩn của 1 bánh xe cầu trục hãm, được tính bằng công thức:

$$T_l = \frac{T_o}{n_o}$$

T_o - lực hãm ngang tác dụng lên toàn cầu trục, tính theo công thức:

$$T_o = \frac{f(Q + Q_{xc})n'_{xc}}{n_{xc}}$$

Q - sức trục;

G_{xc} - trọng lượng xe con;

n_{xc} - tổng số bánh xe của xe con;

n'_{xc} - số bánh xe hãm, thường lấy $n'_{xc} = \frac{1}{2} n_{xc}$

f - hệ số ma sát, được lấy phụ thuộc loại móc: f = 0,1 đối với móc mềm

f = 0,2 đối với móc cứng

Chú ý:

- Lực T được tính với tác dụng nhiều nhất là 2 cầu trục nằm trong 1 nhịp hoặc 2 nhịp khác nhau.

- Lực T được xác định dựa vào đường ảnh hưởng (giống như cách xác định D_{max} và D_{min}).

- Vị trí của T trùng với vị trí cánh trên của dầm cầu trục.

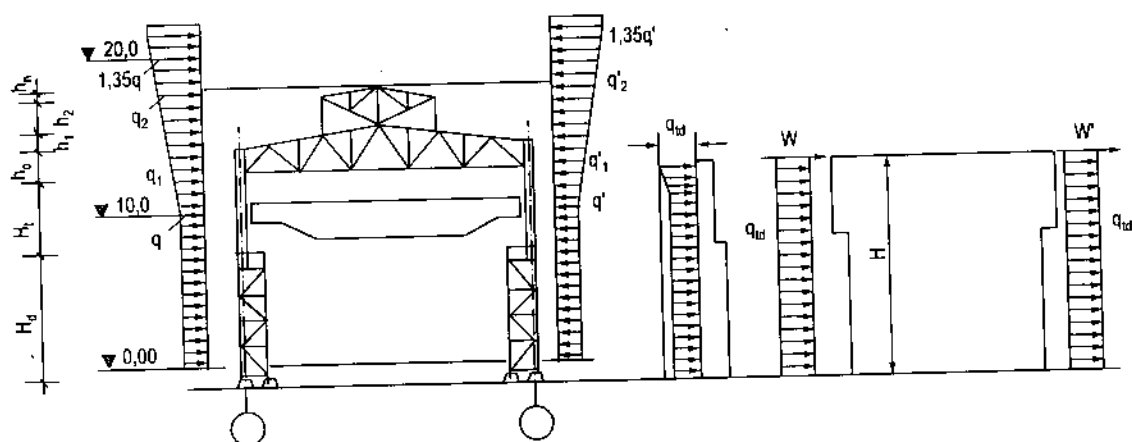
- T có 2 chiều.

c) Tải trọng gió

Gió thổi vào cạnh dài nhà gây tải trọng lên mái, tường nhà, từ đó tác dụng vào khung ngang nhà. Phía đón gió chịu lực đẩy (áp lực dương). Phía trái gió chịu lực hút (áp lực âm).

Trị số áp lực gió tiêu chuẩn q_0 được quy định trong quy phạm.

Để đơn giản trong tính toán, chia tác dụng gió thành 2 phần:



Hình 7.14: Tải trọng gió tác dụng lên khung

a) Sơ đồ tải trọng gió; b) Sơ đồ tính.

- Gió tác dụng lên tường dọc đưa về phân bố đều trên cột khung:

$$q = nckq_0B \quad (\text{daN/m}): \text{Lực đẩy}$$

$$q' = nck'q_0B \quad (\text{daN/m}): \text{Lực hút}$$

Trong đó: n - hệ số vượt tải, $n = 1,2$;

c - hệ số khí động phụ thuộc hình dạng nhà (theo bảng quy định của tải trọng);

k, k' - hệ số độ cao ($k > 1$) (Theo TCVN 2737 : 1995)

q_0 - áp lực gió tiêu chuẩn (daN/m^2) (Theo TCVN 2737 : 1995).

Giá trị q_0 phụ thuộc chiều cao cột:

- Với độ cao $\leq 10\text{m}$ $\rightarrow q_0$ phân bố đều.

- Với độ cao $> 10\text{m}$ $\rightarrow q_0$ phân bố coi như hình thang, được điều chỉnh qua hệ số k , để

đơn giản có thể thay bằng lực phân bố đều q_{ld} :

$$q_{ld} = \frac{2M}{H^2}$$

Trong đó: H - chiều cao cột;

M - mômen do áp lực gió tại chân cột khi coi cột là thanh consol.

Chú ý:

Nếu giữa các cột khung có cột sườn tường, tải trọng gió tác dụng vào cột dưới 2 dạng:

- Tải trọng gió tác dụng trực tiếp lên cột khung dưới dạng phân bố đều (tính như khi không có cột sườn tường, chỉ khác là thay $B = B'$):

$$q = n_c k q_o B'$$

$$q' = n_c k' q_o B'$$

Trong đó: B' - khoảng cách giữa các sườn tường (m).

- Tải trọng gió tác dụng vào cột sườn tường: đầu trên cột sườn tường tựa vào dàn giằng dọc, đầu dưới tựa lên móng. Gió thổi lên cột sườn tường, cột truyền vào dàn giằng. Sau đó, dàn giằng dọc truyền lực gió lên cột thành lực tập trung:

$$S = n_c k q_o A$$

$$S' = n_c k' q_o A$$

Trong đó:

A - tổng diện tích truyền gió của sườn tường vào đầu cột, điểm đặt lực S trùng W :

$$A = mA_1$$

$A_1 = H.B'$ (diện tích truyền gió của 1 sườn tường vào cột khung);

m - số cột sườn tường ở giữa 2 cột khung.

• Gió tác dụng trên mái kể từ cánh dưới vì kèo trở lên, được đưa về thành lực tập trung đặt ngang cao trình cánh dưới vì kèo.

Đối với tải trọng gió tác dụng trong phạm vi mái, có thể lấy là lực phân bố đều:

$$q = \frac{q_1 + q_2}{2}$$

Trong đó: q_1, q_2 - giá trị tải trọng tại điểm ứng với độ cao cánh dưới vì kèo và điểm cao nhất của mái.

Vậy:

$$W = \frac{q_1 + q_2}{2} B \sum c_i h_i$$

Ngoài các tải trọng trên, trong những trường hợp đặc biệt cần phải tính đến các loại tải trọng và tác động khác như động đất, nổ, nhiệt độ, sạt lở...

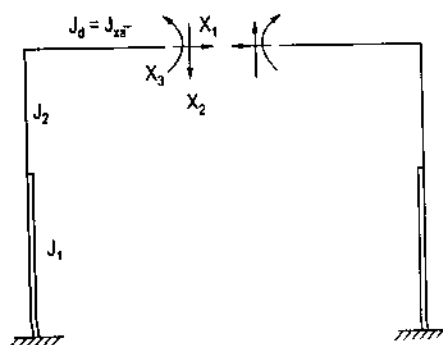
Các tải trọng này được xác định theo hướng dẫn trong quy phạm.

7.3.3. Tính nội lực khung

7.3.3.1. Phương pháp tính toán chính xác

Có thể sử dụng các phương pháp trong lý thuyết của cơ học kết cấu để tìm nội lực khung.

Nên sử dụng phương pháp lực để tính toán: cắt khung làm 2 phần, thay các ẩn số lực X_1, X_2, X_3 và giải hệ phương trình:



Hình 7.15: Hệ cơ bản tính nội lực khung

$$\begin{cases} \delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 + \delta_{13}X_3 + \Delta_{1P} = 0 \\ \delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \delta_{23}X_3 + \Delta_{2P} = 0 \\ \delta_{31}X_1 + \delta_{32}X_2 + \delta_{33}X_3 + \Delta_{3P} = 0 \end{cases}$$

7.3.3.2. Phương pháp thực dụng

Tính nội lực khung bằng phương pháp lực trong cơ học kết cấu cho kết quả chính xác nhất. Nhưng trong thực tế để đơn giản, người ta có thể sử dụng phương pháp tính gần đúng.

a) Các giả thiết

- Có thể bỏ qua biến dạng của xà ngang, nếu tải trọng không đặt trực tiếp lên xà ngang và thỏa mãn điều kiện:

$$v \geq \frac{6}{1 + 1,1\sqrt{\eta}}$$

Trong đó: $v = \frac{J_{xa}}{L \frac{J_1}{H}} ; \quad \eta = \frac{J_1}{J_2} - 1$

- Nếu xà ngang là dàn, thay dàn bằng thanh đặc có độ cứng tương đương đặt trùng cánh dưới dàn. Lúc này, khung tính như 1 khung thường với chiều cao cột được tính đến mép dưới dàn. Độ cứng tương đương của xà ngang được tính bằng công thức:

$$J_d = (A_{tr}Z_{tr}^2 + A_dZ_d^2)\mu$$

Trong đó:

A_{tr}, A_d - diện tích tiết diện thanh cánh trên và cánh dưới dàn;

Z_{tr}, Z_d - khoảng cách từ trọng tâm tiết diện thanh cánh trên và cánh dưới đến trục trung hòa của dàn tại tiết diện giữa nhịp.

μ - hệ số kể đến biến dạng của thanh bụng dàn, phụ thuộc góc nghiêng của thanh cánh.

$$i = \frac{1}{8} \rightarrow \mu = 0,7; \quad i = \frac{1}{10} \rightarrow \mu = 0,8; \quad i = 0 \rightarrow \mu = 0,9$$

- Nhà nhiều nhịp có chiều cao như nhau, có thể bỏ qua chuyển vị ngang đầu cột và tính như thanh không có chuyển vị.

- Khung đối xứng, tải trọng tác dụng lên xà ngang gần đối xứng, có thể bỏ qua chuyển vị ngang.

- Khi tính toán hệ khung phức tạp, có thể tách riêng từng phần chính phụ để tính.

b) Phương pháp tính

Sử dụng phương pháp chuyển vị, lần lượt tính với từng loại tải trọng (vì các tải trọng không đồng thời tác dụng vào khung, nên tùy theo xác suất xảy ra để tính toán với từng trường hợp tải trọng rồi tổ hợp tìm ra tổ hợp nguy hiểm).

Các trường hợp tải trọng:

- Tải trọng đặt trên xà ngang (tải trọng mái, trọng lượng bản thân dầm, ...) (hình).

+ Hệ cơ bản

+ Phương trình chính tắc: Trường hợp tải trọng đối xứng, khung đối xứng, có các ẩn số:
 $\Delta = 0, \varphi_1 = -\varphi_2 = \varphi$. Từ đó có phương trình:

$$r_{11}\varphi + R_{1P} = 0$$

Trong đó: r_{11} - tổng phản lực ở các nút của khung khi xoay góc $\varphi = 1$;

R_{1P} - tổng phản lực tại nút khung do tải trọng ngoài.

Giải phương trình ta được: $\varphi = \frac{R_{1P}}{r_{11}}$

+ Nội lực: $M = \bar{M}\varphi + M_p^o + M_{lt}$

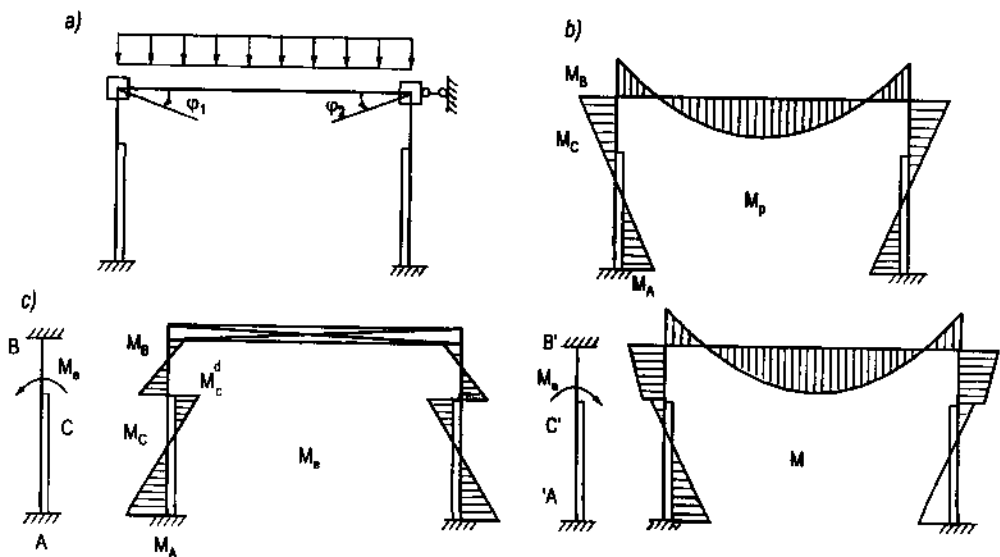
Trong đó: $\bar{M}$ - mômen trong hệ cơ bản do góc xoay đơn vị;

M_p^o - mômen do tải trọng ngoài;

M_{lt} - mômen lệch tâm do lệch trục cột trên và cột dưới.

$$M_{lt} = (F + F')e$$

(F, F' - phản lực đầu xà truyền lên cột do tải trọng thường xuyên và tạm thời gây ra).



Hình 7.16: Tính khung với tải trọng mái

a) Hệ cơ bản; b) Biểu đồ M do tải trọng mái;

c) Biểu đồ M do tải trọng mái có kể lệch tâm cột trên với cột dưới.

- Tải trọng cầu trục:

+ Hệ cơ bản.

+ Phương trình chính tắc:

Do tải trọng cầu trục không đặt trực tiếp lên xà ngang và $v \geq \frac{6}{1 + 1,1\sqrt{\eta}}$ nên có thể coi

$J_{xa} = \infty \rightarrow \varphi_1 = \varphi_2 = 0$, chỉ còn ẩn số là chuyển vị ngang Δ .

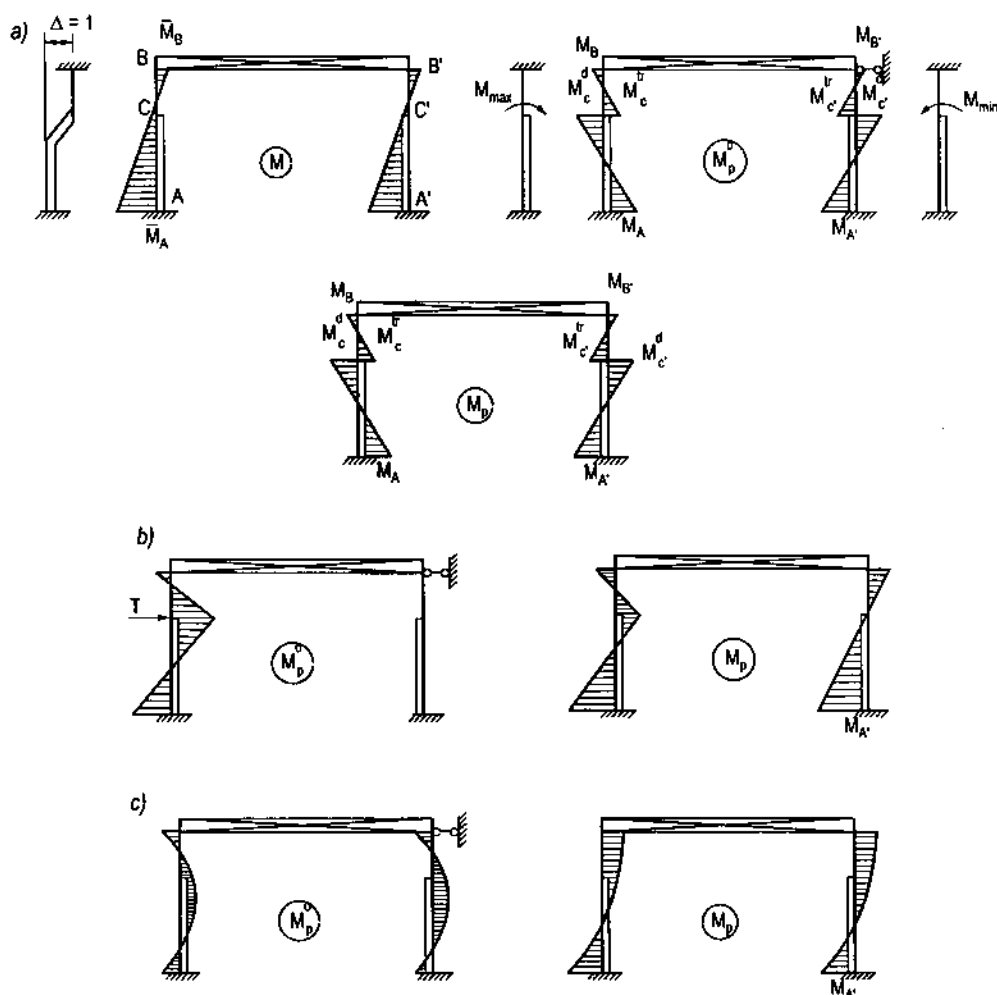
Ta có phương trình: $r_{11}\Delta + R_{1P} = 0$

Trong đó:

r_{11} - phản lực trong liên kết thêm vào khi cho nút khung một chuyển vị bằng 1 đơn vị;

R_{1P} - phản lực tại liên kết do tải trọng ngoài gây ra trong hệ cơ bản.

Giải phương trình ta được: $\Delta = \frac{R_{1P}}{r_{11}}$



Hình 7.17: Tính khung với tải trọng cầu trục, tải trọng gió

+ Nội lực: $M = \bar{M}\Delta + M_p^0$

- Áp lực ngang cầu trục (T)

+ Hệ cơ bản;

+ Phương trình chính tắc: $r_{11}\Delta + R_{1P} = 0 \rightarrow \Delta = -\frac{R_{1P}}{r_{11}}$

+ Nội lực: $M = \bar{M}\Delta + M_p^0$

- Tải trọng gió:

+ Hệ cơ bản;

+ Phương trình chính tắc: $r_{11}\Delta + R_{1P} = 0 \rightarrow \Delta = -\frac{R_{1P}}{r_{11}}$

+ Nội lực: $M = \bar{M}\Delta + M_p^0$

c) Tổ hợp nội lực

Nguyên tắc:

- Tổ hợp cơ bản;

+ Tổ hợp cơ bản 1: Tải trọng thường xuyên + 1 tải trọng tạm thời gây bất lợi nhất. (hệ số tổ hợp đều = 1: Xác suất tác dụng đồng thời các tải).

+ Tổ hợp cơ bản 2: Tải trọng thường xuyên + mọi hoạt tải gây bất lợi có thể xảy ra (hệ số tổ hợp = 0,9).

+ Tổ hợp đặc biệt: Tải trọng thường xuyên + mọi hoạt tải gây bất lợi có thể xảy ra (hệ số tổ hợp = 0,8) + tải trọng đặc biệt.

- Đã có gió trái thì không có gió phải và ngược lại.

- Đã kể đến T thì phải có D (có D không nhất thiết phải có T).

Sau đó đưa các giá trị vào bảng tổ hợp nội lực.

7.4. KẾT CẤU MÁI

Kết cấu mái nhà công nghiệp có nhiệm vụ chịu tải trọng mái nhà và truyền tải trọng này cho kết cấu cột. Kết cấu mái bao gồm:

- Kết cấu mang lực mái: dàn vì kèo, xà gỗ, cửa mái.
- Kết cấu bao che: panen, tấm mái
- Hệ giằng

7.4.1. Cấu tạo mái

Khi chọn kết cấu mái phải căn cứ điều kiện cụ thể từng nhà xưởng (yêu cầu về công nghệ, kinh tế, thông gió, chiếu sáng...) mà có phương án phù hợp. Thông thường có 2 cách cấu tạo hệ mái:

- Mái có xà gỗ.
- Mái không xà gỗ.

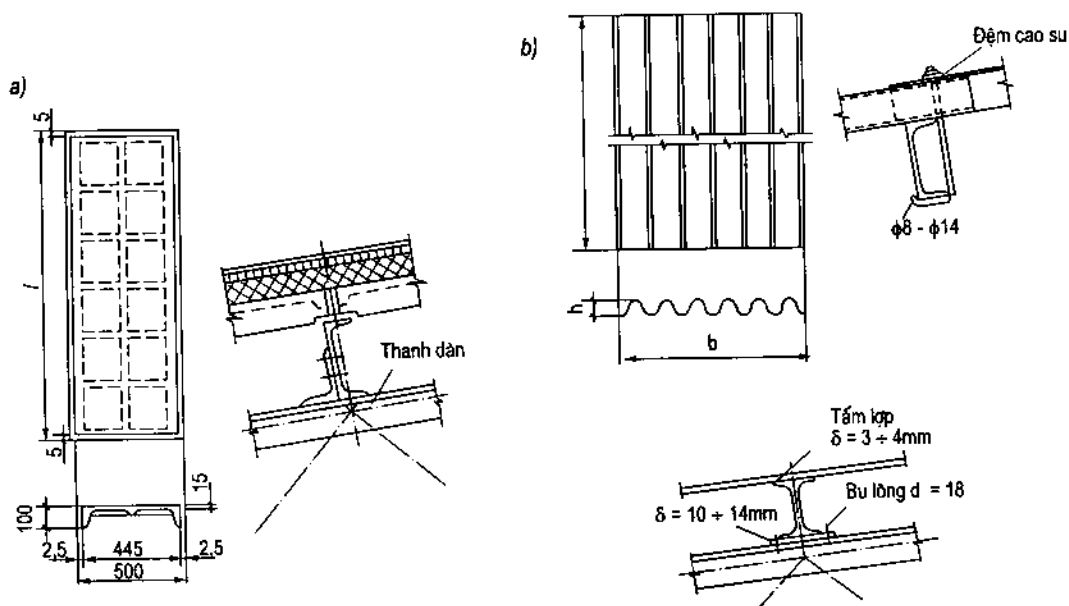
7.4.1.1. Mái có xà gỗ

- Mái có xà gỗ là hệ mái dùng các xà gỗ liên kết từ dàn vì kèo này sang dàn vì kèo khác để đỡ tấm mái có kích thước nhỏ (tôn, fibrô ximăng...). Xà gỗ được đặt trên cánh thượng của dàn vì kèo, có nhịp bằng nhịp bước vì kèo ($B = 6$ là hợp lý nhất). Khoảng cách giữa các xà gỗ bằng $1,5 \div 3\text{m}$.

- Các dạng xà gỗ:

+ Thép hình cán nóng hoặc dầm nguội có tiết diện chữ I hoặc [được sử dụng trong trường hợp nhịp xà gỗ không lớn lắm (6m).

+ Dàn được sử dụng khi nhịp xà gỗ lớn (12 - 18m). Dạng này tùy có ưu điểm về tiết kiệm vật liệu, trọng lượng nhẹ, vượt được nhịp lớn nhưng tốn công chế tạo, chịu uốn xiên không tốt.



Hình 7.18: Cấu tạo mái có xà gỗ

a) Mái có cách nhiệt; b) Mái không cách nhiệt.

- Xà gỗ được liên kết vào dàn vì kèo tại nút dàn, có 2 dạng cấu tạo:

+ Dầm đơn giản: sử dụng xà gỗ ngắn.

+ Dầm liên tục: sử dụng xà gỗ liên tục (có thể sử dụng xà gỗ liên tục vì xà gỗ gác lên dàn vì kèo có cùng độ cứng như nhau).

- Tấm lợp liên kết vào xà gỗ bằng vít hoặc bulông $\phi 8 \div 14$ có đệm cao su.

Các dạng tấm lợp:

- + Tấm lợp tôn mũi trắng kẽm dày 0,8 → 1mm.
- + Tấm lợp fibrôximăng (dùng cho các phân xưởng nóng).
- + Tấm lợp ximăng lưới thép (mái có cách nhiệt).

7.4.1.2. Mái không xà gồ

- Mái không xà gồ là mái dùng tấm mái đặt trực tiếp trên cánh thượng của dàn vì kèo.

Tấm mái là panen bê tông cốt thép cỡ lớn, có kích thước:

Chiều rộng: 1,5 ÷ 3m

Chiều dài: 6 hoặc 12m

Chiều cao: $\begin{cases} 300\text{mm} (L = 6\text{m}) \\ 450\text{mm} (L = 12\text{m}) \end{cases}$

Khi chiều rộng tấm panen = 1,5m, thanh cánh trên vì kèo chịu uốn cục bộ, nên phải tính theo cấu kiện chịu nén lệch tâm, nhưng có thể tránh việc tính toán phức tạp này bằng cách cấu tạo hệ dàn phân nhỏ. Lúc này thanh cánh trên được tính như thanh chịu nén thông thường.

7.4.2. Cấu tạo và tính toán xà gồ

7.4.2.1. Xà gồ tiết diện đặc

Xà gồ thép hình chữ I hay được dùng nhiều hơn cả do có ưu điểm tiết kiệm vật liệu, dễ liên kết và chịu uốn xiên tốt.

a) Nội lực

Lực do tải trọng trên mái tác dụng theo phương thẳng đứng nên xà gồ bị uốn theo 2 phương. Tải trọng q sẽ được phân ra thành hai thành phần như hình 7.19:

$$\begin{cases} q_x = q \sin \alpha \\ q_y = q \cos \alpha \end{cases} \quad \text{với } q = n \left(\frac{q^c b}{\cos \alpha} + g \right)$$

Trong đó:

n - hệ số vượt tải;

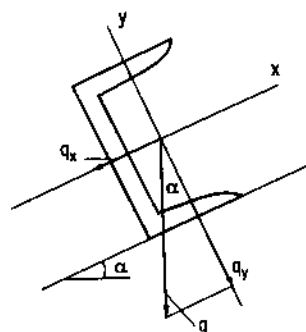
q^c - tải trọng tiêu chuẩn trên một m^2 mặt mái;

b - khoảng cách giữa các xà gồ;

α - góc nghiêng mặt mái so với phương ngang;

g - trọng lượng bản thân xà gồ.

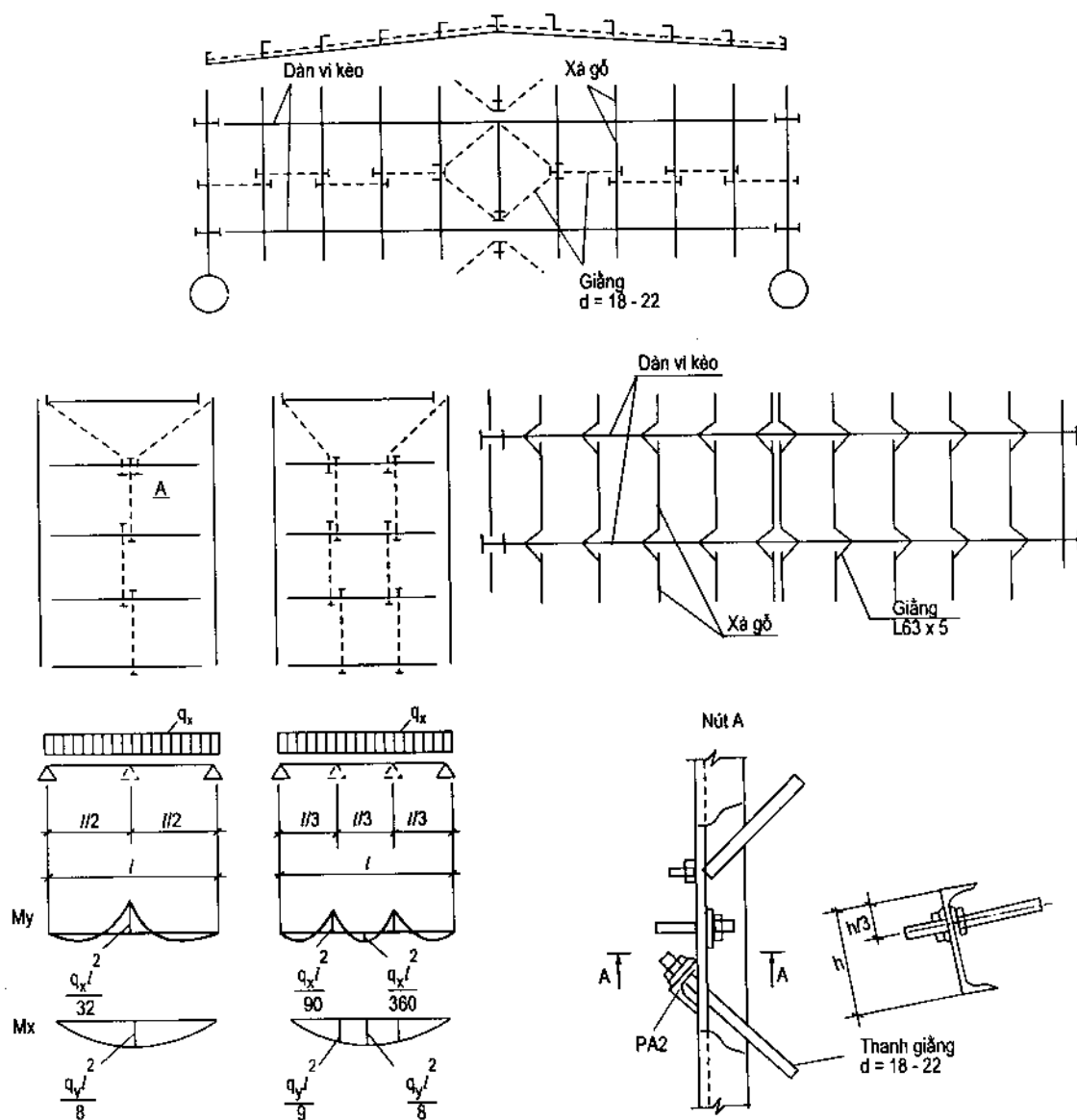
Do vậy, tải trọng mái sẽ gây ra 2 mômen:



Hình 7.19: Xác định lực thành phần q_x, q_y

$$M_x^{\max} = \frac{q_y l^2}{8}$$

Trong đó: l - nhịp xà gỗ ($l = B$) và M_y - phụ thuộc số lượng hệ giằng (hình 7.20).



Hình 7.20: Sơ đồ tính xà gỗ

b) Kiểm tra bền

- $$\sigma = \sigma_x + \sigma_y = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \leq \gamma R$$

- Nếu tính đến sự tăng biến dạng dẻo:

$$\sigma = \frac{M_x}{1,12W_x} + \frac{M_y}{1,2W_y} \leq \gamma R$$

c) Kiểm tra độ võng:
$$\frac{f}{l} \leq \left[\frac{f}{l} \right]$$

- Khi không có hệ giằng, độ võng của xà gỗ là :

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$$

Trong đó: f_x, f_y - độ võng thành phần của xà gỗ trong 2 mặt phẳng tác dụng của tải trọng.

- Khi có hệ giằng: chỉ cần kiểm tra trong mặt phẳng tác dụng của q_y , nên độ võng của xà gỗ $f = f_y$.

7.4.2.2. Xà gỗ tiết diện rỗng

Xà gỗ tiết diện rỗng được sử dụng khi bước dàn vì kèo lớn ($\geq 12m$).

Xà gỗ có dạng dàn độc lập, thường là loại dàn có cánh song song, tiết diện các thanh dàn có thể là một thanh thép góc, hai thanh thép góc ghép lại hoặc thép tròn có đường kính $\phi = 8 \div 12mm$.

Xà gỗ tiết diện rỗng có ưu điểm vượt được nhịp lớn và trọng lượng nhẹ nhưng tốn công chế tạo và chịu uốn xiên không tốt.

Xà gỗ rỗng được tính như dàn thông thường.

7.4.3. Đặc điểm tính toán dàn mái

7.4.3.1. Sơ đồ dàn

- Các dạng dàn: có nhiều dạng dàn vì kèo, như dạng dàn tam giác, dàn hình thang, dàn có cánh song song... Khi chọn hình dáng dàn vì kèo phải chú ý đến các yêu cầu về sử dụng và công nghệ.

- Liên kết giữa dàn vì kèo và cột phụ thuộc hình dạng dàn và số nhịp nhà, có hai dạng liên kết:

+ Liên kết cứng: thường sử dụng với dàn hình thang, nhà 1 nhịp để tăng độ cứng khung ngang.

+ Liên kết khớp: thường sử dụng với dạng dàn tam giác hoặc dàn hình thang trong nhà nhiều nhịp.

- Nhịp danh nghĩa của dàn là khoảng cách giữa 2 trục định vị.

Nhịp của dàn vì kèo thường chọn theo môđun:

+ Khi $L_{\text{dàn}} < 18m \rightarrow L_{\text{dàn}} = 3n \text{ (m)}$

+ Khi $L_{\text{dàn}} \geq 18m \rightarrow L_{\text{dàn}} = 6n \text{ (m)}$

Nên nhịp dàn thường có các kích thước: $L = 12, 15, 18, 24, 30, 36 \dots$ (m).

Trong trường hợp đặc biệt có thể dùng $L = 21, 27, 33$ (m). Nhịp tính toán thực tế của dàn là khoảng cách giữa 2 trọng tâm truyền phản lực gối tựa.

- Chiều cao dàn:

+ Chiều cao giữa dàn:

Đối với dàn hình thang và dàn có cánh song song:

$$h = \left(\frac{1}{8} \div \frac{1}{10} \right) L$$

Đối với dàn tam giác thì chiều cao giữa dàn phụ thuộc độ dốc.

+ Chiều cao đầu dàn: h_0 phụ thuộc chiều cao giữa dàn h và độ dốc i :

$$h_0 = \left(\frac{1}{15} \div \frac{1}{20} \right) L$$

Thông thường với dàn hình thang lấy $h_0 = 2,2m$, với dàn hình thang nhọn lấy $h_0 = 0,45m$.

Hệ thanh bụng của dàn được bố trí để các nút trùng với vị trí đặt tải (vị trí liên kết dàn với xà gỗ hoặc chân panen), vì vậy khoảng cách giữa các nút dàn phụ thuộc kích thước tấm lợp (thường bằng 3m), trong trường hợp không trùng có thể dùng hệ thanh bụng phân nhỏ. Góc nghiêng hợp lý của thanh bụng là $\alpha = 35 \div 55^\circ$.

7.4.3.2. Tải trọng tác dụng lên dàn

Tải trọng tác dụng lên dàn được dồn thành lực tập trung tác dụng vào nút dàn.

a) Tải trọng thường xuyên (tĩnh tải)

Bao gồm: - Trọng lượng các lớp mái;

- Trọng lượng bản thân của dàn và giằng;

- Trọng lượng cửa mái.

b) Hoạt tải sửa chữa mái

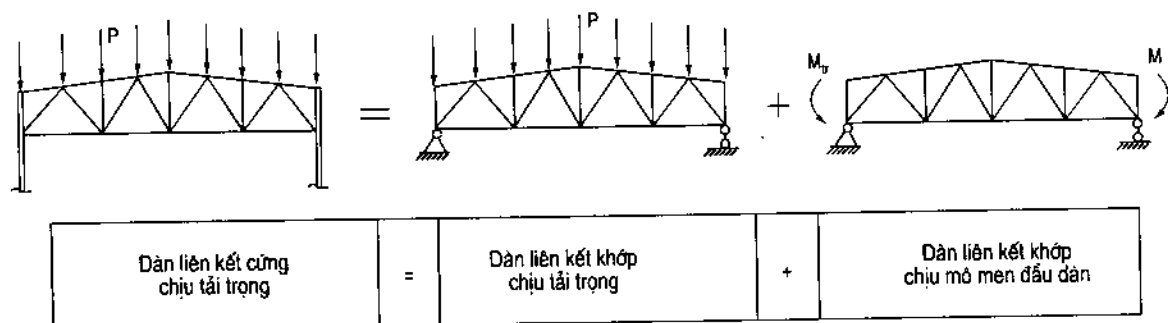
Chú ý:

- Các tải trọng được quy về thành lực tập trung đặt tại nút dàn.

- Trong trường hợp khoang dàn rộng hơn bề rộng tấm lợp thì lực tác dụng đặt ngoài nút nên thanh cánh trên chịu nén uốn. Để tránh uốn cục bộ cho thanh cánh trên có thể dùng dàn phân nhỏ.

- Trường hợp dàn liên kết cứng với cột, ngoài những tải trọng đặt tại nút, dàn còn chịu mômen tác dụng đầu dàn. Mômen này được phân thành ngẫu lực: $H = \frac{M}{h_0}$

Trong trường hợp này, dùng nguyên lý cộng tác dụng ta có sơ đồ tính dàn liên kết cứng với cột như sau:



Hình 7.21: Sơ đồ tính nội lực dàn vì kèo

7.4.3.3. Nội lực dàn

Tổ hợp các trường hợp tải trọng để tìm nội lực nguy hiểm.

- Tính với hoạt tải sửa chữa mái với hai trường hợp:

- + Hoạt tải đặt trên nửa dàn;
- + Hoạt tải đặt trên cả dàn.

- Tính mômen đầu dàn có thể có hoặc không (vì mômen đầu dàn là do các hoạt tải như gió, cầu trục... gây ra, mà các tải trọng này thì có thể lúc có lúc không), nên chỉ kể đến với những thanh mà nó làm tăng nội lực cho thanh.

Trong mỗi tổ hợp chỉ có mặt nhiều nhất 1 cặp mômen đầu dàn.

- Khi trong tổ hợp có từ 2 hoạt tải ngắn hạn trở lên thì các hoạt tải này được nhân với hệ số tổ hợp $n_c = 0,9$.

- Trường hợp tính đến gió bốc mái, trọng lượng bản thân sẽ được nhân với hệ số vượt tải $n = 0,9$.

7.4.3.4. Chiều dài tính toán các thanh dàn và chọn tiết diện thanh xem lại chương dàn thép.

7.4.4. Tính liên kết dàn và cột

Trong phần này chỉ xét trường hợp liên kết giữa dàn và cột là liên kết cứng. Như vậy, gối tựa cứng của dàn phải được cấu tạo để có thể truyền được cả phản lực đứng và lực ngang.

7.4.4.1. Cấu tạo

Gối tựa bao gồm:

- Bản gối
- Gối đỡ
- Bulông

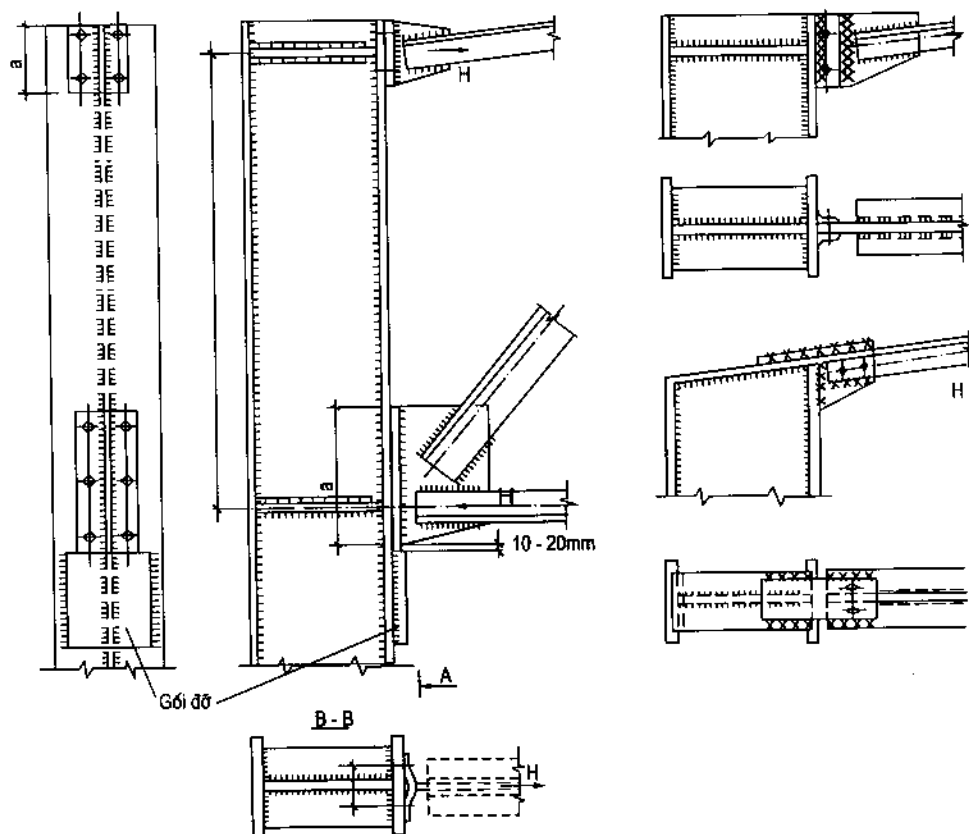
(Ở vị trí đầu dàn, trục các thanh dàn hội tụ tại mép trong cột)

- Các thanh dàn liên kết với nhau qua bản mã

- Nút dần liên kết với cột qua bản gối.
- Bản gối liên kết với cột bằng các bulông.

(Trong các xưởng có chế độ làm việc nặng nên dùng đinh tán hoặc dần dưng lắp vì trong trường hợp này êcu dễ bị lỏng khi chịu tác dụng lực động nhiều).

- Ở các chỗ có lực H (trục cách trên và cách dưới dần), bản bụng cột được gia cường bằng các sườn ngang, nhờ đó mà cánh cột trở nên khá cứng.



Hình 7.22: Nút gối tựa của dầm lên cột (liên kết cứng)

a) Liên kết thông thường; b) Các phương án liên kết nút trên khi lực kéo lớn.

7.4.4.2. Tính toán

- Bản gối:

+ Chiều dày bản gối được lấy theo cấu tạo $\delta = 16 \div 20\text{mm}$ và phải thỏa mãn điều kiện ép mặt tại vị trí giữa bản gối và gối đỡ:

$$A_{bg} \geq \frac{V_A}{R_{em}}$$

Trong đó: R_{em} - cường độ tính toán ép mặt từ đầu của thép;

V_A - phản lực.

+ Khi lực H có chiều tách bản gối ra khỏi cột thì bản gối còn được kiểm tra chịu uốn với sơ đồ là bản ngàm 2 cạnh vào 2 hàng bulông có nhịp là b.

Ta có công thức kiểm tra ứng suất trong bản:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{Hb}{8} \cdot \frac{a\delta^2}{6} = \frac{3Hb}{4a\delta^2} < \gamma R$$

Trong đó: a, δ - chiều dài và chiều dày bản gối.

Ngoài ra, chiều cao bản gối còn phụ thuộc việc tính toán đường hàn liên kết bản mã vào bản gối.

- Bulông:

+ Mất trên: bulông nên bố trí đối xứng với tâm của mất. Mỗi bulông chịu 1 lực đều nhau $\frac{H}{n}$ (n - số bulông của liên kết).

+ Mất dưới: tính với lực H kéo tách bản gối ra khỏi cột. Lúc này, dưới tác dụng của lực H liên kết sẽ quay quanh bulông ở xa lực H nhất. (Thông thường, tâm của liên kết bulông ở cao hơn trục cánh dưới - trục của lực H nên đến trạng thái giới hạn, liên kết sẽ quay quanh hàng bulông trên cùng).

Lực kéo trong các bulông phân phối theo hình tam giác, bulông dưới cùng chịu lực nhiều nhất:

$$N_b = \frac{HZa_i}{2 \sum a_i^2}$$

Kiểm tra điều kiện chịu lực của bulông:

$$N_b < [N]_k$$

Trong đó: $[N]_k$ - khả năng chịu kéo của 1 bulông:

$$[N]_k = \frac{\pi d_o^2}{4} R_k^b;$$

d_o - đường kính trong ren của bulông;

R_k^b - cường độ chịu kéo tính toán của bulông.

- Tính liên kết hàn:

+ Đường hàn liên kết bản mã vào bản gối ở nút trên: Tại nút này, chỉ có lực H đặt đúng trọng tâm bản gối, đường hàn được kiểm tra theo công thức:

$$\tau_h = \frac{H}{2h_h a} < \gamma (BR_g)_{\min}$$

+ Đường hàn liên kết bản mã vào bản gối ở nút dưới: Tại nút này, bản gối chịu đồng thời cả phản lực V_A và lực ngang H, đường hàn được kiểm tra theo công thức:

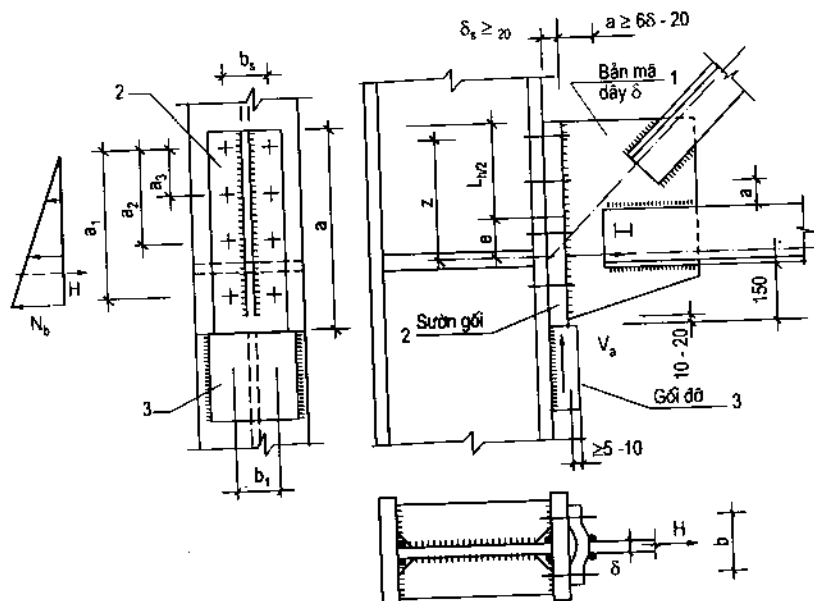
$$\tau_{hv} = \sqrt{\tau_{hv}^2 + \tau_{hH}^2} \leq \gamma(\beta R_g)_{\min}$$

Trong đó:

$$\tau_{hv} = \frac{V_A}{2h_h l_h}; \quad \tau_{hH} = \frac{H}{2h_h l_h} + \frac{6H_e}{2h_h l_h} = \frac{H}{2F_h} + \frac{H_e}{2W_h};$$

e - khoảng cách từ lực H đến trọng tâm bản gối;

l_h, h_h - chiều dài và chiều cao đường hàn.



Hình 7.23: Nút dưới liên kết cứng giữa dầm và cột

+ Đường hàn liên kết gối đỡ vào cột (2 đường hàn)

Mỗi đường hàn chịu 2/3 phản lực V_A :

$$\frac{2}{3} V_A \leq \gamma(\chi R_g)_{\min}$$

7.5. CỘT THÉP NHÀ CÔNG NGHIỆP

7.5.1. Phân loại

Theo hình dạng, có thể chia cột nhà công nghiệp thành 2 loại:

- Cột tiết diện không thay đổi;
- Cột tiết diện thay đổi (cột bậc).

7.5.1.1. Cột tiết diện không thay đổi

- Đặc điểm: bao gồm nhánh cột và dầm vai consol đỡ dầm cầu trục.

Tiết diện cột có thể là đặc hoặc rỗng, trong đó tiết diện đặc được sử dụng nhiều hơn cả do cột loại này thường dùng để chịu tải trọng không lớn lắm.

- Ưu điểm:

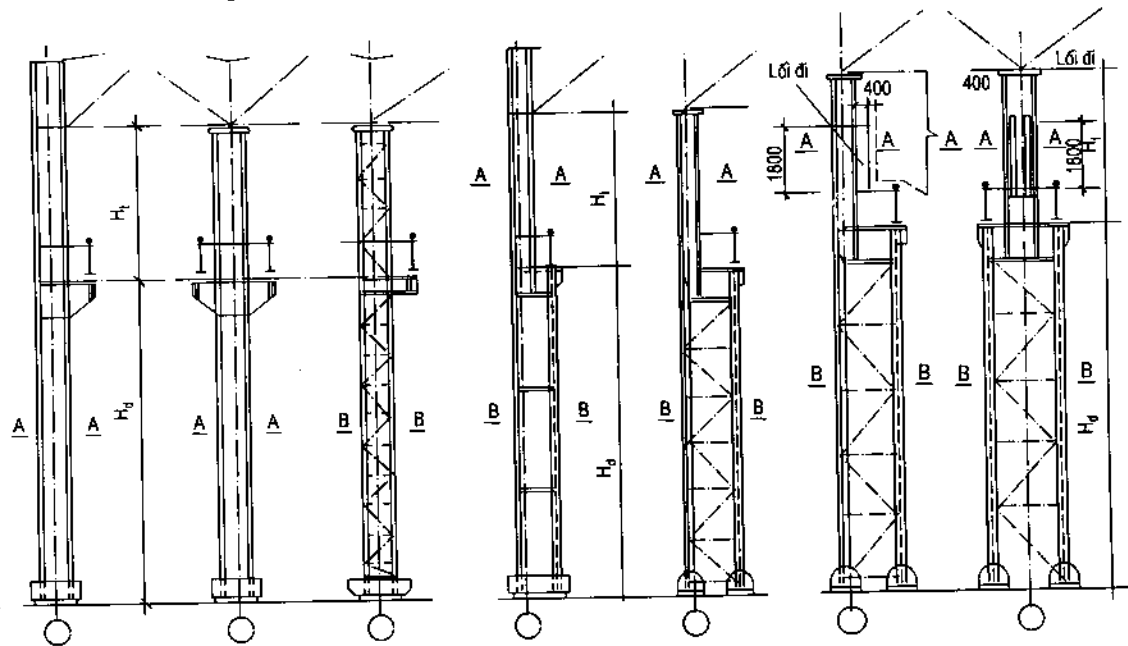
- + Cấu tạo đơn giản.
- + Dễ chế tạo.

- Nhược điểm:

Nhược điểm lớn nhất của loại cột này là chịu lực không hợp lý nên không tiết kiệm vật liệu.

- Phạm vi sử dụng:

- + Nhà xưởng có cầu trục sức nâng $Q < 15 \div 20T$ hoặc xưởng không có cầu trục.
- + Nhà xưởng có chiều cao cột $< 10m$.



Hình 7.24: Các dạng cột nhà công nghiệp

7.5.1.2. Cột bậc

- Đặc điểm: Vai cột là vị trí thay đổi tiết diện.

Tiết diện cột cũng có hai dạng đặc và rộng. Phần cột trên thường sử dụng tiết diện đặc, phần cột dưới sử dụng tiết diện đặc (khi chiều rộng cột nhỏ hơn 1m) hoặc tiết diện rộng.

- Ưu điểm: Tiết kiệm vật liệu do chịu lực hợp lý.

- Nhược điểm: Việc chế tạo cột phức tạp hơn nhiều so với cột tiết diện không thay đổi. Vì vậy chỉ nên thay đổi tiết diện cột 1 lần.

- Phạm vi sử dụng: Cột bậc hiện nay là loại cột chủ yếu trong các khung nhà thép.

7.5.2. Cấu tạo và tính toán cột

Cột nhà công nghiệp là cấu kiện chịu nén lệch tâm, tùy vào sự liên kết của cột với các kết cấu khác mà xác định được nội lực, chiều dài tính toán trong và ngoài mặt phẳng khung.

7.5.2.1. Chiều dài tính toán của cột

a) Trong mặt phẳng khung

• Cột tiết diện không đổi $l_x = \mu l$

Trong đó:

l - chiều dài hình học của cột, tính từ mặt móng đến mép dưới xà ngang;

μ - hệ số quy đổi chiều dài tính toán, phụ thuộc liên kết 2 đầu cột và tỉ số độ cứng đơn vị giữa xà và cột (K - thể hiện mức độ ngàm của đầu trên cột với xà ngang).

$$K = \frac{i_x}{i_c} \quad \text{với} \quad i_x = \frac{J_x}{L} \quad \text{và} \quad i_y = \frac{J_c}{H}$$

Trong đó: J_x , L , J_c , H - mômen quán tính của tiết diện và chiều dài tương ứng của xà và cột).

Trị số μ được tra bảng 7.1.

Bảng 7.1. Giá trị hệ số μ đối với cột tiết diện không đổi có đầu trên liên kết cứng

Liên kết đầu dưới của cột với móng	Trị số μ khi K bằng							
	0	0,2	0,3	0,5	1	2	3	> 10
Cứng	2	1,5	1,4	1,28	1,16	1,08	1,06	1
Khớp		3,42	4,0	2,63	2,33	2,17	2,11	2

• Cột bậc:

Đối với cột bậc, chiều dài tính toán được xác định riêng cho từng đoạn cột:

- Đoạn cột dưới: $l_{x1} = \mu_1 H_d$

- Đoạn cột trên: $l_{x2} = \mu_2 H_t$

Trong đó: μ_1 , μ_2 phụ thuộc liên kết 2 đầu cột và tỉ số độ cứng đơn vị giữa các đoạn cột và lực tác dụng.

Có thể chia ra các dạng sơ đồ khung nhà như sau:

+ Với khung nhà 1 tầng, 1 nhịp: μ_1 phụ thuộc 2 thông số K_1 và C :

$$K_1 = \frac{i_2}{i_1}$$

Trong đó: i_1 , i_2 - độ cứng đơn vị các đoạn cột $i_1 = \frac{J_1}{H_d}$; $i_2 = \frac{J_2}{H_t}$;

$$C = \frac{H_t}{H_d} \sqrt{\frac{J_1}{J_2 t}};$$

$$t - \text{tỉ số giữa lực dọc của cột dưới và cột trên: } t = \frac{N_1}{N_2} = \frac{P_1 + P_2}{P_2}$$

$$\mu_2 \text{ phụ thuộc } \mu_1 \text{ và } C: \mu_2 = \frac{\mu_1}{C} \leq 3.$$

Khi $\mu_2 > 3$ thì vẫn lấy bằng 3.

- Với khung nhà 1 tầng, nhiều nhịp: khi $\frac{H_1}{H_d} < 0,6$ và $t = \frac{N_1}{N_2} > 3$

Do μ_1, μ_2 biến thiên ít nên cho phép lấy theo bảng 7-2.

Bảng 7.2. Hệ số quy đổi chiều dài tính toán của cột nhà công nghiệp một tầng

Điều kiện liên kết ở đầu cột	Hệ số μ_1		Hệ số μ_2
	$0,3 > (J_2/J_1) > 0,1$	$0,1 > (J_2/J_1) > 0,05$	
1. Đầu tự do (khung một nhịp, dàn liên kết khớp với cột)	2,5	3	3
2. Đầu không quay được (khung một nhịp, dàn liên kết cứng với cột)	2	2	3
3. Đầu tựa khớp cố định (khung nhiều nhịp dàn liên kết khớp với cột)	1,6	2	2,5
4. Đầu ngàm cố định (khung nhiều nhịp dàn liên kết cứng với cột)	1,2	1,5	2

+ Các trường hợp khác việc tính toán μ_1, μ_2 rất phức tạp nhưng có thể tính gần đúng như sau:

- Coi cột chỉ chịu tác dụng của lực P_1 , xác định được lực tới hạn P_{1th} :

$$P_{1th} = \frac{\pi^2 E J_1}{(\mu_{11} H_d)^2}$$

Trong đó: μ_{11} - hệ số quy đổi chiều dài tính toán cột dưới khi chỉ chịu tác dụng của P_1 .

- Coi cột chỉ chịu tác dụng của lực P_2 , xác định được lực tới hạn P_{2th} :

$$P_{2th} = \frac{\pi^2 E J_1}{(\mu_{12} H_d)^2}$$

Trong đó: μ_{12} - hệ số quy đổi chiều dài tính toán cột dưới khi chỉ chịu tác dụng của P_2 .

- Khi cột chịu tác dụng của cả P_1 và P_2 , ta có:

$$(P_1 + P_2)_{th} = \frac{\pi^2 E J_1}{(\mu_1 H_d)^2}$$

Kết hợp với điều kiện ổn định của cột:

$$\frac{P_1}{P_{1th}} < 1; \frac{P_2}{P_{2th}} < 1 \text{ và } \frac{P_1}{P_{1th}} + \frac{P_2}{P_{2th}} < 1$$

Thay $P_2 = \frac{P_1}{t-1}$, ta được:

$$P_1 \left[\frac{\mu_{11}^2}{\pi^2 E J_1} + \frac{\mu_{12}^2}{\pi^2 E J_1 (t-1)} \right] < 1$$

Mà:

$$P_1 + P_2 = \frac{P_1 t}{t-1}$$

Vậy:

$$P_1 = \frac{(P_1 + P_2)(t-1)}{t}$$

Thay vào công thức trên ta có:

$$\mu_1 = \sqrt{\frac{\mu_{11}^2 (t-1) + \mu_{12}^2}{t}}$$

$$\mu_2 = \frac{\mu_1}{C} < 3$$

b) Ngoài mặt phẳng khung: (mặt phẳng vuông góc với mặt phẳng khung)

Trong mặt phẳng này, độ cứng của cột bé, liên kết 2 đầu được coi như khớp, nên chiều dài tính toán lấy bằng khoảng cách giữa các vị trí cột được cố định không di chuyển dọc nhà.

• Với cột không thay đổi tiết diện:

- Nếu các dầm cầu chạy 2 bên được nối liền thành 1 gối tựa cứng và được cố định bằng hệ giằng đứng giữa cột thì l_y bằng khoảng cách từ đế cột đến dầm hãm. Ngược lại, l_y , bằng khoảng cách giữa đế cột đến hệ giằng dọc ở cánh dưới xà.

- Đối với cột dầm ngoài cùng, nếu có dầm tường liên kết chặt vào cột thì l_y bằng khoảng cách giữa các dầm tường chịu lực.

• Với cột bậc:

- Cột trên: l_{y2} bằng khoảng cách từ mặt trên dầm cầu trục đến cánh dưới vì kèo.

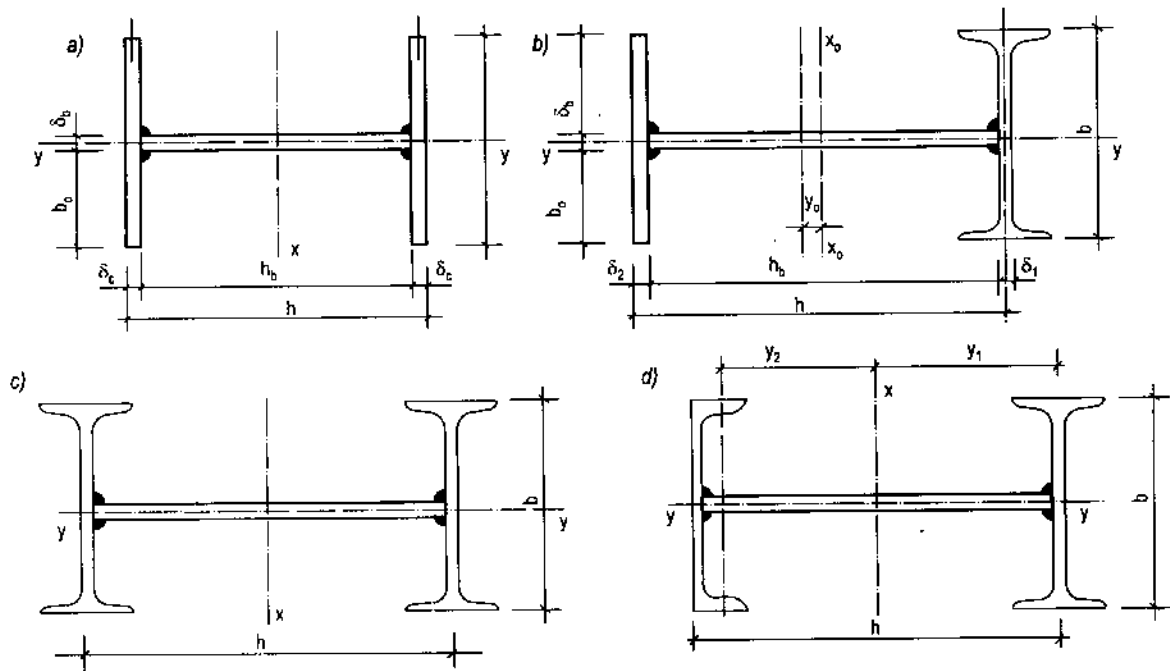
- Cột dưới: l_{y1} bằng khoảng cách từ mặt móng đến mép dưới dầm cầu trục.

- Nếu có các thanh chống dọc thì l_{y1} bằng khoảng cách giữa các thanh chống.

7.5.2.2. Thiết kế tiết diện cột

a) Cột tiết diện đặc

Dạng chữ I định hình hoặc tổ hợp, thường sử dụng dạng chữ I tổ hợp hàn. Có 2 loại tiết diện: chữ I đối xứng và không đối xứng (thường dùng cho phần cột dưới của cột tiết diện không đối).



Hình 7.25: Dạng tiết diện cột đặc

Cột nhà công nghiệp là kết cấu chịu nén lệch tâm. Vì vậy, phải tính toán với các điều kiện bền, ổn định tổng thể (trong và ngoài mặt phẳng uốn), ổn định cục bộ các bản thép (nếu sử dụng dạng tiết diện tổ hợp).

- Điều kiện ổn định tổng thể:

+ Trong mặt phẳng khung:
$$\sigma = \frac{N}{\varphi_{lt} A_{ng}} \leq \gamma R$$

Trong đó:

φ_{lt} - Hệ số ổn định tổng thể của cột nén lệch tâm (Tra bảng PLII-2);

φ_{lt} phụ thuộc độ lệch tâm quy đổi m_1 và độ mảnh quy đổi $\overline{\lambda}_x$, m_1 và $\overline{\lambda}_x$ được xác định theo các công thức:

$$m_1 = \eta m_x$$

Với m_x - Độ lệch tâm tương đối

$$m_x = \frac{e_x}{\zeta_x} = \frac{\frac{M_x}{N}}{\frac{W_x}{A_{ng}}} = \frac{M_x}{N} \frac{A_{ng}}{W_x}$$

η - Hệ số kể đến ảnh hưởng của hình dáng tiết diện đến sự tăng biến dạng dẻo (Tra bảng Phụ lục II-4).

$$\overline{\lambda}_x = \lambda_x \sqrt{\frac{R}{E}}$$

+ Ngoài mặt phẳng khung:

Cột chịu nén đúng tâm nên được kiểm tra theo công thức:

$$\sigma = \frac{N}{C\varphi_y A_{ng}} \leq \gamma R$$

Trong đó:

φ_y - Hệ số uốn dọc của thanh nén đúng tâm (Tra bảng Phụ lục II-1), phụ thuộc λ_y .

C- Hệ số kể đến ảnh hưởng của mômen trong mặt phẳng uốn đến ổn định ngoài mặt phẳng uốn của cột ($C < 1$), được xác định theo các trường hợp:

Khi $\begin{cases} m_x \leq 5 \\ m_x \geq 10 \end{cases}$ có: $C = \frac{\beta}{1 + \alpha m_x}$

Với: $m_x \leq 5$: α và β tra bảng

Với: $m_x \geq 10$: $\beta = 1$; $\alpha = \frac{\varphi_y}{\varphi_d}$

Trong đó: φ_d - Hệ số ổn định tổng thể của dầm - Xem lại phần ổn định tổng thể dầm hình.

Khi $5 < m_x < 10$, có:

$$C = C_5(2 - 0,2m_x) + C_{10}(0,2m_x - 1)$$

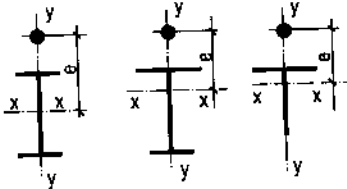
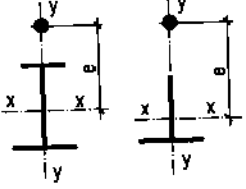
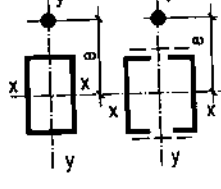
Trong đó: C_5, C_{10} - Giá trị của C ứng với $m_x = 5$ và $m_x = 10$.

Chú ý: Khi xác định m_x , giá trị mô men được lấy phụ thuộc sơ đồ cột:

. Lấy giá trị lớn nhất tại ngàm nếu là cột consol.

. Lấy giá trị lớn nhất trong 1/3 đoạn giữa cột cho các sơ đồ khác.

Bảng 7.3: Hệ số α và β

Hệ số α, β khi		Tiết diện hở dạng chữ I và chữ T		Tiết diện kín
				
α	$\begin{matrix} m_x \leq 1 \\ 1 < m_x \leq 5 \\ m_x > 5 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 0,7 \\ 0,65 + 0,005m_x \\ 0,9 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 1 - 0,3I_2/I_1 \\ 1 - (0,35 - 0,05m_x)I_2/I_1 \\ 1 - 0,1I_2/I_1 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 0,6 \\ 0,55 + 0,05m_x \\ 0,8 \end{matrix}$
β	$\begin{matrix} \lambda_y \leq \lambda_c \\ \lambda_y > \lambda_c \end{matrix}$	$\begin{matrix} 1 \\ \sqrt{\varphi_c / \varphi_y} \end{matrix}$	$\begin{matrix} 1 \\ 1 - (1 - \sqrt{\varphi_c / \varphi_y})(2I_2 / I_1 - 1) \\ \text{khi } I_2/I_1 < 0,5, \beta = 1 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 1 \\ \sqrt{\varphi_c / \varphi_y} \end{matrix}$

- Điều kiện bền:

(Chỉ kiểm tra khi tiết diện nguy hiểm của cột có giảm yếu lớn hoặc khi $m_1 > 20$).

$$\frac{N}{A_{th}} + \frac{M_x}{W_{xth}} + \frac{M_y}{W_{yth}} \leq \gamma R$$

Trong đó:

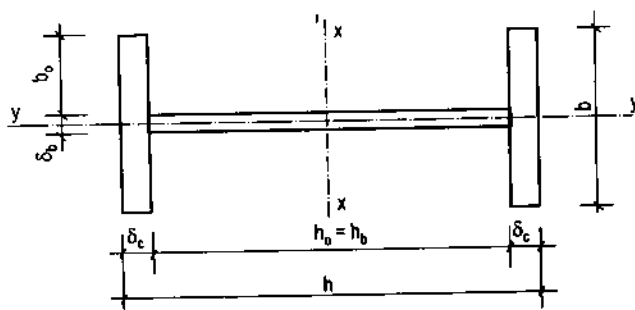
N, M_x - Lực dọc và mômen uốn trong mặt phẳng khung.

M_y - Mômen uốn ngoài mặt phẳng khung.

A_{th}, W_{xth}, W_{yth} - Diện tích tiết diện thực, mômen kháng uốn của tiết diện thực đối với trục x-x và y-y.

- Điều kiện ổn định cục bộ:

(Chỉ kiểm tra khi sử dụng cột tiết diện tổ hợp).



Hình 7.26: Cột tiết diện đặc.

+ Bản cánh: Điều kiện ổn định cục bộ bản cánh được kiểm tra theo công thức:

$$\frac{b_o}{\delta_c} \leq \left[\frac{b_o}{\delta_c} \right]$$

Trong đó:

b_o - Phần nhô ra của bản cánh.

δ_c - Chiều dày bản cánh.

$\left[\frac{b_o}{\delta_c} \right]$ - Độ mảnh giới hạn của phần bản nhô ra. Lấy theo bảng 5-3 (phần ổn định cục bộ của dầm tổ hợp).

+ Bản bụng: Điều kiện ổn định cục bộ bản bụng cột được kiểm tra theo công thức:

$$\frac{h_o}{\delta_b} \leq \left[\frac{h_o}{\delta_b} \right]$$

Trong đó: $\left[\frac{h_o}{\delta_b} \right]$ - Độ mảnh giới hạn của bản bụng, được xác định như sau:

. Khi điều kiện ổn định tổng thể trong mặt phẳng khung quyết định khả năng chịu lực của cột, giá trị $\left[\frac{h_0}{\delta_b} \right]$ được xác định như trong bảng 7.4.

(Khi $0,3 < m < 1 \rightarrow$ nội suy).

Bảng 7.4. Độ mảnh giới hạn của bản bụng cột chịu nén lệch tâm

Độ lệch tâm tương đối	Giá trị $[h_0/\delta_b]$ thì $\bar{\lambda}$ của cột	
	$\bar{\lambda} < 0,8$	$\bar{\lambda} > 0,8$
$m \leq 0,3$	$\sqrt{E/R}$	$(0,36 + 0,8\lambda)\sqrt{E/R} \leq 1,9\sqrt{E/R}$
$m \geq 1$	$1,3\sqrt{E/R}$	$(0,9 + 0,85\lambda)\sqrt{E/R} \leq 3,1\sqrt{E/R}$

. Khi điều kiện bền hoặc điều kiện ổn định tổng thể ngoài mặt phẳng khung quyết định khả năng chịu lực của cột thì $\left[\frac{h_0}{\delta_b} \right]$ được xác định phụ thuộc giá trị α , với α là hệ số biểu thị sự phân bố ứng suất pháp trên bản bụng :

$$\alpha = \frac{\sigma - \sigma'}{\sigma}$$

Trong đó:

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M}{J_x} y_n; \quad \sigma' = \frac{N}{A} - \frac{M}{J_x} y_k$$

y_n, y_k - Khoảng cách từ trọng tâm tiết diện đến mép chịu nén nhiều và mép chịu nén ít hoặc chịu kéo của bản bụng.

Nếu $\alpha \leq 5 : \left[\frac{h_0}{\delta_b} \right]$ tính theo bảng 7.4.

Nếu $\alpha \geq 1$: (Phải kể đến ảnh hưởng của τ)

$$\left[\frac{h_0}{\delta_b} \right] = 4,35 \sqrt{\frac{(2\alpha - 1)E}{\sigma(2 - \alpha) + \sqrt{\alpha^2 - 4\beta^2}}} \leq 3,8\sqrt{E/R}$$

Trong đó: $\beta = 1,4 \frac{(2\alpha - 1)\tau}{\sigma}$

$\tau = \frac{Q}{h_b \delta_b}$ - Ứng suất tiếp trung bình tại tiết diện đang khảo sát.

Q- Lực cắt trên tiết diện.

Nếu $0,5 < \alpha < 1 \rightarrow$ Nội suy.

. Khi điều kiện cường độ quyết định khả năng chịu lực của cột và có $\frac{N}{A_{th}R} < 0,1$ thì cột

chịu uốn là chính. Lúc này, tính toán điều kiện ổn định cục bộ giống bản bụng dầm.

Chú ý: Nếu điều kiện ổn định cục bộ không thỏa mãn, phải gia cường bản bụng bằng dôi sườn dọc cột hoặc tăng chiều dày bản bụng (nên tăng δ_b và giảm δ_c , b_c vì đặt sườn dọc rất phức tạp).

• Các bước thiết kế tiết diện cột đặc:

- Chọn sơ bộ kích thước tiết diện:

Chiều cao tiết diện:
$$h = \left(\frac{1}{8} \div \frac{1}{14} \right) l_c$$

Chiều rộng tiết diện:
$$b = \begin{cases} \left(\frac{1}{20} \div \frac{1}{30} \right) l_c \\ (0,3 \div 0,5) h \end{cases}$$

Trong đó: l_c - Chiều dài cột.

- Xác định độ lệch tâm:
$$e = \frac{M}{N} \text{ (cm)}$$

Tính sơ bộ diện tích yêu cầu của tiết diện cột (sử dụng công thức gần đúng):

$$A_{yc} = \frac{N}{\gamma R} \left[1,25 + (2,2 \div 2,8) \frac{e}{h} \right]$$

Chọn các kích thước tiết diện:

Dựa vào diện tích yêu cầu: $A_{yc} = \delta_b h_b + 2b_c \delta_c$ và các yêu cầu cấu tạo, chọn các kích thước tiết diện cột:

$$\frac{h}{\delta_b} = 60 \div 120 ; \quad \frac{b}{\delta_c} = (28 \div 35) \frac{2100}{R}$$

- Kiểm tra tiết diện đã chọn theo các điều kiện:

+ Điều kiện bền

+ Điều kiện ổn định tổng thể

+ Điều kiện ổn định cục bộ.

b) Cột tiết diện rỗng:

• Cấu tạo: Gồm 2 nhánh.

- Với cột biên:

+ Nhánh mái: Để liên kết phẳng với cánh ngoài của phần cột trên.

+ Nhánh cầu trục: Để đỡ dầm cầu trục.

- Với cột giữa:

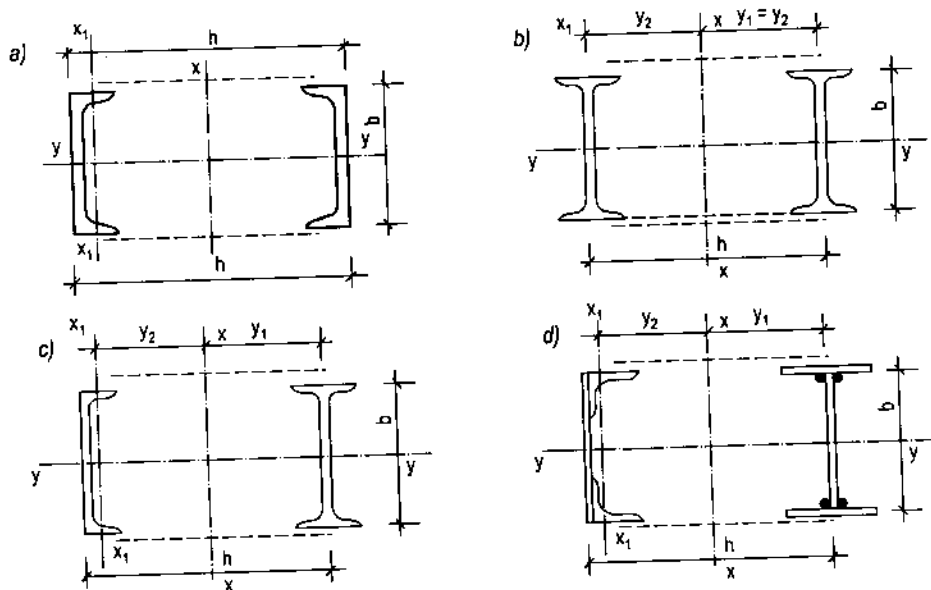
Do có tiết diện đối xứng nên được cấu tạo như hai nhánh cầu trục của cột biên.

Hai nhánh cột được liên kết với nhau bằng các thanh giằng (ít khi dùng bản giằng vì nhà công nghiệp có lực cắt lớn).

Góc nghiêng các thanh giằng: $\alpha = 30^\circ \div 60^\circ$ (hợp lý nhất là $\alpha = 45^\circ$).

Các nhánh cột có thể được làm từ thép hình hoặc tổ hợp từ các thép hình và các bản thép.

Các dạng tiết diện:



Hình 7.27: Các dạng tiết diện cột rộng.

• Tính toán:

Phần cột trên tính theo tiết diện đặc đã nêu ở trên. Trong phần này chỉ trình bày cách tính toán phần cột dưới có tiết diện rộng.

Cột rộng được tính theo 2 cách:

Tính như một dầm có cánh song song để bảo đảm độ bền cho từng thanh riêng rẽ (nhánh và giằng).

Tính như một thanh rộng chịu nén uốn để bảo đảm độ ổn định của toàn bộ cột.

(Thí nghiệm cho thấy cách tính cột như một dầm gần với thực tế hơn nhưng vẫn phải kiểm tra ổn định theo cách thứ 2, do đó tính cột phải theo cả hai phương pháp).

- Theo cách thứ nhất: Mômen và lực dọc tác dụng lên phần dưới cột sẽ truyền qua dầm vai cầu trục xuống 2 nhánh. Mỗi nhánh được tính như cột đặc chịu nén đúng tâm, lực dọc lớn nhất trong mỗi nhánh là:

$$N_{nh} = \frac{N}{y_o} y + \frac{M_x}{y_o}$$

Trong đó:

y_o - Khoảng cách trọng tâm 2 nhánh;

y - Khoảng cách từ trọng tâm tiết diện đến trọng tâm nhánh tính toán (lấy dấu “+” khi mô men gây nén và dấu “-” khi mô men gây kéo).

Kiểm tra ổn định tổng thể của từng nhánh theo công thức:

$$\sigma = \frac{M}{\varphi_{min} A} \leq \gamma R$$

Trong đó: φ_{min} - Hệ số uốn dọc nhỏ nhất, lấy theo λ_{max} của cột.

Chú ý: Chiều dài tính toán của nhánh trong mặt phẳng khung bằng l_x , chiều dài tính toán của nhánh ngoài mặt phẳng khung bằng chiều dài đoạn cột.

- Tính theo cách thứ 2: (Tính ổn định toàn bộ cột).

Ổn định tổng thể cột tính đối với trục ảo (x-x) được kiểm tra theo công thức:

$$\sigma = \frac{M}{\varphi_{lt} A_{ng}} \leq \gamma R$$

Trong đó:

φ_{lt} tra bảng Phụ lục II-2, phụ thuộc λ_{td} , đối với cột nhà công nghiệp (2 nhánh)

$$\lambda_{td} = \sqrt{\lambda_x^2 + k \frac{A}{A_b}}$$

A_b - Tổng diện tích tiết diện các thanh bụng xiên ở 2 mặt rộng của cột trên cùng 1 tiết diện. (Nếu dùng thép góc làm thanh giằng thì $A_b = 2A_x$).

k - Hệ số phụ thuộc α (tra bảng 4-5), hoặc tính bằng công thức:

$$k = \frac{\pi^2}{\sin^2 \alpha \cdot \cos \alpha}$$

λ_x - Độ mảnh ban đầu của cột rộng đối với trục ảo x-x.

Ổn định tổng thể cột tính đối với trục thực (y-y) đã được xét đến khi tính các nhánh cột.

• Các bước thiết kế tiết diện cột rộng:

Chọn cặp nội lực nguy hiểm cho từng nhánh cột:

+ Nhánh cầu trục (M_1, N_1)

+ Nhánh mái (M_2, N_2)

(Theo bảng tổ hợp nội lực)

Giả thiết: $y_o \approx h$

Thường lấy: $y_2 = (0,45 \div 0,5)h \rightarrow y_1 \approx 0,55h; \quad y_2 = 0,45h$

- Sơ bộ xác định lực tác dụng vào mỗi nhánh cột:

+ Nhánh mái:
$$N_{II} = \frac{N_2 y_2}{h} + \frac{M_2}{h}$$

+ Nhánh cầu trục:
$$N_I = \frac{N_1 y_1}{h} + \frac{M_1}{h}$$

- Chọn tiết diện các nhánh (theo cấu kiện chịu nén đúng tâm).

Giả thiết $\varphi = 0,7 \div 0,9$ (Nếu $N > 100T \rightarrow \varphi = 0,6$)

$$\rightarrow A_{yc}^{nh} = \frac{N_{nh}}{\varphi \gamma R}$$

Kết hợp các yêu cầu cấu tạo để chọn tiết diện nhánh phù hợp.

- Xác định vị trí trọng tâm từng nhánh.

(Ví dụ: Nhánh cầu trục có tiết diện chữ I $\rightarrow$ tiết diện đối xứng do đó trọng tâm nhánh trùng với trọng tâm bản bụng).

Nhánh mái có tiết diện $[\]$, phải xác định trọng tâm theo phương pháp của sức bền vật liệu (nếu dùng thép định hình thì tra bảng số hiệu thép) $\rightarrow y_0 = h - Z_0$.

- Tính các đặc trưng hình học của mỗi nhánh:

$$J_{x1}, J_{y1}, A_1, i_{x1}, i_{y1} \rightarrow \lambda_{x1}, \lambda_{y1} \rightarrow \lambda_{\max 1}$$

$$J_{x2}, J_{y2}, A_2, i_{x2}, i_{y2} \rightarrow \lambda_{x2}, \lambda_{y2} \rightarrow \lambda_{\max 2}$$

- Kiểm tra lại tiết diện đã chọn:

Kiểm tra ổn định của mỗi nhánh, ổn định tổng thể của cột.

Chú ý: Xác định lại lực nén trong mỗi nhánh:

$$N_I = \frac{N_1 y_1}{y_0} + \frac{M_1}{y_0}; \quad N_{II} = \frac{N_2 y_2}{y_0} + \frac{M_2}{y_0}$$

- Xác định hệ thanh bụng:

+ Chiều dài thanh xiên:

• Các thanh xiên hội tụ trên trục nhánh: $S = \sqrt{a^2 + y_0^2}$

• Các thanh xiên hội tụ ở mép ngoài nhánh: $S = \frac{h}{\sin \alpha}$

+ Chọn tiết diện thanh xiên: Thường chọn tiết diện $L50 \times 5 \rightarrow L80 \times 8$, từ đó tìm được diện tích tiết diện thanh xiên A_{tx} và bán kính quán tính nhỏ nhất $i_{\min tx}$. Tính được độ mảnh lớn nhất của thanh xiên:

$$\lambda_{\max tx} = \frac{S}{i_{\min tx}} \rightarrow \varphi_{\min tx}$$

+ Kiểm tra lại theo điều kiện ổn định:

$$\sigma = \frac{N_{tx}}{\varphi_{min tx} A_{tx}} \leq \gamma R$$

Trong đó: N_{tx} - Nội lực dọc trong thanh giằng xiên do lực cắt Q trên tiết diện gây ra.

$$N_{tx} = \frac{Q}{2 \sin \alpha}$$

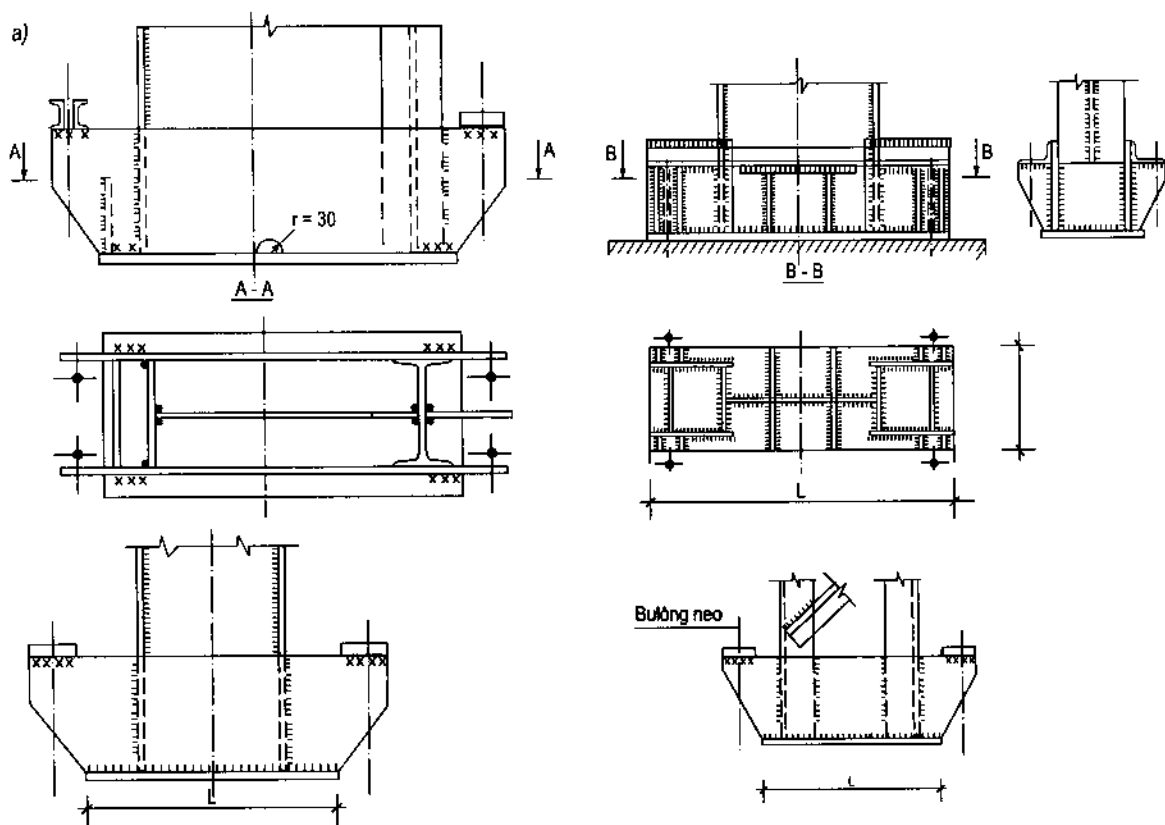
γ - Hệ số điều kiện làm việc của thanh xiên: $\gamma = 0,75$

7.5.3. Cấu tạo và tính toán chi tiết cột

7.5.3.1. Chi tiết chân cột

a) Cấu tạo:

• Chân cột có nhiệm vụ truyền tải trọng từ cột xuống móng. Đây là bộ phận phức tạp và khó chế tạo nhất của cột. Vì vậy, phải cấu tạo sao cho ngoài việc truyền lực tốt, đảm bảo đúng sơ đồ tính, còn phải thuận tiện cho việc chế tạo và thi công lắp dựng.



Hình 7.28: Cấu tạo chân cột nhà công nghiệp.

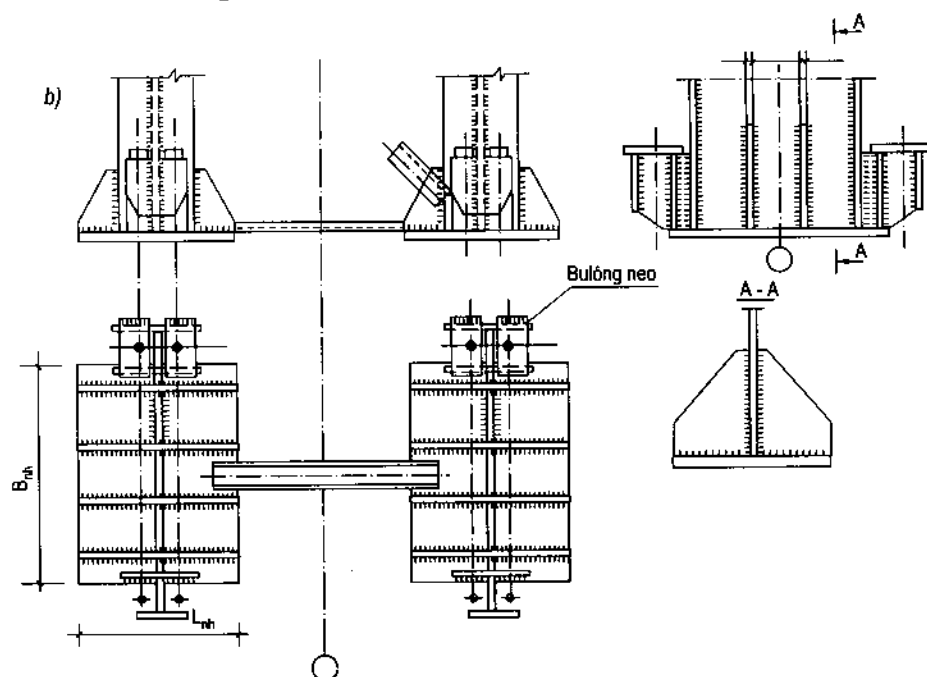
a) Chân cột bản đế liền.

- Các bộ phận của chân cột: Dầm đế, bản đế, sườn ngăn, bu lông neo, ...

- Các loại chân cột:

- Chân cột bản đế liền: Dùng cho cột tiết diện đặc và cột tiết diện rỗng có khoảng cách hai nhánh bé (hình 7.28a).

- Chân cột bản đế phân cách: Dùng cho cột tiết diện rỗng có khoảng cách hai nhánh lớn (mỗi nhánh có 1 chân riêng) (hình 7.28b).



Hình 7.28: Cấu tạo chân cột nhà công nghiệp

b) Chân cột bản đế phân cách.

b) Tính toán:

- Chân cột bản đế liền:

Chân cột bản đế liền được tính toán theo các bước sau:

- Xác định kích thước bản đế:

- + Bản đế có hình chữ nhật ($B \times L$), cạnh dài nằm theo phương mômen.

Theo điều kiện ép cục bộ của bê tông móng, ta có:

$$\sigma = \frac{N}{BL} + \frac{6M}{BL^2} < m_{cb} R_n$$

Trong đó: M, N - Mômen và lực dọc để tính chân cột.

R_n - Cường độ chịu nén của bê tông móng.

m_{cb} - Hệ số tăng cường độ bê tông khi nén cục bộ.

$$m_{cb} = \sqrt[3]{\frac{A_m}{A_{bd}}}$$

A_m, A_{bd} - Diện tích mặt móng và diện tích bản đế chân cột.

B- Bề rộng bản đế, được chọn theo cấu tạo:

$$B = b + 2(\delta_{dd} + C_1)$$

b- Bề rộng cột.

δ_{dd} - Chiều dày bản đế, ban đầu có thể lấy bằng 10 ÷ 14mm

C_1 - Phần nhô ra của bản đế, thường lấy bằng 100 ÷ 120mm

L- Chiều dài bản đế:

$$L = \frac{N}{2Bm_{cb}R_n} + \sqrt{\left(\frac{N}{2Bm_{cb}R_n}\right)^2 + \frac{6M}{Bm_{cb}R_n}}$$

(Lúc này chưa tính được m_{cb} nên có thể giả thiết $m_{cb} = 1,2 \div 1,5$).

+ Chiều dày: δ_{bd}

Bản đế gồm nhiều ô khác nhau (được chia bởi các dầm và sườn ngăn): Ô kê 4 cạnh, ô kê 3 cạnh, ... chịu tải trọng phân bố có thể coi là đều trên mỗi ô. Tùy thuộc sơ đồ liên kết, mỗi ô có giá trị mômen khác nhau nhưng δ_{dd} sẽ được tính với giá trị M_{max} :

$$\delta_{dd} = \sqrt{\frac{6M_{max}}{\gamma R}}$$

Chú ý: Mômen mỗi ô bản tính cho dải rộng 1 đơn vị được viết dưới dạng:

$$M_b = \alpha \sigma_1 a^2$$

Trong đó: a - Nhịp tính toán của bản.

α - Hệ số phụ thuộc tỷ số các cạnh bản (tra bảng 4-10 (KCT1-149))

σ_1 - Ứng suất lớn nhất tại mép bản.

Muốn cho δ_{dd} có kích thước hợp lý thì M_b của mỗi ô xấp xỉ bằng nhau do đó việc bố trí dầm đế, sườn ngăn phải được xem xét kỹ.

- Dầm đế và các sườn ngăn:

+ Tùy cấu tạo sẽ có sơ đồ dầm và sườn theo dạng dầm đơn giản hoặc consol, chịu tải trọng phân bố đều:

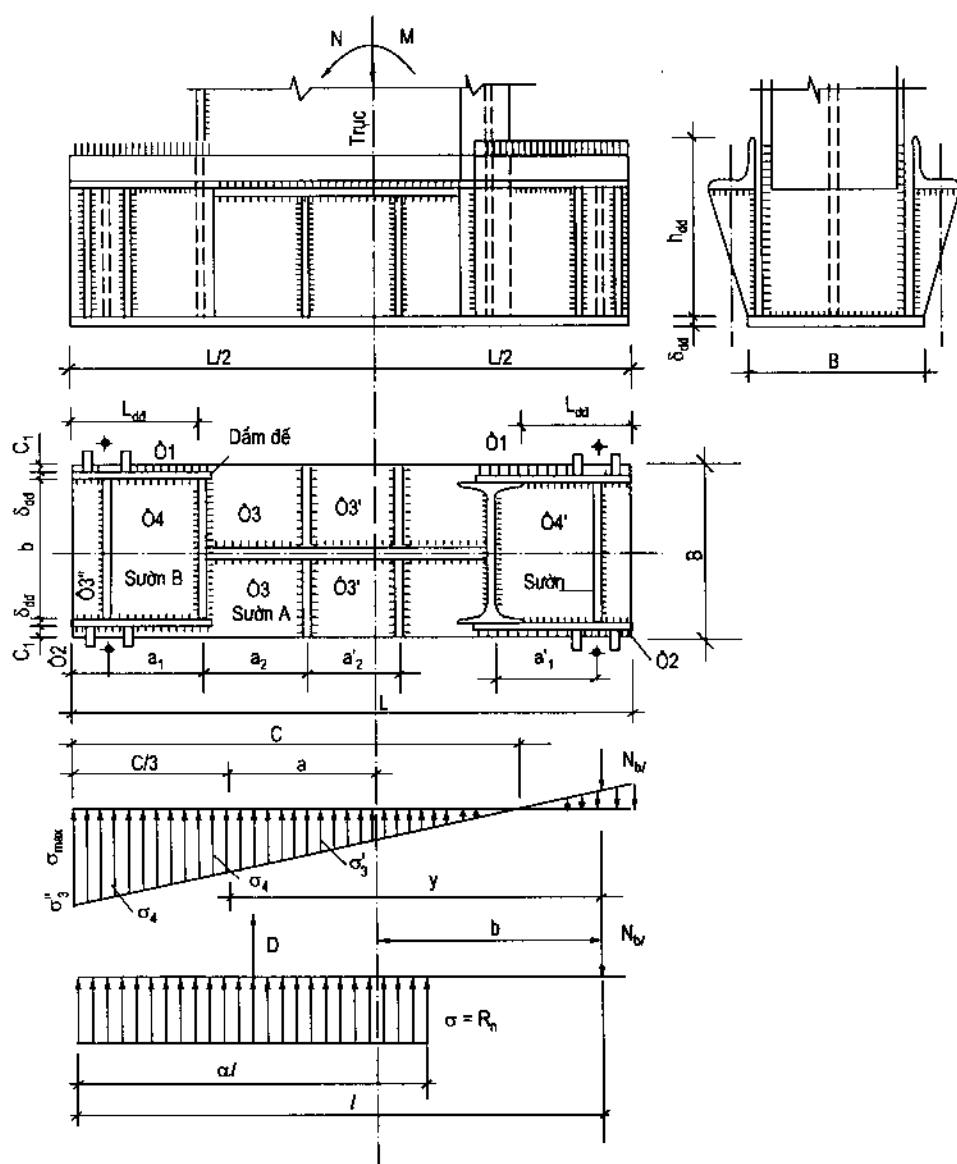
$$q_s = \sigma B_s$$

Trong đó: σ - Trị số lớn nhất của ứng suất dưới bản đế ngay tại sườn, dầm đế đang xét;

B_s - Bề rộng truyền tải vào sườn, dầm đang xét.

+ Chiều cao: Phụ thuộc chiều cao đường hàn liên kết:

$$h_b \geq \frac{q_s}{2} (\beta R_g)_{\min}$$



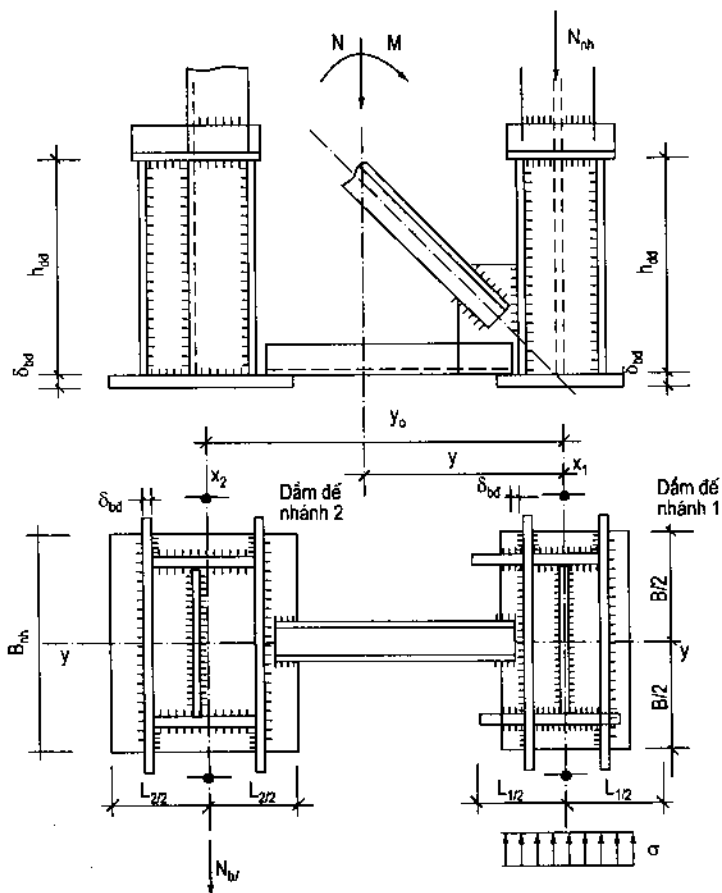
Hình 7.29: Tính chân cột bản đế liền.

a) Cấu tạo; b) Ứng suất dưới đáy bản đế;

c) Ứng suất dưới đáy bản đế khi kể đến biến dạng dẻo của bê tông.

• **Chân cột bản đế phân cách:**

Do chân cột bản đế phân cách có cấu tạo riêng lẻ cho từng nhánh cột nên việc tính toán giống như đối với chân cột nén đúng tâm.



Hình 7.30: Tính chân cột bản đế phân cách.

- Bản đế:

+ Trong trường hợp này, bản đế của mỗi nhánh cũng có tiết diện chữ nhật với kích thước $(B_{nh} \times L_{nh})$, được xác định như sau:

Từ công thức tính diện tích bản đế:
$$A_{bd} = B_{nh} L_{nh} = \frac{N_{nh}}{m_{cb} R_n}$$

Ta có thể xác định được chiều dài bản đế:

$$L_{nh} > \frac{A_{bd}}{B_{nh}}$$

Trong đó: B_{nh} xác định như chân cột bản đế liền.

Kiểm tra ứng suất dưới đáy bản đế theo công thức:

$$\sigma = \frac{N_{nh}}{B_{nh} L_{nh}} \leq m_{cb} R_n$$

- Các bộ phận khác tính như bản đế liền.

• Tính bu lông neo:

Trong nhà công nghiệp, bu lông neo được dùng để chịu các ứng suất kéo, chống lại sự tách bản đế do mô men chân cột gây nên (Nhưng ngay trong trường hợp không có lực kéo cũng phải đặt bu lông để cố định vị trí cột). Do đó, bu lông neo được tính với cặp nội lực gây kéo lớn nhất, đó là cặp nội lực có trị số lực dọc nhỏ nhất và mô men lớn nhất. Để an toàn, khi tính toán lấy hệ số vượt tải $n = 0,9$ đối với tải trọng thường xuyên. Việc tính toán được tiến hành như sau:

- Xác định lực kéo trong bu lông:

+ Đối với chân cột để liền:

$$N_{bl} = \frac{M - Na}{y}$$

Trong đó: a – Khoảng cách từ trọng tâm vùng nén đến trọng tâm cột.

y – Khoảng cách từ trọng tâm vùng nén đến bu lông neo.

Muốn tiết kiệm vật liệu, có thể kể đến biến dạng dẻo của bê tông, lúc này lực kéo trong bu lông bằng:

$$N_{bl} = D - N$$

Trong đó: D – Hợp lực của vùng bê tông chịu nén, $D = \alpha l B R_n$.

αl – Chiều dài vùng nén.

l – Khoảng cách từ mép biên chịu nén đến bu lông neo chịu kéo.

Hệ số α được xác định bằng công thức:

$$\alpha = 1 - \sqrt{1 - \frac{2M_b}{l^2 B R_n}}$$

+ Đối với chân cột bản đế rời:

$$N_{bl} = \frac{M - N y_o}{y_o}$$

Trong đó: y_o – Khoảng cách giữa hai trục nhánh cột.

y – Khoảng cách từ trọng tâm cột đến trọng tâm nhánh đối diện bu lông neo.

- Xác định diện tích tiết diện bu lông:

$$A_{bl} = \frac{N_{bl}}{n_1 R_{neo}}$$

Trong đó:

A_{bl} – Diện tích tiết diện thu hẹp của một bu lông.

n_1 – Số bu lông neo ở một phía.

R_{neo} – Cường độ chịu kéo tính toán của bu lông neo, được tra trong sổ tay thiết kế.

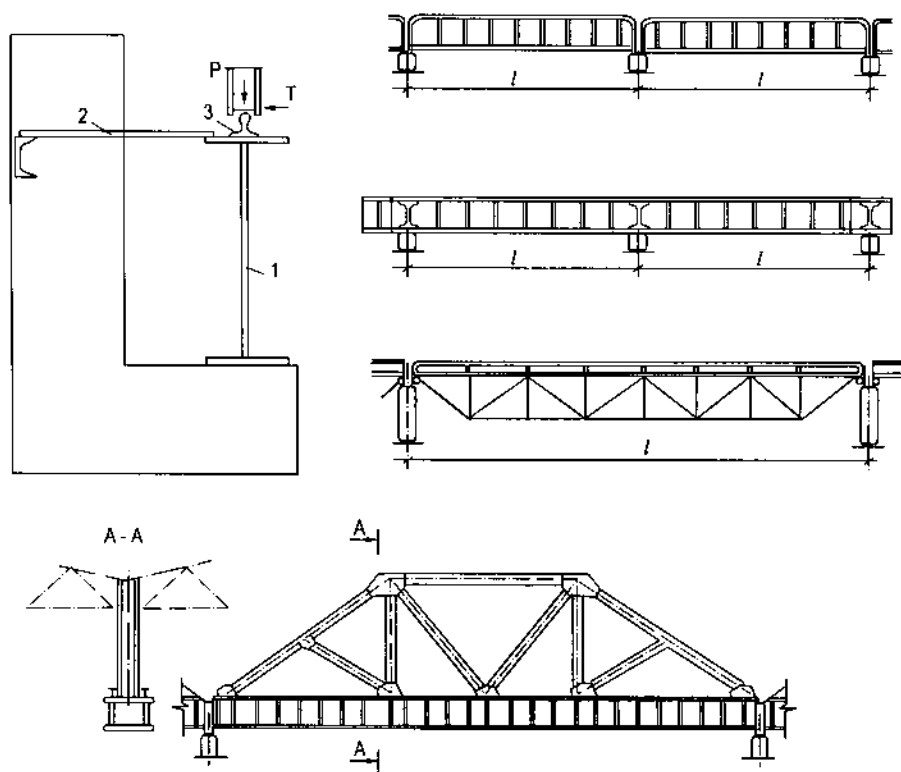
Chú ý: Thông thường, bố trí hai hoặc bốn bu lông đối xứng nhau qua mặt phẳng khung. Đường kính bu lông được tính toán nhưng không được nhỏ hơn 20mm với chân cột khớp và 24mm với chân cột ngàm. Bulông được chôn sâu vào móng khoảng 20 – 30 lần đường kính.

7.6. KẾT CẤU ĐỖ CẦU TRỰC

7.6.1. Đại cương về kết cấu đỡ cầu trực

7.6.1.1. Các bộ phận của kết cấu đỡ cầu trực

Kết cấu đỡ cầu trực là kết cấu dùng để đỡ và làm đường chạy cho cầu trực, nó chịu toàn bộ lực thẳng đứng và lực hãm ngang của cầu trực để truyền vào khung ngang.



Hình 7.31: Các bộ phận của kết cấu đỡ cầu trực.

Thông thường kết cấu đỡ cầu trực bao gồm:

Dầm cầu trực: là bộ phận cơ bản của kết cấu đỡ cầu trực, chịu tải trọng thẳng đứng của cầu trực, dầm cầu trực thường có 2 dạng tiết diện:

+ Dạng tiết diện đặc: Tiết diện chữ I bằng thép định hình hoặc tổ hợp.

+ Dạng tiết diện rỗng: Dùng thép hình làm cánh trên, bên dưới gia cường bằng 1 hệ thống dàn nhẹ. Tuy dầm cầu trực tiết kiệm được vật liệu (15-20%) nhưng tốn công chế tạo nên chỉ sử dụng khi sức trục nhẹ ($Q \leq 30T$) mà nhịp dầm lớn.

Sơ đồ kết cấu của dầm cầu trục có các dạng:

+ Dầm đơn giản: hay được dùng hơn cả do dễ chế tạo, dựng lắp.

+ Dầm liên tục: mặc dù tiết kiệm được vật liệu (12-15%), có chiều cao nhỏ hơn nhưng cấu tạo phức tạp, lắp dựng khó khăn, ngoài ra còn chịu ảnh hưởng của sự lún không đều của gối tựa. Vì vậy chỉ dùng sơ đồ dầm liên tục trong trường hợp có thể dùng được thép hình trong khi dầm đơn giản phải có tiết diện tổ hợp.

Ngoài ra còn có các loại dầm cầu trục khác như: dầm cầu trục treo, dầm cầu trục consol...

- Kết cấu hãm: là kết cấu chịu tải trọng nằm ngang của cầu trục, ngoài ra nó còn có tác dụng đảm bảo ổn định chung của toàn dầm và được dùng làm sàn để kiểm tra và sửa chữa các bộ phận của cầu chạy. Kết cấu hãm thường có dạng dầm bản bụng đặc hai cánh song song.

- Ray cầu trục.

Chú ý: Kết cấu đỡ cầu trục phải chịu lực phức tạp: lực thẳng đứng, xô ngang và những lực này có vị trí di động theo chiều dài dầm gây ra trạng thái ứng suất phức tạp ở bụng dầm rất nguy hiểm. Vì vậy dầm cầu trục có yêu cầu rất cao về vật liệu, hình thức cấu tạo cũng như về chất lượng chế tạo và dựng lắp.

7.6.1.2. Tải trọng

Kết cấu đỡ cầu trục chịu tải trọng do áp lực đứng, áp lực ngang của bánh xe, trọng lượng bản thân, hoạt tải sửa chữa. Các tải trọng này được tính toán như sau:

- Áp lực thẳng đứng tính toán:

$$P = k_1 n n_c P_{\max}$$

- Áp lực ngang tính toán:

$$T = k_2 n n_c T_1$$

Trong đó:

k_1, k_2 - Hệ số động lực kể đến khả năng thay đổi vận tốc của cầu trục và sự không bằng phẳng của ray (tra bảng 7.5).

n - Hệ số vượt tải : $n = 1,1$

n_c - Hệ số tổ hợp.

Nếu tính với 2 cầu trục, chế độ làm việc nhẹ và trung bình: $n_c = 0,85$

Nếu chế độ làm việc nặng và rất nặng: $n_c = 0,95$.

$P_{\max}$ - Áp lực thẳng đứng lớn nhất ở 1 bánh xe cầu trục.

T_1 - Áp lực ngang tiêu chuẩn của 1 bánh xe cầu trục (Xem lại cách tính ở phần tải trọng tác dụng lên khung ngang).

- Hoạt tải sửa chữa: Lấy theo điều kiện thực tế của nhà xưởng. Nếu không có số liệu cụ thể, có thể lấy bằng: $1,3 \times 200$ (daN/m²)

Bảng 7.5: Giá trị hệ số động k_1, k_2

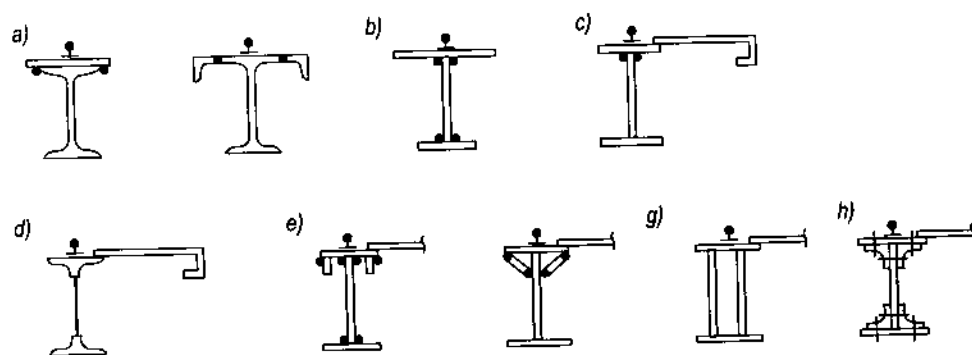
Chế độ làm việc của cầu trục	Bước cột B (m)	k_1	k_2
Nhẹ, trung bình	Không phụ thuộc vào B	1	1
Nặng	$B \leq 12$	1,1	1
	$B > 12$	1	1
Rất nặng	$B \leq 12$	1,2	1,1
	$B > 12$	1,1	1,1

7.6.2. Dầm cầu trục tiết diện đặc

7.6.2.1. Cấu tạo và tiết diện dầm

a) Dầm cầu trục:

Dạng tiết diện của dầm cầu trục phụ thuộc tải trọng nhịp và chế độ làm việc của cầu trục. Thường có các dạng sau:



Hình 7.32: Các dạng tiết diện dầm cầu trục.

- Tiết diện chữ I định hình có gia cường cánh trên.

Chỉ sử dụng khi nhịp dầm (bước cột) bằng 6, sức trục $Q = 5 \div 10T$ và loại tiết diện này tuy dễ chế tạo nhưng tốn thép.

- Tiết diện dầm tổ hợp hàn không đối xứng có cánh trên mở rộng (không có dầm hãm).

Được sử dụng khi nhịp dầm bằng 6m và sức trục $Q = 30 \div 50T$.

- Tiết diện dầm tổ hợp đối xứng, có dầm hãm sử dụng khi nhịp dầm lớn hơn 6m hoặc nhà xưởng có sức trục lớn.

- Tiết diện có gia cường bản bụng:

Trường hợp này, vùng phía trên bụng dầm cầu trục được gia cường để giảm ứng suất cục bộ gây ra do áp lực bánh xe cầu trục và tăng độ cứng chống xoắn của dầm. Được sử dụng khi nhà xưởng có chế độ làm việc nặng.

- Tiết diện có 2 bản bụng: Tác dụng và phạm vi sử dụng giống tiết diện có gia cường bản bụng.

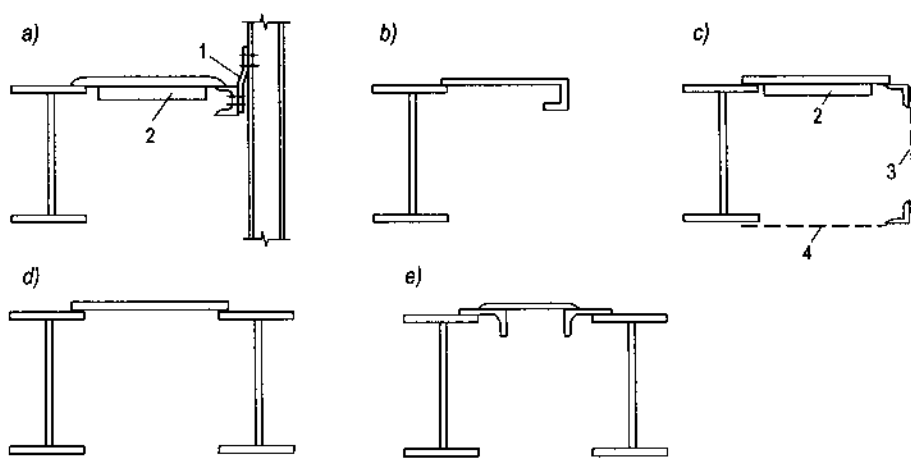
- Dầm bu lông cường độ cao: Tuy nặng và tốn công chế tạo nhưng chịu lực tốt do:
 - + Tiết diện cánh trên khoét.
 - + Không có ứng suất hàn.
 - + Chịu lực chấn động tốt.

Vì vậy, loại tiết diện này được sử dụng trong xưởng có chế độ làm việc rất nặng ($Q > 150T$).

b) Dầm hãm:

- Bản thép mỏng: Có tác dụng tạo gối mềm trung gian ở nhịp biên, có chiều dày: $\delta = 6 \div 8\text{mm}$

- Sườn cứng: Có kích thước $65 \times 6\text{mm}$ đặt cách nhau $1,5 \div 2\text{m}$. Để đảm bảo ổn định cục bộ và tăng độ cứng.



Hình 7.33: Các dạng tiết diện dầm hãm.

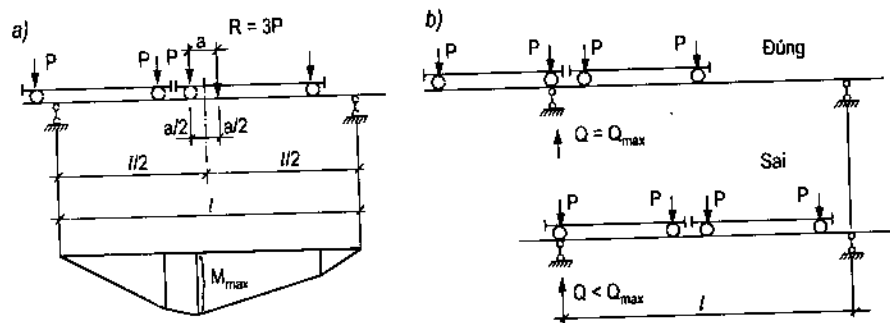
7.6.2.2. Tính toán

- Nội lực tính toán do áp lực thẳng đứng P gây ra: $M_{\max}$ và $Q_{\max}$ được xác định với vị trí bất lợi nhất của 2 cầu trục đặt sát nhau trên dầm. Để tìm nội lực tính toán của dầm, ta có thể sử dụng đường ảnh hưởng hoặc nguyên tắc Vinkle.

Theo nguyên tắc Vinkle, nội lực được xác định như sau:

- Tìm giá trị mô men lớn nhất $M_{\max}$: Chọn trường hợp có hợp lực R đối xứng với 1 lực P gần R nhất qua điểm giữa của dầm, $M_{\max}$ nằm dưới lực P đó. Vì sai số nhỏ ($1 \div 2\%$) và để đơn giản, có thể sử dụng đường ảnh hưởng mômen của tiết diện giữa nhịp làm $M_{\max}$.

- Tìm $Q_{\max}$: Cho 1 trong số các lực tác dụng lên dầm đặt trực tiếp lên gối, các lực còn lại đặt gần gối nhất, từ sơ đồ đó xác định được giá trị $Q_{\max}$.



• Hình 7.34: Sơ đồ xác định $M_{\max}$, $Q_{\max}$.

• Nội lực tính toán do trọng lượng bản thân và hoạt tải sửa chữa: Được kể đến thông qua hệ số α , ta có:

M_x và Q_x của dầm là:

$$M_x = \alpha M_{\max};$$

$$Q_x = \alpha Q_{\max}$$

• Nội lực tính toán do lực hãm ngang T gây ra:

$$M_y = M_{\max} \frac{T}{P};$$

$$Q_y = Q_{\max} \frac{T}{P}$$

7.6.2.3. Chọn tiết diện dầm

Nguyên tắc tính toán chọn tiết diện dầm cầu trục cũng giống như đối với dầm thường:

Tính mô men chống uốn yêu cầu:

Theo công thức uốn xiên ta có:

$$\frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \leq mR$$

Vì thành phần ứng suất $\frac{M_y}{W_y}$ bé (bằng khoảng 5 ÷ 10% ứng suất toàn bộ) nên để đơn

giản ta có thể giảm cường độ tính toán của thép đi 150 ÷ 250 daN/cm² và tính mô men kháng uốn yêu cầu theo công thức:

$$W_x = \frac{M_x}{mR^*}$$

Trong đó:

m - Hệ số điều kiện làm việc, được lấy bằng 0,9 khi chế độ làm việc nặng và rất nặng.

R^* - Cường độ tính toán của thép đã trừ đi 150 ÷ 250 daN/cm² ($R^* = R - 150 \div 250$ daN/cm²).

- Tính chiều cao tiết diện:

Cũng giống như dầm thường, chiều cao tiết diện dầm cầu trục phải thỏa mãn các yêu cầu:

$$h_{\min} \leq h_d \leq h_{\max}$$

$$h_d \approx h_{kt}$$

Trong đó:
$$h_{\min} = \frac{5\gamma R l}{24E} \left[\frac{l}{f} \right] \frac{M_{tc}}{M_{tt}}$$

M_{tc} - Mômen uốn tiêu chuẩn lớn nhất do một cầu trục gây ra.

$\left[\frac{f}{l} \right]$ - Độ võng cho phép của dầm.

h_{kt} - Chiều cao kinh tế của dầm (xem lại chương dầm thép). Thông thường

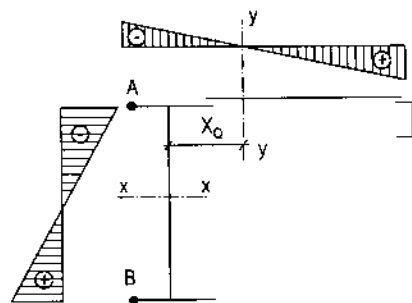
$$\text{lấy: } h_d \approx \left(\frac{1}{6} \div \frac{1}{10} \right) \text{nhịp.}$$

- Chọn tiết diện cánh dầm, bản dầm hãm (nếu có) và cấu tạo tiết diện dầm.

7.6.2.4. Kiểm tra tiết diện dầm

a) Độ bền:

Dầm cầu trục có dầm hãm là kết cấu chịu uốn xiên đồng thời chịu xoắn nhưng thành phần xoắn là không lớn lắm và để đơn giản cho việc tính toán, ta có thể coi: Mômen uốn theo phương thẳng đứng M_x do dầm cầu trục chịu và mô men uốn theo phương ngang do dầm hãm chịu. Như vậy, có thể quy về kiểm tra dầm ở 2 điểm A và B như hình vẽ sau:



- Điểm A (ở cánh trên): ứng suất do M_x và M_y gây ra

$$\sigma_t = \frac{M_x}{W_x^A} + \frac{M_y}{W_{y,dh}^A} \leq \gamma R$$

- Điểm B (ở cánh dưới): ứng suất do M_x gây ra:

$$\sigma_d = \frac{M_x}{W_x^B} \leq \gamma R$$

Trong đó:

W_x^A, W_x^B - Mômen chống uốn với trục x của tiết diện dầm cầu trục tại thớ trên và dưới (W_x tính với toàn bộ tiết diện, trừ dầm hãm, sườn dầm).

$W_{y,dh}^A$ - Mômen chống uốn với trục y của tiết diện dầm hãm tại điểm A.

(Nếu không có dầm hãm thì W_y chỉ lấy với cánh trên dầm).

γ - Hệ số điều kiện làm việc (với chế độ làm việc nặng $\gamma = 0,9$).

Hình 7.35: Sơ đồ tính kiểm tra tiết diện dầm hãm.

b) Cường độ của bản bụng chịu ép cục bộ:

• Áp lực bánh xe đặt trực tiếp lên cánh trên dầm cầu trục sẽ gây ứng suất cục bộ ở bản bụng dầm, ứng suất này được kiểm tra theo công thức:

$$\sigma_{cb,y} = \frac{\gamma_1 P}{\delta_b Z} \leq \gamma R$$

Trong đó:

P- áp lực tính toán của bánh xe cầu trục không kể đến hệ số động (nhưng có hệ số vượt tải).

γ_1 - Hệ số tăng tải trọng tập trung lên một bánh xe (kể đến sự không bằng phẳng của ray và đặc trưng động của tải trọng), được lấy như sau:

- + Chế độ làm việc rất nặng có móc cứng: $\gamma_1 = 1,6$
- + Chế độ làm việc rất nặng có móc mềm: $\gamma_1 = 1,4$
- + Chế độ làm việc rất nặng : $\gamma_1 = 1,3$
- + Chế độ làm việc còn lại : $\gamma_1 = 1,1$

δ_b - Chiều dày bản bụng dầm.

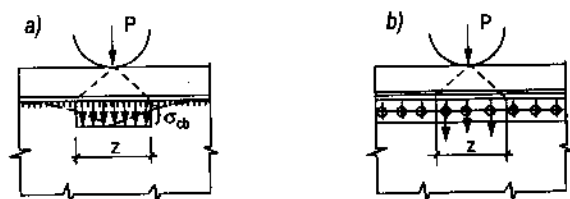
Z - Chiều dài quy ước phân bố áp lực cục bộ:

$$Z = C \sqrt[3]{\frac{J_c}{\delta_b}}$$

C- Hệ số phụ thuộc cách liên kết bản cánh và bụng, được lấy như sau:

- + C= 3,25: Dầm tổ hợp hàn và dầm hình.
- + C = 4,5: Dầm bu lông.

J_c - Tổng mômen quán tính bản thân của cánh trên và ray (nếu đường ray hàn chặt vào cánh dầm, bảo đảm cánh và ray cùng làm việc thì J_c là mômen quán tính của tiết diện chung của cả hai).



Hình 7.36: Ứng suất cục bộ ở bụng dầm do áp lực của bánh xe cầu trục.

a) Dầm hàn; b) Dầm bu lông cường độ cao.

Ngoài ra, còn phải kiểm tra ứng suất tương đương tại chỗ tiếp giáp giữa bản bụng và bản cánh (nơi có ứng suất pháp và ứng suất tiếp lớn).

$$\sigma_{td} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_{cb,y}^2 - \sigma_x \sigma_{cb,y} + 3\tau_{xy}^2} \leq \beta R$$

Trong đó: σ_x, τ_{xy} - Ứng suất pháp và ứng suất tiếp tại điểm kiểm tra.

β - Hệ số được xác định phụ thuộc sơ đồ dầm:

$\beta = 1,15$: Dầm đơn giản.

$\beta = 1,3$: Dầm liên tục

c) Độ võng:

Độ võng của dầm tính với tải trọng tiêu chuẩn (không kể đến hệ số vượt tải và hệ số động lực). Có thể tính độ võng bằng các công thức gần đúng:

- Dầm đơn giản:

$$f = M^{tc} \frac{l}{10EJ}$$

- Dầm liên tục:

$$f = \left(\frac{M_{gi}^{tc}}{10} - \frac{M_p^{tc} + M_{tr}^{tc}}{72} \right) \frac{l^2}{EJ}$$

Trong đó: $M_{gi}^{tc}, M_p^{tc}, M_{tr}^{tc}$ - Mômen do tải trọng tiêu chuẩn gây ra tại giữa nhịp, gối phải và gối trái.

Độ võng cho phép $\left[\frac{f}{l} \right]$ phụ thuộc vào chế độ làm việc của cầu trục:

$$\left[\frac{f}{l} \right] = \frac{1}{400} : \text{Chế độ làm việc nhẹ}$$

$$\left[\frac{f}{l} \right] = \frac{1}{500} : \text{Chế độ làm việc trung bình}$$

$$\left[\frac{f}{l} \right] = \frac{1}{600} : \text{Chế độ làm việc nặng và rất nặng.}$$

Chú ý: Độ võng theo phương ngang dầm $\leq \frac{l}{2000}$ và chỉ tính khi cầu trục có số lượng

chu kỳ tải trọng $n \geq 2 \cdot 10^6$.

d) Ổn định tổng thể:

Nếu kết cấu không có dầm hãm (dàn hãm) thì phải kiểm tra ổn định tổng thể như đối với dầm thường.

$$\sigma = \frac{M_x}{\varphi_d W} \leq \gamma R$$

e) Ổn định cục bộ:

Vì dầm có lực cắt lớn nên việc kiểm tra ổn định cục bộ của dầm rất quan trọng. Việc kiểm tra giống như đối với dầm thường.

g) Độ bền mỏi:

Kiểm tra đối với dầm cầu trục có số lượng chu kỳ tải trọng $n \geq 10^5$ (n- số nâng tải trong thời gian phục vụ của cầu trục) do tải trọng của 1 cầu trục:

$$\sigma_{\max} \leq \alpha R_m \gamma_m$$

Trong đó: R_m - Cường độ mỏi tính toán.

α - Hệ số kể đến số lượng chu kỳ tải trọng.

γ_m - Hệ số lấy theo "TCVN 5575 : 1991"

7.6.2.5. Liên kết cánh và bụng dầm

Khác với dầm thường, liên kết giữa cánh và bụng dầm cầu trục không những chỉ chịu lực trượt theo phương nằm ngang mà còn chịu ứng suất ép cục bộ.

- Với dầm hàn, ứng suất trong đường hàn được kiểm tra bằng công thức:

$$\tau = \sqrt{\tau_h^2 + \tau_{h,cb}^2} = \frac{1}{2h_h} \sqrt{\left(\frac{QS_c}{J_x}\right)^2 + \left(\frac{\gamma_l P}{Z}\right)^2} \leq (\beta R_g)_{\min} \gamma$$

Trong đó: $(\beta R_g)_{\min} = \min \begin{cases} \beta_h R_{gh} \\ \beta_l R_{gl} \end{cases}$

γ - Hệ số điều kiện làm việc của đường hàn.

Q- Lực cắt tính toán

J_x - Mômen quán tính của tiết diện dầm.

S_c - Mômen tĩnh của tiết diện cánh dầm với trục trung hoà.

γ_l , P, Z- Tính như kiểm tra ép cục bộ.

Từ đó ta có chiều cao đường hàn cánh trên với bản dưng dầm:

$$h_h \geq \frac{1}{2(\beta R_g)_{\min} \alpha} \sqrt{\left(\frac{QS_c}{J_x}\right)^2 + \left(\frac{\gamma_l P}{Z}\right)^2}$$

Chiều cao đường hàn cánh dưới với bản bụng dầm cũng được tính bằng công thức trên nhưng với P = 0 (vì cánh dưới dầm không chịu lực cục bộ).

(Chú ý: Với dầm có $n \geq 2.10^6 \rightarrow$ không cần phải tính toán ứng suất đường hàn).

Với dầm bu lông cường độ cao (hoặc đỉnh tán) tải trọng tập trung coi như phân bố đều cho các bu lông trong đoạn, nội lực của một bu lông:

$$\sqrt{\left(\frac{QS_c}{J_x} a\right)^2 + \left(\frac{\alpha \gamma_l P}{Z} a\right)^2} \leq [N_d]_{\min}$$

Trong đó: $[N_d]_{\min}$ - Khả năng chịu lực nhỏ nhất của 1 bulông.

α - Hệ số được xác định như sau:

$\alpha = 0,4$: Bản bụng được bào phẳng mặt đến sống thép góc

$\alpha = 1$: Thép góc cánh đặt nhô hơn so với bản bụng.

Từ đó có bước dính lớn nhất:

$$a = \frac{[N_d]_{\min}}{\sqrt{\left(\frac{QS_c}{J_x}\right)^2 + \left(\frac{\alpha \gamma_1 P}{Z}\right)^2}}$$

7.7. HỆ SƯỜN TƯỜNG

Trong nhà xưởng, tường ngoài dùng để bảo vệ cho phân xưởng khỏi chịu những tác động từ bên ngoài (mưa, nắng, gió, bụi, ...), được làm bằng gạch xây, tấm pa nen tường hoặc tấm tôn, phibơ xi măng. Tường được tựa trên 1 khung nhiều ngăn được gọi là sườn tường.

Sườn tường bao gồm cột, xà và các thanh giằng.

7.7.1. Tác dụng và phân loại sườn tường

- Tác dụng:

- Đỡ tường (Đối với tường không tự mang)
- Truyền tải trọng gió vào khung.

- Phân loại:

- Sườn tường dọc nhà.
- Sườn tường đầu hồi nhà.

7.7.2 Bố trí hệ sườn tường

a) Hệ sườn tường dọc nhà:

- Cách bố trí:

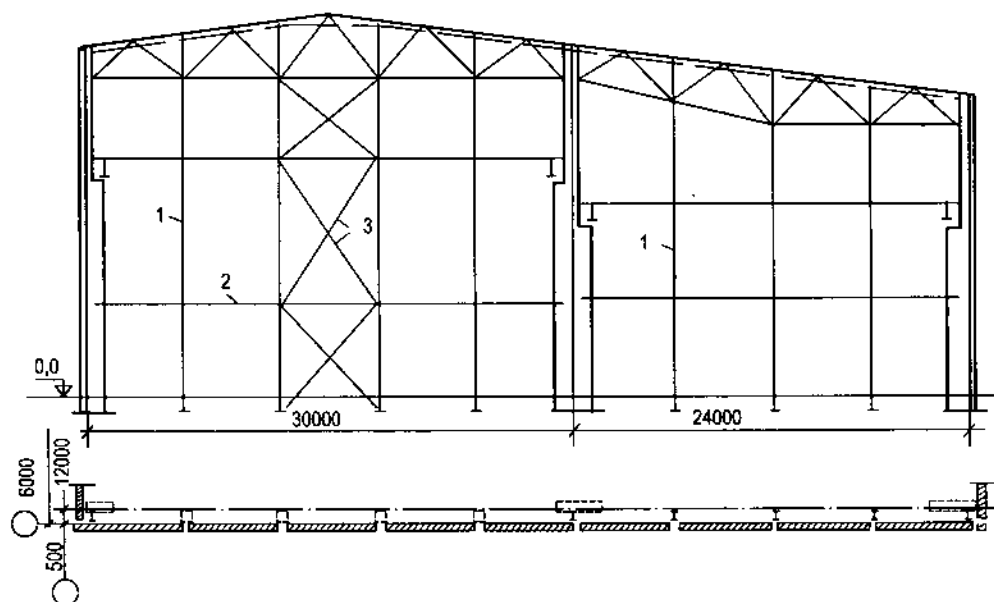
- Khi $B = 6 \div 12m$, dầm tường được liên kết trực tiếp với cột khung, không cần cột tường.
- Khi $B = 12m$, nên đặt thêm cột tường vào giữa bước cột khung để thu nhỏ diện tích mảng tường (thông thường diện tích các mảng tường $\leq 12m^2$). Cột sườn tường có đầu trên liên kết với hệ giằng dọc nhà (ở cánh dưới dàn), đầu dưới cố định với móng độc lập.

Chú ý: Chỗ tiếp giáp giữa tường và cột phải đặt râu thép $\phi 10, \phi 12$ và chèn căng bằng vữa mác cao.

b) Hệ sườn tường đầu hồi:

Ở đầu hồi nhà, kích thước tường rất lớn nên hệ sườn tường bao gồm: Cột sườn tường, dầm tường, giằng sườn tường.

Đầu trên cột sườn tường tựa vào giằng ngang cánh dưới (dàn gió).



Hình 7.37: Hệ sườn tường đầu hồi nhà.
1. Cột sườn tường; 2. Xà ngang; 3. Giằng sườn tường.

7.3.3. Cấu tạo và tính toán sườn tường

7.3.3.1. Dầm sườn tường

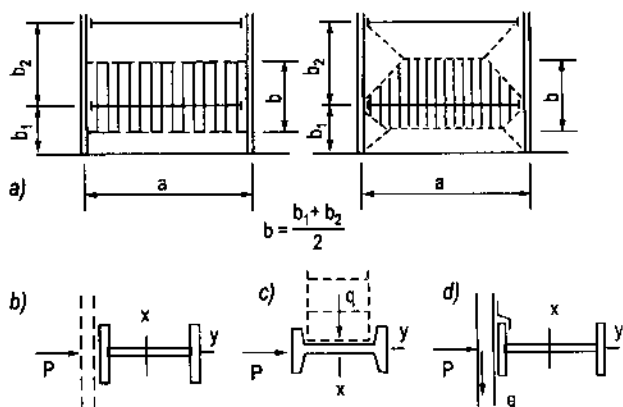
- Tiết diện: Thường là tiết diện chữ I hoặc [(thép tổ hợp hoặc thép hình).

- Sơ đồ tính: Dầm sườn tường được tính với sơ đồ dầm đơn giản, gối tựa là cột.

Tải trọng: Dầm sườn tường chịu tải trọng gió và trọng lượng do tường truyền vào.

+ Tải trọng gió (p) (hình 7.38): Tải trọng gió tác dụng gây mômen uốn theo phương ngang.

Tùy thuộc loại tường và kích thước mảng tường, có thể tính nội lực trong dầm sườn tường theo hai trường hợp sau:



Hình 7.38: Sơ đồ phân tải trọng gió.
a) Diện chịu tải gió, b) Tải trọng tác dụng.

• Trường hợp tường là tấm pa nen, tôn hoặc tường gạch có $\frac{a}{b} \geq 2$, coi mảng tường là bản 1 chiều, nội lực trong dầm là:

$$M_{\text{gió}} = \frac{pba^2}{8}$$

Trong đó: a – khoảng cách giữa các cột.

b – khoảng cách giữa các dầm.

p – áp lực gió tính toán (daN/m^2).

- Trường hợp tường gạch có $\frac{a}{b} < 2$, coi mảng tường là bản kê 4 cạnh, nội lực trong dầm là:

$$M_{\text{gió}} = \frac{pba^2}{8} \left(1 - \frac{b^2}{3a^2}\right) = \frac{pba^2}{\alpha}$$

Trong đó: α – Hệ số phụ thuộc tỉ số a/b , được tra trong bảng 7.5.

Bảng 7.5: Giá trị hệ số α

b/a	1 : 5	1 : 4	1 : 3	1 : 2	1 : 1,5	1 : 1,25	1 : 1
α	8,11	8,17	8,31	8,73	9,39	10,17	12

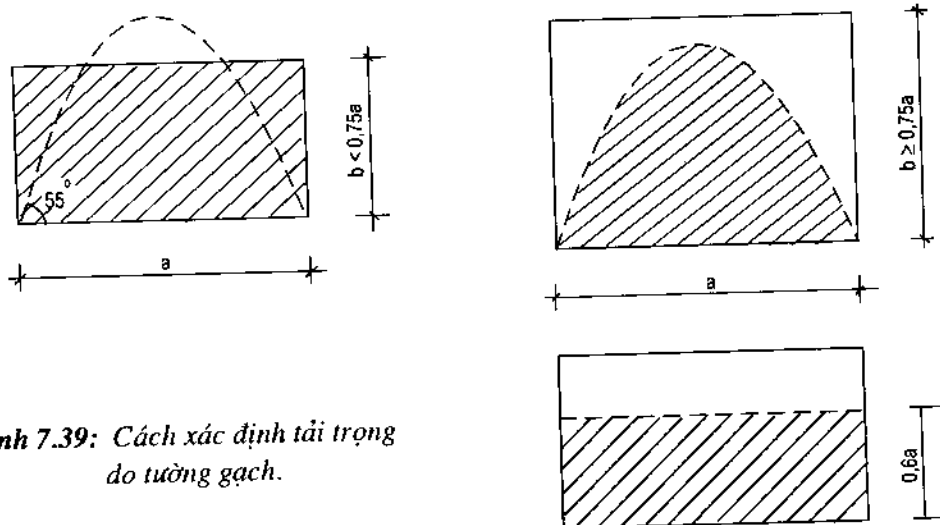
+ Trọng lượng tường (q): Gây mô men uốn theo phương đứng.

- Khi q nhỏ (tường được làm bằng tấm tôn), có thể bỏ qua trọng lượng tường, và kiểm tra dầm theo công thức:

$$\sigma = \frac{M_{\text{gió}}}{W_x} \leq R\gamma$$

Trong đó: W_x – Mô men chống uốn của tiết diện dầm với trục $x - x$.

- Khi q lớn (tường xây gạch), theo kích thước khối xây, tải trọng do tường được xác định theo hai trường hợp sau (hình 7.39):



Hình 7.39: Cách xác định tải trọng do tường gạch.

Nếu $b < 0,75a$: Tải trọng là toàn bộ trọng lượng khối xây.

Nếu $b \geq 0,75a$: Tải trọng được lấy bằng trọng lượng khối xây có chiều cao bằng $0,6a$.

Lúc này dầm sườn tường chịu uốn xiên và được kiểm tra theo công thức:

$$\sigma = \frac{M_{\text{gió}}}{W_a} + \frac{My}{W_y} \leq R\gamma$$

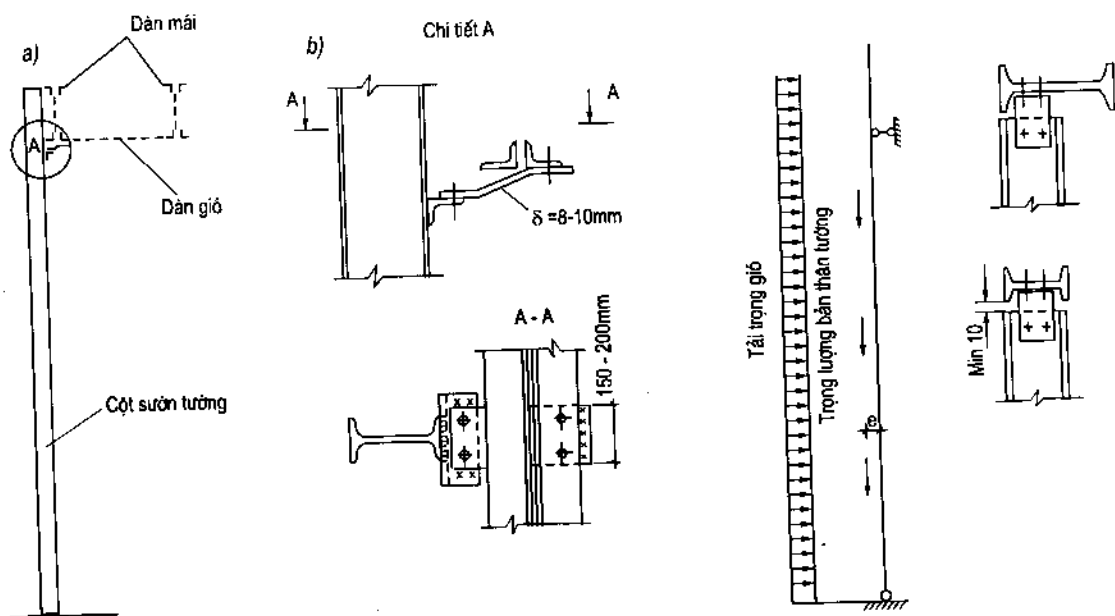
Chú ý: Trong trường hợp tường được làm từ các tấm panen hàn vào cánh dầm thì dầm sẽ phải chịu thêm mô men xoắn do tải trọng đặt lệch tâm gây ra. Lúc này để đơn giản có thể coi trọng lượng tường chỉ do một cánh dầm chịu và dầm được kiểm tra theo công thức:

$$\sigma = \frac{M_{\text{gió}}}{W_a} + \frac{My}{W_y^{\text{cánh}}} \leq R\gamma$$

7.3.3.2. Cột sườn tường (hình 7.40)

- Tiết diện: Thường có tiết diện chữ I hoặc [(thép tổ hợp hoặc thép hình).
- Liên kết: Cột sườn tường được liên kết với dầm gió dưới dạng khớp bản và liên kết ngàm với móng (nhưng do có độ mảnh lớn nên trong tính toán thường lấy là liên kết khớp với móng).
- Tải trọng:
 - + Tải trọng gió: Là tải trọng phân bố đều tác dụng theo phương ngang của cột.
 - + Trọng lượng bản thân tường: Tải trọng theo phương đứng đặt dọc theo thân cột, có thể quy về tải trọng tập trung đặt ở đầu cột.

Vậy, cột sườn tường được tính theo cấu kiện chịu nén lệch tâm.



Hình 7.40: Sơ đồ tính cột sườn tường.

a) Sơ đồ cấu tạo: b) Khớp dạng bản: c) Sơ đồ tính.

Chương 8

KẾT CẤU THÉP NHÀ NHỊP LỚN

8.1. PHẠM VI SỬ DỤNG VÀ ĐẶC ĐIỂM CỦA KẾT CẤU NHÀ NHỊP LỚN

8.1.1. Phạm vi sử dụng

Kết cấu mái nhà nhịp lớn thường gặp trong các công trình dân dụng và công nghiệp hay các công trình có công dụng đặc biệt.

Công trình dân dụng như rạp hát, nhà triển lãm, sân vận động, nhà ga, chợ... do yêu cầu kiến trúc và yêu cầu sử dụng (nâng cao chất lượng về âm thanh, độ nhìn rõ, tận dụng diện tích).

Công trình công nghiệp như xưởng đóng tàu, xưởng lắp ráp máy bay để xe cộ đi vào dễ dàng.

8.1.2. Đặc điểm của nhà nhịp lớn

- Công trình nhịp lớn không phải là những công trình xây dựng hàng loạt, mà là công trình đơn chiếc. Biện pháp giải pháp về kiến trúc và cấu tạo mang tính chất hoàn toàn riêng biệt cho công trình kiến trúc đó, vì vậy rất khó tiêu chuẩn hóa và định hình hóa.

- Kích thước của công trình nhà nhịp lớn thay đổi trong phạm vi rất rộng. Ví dụ: Nhịp nhà công nghiệp khoảng 50 - 100m; Xưởng lắp ráp nhà máy: $L = 100 - 120\text{m}$, $H = 8 - 10\text{m}$. Xưởng đóng tàu thủy: $L = 20 - 60\text{m}$, $H = 30 - 40\text{m}$.

Vì vậy khó có thể có một môđun thống nhất xác định cho kết cấu nhà nhịp lớn.

- Kết cấu nhịp lớn chủ yếu chịu tải trọng do trọng lượng bản thân và tấm lợp nên việc giảm trọng lượng kết cấu là nhiệm vụ cơ bản của người thiết kế.

Có thể giảm trọng lượng kết cấu bằng cách sử dụng vật liệu bằng thép cường độ cao, hợp kim nhôm, vật liệu mái nhẹ... hay sử dụng phương án kết cấu hợp lý (kết cấu ứng suất trước, hệ không gian, hệ mái dây...).

Các dạng kết cấu chịu lực của nhà nhịp lớn: hệ dầm khung, vòm, cuốn, cupôn, mái hệ thanh, hệ treo.

- Kết cấu kiểu dầm, khung: thường được dùng nhất vì rất phù hợp với không gian thông thường trong nhà là hình chữ nhật.

- Hệ vòm: Có hình dáng kiến trúc đẹp hơn và tiết kiệm vật liệu hơn (khi nhịp $> 80\text{m}$).

- Hệ treo: Dùng khi nhịp rất lớn ($\geq 200\text{m}$), khó cấu tạo, điểm neo dây xa nên góc chết lớn, ít được sử dụng.

- Cupôn: Dùng khi mặt bằng nhà có hình tròn hoặc đa giác.

8.2. NHÀ NHỊP LỚN VỚI KẾT CẤU PHẪNG CHỊU LỰC

8.2.1. Kết cấu kiểu dầm dàn

8.2.1.1. Phạm vi sử dụng

Kết cấu kiểu dầm dàn thường dùng khi gối tựa không chịu lực xô ngang như tường, cột gạch đá. Kết cấu kiểu dầm được dùng trong các công trình công cộng như rạp hát, nhà văn hóa, cung thể thao... có mặt bằng hình chữ nhật.

Kết cấu kiểu dầm tuy có ưu điểm sản xuất đơn giản, dễ bảo dưỡng nhưng nhịp chỉ trong khoảng 35 - 40m nên cũng ít khi được sử dụng. Để khắc phục nhược điểm này người ta dùng kết cấu kiểu dàn.

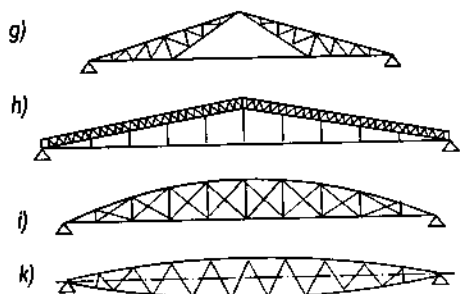
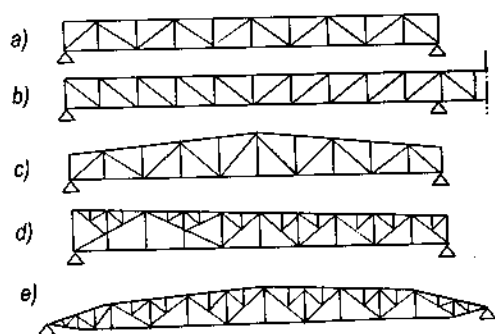
8.2.1.2. Phân loại

- Về hình thức:

Kết cấu dàn được chọn theo yêu cầu sử dụng, yêu cầu kiến trúc... và được chia ra các dạng như sau:

- + Dàn cánh song song ($L = 60\text{m}$). Chế tạo đơn giản nên được sử dụng rộng rãi
- + Dàn cánh hình thang: Dùng khi độ dốc không lớn.
- + Dàn đa giác: Tiết kiệm vật liệu nhưng chế tạo phức tạp ($L = 60 - 90\text{m}$).
- + Dàn tam giác: Được dùng khi cần độ dốc lớn ($i = 1/5 - 1/7$), ($L = 40 - 50\text{m}$).
- + Dàn hình cung: Nội lực trong thanh cánh gần bằng nhau, nội lực thanh bụng nhỏ nên tiết kiệm vật liệu.

- Theo sơ đồ thanh bụng:



Hình 8.1: Sơ đồ dàn mái

Sơ đồ thanh bụng được chọn theo hình dáng dàn, tải trọng tác dụng, dạng liên kết với các kết cấu khác, có các loại:

- + Hệ thanh bụng tam giác có thanh đứng ($\alpha = 45^\circ$).
- + Hệ thanh bụng xiên ($\alpha = 35^\circ$).

+ Hệ thanh bụng có thêm thanh chống phụ ($\alpha = 35^\circ$) $\rightarrow$ giảm trọng lượng dàn nhưng tăng công chế tạo.

- Theo tiết diện thanh dàn:

+ Chiều cao thanh: $h_{\text{thanh}} \leq 1/8 - 1/12 L_{\text{thanh}}$

+ Các dạng tiết diện:

. Tiết diện kiểu 1 bản bụng ($L = 50 - 60\text{m}$)

. Tiết diện kiểu 2 bản bụng ($L = 60\text{m}$)

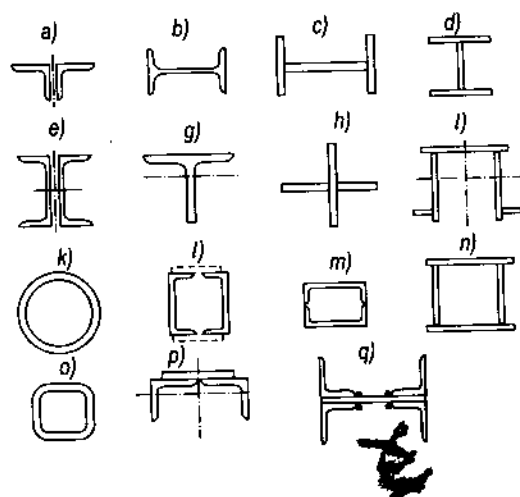
. Tiết diện kín

- Theo sơ đồ kết cấu:

+ Dạng phổ thông

+ Dạng phức tạp: ($L = 70 - 80\text{m}$)

Gối tựa: Khi $L \geq 35 - 40\text{m}$, trong 2 gối tựa phải có 1 gối di động để khỏi truyền lực ngang lên tường (lực xô ngang sinh ra do nhiệt độ, dây kéo dàn...).



Hình 8.2: Các dạng tiết diện thanh dàn

Chú ý: Khi nhịp lớn có thể dùng dàn không gian 3 mặt ứng suất trước (kính tế, dễ chế tạo, dựng lắp).

8.2.2. Kết cấu khung

8.2.2.1. Các loại khung

a) Đặc điểm

- Tiết kiệm vật liệu hơn so với kết cấu kiểu dầm nên nhẹ hơn.

- Độ cứng ngang của khung lớn hơn.

Chiều cao xà ngang giảm nên tiết kiệm vật liệu làm tường và giảm thể tích thừa của nhà.

- Nhược điểm: Chiều cao tiết diện của cột lớn nên ảnh hưởng đến không gian nhà.

b) Phân loại

- Theo tiết diện:

+ Tiết diện đặc: Ta có khung đặc ($L = 50 - 60\text{m}$), dễ gia công, chế tạo, dựng lắp, tốn vật liệu.

+ Tiết diện rỗng: Ta có khung rỗng ($L = 100 - 150\text{m}$).

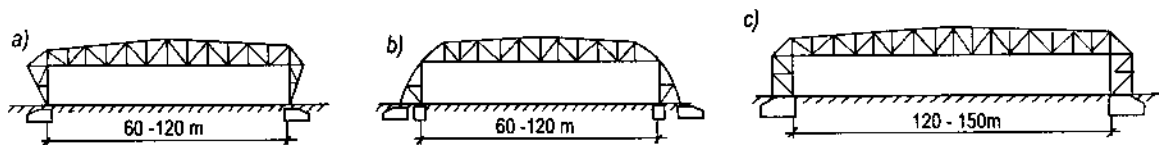
- Theo sơ đồ kết cấu:

+ Khung 2 khớp: khớp có thể ở móng hoặc đầu cột.

Khớp đặt tại hai đầu cột mômen ở giữa xà ngang lớn, tuy nhiên đơn giản cho lắp ráp.

Khớp đặt ở móng: Sẽ làm giảm mômen ở xà ngang nhưng mômen trong đầu cột lại tăng.

+ Khung không khớp: giảm được mômen nhịp nhiều, tiết kiệm vật liệu làm khung nhưng chi phí vật liệu làm móng nhiều.



Hình 8.3: Các dạng sơ đồ khung

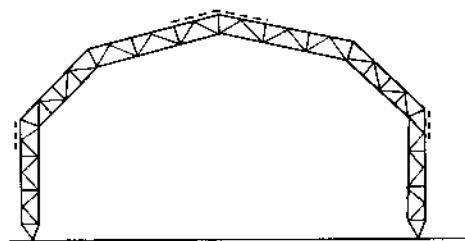
- Theo hình dáng:

+ Chiều cao nhà so với nhịp nhỏ: gara.

+ Chiều cao nhà nhịp lớn: Nhà công nghiệp.

Khi chiều cao nhà $H \geq 15 - 20m$ nên làm khung đa giác.

Chú ý: Gối tựa - gối đỡ được dùng khi phản lực lớn, khi phản lực nhỏ hơn có thể dùng kiểu khớp bản.



Hình 8.4: Khung đa giác

8.2.2.2. Đặc điểm tính toán và cấu tạo

a) Đặc điểm tính toán

- Khung đặc hoặc hỗn hợp (cột đặc, xà rỗng) đã giới thiệu trong phần tính toán khung ngang nhà công nghiệp.

- Khung rỗng nhẹ (L không lớn): có thể đưa về khung đặc có độ cứng tương đương để tính.

- Khung rỗng nặng (L lớn): phải tính như một hệ thanh có kể đến biến dạng của tất cả các thanh.

- Khi nhịp lớn ($L \geq 50m$) cột thấp, cứng phải kể đến tác dụng của nhiệt độ.

- Khi thiết kế khung nhịp lớn, độ võng chỉ tính toán do hoạt tải gây ra, còn độ võng do tĩnh tải thì được triệt tiêu với độ võng kiến trúc.

- Tiết diện các thanh:

+ Đối với khung đặc: các thanh chịu nén uốn.

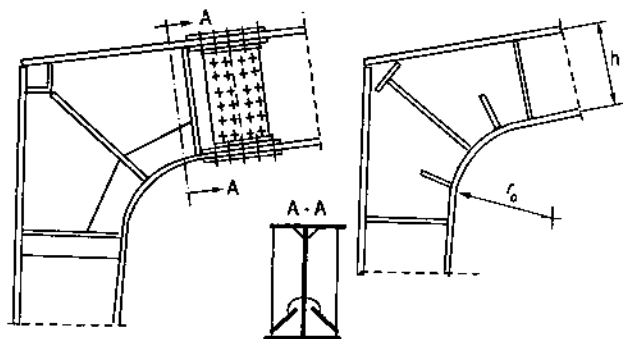
+ Đối với khung rỗng: các thanh chịu nén, kéo đúng tâm.

b) Cấu tạo

- Khung đặc:

Tiết diện thường làm: chữ I tổ hợp hàn (cột, xà).

Cột có thể làm vát (khung 2 khớp).



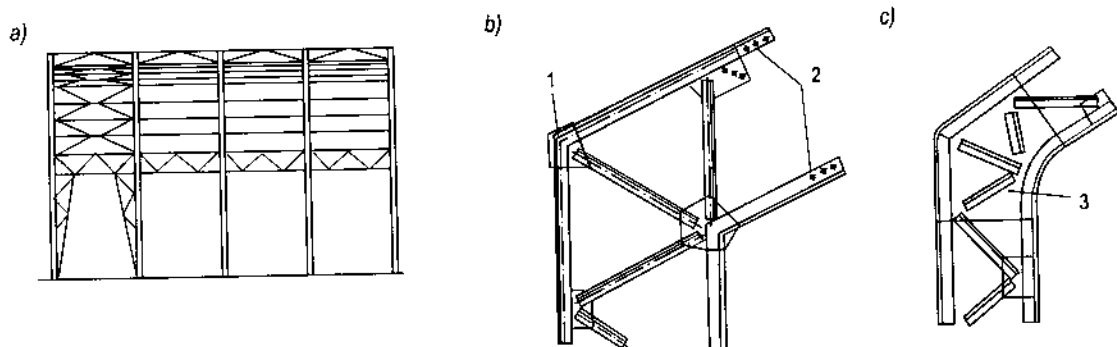
Hình 8.5: Góc khung đặc

Tăng diện tích sử dụng, nhẹ kết cấu nhưng chế tạo phức tạp hơn.

Nút khung chịu nội lực lớn, vì vậy góc trong được làm theo đường cong để tránh tập trung ứng suất cục bộ. Ở đây phải được gia cố bằng các sườn hướng tâm.

- Khung rỗng:

Khi nội lực thanh $\geq 200T$ thì dùng dàn nặng. Mỗi thanh dàn là 1 đơn vị vận chuyển, được liên kết với nhau ở mối nối dựng lắp.



Hình 8.6: Mái nhà triển lãm với khung rỗng

8.2.3. Kết cấu vòm

So với kết cấu dầm, khung, kết cấu vòm nhẹ hơn và tiết kiệm vật liệu. Nhịp càng lớn thì kết cấu vòm càng tiết kiệm được vật liệu.

Mái vòm thường được dùng cho các công trình như: nhà triển lãm, cung văn hóa, chợ, bể bơi.

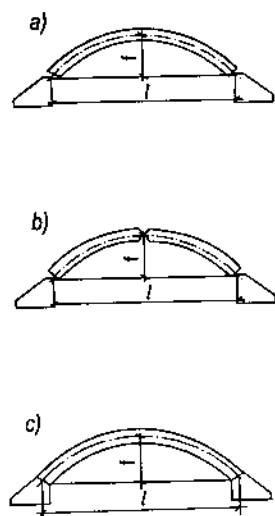
8.2.3.1. Các kiểu vòm

a) Theo liên kết

- Vòm 2 khớp: Thường được dùng nhiều nhất vì nó dễ chế tạo, dựng lắp, mặt khác nhờ khớp ở gối nên vòm có thể uốn cong và quay tự do tại khớp nên không nảy sinh ứng suất do nhiệt độ và lún gối tựa.

- Vòm 3 khớp: là kết cấu tĩnh định, không được dùng phổ biến vì tuy không chịu ảnh hưởng của nhiệt độ và lún ở gối nhưng nội lực trong các thanh phân bố không đều và phức tạp, mặt khác dựng lắp vòm 3 khớp khó khăn hơn so với các loại dàn khác.

- Vòm không khớp: là kết cấu siêu tĩnh, mômen phân bố tương đối đều nên tiết kiệm vật liệu. Tuy nhiên, móng của vòm không khớp thường to hơn và chịu ảnh hưởng của sự biến thiên



Hình 8.7: Các kiểu vòm

nhệt độ và độ lún gối tựa. Ngoài ra còn có các loại vòm 1 khớp (khớp ở đỉnh), vòm 4 khớp nhưng ít được dùng.

Chú ý: Khi chọn loại vòm phải chú ý cường độ đất nền:

Đất rất yếu sử dụng vòm 3 khớp;

Đất vừa sử dụng vòm 2 khớp;

Đất đá sử dụng vòm không khớp.

b) Theo hình dáng

- Vòm kê trực tiếp lên mặt đất: ít khi dùng vì giảm không gian sử dụng nhà. Để khắc phục nhược điểm này người ta có thể làm thẳng phần gần gối vòm.

Trong trường hợp này để giảm kích thước móng hoặc khi nền đất yếu có thể làm thêm dầm kéo để chịu lực xô ngang.

- Vòm gối lên các khung: khung sẽ chịu lực xô ngang kết hợp làm khán đài và các phòng chức năng.

c) Theo tiết diện

- Tiết diện đặc: Luôn có hai cánh song song.

- Tiết diện rỗng (dàn): Hai cánh song song hoặc không, được dùng cho nhịp lớn.

8.2.3.2. Đặc điểm cấu tạo và tính toán

a) Đặc điểm cấu tạo

Tùy theo nhịp có thể sử dụng tiết diện đặc hoặc rỗng.

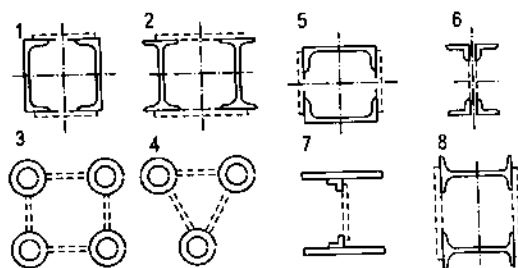
- Vòm đặc: tiết kiệm vật liệu và nhân công chế tạo khi chiều cao tiết diện $\leq 1,5\text{m}$. Ngoài ra vòm đặc dễ tạo được hình dáng đẹp do có dạng uốn cong.

+ Tiết diện: chữ I tổ hợp hàn.

+ Chiều cao tiết diện được lấy bằng $(1/50 - 1/80)L$ và không lớn hơn 2m.

- Vòm rỗng: Cấu tạo vòm rỗng giống như dàn nhẹ. Thân vòm được chia ra nhiều đoạn vận chuyển (khoảng 6 - 9m), sau được ghép lại với nhau. Vòm rỗng có dạng hình gậy khúc nên hình thức không đẹp như vòm đặc.

Thanh vòm có thể sử dụng các dạng tiết diện như hình vẽ.



Hình 8.8: Các dạng tiết diện thanh vòm

Chiều cao tiết diện bằng $(1/30 - 1/60)L$

Hệ thanh bụng là dạng tam giác có thanh chống đứng hoặc hệ thanh tam giác.

+ Phải bố trí hệ giằng ngang và thanh chống dọc nhà như dàn thường.

Khớp ở gối tựa có 3 loại: khớp bản, khớp gối và khớp đu (sẽ giới thiệu ở phần sau).

Các kích thước chính của vòm:

L - nhịp vòm;

f - độ cong;

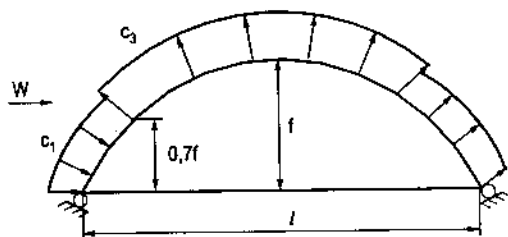
$f/L = 1/5 - 1/6$ (theo điều kiện kinh tế)

$f/L = 1/2 - 1/5$ (theo điều kiện kinh tế)

b) Tính toán

Kết cấu mái vòm được chia thành từng vòm thẳng và dùng phương pháp trong cơ học kết cấu để xác định nội lực. Các tải trọng tác dụng lên hệ vòm gồm có: tĩnh tải, hoạt tải, tải trọng gió.

Trong đó tải trọng gió là tải trọng chính tác dụng lên vòm, tải trọng gió đối với vòm không có tường đứng lấy theo sơ đồ đơn giản hóa: Áp lực gió dương chỉ có ở mặt phía trước còn suốt mặt cong và mặt đứng phía sau là áp lực gió hút.



Hình 8.9: Sơ đồ tính vòm với tác dụng của tải trọng gió

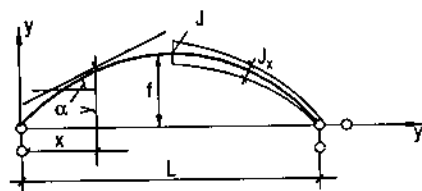
Xác định nội lực:

Cắt một đoạn vòm như hình vẽ, ta xác định được nội lực:

$$M_x = M_d - H.y$$

$$N_x = Q_d \cdot \sin \alpha + H \cdot \cos \alpha$$

$$Q_x = Q_d \cdot \cos \alpha + H \cdot \sin \alpha$$



Hình 8.10: Sơ đồ xác định nội lực vòm

Trong đó:

y - tọa độ trục vòm;

α - góc tiếp tuyến của trục vòm với phương ngang;

M_d , Q_d - mômen và lực cắt dầm khi xem vòm như 1 dầm đơn giản nhịp L;

H - lực xô ngang.

Với vòm 2 khớp có: $X = H$

Phương trình chính tắc: $\delta_{11}X + \Delta_{1P} = 0 \rightarrow X = \frac{-\Delta_{1P}}{\delta_{11}}$

Vòm đặc: $\delta_{11} = \overline{M_1 M_1}$

Vòm rỗng: $\delta_{11} = \sum_{i=1}^n \frac{\overline{N_i^2} l_i}{E \cdot A_i}; \quad \Delta_{1P} = \sum \frac{\overline{N_i} N_{1P} l_i}{E \cdot A_i}$

Trong đó: N_i, N_{ip} - nội lực trong thanh thứ i của vòm do lực đơn vị và tải trọng gây ra trong hệ cơ bản.

A_i, L_i - diện tích tiết diện và chiều dài thanh thứ i ;

n - số thanh của vòm.

Sau khi tính được lực xô ngang H , ta tính được M_x, N_x, Q_x . Từ đó, tính nội lực các thanh bằng cách cho thanh cánh chịu M và N , thanh bụng chịu Q .

+ Nội lực thanh cánh:

$$N_1 = \frac{M_x}{h} + \frac{N_x a}{2h}$$

$$N_2 = -\frac{M_x}{h} + \frac{N_x a}{2h}$$

+ Nội lực trong thanh cánh xiên:

$$D = \frac{Q_x}{\cos(\beta - \alpha)}$$

+ Nội lực trong thanh đứng:

$$V = \frac{Q_x}{\cos \alpha}$$

Với a - khoảng cách từ trọng tâm tiết diện đến trọng tâm thanh cánh đối diện.

• Kiểm tra ổn định vòm

- Ổn định tổng thể:

+ Trong mặt phẳng vòm:

Vòm có thể mất ổn định theo các dạng sóng khác nhau, nhưng dạng cho lực tới hạn nhỏ nhất là dạng hình thành 2 sóng, lúc này lực tới hạn của vòm được tính gần đúng theo công thức:

$$N_{th} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J_x}{\mu^2 \left(\frac{S}{2} \right)^2}$$

Trong đó:

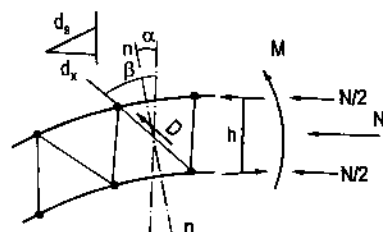
S - chiều dài vòm;

EJ_x - độ cứng của vòm tại 1/4 nhịp;

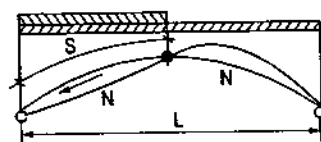
μ - hệ số chiều dài tính toán, kể đến độ cong của vòm (tra bảng 8.1).

Điều kiện ổn định vòm:

$$\frac{N_{th}}{N} > 1,2 \div 1,3$$



Hình 8.11: Xác định nội lực thanh vòm



Hình 8.12: Dạng vòm mất ổn định cho lực tới hạn lớn nhất

Bảng 8.1. Giá trị hệ số chiều dài tính toán μ

Sơ đồ vòm	f/L			
	0,05	0,2	0,3	0,4
Ba khớp	1,2	1,2	1,2	1,4
Hai khớp	1	1,1	1,2	1,3
Không khớp	0,7	0,75	0,8	0,85

Ngoài mặt phẳng vòm:

Nói chung ngoài mặt phẳng, vòm không mất ổn định do đã được đảm bảo bằng hệ thanh giằng ngang và hệ xà gồ thành các điểm chống chuyển vị ngang. Vì vậy, yêu cầu khoảng cách giữa các điểm giằng không lớn hơn 16 - 20 lần bề rộng cánh.

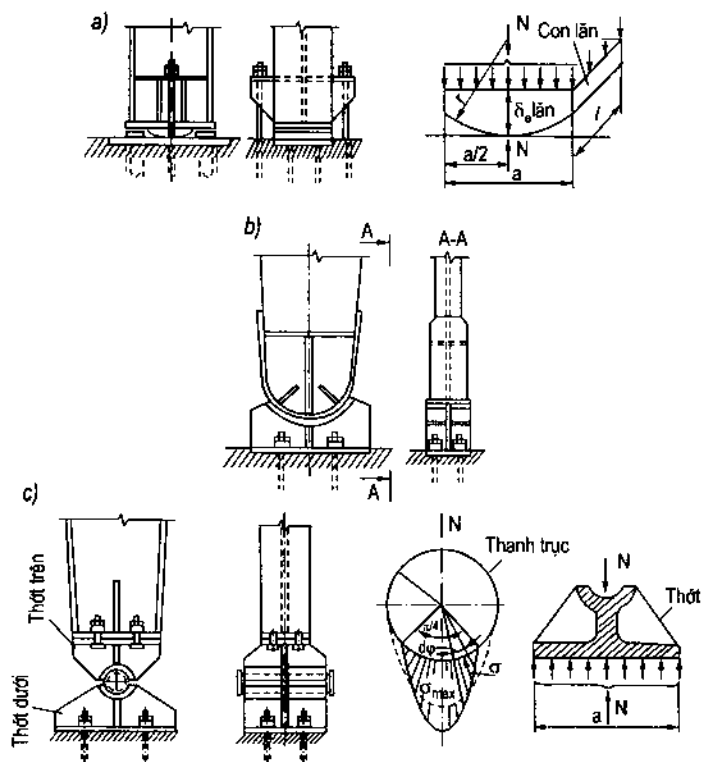
- Ổn định cục bộ:

+ Vòm đặc: Ổn định cục bộ của cánh và bụng như một phân tử chịu nén lệch tâm.

+ Vòm rộng: Từ nội lực trong các thanh tính ổn định trong và ngoài mặt phẳng vòm.

8.2.3.3. Khớp vòm

Khớp vòm thường dùng 3 kiểu: khớp bản, khớp cối, khớp đu.



Hình 8.13: Các loại khớp gối của vòm và khung
a) Sơ đồ tính của khớp bản; b) Khớp gối; c) Khớp du.

- Khớp bản:

Được sử dụng khi phản lực gối không lớn lắm.

Có cấu tạo đơn giản nhất, gồm 1 bản, có mặt cong để dễ quay và bản dầm chôn trong bê tông móng.

- Khớp gối:

Được dùng khi phản lực gối lớn hơn.

Bao gồm 2 mặt vỏ trụ cứng tiếp xúc nhau, bulông neo để gắn gối dầm vào móng.

- Khớp du:

Được dùng khi phản lực gối rất lớn.

Bao gồm: 2 thốt trên và dưới, ở giữa tạo thành một ổ trong có một trục hình trụ dùng làm khớp quay. Vòm được liên kết với thốt trên qua tấm thép bằng đường hàn theo chu vi tiết diện vòm và bulông, bề mặt thốt dưới rộng hơn thốt trên để truyền áp lực lên móng.

Chú ý: Ở các vòm nhẹ, để phòng gió bốc, nên dùng thêm bulông neo, bulông neo được bố trí ở trục vòm để không cản trở sự quay của khớp.

8.3. KẾT CẤU MÁI KHÔNG GIAN NHÀ NHỊP LỚN

8.3.1. Khái niệm

Các kết cấu kiểu dầm, khung, vòm đã giới thiệu là những hệ kết cấu phẳng, gồm những hệ kết cấu riêng lẻ được liên kết với nhau bằng hệ giằng, vì vậy sự làm việc không gian của các kết cấu này không lớn. Để khắc phục nhược điểm này, người ta sử dụng kết cấu không gian cho mái nhà nhịp lớn. Kết cấu không gian là những kết cấu mà các cấu kiện chịu lực không nằm trong cùng một mặt phẳng. Vì vậy nội lực được dàn đều trên mặt mái làm cho kết cấu không gian nhẹ và tạo được dáng kiến trúc đẹp hơn kết cấu phẳng. Nhưng bên cạnh đó việc tính toán và thi công cũng khó khăn hơn.

Dưới đây sẽ trình bày một dạng kết cấu mái không gian, đó là cupôn.

8.3.2. Mái cupôn

Mái cupôn được dùng cho các công trình có mặt bằng hình tròn hoặc đa giác đều. Có các loại: cupôn sườn, cupôn sườn vòng, cupôn lưới...

8.3.2.1. Cupôn sườn

Cấu tạo:

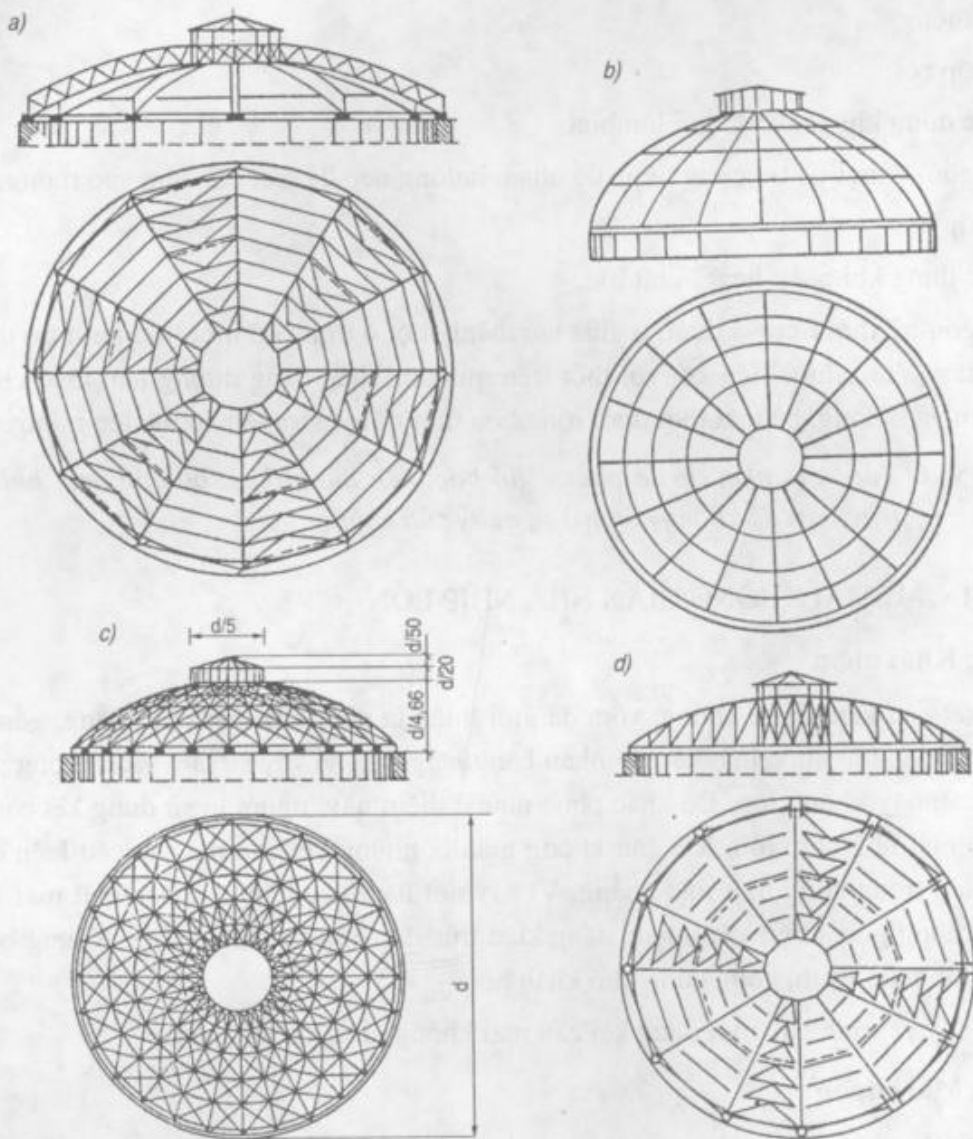
- Sườn: các sườn được đặt theo phương bán kính liên kết với nhau bằng xà gồ và giằng.

Cánh trên sườn tạo mặt ngoài của cupôn (mặt tròn xoay, hình cầu hoặc elipxoit).

Sườn có thể đặc hoặc rỗng. Loại sườn đặc nặng nhưng cấu tạo đơn giản hơn loại rỗng.

- Vành đỉnh:

Đầu trên các sườn được kê vào vành đỉnh, vành đỉnh phải có độ cứng lớn vì phải chịu nén, uốn, xoắn đồng thời.



Hình 8.14: Sơ đồ cupôn

a) Cupôn sườn; b) Cupôn sườn vòng; c) Cupôn lưới; d) Cupôn sườn dầm.

Nếu là sườn liên kết khớp với vành đỉnh và đường kính vành nhỏ thì có thể coi các cặp sườn đối xứng nhau tạo thành vòm 3 khớp (nếu không là vòm 2 khớp).

- Vành gối:

Ở dưới chân sườn kê lên cột, có thể bằng thép hoặc bê tông cốt thép, chỉ cần cố định để ngăn chuyển vị ngang khi chịu tải trọng gió.

- Xà gồ:

Giữa các cặp sườn đặt các xà gồ, trên đó là lớp mái, xà gồ đảm bảo ổn định tổng thể ngoài mặt phẳng cho các sườn.

Xà gồ có thể thiết kế cánh trên cong hoặc dùng xà gồ thẳng bên dưới cầu phong dờ mái thì đặt tấm dệm.

- Hệ giằng:

Tăng độ cứng chung của cupôn.

- Cửa mái: có tác dụng thông gió và chiếu sáng.

b) Tính toán

Tải trọng tác dụng lên cupôn gồm: tĩnh tải, hoạt tải mái, tải trọng gió. Các tải trọng này được quy thành 2 dạng để tính toán: tải trọng đối xứng qua trục và tải trọng không đối xứng qua trục.

• Với tải trọng đối xứng qua trục (tĩnh tải, trọng lượng bản thân):

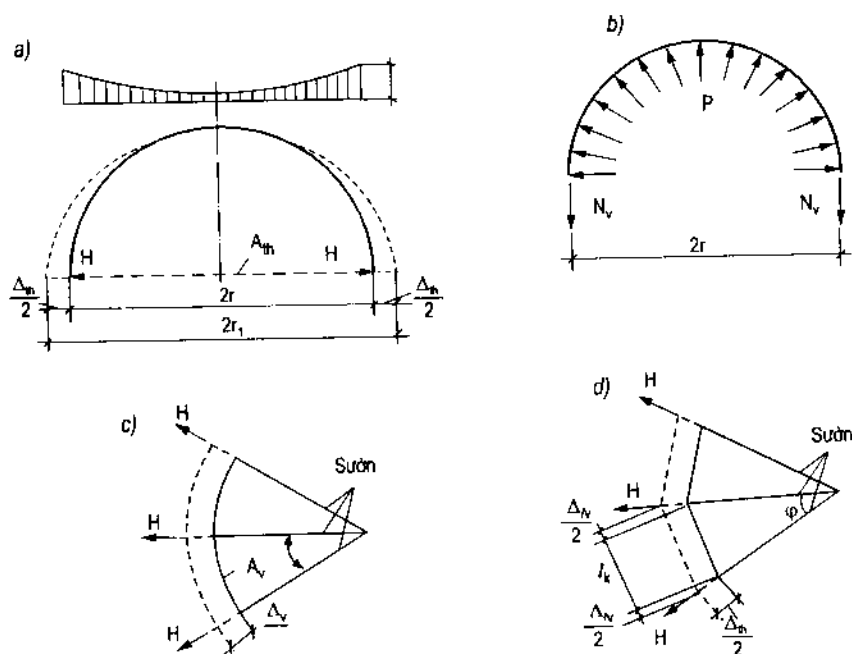
- Nguyên tắc tính:

+ Với tải trọng đối xứng, các vòm liên kết giống nhau nên tách ra 1 vòm để tính.

+ Thay vành gối bằng một thanh cứng quy ước nằm trong mặt phẳng vòm.

+ Vành đỉnh chịu nén do tác dụng các lực ngang thì phải kiểm tra bền và ổn định.

- Tính tiết diện thanh cứng quy ước (A_{th})



Hình 8.15: Sơ đồ tính cupôn sườn chịu tải trọng thẳng đứng.

a) Sơ đồ vòm; b, c) Biến dạng của vành gối tròn; d) Biến dạng của vành gối hình tam giác.

+ Tính biến dạng toàn vành:

Giả sử có n sườn được bố trí đều theo chu vi cupôn, ta có thể thay lực xô ngang H của vòm bằng tải trọng phân bố đều p :

$$p = \frac{n.H}{2\pi r}$$

Trong đó: r - bán kính vành gối $\rightarrow$ lực kéo vành gối là:

$$N.v = P.r = \frac{n.H}{2\pi}$$

Biến dạng của vành gối:
$$\Delta L_v = \frac{N_v L_v}{E A_v} = \frac{N_v 2\pi r}{E_v A_v} = \frac{n r H}{E_v A_v}$$

(E_v , A_v - môđun đàn hồi của vật liệu làm vành và diện tích vành gối).

+ Tính biến dạng vành gối theo phương đường kính (Δ_v):

Gọi r , r_1 là bán kính trước và sau khi biến dạng của vành, ta có phương trình:

$$2\pi.r + \Delta L_v = 2\pi.r_1 \rightarrow \Delta L_v = 2\pi.r_1 - 2\pi.r = \pi(2r_1 - 2r)$$

mà:
$$\Delta_v = 2.r_1 - 2.r \rightarrow \Delta_v = \frac{\Delta L_v}{\pi} \rightarrow \Delta_v = \frac{n.r.H}{\pi E_v.A_v}$$

+ Tính biến dạng thanh quy ước:

$$\Delta_{th} = \frac{2r.H}{E_{th}.A_{th}}$$

Trong đó: E_{th} , A_{th} - độ cứng của thanh quy ước.

+ Tính diện tích thanh căng:

Ở trên đã nói thay vành gối bằng thanh căng quy ước có biến dạng bằng biến dạng của vành gối $\rightarrow$
 $\Delta_v = \Delta_{th}$

$$\frac{n.r.H}{\pi E_v A_v} = \frac{2r.H}{E_{th}.A_{th}} \rightarrow A_{th} = \frac{2.\pi.E_v A_v}{n.E_{th}}$$

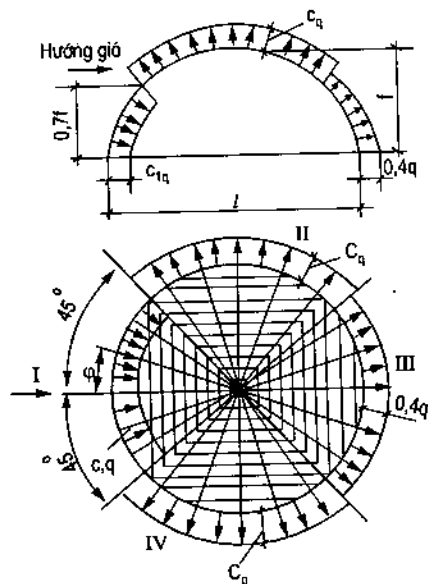
Tính tương tự với vành gối đa giác, ta có:

$$A_{th} = \frac{4r A_v E_v}{l_k E_{th}} \sin^2 \frac{\varphi}{2}$$

• Với tải trọng không đối xứng (gió, tải trọng sửa chữa):

- Nguyên tắc tính:

+ Các đôi sườn (vòm) của cupôn làm việc khác nhau nhưng vẫn tách ra từng vòm để tính.



Hình 8.16: Sơ đồ tác dụng của tải trọng gió

+ Khi chịu tải trọng gió, vòm được chia thành 4 phần:

Ở phần tư I, III, áp lực gió cùng phương, gây chuyển vị ngang.

Ở phần tư II, IV, áp lực gió không cùng phương, không gây chuyển vị ngang.

Vì vậy, tính toán với những vòm nằm trong góc II, III, quy tất cả các vòm này về 1 vòm tương đương, sau đó phân phối lại cho các vòm ở góc phần tư I, III tỉ lệ với độ cứng tương đương của chúng.

- Tính vòm tương đương:

+ Độ cứng của vòm tương đương:

$$J_{td} = J \cdot \sum_{i=1}^m \cos \varphi_i$$

Trong đó: J - mômen quán tính của 1 vòm;

φ - góc nghiêng của vòm thứ i với phương của hợp lực gió;

m - số lượng vòm ở góc I, III.

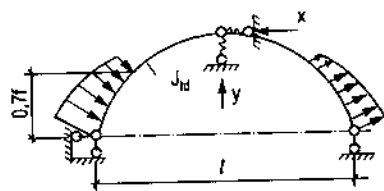
+ Tải trọng: được chia thành 2 phần.

Phần gần đỉnh là gió hút đối xứng, tính như phần trên.

Phần gần chân vòm là gió không đối xứng.

+ Liên kết:

Vòm liên kết khớp ở chân.



Hình 8.17: Gối đàn hồi đỉnh vòm

Ngoài ra, các vòm ở góc II, IV không bị chuyển vị ngang đồng thời gây 1 lực làm cản trở chuyển vị ngang của các vòm ở góc I, III. Vì vậy tại đỉnh vòm tương đương đặt gối đàn hồi (theo cả phương ngang và đứng).

Chuyển vị ngang và đứng của mắt đỉnh do $x = 1, y = 1$ gây ra:

$$\Delta x = \frac{\overline{M_x^2} dx}{EJ \sum_n \cos \varphi}; \quad \Delta y = \frac{\int \overline{M_y^2} dx}{E \sum_n J} = \frac{\int \overline{M_x^2} dx}{EnJ}$$

Trong đó:

$\overline{M_x}, \overline{M_y}$ - mômen uốn trong vòm tương đương do $x = 1$ và $y = 1$ gây ra.

n - số lượng vòm ở góc II, IV.

+ Viết phương trình chính tắc:

$$\delta_{xx} \cdot X + \delta_{xy} \cdot Y + \Delta_{xp} = \Delta_{xx}$$

$$\delta_{yx} \cdot X + \delta_{yy} \cdot Y + \Delta_{yp} = \Delta_{yy}$$

$$\delta_{xy} = \delta_{yx} = 0$$

Giải hệ phương trình với:

$$\delta_{xx} = \int \frac{\overline{M}_y^2 dx}{EJ_{ld}} = \frac{\int \overline{M}_y^2 dx}{EJ \sum_m \cos \varphi}$$

$$\delta_{yy} = \int \frac{\overline{M}_x^2 dx}{E \sum J} = \frac{\int \overline{M}_x^2 dx}{E_m J}$$

$$\Delta_{xp} = \int \frac{\overline{M}_x M_p dx}{EJ_{ld}} = \frac{\int \overline{M}_x M_p dx}{EJ \sum_m \cos \varphi}$$

$$\Delta_{yp} = \int \frac{\overline{M}_y M_p dx}{E \sum J} = \frac{\int \overline{M}_y M_p dx}{E_m J}$$

→ x, y → Tính nội lực.

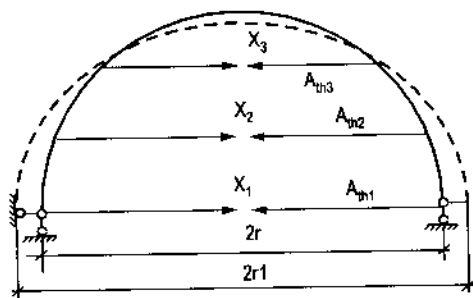
8.3.2.2. Cupôn sườn vòng

a) Cấu tạo:

- Vành đỉnh:
- Vành gối
- Sườn
- Xà gỗ vòng: liên kết khớp với sườn.

b) Tính toán

Nguyên tắc tính toán: giống như cupôn sườn nhưng có kể đến sự làm việc của các xà gỗ vòng. Tải trọng được chia ra làm hai loại để tính toán:



Hình 8.18: Sơ đồ tính cupôn sườn vòng

- Tải trọng đối xứng:

Xà gỗ vòng làm việc giống như vành gối nên thay xà gỗ vòng bằng các thanh căng quy ước đặt tại vị trí xà gỗ. Từ đó, tìm A_{th} giống như cupôn sườn.

- Tải trọng không đối xứng:

Các xà gỗ vòng khi chịu tải trọng không đối xứng sẽ chuyển vị song song với chính nó, vì vậy có thể coi như nó không chịu nội lực gì. Việc tính toán giống như cupôn sườn.

8.3.2.3. Cupôn lưới

a) Cấu tạo

Cupôn lưới là sự phát triển hơn nữa về tính không gian.

Giữa 2 sườn và 2 xà gỗ đặt thêm 1 thanh chéo nên nội lực sẽ dàn đều hơn trong mặt cupôn, trọng lượng kết cấu giảm và dễ tạo được mặt ngoài đẹp. Vì vậy, khi xây dựng cupôn

có đường kính lớn, ngày nay người ta thường chọn phương án cupôn lưới. Cupôn lưới thường có cấu tạo là các thanh thép ống liên kết khớp với nhau tại nút.

b) Tính toán:

Tính như vỏ mỏng.

8.4. HỆ MÁI TREO

8.4.1. Khái niệm chung

8.4.1.1. Định nghĩa

Hệ mái treo là kết cấu mà các bộ phận chịu lực chính là dây (chủ yếu chịu kéo) và tựa lên gối tựa.

8.4.1.2. Đặc điểm

- Hệ mái treo là loại kết cấu nhẹ nhất phủ được nhịp lớn nhất.

Ví dụ: Cầu treo qua vịnh Mecxich (Mỹ) có nhịp dài 1524m.

- Hệ mái treo là loại kết cấu tiết kiệm vật liệu nhất (vì kết cấu chỉ chịu kéo không bị mất vật liệu để đảm bảo ổn định).

- Chế tạo, dựng lắp đơn giản (do dây treo được làm bằng thép cường độ cao và các kết cấu cứng khác treo vào dây có nhịp nhỏ nên kết thúc nhẹ, dễ vận chuyển dựng lắp).

- Có thể tạo được hình dáng bất kì theo mặt bằng và mái nên dễ tạo được kiến trúc đẹp.

- Dễ biến dạng nên ít dùng cho nhà công nghiệp (không dùng cho nhà công nghiệp có cầu trục).

- Kết cấu gối tựa lớn nên tốn kém.

- Khó thoát nước.

8.4.1.3. Tính biến hình của kết cấu mái treo

a) Nguyên nhân

- Do kết cấu dây mềm

- Vật liệu làm dây treo là thép cường độ cao, nhưng môđun đàn hồi E thấp.

b) Các dạng biến hình

- Biến hình động học: do tải trọng gây ra.

- Biến hình đàn hồi: do sự co giãn của dây.

c) Biện pháp khắc phục tính biến hình của hệ

- Chọn hình dạng ban đầu của dây phù hợp với dạng tải trọng.

- Tăng tải trọng mái để bản thân trọng lượng mái đã tạo nên sự ổn định của dây, nhưng làm như vậy lại không kinh tế.

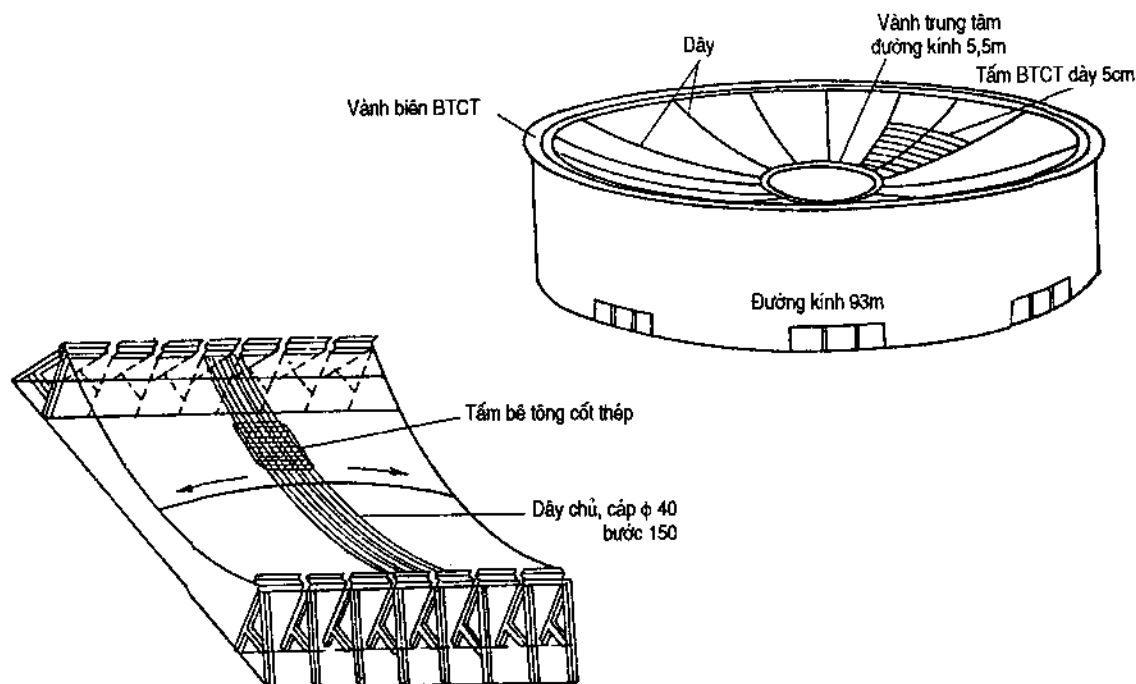
- Dùng các dây căng để tạo ứng suất trước.

8.4.2. Các hệ mái dây

8.4.2.1. Kết cấu mái dây 1 lớp

Kết cấu mái dây 1 lớp là kết cấu chịu lực chỉ có 1 lớp dây được ghép theo 1 quy định (song song hoặc hội tụ).

- Hệ dây song song, căng dây chính, tạo ứng suất trước (được sử dụng cho mặt bằng hình chữ nhật).
- Hệ dây hội tụ: được sử dụng cho mặt bằng hình tròn, elíp.



Hình 8.19: Hệ mái dây một lớp

• Phân loại:

Tùy theo loại dây chia làm 2 loại:

- + Hệ 1 lớp dây mềm: dây làm bằng cáp.
- + Hệ 1 lớp dây cứng: dây làm bằng thép hình chữ I.

8.4.2.2. Kết cấu mái dây 2 lớp

Kết cấu mái dây 2 lớp là kết cấu chịu lực có 2 lớp dây: dây chịu lực và dây căng.

Lớp dây căng (còn gọi là lớp dây ổn định hình dạng cho hệ dây).

Có 3 cách bố trí dây như hình 8.20:

Hình 8.20a - dây chịu lực cao hơn dây căng → các hệ thanh chịu lực đều chịu kéo tốt.

Hình 8.20b - xen kẽ có thanh chống chịu nén, chịu kéo.

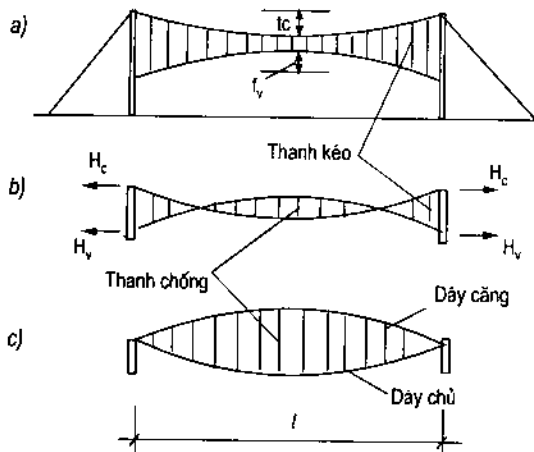
Hình 8.20c - dây căng cao hơn dây chịu lực tiết kiệm được 1 vành trong hệ thanh chống chịu nén → không tốt.

8.4.2.3. Kết cấu mái dây hình yên ngựa

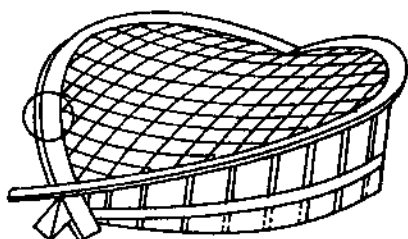
Kết cấu mái dây hình yên ngựa là kết cấu không gian tạo nên từ 2 lớp dây trực giao.

Kết cấu cũng bao gồm 2 lớp dây: (lớp dây chịu lực và lớp dây căng).

Lớp dây căng đặt trực tiếp lên lớp dây chủ và được căng trước.



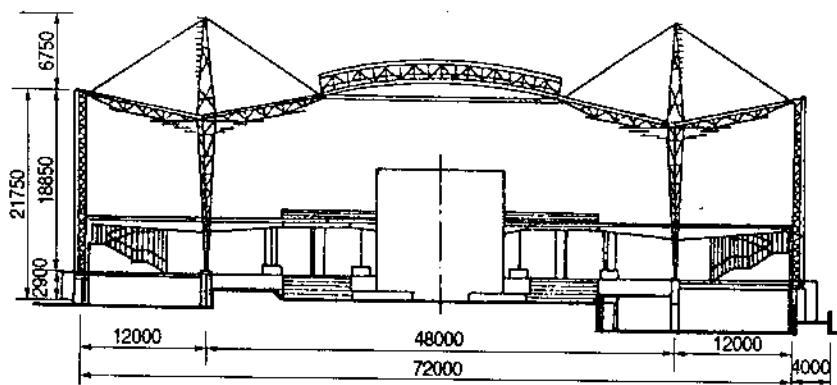
Hình 8.20: Sơ đồ kết cấu hệ dây hai lớp



Hình 8.21: Hệ mái dây hình yên ngựa

8.4.2.4. Kết cấu hỗn hợp dây và thanh

Dùng kết hợp các thanh cứng (dây, dàn) consol và các dây mềm.



Hình 8.22: Nhà triển lãm với kết cấu hỗn hợp dây và thanh

8.4.2.5. Mái treo vỏ mỏng

Mái treo vỏ mỏng là kết cấu có hệ chịu lực làm bằng các tấm kim loại và tăng tính ổn định, hạn chế biến dạng của kết cấu khi chịu tải trọng không đều.

Phần II

KẾT CẤU GỖ

Chương 9

GỖ DÙNG TRONG XÂY DỰNG

9.1. ƯU NHƯỢC ĐIỂM CỦA KẾT CẤU GỖ

Kết cấu gỗ được sử dụng khá phổ biến trong các công trình xây dựng như cột nhà, kèo nhà, khung gỗ, cầu gỗ... Vật liệu làm kết cấu gỗ không phải chỉ là toàn gỗ mà có thể là các vật liệu khác kết hợp như thép, tre, chất dẻo.

Gỗ là vật liệu xây dựng tự nhiên được sử dụng rộng rãi, đã có từ lâu đời.

9.1.1. Ưu điểm

- Gỗ là loại vật liệu nhẹ, cường độ cao.
- Gỗ là loại vật liệu phổ biến và mang tính chất địa phương. Ở Việt Nam, gỗ không phải chỉ có ở rừng núi mà có ở khắp các vùng nông thôn, đồng bằng. Ở nông thôn, việc xây dựng nhà cửa hầu hết sử dụng vật liệu tại chỗ: Gỗ xoan, mít (có hơn 400 loại gỗ khác nhau). Gỗ là loại vật liệu dễ gia công, chế tạo: dễ xẻ, cưa, bào, đóng đinh...

9.1.2. Nhược điểm

- Tính không đồng nhất và không đẳng hướng
Ví dụ: không đồng nhất ở chỗ: cùng 1 loại gỗ, tính chất có thể khác nhau tùy theo địa phương, khu rừng.
Gỗ không phù hợp với giả thiết trong tính toán là vật liệu đồng nhất, đẳng hướng nên khi tính cần lấy hệ số an toàn cao.
 - Gỗ có nhiều khuyết tật làm giảm khả năng chịu lực và làm cho việc chế tạo khó khăn như: mắt gỗ, khe nứt...
 - Gỗ là vật liệu ngấm nước, lượng nước chứa trong gỗ thay đổi tùy theo môi trường không khí xung quanh. Khi gỗ hút hay nhả hơi nước sẽ bị giãn nở hay co ngót không đều theo các phương dẫn đến hiện tượng nứt nẻ, cong, vênh.
- Kết cấu làm bằng gỗ ẩm, khi khô các mộng lỏng ra, ảnh hưởng đến khả năng chịu lực, có thể không sử dụng được.

- Gỗ dễ bị nấm mốc, mối mọt, mục và dễ cháy. Ở những nơi có $t^{\circ} > 50^{\circ}\text{C}$ không được sử dụng kết cấu gỗ.

Những nhược điểm trên là của gỗ thiên nhiên chưa qua chế biến. Để khắc phục được những khuyết điểm đó, người ta phải xử lý cho gỗ khỏi mục, mọt, lựa chọn vật liệu (loại bỏ gỗ bệnh tật, không dùng gỗ tươi...). Nhưng ngày nay, người ta thường sử dụng gỗ dán có nhiều ưu điểm như nhẹ, khỏe, chịu lực tốt, bền (đã qua xử lý chống mối mọt), khó cháy.

9.2. PHẠM VI SỬ DỤNG KẾT CẤU GỖ

9.2.1. Nhà dân dụng

Nhà ở 1 tầng, 2 tầng, hội trường, nhà văn hóa, trụ sở.

9.2.2. Nhà xưởng sản xuất công nghiệp

Kho thóc, gạo, chuồng trại chăn nuôi, các xưởng chế biến, xưởng sản xuất và sửa chữa ở nông thôn. Trong các xưởng hóa chất có chất ăn mòn kim loại, có thể thay thế thép bằng gỗ.

9.2.3. Trong giao thông vận tải

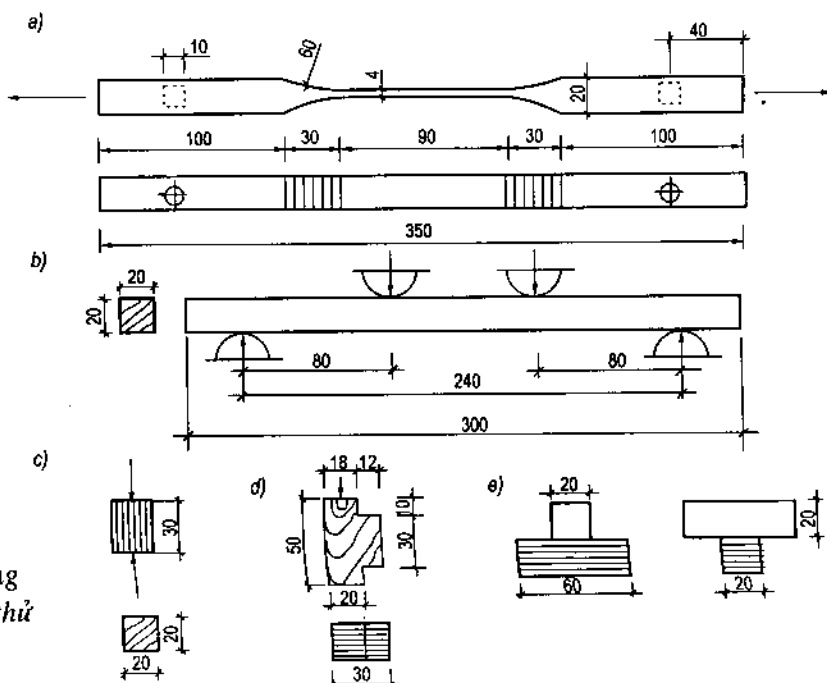
Cầu nhỏ, cầu tạm trên đường cấp thấp.

9.2.4. Trong thủy lợi

Cầu tàu, bến cảng, cửa van, cống.

Ngoài ra trong thi công, gỗ được sử dụng rộng rãi trong dàn giáo, ván khuôn, cầu công tác.

Nói chung, kết cấu gỗ được sử dụng thích hợp với những công trình loại vừa và nhỏ, không mang tính chất vĩnh cửu.



Hình 9.1: Hình dạng và kích thước mẫu thử

9.3. TÍNH CHẤT CƠ HỌC CỦA GỖ

Tính chất cơ học của gỗ gồm có các chỉ tiêu về độ bền, độ đàn hồi, khi chịu lực kéo, nén, uốn, ép mặt, trượt... Để xác định các chỉ tiêu này, người ta làm thí nghiệm với các mẫu gỗ nhỏ (không có tật bệnh), trên máy với những tốc độ gia tải nhất định.

Theo tiêu chuẩn TCVN 363-70 đến 370-70 về các phương pháp thử cơ học của gỗ và mẫu thử để tìm đặc trưng cơ học có hình dạng và kích thước như hình 9.1.

Trên thực tế cấu kiện gỗ có kích thước lớn hơn nhiều lần so với mẫu thí nghiệm và luôn có khuyết tật, vì vậy khi xác định tính chất cơ học của gỗ, người ta phải làm rất nhiều thí nghiệm với nhiều mẫu để lấy kết quả trung bình.

Ngoài hình dáng mẫu thí nghiệm, cường độ gỗ còn phụ thuộc nhiều vào tốc độ gia tải và thời gian tác dụng của tải trọng.

9.3.1. Ảnh hưởng của thời gian chịu lực đến cường độ lâu dài của gỗ

Người ta thí nghiệm với nhiều mẫu gỗ giống nhau mỗi mẫu chịu một tải trọng khác nhau. Kết quả vẽ được biểu đồ quan hệ giữa cường độ phá hoại và thời gian tác dụng tải trọng cho đến lúc mẫu gỗ bị phá hoại.

Biểu đồ này có dạng 1 đường cong đi xuống và tiệm cận với 1 đường nằm ngang. Như vậy, cường độ của gỗ sẽ giảm đi khi chịu lực lâu dài, cuối cùng sẽ giảm đến 1 trị số σ_{cl} (cường độ lâu dài của gỗ), σ_{cl} cũng chính là ứng suất lớn nhất mà mẫu gỗ có thể chịu được (không bị phá hoại). Nếu ứng suất thực tế $\sigma > \sigma_{cl} \rightarrow$ gỗ sẽ bị phá hoại. $\sigma < \sigma_{cl} \rightarrow$ gỗ sẽ không bị phá hoại dù tải trọng tác dụng lâu dài vô hạn.

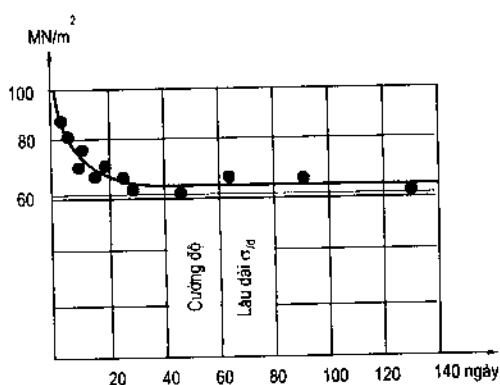
Trong tính toán dùng σ_{cl} làm giới hạn chịu lực.

9.3.2. Sự làm việc của gỗ chịu kéo, nén, uốn

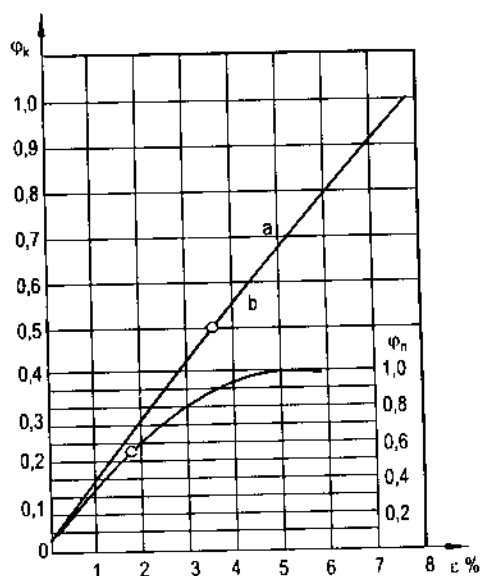
9.3.2.1. Kéo

Cường độ chịu kéo dọc thớ của gỗ rất cao, thường tới $> 80 - 100 \text{ MN/m}^2$.

Nhìn vào biểu đồ kéo, nén của gỗ ta có nhận xét: đường biểu diễn mối quan hệ giữa ứng suất kéo với biến dạng gần như là 1 đường thẳng, coi như ứng suất tỉ lệ với biến dạng.



Hình 9.2: Đường cong chịu lực lâu dài của gỗ



Hình 9.3: Biểu đồ kéo, nén của gỗ

Mẫu gỗ bị phá hoại đột ngột ở biến dạng tương đối nhỏ, gỗ chịu kéo làm việc như vật liệu giòn (không thể phân đều lại ứng suất), sẽ bị phá hoại nhanh chóng. Trong thực tế, gỗ còn bị các tật bệnh làm giảm khả năng chịu lực nhiều.

Do cấu trúc dạng sợi, gỗ chịu kéo ngang thớ kém ($1/20 - 1/15$ cường độ kéo dọc thớ) nên không bao giờ cho gỗ chịu kéo ngang thớ.

9.3.2.2. Nén

Cường độ nén dọc thớ của mẫu gỗ nhỏ hơn cường độ kéo vài lần (khoảng $30 - 45 \text{ MN/m}^2$).

Biểu đồ nén là 1 đường cong rõ rệt: phần đầu của biểu đồ là 1 đường thẳng (ứng với ứng suất $< 0,5$ ứng suất phá hoại). Sau trị số này, biến dạng gỗ tăng nhanh so với ứng suất.

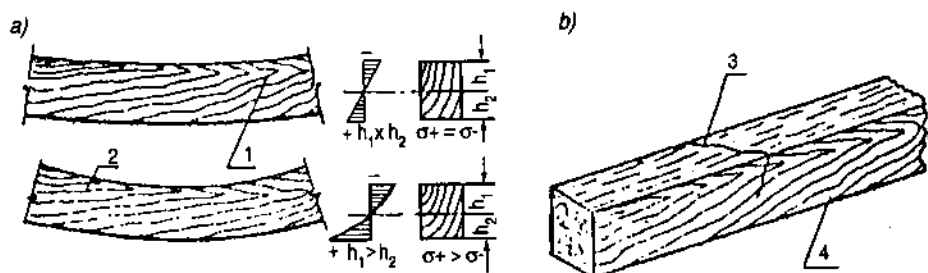
Biểu đồ có dạng cong, khi nén gỗ làm việc dẻo (ứng suất trong các thớ được phân đều lại trước khi gỗ bị phá hoại).

Các nhân tố tật bệnh, giảm yếu của gỗ ít ảnh hưởng đến sự làm việc chịu nén (vì ứng suất cục bộ được phân đều lại).

Cường độ chịu nén là chỉ tiêu ổn định nhất trong các chỉ tiêu cường độ, được dùng để đánh giá, phân loại gỗ (nén là hình thức chịu lực thích hợp nhất đối với gỗ).

9.3.2.3. Uốn

Cường độ chịu uốn của gỗ vào khoảng trung gian giữa cường độ chịu nén và chịu kéo ($70 - 90 \text{ MN/m}^2$). Ảnh hưởng của các tật bệnh, giảm yếu đối với uốn ở trung gian giữa kéo và nén.



Hình 9.4: Sự làm việc của gỗ khi uốn

a) Sự phân bố ứng suất trong giai đoạn đầu và giai đoạn sau;

b) Nếp gãy ở vùng nén và thớ đứt ở vùng kéo.

a) Sự phân bố ứng suất trong giai đoạn đầu 1 và giai đoạn sau 2;

b) Nếp gãy ở vùng nén 3 và thớ đứt ở vùng nén 4.

Ở giai đoạn đầu khi mômen uốn nhỏ thì ứng suất pháp phân bố dọc chiều cao tiết diện theo quy luật đường thẳng. Trị số ứng suất thớ biên $\sigma = \frac{M}{W}$, $W = \frac{bh^2}{6} \text{ cm}^3$ (mômen kháng uốn hình chữ nhật).

Tăng mômen uốn, ứng suất nén phân bố theo đường cong và tăng chậm, trong vùng nén xuất hiện biến dạng dẻo.

Ứng suất kéo vẫn tiếp tục tăng nhanh theo quy luật đường thẳng. Trục trung hòa lui xuống phía dưới. Mẫu bắt đầu bị phá hoại khi ở vùng nén ứng suất đạt đến cường độ nén và bị phá hoại hẳn khi $\sigma_k = R_k$.

Do sự phân bố ứng suất thực tế theo đường cong, xác định ứng suất thử biên bằng công thức sức bền vật liệu không còn đúng, nhưng trong tính toán vẫn sử dụng công thức $\sigma = \frac{M}{W}$ (với điều kiện phải thêm hệ số điều chỉnh vào W).

Muôn đũa đàn hồi của gỗ chịu kéo, nén, uốn gần bằng nhau (do hệ số $\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sigma}{\varepsilon}$ gần bằng nhau).

9.3.3. Sự làm việc của gỗ chịu ép mặt và chịu trượt

a) Ép mặt

Khái niệm: ép mặt là sự truyền lực từ cấu kiện này sang cấu kiện khác qua mặt tiếp xúc nhau. ứng suất ép mặt xuất hiện tại chỗ mặt tiếp xúc.

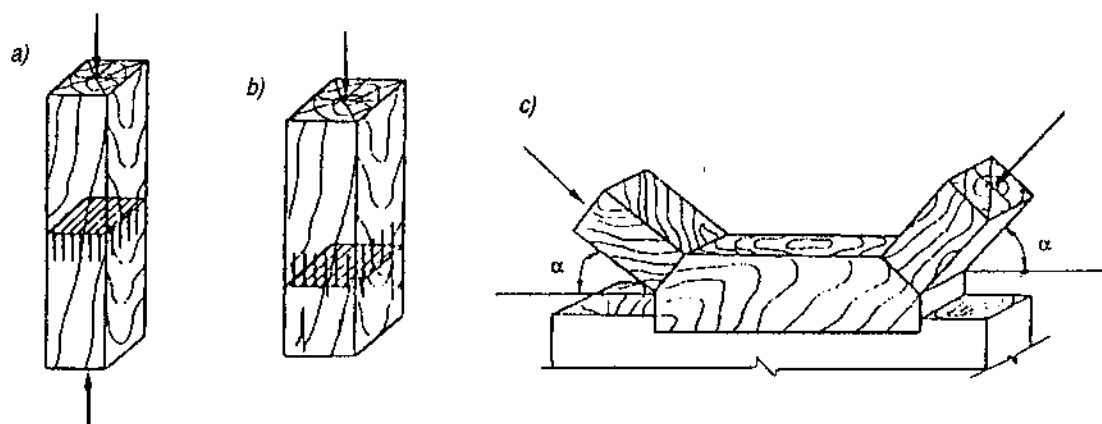
Cường độ ép mặt:
$$\sigma_{em} = \frac{N}{F_{em}}$$

Trong đó: N - lực ép mặt;

F_{em} - diện tích chịu ép mặt (diện tích tiếp xúc).

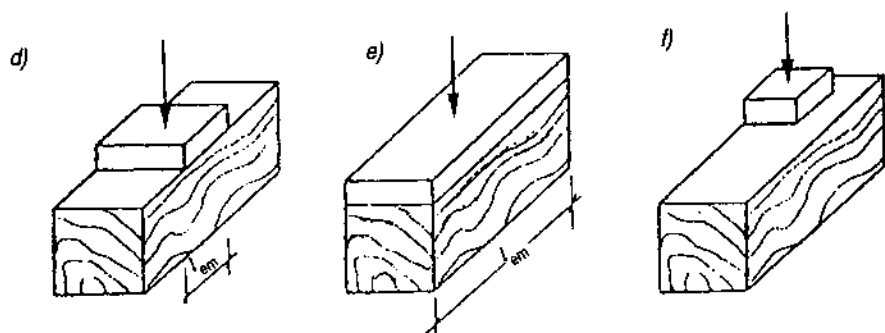
Có các loại (tùy theo phương của lực tác dụng vào thớ gỗ):

- Ép mặt dọc thớ
- Ép mặt ngang thớ
- Ép mặt xiên thớ



Hình 9.5: Các dạng ép mặt của gỗ

a) Ép mặt dọc thớ; b) Ép mặt ngang thớ; c) Ép mặt xiên thớ.



Hình 9.5: Các dạng ép mặt của gỗ (tiếp theo)
Ép mặt cục bộ

Ép mặt dọc thớ (cũng như nén dọc thớ), có σ_{em} khá cao (không khác mấy với cường độ nén dọc thớ và trong tính toán không phân biệt).

Ép mặt ngang thớ (cũng như nén ngang thớ), biến dạng lớn (do cấu trúc dạng sợi của gỗ) có 2 trường hợp: ép mặt toàn bộ, ép mặt cục bộ.

Ép mặt toàn bộ thực chất là nén ngang thớ có cường độ nhỏ nhất.

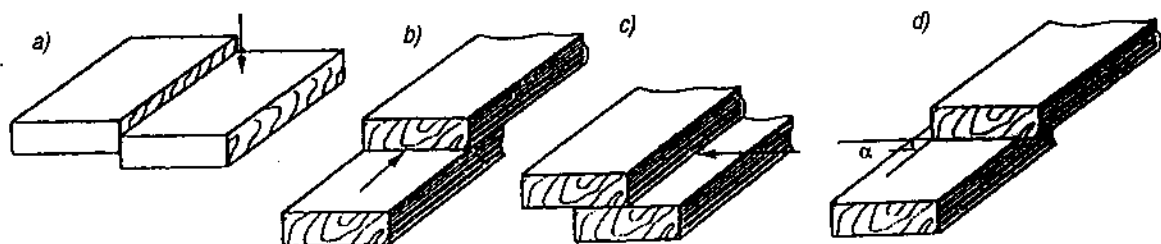
Ép mặt cục bộ: trong 1 phần diện tích có cường độ cao nhất vì còn có sự tham gia chịu lực của bộ phận gỗ ở chung quanh vùng đặt lực (diện tích ép mặt càng nhỏ so với diện tích cả thanh gỗ thì cường độ ép mặt càng cao).

Ép mặt xiên thớ: cường độ phụ thuộc vào góc giữa phương lực và thớ gỗ.

b) Trượt

Tùy theo vị trí của lực tác dụng đối với thớ gỗ, có các trường hợp trượt của gỗ như sau:

- Cắt đứt thớ
- Trượt dọc thớ (R_{tr}).
- Trượt ngang thớ (R_{tr}^{90})
- Trượt chéo thớ



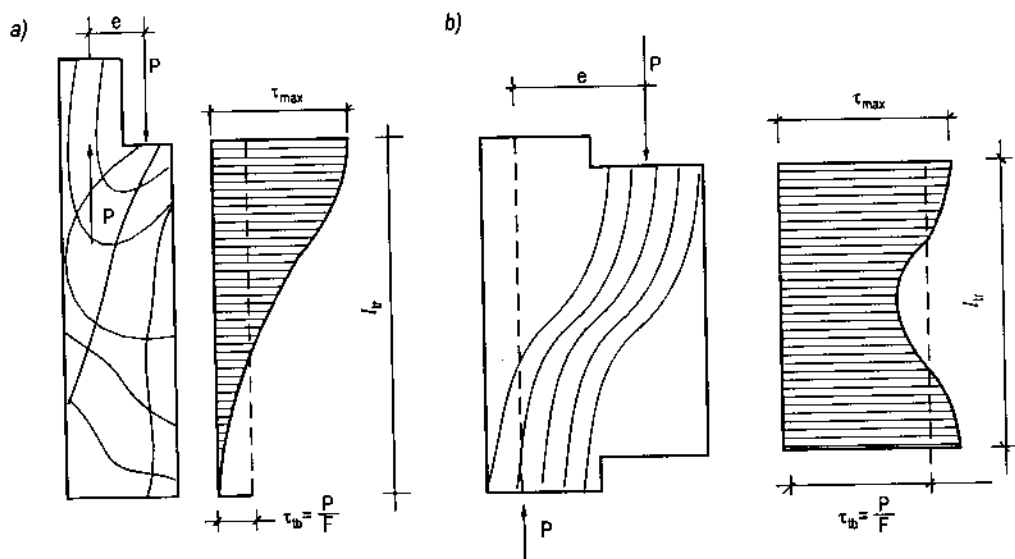
Hình 9.6: Các dạng trượt của gỗ

Ứng suất trượt không phân bố đều trong mặt trượt (mức độ không đều của trượt tùy thuộc vị trí ngoại lực so với mặt trượt). Tính với $\tau_{tb} \rightarrow \sigma_{tb}$.

Có 2 dạng đặt ngoại lực:

- Ngoại lực đặt 1 phía (1 đầu) của mặt trượt, ta có trượt 1 phía, τ phân bố rất không đều.
- Ngoại lực đặt ở 2 đầu của mặt trượt, ta có trượt trung gian $\rightarrow \tau$ phân bố đều hơn trường hợp 1 phía.

Ngoài ra mức độ không đều của τ cũng tăng lên khi l_{tr}/e tăng.



Hình 9.7: Ứng suất trượt của gỗ

9.4. CÁC NHÂN TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN CƯỜNG ĐỘ CỦA GỖ

9.4.1. Độ ẩm (w)

Quy định độ ẩm tiêu chuẩn là 18% (ở Việt Nam) (độ ẩm có ảnh hưởng rõ rệt đến cường độ của gỗ).

9.4.2. Nhiệt độ (t°)

Khi nhiệt độ tăng $\rightarrow$ cường độ của gỗ giảm.

Nếu kết cấu chịu nhiệt độ thường xuyên trong 50°C thì không được dùng vật liệu gỗ. Nhiệt độ tiêu chuẩn (lấy theo nước ngoài) $t^{\circ} = 20^{\circ}\text{C}$.

9.4.3. Tật bệnh

9.4.4. Thời gian sử dụng: ảnh hưởng đến khả năng chịu lực.

Chương 10

TÍNH TOÁN CẤU KIỆN CƠ BẢN

10.1. TÍNH TOÁN CẤU KIỆN CHỊU KÉO ĐÚNG TÂM

10.1.1. Tính toán cấu kiện chịu kéo đúng tâm

10.1.1.1. Khái niệm

Cấu kiện chịu kéo đúng tâm là cấu kiện chịu tác dụng của lực đặt trùng với trục cấu kiện (trùng với trọng tâm tiết diện ngang của cấu kiện).

10.1.1.2. Điều kiện cường độ

$$\sigma = \frac{N}{F_{th}} \leq R_k$$

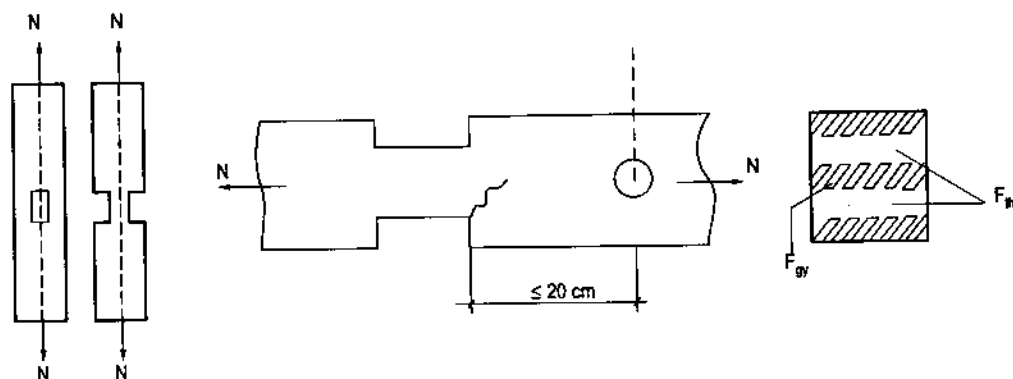
Trong đó: σ - ứng suất kéo;

N - lực kéo tính toán;

F_{th} - diện tích tiết diện bị thu hẹp;

R_k - cường độ chịu nén.

Diện tích tiết diện bị thu hẹp do có lỗ giảm yếu của cấu kiện



Hình 10.1: Cấu kiện chịu kéo đúng tâm

$F_{th} = F_{ng} - F_{giảm yếu}$ - khi có lỗ giảm yếu.

$F_{th} = F_{ng}$ - khi không có lỗ giảm yếu.

F_{ng} - diện tích tiết diện nguyên của cấu kiện.

F_{gy} - diện tích tiết diện phần bị khoét lỗ.

Đối với trường hợp khoảng cách các tiết diện giảm yếu $F_{gy} \leq 2\text{cm}$, coi như giảm yếu trên cùng 1 tiết diện ngang. Để tránh sự phá hoại của gỗ theo đường gãy khúc, tính tiết diện thực như sau:

$$F_{gy} = F_{gy1} - F_{gy2}$$

$$F_{th} = F_{ng} - F_{giảm yếu}$$

Đối với trường hợp khoảng cách giữa 2 lỗ giảm yếu $> 20\text{cm}$ tính như 2 tiết diện giảm yếu, chia 2 trường hợp giảm yếu và tính riêng cho mỗi tiết diện.

10.1.1.3. Các bài toán

a) Bài toán kiểm tra cường độ

$$\sigma = \frac{N}{F_{th}} \leq R_k$$

Tiết diện tròn:

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \geq \frac{N}{R_k} \rightarrow d \geq \frac{\sqrt{4N}}{\sqrt{\pi \cdot R_k}}$$

Tiết diện vuông:

$$F = a^2 \geq \frac{N}{R_k} \rightarrow a \geq \frac{\sqrt{N}}{\sqrt{R_k}}$$

10.2. TÍNH TOÁN CẤU KIỆN CHỊU NÉN ĐÚNG TÂM

10.2.1. Khái niệm

Cấu kiện chịu nén đúng tâm là cấu kiện chịu tác dụng của lực nén đặt trùng với trục của cấu kiện (trọng tâm tiết diện ngang của cấu kiện).

Chú ý: Cấu kiện chịu nén đúng tâm có thể bị phá hoại vì cường độ không đủ hoặc độ ổn định không đủ, tính theo 2 điều kiện.

10.2.2. Điều kiện cường độ

$$\sigma = \frac{N}{F_{th}} \leq R_n \quad (\text{kN/cm}^2) \quad (1)$$

F_{th} - diện tích tiết diện đã thu hẹp của cấu kiện (tính như cấu kiện chịu kéo);

R_n - cường độ chịu nén tính toán.

10.2.3. Điều kiện ổn định

$$\sigma = \frac{N}{\varphi \cdot F_{tt}} \leq R_n \quad (\text{kN/cm}^2) \quad (2)$$

Trong đó: F_{tt} - diện tích tiết diện tính toán của cấu kiện;

· Khi không có giảm yếu: $F_{tt} = F_{ng}$

Khi có giảm yếu: F_{tt} được tính như sau:

+ Nếu lỗ giảm yếu ở bên rìa cấu kiện: $F_{tt} = F_{gy}$

+ Nếu lỗ giảm yếu không ở bên rìa cấu kiện

$$F_{gy} \leq 25\% \rightarrow F_{tt} = F_{ng}$$

$$F_{gy} > 25\% \text{ và chỗ giảm yếu đối xứng qua trục cấu kiện} \rightarrow F_{tt} = F_{ng} - F_{gy}$$

Lỗ giảm yếu không đối xứng cấu kiện được tính toán như nén lệch tâm.

φ - hệ số uốn dọc (φ phụ thuộc độ mảnh λ)

Khi gổ làm việc trong giai đoạn đàn hồi

$$\lambda > 75 \rightarrow \varphi = \frac{3100}{\lambda^2}$$

Khi gổ làm việc ngoài giai đoạn đàn hồi $\leftrightarrow \lambda \leq 75$

$$\varphi = 1 - 0,8 \cdot \left(\frac{\lambda}{100} \right)^2$$

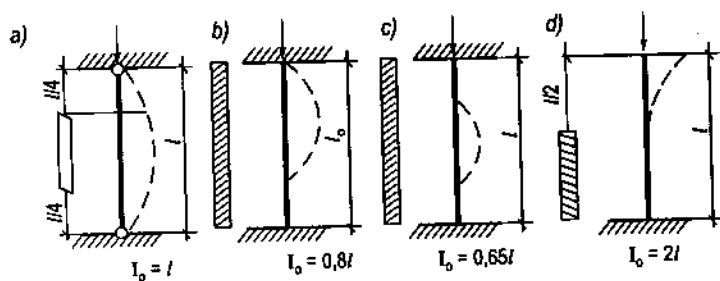
Tính độ mảnh:
$$\lambda = \frac{l_0}{r_{\min}}$$

$r_{\min}$ - bán kính quán tính nhỏ nhất của tiết diện;

Đối với tiết diện hình chữ nhật: $r_{\min} = 0,289b$ (b - cạnh nhỏ nhất hình chữ nhật)

Đối với tiết diện hình tròn: $r_{\min} = 0,25d$ (d - đường kính tiết diện).

l_0 - chiều dài tính toán của cấu kiện (phụ thuộc liên kết của cấu kiện), có 4 trường hợp (μ - số lần chiều dài của thanh ứng với 1/2 bước sóng hình sin của đường cong trục thanh).



Hình 10.2: Kiểm tra độ ổn định của thanh chịu nén đúng tâm

10.2.4. Điều kiện về độ mảnh

$$\lambda \leq [\lambda]$$

$[\lambda]$ - độ mảnh cho phép: $[\lambda] = 120$ - cấu kiện chịu nén chủ yếu.

$[\lambda] = 150$ - cấu kiện phụ

$[\lambda] = 200$ - giằng liên kết

10.2.5. Các bài toán

Bài toán kiểm tra ổn định: $\sigma = \frac{N}{\varphi \cdot F_{tt}} \leq R_n \quad (\text{kN/cm}^2)$

Bài toán chọn tiết diện:

Cần xác định trước hình dạng tiết diện cấu kiện và độ mảnh của nó để chọn công thức.

Trường hợp 1: $\lambda > 75$

- Tiết diện hình tròn: $F = \frac{l_o}{15,75} \sqrt{\frac{N}{R_n}}$

- Tiết diện hình chữ nhật: $F = \frac{l_o}{16} \sqrt{\frac{\text{kN}}{R_n}}$

- Tiết diện hình vuông: $F = \frac{l_o}{16} \sqrt{\frac{N}{R_n}}$

Trường hợp 2: $\lambda \leq 75$

- Tiết diện hình tròn: $F = \frac{N}{R_n} + 0,001l_o^2$

- Tiết diện hình chữ nhật: $F = \frac{N}{R_n} + 0,001kl_o^2$

- Tiết diện hình vuông: $F = \frac{N}{R_n} + 0,001l_o^2$

Bài toán tải trọng: $N \geq \varphi \cdot F_{tt} \cdot R_n$

10.3. TÍNH TOÁN CẤU KIỆN CHỊU UỐN PHẪNG

10.3.1. Khái niệm

Cấu kiện chịu uốn phẳng là cấu kiện chịu tác dụng của tải trọng có phương thuộc mặt phẳng của 1 trục quán tính chính của tiết diện.

Ví dụ: dầm, sàn...

Cấu kiện chịu uốn phẳng tính theo độ cứng.

10.3.2. Tính toán về cường độ

10.3.2.1. Điều kiện bền về uốn

$$\sigma = \frac{M}{W_{th}} \leq m \cdot R_n$$

Trong đó: M - mômen uốn tính toán;

W_{th} - mômen kháng uốn của tiết diện thu hẹp (tiết diện xét);

R_n - cường độ chịu uốn;

m - hệ số phụ thuộc hình dạng, kích thước của tiết diện.

Nếu cấu kiện có tiết diện hình chữ nhật và $h < 15\text{cm} \rightarrow m = 1$.

Nếu cấu kiện có tiết diện lớn và $h \geq 15\text{cm}$ và $h/b \leq 3,5 \rightarrow m = 1,15$.

(Vì đối với cấu kiện lớn chỉ ảnh hưởng bất lợi do các thớ bị cắt đứt khi xẻ sẽ ít so với cấu kiện nhỏ).

Nếu cấu kiện có tiết diện hình tròn $m = 1,2$.

10.3.2.2. Điều kiện bền về cắt (kiểm tra về ứng suất tiếp)

$$\tau = \frac{Q \cdot S_x}{J_x \cdot b} \leq R_{tr}$$

Trong đó: Q - lực cắt tại tiết diện đang xét;

S_x - mômen tĩnh của phần tiết diện nguyên bị trượt đối với trục trung hòa;

b - bề rộng của tiết diện;

R_{tr} - cường độ chịu trượt dọc thớ của gỗ.

Đối với tiết diện chữ nhật: $\tau = \frac{3}{2} \cdot \frac{Q}{F}$

Đối với tiết diện tròn: $\tau = \frac{4}{3} \cdot \frac{Q}{F}$

Chú ý: Chỉ kiểm tra ứng suất tiếp đối với các cấu kiện có chiều dài ngắn ($l/h \leq 5$) và chịu tải trọng tập trung lớn gần gối đỡ.

10.3.2.3. Điều kiện biến dạng

$$\frac{f}{l} \leq \left[\frac{f}{l} \right]$$

Trong đó: f/l - độ võng lớn nhất của dầm;

$[f/l]$ - độ võng cho phép.

10.3.2.4. Các bài toán

Bài toán kiểm tra điều kiện làm việc:

Từ điều kiện cường độ: $W \geq \frac{M}{R_u}$

Chọn được W kích thước tiết diện

+ Tiết diện hình chữ nhật: $W = bh^2/6 \rightarrow b, h$

+ Tiết diện hình tròn: $W = \pi d^3/32 \rightarrow d$

Bài toán chọn tải trọng:

$$\text{Mômen } M_{\max} \geq W.R_n$$

Lực cắt

$$+ \text{ Đối với tiết diện hình chữ nhật: } \frac{3Q}{2F} \leq R_{tr}$$

$$\rightarrow Q_{\max} \leq (2/3)R_{tr}.F$$

$$+ \text{ Đối với tiết diện hình tròn: } \frac{3Q}{4F} \leq R_{tr}$$

$$\rightarrow Q_{\max} \leq (3/4)R_{tr}.F$$

10.4. CẤU KIỆN CHỊU UỐN XIÊN

10.4.1. Khái niệm

Cấu kiện chịu uốn xiên là cấu kiện chịu tác dụng của tải trọng có phương không thuộc mặt phẳng của 1 trục quán tính chính của tiết diện.

Ví dụ: Thanh xà gỗ đặt trên vì kèo.

10.4.2. Tính toán về cường độ

Chiếu lực q lên 2 trục $x, y \rightarrow 2$ thành phần:

$$q_y = q.\cos\alpha$$

$$q_x = q.\sin\alpha$$

$$\text{Công thức kiểm tra: } \sigma = \sigma_x + \sigma_y = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \leq R_u.m \quad (1)$$

10.4.3. Kiểm tra về biến dạng

$$[f]: \text{ Độ võng cho phép: } f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \leq [f] \quad (2)$$

f_x, f_y : Độ võng thành phần theo phương x, y

f : Độ võng của P, m : hệ số điều kiện làm việc

Chú ý: Tính f_x, f_y với tải trọng thành phần tiêu chuẩn gây ra (f_x, f_y do q_x^{tc})

Các bài toán

Bài toán kiểm tra khả năng làm việc của dầm:

$$\text{Điều kiện về cường độ: } \sigma = \sigma_x + \sigma_y = \frac{M_x}{w_x} + \frac{M_y}{w_y} \leq R_u \quad (1)$$

$$\text{Điều kiện về biến dạng: } f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \leq [f] \quad (2)$$

Bài toán thiết kế tiết diện dầm:

$$\rightarrow \frac{M_x}{W_x} \left(1 + \frac{M_y \cdot W_x}{W_x \cdot W_y} \right) \leq R_u$$

Nếu tiết diện hình chữ nhật $\rightarrow$ Đặt $k = \frac{W_x}{W_y} = \frac{h}{b}$ và $\operatorname{tg} \alpha = \frac{M_y}{M_x}$

$$\rightarrow h^3 \geq \sqrt{\frac{6 \cdot k \cdot M_x}{R_u} (1 + k \cdot \operatorname{tg} \alpha)}$$

$$\rightarrow h \geq \sqrt[3]{\frac{6 \cdot k \cdot M_x}{R_u} (1 + k \cdot \operatorname{tg} \alpha)}$$

Kiểm tra theo điều kiện biến dạng:

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \leq [f] \quad (2)$$

10.5. TÍNH TOÁN CẤU KIỆN CHỊU NÉN LỆCH TÂM

10.5.1. Khái niệm

Cấu kiện chịu nén lệch tâm là loại cấu kiện vừa chịu lực nén dọc lại và chịu mômen uốn.

Ví dụ: Cột chịu nén lệch tâm, cột nhà vừa đỡ mái vừa chịu tải trọng gió, cấu kiện có lỗ khuyết không đối xứng do cấu kiện bị cong.

10.5.2. Điều kiện cường độ

Trong mặt phẳng uốn:
$$\sigma = \frac{N}{F_{th}} + \frac{M}{\xi W_{th}} \cdot \frac{R_n}{R_u} \leq R_u$$

N - lực nén tính toán;

F_{th} - diện tích tiết diện thu hẹp;

W_{th} - mômen kháng uốn của tiết diện thu hẹp;

$\frac{R_n}{R_u}$ - hệ số quy đổi ứng suất tương đương giữa cường độ chịu nén và uốn của gỗ;

ξ - hệ số kể đến việc tăng mômen do ảnh hưởng của lực do gây ra:

$$\xi = 1 - \frac{\lambda^2 N}{3100 \cdot F \cdot R_n}$$

(λ - hệ số uốn dọc, tính giống như cấu kiện chịu nén đúng tâm).

Nếu $\xi = 1 \rightarrow \lambda = 0 \rightarrow$ Thanh rất cứng $\rightarrow$ Không cần xét đến biến dạng của thanh.

$$\sigma = \frac{N}{F_{th}} + \frac{M}{W_{th}} \cdot \frac{R_n}{R_u} \leq R_u$$

$$\text{Nếu } \xi = 0 \rightarrow 1 = \frac{\lambda^2 N}{3100 \cdot F \cdot R_n} \rightarrow \lambda^2 N = 3100 \cdot F \cdot R_n$$

$$\text{Mà } \varphi = \frac{3100}{\lambda^2} \rightarrow N = \varphi \cdot F \cdot R_n$$

Lúc này cấu kiện đủ khả năng chịu nén, không cho phép có thêm lực uốn tác dụng.

Chú ý: Nếu $M/W \leq 10\%$ N/F không xét đến M uốn $\rightarrow$ Tính như cấu kiện chịu nén đúng tâm theo điều kiện ổn định.

Ngoài mặt phẳng uốn:

Bỏ qua mômen uốn, tính như cấu kiện chịu nén đúng tâm theo điều kiện ổn định:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi \cdot F_{th}} \leq R_n \quad (\text{kN/cm}^2)$$

$$\varphi - \text{phụ thuộc } \lambda, \lambda = \frac{l_0}{r_{min}}$$

Các bài toán:

Bài toán kiểm tra bền:

$$\text{- Trong mặt phẳng uốn: } \sigma = \frac{N}{F_{th}} + \frac{M}{\xi W_{th}} \cdot \frac{R_n}{R_u} \leq R_u$$

$$\text{- Ngoài mặt phẳng uốn: } \sigma = \frac{N}{\varphi \cdot F_{th}} \leq R_n \quad (\text{kN/cm}^2)$$

Bài toán thiết kế tiết diện (căn cứ độ lệch tâm $e = M/N$)

$$\text{Nếu } e > 25\text{cm} \rightarrow W = \frac{M}{0,86 R_u}$$

$$\text{Nếu } e < 25\text{cm} \rightarrow W = \frac{N}{R_n} \left[3,3 + 0,35 \cdot (l-1)^2 + \frac{M}{N} \right]$$

Nếu $e < 1\text{cm} \rightarrow$ tính như nén đúng tâm (phương pháp thử dần)

Chương 11

LIÊN KẾT TRONG KẾT CẤU GỖ

11.1. KHÁI NIỆM VỀ LIÊN KẾT TRONG KẾT CẤU GỖ

11.1.1. Mục đích của liên kết

Do điều kiện thiên nhiên và cưa xẻ mà vật liệu gỗ có kích thước hạn chế về chiều dài, tiết diện phải sử dụng liên kết để:

- Tăng chiều dài cấu kiện
- Mở rộng tiết diện cấu kiện.
- Ghép nối các cấu kiện trở thành 1 kết cấu chịu lực hoàn chỉnh.

11.1.2. Yêu cầu

- Đảm bảo khả năng chịu lực.
- Yêu cầu thẩm mỹ.

11.1.3. Phân loại

- Liên kết mộng.
- Liên kết chốt.
- Liên kết chêm.
- Liên kết dán.

11.2. LIÊN KẾT MỘNG

11.2.1. Cấu tạo

Tại liên kết mộng, nội lực được truyền trực tiếp từ thanh này sang thanh khác mà không qua 1 tấm đệm hoặc 1 loại liên kết khác (bulông, đinh....), nhưng liên kết này chỉ đặt theo cấu tạo (không cần tính toán).

Chú ý: Liên kết mộng chỉ nên dùng ở những thanh chịu nén.

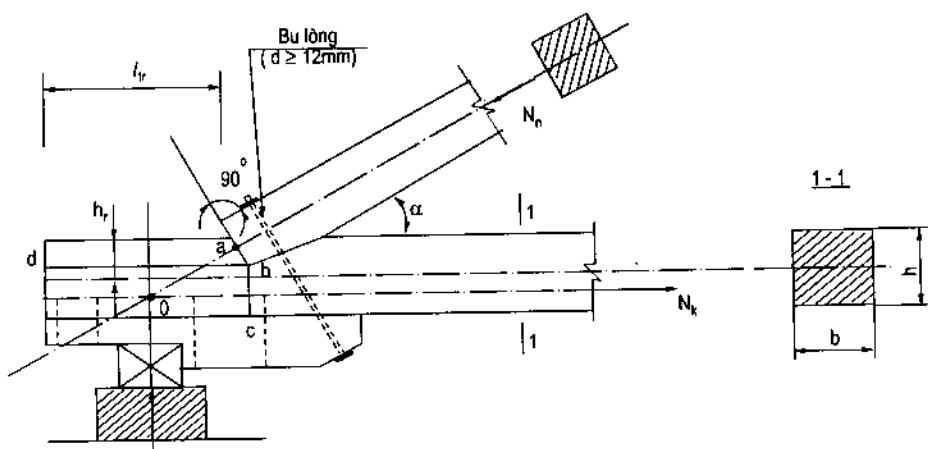
Yêu cầu: $2\text{cm} \leq h_m \leq h/3$ ($h \leq h/3$ - tránh hiện tượng giảm yếu).

$1,5h \leq l_{tr} \leq 10h_m$ ($l_{tr} \leq 10h_m$ - để phòng ảnh hưởng của thớ xiên).

Trong đó: h_m - chiều sâu rãnh;

h - chiều cao tiết diện thanh quá giang;

l_{tr} - chiều dài mặt trượt quá giang.



Hình 11.1: Cấu tạo liên kết mộng một răng

Mặt truyền lực (qua a, b) phải khít chặt

$N_n \perp$ và đi qua trọng tâm mặt truyền lực (a, b):

N_n cắt N_k trùng với tâm của gỗ đệm trên đỉnh cột.

N_k đi qua trọng tâm tiết diện thu hẹp F_{th} .

11.2.2. Tính toán liên kết mộng

11.2.2.1. Kiểm tra theo điều kiện ép mặt

$$\sigma_{em} = \frac{N_{em}}{F_{em}} = \frac{N_n}{F_{em}} \leq R_{em}^{\alpha} \quad (1)$$

Trong đó: N_{em} - lực gây ép mặt = N_n ;

F_{em} - diện tích ép mặt: $F_{em} = \frac{b \cdot h_m}{\cos \alpha}$;

α - góc hợp bởi trục thanh kèo và thanh quá giang;

b - chiều rộng thanh kèo (thường lấy như bề rộng quá giang);

R_{em}^{α} - cường độ chịu ép mặt xiên thớ

$$R_{em}^{\alpha} = \frac{R_{em}}{1 + \left(\frac{R_{em}}{R_{em}^{90}} - 1 \right) \sin^3 \alpha}$$

11.2.2.2. Kiểm tra trượt ở đuôi mộng

$$\sigma_{cm} = \frac{N_{lr}}{F_{lr}} \leq R_{lr}^{th} \quad (2)$$

Trong đó: N_{lr} - lực gây ra trượt; $N_{lr} = N_k = N_n \cdot \cos \alpha$;

F_{lr} - diện tích mặt trượt; $F_{lr} = b \cdot l_r$ (b - bề rộng thanh quá giang)

l_{tr} - chiều dài mặt trượt; $\frac{N_{tr}}{b \cdot R_{tr}^{tb}} \leq l_{tr}$;

R_{tr}^{tb} - cường độ chống trượt trung bình; $R_{tr}^{tb} = \frac{R_{tr}}{1 + \beta \cdot \frac{l_{tr}}{e}}$;

R_{tr} - cường độ chống trượt của gỗ;

β - hệ số phụ thuộc hình thức trượt;

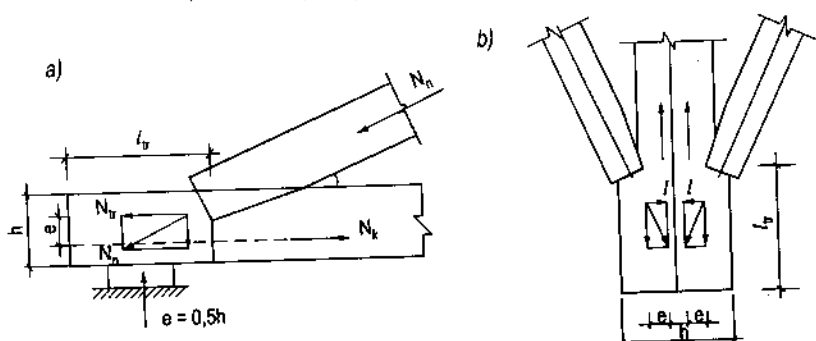
$\beta = 0,25$: trượt 1 phía

$\beta = 0,125$: trượt 2 phía

e - độ lệch tâm của lực trượt:

$e = 0,5h$: trượt 1 phía

$e = 0,25h$: trượt 2 phía



Hình 11.2: Xác định độ lệch tâm của lực trượt

a) Khi rãnh ở 1 phía của tiết diện cấu kiện; b) Khi rãnh ở 2 phía của tiết diện cấu kiện

11.2.2.3. Kiểm tra tiết diện giảm yếu (do lỗ mộng)

$$\sigma = \frac{N_k}{F_{th}} \leq R_k \quad (\text{kN/cm}^2)$$

N_k - lực kéo; $N_k = N_n \cdot \cos \alpha$;

F_{th} - diện tích bị thu hẹp; $F_{th} = b \cdot (h - h_m)$;

R_k - cường độ chịu kéo của gỗ.

10.2.2.4. Tính toán bulông (đinh)

Trong liên kết mộng, để phòng tránh có sự chuyển dịch giữa các thanh liên kết hay hiện tượng phá hoại liên kết mộng khi chịu tải trọng, người ta gia cố bằng bulông hoặc đinh đĩa.

* Tính bulông:

Lực bulông phải chịu (theo thực nghiệm)

$$N_{bl} = N_n \cdot \tan(60^\circ - \alpha)$$

Tiết diện bulông $F_{bl} = \frac{N_{bl}}{R_a} \rightarrow$ đường kính bulông (bảng phụ lục)

R_a - cường độ chịu lực của thép làm bulông (bảng phụ lục);

F_{bl} - diện tích tiết diện bulông.

* Tính đinh đóng guốc kèo vào quá giang:

- Lực tác dụng lên đinh:

- $T_d = N_{bl} \cdot \sin \alpha - 0,2 \cdot N_{bl} \cdot \cos \alpha \rightarrow$ tìm được số lượng đinh

- 0,2 - hệ số ma sát mặt tiếp xúc guốc kèo vào quá giang.

11.2.3. Các bài toán

11.2.3.1. Bài toán kiểm tra khả năng chịu lực

- Kiểm tra ép mặt:
$$\sigma_{em} = \frac{N_{em}}{F_{em}} = \frac{N_n}{F_{em}} \leq R_{em}^{\alpha} \quad (1)$$

- Kiểm tra điều kiện trượt:
$$\sigma = \frac{N_{tr}}{F_{tr}} \leq R_{tr}^{tb} \quad (2)$$

Kiểm tra tiết diện giảm yếu:
$$\sigma = \frac{N_{tk}}{F_{th}} \leq R_k \quad (3)$$

11.2.3.2. Bài toán thiết kế

- Chọn kích thước tiết diện quá giang

+ Từ điều kiện chịu ép mặt (công thức (1)), ta có:

$$\sigma_{em} = \frac{N_{em}}{F_{em}} = \frac{N_n}{F_{em}} \leq R_{em}^{\alpha} \rightarrow b \cdot h_m \geq \sigma_{em} = \frac{N_n \cdot \cos \alpha}{R_{em}^{\alpha}} \quad (4)$$

$$R_{em} = \frac{b h_m}{\cos \alpha}$$

Lấy $h_m = h/3$ ($h_m \leq h/3$ để tránh hiện tượng giảm yếu)

Đặt $h/b = k$

$$\rightarrow \frac{h^2}{3k} \geq \frac{N_n \cdot \cos \alpha}{R_{em}^{\alpha}} \rightarrow h \geq \sqrt{\frac{N_n \cdot \cos \alpha}{R_{em}^{\alpha}}} \rightarrow b = k \cdot h$$

Tính chiều dài mặt trượt l_{tr}

Chọn sơ bộ l_{tr} theo yêu cầu cấu tạo:

$$1,5h \leq l_{tr} \leq 10h_m$$

$$2cm \leq h_m \leq h/3 \text{ (lấy } h_m = h/3)$$

+ Kiểm tra các điều kiện:

$$\sigma = \frac{N_{tr}}{F_{tr}} \leq R_{tr}^{tb} \quad (1)$$

+ Kiểm tra tiết diện giảm yếu:

$$\sigma = \frac{N_{tk}}{F_{tr}} \leq R_k \quad (2)$$

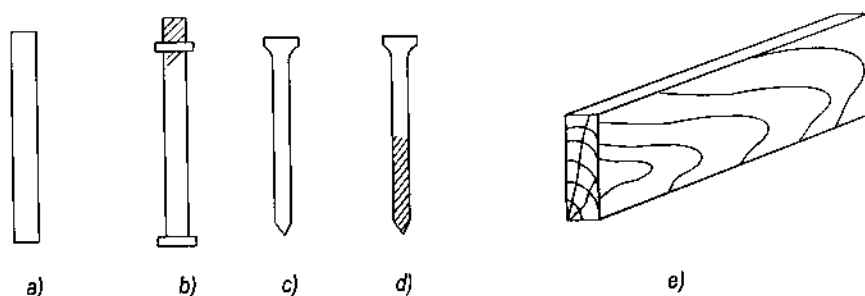
11.3. LIÊN KẾT CHỐT

11.3.1. Khái niệm

Chốt là những loại thanh tròn hoặc tấm nhỏ dùng để nối dài các thanh gỗ, làm tăng tiết diện các thanh ghép, liên kết các cấu kiện thành cấu kiện chịu lực hoàn chỉnh.

- Có 2 loại chốt:

- + Chốt trụ bằng thép tròn (bulông, đinh...)
- + Chốt bản bằng gỗ, thép.



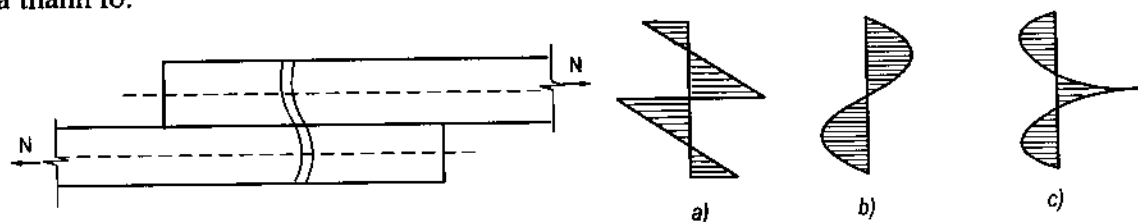
Hình 11.3: Các dạng chốt

11.3.2. Sự làm việc của liên kết chốt

- Chốt có tác dụng chống lại hiện tượng trượt xảy ra giữa các phần tử được ghép khi có ngoại lực tác dụng.

- Khi làm việc, chốt chịu uốn. Trong quá trình chốt bị biến dạng ở mặt lỗ chốt thường xảy ra hiện tượng ép mật, có 2 khả năng xảy ra dẫn đến phá hoại liên kết:

- + Khả năng chịu uốn của chốt kém, chốt bị cắt ở tiết diện ngang.
- + Phần tử gỗ không đủ khả năng chịu ép mật, dẫn đến phá hoại ở tiết diện giữa thân chốt và thành lỗ.



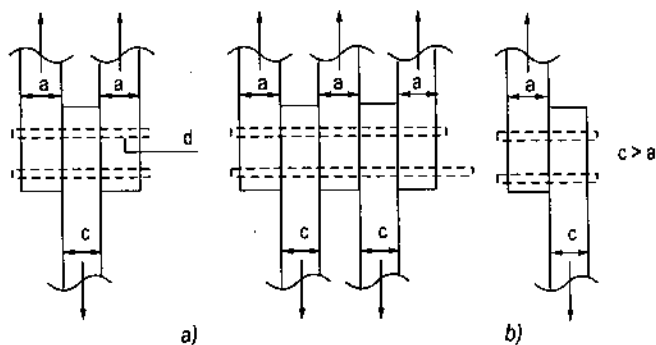
Hình 11.4: Sự phá hoại liên kết chốt

11.3.3. Tính toán chốt trụ

Tùy theo số lượng các phần tử được liên kết, ta phân biệt liên kết có 1, 2 hoặc nhiều mặt cắt (mặt cắt là mặt tiếp xúc giữa 2 phần tử liên kết).

- Chốt trụ có thể làm bằng thép (bulông, đinh vít...) hoặc bằng gỗ, tre... Các loại chốt này có $d \geq 12\text{mm}$.

- Khi dùng đinh có $d \geq 6\text{mm}$ thì phải khoan vào gỗ trước khi đóng (đường kính lỗ khoan $d_{\text{khoan}} = 0,9d_{\text{đinh}}$, thường dùng đinh có $d < 6\text{mm}$).



Hình 11.5: Các dạng liên kết chốt trụ

a) Đối xứng; b) Không đối xứng.

11.3.3.1. Tính toán

Từ sự làm việc của liên kết chốt trụ, phải tính toán với 2 khả năng chịu lực của liên kết:

- Chốt bị uốn
- Phân tố gỗ khi bị ép mặt

Các bước tính toán:

- Tính khả năng chịu lực của 1 mặt cắt chốt (T)

$$T_{\min} = \min(T_{\text{cm}}^a, T_{\text{cm}}^c, T_u)$$

Trong đó:

$T_{\text{cm}}^a, T_{\text{cm}}^c$ - khả năng chịu lực của 1 mặt cắt của chốt trụ tính theo điều kiện ép mặt ở phân tố biên và phân tố giữa.

Đối với trường hợp liên kết 2 phân tố gỗ có bề dày không bằng nhau thì: a là bề dày của phân tố gỗ có bề dày nhỏ, c là bề dày của phân tố gỗ có bề dày lớn. Đối với trường hợp liên kết phân tố gỗ có bề dày bằng nhau thì bề dày của cả 2 phân tố bằng c .

T_u - khả năng chịu lực của 1 mặt cắt của chốt trụ khi tính theo điều kiện uốn của chốt.

Các đại lượng $T_{\text{cm}}^a, T_{\text{cm}}^c, T_u$ được tính bằng công thức thực nghiệm (tra bảng 10.1).

Bảng 11.1. Khả năng chịu lực của một chốt hoặc đinh

Hình thức làm việc	Kí hiệu	Khả năng chịu lực của một mặt cắt (kN)		
		Đinh	Chốt thép	Chốt gỗ
1	2	3	4	5
Mặt cắt đối xứng 	T_{cm}^a	$0,8ad$	$0,8ad$	$0,8ad$
	T_{cm}^c	$0,5cd$	$0,5cd$	$0,3cd$

1	2	3	4	5
Mặt cắt không đối xứng 	T_{cm}^a	0,8ad	0,8ad	0,5ad
	T_{cm}^c	0,35cd	0,35cd	0,2cd
Mặt cắt cả đối xứng và không đối xứng	T_u	$2,5d^2 + 0,01a^2$ và phải $\leq 4d^2$	$1,8d^2 + 0,02a^2$ và $\leq 2,5d^2$	$0,45d^2 + 0,02a^2$ và $\leq 0,65d^2$

Tính số mặt cắt cần thiết của liên kết (n_c):

$$n_c = \frac{N}{T}$$

(N - lực tác dụng vào liên kết)

Tính số lượng chốt cần thiết cho liên kết (n_{ch}):

$$n_{ch} = \frac{n_c}{n} = \frac{N}{n \cdot T}$$

(n - số mặt cắt tính toán của 1 chốt).

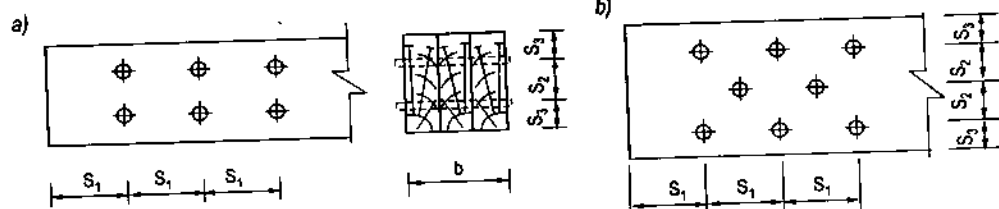
Chú ý: Các giá trị trong bảng 11.1 tính đối với trường hợp lực tác dụng dọc theo thớ gỗ, khi lực tác dụng và phương thớ gỗ hợp 1 góc α thì các giá trị này phải nhân với hệ số điều chỉnh k_α (khi uốn tính theo uốn), k_α được tra trong bảng 11.2.

Bảng 11.2. Hệ số k_α

Góc α	Đối với chốt thép có đường kính (cm)				Đối với chốt gỗ
	1,2	1,6	2	2,4	
30°	0,95	0,9	0,9	0,9	1
60°	0,75	0,7	0,65	0,6	0,8
90°	0,70	0,6	0,55	0,5	0,7

11.3.3.2. Bố trí

Thông thường có hai cách bố trí: bố trí song song và bố trí so le



Hình 11.6: Cách bố trí liên kết chốt
a) Bố trí song song; b) Bố trí so le.

Các giá trị S_1 , S_2 , S_3 tính theo bảng 11.3.

Bảng 11.3. Khoảng cách tiêu chuẩn giữa các chốt

Loại chốt	Khoảng cách S_1		Khoảng cách S_2		Khoảng cách S_3	
	$b \leq 10d$	$b > 10d$	$b \leq 10d$	$b > 10d$	$b \leq 10d$	$b > 10d$
Bulông	6d	7d	3d	3,5d	2,5d	3d
Chốt trụ bằng gỗ dẻo tốt	4d	5d	2,5d	3d	2,5d	2,5d
Đinh	$c \geq 10d$	$c = 4d$	Bố trí thẳng hàng	Bố trí theo ô cờ	4d	
	15d	25d	4d	3d		

Chương 12

KẾT CẤU TỔ HỢP

12.1. ĐẶC ĐIỂM CẤU TẠO

12.1.1. Đặc điểm cấu tạo

12.1.1.1. Định nghĩa

Dàn thép gỗ hỗn hợp là dàn trong đó các thanh chịu nén uốn làm bằng gỗ, mọi thanh chịu kéo làm bằng thép.

12.1.1.2. Đặc điểm

- Số mắt dàn ít để việc chế tạo được dễ dàng. Cấu tạo của mắt thường không dùng liên kết mộng, tránh được giảm yếu cho thanh cánh và sự trượt của rãnh mộng.
- Do số mắt ít, thanh cánh trong phải to khỏe để chịu uốn cục bộ (do tải trọng đặt không đúng mắt).
- Ở các mắt có nhiều thanh kéo, thường dùng các chi tiết bằng thép như ở dàn thép (bản, mắt, chốt, trụ, bulông, liên kết hàn).

12.1.1.3. Ưu điểm

- Dàn có khả năng chịu lực lớn, liên kết chắc, ít biến dạng, dễ kiểm tra, sửa chữa.
- Áp dụng được cơ giới hóa và có thể công xường hóa hầu hết các chi tiết. Sau đó đưa ra công trường lắp ghép dễ dàng.

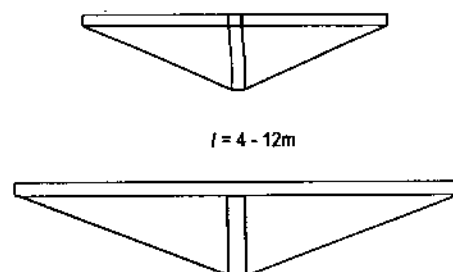
Do đó các ưu điểm này mà dàn thép gỗ hỗn hợp nên được phát triển với nhịp $\leq 24\text{m}$, nhất là đối với nước ta gỗ tốt để làm thanh kéo ít và giá thành thép vẫn cao nên kết cấu hỗn hợp này làm giảm giá thành công trình nhiều (5 - 6 lần) so với dàn thép.

12.1.2. Các dạng dàn thép gỗ hỗn hợp

12.1.2.1. Dàn 1 mái

Dàn 1 mái thực chất là 1 dầm, có thanh chống và dây căng phía dưới để gia cường. Đây là loại dàn đơn giản nhất và thường được dùng với nhịp $L = 4 - 12\text{m}$.

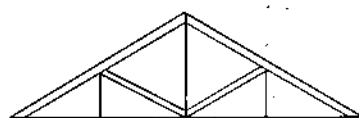
Nếu thanh gỗ phía trong không đủ dài để phủ suốt nhịp thì sẽ được nối ở bên trên cột chống giữa. Thanh gỗ có tiết diện vuông, tròn, hoặc tiết diện tổ hợp.



Hình 12.1: Dàn một mái

12.1.2.2. Dàn tam giác

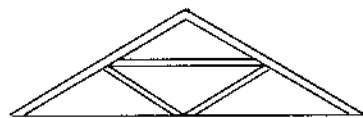
Dàn tam giác là loại dàn rất phổ biến, dùng cho các loại mái cân độ dốc lớn. Thường được dùng khi nhịp $L = 10 - 18\text{m}$.



$l = 10 - 18\text{m}$



$l = 12 - 18\text{m}$



$l = 12 - 18\text{m}$

Hình 12.2: Dàn tam giác

12.1.2.3. Dàn hình thang

Dàn hình thang được dùng cho các loại mái ít dốc $L = 12 - 24\text{m}$.



$l = 12 - 24\text{m}$



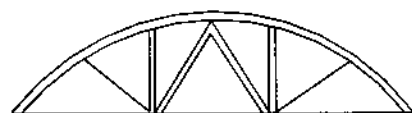
$l = 12 - 24\text{m}$

Hình 12.3: Dàn hình thang

12.1.2.4. Dàn hình cung

Cánh trên của dàn được làm bằng gỗ dán hoặc có thể cấu tạo là 1 chồng các thanh gỗ nhỏ uốn cong và đóng đinh vào nhau (dàn cung đóng đinh).

Dàn hình cung thuộc loại dàn nhịp lớn, có $L = 30 - 40\text{m}$, được sử dụng khá rộng rãi. Ngoài ra còn một số dàn khác như: dàn tam giác, dàn gỗ dán...



Hình 12.4: Dàn hình cung

12.1.2. Cấu tạo các nút dàn

12.1.2.1. Mút gối tựa

12.1.2.1. Liên kết thanh chống.

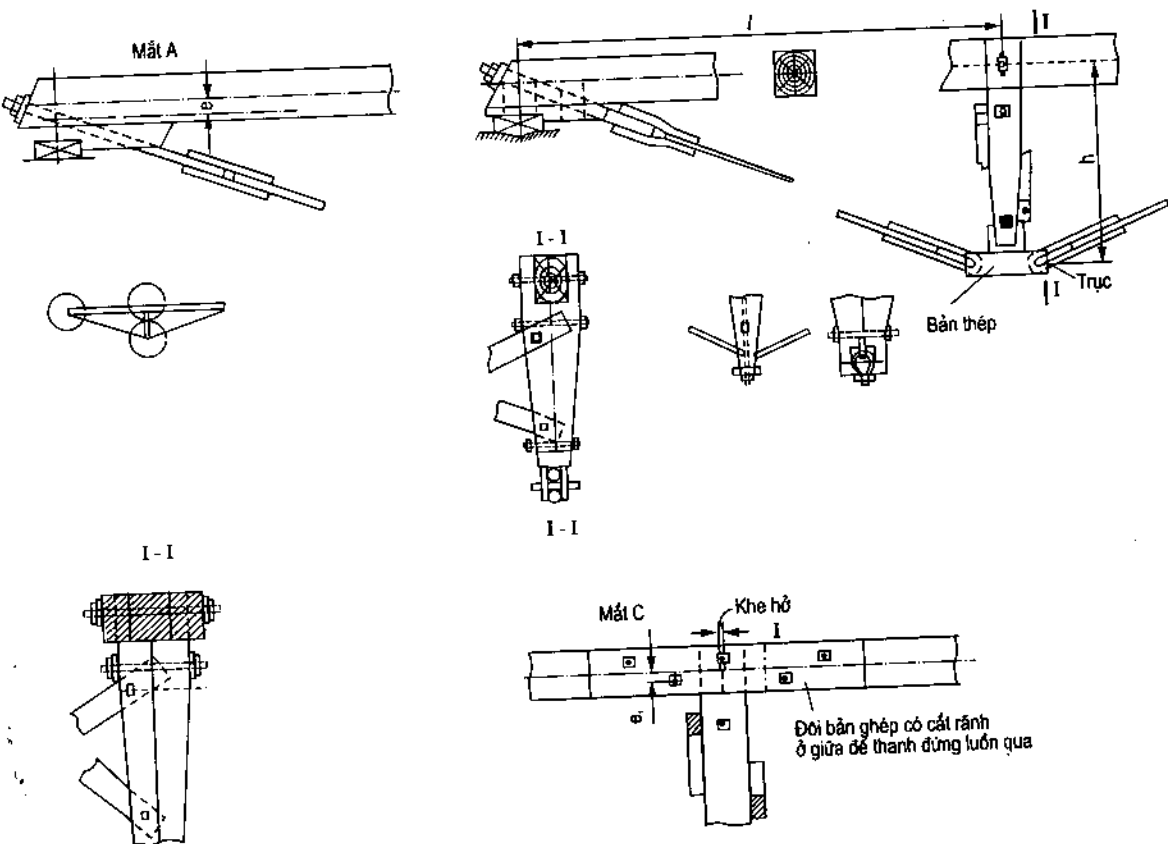
12.2. TÍNH TOÁN DÀN

12.2.1. Dàn 1 mái

12.2.1.1. Trường hợp cánh trên liên tục

Giả sử mắt gối dàn không bị xa xuống (do khi chế tạo, dầm đã có sẵn độ võng cấu tạo) → dầm được tính như 1 dầm liên tục chịu tải trọng tính toán phân bố đều.

$$M_c = \frac{ql^2}{32}$$



Hình 12.5: Cấu tạo nút dãn

- Lực nén trong thanh chống bằng phản lực gối C:

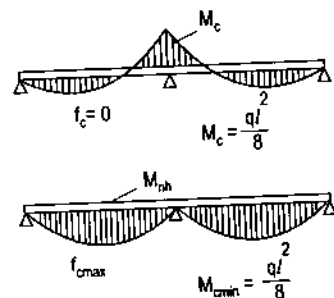
$$C = 5/4 \cdot (q) \cdot (l/2) = (5/8)ql$$

- Lực kéo trong thanh căng:

$$Z = \frac{C}{2 \sin \alpha} = \frac{5ql}{16 \sin \alpha}$$

- Thành phần ngang của lực kéo trong thanh căng gây nén thanh cánh:

$$H = Z \cdot \cos \alpha = \frac{5ql}{16 \tan \alpha} = \frac{5q \sin^3 \alpha^2}{32h}$$



Hình 12.6: Sơ đồ tính dãn một mái

→ Chọn tiết diện thanh chống và thanh căng theo C, Z, H.

Tác dụng thanh cánh trên (chịu nén uốn)

$$\frac{H}{A_{th}} + \frac{M_c}{W_{th}} \leq R_u$$

(không có ξ vì coi như không vồng).

Các mắt liên kết cũng tính với C, Z, H.

Xét thêm trường hợp mắt C bị hạ xuống M_c giảm M_{nh} tăng. để an toàn, coi như mắt C bị hạ xuống đến giới hạn lớn nhất $\rightarrow M_c = 0 \rightarrow$ Có sơ đồ M như hình vẽ $M = ql^2/32$:

$$c = \frac{ql}{Z}; \quad Z = \frac{ql}{4 \sin \alpha}; \quad H' = \frac{ql^2}{8h}$$

Kiểm tra thanh cánh trên với công thức:

$$\frac{N}{A_{th}} + \frac{M}{\xi W_{th}} \cdot \frac{R_n}{R_u} \leq R_u$$

(ξ tính với $l = l/2$).

Chú ý: Nếu thanh cánh trên bị nối tại nút C $\rightarrow$ hệ thành tĩnh định và được tính như dàn thường $\rightarrow M_{nh}, C, Z, H$ tính như trường hợp 2.

$$\text{Nếu mắt nối A, B, C lệch tâm} \rightarrow M = \frac{q \cdot (l/2)^2}{8} - \left(\frac{e_1 + e_2}{2} \right) \cdot H$$

e_1, e_2 - độ lệch tâm

Phụ lục I

Bảng I.1. Hệ số điều kiện làm việc

Số thứ tự	Các cấu kiện của kết cấu	γ
1	2	3
1	Dầm bụng đặc và các thanh chịu nén trong dàn của các sàn nhà hát, cầu lạc bộ, rạp chiếu bóng, khán đài, cửa hàng, kho giữ sách và kho lưu trữ... khi trọng lượng của sàn bằng hoặc lớn hơn tải trọng tạm thời	0,9 0,95
2	Cột của các nhà công cộng và tháp nước	0,8 0,95
3	Các thanh bụng chịu nén chính (trừ thanh ở gối) tiết diện hình chữ T ghép từ hai thép góc của dàn mái (vì kèo) và dàn đỡ sàn khi độ mảnh ≥ 60	0,9 0,95
4	Dầm bụng đặc khi tính toán ổn định tổng thể	0,9
5	Các thanh căng, thanh kéo, thanh treo, thanh neo được làm từ thép cán	0,95
6	Các cấu kiện của kết cấu thanh ở mái và sàn: a) Thanh chịu nén (trừ thanh tiết diện ống kín) khi tính toán ổn định b) Thanh chịu kéo trong kết cấu hàn c) Các thanh chịu kéo, nén và các bản ghép trong kết cấu bulông (trừ kết cấu dùng bulông cường độ cao) từ thép có giới chảy nhỏ hơn 440MPa (4500 kG/cm ²) chịu tải trọng tĩnh, khi tính toán về độ bền	0,95 0,95 0,95
7	Các cấu kiện tổ hợp: dầm bụng đặc, cột và các bản ghép bằng thép có giới hạn chảy nhỏ hơn 440MPa chịu tải trọng tĩnh dùng liên kết bulông (trừ bulông cường độ cao) khi tính toán về độ bền	1,1
8	Tiết diện của các cấu kiện thép cán hoặc tổ hợp hàn và các bản ghép bằng thép có giới hạn chảy nhỏ hơn 440MPa ở những chỗ nối, dùng liên kết bulông (trừ bulông cường độ cao) chịu tải trọng tĩnh, khi tính toán về độ bền a) Dầm bụng đặc và cột b) Kết cấu thanh của mái và sàn	1,1 1,05
9	Các thanh bụng chịu nén của kết cấu không gian rỗng làm bằng một thép góc, được liên kết trên một cạnh (thép góc không bên cạnh là cạnh lớn) trực tiếp vào thanh cánh a) Bằng các đường hàn hoặc bằng hai bulông trở lên đặt dọc theo thép góc: - Đối với hệ không gian có các nút ở hai mặt tiếp giáp trùng nhau (trừ thanh xiên trong hệ bụng dạng chữ K) - Thanh xiên của hệ bụng dạng chữ K - Đối với hệ không gian có các nút ở hai mặt tiếp giáp không trùng nhau	0,9 0,85 0,8

1	2	3
10	b) Bằng một bulông (trừ trường hợp hệ bụng dạng chữ thập phức tạp), cũng như khi liên kết thanh bụng vào các thanh cánh qua bản mã	0,75
	c) Bằng một bulông đối với hệ bụng dạng chữ thập phức tạp	0,7
	Các thanh chịu nén làm bằng một thép góc được liên kết trên một cạnh (cạnh nhỏ đối với thép không đều cạnh) trừ các trường hợp nêu ở điểm 9 của bảng	0,75

Chú thích:

1. Các hệ số $\gamma < 1$ khi tính toán không xét cùng một lúc.
2. Các hệ số ở các điểm 1 và 6c, 1 và 7, 1 và 8, 2 và 7, 2 và 8a, 3 và 6c, 6b và 8b khi tính toán không xét cùng lúc;
3. Các hệ số trong các điểm 3, 4, 6ac, 7, 8, 9 và 10 cũng như điểm 5 và 6b (trừ các liên kết hàn đối đầu) không xét đến khi tính liên kết.
4. Các trường hợp không có ở bảng dùng $\gamma = 1$.

Bảng 1.2. Tỷ số giới hạn của độ võng đối xứng với nhịp [f/l]

Số thứ tự	Cấu kiện	[f/l]
1	Dầm và dàn cầu trục: - Chế độ làm việc nhẹ - Chế độ làm việc trung bình - Chế độ làm việc nặng và rất nặng	1/400 1/500 1/600 1/600
2	Dầm của sàn công tác trong nhà sản xuất có đường ray: - khổ rộng - khổ hẹp	1/600 1/400
3	Dầm sàn nhà sản xuất không có đường ray và dầm sàn giữa các tầng: - Dầm chính - Các dầm khác và dầm cầu thang - Bản thép	1/400 1/250 1/150
4	Dầm và dàn của mái và hầm mái: - Có treo thiết bị nâng chuyển hoặc thiết bị công nghệ - Không treo thiết bị - Xà gỗ - Bản định hình	1/400 1/250 1/200 1/150
5	Các cấu kiện của hệ sườn tường: - Xà ngang - Dầm đỡ kính	1/300 1/200

Chú thích:

1. Đối với côngxon / lấy bằng hai lần độ vươn ra của nó.
2. Khi có lớp vữa trát độ võng của dầm sàn chỉ do tải trọng tạm thời gây ra không được lớn hơn 1/350 chiều dài nhịp.

Bảng I.3. Độ mảnh giới hạn $[\lambda]$

Số thứ tự	Cấu kiện	$[\lambda]$ khi chịu nén	$[\lambda]$ khi chịu kéo do tải trọng		
			Tĩnh	Động, trực tiếp	Cầu trục
1	Thanh cánh, thanh đứng và thanh xiên ở gối truyền lực, gối tựa (của dàn phẳng, kết cấu không gian)	120	400	250	250
2	Các thanh bụng dàn phẳng (trừ thanh đứng và thanh xiên truyền phản lực gối tựa)	150	400	350	300
3	Các thanh bụng của kết cấu không gian, dùng liên kết hàn (trừ thanh đứng và xiên truyền phản lực gối tựa) khi: $\alpha = N/(A_{ng} R \varphi) = 1$ $0,5 \leq \alpha < 1$ $\alpha < 0,5$	150 210 - 60 α 180			
4	Các thanh bụng của kết cấu không gian, dùng liên kết bulông (trừ thanh đứng và xiên truyền phản lực gối tựa) khi : $\alpha = N/(A_{ng} R \varphi) = 1$ $0,5 \leq \alpha < 1$ $\alpha < 0,5$	180 220 - 40 α 200	400	350	3000
5	Cánh trên của dàn khi lắp ráp (không được gia cường)	220			
6	Cột chính	120			
7	Cột phụ (cột sườn tường, cửa mái...) và các thanh bụng của cột rỗng	150			
8	Các thanh giằng của hệ giằng đứng giữa các cột (ở dưới dầm cầu trục)	150	300	300	200
9	Các thanh giằng (trừ những thanh đã nêu ở điểm 8), các thanh cấu tạo để làm giảm chiều dài tính toán cho thanh khác và các thanh không chịu lực khác.	200	400	400	300
10	Cánh dưới của dầm và dàn cầu trục				150

Bảng I.4. Các đặc trưng vật lí của vật liệu cho kết cấu thép

Thứ tự	Các đặc trưng	Giá trị
1	Tỉ trọng $\rho, \text{kG/m}^3$ Thép cán và khối đúc bằng thép Khối đúc bằng gang	7850 7200 $0,12 \cdot 10^{-4}$
2	Hệ số giãn dài vì nhiệt $\alpha ^\circ \text{C}^{-1}$	
3	Môđun đàn hồi $E, \text{MPa}(\text{kG/cm}^2)$ Thép cán và khối đúc bằng thép Khối đúc bằng gang mác C15 Khối đúc bằng gang mác: C20, C25, C30 Các chùm hoặc bó sợi thép song song Cáp thép xoắn và cáp thép xoắn có lớp bọc ngoài Cáp thép bện đôi Cáp thép bện đôi có lõi không phải kim loại	$2,06 \cdot 10^5 (2,1 \cdot 10^6)$ $0,83 \cdot 10^5 (0,85 \cdot 10^6)$ $0,98 \cdot 10^5 (1,0 \cdot 10^6)$ $1,96 \cdot 10^5 (2,0 \cdot 10^6)$ $1,67 \cdot 10^5 (1,7 \cdot 10^6)$ $1,47 \cdot 10^5 (1,5 \cdot 10^6)$ $1,27 \cdot 10^5 (1,3 \cdot 10^6)$
4	Môđun trượt của thép và khối đúc bằng thép G, $\text{MPa}(\text{kG/cm}^2)$	$0,78 \cdot 10^5 (0,81 \cdot 10^6)$
5	Hệ số nở ngang (hệ số Poátxông)	0,3

Chú thích: Trị số môđun đàn hồi ở bảng này của các dây cáp ứng với khi nó được kéo căng không nhỏ hơn 60% lực kéo đứt toàn bộ dây cáp.

Phụ lục II
CÁC SỐ LIỆU ĐỂ TÍNH TOÁN ỔN ĐỊNH

Bảng II.1. Hệ số φ để kiểm tra ổn định thanh nén đúng tâm

Độ mảnh λ	Hệ số φ đối với các cấu kiện bằng thép có cường độ tính toán, R, MPa; (kG/cm ²)											
	200 (2050)	240 (2450)	280 (2850)	320 (3250)	360 (3650)	400 (4100)	440 (4500)	480 (4900)	520 (5300)	560 (5700)	600 (6100)	640 (6550)
10	988	987	985	984	983	982	981	980	979	978	977	977
20	967	962	959	955	952	949	946	943	941	938	936	934
30	939	931	924	917	911	905	900	895	891	887	883	879
40	906	894	883	873	863	854	846	839	832	825	820	814
50	869	852	836	822	809	796	785	775	764	746	729	712
60	827	805	785	766	749	721	696	672	650	628	608	588
70	782	754	724	687	654	623	595	568	542	518	494	470
80	734	686	641	602	566	532	501	471	442	414	386	359
90	665	612	565	522	483	447	413	380	249	326	305	287
100	599	542	493	448	408	369	335	309	286	267	250	235
110	537	478	427	381	338	306	280	258	239	223	209	197
120	479	419	366	321	287	260	237	219	203	190	178	167
130	425	364	313	276	247	223	204	189	175	163	153	145
140	376	315	272	240	215	195	178	164	153	143	134	126
150	328	276	239	211	189	171	157	145	134	126	118	111
160	290	244	212	187	167	152	139	129	120	112	105	099
170	259	218	189	167	150	136	125	115	107	100	094	089
180	233	196	170	150	135	123	112	104	097	091	085	081
190	210	177	154	136	122	111	102	094	088	082	077	073
200	191	161	140	124	111	101	093	086	080	075	071	067
210	174	147	128	113	102	093	085	079	074	069	065	062
220	160	135	118	104	094	086	077	073	068	064	060	57

Chú thích: Trị số cho trong bảng đã được tăng lên 1000 lần.

**Bảng II.2. Hệ số φ_{lt} để kiểm tra ổn định của thanh
đặc trong mặt phẳng tác dụng của mômen**

Độ mảnh quy ước $\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{R/E}$	Hệ số φ_n khi độ lệch											
	0,1	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5	3,0	3,5
0,5	967	922	850	782	722	669	620	577	538	469	417	370
1,0	925	854	787	711	653	600	563	520	484	427	382	341
1,5	875	804	716	647	593	548	507	470	439	388	347	312
2,0	813	742	653	587	536	496	457	425	397	352	315	286
2,5	742	672	587	526	480	442	410	383	357	317	287	262
3,0	667	597	520	465	425	395	365	342	320	287	260	238
3,5	587	522	455	408	375	350	325	303	287	258	233	216
4,0	505	447	394	356	330	309	289	270	256	232	212	197
4,5	418	382	342	310	288	272	257	242	229	208	192	178
5,0	354	326	295	273	253	239	225	215	205	188	175	162
5,5	302	280	256	240	224	212	200	192	184	170	158	148
6,0	258	244	223	210	198	190	178	172	166	153	145	137
6,5	223	213	196	185	176	170	160	155	149	140	132	125
7,0	194	186	173	163	157	152	145	141	136	127	121	115
8,0	152	146	138	133	128	121	117	115	113	106	100	095
9,0	122	117	112	107	103	100	097	096	093	088	085	082
10,0	100	097	093	091	090	085	081	080	079	075	072	070
11,0	083	079	077	076	075	073	071	069	068	063	062	061
12,0	069	067	064	063	062	060	059	059	058	055	054	053
13,0	062	061	054	053	052	051	051	050	049	049	048	048
14,0	052	049	049	048	048	047	047	046	045	044	043	043

Chú thích: 1) Trị số φ_n trong bảng đã tăng lên 1000 lần.

**nén lệch tâm (nén - uốn) tiết diện
trùng với mặt phẳng đối xứng**

tâm quy đổi m_1

4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	8,0	9,0	10	12	14	17	20
337	307	280	260	237	222	210	183	164	150	125	106	090	077
307	283	259	240	225	209	196	175	157	142	121	103	086	074
283	262	240	223	207	195	182	163	148	134	114	099	082	070
260	240	222	206	193	182	170	153	138	125	107	094	079	067
238	220	204	190	178	168	158	144	130	118	101	090	076	065
217	202	187	175	166	156	147	135	123	112	097	086	073	063
198	183	172	162	153	145	137	125	115	106	092	082	069	060
181	168	158	149	140	135	127	118	108	098	088	078	066	057
165	155	146	137	130	125	118	110	101	093	083	075	064	055
150	143	135	126	120	117	111	103	095	088	079	072	062	053
138	132	124	117	112	108	104	095	089	084	075	069	060	051
128	120	115	109	104	100	096	089	084	079	072	066	057	049
117	112	106	101	097	094	089	083	080	074	068	062	054	047
108	102	098	094	091	087	083	078	074	070	064	059	052	045
091	087	083	081	078	076	074	068	065	062	057	053	047	041
079	075	072	069	066	065	064	061	058	055	051	048	043	038
069	065	062	060	059	058	057	055	052	049	046	043	039	035
060	057	055	053	052	051	050	048	046	044	040	038	035	032
052	051	050	049	048	047	046	044	042	040	037	035	032	029
047	045	044	043	042	041	041	039	038	037	035	033	030	027
042	041	040	040	039	039	038	037	036	036	034	032	029	026

2) Trị số φ_n lấy không lớn hơn φ .

**Bảng II.3. Hệ số φ_{lt} để kiểm tra ổn định của thanh
trong mặt phẳng tác dụng của mômen**

Độ mảnh quy ước $\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{R/E}$	Hệ số φ_{lt} khi độ lệch											
	0,1	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5	3,0	3,5
0,5	908	800	666	571	500	444	400	364	333	286	222	200
1,0	872	762	640	553	483	431	387	351	328	280	218	197
1,5	830	727	600	517	354	407	367	336	311	271	211	190
2,0	774	673	556	479	423	381	346	318	293	255	202	183
2,5	708	608	507	439	391	354	322	297	274	238	192	175
3,0	637	545	455	399	356	324	296	275	255	222	182	165
3,5	562	480	402	355	320	294	270	251	235	206	170	155
4,0	484	422	357	317	288	264	246	228	215	191	160	145
4,5	415	365	313	281	258	237	223	207	196	176	149	136
5,0	350	315	277	250	230	212	201	186	178	161	138	127
5,5	300	273	245	223	203	192	182	172	163	147	128	118
6,0	255	237	216	198	183	174	165	156	149	135	119	109
6,5	221	208	190	178	165	157	149	142	137	124	109	102
7,0	192	184	168	160	150	141	135	130	125	114	101	095
8,0	148	142	136	130	123	118	113	108	105	097	085	082
9,0	117	114	110	107	102	098	094	090	087	082	075	072
10,0	097	094	091	090	087	084	080	076	073	070	064	062
11,0	082	078	077	076	073	071	068	066	064	060	056	054
12,0	068	066	064	063	061	060	058	057	056	054	050	049
13,0	060	059	054	053	052	051	050	049	049	048	046	045
14,0	050	049	048	047	046	046	045	044	043	043	042	041

Chú thích: 1) Trị số φ_{lt} trong bảng đã tăng lên 1000 lần.

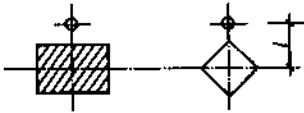
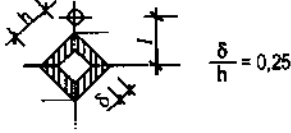
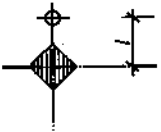
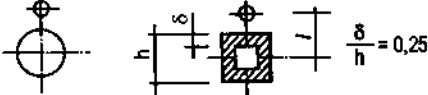
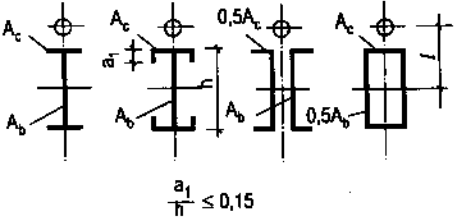
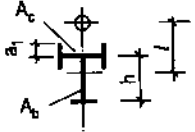
**nén lệch tâm (nén - uốn) tiết diện rỗng trong
trùng với mặt phẳng đối xứng**

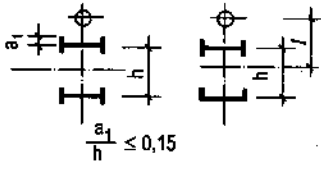
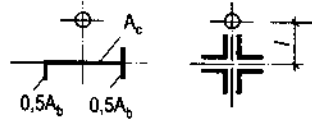
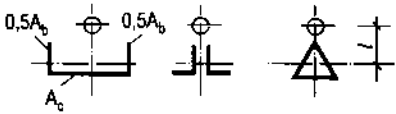
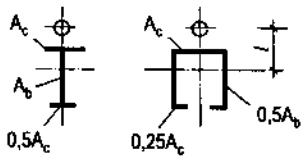
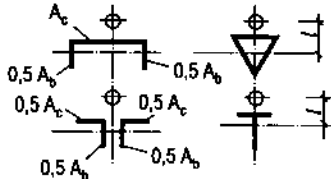
tâm tương đối m

4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	8,0	9,0	10	12	14	17	20
200	182	167	154	143	133	125	111	100	091	077	067	056	048
197	180	165	151	142	131	121	109	098	090	077	066	055	046
190	178	163	149	137	128	119	108	096	088	077	065	053	045
183	170	156	143	132	125	117	106	095	086	076	064	052	045
175	162	148	136	127	120	113	103	093	083	074	062	051	044
165	153	138	130	121	116	110	100	091	081	071	061	051	043
155	143	130	123	115	110	106	096	088	078	069	059	050	042
145	133	124	118	110	105	100	093	084	076	067	057	049	041
136	124	116	110	105	100	096	089	079	073	065	055	048	040
127	117	108	104	100	095	092	086	076	071	062	054	047	039
118	110	102	098	095	091	087	081	074	068	059	052	046	039
109	103	097	093	090	085	083	077	070	065	056	051	045	038
102	097	092	088	085	080	077	072	066	061	054	050	044	037
095	091	087	083	079	076	074	068	063	058	051	047	043	036
082	079	077	073	070	067	065	060	055	052	048	044	041	035
072	069	067	064	062	059	056	053	050	048	045	042	039	035
062	060	058	056	054	052	050	047	045	043	041	038	036	033
054	053	052	050	048	046	044	043	042	041	038	035	032	030
049	048	047	045	043	042	040	039	038	037	034	032	030	028
045	044	042	042	041	040	038	037	036	035	032	030	028	026
041	041	040	039	039	038	037	036	035	034	031	029	027	025

2) Trị số φ_u lấy không lớn hơn φ .

Bảng II.4. Hệ số ảnh hưởng của hình dạng tiết diện η

Loại tiết diện	Sơ đồ tiết diện	$\frac{A_c}{A_b}$	Giá trị η khi			
			$0 \leq \bar{\lambda} \leq 50$		$\bar{\lambda} > 50$	
			$0,1 \leq m \leq 5$	$5 < m \leq 20$	$0,1 \leq m \leq 5$	$5 < m \leq 20$
1	2	3	4	5	6	
1			1,0	1,0	1,0	
2	 $\frac{\delta}{h} = 0,25$		0,85	0,85	0,85	
3			$0,75 + 0,02\bar{\lambda}$	$0,75 + 0,02\bar{\lambda}$	0,85	
4	 $\frac{\delta}{h} = 0,25$		$(1,35 - 0,05m) - 0,01(5 - m) \bar{\lambda}$	1,1	1,1	
5	 $\frac{a_1}{h} \leq 0,15$	0,25 0,5 1,0	$(1,45 - 0,05m) - 0,01(5 - m) \bar{\lambda}$ $(1,75 - 0,1m) - 0,02(5 - m) \bar{\lambda}$ $(1,90 - 0,1m) - 0,02(6 - m) \bar{\lambda}$	1,2 1,25 1,4 - $0,02 \bar{\lambda}$	1,2 1,25 1,3	
6	 $\frac{a_1}{h} \leq 0,15$		$\eta_s \left[1 - 0,3(5 - m) \frac{a_1}{h} \right]$	η_s	η_s	

1	2	3	4	5	6	
7	 $\frac{a_1}{h} \leq 0,15$		$\eta_5 \left(1 - 0,8 \frac{a_1}{h} \right)$	$\eta_5 \left(1 - 0,8 \frac{a_1}{h} \right)$	$\eta_5 \left(1 - 0,8 \frac{a_1}{h} \right)$	
8	 $0,5A_b \leq 0,5A_c$	0,25 0,5 ≥ 1,0	$(0,75 + 0,05m) + 0,01(5 - m) \bar{\lambda}$ $(0,5 + 0,1m) + 0,02(5 - m) \bar{\lambda}$ $(0,25 + 0,15m) + 0,03(5 - m) \bar{\lambda}$	1,0 1,0 1,0	1,0 1,0 1,0	
9	 $0,5A_b \leq 0,5A_c$	0,5 ≥ 1,0	$(1,25 - 0,05m) - 0,01(5 - m) \bar{\lambda}$ $(1,5 - 0,1m) - 0,02(5 - m) \bar{\lambda}$	1,0 1,0	1,0 1,0	
10	 $0,5A_b \leq 0,5A_c$	0,5 1,0 2,0	1,4 $1,6 - 0,01(5 - m) \bar{\lambda}$ $1,8 - 0,02(5 - m) \bar{\lambda}$	1,4 1,6 1,8	1,4 $1,35 + 0,05m$ $1,3 + 0,1m$	1,4 1,6 1,8
11	 $0,5A_b \leq 0,5A_c$	0,5 1,0 1,5 2,0	$1,45 + 0,04m$ $1,8 + 0,12m$ $2,0 + 0,25m + 0,1 \bar{\lambda}$ $3,0 + 0,25m + 0,1 \bar{\lambda}$	1,65 2,4 — —	$1,45 + 0,04m$ $1,8 + 0,12m$ — —	1,65 2,4 — —

Chú thích:

- 1) Với các loại tiết diện từ 5 đến 7 khi tính tỷ số A_c/A_b không tính đến phần cánh đặt thẳng đứng.
- 2) Đối với các loại tiết diện 6, 7 giá trị η_5 lấy bằng giá trị η của các loại tiết diện 5 với tỷ số A_c/A_b tương ứng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Lê Văn Quý, Lều Thọ Trình. *Ổn định công trình*.
Nhà xuất bản Đại học và Trung học chuyên nghiệp, Hà Nội, 1979.
2. Nguyễn Văn Yên, Nguyễn Văn Tấn. *Giáo trình kết cấu thép*.
Trường đại học Xây dựng, Hà Nội, 1980.
3. X. P. Timôsenko, J. M. Gere. *Ổn định dàn hồi*.
Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 1976.
4. *Tải trọng và tác động*. TCVN 2737 : 90.
Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội, 1990.
5. А. А. Василев. *Металлические конструкции*.
Строиздат, Москва. 1975.
6. А. А. Нилов, В. А. Пержаков, А. Я. Притков. *Стальные конструкции производственных зданий*.
Бульдивелник, Киев, 1986.
7. К. К. Муханов. *Металлические конструкции*.
Строиздат, Москва. 1976.
8. Е. И. Беленжа. *Металлические конструкции*.
Строиздат, Москва. 1976.
9. Справочник проектировщика. *Металлические конструкции*.
Строиздат, Москва. 1980.
10. Стальные конструкции. СНиП II-23-81. Москва. 1980.
11. Kết cấu thép - *Tiêu chuẩn thiết kế TCVN 5575 : 1991*.
Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội, 1992.

MỤC LỤC

	Trang
<i>Giới thiệu</i>	3
Phần I	
KẾT CẤU THÉP	
Chương 1. Đại cương về kết cấu thép	
1.1. Ưu điểm và nhược điểm kết cấu thép	5
1.2. Phạm vi sử dụng	6
1.3. Yêu cầu đối với kết cấu thép	7
Chương 2. Vật liệu thép xây dựng	
2.1. Thép xây dựng	8
2.2. Cấu trúc và thành phần hóa học của thép	9
2.3. Sự làm việc của thép chịu tải trọng	10
2.4. Quy cách thép cán dùng trong xây dựng	13
2.5. Phương pháp tính kết cấu thép theo trạng thái giới hạn	15
Chương 3. Liên kết trong kết cấu thép	
3.1. Liên kết hàn	20
3.2. Liên kết bulông	39
Chương 4. Dầm thép	
4.1. Đại cương về dầm và hệ dầm	51
4.2. Các kích thước chính của dầm	53
4.3. Thiết kế dầm hình	55
4.4. Thiết kế dầm tổ hợp	57
4.5. Ổn định tổng thể của dầm thép	62
4.6. Ổn định cục bộ bản bụng và cánh dầm tổ hợp	64
4.7. Cấu tạo và tính toán các chi tiết của dầm	65
Chương 5. Cột thép	
5.1. Khái niệm chung	73
5.2. Cột đặc chịu nén đúng tâm	75
5.3. Cột rỗng chịu nén đúng tâm	81

Chương 6. Dàn thép

6.1. Đại cương về dàn thép	97
6.2. Tính toán dàn	102
6.3. Cấu tạo và tính toán nút dàn	105

Chương 7. Kết cấu thép nhà công nghiệp một tầng

7.1. Đại cương về nhà công nghiệp bằng thép	110
7.2. Cấu tạo của nhà công nghiệp một tầng	111
7.3. Tính toán khung ngang	121
7.4. Kết cấu mái	131
7.5. Cột thép nhà công nghiệp	140
7.6. Kết cấu đỡ cầu trục	159
7.7. Hệ sườn tường	168

Chương 8. Kết cấu thép nhà nhịp lớn

8.1. Phạm vi sử dụng và đặc điểm của kết cấu nhà nhịp lớn	172
8.2. Nhà nhịp lớn với kết cấu phẳng chịu lực	173
8.3. Kết cấu mái không gian nhà nhịp lớn	181
8.4. Hệ mái treo	187

Phần II

KẾT CẤU GỖ

Chương 9. Gỗ dùng trong xây dựng

9.1. Ưu nhược điểm của kết cấu gỗ	190
9.2. Phạm vi sử dụng kết cấu gỗ	191
9.3. Tính chất cơ học của gỗ	192
9.4. Các nhân tố ảnh hưởng đến cường độ của gỗ	196

Chương 10. Tính toán cấu kiện cơ bản

10.1. Tính toán cấu kiện chịu kéo đúng tâm	197
10.2. Tính toán cấu kiện chịu nén đúng tâm	198
10.3. Tính toán cấu kiện chịu uốn phẳng	200
10.4. Cấu kiện chịu uốn xiên	202
10.5. Tính toán cấu kiện chịu nén lệch tâm	203

Chương 11. Liên kết trong kết cấu gỗ

11.1. Khái niệm về liên kết trong kết cấu gỗ	205
--	-----

11.2. Liên kết mọng	205
11.3. Liên kết chốt	209
Chương 12. Kết cấu tổ hợp	
12.1. Đặc điểm cấu tạo	213
12.2. Tính toán dàn	214
Phụ lục I: Hệ số điều kiện làm việc	217
Phụ lục II: Các số liệu để tính toán ổn định	221
Tài liệu tham khảo	228

GIÁO TRÌNH KẾT CẤU THÉP - GỖ

Chịu trách nhiệm xuất bản:

BÙI HỮU HẠNH

Biên tập:

LƯƠNG XUÂN HỘI

Chế bản điện tử:

TRẦN KIM ANH

Sửa bản in:

LƯƠNG XUÂN HỘI

Trình bày bìa:

NGUYỄN NGỌC THỨC

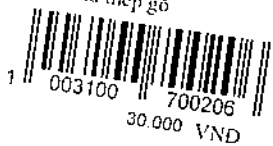
NGUYỄN HỮU TÙNG

In 2500 cuốn khổ 19 × 27cm tại Xưởng in Nhà xuất bản Xây dựng. Giấy chấp nhận đăng kí kế hoạch xuất bản số 43/XB-QLXB-65 ngày 9/01/2003. In xong nộp lưu chiểu tháng 9-2003.



—
4-0
- 2
—

gi kết cấu thép gỗ



Giá : 30.000^u